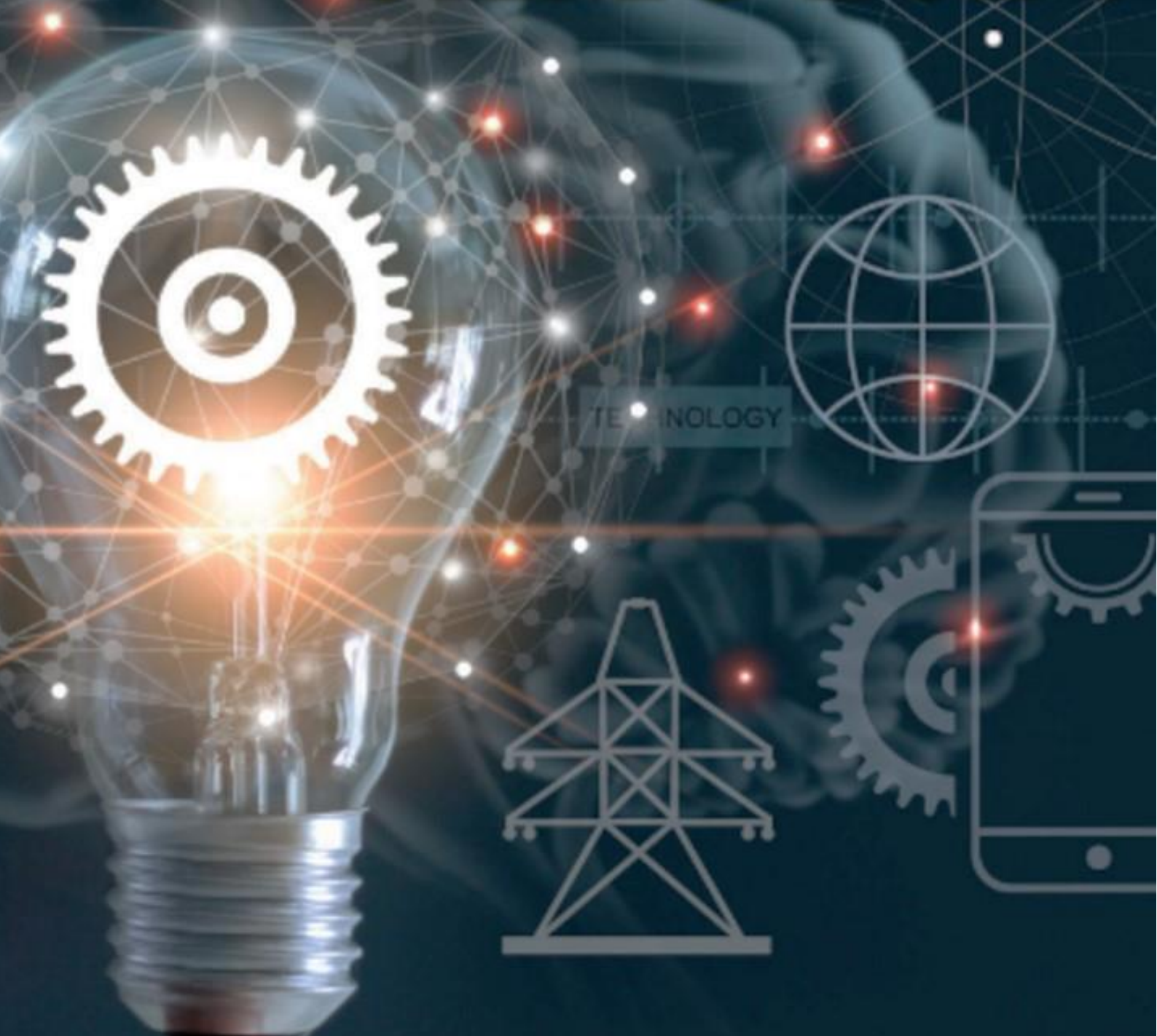


# SIIMC 2024



**Sustainable Industrial Innovation and Management Conference**

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม  
และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567

23 กันยายน 2567

ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร

## คำนิยม

ด้วยทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของโลกในปัจจุบัน ทำให้ภาคอุตสาหกรรมนอกจากต้องมีความรู้ ความสามารถทางด้านวิศวกรรมแล้ว ความสามารถด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอยู่ร่วมกันกับชุมชนยังเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นของภาคอุตสาหกรรมมาก เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน องค์กรธุรกิจทั้งในภาคอุตสาหกรรม การผลิตและบริการ สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้ได้มาตรฐานตามหลักสากล และลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติแต่ยังคงมีคุณภาพที่ดี อีกทั้งยังสามารถแข่งขันกับคู่แข่งทางการค้าในตลาดระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลกได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้ตระหนักถึงภารกิจที่สำคัญนี้ จึงให้การสนับสนุนสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ผลิตบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถและคุณธรรม สามารถสร้างสรรค์ผลงานวิจัยและนวัตกรรมใหม่ อีกทั้งเป็นการบริการสังคมในด้านวิชาการให้เป็นที่ประจักษ์ถึงการเติบโตของสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ทั้งในเชิงจำนวนบัณฑิต มหาบัณฑิต ดุษฎีบัณฑิต จำนวนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ

ข้าพเจ้าในฐานะอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอแสดงความยินดีกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้รับเกียรติร่วมเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567 ร่วมกับสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) ในวันที่ 23 กันยายน 2567 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร ข้าพเจ้าเชื่อมั่นเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ จะสามารถพัฒนาความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาภาคอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยในด้านองค์ความรู้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อนความอย่างยั่งยืน อันจะส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้มีความก้าวหน้าต่อไป

(อาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## คำนิยม

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference, SIIMC 2023) ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567 ร่วมกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พร้อมทั้งได้รวบรวมบทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิลงในที่เล่มเอกสารผลงานการประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ เพื่อให้เป็นช่องทางในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ต่าง ๆ ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเน้นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสถานการณ์ปัจจุบันเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังแสดงถึงศักยภาพในการศึกษาและวิจัยของสถาบันต่างๆ ในประเทศไทยอีกด้วย

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มีความชื่นชมผลงานบทความวิจัยที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานที่ได้รับพิจารณาให้นำเสนอในที่ประชุมวิชาการฯ (Proceedings) ฉบับนี้จะเป็นองค์ความรู้ทางวิศวกรรม เทคโนโลยี และนวัตกรรมอันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ร่วมการประชุมฯ และผู้ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยอย่างยั่งยืนสืบไป

(นางสาวพรรรัตน์ เพชรภักดี)

ผู้อำนวยการใหญ่ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงาน  
ทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน  
ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567 วันที่ 23 กันยายน 2567

ที่ปรึกษาโครงการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร<br>ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล           | ประธานที่ปรึกษา |
| 2. รองอธิการบดี<br>ดร.ปริญญา บุญกนิษฐ  | ที่ปรึกษา       |
| 3. รองอธิการบดี<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กร พวงนาค                                   | ที่ปรึกษา       |
| 4. รองอธิการบดี<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ เจ็ดวรรณะ                             | ที่ปรึกษา       |
| 5. รองอธิการบดี<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กษิต์เดช สุทธิวานิช                         | ที่ปรึกษา       |
| 6. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรัทธา แข่งเพ็ญแข        | ที่ปรึกษา       |
| 7. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายธรรมาภิบาล<br>นายสัมพันธ์ สุวรรณศิริ                          | ที่ปรึกษา       |
| 8. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายศิลปวัฒนธรรม<br>ดร.ก้องเกียรติ มหาอินทร์                      | ที่ปรึกษา       |
| 9. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายพัฒนากายภาพ<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ      | ที่ปรึกษา       |
| 10. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายยุทธศาสตร์และแผน<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สุดคะนิง   | ที่ปรึกษา       |
| 11. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายการเงินและการคลัง<br>ดร. มัณฑนา เตี้ยวงษ์สุวรรณ              | ที่ปรึกษา       |
| 12. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนานวัตกรรม<br>ดร.สรสุธี บัวพูล                    | ที่ปรึกษา       |
| 13. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมสังคม<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ โพธิ์พุกษานันท์ | ที่ปรึกษา       |

- |   |           |
|---|-----------|
| 14. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษา<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลยศ สุวันทโรจน์        | ที่ปรึกษา |
| 15. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารกิจการสภามหาวิทยาลัย<br>นายธนวัฒน์ สุดจิตร์สมโภชน์              | ที่ปรึกษา |
| 16. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารทรัพยากรบุคคล<br>ดร.คมเขต เพ็ชรรัตน์                            | ที่ปรึกษา |
| 17. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารทรัพยากรบุคคล<br>ดร.คมเขต เพ็ชรรัตน์                            | ที่ปรึกษา |
| 18. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารกิจการภายใน<br>นางสาวนปภัช ธิรพัฒน์ธนโกคิน                      | ที่ปรึกษา |
| 19. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายสื่อสารองค์การ<br>รองศาสตราจารย์วิมลพรรณ อาภาเวท                      | ที่ปรึกษา |
| 20. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกีฬาและศิษย์เก่าสัมพันธ์<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ เอี่ยมสำอางค์ | ที่ปรึกษา |

## คณะกรรมการดำเนินงาน

## คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## คณะกรรมการอำนวยการ

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ประธานคณะกรรมการอำนวยการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ	
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย	รองประธาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภุภุมิ พ่วงเจริญชัย	
รองคณบดีฝ่ายบริหาร	กรรมการ
ดร.อัญชลี มโนสีป	
รองคณบดีฝ่ายวางแผน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท	
รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ	
ผู้ช่วยคณบดีด้านบริการวิชาการ	กรรมการและเลขานุการ
อาจารย์ประสิทธิ์ แผงเพชร	

## คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีชะ	ประธานกรรมการดำเนินงาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดพงษ์ แต่งสี	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ แผงกันยา	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล	กรรมการ
อาจารย์ ดร.สะคราญ สิชมรังษี	กรรมการ
อาจารย์ ดร.เขavnันวิศ อรรถานิทธิ	กรรมการ
อาจารย์ธีระเชษฐ์ แผงธีระสุขมัย	กรรมการ
อาจารย์ศิวรุตม์ จุลพรหม	กรรมการ
นางสาวทิพย์มณี โรมพันธ์	กรรมการ และเลขานุการ
นายมงคล ศิริวงศ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

## รายชื่อคณะกรรมการพิจารณาบทความ

### คณะกรรมการภายใน สำหรับการประเมินและพิจารณาบทความวิชาการ

- 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 2. อาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ แพงกันยา**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดพงษ์ แดงสี**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 6. อาจารย์ ดร.สะคราญ สีชมรังษี**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 7. อาจารย์ ดร.เขาวนวิศ อรรถานิธิ์**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 8. อาจารย์ ดร.พุทธิพงศ์ เลชะชัยวรกุล**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## รายชื่อคณะกรรมการพิจารณาบทความ

คณะกรรมการภายนอก สำหรับการประเมินและพิจารณาบทความวิชาการ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา ทองรักษ์  
ที่ปรึกษา บริษัท เอ ไอ อากาศ (ไทยแลนด์) จำกัด
2. อาจารย์ ดร.ปิติพัฒน์ บุตรโคตร  
สาขาวิชาเกษตรอัจฉริยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รริศรา อิมภาประเสริฐ  
สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี



## คำนำ

การจัดประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรม เพื่อความยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference) ครั้งที่ 13 ประจำปี 2576 โดยความร่วมมือระหว่าง สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นการดำเนินการต่อเนื่องภายใต้ข้อตกลงความร่วมมือ “พัฒนาศักยภาพบุคลากรสมาชิกสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเพื่อการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน” ระหว่าง สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ 13 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีนำเสนอผลงานเชิงวิชาการ พร้อมทั้งส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการ 3 ส่วน ประกอบด้วย เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยนักวิจัยจากสถาบันการศึกษา ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักวิจัยจากภาคอุตสาหกรรมภายใต้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ที่ทันสมัยสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การนำเสนอผลงานวิจัยครอบคลุมด้านการจัดการองค์กรเพื่อความยั่งยืน การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการของเสีย การรีไซเคิลวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาพลังงานทดแทนและนวัตกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เป็นต้น การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ได้รับความรู้ใหม่ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย พร้อมทั้งนำความรู้ไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม ทั้งการทำงานและการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น เป็นบุคลากรสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้ยั่งยืนต่อไป

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการพิจารณาบทความ ผู้สนับสนุน จากทุกภาคส่วน นักวิจัย ผู้นำเสนอบทความ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการทุกท่าน มา ณ ที่นี้

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

23 กันยายน 2567

ลำดับผลงานบทความวิจัย

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน  
ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567 วันที่ 23 กันยายน 2567

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
001	การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก๊งามะตอยด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก๊งามะตอยโดยตรง	คุณโปรดปราน สิริธีรศาสตร์ คุณณัฐรัตน์ ไฝงาม และคุณวชิรพรรณ นาคติลภ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
002	การจ่ายโหลดประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 22 กิโลโวลต์ สำหรับสถานประกอบการเพื่อความยั่งยืน	คุณอานนท์ สิงห์เสถียร คุณคชพงศ์ สุमानนท์ และ คุณเวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
003	Kinetic parameters using non-isothermal and model-free methods for wasted disposable bamboo chopsticks in Thailand	K.Thanet Unchaisri1 K.Pawin Chaivatamaset and K.Waraporn Methawiriyasilp	King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntian Campus)
004	Numerical Simulation of Spontaneous Ignition in Rubber Woodchip	K.Thanet Unchaisri K.Somboon Wetchakama K.Pawin Chaivatamaset and K.Waraporn Methawiriyasilp	King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntian Campus)
005	การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสินค้าคงคลังกรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์	คุณดอกไม้ ตียะบุตร และคุณสิทธิชัย แก้วเกื้อกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
006	การออกแบบเครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ	คุณสาธก ไชยกุลชื่นสกุล คุณธนบรรณ ยศคำ และคุณพรพีไล เทพารักษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
007	การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยเทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม	คุณพิมพ์ร เทศแก้ว และคุณสิทธิชัย แก้วเกื้อกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
008	Hydrogen Production via Biomass Gasification: Simulation Study of Sugarcane Bagasse, Corn Cob, and Cassava Rhizome Using Aspen Plus	K.Tanit Bhibhatbhan and K.Kritsana Thongjaroen	Thammasat University
009	การศึกษาสุลักษณะอนามัยในโรงงานผลิตอาหารแปรรูปและความปลอดภัยในการทำงาน กรณีศึกษา โรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร	คุณสิริรัชช์ ภูริยะพันธ์ คุณณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล คุณพัชรดา หวังผล คุณณัฐวุฒิ สะอาดเอี่ยม และคุณวรรณศิริ ชุนเมือง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
010	การรีโพรไฟต์เครื่องเจียระไนกลมควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC กรณีศึกษา บริษัท เอเบิล อินโน จำกัด	คุณดัสกร เช่นรัมย์ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณชานนท์ มุลวรรณ และคุณวีระญา กรทิพย์	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
011	กระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถตู้รับส่งนักเรียนโดยใช้นวัตกรรม IoT	คุณธนภัทร แสงบุญเรือง และคุณธนาวุฒิ ธนาวิชย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
012	การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	คุณกวิณ เลิศเลาะห์กุล คุณฐณพล เวียงทอง คุณณทพร จินดาประเสริฐ คุณประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน และ คุณปฏิภาณ ถิ่นพระบาท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
013	การสำรวจและทบทวนวรรณกรรมเรื่องการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน	คุณปรีชาพงศ์ อากาศโสภา และคุณณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
014	การออกแบบระบบจำลองหีบขึ้นงานก๊อกน้ำ สนามอัตโนมัติ กรณีศึกษาแผนกประกอบก๊อกน้ำและบอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	คุณกษิตศ พงศ์พรหม คุณไชยา ยอดศรี คุณสมชาย ดอกไม้เงิน คุณศิวรุตม์ จุลพรหม คุณอรธณพ ปิยะสินธ์ชาติ และ คุณกณวรรณ นวลหุ่น	บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลำดับ	ชื่อความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
015	การเพิ่มผลิตภาพการผลิตผลิตภัณฑ์ BV15 MINI (3w) กระบวนการกระบวนการปั๊ม (Forging Process) ขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว	คุณรัฐพงศ์ มีเสมา คุณชจรศักดิ์ คำวงษ์ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณสุวิทย์ แพงกันยา และ คุณอรรถพร ปิยะสินธ์ชาติ	บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
016	การพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องมือตัด กระณีศึกษาเครื่องมือตัดชนิดทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ บริษัทไมโครฟอรัม (ประเทศไทย) จำกัด	คุณทวีรัฐ เหลาตรี คุณพงศ์พนิช บรรลือทรัพย์ คุณชานนท์ มุลวรรณ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณอุทิศ สง่างค์ และ คุณศิลป์ชัย ใหม่ยะ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต บริษัท ไมโครฟอรัม (ประเทศไทย) จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
017	เว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการการขนส่งสำหรับผู้ประกอบการด้วยหลักการเซฟวิงอัลกอริทึม	คุณศุวิล ชมชัยยา คุณบุรฉกร อยู่สุข คุณสุรสิทธิ์ จรัสเพ็ชร คุณจตุชัย ปิยะรุ่งโรจน์ คุณธรรปณีย์ เรืองรองวรราช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
018	การพัฒนากระบวนการผลิต เอ็นมิล ทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต	คุณวรินทร์ เบ็ญจพันธ์ คุณวีรญา กรทิพย์ และ คุณฐปนพงษ์ พลอยโดนด	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
019	การลดของเสียในกระบวนการเคลือบผิวแข็งคัตติ้งทุสทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 3.00 มม. กระณีศึกษา บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด	คุณขวัญชาติ เชื้อนแก้ว คุณชานนท์ มุลวรรณ คุณวีรญา กรทิพย์ และ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
020	การลดของเสียในกระบวนการผลิตดอกเจาะนำศูนย์ ทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.0 มิลลิเมตร กระณีศึกษา กระบวนการยิงทรายเพื่อเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการเคลือบผิวแข็ง	คุณนลลนดี พวงมาลี คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณชานนท์ มุลวรรณ และ คุณวีระญา กรทิพย์	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลำดับ	ชื่อความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
021	การออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึงความเที่ยงตรงสูง	คุณปฏิพล เกิดสีทอง คุณเอกชัย ยาทาล คุณวีรญา กรทิพย์ คุณชานนท์ มุลวรรณ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณณิชชาพัฒน์ กิตติราช	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
022	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเพื่อลดของเสียในกระบวนการขัดผิวมีดกลึง ทั้งสแตนคาร์ไบด์ กรณีศึกษาบริษัท เอเบิล เซิร์ฟ จำกัด	คุณจักรกฤษ ทองสา คุณชานนท์ มุลวรรณ คุณวีรญา กรทิพย์ และ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
023	การปรับปรุงกระบวนการผลิตมีดกลึงเซาะร่องความเที่ยงตรงสูง รุ่น CBN R-0022B	คุณอัครพนธ์ ชมชาติ คุณวีระชัย แซ่เลา คุณจิตติพันธ์ วิโรจน์ภากร คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณณิชชาพัฒน์ กิตติราช	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
024	การเพิ่มผลผลิตภาพกระบวนการผลิตรีมเมอร์ ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร	คุณณัฐพล เมฆพัฒน์ คุณเตชิต ชาตวิวงศ์ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณธัชพล เขาวนพานิช	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร บริษัท ทูลิ่ง เอ็กแซ็กท์ จำกัด
025	การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พังก์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ	คุณนิตยา เกิดทวีพันธ์ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณชานนท์ มุลวรรณ และ คุณวีรญา กรทิพย์	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
026	การออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีการ QFD และ TRIZ	คุณสถาพร ไม้แผน คุณสุวิทย์ แพงกันยา คุณไพศาล บุญยะรัตน์ คุณไพโรจน์ พิจารย์ และ คุณปริญญ์ บุญกนิษฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ อาคารสำนักงาน ปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ)

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
027	การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำ : กรณีศึกษา ประเทศไทย	คุณไชยรัตน์ ถนอมวงษ์ คุณกร พวงนาค คุณณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และ คุณมณฑนา เตียวงษ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
028	การศึกษาการนำวัชพืชผักตบชวามาใช้ผลิต แผ่นผนังบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน	คุณลิสสา มิตรประยูร คุณกฤษฎา กาญจนรัชต์ คุณสุวิทย์ แพ่งกันยา และ คุณธีระเชษฐ์ แพ่งธีระสุขมัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
029	A Review of 5G to 6G Technologies	คุณวรารุณี ภูทอง คุณกร พวงนาค คุณณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และ คุณมณฑนา เตียวงษ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
030	การศึกษาวิวัฒนาการของเทคโนโลยี ปัญญาประดิษฐ์สำหรับการพัฒนาระบบ แจ้งเตือนบริเวณขานชาลารถไฟ	คุณนรินทร์ อารีราชการัญญ์ คุณกร พวงนาค คุณณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และ คุณมณฑนา เตียวงษ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
031	การจัดการทรัพยากรน้ำในคอนโดมิเนียมการ บำบัดน้ำเสียและการใช้น้ำซ้ำเพื่อการพัฒนาที่ ยั่งยืน	คุณเกษมสันต์ รื่นกลิ่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
032	การศึกษาแนวทางการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก สะดวกในสถานพยาบาลอายุรศาสตร์ด้วย ระบบการจัดการอาคาร	คุณบุลย์ วิบูลย์พันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
033	หลักธรรมาภิบาลกับการมีส่วนร่วมของภาค ประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการ อนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน ตามรัฐธรรมนูญ ไทย ปี พ.ศ. 2560	คุณธัญลักษณ์ กาวีชา คุณสุวิทย์ แพ่งกันยา และ คุณเทอดพงษ์ แดงสี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลำดับ	ชื่อความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
034	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตประกอบแบบสลับตามระบบการผลิตแบบโตโยต้าในผลิตภัณฑ์มีเตอร์น้ำรุ่น GMK15	คุณกรรณิกา หมื่นหาญ คุณธนาวุฒิ สวาทนอก คุณพลเทพ พันธุ์ธนากุล คุณอรรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณเชาวนวัศ อรรณานิธิ	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
035	โครงการการประเมินประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียน: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์บอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	คุณณัฐนิชา บัวแย้ม คุณสาคร วงษ์มิตร คุณสิทธิพล บุญงาม คุณสะคราญ สิทธิรังษี คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณอรรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
036	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการ Toyota Production System ในสายงานกลึงชิ้นส่วนกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15	คุณเจษฎาภรณ์ สุรัตน์ คุณปิยะชาติ โพลิม คุณธีรเชษฐ์ แผงธีระสุขมัย คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณพลเทพ พันธุ์ธนากุล และ คุณอรรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
037	การออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงาน กรณีศึกษาแผนกกลึงก็อกน้ำและบอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	คุณรัฐธรรมนุญ อุคำ คุณชินวัฒน์ บางแบ่ง คุณสุวิทย์ แผงกันยา คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณพิพัฒน์ ไยบัว คุณอรรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ และ คุณสมชาย ดอกไม้เงิน	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
038	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการระบบการผลิตแบบโตโยต้าในสายงานฉีดแรงดันต่ำ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มีเตอร์น้ำ รุ่น GMK 15	คุณวีระศักดิ์ ลาโง้น คุณสิรภาพ พุ่มจันทร์ คุณพลเทพ พันธุ์ธนากุล คุณอรธณพ ปิยะสินธ์ชาติ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณเชาวน์วัศ อรรถานิติ	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
039	การลดต้นทุนมีดกลึงชิ้นงานของก๊อคน้ำ CT-15 ด้านบ่าซีล ในสายการผลิตก๊อคน้ำด้วยการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำกรณีศึกษา บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	คุณกิตติคุณ ก้อนจันทร์ คุณธรรณธร วงศ์โปร่ง คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณอรธณพ ปิยะสินธ์ชาติ	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
040	การประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบโตโยต้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบสลิ้นในกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น GMK 15	คุณพิสิษฐ์ ลอยล่องกษม คุณสรกฤษ ยินดี คุณพลเทพ พันธุ์ธนากุล คุณสะคราญ สิขมรังษี คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณสุพจน์ หัสกุล คุณอรธณพ ปิยะสินธ์ชาติ และ คุณสุวิทย์ แพงกันยา	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
041	การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตบอลก๊อขึ้นงาน BCB 15	คุณธนภุต บุญโท คุณชัยยุทธ์ มิ่งศรีเมือง คุณสะคราญ สิขมรังษี คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณสมชาติ ขำเถื่อน	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
042	การพัฒนาโมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0	คุณสุวิทย์ แพงกันยา คุณก้องฤทธิ สิ้นสะ และ คุณพิเชษฐ์ สุวรรณชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ลำดับ	ชื่อความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
043	การออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและ ลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ ทัศนศึกษา สายการผลิตไดแคสติ้ง (ด้ามก๊อกและด้าม บอลวาล์ว) บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	คุณปรียัติ ผากา คุณพนิดา ไตรยสุทธิ์ คุณสมชาย ดอกไม้เงิน คุณอรุณพ ปิยะสินธ์ชาติ คุณกณวรรณ นวลหุ่น คุณนภัสวรรณ พึ่งแก้ว คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณเทอดพงษ์ แดงสี	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
044	การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPnext ในการ จัดการระบบสต็อก : ทัศนศึกษาภายในบริษัท เอเปิลเซิร์ฟ จำกัด	คุณเฉลิมพล สามบุญรอด คุณวีรญา กรทิพย์ และ คุณชานนท์มูลวรรณ	บริษัท เอเปิลเซิร์ฟ จำกัด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
045	การออกแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ สำหรับงานอุตสาหกรรม ทัศนศึกษา สายการผลิตมาตรวัดน้ำ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	คุณศุภกฤต ช่างตรี คุณจักรภาพ ปิตะคง คุณสมจิตร หัสกุล คุณอรุณพ ปิยะสินธ์ชาติ คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ คุณสมชาย ดอกไม้เงิน และ คุณเทอดพงษ์ แดงสี	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
046	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก การใช้วัตถุดิบและพลังงาน ทัศนศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น SV 15	คุณลัทธพล ศรีประทุมภรณ์ คุณธเนศ แสงหอม คุณธีระเชษฐ์ แผงธีระสุขมัย คุณสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ คุณอรุณพ ปิยะสินธ์ชาติ	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
047	การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตแกน ก๊อก	คุณจิตติรัตน์ นิญาณจิตต์ คุณดนุพัฒน์ จำปางาม และ คุณศิวรุตม์ จุลพรหม	บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## สารบัญ

ชื่อบทความ	หน้าที่
1. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก๊งายมะตอยด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก๊งายมะตอยโดยตรง	1
2. การจ่ายโหลดประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 22 กิโลโวลต์ สำหรับสถานประกอบการเพื่อความยั่งยืน	7
3. Kinetic parameters using non-isothermal and model-free methods for wasted disposable bamboo chopsticks in Thailand	13
4. Numerical Simulation of Spontaneous Ignition in Rubber Woodchip	21
5. การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์	29
6. การออกแบบเครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ	37
7. การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยเทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม	43
8. Hydrogen Production via Biomass Gasification: Simulation Study of Sugarcane Bagasse, Corn Cob, and Cassava Rhizome Using Aspen Plus	52
9. การศึกษาสุลักษณะอนามัยในโรงงานผลิตอาหารแปรรูปและความปลอดภัย ในการทำงาน กรณีศึกษา โรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร	61
10. การรีโพรไฟต์เครื่องเจียระไนกลมควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC กรณีศึกษา บริษัท เอเบิลอินโน จำกัด	71
11. กระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถตู้รับส่งนักเรียนโดยใช้นวัตกรรม IoT	81
12. การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะเลายใจด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	89
13. การสำรวจและทบทวนวรรณกรรมเรื่องการประเมินประสิทธิภาพ เชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน	97
14. การออกแบบระบบจำลองหีบขึ้นงานก๊อมน้ำสนามอัตโนมัติ กรณีศึกษาแผนกประกอบก๊อมน้ำและบอลลาวล์ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	105
15. การเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตผลิตภัณฑ์ BV15 MINI (3w) กรณีศึกษากระบวนการปั๊ม (Forging Process) ขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลลาวล์	113
16. การพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องมือตัด กรณีศึกษาเครื่องมือตัด ชนิดทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ บริษัทไมโครฟอรัม (ประเทศไทย) จำกัด	124
17. เว็บไซต์พลิกเคชันระบบจัดการการขนส่งสำหรับผู้ประกอบการด้วย หลักการเซฟวิงอัลกอริทึม	133

## สารบัญ (ต่อ)

ชื่อบทความ	หน้าที่
18. การพัฒนากระบวนการผลิต เอ็นมิล ทั้งสแตน คาร์ไบด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต	140
19. การลดของเสียในกระบวนการเคลือบผิวแข็งคัตติ้งทุสต์ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 3.00 มม. กรณีศึกษา บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด	151
20. การลดของเสียในกระบวนการผลิตดอกเจาะนำศูนย์ ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.0 มิลลิเมตร กรณีศึกษา กระบวนการยิงทรายเพื่อเตรียม ผิวชิ้นงานก่อนการเคลือบผิวแข็ง	162
21. การออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึงความเที่ยงตรงสูง	169
22. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเพื่อลดของเสียในกระบวนการขัดผิวมีดกลึง ทั้งสแตนคาร์ไบด์ กรณีศึกษาบริษัท เอเบิล เซิร์ฟ จำกัด	177
23. การปรับปรุงกระบวนการผลิตมีดกลึงเจาะร่องความเที่ยงตรงสูง รุ่น CBN R-0022B	185
24. การเพิ่มผลผลิตกระบวนการผลิตรีมเมอร์ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร	191
25. การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พ่นขึ้นชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ	198
26. การออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีการ QFD และ TRIZ	205
27. การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำ : กรณีศึกษาประเทศไทย	217
28. การศึกษาการนำวัสดุพืชผักตบชวามาใช้ผลิตแผ่นผนังบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน	224
29. A Review of 5G to 6G Technologies	233
30. การศึกษาวิวัฒนาการของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สำหรับการพัฒนาระบบ แจ้งเตือนบริเวณขานชาลารถไฟ	240
31. การจัดการทรัพยากรน้ำในคอนโดมิเนียมการบำบัดน้ำเสียและการใช้น้ำซ้ำเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน	246
32. การศึกษาแนวทางการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานพยาบาลอายุรศาสตร์ด้วย ระบบการจัดการอาคาร	252
33. หลักธรรมาภิบาลกับการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมและ การอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน ตามรัฐธรรมนูญไทย ปี พ.ศ. 2560	257
34. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตประกอบแบบลื่นตามระบบการผลิตแบบโตโยต้า ในผลิตภัณฑ์มีเตอร์น้ำรุ่น GMK15	265
35. โครงการการประเมินประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียน: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์บอลาลัว บริษัท อาซาฮี-ไทย อีแอลอย จำกัด	273

## สารบัญ (ต่อ)

ชื่อบทความ	หน้าที่
36. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการ Toyota Production System ในสายงานกลึงชิ้นส่วนกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15	278
37. การออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงาน กรณีศึกษา แผนกลึงก๊อกรุ่นน้ำและบอกลาวัว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	286
38. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการระบบการผลิตแบบโตโยต้า ในสายงานฉีดแรงดันต่ำ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มีเตอร์น้ำ รุ่น GMK 15	292
39. การลดต้นทุนเม็ดกลึงชิ้นงานของก๊อกรุ่น CT-15 ด้านบ่าซีล ในสายการผลิตก๊อกรุ่นน้ำด้วยการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำกรณีศึกษา บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	300
40. การประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบโตโยต้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบลีน ในกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น GMK 15	309
41. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตบอลก๊อก ชิ้นงาน BCB 15	315
42. การพัฒนาโมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0	320
43. การออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษา สายการผลิตโตแคสตั้ง (ด้ามก๊อกและด้ามบอกลาวัว) บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	327
44. การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPnext ในการจัดการระบบสต็อก : กรณีศึกษาภายใน บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด	336
45. การออกแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ สำหรับงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา สายการผลิตมาตรวัดน้ำ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	344
46. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและพลังงาน กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น SV 15	352
47. การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตแกนก๊อก	358

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก่ยางมะตอย  
ด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก่ยางมะตอยโดยตรง

Feasibility Study of the Retrofit of the Asphalt Heating System  
by Directly Heating Asphalt using Waste Heat from Flue Gas

โปรดปราน สิริธีรศาสน\*, ณัฐรัตน์ ใฝ่งาม, และวชิรพรรณ นาคติลก

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

\*[sprod@tu.ac.th](mailto:sprod@tu.ac.th)

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก่ยางมะตอยด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก่ยางมะตอยที่อยู่ในถังเก็บยางมะตอยโดยตรง ผลการวิจัยพบว่า การนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก่ยางมะตอยโดยตรงมีความเป็นไปได้ทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยในส่วนของ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า โครงการนี้สมควรลงทุน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในช่วงประมาณ 4-21 ล้านบาท แสดงว่ามีกำไรจากการลงทุน มีอัตราผลตอบแทนคิดลด (IRR) ในช่วงร้อยละ 89-244 ซึ่งสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในปัจจุบัน (ร้อยละ 7.5) และมีระยะเวลาคืนทุน (PB) ในช่วงประมาณ 0.36-1.16 ปี ซึ่งต่ำกว่า 1 ใน 10 ของอายุโครงการ (15 ปี)

**คำสำคัญ (Key word):** ก๊าซไอเสีย; การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์; การให้ความร้อนโดยตรง; ความร้อนเหลือทิ้ง; ยางมะตอย

**Abstract**

The objective of the present study was to assess the feasibility of the retrofit of the asphalt heating system by directly heating asphalt using waste heat from flue gas. It was found that the retrofit was technically and economically feasible. The net present values (NPV) of this project were found to be between 4 and 21 million Baht, indicating that this project earned the profit. The internal rates of return (IRR) were within the range of 89-244%, which were significantly higher than the current lending rate (7.5%). The payback periods (PB) were found to be approximately 0.36-1.16 years, which were less than one-tenth (1/10) of the project lifetime (15 years).

**Key word:** Asphalt; Direct heating; Economic analysis; Flue gas; Waste heat

## 1. บทนำ (Introduction)

ยางมะตอย (Asphalt) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ มีลักษณะเป็นสีดำ ชื่น เหนียว มีความยืดหยุ่นสูง สามารถยึดเกาะกับวัสดุและทนต่อสภาพแวดล้อมและสารเคมีต่าง ๆ ได้ดี ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้สามารถนำยางมะตอยไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย โดยประโยชน์ที่เด่นชัดของยางมะตอยคือการนำยางมะตอยไปใช้ในการก่อสร้างถนนและการปูพื้นผิวต่าง ๆ [1-2]

ในการเก็บยางมะตอยเพื่อนำไปใช้งานจำเป็นต้องให้ความร้อนแกยางมะตอยเพื่อให้ยางมะตอยอยู่ในสภาพของเหลวหรือของกึ่งเหลวตลอดเวลา ทั้งนี้ เพื่อความสะดวกต่อการถ่ายเทในการขนส่งไปใช้งานสำหรับการก่อสร้างถนนและการปูพื้นผิวต่าง ๆ โดยกระบวนการให้ความร้อนดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานเป็นอย่างมาก [1-2]

จากการสำรวจบริษัทที่จัดจำหน่ายยางมะตอยแห่งหนึ่งพบว่า บริษัทดังกล่าวให้ความร้อนแกยางมะตอยโดยใช้ Recirculating hot-oil heater ในรูปแบบของขดท่อความร้อน (Heating coil) ซึ่งใช้น้ำมัน (Heat exchanger oil) เป็นตัวกลางในการให้ความร้อนแกยางมะตอย โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแกน้ำมันจนมีอุณหภูมิสูงพอสำหรับการให้ความร้อนแกยางมะตอย ทั้งนี้ ในส่วนของการเผาไหม้น้ำมันดีเซลเพื่อนำความร้อนมาใช้ในการให้ความร้อนแกน้ำมันนั้น มีการปล่อยไอเสีย (Flue gas) ซึ่งยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ ออกสู่บรรยากาศผ่านปล่องไอเสีย (Flue-gas stack) จึงมีแนวคิดในการนำเอาความร้อนเหลือทิ้ง (Waste heat) จากก๊าซไอเสียที่ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่นี้มาให้ความร้อนแกยางมะตอย

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแกยางมะตอยด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลมาให้ความร้อนแกยางมะตอยโดยตรงผ่านขดท่อความร้อน โดยคำนวณค่าใช้จ่ายของการใช้น้ำมันดีเซลที่ลดลงอันเนื่องมาจากการนำความร้อนเหลือทิ้งมาให้ความร้อนแกยางมะตอย เทียบกับเงินลงทุน (Capital cost) ที่ต้องใช้ในการปรับปรุงระบบการให้ความร้อน และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ (Operating cost) เช่น ค่าบำรุงรักษา และค่าจ้างแรงงาน เป็นต้น ที่ต้องใช้ตลอดอายุ

การใช้งานของระบบการให้ความร้อนที่ปรับปรุง ในรูปของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic analysis) อันได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) อัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal rate of return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้มีขั้นตอน ดังนี้

1) ออกแบบระบบการให้ความร้อนแกยางมะตอยโดยใช้ขดท่อความร้อน (Heating coil) ที่ใช้ก๊าซไอเสีย (Flue gas) เป็นตัวกลางในการให้ความร้อน โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

(1) วัสดุที่ใช้ทำขดท่อความร้อน คือ Carbon steel

(2) อุณหภูมิภายในถังบรรจุยางมะตอยต้องไม่ต่ำกว่า 120 °C สำหรับถังที่บรรจุยางมะตอย และต้องไม่ต่ำกว่า 160 °C สำหรับถังที่บรรจุยางมะตอยผสม (กับยางพาราธรรมชาติหรือพอลิเมอร์) ทั้งนี้ เพื่อให้ยางมะตอยหรือยางมะตอยผสมที่อยู่ภายในถังอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่ง่ายต่อการถ่ายเทเพื่อการขนส่งตลอดเวลา

2) คำนวณพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและความยาวรวมของขดท่อความร้อน โดยใช้ท่อขนาด (Nominal size) 2 นิ้ว Schedule (Sch.) 40

3) ออกแบบท่อเพื่อนำก๊าซไอเสียจากปล่องไอเสีย (Flue-gas stack) มายังถังเก็บยางมะตอยแต่ละถัง โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

(1) วัสดุที่ใช้ทำท่อ คือ Stainless steel

(2) ใช้ท่อขนาด (Nominal size) 4 นิ้ว Sch. 40

4) คำนวณอัตราความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากก๊าซไอเสีย ( $\dot{Q}_{flue\ gas}$ ) ในหน่วย J/s โดยใช้สมการที่ (1)

$$\dot{Q}_{flue\ gas} = \dot{m} c_p \Delta T \quad (1)$$

โดยที่  $\dot{m}$  คือ อัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซไอเสีย (kg/s)

$c_p$  คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซไอเสีย (J/kg-K)

$\Delta T$  คือ ผลต่างอุณหภูมิระหว่างขาเข้าและขาออกของก๊าซไอเสีย (K)

5) คำนวณค่าใช้จ่ายของน้ำมันดีเซลที่สามารถประหยัด  
ได้ (Cost of diesel savings) โดยใช้สมการที่ (2)

$$\text{Cost of diesel savings} = \frac{\dot{Q}_{\text{flue gas}}}{\rho_{\text{diesel}} \times LHV_{\text{diesel}} \times \frac{\text{second}}{\text{year}}} \times \text{deisel price} \quad (2)$$

โดยที่  $LHV_{\text{diesel}}$  = ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล ซึ่งเท่ากับ  
42.6 MJ/kg (จากผลการวิเคราะห์ค่า  
ความร้อนของบริษัทที่ขายน้ำมันดีเซล  
ให้กับบริษัทที่จัดจำหน่ายอย่างมะตอย)

$\rho_{\text{diesel}}$  = ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล ซึ่งเท่ากับ  
0.85 kg/L

$\frac{\text{Second}}{\text{year}}$  = จำนวนวินาทีของการใช้งานหัวเผาที่ใช้  
เผาไหม้น้ำมันดีเซลต่อปี ซึ่งเท่ากับ

$$365 \times 24 \times 3,600 = 31,536,000 \text{ s/y}$$

Diesel price = ราคาของน้ำมันดีเซล ซึ่งกำหนดไว้  
ที่ 23 Baht/L (ราคาซื้อขายภายใน)

6) คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value:  
NPV) ซึ่งคือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงิน  
สดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน  
เริ่มแรก โดยใช้อัตราส่วนคิดลด (Discount rate:  $i$ ) มาปรับ  
มูลค่าของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้มาอยู่ ณ ค่า  
ปัจจุบัน (Present value: PV) โดยใช้สมการที่ (3) [3]

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - C_0 \quad (3)$$

โดยที่  $B_t$  = รายได้ของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่  $t$

$C_t$  = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating cost) ที่  
เกิดขึ้นในปีที่  $t$

$C_0$  = เงินลงทุน (Capital cost)

$i$  = อัตราส่วนคิดลด (Discount rate) หรืออัตราเงิน  
เพื่อ

$t$  = ปีของการดำเนินงานโครงการ (ปีที่ 1, 2, 3, ...,  
n)

$n$  = อายุของโครงการ

7) คำนวณอัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal rate of  
return: IRR) หรือค่า  $r$  ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนที่ทำให้  
ผลตอบแทนสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับเงินลงทุน นั่นคือ  
คำนวณหาค่า  $r$  ที่ทำให้ NPV ที่คำนวณโดยใช้สมการที่ (4)  
มีค่าเท่ากับศูนย์ (0) [3]

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} - C_0 = 0 \quad (4)$$

โดยที่  $B_t$  = รายได้ของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่  $t$

$C_t$  = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating cost) ที่  
เกิดขึ้นในปีที่  $t$

$C_0$  = เงินลงทุน (Capital cost)

$t$  = ปีของการดำเนินงานโครงการ (ปีที่ 1, 2, 3, ...,  
n)

$n$  = อายุของโครงการ

8) คำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)  
หรือค่า  $t$  ซึ่งหมายถึงระยะเวลากิจการดำเนินการของโครงการ  
ที่ทำให้ผลตอบแทนสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับเงินลงทุน  
นั่นคือคำนวณหาค่า  $t$  ที่ทำให้ NPV ที่คำนวณโดยใช้สมการ  
ที่ (5) มีค่าเท่ากับศูนย์ (0) [3]

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - C_0 = 0 \quad (5)$$

โดยที่  $B_t$  = รายได้ของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่  $t$

$C_t$  = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating cost) ที่  
เกิดขึ้นในปีที่  $t$

$C_0$  = เงินลงทุน (Capital cost)

$i$  = อัตราส่วนคิดลด (Discount rate) หรืออัตราเงิน  
เพื่อ

$t$  = ปีของการดำเนินงานโครงการ (ปีที่ 1, 2, 3, ...,  
n)

$n$  = อายุของโครงการ

### 3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการออกแบบระบบการให้ความร้อนแก่ง่ายมะตอย  
โดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสีย และผลการวิเคราะห์  
ทางเศรษฐศาสตร์ มีรายละเอียด ดังนี้

### 3.1 ผลการออกแบบระบบการให้ความร้อน

ในการออกแบบขดท่อความร้อน (Heating coil) สำหรับถังบรรจุยางมะตอยแต่ละถัง ซึ่งประกอบด้วย ถังที่ 1-3 ที่บรรจุยางมะตอย และถังที่ 4-7 ที่บรรจุยางมะตอยผสม ได้กำหนดให้อุณหภูมิภายในถังที่ 1-3 ต้องไม่น้อยกว่า 120 °C และอุณหภูมิในถังที่ 4-7 ต้องไม่น้อยกว่า 160 °C ทั้งนี้เพื่อให้ยางมะตอยหรือยางมะตอยผสมที่อยู่ภายในแต่ละถังอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่ง่ายต่อการถ่ายเทเพื่อการขนส่งตลอดเวลา

ผลการออกแบบ พบว่า อุณหภูมิขาเข้า ซึ่งเป็นอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ปล่อยออกจากปล่องไอเสีย และอุณหภูมิขาออก ซึ่งเป็นอุณหภูมิของก๊าซไอเสียหลังผ่านการให้ความร้อนแก่ยางมะตอยแล้ว เป็นไปตามแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของก๊าซไอเสีย (Flue gas) เพื่อให้ให้อุณหภูมิภายในถังบรรจุยางมะตอยแต่ละถังมีค่าตามที่ต้องการ

ถังที่	อุณหภูมิที่ต้องการ (°C)	อุณหภูมิของ (°C)	
		สายขาเข้า	สายขาออก
1-3	120	220	130
4-7	160	260	170

สำหรับการคำนวณหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและความยาวรวมของขดท่อความร้อน ได้กำหนดให้ใช้ท่อขนาด (Nominal size) 2 นิ้ว Sch. 40 และมีหลักในการออกแบบที่ต้องการให้ก๊าซไอเสียไหลในขดท่อด้วยความเร็วที่ทำให้ค่า Reynolds number (Re) > 10,000 ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ [4] ทั้งนี้ ผลการออกแบบเป็นไปตามแสดงในตารางที่ 2

เมื่อคำนวณปริมาณความร้อนที่ได้จากการติดตั้งขดท่อความร้อนที่นำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก่ยางมะตอยที่บรรจุอยู่ในแต่ละถังแทนการให้ความร้อนโดยใช้น้ำมัน (Heat exchanger oil) ซึ่งได้จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล อันนำไปสู่ค่าเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) ที่ประหยัดได้พบว่า เป็นไปตามแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและความยาวรวมของขดท่อความร้อน พร้อมด้วยค่า Re สำหรับขดท่อขนาด 2 นิ้ว Sch. 40 ที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซไอเสีย (Flue gas) กับยางมะตอยในแต่ละถัง

ถังที่	ความเร็วของก๊าซไอเสียในขดท่อ (m/s)	Re	พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m <sup>2</sup> )	ความยาวรวมของขดท่อ (m)
1	7.18	10,004	70	440
2	6.69	10,013	32	198
3	6.21	10,006	23	460
4	6.57	10,012	58	91
5	6.57	10,012	58	91
6	6.57	10,012	58	91
7	6.57	10,012	58	91

ตารางที่ 3 ค่าเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) ที่ประหยัดได้จากการติดตั้งขดท่อให้ความร้อนเพื่อนำความร้อนจากก๊าซไอเสีย ( $Q_{flue\ gas}$ ) มาให้แกยางมะตอยในแต่ละถัง

ถังที่	$Q_{flue\ gas}$ (J/s)	ค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)
1	70,967	1,421,551
2	40,184	804,932
3	71,259	1,427,400
4	17,305	305,135
5	17,305	305,135
6	17,305	305,135
7	17,305	305,135

### 3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก่ยางมะตอยด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก่ยางมะตอยโดยตรง ต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



1) ราคาต้นทุนของท่อ Carbon steel ขนาด 2 นิ้ว Sch. 40 และท่อ Stainless steel ขนาด 4 นิ้ว Sch. 40 รวมราคา ค่าติดตั้ง (ซึ่งถือเป็นเงินลงทุน (Capital cost)) ดังแสดงใน ตารางที่ 4 [5]

2) อายุของโครงการ ซึ่งก็คืออายุการใช้งานของท่อ โดย กำหนดไว้ 15 ปี [5]

3) ค่าใช้จ่ายรายปี (เช่น ค่าบำรุงรักษาและค่าจ้าง แรงงาน (คิดเฉลี่ยปันส่วน) เป็นต้น) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75,000 บาท/ปี [5]

4) อัตราเงินเฟ้อ ซึ่งกำหนดไว้ที่ร้อยละ 0.6 (อัตราเงินเฟ้อทั่วไป – อ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทย) [6]

5) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งกำหนดไว้ที่ร้อยละ 7.5 (สำหรับลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี – อ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทย) [7]

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ มูลค่า ปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนคิดลด และระยะเวลาคืนทุน ของโครงการนี้ เป็นไปดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ราคาต้นทุนสำหรับการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก๊วแก๊ว มะตอยโดยตรง

ถังที่	ค่าท่อ 2 นิ้ว (บาท)	ค่าท่อ 4 นิ้ว (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)
1	118,300	269,400 (71)*	220,000
2	54,700	227,600 (60)*	220,000
3	124,000	163,200 (44)*	220,000
4	25,840	117,600 (32)*	220,000
5	25,840	106,300 (28)*	220,000
6	25,840	91,100 (24)*	220,000
7	25,840	68,300 (19)*	220,000

\* ตัวเลขในวงเล็บ คือ ความยาว (m) ของท่อนำส่งก๊าซไอเสียจากปล่องไอเสียมายังถังบรรจุแก๊วแก๊วมะตอยแต่ละถัง

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

เมื่อพิจารณาในเชิงเทคนิค พบว่า อุณหภูมิและปริมาณ ความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมีค่าสูงพอ สามารถนำมาใช้ ให้ความร้อนแก๊วแก๊วมะตอยจนมีอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

(120 °C สำหรับถังที่ 1-3 และ 160 °C สำหรับถังที่ 4-7) ดัง แสดงในตารางที่ 1 และเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในทาง เทคนิคที่ต้องใช้ท่อความร้อนที่มีความยาวในช่วง 91-440 เมตร เพื่อให้ได้พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนตามที่ต้องการไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ถังบรรจุแก๊วแก๊วมะตอยมีปริมาตร มากพอที่จะรองรับความยาวของท่อความร้อนเหล่านี้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก๊วแก๊วมะตอยด้วยการนำ ความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก๊วแก๊วมะตอย โดยตรง

ถังที่	มูลค่าปัจจุบัน สุทธิ (NPV) (ล้านบาท)	อัตรา ผลตอบแทน คิดลด (IRR) (ร้อยละ)	ระยะเวลา คืนทุน (PB) (ปี)
1	21.1	244	0.41
2	11.5	163	0.61
3	20.1	278	0.36
4	4.2	89	1.16
5	4.2	90	1.12
6	4.3	93	1.07
7	4.5	100	1.00

ในส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อนำข้อมูล ของค่าน้ำมันดีเซลที่ประหยัดได้ ดังแสดงในตารางที่ 3 มา พิจารณาร่วมกับเงินลงทุนในตารางที่ 4 และข้อมูลเกี่ยวกับ อายุของโครงการ ค่าใช้จ่ายรายปี อัตราเงินเฟ้อ และอัตรา ดอกเบี้ยเงินกู้ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกทั้งหมด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4-21 ล้านบาท แสดงว่าโครงการนี้มีกำไร จากการลงทุน เมื่อพิจารณาผลตอบแทนคิดลด พบว่า มีค่า อยู่ในช่วงร้อยละ 89-244 ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (ร้อยละ 7.5) แสดงว่าการลงทุนทำโครงการนี้มีผลตอบแทน ที่สูงกว่าการนำเงินไปลงทุนด้วยการให้กู้ยืม และเมื่อพิจารณา ระยะเวลาคืนทุน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.36-1.16 ปีเท่านั้น ขณะที่อายุของโครงการกำหนดไว้ที่ 15 ปี แสดงว่าได้ทุนคืน ด้วยระยะเวลาที่สั้น ไม่เกิน 1 ใน 10 ของอายุโครงการ

## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงระบบการให้ความร้อนแก่ยางมะตอยด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียมาให้ความร้อนแก่ยางมะตอยโดยตรง พบว่า เป็นไปได้ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยในส่วนของกรณีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก แสดงว่า โครงการนี้มีกำไรจากการลงทุน อัตราผลตอบแทนคิดลดมีค่าสูงกว่าอัตราเงินกู้ แสดงว่า การลงทุนในโครงการนี้ดีกว่าการนำเงินไปลงทุนด้วยการให้กู้ยืม และระยะเวลาคืนทุนมีค่าน้อยกว่า 1 ใน 10 ของอายุโครงการ (15 ปี) แสดงให้เห็นว่า โครงการนี้เป็นโครงการที่สมควรลงทุน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณรัชชานนท์ ชูตระกูล ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] วัชรินทร์ วิฑูรย์กุล, ยางมะตอยน้ำสำหรับงานถนน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.
- [2] บริษัท ทิปโก้แอสฟัลท์ จำกัด (มหาชน), ยางมะตอย, ข้อมูลจาก <https://www.tipcoasphalt.com/ยางมะตอย-คืออะไร/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กันยายน 2567)

[3] Park C.S., Fundamentals of Engineering Economy, 3<sup>rd</sup> ed., USA: Pearson Education, Inc., 2013.

[4] Cengel Y.A., Heat Transfer: A Practical Approach, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, 2004.

[5] รัชชานนท์ ชูตระกูล, ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ส่วนบุคคล, (วันที่ 27 สิงหาคม 2567)

[6] ธนาคารแห่งประเทศไทย, สรุปประมาณการเศรษฐกิจและเงินเฟ้อ ณ 12 มิถุนายน 2567, ข้อมูลจาก <https://www.bot.or.th/th/thai-economy/economic-outlook.html>

[7] ธนาคารแห่งประเทศไทย, อัตราดอกเบี้ยในตลาดเงิน (2548-ปัจจุบัน), ข้อมูลจาก [https://app.bot.or.th/BTWS\\_STAT/statistics/BOTWEBSTAT.aspx?reportID=223&language=TH](https://app.bot.or.th/BTWS_STAT/statistics/BOTWEBSTAT.aspx?reportID=223&language=TH)

การจ่ายโหลดประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวม  
ของหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 22 กิโลโวลต์ สำหรับสถานประกอบการเพื่อความยั่งยืน

The Maximum Efficiency on a Delivering load  
and Total Energy loss of Electrical Transformer based on rated 22 kV  
for the Sustainability of an Organization

อานนท์ สิงห์เสถียร<sup>1</sup>, คชพงศ์ สุมานนท์<sup>2</sup>, เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[aron.s@rmutp.ac.th](mailto:aron.s@rmutp.ac.th) [wetarin.t@rmutp.ac.th](mailto:wetarin.t@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 [kotchapong.s@rmutp.ac.th](mailto:kotchapong.s@rmutp.ac.th)

#### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอถึงการวิเคราะห์การจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดแรงดัน 22 กิโลโวลต์ และขนาดพิกัดกำลังปรากฏ 50 ถึง 1,000 เควีเอ (kVA) โดยหม้อแปลงไฟฟ้านั้น สามารถใช้งานกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) อย่างไรก็ตาม หม้อแปลงไฟฟ้าทุกชนิดจะมีกำลังสูญเสียในขณะที่ไม่มีโหลดและกำลังสูญเสียในขณะที่จ่ายโหลด ซึ่งอิทธิพลของกำลังสูญเสีย จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า จากปัญหาดังกล่าว บทความฉบับนี้จึงทำการวิเคราะห์การจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยอาศัยการพิจารณาพารามิเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีการใช้งานจริงในทางปฏิบัติ นอกจากนี้จะทำการวิเคราะห์ถึงค่าพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจะเป็นส่วนหนึ่งของค่าไฟฟ้ารายเดือน

**คำสำคัญ (Key word):** จ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด; พลังงานสูญเสียรวม

#### Abstract

This article presents an analysis of the maximum efficiency for delivering load and total energy loss of an electrical transformer. The electrical transformer in this case study has a rated voltage as 22 kV, rated apparent power 50 – 100 kVA, which can be operated with the electrical distribution system of PEA. However, this electrical transformer is composed a no load loss and a load loss. These losses directly influence to the efficiency of an electrical transformer. As a mention above, this article is shown to analyze the maximum efficiency by using the practical parameters. Moreover, the total energy loss of electrical transformer is determined, because it can be transferred to the electricity cost.

**Key word :** Maximum efficiency for delivering load; Total energy

## 1. บทนำ (Introduction)

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการใช้งานบริษัทไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ภายในอาคาร ได้แก่ เตารับ, อุปกรณ์ส่องสว่าง, เครื่องปรับอากาศ, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น [1] ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารที่ดี จึงควรต้องทำการประมาณการโหลดที่เพียงพอต่อการใช้งานอย่างเหมาะสม รวมทั้ง มีการเผื่อการขยายตัวของโหลดในอนาคต ตามลำดับ ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบจะสามารถใช้ค่าตัวประกอบความต้องการ (Demand Factor) เป็นพารามิเตอร์ช่วยในการประกอบการตัดสินใจสำหรับการออกแบบ [2-4] โดยการประมาณการโหลดที่เหมาะสมจะสามารถนำไปสู่การเลือกขนาดพิกัดเควีของหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA) พิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (ได้แก่ Ampere Frame, Ampere Trip, Short Circuit Capacity Rate) และขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายป้อนหลักสำหรับบริษัทประธานรวมแรงดันต่ำ ตามลำดับ เนื่องจากในทางปฏิบัติ การเลือกติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว จะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการประมาณราคาทางเศรษฐศาสตร์อีกด้วย [5]

อย่างไรก็ดี หนึ่งในปัจจัยของการออกแบบที่ดี คือ ระบบไฟฟ้าควรมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Efficiency) และมีพลังงานสูญเสียที่น้อยที่สุด (Minimum Energy Loss) ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบสามารถพิจารณาเลือกใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสูญเสียต่ำ (Low loss Electrical Transformer) และ เครื่องจักรกลประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Machine) เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีมูลค่าการลงทุนเริ่มต้นที่สูง (ในระดับหลักแสนบาท) ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมต่อการลงทุนของผู้ประกอบการเริ่มต้นที่มีต้นทุนน้อย

ในฐานะของวิศวกรผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า การตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์ใด ๆ ก็ตาม ก็ควรมีความสอดคล้องกันทั้งทางวิศวกรรมและทางเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีมูลค่าสูง และทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าโดยตรงเข้าสู่อาคาร ดังนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจึงต้องทำการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะถูกเลือกนำมาติดตั้ง เพื่อใช้เป็น

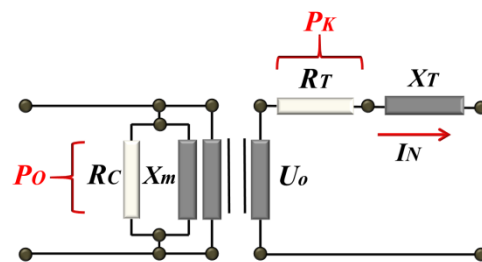
ข้อมูลสำหรับอ้างอิงการตัดสินใจ และสามารถนำไปใช้เพื่อแจ้งแก่เจ้าของสถานประกอบการ ถึงพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยที่ไม่เกิดปัญหาในภายหลัง

จากความสำคัญดังกล่าว บทความฉบับนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส พิกัดแรงดัน 22 kV ชนิดการฉนวนด้วยการจุ่มน้ำมัน (Oil Immersed Insulation) ซึ่งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เพื่อให้สามารถเป็นข้อมูลที่วิศวกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในการออกแบบเลือกหม้อแปลงไฟฟ้า โดยขนาดพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาศึกษาในบทความฉบับนี้คือ 50 ถึง 1,000 kVA ตามลำดับ

## 2. กำลังปรากฏและพลังงานสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส เป็นอุปกรณ์สำคัญที่รับหน้าที่ปรับลดระดับแรงดัน หรือเพิ่มระดับแรงดัน (เฉพาะแรงดันกระแสสลับ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์) อันได้แก่ 22 kV / 400 V เป็นต้น

โดยพารามิเตอร์พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (Basic Mathematical of Parameters) สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส สามารถแสดงให้เห็นในรูปของวงจรมุมลทางไฟฟ้า ดังภาพที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย ความต้านทานขดลวด ( $R_T$ ) รีแอกแตนซ์รั่วไหล ( $X_T$ ) ความต้านทานเนื่องจากความสูญเสียในแกนเหล็ก ( $R_C$ ) และ รีแอกแตนซ์การทำให้แม่เหล็ก ( $X_m$ ) ตามลำดับ



ภาพที่ 1 วงจรมุมลทางไฟฟ้าต่อเฟส  
ของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟส

จากวงจรมุมลทางไฟฟ้าต่อเฟส ในภาพที่ 1 สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของค่ากำลังสูญเสีย ( $P_{loss}$ ) ของหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ได้ดังสมการที่ 1 คือ [6]

$$P_{loss} = P_o + (a^2 \cdot P_K) \quad (1)$$

โดยที่

$$P_K = I_N^2 \cdot R_T \quad (2)$$

$$I = \frac{S_a}{\sqrt{3} \cdot U_o} \quad (3)$$

$$a = \frac{S_a}{S_N} \quad (4)$$

เมื่อกำหนดให้

$P_o$  คือกำลังสูญเสียในขณะไม่มีโหลด (kW)

$P_K$  คือกำลังสูญเสียในขณะจ่ายโหลด (kW)

$a$  คืออัตราส่วนระหว่างกำลังปรากฏขณะจ่ายโหลดและกำลังปรากฏพิกัด ( $S_o / S_N$ )

$I_N$  คือกระแสพิกัดด้านทุติยภูมิ (A)

$I$  คือกระแสจ่ายโหลด (A)

$S_N$  คือกำลังปรากฏพิกัด (kVA)

$S_o$  คือกำลังปรากฏขณะจ่ายโหลด (kVA)

$U_o$  คือแรงดันพิกัดด้านทุติยภูมิ (V)

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 1 ถึงสมการที่ 4 จะสามารถถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ( $\eta$ ) ได้ดังสมการที่ 5 คือ

$$\eta = \left( 1 - \frac{P_o + (a^2 \cdot P_K)}{(a \cdot S_N \cdot pf_{load}) + P_o + (a^2 \cdot P_K)} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 5 เมื่อถูกนำมาคำนวณหาอนุพันธ์ของประสิทธิภาพ (Derivative of Efficiency) เพื่อวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างกำลังปรากฏขณะจ่ายโหลด ( $S_o$ ) และกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) ที่ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงสุด ( $a_{max,eff}$ ) จะสามารถแสดงให้เห็นได้ในสมการที่ 6 คือ

$$\frac{d\eta}{da} = \frac{d}{da} \cdot \left( 1 - \frac{P_o + (a^2 \cdot P_K)}{(a \cdot S_N \cdot pf_{load}) + P_o + (a^2 \cdot P_K)} \right) \cdot 100 = 0 \quad (6)$$

ผลลัพธ์จากสมการที่ 6 นั้น จะได้ผลลัพธ์ของ  $a_{max,eff}$  ดังสมการที่ 7 คือ

$$a_{max,eff} = \sqrt{\frac{P_o}{P_K}} \quad (7)$$

จากผลลัพธ์ของสมการที่ 7 จะได้ความสัมพันธ์ของกำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{o,max,eff}$ ) ดังแสดงให้เห็นในสมการที่ 8 และสมการที่ 9 คือ

$$S_{o,max,eff} = a_{max,eff} \cdot S_N \quad (8)$$

$$S_{o,max,eff} = \left( \sqrt{\frac{P_o}{P_K}} \right) \cdot S_N \quad (9)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 9 นั้น ได้แสดงให้เห็นว่า  $S_{o,max,eff}$  มีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่ง กับค่ากำลังสูญเสียในขณะไม่มีโหลด ( $P_o$ ) และกำลังสูญเสียในขณะจ่ายโหลด ( $P_K$ ) ตามลำดับ ดังนั้น วิศวกรผู้ตัดสินใจเลือกหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อจ่ายพลังงานให้กับอาคาร จึงต้องพิจารณาถึงพารามิเตอร์ทั้งสองตัวนี้ โดยพารามิเตอร์  $P_o$  และ  $P_K$  จะถูกแสดงในข้อมูลเฉพาะ (Specification Data) ของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละยี่ห้อที่ถูกผลิตในประเทศไทย เช่น เอกซ์ตัน เจริญชัย ABB และ Precise เป็นต้น [7] ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าสามารถขอข้อมูลดังกล่าว ได้จากผู้ผลิตโดยตรง

นอกจากนี้พารามิเตอร์  $P_o$  และ  $P_K$  ยังสามารถถูกนำมาวิเคราะห์ถึงพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า ( $E_{total,loss}$ ) ได้อีกด้วย โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สมการที่ 1 ถึง 5 จะได้ความสัมพันธ์ของ  $E_{total,loss}$  ดังแสดงให้เห็นในสมการที่ 10 คือ

$$E_{total,loss} = (P_o \cdot h_{no,load}) + (P_o + (a^2 \cdot P_K)) \cdot h_{load} \quad (10)$$

เมื่อกำหนดให้

$h_{no,load}$  คือจำนวนชั่วโมง ที่หม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีโหลด

$h_{load}$  คือจำนวนชั่วโมง ที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโหลด

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 9 และ 10 ได้แสดงให้เห็นว่า พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการจ่ายโหลดและพลังงานสูญเสียคือ  $P_o$  และ  $P_K$  ตามลำดับ ในส่วนของเนื้อหาในหัวข้อถัดไป ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ถึง  $S_{o,max,eff}$  และ  $E_{total,loss}$  โดยละเอียด ด้วยข้อมูลเฉพาะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีการใช้งานจริง ซึ่งสามารถรองรับการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบจำหน่าย 22 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

### 3. การวิเคราะห์การจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและ พลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า 22 kV

#### 3.1 วิเคราะห์การจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับกรณีศึกษาของบทความฉบับนี้ จะใช้ข้อมูลเฉพาะของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายยี่ห้อ Precise [7] โดยหม้อแปลงไฟฟ้างดกล่าว เป็นมีการฉนวนแบบจุ่มน้ำมัน, ขนาดพิกัดแรงดัน คือ 22 kV / 400 / 230 V, รูปแบบของขดลวดมีลักษณะเป็นแบบ Dyn 11 (ลักษณะขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ถูกต่อแบบเดลต้า (Delta) และวายที่มีจุดนิวทรัล (Wye-Neutral) โดยมุมเฟสทางไฟฟ้าของขดลวดปฐมภูมิจะนำหน้า (Leading) มุมเฟสทางไฟฟ้าของขดลวดทุติยภูมิ เป็นขนาดมุม 30 องศาทางไฟฟ้า ซึ่งเสมือนมุมเฟสของขดลวดปฐมภูมิอยู่ที่ตำแหน่งเลข 11 ของเข็มนาฬิกา ในขณะที่มุมเฟสของขดลวดทุติยภูมิอยู่ที่ตำแหน่งเลข 12 ของเข็มนาฬิกา) ขนาดพิกัดกำลังปรากฏถูกพิจารณาที่ 50 ถึง 1,000 kVA ขนาดของร้อยละอิมพีแดนซ์ เท่ากับ 4 ถึง 6.5 ตัวประกอบกำลังโหลด ( $pf_{load}$ ) เท่ากับ 0.85 (มีที่มาจากเกณฑ์ต่ำที่สุด ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดค่าปรับทางตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้า) ตามลำดับ โดยสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ดังข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลเฉพาะของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายยี่ห้อ Precise [7]

Rated, $S_N$ (kVA)	No Load Losses, $P_o$ (W)	Load Losses, $P_k$ (W)	Percent Impedance (%)	Oil Quantity (Liters)	Total Weight (kgs.)
50	160	950	3.6-4.4	88	420
100	250	1,550	3.6-4.4	115	600
160	360	2,100	3.6-4.4	130	730
250	500	2,950	3.6-4.4	170	950
315	700	3,900	3.6-4.4	200	1,120
400	850	4,600	3.6-4.4	260	1,310
500	1,150	6,600	3.6-4.4	365	1,855
630	1,350	8,500	3.6-4.4	375	1,855
800	1,450	12,000	5.4-6.6	510	2,200
1,000	1,600	13,500	5.4-6.6	660	2,550

จากข้อมูลทางเทคนิคในตารางที่ 1 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยความสัมพันธ์ของสมการที่ 5 ถึง 9 จะสามารถแสดง

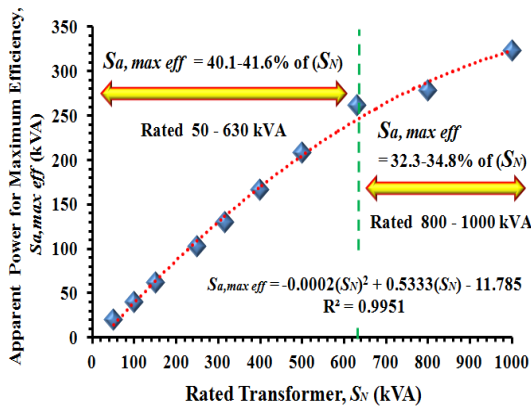
ผลลัพธ์ได้ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลในภาพที่ 2 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยหลักการโพลีโนเมียลแบบถดถอย (Polynomial Regression) [8] ทำให้ทราบว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) เท่ากับ 50 ถึง 1,000 kVA จะมีความสัมพันธ์กับกำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) ดังสมการที่ 11 คือ

$$S_{a,max\ eff} = (-0.0002)S_N^2 + (0.5333)S_N - 11.785 \quad (11)$$

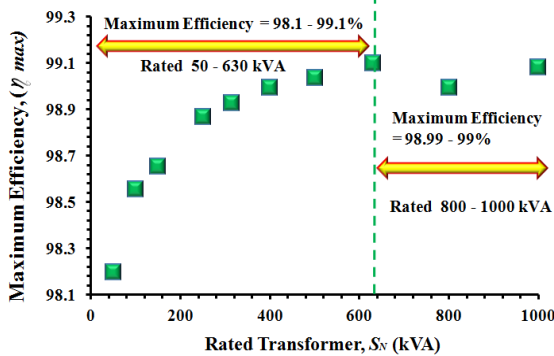
จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 11 สามารถถูกนำมาวิเคราะห์ถึงรายละเอียดสำคัญ ได้ดังต่อไปนี้ คือ

- จากผลลัพธ์ของสมการที่ 11 พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) เท่ากับ 50 ถึง 630 kVA จะมีค่ากำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 40.1 ถึง 41.6 ของขนาด  $S_N$  ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2
- ในขณะที่ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) เท่ากับ 800 ถึง 1,000 kVA จะมีค่ากำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 32.3 ถึง 34.8 ของขนาด  $S_N$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังปรากฏพิกัดตั้งแต่ 800 kVA จะมีร้อยละการจ่ายโหลด ประสิทธิภาพสูงสุด ที่น้อยกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 630 kVA เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีค่ากำลังสูญเสียในขณะจ่ายโหลด ( $P_k$ ) ที่สูงมาก (ขนาด 12,000 ถึง 13,500 W) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้อมูลเฉพาะฯ จากตารางที่ 1
- เมื่อนำข้อมูลจากภาพที่ 2 มาวิเคราะห์ด้วยสมการที่ 5 จะได้ผลลัพธ์ค่าประสิทธิภาพสูงสุด (Maximum Efficiency,  $\eta_{max}$ ) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 3 ซึ่งข้อมูลในภาพดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าหม้อแปลงจ่ายโหลดที่ค่ากำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) มีผลทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ( $\eta_{max}$ ) มากกว่าร้อยละ 98 ขึ้นไป
- เมื่อใดก็ตาม หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโหลดอย่างเต็มพิกัด เควื่อ (kVA Full Rated) ของกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ )

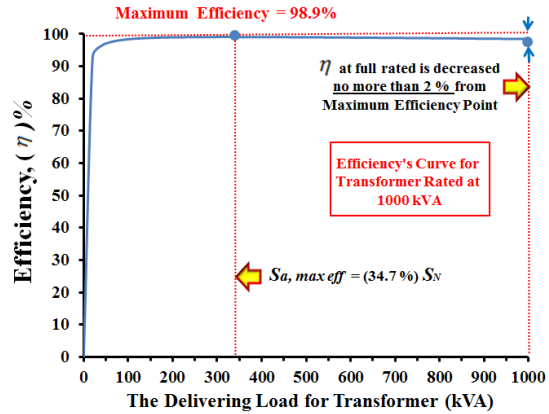
ซึ่งจะพบว่า ค่าประสิทธิภาพของการจ่ายโหลดอย่างเต็มพิกัดเควีเอ นั้น มีค่าน้อยกว่าค่าประสิทธิภาพสูงสุด ( $\eta_{max}$ ) ซึ่งเกิดจากค่ากำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) ที่ประมาณร้อยละ 2 ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 4 (โดยจากภาพที่ 4 จะแสดงเฉพาะหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังปรากฏพิกัดเท่ากับ 1,000 kVA เนื่องจากเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สุดที่ทำการศึกษาในบทความฉบับนี้) โดยในทางปฏิบัตินั้น หม้อแปลงไฟฟ้าควรจะต้องถูกใช้งานเพื่อจ่ายโหลดอย่างเต็มพิกัดเควีเอ (kVA Full Rated) แม้ว่าจะไม่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดก็ตาม เพราะว่าจะได้รับประสิทธิภาพดี (มากกว่าร้อยละ 95) ที่มาพร้อมกับความมั่นคงและเสถียรสูง (High Stable Efficiency) ตลอดการใช้งาน ในขณะที่ ค่าประสิทธิภาพของกำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) คือ  $\eta_{max}$  เป็นเพียงจุดสูงสุดสัมพัทธ์เพียงจุดเดียว ที่มีความยากต่อการปรับจูนสำหรับการใช้งานในทางปฏิบัติ



ภาพที่ 2 การจ่ายโหลดประสิทธิภาพสูงสุดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาด  $S_N$  เท่ากับ 50 ถึง 1,000 kVA



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพสูงสุด ( $\eta_{max}$ ) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการศึกษา ซึ่งจ่ายขนาดกำลังปรากฏเท่ากับ  $S_{a,max\ eff}$



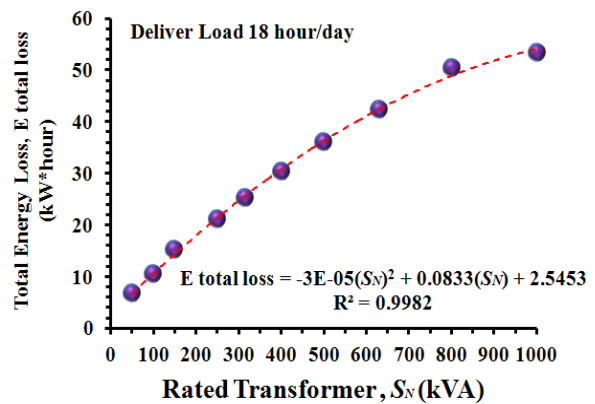
ภาพที่ 4 ผลลัพธ์ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ขนาด  $S_N$  เท่ากับ 1,000 kVA

### 3.2 วิเคราะห์พลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า

ในกรณีศึกษาของหัวข้อนี้จะใช้ข้อมูลเฉพาะจากตารางที่ 1 และความสัมพัทธ์ของสมการที่ 10 ตามลำดับ โดยประเมินให้มีจำนวนชั่วโมงที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโหลด ( $h_{load}$ ) เท่ากับ 18 ชั่วโมงต่อวัน (ประเมินจากความเป็นไปได้ ของจำนวนชั่วโมงที่เครื่องจักรในสถานประกอบการ ต้องการพลังงานไฟฟ้าที่จะสามารถทำให้เครื่องจักรเดินเครื่องได้ตลอดการผลิต โดยไม่มีการหยุดพักเครื่อง) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สามารถแสดงให้เห็นดังภาพที่ 5

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 5 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยหลักการโพลีโนเมียลแบบถดถอย จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 12 คือ

$$E_{total\ loss} = (3 \cdot 10^{-5})S_N^2 + (0.0833)S_N + 2.5453 \quad (12)$$



ภาพที่ 5 พลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อจ่ายโหลดเป็นเวลา 18 ชั่วโมงต่อวัน

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 5 และความสัมพันธ์ของสมการที่ 12 พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) คือ 50 ถึง 1,000 kVA จะมีพลังงานรวมสูญเสียเท่ากับ 6.72 ถึง 53.4 kWh ต่อวัน ซึ่งจะมีพลังงานสูญเสียรวมเท่ากับ 20.25 ถึง 1,602 kWh ต่อเดือน ตามลำดับ โดยพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งของค่าไฟฟ้ารายเดือน ที่เจ้าของสถานประกอบการต้องจ่ายในการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ดังนั้น ในแง่ของการออกแบบที่ดี วิศวกรของสถานประกอบการ จึงควรต้องทำการพิจารณาถึงค่าพลังงานสูญเสียรวมด้วยเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายของเจ้าของสถานประกอบการที่จำเป็นต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

#### 4. สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาทั้งหมดได้แสดงให้เห็นว่าการที่หม้อแปลงไฟฟ้ามีขนาดกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) เท่าใดก็ตาม ควรต้องคำนึงถึงกำลังสูญเสียในขณะไม่มีโหลด ( $P_o$ ) และกำลังสูญเสียในขณะจ่ายโหลด ( $P_K$ ) เป็นสำคัญ ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้จากเอกสารข้อมูลเฉพาะของผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อ โดยอิทธิพลของพารามิเตอร์  $P_o$  และ  $P_K$  จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการจ่ายโหลดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า

การใช้งานกำลังไฟฟ้า ณ ค่ากำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) โดยมีค่าเท่ากับ  $(\sqrt{P_o/P_K}) \cdot S_N$  ดังที่แสดงให้เห็นในสมการที่ 9 จะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ถึงร้อยละ 98 ถึง 99 แต่อย่างไรก็ตาม ที่หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดไม่เกิน 630 kVA การจ่ายโหลดประสิทธิภาพสูงสุดเกิดขึ้นที่ร้อยละ 40.1 ถึง 41.6 ของขนาด  $S_N$  ในขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัด 800 ถึง 1,000 kVA จะจ่ายโหลดประสิทธิภาพสูงสุดเกิดขึ้นที่ร้อยละ 32.3 ถึง 34.8 ของขนาด  $S_N$  เท่านั้น

ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ( $\eta_{max}$ ) จะเกิดขึ้นเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าถูกใช้งานที่ค่ากำลังปรากฏซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดขณะจ่ายโหลด ( $S_{a,max\ eff}$ ) แต่ค่าดังกล่าวจะเกิดขึ้นเพียงค่าเดียวเท่านั้น (เป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์) ซึ่งยากต่อการปรับจูนเพื่อใช้งานจริง แต่อย่างไรก็ดี ที่จุด  $\eta_{max}$  จะเป็นจุดที่บ่งบอกได้ว่า ไม่ควรใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าที่ค่ากำลังปรากฏต่ำกว่า

จุด  $S_{a,max\ eff}$  เพราะจะมีโอกาสทำให้เกิดประสิทธิภาพที่ต่ำมาก (ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 4)

ในส่วน of พลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า จะมีผลกระทบดังต่อไปนี้ คือ พลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจะเป็นส่วนหนึ่งของค่าไฟฟ้ารายเดือน ที่เจ้าของอาคารต้องจ่ายให้กับกรไฟฟ้า โดยจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไปแล้วพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้า 22 kV ขนาดกำลังปรากฏพิกัด ( $S_N$ ) คือ 50 ถึง 1,000 kVA จะเกิดพลังงานสูญเสียรวมถึง 20.25 ถึง 1,602 kWh ต่อเดือน ซึ่งจะกลายเป็นภาระค่าไฟฟ้ารายเดือนที่ต้องชำระ ดังนั้นจึงต้องคำนึงปัญหาเหล่านี้ด้วย

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564” พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2564.
- [2] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, “การออกแบบระบบไฟฟ้า ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 9 ตามมาตรฐาน วสท. 2564” พิมพ์ที่ ห้างหุ้นส่วนจำกัด โชติอนันต์ ศรีเอชเอ็น, 2565.
- [3] ลือชัย ทองนิล, “การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานการไฟฟ้า” สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2560.
- [4] สุลี บรรจงจิตร, “หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า” สำนักพิมพ์ซีเอ็ด-บุ๊ค, 2556.
- [5] ชาญชัย โปธิสาร, “การประมาณราคากระบบไฟฟ้า-สื่อสารสำหรับอาคาร” จัดพิมพ์โดยสมาคมวิศวกรที่ปรึกษาเครื่องกลไฟฟ้าไทย.
- [6] สุรวัดน์ เสรีวิวัฒนา, “การออกแบบระบบไฟฟ้า” สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.
- [7] Precise International Corporation LTD, “Precise Distribution Transformers (Specifications: Data for Transformer 3 Phase 22,000 -400/230 V Dyn11)” September 2023.
- [8] S.C.Chapra and R.P.Canale, “Numerical Methods for Engineers”. Singapore: McGraw-Hill (Asia), 2006.



## Kinetic parameters using non-isothermal and model-free methods for wasted disposable bamboo chopsticks in Thailand

Thanet Unchaisri<sup>1\*</sup>, Pawin Chaivatamaset<sup>1</sup>, Waraporn Methawiriyasilp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Combustion Research Laboratory, Pilot Plant Development and Training Institute

King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntian Campus)

49 Soi Thian Thale 25, Bangkhuntian- Chai Thale Rd., Tha Kham, Bangkhuntian,

Bangkok 10150, Thailand

[thanet.unc@mail.kmutt.ac.th](mailto:thanet.unc@mail.kmutt.ac.th)

### Abstract

This study presents comprehensive thermal analyses of wasted disposable bamboo chopsticks subjected to varying heating rates. The investigation reveals a multi-stage thermal decomposition process occurring between 32 °C and 650 °C. Initial mass loss is attributed to moisture evaporation, succeeded by two distinct stages, designated as A and B, characterized by the release of volatiles and their combustion, as well as char oxidation. The temperature intervals defining the three mass loss phases, along with peak temperatures and maximum mass loss rates, are systematically determined. Notably, the foremost mass reduction occurs during stage A, signifying the formation and ignition of a higher quantity of volatiles. Char combustion, representing around 30 wt% of the mass loss, is assigned to stage B, occurring within peak temperature ranges of 411 °C – 449 °C.

Coats-Redfern method was used to explain the reaction mechanisms, modeled as F1, F2, and F3, representing chemical reaction, diffusion, and phase interfacial reaction, respectively, are employed to scrutinize the oxidation stages A and B. The correlation coefficients between the models and experimental data are particularly high for F1 in stage A and F2 in stage B. The activation energy values for stages A and B are determined, ranging from 80.8 kJ/mol to 88.7 kJ/mol and 26.4 kJ/mol to 28.9 kJ/mol, with the highest values attributed to models F1 and F2, respectively. Furthermore, the pre-exponential factor (A) displays variability between 6 min<sup>-1</sup> and 22.8 min<sup>-1</sup> for stage A (F1 model) and between 1.2 × 10<sup>-7</sup> min<sup>-1</sup> and 8.8 × 10<sup>-6</sup> min<sup>-1</sup> for stage B (F2 model).

Employing FWO and KAS methods, correlation coefficients (R<sup>2</sup>) remain notably high, ranging from 0.836 to 0.977. Activation energy values yielded by FWO and KAS approaches closely approximate average values of 194.2 kJ/mol and 194.1 kJ/mol, respectively. This investigation provides valuable insights into the thermal behavior of bamboo chopsticks, elucidating their decomposition kinetics under diverse heating conditions.

**Key words:** Bamboo; Kinetics; Model-free methods; non-isothermal methods; Thermogravimetric analysis

## 1. Introduction

In Thailand, disposable bamboo chopsticks are frequently used because of their practicality and cultural importance. However, inappropriate handling of the waste from bamboo chopsticks can result in both environmental damage and severe health risks. With an estimated 80 million pairs produced year [1], China is the world's largest manufacturer of disposable bamboo chopsticks, which are both utilized domestically and exported to other countries. Although there are no statistics on the manufacturing and usage of disposable bamboo chopsticks in Thailand, they are frequently found in restaurants and canteens. Wasted bamboo chopsticks emit hazardous gases and particulates into the environment when they are burned or allowed to degrade. Thus, it is essential to comprehend the thermal degrading behavior of bamboo chopsticks wastes in order to assess their environmental impact and create efficient waste management plans.

The Coats-Redfern, the Flynn-Wall-Ozawa (FWO), and the Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) techniques are be used in this study to examine the kinetic characteristics of wasted bamboo chopsticks in Thailand. These procedures are trial-and-error method to examine the kinetics of materials' thermal degradation. To anticipate the thermal behavior and create suitable waste management plans for wasted bamboo chopsticks, the kinetic parameters, such as activation energy and pre-exponential factor, must be known.

Thermal degradation is the process by which a substance breaks down into fragments when heated. Dehydration, depolymerization, and the breakdown of organic compounds are only some of the many chemical processes that take place during the heat degradation of wasted bamboo chopsticks.

Several variables, including the chemical composition of the bamboo, the amount of moisture present, and the rate of heating, have an impact on these processes.

The Coats-Redfern conduct is based on the evaluation of a material's weight loss at various heating rates [2]. The activation energy and pre-exponential factor are calculated using the Arrhenius equation under the assumption that the degradation process follows first-order reaction kinetics. A linear connection may be found by graphing the logarithm of the heating rate against the logarithm of the ratio of heating rate to weight loss. This makes it easier to determine the kinetic parameters. The Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) method and the Flynn-Wall-Ozawa (FWO) method are two often employed methods for determining the kinetic parameters of biomass [3].

Merely a limited amount of research has particularly focused on wasted bamboo chopsticks in Thailand, despite studies on the thermal deterioration of bamboo and its derivatives [4]. Due to changes in their chemical composition and surface properties brought on by their usage and exposure to food leftovers, bamboo chopstick wastes' thermal degradation behavior may vary from that of other bamboo materials. Establishing sustainable waste management techniques requires an understanding of the kinetic characteristics of discarded bamboo chopsticks. It is now feasible to design effective incineration processes, maximize energy recovery, and reduce the release of dangerous pollutants by properly anticipating their thermal behavior. The acquired kinetic parameters may also be used to assess how recycling or composting bamboo chopstick trash would affect the environment.

Using the Coats-Redfern, FWO, and KAS

techniques, this study intends to explore the kinetic characteristics of wasted bamboo chopsticks in Thailand. The development of sustainable waste management techniques and the environmental effects of disposing of bamboo chopsticks trash may both be greatly improved by understanding the thermal degradation behavior. The findings of this study will help the bamboo sector in Thailand promote the circular economy and reduce the impact on the environment.

## 2. Research Methodology

### 2.1 Experimental setup

This study employed three different techniques, namely Coats-Redfern, Flynn-Wall-Ozawa (FWO), and Kissinger-Akahira-Sunose (KAS), along with three reaction functions (first order, diffusion-controlled, and shrinking core), to determine the kinetic parameters of bamboo, including activation energy ( $E$ , kJ/mol), and pre-exponential factor ( $A$ ,  $\text{min}^{-1}$ ). At heating velocities of 5, 10, and 20 K/min, the thermal breakdown of bamboo was examined. The calculated kinetic parameters offer important new understandings of wasted bamboo chopstick's thermal behavior and response processes. Samples of wasted bamboo chopsticks were gathered and prepared by being sliced into small pieces. To get rid of any moisture content, the samples were dried at a certain temperature (such 105°C). A thermogravimetric analyzer (METTLER TOLEDO, TGA/DSC 3+, as shown in Fig. 1) supplied with a heating furnace and a sensitive balance was used for the TGA studies. Alumina crucible with approximately 1-2 mg of the produced bamboo chopsticks powder was used.



**Fig. 1** Thermogravimetric analyzer (METTLER TOLEDO, TGA/DSC 3+.)

The sensitive balance related to the TGA instrument measured the mass loss of the sample during the heating process. The formula given in Eq. 1 was applied to the obtained mass data to get the rate of conversion ( $X$ ):

$$X = \frac{(m_0 - m_t)}{(m_0 - m_f)} \quad (1)$$

where  $m_0$  is the initial mass of the sample,  $m_t$  is the mass of the sample at time  $t$ , and  $m_f$  is the final of the sample.

### 2.2 Kinetic analysis

#### 2.2.1 Coat-Redfern method

The following Arrhenius equation [2] can be used to characterize the reaction rate of biomass throughout the combustion process.

$$\frac{dx}{dT} = \frac{A}{\beta} \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) f(x) \quad (2)$$

Where  $\beta$ ,  $A$ ,  $E$  and  $R$  are heating rate, pre-exponential factor, activation energy and gas constant respectively. Rearranging Eq. (2) and integrating [2] gives

$$\ln \left[ \frac{g(x)}{T^2} \right] = \ln \left( \frac{AR}{E\beta} \right) - \frac{E}{RT} \quad (3)$$

Plot  $\ln g(x)$  versus  $1000/T$ , for different reaction mechanisms given in Table 1, at the selected temperature range, and get the slope. Then, E and A values can be obtained.

**Table 1.** Function  $f(x)$  of the reaction mechanisms, together with integral forms  $g(x)$  [5].

Reaction mechanism	Model name	Model code	$f(x)$	$g(x)$
Chemical reaction	First order	F1	$1-x$	$-\ln(1-x)$
Diffusion	Two dimensional	F2	$[-\ln(1-x)]^{-1}$	$x + (1-x)\ln(1-x)$
Phase interfacial reaction	Shrinkage Geometrical spherical	F3	$3(1-x)^{2/3}$	$1-(1-x)^{1/3}$

### 2.2.2 Flynn-Wall-Ozawa (FWO) method

The apparent activation energy is expected to remain constant throughout the reaction in the same way. Once  $\log \beta$  is plotted against  $1000/T$  at various heating rates, a straight line is produced with a slope of [3], and its intercept may be used to get a value. The governing formula is,

$$\ln \beta = \ln \left[ \frac{AE}{R g(x)} \right] - 5.3305 - 1.052 \left( \frac{E}{RT} \right) \quad (4)$$

where  $g(x)$  is a constant for an exact conversion value.

### 2.2.3 Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) method

The technique that is most commonly used for determining the activation energy of thermally activated processes with different heating rates assessed by the DTG is the KAS method. It is a

derivational approach based on the Coats-Redfern method [3]:

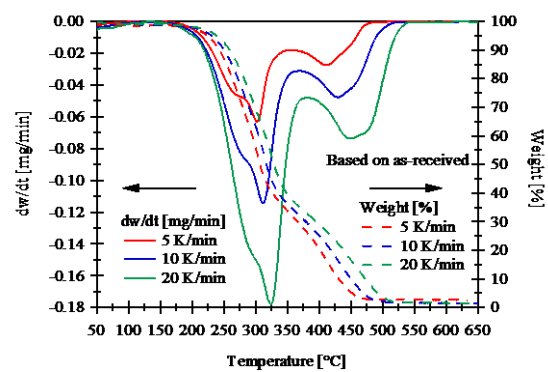
$$\ln \left( \frac{\beta}{T^2} \right) = \ln \left[ \frac{AR}{E g(x)} \right] - \frac{E}{RT} \quad (5)$$

When a plot of  $\ln \left( \frac{\beta}{T^2} \right)$  against  $1000/T$  at a certain conversion for different heating rates is created, the activation energy could be determined using this equation from the slope  $\left( -\frac{E}{R} \right)$  using the data.

## 3. Results and discussion

### 3.1. Thermal characteristics

Thermal analyses of bamboo chopstick at different heating rates are presented in Figure 2. The relationship between the TG and DTG curves was used to gain accurate in calculating the mass loss and temperature. The thermal graphs show that thermal breakdown of the bamboo chopstick occurred in two stages between  $32^\circ\text{C}$  and  $650^\circ\text{C}$ .



**Fig. 2** TG/DTG curves of wasted bamboo chopsticks.

The DTG curves (Fig. 2) reveals that moisture evaporation caused an initial mass loss between  $32^\circ\text{C}$  and  $110^\circ\text{C}$  for all heating rates. After then, the bamboo chopstick sample had two-stage mass decreases (stages A and B). Stage A would result

from the release of volatiles and their following combustion, and stage B from the oxidation of the char. Figure 2 shows the temperature ranges for all three regions where mass is lost after the initial moisture is released during sample combustion, the amount of mass loss in each area, and the remaining residue. Stages A and B occur in a range of temperatures 165 °C – 385 °C, 350 °C – 530 °C, respectively. The maximum mass loss occurred in the stage A were in range of 64.6 wt% - 68.3 wt% in all heating rates, which corresponded the temperatures in range of 165 °C – 385 °C. This suggests that more volatiles are created and ignite at these temperatures. In contrast with coal, which nearly always has a volatile matter/fixed carbon (VM/FC) ratio of 1.0, biomass generally has a VM/FC ratio of >4.0 [6]. Bamboo biomass was found to have 74.1 wt% of volatile matter and 17.5 wt% of fixed carbon, respectively [7]. As a result, gasphase oxidation of the volatile species will be the primary method of combustion for biomass fuels [8]. About 30 wt% of the char burned at stage B reacted at peak temperatures between 411 °C and 449 °C.

### 3.2 Kinetic parameters

#### 3.2.1 Coat-Redfern method

The Coats-Redfern approach was used to examine a number of solid-state processes (Table 1) to identify the mechanisms causing the oxidation of the test materials. The conversion,  $x$ , was recalculated for each reaction after each stage of the process had its own application of equation (3). The function of the model that best captures the kinetic mass loss for each individual response will be determined by the form of  $g(x)$  that results in a

straight line with the highest correlation coefficient. The plots of  $\ln[g(x)/T^2]$  versus  $1000/T$  that produced the sample's greatest correlation coefficient values are shown in Fig. 3. The values of  $E$  and  $A$  were determined from the slope of each line.

The two-dimensional diffusion-controlled process in a cylinder is represented by the function F2. Solid-state diffusion, or the movement and transport of gas molecules in the solid phase, is the mechanism that many chemical reactions or micro-structural changes in materials occur through in a diffusion-controlled process [9].

Models F1, F2, and F3 exhibited correlation coefficients for stage A between 0.90 and 0.94. The strongest correlation coefficients, however, were found in model F1, with values that exceeded 0.927 on average throughout the three heating rates. Models F1, F2, and F3 for stage B displayed correlation values ranging from 0.85 to 0.99. The greatest correlation values, between 0.98 and 0.99, were found for Model F2. As a consequence, the findings support the notion that the chemical first order reaction (F1 model) is the best solid-state mechanism for the stage A first step of biomass oxidation. However, it was discovered that the second stage of biomass combustion (stage B) was caused by diffusion processes (F2). A multiple equation may suit the experimental findings when using thermal analysis to identify the mechanism behind the oxidation process.

The maximum correlation coefficients for the activation energy ( $E$ ) in stages A and B, which occurred in models F1 and F2, respectively, were 80.8 kJ/mol to 88.7 kJ/mol and 26.4 kJ/mol to 28.9 kJ/mol.

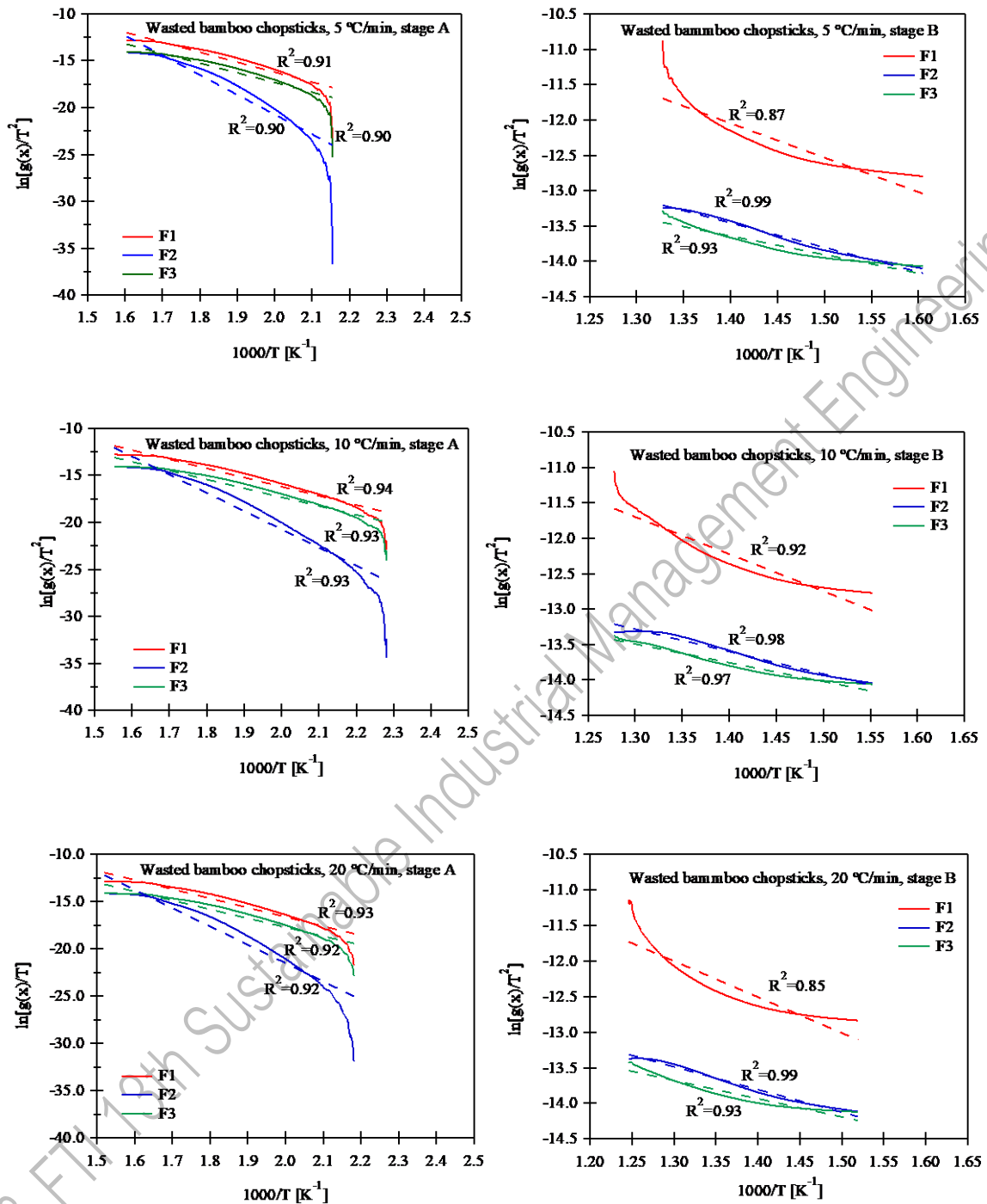


Fig. 3 Plots of  $\ln[g(x)/T^2]$  against  $1000/T$  of wasted bamboo chopsticks for Coast-Redfern method at the stage A and different heating rates.

### 3.2.2 Two model-free methods

Two techniques free of models to calculate activation energy and the pre-exponential factor, two methods were used: Flynn-Wall-Ozawa (FWO) and Kissinger-Akahria-Sunose (KAS). For a certain value of conversion, Eq. (4) and (5), respectively,

were used to derive the kinetic parameters obtained by the FWO and KAS techniques. We selected the same value from the range of 0.1 to 0.9 for all curves at various rates of heating, and we calculated the associated temperature, in order to estimate the kinetic parameters. In Fig. 4, for various conversion values, the FWO plot  $\ln \beta$  versus  $1000/T K^{-1}$  is

displayed. For various conversion values, the KAS plots of  $\ln \beta / T^2$  versus  $1000/T$  K<sup>-1</sup> are displayed in Fig. 5.

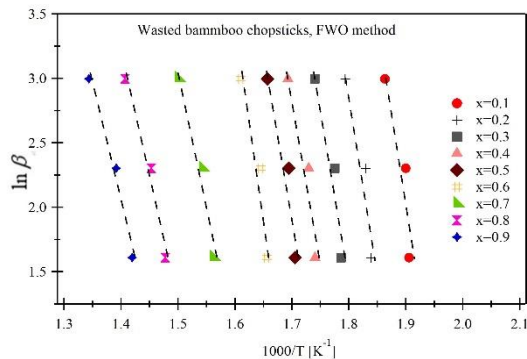


Fig. 4 Plots of  $\ln \beta$  against  $1000/T$  at different heating rates of wasted bamboo chopsticks for FWO method.

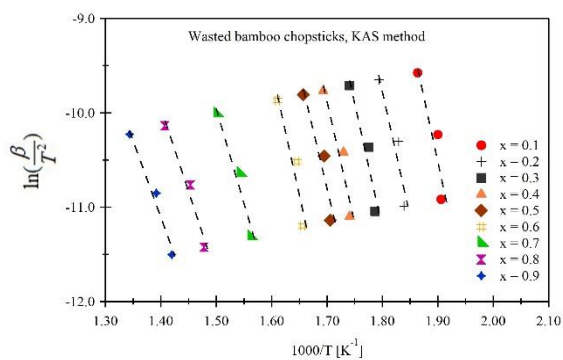


Fig. 5 Plots of  $\ln \beta / T^2$  against  $1000/T$  at different heating rates of wasted bamboo chopsticks for KAS method.

The activation energy values from the FWO and KAS techniques are quite close to their average values, which are 194.2 kJ/mol and 194.1 kJ/mol, respectively; the pre-exponential factor value is similarly located in the range of the average value. Fig. 6 shows E versus conversion rate for the FWO and KAS models. From Fig. 6, it is clear that changes in activation energy with conversion may be related to the complicated multi-step processes that take place during combustion, including competing

reactions, parallel reactions, and continuous reactions. The evaluation of E of bamboo chopsticks by FWO and KAS likewise exhibits a similar pattern. E of bamboo chopstick varies slightly bit between 0.1 and 0.6. These results, which show a decrease in activation for conversion ranges of 0.7 to 0.9, are in full agreement with the Coats-Redfern technique examination results, which showed mass loss of around 65 weight percent for stage A and 30 weight percent for stage B, respectively.

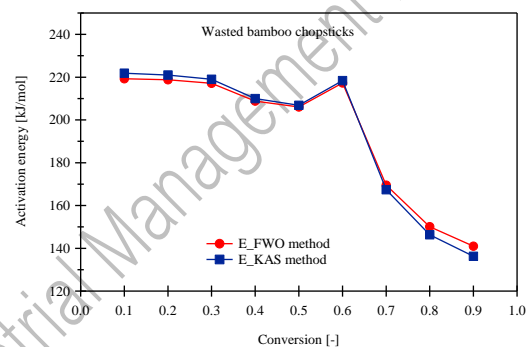


Fig. 6 Activation energy obtained using FWO and KAS methods as a function of degree of conversion derived from wasted bamboo chopsticks.

#### 4. Conclusion

In conclusion, this research covered a thorough examination of the thermal behavior of bamboo chopsticks at various heating rates, revealing a two-stage breakdown process between 32 °C and 650 °C. Moisture evaporation was attributed for the first mass loss, which was followed by two-step mass losses designated as stages A and B. These phases corresponded, respectively, to the release of volatiles and their following combustion as well as char oxidation.

The comprehension of the decomposition process was further enhanced by the determination of temperature ranges for various mass loss areas,

peak temperatures, and maximum mass loss rates. Particularly, stage A showed the greatest mass loss, which suggested that several volatiles had been ignited. About 30% of the total mass loss was attributed to Stage B, which comprised char combustion and achieved peak temperatures between 411 °C and 449 °C.

To clarify steps A and B of biomass oxidation, this research used reaction models F1, F2, and F3, which, respectively, represent chemical reaction, diffusion, and phase interfacial reaction processes. Notably, stage A showed the strongest correlation coefficients from F1, whereas stage B showed the best results from F2. The greatest activation energy estimates were for models F1 and F2, which ranged from 80.8 kJ/mol to 88.7 kJ/mol for stage A and 26.4 kJ/mol to 28.9 kJ/mol for stage B, respectively.

Additionally, there was variation in the pre-exponential a part (A), with stages A (model F1) ranging from 6 min<sup>-1</sup> to 22.8 min<sup>-1</sup> and stage B (model F2) spanning from 1.2 x10<sup>-7</sup> min<sup>-1</sup> to 8.8 x10<sup>-6</sup> min<sup>-1</sup>. Furthermore, verifying the correctness of this research, the correlation coefficients (R<sup>2</sup>) calculated from the FWO and KAS plots remained impressively high, ranging from 0.836 to 0.977. With average values of 194.2 kJ/mol and 194.1 kJ/mol, respectively, the computed activation energy levels using the FWO and KAS techniques were quite similar. Future research should analyze emissions and residues from bamboo chopsticks' thermal degradation to assess environmental impacts of various disposal methods.

## 5. References

[1] Luo, C. China's 80 Billion Disposable Chopsticks a Burden on Forests. Available online: <https://www.scmp.com/news/china/article/1188299/chinas-80-billion-disposable->

[chopsticks-burden-forests](#) (accessed on 21 August 2023).

- [2] Coats, A. W., Redfern, J. P., "Kinetic parameters from thermo- gravimetric data," *Nature*, vol. 201, 1964, pp. 68-69.
- [3] Bonilla, J., Salazar, R.P. and Mayorga, M., "Kinetic triplet of Colombian sawmill wastes using thermogravimetric analysis", *Heliyon*, vol. 5, 2019.
- [4] Wijitkosum, S., "Repurposing Disposable Bamboo Chopsticks Waste as Biochar for Agronomical Application", *Energies*, vol. 16, 2023, pp. 1-16.
- [5] Sun, M., Zhang, J., Li, K., Wang, G., Wang H. and Wang, Qi, "Thermal and kinetic analysis on the co-combustion behaviors of anthracite and PVC", *Metallurgical Research and Technology*, vol. 115, 2018, pp. 1-9.
- [6] Tillman, D.A., 2000. Biomass coffering: the technology, the experience, the combustion consequences. *Biomass Bioenerg.* 19, 365–384.
- [7] Darabant, A., Haruthaithanasan, M., Atkla, Wanida, Phudphong, T., Thanavat, E. and Haruthaithanasan, K. "Bamboo biomass yield and feedstock characteristics of energy plantations in Thailand", *Energy Procedia*, vol. 59, 2014, pp. 134-141.
- [8] Wang, C., Wang, F., Yang, Q., Liang, R., 2009. Thermogravimetric studies of the behavior of wheat straw with added coal during combustion. *Biomass Bioenerg.* 33, 50–56.
- [9] Yorulmaz, S.Y., Atimtay, A.T., 2009. Investigation of combustion kinetics of treated and untreated waste wood samples with thermogravimetric analysis. *Fuel Process. Technol.* 90, 939–946.



## Numerical Simulation of Spontaneous Ignition in Rubber Woodchip

Thanet Unchaisri<sup>1\*</sup>, Somboon Wetchakama<sup>2</sup>, Pawin Chaivatamaset<sup>1</sup>,  
Waraporn Methawiriyasilp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Combustion Research Laboratory, Pilot Plant Development and Training Institute  
King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntian Campus)  
49 Soi Thian Thale 25, Bangkhuntian- Chai Thale Rd., Tha Kham, Bangkhuntian,  
Bangkok 10150, Thailand

[thanet.unc@mail.kmutt.ac.th](mailto:thanet.unc@mail.kmutt.ac.th)

<sup>2</sup> Thermal Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University  
of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand

### Abstract

This study used numerical analysis to examine the spontaneous ignition of rubber woodchip in a cube basket within a convection oven. The study used a bulk of cubic rubber woodchip as an open container that let oxygen from the surrounding air in and interacted with the fuel. The self-ignition temperature was simulated using COMSOL Multiphysics and coupled partial differential equations for conductive and diffusive heat transfer. After then, the outcomes of the experiments and the simulations were compared. The observed and simulated center temperatures of the cubic rubber woodchip basket generally agreed well. With an increase in cubic sample size, the time to self-ignition increased as well. In comparison to the experiment results, the self-ignition temperatures estimated by 2D modeling varied by 11 °C.

**Key word:** Numerical simulation; Rubber woodchip; Spontaneous ignition

## 1. Introduction

In Thailand, coal has been used as a thermal and electrical energy source, such as in the production of cement and paper. But only 3,383 ktoe of coal (lignite) are produced domestically [1]. This coal is used by the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) to generate energy, which means that 13,440 ktoe of coal must be imported [1]. The country uses this imported coal to generate thermal and electrical energy, according to the Alternative Energy Development Plan and Energy Conservation (AEDP 2015). With regard to energy security, Thailand has promoted the use of biofuels, generating 5,570 MW of electrical energy and 22,100 ktoe of thermal energy in 2579 [2]. Thailand's agricultural wastes comprise 6,450 ktoe of rubberwood, bagasse, and rice husk [3]. This can serve as an alternate source of energy.

In a previous instance, a pile of dried agricultural waste that was around 3-5 meters high was prepared for use in the energy production process at a power station in Lamphun Province. Between 2016 and 2019, the pile spontaneously combusted three times [4]. This occurrence was caused by the same chemical processes that heat the pile itself.

Thailand generated electricity using a variety of renewable energy sources, such as biomass (agricultural wastes), solar, wind, hydropower, and biogas. At almost 30%, biomass produced the most electricity of all the renewable energy sources [3 new]. One of the main biomass kinds is natural rubber wood, which is extensively planted in the country's southern south. When rubber trees approach the end of their productive life, they have to be chopped down. Rubberwood then turns into an agricultural waste that may be burned. Currently, 234 biomass power plants are located in Thailand [5].

In order to better understand the potential for spontaneous ignition of biomass in Thailand, researchers investigated at the self-ignition temperatures of a wide range of materials, such as sugarcane bagasse [6], rice husk [7], and rubber woodchip [8]. Rubber woodchip in particular is thought to be a potential fuel source to take the place of fossil fuels. The self-ignition temperatures of rubber woodchip were examined using numerical simulation in COMSOL Multiphysics in order to correctly use the material in power plants and to supply Thailand with important biomass property data. The simulation's results were then compared with those from previous research [8].

## 2. Research Methodology

Experiments on rubber woodchip spontaneous igniting have been conducted previously [10]. A brief description of the experimental setup is provided here to aid in understanding how the present simulation model was created. Figure 1 shows the schematic diagram for the experiment used to determine the rubber woodchip's self-ignition temperature. The samples were then put into wire mesh baskets measuring 8 cm, 10 cm, and 12 cm. The weight of the sample was determined using the bulk density and basket size, both of which were regulated under the same conditions. The weighted samples in the baskets were then heated in an oven. This experiment employed an oven with a capacity of 225 liters, a maximum temperature capability of 300 °C, temperature accuracy of 2 °C, and a maximum airflow velocity of 400 m<sup>3</sup>/h. Type K thermocouples were attached to the test object in three locations: the center (TC), the outer surface (T1/2), and the oven temperature (Toven). Table 1 shows the properties of rubber woodchip.

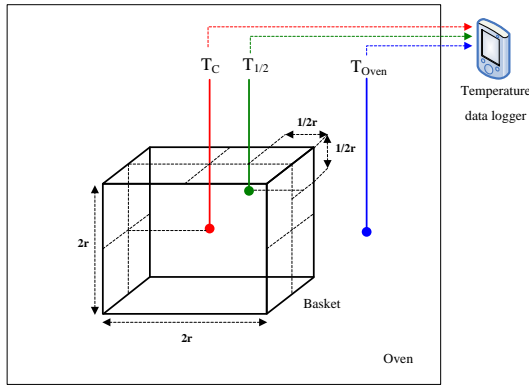


Figure 1 Schematic diagram for the experiment.

Table 1. The proximate, ultimate analyses.

Proximate analysis (wt %, as received basis)	
Moisture	48.4
Volatile matter	40.4
Fixed carbon	9.4
Ash	1.8
Ultimate analysis (wt %, as received basis)	
Carbon	25.4
Hydrogen	3.1
Nitrogen	0.1
Sulfur	0.1
Oxygen (by diff.)	21.1
HHV (MJ/kg, as dry basis)	
	18.9

COMSOL Multiphysics was used for the process simulation employing conduction and diffusion of heat. It possesses a square shape with several basket sizes. The boundary conditions of the system are represented in Figure 2 and consist of thermal insulation at the symmetry axis and oven temperature at the surface sample.

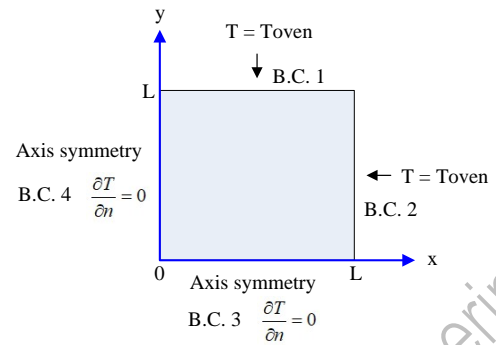


Figure 2 Geometry of the two-dimensional corresponded with boundary conditions.

The self-ignition of rubber woodchip was investigated using COMSOL Multiphysics, a porous material domain, and boundary conditions that were adjusted to the temperature ( $T = T_{oven}$ ) of the oven. Then, diffusive transport and conductive heat transfer are included in the governing equations, which are shown by equations (1) to (10) [9, 10]. The parameter values utilized to mimic self-ignition are shown in Table 2. The model's results showed the rubber woodchip's temperature distribution and self-ignition temperature.

Fourier-type:

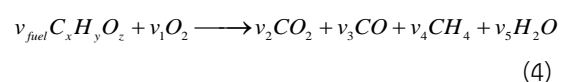
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho C_p} \nabla \cdot \text{grad } T + S_T \quad (1)$$

Fick-type:

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} = D_k \nabla \cdot \text{grad } C_k + S_{C_k} \quad (2)$$

$$S_T = S_{T_{chem}} + S_{T_{phys}} \quad (3)$$

Chemistry



$$S_{C_{fuel}} = -C_{fuel} k_0 \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) \quad (5)$$

$$S_{c_k} = \frac{v_k}{v_{fuel}} \frac{M_k}{M_{fuel}} S_{c_{fuel}} \quad (6)$$

$$k = O_2, CO_2, CO, CH_4, H_2O_{-vap} \quad (7)$$

$$S_{T_{chem}} = \frac{-1}{\rho C_p} \Delta H_R S_{c_{fuel}} \quad (8)$$

Physics

$$S_w = -EV C_w \exp\left(-\frac{\Delta H_v M_{H_2O,liq}}{RT}\right) + CD C_v \quad (9)$$

$$S_{T_{phys}} = -S_w \Delta H_v \quad (10)$$

**Table 2** A summary of the default settings for the parameters and coefficients used in the calculation [9, 10].

Parameter	Rubber woodchip	Description	Unit
$C_{fuel}$	200	Fuel initial concentration	kg/m <sup>3</sup>
$C_{O_2}$	0.252	O <sub>2</sub> initial concentration	kg/m <sup>3</sup>
$C_{CO_2}$	0	CO <sub>2</sub> initial concentration	kg/m <sup>3</sup>
$C_{CO}$	0	CO initial concentration	kg/m <sup>3</sup>
$C_{CH_4}$	0	CH <sub>4</sub> initial concentration	kg/m <sup>3</sup>
CD	0.000045	Pre-exponential factor condensation/adsorption	s <sup>-1</sup>
$C_p$	1150	Specific heat of fuel	J/kg/K
$D_k$	8x10 <sup>-3</sup>	Gas species diffusion coefficient	m <sup>2</sup> /s
E/R	13.8	Activation energy/R	K
EV	0.001	Pre-exponential factor evaporation/desorption	s <sup>-1</sup>
$k_0$	8.2x10 <sup>5</sup>	Pre-exponential factor	s <sup>-1</sup>
$M_{fuel}$	0.030	Fuel molecular weight	kg/mol
$M_{O_2}$	0.032	O <sub>2</sub> molecular weight	kg/mol
$M_{CO_2}$	0.044	CO <sub>2</sub> molecular weight	kg/mol
$M_{CH_4}$	0.016	CH <sub>4</sub> molecular weight	kg/mol
$M_{H_2O, vap}$	0.018	H <sub>2</sub> O (vap) molecular weight	kg/mol
$M_{H_2O, liq}$	0.018	H <sub>2</sub> O (liq) molecular weight	kg/mol
$MC_o$	0.11	Initial moisture content	-
R	8.314	Gas universal constant	J/mol/K
$T_0$	298	Initial temperature of fuel	K
$T_{0, air}$	303	Air temperature (initial)	K
$\alpha$	8	Heat transfer coefficient	W/m <sup>2</sup> /K
$\Delta H_R$	2.01x10 <sup>7</sup>	Calorific value	J/kg
$\Delta H_v$	2.1x10 <sup>6</sup>	Water evaporation enthalpy	J/kg
$\lambda$	0.070	O <sub>2</sub> stoi. Coefficient	-

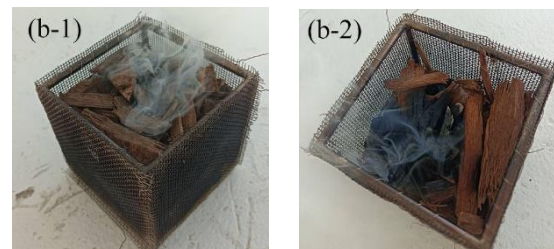
**Table 2** A summary of the default settings for the parameters and coefficients used in the calculation [9, 10] (continued).

Parameter	Rubber woodchip	Description	Unit
$V_1$	-0.961	O <sub>2</sub> stoi. Coefficient	-
$V_2$	0.79	CO <sub>2</sub> stoi. Coefficient	-
$V_3$	0.189	CO stoi. Coefficient	-
$V_4$	0.021	CH <sub>4</sub> stoi. Coefficient	-
$V_5$	0.812	H <sub>2</sub> O (vap) stoi. Coefficient	-
$\rho$	278	Average density of fuel	kg/m <sup>3</sup>

### 3. Results and discussion

The bulk density of rubber woodchip is 278 kg/m<sup>3</sup>. The main objective of the experiment is to determine the temperature at which the rubber woodchip will self-ignite. Self-ignition is the process by which an object ignites on its own, without an external source of ignition. Throughout the experiment, the temperature of the rubber woodchip could vary. Trial-and-error methodology is used to carry out the experiment. Consequently, the experiments raise the temperature progressively while observing how the rubber woodchip responds in each setting. To determine the exact temperature at which self-ignition occurs, they intend to repeat this process. The center of the densely packed sample (the rubber woodchip) in the basket is monitored for temperature at various times during the experiment. This temperature equals that of the oven, suggesting that the experiment was most likely conducted in a controlled setting. When the midpoint temperature reaches the oven's temperature, an important stage of the experiment has been completed. Once the rubber woodchip reaches both the oven temperature and its at that point it remains in this state for around two hours.

Researchers may closely monitor the fuel's self-ignition behavior, or if it ignites on itself during this observation time. One may observe the growth of the rubber woodchip's spontaneous ignite from the surface's center to its outside. As seen in Figure 3, the pyrolysis and exothermic events that occur during the ignition give the sample a unique black physical appearance.



**Figure 3** Characteristic of woodchip with self-ignition.

In comparison with the results of spontaneous ignition simulations run with COMSOL to the self-ignition temperature experiment [8], Figure 4 and Table 3 demonstrate that the time of spontaneous ignition occurs under parameters that are controlled, specifically the ambient temperature (temperature inside the oven). The simulation graphic shows the temperature of the surrounding

air at the surrounding surface of the test sample at the point of spontaneous fire. This is the point in the test sample where the temperature is the maximum. To put it another way, the reaction of the fuel produces more heat than it loses by conduction and convection, which causes the temperature in the center to rise quickly. Furthermore, that was found that when the basket's size decreased from 12 cm to 10 cm to 8 cm, the

amount of time it required for spontaneous ignition to occur decreased. This can be explained by the fact that, even with a smaller fuel, the heat-release response of the fuel travels more quickly from the surface to the center of the basket. Therefore, spontaneous ignition occurs in smaller basket sizes more quickly than in bigger ones.

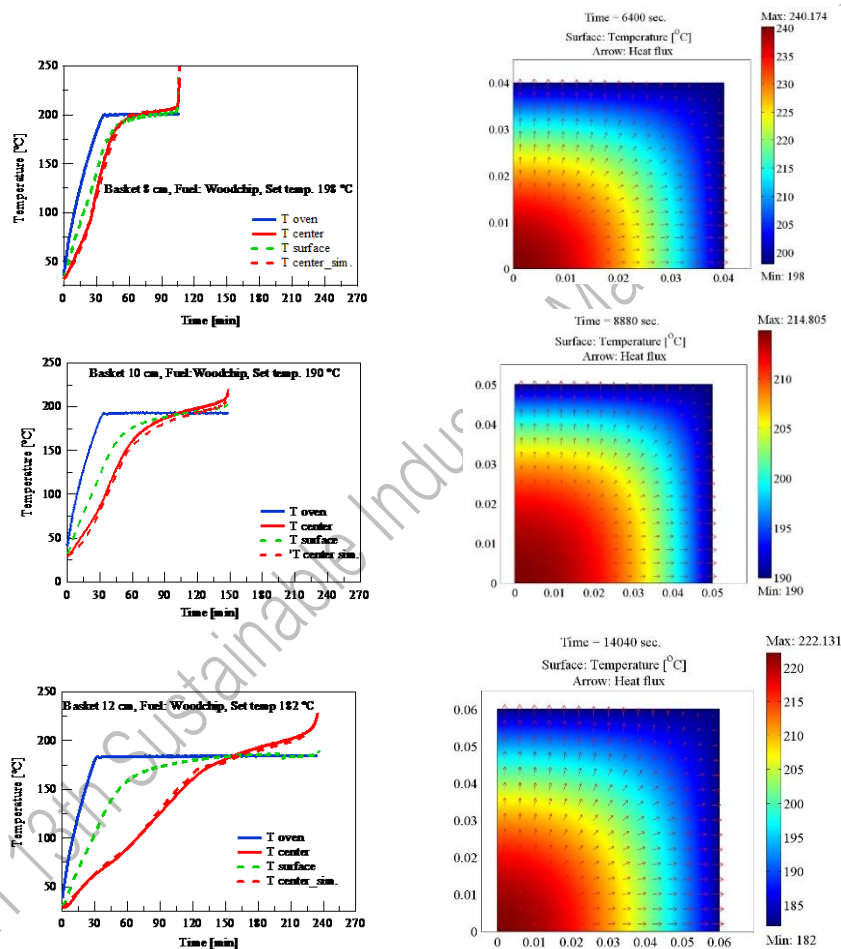


Figure 4 Temperature profiles of rubber woodchip derived from the experiment [8] and the simulation at various basket sizes and oven temperatures.

**Table 3** Summary of self-ignition temperatures of rubber woodchip.

Basket size, (cm)	Radius, (m)	Time, (min) [8]	T oven, (°C)	T center, (°C) [8]	T center, (°C), this study	Spontaneous ignition
8	0.04	112 (6730 s)	197	205	202	Not ignited
	0.04	106 (6360 s)	198	238	240	ignited
10	0.05	197 (11820 s)	189	194	196	Not ignited
	0.05	149 (8940 s)	190	220	215	ignited
12	0.06	260 (15600 s)	181	196	187	Not ignited
	0.06	234 (14040 s)	182	229	222	ignited

The fuel spontaneously ignited for basket sizes of 8, 10, and 12 cm, respectively, at ambient temperatures of 198 °C, 190 °C, and 182 °C, as indicated by the data shown in Figure 4 and Table 3. When spontaneous ignition was achieved, the temperature at the central point was between 220 °C and 238 °C. On the other hand, the intermediate temperature during the spontaneous igniting event was found to be between 215 °C and 240 °C based on the outcomes of the COMSOL program's simulations. The self-ignition temperatures obtained from the simulation differs from the experimental values [8] by approximately in range of 11 °C. Although Naphat et al.'s research from 2020 [6] examined the bagasse spontaneous ignition simulation using CFD (Computational Fluid Dynamics), the simulation's findings showed that the modeled temperature was about 40 °C lower than the actual experimental temperature that was measured in the oven.

Spontaneous ignition is the process by which fuel ignites on its own without the aid of a heat source from the outside. As previously mentioned, the simulation's results showed that the temperature ignition was exactly the same as the experiment's findings [8] and fell in range of 11 °C.

#### 4. Conclusion

This study investigated rubber woodchip spontaneous ignition in cube baskets within a convection oven using numerical modeling. The goal was to use COMSOL Multiphysics to predict the self-ignition temperature and compare the output to experimental data [8]. Partial differential equations for diffusive and conductive heat transfer have been combined in the simulation. The center temperatures of the woodchip samples that were simulated and observed agreed rather well, according to the results. The time to self-ignition increased with a larger sample quantity. The temperatures at which the predicted self-ignition occurred varied by around 11°C from the experimental results [8]. The researchers concluded that, while reducing the risk of a fire explosion, COMSOL modeling could also be utilized to improve conditions for the spontaneous ignition of renewable energy sources like rubber woodchip.

#### 5. Acknowledgement

The authors express their sincere gratitude for the financial support and research budget from King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT). We would like to express sincere thanks

to King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) for providing us with access to the COMSOL Multiphysics software by Mechanical Technology Education.

We would like to express our gratitude to Dr. Awassada PHongPHiPHat, the Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE), and King Mongkut's University of Technology Thonburi's Center of Excellence on Energy Technology and Environment for their support and assistance in maintaining the test facility used in previous research [9], which was used to compare the simulation used in this work with the experimental results.

## 6. References

- [1] Energy Policy and Planning office. (2022). Coal/Lignite Production, Consumption and Import [Online]. Available: <https://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatistics/coal-and-lignite> [Accessed: 2 June 2023]
- [2] Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (2015). Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015 [Online]. Available: <https://www.eppo.go.th/images/POLICY/ENG/AEDP2015ENG.pdf> [Accessed: 24 August 2023]
- [3] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, (2020). Thailand Alternative Energy Situation 2020 [Online]. Available: <https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Thailand%20Alternative%20Energy%20Situation%202020.pdf> (Accessed 4 January 2024).
- [4] Manager Online. (2019). Fire of biomass stockpile, a biomass power plant in Lampang, Thailand [Online]. Available: <https://mgronline.com/local/detail/9620000079480> [Accessed: 24 August 2023]
- [5] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy. (2022). Map of biomass power plants in Thailand 2022 [Online]. Available: [https://www.dede.go.th/ewtadmin/ewt/dede\\_w eb/download/GIS/May\\_65\\_Biomass%20A1.png](https://www.dede.go.th/ewtadmin/ewt/dede_w eb/download/GIS/May_65_Biomass%20A1.png) [Accessed: 24 August 2023]
- [6] Nopsanti N. and Boonmee N., "A numerical simulation of spontaneous ignition of bagasse", Engineering and Applied Science Research, Vol. 47.1, pp. 27-35, 2020
- [7] ธเนศ อุ่นชัยศรี, ปวีณ ชัยวัฒน์เสถียร, สมบูรณ์ เวชกามา, และวราภรณ์ เมธาวิริยะศิลป์, การศึกษาเชิงทดลองการลุกไหม้ได้เองของแกลบ. การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ การจัดการในยุคเทคโนโลยีนำการเปลี่ยนแปลง ครั้งที่ 5. 26 พฤษภาคม 2566, Online Oral Presentation, 2566
- [8] Unchaisri T., Chaivatamaset P., Wetchakama S., Pridasawas W., Methawiriyasilp W., and Sae tia S., "Spontaneous ignition of rubber woodchip in Thailand", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 88, 2024
- [9] Ferrero F., Lohrer C., Schmidt B. M., Noll M., and Malow M., "A mathematical model to predict the heating-up of large-scale wood piles", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 22.4, pp. 439-448, 2009
- [10] Unchaisri T., Wetchakama S., Chaivatamaset P., and Methawiriyasilp W., Numerical Simulation of Spontaneous Ignition in Rice Husk. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 12. 29 กันยายน 2566, Online Oral Presentation, 2566



## การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

The efficiency improvement in inventory warehouse management  
case study in automotive part company

ดอกไม้ ดิยะบุตร<sup>1</sup>, สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

[t.dokmai1967@gmail.com](mailto:t.dokmai1967@gmail.com)

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

[sittichai.kae@kmutt.ac.th](mailto:sittichai.kae@kmutt.ac.th)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการสั่งซื้อและพื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลัง ตลอดจนต้นทุนในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการปรับปรุงพบว่า ต้นทุนวัสดุคงคลังสูงกว่ายอดขาย และมีสินค้าไม่เคลื่อนไหวเป็นจำนวนมาก โดยเป็นผลมาจากรูปแบบการสั่งซื้อ การประมาณการสั่งซื้อ และการกำหนดสินค้าปลอดภัยที่สูงเกินความจำเป็น จากนั้นได้ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา โดยการคำนวณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม จำนวนครั้งในการสั่งซื้อ และระยะเวลาในการสั่งซื้อ และนำทฤษฎีความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste) มาดำเนินการกับวัตถุดิบที่ไม่มีเคลื่อนไหว ตลอดจนปรับปรุงระบบการจ่ายเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) และการบริหารวัสดุคงคลังแบบเอบีซี (ABC Analysis) มาช่วยในการเบิก - จ่าย ควบคุมปริมาณและพื้นที่จัดเก็บ หลังการปรับปรุง พบว่า จำนวนสินค้าคงคลังลดลง 15.06% มูลค่าสินค้าคงคลังลดลง 21.91% สินค้าไม่เคลื่อนไหวลดลง 23.02% การเบิก-จ่ายใช้เวลาลดลง 7 นาที/ใบเบิก คิดเป็น 21.88% และการจัดเก็บใช้เวลาลดลง 5 นาที/ใบรับของ คิดเป็น 25%

**คำสำคัญ (Key word):** สินค้าคงคลัง, การสั่งซื้อแบบประหยัด, ความสูญเปล่า 7 ประการ, ระบบจ่ายเข้าก่อนออกก่อน, การบริหารวัสดุคงคลังแบบเอบีซี

## Abstract

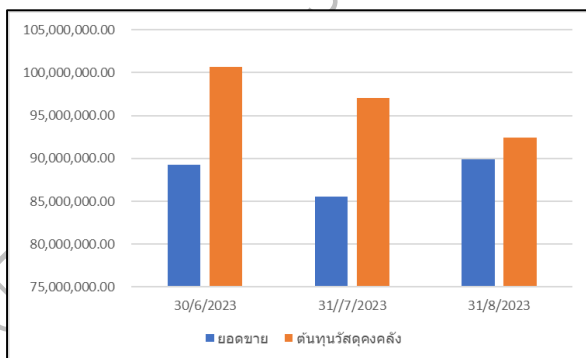
The study of this research was to improve the efficiency in inventory management case study in automotive part company. The objective was to control the quantity and storage space of inventory and reduce inventory management costs. As the study and analysis of current data, it was found that the cost of inventory materials was higher than sale volume, and there are products that have not been moved for 5 years because of ordering patterns, order estimate and the determination of safety stock are higher than necessary. Then techniques were proceed with improvements by calculating Economic Order Quantity (EOQ) to find the optimal order quantity, number of orders and lead time for ordering. Then the use of 7 wastes theory to deal with raw materials that did not move and applied the theory of first-in first-out (FIFO) and ABC Analysis to help with disbursement, controlling quantities and storage areas. After the improvement, it was found that the amount of inventory decreased by 15.06%, the material value decreased by 21.91%, products that did not move decreased by 23.02%, disbursement took time reduced by 7 minutes/work order, accounting for 21.88%, storage time decreased to 5 minutes/Tag Received as 25%.

**Key word:** Inventory, Economic Order Quantity (EOQ), 7 wastes, First-in First-out (FIFO), ABC Analysis

## 1. บทนำ (Introduction)

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย แสดงยอดขายรถยนต์ ปี 2023 จำนวน 775,782 คัน ลดลงจากเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในปี 2022 มียอดขายรวมทั้งหมด 849,388 คัน ภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้รับผลกระทบจากการเข้มงวดในการอนุมัติสินเชื่อรถกระบะ ทำให้โรงงานปรับแผนการผลิตลดลงในเดือน ธันวาคม 2023 จำนวน 133,621คัน ลดลงจากเดือนธันวาคม 2022 ร้อยละ 15.75 ส่งผลกระทบต่อรายได้รวมของภาคแรงงาน หนี้ในครัวเรือนสูงถึงร้อยละ 90.6 ของ GDP และมีรถยนต์ไฟฟ้าที่นำเข้ามาขายในเมืองไทยมียอดจดทะเบียนถึง 75,690 คัน ทำให้ยอดรถยนต์นั่งลดลงร้อยละ 16.24 [1]

จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ในการผลิตมีวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปตามแบบงานของลูกค้า ดังนั้นการบริหารจัดการสินค้าคงคลังจึงเป็นหัวใจของการดำเนินธุรกิจ บริษัทกรณศึกษากำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการวัสดุคงคลัง โดยต้นทุนวัสดุคงคลังมีปริมาณที่สูงกว่ายอดขายเดือนมิถุนายน 2023 มูลค่าวัสดุคงคลัง 100,714,102.16 บาท ยอดขาย 89,215,834.35 บาท เดือน กรกฎาคม 2023 มูลค่าวัสดุคงคลัง 97,049,555.97 บาท ยอดขาย 85,505,329.84 บาท เดือน สิงหาคม 2023 มูลค่าวัสดุคงคลัง 92,445,184.33 บาท ยอดขาย 89,907,784.57 บาท ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุคงคลังกับยอดขาย

สถานประกอบการได้ตระหนักถึงต้นทุนที่ส่งผลกระทบต่อศักยภาพของการแข่งขัน ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะ

ดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าคงคลังเพื่อให้ต้นทุนในการจัดเก็บลดลง โดยพิจารณาถึงรูปแบบการสั่งซื้อในอดีตที่ผ่านมาและได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและแนวทางในการปรับรูปแบบการสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยพิจารณาปรับวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity : EOQ) [2,3,4] โดยนำการพยากรณ์การขายของลูกค้า (Sale Forecasting) [5] เพื่อวางแผนการนำเข้าวัตถุดิบตามปริมาณการใช้ของฝ่ายผลิต และกำหนดวิธีการสั่งซื้อด้วยเทคนิคการกำหนดเวลาในการสั่งซื้อ (Reorder Point : ROP) กำหนดวัสดุคงคลังสำรอง (Safety Stock : SS) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการลดต้นทุนการบริหารจัดการวัสดุคงคลัง โดยนำทฤษฎีความสูญเปล่า (7 Wastes) มาช่วยลดความสูญเปล่าจากการบริหารวัตถุดิบ พื้นที่ในการจัดเก็บให้เหมาะสมตามปริมาณ ชนิด และความต้องการของการเบิก-จ่าย [6] รวมถึงการนำทฤษฎีการบริหารแบบเอบีซี (ABC Analysis) จัดทำแผนผังในคลังสินค้า (Lay-out) การบริหารแบบการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเบิกจ่าย, [7] และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารงานขององค์กร ให้สามารถส่งมอบสินค้าทันตามเวลา เพิ่มความน่าเชื่อถือจากลูกค้า

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

1. ศึกษาและวิเคราะห์สภาพพื้นที่และข้อมูลปัจจุบัน โดยทำการเก็บข้อมูลของสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบ รูปแบบการสั่งซื้อและการประมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบ ของบริษัทกรณศึกษาย้อนหลังตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2566 ถึงเดือน กรกฎาคม 2567

2. วิเคราะห์สาเหตุ ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไข ปัญหา เช่นการคำนวณการสั่งซื้อแบบประหยัด การวางแผนการสั่งซื้อโดยคำนึงถึงระยะเวลา แยกประเภทการสั่งซื้อภายในประเทศ และการสั่งซื้อต่างประเทศ ดำเนินการปรับปรุงการสั่งซื้อวัสดุคงคลัง และดำเนินการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล และเปรียบเทียบข้อมูลของวัสดุคงเหลือในรูปแบบมูลค่าก่อน-หลังปรับปรุง

3. การนำทฤษฎีความสูญเปล่า มากำจัดวัสดุคงคลังที่ไม่เคลื่อนไหว

4. นำทฤษฎีระบบจ่ายเข้าก่อนออกก่อน และการบริหารวัสดุคงคลังแบบเอบีซี มาช่วยในการเบิก-จ่ายวัสดุคง

คลัง เพื่อควบคุมปริมาณวัสดุคงคลัง และพื้นที่จัดเก็บ

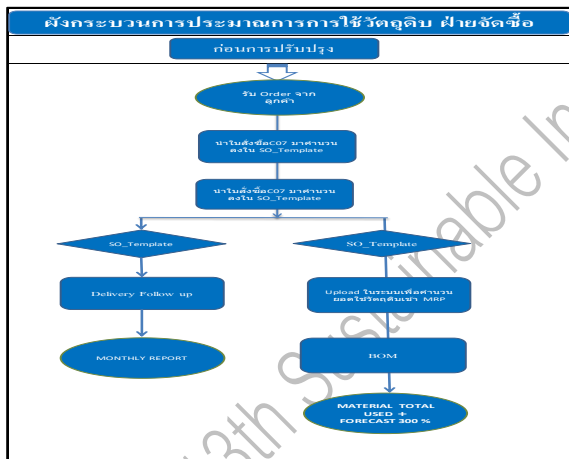
5. สรุปผลการดำเนินงานโครงการวิจัย

### 3. ผลการวิจัย (Results)

1. ศึกษาและวิเคราะห์สภาพและข้อมูลปัจจุบัน ได้แก่

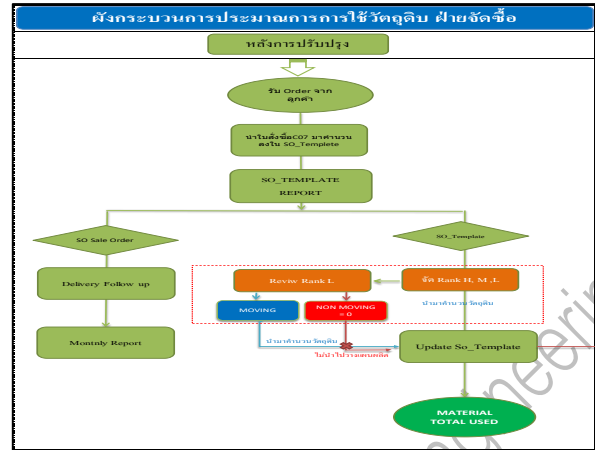
1.1 สินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบ ข้อมูล ณ เดือนกันยายน 2023 มีสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบทั้งหมด 43,946,041 ชิ้น มูลค่า 88,404,695.76 บาท และมีสินค้าไม่เคลื่อนไหว 5 ปีขึ้นไป จำนวน 5,661,526 ชิ้น มูลค่า 8,186,274.35 บาท

1.2 รูปแบบการสั่งซื้อและพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบในการประมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบ คือ นำคำสั่งซื้อจากฝ่ายขาย (Sale Order) เข้าไปในระบบเพื่อคำนวณปริมาณความต้องการใช้วัตถุดิบ ลบด้วยปริมาณวัสดุคงเหลือ แล้วทำการสั่งซื้อ (Purchase Order) ล่วงหน้า 3 เดือน และมีวัสดุคงคลังสำรอง 300 % กระบวนการปรับปรุงรูปแบบการสั่งซื้อดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการสั่งซื้อก่อนปรับปรุง

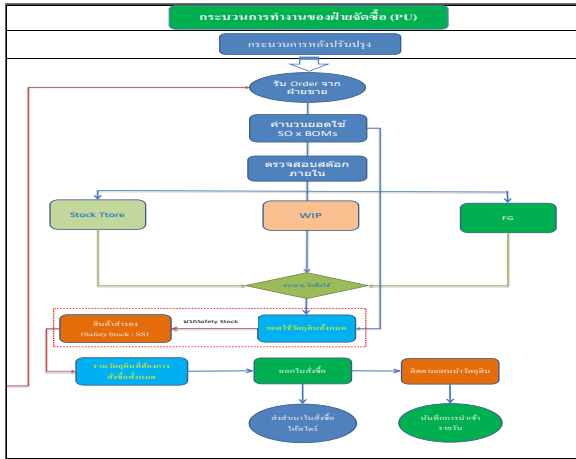
1.3 รูปแบบการสั่งซื้อและพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบในการประมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบ คือ นำคำสั่งซื้อจากฝ่ายขาย (Sale Order) มาทำการแบ่งระดับความต้องการสินค้าตามปริมาณมาก ปานกลาง และน้อย เพื่อแยกกลุ่มก่อนนำข้อมูลป้อนเข้าสู่ระบบเพื่อคำนวณความต้องการใช้วัตถุดิบให้เพียงพอ ในระยะเวลาที่กำหนด มีวัสดุคงคลังสำรองเพียงพอต่อการผลิต ให้สอดคล้องกับคำสั่งซื้อของลูกค้าและส่งมอบให้ทันเวลาตามกำหนด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการสั่งซื้อหลังปรับปรุง

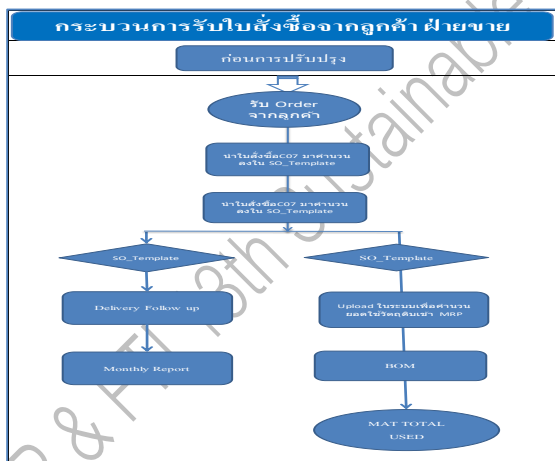
2. ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา ได้แก่ การคำนวณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) การวางแผนการสั่งซื้อโดยคำนึงถึงระยะเวลา (Lead Time) การสั่งซื้อภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อให้ได้ปริมาณที่เหมาะสม ในเวลาที่เหมาะสม ป้องกันการขาดแคลนวัตถุดิบ สามารถบริหารต้นทุนการสั่งซื้อที่ต่ำที่สุด โดยปรับรูปแบบการสั่งซื้อภายในและต่างประเทศ และเวลาในการส่งมอบดังนี้

การสั่งซื้อวัตถุดิบต่างประเทศ วางแผนการสั่งซื้อล่วงหน้า 90 วัน มีการยืนยันการสั่งซื้อทุก 30 วัน เพื่อนำปริมาณที่เปลี่ยนแปลงของลูกค้านำมาปรับปริมาณการสั่งซื้อในรอบถัดไป ปรับลดวัสดุคงคลังสำรองจาก 90 วัน เป็น 40 วัน ไม่ให้เกินรอบระยะเวลาการสั่งซื้อจากต่างประเทศ การสั่งซื้อวัตถุดิบภายในประเทศ ปรับระยะเวลาการสั่งซื้อจากเดิมรอบระยะเวลาการสั่งซื้อ 30 วัน เป็น 7 - 15 วัน และกำหนดวัสดุคงคลังสำรองไม่เกิน 30 วัน โดยเริ่มดำเนินการปรับรูปแบบการสั่งซื้อตั้งแต่ เดือนมกราคม 2024 การทำงานของรูปแบบการสั่งซื้อใหม่ มีการนำคำสั่งซื้อของลูกค้ามาคำนวณจะได้ประมาณปริมาณการใช้วัตถุดิบรวม โดยฝ่ายจัดซื้อตรวจสอบวัตถุดิบคงเหลือ วัตถุดิบระหว่างผลิต (Work in Process : WIP) และวัตถุดิบที่เป็นสินค้าสำเร็จรูป และจะได้ปริมาณวัตถุดิบที่มีไว้เพื่อใช้ บวกวัสดุคงคลังสำรอง หักประมาณการวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิต จากนั้นดำเนินการออกไปสั่งซื้อให้กับผู้ส่งมอบวัตถุดิบดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การสั่งซื้อวัตถุดิบรูปแบบใหม่

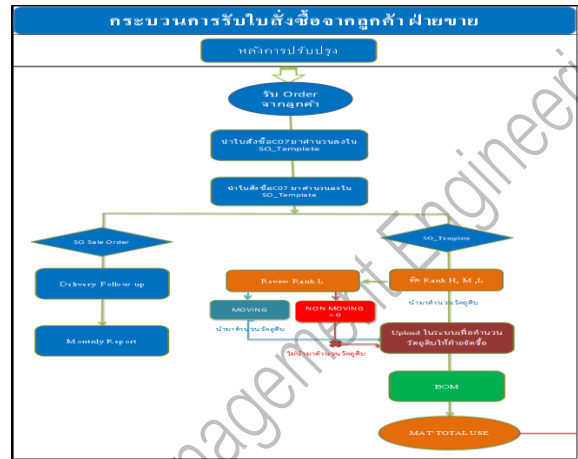
จากนั้นปรับปรุงกระบวนการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าของฝ่ายขาย จากเดิมนำข้อมูลการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าทั้งจำนวน ไม่ได้วิเคราะห์สินค้าที่มีความต้องการใช้มาก ปานกลาง และน้อย ออกจากกัน นำมาคำนวณความต้องการใช้วัตถุดิบ และส่งข้อมูลไปให้ฝ่ายจัดซื้อดำเนินการสั่งซื้อ จนเป็นสาเหตุให้สินค้ามีบางรุ่นที่ประมาณการใช้ไว้ มีจำนวนมากเกินความจำเป็น ตามกระบวนการดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การสั่งซื้อวัตถุดิบรูปแบบก่อนปรับปรุง

เมื่อทราบสาเหตุดังกล่าวแล้ว จึงได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า มาแบ่งระดับสินค้าตามปริมาณความต้องการมาก ปานกลาง ใช้วิธีการคำนวณประมาณการแบบเดิม แต่สินค้าความต้องการใช้น้อย ได้เพิ่มการวิเคราะห์ความเคลื่อนไหว และไม่เคลื่อนไหว เพื่อนำ

ข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณการใช้วัตถุดิบรวมกับการนำทฤษฎีการสั่งซื้อแบบประหยัดมาช่วยในการคำนวณ ทำให้การประมาณการใช้วัตถุดิบสอดคล้องกับความต้องการตามคำสั่งซื้อจากลูกค้า ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การสั่งซื้อวัตถุดิบรูปแบบหลังปรับปรุง

โดยดำเนินการสั่งซื้อด้วยทฤษฎีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการประมาณการสั่งซื้อใหม่ตามสมการที่ (1)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1)$$

โดยที่ EOQ = จำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัด  
D = ปริมาณความต้องการสินค้าทั้งปี  
S = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง  
H = ต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยของทั้งปี

ตัวอย่างการคำนวณ EOQ หากเราต้องการขายสินค้า 1,000 ชิ้น (D) โดยมีต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้ามาสต็อกชิ้นละ 100 บาท (S) และมีต้นทุนในการจัดเก็บรักษาสินค้าทั้งปี ชิ้นละ 20 บาท (H) ดังนั้น จากสูตรสามารถแทนค่าได้ดังนี้

$$EOQ = \sqrt{\frac{(2 \times 1000 \times 100)}{20}}$$

โดยที่ D = 1000  
S = 100  
H = 20

จากปริมาณในการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม หรือ EOQ  
จำนวนสินค้าที่ควรสั่งมาไว้ก็คือ 100 ชิ้น/Lot การสั่งซื้อ  
การคำนวณหาจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ ตามสมการที่ (2)

$$\text{จำนวนครั้ง} = D/Q \quad (2)$$

จำนวนครั้งในการสั่งซื้อต่อปี =  $1000/100 = 10$  ครั้ง/ปี

การคำนวณหาระยะเวลาในการสั่งซื้อ ตามสมการที่ (3)

ระยะเวลาการสั่งซื้อ = วันทำงานในปี/จำนวนครั้งสั่งซื้อ (3)

ระยะเวลาในการสั่งซื้อต่อครั้ง =  $365/10 = 35.6$  วัน/ครั้ง

จากดำเนินการปรับปรุงการสั่งซื้อวัสดุคงคลัง เก็บ  
รวบรวมข้อมูล และเปรียบเทียบข้อมูลก่อน-หลังการปรับปรุง  
ณ เดือนกันยายน 2023 จำนวน 43,946,041 ชิ้น มูลค่า  
88,404,695.76 บาท และในเดือน กรกฎาคม 2024 มี  
จำนวนคงเหลือ 37,327,790 ชิ้น คิดเป็นมูลค่า  
69,033,244.45 บาท ลดลง 6,234,590 ชิ้น คิดเป็นร้อยละที่  
ลดลง 15.06 % มูลค่าลดลง 19,371,451.31 บาท คิดเป็น  
ร้อยละที่ลดลง 21.91 % ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบจำนวนวัตถุดิบก่อน-หลัง

จำนวนวัตถุดิบ	จำนวน (ชิ้น)	มูลค่า (บาท)
ก่อนปรับปรุง	43,946,041	88,404,695.76
หลังปรับปรุง	37,327,790	69,033,244.45
ผลต่าง	6,618,251	19,371,451.31
ผลต่าง (%)	15.06 %	21.91 %

3. การนำทฤษฎีความสูญเสีย เรื่องความสูญเสีย  
เนื่องจากมีวัสดุคงคลังมากเกินไป โดยการดำเนินการกับ  
วัตถุดิบคงคลังที่ไม่มีการเคลื่อนไหวเกิน 5 ปีขึ้นไป ณ เดือน  
กันยายน 2023 จำนวน 5,661,526 ชิ้น มูลค่า 8,186,274.35  
บาท มีการจำหน่ายให้ผู้รับซื้อของเก่า นำมาขออนุมัติเพื่อใช้  
ทดแทนกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบทดแทนกันได้ และขออนุมัติ  
ทำลายส่วนที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว ในเดือน กรกฎาคม 2024 ทำ  
ให้มีวัสดุคงคลังประเภทนี้เหลือ 3,632,438 ชิ้น มูลค่า  
5,317,861.25 บาท ลดลง 2,029,088 ชิ้น คิดเป็น 35.84 %  
และมูลค่าต้นทุนลดลง 2,868,413.10 บาท คิดเป็น 35.04 %  
ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบวัสดุที่ไม่เคลื่อนไหวก่อน-หลัง

วัสดุที่ไม่เคลื่อนไหว	จำนวน (ชิ้น)	มูลค่า (บาท)
ก่อนปรับปรุง	5,661,526	8,186,274.35
หลังปรับปรุง	3,632,438	5,317,861.25
ผลต่าง	2,029,088	2,868,413.10
ผลต่าง (%)	35.84 %	35.04 %

4. นำทฤษฎีระบบจ่ายวัสดุเข้าก่อนออกก่อน และการ  
บริหารวัสดุคงคลังแบบเอบีซี มาช่วยในการเบิก-จ่ายวัสดุคง  
คลัง เพื่อควบคุมปริมาณ และพื้นที่จัดเก็บ โดยกำหนดระดับ  
เป็น H (High volume) คือกลุ่มที่เบิกเพื่อผลิตมากกว่า 15  
วันต่อเดือน มีปริมาณ 74 % M (Middle Volume) คือกลุ่ม  
ที่มีการเบิกเพื่อผลิต 5 ถึง 13 วันต่อเดือนมีปริมาณ 19 %  
และ L (Low Volume) คือ กลุ่มที่เบิกเพื่อผลิตไม่เกิน 5 วัน  
ต่อเดือน มีปริมาณ 7% โดยกำหนดกลุ่ม H ให้อยู่ใกล้กับพื้น  
การหยิบจ่ายและจัดเก็บคือ เข้าก่อนออกก่อน (FIFO) และ  
ป้อนข้อมูลตำแหน่งการเก็บในระบบสารสนเทศ IT System  
ดังภาพที่ 7

part no	part name	stock	order stock	qty	price	stock 2020	stock 2021	stock 2022	stock 2023
COF 04L2EN04E1	NOCE-FRIG. 2000R	70-1	0	1,185	689.50	Link	Link	Link	Link
COF 120N 04L2EN	CRACK-UP 2000R	50-1	2000	2,645	200.00	Link	Link	Link	Link
COF 120L2EN	CRACK-UP 2000R	50-1	0	0	0.00	Link	Link	Link	Link
COF 120L2EV	TCS-1000 2000R/2000R (1000 SLT)	50-2	100	377	1,048.63	Link	Link	Link	Link
COF 120N 04L2EV	COF B 120N (2000 SLT)	0	0	0.00	0.00	Link	Link	Link	Link
COF 120L2EV	SEP-COF B 120N TCS-1000 2000R/2000R (SLT)	50-3	100	1,000	554.11	Link	Link	Link	Link
COF 120N 04L2EV	SEP-COF B 120N (2000 SLT)	70-1	0	500	79.10	Link	Link	Link	Link
COF 120L2EN	COF 12 SLT 2000R	50-4	0	200	0.00	Link	Link	Link	Link
COF 120L2EV	SEP-COF B 120N TCS-1000 2000R/2000R (SLT)	50-3	0	200	12.41	Link	Link	Link	Link
COF 120N 04L2EV	SEP-COF B 120N (2000 SLT)	0	0	0.00	0.00	Link	Link	Link	Link
COF 120L2EV	SEP-COF B 120N TCS-1000 2000R/2000R (SLT)	70-1	0	200	0.00	Link	Link	Link	Link

ภาพที่ 7 ตำแหน่งการจัดเก็บในระบบ IT System

เมื่อผู้ปฏิบัติงานทราบตำแหน่งการจัดเก็บวัสดุคงคลังใน  
ระบบสารสนเทศของบริษัท (IT System) ทำให้การเบิก-จ่าย  
ใช้เวลาลดลง โดยก่อนปรับปรุงใช้เวลา 32 นาที/ใบเบิก หลัง  
ปรับปรุงเหลือ 25 นาที/ใบเบิก ลดลง 7 นาที/ใบเบิก คิดเป็น  
ร้อยละ 21.88 % การจัดเก็บใช้เวลาลดลง ก่อนปรับปรุง 20  
นาที/ใบรับของ หลังการปรับปรุงเหลือ 15 นาที/ใบรับของ  
ลดลง 5 นาที/ใบรับของ คิดเป็นร้อยละ 25 % ดัง  
รายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบ  
ระยะเวลาการเบิก-จ่าย

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการเบิก-จ่าย

การเบิกจ่าย และ การจัดเก็บวัตถุดิบ	เวลาการเบิก-จ่าย (นาที/ใบเบิกจ่าย)	เวลาในการจัดเก็บ (นาที/ใบรับเข้า)
ก่อนปรับปรุง	32	20
หลังปรับปรุง	25	15
ผลต่าง	7	5
ผลต่าง (%)	21.88 %	25 %

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการเก็บข้อมูลในอดีต ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการสั่งซื้อแบบประหยัด มาช่วยในการคำนวณประมาณการใช้วัตถุดิบ และกำหนดกลุ่มวัตถุดิบตามปริมาณการใช้ที่คำนวณจากคำสั่งซื้อของลูกค้า และกำหนดเป็นกลุ่ม H ซึ่งมีปริมาณการใช้ 74 % กลุ่ม M มีปริมาณการใช้ 19% และกลุ่ม L มีปริมาณการใช้เป็น 7% ดำเนินการปรับปรุงการสั่งซื้อวัสดุคงคลังเก็บรวบรวมข้อมูล และเปรียบเทียบข้อมูลก่อน-หลังการปรับปรุง จำนวน 43,946,041 ชิ้น มูลค่า 88,404,695.76 บาท ทำให้วัตถุดิบลดลง มีจำนวนคงเหลือ 37,327,790 ชิ้น มูลค่า 69,033,244.45 บาท ลดลง 6,234,590 ชิ้น คิดเป็น 15.06 % มูลค่าลดลง 19,371,451.31 บาท คิดเป็น 21.91 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นักสุวรรณ คัมครอง 1, ฉัตรรัตน์ โทตระไวศยะ [2] มีการจัดกลุ่มของวัตถุดิบเป็นกลุ่ม A ที่มีมูลค่าร้อยละ 70 กลุ่ม B มีมูลค่าร้อยละ 20 มาคำนวณโดยใช้ทฤษฎีปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) โดยกลุ่ม A ลดต้นทุนวัตถุดิบคงคลังได้ 64,502 บาทต่อปี กลุ่ม B สามารถลด 105,835 บาทต่อปี สามารถลดต้นทุนรวมทั้งหมด 125,978 บาทต่อปี และงานวิจัยของ ศศิธร คำนันท [3] ได้ปรับปรุงกระบวนการสั่งซื้อรูปแบบใหม่ให้สอดคล้องกับมูลค่าการขาย โดยจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มสินค้าโดยใช้ เทคนิค ABC Analysis กำหนด กลุ่ม A เป็นสินค้าที่มีมูลค่าสินค้าคงคลัง มากกว่า 70% ของมูลค่าสินค้าคงคลังรวม ซึ่งกลุ่มสินค้า A ยังแบ่งเป็น A1 และ A2 และได้ศึกษากลุ่มสินค้า A1 เป็นความสำคัญแรกมากำหนดนโยบายและวิธีการสั่งซื้อ หลังการปรับปรุงกระบวนการสั่งซื้อด้วยเทคนิคการหาจุดสั่งซื้อ (ROP) และวัสดุคงคลังสำรอง (SS) ที่เหมาะสม พบว่ามูลค่าสินค้าคงคลังมีมูลค่าลดลงรวมทั้งสิ้น 25.12 ล้านบาท สำหรับทฤษฎีและงานวิจัย

ของ ธนชชา บุญเรืองศักดิ์, วรินทร์ วงษ์มณี, [4] และ จิราพร ภูทองคำ ถิรนนท์ ทิวาราตรีวิทย์, [5] ได้นำการพยากรณ์การขาย (Sale Forecasting) มาวางแผนการประมาณการใช้วัตถุดิบให้สอดคล้องกับคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยคำนวณความต้องการใช้เพื่อวางแผนการนำเข้า รอบระยะเวลาในการสั่งซื้อ และมีวัสดุคงคลังสำรอง (SS) เพื่อใช้ในการบริหารต้นทุนในการสั่งซื้อ ซึ่งผลการนำการพยากรณ์โดยวิธีการถ่วงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก สามารถลดต้นทุนได้ 256,236.28 บาท

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการลดความสูญเปล่า 7 ประการ มาบริหารจัดการวัตถุดิบไม่เคลื่อนไหวเกิน 5 ปีขึ้นไป จำนวน 5,661,526 ชิ้น มูลค่า 8,186,274.35 บาท ทำให้มีวัตถุดิบที่ไม่เคลื่อนไหวคงเหลือ 3,632,438 ชิ้น มูลค่า 5,317,861.25 บาท ลดลง 2,029,088 ชิ้น คิดเป็น 35.84 % มูลค่าลดลง 2,868,413.10 บาท คิดเป็น 35.04 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิศา มงคลไช, [6] ได้นำเทคนิคทางวิศวกรรมการลดความสูญเปล่า ECRS เป็นเครื่องมือจัดการความสูญเปล่ากับสินค้าคงคลังที่มีปริมาณมากเกินความจำเป็น ถูกเก็บไว้นานเกินกำหนด (Dead stock) ทำให้เสื่อมสภาพ ล้าสมัย ทำให้เสียค่าใช้จ่าย พื้นที่จัดเก็บ และบุคลากรในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้น โดยกำหนดวิธีการเบิก-จ่ายให้เหมาะสมกับระบบการจ่ายแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) โดยค้นหาวัตถุดิบในระบบ IT System เพื่อค้นหาตำแหน่งจัดเก็บ จากนั้นเลือกใบรับสินค้า (Tag Receive :TR) ตามรายการเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) ซึ่งสามารถช่วยลดเวลาในการค้นหาจากผู้ปฏิบัติงานทำให้การเบิกจ่ายรวดเร็ว ตอบสนองแผนการผลิต และส่งมอบให้ลูกค้าได้ทันเวลา สอดคล้องกับทฤษฎีงานวิจัยของ นฤกร นิลนิสสัย และ ปิยะเนตร นาคสีดี, [7] เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัสดุคงคลังโดยนำทฤษฎีการวิเคราะห์แบบ ABC มาจัด สินค้ากลุ่ม A มูลค่าในการสั่งซื้อสูง กลุ่ม B เป็นกลุ่มสินค้ามีมูลค่าในการสั่งซื้อสูงปานกลาง และกลุ่ม C เป็นกลุ่มสินค้าที่มีมูลค่าการสั่งซื้อต่ำ และใช้หลักการเทคนิคทางวิศวกรรมการลดความสูญเปล่า ECRS คือ 1. การกำจัด (Eliminate) ของเสื่อมสภาพออกจากคลัง 2. การรวมกัน (Combine) ลดขั้นตอนซ้ำซ้อน 3. การจัดใหม่ (Rearrange) ตามกลุ่ม H, M, L ให้ชัดเจน 4. การทำให้ง่าย (Simplify) กำหนดตำแหน่งที่จัดเก็บในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศให้ค้นหาได้รวดเร็ว ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการวัสดุคงคลังให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

## 5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อควบคุมปริมาณ และพื้นที่จัดเก็บ ลดต้นทุนการบริหารจัดการวัสดุคงคลัง โดยศึกษาและวิเคราะห์สภาพและข้อมูลปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษา พบว่า สินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบ มีข้อมูลสินค้าคงคลังทั้งหมด 43,946,041 ชิ้น มูลค่า 88,404,695.76 บาท และมีสินค้าที่ไม่เคลื่อนไหว 5 ปีขึ้นไป จำนวน 4,854,149 ชิ้น มูลค่า 6,908,343.09 บาท และรูปแบบการสั่งซื้อและการประมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบจากฝ่ายขายมาคำนวณปริมาณความต้องการไม่ได้แบ่งระดับความต้องการ ออกใบสั่งซื้อล่วงหน้า 3 เดือน และกำหนดวัสดุคงคลังสำรอง 300 %ทำให้เกิดปัญหาวัตถุดิบมีมากเกินความต้องการ จึงได้ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาดังนี้

1. ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาดังนี้ ได้แก่ การคำนวณการสั่งซื้อแบบประหยัด จากเดิมก่อนการปรับปรุงมีจำนวน 43,946,041 ชิ้น มูลค่า 88,404,695.75 บาท ทำให้วัตถุดิบลดลงเหลือ 37,327,790 ชิ้น มูลค่า 69,033,244.45 บาท ลดลง 6,234,590 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 15.06 % มูลค่าลดลงสินค้าลดลง 19,371,451.31 บาท คิดเป็นร้อยละ 21.91 %

2. การนำทฤษฎีความสูญเปล่า คือความสูญเสียนื่องจากวัสดุคงคลัง โดยดำเนินการกับวัตถุดิบไม่เคลื่อนไหวเกิน 5 ปีขึ้นไป ก่อนการปรับปรุงมีจำนวน 5,661,526 ชิ้น มูลค่า 8,186,274.35 บาท หลังการปรับปรุง มีจำนวนคงเหลือ 3,632,438 ชิ้น มูลค่า 5,317,861.25 บาท ลดลง 1,590,481.84 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 23.02 % มูลค่าสินค้าลดลง 1,590,481.84 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.02 %

3. นำทฤษฎีระบบจ่ายเข้าก่อนออกก่อน และการบริหารวัสดุคงคลังแบบเอพีซี มาช่วยในการเบิก-จ่ายวัสดุคงคลัง เพื่อควบคุมปริมาณ และพื้นที่จัดเก็บ พบว่าการเบิก-จ่ายใช้เวลาลดลง ก่อนปรับปรุง 32 นาที/ใบเบิก หลังปรับปรุง 25 นาที/ใบเบิก ลดลง 7 นาที/ใบเบิก คิดเป็นร้อยละ 21.88 % การจัดเก็บใช้เวลาลดลง ก่อนปรับปรุง 20 นาที/ใบรับของ หลังปรับปรุง 15 นาที/ใบรับของ ลดลง 5 นาที/ใบรับของ คิดเป็นร้อยละ 25 %

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนข้อมูล สถานที่ปฏิบัติงาน วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ จากบริษัท กรณีศึกษา และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้โอกาสในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] By Wongsupat, Senior Content Writer, January 2567, สืบค้นจากเว็บไซต์: <https://www.autospinn.com/2024/01/fti-car-sales-135078>
- [2] นกัสนวรรณ คัมครอง1, ฉัตรตรรัตน์ โหตระไวศยะ2\*, เรื่องการจัดการคลังสินค้าโดยใช้ปริมาณที่เหมาะสมในการสั่งซื้อสินค้า(EOQ), วารสารนวัตกรรมและการจัดการ ปีที่ 4, 2562
- [3] ศศิธร คำนนท์, เรื่องการลดมูลค่าสินค้าคงคลังโดยวิธีการปรับปรุงกระบวนการสั่งซื้อชิ้นส่วนของบริษัทผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน, Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD), 2565
- [4] ธนัชชา บุญเรืองศักดิ์, วรินทร์ วงษ์มณี, เรื่องการพยากรณ์ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบเพื่อการบริหารต้นทุนการสั่งซื้ออย่างมีประสิทธิภาพ, การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 6, 2566, หน้า 289-294
- [5] จิราพร ภูทองคำ1, ถิรนนท์ ทิวราตรีวิทย์2, เรื่องการพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบเพื่อลดการเสียโอกาสทางการขาย, วิทยาการจัดการวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 3, 2564
- [6] ชณิศา มงคลไช, เรื่องการลดความสูญเปล่าในการจัดการสินค้าคงคลังเครื่องสำอาง โดยใช้หลักการ ECRS, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 2564
- [7] นฤภร นิลนัสสัย1 และ ปิยะเนตร นาคสีดี2, เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังสินค้าสำเร็จรูป, การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 16 ปีการศึกษา 2564, หน้า 587-598



## การออกแบบเครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ Design of Extruders to Produce Plastic Fibers Used for 3D Printers

สาธก ไชยกุลชื่นสกุล<sup>1\*</sup>, ธนบรรณ ยศคำ<sup>1</sup>, พรพิไล เทพารักษ์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี 12120

[csatok@engr.tu.ac.th](mailto:csatok@engr.tu.ac.th)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยการพัฒนาตัวควบคุมพีไอดีสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิในการอัดรีด โดยเริ่มจากการศึกษาพฤติกรรม การตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุม (Closed-loop testing) ด้วยวิธีของซิกเลอร์-นิโคลส์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์สำหรับควบคุมอุณหภูมิตามที่ 200°C ซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถผลิตเส้นพลาสติกได้จริงที่อุณหภูมิ 195, 200 และ 205°C โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวกับอุณหภูมิ 200 °C นั่นคือ ค่า  $P = 30$ ,  $I = 100$ ,  $D = 3$  และเส้นพลาสติกที่ผลิตได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 1.42, 1.27 และ 1.13 mm ตามลำดับ และจากการนำเส้นพลาสติกไปทดสอบ tensile strength ได้ค่าของ tensile strength ที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิ 205 °C และมีค่า tensile strength เท่ากับ 12.68 MPa และค่า elongation = 2.41%

คำสำคัญ (Key word): เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก; เครื่องพิมพ์ 3 มิติ; ตัวควบคุมพีไอดี; ขวดพลาสติกเพ็ท

**Abstract**

The objective of this research is to present the design of a plastic filament extruder used for 3D printer by developing a PID controller for the extrusion temperature control system. The research is starting with the study of behavior controlled process response (Closed-loop testing) using the Ziegler-Nichols method to find the parameters for controlling the temperature at 200°C. The results of the experiment showed that plastic filaments can actually be produced at temperatures of 195, 200, and 205°C with the controller setting  $P = 30$ ,  $I = 100$ ,  $D = 3$ . The plastic filaments produced have an average diameter of 1.42, 1.27 and 1.13 millimeters, respectively. The highest tensile strength value was obtained at a temperature of 205°C and had a tensile strength value 12.68 MPa and an elongation value = 2.41 %.

**Keywords:** Plastic filament extruder; 3D printer; PID controller; PET Bottle

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันพบว่าขยะที่เกิดจากขวดพลาสติกนั้นมีปริมาณมากและระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายของขวดพลาสติกนั้นใช้เวลานานและหากต้องการย่นระยะเวลาในการย่อยสลายก็จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ตามมา การทำให้ขยะที่เกิดจากขวดพลาสติกนั้นเป็นขยะที่มีประโยชน์ ไม่ใช่เป็นขยะที่รอวันย่อยสลายจึงเกิดเป็นการออกแบบเครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นใยพลาสติกคือเครื่องที่ใช้อัดรีดพลาสติก ซึ่งพลาสติกจะถูกหลอมหรือขึ้นรูปเป็นโปรไฟล์ขึ้นงาน ไม่ว่าจะขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น ท่อน้ำ ท่อพลาสติก แผ่นบอร์ด เป็นต้น [1]

หลักการทำงานของเครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติกเป็นกระบวนการขึ้นรูปสำหรับเทอร์โมพลาสติก โดยแผ่นพลาสติกจะเข้าสู่เครื่องอัดรีด และจะถูกหลอมภายในเครื่องอัดรีด (Extruder) โดยอาศัยทั้งความร้อน แรงเฉือน และความดัน พลาสติกหลอมจะถูกดันออกสู่ บริเวณปลายที่เปิดอยู่ เพื่อให้ได้เป็นเส้นใยพลาสติก โดยขนาดเส้นพลาสติกที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของช่องที่อยู่ในส่วนที่ให้ความร้อนตลอดจนไปถึงปลายที่เปิดอยู่เพื่อดึงตัวพลาสติกออกมา [2]

เส้นพลาสติกเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปขึ้นงานสำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งวัสดุพลาสติกในแต่ละประเภทมีคุณสมบัติในการใช้งานแตกต่างกัน เช่น วัสดุที่มีความแข็งแรง วัสดุที่เหนียวนำไฟฟ้าได้ และวัสดุที่มีความยืดหยุ่นเหมือนยาง คุณสมบัติที่แตกต่างกันนี้นำมาซึ่งการใช้งานที่หลากหลายรูปแบบมากขึ้น โดยเราได้รวบรวมข้อแตกต่างและคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของพลาสติกที่ใช้สำหรับงานพิมพ์ 3 มิติ [5]

วัสดุ	อุณหภูมิ หัวฉีด (°C)	E-modulus (MPa)	Tensile strength at yield (MPa)
PLA	180 - 230	3120	38
ABS	210 - 250	1900	44
PETG	220 - 235	2020	50.4
PET	220 - 250	2300	57

PLA=Polylactic Acid, ABS=Acrylonitrile Butadiene Styrene,

PETG=Polyethylene terephthalate glycol,

PET= Polyethylene terephthalate

วีระยุทธ จิตวิริยะ และคณะ [3] ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องอัดรีด เพื่อการผลิตเส้นพลาสติก สำหรับการพิมพ์ 3 มิติ จากวัสดุรีไซเคิล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่สามารถควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ ซึ่งมีการพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง คุณภาพของการอัดรีด ตลอดจนคุณภาพการพิมพ์ 3 มิติ ของพลาสติกกรีไซเคิล 3 ชนิดคือ HDPE (High Density Polyethylene) ABS และ PLA โดยใช้วิธีการทดสอบที่อุณหภูมิและความเร็วรอบมอเตอร์ในการอัดรีดแตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่า เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกกรีไซเคิลที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ดี และพบว่า PLA ไม่สามารถอัดรีดขึ้นรูปได้ ในขณะที่ HDPE และ ABS สามารถอัดรีดขึ้นรูปและใช้งานได้ โดย ABS แสดงผลลัพธ์ที่ดีกว่า HDPE ในเรื่องความสมบูรณ์ของพื้นผิว ความสะอาดในการพิมพ์ และในด้านคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าพลาสติกกรีไซเคิล ABS สามารถใช้ทดแทนวัสดุสำหรับงานพิมพ์ 3 มิติได้ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าวัสดุลงได้ถึง 38.5%

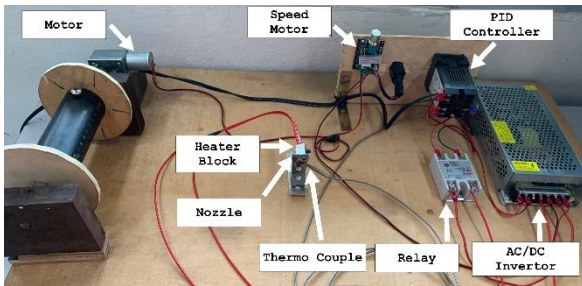
Tylman และ Dzierzek [6] ได้ผลิตเส้นพลาสติกที่ได้จากขวดพลาสติกกรีไซเคิลและพลาสติก (PLA, ABS, PETG, PET) และเปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นพลาสติกที่สามารถผลิตได้กับเส้นพลาสติกที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด โดยใช้วิธีการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) จากตัวอย่างงานพิมพ์สามมิติที่ใช้เส้นพลาสติกจากขวดพลาสติกจากการศึกษาพบว่าสามารถผลิตเส้นพลาสติกที่ใช้ในงานพิมพ์ 3 มิติได้ และตัวอย่างจากขวดพลาสติกนั้นแตกหักง่ายเมื่อเทียบกับ PLA, ABS และ PETG เนื่องจากเกิดการให้ความร้อนและการอัดรีดเส้นในเครื่องจักรที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดช่องว่างอากาศในเส้นพลาสติกซึ่งเป็นสาเหตุของการแตกหักของชิ้นงาน

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขวดพลาสติกที่ใช้ไม่หนาหรือไม่บางจนเกินไป เนื่องจากหากหนาไปทำให้ไม่สามารถหลอมเป็นเส้นใยพลาสติกได้และอาจทำให้ติดอยู่ภายในหัว Nozzle แต่หาก

บางจนเกินไปอาจทำให้เส้นใยพลาสติกขาดระหว่างการผลิตได้ ขวดที่เหมาะสมต้องทำให้ขวดมีลักษณะเรียบไม่เป็นหลอดลายเพื่อให้ง่ายต่อการตัด โดยการใส่น้ำและปิดฝาให้สนิท และนำเครื่องเป่าลมร้อนมาทำการเป่าโดยใช้ความร้อนไม่มากจนเกินไป เมื่อได้ขวดที่เรียบแล้ว นำไปตัดให้เป็นเส้นมีขนาดความกว้าง 10 mm

เครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติก โดยขวดพลาสติกที่ถูกตัดเป็นเส้น จะใส่ผ่านรูของ Nozzle โดย Nozzle นี้ถูกให้ความร้อน ซึ่งได้รับการควบคุมให้มีอุณหภูมิคงที่ เส้นพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดจะถูกม้วนเก็บโดยการดึงจากมอเตอร์ ดังแสดงโครงสร้างตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

การกำหนดค่าคงที่ PID ในตัวควบคุมอุณหภูมิ ทำโดยการหาค่า P ที่เป็น Ultimate gain (กำหนดให้  $I=999$ ,  $D=0$  ในตัวควบคุม) โดยกำหนดอุณหภูมิ Setpoint เป็น  $200^{\circ}\text{C}$  และให้  $P=10$  15 30 และ 50 ซึ่งการทดลองจะทำการจับเวลาครั้งละ 30 วินาที เป็นเวลา 15 นาที หรือจนกว่ากราฟจะเข้าสู่ Set point ทั้งนี้ P ที่เป็น ultimate gain ( $P_u$ ) มีพฤติกรรมเกิดการแกว่งของอุณหภูมิอย่างคงที่ และเมื่อกำหนด  $P_u$  และค่าคาบของการแกว่ง ( $T_u$ ) จะนำไปคำนวณหาค่า PID ตามวิธีของซีกเลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols) [4] กำหนดตามสมการที่ (1)

$$P = 0.2P_u, \quad I = 0.5T_u, \quad D = 0.333T_u \quad (1)$$

เส้นพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดจากเครื่องอัดรีด ที่อุณหภูมิ 195, 200, และ  $205^{\circ}\text{C}$  (ได้รับการควบคุมและมีอุณหภูมิคงที่) จะนำไปขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ ซึ่งมีลักษณะเป็น Dog bone มาตรฐาน ISO 527-2 มีความกว้าง 20 mm ความยาว 150 mm และความหนา 4 mm

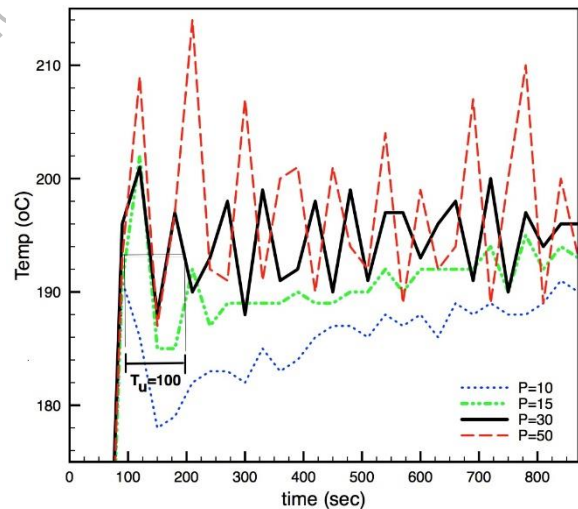


ภาพที่ 2 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ Original Prusa i3 MK3s+

ผ่านเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Original Prusa i3 MK3s+ ตามภาพที่ 2)

### 3. ผลการวิจัย (Results)

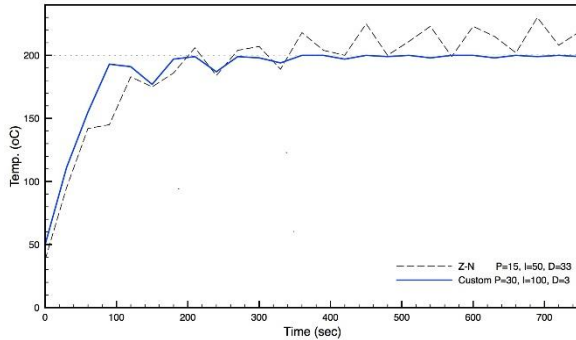
การหาค่าคงที่ PID ที่อุณหภูมิ  $200^{\circ}\text{C}$  และให้  $P=50$ , 30, 15 และ 10 มีผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการตอบสนองหลังจากปรับค่า P เพื่อหาค่า  $P_u$  และค่า  $T_u$

การแกว่งอย่างต่อเนื่องและคงที่ โดยค่าเกินของเครื่องควบคุมชนิดพีทีได้นั้น หรือค่าเกินสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ  $P_u = 30$  และระยะเวลาที่เกิดการแกว่งอย่างต่อเนื่อง หรือค่าคาบสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ  $T_u = 100$  วินาที ซึ่งกำหนดค่าคงที่การควบคุมตามสมการที่ (1) ได้เป็น  $P=15$ ,  $I=50$  และ  $D=33$  แต่พบว่าเมื่อนำไปทดสอบการควบคุมอุณหภูมิกลับพบว่า

อุณหภูมิมีค่าไม่คงที่ ดังแสดงในภาพที่ 4 จึงได้ทำการ  
ปรับแต่งค่าคงที่การควบคุมเพิ่มเติม จนได้เป็นพารามิเตอร์  
P=30, I=100 และD=3 ส่งผลให้ได้กราฟผลการตอบสนองที่  
มีค่าเข้าสู่ Set point และไม่เกิดการแกว่ง



ภาพที่ 4 ผลตอบสนองหลังปรับแต่งค่าด้วยวิธีของ Ziegler-  
Nichols และค่าที่ปรับปรุง

### 3.1 วิเคราะห์ลักษณะเส้นพลาสติกที่ได้จากเครื่องอัดรีดเส้น พลาสติก

เส้นพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดที่อุณหภูมิ 195, 200,  
และ 205°C มีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตดังนี้

- ที่อุณหภูมิ 195°C เส้นพลาสติกมีขนาดเส้นผ่า  
ศูนย์กลาง 1.42 มิลลิเมตร มีบางส่วนที่ไม่หลอมเป็นวงจน  
ครบรอบ

- ที่อุณหภูมิ 200°C เส้นพลาสติกมีขนาดเส้นผ่า  
ศูนย์กลาง 1.27 มิลลิเมตร มีความสม่ำเสมอของรอบวงและ  
ส่วนใหญ่หลอมเป็นวงครบรอบ

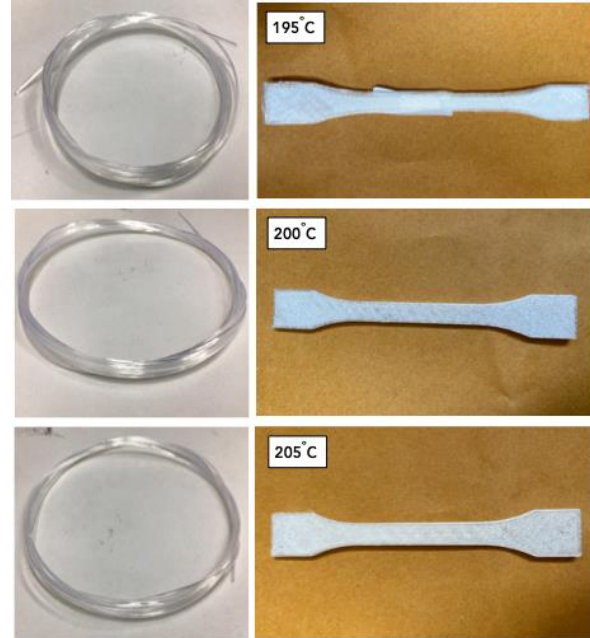
- ที่อุณหภูมิ 205°C เส้นพลาสติกมีขนาดเส้นผ่า  
ศูนย์กลาง 1.13 มิลลิเมตร มีบางส่วนรอบวงเล็กกว่าส่วนใหญ่  
และหลอมเป็นวงครบรอบ

เส้นพลาสติกที่อัดรีดถูกนำไปใช้พิมพ์ชิ้นงานทดสอบ  
(แสดงในภาพที่ 5)

### 3.2 วิเคราะห์ผลของการทดสอบ Tensile strength

ค่า Tensile strength ของเส้นใยพลาสติกที่ผลิตด้วย  
อุณหภูมิ 195, 200 และ 205 °C เป็นไปตามตารางที่ 2 จาก  
ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าที่ 205 °C มีค่า Tensile strength  
12.68 MPa ซึ่งมีค่าดีที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิอื่น ๆ อาจ  
เป็นเพราะขนาดของเส้นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่าที่อุณหภูมิต่ำ  
อื่น ๆ จึงส่งผลให้รูกลวงตรงกลางของเส้นพลาสติกนั้นมีขนาด  
เล็กไปด้วยซึ่งทำให้มีปริมาณอากาศอยู่น้อย และเมื่อนำไป

หลอมเพื่อผลิต Dog bone ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เมื่อมี  
ปริมาณอากาศอยู่น้อยทำให้เนื้อพลาสติกเป็นเนื้อเดียวกันได้  
มากกว่าที่อุณหภูมิอื่น ๆ



ภาพที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของเส้นพลาสติกอัดรีดและ  
ชิ้นงานทดสอบ ที่ผลิตที่อุณหภูมิ 195, 200, และ 205°C

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงดึงจากชิ้นทดสอบวัสดุที่อุณหภูมิการ  
ผลิตเส้นพลาสติกต่างกัน

Temperature	195°C	200°C	205°C
Tensile Modulus(MPa)	846.28	648.99	709.76
Tensile Stress at Yield(MPa)	--	10.94	--
Tensile Strength(MPa)	9.68	10.94	12.68
Tensile Stress at Break(MPa)	9.68	10.67	12.68
Strain at Break(%)	--	--	2.41
F(N)	387.2	437.6	507.2

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ค่า Tensile strength ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า (507.2  
N, % break 2.41%) เนื่องจากเส้นพลาสติกที่ได้นั้นมี  
ลักษณะแตกต่างจากงานวิจัยของ Tylman และ Dzierzek  
[6] ซึ่งเส้นพลาสติกมีลักษณะที่บิดกว่าและมีอากาศน้อยกว่า  
ทำให้สามารถยึดติดเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีกว่าเมื่อนำไปขึ้นรูป  
ชิ้นงานสำหรับทดสอบ นอกจากนี้การที่ชิ้นงานไม่ยึดติดเป็น  
เนื้อเดียว อาจเกิดจากการที่เส้นพลาสติกที่ผลิตได้มีขนาด  
ไม่ได้ตรงตามมาตรฐานของเส้นพลาสติกโดยทั่วไป ซึ่งเส้น

พลาสติกที่ใช้โดยทั่วไปมีขนาด 1.75 mm ดังนั้นเมื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงาน จึงส่งผลให้แต่ละชั้นของชิ้นงานมีบางส่วนที่เนื้อพลาสติกฉีดออกมาได้ไม่เต็มทำให้ชิ้นงานยึดติดกันไม่ได้ไม่ดี และส่งผลให้ชิ้นงานรับแรงได้ไม่มากเมื่อนำไปทดสอบแรงดึง และปัจจัยต่อมาคือเครื่องอัดรีดเพื่อผลิตเส้นพลาสติกที่ทำขึ้นมาเอง ซึ่งอาจไม่มีประสิทธิภาพมากพอในการใช้เพื่อผลิตเส้นพลาสติกได้ เพราะขณะที่ผลิตเส้นพลาสติกอยู่นั้นเมื่อใช้ความเร็วในการหมุนน้อยมาก จะทำให้แกนหมุนนั้นหยุดหมุน จึงต้องปรับความเร็วให้แกนหมุนหมุนเร็วขึ้น แต่พบว่าเมื่อแกนหมุนหมุนเร็วเกินไปจะทำให้พลาสติกหลอมได้ไม่ต่อเนื่องครบตลอดเส้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความเร็วในการหมุนที่ไม่เหมาะสมส่งผลให้เส้นพลาสติกที่ผลิตได้ไม่สมบูรณ์ เป็นสาเหตุที่ทำให้เมื่อนำเส้นพลาสติกที่ได้ไปขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับทดสอบ ทำให้มีค่า Tensile strength น้อยกว่างานวิจัยก่อนมาก

## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการเปรียบเทียบค่า Tensile strength ของเส้นพลาสติกที่ผลิตด้วยอุณหภูมิ 195, 200 และ 205 °C จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าที่ 205 °C ค่า Tensile strength ดีที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิอื่นๆ แต่เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Tylman, I และ Dzierzek, K แล้วนั้นค่าของ Tensile strength ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่ามาก ทั้งนี้เส้นพลาสติกที่อัดรีดในงานวิจัยนี้สามารถขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แต่ไม่สามารถใช้งานกับการนับแรงดึงที่มีค่าสูง ที่ก็เป็นชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบาเนื่องจากมีอากาศกระจายอยู่ในตัวชิ้น

## 6. ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

ในแนวทางหนึ่งคือพัฒนาชิ้นงานที่ผลิตงานพลาสติกอัดรีดที่มีโพรงอากาศเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น วัสดุกันกระแทกหรือเกาะกันกระแทกที่มีน้ำหนักเบา ในอีกแนวทางคือค่าของ Tensile strength ที่ต่ำเนื่องจากลักษณะเส้นที่ได้มีรูกลวงตรงกลางทำให้เมื่อนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ได้ชิ้นงานที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และลักษณะพื้นผิวก็ไม่เต็มพื้นผิว อาจสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้แกนหมุนที่ใช้เก็บเส้นลวดที่มีความสมบูรณ์มากกว่านี้ เพราะจากการทดลองนั้นหากใช้ความเร็วที่ช้าจะทำให้เส้นหลอมสมบูรณ์และไม่มีรูกลวง แต่จะส่งผลให้แกนหมุนนั้นหยุดลง แต่ถ้าแกนหมุนนั้นสามารถ

หมุนได้ปกติเมื่อใช้ความเร็วที่น้อยมาก จะสามารถทำให้เส้นลวดที่อยู่ใน Heat block นั้นใช้เวลาได้มากขึ้น และหลอมได้สมบูรณ์มากขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ซี.ซี.ที. กรุ๊ป, การทำงานของเครื่องอัดรีดพลาสติก (Plastic Extrusion), ข้อมูลจาก [https://www.cctgroup.co.th/how-does-the-extrusion-machine-work/#kheruxng\\_rid\\_phlastik\\_khux\\_xari](https://www.cctgroup.co.th/how-does-the-extrusion-machine-work/#kheruxng_rid_phlastik_khux_xari) (สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มิ.ย. 2567)
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, กระบวนการอัดรีด extrusion, ข้อมูลจาก [https://packaging.oie.go.th/new/admin\\_control/file\\_technology/7420563891.pdf](https://packaging.oie.go.th/new/admin_control/file_technology/7420563891.pdf) (สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มิ.ย. 2567)
- [3] วีระยุทธ จิตวิริยะ, สิทธิชัย ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, บุญฤทธิ์ แก้วประชุม, การพัฒนาเครื่องอัดรีดเพื่อการผลิตเส้นพลาสติกสำหรับการพิมพ์ 3 มิติ จากวัสดุรีไซเคิล, วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพวงศ์, ก.ค.-ธ.ค. 2564
- [4] วรณี มังคละศิริ, พลศาสตร์ของกระบวนการและการควบคุม, สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2565
- [5] Xometry, All About PET 3D Printing Filament: Materials, Properties, cited from: <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/pet-3d-printing-filament/> (date 2024 Jun 5)
- [6] Tylman I, Dzierzek K., Filament for a 3D Printer from Pet Bottles Simple Machine. Int. J. Mech. Eng. and Rob. Res., Vol. 9, No. 10, Oct. 2020

การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยเทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม  
Improving the Efficiency of Production processes  
with Industrial Engineering Techniques

พิมพร เทศแก้ว<sup>1</sup>, ลีธิชัย แก้วเกื้อกุล<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ศูนย์พัฒนาผลิตภาพอุตสาหกรรม สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[pimporn.tha@kmutt.ac.th](mailto:pimporn.tha@kmutt.ac.th)

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[sittichai.kae@kmutt.ac.th](mailto:sittichai.kae@kmutt.ac.th)

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยเทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตชุดสายไฟ และปรับปรุงกระบวนการประกอบชุดสายไฟ โดยการศึกษากระบวนการผลิตชุดสายไฟตามหลักการศึกษางาน แผนภูมิการไหลของกระบวนการ และการศึกษาสมดุลการผลิต ชิ้นงานกรณีศึกษาเป็นงานที่ผลิตตามความต้องการของลูกค้าและมีเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต และมีกระบวนการผลิต 5 สถานีงาน ปัญหาที่พบคือบางสถานีงานมีรอบเวลาการผลิตเกินกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิตและสายการผลิตไม่สมดุล โดยปรับปรุงกระบวนการประกอบชุดสายไฟด้วยเทคนิค ECRS ได้แก่ การจัดเรียงใหม่โดยการจัดสายการผลิตใหม่และการทำให้ง่ายโดยปรับปรุงการวางถาดวางชิ้นงาน จากการปรับปรุงไม่มีสถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตเกินกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต เมื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า จำนวนที่ผลิตได้ต่อวัน หลังการปรับปรุงผลิตได้สูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 55.06% และประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับความต้องการของลูกค้า หลังปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 105.50% สูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 37.50%

**คำสำคัญ (Key word):** เทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม, การศึกษางาน, แผนภูมิการไหล, เทคนิค ECRS

## Abstract

The research on improving the efficiency of production processes with industrial engineering techniques aims to study the production process of electrical wire sets and improve the electrical wire sets assembly process by studying the production process of electrical wire sets according to the Work study, Flow process charts and Line Balancing. The case study is work produced according to customer demand and production time required by the customer (Takt time), and the workpiece has a production process of 5 stations. The problem encountered is that some workstations have production cycle times that exceed the takt time and the production line is unbalanced. Improving the electrical wire sets assembly process using the ECRS technique, including rearranging the production line and simplifying the placement of the workpiece tray. As a result of the improvements, there are no workstations whose production cycle times exceed the takt time. When comparing the results of operations before and after the improvement, it was found that the amount produced per day after the improvement, production was 5.50% higher than what the customer wanted and 55.06% higher than before the improvement, and production efficiency compared to customer demand after improving production efficiency 105.50%, 5.50% higher than customers wanted and 37.50% higher than before the improvement.

**Key word:** Industrial Engineering techniques, Work study, Flow process charts, ECRS technique



## 1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ที่สำคัญของโลก สะท้อนจากการผลิตรถยนต์กว่า 1.9 ล้านคันต่อปี สูงที่สุดในอาเซียนและเป็นอันดับ 10 ของโลก และสินค้ากลุ่มยานพาหนะ อุปกรณ์ และส่วนประกอบเป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของไทย ปี 2565 อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไทย มีมูลค่าการส่งออกรวม 1.31 ล้านล้านบาท ขยายตัว 8.2% [1] ชุดสายไฟเป็นส่วนประกอบสำคัญของรถยนต์และยานยนต์ไฟฟ้า ในส่วนของเครือข่ายวงจรและมีบทบาทสำคัญในโครงสร้างทั้งหมด ชุดสายไฟรถเปรียบได้กับเส้นประสาท และหลอดเลือดของรถ [2] กระบวนการผลิตชุดสายไฟเป็นการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน และใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ โดยถ้าในกระบวนการมีขั้นตอนการผลิตและการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นมากเกินไป ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในประกอบชิ้นงาน และเวลาที่ลูกค้าต้องการ

สถานประกอบการกรณีศึกษาประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการประกอบชุดสายไฟ เช่น ชุดสายไฟในรถยนต์รถจักรยานยนต์ และชุดสายไฟประเภทอื่น ๆ ตามความต้องการของลูกค้า ปัจจุบันพบอุปสรรคด้านประสิทธิภาพการผลิต มีความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต ได้แก่ ขั้นตอนระยะเวลา และการเคลื่อนไหวของพนักงานมากเกินไป จำเป็น และการจัดงานไม่เหมาะสม ส่งผลให้บางสถานีงานมีรอบเวลาการผลิต (Cycle time) เกินกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต (Takt Time)

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดสายไฟ โดยใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม ได้แก่ การศึกษาการทำงาน แผนภูมิการไหลของกระบวนการศึกษาสมดุลการผลิต และหลักการ ECRS เพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

1. ศึกษากระบวนการผลิตชุดสายไฟ ตามหลักการศึกษากการทำงาน (Work Study) ใช้ในการศึกษาวิธีการทำงานของคนอย่างมีแบบแผน และพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการทำงาน [3] โดยกำหนดชิ้นงานกรณีศึกษาจากปริมาณการผลิตสูงอย่างต่อเนื่องและไม่มีแนวโน้มจะลดหรือหยุดการผลิต โดยเลือกชิ้นงานใน

สายการผลิตที่ 5 เป็นชิ้นงานที่ผลิตตามความต้องการของลูกค้า โดยคำนวณเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต ตามสมการที่ (1)

$$\text{เวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต} = \frac{\text{เวลาทำงานสุทธิในหนึ่งวัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ต้องการต่อวัน}} \quad (1)$$

จากนั้นเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) เป็นแผนภูมิ แสดงถึงลำดับของกิจกรรมและความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ [4] โดยกำหนดสัญลักษณ์ชื่อเรียก และคำจำกัดความ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ ชื่อเรียก และคำจำกัดความแผนภูมิการไหล

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความ
	Operation	การเตรียม ประกอบหรือถอดวัสดุหรือชิ้นงาน
	Transportation	การเคลื่อนที่วัสดุ หรือพนักงาน
	Delay	การเก็บวัสดุชั่วคราว การรอคอย
	Inspection	การตรวจสอบ
	Storage	การเก็บในที่ถาวร

และศึกษาสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) คือการจัดเวลาในแต่ละสถานีให้สัมพันธ์กันหรือใกล้เคียงกันเพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่าอันเกิดจากการล่าช้าของงาน [5]

2. วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางการปรับปรุง โดยประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS เป็นเทคนิคการลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต ได้แก่ 1) การกำจัด (Eliminate) 2) การรวมกัน (Combine) 3) การจัดเรียงใหม่ (Rearrange) และ 4) การทำให้ง่าย (Simplify) [6,7]

3. เปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง ได้แก่ จำนวนที่ผลิตได้ต่อวัน ตามสมการที่ (2) และประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับความต้องการของลูกค้า ตามสมการที่ (3)

$$\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} = \frac{\text{เวลาทำงานสุทธิในหนึ่งวัน}}{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด}} \quad (2)$$

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิต (\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ A = จำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ต่อวัน

B = จำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการต่อวัน

### 3. ผลการวิจัย (Results)

1. การศึกษากระบวนการผลิตชุดสายไฟ สายการผลิต  
ที่ 5 เวลาทำงานสุทธิ 1 วัน 27,600 วินาที และจำนวน  
ชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการใน 1,308 ชิ้น/วัน เวลาที่ลูกค้า  
ต้องการผลิต แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้เวลาที่ลูกค้า  
ต้องการผลิต 21.10 วินาที/ชิ้น

$$\text{เวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต} = \frac{27,600}{1,308} = 21.10 \text{ วินาที}$$

กระบวนการผลิตมี 5 สถานีงาน ดังตารางที่ 2

- สถานีงานที่ 1 เสียบ Connector (B) 2 ชิ้น ใส่ Retainer (W) ใส่ Tube (B) และเสียบ Connector (B) 2 ชิ้น
- สถานีงานที่ 2 เสียบ Connector (NL) 4 ชิ้น กด Lock ใส่ Tube (B) และเสียบ Connector (B) 3 ชิ้น
- สถานีงานที่ 3 ใส่ Tube (B) เสียบ Connector (B) 2 ชิ้น กด Lock ใส่ Retainer (B) และใส่ Cap (NL)
- สถานีงานที่ 4 พันเทป (L)
- สถานีงานที่ 5 รัด Cord clamp เติน ช่วยสถานีงานที่ 2

ตารางที่ 2 กระบวนการทำงานทั้ง 5 สถานีงาน

<p style="text-align: center;">สถานีงานที่ 1</p>  	<p style="text-align: center;">สถานีงานที่ 2</p>  
<p style="text-align: center;">สถานีงานที่ 3</p>  	<p style="text-align: center;">สถานีงานที่ 4</p>  
<p style="text-align: center;">สถานีงานที่ 5 และ ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์</p>  	

เขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการ จากภาพที่ 1 ดังนี้

- สถานีงานที่ 1 มี 16 กิจกรรม คือ การประกอบ 10 กิจกรรม และการเคลื่อนที่ 6 กิจกรรม ใช้เวลารวม 14.15 วินาที
- สถานีงานที่ 2 มี 33 กิจกรรม คือ การประกอบ 9 กิจกรรม การเคลื่อนที่ 17 กิจกรรม และการตรวจสอบ 7 กิจกรรม ใช้เวลารวม 28.50 วินาที
- สถานีงานที่ 3 มี 25 กิจกรรม คือ การประกอบ 7 กิจกรรม และการเคลื่อนที่ 18 กิจกรรม ใช้เวลารวม 20.00 วินาที
- สถานีงานที่ 4 มี 11 กิจกรรม คือ การประกอบ 4 กิจกรรม และการเคลื่อนที่ 7 กิจกรรม ใช้เวลารวม 20.00 วินาที
- สถานีงานที่ 5 มี 11 กิจกรรม คือ การประกอบ 4 กิจกรรม และการเคลื่อนที่ 7 กิจกรรม ใช้เวลารวม 31.00 วินาที

Flow Process Chart						
กระบวนการ	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์				
		●	→	●	■	▼
1	1		→			
2	1		→			
3	2		→			
4	0.5	●				
5	1	●				
6	0.5	●				
7	0.5	●				
8	0.5		→			
9	2	●				
10	1		→			
11	1	●				
12	1	●				
13	0.5	●				
14	0.5	●				
15	0.5	●				
16	1		→			
<b>รวม</b>	<b>14.5</b>					
2	1		→			
2	1		→			
3	1		→			
4	1		→			
5	1		→			
6	0.5				■	
7	0.5	●				
8	0.5				■	
9	1	●				
10	1		→			
11	1		→			
12	0.5		→			
13	0.5				■	
14	0.5	●				
15	0.5				■	
16	0.5	●				
17	1		→			
18	1	●				
19	1		→			
20	1		→			
21	0.5				■	
22	3	●				
23	1				■	

Flow Process Chart						
กระบวนการ	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์				
		●	→	●	■	▼
2	0.5		→			
25	0.5		→			
26	1		→			
27	1				■	
28	1	●				
29	0.5		→			
30	1	●				
31	0.5		→			
32	1	●				
33	1		→			
<b>รวม</b>	<b>28.5</b>					
3	0.5		→			
2	0.5		→			
3	0.5		→			
4	0.5		→			
5	0.5		→			
6	0.5		→			
7	3	●				
8	0.5		→			
9	0.5		→			
10	0.5		→			
11	2	●				
12	1	●				
13	2	●				
14	0.5	●				
15	0.5		→			
16	0.5		→			
17	0.5		→			
18	0.5	●				
19	0.5		→			
20	0.5		→			
21	0.5		→			
22	2	●				
23	0.5		→			
24	0.5		→			
25	0.5		→			
<b>รวม</b>	<b>20</b>					
4	0.5		→			
2	0.5		→			
3	0.5		→			
4	4		→			
5	0.5	●				
6	11	●				
7	1	●				
8	0.5	●				
9	0.5		→			
10	0.5		→			
11	0.5		→			
<b>รวม</b>	<b>20</b>					
5	0.5		→			
2	0.5		→			
3	1	●				
4	3		→			
5	1	●				
6	0.5		→			
7	0.5		→			
8	1	●				
9	1		→			
10	12		→			
11	10	●				
<b>รวม</b>	<b>31</b>					
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>114</b>					

ภาพที่ 1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการ

2. วิเคราะห์ปัญหา จากตารางที่ 3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต พบว่า มีสถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตเกินเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต คือ 21.10 วินาที ได้แก่ สถานีงานที่ 2 ใช้เวลา 28.50 วินาที และสถานีงานที่ 5 ใช้เวลา 31.00 วินาที และพบว่า สายการผลิตไม่สมดุล

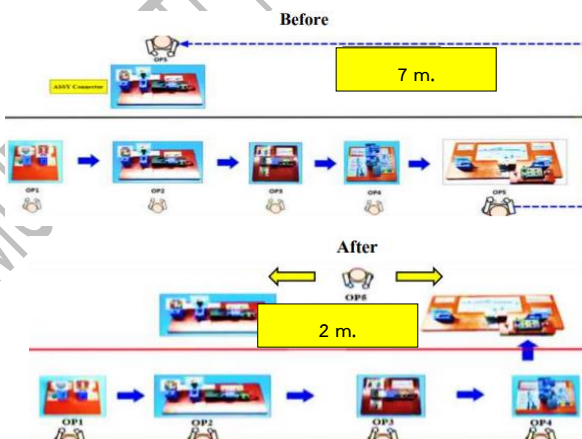
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต

สถานีงาน	CT (วินาที)	Takt Time (วินาที)
OP 1	14.50	21.10
OP 2	28.50	21.10
OP 3	20.00	21.10
OP 4	20.00	21.10
OP 5	31.00	21.10
Total	114.00	105.50

ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงร่วมกับสถานประกอบการ โดยปรับปรุงด้วยเทคนิค ECRS สรุปดังนี้

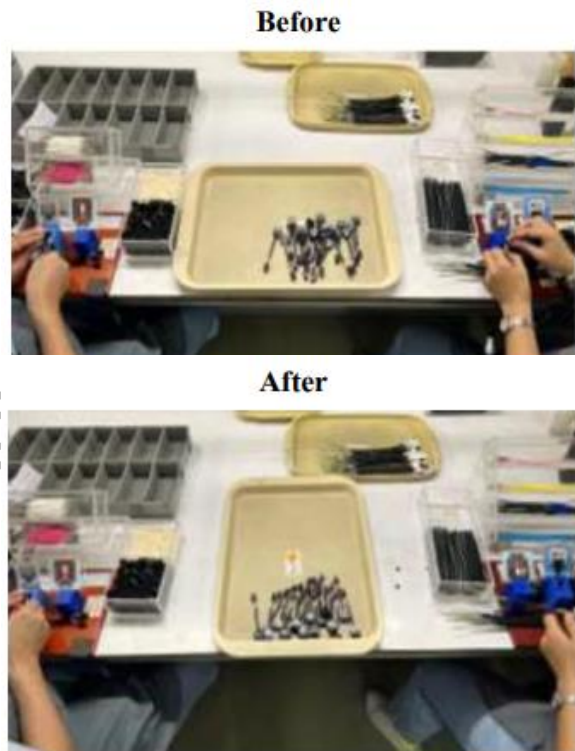
1) การกำจัด และ 2) การรวมกัน ไม่สามารถดำเนินการกำจัดและรวมขั้นตอนได้ เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด และอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพ

3) การจัดเรียงใหม่ จากภาพที่ 2 ก่อนการปรับปรุง พนักงานสถานีงานที่ 5 ต้องเดินไปช่วยงานพนักงานสถานีงานที่ 2 ระยะทาง 7 เมตร ใช้เวลา 12 วินาที แก้ไขโดยการจัดสายการผลิตใหม่ หลังการปรับปรุงให้พนักงานสถานีงานที่ 5 ไปอยู่ฝั่งตรงข้ามพนักงานสถานีงานที่ 2 และพนักงานสถานีงานที่ 4 เมื่อต้องไปช่วยในสถานีงานที่ 2 ระยะทางในการเดินลดลงเหลือ 2 เมตร และใช้เวลาอยู่ที่ 2 วินาที



ภาพที่ 2 การจัดสายการผลิตใหม่

4) การทำให้ง่าย (Simplify) จากภาพที่ 3 การปรับรูปแบบการวางถาดวางชิ้นงานในสถานีงานที่ 2 โดยสถานีงานที่ 2 มีกิจกรรมการเคลื่อนที่ที่มีความสัมพันธ์กับถาดวางชิ้นงาน 17 กิจกรรม ก่อนการปรับปรุงวางถาดวางชิ้นงานในแนวอนมีความยาว 30 เซนติเมตร หลังการปรับปรุงหมุนถาดวางชิ้นงานให้เป็นแนวตั้งมีความยาว 20 เซนติเมตร ทำให้ระยะในการวางชิ้นงาน การเอื้อมือไปรวบชิ้นงาน และหยิบชิ้นงานสั้นลง สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น จากเดิมสถานีงานที่ 2 ใช้เวลารวม 28.50 วินาที ลดลงเหลือ 19.00 วินาที



ภาพที่ 3 ปรับรูปแบบการวางถาดวางชิ้นงานในสถานีงานที่ 2

3. เปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 4 เมื่อดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดสายไฟด้วยเทคนิค ECRC พบว่า สถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตเกินกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต คือ 21.10 วินาที ได้แก่

- สถานีงานที่ 2 ก่อนการปรับปรุงใช้เวลา 28.50 วินาที หลังการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตลดลงเหลือ 19.00 วินาที
- สถานีงานที่ 5 ก่อนการปรับปรุงใช้เวลา 31.00 วินาที หลังการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตลดลงเหลือ 20.00 วินาที

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

สถานีงาน	CT (วินาที)		Takt Time (วินาที)
	ก่อน	หลัง	
OP 1	14.50	14.50	21.10
OP 2	28.50	19.00	21.10
OP 3	20.00	20.00	21.10
OP 4	20.00	20.00	21.10
OP 5	31.00	20.00	21.10
Total	114.00	93.50	105.50

แทนค่าในสมการที่ (2) และ (3) เพื่อหาจำนวนที่ผลิตได้ต่อวันและประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับความต้องการของลูกค้า จากเวลาทำงานสุทธิ 27,600 วินาที ก่อนการปรับปรุงมีรอบเวลาการผลิตสูงสุด 31.00 วินาที ได้ชิ้นงาน 890 ชิ้น/วัน ประสิทธิภาพการผลิต 68.00% หลังการปรับปรุงมีรอบเวลาการผลิตสูงสุด 20.00 วินาที ได้ชิ้นงาน 1,308 ชิ้น/วัน มีประสิทธิภาพการผลิต 105.50%

$$(\text{ก่อน}) \text{ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} = \frac{27,600}{31.00} = 890 \text{ ชิ้น}$$

$$(\text{ก่อน}) \text{ ประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{890}{1,308} \times 100 = 68.00\%$$

$$(\text{หลัง}) \text{ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} = \frac{27,600}{20.00} = 1,380 \text{ ชิ้น}$$

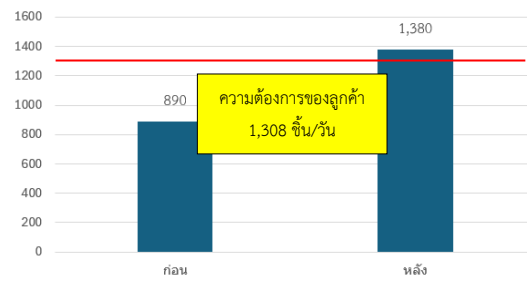
$$(\text{หลัง}) \text{ ประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{1,380}{1,308} \times 100 = 105.50\%$$

จากตารางที่ 5 และภาพที่ 4 เปรียบเทียบจำนวนที่ผลิตได้ต่อวันกับความต้องการของลูกค้า ก่อนการปรับปรุงผลิตได้ 890 ชิ้น/วัน ต่ำกว่าที่ลูกค้าต้องการ 418 ชิ้น/วัน คิดเป็น 31.96% หลังการปรับปรุงผลิตได้ 1,380 ชิ้น/วัน สูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 72 ชิ้น/วัน คิดเป็น 5.50% และหลังการปรับปรุงผลิตได้สูงกว่าก่อนการปรับปรุง 490 ชิ้น คิดเป็น 55.06%

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบจำนวนที่ผลิตได้ต่อวัน

	จำนวนที่ผลิต (ชิ้น/วัน)	ลูกค้าต้องการ (ชิ้น/วัน)	ผลต่าง	ผลต่าง (%)
ก่อน	890	1,308	-418	-31.96
หลัง	1,380	1,308	+72	+5.50
ผลต่าง	+490	-	-	-
ผลต่าง (%)	55.06	-	-	-

จำนวนการผลิต (ชิ้น/วัน)



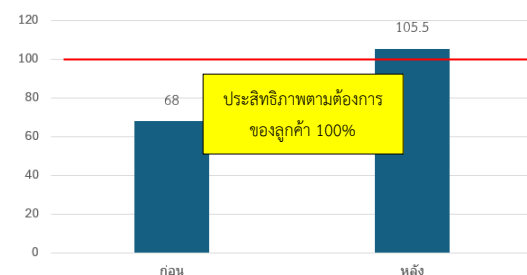
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบจำนวนที่ผลิตได้ต่อวัน

จากตารางที่ 6 และภาพที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับความต้องการของลูกค้า ก่อนการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 68.00% ต่ำกว่าที่ลูกค้าต้องการ 32% หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 105.50% สูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และหลังการปรับปรุงมีประสิทธิภาพสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 37.50%

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต

	ประสิทธิภาพการผลิต (%)	ลูกค้าต้องการ (%)	ผลต่าง
ก่อน	68.00	100	-32.00
หลัง	105.50	100	+5.50
ผลต่าง	+37.50	-	-

ประสิทธิภาพการผลิต (%)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

งานวิจัยนี้ดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดสายไฟรถยนต์ โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม ได้แก่ การศึกษาการทำงาน แผนภูมิการไหลของกระบวนการ การศึกษาสมดุลการผลิต และเทคนิค ECRS หลังการปรับปรุงพบว่า ไม่มีสถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตเกินกว่าเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต จำนวนที่ผลิต

ได้ต่อวันสูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 55.06% และประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับความต้องการของลูกค้าสูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 37.50% สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิวัฒน์ชัย เทินทาว และ อริสรา บุญหนุน [8] ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม ได้แก่ การศึกษาการทำงานแผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงาน การนำเทคนิคการวิเคราะห์หาความสูญเสียเปล่า 7 ประการ และเทคนิคการแก้ไขปัญหา ECRS พบว่า ลดเวลาการทำงานจาก 246.9 วินาที/ชิ้น เป็น 194.5 วินาที/ชิ้น ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 876 ชิ้น/วัน เป็น 1,120 ชิ้น/วัน ลดต้นทุนแรงงาน 47,116 บาท/เดือน ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 71.8% เป็น 91.8%

ในการวิจัยครั้งต่อไปหากสามารถดำเนินการกำจัด และการรวมกันได้ คาดว่าจะเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้มากขึ้น

## 5. สรุปผล (Conclusion)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตชุดสายไฟตามหลักการศึกษาคำสั่งการทำงาน เขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการ และการศึกษาสมดุลการผลิต กรณีศึกษาสายการผลิตที่ 5 ผลิตงานตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ 1,308 ชิ้น/วัน เวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต 21.10 วินาที/ชิ้น กระบวนการผลิตมี 5 สถานีงาน พบว่าบางสถานีงานมีรอบเวลาการผลิตเกินเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิตและสายการผลิตไม่สมดุล ปรับปรุงกระบวนการประกอบชุดสายไฟด้วยเทคนิค ECRS ได้แก่ การจัดเรียงใหม่ จัดสายการผลิตใหม่ ทำให้พนักงานสถานีงานที่ 5 ระยะทางการเดินลดลง 5 เมตร เวลาการทำงานจากเดิม 31.00 วินาที ลดลงเหลือ 20.00 วินาที และการทำให้ง่าย ปรับปรุงการวางถาดวางชิ้นงาน ทำให้พนักงานสถานีงานที่ 2 เวลาการทำงานจากเดิม 28.50 วินาที ลดลงเหลือ 19.00 วินาที พบว่า ไม่มีสถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตเกินเวลาที่ลูกค้าต้องการผลิต เมื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุงสรุปได้ดังนี้

1) จำนวนที่ผลิตได้ต่อวัน หลังการปรับปรุงผลิตได้สูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 55.06%

2) ประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับความต้องการของลูกค้า หลังปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต 105.50% สูงกว่าที่ลูกค้าต้องการ 5.50% และสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 37.50%

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ไทยคาร์โซ ออโตโมทีฟ จำกัด สำหรับข้อมูลในการดำเนินการวิจัย บุคลากร และอุปกรณ์สนับสนุนต่าง ๆ และศูนย์พัฒนาผลิตภาพอุตสาหกรรม สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การส่งเสริม สนับสนุน และเปิดโอกาสให้บุคลากรได้สร้างสรรค์ผลงานวิจัยที่มีประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรม และสร้างศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สาลิกา, ส่องทิศทาง อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไทย ส่งสัญญาณโตแรง อาานิสงส์จากการสร้างฐานการผลิต EV ใน EEC, ข้อมูลจาก <https://www.salika.co/2023/04/09/auto-part-industry-rising-in-eeec> (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2567).
- [2] คลอเคลีย เวจนะวิซาร์, การลดความสูญเสียเปล่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ไม่กวดทางมะพร้าว กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนบ้านบึงหวาย จังหวัดอุบลราชธานี, วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อ., ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, 2562.
- [3] วัชรินทร์ สิทธิเจริญ, การศึกษางาน (Work Study), สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2547.
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, หลักการควบคุมคุณภาพ, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพฯ, 2550.
- [5] Paul H.P Yeuw and Rabinda NathSen, "Productivity and quality improvement revenue increment and rejection cost reduction manual component insertion lines through the application of ergonomic", International Journal of Industrial Ergonomics, vol.36, 2006.

- [6] Prasert Akkaraprathompong, “Reducing waste with ECRS principles, waste or MUDA or WASTE”, 2009, <https://cpico.wordpress.com>, 16 August 2024.
- [7] Laddawan Nantajinda, “Application of ECRS with Milk Run transport company : A case study of The ABC transport company”, Master of Science, Burapha University, 2010.
- [8] วิวัฒน์ชัย เหมินหวา และ อริสรา บุญหนุน, การปรับปรุงกระบวนการผลิตใน อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิค ECRS, วิทยานิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิชาเอกเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2562.

## Hydrogen Production via Biomass Gasification: Simulation Study of Sugarcane Bagasse, Corn Cob, and Cassava Rhizome Using Aspen Plus

การจำลองการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากกระบวนการแกซิฟิเคชันของชีวมวลสำหรับชานอ้อย  
ซังข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง โดยใช้ Aspen Plus

Tanit Bhibhatbhan\* and Kritsana Thongjaroen

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering, Thammasat University

99 Moo 18, Phaholyothin Road, Klong Nueng, Khlong Luang, Pathumthani 12120.

\*E-mail: btanit@engr.tu.ac.th

### Abstract

This research aims to study hydrogen gas production through the gasification process by simulating the process using Aspen Plus V12.1. The study begins by simulating the process under the same conditions as a reference paper and comparing the results to verify the accuracy of the model. Following this, the model is further studied by substituting the feedstock with three types of biomasses: sugarcane bagasse, corn cob, and cassava rhizome. The impact of various variables is examined, including the gasifier temperature range of 600 – 1000 °C and the steam-to-biomass ratio (S/B) range of 0.1 – 2.0, to determine the optimal operating conditions for hydrogen gas production. The study results indicate that increasing both the temperature and the steam-to-biomass ratio positively affects hydrogen gas production. The optimal operating conditions for hydrogen gas production from sugarcane bagasse were found to be at a temperature of 740 °C and S/B of 0.37, corn cob at 740 °C and S/B of 0.50, and cassava rhizome at 746 °C and S/B of 0.29. The hydrogen gas production rates for these biomass types were 7.57, 8.48, and 8.08 kg/h, respectively, with corn cob yielding the highest hydrogen gas production.

**Keywords:** Hydrogen gas, Gasification, Biomass, Gasifier temperatures, Steam-to-biomass ratios (S/B), Aspen Plus



### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากกระบวนการแกซิฟิเคชัน ซึ่งจำลองกระบวนการผ่านโปรแกรม Aspen Plus V12.1 โดยเริ่มจากการจำลองกระบวนการที่ภาวะเดียวกันกับแบบจำลองจากงานวิจัยอ้างอิง และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลจากงานวิจัยอ้างอิงเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง จากนั้นนำแบบจำลองไปศึกษาต่อ โดยเปลี่ยนสารเป็นชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ ชานอ้อย ชังข้าวโพด และเหง้ำมันสำปะหลัง และศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิของเตาแกซิไฟเออร์ในช่วง 600 - 1000 °C และ อัตราส่วนไอน้ำต่อชีวมวล (S/B) ในช่วง 0.1 - 2.0 และหาภาวะการดำเนินงานที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิและอัตราส่วนไอน้ำต่อชีวมวล ส่งผลดีต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งภาวะการดำเนินงานที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของชานอ้อยคือที่อุณหภูมิ 740 °C อัตราส่วนไอน้ำต่อชีวมวลเท่ากับ 0.37 ของชังข้าวโพดคือที่อุณหภูมิ 740 °C อัตราส่วนไอน้ำต่อชีวมวลเท่ากับ 0.50 และเหง้ำมันสำปะหลังคือที่อุณหภูมิ 746 °C อัตราส่วนไอน้ำต่อชีวมวลเท่ากับ 0.29 ซึ่งชีวมวลทั้ง 3 ชนิดสามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้เท่ากับ 7.57, 8.48 และ 8.08 kg/h ตามลำดับ โดยชังข้าวโพดสามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้มากที่สุด

**คำสำคัญ:** ก๊าซไฮโดรเจน, แกซิฟิเคชัน, ชีวมวล, อุณหภูมิของเตาแกซิไฟเออร์, อัตราส่วนไอน้ำต่อชีวมวล (S/B), Aspen Plus

## 1. Introduction

Producing hydrogen from biomass has the potential to be a sustainable and environmentally friendly energy solution for Thailand. This approach offers several advantages, such as reducing waste, lowering greenhouse gas emissions, and providing revenue to farmers and local communities, among others <sup>[1]</sup>.

Biomass is a renewable organic resource that comprises agricultural crop residues (such as corn cob or rice straw), forest residues, special crops produced for energy usage (such as bamboo or napier grass), organic municipal solid waste, and animal waste. Through gasification, this renewable resource can be converted into hydrogen and other byproducts.

Gasification is a process that converts organic or fossil-based carbonaceous materials at high temperatures (>700°C), without combustion, with a controlled amount of oxygen and/or steam into carbon monoxide, hydrogen, carbon dioxide, methane, and other gases.

Hydrogen is produced on a commercial basis today – it is used as a feedstock in the chemical industry and in refineries, as part of a mix of gases in steel production, and in heat and power generation. It is a clean fuel that, when used in a fuel cell, produces only water. These properties make it an appealing fuel source for transportation and electricity production applications. It can be utilized in automobiles, homes, portable power sources, and a variety of other applications <sup>[2]</sup>.

For these reasons, this research studies the production of hydrogen gas from various biomass types, including sugarcane bagasse, corn cob, and cassava rhizome, utilizing the gasification process with Aspen Plus V12.1 software. The objective is to identify the optimal operating conditions for hydrogen gas production and helps in predicting the results of hydrogen production before it is implemented in actual industrial applications. The study focuses on variables including the gasifier temperature and the steam-to-biomass ratio (S/B).

## 2. Research methodology

### 2.1 Feedstock characteristics.

The biomass used as feedstock includes sugarcane bagasse, corn cobs, and cassava rhizomes. The proximate analysis and ultimate analysis data for each type of biomass are shown in Tables 1 and 2, respectively.

Table 1 Proximate analysis of feedstock.

Feedstock	Proximate analysis (% w/w)			
	MC	FC	VM	Ash
Sugarcane bagasse <sup>[3]</sup>	5.9	14	78.6	7.4
Corn cob <sup>[4]</sup>	0	17.4	80.79	1.81
Cassava rhizome <sup>[5]</sup>	15.26	15.17	64.54	5.03

Table 2 Ultimate analysis of feedstock.

Feedstock	Ultimate analysis (% w/w)					
	C	H	N	Cl	S	O
Sugarcane bagasse <sup>[3]</sup>	45.15	5.40	0.20	0.03	0.02	41.80
Corn cob <sup>[4]</sup>	47.82	5.50	0.38	0	0.40	44.09
Cassava rhizome <sup>[5]</sup>	50.29	6.27	1.58	0	0.16	41.70

### 2.2 Gasification reaction.

Gasification is a process that converts carbonaceous materials, such as coal, petroleum, or biomass, into syngas by reacting to the raw material at high temperatures with a controlled amount of oxygen. Syngas is mainly composed of carbon monoxide and hydrogen <sup>[6]</sup>. The chemical reactions occur as shown in Table 3.

### 2.3 Process simulation.

To develop a process model for syngas production using Aspen Plus V12.1 under the same conditions as the reference research <sup>[8]</sup> as shown in Tables 4 and 5, the molar flow rates of H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> will be compared to simulation results. This comparison will show that the constructed model is accurate and can be used in future studies.

Table 3 Chemical reactions in gasification process<sup>[7]</sup>.

Chemical reaction	$\Delta H$ (kJ/mol)	NO.
$C + 0.5O_2 \rightarrow CO$	-111	(1)
$C + O_2 \rightarrow CO_2$	-394	(2)
$CO + 0.5O_2 \rightarrow CO_2$	-283	(3)
$H_2 + 0.5O_2 \rightarrow H_2O$	-242	(4)
$C + CO_2 \leftrightarrow 2CO$	+172	(5)
$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$	+131	(6)
$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$	-41	(7)
$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4$	-75	(8)
$CH_4 + H_2O \leftrightarrow C + 3H_2$	+206	(9)

Table 4 Input variables<sup>[8]</sup>.

Stream	T (°C)	P (kPa)	rate (kg/h)	Component
PETCOKE	25	101.325	968.42	Proximate analysis Ultimate analysis
STEAM	252.778	4,136.85	294.177	H <sub>2</sub> O Mass fraction = 1
OXYGEN	25	4,136.85	867.672	O <sub>2</sub> Mole fraction = 1

Table 5 Reference model data of syngas production process<sup>[8]</sup>.

Name	Reactor	Data
DECOMPOS	Ryield	T = 25 °C P = 101.325 kPa
GASIFIER	Rgibbs	T = 1315.6 °C P = 4,136.85 kPa
HXSYNGAS	Heater	T = 260 °C
ASHREM	Ssplit	-

### 2.3.1 Model description.

From figure 1, the PETCOKE stream goes into the DECOMPOS reactor, which decomposes it into conventional components (C, H, O, etc.) based on proximate analysis and ultimate analysis data of PETCOKE. The result of the DECOMPOS reactor is fed into the GASIFIER reactor, where it is mixed with the oxidant agent (air or oxygen) and steam. The gasification reactions take place in the GASIFIER reactor, and the calculations are based on phase and chemical equilibrium, with syngas produced using the minimum Gibbs free energy approach. The syngas then enters the HXSYNGAS, which lowers its temperature. After cooling, the syngas enters the ASHREM, which separates the solids from the gas. The syngas exits through the SYNGAS stream, whereas the remaining solids exit through the ASH stream.

### 2.3.2 Substitute the feedstock for the process.

To change the feedstock to three types of biomasses: sugarcane bagasse, corn cob, and cassava rhizome, using the proximate analysis and ultimate analysis data shown in Tables 1 and 2, respectively. Set the biomass flow rate to 100 kg/h. Change the feed from pure oxygen to air (21% O<sub>2</sub> and 79% N<sub>2</sub>) and set the air flow rate to 50 kg/h, as pure oxygen is expensive and not cost-effective for production. Process for hydrogen production from biomass gasification is shown in Figure 2.

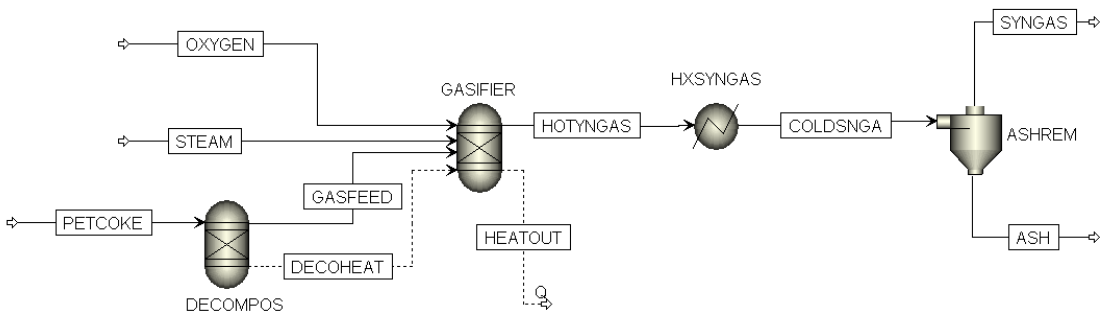


Figure 1 Process flowsheet for petroleum coke gasification in Aspen plus<sup>[8]</sup>.

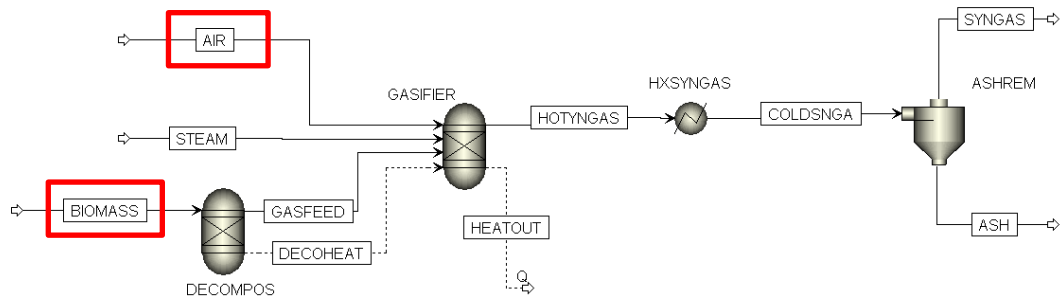


Figure 2 Process flowsheet for hydrogen production from biomass gasification in Aspen plus.

2.4 Study the effect of variables.

2.4.1 Study the effect of gasifier temperature.

Vary the gasifier temperature in the range of 600 – 1000 °C<sup>[9]</sup>. Plot a graph to observe the trend of how the gasifier temperature affects the mole fraction of hydrogen.

2.4.2 Study the effect of steam-to-biomass ratios (S/B).

Vary the S/B in the range of 0.1 – 2.0<sup>[10]</sup>. Plot a graph to observe the trend of how the S/B affects the mole fraction of hydrogen.

2.4.3 Find the optimal operating conditions.

Vary the gasifier temperature in the range of 600 – 1000 °C and S/B in the range of 0.1 – 2.0 and plot 3D graph to find the operating condition that yields the highest mole fraction of hydrogen.

2.4.4 Study the effect of different types of biomass feeds.

To study the effect of proximate analysis and ultimate analysis of biomass types including sugarcane bagasse, corn cob, and cassava rhizome on the amount of hydrogen gas produced.

### 3. Results and discussion.

3.1 Model validation.

Take the simulation results, including the molar flow rates of H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub>, and compare them to the results from the reference research to verify accuracy and determine the percentage difference between the simulation results and those from the reference research

when using the same feedstocks and operating conditions.

$$\%error = \left| \frac{\text{Simulation} - \text{Reference}}{\text{Reference}} \right| \times 100$$

Table 6 Comparison of the molar flow rates of the components in the syngas between the simulation model and the reference research model.

Gas composition	Reference research <sup>[8]</sup> (lbmol/h)	Simulation model (lbmol/h)	%error
H <sub>2</sub>	68.9991	69.0025	0.0049
CO	150.6654	150.6714	0.0040
CO <sub>2</sub>	1.8170	1.8193	0.1266
CH <sub>4</sub>	1.0407	1.0441	0.3267

From Table 6, the %error values between the two models are very small. Therefore, it can be concluded that the simulation model, based on reference research, is accurate. This process can be used for further study in the next steps.

3.2 Effect of gasifier temperature on hydrogen production.

The temperature in GASIFIER reactor from Figure 2 was vary in the range of 600 – 1000 °C, the results are shown in Figure 3, which illustrates the effect of temperature changes on the mole fraction of hydrogen.

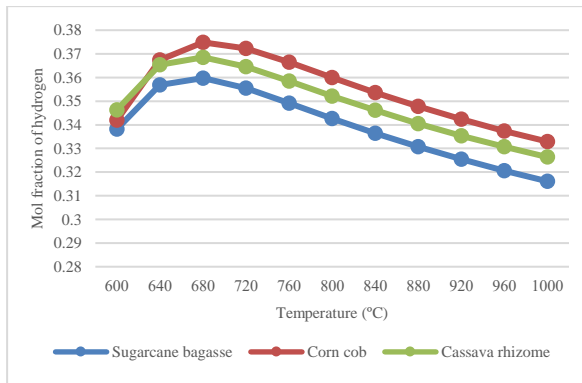
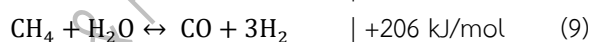


Figure 3 The influence of gasifier temperature on mole fraction of hydrogen gas of various types of biomasses. (S/B = 1)

From Figure 3, the mole fraction of hydrogen gas produced initially increases with increasing temperature. This is due to two endothermic reactions: the water gas reaction (Eq.6) and the steam methane reforming reaction (Eq.9). As the temperature rises, these reactions progress more toward the products, producing more hydrogen gas. Furthermore, the methanation reaction (Eq.8), which is exothermic reaction, contributes to a rise in hydrogen gas. As the temperature rises, the reaction reverses, resulting in more reactants and a higher mole fraction of hydrogen gas. When the temperature exceeds 700 °C, the reverse water-gas shift reaction (Eq.7) occurs, decreasing the mole fraction of hydrogen gas produced.



### 3.3. Effect of steam-to-biomass ratios (S/B) on hydrogen production.

The S/B was varied in the range of 0.1–2.0, the results are shown in Figure 4, which illustrates the effect of S/B changes on the mole fraction of hydrogen.

From Figure 4, It can be observed that increasing the S/B while keeping the gasifier

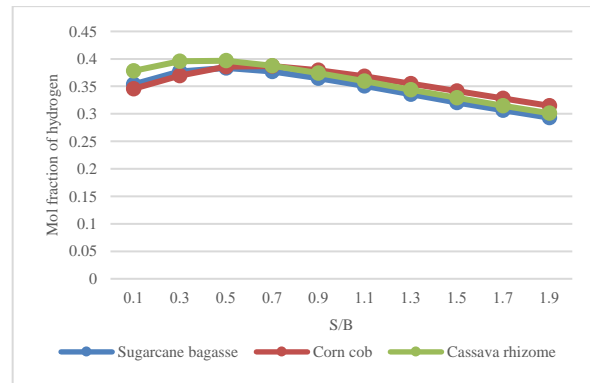
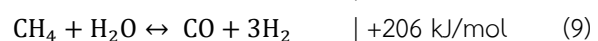


Figure 4 The influence of S/B on mole fraction of hydrogen gas of various types of biomasses. (Temperature = 700 °C)

temperature constant initially increases the mole fraction of hydrogen gas produced. This is due to the water-gas reaction (Eq.6), the water gas-shift reaction (Eq.7), and the steam methane reforming reaction (Eq.9), which all use steam as a reactant. Therefore, increasing the S/B drives these reactions further to the right and producing more hydrogen. However, after a certain point, the hydrogen gas begins to decrease. Due to excessive steam addition, the temperature of the gasifier decreases. Due to excessive steam addition, the temperature of the gasifier decreases. This causes the endothermic reaction including water-gas reaction and steam methane reforming reaction to reverse, resulting in a decrease in the mole fraction of hydrogen and an increase in the mole fraction of steam instead.



### 3.4 The optimal operating conditions of various types of biomasses.

To determine the optimal operating conditions, the temperature of the gasifier and the steam-to-biomass ratio (S/B) will be simultaneously varied to find the conditions that yield the highest mole fraction of hydrogen for each type of biomass. The results are shown in Figure 5.

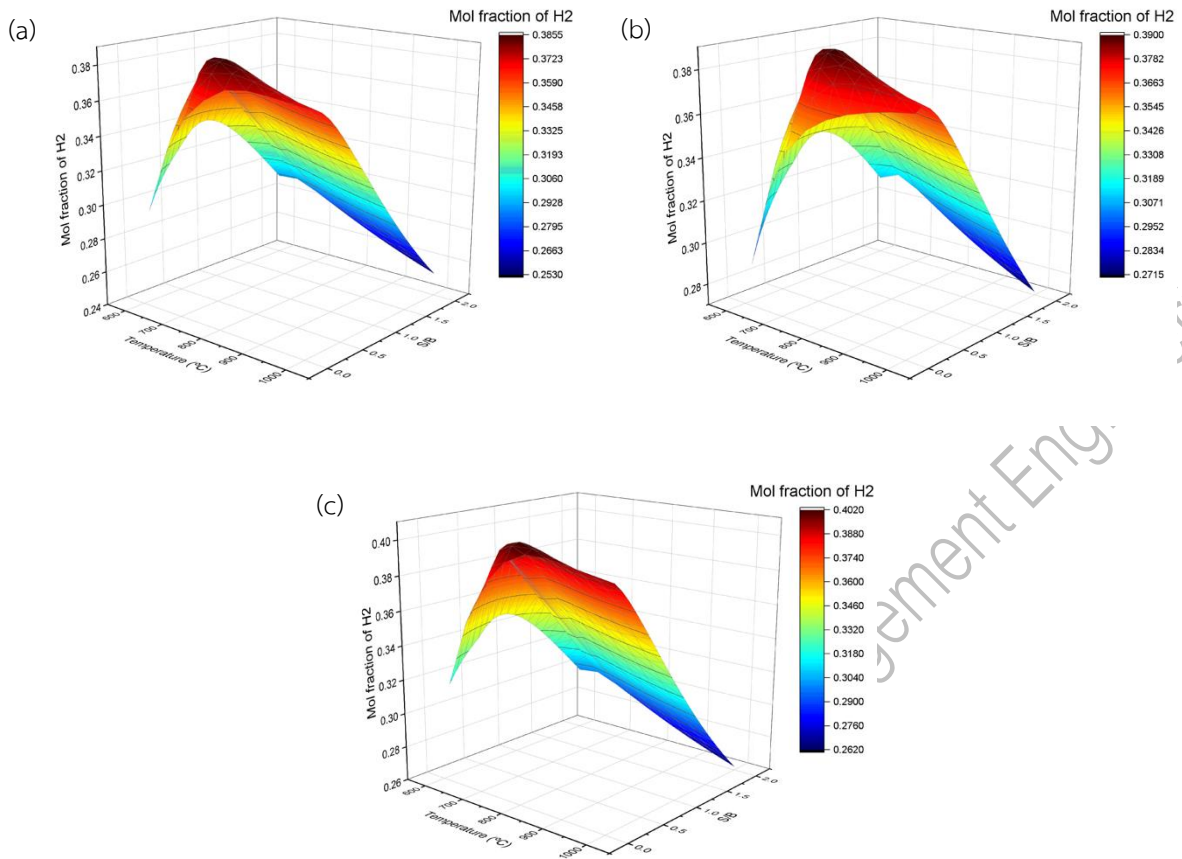


Figure 5 The influence of gasifier temperature and S/B on mole fraction of hydrogen of (a) sugarcane bagasse, (b) corn cob, (c) cassava rhizome.

From Figure 5, It can be observed that varying the studied variables, which include gasifier temperature and S/B, simultaneously to find the conditions that yield the highest mole fraction of hydrogen, allows us to see the combined effects of both variables on the hydrogen mole fraction. This results in the highest mole fraction of hydrogen for each type of biomass, represented by the dark red region. The optimal operating conditions for sugarcane bagasse are a temperature of 740 °C and an S/B of 0.37, which yield a mole fraction of hydrogen gas of 0.3855. The amount of hydrogen

gas equals 7.57 kg/h. For a corn cob, a temperature of 740 °C and an S/B of 0.50 yield a hydrogen mole fraction of 0.3901. The amount of hydrogen gas equals 8.48 kg/h. For cassava rhizome, a temperature of 746 °C and an S/B of 0.29 yield a hydrogen mole fraction of 0.4018. The amount of hydrogen gas equals 8.08 kg/h.

### 3.5 Effect of different types of biomass feeds.

Table 7 shows the results of an investigation on the amount of hydrogen gas produced by various types of biomasses under optimal operating conditions.

Table 7 Amount of hydrogen gas from different types of biomasses.

Types	Ultimate analysis (%)						Moisture (%)	Amount of hydrogen (kg/h)
	C	H	N	Cl	S	O		
Sugarcane bagasse	45.15	5.40	0.20	0.03	0.02	41.80	5.9	7.57
Corn cob	47.82	5.50	0.38	0	0.40	44.09	0	8.48
Cassava rhizome	50.29	6.27	1.58	0	0.16	41.70	15.26	8.08

The amount of hydrogen in the ultimate analysis and the moisture content of the biomass influence the amount of hydrogen gas produced. Biomass with a higher hydrogen content will produce more hydrogen gas. In this case, cassava rhizome has the highest hydrogen content, but produces less hydrogen gas than corn cob. This is because the high moisture content of the cassava rhizome reduces the reaction temperature, resulting in less hydrogen gas production. Under optimal operating conditions, corn cobs yield the most hydrogen gas, followed by cassava rhizome and sugarcane bagasse.

#### 4. Conclusions

From the study on hydrogen gas production from the gasification process, which was simulated using Aspen Plus software, three types of biomasses were used: sugarcane bagasse, corn cob, and cassava rhizome. A constant biomass flow rate of 100 kg/h was set, and the effects of various variables on hydrogen gas production were studied. These variables included the gasifier temperature in the range of 600 – 1000 °C and the steam-to-biomass ratio (S/B) in the range of 0.1 – 2.0. And find the optimal conditions for hydrogen gas production for all three types of biomasses. The study results showed that increasing the temperature and the steam-to-biomass ratio (S/B) resulted in an increase in hydrogen gas production. However, excessive increases could lead to a decrease in hydrogen gas production. The optimal conditions for hydrogen gas production using sugarcane bagasse were found to be a temperature of 740 °C and S/B of 0.37, yielding a mole fraction of hydrogen gas of 0.3855, which corresponds to 7.57 kg/h. For corn cobs, the optimal conditions were a temperature of 740 °C and S/B of 0.50, yielding a mole fraction of hydrogen gas of 0.3901, which corresponds to 8.48 kg/h. For cassava rhizome, the optimal conditions were a temperature of 746 °C and an S/B ratio of 0.29, yielding a mole fraction of hydrogen gas of 0.4018, which corresponds to 8.08 kg/h.

#### 5. Acknowledgement

The authors are grateful to the Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University for supporting the Aspen Plus V12.1 program for this research.

#### 6. References

- [1] UAC Global Public Company Limited. Bioenergy/Biomass [Online]. Available: <https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/340/biomass-energy#:~:text=> [Accessed: 16 September 2024]
- [2] Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE). Hydrogen Production: Biomass Gasification [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-biomass-gasification> [Accessed: 17 July 2024]
- [3] C. P. C. Moura, M. A. A. Filho, H. G. D. Villardi, R. M. Cavalcante and A. F. Young. "Process simulation and economic evaluation of an integrated production plant for methanol, acetic acid and DME synthesis via sugarcane bagasse gasification," *Energy Conversion and Management*, 286, 117051, 1-20, April, 2023.
- [4] J. A. M. Aseffe, A. M. González, R. L. Jaén and E. E. S. Lora. "The corn cob gasification-based renewable energy recovery in the life cycle environmental performance of seed-corn supply chain: An Ecuadorian case study," *Renewable Energy*, 163, 1523-1535, January, 2021.
- [5] J. Hongrapipat, V. Siriwongrungson, M. Messner, C. Henrich, S. Gunnarsson, M. Koch, M. Dichand, R. Rauch, S. Pang and H. Hofbauer. "Co-gasification of Cassava Rhizome and Woody Biomass in the 1 MWel Prototype Dual Fluidised Bed Gasifier by Gussing Renewable Energy," in 4th International Conference on Environmental and Energy Engineering (IC3E 2020), Sanya., 2020, 1-12.
- [6] Gasification [Online]. Available: <https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Gasification.html> [Accessed: 18 July 2024]
- [7] T. Bhibhatbhan, P. Phaisalrattananukul and K. Pamakate. "Process Modeling to Produce Hydrogen

from Plastic Waste Gasification through an Aspen Plus,” in Sustainable Industrial Innovation and Management Conference, SIIMC 2023., Bangkok., 2023, 1-8.

[8] S. Y. Salih. “The modeling of petroleum coke gasification using Aspen plus software,” M.S. thesis, Dept. Mechanical Engineering and Energy Processes, Southern Illinois Univ., Carbondale, Illinois, 2015.

[9] Y. Zhang, S. Yao, J. Hu, J. Xia, T. Xie, Z. Zhang and H. Li. “Numerical modeling of biomass gasification using cow dung as feedstock,” Frontier Agricultural Science and Engineering, 10, 3, 458-467, April, 2023.

[10] Y. Cao, Y. Bai and J. Du. “Parametric study on biomass gasification by using air, oxygen-enriched air, air/steam and oxygen-enriched air/steam agents: An ASPEN plus modeling,” International Journal of Hydrogen Energy, 73, 265-273, June, 2024.



## การศึกษาสุขลักษณะอนามัยในโรงงานผลิตอาหารแปรรูปและความปลอดภัยในการทำงาน

กรณีศึกษา โรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร

Study on Sanitary and Safety in Food Processing Factory

Case Study : Food Processing Factory, Nonchok District , Bangkok

สิริรักษ์ ภูริยะพันธ์<sup>1\*</sup>, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล<sup>2</sup>, พัชรดา หวังผล<sup>3</sup>, ณัฐวุฒิ สะอาดเอี่ยม<sup>4</sup>, วรณศิริ ขุนเมือง<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>สาขาวิชาโลจิสติกส์สากลและการจัดการอุตสาหกรรม

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

sirirak@mut.ac.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

natworapol.r@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับอุบัติเหตุและสุขลักษณะอนามัยที่เกิดขึ้นภายในโรงงานผลิตอาหารแปรรูป กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัยและสุขลักษณะอนามัย ป้องกันอุบัติเหตุและมีมาตรฐานสุขลักษณะอนามัย ในโรงงานผลิต อาหารแปรรูป รวมถึงปรับปรุงและจัดทำแนวทางเพิ่มความปลอดภัยและสุขลักษณะอนามัยในการทำงาน โดยทำการ วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลด้วยกับเครื่องมือแผนผังแสดงเหตุและผล(Cause and Effect Diagram) วิเคราะห์ปัญหา ที่เกิดจาก 1. อุปกรณ์ในการทำงาน 2. การแต่งกายในการทำงาน 3. สภาพแวดล้อมในการทำงาน และนำทฤษฎี 5ส และ 3E และมีการจัดทำมาตรฐาน(Standard Operating Procedure : SOP) มาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและ พัฒนาเพื่อมุ่งสู่มาตรฐานโรงงานในอนาคต โดยกำหนดขั้นตอนการทำงานในการปฏิบัติงาน เพื่อให้พนักงานได้มีความรู้ ความเข้าใจ ในหลักการความปลอดภัยในระหว่างปฏิบัติงานให้ถูกต้อง เพื่อลดอุบัติเหตุภายในโรงงาน

**คำสำคัญ :** มาตรฐานสุขลักษณะอนามัย ; แผนผังแสดงเหตุและผล ; ความปลอดภัย ; มาตรฐานชุดคำสั่งหรือแนวทางการ ทำงานที่ถูกกำหนดขึ้นให้เป็นมาตรฐาน ; อุบัติเหตุ

### Abstract

This research has studied and investigated accidents and hygiene that occurred in the food processing factory. The objective of this research is to study factors that affect unsafe operations work and hygiene , prevents accidents and have hygienic standards in process food factory This research includes improving and developing guidelines to increase safety and hygiene in working by analyzing and collecting data with a cause and-effect diagram . There is analyzed problems that caused as the followign : 1. Work equipment 2. Work dress code 3. Work environment .The 5S, 3E principles and setting the Standard Operating Procedures (SOP) have been developed to find solutions of problems and in order to achieve the goal for



factory standards in the future. It has been establishing work procedures in operations so that employees have knowledge and understand in the principle of safety during working and to reduce accidents within the factory.

**Keywords :** hygienic standards ; cause and effect diagram ; safety ; Standard Operating Procedure ; Accident

## 1. บทนำ

ปัจจัยหนุนจากตลาดในประเทศที่เติบโตต่อเนื่องตาม การขยายตัวของชุมชนเมืองและร้านค้าปลีกสมัยใหม่ ที่เน้น การแข่งขันจัดโปรโมชั่น ส่วนลด เพื่อดึงดูดลูกค้าพร้อม นำเสนอเมนูใหม่ที่ผู้ประกอบการพัฒนาสู่ตลาดในรูปแบบที่ หลากหลายมากขึ้น ทางด้านตลาดส่งออกคาดว่าจะ ขยายตัวต่ำในปี พ.ศ.2565 จากภาวะชะลอตัวทาง เศรษฐกิจของประเทศคู่ค้า เช่น สหรัฐฯ และยุโรป แต่จะ เติบโตขึ้นในปี พ.ศ.2566 – พ.ศ.2567 เนื่องจากอาหารที่ ผลิตจากไทยได้รับการยอมรับจากต่างชาติทั้งด้านคุณภาพ รสชาติ และความเข้มงวดด้านการตรวจสอบสินค้าของ ประเทศคู่ค้า อาทิการผลิตภายใต้การควบคุมคุณภาพและ การรับรองตามมาตรฐานต่างๆ อาทิ ระบบ HACCP, GMP, ISO 9001-2000 และ HALAL รวมถึงข้อกำหนดการติด ฉลาก และระบบการตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับไปยังแหล่ง ผลิตวัตถุดิบ ซึ่งอาจเพิ่มค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้านปรับปรุง กระบวนการผลิต (กรุงศรี,2565)

สุขอนามัยที่ดีของพนักงานมีความสำคัญในโรงงาน อุตสาหกรรมอาหารที่ควบคุมให้พนักงานสวมถุงมือล้างมือ ก่อนปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและ พนักงาน โดยแบคทีเรียก่อโรคราอาจพบอยู่บนถุงมือของ ผู้ปฏิบัติงาน การผลิตอาหารตาม ประ กาศ ของ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุล ชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร(มงคล เพ็ญ สายใจ,2566) และโรงงานอุตสาหกรรมอาหารมักมี อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน และความประมาทจากการกระทำของพนักงานทำให้เกิด ความสูญเสียที่ส่งผลต่อตัวบุคคลและทรัพย์สินของบริษัทที่ อาจส่งผลให้การทำงานเกิดความล่าช้ามากกว่าที่จะเป็น ฉะนั้นความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญ

บริษัท ตรีศึกษา เป็นกิจการประเภทค้าส่ง (Wholesale) และค้าปลีก (Retailer) เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เนื้อสัตว์ ที่มีการใช้ระบบการขนส่งสินค้าแบบควบคุม อุณหภูมิให้แก่ลูกค้าเป็นหลัก บริษัทมีการผลิตเนื้อและขาย เนื้อแบบค้าส่ง (Wholesale) และค้าปลีก (Retailer) จัดส่ง ให้แก่ลูกค้า มีจุดกระจายสินค้าหลักที่เขตหนองจอก

กรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่ที่ผลิตสินค้าแปรรูป (ตามกฎหมาย พ.ร.บ. zoning โรงฆ่าสัตว์) โดยที่บริษัท ตรีศึกษา ได้มีการ กระจายสินค้าไปตามหน้าร้านต่างๆด้วย ซึ่งสินค้าที่ผ่าน กรรมวิธีการผลิตแล้วจะถูกจัดเก็บแบบมีการควบคุม อุณหภูมิของสินค้าอยู่ที่ - 0°C ถึง - 4°C ตลอดการจัดเก็บ รวมไปถึงขณะการขนส่งด้วย ในส่วนของโรงงานผลิตสินค้า แปรรูปแช่แข็งได้จัดตั้งอยู่ที่หนองจอก ในขณะที่ห้องที่มี การตัดแต่งเนื้อควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 16 °C ถึง 2°C สร้าง ขึ้นตามมาตรฐานโรงฆ่าสัตว์ ที่ออกโดยกรมปศุสัตว์ แต่มี บางส่วนที่ถูกปรับให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง โรงงานผลิตอาหารแปรรูป ได้รับมาตรฐานการรับรองจาก กรมปศุสัตว์และได้รับมาตรฐานฮาลาล ปัญหาที่พบภายใน โรงงานผลิตอาหารแปรรูป คือ ไม่มีพื้นที่สำหรับฆ่าเชื้อโรค ก่อนจะเข้าไปยังห้องผลิตอาหาร โดยบ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อเดิมที่ ทางโรงงานมีอยู่แล้วแต่ไม่ค่อยได้ใช้งาน ซึ่งความสำคัญของ บ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อ คือ ทำการฆ่าเชื้อโรคและป้องกันเชื้อโรค ที่อาจปนเปื้อนมากับรองเท้า หากไม่มีการฆ่าเชื้อโรคก่อน เข้าไปยังห้องผลิตอาหารอาจทำให้เชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับ รองเท้าเข้าไปปนเปื้อนกับอาหารได้ อุปสรรคในการทำงาน เป็นอุปสรรคที่มีความอันตรายเนื่องจากเป็นอุปสรรคที่มี ความคมและมีความเสี่ยงในการทำงานอาจก่อให้เกิด อุบัติเหตุได้ เช่น มีดที่มีลักษณะในการทำงานที่แตกต่างกัน, เครื่องเลื่อยซิกที่ใช้ในการตัดและเลาะกระดูกวัว หาก อุปกรณ์เหล่านี้มีการใช้งานโดยไม่มีกรความปลอดภัยจะ ทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานแก่พนักงานได้ จากการ สอบถามทราบว่าเคยมีพนักงานเคยได้รับอุบัติเหตุขณะ ปฏิบัติงานเล็กน้อยไม่ถึงขั้นรุนแรง แต่ก็ก็เป็นเหตุให้การ ทำงานหยุดชะงักได้ สภาพแวดล้อมในการทำงานมีการ ทำงานอยู่ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิเป็นส่วนใหญ่ อาจทำให้ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงและเกิดอันตรายจาก ความเย็นได้ และมีการเก็บสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์แบบ Refer ขนาด 20 ฟุต จำนวน 2 ตู้ จะตั้งอยู่บริเวณ หน้า โรงงานผลิตอาหารแปรรูป ซึ่งจะใช้ในการจัดเก็บสินค้า ก่อนที่จะจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าและกระจายตามหน้าร้าน ต่างๆ โดยตู้คอนเทนเนอร์จะมีการควบคุมอุณหภูมิ -0 °C

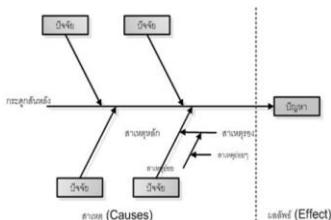
ถึง  $-4^{\circ}\text{C}$  จากการสอบถามทราบว่าเคยมีอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับพนักงานโดยพนักงานได้เข้าไปทำการเก็บสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์และเกิดโดนน้ำยาแอร์ที่มีสารเคมีเป็นส่วนประกอบหยดใส่โดนผิวหนัง ทำให้พนักงานเกิดอาการแพ้ จึงถูกส่งตัวไปพบแพทย์จึงเป็นเหตุให้ต้องหยุดงานประมาณ 1 เดือน เนื่องจากมีอาการติดเชื้อจากการแพ้สารเคมี

จากปัญหาข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงความปลอดภัยในการทำงานในท้องควบคุมอุณหภูมิ ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานของโรงงานผลิตอาหารแปรรูปเพื่อความปลอดภัยของพนักงานขณะปฏิบัติงาน และศึกษามาตรฐานสุขลักษณะอนามัย ทำการปรับปรุงและจัดทำแนวทางเพื่อความปลอดภัยและสุขลักษณะอนามัยในการทำงาน เพื่อพัฒนาและมุ่งสู่มาตรฐานโรงงานในอนาคต รวมถึงให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจในหลักการความปลอดภัย และลดอุบัติเหตุภายในโรงงาน

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แผนผังแสดงเหตุและผล

แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นสิ่งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) แผนผังแสดงเหตุและผลประกอบด้วย ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ และส่วนสาเหตุซึ่งสามารถย่อยออกเป็น สาเหตุหลักและสาเหตุย่อย



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงเหตุและผล

หมายเหตุจาก

<http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbone mm.htm>

### 2.2 หลักการ 5ส

หลักการ 5 ส เป็นกระบวนการที่มีแนวปฏิบัติที่สามารถนำมาใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไขงานและสถานที่ปฏิบัติงานให้ดีขึ้น เป็นปัจจัยพื้นฐานในการจัดการด้านคุณภาพ ที่จะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีในการทำงานที่ก่อให้เกิดบรรยากาศที่น่าทำงาน เกิดความสะอาดเรียบร้อยในสถานที่ทำงาน ถูกสุขลักษณะ ทำให้พนักงานสามารถใช้ศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มความสามารถ และสร้างทัศนคติที่ดีของพนักงานในหน่วยงาน หลักการ 5 ประกอบด้วย

1. สะสาง คือ การจัดแยกแยะระหว่างสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานกับสิ่งของที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานออกจากกันอย่างชัดเจน ทำการจัดของที่ไม่จำเป็นต้องใช้ทิ้งไป

2. สะดวก คือ การจัดสิ่งของที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานให้เป็นระเบียบ สะดวก สามารถหยิบใช้งานได้ง่ายทันที

3. สะอาด คือ การทำความสะอาดสถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ในที่ทำงานให้สะอาดอยู่เสมอ

4. สุขลักษณะ คือ การรักษาและปฏิบัติ สะสาง สะดวก สะอาด ให้ดีและมีมาตรฐาน

5. สร้างนิสัย คือ การฝึกฝนให้ทุกคนปฏิบัติอย่างถูกต้อง และสร้างนิสัยในการปฏิบัติงานตามวินัย

### 2.3 หลักการ 3E

1. Engineering (วิศวกรรมศาสตร์)

2. Education (การศึกษา)

3. Enforcement (การออกกฎข้อบังคับ)

E ตัวแรกคือ Engineering (วิศวกรรมศาสตร์) คือการใช้ความรู้ทางวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์ในการคำนวณ และออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ สภาพแวดล้อม และสถานที่ปฏิบัติงานให้เกิดความปลอดภัย

E ตัวที่สองคือ Education (การศึกษา) คือการให้การศึกษา หรือการฝึกอบรมและแนะนำคนงาน หัวหน้างาน ตลอดจน

ผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงาน ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุและการเสริมสร้างความปลอดภัยในสถานที่ปฏิบัติงาน

E ตัวสุดท้าย คือ Enforcement (การออกกฎข้อบังคับ) การกำหนดวิธีการทำงานอย่างปลอดภัยและมาตรการควบคุมให้คนงานปฏิบัติตาม เป็นระบบระเบียบปฏิบัติที่ต้องประกาศให้ทราบทั่วกัน

2.4 การใช้สารทำความสะอาดและสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสม  
บ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรค

การใช้สารทำความสะอาดและสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสม บ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรค เพื่อป้องกันเชื้อโรคที่ติดมากับคน สัตว์ สิ่งของ เชื้อโรคสามารถติดมากับเสื้อผ้า รองเท้า เครื่องมือ เครื่องใช้ และยานพาหนะ ทางสถานประกอบการควร จัดเตรียมสารทำความสะอาด สารฆ่าเชื้อ และบ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรค โดยสำรวจและวิเคราะห์สุขลักษณะอนามัยที่เหมาะสม เช่นการแบ่งแยกครัว/เขต ฟาร์ม อ่างจุ่มเท้าฆ่าเชื้อ ก่อนเข้าโรงงาน มีการจัดเตรียมรองเท้าบูทใช้เฉพาะพื้นที่ โรงงาน จัดเตรียมปริมาณน้ำยาฆ่าเชื้อไว้ให้เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน และมีมาตรการป้องกันบุคคลอื่นเข้า-ออกภายใน โรงงาน น้ำยาฆ่าเชื้อ ที่แนะนำให้ใช้ คือ กลุ่ม Glutaraldehyde + QAC

2.5 มาตรการความปลอดภัยในห้องเย็น(Cold Room Safety Measures)

ห้องเย็นถือเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการอำนวยความสะดวกทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ไปจนถึงทางด้านการแพทย์ เช่น ร้านอาหาร ร้านขายของชำ และห้องปฏิบัติการ แต่เนื่องจากห้องเย็นมีความชื้นสูง และอุณหภูมิเย็นจัด เกินกว่าร่างกายมนุษย์จะรับได้เป็นเวลานาน ดังนั้นการทำงานของพนักงานในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศเย็นเป็นเวลา 8 ชั่วโมงขึ้นไปในพื้นที่ปิด จึงอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน สุขลักษณะ และความปลอดภัย และสุขภาพของพนักงาน

2.6 มาตรฐานขั้นการปฏิบัติงาน(Standard Operating Procedure: SOP)

Standard Operating Procedure (SOP)คือชุดคำสั่งหรือแนวทางในการทำงานที่ถูกกำหนดขึ้นให้เป็นมาตรฐานในกระบวนการต่างๆขององค์กร เพื่อให้ทุกคนในองค์กรมีมาตรฐานในการทำงานร่วมกัน มีการจัดทำเอกสารที่แนะนำวิธีการปฏิบัติงานต่างๆที่จำเป็นประจำเพื่อให้มีการปฏิบัติอย่างถูกต้อง โดย Standard Operating Procedure (SOP) จะต้องระบุวิธีการปฏิบัติงานให้เป็นขั้นตอน(Step-by-step) โดยละเอียดซึ่งผู้ปฏิบัติงานนั้นๆ ได้ผลออกมาอย่างน่าเชื่อถือ (Reliably) และมีความสม่ำเสมอ (Consistently) ไม่ว่าจะเป็นการปฏิบัติงานโดยผู้ใด

### 3. วิธีการดำเนินงาน

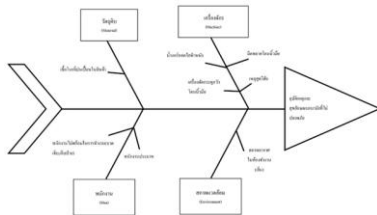
การศึกษาวิจัยเรื่อง ศึกษาสุขลักษณะอนามัย โรงงานผลิตอาหารแปรรูปและความปลอดภัยในการทำงาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอกมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานที่ไม่ปลอดภัยและเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในการทำงาน โดยดำเนินงาน 4 ส่วนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานผลิตอาหารแปรรูป บริษัทกรณีศึกษาโดยศึกษาการดำเนินธุรกิจ ขั้นตอนการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน
2. รวบรวมข้อมูลการทำงานที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานและสุขลักษณะอนามัยที่ไม่ปลอดภัย ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ หัวหน้างานและพนักงานผู้ปฏิบัติงาน โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น การสำรวจสภาพพื้นที่ วิธีการทำงาน ความเสี่ยงในการทำงาน และการดำเนินงานด้านสุขลักษณะอนามัยในปัจจุบัน นำมาสู่การระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการ
3. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำงานและสุขลักษณะอนามัยที่ไม่เหมาะสม ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุและสุขลักษณะอนามัยที่ไม่เหมาะสมโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล
4. การดำเนินการแก้ไขและหาแนวทางการเพิ่มความปลอดภัยและมาตรฐานสุขลักษณะอนามัย ดำเนินการแก้ไขโดยใช้หลักการ 3 E หลักการ 5 ส และการจัดทำ

มาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedure: SOP)

#### 4. ผลของการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหา โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงเหตุและผลสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ และสุขลักษณะอนามัยที่ไม่ถูกสุขลักษณะ หมายเหตุ. จากคณะผู้วิจัย

4.2 การปรับปรุงปัญหาความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ในการผลิต



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ในการทำงานผลิตก่อนการปรับปรุง หมายเหตุ. จากโรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กทม.  
อุปกรณ์ในการทำงานส่วนมากจะเป็นอุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงอันตรายจากของมีคม อุปกรณ์ที่ใช้เป็นประจำจะเป็นมีดที่ใช้ในการแล่เนื้อ และใช้ในการเลาะกระดูกวู หรือใช้ในการตัดแต่งเนื้อวัว หากพนักงานทำงานโดยขาดความระมัดระวัง ก็อาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุในขณะการทำงานได้ ซึ่งผลที่ตามมาอาจจะทำให้การทำงานเกิดความล่าช้า อีกทั้งหากอุปกรณ์เหล่านี้ไม่ได้รับการดูแลรักษาความสะอาดอย่างถูกต้อง ก็อาจจะทำให้สิ่งสกปรกเข้าไปปนเปื้อนอยู่ในอาหารได้  
แนวทางการแก้ไข

นำเอาหลักการ 5ส โดยใช้ ส สะอาด และ ส สุขลักษณะ และ สร้างมาตรฐาน มาใช้ในเรื่องของความสะอาดของอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน โดย ส.

สะอาด จะแก้ไขปัญหาในเรื่องการทำความสะอาดของอุปกรณ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสิ่งสกปรกหรือเชื้อโรคที่ติดจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานปนเปื้อนในสินค้า และใช้ ส. สุขลักษณะมากำหนดสุขลักษณะอนามัยและ ส. สร้างมาตรฐาน คือ การสร้างมาตรฐานให้พนักงานปฏิบัติตามข้อบังคับในเรื่องของความปลอดภัย ทางผู้วิจัยจะนำหลักการ 3E มาใช้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและเสริมความปลอดภัยโดยใช้ E ตัวที่ 2 Education มาใช้ในการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์และความปลอดภัยในการทำงานเพื่อให้พนักงานมีความระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์ในการทำงาน

4.3 การปรับปรุงปัญหาบ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรคที่ทางเข้าไปยังห้องผลิตสินค้าที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน



ภาพที่ 4 บ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรคก่อนการแก้ไข

หมายเหตุ. จากโรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กทม.  
บ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรคมักตั้งอยู่ที่บริเวณทางเข้าไปยังห้องผลิตสินค้า อยู่ที่ทางเข้าบันไดก่อนเข้าไปข้างใน ซึ่งเดิมที่บ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรคนี้นี้มีอยู่แล้วแต่ยังไม่ได้มีการใช้งานอย่างเป็นประจำซึ่งประโยชน์ของบ่อจุ่มเท้าฆ่าเชื้อโรคนี้นี้คือ ป้องกันเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับรองเท้า หากไม่มีการฆ่าเชื้อโรคก่อนเข้าไปยังห้องผลิตสินค้า อาจทำให้มีเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับรองเท้าเข้าไปปนเปื้อนกับอาหารได้  
แนวทางการแก้ไข

นำเอาหลักการ 5ส โดยใช้ ส. สะอาด และ ส. สุขลักษณะ มาแก้ไขปัญหาในด้านของความสะอาด เพื่อป้องกันฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนไปกับรองเท้าที่จะใส่เข้าไปในห้องปฏิบัติงาน ในบ่อฆ่าเชื้อโรคจะต้องมีน้ำยาฆ่าเชื้อในปริมาณที่เหมาะสมและควรเปลี่ยนถ่ายอย่างสม่ำเสมอรวมทั้งรักษาระดับให้เหมาะสมในการฆ่าเชื้อโรค น้ำยาฆ่า

เชื้อที่แนะนำให้ใช้ คือกลุ่ม Glutaraldehyde + QAC และ  
Glutaraldehyde

4.4 การปรับปรุงการแต่งกายในการทำงานห้องผลิตสินค้า  
เพื่อสุขลักษณะอนามัย และ ห้องควบคุมที่ใช้จัดเก็บสินค้า  
เพื่อป้องกันสารเคมีรั่วไหล



ภาพที่ 5 การแต่งกายในการปฏิบัติงานใน  
ห้องผลิตสินค้าก่อนการแก้ไข

หมายเหตุจากโรงงานผลิตอาหารแปรรูป เขตหนองจอก กทม.

การแต่งกายในห้องผลิตสินค้า พนักงานจะมีการแต่ง  
กายแบบสวมเสื้อแขนยาวและกางเกงขายาวแบบธรรมดา  
สวมรองเท้าสวมแบบปกติ และสวมหมวกและถุงมือขณะ  
ทำงาน ซึ่งการแต่งกายแบบเดิมยังไม่ค่อยมีความปลอดภัย  
ในการทำงาน พนักงานในขณะเข้าปฏิบัติงานในห้อง  
จัดเก็บสินค้าควบคุมความเย็นไม่ได้แต่งกายให้เหมาะสม  
หรือสวมชุดป้องกันสารเคมีทำให้เมื่อโดนสารเคมีที่รั่วไหล  
จากน้ำยาแอร์อาจทำให้เกิดอาการแพ้ได้ พนักงานบางคน  
แพ้หนักจนต้องเข้าโรงพยาบาลจึงต้องหยุดงาน ส่งผลให้  
การทำงานต้องหยุดชะงักหรือล่าช้าได้

แนวทางการแก้ไข

ทฤษฎี 3E มาใช้คือ Enforcement โดยออก  
กฎระเบียบการแต่งกายที่ถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยของ  
พนักงาน



ภาพที่ 6 การแต่งกายที่เหมาะสมการทำงานในโรงผลิตอาหาร  
หมายเหตุจาก <https://www.pj-garment.co.th/food-factory-uniform>



ภาพที่ 7 หมวกอุตสาหกรรมอาหาร  
หมายเหตุจาก <https://www.punwarin.com/product>



ภาพที่ 8 รองเท้าบูทเซฟตี้ใช้อุตสาหกรรมอาหาร  
หมายเหตุจาก <https://pchemandtext.yellowpages.co.th>



ภาพที่ 9 ถุงมือกันความเย็น กันบาด กันน้ำมัน

หมายเหตุ.จาก<https://www.supersafetythailand.com>

#### 4.6 การจัดทำมาตรฐาน SOP ให้โรงงานกรณีศึกษา

ทางผู้วิจัยได้จัดทำมาตรฐาน ชุดคำสั่งหรือแนวทางการทำงานที่ถูกกำหนดขึ้นให้เป็นมาตรฐานในกระบวนการ Standard Operating Procedure (SOP) ให้กับทางโรงงาน เพื่อให้โรงงานมีกระบวนการทำงานที่เป็นระเบียบและมีมาตรฐาน ลดการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและลดความผิดพลาด

WORK INSTRUCTION		DOC No.	PAGE
ชื่อ : ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์			
วัตถุประสงค์: เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน			
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่

ภาพที่ 10 SOP ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ในการทำงาน  
หมายเหตุ.จากคณะผู้วิจัย

WORK INSTRUCTION		DOC No.	PAGE
ชื่อ : ความปลอดภัยในห้องควบคุมอุณหภูมิ			
วัตถุประสงค์: เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน			
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่
ชื่อ	ชื่อผู้เขียน	ตำแหน่ง	วันที่

ภาพที่ 11 SOP ความปลอดภัยในห้องควบคุมอุณหภูมิ  
หมายเหตุ.จากคณะผู้วิจัย

#### 4.7 แนวทางมาตรฐานในการทำงานโรงงานเพื่อความปลอดภัยและสุขลักษณะอนามัย

1. พนักงานควรตรวจสอบอุปกรณ์ทุกครั้งก่อนใช้งานและหลังใช้งาน
2. พนักงานควรสวมใส่ชุดป้องกันอุณหภูมิและสารเคมีก่อนเข้าห้องควบคุมอุณหภูมิ
3. ควรมีการฝึกอบรมพนักงานในการใช้อุปกรณ์
4. มีการตรวจสอบสภาพประจำปี ให้กับพนักงานเนื่องจากพนักงานทำงานที่มีอากาศเย็นและเสี่ยงต่อการโดนสารเคมี
5. การใช้มีดในการปฏิบัติงานของพนักงานควรใส่ถุงมือกันมีดบาด
6. ควรมีข้อฆ่าเชื้อโรคก่อนเข้าห้องผลิตสินค้า และมีการใช้งานอย่างเป็นประจำ

จากการปรับปรุงวิธีการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน และจัดทำมาตรฐานในการทำงานทำให้สถานประกอบการมีสุขลักษณะอนามัยที่ดีในการทำงานมีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี และลดจำนวนอุบัติเหตุในการทำงาน ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้จัดทำแนวทางมาตรฐานในการทำงานโรงงานเพื่อความปลอดภัยให้กับสถานประกอบการ หลังจากดำเนินการปรับปรุงพบว่า ทางสถานประกอบการเกิดความพึงพอใจ และพนักงานรู้สึกมีความสุขในการทำงานและมั่นใจในมาตรฐานการทำงานที่ทางสถานประกอบการได้ปรับปรุง และมีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสมทำให้พนักงานมีความพึงพอใจ ทั้งนี้ทางสถานประกอบการและทางคณะผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุหลังการปรับปรุง และทำการประเมินผลอีกครั้ง รวมถึงจะทำการตรวจสอบและดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

#### 5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัยและสุขลักษณะอนามัยไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นเกิดจากอุปกรณ์ในการทำงาน การแต่งกายของพนักงานในการปฏิบัติงานและจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน ที่



ไม่เหมาะสม โดยทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล ใช้หลักการ 5ส และหลักการ3E มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อป้องกันและลดอุบัติเหตุและมีมาตรฐานสุขลักษณะอนามัยที่ดีในโรงงานผลิตอาหาร โดยเสนอแนวทางในการป้องกันอุบัติเหตุขณะปฏิบัติงานและมีมาตรฐานสุขลักษณะอนามัย เช่น เสนอให้มีการแต่งกายที่เหมาะสมตามมาตรฐานโรงงานผลิตอาหาร แนะนำให้มีการทำความสะอาดร่างกายพนักงานก่อนเข้าสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน และจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ถูกสุขลักษณะ จัดเตรียมอุปกรณ์การทำงานที่เหมาะสม มีอุปกรณ์การป้องกันภัยส่วนบุคคลและมีการจัดทำแนวทางเพิ่มความปลอดภัยและสุขลักษณะอนามัยในการทำงานให้กับบริษัทกรณีศึกษา ทั้งนี้มีการจัดทำStandard Operating Procedure (SOP) ซึ่งเป็นชุดคำสั่งหรือแนวทางการทำงานที่ถูกกำหนดขึ้นให้เป็นมาตรฐานในกระบวนการให้กับทางโรงงานกรณีศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการมุ่งสู่มาตรฐานในอนาคต หลังการปรับปรุงทำให้สถานประกอบการลดจำนวนอุบัติเหตุและมีสุขลักษณะอนามัยที่ดีในการทำงาน ทางผู้วิจัยได้หวังว่าผู้ประกอบการจะนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไปในอนาคต และเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ หรือสถานประกอบการอื่นที่ประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมอาหาร หรือมุ่งหวังเพื่อลดจำนวนอุบัติเหตุและมีสุขลักษณะอนามัยที่ดีในการทำงาน

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรุงศรี, แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2565-2567: อุตสาหกรรมอาหารพร้อมทาน, ข้อมูลจากแนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2565-2567 อุตสาหกรรมอาหารพร้อมทาน krungsri.com, (วันที่สืบค้นข้อมูล 6 ธันวาคม 2566)
- [2] กนกพร เจริญพันธ์ จุฑามาต เจียมสาธิต และวรรกร วิชัยโย, ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมด้านความปลอดภัยของพนักงานบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดกาฬสินธุ์, วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน., ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. 2566
- [3] คู่มือการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน (SOP), ข้อมูลจาก [https://alro.go.th/uploads/org/central\\_admin/do](https://alro.go.th/uploads/org/central_admin/do) wnload/article/article\_20160528152922.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 31 ธันวาคม 2566)
- [4] ชุต ค ลีน รุม Cleanroom Apparl, ข้อมูลจาก <http://www.speshop.com/category/22/cleanroom-protectionsafety-equipment-อุปกรณ์สวมใส่คลีนรูมและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/cleanroom-apparel-ชุดคลีนรูม> (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มกราคม 2567)
- [5] ณิชพร ฉายประเสริฐ และคณะ, ความปลอดภัยในการทำงาน บรรยากาศการทำงาน และความสมดุลของชีวิตกับการทำงานของพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร จังหวัดปทุมธานี, มหาวิทยาลัยเกริก, วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ., ปีที่ 7 ฉบับที่ 8 ส.ค. 2565
- [6] ตฤณ ทิพย์สุทธิ กัลยา มั่นล้วน และทรงกรกฎ ศฤงคาร, การป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงานสำหรับพนักงานทั่วไป Occupational Injury Protectionfor Employees”. อาจารย์คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวฉีฉยเฉลิมพระเกียรติ บริษัทบางกอกไฟลท์เซอร์วิสเชส, วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม., ปีที่ 5 ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. 2564
- [7] ถู่มือไนด์ร – ทำไม่จึงเหมาะที่ใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็น, ข้อมูลจากจาก <https://www.siamglove.com//ถู่มือ/ถู่มือไนด์ร-ห้องเย็น.html> (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 มกราคม 2567)
- [8] ปาณิศา สุทธิศักดิ์ และคนอื่นๆ, การศึกษาการปรับปรุงมาตรการความปลอดภัยของพนักงานด้วยวิธีการ 3E และมาตรฐาน GMP กรณีศึกษา บริษัท ชายสี่บะหมี่เกี้ยวจำกัด, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, วารสารวิจัยวิชาการ., ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มี.ค 2564
- [9] พรชัย สิทธิศรีธัญกุล และสมเกียรติ ศิริรัตนพฤกษ์, การศึกษาหาแนวทางตรวจสอบสภาพที่เหมาะสมแก่ลูกจ้างในสถานประกอบการ 5 ประเภท ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ข้อมูลจากจาก <http://nlrc.mol.go.th/research/FGXJyN8.pdf>, (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 ธันวาคม 2566)

[10] ภรณ์ยุ บุญริ้ว และจิตติมา ไชยะกุล, อิทธิพลของวัฒนธรรมองค์การ การจัดการความรู้ ที่ส่งผลต่อผล การปฏิบัติงานของพนักงานระดับปฏิบัติการอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง,วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี., ปีที่ 15ฉบับที่ 1 ม.ค.-มิ.ย. 2564

[11] มณีรัตน์ สวมม่วง พัทธนิษฐ์ คำธาร และอารีย์ จอแย, ความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานบริษัทแปรรูปอาหารแห่งหนึ่ง ในเขตอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย,วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. สุวรรณภูมิ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 ก.ค.-ธ.ค. 2565

[12] มงคล เพ็ญสายใจ อีธรรม วสุรัตน์ และรณกร ทองเฉลิม, ประสิทธิภาพการล้างมือขณะใส่ถุงมือในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง Effectiveness of HandWashing While Wearing Glovesin Frozen Food Plant, วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, ปีที่ 32 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มิ.ย. 2566

[13] ยุพาวรรณ อารีช่วย และอภิชาติ แจ็งบำรุง, โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง Analysis and Design of Ventilation System in Refrigerating Machinery Room Case Study Frozen Food Factory, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58.

[14] รัชณี นวลศิริ พัทธศรีณา จุลอักษร และภุชงค์ กาญจนรังคศิริ, การจัดทำคู่มือความ และป้องกันอุบัติเหตุ บริษัท บริการให้เช่ารถแบคโฮ เขต คันทายาว กรุงเทพมหานคร, ปรินิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2562.

[15] รองเท้าเซฟตี้แบบไหนที่เหมาะสมกับการทำงานในอุตสาหกรรมอาหาร, ข้อมูลจาก <https://safetyjogger.co.th/blog/safety-shoes-in-the-food-industry> (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 มกราคม 2566)

[16] วงศกร พงษ์ชีพ, การปรับปรุงลดปริมาณใบขอซื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดซื้อ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร, การค้นคว้าอิสระเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2561.

[17] วงศธร ศรอากาศ โฆสิต ทองเปรม และพัทธดนย์ อุทัยพันธ์, การลดความเสี่ยงในการทำงานเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการผลิต: กรณีศึกษา โรงกลึงผลิตโมลด์ จักหวัดสมุทรปราการ, ปรินิพนธ์นี้ สาขาการจัดการโลจิสติกส์และการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2564.

[18] ศูนย์ความปลอดภัยแรงงานพื้นที่ 2 การปฐมพยาบาลเมื่อได้รับอันตรายจากสารเคมี, ข้อมูลจาก [https://osh12.labour.go.th/attachments/article/89/Copy\\_of2.pdf](https://osh12.labour.go.th/attachments/article/89/Copy_of2.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 23 ธันวาคม 2566)

การรีโทรฟิตเครื่องเจียรระโนกลมควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ SUPERTEC  
รุ่น G20P-50CNC กรณีศึกษา บริษัท เอเบิลอินโน จำกัด  
Retrofit of computer numerical control cylindrical grinding machine  
brand SUPERTEC Model G20P-50CNC of AbleInno Co., Ltd.

ดัสกร เช่นรัมย์<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2</sup>, ขานนท์ มุลวรรณ<sup>3</sup>, วีระญา กรทิพย์<sup>3</sup>

<sup>1</sup> โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต  
[dadsakorn2016@gmail.com](mailto:dadsakorn2016@gmail.com)

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>3</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรีโทรฟิตเครื่องเจียรระโนกลมยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถกลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม การรีโทรฟิตนี้ครอบคลุม 6 ระบบสำคัญ ได้แก่ ระบบไฟฟ้า-ควบคุม ระบบทางกล-ส่งกำลัง ระบบหล่อลื่น ระบบนิวเมติกส์ ระบบหล่อเย็น และโครงสร้างเครื่องจักร โดยทำการทดสอบหลังการรีโทรฟิตด้วยชิ้นงานเหล็กกล้าเกรด SKD61 จำนวน 5 ชิ้น ตามมาตรฐาน DIN 4766-1 ผลจากการดำเนินงานทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 40 เป็นร้อยละ 85 พบว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ยอยู่ที่ Ra 0.162 ไมโครเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย +0.0048 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการรีโทรฟิตครั้งนี้รวมทั้งสิ้น 543,704 บาท ซึ่งต่ำกว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่ที่มีราคาประมาณ 4,055,642 บาท ทำให้สามารถลดต้นทุนได้ถึง 3,511,938 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 86.5 ของต้นทุนการจัดหาเครื่องใหม่ สรุปได้ว่าเครื่องเจียรระโนกลมที่ผ่านการรีโทรฟิตสามารถกลับมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ

**คำสำคัญ :** การรีโทรฟิต; เครื่องเจียรระโนกลม; ควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์; เพิ่มมูลค่า

#### Abstract

This project aims to retrofit the SUPERTEC G20P-50CNC cylindrical grinding machine to improve and enhance its efficiency, making it operable within industrial production processes effectively. The retrofit covers six key systems: electrical - control systems, mechanical - power transmission systems, lubrication system, pneumatic system, cooling system, and machine structure. Post-retrofit testing, conducted with five SKD61 tool steel workpieces in accordance with DIN 4766-1 standards, showed that the machine's efficiency increased from 40% to 85%. The average surface roughness was Ra 0.162  $\mu\text{m}$ , and the average diameter deviation was +0.0048 mm, both of which met the specified standards. The total retrofit cost amounted to 543,704 THB, significantly lower than the estimated cost of a new machine at approximately 4,055,642 THB. This resulted in a cost saving of 3,511,938 THB, or around 86.5% of the cost of acquiring a new machine. In conclusion, the retrofitted cylindrical grinding machine meets industrial standards and demonstrates high efficiency and significant economic value, allowing it to be fully utilized in production.

**Keywords :** Retrofit; Cylindrical Grinding Machine; Computer Numerical Control (CNC); Value Enhancement

## 1. บทนำ (Introduction)

โรงงานอุตสาหกรรมได้นำเครื่องจักรกลเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดเวลาในการผลิต และเพิ่มปริมาณการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เมื่อเครื่องจักรกลถูกใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่ง ย่อมเกิดการชำรุดเสียหายจนไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุดจำเป็นต้องมีการซ่อมแซมซึ่งเรียกว่าการรีโทรฟิต (Retrofit) จากการสำรวจของสมาคมเครื่องจักรกลไทย พบว่ามีเครื่องจักรชำรุดประมาณ 80,000 เครื่องในประเทศไทย โดยสามารถรีโทรฟิตได้ประมาณ 40,000 เครื่อง ส่วนที่เหลือจำเป็นต้องหลอมเป็นเหล็กเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ [10] บริษัทฯ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้ก่อตั้งขึ้นเพื่อให้บริการสนับสนุนลูกค้าในกลุ่มอุตสาหกรรม โดยมุ่งเน้นการให้บริการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องจักรกลที่ชำรุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และสามารถสนับสนุนลูกค้าที่ต้องการเพิ่มกำลังการผลิตหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ยังช่วยลดต้นทุนในการลงทุนซื้อเครื่องจักรใหม่ในปัจจุบัน บริษัทฯ ได้นำเข้าเครื่องเจียระไนกลม ยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC จากอุตสาหกรรมการผลิตที่เกิดการชำรุดมาทำการรีโทรฟิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรให้กลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องจักรใหม่มากที่สุด ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องเจียระไนกลมยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC ก่อนการรีโทรฟิต

จากการตรวจสอบการทำงานของเครื่องเจียระไนกลมยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC พบว่าเครื่องจักรมีความเสียหายทั้งภายในและภายนอก ส่งผลให้เกิดความชำรุดในหลายส่วนหลัก ได้แก่ ระบบไฟฟ้า - ควบคุม ระบบทางกล - ส่งกำลัง ระบบหล่อลื่น ระบบนิวเมติกส์ ระบบหล่อเย็น และโครงสร้างของเครื่องจักร ความเสียหายเหล่านี้ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถดำเนินการเจียระไนชิ้นงานได้ตามที่กำหนด ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการเจียระไน ซึ่งไม่สามารถบรรลุคุณภาพตามเป้าหมายที่วางไว้ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบสถานะโดยรวมของเครื่องเจียระไนกลมในแต่ละด้านก่อนรีโทรฟิต

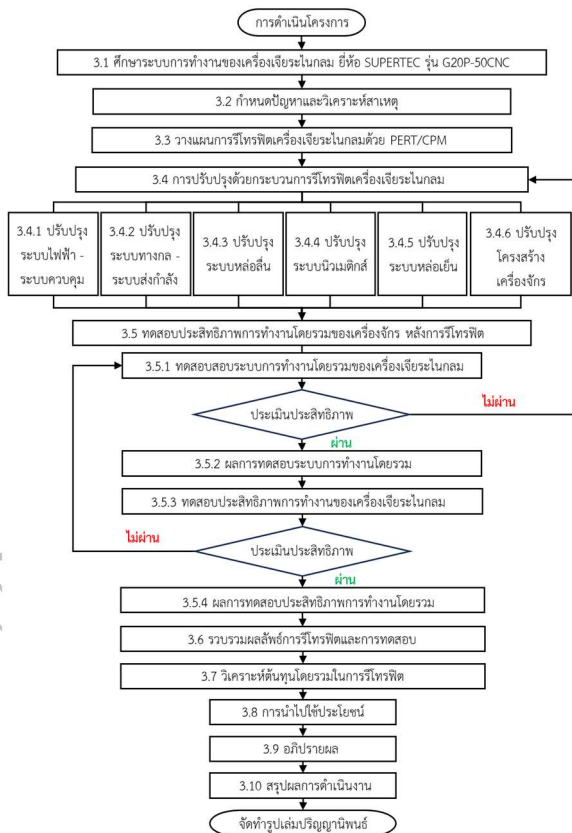
ลำดับ	ระบบการทำงาน	ผลการตรวจสอบ
1	ระบบไฟฟ้า-ระบบควบคุม	ชำรุด
2	ระบบทางกล-ระบบส่งกำลัง	ชำรุด
3	ระบบหล่อลื่น	ชำรุด
4	ระบบนิวเมติกส์	ชำรุด
5	ระบบหล่อเย็น	ชำรุด
6	โครงสร้างของเครื่องจักร	สภาพดี
ผลสถานะโดยรวม		ใช้งานไม่ได้

การรีโทรฟิตเครื่องเจียระไนกลมยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC ยังคงขาดการวางแผนขั้นตอนที่เป็นระบบและครอบคลุมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักรก่อนและหลังการรีโทรฟิต ส่งผลให้ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบข้อมูลหลังการรีโทรฟิตได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างแม่นยำ การนำเทคนิค Program Evaluation and Review Technique (PERT) และ Critical Path Method (CPM) มาใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนขั้นตอนการทำงาน [16] จะช่วยลดระยะเวลาในการรีโทรฟิตหรือการเปลี่ยนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็น นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพประกอบด้วยใบตรวจสอบแผนภูมิพาเรโต และกราฟ [6] ในการจัดเรียงลำดับและวางแผนการรีโทรฟิต โดยใช้หลักการซ่อมบำรุงหลังเหตุขัดข้องจะช่วยวัดผลการทำงานของระบบในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเจียระไนกลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปรับปรุงระบบไฟฟ้า - ระบบควบคุม ระบบทางกล - ระบบส่งกำลัง ระบบหล่อลื่น ระบบนิวเมติกส์ ระบบหล่อเย็น และโครงสร้างเครื่องจักร [4,5] รวมถึงการจัดทำชิ้นส่วนใหม่ทดแทนชิ้นส่วนเดิมที่สูญหายหรือชำรุด จะทำให้เครื่องเจียระไนกลมมีสภาพใกล้เคียงกับเครื่องจักรใหม่มากที่สุด [1,15] การตรวจสอบและทดสอบสภาพการทำงานของเครื่องหลังการรีโทรฟิต จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถเจียระไนชิ้นงานตามค่าความเที่ยงตรงและค่าความหยาบผิวที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) [8,11] ซึ่งจะสร้างความเชื่อมั่นและความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้า นอกจากนี้ การเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานและคุณภาพที่ยอมรับได้ รวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนรวมก่อนและหลังการรีโทรฟิต จะช่วยประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน [7,13] การจัดทำคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องจักร จะช่วยให้การใช้งานเครื่องจักรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงต่อการชำรุดและอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องจักร

โครงการนี้มีเป้าหมายในการประยุกต์ใช้เทคนิคการวางแผน PERT/CPM และวิศวกรรมย้อนรอย [14] เพื่อดำเนินการรีโทรฟิตเครื่องเจียระไนกลมยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC ให้กลับมามีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานอีกครั้ง โดยเทคนิคการวางแผน PERT/CPM จะช่วยในการจัดลำดับกิจกรรมต่างๆ [16] พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกิจกรรม เพื่อให้โครงการดำเนินไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ วิศวกรรมย้อนรอยจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงชิ้นส่วนและระบบต่างๆ ของเครื่องจักร [3] เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรที่ผ่านการรีโทรฟิตแล้วจะสามารถทำงานได้ตามที่คาดหวัง และผ่านเกณฑ์การทดสอบการปฏิบัติงาน หลังจากการรีโทรฟิตเครื่องจักรจะสามารถทำงานได้ในระดับที่ใกล้เคียงกับเครื่องจักรใหม่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการผลิต และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในระยะยาว [7] นอกจากนี้ ยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กร

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 2 แผนการดำเนินโครงการ

## 2.1 การศึกษาระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนกลม

การวิเคราะห์ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนกลมยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและจำเป็นต้องมีความเข้าใจในด้านเทคนิคต่างๆ ของเครื่องจักร วัตถุประสงค์ของการเจียระไนกลมคือการขจัดวัสดุออกจากพื้นผิวของชิ้นงานที่มีรูปทรงระบอบอก เพื่อให้ได้ขนาดที่แม่นยำและความเรียบผิวที่ดี

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะของซีรี่ย์เครื่อง [9]

คำอธิบาย	หน่วย	ค่าทางเทคนิค
ความจุทั่วไป	เส้นผ่านศูนย์กลางการเจียรสูงสุด	mm 200
	ความยาวการเจียรสูงสุด	mm 500
	ระยะห่างระหว่างศูนย์	mm 110
ล้อหินเจียระไน	น้ำหนักสูงสุดที่รองรับระหว่างศูนย์	kg 20
	ขนาดล้อหินเจียระไน (เส้นผ่านศูนย์กลาง × ความกว้าง × รู)	mm Ø355×25-50×Ø127
	ความเร็วรอบของล้อหินเจียระไน	rpm 1620
	ความเร็วเส้นรอบวงสูงสุด	m/sec 30
หัวจับล้อเจียระไน	มุมการเลื่อน	mm 90
	การเคลื่อนที่เร็วอัตโนมัติ	m/min 10
	การป้อนเข้าอย่างละเอียดน้อยที่สุด	mm 0.001
	ระยะการป้อนเข้า	mm 50-350
หัวจับชิ้นงาน	ความเร็วรอบของสปีด	rpm 150
	ขนาดเทเปอร์ของศูนย์	MT NO.3
ยื่นศูนย์ท้าย	ระยะการเคลื่อนที่ของปลายหัวล้อ	mm 25
	ขนาดเทเปอร์ของศูนย์	MT NO.3
โต๊ะงาน	มุมการหมุน (ซ้ายและขวา)	deg 0-7
	ความเร็วการเคลื่อนที่ (ปรับได้)	m/min 10
	การป้อนเข้าอย่างละเอียดน้อยที่สุด	mm 0.001
มอเตอร์	มอเตอร์สปีดดีดล้อหินเจียระไน	kw 2.2
	มอเตอร์สปีดดีดหัวจับชิ้นงาน	kw 0.2
	ปั้มน้ำมันหล่อลื่น	kw 0.75
	ปั้มน้ำหล่อเย็น	kw 0.1
	เซอร์โวมอเตอร์แกน X	kw 1.0
เครื่องจักร	เซอร์โวมอเตอร์แกน Z	kw 1.0
	ขนาดบรรจุภัณฑ์ (ยาว × กว้าง × สูง)	mm 2780x1750x2050
	น้ำหนักสุทธิ	kg 2500

## 2.2 การกำหนดปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ

การตรวจสอบและประเมินสภาพเครื่องจักรก่อนการรีโทรฟิตถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการฟื้นฟูประสิทธิภาพของเครื่องเจียระไนกลม การประเมินนี้เริ่มจากการตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อตรวจสอบสภาพภายนอกของเครื่องจักร อาทิ ความสะอาด รอยขีดข่วน และคราบสนิม จากนั้นใช้เครื่องมือเฉพาะทาง อาทิ เครื่องวัดความแม่นยำของการเคลื่อนที่ เครื่องวัดแรงดัน และมิเตอร์วัดไฟฟ้า เพื่อประเมินระบบภายในของเครื่องจักร ผลการตรวจสอบเหล่านี้จะถูกนำมาพิจารณาในการประชุมทีม โดยนำเสนอผลการตรวจสอบอย่างละเอียด รวมถึงการวิเคราะห์สภาพความพร้อมใช้งานและจุดที่ต้องการการปรับปรุงในแต่ละระบบ อาทิ ระบบไฟฟ้า-ควบคุม ระบบทางกล-ส่งกำลัง ระบบหล่อลื่น ระบบนิวเมติกส์ ระบบหล่อเย็น และโครงสร้างของเครื่องจักร

หลังจากวิเคราะห์ผลการตรวจสอบแล้ว ทีมงานจะวางแผนการรีโทรฟิตโดยกำหนดขั้นตอนและวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมและปรับปรุงแต่ละระบบอย่างละเอียดถี่ถ้วน นอกจากนี้ การจัดสรรทรัพยากรที่จำเป็น อาทิ บุคลากร เครื่องมือ วัสดุ

งบประมาณ และเวลาที่ต้องใช้ในการรีโทรฟิตก็เป็นส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ สุดท้าย ทีมงานจะกำหนดแผนการติดตามความก้าวหน้าและการประเมินผลหลังจากการรีโทรฟิตเสร็จสิ้น เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรได้รับการปรับปรุงตามแผนและสามารถกลับมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

การประชุมผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเจียระไนกลมก่อนการรีโทรฟิต ในการประชุมนี้ ทีมงานได้รวบรวมข้อมูลจากการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรโดยใช้ข้อมูลเชิงลึกและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงและซ่อมแซม การประชุมนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดแนวทางการรีโทรฟิตที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของเครื่องเจียระไนกลม

### 2.2.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องเจียระไนกลม ISO 1986:1985 [5]

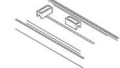
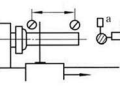
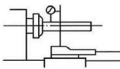
การตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องเจียระไนกลมเริ่มจากการเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น ได้แก่ ระดับน้ำแบบเข็ม ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร Dial Gauge แบบเข็มความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ขาตั้งแม่เหล็ก ความยาวแขน 288 มิลลิเมตร และแท่งทดสอบความยาว 150 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้สำหรับตรวจสอบความเที่ยงตรงของโต๊ะงาน หัวสปินเดิล และค่าหนีศูนย์ของหัวสปินเดิลตามลำดับ จากนั้นจะดำเนินการตรวจสอบตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ การตรวจสอบจะประกอบด้วย

ตรวจสอบความเที่ยงตรงของโต๊ะงาน : ใช้ระดับน้ำแบบเข็มวัดความเที่ยงตรงของโต๊ะงานในแนวระนาบ โดยเคลื่อนโต๊ะไปยังตำแหน่งซ้ายสุดและขวาสุด หากค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ภายใน  $\pm 0.02$  มิลลิเมตร แสดงว่าโต๊ะมีความเที่ยงตรงตามมาตรฐาน

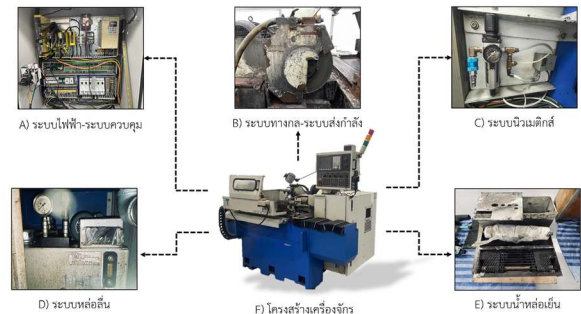
ตรวจสอบความเที่ยงตรงของหัวสปินเดิล : ใช้ Dial Gauge ร่วมกับแท่งทดสอบเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของหัวสปินเดิลในแนวระนาบ โดยหมุนหัวสปินเดิลและตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน หากอยู่ภายใน  $\pm 0.02$  มิลลิเมตร แสดงว่าหัวสปินเดิลมีความเที่ยงตรงตามมาตรฐาน

ตรวจสอบค่าหนีศูนย์ของสปินเดิล : ใช้ Dial Gauge และแท่งทดสอบเพื่อตรวจสอบค่าหนีศูนย์ของสปินเดิลโดยเคลื่อนโต๊ะงานไปยังตำแหน่งซ้ายสุดและขวาสุด หากค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ภายใน  $\pm 0.02$  มิลลิเมตร แสดงว่าค่าหนีศูนย์ของสปินเดิลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

### ตารางที่ 3 แบบฟอร์มการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องเจียระไนกลม ISO 1986:1985

ลำดับ	จุดประสงค์การตรวจสอบและภาพประกอบ	เครื่องมือวัด	ค่าความคลาดเคลื่อน	
			ค่าความถี่	ค่าที่วัดได้
1	เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของโต๊ะงานในแนวระนาบ โดยตรวจสอบบนโต๊ะงานทั้งด้านข้างและด้านหน้า 	1. ระดับน้ำแบบเข็มความละเอียด 0.02 มิลลิเมตรต่อเมตร	$\pm 0.02$ มิลลิเมตร	0.04 มิลลิเมตร
2	เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของสปินเดิลในแนวระนาบ 	1. ไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร 2. แท่งทดสอบความยาว 150 มิลลิเมตร	$\pm 0.02$ มิลลิเมตรต่อความยาว 150 มิลลิเมตร	0.06 มิลลิเมตรต่อความยาว 150 มิลลิเมตร
3	เพื่อตรวจสอบความหนีศูนย์ของสปินเดิลหัวจับชิ้นงาน โดยการหมุนสปินเดิลซ้ำๆ 	1. ไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร 2. แท่งทดสอบความยาว 150 มิลลิเมตร	$\pm 0.02$ มิลลิเมตร	0.07 มิลลิเมตร

ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนกลม ก่อนปรับปรุง โดยทำการตรวจสอบระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่องเจียระไนกลม เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจียระไนกลม โดยแบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้ (A) ตรวจสอบระบบไฟฟ้า-ระบบควบคุม (B) ระบบทางกล-ระบบส่งกำลัง (C) ระบบนิวเมติกส์ (D) ระบบหล่อลื่น (E) ระบบน้ำหล่อเย็น และ (F) โครงสร้างเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนกลม

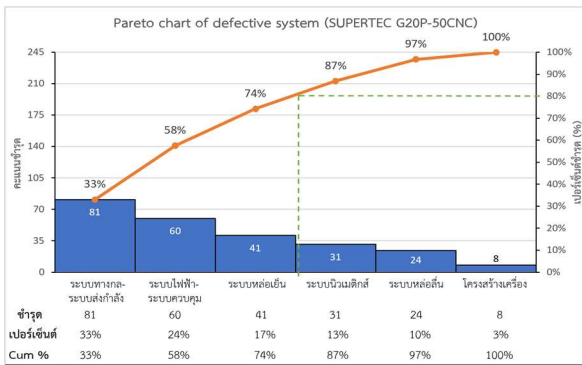
### 2.2.2 การตรวจสอบเครื่องเจียระไนกลม

การตรวจสอบเครื่องเจียระไนกลมก่อนทำการปรับปรุงเป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องจักรอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการซ่อมแซมหรือปรับปรุง กระบวนการตรวจสอบนี้ครอบคลุมการประเมินสภาพทั้งทางกายภาพและการทำงานของเครื่องจักร [2]

การประเมินสภาพของเครื่องจักรหรือชิ้นส่วน โดยแบ่งคะแนนเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 10 คะแนน คะแนนสูงสุด 9-10 หมายถึงสภาพสมบูรณ์ ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ ไม่มีปัญหาใด ๆ คะแนน 7-8 หมายถึงมีปัญหาเล็กน้อย อาทิ คราบสกปรก สนิม หรือรอยขีดข่วน แต่ยังใช้งานได้ดี คะแนน 4-6 หมายถึงมีข้อขัดข้องหรือความเสียหายบางส่วน แต่ยังไม่

พอใช้งานได้ คะแนน 1-3 หมายถึงชำรุดอย่างมาก ประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก แต่ยังสามารถใช้งานได้บ้าง และคะแนน 0 หมายถึงไม่สามารถใช้งานได้ จำเป็นต้องซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด

การตรวจสอบเครื่องเจียระไนกลมก่อนการปรับปรุงพบว่าเครื่องจักรมีสภาพการใช้งานได้เพียงร้อยละ 40 และชำรุดร้อยละ 60 เมื่อพิจารณาระบบต่าง ๆ ระบบไฟฟ้า-ควบคุมมีสภาพการใช้งานได้ร้อยละ 50 และชำรุดร้อยละ 50 ระบบทางกล-ระบบส่งกำลังและระบบหล่อเย็นอยู่ในสภาพใช้งานได้เพียงร้อยละ 32 และชำรุดร้อยละ 68 ระบบหล่อลื่นสามารถใช้งานได้ร้อยละ 40 และชำรุดร้อยละ 60 ในขณะที่ระบบนิวเมติกส์มีสภาพการใช้งานต่ำสุดที่ร้อยละ 23 และชำรุดร้อยละ 77 ส่วนโครงสร้างของเครื่องจักรอยู่ในสภาพดีที่สุดในสภาพใช้งานได้ร้อยละ 84 และชำรุดร้อยละ 16 ซึ่งแสดงตามภาพที่ 4



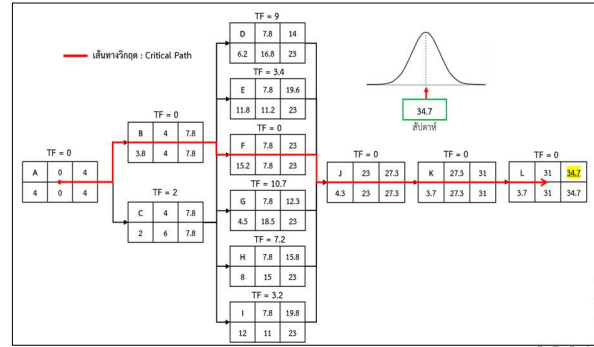
ภาพที่ 4 แผนผังพาเรโตข้อมูลการชำรุดของเครื่องเจียระไนกลม ก่อนรีโทรฟิต

### 2.3 การวางแผนและการตรวจสอบสภาพเครื่องเจียระไนกลม ก่อนการรีโทรฟิต

การวางแผนและการตรวจสอบสภาพเครื่องเจียระไนกลมก่อนการรีโทรฟิตเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อเตรียมเครื่องให้พร้อมทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวางแผนจะกำหนดลำดับขั้นตอน การวางแผนโครงการจะใช้เทคนิค PERT/CPM โดยการวิเคราะห์ข่ายงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิถีกฤตของโครงการ ตามตารางที่ 4 [16]

ตารางที่ 4 การแยกแยะงาน (job breakdown)

ลำดับ	กิจกรรม	ลำดับกิจกรรมที่ตรงหน้า	ระยะเวลาดำเนินการ (Week)			t	$\sigma^2$
			a	m	b		
A	การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนกลม	-	3	4	5	4	0.11
B	วิเคราะห์ปัญหาและเลือกจุดปรับปรุง	A	2	4	5	3.8	0.25
C	วางแผนการดำเนินงานด้วย PERT/CPM	A	1	2	3	2	0.11
D	ปรับปรุงโครงสร้างเครื่องจักร	C	5	6	8	6.2	0.25
E	ปรับปรุงระบบไฟฟ้า-ระบบควบคุม	C	10	12	13	11.8	0.25
F	ปรับปรุงระบบทางกล-ระบบส่งกำลัง	C	11	16	16	15.2	0.69
G	ปรับปรุงระบบนิวเมติกส์	C	4	4	7	4.5	0.25
H	ปรับปรุงระบบหล่อลื่น	C	7	8	9	8	0.11
I	ปรับปรุงระบบหล่อเย็น	C	11	12	13	12	0.11
J	ทดสอบระบบการทำงานโดยรวมของเครื่องเจียระไนกลม	D,E,F,G,H,I	4	4	6	4.3	0.11
K	ทดสอบการปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียระไนกลม	K	2	4	4	3.7	0.11
L	วิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมในการรีโทรฟิต	L	2	4	4	3.7	0.11



ภาพที่ 5 การประมาณการเวลาของการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาดำเนินการ 34.7 สัปดาห์ หากโครงการมีระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด 36 สัปดาห์ สามารถคำนวณค่า Z เท่ากับ 1.11 สัปดาห์ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตาราง Z score จะได้ 0.86650 ทำให้ความน่าจะเป็นที่โครงการจะสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดร้อยละ 86.65

### 2.4 ปรับปรุงด้วยกระบวนการรีโทรฟิตเครื่องเจียระไนกลม ขั้นตอนการปรับปรุงเครื่องเจียระไนกลมประกอบด้วย

การปรับปรุงเครื่องเจียระไนกลมเริ่มต้นด้วยการปรับปรุงโครงสร้างของเครื่อง โดยการเปลี่ยนชุดฝาครอบกันฝุ่น ชุดยางกันฝุ่น และชุดประตูป้องกัน เพื่อให้เครื่องมีการป้องกันที่ดียิ่งขึ้นและลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน การปรับปรุงระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมรวมถึงการเปลี่ยนแบตเตอรี่ชุดควบคุมแกน Z ตัวต้านทาน Resistor ASQ80W ชุดโคมไฟในตู้ควบคุม ชุดสายล้อมือหมุน (Hand wheel) และชุดโคมไฟส่องชิ้นงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุม

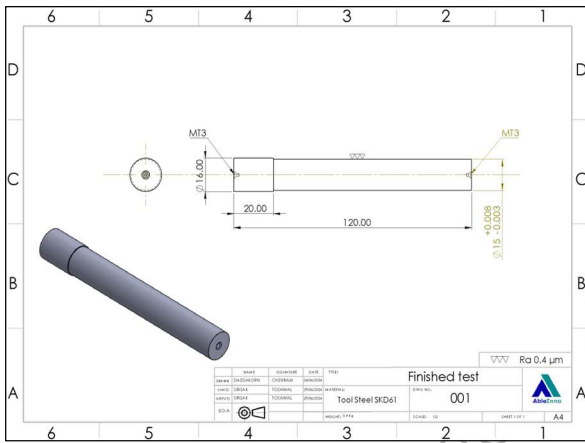
ในด้านการปรับปรุงระบบทางกลและระบบส่งกำลัง จะทำการปรับปรุงชุดยันศูนย์ (Tailstock) ชุดสปินเดิลหัวงาน (Work head) ชุดล้อหินเจียระไน บอลสกรูแกน Z และบอลสกรูแกน X เพื่อให้การทำงานของเครื่องจักรมีความแม่นยำสูงสุด ระบบนิวเมติกส์จะได้รับการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนท่อลมขนาด 6 มิลลิเมตรและการล้างระบบกรองลม ขณะที่ระบบหล่อลื่นจะถูกล้างและเปลี่ยนชุดกรองน้ำมันหล่อลื่น เพื่อให้การหล่อลื่นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สุดท้ายระบบหล่อเย็นจะได้รับการปรับปรุงโดยการปรับปรุงชุดสายพานลำเลียง ป้อนน้ำหล่อเย็น และชุดแยกแม่เหล็กเพื่อให้ระบบหล่อเย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสม่ำเสมอ

### 2.5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจียระไนกลม หลังการรีโทรฟิต

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเจียระไนกลมหลังการรีโทรฟิตเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยยืนยันว่าเครื่องจักรทำงานได้ตามมาตรฐานและผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพ กระบวนการทดสอบเริ่มจากการตรวจสอบระบบไฟฟ้าและ

การควบคุม เพื่อให้มั่นใจว่าการทำงานมีความเสถียรและถูกต้อง จากนั้นจึงทดสอบระบบทางกลและการส่งกำลัง รวมถึงระบบนิวเมติกส์ เพื่อให้แน่ใจว่าทุกส่วนทำงานร่วมกันได้ดี การตรวจสอบระบบหล่อลื่นจะช่วยป้องกันการสึกหรอของเครื่องจักร และการทดสอบระบบหล่อเย็นช่วยรักษาอุณหภูมิการทำงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

สำหรับการทดสอบการเจียรไนชิ้นงาน จะใช้แบบเตรียมชิ้นงานขนาดผ่าศูนย์กลาง  $\varnothing 16$  มิลลิเมตร ความยาว 120 มิลลิเมตร พร้อมรูสำหรับยึดศูนย์ ขนาด MT3 จำนวน 2 รู และค่าความหยาบผิวงานกลึง วัสดุที่ใช้ในการทดสอบคือ เหล็กกล้าเครื่องมือเกรด SKD61 ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีและกลที่เหมาะสม อาทิ ความแข็ง (48-52 HRC) และความแข็งแรงดึง (1,600-1,800 MPa) ทำให้สามารถทดสอบการทำงานของเครื่องเจียรไนได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้



ภาพที่ 6 แบบสั่งผลิตสำหรับทดสอบการเจียรไน

ในการทดสอบการปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียรไนกลมหลังการรีโทรฟิต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการ  $\varnothing 15$  มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตร ซึ่งค่าความหยาบผิวที่ต้องการอยู่ที่ Ra 0.4  $\mu\text{m}$  ตามมาตรฐานหนังสือคู่มืองานโลหะ สำหรับการทดสอบนี้ใช้ล้อหินเจียรไนรหัส SCD 180N100B10.0 ซึ่งมีเม็ดเกรนเป็นเพชรเดี่ยว (Single Crystal Diamond) ขนาด 180 และความกว้างล้อ 10 มิลลิเมตร โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 350 มิลลิเมตร

ซึ่งในการทดสอบปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียรไนกลมหลังทำการรีโทรฟิตทางคณะผู้จัดทำใช้รายละเอียดดังต่อไปนี้ อัตราป้อนในการเจียรไนข้าง  $S = 0.005$  มิลลิเมตร/รอบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อหินเจียรไน  $D_1 = 350$  มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน  $D_2 = 16$  มิลลิเมตร ความเร็วขบล้อหินเจียรไน  $V_s = 30$  เมตร/วินาที ความเร็วขบของชิ้นงาน  $V_w = 30$  เมตร/วินาที

1) การคำนวณหาค่าความเร็วรอบของล้อหินเจียรไน ( $N_s$ ) ในการทดสอบปฏิบัติงานจริง ได้จากสมการที่ 1

$$N_s = \frac{1000 \times 60 \times V_s}{\pi D_1} \quad (1)$$

แทนค่า

$$N_s = \frac{1000 \times 60 \times 30}{\pi \times 350} = 1637 \text{ รอบ/นาที}$$

2) การคำนวณหาค่าความเร็วรอบของชิ้นงาน ( $N_w$ ) ในการทดสอบปฏิบัติงานจริง ได้จากสมการที่ 2

$$N_w = \frac{1000 \times V_w}{\pi D_2} \quad (2)$$

แทนค่า

$$N_w = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 16} = 596 \text{ รอบ/นาที}$$

3) การคำนวณหาอัตราส่วนความเร็ว ( $q$ ) ในการทดสอบปฏิบัติงานจริง ได้จากสมการที่ 3

$$q = \frac{V_s}{V_w} \quad (3)$$

แทนค่า

$$q = \frac{30}{30} = 1 \text{ เมตร/นาที}$$

4) การคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่โต๊ะงาน ( $T_T$ ) ในการทดสอบปฏิบัติงานจริง ได้จากสมการที่ 4

$$T_T = \frac{NSB_s}{1000} \quad (4)$$

แทนค่า

$$T_T = \frac{1637 \times 0.005 \times 10}{1000} = 0.08 \text{ เมตร/นาที}$$

ในการทดสอบปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียรไนกลมหลังการรีโทรฟิต การตั้งค่าความเร็วรอบของล้อหินเจียรไนอยู่ที่ 1637 รอบ/นาที ความเร็วรอบของชิ้นงานอยู่ที่ 367 รอบ/นาที อัตราส่วนความเร็วอยู่ที่ 1 เมตร/นาที และอัตราการเคลื่อนที่โต๊ะงานอยู่ที่ 100 0.08 เมตร/นาที [12]

การทดสอบประสิทธิภาพการเจียรไนชิ้นงานจริงหลังการรีโทรฟิตเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินความสามารถและความแม่นยำของเครื่องเจียรไน การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดและผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง ขั้นตอนเริ่มต้นด้วยการเตรียมชิ้นงาน โดยเลือกใช้วัสดุเหล็กกล้า SKD61 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และความยาว 120 มิลลิเมตร จากนั้นทำการตรวจสอบและทำความเข้าใจ



สะอาดขึ้นงานเพื่อขัดสิ่งสกปรก คราบน้ำมัน ที่อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการเจียระไน

หลังจากเตรียมชิ้นงานเสร็จสิ้น จะเข้าสู่ขั้นตอนการตั้งค่าพารามิเตอร์การเจียระไน จากการทดสอบจะถูกนำไปใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจียระไนกลมหลังการรีโทรฟิตว่ามีความสามารถในการผลิตชิ้นงานได้ตามมาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) ที่กำหนดหรือไม่

การติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องเจียระไนกลมหลังต้องมั่นใจว่าชิ้นงานถูกติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้องและมั่นคง ชิ้นงานต้องถูกติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้องบนเครื่องเจียระไน โดยใช้ศูนย์ท้ายแท่นและหัวยื่นศูนย์เพื่อความมั่นคง จากนั้นเริ่มการเจียระไนด้วยการตรวจสอบการทำงานอย่างใกล้ชิด หลังการเจียระไน จะมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน โดยใช้ Digital Microscope รุ่น VHX-6000 เพื่อตรวจสอบความหยาบผิว และใช้ไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 0.001  $\mu\text{m}$  เพื่อตรวจวัดขนาดและความแม่นยำ

### 3. ผลการวิจัย (Results)

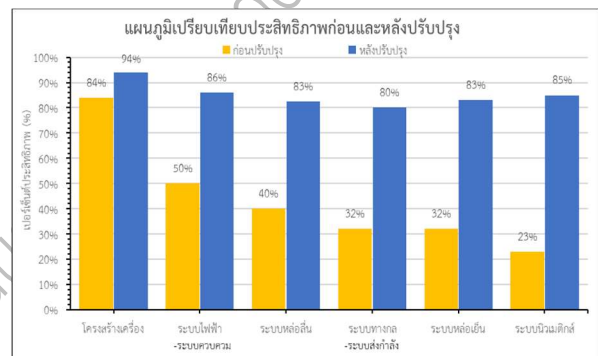
#### 3.1 ผลการทดลองการทำงานของเครื่องเจียระไนกลมหลังการรีโทรฟิต

ผลการทดลองการทำงานของเครื่องเจียระไนกลมหลัง SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC หลังการรีโทรฟิตแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงที่ชัดเจนในหลายด้าน ทั้งในแง่ประสิทธิภาพและความเที่ยงตรง การรีโทรฟิตช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำงาน ลดต้นทุนการบำรุงรักษา และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการรีโทรฟิตในแต่ละระบบที่ปรับปรุง แสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนในทุกด้าน ซึ่งแสดงได้จากข้อมูลในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเครื่องเจียระไนกลมหลังก่อน-หลังปรับปรุง ISO 1986:1985

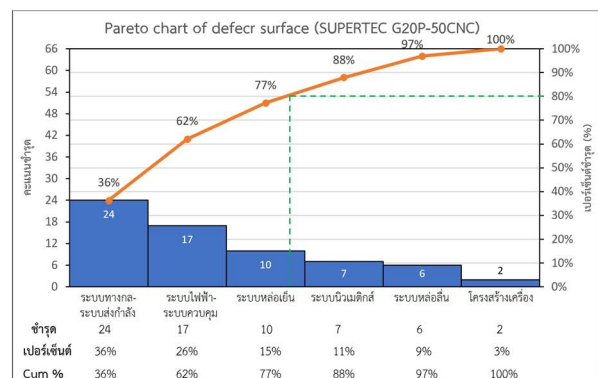
ลำดับ	จุดประสงค์การตรวจสอบและภาพประกอบ	เครื่องมือวัด	ผลการตรวจสอบ	
			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของโต๊ะงานในแนวระนาบ โดยตรวจสอบองศาเอียงที่ด้านซ้ายและด้านหน้า	1. ระดับน้ำแบบเข็มความละเอียด 0.02 มิลลิเมตรต่อเมตร	0.04 มิลลิเมตร	0.01 มิลลิเมตร
2	เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของปืนดีลในแนวระนาบ	1. Dial Gauge ค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร 2. แท่นทดสอบความยาว 150 มิลลิเมตร	0.06 มิลลิเมตร...ต่อความยาว 150. มิลลิเมตร	0.017 มิลลิเมตร...ต่อความยาว...150. มิลลิเมตร
3	เพื่อตรวจสอบความหนูนูนของปืนดีลหัวจับชิ้นงาน โดยการหมุนปืนดีลซ้ำๆ	1. Dial Gauge ค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร 2. แท่นทดสอบความยาว 150 มิลลิเมตร	0.07 มิลลิเมตร	0.015 มิลลิเมตร

ผลการตรวจสอบสภาพของเครื่องเจียระไนกลมหลังก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุง เครื่องจักรมีประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ที่ร้อยละ 40 ขณะที่หลังการปรับปรุง ประสิทธิภาพการใช้งานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85 การตรวจสอบระบบต่าง ๆ เผยให้เห็นว่าระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 86 ระบบทางกลและระบบส่งกำลังมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 32 เป็นร้อยละ 80 ระบบหล่อเย็นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 40 เป็น ร้อยละ 82.5 ระบบนิวเมติกส์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 23 เป็นร้อยละ 85 ระบบหล่อเย็นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 32 เป็นร้อยละ 83 และโครงสร้างของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 84 เป็นร้อยละ 94 การปรับปรุงเหล่านี้ทำให้ประสิทธิภาพและความคงทนของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเห็นได้จากภาพที่ 7

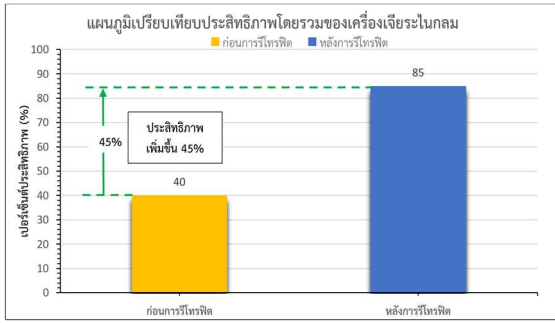


ภาพที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังปรับปรุง

นอกจากนี้ การชำรุดของเครื่องเจียระไนกลมหลังหลังการปรับปรุง โดยเรียงลำดับจากรายการที่มีคะแนนชำรุดมากที่สุดไปน้อยที่สุด พบว่าระบบไฟฟ้า-ระบบควบคุมมีคะแนนชำรุดที่ 24 คะแนน ระบบทางกล-ระบบส่งกำลังที่ 17 คะแนน ระบบหล่อเย็น 10 คะแนน ระบบหล่อเย็น 7 คะแนน ระบบนิวเมติกส์ 6 คะแนนและโครงสร้างของเครื่องจักร 2 คะแนน รวมคะแนนชำรุดทั้งหมด 66 คะแนน แผนภูมิพาราโตตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนผังพาราโตการชำรุดเครื่องจักร หลังรีโทรฟิต



ภาพที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องเจียระไนกลม ก่อนและหลังรีโทรฟิต

จากแผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องเจียระไนกลม ยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC แสดงให้เห็นว่า ก่อนการปรับปรุง เครื่องมีประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 40 หลังจากดำเนินการปรับปรุงแล้ว ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 45 ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85 ตามที่แสดงในภาพที่ 9



A) เครื่องเจียระไนกลม ก่อนรีโทรฟิต B) เครื่องเจียระไนกลม หลังรีโทรฟิต

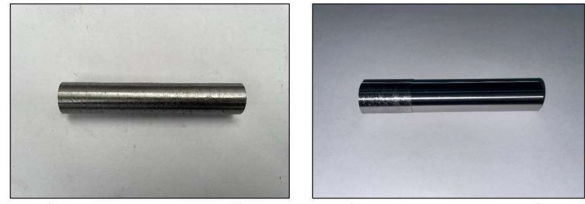
ภาพที่ 10 สภาพโดยรวมของเครื่องจักรก่อน/หลังรีโทรฟิต

จากภาพที่ 10 แสดงสภาพโดยรวมของเครื่องจักรก่อนและหลังการรีโทรฟิต โดยในภาพ A แสดงสภาพของเครื่องเจียระไนกลมก่อนการรีโทรฟิต ซึ่งพบว่ามีความเสียหายในหลายส่วน ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ยังมีคราบสกปรกสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องลดลงอย่างชัดเจน ในทางตรงกันข้าม ภาพ B แสดงถึงสภาพของเครื่องจักรหลังการรีโทรฟิต ซึ่งได้รับการปรับปรุงและทำความสะอาด ชิ้นส่วนที่ชำรุดได้รับการซ่อมแซม ทำให้เครื่องจักรสามารถกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานมากขึ้น

#### 4.2 การทดสอบการปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียระไนกลม

การทดสอบการปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียระไนกลมเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพหลังการรีโทรฟิต โดยการทดสอบนี้เรียกว่า การเจียระไนชิ้นงานจริง ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรที่ผ่านการปรับปรุงสามารถทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดและผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง การทดสอบนี้ครอบคลุมหลายด้าน ได้แก่ ความหยาบผิวของชิ้นงาน และความแม่นยำของขนาดชิ้นงาน ทุกกระบวนการถูกตรวจสอบอย่างละเอียดเพื่อให้

มั่นใจว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพและความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ



A) ชิ้นงานก่อนการทดสอบเจียระไนชิ้นรูป B) ชิ้นงานหลังการทดสอบเจียระไนชิ้นรูป

ภาพที่ 11 ชิ้นงานก่อนและหลังการทดสอบเจียระไน

ในการทดสอบการเจียระไนชิ้นงาน ภาพ A แสดงให้เห็นชิ้นงานก่อนการทดสอบซึ่งมีผิวที่หยาบและไม่เรียบเนียน ในขณะที่ภาพ B แสดงชิ้นงานหลังจากการทดสอบการเจียระไนเสร็จสิ้น ผิวของชิ้นงานหลังการเจียระไนมีความเรียบและเนียนอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับชิ้นงานก่อนการเจียระไน การเปรียบเทียบนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องเจียระไนที่ได้รับการรีโทรฟิต ซึ่งสามารถปรับปรุงคุณภาพผิวของชิ้นงานได้อย่างมาก ตามภาพที่ 11

#### 1) การทดสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบ

การทดสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่อง Digital Microscope ยี่ห้อ KEYENCE รุ่น VHX6000 เป็นกระบวนการที่สำคัญในการประเมินคุณภาพของชิ้นงาน หลังจากการเจียระไน การตรวจสอบค่าความหยาบผิวช่วยให้ทราบถึงความเรียบเนียนของพื้นผิวชิ้นงาน ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและความทนทานของชิ้นงานในการผลิต

ในการการทดสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน ตามตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ได้จากการใช้งานเครื่องเจียระไนราบหลังการรีโทรฟิต โดยพบว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน จำนวน 5 ชิ้น อยู่ที่  $0.162 \mu\text{m}$  ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้สอดคล้องกับมาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) แสดงให้เห็นว่าความหยาบผิวของชิ้นงานหลังการเจียระไนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด [8,11]

ตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบจากเครื่องมือวัด Digital Microscope ยี่ห้อ KEYENCE รุ่น VHX-6000

ชิ้นงาน	ค่าความหยาบผิวงานเฉลี่ย (Ra) มีหน่วยเป็น $(\mu\text{m})$	ค่าความหยาบผิวที่ต้องการ $(\mu\text{m})$	ระดับความหยาบผิวเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน
ชิ้นที่ 1	0.193	Ra 0.4	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 2	0.210	Ra 0.4	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 3	0.149	Ra 0.4	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 4	0.228	Ra 0.4	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 5	0.191	Ra 0.4	ตรงตามแบบ
ค่าเฉลี่ย	0.162	Ra 0.4	ตรงตามแบบ

## 2) การทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

ในการทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบที่ได้จากเครื่องเจียระไนกลมหหลังการรีโทรฟิต ใช้ไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่จุดต่างๆ ของชิ้นงานเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ จากนั้นบันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 5 สำหรับการวิเคราะห์ต่อไปจะใช้เครื่องมือวัด 3 มิติในการตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอีกครั้ง เพื่อยืนยันค่าที่ได้จากไมโครมิเตอร์ การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแม่นยำของเครื่องเจียระไนกลมหหลังการรีโทรฟิต โดยตรวจสอบว่าชิ้นงานมีความขนานตามมาตรฐานและมีค่าความเบี่ยงเบนน้อยที่สุด เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง

**ตารางที่ 7** การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน ด้วยเครื่องมือวัดไมโครมิเตอร์



ชิ้นงาน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มีหน่วยเป็น (mm.)	ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ ต้องการ (mm.)	เปรียบเทียบกับ แบบสั่งผลิต
ชิ้นที่ 1	15.004	15 (+0.008, -0.003)	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 2	15.007	15 (+0.008, -0.003)	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 3	15.006	15 (+0.008, -0.003)	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 4	15.003	15 (+0.008, -0.003)	ตรงตามแบบ
ชิ้นที่ 5	15.004	15 (+0.008, -0.003)	ตรงตามแบบ
ค่าเฉลี่ย	15.0048	+0.008, -0.003	ตรงตามแบบ

การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยใช้ไมโครมิเตอร์ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร พบว่าขนาดของชิ้นงาน จำนวน 5 ชิ้น มีค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้อยู่ที่ +0.0048 มิลลิเมตร ซึ่งตรงตามมาตรฐานที่ต้องการ คือ +0.008, -0.003 มิลลิเมตร

## 3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมของเครื่องเจียระไนกลมห

การวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมในการรีโทรฟิตเครื่องเจียระไนกลมหเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินมูลค่าการลงทุนและประสิทธิภาพของการปรับปรุงเครื่องจักร ต้นทุนที่ใช้ในการรีโทรฟิตสามารถแบ่งออกเป็นหลายส่วนหลัก ได้แก่

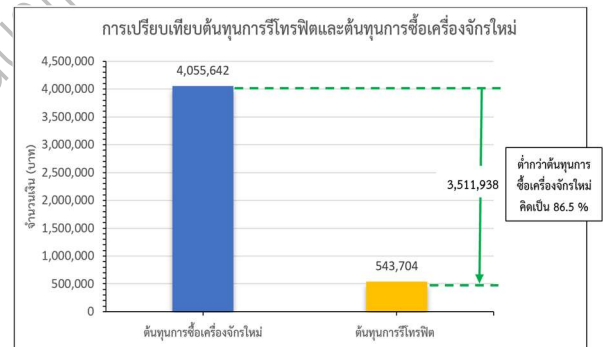
- ต้นทุนเครื่องจักรมือสอง: ค่าใช้จ่ายรวม 396,453 บาท
- ค่าใช้สอย : รวมค่าใช้จ่าย 14,200 บาท
- ค่าวัสดุ : รวมค่าใช้จ่าย 54,596 บาท
- ค่าสาธารณูปโภค: รวมค่าใช้จ่าย 6,581 บาท
- ค่าแรงงาน : รวมค่าใช้จ่าย 71,874 บาท

ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด = 396,453+14,200+54,596+6,581+71,874 = 543,704 บาท การวิเคราะห์ต้นทุนนี้ช่วยให้เห็น

ภาพรวมของค่าใช้จ่ายในการรีโทรฟิตและการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรหลังการรีโทรฟิต

ต้นทุนในการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพเต็มร้อย (100%) เท่ากับ 4,771,344 บาท ในกรณีที่เครื่องจักรใหม่มีประสิทธิภาพลดลงเหลือ ร้อยละ 85 ต้นทุนจะเท่ากับ 4,055,642 บาท (คำนวณจาก 4,771,344 คูณด้วย 0.85) ในทางกลับกัน ต้นทุนในการรีโทรฟิตเครื่องจักรปัจจุบันอยู่ที่ 543,704 บาท ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างการรีโทรฟิตกับการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพ ร้อยละ 85 พบว่าต้นทุนการรีโทรฟิตต่ำกว่า 3,511,938 บาท (คำนวณจาก 4,055,642 ลบด้วย 543,704) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการรีโทรฟิตอย่างชัดเจน

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเห็นว่าการรีโทรฟิตเครื่องจักรมีต้นทุนต่ำกว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่มากถึง 3,511,938 บาท ซึ่งสะท้อนถึงความคุ้มค่าในการลงทุนที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด การรีโทรฟิตไม่เพียงแต่ช่วยลดงบประมาณแต่ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว ทำให้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการลงทุนสำหรับองค์กรที่ต้องการลดต้นทุนโดยรวม ตามภาพที่ 12



**ภาพที่ 12** การเปรียบเทียบต้นทุนการรีโทรฟิตและต้นทุนการซื้อเครื่องจักรใหม่

จากการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการรีโทรฟิตและการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ พบว่าต้นทุนการรีโทรฟิตเพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพที่ ร้อยละ 85 มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 543,704 บาท ในขณะที่ต้นทุนการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับเครื่องรีโทรฟิต (ร้อยละ 85) อยู่ที่ 4,055,642 บาท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นทุนการรีโทรฟิตต่ำกว่าการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ถึง 3,511,938 บาท คิดเป็น ร้อยละ 86.5 ของต้นทุนการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

การดำเนินโครงการรีโทรฟิตเครื่องเจียระไนกลม SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพที่สำคัญจากร้อยละ 40 เป็นร้อยละ 85 ซึ่งเป็นการปรับปรุงที่มีความโดดเด่นในหลายด้าน โดยการรีโทรฟิตครอบคลุม 6 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบไฟฟ้า - ควบคุม ระบบทางกล - ส่งกำลัง ระบบนิวเมติกส์ ระบบหล่อลื่น ระบบหล่อเย็น และโครงสร้างของเครื่องจักร การปรับปรุงในแต่ละระบบทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโครงการที่ศึกษาอื่น ๆ อาทิ การศึกษาเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงเครื่องเจียระไนราบ [5] การซ่อมบำรุงที่ทำได้ในโครงการนี้มีการเพิ่มประสิทธิภาพที่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน โดยการศึกษาของนายธนายุทธ ชุ่มเย็น และคณะ พบว่าการซ่อมบำรุงระบบที่ชำรุดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

โครงการรีโทรฟิตเครื่องเจียระไนกลม SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC มีวัตถุประสงค์ในการรีโทรฟิตประสิทธิภาพเครื่องจักรให้ใช้งานได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ในอุตสาหกรรมการผลิต การรีโทรฟิตครอบคลุม 6 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบไฟฟ้า - ควบคุม ระบบทางกล - ส่งกำลัง ระบบนิวเมติกส์ ระบบหล่อลื่น ระบบหล่อเย็น และโครงสร้างของเครื่องจักร โดยประสิทธิภาพของเครื่องเพิ่มจากร้อยละ 40 เป็นร้อยละ 85 หลังการปรับปรุง ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 ผลการทดสอบชิ้นงานแสดงให้เห็นว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ย Ra 0.162  $\mu\text{m}$  ตรงตามมาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่า +0.0048  $\mu\text{m}$  ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ต้นทุนการรีโทรฟิตอยู่ที่ 543,704 บาท ซึ่งต่ำกว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่ถึง 3,511,938 บาท สะท้อนถึงความคุ้มค่าและความสำเร็จในการบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ สรุปได้ว่าเครื่องเจียระไนกลมที่ผ่านการรีโทรฟิตสามารถกลับมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม และมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดีจากหลายฝ่าย ขอขอบคุณโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ (TCTM) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่ได้สนับสนุนในด้านต่าง ๆ อย่างเต็มที่ และขอขอบคุณ คุณวิทยา พลเพชร ผู้บริหารสูงสุดบริษัท เอเบิล อินโน จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปริญญา สุพาวรรณ (2551) การฟื้นฟูเครื่องเจียระไนราบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตาม
- [2] ทรน จันทระยุดม และคณะ (2552) การฟื้นฟูสมรรถนะเครื่องเจียระไนราบ ยี่ห้อ JOTES รุ่น SPC-20B มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น
- [3] อนันต์ มีนาค (2549) การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักรกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ หน้า 71-89
- [4] ธาตุล รัชยา (2557) การฟื้นฟูสมรรถนะเครื่องกลึงยืนศูนย์ K.MARTIN รุ่น KM 200 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [5] ธนายุทธ ชุ่มเย็น และคณะ (2564) การซ่อมบำรุงเครื่องเจียระไนราบ ยี่ห้อ HYCON รุ่น HCG40B
- [6] เรื่องลักษณะ บุตรเพชรและคณะ เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [7] ศักดา เขียวอำ (2553) การลดมูลค่าการลงทุนด้วยการรีโทรฟิต กรณีศึกษาเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น
- [8] วรวิทย์ ถิ่นทับ (2550) การศึกษาตัวแปรของเครื่องเจียระไนเพลากลมที่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงาน สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร
- [9] คู่มือการใช้งานเครื่องเจียระไนกลม ยี่ห้อ SUPERTEC รุ่น G20P-50CNC
- [10] กิตติพงศ์ เอกไชย (2552) หัวหน้าโครงการ ได้ศึกษาวิจัยระบบควบคุมเครื่องกัดอัตโนมัติ
- [11] บรรเลง ศรีนิล (2550) ตารางคู่มืองานโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ หน้า 286-288
- [12] ชงชัย เบ็ญจลักษณ์ (ม.ป.ป.) ความเร็วในงานเจียระไนเอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องมือกล แผนกวิชาช่างกลโรงงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตาม
- [13] เพ็ญญา เขาวานาและคณะ (2564) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกร ในอำเภอรัตนบุรี จังหวัดสงขลา
- [14] ชงชัย เสริมพันธ์ (2546) วิศวกรรมซ่อมบำรุง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [15] อธิพันธ์ พันธุ์บุญ (2552) การบำรุงรักษาเครื่องเจียระไนราบ ยี่ห้อ ELLIOTT รุ่น 20X8 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตาม
- [16] อัจจง สุขประเสริฐ (2559) การประยุกต์ เทคนิค PERT/ CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

## กระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถตู้รับส่งนักเรียน โดยใช้นวัตกรรม IoT

Procedures for preventing students from being stuck in student transport vans

Using IoT innovation

ธนภัทร แสงบุญเรือง<sup>1</sup>, ธนาวุฒิ ธนาวิชัย<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

80 ม.9 ถ.พหลโยธิน ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

<sup>1</sup> [631998026@cr.ru.ac.th](mailto:631998026@cr.ru.ac.th), <sup>2</sup> [thanawut.tha@cr.ru.ac.th](mailto:thanawut.tha@cr.ru.ac.th)

### บทคัดย่อ

การลืมนักเรียนไว้ในรถรับส่งนักเรียนเป็นปัญหาที่เกิดจากความประมาทของคนขับ ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อชีวิตของนักเรียน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเสียชีวิตได้ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการป้องกันการลืมนักเรียนในรถโดยใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งประยุกต์กับวิธีตรวจสอบแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้เทคโนโลยี NFC (Near Field Communication) ในการระบุตัวตนของนักเรียน นักเรียนจะได้รับแท็ก NFC ที่มีรหัสเฉพาะสำหรับการระบุตัวตน เมื่อนักเรียนขึ้นหรือลงจากรถจะต้องทำการสแกนแท็ก NFC เพื่อบันทึกจำนวนของนักเรียน ส่วนคนขับทำหน้าที่ตรวจสอบการนับจำนวนของนักเรียนสามารถแจ้งเตือนกรณีมีนักเรียนติดในรถและกรณีไม่มีนักเรียนติดในรถ และเมื่อมีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชัน LINE ของกลุ่มผู้ปกครอง ผลการทดสอบระบบพบว่าสามารถระบุตัวตนของนักเรียนได้อย่างแม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซี 50 ครั้ง พบว่าใช้เวลาต่อแท็ก 2.708 วินาที ระบบสามารถแจ้งเตือนสถานะผ่านหลอดไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างถูกต้อง กระบวนการนี้ช่วยเพิ่มมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้บริการรถรับส่งนักเรียน ลดความเสี่ยงในการลืมนักเรียนติดในรถ และเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจในการพัฒนาระบบป้องกันนักเรียนติดในรถ

**คำสำคัญ:** แท็ก NFC; การระบุตัวตน; นวัตกรรม IoT; ระบบ; สถานะ

### ABSTRACT

The issue of students being left behind in school buses is primarily caused by driver negligence, leading to potential safety hazards and even fatalities. This research focuses on developing a preventive system against leaving students in vehicles, leveraging the Internet of Things (IoT) combined with a semi-automated verification method. The system utilizes Near Field Communication (NFC) technology for student identification, where each student is assigned an NFC tag with a unique code. Students are required to scan their NFC tags upon boarding or alighting from the bus to count their numbers. The driver is responsible for monitoring the student count and can be alerted if students remain in the vehicle or if no students are present. Additionally, when an internet connection is available, the data is transmitted to a web application and the LINE application for the parents' group. Testing results indicate that the system

accurately identifies students with 100% precision. The NFC tag reading time averaged 2.708 seconds over 50 instances. The system effectively alerts the driver through visual indicators and correctly sends notifications to the web application and LINE app. This process enhances the safety standards of school bus services, reduces the risk of leaving students in the vehicle, and provides a valuable tool for those interested in developing preventive systems for student safety in transportation

**Key word:** NFC tag; identity; IoT innovation; system; status

## 1. บทนำ

การลึมนักเรียนไว้ในรถตู้รับส่งนักเรียน บ่อยครั้งมีสาเหตุมาจากการไม่ตรวจสอบนักเรียนที่ตกค้างภายในรถตู้รับส่งนักเรียน เกิดความประมาท และความไม่รอบคอบของคนขับรถตู้รับส่งนักเรียน สถิตินักเรียนที่ติดอยู่ภายในรถพบว่า ปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2563 ประเทศไทย เกิดเหตุลึมนักเรียนในรถรวมทั้งสิ้น 129 คน เฉลี่ยปีละ 18 คน ส่วนกรณีที่นักเรียนเสียชีวิตมากที่สุดเกิดขึ้นในรถตู้รับส่งนักเรียนรวม 5 คน หรือเฉลี่ยปีละ 1 คน ส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นกับเด็กเล็ก อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 2 ขวบ ปัญหาที่นักเรียนติดในรถตู้ เกิดได้หลายสาเหตุ เช่น คนขับเกิดความประมาทไม่ตรวจเช็คนักเรียนตอนขึ้นรถและไม่ตรวจเช็คคนนักเรียนตอนลงรถ ทำให้เป็นสาเหตุที่นักเรียนติดในรถและก่อให้เกิดเหตุการณ์นักเรียนเสียชีวิตตามมาในที่สุด การเสียชีวิตนักเรียนที่ติดในรถตู้ นักเรียนที่ติดภายในรถไม่ได้เสียชีวิตจากการขาดอากาศหายใจแต่เป็นเพราะความร้อนที่สูงขึ้น เมื่อนักเรียนติดอยู่ในรถ และหากรถตากแดดอยู่ในเวลาเพียงประมาณครึ่งชั่วโมง อุณหภูมิในรถจะเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส แต่หากนานหลายชั่วโมง โดยเฉพาะในช่วงกลางวัน อุณหภูมิในรถจะเพิ่มขึ้นอีก 40-50 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดฮีทสโตรก เด็กจะเกิดภาวะเลือดเป็นกรด อวัยวะต่างๆ ล้มเหลว ไม่ว่าจะเป็นระบบหายใจ ระบบไหลเวียนเลือด และการทำงานของไต จนทำให้เสียชีวิตในที่สุด[11]

วิธีการแก้ไขปัญหาป้องกันนักเรียนติดในรถ การเช็คจำนวนนักเรียนทั้งก่อนขึ้นรถและหลังลงจากรถ การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยชีวิตนักเรียนในรถ เช่น พวงกุญแจทุบกระจกกรณีฉุกเฉิน ค้อนทุบกระจกกรณีฉุกเฉิน การฝึกฝนให้นักเรียนสามารถช่วยเหลือตนเอง กรณีติดในรถ เช่น สอนการปีบแตร การเปิดประตู การร้องขอความช่วยเหลือจากบุคคลที่อยู่ภายนอกรถ การนำเทคโนโลยีมาช่วยป้องกันนักเรียนติดในรถ ได้แก่ การใช้แท็กระบุตัวตนRFID, การระบุตัวตนโดยใช้กล้อง, ระบบสแกนบาร์โค้ด, ระบบบลูทูธติดตามตำแหน่งของนักเรียน, เซ็นเซอร์ตรวจจับทางแสง, เซ็นเซอร์ตรวจจับความร้อน

การบูรณาการข้อมูลงานวิจัยเพื่อมาปรับใช้สำหรับผู้วิจัย เนื่องจากข้อมูลงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา กระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถ จำเป็นจะต้องใช้การระบุตัวตนของอุปกรณ์ เช่น การสแกนแท็ก RFID การสแกนไอทีบลูทูธ การสแกนใบหน้าผ่านกล้อง การใช้อุปกรณ์ในการตรวจจับสิ่งมีชีวิตในรถ การตรวจจับคลื่นความร้อน การตรวจนับคนขึ้น/ลง รถโดยการตรวจจับทางแสง รวมถึงการส่งข้อความแจ้งเตือนให้ผู้ปกครอง,ครู,คนขับรถทราบในขณะที่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ต เพื่อให้เกิดความสบายใจ พบว่ามีข้อจำกัดโดยที่ระบบจะต้องใช้การระบุตัวตนผ่านสัญญาณ

อินเตอร์เน็ตเพื่อจะได้ทำงานแบบเรียลไทม์และส่งการแจ้งเตือนให้ผู้ปกครอง,ครู,โรงเรียนทราบ ซึ่งการระบุตัวตน RFID บางครั้งไม่ถูกต้อง 100% ตัวตรวจจับทางแสงเกิดข้อผิดพลาดไม่ทำงานตรวจจับเมื่อมีคนเดินผ่าน รวมถึง ตัวตรวจจับความร้อนระยะการตรวจสอบออกนอกบริเวณรถทำให้แจ้งเตือนว่ามีเด็กติดในรถ การใช้สแกนการสแกนไอทีบลูทูธ บางครั้งเกิดความล่าช้าในการอ่านแท็กไอทีบลูทูธ ในกรณีสัญญาณอินเตอร์เน็ตไม่เสถียร และจะส่งข้อมูลไม่ต่อเนื่อง อาจต้องทำการกดปุ่มสแกนบลูทูธใหม่อีกครั้ง การใช้งานกล้องระบุตัวตน พบว่าการที่จะระบุตัวตนให้มีความแม่นยำที่สูงจะต้องอยู่ในที่บริเวณที่มีแสงพอเหมาะ และระยะการตรวจจับของกล้องที่ไม่ไกลเกินไปและไม่ใกล้เกินไป รวมถึงการใช้สัญญาณอินเตอร์เน็ตตรวจสอบรูปที่จะระบุตัวตนผ่านฐานข้อมูล การใช้บาร์โค้ดข้อมูลที่เก็บได้จะมีข้อมูลที่จำกัด ถ้ามีวัตถุมาบังที่ตัวบาร์โค้ด เครื่องอ่านบาร์โค้ดจะไม่สามารถอ่านบาร์โค้ด

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เทคโนโลยี RFID

เทคโนโลยี ระบุและติดตามวัตถุผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification ; RFID) พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1980 ทดแทนระบบบาร์โค้ด โดดเด่นด้วยความสามารถในการอ่านหลายแท็กพร้อมกันโดยไม่ต้องมองเห็นหรือสัมผัสแม้ในสภาพแวดล้อมที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความชื้นและการสั่นสะเทือน ข้อมูลในแท็กจะถูกอ่านผ่านคลื่นวิทยุได้แม้แท็กจะอยู่ภายในวัตถุหรือไม่อยู่ในแนวตรงของคลื่น[6] ในการใช้งานเพื่อความปลอดภัย เช่น ระบบติดตามนักเรียน นักเรียนจะได้รับแท็ก RFID ผ่านสมาร์ตการ์ดที่เชื่อมต่อกับโปรแกรมผ่าน Wi-Fi ข้อมูลการขึ้น/ลงรถจะถูกส่งให้ผู้ปกครองผ่านแอปพลิเคชัน เช่น LINE การสื่อสารผ่านคลื่นความถี่เดียวกับอุปกรณ์อื่นอาจเสี่ยงต่อการถูกดักฟัง ดังนั้นการใช้งาน RFID ต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยและการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อป้องกันการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต

### 2.2 หลักการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นกระบวนการแปลงข้อมูลภาพเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อประมวลผลในรูปแบบดิจิทัล มีวัตถุประสงค์หลักในการปรับปรุงคุณภาพของภาพหรือเพิ่มข้อมูลที่มีความหมาย กระบวนการเริ่มต้นด้วยการนำภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์ แล้วประมวลผลด้วยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น ภาพที่ประมวลผลแล้วจะแสดงผลบนหน้าจอ การเตรียมภาพเป็นขั้นตอนสำคัญ รวมถึงการแปลงภาพเป็นไบนารีและปรับฮิสโตแกรมเพื่อเพิ่มความชัดเจน การแปลงเป็นภาพไบนารีช่วยให้คอมพิวเตอร์

ระบุขอบและลักษณะเด่นของภาพ[10] การประมวลผลภาพสามารถใช้ในการป้องกันเด็กถูกทิ้งไว้ในรถ เช่น การวิเคราะห์ใบหน้าและเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเพื่อยืนยันตัวตน ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านแสงและระยะทางเพื่อให้ผลลัพธ์แม่นยำ การวิจัยในด้านนี้สามารถนำไปใช้ในระบบความปลอดภัยหลากหลาย เช่น การตรวจสอบตัวตนและการเฝ้าระวัง

### 2.3 เทคโนโลยี iBeacon

nRF51822 Bluetooth Smart Beacon เป็นปีคอนขนาดเล็กที่รองรับเทคโนโลยี Bluetooth 4.0 แบบพลังงานต่ำ (Low Energy) ทำให้อายุการใช้งานยาวนานถึง 2 ปี พัฒนาโดย Apple สำหรับใช้งานร่วมกับ Core Location APIs เพื่อติดตามตำแหน่งและส่งข้อมูลตามบริบท เช่น การส่งข้อมูลโปรโมชันหรือระบุตำแหน่งสินค้า ระบบนี้ใช้แนวคิด "micro-location context" ประกอบด้วยตัวกระจายสัญญาณซึ่งปีคอนจะส่งสัญญาณ Bluetooth ไปยังอุปกรณ์ที่รองรับ เช่น โทรศัพท์มือถือ เมื่อผู้ใช้เข้าออกจากบริเวณที่กำหนด สัญญาณจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์นั้น ระบบนี้สามารถระบุตำแหน่งภายในอาคารได้แม่นยำ เพียงเปิดใช้งาน Bluetooth และยอมรับสัญญาณจากปีคอน การประยุกต์ใช้ nRF51822 ในการป้องกันเด็กถูกทิ้งไว้ในรถ[7] ทำได้โดยการติดปีคอนที่มีรหัสประจำตัวเฉพาะของนักเรียน เมื่อผู้ขับรถเปิดฟังก์ชัน Bluetooth ระบบจะตรวจจับนักเรียนที่อยู่ในรถและยืนยันการขึ้น/ลงตามเวลาที่กำหนด ช่วยลดความเสี่ยงการลืมนักเรียนและเพิ่มความปลอดภัย

### 2.4 เทคโนโลยี Barcode

บาร์โค้ด (Barcode) หรือรหัสแท่ง เป็นเทคโนโลยีที่ใช้แทนข้อมูลในรูปแบบเลขฐานสอง โดยแสดงเป็นแถบสีดำและขาวที่มีความกว้างต่างกัน เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในระดับสากล โดยถูกนำมาใช้แทนการบันทึกข้อมูลด้วยคีย์บอร์ด ทำให้การบันทึกข้อมูลรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น บาร์โค้ดถูกใช้งานในหลายอุตสาหกรรม เช่น การค้าและการจัดการข้อมูล และยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำงานของบาร์โค้ดฟังก์ชันเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Scanner) ซึ่งจะแปลงข้อมูลจากรหัสแท่งให้อยู่ในรูปแบบตัวเลขหรือตัวอักษร[3] การประยุกต์ใช้ในด้านความปลอดภัย เช่น การป้องกันเด็กถูกทิ้งไว้ในรถ สามารถทำได้โดยการสแกนบาร์โค้ดเพื่อบันทึกการขึ้น/ลงของนักเรียน ช่วยให้การตรวจสอบและจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพกว่าการจดบันทึกแบบเดิม การอ่านบาร์โค้ดอาจประสบปัญหาหากแถบรหัสถูกปิดบัง จึงจำเป็นต้องออกแบบระบบให้รองรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

### 2.5 เทคโนโลยี NFC

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะสั้น (Short-Range

Wireless Technology)[9] คลื่นความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์ บนมาตรฐาน ISO 14443 เช่น Philips MIFARE และ Sony's FeliCa สามารถส่งข้อมูลในระยะ 4-10 เซนติเมตรด้วยความเร็วสูงสุด 424 กิโลบิตต่อวินาที เชื่อมต่อภายใน 0.1 วินาที เทคโนโลยี NFC ถูกนำไปใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ใกล้กันอย่างแพร่หลาย การประยุกต์ใช้ NFC ในระบบความปลอดภัย เช่น การระบุตัวตนนักเรียนเมื่อขึ้น/ลงรถรับส่ง ช่วยป้องกันการถูกทิ้งไว้ในรถ โดยใช้แท็ก NFC ที่มีความแม่นยำสูงและสามารถระบุตัวตนได้แม้มีวัตถุปิดทับ NFC มีข้อจำกัดด้านระยะทำการ ซึ่งทำให้ไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลจากระยะไกล การใช้งาน NFC เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ต้องการตรวจสอบในระยะใกล้ ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ

### 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

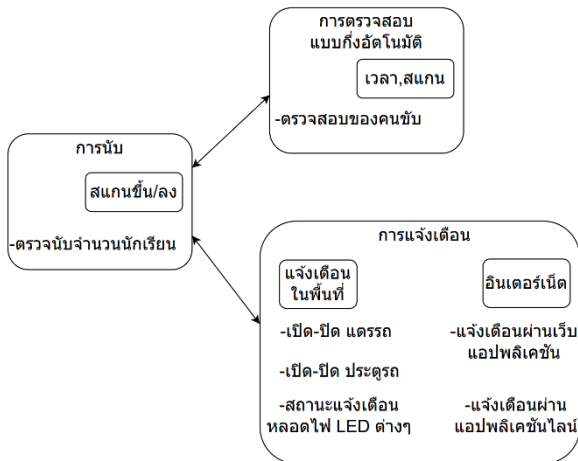
การประยุกต์ใช้นวัตกรรม IoT ที่นำเสนอในงานวิจัยแสดงถึงการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในหลากหลายบริบท วรรณิการ์ ฤกษ์โอภาส และ ณัฐวี อดตฤกษ์ (2564) ได้พัฒนาเทคโนโลยี IoT เพื่อการเฝ้าสังเกตและแจ้งเตือนกรณีเด็กติดค้างในรถโรงเรียน โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) และบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi) รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายในรถ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันที่เก็บข้อมูลนักเรียน ผู้ปกครอง ครูประจำทาง คนขับรถ และโรงเรียน พร้อมทั้งแจ้งเตือนการขึ้น/ลงของนักเรียนและบอกตำแหน่งของรถให้ผู้ปกครองทราบ[1] พิษณุ เกิดเจริญ และ มณฑิร รัตนศิริวงศ์วุฒิ (2562) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการตรวจสอบและรู้จำใบหน้าบุคคลแบบเรียลไทม์เพื่อป้องกันนักศึกษาที่กระทำความผิดรุนแรงจากการเข้าถึงอาคาร โดยใช้การตรวจสอบภาพจากกล้องและการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์[2] ปิยศักดิ์ อีอาสนา และ จารุกิตติ สายสิงห์ (2559) ได้พัฒนาระบบเช็คชื่อผู้เรียนด้วยเทคโนโลยี Barcode scanning ซึ่งสามารถสรุปผลรายวันและรายเดือน รวมถึงการรับและส่งข้อมูลรายชื่อนักเรียนไปยังระบบบริการการศึกษาของมหาวิทยาลัย[3] ประวีณ ไม้เกตุ (2559) ได้นำเทคโนโลยี RFID มาพัฒนาระบบแจ้งเตือนการโดยสารถโรงเรียนโดยใช้ Arduino Module และสัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่อบันทึกข้อมูลการขึ้น/ลงรถและส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ให้แก่ครูประจำรถและผู้ปกครอง[4] วุฒิ คุณาภรณ์ (2560) ได้พัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนเด็กในรถตู้โรงเรียน โดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือเพื่อระบุพิกัดตำแหน่งและแสดงแผนที่ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้ปกครอง[7] ประวีณ ไม้เกตุ (2565) ได้พัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอาคารสถานที่ด้วยเทคโนโลยี NFC โดยออกแบบแอปพลิเคชันบน



ระบบปฏิบัติการ Android เพื่อจัดการและรายงานผลการ  
เข้าจุดตรวจรักษาความปลอดภัยผ่านเว็บไซต์ รวมถึงการ  
ยืนยันการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายจากกล้องหน้าและการ  
จัดเก็บข้อมูลจากการสแกนสถานีตรวจด้วยแท็ก NFC[5]

ผู้วิจัยเห็นถึงปัญหาในงานวิจัย จึงได้บูรณาการข้อมูล  
งานวิจัยเพื่อมาปรับใช้ ทำให้ผู้วิจัยทำวิจัย เรื่องกระบวนการ  
ป้องกันนักเรียนติดในรถตู้รับส่งนักเรียนโดยใช้นวัตกรรม IoT  
แนวความคิดงานวิจัยของผู้วิจัยคือ ระบบต้องมีกระบวนการ  
ป้องกันนักเรียนติดในรถไม่ว่านักเรียนจะติดในรถหรือไม่ติด  
ในรถ ต้องให้คนขับเช็ครถก่อนปิดรถทุกครั้ง โดยจะมีการแจ้ง  
เตือนภายในรถหรือนอกกรณีนักเรียนติดในรถ จากปัญหา  
คนขับลืมเช็คคนนักเรียนภายในรถก่อนทำการปิดรถ ผู้วิจัยจึง  
ต้องให้คนขับมีการตรวจเช็คภายในรถก่อนเวลาที่กำหนดอีก  
ทั้งระบบต้องสามารถทำการแจ้งเตือนได้กรณีมีสัญญาณ  
อินเทอร์เน็ตและกรณีไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ระบบไฟ  
สำรองเพื่อใช้สำหรับระบบไฟขัดข้อง โดยระบบที่ผู้วิจัย  
ออกแบบ มีกระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถ

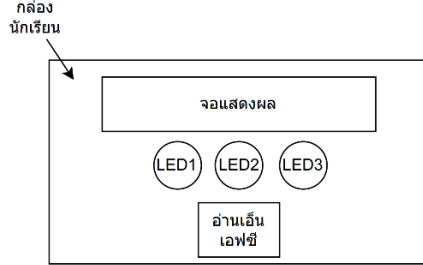
### 3. วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1 ภาพแนวคิดกระบวนการป้องกันนักเรียนติด  
ในรถตู้รับส่งนักเรียนโดยใช้นวัตกรรม IoT

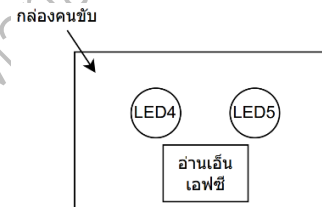
จากภาพที่ 1 แสดงแนวคิดกระบวนการป้องกัน  
นักเรียนติดในรถตู้รับส่งนักเรียนโดยใช้นวัตกรรม IoT แบ่งได้  
3 องค์ประกอบ 1.การนับภายในรถจะต้องมีระบบตรวจนับ  
นักเรียนขึ้น/ลงจากรถ 2.การตรวจสอบจะดำเนินการใน  
ลักษณะกึ่งอัตโนมัติ โดยระบบจะตรวจนับจำนวนนักเรียนที่  
ขึ้น/ลงจากรถโดยใช้ข้อมูลเวลาจากการสแกนแท็ก NFC  
เพื่อให้คนขับสามารถตรวจสอบได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด  
และป้องกันไม่ให้นักเรียนติดอยู่ในรถ หากคนขับไม่สามารถ  
ทำการตรวจสอบภายในเวลาที่กำหนด ระบบจะดำเนินการ  
ตรวจสอบแทนและถือว่าคนขับมีความประมาทเพราะไม่  
ตรวจสอบนักเรียนภายในรถอีกครั้ง 3.การแจ้งเตือนเมื่อทำ

การตรวจสอบสำเร็จระบบจะแจ้งเตือนในพื้นที่ พร้อมทั้ง  
แสดงสถานะภายในรถหรือนอกบริเวณรถ อีกทั้งเมื่อมี  
สัญญาณอินเทอร์เน็ตระบบจะส่งข้อมูลไปเว็บแอปพลิเคชัน  
และ แอปพลิเคชันไลน์กลุ่มผู้ปกครอง



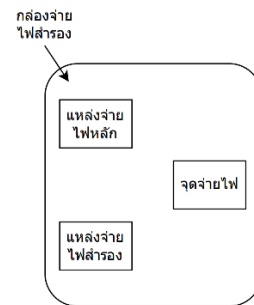
ภาพที่ 2 อุปกรณ์กล่องนักเรียน

จากภาพที่ 2 กล่องนักเรียน ใช้สำหรับนับนักเรียนที่  
ขึ้น/ลง รถโดยมี LED1,2,3 ไฟสถานะการเปิด/ปิดประตู,ไฟ  
สถานะการอ่านแท็ก,ไฟสถานะการเปิด/ปิดประตูรถ



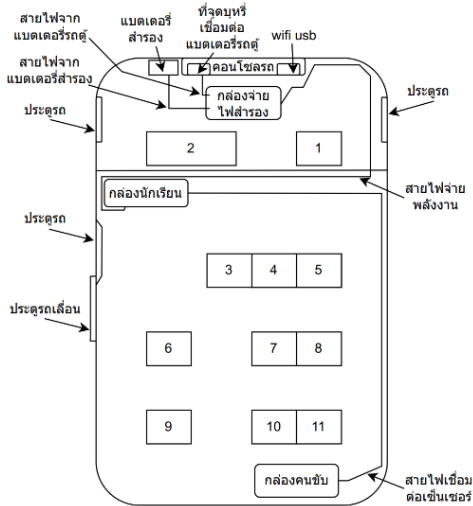
ภาพที่ 3 กล่องคนขับ

จากภาพที่ 3 กล่องคนขับ ใช้สำหรับตรวจสอบการนับ  
จากกล่องนักเรียนโดยมี LED4,5 ไฟสถานะการแจ้งเตือน  
นักเรียนไม่ติดในรถตู้,ไฟสถานะการอ่านแท็กเอ็นเอฟซีของ  
คนขับ,การแจ้งเตือนนักเรียนติดในรถตู้



ภาพที่ 4 กล่องจ่ายไฟสำรอง

จากภาพที่ 4 กล่องจ่ายไฟสำรอง ใช้สำหรับบรรเทา  
ระบบไฟฟ้าขัดข้องโดยมี แบตเตอรี่หลัก จำลองจาก DC  
Adapter 12V 2A เปรียบเสมือนแบตเตอรี่ในรถตู้ แบตเตอรี่  
สำรอง จำลองจาก DC Adapter 12V 2A เปรียบเสมือน  
แบตเตอรี่ก้อนสำรองในรถตู้



ภาพที่ 5 กล้องอุปกรณ์เมื่อนำไปติดตั้งในรถตู้

จากภาพที่ 5 ในรถจะมีกล้อง 3 กล้อง กล้องนักเรียนไว้สำหรับการนับขึ้น/ลงของนักเรียนบริเวณทางขึ้นของรถ กล้องคนขับ ไว้สำหรับตรวจสอบนักเรียนภายในรถ กล้องสำรองไฟสำหรับรถเกิดระบบไฟฟ้าขัดข้อง

กระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถตู้รับส่งนักเรียน เป็นการออกแบบระบบช่วงเริ่มต้น เหมาะสำหรับการใช้งานจริงของตัวระบบ ซึ่งจะทำให้การทดสอบการทำงานของระบบ โดยทำการทดสอบ

- 1.การทดสอบความแม่นยำการอ่านค่าแท็กเอ็นเอฟซีในการขึ้นครบลงครบ
- 2.การทดสอบเวลาการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซี
- 3.การแจ้งเตือนกรณีมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตแจ้งเตือนผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชันไลน์
- 4.การแจ้งเตือนสถานะหลอดไฟ LED

ตารางที่ 1 การทดสอบความแม่นยำการอ่านค่าแท็กเอ็นเอฟซีในการขึ้นครบลงครบ

ลักษณะการทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ตรวจสอบความถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้อง
แท็กเอ็นเอฟซี	50	50	100%

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบความแม่นยำการอ่านค่าแท็กเอ็นเอฟซีในการขึ้นครบลงครบ ผลรวมของการทดสอบที่ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ คือ  $(50/50) \times 100 = 100$  เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 การทดสอบเวลาการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซี

ลักษณะการทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เฉลี่ยเวลาการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซี
เวลาสแกนแท็กเอ็นเอฟซี	50	2.708

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเร็วของการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซีจำนวน 50 ครั้ง พบว่าในการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซีต่อ 1 ครั้ง จะใช้เวลาในการอ่าน 2.708 วินาที

ตารางที่ 3 การแจ้งเตือนกรณีมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตแจ้งเตือนผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชันไลน์

ลักษณะการทดสอบ	กรณีมีสัญญาณอินเทอร์เน็ต	ร้อยละความถูกต้อง
เว็บแอปพลิเคชัน	แจ้งเตือนได้	100%
แอปพลิเคชันไลน์	แจ้งเตือนได้	100%

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนกรณีมีสัญญาณอินเทอร์เน็ต สามารถแจ้งเตือนผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชันไลน์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 การแจ้งเตือนสถานะหลอดไฟ LED

ลักษณะการทดสอบ	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5
นักเรียนสแกนแท็กเอ็นเอฟซีขึ้น/ลงครบคนขับ	-	✓	-	✓	✓
นักเรียนสแกนแท็กเอ็นเอฟซีภายในเวลาที่กำหนด	✓	✓	✓	-	✓
นักเรียนสแกนแท็กเอ็นเอฟซีขึ้น/ลงไม่ครบคนขับ	✓	✓	✓	-	✓
นักเรียนสแกนแท็กเอ็นเอฟซีภายในเวลาที่กำหนด	✓	✓	✓	-	✓

นักเรียน สแกนแท็ก เอ็นเอฟ ซีขึ้น/ลงครบ คนขับไม่ สแกนแท็ก เอ็นเอฟซี ภายในเวลา ที่กำหนด	✓	✓	✓	-	✓
นักเรียน สแกนแท็ก เอ็นเอฟ ซีขึ้น/ลงไม่ ครบคนขับ ไม่สแกน แท็กเอ็น เอฟซี ภายในเวลา ที่กำหนด	✓	✓	✓	-	✓

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะหลอดไฟ LED ระบบสามารถแสดงสถานะได้ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถดูสถานะหลอดไฟได้ที่ LED4 ถ้าดับ ไม่หลอดไฟ แต่ถ้าติดคือหลอดไฟ

#### 4. อภิปรายผล

จากการทดสอบพบว่าแท็กเอ็นเอฟซี ข้อดีคือ มีความแม่นยำสูง ใช้ระบุตัวตนนักเรียนหรือให้นักเรียนมีแท็กเอ็นเอฟซีตัวนี้ไว้เปรียบเสมือนไอดีของแท็กเอ็นเอฟซีแทนนักเรียนคนนั้น ผลการทดสอบความเร็วของการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซีจำนวน 50 ครั้ง พบว่าในการอ่านข้อมูลแท็กเอ็นเอฟซีต่อ 1 ครั้ง จะใช้เวลาในการอ่าน 2.708 วินาที ผลการทดสอบกรณีมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตสามารถดูประวัติผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้ หรือดูการสรุปผลรายวันผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันไลน์ สถานะไฟ LED สามารถแสดงผลได้

#### 5. สรุปผล

ปัญหาการลืมนักเรียนไว้ในรถรับส่งเกิดจากความประมาทของคนขับ ทำให้เกิดความเสียวต่อความปลอดภัยของนักเรียน ซึ่งอาจนำไปสู่การเสียชีวิต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนากระบวนการป้องกันนักเรียนติดในรถรับส่งนักเรียน โดยใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งประยุกต์กับวิธีตรวจสอบแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้เทคโนโลยี NFC เพื่อระบุและนับจำนวนนักเรียนที่ขึ้น/ลงจากรถ นักเรียนต้องสแกนแท็ก NFC ทุกครั้งที่ขึ้น/ลงจากรถ โดยคนขับต้องตรวจสอบ

ภายในรถ ภายในเวลาที่กำหนดเพื่อยืนยันว่าไม่มีนักเรียนถูกลืม ผลการทดสอบระบบ NFC แสดงให้เห็นว่าแท็กสามารถระบุตัวตนของนักเรียนได้อย่างแม่นยำ โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการอ่านข้อมูลต่อแท็กที่ 2.708 วินาที ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานจริง นอกจากนี้ ถ้ามีสัญญาณอินเทอร์เน็ตระบบยังสามารถส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างถูกต้อง ทำให้การติดตามสถานะของนักเรียนมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพสูง ระบบการตรวจสอบนี้ยังช่วยให้คนขับตรวจสอบจำนวนการขึ้น/ลงของนักเรียนผ่านแสดงสถานะไฟ LED ของระบบได้อย่างชัดเจนและง่ายต่อการใช้งาน สุดท้ายนี้ถึงจะมีระบบป้องกันนักเรียนติดในรถ คนขับควรมีความรอบคอบมากกว่านี้ไม่ควรจะลืมนักเรียนทิ้งไว้ในรถ

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ในงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ความสามารถและการสนับสนุนจากหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ธนวานิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำอย่างเอาใจใส่ ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ ขอขอบคุณรุ่นพี่เพื่อนๆ และครอบครัวที่ให้กำลังใจและสนับสนุนอย่างดีที่สุด หวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและความปลอดภัยของนักเรียน

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรรณิการ์ ฤกษ์โอภาส และ ณัฐวี อุตกฤษฎ์ .(2021). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อเฝ้าสังเกต ตรวจสอบ และแจ้งเตือนกรณีมีเด็กติดค้างอยู่ในรถโรงเรียน. The Seventeenth National Conference on Computing and Information Technology, 548-553.
- [2] พิษณุ เกิดเจริญ และ มณฑิยา รัตนศิริวงศ์วุฒิ .(2019). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการตรวจสอบและรู้จำใบหน้าบุคคลแบบ Realtime. The Fifteenth National Conference on Computing and Information Technology, 201-206.
- [3] ปิยศักดิ์ อีอาสนา และ จารุกิตต์ สายสิงห์.(2559). การพัฒนาระบบเช็คชื่อผู้เรียนด้วยเทคโนโลยี Barcode scanning.
- [4] ประวิณ ไม้เกตุ .(2559). ระบบแจ้งเตือนการโดยสารรถโรงเรียน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] ประวิณ ไม้เกตุ .(2565). การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอาคารสถานที่โดยเทคโนโลยี NFC. วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต, 3(3), 1-15.

- [6] เนติมา อุดร .(2562). การพัฒนาต้นแบบระบบติดตามรถรับส่งนักเรียนอัจฉริยะบนโมบายแอปพลิเคชันเพื่อความปลอดภัยของเด็กด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง RFID และซอฟต์แวร์รหัสเปิด. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี). มหาวิทยาลัยนเรศวร
- [7] วุฒิ คุณาภรณ์ .(2560). การพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนเด็กในรถตู้โรงเรียน. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี). มหาวิทยาลัยบูรพา
- [8] เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร และ วรางคณา เหนือคูเมือง . (2560). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์. วารสารวิจัยUTK ราชวมงคลกรุงเทพ, 11(1), 34-39.
- [9] เทคโนโลยีเอ็นเอฟซี (Near-field Communication) (2558) [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 3 กันยายน 2567]. จาก <https://www.etda.or.th/th/Useful-Resource/knowledge-sharing/NFC-Makes-Our-Lives-Easy.aspx?feed=590fb9ad-c550-4bc5-9a56-459ad4891d74>
- [10] หลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) (2553) [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 3 กันยายน 2567]. จาก [https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2731/7/250935\\_ch3.pdf](https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2731/7/250935_ch3.pdf)
- [11] PPTVHD36. (2024). สัจคม. PPTVHD36. [สืบค้นวันที่ 1 กันยายน 2567]. จาก <https://www.pptvhd36.com/news/%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B8%A1/179674>

## การศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

### Drying of Andrographis Paniculate with Fluidized Bed

กวิณ เลิศเลาะห์กุล<sup>1</sup> ฐณพล เวียงทอง<sup>1</sup> ณฑพร จินดาประเสริฐ<sup>1</sup> ประเสริฐ วิโรจน์ชิวิน<sup>1</sup> และ  
ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

padipan.t@rmutp.ac.th

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันฟ้าทะลายโจรเป็นที่ต้องการของตลาดสูงมาก เนื่องจากมีรายงานผลการวิจัยพบว่า ฟ้าทะลายโจรช่วยรักษาอาการไข้ที่เป็นอาการหนึ่งของผู้ที่ติดเชื้อโควิด-19 ได้ ฟ้าทะลายโจรจัดเป็นสมุนไพรท้องถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ทวีปเอเชีย โดยนิยมนำส่วนของใบและลำต้นใต้ดิน มาทำเป็นยารักษาโรค โดยเฉพาะโรคไข้หวัดใหญ่ สำหรับฟ้าทะลายโจรที่นำมาทำเป็นยารักษาโรคจะต้องผ่านวิธีทำให้แห้ง ในการทำให้แห้งปกติ ใช้วิธีการตากแดดตามธรรมชาติ ซึ่งมีข้อจำกัดเวลาในการผลิต จะทำให้การผลิตไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นโครงการนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการนำฟ้าทะลายโจรมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งเครื่องอบแห้งชนิดนี้สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว โดยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่จะทำการศึกษามีอุปกรณ์ประกอบด้วย ชุดพัดลมโบลเวอร์ 2 HP ที่ความเร็วรอบสูงสุด 2,950 rpm เป่าลมผ่านฮีตเตอร์ทำความร้อนขนาด 6 KW เกิดลมร้อนไปยังถังอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33 cm สูง 150 cm ในการทดลองนี้ได้กำหนดน้ำหนักฟ้าทะลายโจรในการอบครั้งละ 500 g, 1,000 g, และ 2,000 g ทดลองที่อุณหภูมิ 50 °C, 60 °C และ 70 °C ผลจากการทดลองพบว่า น้ำหนักและอุณหภูมิในการอบแห้ง ของฟ้าทะลายโจร จะมีผลต่อความเร็วในการลดความชื้น ที่อุณหภูมิ 60 °C มีความเหมาะสมในการอบแห้งมากที่สุด

**คำสำคัญ:** ฟ้าทะลายโจร การอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

## Abstract

*Andrographis paniculata*, which is commonly known as Fah Talai Jone in Thailand. It has gained more popularity straightaway. Based on research paper results, this herb can cure fever symptoms caused by COVID-19. Fah Talai Jone is one of the traditional herbs that is widely used in Southeast Asia. Leafs and trunks are used to cure diseases, especially influenza. Medicine has developed by using dried herbs and encapsulating in capsules. Normally, the drying process uses sun-dry method, which causes inconsistency and limitations in production. This study is interested in utilizing fluidized bed method for Fah Talai Jone drying. This type of dryer can swiftly decrease humidity. The fluidized bed dryer that was used in this study consists of a 2 HP blower (2,950 rpm), a 6 kW heater, and a drying chamber (33 cm diameter, 150 cm height). The experiment was conducted by varying Fah Talai Jone weights at 500 g, 1000 g, and 2000 g. The blower temperature was set to 50 °C, 60 °C, and 70 °C. The outcome of the experiment states that the herb weight and the drying temperature have a significant effect on humidity decreasing speed. From the result shown, temperature at 60 °C is the most appropriate temperature for drying.

**Keywords:** *Andrographis paniculate*, Drying, Fluidized bed dryer

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันฟ้าทะลายโจรเป็นที่ต้องการของตลาดสูงมาก เนื่องจากมีข้อมูลผลการวิจัยกล่าวว่า ฟ้าทะลายโจรช่วยรักษาอาการไข้ที่เป็นอาการหนึ่งของผู้ที่ติดเชื้อโควิด-19 ได้ ฟ้าทะลายโจรจัดเป็นสมุนไพรท้องถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ [1] การนำฟ้าทะลายโจรมาทำเป็นยาลูกกลอนหรือใส่แคปซูลเพื่อความสะดวกในการรับประทาน มีผู้ศึกษาค้นคว้าวิจัยถึงสรรพคุณยาและได้พบสารเคมีในส่วนต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรอยู่หลายชนิด รวมทั้งสารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) [1] ที่เป็นตัวยาสำคัญที่มีอยู่ในทุกส่วนของฟ้าทะลายโจร ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561 มีเนื้อที่เพาะปลูกฟ้าทะลายโจรประมาณ 138 ไร่ ใน 3 จังหวัดหลัก คือ นครปฐม ราชบุรี และลำปาง ซึ่งให้ผลผลิต 220,800 - 230,200 กก./ปี [1] โดยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิตฟ้าทะลายโจรจะมีอยู่ 3 กลุ่มหลัก คือ ผู้ผลิตขั้นต้น หรือกลุ่มเกษตรกร ผู้ผลิตขั้นกลาง หรือโรงงานแปรรูปสมุนไพร และ ผู้ผลิตขั้นปลาย หรือกลุ่มธุรกิจยาและโรงพยาบาล ผลผลิตส่วนใหญ่ที่จะถูกแปรรูป และนำมาสกัดเป็นสารตั้งต้นเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องกลุ่มยา เพื่อทดแทนยาแผนปัจจุบัน เมื่อพิจารณาถึงราคาของฟ้าทะลายโจร ที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 36.8 บาท/กก. เมื่ออยู่ในรูปแบบผงฟ้าทะลายโจรจะอยู่ที่ 300-600 บาท/กก. [1-2] ดังนั้นการผลิตฟ้าทะลายโจรแห่งนี้จึงมีความสำคัญมากที่จะช่วยเพิ่มมูลค่า ของฟ้าทะลายโจรแต่ในการผลิตปกติของเกษตรกรอาจจะทำไม่ทันตามความต้องการของตลาด เนื่องจากการตากแดดฟ้าทะลายโจรในการผลิตปกติต้องใช้เวลานาน ต้องคำนึงถึงความสะอาด และการปนเปื้อนของกระบวนการตากแห้ง

เมื่อศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการอบแห้งของฟ้าทะลายโจร จากงานวิจัยของ สุภรัตน์ เนินปลอดและคณะ [3] ได้ศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลและสนามไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ คุณภาพและ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลและสนามไฟฟ้าแรงดันสูง ทำการอบแห้งฟ้าทะลายโจรที่ อุณหภูมิ 50 °C, 60 °C และ 70 °C แรงดันไฟฟ้า 0 kV, 7.5 kV และ 15 kV จากการศึกษาพบว่า

การเพิ่มความเร็วมวลจาก 0.2 m/s เป็น 0.4 m/s ส่งผลไม่มากนักต่อการอบแห้ง ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิและแรงดันสนามไฟฟ้า มีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) และปริมาณแลคโตนรวมลดลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิอบแห้ง 70 °C พัชรินทร์ ตาดวง และคณะ [4] ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งแบบที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด การทดลองกำหนดภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่ความหนาเบด 1, 2 และ 3 cm ของเมล็ดงา และมีน้ำหนัก 100 g, 200 g และ 300 g อุณหภูมิของอากาศอบแห้ง คือ 45 °C, 50 °C, 55 °C และ 60 °C ผลการทดลองพบว่าความเร็วมวลเฉลี่ยของอากาศร้อนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เบดในหีบอบเท่ากับ 1.2 m/s และอุณหภูมิอากาศอบแห้งมีผลต่ออัตราการลดความชื้นโดยที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยกว่าอุณหภูมิต่ำ ทุกๆความหนาเบด และความสูงเบดมีผลต่อระยะเวลาของการลดความชื้น โดยที่ความหนาเบดมากขึ้นเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจะมากขึ้น สำหรับงานวิจัยของ ภาสกร ทางดีและคณะ [5] ได้ศึกษาเครื่องอบฟ้าทะลายโจรประสิทธิภาพสูงด้วยพีทีเอพีร่วมกับอากาศหมุนเวียน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยแบ่งออกเป็นเครื่องอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ใช้กระจกและเครื่องอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรเมื่อใช้พีทีเอพีร่วมและศึกษาการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่มีระบบหมุนเวียนอากาศและไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศของเครื่องอบแห้งทั้งสองแบบ จากผลการวิจัยโดยการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นน้ำหนักฟ้าทะลายโจร 50 กรัม พบว่าเครื่องอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ใช้พีทีเอพีและระบบหมุนเวียนอากาศเหมาะสมต่อการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยหลังจากทำการอบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงค่าอุณหภูมิสูงสุด 50-55 °C มีค่าความชื้นมาตรฐานคืออยู่ในช่วง 8-10 % มาตรฐานแห้งผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี TLC โดยใช้เครื่อง HPTLC พบค่าแอนโดรกราโฟไลด์ที่ 1.0717 W/W ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานจักรพรรณ์ ผิวสะอาด และคณะ [6] ได้ศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร เครื่องอบแห้งประกอบด้วยแผ่นพอลิ

คาร์บอนเปิดคลุมบนพื้นคอนกรีตให้พลังงานโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 50 W เพื่อระบายอากาศในเครื่องอบแห้งทำการทดลอง 15 ชุดการทดลอง การทดลองแต่ละชุดใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจร 50 กิโลกรัม ในเครื่องอบแห้ง ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีการแปรค่าตั้งแต่ 32°C ถึง 65°C นอกจากนี้ยังทำการศึกษารูปแบบจำลองตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองคือความเข้มข้นของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอัตราการไหลของอากาศ ผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรคำนวณจากแบบจำลองสอดคล้องกับผลการวัด มีค่า แบบที่ 1 (RMSD) เท่ากับ 5.2% และ R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.9715 และ แบบที่ 2 (RMSD) เท่ากับ 4.5% และ R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.9822

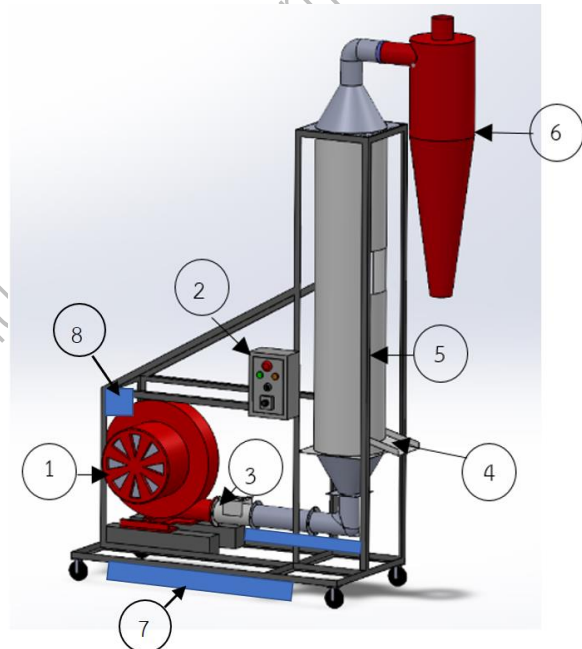
จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ยังไม่พบรายงานการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้เทคนิคการอบแห้งใช้วิธีการเป่าลมร้อนจากเครื่องอบแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่สามารถทำลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด ผลการศึกษาจะช่วยลดระยะเวลาในการผลิตฟ้าทะลายโจรแห้ง และเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับเกษตรกร

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

### 2.1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดคือ การอบแห้งที่ทำให้วัสดุลอยตัวเป็นอิสระ เกิดการคลุกเคล้า เกิดการสัมผัสกับลมร้อนอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสูงสามารถลดความชื้นของวัสดุลงได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับใช้ทำแห้งวัสดุที่เป็นเม็ดหรือโบนขนาดเล็กที่มีรูปทรงและขนาดสม่ำเสมอ โดยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ดังภาพที่ 1 ดังกล่าว มีความกว้าง 61 cm ความยาว 138 cm ความสูง 215 cm ใช้มอเตอร์ขนาด กำลัง 2 HP เป็นต้นกำลัง ใช้โบลเวอร์ขนาด 2,950 rpm เป่าลมผ่านฮีตเตอร์ทำความร้อนขนาด 6 kW สามารถปรับตั้งอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ 80 °C เกิดลมร้อนไหลไปยังถังอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 33 cm สูง 150 cm การทำงานของ

เครื่องอบแห้งเปิดตู้ควบคุมหมายเลข 2 ชุดพัดลมโบลเวอร์จะทำงาน โดยสามารถปรับอัตราการไหลของลมได้ที่โบลเวอร์ลมไหลผ่านชุดฮีตเตอร์หมายเลข 3 กลายเป็นลมร้อนเข้าสู่หอบหมายเลข 5 โดยก่อนหน้านั้นสามารถป้อนฟ้าทะลายโจรก่อนทำการอบที่ช่องหมายเลข 4 ลมร้อนหลังการอบและความชื้นจะออกผ่านถังไซโล หมายเลข 6 เมื่อทำการอบแห้งเสร็จแล้ว สามารถนำฟ้าทะลายโจรที่แห้งออกทางช่องหมายเลข 5 ใช้อุปกรณ์ซึ่งน้ำหนักหมายเลข 7 แบบดิจิตอลรุ่น GRAM K3 (+/-0.01) ลมร้อนจะถูกปล่อยทิ้งผ่านไซโลและลมร้อนส่วนหนึ่งจะถูกกักกลับมาใช้ใหม่ ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าสำหรับโบลเวอร์และฮีตเตอร์ หมายเลข 8



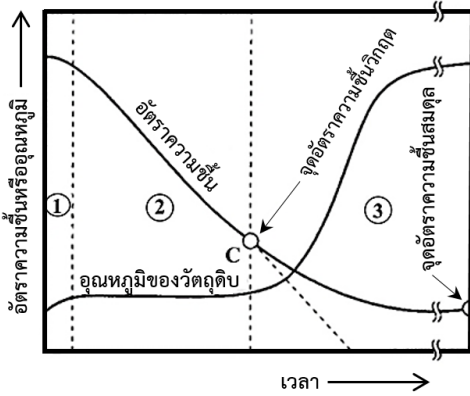
ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งฟ้าทะลายโจร แบบฟลูอิดไดซ์เบด

### 2.2 การอบแห้ง

การอบแห้ง [5] คือกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดๆไปยังผลิตภัณฑ์เพื่อไล่ความชื้นออกจากวัสดุ โดยการระเหยซึ่งใน ทางปฏิบัติจะใช้อากาศเป็นตัวกลาง การถ่ายเทความร้อนส่วนใหญ่จะเกิดจากการพาความร้อนระหว่างอากาศร้อน และ ความชื้นที่ผิวของวัสดุโดยความร้อนจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำจากผิววัสดุ ปัจจุบันที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศ กราฟการอบแห้งแบ่งออกได้เป็นสามส่วนดังภาพที่ 1 คือ 1.ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัตถุดิบ ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างสั้น เป็นช่วงเวลาที่วัตถุดิบใช้ใน



การเพิ่มอุณหภูมิ 2. ช่วงการอบแห้งในช่วงอัตราคงที่ ในช่วงนี้ ปริมาณความชื้นเริ่มลดลงอย่างมากด้วยอัตราคงที่และ อุณหภูมิคงที่ 3. ช่วงการอบแห้งในช่วงอัตราลดลง เป็นช่วงที่ อัตราการอบแห้งลดลง อุณหภูมิของวัตถุดิบเพิ่มขึ้นเข้าใกล้ อุณหภูมิของลมร้อน



ภาพที่ 2 ช่วงต่างๆ ในการอบแห้ง [7]

### 2.3 การคำนวณหาความชื้นของการอบแห้ง [8]

การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis, db) เพื่อการบอกค่าความชื้นซึ่งก็คือ การบอกปริมาณของน้ำที่มี อยู่ในผลผลิต สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานแห้ง ดัง สมการที่ 1

$$M_d = \left( \frac{m_w - m_d}{m_d} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% db)

$m_w$  คือ มวลของวัตถุดิบชื้น (kg)

$m_d$  คือ มวลของวัตถุดิบแห้ง (kg)

การคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio) ค่าอัตราส่วนความชื้นเป็นค่าที่นิยมนำมาใช้ในการ เขียนกราฟผลการทดลองเพื่อแสดงผลการทดลองที่มี ค่าสูงสุดเท่ากันทุกชนิดที่ทดลอง จึงเหมาะกับการ เปรียบเทียบผลการทดลอง

$$MR = \frac{M_t}{M_s} \quad (2)$$

เมื่อ  $MR$  คือ อัตราส่วนความชื้น

$M_t$  คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ (% db)

$M_s$  คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ (% db)

### 2.4 ฟ้าทะลายโจร

ฟ้าทะลายโจร คือ สมุนไพรที่จัดให้เป็นสมุนไพร ท้องถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถูกใช้กัน อย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วทวีปเอเชีย โดยนิยมนำ ส่วนของใบและลำต้นใต้ดิน มาทำเป็นยารักษาโรค โดยเฉพาะโรคไข้หวัดใหญ่ ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชล้มลุก สูง ประมาณ 30-60 cm ลำต้นตั้งตรงกิ่งก้านเป็นสันสี่เหลี่ยม ใบ เดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปใบหอก กว้าง 1-2.5 cm ยาว 4-10 cm โคนใบและปลายใบแหลม ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น เล็กน้อย เนื้อใบสีเขียวเข้ม เป็นมัน ก้านใบยาว 2-8 cm ดอก จะออกเป็นช่อใหญ่ที่ปลายกิ่งและซอกใบ ช่อโปร่งยาว 5-30 cm ดอกย่อยขนาดเล็ก ดอกสีขาวแกมม่วง มีขน กลีบเลี้ยง โคนติดกัน ผลเป็นฝักรูปทรงกระบอก สีเขียวอมน้ำตาล ปลายแหลม เมื่อผลแล้วแก่จะแตกดีดเมล็ดออกมา มีเมล็ด 8-14 เมล็ด ขนาดเล็ก สีน้ำตาลแดง ใช้เมล็ดขยายพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดฟ้าทะลายโจรมีเปลือกหุ้มหนาและแข็ง ซึ่งเป็น อุปสรรคต่อการงอก นอกจากนี้เมล็ดยังมีการพักตัว จึงควร แก่การพักตัวของเมล็ดก่อนนำไปเพาะหรือก่อนการปลูก [2] การปลูกฟ้าทะลายโจรสามารถปลูกด้วยเมล็ดหรือต้นกล้า มี 4 วิธี คือ 1. นำเมล็ดผสมทรายหยาบอัตรา 1:1-2 ส่วน จากนั้น หว่านในแปลงปลูก 2. โรยเมล็ดเป็นแถวแนวขวาง แต่ละแถวห่างกันประมาณ 50 cm แล้วกลบด้วยดินบาง ๆ 3. เพาะต้นกล้าในถาดเพาะ แล้วย้ายกล้ามาปลูกในแปลง เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 30 วัน 4. เพาะต้นกล้าในแปลง การเตรียมแปลงเพาะต้นกล้าใช้วิธีเดียวกับการทำแปลงปลูก โดยรองพื้นด้วยปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร [9] วิธีการแปรรูปฟ้าทะลายโจรมีหลายวิธี เช่น ทำเป็นยาขง ยาเม็ด (ลูกกลอน) แคปซูล ยาทิงเจอร์หรือยา ดองเหล้าและยาผงใช้สูดดม [10] สมุนไพรฟ้าทะลายโจร มี สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางยาสมุนไพรอยู่ 3 สารด้วยกัน โดย เป็นสาร ในกลุ่ม Lactone ซึ่งก็คือ สารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) สาร นีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (Neoandrographolide) และสาร 14-ดีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ (14-deoxy-andrographolide) เป็นต้น โดยส่วน ที่นำมาใช้เป็นยาสมุนไพรได้แก่ ใบสด ใบแห้ง และทั้งต้น โดย ใบจะเก็บมาใช้ได้เมื่อต้นมีอายุได้ราว 3-5 เดือน



ภาพที่ 3 ฟ้ายะลวยโจร [9]

### 2.5 สถานะการทดลอง

ทำการทดลองกับฟ้ายะลวยโจร 500 g, 1,000 g และ 2,000 g ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 40 °C, 50 °C, 60 °C และ 70 °C ปรับความเร็วลมร้อนคงที่ 1.5 m/s (สถานะฟ้ายะลวยโจร ลอยตัว) ชั่งน้ำหนักทุกๆ 15 min ตรวจวัดการใช้พลังงาน ไฟฟ้าตลอดช่วงเวลากการอบแห้ง

### 3. ผลการวิจัย (Results)

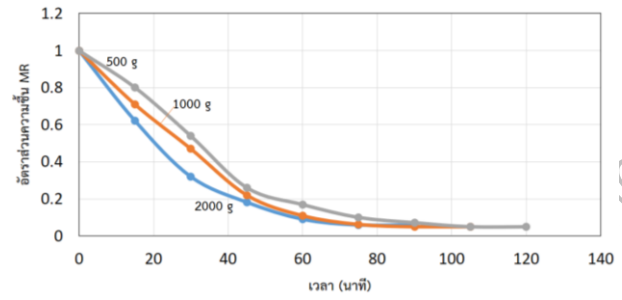
ผลการทดลองแสดงผลในรูปของอัตราส่วนความชื้น การสิ้นเปลืองพลังงาน และค่าไฟฟ้า ในการอบแห้ง



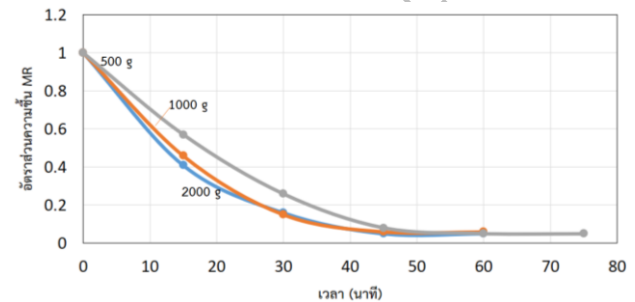
ก่อนทดลอง

หลังทดลอง

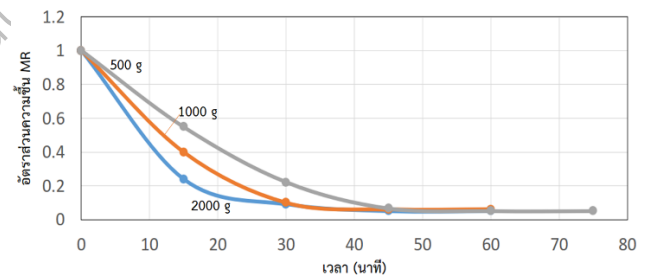
ภาพที่ 4 ฟ้ายะลวยโจรก่อนการทดลองและหลังการทดลอง  
ที่อุณหภูมิ 40 °C



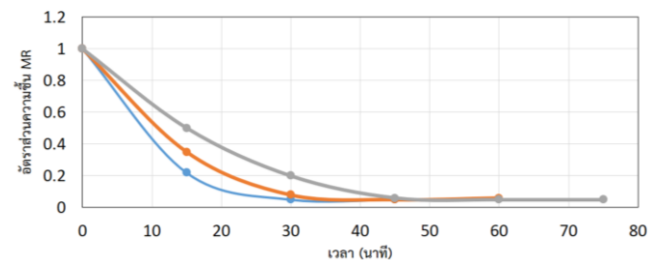
ภาพที่ 5 อัตราส่วนความชื้น 500, 1000, 2000 g ที่  
อุณหภูมิ 40 °C



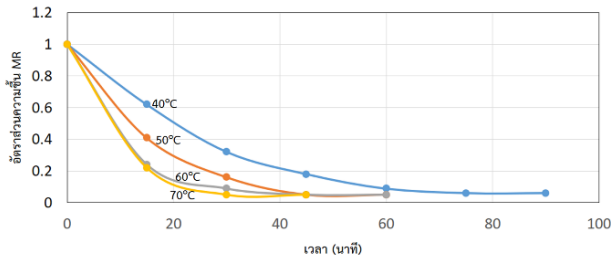
ภาพที่ 6 อัตราส่วนความชื้น 500, 1000, 2000 g ที่  
อุณหภูมิ 50 °C



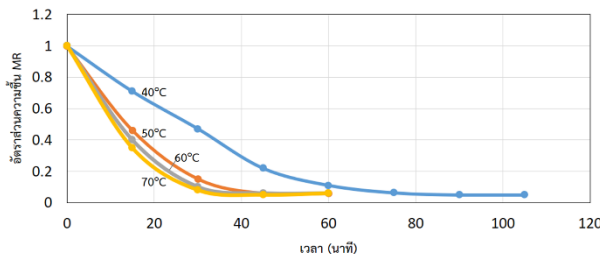
ภาพที่ 7 อัตราส่วนความชื้น 500, 1000, 2000 g ที่  
อุณหภูมิ 60 °C



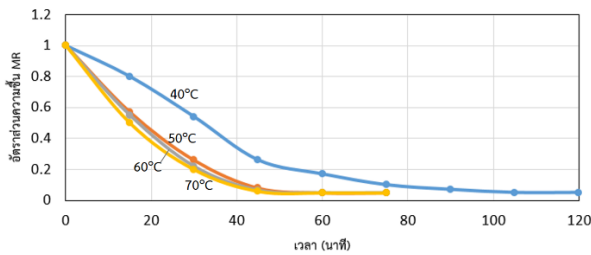
ภาพที่ 8 อัตราส่วนความชื้น 500, 1000, 2000 g ที่  
อุณหภูมิ 70 °C



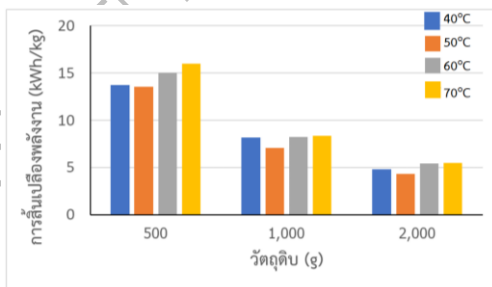
ภาพที่ 9 อัตราส่วนความชื้น ที่น้ำหนัก 500 g อุณหภูมิ 40 °C, 50 °C, 60 °C และ 70 °C



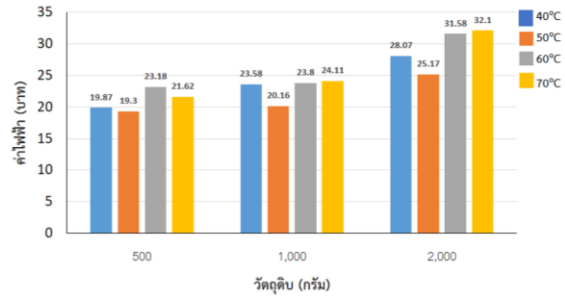
ภาพที่ 10 อัตราส่วนความชื้น ที่น้ำหนัก 1000 g อุณหภูมิ 40 °C, 50 °C, 60 °C และ 70 °C



ภาพที่ 11 อัตราส่วนความชื้น ที่น้ำหนัก 2000 g อุณหภูมิ 40 °C, 50 °C, 60 °C และ 70 °C



ภาพที่ 12 การสิ้นเปลืองพลังงาน



ภาพที่ 13 ค่าไฟฟ้า

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดลองกับวัตถุดิบ ฟ้ายะลวยโจรที่อุณหภูมิ 40°C, 50 °C, 60 °C และ 70 °C พบว่า ฟ้ายะลวยโจรมีการลดความชื้นได้รวดเร็ว พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้น ตามน้ำหนักของฟ้ายะลวยโจร สอดคล้องกับงานวิจัย [3-4]

ผลการทดลองที่ ที่อุณหภูมิ 40 °C พบว่า ใช้เวลาการอบแห้งนานที่สุดคือ 120 นาที อุณหภูมิ 60 °C และ 70 °C พบว่า ใช้เวลาการอบแห้งที่นานที่สุดคือ 30 นาที อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะลดเวลาในการอบแห้งให้สั้นลง อัตราส่วนความชื้นที่การอบแห้งน้ำหนักฟ้ายะลวยโจร 500 g พบว่าที่อุณหภูมิ 60 °C และ 70 °C มีค่าใกล้เคียงกันที่ ตลอดระยะเวลาของการอบแห้งยิ่งเมื่อเพิ่มน้ำหนักฟ้ายะลวยโจรเป็น 2000 g พบว่าที่อุณหภูมิ 50 °C, 60 °C และ 70 °C มีค่าใกล้เคียงกันที่ ตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง

การสิ้นเปลืองพลังงาน พบว่าที่น้ำหนัก 500 g การสิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่า น้ำหนักอื่นๆ ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ตู้อบแห้ง ขนาดเท่ากันการอบในปริมาณน้ำหนัที่น้อยกว่า ย่อมสิ้นเปลืองพลังงานกรณีอบแห้งที่น้ำหนักมากกว่า เมื่อพิจารณา ที่อุณหภูมิ 60 °C และ 70 °C มีแนวโน้มการสิ้นเปลืองพลังงาน สูงกว่า ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C เล็กน้อย แม้ว่าน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นแต่การสิ้นเปลืองพลังงานยังพบ มีแนวโน้มเหมือนเดิม สำหรับค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามน้ำหนักฟ้ายะลวยโจรที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องจากต้องใช้เวลาในการอบแห้งที่ยาวนานกว่า

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักและอุณหภูมิในการอบแห้งของฟ้ายะลวยโจร จะมีผลต่อความรวดเร็วในการลดความชื้น

จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 40 °C ลดความชื้นได้ช้ากว่าทุกๆ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 60 °C และ 70 °C สามารถลดความชื้นได้รวดเร็วสุดใกล้เคียงกันแต่หากคำนึงถึงการอบแห้งกลุ่มสมุนไพรใช้อุณหภูมิอบแห้ง 50 - 60°C หากอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 60°C จะทำสรรพคุณสูญหายไป [11] ในงานวิจัยจึงสรุปว่าที่ อุณหภูมิ 60 °C มีความเหมาะสมในการอบแห้งมากที่สุด

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอขอบคุณนายชนาธิป แซ่หลี่ นายธชย รัตนา และนางสาวนันทรัตน์ สงทิพย์ ที่ได้ช่วยเหลือในการทดลอง ของงานวิจัยนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, ฟ้ายาละลายโจรยกระดับการผลิตสมุนไพรไทยสู่อุตสาหกรรมยา, ข้อมูลจาก <https://kasikornresearch.com/th/analysis/ksocial-media/Pages/ThaiHerb-FB200420.aspx>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 13 กรกฎาคม 2566)
- [2] Specialty Innovation, ฟ้ายาละลายโจรยกระดับสมุนไพรไทยสู่อุตสาหกรรมการผลิตยา, ข้อมูลจาก <https://www.facebook.com/spgthai/photos/a.598423060185937/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 13 กรกฎาคม 2566)
- [3] ศุภรัตน์ เนินปลอด ธนิต สวัสดิ์เสวี ดลฤดี ใจสุทธิ และสมชาติ โสภณธรรณฤทธิ์, การอบแห้งฟ้ายาละลายโจรด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลและสนามไฟฟ้าแรงดันสูง, การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10, วันที่ 7 - 8 ธันวาคม 2566. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จังหวัดนครปฐม.
- [4] พัชรินทร์ ตาด่วง และ วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล, การอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบด, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, วันที่ 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.
- [5] ภาสกร ทางดี, เครื่องอบฟ้ายาละลายโจรประสิทธิภาพสูง

ด้วยพีทีเอฟอีร่วมกับอากาศหมุนเวียน, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2565.

- [6] จักรพรรณ์ ผิวสอาด และ ชยพัทธ์ ภูสาเกา, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก สำหรับอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร, Life Sciences and Environment Journal 2022; 23(2): 324-333.
- [7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, การอบแห้ง, ข้อมูลจาก <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มีนาคม 2567)
- [8] สุนทรชิ่ง ศรีงาม, กระบวนการทำอาหารแห้ง, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [9] ธนโชติ ธรรมชาติ, 2555, ฟ้ายาละลายโจร, วารสารปศุสัตว์เกษตรศาสตร์, 2555, ปีที่ 39, ฉบับ 153, หน้า 24-30.
- [10] Phoonzone, ฟ้ายาละลายโจร, ข้อมูลจาก <https://www.phoonzone.com/article /7 .html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 13 กรกฎาคม 2564)
- [11] สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, สมุนไพรแห้ง, ข้อมูลจาก <https://medplant.mahidol.ac.th/user/reply.asp?id=7226> (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กันยายน 2566)

## การสำรวจและทบทวนวรรณกรรมเรื่องการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ กับการพัฒนาอย่างยั่งยืน

### Eco-Efficiency for the Sustainable Development : A Literature Review

ปรีชาพงศ์ อากาศโสภา, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[prechapong-a@rmutp.ac.th](mailto:prechapong-a@rmutp.ac.th)

#### บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับสภาพการณ์ทางการวิจัย และแนวคิดทางการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่อค้นหาช่องว่างขององค์ความรู้ และการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการต่อยอดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป โดยผู้เขียนได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ จากฐานข้อมูลวารสารของ Elsevier เพื่อสำรวจแนวคิดที่สำคัญภายใต้สภาพการณ์ของโลก มีจำนวนบทความวิจัยที่ใช้ศึกษาวิเคราะห์ทั้งหมด 22 บทความ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ และจำแนกเนื้อหาของแนวคิดออกเป็นหัวข้อใหญ่ จำแนกแนวคิดจากนั้นพัฒนาเป็นหัวเรื่องและหัวข้อย่อย โดยรวมกลุ่มรหัสที่มีความเชื่อมโยงกันจัดอยู่ในประเภทเดียวกัน โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การวิเคราะห์บทความ เพื่อทำให้เห็นแนวทางการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจแต่ละระดับ ผลการศึกษาพบว่า ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2565-2567) มีงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน จากฐานข้อมูลวารสารของ Elsevier ทั้งหมด 22 ผลงาน โดยงานวิจัยที่พบมากที่สุดคือ งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับประเทศ หรือภูมิภาค ซึ่งมุ่งเน้นเพื่อเป็นแนวทางเพื่อการกำหนดนโยบาย กลยุทธ์ และมาตรการทางกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศ (Eco-Efficiency)

**คำสำคัญ :** ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ; การพัฒนาอย่างยั่งยืน

#### Abstract

The purpose of this article is to investigate and examine the literature on the research situation and research concepts on eco-efficiency assessment and sustainable development in order to identify knowledge gaps and study eco-efficiency assessment research in order to advance related research. The author gathered research on eco-efficiency assessment from the Elsevier journal database in order to investigate the key themes in light of the current global situation. The investigation and analysis are based on 22 research publications. Content analysis and comparison analysis were utilized, and the concepts' content was divided into key subjects, then concepts, and finally topics and subtopics. The

relevant codes were assigned to the same category. The researcher has established criteria for examining the articles in order to provide instructions for assessing eco-efficiency at each level. The study's findings revealed that 22 research works on eco-efficiency evaluation and sustainable development were published in the Elsevier journal database throughout the last three years (2022-2024). The most popular type of research was national or regional eco-efficiency assessment, which focused on guidelines for developing effective environmental policies, strategies, and legal measures to improve eco-efficiency.

**Key words:** Eco-Efficiency; Sustainable Development

## 1. บทนำ (Introduction)

จากวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมีแนวโน้มความรุนแรงขึ้นปี ทั้งจากภาวะโลกร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ มลภาวะจากพลาสติก การทำลายป่าไม้ และมลพิษทางอากาศ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2567) ปัญหาข้างต้นสาเหตุมาจากการเติบโตของเศรษฐกิจและการพัฒนาอุตสาหกรรม จึงเกิดแนวความคิดการพัฒนายั่งยืนกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม และรักษาสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างสมดุลของการพัฒนา จึงได้มีการกำหนดการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) โดยเป้าหมายหลักสำคัญการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) คือ การสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการรักษาสิ่งแวดล้อม ด้วยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรและลดการปล่อยมลพิษซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนายั่งยืนในแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 -2580) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ซึ่งกรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี ระบุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) และเป็นการขับเคลื่อนการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การลดก๊าซเรือนกระจก การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดการใช้น้ำและส่งเสริมการผลิต

และการบริโภคอย่างยั่งยืน เพื่อการพัฒนาองค์ความรู้และพัฒนางานโครงการในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจให้มีประสิทธิภาพและมีแนวทางการดำเนินงานที่ถูกต้อง มีการกำหนดตัวชี้วัดที่เหมาะสม

ดังนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาเรื่อง “การสำรวจและทบทวนวรรณกรรมเรื่องการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนายั่งยืน” มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นคว้า ศึกษา รวบรวม และประมวลผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เพื่อเป็นข้อมูลนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นงานวิจัยต่อไป

การศึกษานี้มีกรอบแนวคิดหลักอยู่ 2 แนวคิด เพื่อประกอบในการดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนายั่งยืน (Sustainable Development) และแนวคิดเกี่ยวกับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) เพื่อใช้เป็นกรอบในการสังเคราะห์ข้อมูล

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

วิธีการศึกษาประกอบด้วยรูปแบบของการศึกษา แหล่งข้อมูลที่ใช้ศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การศึกษานี้ใช้แหล่งข้อมูลที่เป็นบทความทางการวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนายั่งยืน โดยการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยผู้เขียนกำหนดหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกงานวิจัยไว้ ดังนี้

- 1) บทความวิจัยที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมิน

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน ซึ่งอยู่ในบริบทของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) กับการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)

2) บทความวิจัยต้องได้รับการเผยแพร่ลงในฐานข้อมูลออนไลน์

3) บทความวิจัยจัดทำขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2565-2567

การสืบค้นงานวิจัยจากหัวข้อ (title) บทคัดย่อ (abstract) และคำสำคัญ (keywords) ใช้คำสำคัญในการสืบค้น ดังต่อไปนี้ “Eco-efficiency” และ “Sustainable Development” จากการคัดเลือกบทความวิจัยจากฐานข้อมูล Elsevier เพื่อสำรวจแนวคิดที่สำคัญ มีจำนวนบทความวิจัยที่ใช้ศึกษาวิเคราะห์จำนวน 22 บทความ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้เขียนเป็นผู้ศึกษาวิเคราะห์ ตีความ และทำรายงานวิจัยแต่ละเรื่องด้วยตนเอง โดยผู้เขียนได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อจำแนกประเภทเนื้อหาที่มีอยู่หลายประเด็น โดยการจัดทำตารางบันทึกข้อมูล (coding sheet) มาใช้เป็นเครื่องมือจำแนกข้อมูลผู้เขียนใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) และการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (constant comparison analysis) ที่ประกอบไปด้วยการวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบครั้งเดียว มีการสร้างรหัสข้อมูลต่อหนึ่งบทความวิจัยจัดประเภทรหัสข้อมูล

โดยมีกระบวนการการทำสรุปข้อมูลโดยย่อ เมื่อรวบรวมงานวิจัยแล้ววิเคราะห์งานวิจัยอย่างละเอียด เพื่อทำบรรณนิทัศน์สรุปเนื้อหาโดยย่อ (annotated bibliography) หลังจากนั้นนำใส่หมายเลขตั้งแต่ 1-22 เพื่อแยกแยะและจัดกลุ่มข้อมูล และนำแบบข้อมูลทั้ง 22 บทความ มากำหนดรหัส โดยวิเคราะห์แนวทางการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และจำแนกเนื้อหาของแนวคิดออกเป็นหัวข้อใหญ่ (categorization) ตามแนวทางการจัดการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงของคุณภาพของ Vinitha Ravindran (2019) ที่จำแนกข้อมูลจากแหล่งที่มาหลายแหล่งอย่างเป็นระบบด้วยการกำหนดรหัส เพื่อจำแนกแนวคิด (theme) จากนั้นพัฒนาเป็นหัวข้อและหัวเรื่องย่อย โดยรวมกลุ่มรหัสที่มีความเชื่อมโยงกันจัดอยู่ในประเภทเดียวกัน เพื่อให้เห็นลักษณะของแนวทางการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ในแต่ละประเภทนั้น (clarification) โดยผู้เขียนสร้างเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาของบทความลงในตารางบันทึก

### 3. ผลการวิจัย (Results)

บทความวิจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่มีจำนวน 22 งานวิจัยเรียงตามลำดับหมายเลข 1-22 ตามปี พ.ศ. ที่เผยแพร่ และเรียงลำดับตัวอักษรในช่วงแต่ละปี พ.ศ. มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 บทความวิจัย จำนวน 22 บทความ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลำดับ	กลุ่มวิจัย	รายการบทความวิจัย	พ.ศ.	ผลการศึกษา	ประเทศ
1	Hadi et al.	A breakthrough in macro-scale circularity and eco-efficiency assessment: A case study of OECD countries	2567	เป็นการศึกษาในระดับภูมิภาค ผลการวิจัยสรุปว่าการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมุนเวียน (Circularity Performance) และประสิทธิภาพเชิงนิเวศ (eco-efficiency) คือ ความร่วมมือกันของภาคอุตสาหกรรม ผู้กำหนดนโยบาย และหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม	ออสเตรเลีย
2	Maria et al.	A conceptual model for evaluating eco-efficiency of thermal spraying processes	2567	เป็นการศึกษาในระดับผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศของกระบวนการฉีดพ่นด้วยความร้อน โดยกล่าวถึงทั้งมิติทางเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) และวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA)	บราซิล
3	Nikolaos et al.	A methodology to assess circular economy strategies for sustainable	2567	เป็นการศึกษาในระดับธุรกิจ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) และการวิเคราะห์ต้นทุนวงจรผลิตภัณฑ์ (LCC)	กรีซ

ลำดับ	กลุ่มวิจัย	รายการบทความวิจัย	พ.ศ.	ผลการศึกษา	ประเทศ
		manufacturing using process eco-efficiency		ร่วมกันจะให้ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนสูงสุด	
4	Xuefen et al.	Analysis of the Effect of Environmental Regulation on Eco-Efficiency of Service Sector	2567	เป็นการศึกษาในระดับธุรกิจ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ากฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อม ส่งผลเสียต่อการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศของภาคบริการ เนื่องจากต้องเพิ่มต้นทุนเพื่อดำเนินการตามกฎระเบียบ	จีน
5	Wen-Kai et al.	An assessment model of eco-efficiency for container terminals within a port	2567	เป็นการศึกษาในระดับธุรกิจ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ากลุ่มท่าเรือตู้คอนเทนเนอร์ที่มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศสูงมาจากท่าเรือที่มีแนวทางปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีเทคโนโลยีที่ยั่งยืน	จีน
6	Chien-Chiang et al.	Can green finance improve eco-efficiency? New Insights from China	2567	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่าการจัดสรรเงินทุนเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีสามารถทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศสูงขึ้น	จีน
7	Hanghua et al.	Comparative eco-efficiency assessment of 3D-printed recycled aggregate concrete structure for mid-rise residential buildings	2567	เป็นการศึกษาในระดับธุรกิจ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยี 3DPC สามารถ ลดความต้องการแรงงานและระยะเวลาการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถลดต้นทุนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ด้วย	จีน
8	Chien-Ming et al.	Comparing eco-efficiency with productive efficiency: Addressing the dimensionality issue	2567	เป็นการศึกษาในระดับธุรกิจ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าบริษัทต่างๆ สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงนิเวศ โดยการจัดการผลผลิตที่ไม่พึงปรารถนา (UO) ให้สอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติทางธุรกิจร่วมสมัยที่มุ่งเน้นไปที่ความยั่งยืน	สิงคโปร์
9	Pitchiah et al.	Eco-efficiency evaluation of sustainable self-compacting concrete using magnesite mine waste	2567	เป็นการศึกษาในระดับธุรกิจ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้ขยะเหมืองแมกนีไซต์เป็นสารทดแทน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศได้ และยังช่วยลดต้นทุนการผลิต และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	อินเดีย
10	Yu et al.	Investigation on the complex relationship between urbanization and eco-efficiency in urban agglomeration of China: The case study of Chengdu-Chongqing urban agglomeration	2567	เป็นการศึกษาในระดับเมือง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มประสิทธิภาพโครงสร้างอุตสาหกรรมและลดการแทรกแซงของรัฐบาล เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืน	จีน
11	Corrado lo Storto	Measuring the eco-efficiency of municipal solid waste service: A fuzzy DEA model for handling missing data	2567	เป็นการศึกษาในระดับเมือง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าอัตราการรวบรวมขยะแยกที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศ	อิตาลี
12	Kaisen et al.	Spatiotemporal patterns, effects, and the interactive	2567	เป็นการศึกษาในระดับเมือง ผลการวิจัยสรุปว่า เมืองที่มีการพัฒนาเมืองขั้นสูง แสดงให้เห็นถึงความ	จีน



ลำดับ	กลุ่มวิจัย	รายการบทความวิจัย	พ.ศ.	ผลการศึกษา	ประเทศ
		driving mechanisms of urban sustainability based on the eco-efficiency framework: Evidence from Chinese prefecture-level cities		ยั่งยืนและความยืดหยุ่นที่มากขึ้นซึ่งได้รับการสนับสนุนจากผลกระทบเชิงบวกที่สำคัญจากกิจกรรมในเมืองและการเติบโตทางเศรษฐกิจ	
13	Ramon et al.	Assessing eco-efficiency of wastewater treatment plants: A cross-evaluation strategy	2566	เป็นการศึกษาในระดับผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยสรุปว่าการประยุกต์ใช้การใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศ (Eco-Efficiency) ที่เชื่อถือได้ เพื่อการตัดสินใจด้านกฎระเบียบและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างยั่งยืน	จีน
14	Chika et al.	Assessing economy-wide eco-efficiency of materials produced in Japan	2566	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่าเพิ่มความเข้มข้นของการลดคาร์บอนและเศรษฐกิจหมุนเวียน และการเสริมสร้างการผลิตวัสดุที่มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศให้สูงขึ้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงนิเวศของญี่ปุ่น	ญี่ปุ่น
15	Wenchao Gong	A study on the effects of natural resource abundance and foreign direct investment on regional eco-efficiency in China under the target of COP26	2566	เป็นการศึกษาในระดับภูมิภาค ผลการวิจัยสรุปว่าในขณะที่ประสิทธิภาพเชิงนิเวศในประเทศจีนดีขึ้น แต่มีความแตกต่างในระดับภูมิภาคอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมืองภาคตะวันออกมีค่าประสิทธิภาพมากกว่าภูมิภาคอื่นๆ	จีน
16	Huijing et al.	How has China's industrial eco-efficiency been improved? Evidence from multi-scale countrywide study	2566	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่า การเพิ่มการบังคับใช้กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม เพิ่มการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ และเพิ่มการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนา อาจช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงนิเวศอุตสาหกรรมในจีนให้ดีขึ้นต่อไป	จีน
17	Yueying et al.	Industrial eco-efficiency of resource-based cities in China: spatial-temporal dynamics and associated factors	2566	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศอุตสาหกรรม ในเมืองแหล่งกำเนิดทรัพยากรของจีนดีขึ้น แต่ก็ยังคงอยู่ในระดับต่ำ ต้องเพิ่มการพัฒนาเศรษฐกิจโครงสร้าง และการลงทุนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จีน
18	Pengyu et al.	The relationship between dynamic monitoring network plans and eco-efficiency – New evidence from atmospheric quality monitoring policy in China	2566	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่า การตรวจสอบนโยบายการตรวจสอบคุณภาพบรรยากาศ (AQMP) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศได้	จีน
19	Liang et al.	Study on the measurement of industrial eco-efficiency, spatial distribution and	2566	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศอุตสาหกรรม ในแถบเศรษฐกิจของแม่น้ำหยางซีอยู่ในแนวโน้ม	จีน

ลำดับ	กลุ่มวิจัย	รายการบทความวิจัย	พ.ศ.	ผลการศึกษา	ประเทศ
		influencing factors in Yangtze River Economic Belt		สูงขึ้น แต่ยังคงต้องการการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคต้นน้ำ	
20	Jianing et al.	Urban shrinkage and eco-efficiency: The mediating effects of industry, innovation and land-use	2566	เป็นการศึกษาในระดับเมือง ผลการวิจัยสรุปว่าการหดตัวของเมืองส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศ การหดตัวของเมืองที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับการใช้ทรัพยากรและมลพิษที่เพิ่มขึ้น	จีน
21	Wei et al.	Does green finance improve the industrial eco-efficiency in China?	2565	เป็นการศึกษาในระดับประเทศ ผลการวิจัยสรุปว่า การเพิ่มทุนมนุษย์สามารถส่งเสริมการตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม และปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงนิเวศอุตสาหกรรม	จีน
22	Eirini et al.	Heterogeneity, spillovers and eco-efficiency of European industries under different pollutants' scenarios. Is there a definite direction?	2565	เป็นการศึกษาในระดับภูมิภาค ผลการวิจัยสรุปว่าการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเชื้อเพลิง ความเข้มของพลังงาน และการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับผู้กำหนดนโยบาย และกลยุทธ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศในอุตสาหกรรมยุโรป	กรีซ

จากการศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) และการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (constant comparison analysis) สามารถวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

### 3.1 สภาพการณ์ทางการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน

จากการทบทวนวิเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน สามารถแบ่งระดับข้อมูลการศึกษา ได้ 3 ระดับคือ 1) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับหน่วยธุรกิจ 2) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับหน่วยเมือง และ 3) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับประเทศ

ตารางที่ 2 ช่วงเวลาของการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ปี พ.ศ.	จำนวนเรื่องที่เกี่ยวกับการประเมินระดับหน่วยธุรกิจ/ผลิตภัณฑ์	จำนวนเรื่องที่เกี่ยวกับการประเมินเศรษฐกิจระดับเมือง	จำนวนเรื่องที่เกี่ยวกับการประเมินระดับประเทศ/ภูมิภาค
2567	4	3	5

2566	1	2	5
2565			2

โดยพบว่า ในปี พ.ศ.2567 และ พ.ศ.2566 มีจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับประเทศหรือระดับภูมิภาค มากที่สุด จำนวน 10 ผลงาน จากประเทศออสเตรเลีย จีน ญี่ปุ่น และกรีซ รองลงมาเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับหน่วยธุรกิจหรือผลิตภัณฑ์ และ งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับเมือง และในปี พ.ศ.2565 พบผลงานวิจัย จำนวน 2 ผลงาน เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับประเทศ หรือภูมิภาค

จากการศึกษา พบว่า ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2565-2567) มีงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน จากฐานข้อมูลวารสารของ Elsevier ทั้งหมด 22 ผลงาน โดยงานวิจัยที่พบมากที่สุดคือ งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระดับประเทศ หรือภูมิภาค คิดเป็นร้อยละ 54.55 ของงานวิจัยที่ทั้งหมดที่สืบค้น ซึ่งมุ่งเน้นเพื่อเป็นแนวทางเพื่อ

การกำหนดนโยบาย กลยุทธ์ และมาตรการทางกฎหมายด้าน  
สิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศ  
(Eco-Efficiency)

#### 4. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาเรื่อง “การสำรวจและทบทวนวรรณกรรม  
เรื่องการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการ  
พัฒนาอย่างยั่งยืน” ได้สะท้อนแนวโน้มทิศทางการ  
เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการ  
พัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับประเทศ และระดับภูมิภาค เป็น  
งานวิจัยที่พบมากที่สุดในการศึกษาครั้งนี้

การศึกษานี้เป็นการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง  
ขั้นต้น การศึกษาในอนาคตควรมีการพัฒนาต่อยอดองค์  
ความรู้เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ  
กับการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับประเทศหรือระดับภูมิภาค  
ในด้านวิธีการ ผลลัพธ์ นโยบาย และการกำหนดกฎหมาย

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ  
อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุน  
เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Shabanpour, H., Dargusch, P., Wadley, D., Saen, R. F., & Lieske, S. N. (2024). A breakthrough in macro-scale circularity and eco-efficiency assessment: A case study of OECD countries. *Journal of Environmental Management*, 360(121070), 121070.
- [2] Xavier Belem, M. J., Junior, M. V., Mummolo, G., & Facchini, F. (2024). A conceptual model for evaluating eco-efficiency of thermal spraying processes. *Heliyon*, 10(12), e32414.
- [3] Nikolakis, N., Catti, P., Chaloulos, A., van de Kamp, W., Coy, M. P., & Alexopoulos, K. (2024). A methodology to assess circular economy strategies for sustainable manufacturing using

- process eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 445(141289), 141289.
- [4] Liu, X., Gan, C., & Voda, M. (2024). Analysis of the effect of environmental regulation on Eco-efficiency of service sector. *Sustainability*, 16(13), 5774.
- [5] Hsu, W.-K. K., Huynh, N. T., Quoc, T. L., & Yu, H.-L. (2024). An assessment model of eco-efficiency for container terminals within a port. *Economics of Transportation*, 39(100359), 100359.
- [6] Lee, C.-C., & Du, L. (2024). Can green finance improve eco-efficiency? New Insights from China. In *Research Square*.
- [7] Zhang, H., Liu, X., Xiao, J., Ji, G., Zhang, S., Hsu, S.-C., & Poon, C.-S. (2024). Comparative eco-efficiency assessment of 3D-printed recycled aggregate concrete structure for mid-rise residential buildings. *Journal of Building Engineering*, 95(110349), 110349.
- [8] Chen, C.-M., & Wang, H. (2024). Comparing eco-efficiency with productive efficiency: Addressing the dimensionality issue. *European Journal of Operational Research*, 313(3), 1170–1179.
- [9] Vembu, P. R. S., & Ammasi, A. K. (2024). Eco-efficiency evaluation of sustainable self-compacting concrete using magnesite mine waste. *Case Studies in Construction Materials*, 20(e02765), e02765.
- [10] Lei, Y., Xiao, Y., Wang, F., Wang, R., & Huang, H. (2024). Investigation on the complex relationship between urbanization and eco-efficiency in urban agglomeration of China: The case study of Chengdu-Chongqing urban agglomeration. *Ecological Indicators*, 159(111704), 111704.
- [11] lo Storto, C. (2024). Measuring the eco-efficiency of municipal solid waste service: A fuzzy DEA model for handling missing data. *Utilities Policy*, 86(101706), 101706.

- [12] Nong, K., Lin, J., & Sun, D. (2024). Spatiotemporal patterns, effects, and the interactive driving mechanisms of urban sustainability based on the eco-efficiency framework: Evidence from Chinese prefecture-level cities. *Environmental and Sustainability Indicators*, 23(100391), 100391.
- [13] Sala-Garrido, R., Maziotis, A., Mocholi-Arce, M., & Molinos-Senante, M. (2023). Assessing eco-efficiency of wastewater treatment plants: A cross-evaluation strategy. *The Science of the Total Environment*, 900(165839), 165839.
- [14] Aoki-Suzuki, C., Dente, S. M. R., & Hashimoto, S. (2023). Assessing economy-wide eco-efficiency of materials produced in Japan. *Resources, Conservation, and Recycling*, 194(106981), 106981.
- [15] Gong, W. (2023). A study on the effects of natural resource abundance and foreign direct investment on regional eco-efficiency in China under the target of COP26. *Resources Policy*, 82(103529), 103529.
- [16] Deng, H., Zhang, Y., Kaczan, D., Qiao, Y., Wang, X., Chen, B., & Wang, Y. (2023). How has China's industrial eco-efficiency been improved? Evidence from a multi-scale countrywide study. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(26), 69379–69392.
- [17] Chen, Y., Chen, Y., Yin, G., & Liu, Y. (2023). Industrial eco-efficiency of resource-based cities in China: spatial-temporal dynamics and associated factors. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(41), 94436–94454.
- [18] Chen, P., Dagestani, A. A., Zhao, R., & Chu, Z. (2023). The relationship between dynamic monitoring network plans and eco-efficiency – New evidence from atmospheric quality monitoring policy in China. *Journal of Environmental Management*, 348(119297), 119297.
- [19] Liu, L., Zhao, Y., Yang, Y., Liu, S., Gong, X., & Jiang, P. (2023). Study on the measurement of industrial eco-efficiency, spatial distribution and influencing factors in Yangtze River Economic Belt. *PloS One*, 18(4), e0283964.
- [20] Sun, J., & Zhou, T. (2023). Urban shrinkage and eco-efficiency: The mediating effects of industry, innovation and land-use. *Environmental Impact Assessment Review*, 98(106921), 106921.
- [21] Zhang, W., He, X., & Liu, X. (2022). Does green finance improve the industrial eco-efficiency in China? *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(6), 14484–14496.
- [22] Stergiou, E., & Kounetas, K. (2022). Heterogeneity, spillovers and eco-efficiency of European industries under different pollutants' scenarios. Is there a definite direction? *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 195(107377), 107377.

การออกแบบระบบจำลองหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ กรณีศึกษาแผนกประกอบ  
ก๊อคน้ำและบอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

Design of an automated water trap pick simulation system: A case study  
of the water trap and ball valve assembly department at Asahi-Thai Alloy  
Co., Ltd.

กษิตศ พงศ์พรหม<sup>1</sup> ไชยา ยอดศรี<sup>1</sup> สมชาย ดอกไม้เงิน<sup>1</sup> ศิวรุทธ์ จุลพรหม<sup>1</sup> อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>

กณวรรณ นวลหุ่น<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[kasidit-po@rmutp.ac.th](mailto:kasidit-po@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup>ผู้อำนวยการฝ่ายระบบบริหารคุณภาพ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

9/23 หมู่ 7 ซอยสุขสวัสดิ์ 78 บางจาก พระประแดง สมุทรปราการ 10130

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบการผลิตก๊อคน้ำสนามขนาด 1/2 นิ้ว สำหรับแผนกประกอบก๊อคน้ำและบอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด โดยมุ่งเน้นที่การลดต้นทุนการผลิตผ่านการออกแบบระบบจำลองหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ ระบบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานร่วมกับเครื่องจักรประกอบก๊อคน้ำสนามและเครื่องประกอบก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ การออกแบบระบบจำลองใช้โปรแกรม SOLIDWORKS และอาศัยความรู้ด้านหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติเป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักการออกแบบทางวิศวกรรม โดยคำนึงถึงด้านทางกล, ด้านระบบไฟฟ้า, ด้านโปรแกรม และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการลงทุน ระบบนี้ใช้การเก็บข้อมูลจากการทำงานของพนักงานร่วมกับเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุด โดยการคำนวณสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการศึกษา พบว่าขั้นตอนการประกอบก๊อคน้ำสนามในปัจจุบันซึ่งใช้พนักงาน 2 ตำแหน่ง มีเวลาการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 41.47 วินาที หลังจากการออกแบบระบบจำลองหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติพบว่าสามารถลดพนักงานในขั้นตอนประกอบก๊อคน้ำสนามได้ 1 ตำแหน่ง ซึ่งคิดเป็นการลดต้นทุนที่ 124,800 บาทต่อปี และเวลาการทำงานหลังการปรับปรุงอยู่ที่ 8 วินาที ซึ่งลดลงจากเดิม 33.17 วินาที จุดคุ้มทุนของการลงทุนในระบบจำลองนี้อยู่ที่ประมาณ 8.3 เดือน

คำสำคัญ: ระบบอัตโนมัติ, ก๊อคน้ำสนาม, การลดต้นทุน, SOLIDWORKS, จุดคุ้มทุน

## Abstract

This project aims to develop an automated faucet assembly system for 1/2-inch outdoor water trap in the water trap and ball valve assembly department at Asahi-Thai Alloy Co., Ltd. The primary goal is to reduce production costs through the design of an automated simulation system for picking outdoor faucet components. This system is designed to work in conjunction with the automatic outdoor faucet assembly machine and the automatic faucet handle assembly machine. The design of the simulation system utilized SOLIDWORKS and is based on robotics and automated machinery principles, taking into account mechanical, electrical, program, and economic engineering analysis to determine the investment break-even point. The system uses data collected from employee-machine interactions to analyze time-consuming steps, employing statistical calculations to determine mean and standard deviation values. The study revealed that the current faucet assembly process, which involves 2 employees, has an average operation time of 41.47 seconds. After implementing the automated component-picking simulation system, it was found that the number of employees required for handle assembly could be reduced by one, resulting in an annual cost saving of 124,800 THB. The operation time after the improvement decreased to 8 seconds, down from the previous 33.17 seconds. The break-even point for investing in this simulation system is approximately 8.3 months.

**Keywords:** Automation system, outdoor faucet, cost reduction, SOLIDWORKS, break-even point

## 1. บทนำ

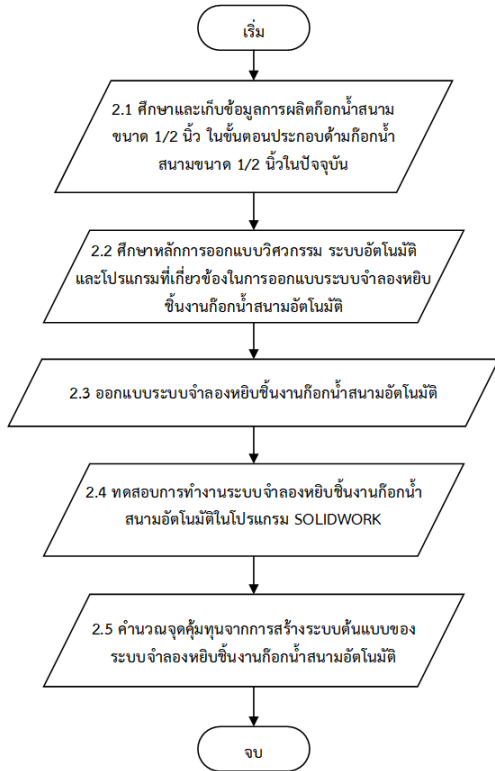
ทางบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ที่เป็นตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประปา ได้มีแผนและแนวคิดในการพัฒนาสายการผลิตทุกกระบวนการผลิตให้มีความทันสมัยในเทคโนโลยี โดยการพัฒนาระบบอัตโนมัติ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ก๊อกน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันเป็นจำนวนมาก ระบบในการผลิตก๊อกน้ำสนามของบริษัทจะเป็นการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติที่มีการทำงานระหว่างมนุษย์และเครื่องจักรอัตโนมัติ

เนื่องจากการทำงานของมนุษย์มีขั้นตอนในการทำงานซ้ำๆ กันตลอดเวลา เพื่อที่จะช่วยลดกระบวนการทำงานในส่วนนี้ที่กล่าวมา การนำระบบอัตโนมัติมาใช้จะช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานและการควบคุมคุณภาพ ความเร็ว และความแม่นยำในระบบการผลิต[15] ระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมนิยมนำตัวควบคุม programmable logic controller หรือที่รู้จักกันในชื่อพีแอลซี (PLC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมมาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำสูง[21] โดยทั่วไป

เครื่องจักรอัตโนมัติจะนำระบบนิวเมติกส์มาใช้ในการควบคุมการทำงาน การออกแบบวงจรควบคุมได้ง่าย ตลอดจนมีความปลอดภัยสูง ซึ่งระบบนิวเมติกส์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นระบบการควบคุมด้วยไฟฟ้าและควบคุมด้วย PLC[19]

ในการจัดทำส่วนของกรหีบจับชิ้นงานก๊อกน้ำสนามนั้น ทางแผนกประกอบก๊อกมีการนำเครื่องจักรในการใส่ด้ามก๊อกน้ำสนามอัตโนมัติมาใช้ แต่ยังคงขาดขั้นตอนในการทำงานในส่วนของการโหลดชิ้นงานในชิ้นส่วนของตัวก๊อกน้ำสนาม (Body) จากเครื่องประกอบมาวางที่เครื่องประกอบด้าม ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบหีบจับชิ้นงานก๊อกน้ำสนามอัตโนมัติจากเครื่องประกอบตัวก๊อกมาวางไว้ยังเครื่องประกอบด้าม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการผลิตประกอบก๊อกน้ำสนามอัตโนมัติ จะช่วยในการลดขั้นตอนและลดต้นทุนในการผลิตลงในส่วนของการผลิตก๊อกน้ำสนาม และยังสอดคล้องกับแนวคิดของบริษัทที่มีแผนจะนำระบบอัตโนมัติมาใช้ในการผลิตของทุกสายงาน

## 2. วิธีการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 1 แผนภาพกระบวนการดำเนินโครงการ

### 2.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตก๊อกน้ำสนามในปัจจุบัน

ทำการเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตก๊อกน้ำสนาม CKT15 ในปัจจุบันทำการการจับเวลา 10 ครั้งและนำข้อมูลที่มาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในขั้นตอนการทำงานของการประกอบค้ำก๊อกน้ำสนาม ในปัจจุบันใช้พนักงาน 2 ตำแหน่งในที่ทำงานร่วมกับสายพานโดยพนักงานแต่ละตำแหน่งสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานและได้ดังนี้



รูปภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ก๊อกน้ำสนาม CKT15

### 2.1.1 ขั้นตอนการทำงานของพนักงานตำแหน่งที่ 1

ขั้นตอนการทำงานของพนักงานตำแหน่งที่ 1 สามารถแบ่งการทำงานย่อยได้ 3 ขั้นตอนได้แก่ 1.) ขั้นตอนการหยิบชิ้นงานก๊อกน้ำสนาม 2.) ขั้นตอนการหยิบค้ำก๊อกน้ำสนาม 3.) ขั้นตอนการวางชิ้นงานก๊อกน้ำสนามที่ประกอบแล้ววางลงบนสายพาน

### 2.1.2 ขั้นตอนการทำงานของพนักงานตำแหน่งที่ 2

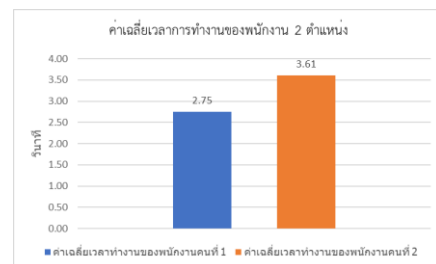
ขั้นตอนการทำงานของพนักงานตำแหน่งที่ 2 สามารถแบ่งการทำงานย่อยได้ 3 ขั้นตอนได้แก่ 1.) ขั้นตอนการหยิบชิ้นงานก๊อกน้ำสนามบนสายพาน 2.) ขั้นตอนขันสกรู M6 บนชิ้นงานก๊อกน้ำสนาม 3.) ขั้นตอนการวางชิ้นงานที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้วลงในลังใส่ชิ้นงาน

จากขั้นตอนการทำงานของพนักงานตำแหน่งที่ 1 และพนักงานตำแหน่งที่ 2 ทางผู้จัดทำโครงการได้ทำการจับเวลาการทำงานได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลาการทำงานเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพนักงานคนที่ 1 จากการจับเวลาจำนวน 10 ครั้ง

รอบ	Tack Time พนักงานคนที่ 1			Tack Time พนักงานคนที่ 2		
	ขั้นตอนที่ 1	ขั้นตอนที่ 2	ขั้นตอนที่ 3	ขั้นตอนที่ 1	ขั้นตอนที่ 2	ขั้นตอนที่ 3
1	1.41	1.10	0.42	0.90	0.56	1.83
2	1.68	0.58	0.62	0.78	0.33	2.38
3	1.20	1.16	0.56	0.83	0.41	3.10
4	0.65	0.90	0.48	0.86	0.48	2.59
5	2.06	1.43	0.43	0.84	0.38	2.31
6	1.70	0.16	0.38	0.90	0.50	2.15
7	1.41	0.46	0.56	0.93	0.51	2.01
8	1.40	0.61	0.45	0.95	0.38	1.68
9	1.70	0.53	0.43	1.31	0.60	2.18
10	2.11	0.60	0.33	1.08	0.36	1.97
$\bar{x}$	1.53	0.75	0.47	0.94	0.45	2.22
S.d.	0.43	0.38	0.09	0.15	0.09	0.41
รวมค่า $\bar{x}$				3.61		
รวมค่า S.d.	0.90			0.65		

หมายเหตุ: เว้นช่วงการจับเวลาในแต่ละครั้งอยู่ที่ 10 วินาที

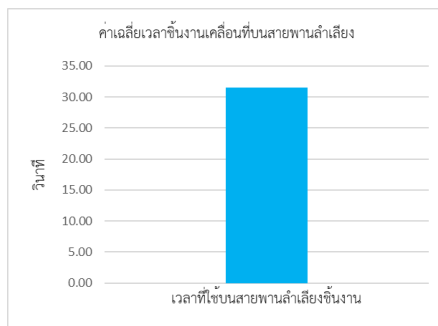


แผนภูมิที่ 1 ค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานของพนักงาน 2 ตำแหน่ง

ตารางที่ 2 ระยะเวลาที่ชิ้นงานใช้เคลื่อนที่บนสายพานจากพนักงาน  
ตำแหน่งที่ 1 ไปยัง พนักงานตำแหน่งที่ 2 โดยจับเวลาจำนวน 10 ครั้ง

เวลาในการลำเลียงชิ้นงานจากพนักงานคนที่ 1 ไปยังพนักงานคนที่ 2		
จำนวนรอบ	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ระยะทางของสายพานลำเลียง
1	30.33	1.55 เมตร
2	24.18	
3	34.62	
4	36.55	
5	33.90	
6	41.97	
7	31.93	
8	39.62	
9	31.47	
10	34.10	
รวมค่า $\bar{x}$ (วินาที)	31.47	
รวมค่า S.d.	34.10	

หมายเหตุ: เว้นช่วงการจับเวลาในแต่ละครั้งอยู่ที่ 10 วินาที



แผนภูมิที่ 2 ค่าเฉลี่ยเวลาชิ้นงานเคลื่อนที่บนสายพาน  
ลำเลียงจากพนักงานตำแหน่งที่ 1  
ไปยังพนักงานตำแหน่งที่ 2

## 2.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม SOLIDWORK

การศึกษา SOLIDWORKS ครอบคลุมตั้งแต่พื้นฐานการใช้งาน เช่น การสร้างสเก็ตช์และแบบจำลอง 3 มิติ การประกอบชิ้นส่วน และการสร้างแบบ Drawing 2 มิติ รวมถึงการใช้เครื่องมือจำลอง (Simulation) เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานภายใต้แรงต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้จริง

## 2.3 ศึกษาการทำงานของระบบนิวเมติกส์

การศึกษาระบบนิวเมติกส์เริ่มจากการเข้าใจส่วนประกอบพื้นฐาน เช่น คอมเพรสเซอร์ วาล์ว และท่อ รวมถึงการวัดค่าต่าง ๆ จากนั้นศึกษาการออกแบบวงจรนิวเมติกส์โดยใช้โปรแกรมจำลอง เพื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม ออกแบบวงจรให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

และใช้สัญลักษณ์มาตรฐานในการเขียนวงจรเพื่อให้สามารถสร้างและแก้ไขได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

## 2.4 ออกแบบระบบหีบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ

การออกแบบระบบหีบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ จะแบ่งการออกแบบเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ 1. การออกแบบด้านทางกล 2. การออกแบบด้านระบบไฟฟ้า 3. การออกแบบด้านโปรแกรม

### 2.4.1 การออกแบบด้านทางกล

เป็นขั้นตอนการหาข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องจักรในแผนกอยู่แล้วมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้เป็นความรู้ในการเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมต่อการทำงานของระบบหีบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติและนำมาออกแบบในโปรแกรม SOLIDWORKS[17]



ภาพที่ 2 รูปแบบโปรแกรม SOLIDWORK  
สำหรับออกแบบด้านทางกลและโครงสร้าง

### 2.4.2 การออกแบบด้านระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าจะทำการออกแบบด้วยโปรแกรม Capital Electra X โดยจะทำการออกแบบในส่วนของ วงจรไฟฟ้า การต่อสัญญาณด้านอินพุต การต่อสัญญาณด้านเอาต์พุต

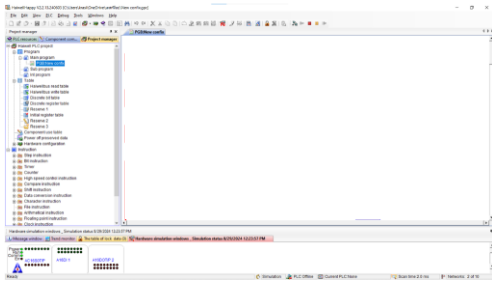


ภาพที่ 3 รูปแบบโปรแกรม Capital Electra X  
สำหรับออกแบบวงจรไฟฟ้า

### 2.4.3 การออกแบบด้านโปรแกรม

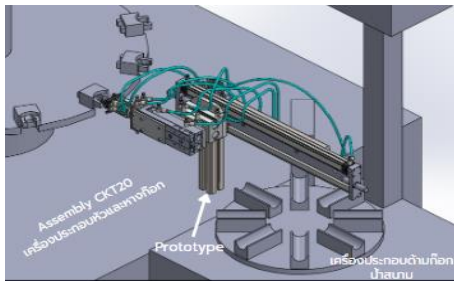
การออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบหีบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติเน้นการรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์และประมวลผลผ่านโปรแกรม HappyHaiwell เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ระบบหีบจับชิ้นงานได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ตอบสนองความต้องการในการผลิตได้ครบถ้วน





ภาพที่ 4 โปรแกรม HaiwellHappy ออกแบบชุดสั่งควบคุม  
การทำงานของระบบ

2.5 ทดสอบการทำงานของระบบจำลองหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำ  
สนามอัตโนมัติในโปรแกรม SOLIDWORK



ภาพที่ 5 การวางระบบหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามเข้ากับ  
เครื่องประกอบก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติและเครื่องประกอบ  
ด้ามก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ

2.6 คำนวณจุดคุ้มทุนจากการสร้างระบบต้นแบบของระบบ  
จำลองหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือระยะเวลาที่  
ใช้ในการกู้คืนเงินลงทุนทั้งหมดของโครงการ ยิ่งระยะเวลาคืน  
ทุนสั้นเท่าไร โครงการก็สามารถสร้างผลตอบแทนได้เร็วขึ้น  
ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจลงทุน

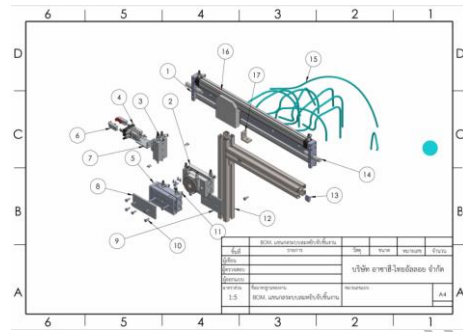
$$\text{Payback Period} = \frac{\text{ต้นทุนการลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี}} \quad (1)$$

### 3. ผลการดำเนินโครงการ (Results)

การออกแบบระบบจำลองหยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนาม  
อัตโนมัติได้มีผลจากการศึกษาดังนี้

#### 3.1 ผลด้านการออกแบบทางกล

หลังจากออกแบบเสร็จ จะทำการแยกส่วนประกอบ  
เพื่อให้เห็นรายละเอียดการต่อของแต่ละชิ้นส่วนในระบบ  
หยิบชิ้นงานก๊อคน้ำสนามอัตโนมัติ



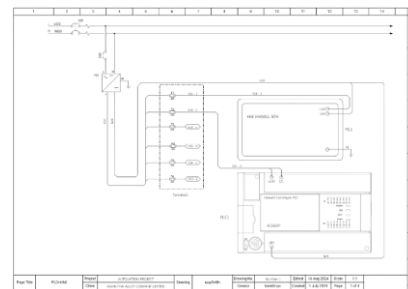
ภาพที่ 6 รายการชิ้นส่วนการประกอบระบบหยิบชิ้นงานก๊อก  
น้ำสนามอัตโนมัติ

ตารางที่ 3 รายการชิ้นส่วนอุปกรณ์จากภาพที่ 6

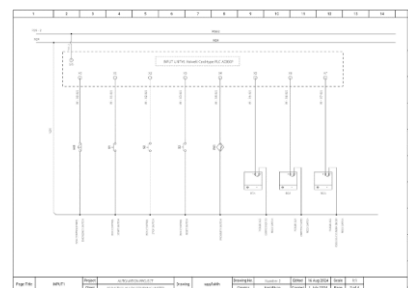
ลำดับอุปกรณ์	รายชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1	Rollers Cylinder	1 ตัว
2	Rotary Cylinder RAT series	1 ตัว
3	Rotary Cylinder HRQ series	1 ตัว
4	Gripper Cylinder	1 ตัว
5	Air slide Cylinder MKQ series	1 ตัว
6	Ultra Gripper ซีรีส์เรอ	2 ตัว
7	ฐาน Gripper	1 ตัว
8	ฐานยึดตัวที่คุมแรงตึง	1 ตัว
9	ฐานยึดทรงกลม	1 ตัว
10	Nuts M5, M6	30 ตัว
11	รatchet pulley SAG	10 ตัว
12	Aluminum Frame 60x60mm	1 m
13	T-Nut M5	6 ตัว
14	Shock Absorber	4 ตัว
15	Air Tubes 6mm	1 ม้วน
16	Bracket series 40	2 ตัว
17	Reed switch	10 ตัว

#### 3.2 ผลด้านการออกแบบระบบไฟฟ้า

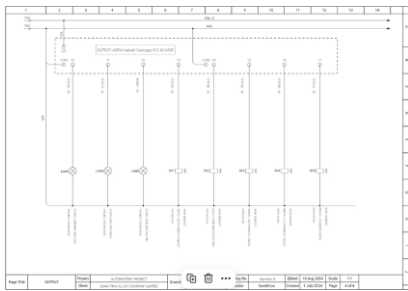
หลังจากทำการออกแบบด้านทางกลเสร็จเรียบร้อยแล้ว  
จะทำการออกแบบระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการต่อเข้ากับอุปกรณ์  
อิเล็กทรอนิกส์ในระบบ



ภาพที่ 7 การต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับระบบไฟฟ้า



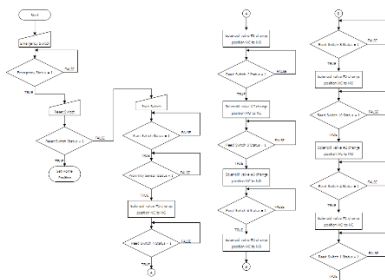
ภาพที่ 8 การต่อสัญญาณด้านอินพุตเข้ากับ PLC #UNIT1



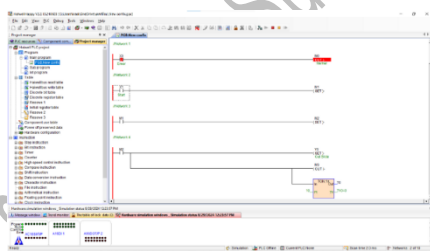
ภาพที่ 9 การต่อสัญญาณด้านเอาต์พุตเข้ากับ PLC #UNIT1

### 3.3 ผลด้านการออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมจากผังงานช่วยกำหนดขั้นตอนการทำงานของระบบหีบขึ้นงานอัตโนมัติ โดยใช้ Reed switch และ Solenoid Valve ผ่านโปรแกรม Haiwell Happy เพื่อควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานอย่างแม่นยำโดยได้ผลการออกแบบดังภาพที่ 10



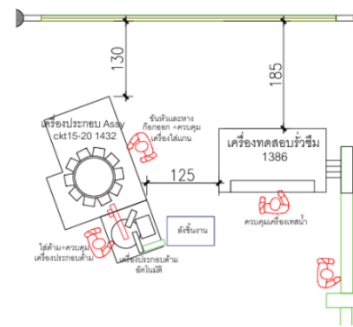
ภาพที่ 10 แผนภาพการทำงานของระบบหีบขึ้นงานก๊อก  
น้ำสนามอัตโนมัติ



ภาพที่ 11 ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานในโปรแกรม  
HappyHaiwell

### 3.4 ผลด้านการลดต้นทุนในการผลิต

การออกแบบระบบหีบขึ้นงานก๊อกน้ำสนามอัตโนมัติสามารถเพิ่มเติมขั้นตอนการป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักรได้ช่วยลดความจำเป็นในการจ้างพนักงานเพิ่มเติม 1 ตำแหน่ง ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตโดยรวมดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ผังการทำงานใหม่หลังติดตั้งระบบหีบขึ้นงาน  
ก๊อกน้ำสนามอัตโนมัติ

จากภาพที่ 12 จะพบว่าตำแหน่งการทำงานของพนักงานนั้นเปลี่ยนไปจากเดิมที่ใช้พนักงาน 2 ตำแหน่งที่ทำงานร่วมกับสายพาน หลังทำการปรับปรุงจะใช้พนักงานทำงานในขั้นตอนการประกอบด้ามก๊อกน้ำสนามเพียง 1 ตำแหน่ง ซึ่งสามารถคิดต้นทุนที่ลดได้จากการจ้างพนักงานได้ดังนี้

- ค่าแรงพนักงาน 1 ตำแหน่ง อยู่ที่ 400 บาท/วัน
- จำนวนวันทำงานอยู่ที่ 26 วัน
- คิดในระยะเวลา 1 ปี

$$\begin{aligned} \text{จะได้ต้นทุนที่ลดได้} &= 400\text{บาท} \times 26\text{วัน} \times 12\text{เดือน} \\ &= 124,800 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

## 4. อภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบระบบจำลองหีบขึ้นงานก๊อกน้ำสนามอัตโนมัติประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมุ่งเน้นการออกแบบในสามด้านหลัก ได้แก่ ด้านทางกล ด้านโปรแกรม และด้านระบบไฟฟ้า ซึ่งการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม การพัฒนาโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ และการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ปลอดภัย ทำให้ระบบทำงานได้อย่างเสถียรและแม่นยำ สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่เน้นการพัฒนากระบวนการอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การลงทุนในการสร้างระบบดังกล่าวยังคุ้มค่า เนื่องจากสามารถลดต้นทุนในการจ้างแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาวซึ่งสามารถคิดระยะเวลาของจุดคุ้มทุนจากการลงทุนจากระบบหีบขึ้นงานก๊อกน้ำสนามอัตโนมัตินี้

ได้จากการแทนค่าในสมการที่ (1)

- ต้นทุนการลงทุน = 88,836
- กระแสเงินรับต่อปี = 124,800 บาท/ปี

$$\text{Payback Period (ปี)} = \frac{88,836 \text{ บาท}}{124,800 \text{ บาท/ปี}} \quad (1)$$

$$= 0.71 \text{ ปี}$$

## 5. สรุปผล

โครงการออกแบบระบบจำลองหยิบชิ้นงานอัตโนมัติด้วยโปรแกรม SOLIDWORK สำหรับการผลิตก๊อคน้ำสนามขนาด 1/2 นิ้ว โดยเน้นขั้นตอนการประกอบด้ามก๊อคน้ำสนาม เพื่อสร้างแบบทางวิศวกรรมสำหรับระบบอัตโนมัติที่สามารถลดต้นทุนค่าแรงพนักงานได้ 1 ตำแหน่ง คิดเป็นต้นทุนที่ลดได้ 124,800 บาทต่อปี.

งานโครงการเล่มนี้เป็นการออกแบบจำลองและพัฒนาการผลิตอัตโนมัติของบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น เนื่องจากบริษัทแต่ละบริษัทมีกระบวนการออกแบบจำลองและพัฒนาการผลิตอัตโนมัติที่แตกต่างกันรวมถึงปัญหาที่แตกต่างกันอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำงานโครงการนี้ไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการ ดำเนินงานของผู้ศึกษาได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณพงษ์ศักดิ์ จินดาสุข กรรมการผู้จัดการ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและอุปการะในการจัดทำโครงการนี้เป็นอย่างดี ทำให้โครงการของข้าพเจ้าประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์แบบ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติพงษ์ ภูมิโภชนา, การศึกษาและพัฒนาแขนหุ่นยนต์หยิบและวางสำหรับอุตสาหกรรมประเภทสามแกน พร้อมการควบคุมโดย PLC เพื่อใช้ในการผลิตอัตโนมัติเพื่อเตรียมพร้อมอุตสาหกรรม 4.0, (มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์) 2561.
- [2] จิภรณ์ บุตรแสนลี, ฉัตรมงคล สมรอด, การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไฮดรอลิกส์แบบขนาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2560; หน้า129-134.
- [3] ณัฐชนน สุวรรณฤกษ์, อภิวัฒน์ บางแสงอ่อน, อานนท์ ไชยแก้ว, การออกแบบและจำลองเครื่องล้างขวดแก้วโดยใช้ SOLIDWORKS, หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2562. หน้า13-69.
- [4] นันทวรรณ ทวีสิน. (2553). ศึกษาวิธีการลดขั้นตอนการทำงานในกระบวนการถอดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตชิ้นส่วนด้วย IE Technique. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] พรจิต ประทุมสุวรรณ. พื้นฐานหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติ กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2548.
- [6] ไพบุลย์ แยมเผื่อน. 2546. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- [7] บุญชม ศรีสะอาด. (2535). การวิจัยเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทร รัวีโรฒ มหาสารคาม. 102-103.
- [8] ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม. "Robot arm picked up the material from the automatic sorting machine with conveyor belt." วารสาร วิศวกรรม ฟาร์ม และ เทคโนโลยี การ ควบคุม อัตโนมัติ 4.1 (2018): หน้า19-27.
- [9] ประเมศวร์ ขาวพิพัฒน์, การออกแบบและสร้างเครื่องอัตโนมัติเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์), 2553
- [10] สุเทพ แจ่มใส, (2539). การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์จับวางชิ้นงานแบบ 3 มิติ ควบคุมด้วย พีแอลซี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต.

solidworks

- [11] อติศร สิงห์ทอง, สมพล พุ่มผึ้ง, สิริกร วงศ์จินดา, และอำนาจ ประจาง, การพัฒนาแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอพีซีกราฟิก, สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์), 2560
- [12] อาจารย์ฉัตรชัย ธิบรรณทรัพย์และ อาจารย์นิรุทธิ์ วันยะโต. (2560). ส่วนประกอบของ PLC. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2562. แหล่งข้อมูล <http://synergyssoft.co.th/products/8-adsk-mfg/200-autodesk-autocad-electrical>
- [13] Ahmad & Fitriani, 2020 = Ahmad, F. E., & Fitriani, E. (2020). Penggunaan Sistem Outseal PLC pada Pemilah Otomatis dan Penghitung Otomatis. Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES), 2(2), 27–39.
- Bakhtiar, A. (2022). Panduan Dasar Outseal PLC (Teknologi Otomasi Karya Anak Bangsa (ed.)).
- [14] Bauer, Andrea, Wollherr, Dirk, and Buss, Martin, 2008, "Human-Robot Collaboration: A Survey", International Journal of Humanoid Robotics, World Scientific Publishing Company, Vol. 5, pp. 47-66.
- [15] Hovimanporn, S. (2018). Programmable Logic Controller. (1st ed.). Bangkok: Academic Promotion Division, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. [in Thai].
- [16] Haiwell. (2024). Haiwell PLC User Manual A Series Card-type PLC. <https://www.haiwell.com/daruanjianen/Haiwell%20Card-type%20PLC%20MPU.pdf>
- [17] Hpkthemaster. (2554). การใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ขั้นพื้นฐาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2562. แหล่งข้อมูล [www.glurgeek.com/education/basic](http://www.glurgeek.com/education/basic)
- [18] Jamrenlak N., Poomane P.,&Ngoenmongkhon S. Six Degrees of Freedom Robot Arm, Faculty of Engineering King Mongkut's of Technology Ladkrabang, 2016; pp.3-33.
- [19] Khwanmuang, S. (2021). Programmable logic controller training set. Journal of Industrial Education, 20(3), 80-90. [in Thai]
- [20] Poorahong T, Prainetr S. The control of a robot arm using speed pulse control method. Naresuan University Journal. 2010;18(1): pp.70-73.
- [21] Suksong, N. & Pratumswan, P. (2018). The Servo – Pneumatic System Control through Programmable Logic Controller. In Research Administration Network Conference 12th. May 27-29, 2018, Thammarin Hotel, Trang Province, Thailand. [in Thai]
- [22] SIAM-AUTOMATION จำหน่ายและนำเข้าอะไหล่เครื่องจักร อุตสาหกรรมโรงงาน <http://www.siamautomation.com/category/68/reed-switch>

## การเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตผลิตภัณฑ์ BV15 MINI (3w) กรณีศึกษากระบวนการปั๊ม (Forging Process) ขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว

รัฐพงศ์ มีเสมา<sup>1</sup>, ขจรศักดิ์ คำวงษ์<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>, สุวิทย์ แพงกันยา<sup>1</sup>

อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมการเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
[ratthaphong-m@rmutp.ac.th](mailto:ratthaphong-m@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> ผู้อำนวยการระบบบริหารคุณภาพ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด 9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซ่งเรือ่ง ลัดหลวง  
อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ 10130

### บทคัดย่อ

โครงการนี้วัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์การปั๊ม (Forging Process) ขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว BV15 MINI (3w) เพื่อลดครีบ (Flashing) พัฒนาการกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์วเพื่อลดต้นทุนในการผลิต ศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว จากการศึกษาข้อมูลพบว่าชิ้นส่วนบอลวาล์วที่ได้จากกระบวนการปั๊ม มีการเกิดครีบระหว่างกระบวนการผลิตอยู่ที่ 11.9%/ชิ้น แนวทางการแก้ไขปัญหาโดยประยุกต์ใช้แผนภูมิพาเรโตในการระบุปัญหา แผนภูมิแกงปลาผิงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) วิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้หลักการ 4M คือ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่าสาเหตุของการเกิดครีบในการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว มาจาก 1.แม่พิมพ์ 2.เครื่องจักร วิธีการปรับปรุงเพื่อลดการเกิดครีบในการปั๊ม ออกแบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์วเพื่อลดการเกิดครีบและทำการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน จากการปรับปรุงสามารถสรุปได้ว่า สามารถลดการเกิดครีบในการปั๊มคิดเป็น 0% ซึ่งสามารถลดการใช้ทองเหลืองในการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์วลงจากเดิม 21.5 กรัม/ชิ้น หรือเท่ากับ 9.4%/ชิ้น และสามารถช่วยลดต้นทุนในการปั๊มขึ้นรูป 4.7บาท/ครั้ง

**คำสำคัญ :** บอลวาล์ว ระบบน้ำประปา แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปทองเหลือง ครีบ การลดต้นทุน

## Abstract

This project aims to analyze the forging process of BV15 MINI (3w) ball valve parts to reduce fins, develop a ball valve part forming process to lower production costs, and study mold design for ball valve parts. From the data analysis, it was found that the ball valve parts from the forging process had fins occurring during production at a rate of 11.9% per piece. To address this issue, a Pareto chart was used to identify the problem, followed by a fishbone diagram (cause and effect diagram), and an analysis of the root cause using the 4M principle: People, Machines, Materials, and Methods. The analysis revealed that the fins in the forging of ball valve parts were primarily caused by issues with 1. Molds and 2. Machines. Improvement methods included redesigning the molds used for forging ball valve parts to reduce fins and adjusting the machines to enhance production efficiency. As a result of these improvements, the occurrence of fins in the forging process was reduced to 0%, which decreased the amount of brass used in the stamping of ball valve parts from 21.5 grams per piece (9.4% per piece) to zero. This improvement also reduced the cost of stamping by 4.7 baht per cycle.

**Keywords:** ball valve, water supply system, brass stamping mold, fins, cost reduction

## 1. บทนำ

โครงการเรื่อง "การเพิ่มผลิตภาพการผลิตผลิตภัณฑ์ BV15 MINI (3w) กรณีศึกษากระบวนการปั๊ม (Forging Process) ขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว" จากการศึกษากระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว ชิ้นส่วนบอลวาล์ว ที่ผลิตโดยบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ผู้ผลิตอุปกรณ์ประปาคุณภาพสูง ภายใต้แบรนด์ SANWA ASAHI ATACO RAMBO ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์มาจากทองเหลืองเป็นส่วนใหญ่ โดยโครงการที่จัดทำขึ้นมานี้ได้มองเห็นถึงจุดที่จะสามารถพัฒนาสายการผลิตปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มผลิตภาพในการผลิต

จากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตเบื้องต้นพบว่า ชิ้นส่วนบอลวาล์ว มีการเกิดครีบระหว่างการปั๊มขึ้นรูป จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ชิ้นส่วนบอลวาล์วหลังกระบวนการปั๊ม น้ำหนักของชิ้นงานโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 185g/ชิ้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชิ้นส่วน BV15 MINI (3w) หลังกระบวนการปั๊ม

จากภาพที่ 1 จะพบว่าครีบของชิ้นส่วนบอลวาล์ว มีทั้งหมด 3 จุด [1] เมื่อนำชิ้นส่วนบอลวาล์วที่ได้จากการปั๊มขึ้นรูป เข้ากระบวนการตัดครีบ พบว่าน้ำหนักของชิ้นงานลดเหลือเพียง 167g/ชิ้น ดังภาพที่ 2-3

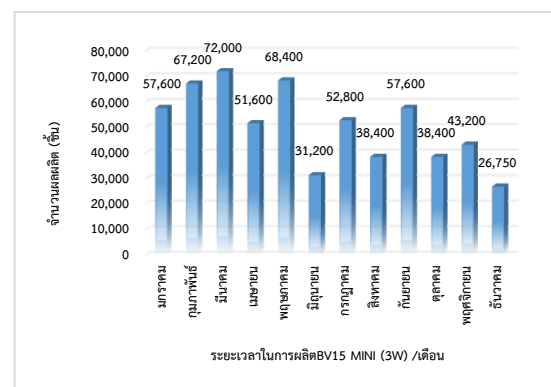


ภาพที่ 2 ชิ้น BV15 MINI (3w) หลังปั๊มขึ้นรูปและตัดครีบ

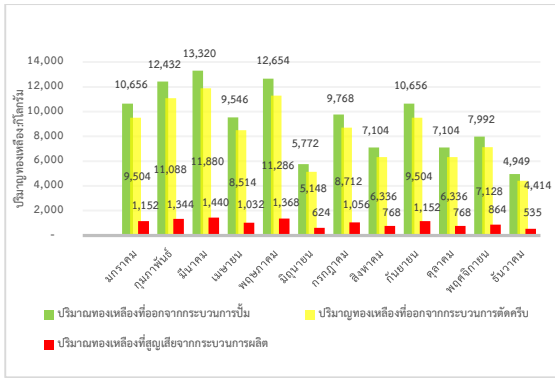


ภาพที่ 3 ลักษณะครีบ(Flashing)ของชิ้นงาน BV15 MINI

จากข้อมูลของภาพที่ 1,2 เมื่อนำข้อมูลมาที่ศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิต ปี 2566 มกราคม-ธันวาคม ดังภาพที่ 4 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของทองเหลืองที่ลดลงหลังกระบวนการตัดครีบ ดังภาพที่ 4-5

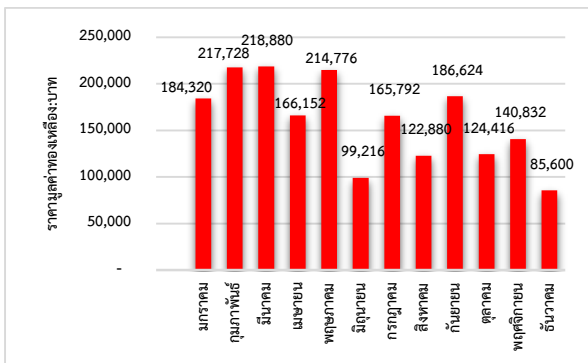


ภาพที่ 4 ปริมาณการผลิต BV15 MINI (3w) พ.ศ 2566



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของทองเหลือง

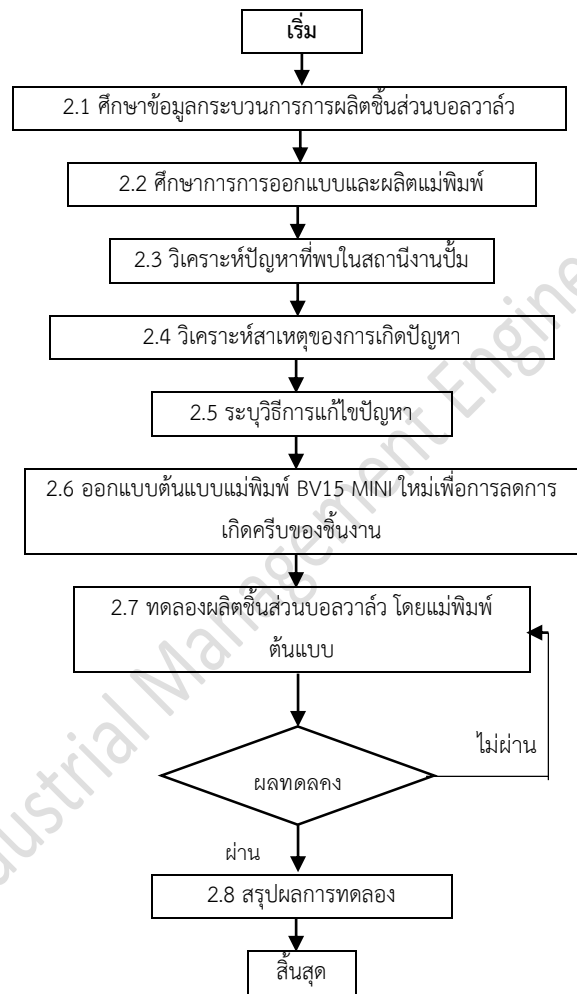
จากภาพที่ 5 จะพบว่าปริมาณทองเหลืองที่ลดลงระหว่างกระบวนการปั๊มขึ้นรูปและกระบวนการตัดครีบบจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1009 กิโลกรัม/เดือน เมื่อนำปริมาณทองเหลืองที่ลดลงระหว่างกระบวนการผลิตมาทำการเปรียบเทียบกับคาราทองเหลืองที่รับซื้ออยู่ในท้องตลาดในแต่ละช่วงเวลาดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 มูลค่าทองเหลืองที่ลดลงในกระบวนการผลิต

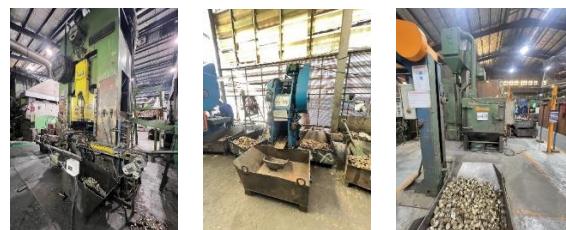
จากข้อมูลทีกล่าวมาข้างต้น ผู้จัดทำโครงการจึงได้หาแนวทางในการลดปริมาณการเกิดครีบระหว่างการผลิตขึ้นส่วนบอลาลัว ในกระบวนการปั๊ม โดยการศึกษากระบวนการผลิตและประยุกต์ใช้แผนภูมิพาเรโตในการระบุปัญหา แผนภูมิแก่งปลาผิงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) วิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้หลักการ 4M เพื่อการแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพ [1]

## 2. วิธีดำเนินการโครงการ



### 2.1 ศึกษาข้อมูลกระบวนการการผลิตขึ้นส่วนบอลาลัว

กระบวนการผลิตในการขึ้นส่วนบอลาลัวในสถานีนงานปั๊ม มีวิธีการผลิตทั้งหมด 3 กระบวนการ โดยแต่ละกระบวนการผลิตมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันโดย แบ่งออกเป็น A.กระบวนการปั๊มขึ้นรูป B.กระบวนการตัดครีบ C.กระบวนการยิงทราย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กระบวนการผลิตขึ้นส่วนบอลาลัว สถานีนงานปั๊ม



### 2.1.1 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วในสถานีงานปั๊ม

ขั้นตอนวิธีการทำงานในการผลิต ชิ้นส่วนบอลวาล์วในสถานีงานปั๊ม โดยโดยการศึกษาวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน คำอธิบายการทำงานและระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังภาพที่ 7 [9]

แผนภูมิกระบวนการไหล Flow Process Chart						
สัญลักษณ์	ประเภท	สัญลักษณ์	ปริมาณ	สถานที่	ความแตกต่าง	
○	วัตถุดิบ	○	การทำงาน	○	6	
○	วัตถุดิบ	○	การขนส่ง	○	6	
○	วัตถุดิบ	○	การตรวจสอบ	○	1	
○	วัตถุดิบ	○	การรอคอย	○	3	
○	วัตถุดิบ	○	การเก็บรักษา	○	1	
○	วัตถุดิบ	○	รวม	○	17	

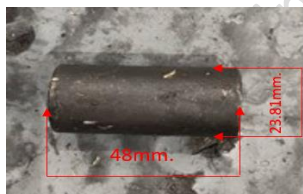
  

เลขที่งาน (Job)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	คำอธิบายการทำงาน
-	30	○	เคลื่อนย้ายก้อนทองเหลืองขนาดหน้าทองเหลือง
1800		○	เผาตัดก้อนทองเหลืองขนาดหน้าทองเหลือง 730 องศา
3.4		○	เคลื่อนย้ายก้อนทองเหลืองไปยังเขตกัด
5.3		○	แยกคัตกับชิ้นงานเข้าเครื่องขึ้นรูป
5.4		○	ขึ้นชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017
8040		○	รอชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 เครื่องรวมไฮดรอลิก (1500)
4	180	○	เคลื่อนย้ายชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 ไปจุดตัด
7200		○	พักชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 ที่โต๊ะขึ้นรูป
15	180	○	เคลื่อนย้ายชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 เข้าเครื่องตัดคัต
1.2		○	ตัดชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017
1800		○	รอชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 เครื่องรวมไฮดรอลิก (1500)
5	360	○	เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปยังเครื่องขึ้นรูป
10		○	นำชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 เข้าเครื่องขึ้นรูป
2400		○	ขึ้นรูปชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017
360		○	ตรวจสอบชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 หลังขึ้นรูป
900		○	นำชิ้นงาน BV15 MINI (3W) 2017 ใส่ลังก่อนจัดส่ง
		○	รอการประเมินผลสำเร็จงานเสร็จสิ้น

ภาพที่ 7 แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

### 2.1.2 วิเคราะห์ลักษณะชิ้นส่วนบอลวาล์วในสถานีงานปั๊ม

1. ก้อนทองเหลือง BV15 MINI (3W) ก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการปั๊ม Forging Process ขนาด โต 23.81 mm. ยาว 48 mm ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ก้อนทองเหลือง ก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการปั๊ม

2. ลักษณะชิ้นส่วนบอลวาล์ว ที่ได้จากกระบวนการปั๊มขึ้นรูป โดยชิ้นงานที่ได้จะมีครีบบทที่ติดมากับชิ้นงานซึ่งมีทั้งหมด 3 จุด ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ชิ้นส่วนบอลวาล์วที่ผ่านการปั๊มและมีครีบบท

### 3. ลักษณะชิ้นส่วนบอลวาล์วหลังกระบวนการตัดครีบบ

จะพบว่ารูปร่างของชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจากที่มีครีบบท 3 จุด ได้หายไปและทำให้น้ำหนักของชิ้นงานเฉลี่ย = 158.5g/ชิ้น ซึ่งน้ำหนักที่หายไปโดยเฉลี่ย = 21.5 กรัม/ชิ้น ดังภาพที่ 10

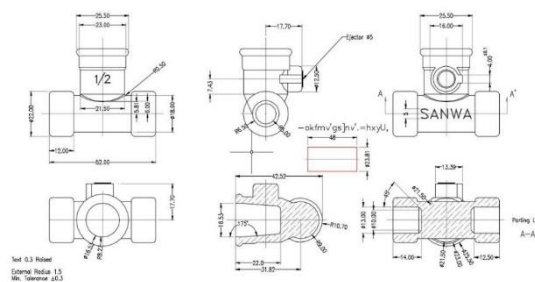


ภาพที่ 10 ลักษณะชิ้นส่วนบอลวาล์ว กระบวนการตัดครีบบ

### 2.1.3 มาตรฐานการผลิตชิ้นงาน

#### 1. แบบสั่งผลิต BV15 MINI (3W) สถานีงานปั๊ม

ในการผลิตจำเป็นต้องมีการระบุรายละเอียดและข้อกำหนดต่าง ๆ อย่างชัดเจนทำให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเข้าใจตรงกัน ลดความเสี่ยงในการสื่อสารผิดพลาดและยังสามารถช่วยในการควบคุมคุณภาพ แบบสั่งผลิตช่วยกำหนดเกณฑ์และมาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการทำให้สามารถตรวจสอบและปรับปรุงได้ตรงจุด ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แบบสั่งผลิต BV15 MINI (3W)

#### 2. ไบโตรตรวจสอบชิ้นส่วนบอลวาล์ว

ใบรายงานผลการตรวจสอบชิ้นส่วนบอลวาล์ว สถานีงานปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว ที่ใช้เพื่อเป็นข้อกำหนดในการตรวจสอบชิ้นงานที่ได้ทำการผลิตเพื่อตรวจสอบจุด

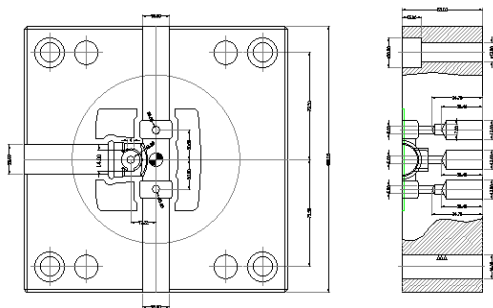
ต่างๆ ตามใบตรวจสอบที่กำหนดเพื่อตรวจหาจุดที่บกพร่อง  
และมีค่าที่ผิดออกไปจากค่าที่กำหนด ดังภาพที่ 12

ATACO SINCE 1981		ใบรายงานผลการตรวจสอบ BV 15 MINI (3W) (งานปั๊ม)		แผนกผลิตบอวลัว	
วันที่ตรวจ:	ชื่อโรงงาน:	สิ่งเครื่อง (ตรวจ 5 ชิ้นแยก ตรวจหลาย) ระหว่างเดือน:	จำนวนชิ้น:	รูป	
Lot No:	Item:	เครื่องจักร:	พจน.ประจำเครื่อง:		
เครื่องวัดที่ใช้:					
หมายเลข จุดวัด			จุดตรวจ	ขนาด	
			Dwg	2320102046	
			A	7.90-8.10	
			B	3.90-4.10	
			C	12.70-13.30	
			D	21.70-22.30	
			E	12.20-12.80	
			F	31.82-32.42	
			G	25.20-25.80	
			H	22.70-23.30	
			I	13.40-14.00	
			J	51.70-52.50	
			K	สายตา	
APPARANG (เส้น (BURF) เส้น (SCRATCH))					
จุดตรวจ	เครื่องมือวัด	ตรวจครั้งที่	เวลาตรวจ	ตรวจครั้งที่	เวลาตรวจ
A	VERNER (0.05)				
B	VERNER (0.05)				
C	VERNER (0.05)				
D	VERNER (0.05)				
E	VERNER (0.05)				
H	VERNER (0.05)				
J	VERNER (0.05)				
K	สายตา				
หมายเหตุ		สรุปผลการตรวจสอบ	อนุมัติ/ไม่ผ่าน	สรุปผลการตรวจสอบ	อนุมัติ/ไม่ผ่าน
		<input type="checkbox"/> ผ่าน	<input type="checkbox"/> อนุมัติ	<input type="checkbox"/> ผ่าน	<input type="checkbox"/> อนุมัติ
		<input type="checkbox"/> ไม่ผ่าน	<input type="checkbox"/> ไม่อนุมัติ	<input type="checkbox"/> ไม่ผ่าน	<input type="checkbox"/> ไม่อนุมัติ

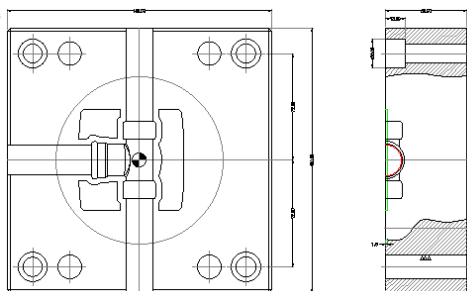
ภาพที่ 12 ใบตรวจสอบชิ้นส่วนบอวลัวโรงงานปั๊ม

## 2.2 ศึกษาการการออกแบบแม่พิมพ์

การออกแบบแม่พิมพ์ BV15 MINI (3W) ที่มีการ  
ใช้ในปัจจุบันนั้นได้มีการออกแบบเพื่อใช้งานกับเครื่องปั๊มใน  
ปัจจุบันมีการใช้เครื่องจักร SEO/36 (0224) ดังภาพที่ 6  
และภาพที่ 13-14



ภาพที่ 13 แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปที่ใช้ในปัจจุบัน (Upper Die)



ภาพที่ 14 แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปที่ใช้ในปัจจุบัน (Lower Die)

## 2.2.1 มาตรฐานการผลิตแม่พิมพ์

มาตรฐานในการผลิตแม่พิมพ์ถือเป็นเรื่องสำคัญใน  
การผลิตแม่พิมพ์เพราะแม่พิมพ์เป็นหัวใจหลักในการปั๊มขึ้น  
รูปขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบแม่พิมพ์ก่อนจะส่งมอบ  
ให้กับผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบ ใบตรวจสอบ  
ขึ้นงาน เพื่อตรวจสอบตามจุดต่างๆที่ได้มีการกำหนดไว้  
ก่อนที่จะส่งมอบไปผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 15

ATACO SINCE 1981		ใบชี้แจงผลการตรวจสอบการขึ้นแม่พิมพ์		แผนกแม่พิมพ์	
วันที่ตรวจ:	ชื่อโรงงาน:	สิ่งเครื่อง (ตรวจ 5 ชิ้นแยก ตรวจหลาย) ระหว่างเดือน:	จำนวนชิ้น:	รูป	
Lot No:	Item:	เครื่องจักร:	พจน.ประจำเครื่อง:		
เครื่องวัดที่ใช้:					
หมายเลข จุดวัด			จุดตรวจ	ขนาด	
			Dwg	2320102046	
			A	7.90-8.10	
			B	3.90-4.10	
			C	12.70-13.30	
			D	21.70-22.30	
			E	12.20-12.80	
			F	31.82-32.42	
			G	25.20-25.80	
			H	22.70-23.30	
			I	13.40-14.00	
			J	51.70-52.50	
			K	สายตา	
APPARANG (เส้น (BURF) เส้น (SCRATCH))					
จุดตรวจ	เครื่องมือวัด	ตรวจครั้งที่	เวลาตรวจ	ตรวจครั้งที่	เวลาตรวจ
A	VERNER (0.05)				
B	VERNER (0.05)				
C	VERNER (0.05)				
D	VERNER (0.05)				
E	VERNER (0.05)				
H	VERNER (0.05)				
J	VERNER (0.05)				
K	สายตา				
หมายเหตุ		สรุปผลการตรวจสอบ	อนุมัติ/ไม่ผ่าน	สรุปผลการตรวจสอบ	อนุมัติ/ไม่ผ่าน
		<input type="checkbox"/> ผ่าน	<input type="checkbox"/> อนุมัติ	<input type="checkbox"/> ผ่าน	<input type="checkbox"/> อนุมัติ
		<input type="checkbox"/> ไม่ผ่าน	<input type="checkbox"/> ไม่อนุมัติ	<input type="checkbox"/> ไม่ผ่าน	<input type="checkbox"/> ไม่อนุมัติ

ภาพที่ 15 ใบตรวจสอบแม่พิมพ์ BV15 MINI (3W)

## 2.3 วิเคราะห์ปัญหาที่พบในสถานีงานปั๊ม

จากการศึกษาข้อมูลในกระบวนการผลิต  
ชิ้นส่วนบอวลัวในสถานีงานปั๊มนั้นจะพบข้อบกพร่องใน  
การผลิตทั้งหมด 3 ลักษณะ 1. ครีบ 2. ปั๊มไม่เต็ม 3. ตัวอักษร  
ร้อน โดยจากปัญหาที่พบจึงเลือกใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อใช้  
เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการเลือกแก้ไขปัญหาที่พบใน  
กระบวนการผลิตดังภาพที่ 16



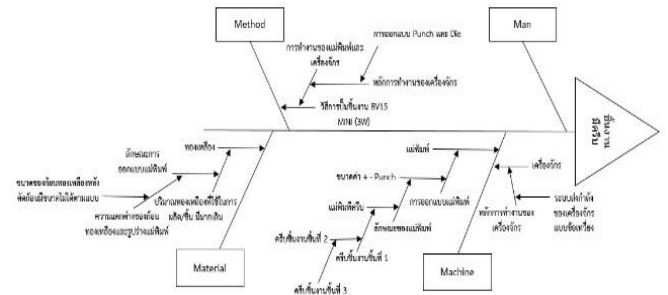
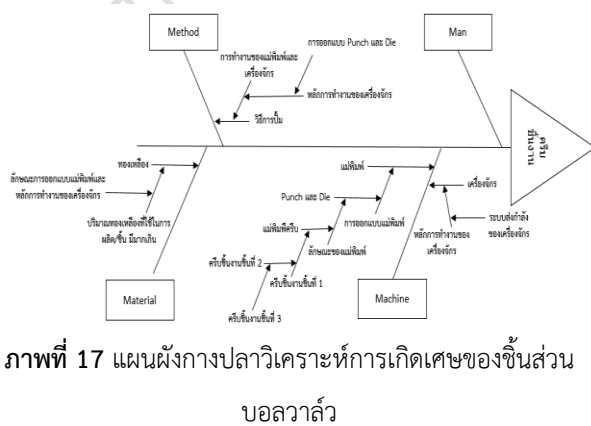
ภาพที่ 16 แผนภูมิพาเรโตวิเคราะห์ที่พบในการผลิต

จากภาพที่ 16 สามารถสรุปข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วโดยเรียงจากพบมากที่สุดไปอย่างน้อยที่สุด โดยข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือ 1.ครีบ = 99.03% 2.ปั๊มไม่เต็ม = 0.73% 3.ตัวอักษรอ่อน = 0.23% จึงได้เลือกแก้ไขข้อบกพร่องที่ประเภทครีบที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด และหาแนวทางในการแก้ไข

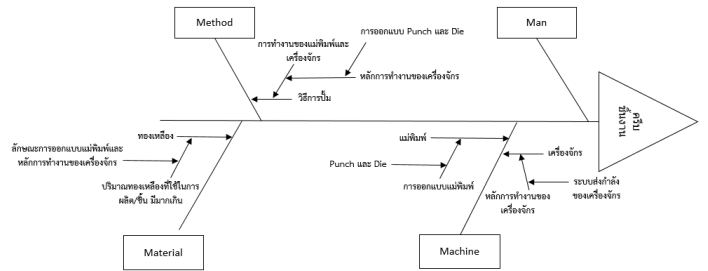
#### 2.4 วิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหา

จากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว สถานีงานปั๊มขึ้นรูป เมื่อทราบถึงข้อบกพร่องหลักที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น การใช้ทองเหลืองในการเกินความจำเป็น การเพิ่มกระบวนการตัดครีบ เป็นต้น จึงนำสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้ผังสาเหตุและ ผล (Cause and Effect Diagram) จากปัจจัย 4M คือ คน เครื่องจักร วัสดุุดิบ และวิธีการ โดยเทคนิค การระดมสมอง เพื่อหาวิธีการแก้ไข ปัญหาที่ตรงจุดและมีประสิทธิภาพ

1.ในการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ ได้ใช้แผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และใช้หลักการ 4M เป็นหัวข้อหลักในการวิเคราะห์ สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดครีบในการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว ทั้งหมด 3 ปัจจัยโดยแบ่งออกเป็น 1.แม่พิมพ์ 2.ปริมาณการใช้ทองเหลืองในการผลิต/ขึ้น 3.เครื่องจักร โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 17-19



ภาพที่ 18 แผนผังการปลาวิเคราะห์การใช้ทองเหลือง



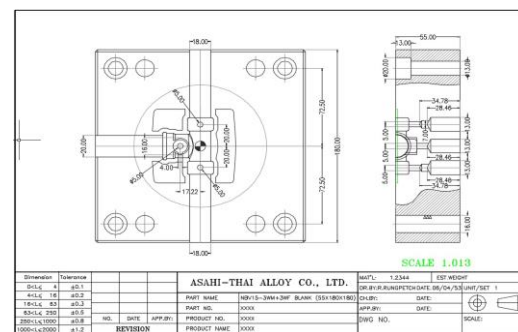
ภาพที่ 19 แผนผังการปลาวิเคราะห์การเกิดเศษในแม่พิมพ์

#### 2.5 ระบุวิธีการแก้ไขปัญหา

จากผลวิเคราะห์ปัญหาในหัวข้อที่ 2.6 จึงสามารถสรุปสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดครีบระหว่างการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว โดยแบ่งออกเป็น 3 สาเหตุ 1. แม่พิมพ์ 2.ปริมาณการใช้ทองเหลืองในการผลิต/ขึ้น 3.เครื่องจักร โดยผู้จัดทำโครงการได้เลือกแก้ไขที่ 2 สาเหตุ 1. แม่พิมพ์ 2.เครื่องจักร

##### 1.แม่พิมพ์

แก้ไขแม่พิมพ์ที่มีการออกแบบช่องครีบ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ชิ้นส่วนบอลวาล์วมีการเกิดเศษติดมากับชิ้นงาน โดยการออกแบบแม่พิมพ์ที่มาสารดปั๊มขึ้นงานโดยไม่เกิดครีบ ซึ่งมีการแก้ไขในช่องครีบของแม่พิมพ์ ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แม่พิมพ์ที่มาสารดปั๊มขึ้นงานโดยไม่เกิดครีบ

## 2. เครื่องจักร

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วในปัจจุบันนั้นไม่มีประสิทธิภาพมากพอที่จะรองรับการแก้ไข จึงเปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิต โดยเครื่องจักรที่ใช้ในปัจจุบันมีการใช้เครื่องจักร SEO/36 (0224) ซึ่งมีระบบการส่งกำลังแบบข้อเหวี่ยงซึ่งส่งผลให้การทำงานของแม่พิมพ์และพันธ์ เป็นการทำงานแบบรวดเร็วจบหรือแม่พิมพ์และพันธ์เคลื่อนที่เข้าหาวัสดุพร้อมกันและไม่สามารถบังคับทิศทางการไหลของทองเหลืองได้ จึงมีการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเป็นเครื่องจักรแบบ ME 150/4G62 ที่มีระบบส่งกำลังแบบ ไฮดรอลิกซึ่งโดยหลักการการทำงานของเครื่องจักรจะแบ่งออกเป็น 2 สเต็ปคือ 1.แม่พิมพ์ลงมาประกบกันอย่างสนิท 2.ระบบไฮดรอลิกทำงานโดยสั่งในพันธ์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ด้วยสาเหตุนี้เครื่องจักร ME 150/4G62 จึงเหมาะสำหรับการแก้ปัญหา ดังภาพที่ 21

SEO/36 (0224)



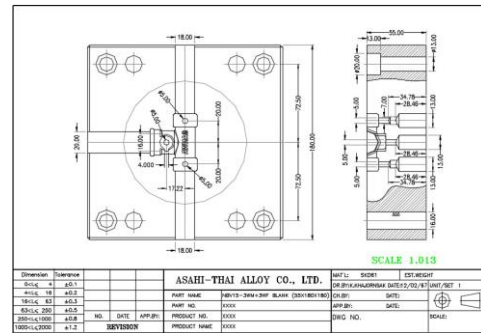
ME 150/4G62 (1472)



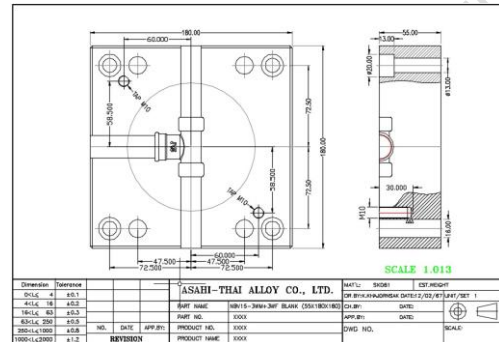
ภาพที่ 21 เปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิต

2.6 ออกแบบต้นแบบแม่พิมพ์ BV15 MINI ใหม่เพื่อลดการเกิดครีบของชิ้นงาน

การออกแบบ BV15 MINI (3WM) ได้ทำการออกแบบโดยโปรแกรมสำหรับเขียนแบบ 3D Cimatron E13 ในการออกแบบ 1.แม่พิมพ์บน (Upper Die) 2.แม่พิมพ์ล่าง (Lower Die) เพื่อการเพิ่มผลิตภาพการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วและลดการเกิดครีบในการผลิตดังภาพที่ 22-23



ภาพที่ 22 แม่พิมพ์บน (Upper Die)



ภาพที่ 23 แม่พิมพ์ล่าง (Lower Die)

## 2.7 ทดลองผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว โดยแม่พิมพ์ต้นแบบ

ในการทดลองการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วโดยแม่พิมพ์หลังปรับปรุงดังภาพที่ 22-23 ในการทดลองกับเครื่องจักร ME 150/4G62 โดยมีทดลองผลิตทั้งหมด 80 ชิ้น



ภาพที่ 24 ชิ้นส่วนบอลวาล์วที่ได้จากการทดสอบแม่พิมพ์

## 2.8 สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองพบว่าแม่พิมพ์ต้นแบบที่นำไปทดลองสามารถผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว โดยไม่เกิดครีบติดมา กับชิ้นงาน จากการทดลองผลิต 80ชิ้น พบว่ามีของดีที่ได้มาตรฐานตามใบตรวจสอบชิ้นงานอยู่ที่ 58 ชิ้น และชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานตามใบตรวจสอบชิ้นงานอยู่ที่ 22 ชิ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดี 72.5% ของเสีย 27.5%

### 3. ผลการดำเนินงานโครงการ

จากผลการดำเนินงานโครงการแก้ไขปัญหาชิ้นส่วน  
บอลวาล์วเกิดครีบบระหว่างปั๊มขึ้นรูป โดยแม่การแก้ไข  
แม่พิมพ์ที่ใช้ในการปั๊มขึ้นรูปสรุปผลได้ดังนี้

#### 3.1 ผลค่าใช้จ่ายสำหรับการผลิตแม่พิมพ์

จากผลค่าใช้จ่ายการผลิตแม่พิมพ์เพื่อการลดครีบบ  
ระหว่างการผลิต ปรากฏว่ามีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแบ่ง  
ต่อแม่พิมพ์ 1 ชุดโดยแบ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ 1.ค่าใช้จ่าย  
ในการกัดแม่พิมพ์ 4,860 บาท 2.ค่าใช้จ่ายในการกลึงพื้นซ์ 300  
บาท 3.ค่าใช้จ่ายในการเจียรปรับผิวแม่พิมพ์ 600 บาท 4.  
ค่าใช้จ่ายในการนำแม่พิมพ์ชุบแข็ง 950 บาท 4.ค่าวัสดุที่ใช้ใน  
การผลิต 5,592 บาท นำมาคิดคำนวณตามสมการที่ 1 การ  
คำนวณต้นทุนรวมในการผลิตแม่พิมพ์ (Total Reuse Cost) ที่  
ได้ดังนี้

$$\text{Total Reuse Cost} = \text{Labor Cost} + \text{Machine Cost} + \text{Material Cost} \quad (1)$$

$$\text{Total Reuse Cost} = 4,860 + 300 + 600 + 950 + 5,592 = 12,677$$

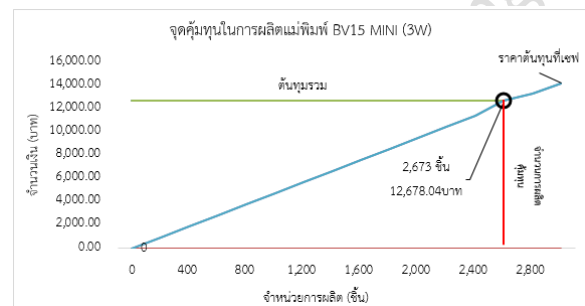
3.2 ปริมาณทองเหลืองที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว/ชิ้น ลดลง  
ผลจากลดปริมาณทองเหลืองที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนบอล  
วาล์ว/ชิ้น ลดลง ปรากฏว่าส่วนต่างในการลดต้นทุนในการใช้  
ทองเหลืองในการผลิตนั้น ต้นทุนการผลิต/ชิ้น จะมีการใช้  
ทองเหลืองในการผลิต 180 กรัม/ชิ้น = 50.22 บาท (ก่อน  
ปรับปรุง) ทองเหลืองในการผลิต 163 กรัม/ชิ้น = 45.48 บาท  
(หลังปรับปรุง) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง คือ 9.43 % เป็น  
จำนวนเงินที่ลดลงจะอยู่ที่ 4.74 บาท/ชิ้น ดังสมการที่ 2 เปรอ์  
เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Percentage Change)

$$\text{Percentage Change} = \frac{\text{Change}}{\text{Original}} \times 100$$

$$\text{Percentage Change} = \frac{45.48 - 50.22}{50.22} \times 100 = 9.43\%$$

#### 3.3 ระยะเวลาจุดคุ้มทุน

จากปริมาณทองเหลืองที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว/  
ชิ้น ลดลงและค่าใช้จ่ายที่ใช้การปรับปรุงแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูป  
ชิ้นส่วนบอลวาล์ว 12,677 บาท จึงนำมาหาช่วงเวลาที่ใช้ใน  
การลงทุน โดยต้องมีการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วจำนวน  
2,678 ชิ้น หรือคิดเป็นจำนวนเงินอยู่ที่ 12,678.04 บาท



ภาพที่ 25 ระยะเวลาจุดคุ้มทุน

#### 3.4 ลดระยะเวลาในการทำงาน

จากผลการปรับปรุงนั้นสามารถลดระยะเวลาใน  
การผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์วในสถานงานปั๊มขึ้นรูป โดยก่อน  
การปรับปรุงนั้นมีขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 17 ขั้นตอน  
หลังปรับปรุงสามารถลดขั้นตอนการทำงานลงเหลือ 14 หรือ  
ลดลง 3 ขั้นตอน คิดเป็นระยะเวลา 1,981.2 วินาที

แผนภูมิกระบวนการไหล Flow Process Chart					
วิธีเดิม	แบบเดิม	สัญลักษณ์	วิธีเดิม	สรุป	ความแตกต่าง
วิธีเดิม	แบบเดิม	การทำงาน	6	5	1
วิธีเดิม	แบบเดิม	การขนส่ง	6	5	1
วิธีเดิม	แบบเดิม	การตรวจสอบ	1	1	0
วิธีเดิม	แบบเดิม	การรอคอย	3	2	1
วิธีเดิม	แบบเดิม	การเก็บรักษา	1	1	0
รวม			17	14	3
ระยะเวลา (วินาที)	เลข (วินาที)	สัญลักษณ์	คำอธิบายการทำงาน		
-	30	●	เคลื่อนย้ายก้อนทองเหลืองเข้าเตาเผาทองเหลือง		
1800	●	▶	เผาเตาทองเหลืองจนอุณหภูมิ 730 องศา		
3.4	●	▶	เคลื่อนย้ายทองเหลืองไปยังแชล		
5.3	●	▶	แชลเคลื่อนย้ายก้อนทองเหลืองเข้าเครื่องขึ้น		
5.4	●	▶	ปั๊มขึ้นงานBV15 MINI (3w)		
8040	●	▶	รอชิ้นงานBV15 MINI (3w) เติมกระเปาะใส่ชิ้นงาน (1500)		
4	180	●	เคลื่อนย้ายกระเปาะใส่BV15 MINI (3w) ไปจุดพัก		
7200	●	▶	รอชิ้นงาน BV15 MINI (3w) เย็นตัว		
16	360	●	เคลื่อนย้ายกระเปาะใส่ชิ้นงานไปยังเครื่องยิงทราย		
10	●	▶	นำชิ้นงานBV15 MINI (3w) เข้าเครื่องยิงทราย		
2400	●	▶	เครื่องยิงทรายทำงาน		
360	●	▶	ตรวจเช็คชิ้นงานBV15 MINI (3w) หลังยิงทราย		
900	●	▶	นำชิ้นงานBV15 MINI (3w) ใส่อีกก่อนจัดส่ง		
		▶	รอการส่งมอบสู่สถานีงานถัดไป		

### 4. อภิปรายผล

โครงการเรื่อง การเพิ่มผลิตภาพการผลิตผลิตภัณฑ์  
BV15 MINI (3w) กรณีศึกษากระบวนการปั๊ม (Forging  
Process) ชิ้นรูปชิ้นส่วนบอลวาล์ว เป็นการศึกษาปัญหาที่  
เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบอลวาล์ว ในสถานงาน  
ปั๊มขึ้นรูป และหาแนวทางการแก้ไข ซึ่งปัญหาที่พบคือการ

เกิดครีบระหว่างปัมขึ้นรูป จากการศึกษาปัญหาและข้อมูลต่างๆ เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยแนวทางการแก้ไขปัญหาคือพบว่าปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเกิดครีบของชิ้นงาน มีผลมาจากการเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ไม่มีประสิทธิภาพมากพอซึ่งส่งผลในการออกแบบแม่พิมพ์นั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบช่องครีบ โดยแนวทางการปรับปรุงจึงได้ออกแบบแม่พิมพ์ที่สามารถปัมขึ้นรูปโดยไม่เกิดครีบขึ้นระหว่างปัม จากผลการทดลองปัมขึ้นรูปชิ้นงานจริงจำนวน 80 ชิ้น พบว่ามีของดีที่ได้มาตรฐานตามใบตรวจสอบชิ้นงานอยู่ที่ 58 ชิ้น และชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานตามใบตรวจสอบชิ้นงานอยู่ที่ 22 ชิ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดี 72.5% ของเสีย 27.5% ซึ่งสามารถลดการใช้ทองเหลืองในการผลิตลง 17 กรัม/ชิ้น คิดเป็นมูลค่า/ชิ้น จะอยู่ที่ 4.74 บาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะอยู่ที่ 9.43%

### 5.สรุปผลการดำเนินการทำโครงการ

โครงการที่จัดทำในครั้งนี้นี้สามารถลดการเกิดครีบระหว่างการผลิตขึ้นส่วนบอลวาล์ว ลงโดยก่อนปรับปรุงครีบมีการเกิดครีบคิดเป็น 11.9%/ชิ้น หลังปรับปรุง การเกิดครีบคิดเป็น 0%/ชิ้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการใช้ปริมาณทองเหลืองในการผลิต BV15 MINI (3W)/ชิ้น ลงจากเดิมก่อนปรับปรุงมีการใช้ทองเหลืองในการผลิต น้ำหนักเฉลี่ย 180กรัม/ชิ้น หลังปรับปรุงสามารถลดปริมาณการใช้ทองเหลืองในการผลิตลงเหลือ น้ำหนัก 163กรัม/ชิ้น ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนในการจัดซื้อทองเหลืองในการผลิต BV15 MINI (3W)/ชิ้น ลง 4.743บาท/ชิ้น และทำให้ลดกระบวนการทำงานในการผลิตลง 1.กระบวนการคือกระบวนการตัดครีบ ทำให้ลดเวลาและลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการ BV15 MINI (3W) จำนวน 1คน

### 6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณพงษ์ศักดิ์ จินดาสุข ผู้บริหารระดับสูง บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด และ สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสและ

สนับสนุนการดำเนินโครงการ การเพิ่มผลผลิตการผลิตผลิตภัณฑ์ BV15 MINI (3w) กระบวนการขึ้นรูป (Forging Process) ขึ้นรูปขึ้นส่วนบอลวาล์วและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานครั้งนี้

### 6.เอกสารอ้างอิง

- [1] น.ส.ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ พ.ศ.2563 การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยใน กระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [2] จารุพล ทัดสา 2559 การศึกษาความสัมพันธ์ของแรงกดแม่พิมพ์กับแรงบิดของมอเตอร์เซอร์โว สำหรับเครื่องปัมกลไกแบบมอเตอร์เซอร์โว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [3] นางสาวรัชชิตา พลูทวี 2552 การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่มีผลกระทบต่อความแข็งหลังผ่านการตกผลึกใหม่ของทองเหลือง มหาวิทยาลัยนเรศวร
- [4] นายธีรยุทธ กาญจนแสงทอง 2559 ความสามารถในการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อน SKD 61 โดยกระบวนการเชื่อมโลหะแบบอาร์คโลหะแก๊สคลุม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [5] นายดนุพล ล้อมคุณ 2554 การเพิ่มประสิทธิภาพและการลดของเสียในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- [6] สุรศักดิ์ สุรนนท์ชัย 2551 การศึกษาขบวนการตีขึ้นรูปร้อนแม่พิมพ์ปิดแบบมีครีบโดยอาศัย การทำแบบจำลองระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [7] กิติกร คำมูล 2554 การวิเคราะห์การเปลี่ยนรูปทรงของก้อนทองเหลืองในกระบวนการทุบขึ้นรูปร้อนโดยการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้น มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [8] อำนาจ แก้วสามัคคี (2551). ความสำคัญของค่าตายไฮต์ตายขัดไฮต์ และเพรสชัตไฮต์ในงานปัมตัดเฉือนขึ้น รูปวัสดุ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา [www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/p50-58.pdf](http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/p50-58.pdf)
- [9] อ.ดร. จันท์ศิริ สิงห์เถื่อน 2553 การวิเคราะห์กระบวนการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- [10] ดร.ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา, สาโรช 2535 วัสดุในงานวิศวกรรม.กรุงเทพ บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- [11] วารุณี เปรมานนท์ และอรจิรา เตียววณิชย์, วัสดุทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2557.
- [12] พิชญ์พันธ์ อุ่นชื่น, "การลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภททรายใหม่ของชิ้นงานหล่อ," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558
- [13] มนตรี พิพัฒน์ไพบูลย์ และ พชร หงษาครประเสริฐ, "การลดของเสียในโรงงานผลิตอุปกรณ์ต่อ พวงรถแทรกเตอร์ โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง," นเรศวรวิจัย, vol. 12, pp. 318- 329.
- [14] กิตติศักดิ์ อนุรักษ์สกุล, 2545 "การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงสร้าง ยานยนต์โดยเทคนิคFMEA" ,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [15] อุษณี อธิ์ ถิ่นเกาะแก้ว. 2545. "การลดของเสียจากระบวนการผลิตกระดวยโตประมุกต์วิธีการ ซิกซ์ซิกมา" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- [16] Khar RK, Vyas SP, Ahmad FJ, Jain GK. The theory and practice of industrial pharmacy. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 2013: 1093-1094
- [17] Farnum NR. Statistical quality control and improvement. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1994: 181-187.
- [18] Reid RD and Sanders NR. Operations management: an integrated approach, 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2011: 202-206.

## การพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องมือตัด กรณีศึกษาเครื่องมือตัดชนิด

### ทังสเตนคาร์ไบด์ บริษัทไมโครฟอร์ม(ประเทศไทย)จำกัด

#### Development of Cutting Tool Manufacturing Process: A Case Study of Tungsten Carbide Cutting Tools, Microform (Thailand) Co., Ltd.

ทวีรัฐ เหาศรี<sup>1</sup>, พงศ์พนิช บรรลือทรัพย์<sup>1</sup>, ชานนท์ มุลวรรณ<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงศ์ริษะ<sup>2</sup>, อุทิศ สง่างวงศ์<sup>3</sup>, ศิลป์ชัย ไหมยะ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต  
taveerat121@gmail.com

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหการเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>3</sup> บริษัท ไมโครฟอร์ม(ประเทศไทย) จำกัด

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ ผลิตภัณฑ์ส่วนสแต็ปดริล (Step Drill) ผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์ (Carbide Insert) และผลิตภัณฑ์มีดกัด (Cutter) โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์เวลามาตรฐานในการผลิต การคำนวณประสิทธิภาพสายการผลิต การจัดสมดุลสายการผลิต วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุด้วยแผนภูมิเหตุและผล หลักการ 5W1H เทคนิค Why Why Analysis และแนวคิด ECRS เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิต การตรวจสอบคุณภาพ และแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่าการผลิต ส่วนสแต็ปดริลมีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 704 วินาทีต่อชิ้น ผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์ มีรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 231 วินาทีต่อชิ้น และผลิตภัณฑ์มีดกัดมีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 344 วินาทีต่อชิ้น หลังการปรับปรุงการผลิตส่วนสแต็ปดริลในการกำจัด (Eliminate) ขั้นตอนการทำซ้ำในสถานีงานที่ 4 ทำให้รอบเวลาการผลิตเท่ากับ 583 วินาทีต่อชิ้น ลดลงร้อยละ 17.18 อัตราการผลิตจาก 38 ชิ้นต่อวันเพิ่มขึ้นเป็น 46 ชิ้นต่อวัน มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 38.94 เป็นร้อยละ 43.48 เวลารวมในกระบวนการผลิตลดลงร้อยละ 7.45 หลังการปรับปรุงผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์โดยการรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน (Combine) ของสถานีงานที่ 1 สถานีงานที่ 2 และ สถานีงานที่ 3 ทำให้รอบเวลาการผลิตเท่ากับ 203 วินาทีต่อชิ้น ลดลงร้อยละ 12.12 เวลาในกระบวนการผลิตโดยรวมลดลงร้อยละ 53.37 ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 65.42 เป็นร้อยละ 71.51 ทำให้อัตราการผลิตจาก 111 ชิ้นต่อวันเพิ่มขึ้นเป็น 133 ชิ้นต่อวัน หลังการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มีดกัดที่ใช้หลักทำให้ง่ายขึ้น (Simplify) ในสถานีงานที่ 7 การเจียรระโนลับคมตัด ทำให้มีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 211 วินาทีต่อชิ้น ลดลงร้อยละ 38.66 ส่งผลให้ทำให้อัตราการผลิตจาก 78 ชิ้นต่อวันเพิ่มขึ้นเป็น 127 ชิ้นต่อวัน ประสิทธิภาพการผลิตจากร้อยละ 47.60 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 66.77

คำสำคัญ : การพัฒนา; การผลิต; เพิ่มประสิทธิภาพ; ลดเวลา



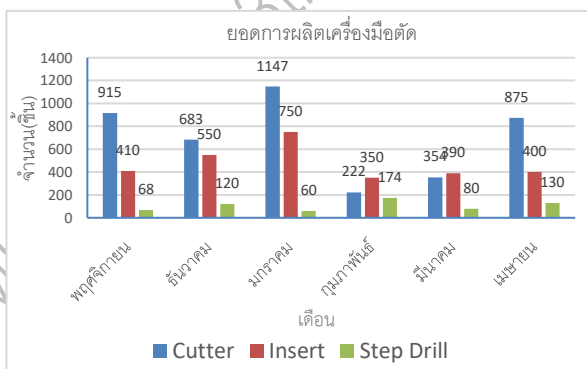
**Abstract**

This project aimed to study and enhance the efficiency of the production process for tungsten carbide cutting tools, including step drills, carbide inserts, and cutters. Standard time analysis, production line efficiency calculations, line balancing, and root cause analysis using tools such as fishbone diagrams, the 5W1H method, Why-Why Analysis, and the ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) concept were applied to analyze and improve the production processes, quality control, and problem-solving measures. The analysis revealed that the production cycle time for step drills was 704 seconds per piece, for carbide inserts 231 seconds per piece, and for cutters 344 seconds per piece. After eliminating redundant steps in Station 4 for step drill production, the cycle time was reduced to 583 seconds per piece, a 17.18% reduction, increasing production from 38 to 46 pieces per day and improving efficiency from 38.94% to 43.48%, while total production time decreased by 7.45%. For carbide inserts, combining steps in Stations 1, 2, and 3 reduced the cycle time to 203 seconds per piece, a 12.12% reduction, resulting in a 53.37% overall time reduction and increasing efficiency from 65.42% to 71.51%, raising production from 111 to 133 pieces per day. Simplifying the cutter sharpening process at Station 7 reduced cycle time to 211 seconds per piece, a 38.66% reduction, which increased production from 78 to 127 pieces per day and boosted efficiency from 47.60% to 66.77%.

**Keywords :** Development; Production; Efficiency Improvement; Time Reduction

**1.บทนำ (Introduction)**

การผลิตเครื่องมือตัดในช่วง 1 พฤศจิกายน 2566 ถึง 30 เมษายน 2567 มียอดการผลิตพิจารณาจากจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีการสั่งผลิตมากที่สุด มีจำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ดอกสว่านสเต็ปดริล (Step Drill) ผลิตภัณฑ์เม็ดมิดอินเสิร์ต (Insert) ผลิตภัณฑ์คัทเตอร์ (Cutter)



**ภาพที่ 1** ยอดสินค้าที่ผลิตปี พ.ศ. 2566-2567

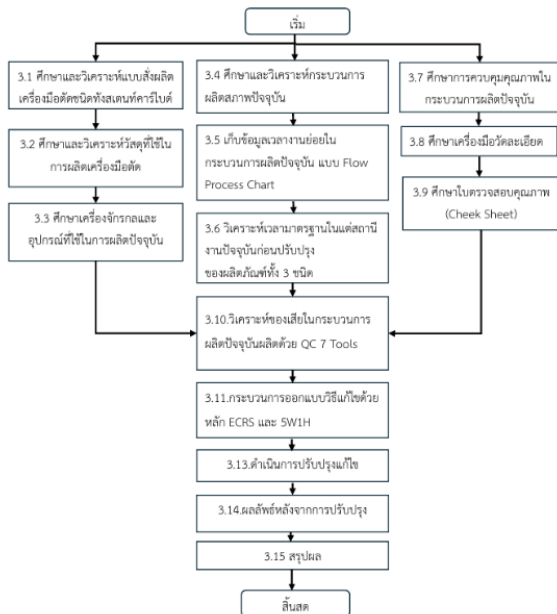
จากข้อมูลการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิตโดยรวมผลิตภัณฑ์คัทเตอร์จำนวน 4,192 ชิ้น ผลิตภัณฑ์เม็ดมิดอินเสิร์ตจำนวน 2,850 ชิ้น ผลิตภัณฑ์สว่านสเต็ปดริล

จำนวน 632 ชิ้นซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์มีอัตราการผลิตต่อวัน ดังนี้ ผลิตภัณฑ์สว่านสเต็ปดริล 41 ชิ้นต่อวัน ผลิตภัณฑ์เม็ดมิดอินเสิร์ต 111 ชิ้นต่อวัน ผลิตภัณฑ์คัทเตอร์ 78 ชิ้นต่อวัน จากวิธีการปฏิบัติงานในองค์กรทำการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ข้างต้นเพื่อให้ทราบถึงปัญหาของเวลาในการผลิต และหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลัก 5W1H ในการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพ จากศึกษากาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ ECRS การศึกษาแนวคิดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต และการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยของสหศาสตร์ พรดิที่ทำการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตคัตติ้งทูลส์สเต็ปดริลคาร์ไบด์ซึ่งได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS สามารถลดขั้นตอนการเจียรในจาก 19 ขั้นตอน เป็น 12 ขั้นตอน ผลการเลเซอร์สามารถลดเวลาจาก 23.22 นาทีต่อชิ้น เป็น 10.18 นาทีต่อชิ้น คิดเป็นลดลงร้อยละ 56.16 ประสิทธิภาพการทำงานจากร้อยละ 45.61 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 77.40 ต้นทุนวัตถุดิบลดลงจากร้อยละ 61.25 เป็นร้อยละ 30.75 ต้นทุนรวมลดลง 360,000 บาท

โครงการนี้มีเป้าหมายในการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรม มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต

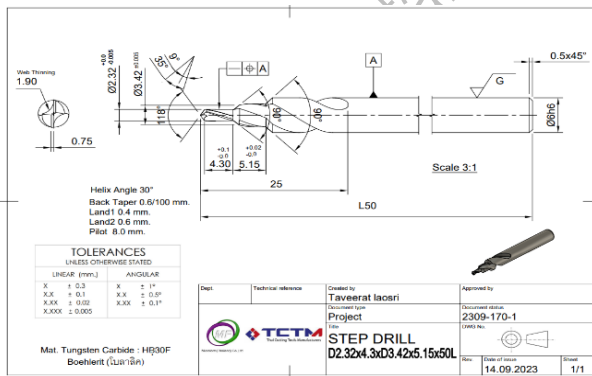
## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

โครงการนี้ได้จัดทำแผนวิธีการดำเนินงานเพื่อการรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเครื่องมือตัดในปัจจุบัน แสดงรายละเอียดแผนผังขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2 แผนการดำเนินโครงการ

### 2.1 การวิเคราะห์การผลิตส่วนสแต็ปดริล



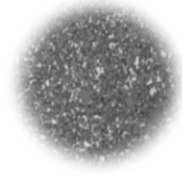
ภาพที่ 3 แสดงแบบสั่งผลิตส่วนสแต็ปดริล

จากภาพที่ 3 แบบสั่งผลิตส่วนสแต็ปดริล ขนาด  $\varnothing 2.3 \times 4.30 \times \varnothing 3.42 \times 5.15$  มิลลิเมตร และองศา 90 ตามลำดับสัญลักษณ์ GD&T ชิ้นงานควรจะมีความตรงที่สมบูรณ์และตำแหน่งจะต้องมีความแม่นยำร่วมศูนย์โดยสัมพันธ์กับตำแหน่งของระนาบหรือเส้นอ้างอิงที่จุด A

### 2.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการผลิตส่วนสแต็ปดริล



ก.



ข.

ภาพที่ 4 วัสดุที่ใช้ในการผลิตส่วนสแต็ปดริล

จากภาพที่ 4 ก.วัสดุที่ใช้ในการผลิตเป็น ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide) ยี่ห้อ Boehlert เกรด HB30F ขนาด 6x50 มิลลิเมตร ข.โครงสร้าง Medium grain ขนาดของเกรนอยู่ที่ 0.8 ไมโครเมตร [7]

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีคาร์ไบด์ Boehlert HB30F

Grade	ISO513	Chemical composition		Density	Hardness	Compressive Strength	Tensile Strength	Young's modulus
		percentage of weight						
		WC%	Co%	g/cm <sup>3</sup>	ISO3878	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kN/mm <sup>2</sup>
HB30F	K15-K30	90	10	14.4	1650	5600	3600	580

### 2.1.2 การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตสแต็ปดริล

ตารางที่ 2 กระบวนการผลิตส่วนสแต็ปดริล

No.	Image	Flow Chart	Process	Work tools	Standard time
1.		1. เลือกวัสดุ (Material) ตรวจสอบ	Tungsten carbide Boehlert HB30F ขนาด $\varnothing 6 \times 30$ mm.	- แบบสั่งผลิต - หมายเลขสแต็ป (PO) - จำนวนสแต็ป (ชิ้น) - ใบบันทึกการวิเคราะห์วัสดุ	วางแผนในการวิเคราะห์วัสดุ ปริมาณไม่แน่นอนจึงยังไม่ขึ้นมาตรฐาน
2.		2. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที Chamfer ตัด $0.5 \times 45^\circ$	- เครื่อง Decol - ใบลับ EXTEC D1515 - ชิ้นเจียรใน 11V9 D64 - ชุดกรรไกรจับ Collet - เวอร์เนียร์ (0.02mm.)	257 วินาที/ชิ้น
3.		3. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ขนาด Diameter $\pm 0.005$ มิลลิเมตรควบคุมกระบวนการเจียรใน $\pm 0.0$ $\pm 0.05$ มิลลิเมตร	- เครื่อง Pollo Matic - ใบถนน F&Smate - ชุดกรรไกรจับ Collet - ไมโครมิเตอร์ สตีลสเกล (0.001mm.)	349 วินาที/ชิ้น
4.		4. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ความเร็วรอบ 120* ควบคุมขนาด Diameter ปลายชิ้นงานที่ 1 มิลลิเมตร	- เครื่อง Eviang - ชิ้นเจียรใน 11V9 D64 - ชุดกรรไกรจับ Collet - กล้องสแต็ป HD 10x - กล้องวัดขนาด ARC	89 วินาที/ชิ้น
5.		5. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ความเร็วรอบ 120* ควบคุมขนาด Diameter ปลายชิ้นงานที่ 1 มิลลิเมตร	- เครื่อง Anica CNC - ชิ้นเจียรใน 1A1-D64 - ชิ้นเจียรใน 11V9 D46 - ชุดกรรไกรจับ Collet - กล้องสแต็ป (0.002mm.) - กล้องวัดขนาด OCP	685 วินาที/ชิ้น
6.		6. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ความเร็วรอบ 120* ควบคุมขนาด Diameter ปลายชิ้นงานที่ 1 มิลลิเมตร	- เครื่อง Eviang M3 - Collet $\varnothing 6.0$ mm. - กล้องสแต็ป HD - กล้องวัดขนาด OCP	81 วินาที/ชิ้น
7.		7. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ความเร็วรอบ 120* ควบคุมขนาด Diameter ปลายชิ้นงานที่ 1 มิลลิเมตร	- เครื่องสแต็ป ยี่ห้อ Eco Mark - V-Bloc จับยึด	49 วินาที/ชิ้น
8.		8. ชิ้นงานถูกเจียรในตัวควบคุมความเร็วรอบ ตรวจสอบ	ความเร็วรอบ 120* ควบคุมขนาด Diameter ปลายชิ้นงานที่ 1 มิลลิเมตร	- กล้องสแต็ป HD ขนาด $\varnothing 6.0$ มิลลิเมตร - สแต็ปวัดค่าความสอดคล้อง	89 วินาที/ชิ้น

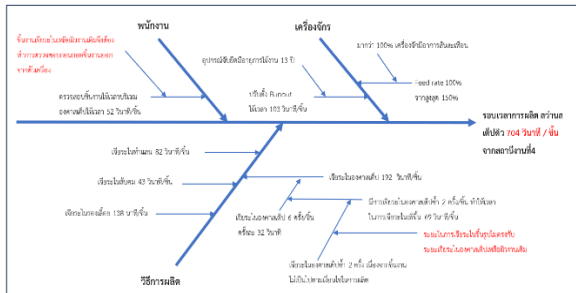
การคำนวณประสิทธิภาพสายการผลิตส่วนเสียบิวปัจจุบัน

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน}}{\text{(รอบเวลาการผลิต)(จำนวนสถานีงาน)}} \times 100$$

$$= \frac{57+349+89+704+174+72}{(704)(6)} \times 100$$

$$= 38.940\%$$

2.1.3 วิเคราะห์ปัญหาการผลิตส่วนเสียบิวในสถานีงานที่ 4  
หลังจากการวิเคราะห์เวลามาตรฐานสถานีงานที่ 4 ใช้  
เวลาในการผลิต 704 วินาทีต่อชิ้น



ภาพที่ 5 แผนภาพเหตุและผลจากปัญหาการรอบเวลาการผลิต  
ส่วนเสียบิว

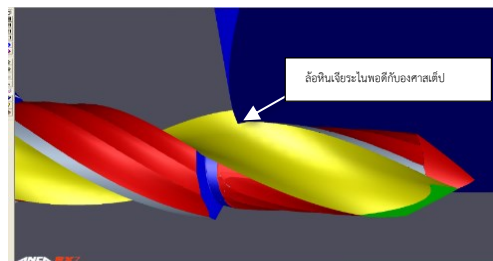
จากภาพที่ 5 พบว่ามีกระบวนการทำซ้ำในการ  
เจียรใน จึงได้นำหลัก 5W1H มาใช้วิเคราะห์กิจกรรม  
ตารางที่ 3 วิเคราะห์ด้วยหลักการ 5W1H และ ECRS การ  
ผลิตส่วนเสียบิว

สัญลักษณ์	กิจกรรม	
27	28	ตรวจสอบของเศษเจียรในของเศษเข้า
ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างไรทำให้ใหม่
1. ตรวจสอบของเศษเข้าใช้เวลา 52 วินาที/ชิ้น 2. เจียรในของเศษเข้าใช้เวลา 69 วินาที/ชิ้น ในสถานีงานที่ 4	1. เพราะจะต้องตรวจสอบเศษเข้า เศษของชิ้นงานใช้ผิวงานถูก เจียรใน ไม่เหลือร่องรอยเดิม 	ได้ โดยกำจัดชิ้นตอนน้อยลง หลัก Eliminate โดยกำจัดขั้นตอนการ ตรวจสอบออก และขั้นตอนการ เจียรในซ้ำ โดยการ ปรับปรุง กระบวนการผลิตชิ้นรูปในสถานี งานที่ 2 ให้ได้ขนาดตรงๆพอดีกับ การเจียรในของเศษเข้า
ใครทำ	ทำไมต้องทำอย่างนั้น	คนอื่นทำให้ใหม่
-สถานีงานที่ 2 นายพัริศ เทลาศรี -สถานีงานที่ 4 นายโพธิ์ วงศ์โกศา	-เพราะนายพัริศเป็นพนักงาน ประจำเครื่อง Rollomatic CNC ในการเจียรในชิ้นรูปชิ้นงาน -เพราะนายโพธิ์เป็นพนักงาน ประจำเครื่อง Anca CNC ใน การเจียรในของเศษเข้า	ได้ โดยฝึกพนักงานคนอื่นให้มีความ ชำนาญในการใช้เครื่อง Rollomatic CNC และเครื่อง Anca CNC ทำโดยใช้หลัก Combine รวมเข้าด้วยกัน เพราะ พนักงานสามารถควบคุมเครื่องจักร ได้มากกว่า 1 เครื่อง
ทำที่ไหน	ทำไมต้องทำที่นั่น	ทำที่ไหนใหม่
-ทำการขึ้นรูปชิ้นงานที่เครื่อง Rollomatic CNC  -ทำการเจียรในของเศษเข้าที่ เครื่อง Anca CNC 	-เพราะเครื่อง Rollomatic CNC สามารถเจียรในชิ้นรูป ชิ้นงานที่มีค่า Runout ไม่เกิน 0.005 มิลลิเมตรได้ -เพราะเครื่อง Anca CNC สามารถเจียรในชุดร่อง ลับคม ทำเลนส์ ทำของเศษเข้าได้	-เจียรในชิ้นรูปได้ ที่เครื่อง OD Kellenberker  แต่จะทำให้เวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น จาก 349 วินาที/ชิ้น เป็น 558 วินาที/ชิ้น

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ด้วยหลักการ 5W1H และ ECRS (ต่อ)

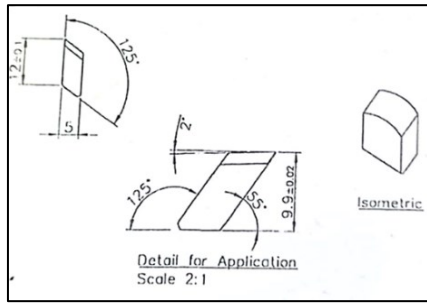
ทำไมต้องทำ	ทำไมต้องทำอย่างนั้น	ทำไมต้องทำใหม่
-หลังจากเจียรในดีวีวีและ เจียรในของเศษความยาวรวมใน สถานีงานที่ 1 -ก่อนการตรวจสอบระยะ เจียรในชิ้นรูปในสถานีที่ 2 -ก่อนการเจียรในทำของเศษเข้า ในสถานีที่ 4	เพราะต้องทำงานอย่างเป็น ลำดับ ไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้ จะทำให้ชิ้นงานไม่ตรงตามแบบ ผลิต	ไม่ เพราะไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้ เนื่องจากจะส่งผลให้ชิ้นงานเกิด ความเสียหาย
ทำอย่างไร	ทำไมต้องทำอย่างนั้น	ทำวิธีอื่นได้ไหม
-เมื่อมีการส่งมอบชิ้นงานจากสถานี งานที่ 1 มาถึงสถานีงานที่ 2 ทำการ เจียรในชิ้นรูป ให้ได้ขนาด 0 และ ระยะชิ้นงานตามแบบผลิต และเมื่อ เข้าสู่สถานีงานที่ 4 -เจียรในชุดร่องล้อย เจียรในลับคม หน้า เจียรในทำแนวข้าง เจียรใน ทำของเศษเข้าที่ 1 เจียรในทำของเศษ เศษเข้าที่ 2 ตามลำดับ เมื่อเครื่องเสร็จ กระบวนการ -พนักงานตรวจสอบของเศษเข้า	-เพื่อให้เป็นไปตามแบบของงานที่ ได้ ออกแบบไว้ และตรงตามเงื่อนไขคือ ชิ้นงานจะต้องเจียรในของเศษเข้าให้ ได้ระยะ 6.0-6.05 และ 6.95-7.0 มิลลิเมตรโดยที่ผิวชิ้นงานถูกเจียรใน ไม่เหลือผิวเดิม  	ได้ โดยเปลี่ยนเครื่องจักรแบบ CNC ใน การตัดชิ้นงานโดยใช้หลัก Simplify ทำ ให้ง่ายขึ้น และหลัก Eliminate โดย กำจัดขั้นตอนการตรวจสอบออก และขั้นตอนการเจียรในซ้ำ โดย -ควบคุมความยาวเจียรในในสถานีงาน ที่ 1 ให้ชิ้นงานมีขนาดใกล้เคียงกัน -ควบคุมระยะเจียรในในสถานีงานที่ 2 โดยจะต้องได้ขนาดดังนี้ 
-เมื่อพบว่ามีการเจียรในของเศษเข้า ชิ้นงานเหลือผิวงานเดิม ทำการปรับ ระยะและเปลี่ยนใบปรแกรมเข้าสู่โหมด Regrid แล้วทำการเจียรในของเศษ เศษเข้าอีกครั้งจนกว่าผิวงานจะไม่เหลือ รอยเดิม -ทำการตรวจสอบชิ้นงานอีกครั้งก่อน นำชิ้นงานออกจากตัวเครื่อง		-สถานีงานที่ 4 เจียรในชุดร่องล้อย เจียรในลับคมหน้า เจียรในทำแนว ข้าง เจียรในทำของเศษเข้าที่ 1 เมื่อเครื่อง เสร็จกระบวนการ ผลิตชิ้นงานบริเวณ ของเศษเข้าที่ 2 ได้ระยะและตรงตามเงื่อนไข 
		-ลดเวลาการตรวจสอบของเศษเข้า เนื่องจากชิ้นงานมีการเจียรในใกล้เคียง กันมากขึ้น -ลดเวลาจากการเจียรในของเศษเข้า

จากตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์กิจกรรมตรวจสอบ  
ของเศษเข้าและการเจียรในของเศษเข้า พบว่าการเจียรใน  
ชิ้นรูปชิ้นงานให้ได้ขนาดความยาวพอดีกับของเศษเข้าตาม  
แบบสั่งผลิตทำให้ช่วยลดเวลาในการตรวจสอบได้ 52 วินาที  
ต่อชิ้น และการเจียรในของเศษเข้า 69 วินาทีต่อชิ้นตาม  
หลักของการกำจัดขั้นตอน (Eliminate)



ภาพที่ 6 แสดงการจำลองการเจียรในหลังปรับปรุงระยะ  
การจำลองการเจียรในหลังปรับปรุงระยะจะพบว่า ล้อ  
หินเจียรใน ตรงกับของเศษเข้าพอดี จึงทำให้ลดเวลาจากการ  
เจียรในของเศษเข้าและการตรวจสอบของเศษเข้าได้

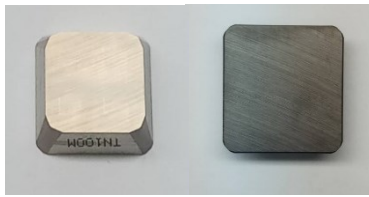
## 2.2 การวิเคราะห์การผลิตแผ่นมีดคาร์ไบด์ (Carbide Insert)



ภาพที่ 7 แบบสั่งผลิต ผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์ R5.5 mm.

### 2.2.1 ศึกษาวัสดุที่ใช้ผลิต ผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์

วัสดุ : ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ยีห้อเซอร์เมท (Cermet)



ภาพที่ 8 แสดงวัสดุทั้งสแตนคาร์ไบด์ยี่ห้อเซอร์เมท

### ตารางที่ 5 ส่วนผสมทางเคมีทั้งสแตนคาร์ไบด์ยี่ห้อเซอร์เมท

Secondary Carbide	Composition	Hardness	Bending Strength (MPa)	Toughness (MPa. m <sup>1/2</sup> )
WC	15 wt.%	93.4 HRA	1500	-
	20 wt.%	91.6 HRA	2100	-
	10 wt.%	91.2 HRA	1800	-
Mo <sub>2</sub> C	5 wt.%	-	1580-1820	17.9-18.4
	10 wt.%	93.5 HRA	~1300	-
NbC	3 mol.%	1631-1835 HV	700-1100	3.5-5.5
TaC (Tantalum Carbide)	7 wt.%	93.0 HRA	-	1580
Cr <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	7 wt.%	93.5 HRA	-	1490
VC	1 wt.%	1749 HV	-	1204.6

จากตารางที่ 5 วัสดุเซรามิกที่ใช้ WC ทั่วไปที่จะมี Co เป็นเฟสของสารยึดเกาะจาก 4% ถึง 30% โดยน้ำหนัก [6] ความทนทานต่อการสึกหรอเพิ่มขึ้นและมีอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดดีขึ้น

### ตารางที่ 6 การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์

สถานีงาน	เวลายมาตรฐาน (วินาที)	เวลาที่เสียไปต่อหน่วย (วินาที)
1.การเจียรในเรียบด้านข้าง	171	60
2.การเจียรในตัดความยาว	231	-
3.การเจียรในเรียบคุมความยาว9.0มม.	134	97
4.การเจียรในองศา 35	190	41
5.การเจียรในทำ R5.5 มม.หยาบ	203	12
6.การเจียรในทำ R5.5 มม.ละเอียด	132	99
7.การลบคมตัด R5.5	91	140
8.การ Laser Mark	57	174
รอบเวลาการผลิตของสถานีงานเท่ากับ 231 วินาที/ชิ้น		

## 2.2.2การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตสภาพปัจจุบัน

### ตารางที่ 7 การศึกษากระบวนการผลิตสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์

No.	Image	Flow Chart	Process	Work roots	Standard time
1.		1.เลือกวัสดุ	1.เลือกวัสดุ (Material) Tungsten carbide Cermet	- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ - หมายเลขสั่งซื้อ (PO) - จำนวนสั่งซื้อ (ชิ้น) - โบนัสที่การเบิกวัสดุ	-
2.		2.ชิ้นงานถูกเจียรในเรียบด้านข้าง	2.ชิ้นงานถูกเจียรในเรียบด้านข้างโดยจะต้องควบคุมความตรงและขนานในระนาบ	- เครื่อง Deckle - สีนเสียงใน 11V9 D64 - อุปกรณ์ยึด JIG - เวอร์เนอร์ (0.02mm)	171 วินาที/ชิ้น
3.		3.ชิ้นงานถูกเจียรในตัดความยาว	3.ชิ้นงานถูกเจียรในตัดความยาวที่ 9.3 มิลลิเมตร ความละเอียดข้างเจียรจะขึ้นอยู่กับงาน	- เครื่อง Deckle - ใบตัด EXTEC D1515 - อุปกรณ์ยึด JIG - เวอร์เนอร์ (0.02mm)	231 วินาที/ชิ้น
4.		4.ชิ้นงานถูกเจียรในเรียบควบคุมขนาดที่ 9.0 มิลลิเมตร โดยควบคุมความขนานที่ด้านตรงข้าม	4.ชิ้นงานถูกเจียรในเรียบควบคุมขนาดที่ 9.0 มิลลิเมตร โดยควบคุมความขนานที่ด้านตรงข้าม	- เครื่อง Deckle - สีนเสียงใน 11V9 D64 - อุปกรณ์ยึด JIG - เวอร์เนอร์ (0.02mm.) - กล้องวัดขนาด ARC	134 วินาที/ชิ้น
5.		5.ชิ้นงานถูกเจียรในทำองศาที่ 35	5.ชิ้นงานถูกเจียรในทำองศาที่ 35 โดยควบคุมขนาดขององศาและความหนาของชิ้นงานที่ 1.8 มิลลิเมตร	- เครื่อง Deckle - สีนเสียงใน 11V9 D64 - อุปกรณ์ยึด JIG - กล้องวัดขนาด ARC	190 วินาที/ชิ้น
6.		6.ชิ้นงานถูกเจียรในทำ Radius 5.5 มิลลิเมตรแบบหยาบ ควบคุมระยะงานที่ 9.3 มิลลิเมตร	6.ชิ้นงานถูกเจียรในทำ Radius 5.5 มิลลิเมตรแบบหยาบ ควบคุมระยะงานที่ 9.3 มิลลิเมตร	- เครื่อง Deckle - สีนเสียงใน 11V9 D64 - อุปกรณ์ยึด JIG - กล้องวัดขนาด ARC	203 วินาที/ชิ้น
7.		7.ชิ้นงานถูกเจียรในทำ R 5.5 มิลลิเมตร แบบละเอียด ควบคุมระยะงานที่ 9.0 มิลลิเมตร	7.ชิ้นงานถูกเจียรในทำ R 5.5 มิลลิเมตร แบบละเอียด ควบคุมระยะงานที่ 9.0 มิลลิเมตร	- เครื่อง Deckle - สีนเสียงใน 11V9 - อุปกรณ์ยึด JIG - กล้องวัดขนาด ARC	132 วินาที/ชิ้น
8.		8.ชิ้นงานถูกลบคมด้วยอุปกรณ์เพื่อทำให้คมตัดไม่แหลม	8.ชิ้นงานถูกลบคมด้วยอุปกรณ์เพื่อทำให้คมตัดไม่แหลม	- อุปกรณ์ยึด JIG - กล้อง HD 12X - ตะไบละเอียด	91 วินาที/ชิ้น
9.		9.ชิ้นงานถูกเลเซอร์เครื่องหมาย (Mark laser) R5.5 บริเวณกึ่งกลาง	9.ชิ้นงานถูกเลเซอร์เครื่องหมาย (Mark laser) R5.5 บริเวณกึ่งกลาง	- เครื่องเลเซอร์ ยี่ห้อ EcolMark - V-Block ยึดติด	57 วินาที/ชิ้น

### การคำนวณประสิทธิภาพสายการผลิตแผ่นมีดคาร์ไบด์

#### ประสิทธิภาพ

$$= \frac{\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน}}{(\text{รอบเวลาการผลิต})(\text{จำนวนสถานีงาน})} \times 100$$

$$= \frac{171+231+134+190+203+192+91+57}{(231)(8)} \times 100$$

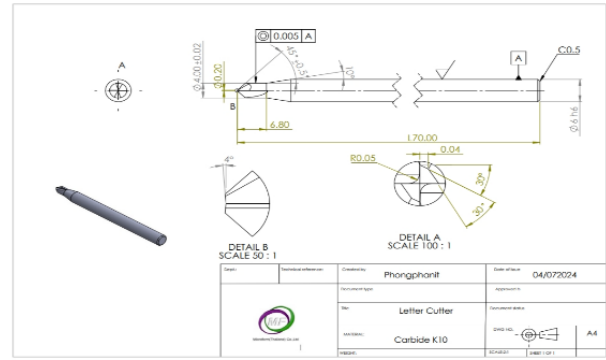
$$= 65.42\%$$

หลังจากการวิเคราะห์เวลามาตรฐานสถานีงานที่ 2 ใช้เวลาในการทำงาน 231 วินาที/ชิ้น จึงได้นำหลัก 5W1H มาวิเคราะห์และนำหลักการ ECRS โดยใช้การรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน (Combine) และการทำให้ง่ายขึ้น (Simplify) ดังตารางที่ 3.4 วิเคราะห์สถานีงานที่ 1 การเจียรในเรียบด้านข้าง สถานีงานที่ 2 การเจียรในตัดความยาว สถานีงานที่ 3 การเจียรในเรียบคุมความยาว ด้วยหลักการ 5W1H และ ECRS ในวิธีการแก้ปัญหา

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ด้วยหลักการ 5W1H และ ECRS ของ  
ผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์

สัญลักษณ์	กิจกรรม	
① ② ③	เจียรในเรียบ,เจียรในตัด,เจียรในคุมขนาด	
ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างอื่นที่ทำได้ไหม
เจียรในเรียบชิ้นงานสถานีงานที่ 1 เวลามาตรฐานในการทำงาน 171 วินาที/ชิ้น เจียรในตัดชิ้นงานสถานีงานที่ 2 เวลามาตรฐานในการทำงาน 231 วินาที/ชิ้นเจียรในเรียบชิ้นงานสถานีงานที่ 3 เวลามาตรฐานในการทำงาน 134 วินาที/ชิ้น	เพราะจะต้องผลิตชิ้นงานให้ได้ขนาด 9.0 มิลลิเมตร จากวัสดุที่มีขนาดก่อนการผลิต 12.70x12.70x4 มิลลิเมตรตามแบบสั่งผลิต 	ได้ โดยกำจัดขั้นตอนน้อยลงหลัก Eliminate โดยกำจัดขั้นตอนการเจียรในตัดออก และทำการเจียรในเรียบให้ได้ขนาด 9.0 มิลลิเมตร สามารถลดจำนวนพนักงานได้ 1 คน ลดจำนวนเครื่องจักรได้ 1 เครื่อง
ใครทำ	ทำไมต้องทำอย่างนั้น	คนอื่นทำได้ไหม
สถานีงานที่ 1 นายณัฐวุฒิ ชัชพิสิษฐกร สถานีงานที่ 2 นายทวีรัฐ เหลาตรี สถานีงานที่ 3 นายพิษณุโชค พุ่มฉัตร	เพราะเป็นพนักงานประจำเครื่อง Deckle S11 มีความชำนาญการใช้งานเครื่องจักร	ได้ โดยฝึกพนักงานคนอื่นให้มีความชำนาญในการใช้เครื่อง Deckle S11 ทำโดยใช้หลัก Combine รวมเข้าด้วยกัน เพราะงานมีลักษณะที่คล้ายกัน
ทำที่ไหน	ทำไมต้องทำที่นั่น	ทำที่อื่นได้ไหม
ทำที่เครื่อง Deckle S11 ในแผนก Grinding Tools 	เพราะเครื่อง Deckle S11 สามารถเจียรในชิ้นงานที่ใช้อัตรารอบ 0.5 มิลลิเมตรต่อรอบได้โดยที่ตัวเครื่องรองรับได้	ได้ ที่เครื่อง Ewang WS11   แต่ต้องลดอัตราป้อนลง ไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร/รอบเนื่องจากตัวเครื่องสำหรับงานละเอียด
ทำเมื่อไหร่	ทำไมต้องทำเวลานั้น	ทำเวลาอื่นได้ไหม
-ก่อนการตรวจสอบ -ก่อนการเจียรในทำองศา135ในสถานีงานที่4	เพราะต้องทำงานอย่างเป็นลำดับ ขั้นตอนต่อเนื่องกัน หากข้ามขั้นตอนได้ทำให้พื้นที่หน้าตัดในการเจียรในเพิ่มขึ้น	ได้ โดยการให้หลัก Rearrange จัดลำดับใหม่ เจียรในองศา135 ในสถานีงานที่4 แล้วจึงทำการเจียรในเรียบ 9.0 มิลลิเมตรในสถานีงานที่3
ทำอะไร	ทำไมต้องทำอย่างนั้น	ทำที่อื่นได้ไหม
เมื่อมีการตรวจสอบวัสดุจากลูกค้า และนำเข้าสู่สถานีงานที่1 เจียรในเรียบหน้าตัด  และส่งมอบสถานีงานที่2 เจียรในตัดความยาว 9.3 มิลลิเมตร  จากนั้นส่งมอบเข้าสู่สถานีงานที่ 3 เจียรในเรียบขนาด9.0 มิลลิเมตร	เพื่อให้เป็นไปตามแบบของงานที่ได้ออกแบบไว้ และสถานีงานอื่นก็สามารถทำงานต่อไปได้จนเสร็จสิ้นกระบวนการ	ได้ โดยเปลี่ยนเครื่องจักรแบบ CNC ในการตัดชิ้นงานโดยใช้หลัก Simplify ทำให้ง่ายขึ้น คือการใช้ เครื่อง Wire Cut ยี่ห้อ Robocut ใช้หลัก Combine รวมเข้าด้วยกันของสถานีงานที่ 1,2,3  เครื่อง Wire Cut สามารถตัดชิ้นงานได้ 20 ชิ้น/รอบ เวลาในการผลิตต่อรอบ 1 ชั่วโมง 6 นาที = 66 นาที/รอบ คิดเป็น 3,960 วินาที/รอบ เวลาในการผลิต/ชิ้น 3,960/20 = 198 วินาที/ชิ้น อัตราการผลิตต่อวัน 136 ชิ้น/วัน หรือ 6.8 รอบ/วัน

2.3 การผลิตผลิตภัณฑ์มีดกัด (Cutter) ชนิดทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์



ภาพที่ 9 แสดงแบบสั่งผลิตมีดกัด

มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลาย 0.20 มิลลิเมตร องศา 45

2.2.4 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตมีดกัด

ตารางที่ 9 เวลามาตรฐานในการผลิตแต่ละสถานีงาน

สถานีงาน	เวลามาตรฐาน (วินาที)	เวลาที่เสียไปต่อหน่วย(วินาที)
1.เจียรในปลายคมตัดชิ้นงาน	71	303
2.เจียรใน Ø4 มม.	157	187
3.เจียรในร่องทรงฟัน	142	202
4.เจียรในองศาปลาย 45	94	250
5.เจียรในหลบหลังหยาบ	211	133
6.เจียรในมุมหลบปลาย องศา4	145	199
7.เจียรในลับคมตัด	344	-
8.เจียรในหลบหลังละเอียด	195	149
9.Packing	115	229

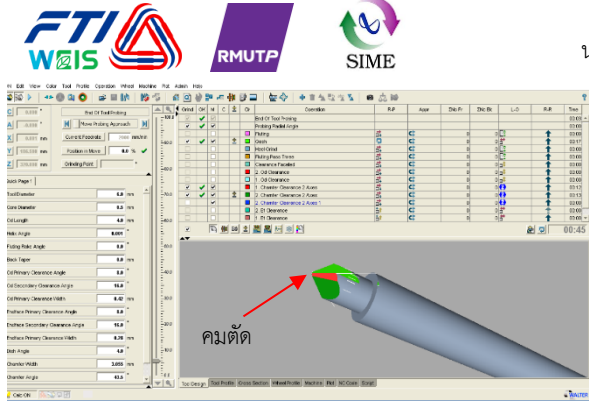
รอบเวลาการผลิตของกระบวนการ Regrinding ดอกกัด Cutter 344 วินาที/ชิ้น

จากตารางที่ 9 รอบเวลาในการผลิตอยู่ที่ 344 วินาที ต่อชิ้นในสถานีงานที่7 ดังนั้นจึงได้นำหลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Why Why Analysis

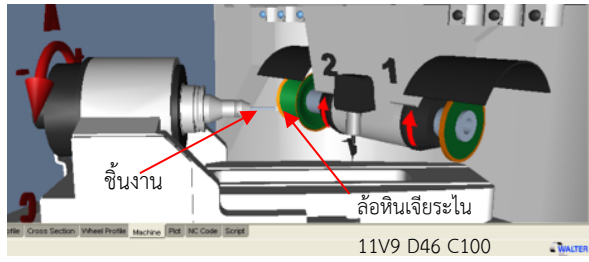
ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ด้วย Why Why Analysis

What	Why	Why	Why	Why	Why	Why
กระบวนการผลิต Regrinding Cutter มีรอบเวลาการผลิต ที่ 344 วินาที/ชิ้น	วัสดุที่ส่งตมคาร์ไบด์	เกรด K10	ทนต่อการสึกกร่อน	เจียรในที่อะด้าน	ทำให้งานชิ้นงานบ่อย	
สถานีงานที่ 7 ส่งชิ้นงานเมื่อไรแล้วค่อยใช้เวลาในการผลิต มากที่สุด 344 วินาที/ชิ้น	ใช้หินไดมอนด์ ความละเอียด 1000 ไมครอน	มีค่าเมื่อมาเยอะ 0.02 มิลลิเมตร	ชิ้นงานมีขนาด Øปลาย ±0.02 มิลลิเมตร	ความเร็ว 1200 รอบต่อนาที	อัตราป้อน 0.020 รอบต่อ/นาที	
	ใช้อุปกรณ์ 2 ชนิด	มีการปรับตั้งที่บ่อย	มีการขั้นตอนการเจียรในซ้ำหลายครั้ง	ชิ้นงานมีค่าบวกลบที่องศา 5ลิปดา	ทำให้งานต้องใช้เวลา	

จากการผลิตในสถานีงานที่7 การเจียรในคมตัดมีดกัดด้วยเครื่อง Ewang WS11 ที่การใช้งานแบบ Manual ปัจจุบันใช้เวลา 344 วินาทีต่อชิ้นจึงได้ทำการปรับปรุง จากกรวิเคราะห์จึงได้ทำการทดสอบการลับคมตัดด้วยโปรแกรมจำลอง Tools Studio ดังภาพที่10-11 การผลิตลับคมตัดแบบ CNC ด้วยเครื่อง Walter CNC ทำเวลาที่ 138 วินาทีต่อชิ้น



ภาพที่10 โปรแกรมจำลองคมตัดของผลิตภัณฑ์ที่มีกัดมีดกัด

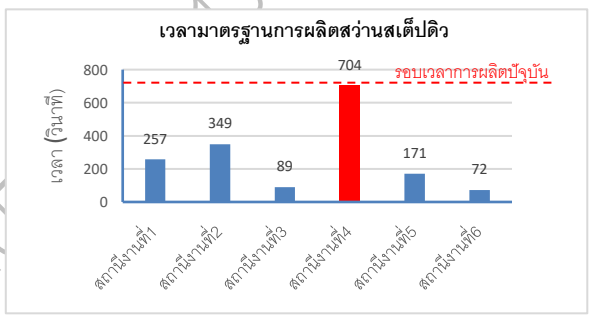


ภาพที่11 โปรแกรมจำลองการลับคมมีดกัด

### 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการดำเนินงานโครงการตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้กล่าวมา ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องมือตัดชนิดทั้งสแตนคาร์ไบด์ บริษัทไมโครฟอรัม(ประเทศไทย) กัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต โดยการประยุกต์ใช้หลักการของ 5W1H ECRS และ Why Why Analysis โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตโดยนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านปริมาณ ด้านเวลา เนื่องจากกระบวนการที่ไม่เพิ่มมูลค่า

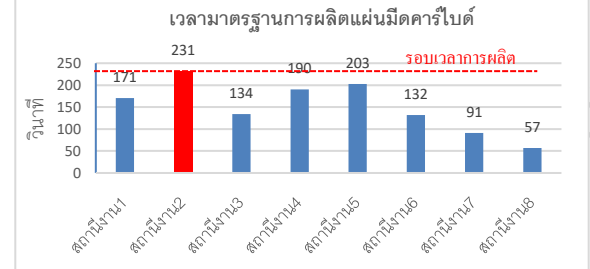
#### 3.1 ผลการศึกษาก่อนการปรับปรุง



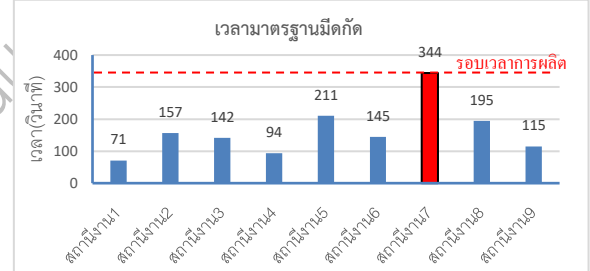
ภาพที่ 12 เวลามาตรฐานการผลิตส่วนสแต็ปตัวปัจจุบัน จากภาพที่ 12 การผลิตส่วนสแต็ปตัวปัจจุบันมีอยู่ 6 สถานีงานการปฏิบัติงานประเภทกิจกรรมการปฏิบัติงาน 11 รอบ เคลื่อนย้าย 15 รอบ ระยะทางรวม 85.4 เมตร การ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567

ตรวจสอบ 8 รอบ การรอคอย 9 รอบ รวมทั้งสิ้น 44 กิจกรรม รอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 704 วินาทีต่อชิ้น ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตส่วนสแต็ปตัวปัจจุบันเท่ากับร้อยละ 35.40

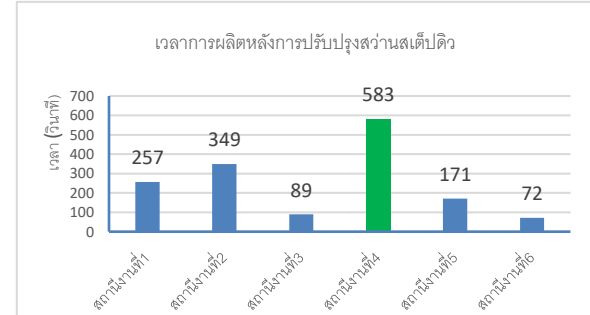


ภาพที่ 13 เวลามาตรฐานการผลิตแผ่นมีดคาร์ไบด์ จากภาพที่13 การผลิตแผ่นมีดคาร์ไบด์มี 8 สถานีงาน การปฏิบัติงานประเภทกิจกรรมการปฏิบัติงาน 11 รอบ เคลื่อนย้าย 15 รอบ ระยะทางรวม 44 เมตร การตรวจสอบ 6 รอบ การรอคอย 7 รอบ รวมทั้งสิ้น 37 กิจกรรม รอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 231 วินาทีต่อชิ้นทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตส่วนสแต็ปตัวปัจจุบันเท่ากับร้อยละ 65.8

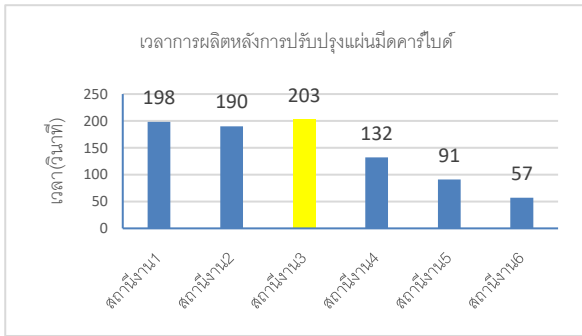


ภาพที่ 14 เวลามาตรฐานการผลิตมีดกัดปัจจุบัน จากภาพที่ 14 การผลิตคัทเตอร์มี 9 สถานีงานรอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 344 วินาทีต่อชิ้นทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตส่วนสแต็ปตัวปัจจุบันเท่ากับร้อยละ 51.25

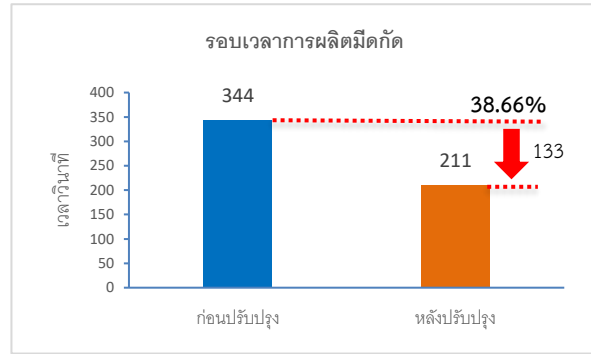
#### 3.2 ผลการศึกษาหลังการปรับปรุง



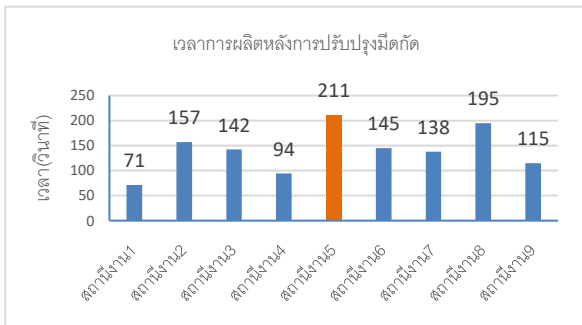
ภาพที่ 15 เวลามาตรฐานการผลิตส่วนสแต็ปตัวหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 16 เวลามาตรฐานการผลิตแผ่นมีดคาร์ไบด์หลังการปรับปรุง

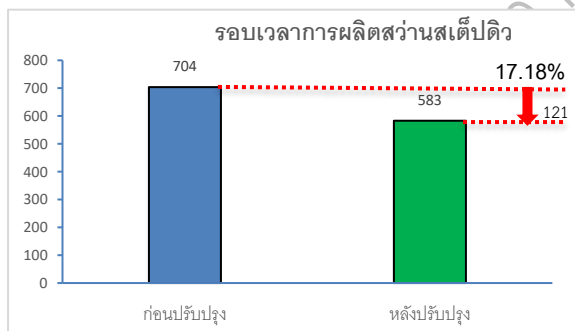


ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตมีดกัด

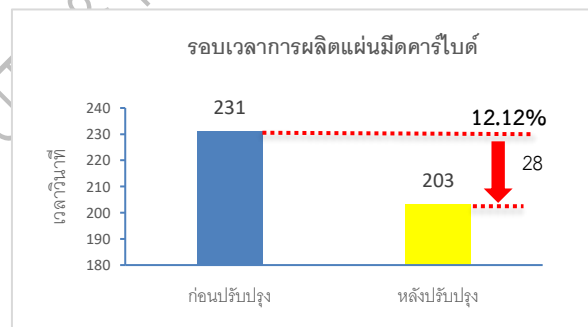


ภาพที่ 17 เวลามาตรฐานการผลิตมีดกัดหลังการปรับปรุง

### 3.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 18 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตส่วนสแต็ปตีว



ภาพที่ 19 การเปรียบเทียบรอบเวลาของแผ่นมีดคาร์ไบด์

## 4. อภิปรายผล (Discussion)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพด้านเวลา พบว่า ประสิทธิภาพด้านเวลาหลังการปรับปรุงดีกว่าก่อนการปรับปรุง เวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงส่วนสแต็ปตีวมีความแตกต่าง ลดลงคิดเป็นร้อยละ 17.18 เวลามาตรฐานก่อนและหลังการปรับปรุงแผ่นมีดคาร์ไบด์ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.12 และเวลามาตรฐานก่อนและหลังการปรับปรุงมีดกัด ลดลงคิดเป็นร้อยละ 38.66 สอดคล้องกับงานวิจัยของสัทศวรรษ พรดีที่ทำการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตคัตติ้งทูลส์สแต็ปตีวคาร์ไบด์ซึ่งได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS สามารถลดขั้นตอนการเจียรใน จาก 19 ขั้นตอน เป็น 12 ขั้นตอน ผลการเลเซอร์สามารถลดเวลาจาก 23.22 นาทีต่อชิ้น เป็น 10.18 นาทีต่อชิ้น คิดเป็นลดลงร้อยละ 56.16 ในการปรับปรุงการผลิตแผ่นมีดทั้งสแต็ปคาร์ไบด์ที่สามารถลดขั้นตอนการทำงาน จาก 37 ขั้นตอน คงเหลือ 28 ขั้นตอน สอดคล้องกับงานวิจัยของวุฒิพร ศรีโพธิ์โรจน์ ที่ได้ทำการการปรับปรุงกระบวนการผลิตและกำลังคนต่อสายการผลิต นำหลักการ ECRS เข้ามาวิเคราะห์และหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสีย สามารถปรับปรุงและ กำหนดมาตรฐานของจำนวนพนักงานได้โดยพิจารณาจากจำนวนพนักงานเดิมที่ใช้ 23 คน ต่อสายการผลิตที่ลดลงเหลือ 13 คนต่อสายการผลิต ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 43.4 ส่งผลให้สามารถลดต้นทุน แรงงานลงจากประมาณ 2 ล้านบาทต่อเดือนเหลือ 1.1 ล้านบาทต่อเดือน หรือ ประมาณร้อยละ 45

## 5. สรุปผล (Conclusion)

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องมือตัด โดยเฉพาะในส่วนของ

ผลิตภัณฑ์ส่วนสแต็ปตีว เม็ดมีดอินเสิร์ตและดอกกัดคัทเตอร์ โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ QC7 Tools ผังก้างปลา หลัก 5W1H และแนวคิด ECRS เพื่อตรวจสอบและแก้ไขปัญหาใน กระบวนการผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนสแต็ปตีวมี ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 38.94% เป็น 43.48% และรอบเวลาในการผลิตต่อชิ้นลดลงจาก 704 วินาทีต่อชิ้น เป็น 583 วินาทีต่อชิ้น ลดลง 17.18% ทำให้เวลารวมใน กระบวนการผลิตลดลง 7.45% ผลิตภัณฑ์เม็ดมีดอินเสิร์ต มี ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 65.42% เป็น 71.51% รอบเวลาการผลิตลดลงจาก 231 วินาทีต่อชิ้น เหลือ 203 วินาทีต่อชิ้น ลดลง 12.12% ส่งผลให้เวลารวมในกระบวนการ ผลิตลดลง 53.37% ดอกกัดคัทเตอร์มีประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มขึ้นจาก 47.60% เป็น 66.77% และรอบเวลาในการผลิต ต่อชิ้นลดลงจาก 344 วินาทีต่อชิ้น เป็น 211 วินาทีต่อชิ้น ลดลง 38.66% การใช้ QC7 Tools โดยเฉพาะ ผังก้างปลา ช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ขณะที่ หลักการ 5W1H ช่วยในการตั้งคำถามที่ครอบคลุมเพื่อนำไปสู่การแก้ไข ปัญหาอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ แนวคิด ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ยังช่วยในการลดขั้นตอน ที่ไม่จำเป็น ทำให้กระบวนการผลิตมีความคล่องตัวมากขึ้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ ที่ ให้คำปรึกษา ขอขอบคุณบริษัทบริษัทไมโครฟอร์ม(ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้โอกาสในการทำโครงการ รวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการ ที่ได้จัดทำขึ้นจึงทำให้โครงการนี้สำเร็จด้วยดี

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] วุฒิพร ศรีไพโรจน์ (2558) การปรับปรุงกระบวนการผลิต และกำลังคนต่อสายการผลิต เพื่อลดต้นทุนแรงงาน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [2] สุพัฒตรา เกษราพงศ์ (2555) การลดของเสียใน กระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา
- [3] วิษระ พิกาศ (2564) การพัฒนากระบวนการผลิต คัทติ้ง ทูลส์ พีซีดี ความเที่ยงตรงสูง กรณีศึกษาสแต็ปตีล ได

มอนต์ พีซีดี ขนาด 20 มิลลิเมตร มหาวิทยาลัยเกษม บัณฑิต

- [4] อมรรัตน์ วัตเล็ก (2557) การเพิ่มประสิทธิภาพ กระบวนการวางแผนการผลิตการจัดการโลจิสติกส์และโซ่ อุปทาน มหาวิทยาลัยบูรพา
- [5] สหศุวรัช พรดี (2564) การเพิ่มประสิทธิภาพการ ผลิตคัทติ้งทูลส์สแต็ปตีวคาร์ไบด์ความเที่ยงตรงสูง มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- [6] Subin antony Jose (2022) Cermet Systems: Synthesis, Properties, and Applications University of Nevada , Reno
- [7] Chemical properties of Bohler HB30F material [https://www.boehlerit.com/fileadmin/user\\_uplo ad/PDF/Hartmetall\\_Carbide.pdf](https://www.boehlerit.com/fileadmin/user_uplo ad/PDF/Hartmetall_Carbide.pdf)



## เว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการการขนส่งสำหรับผู้ประกอบการ ด้วยหลักการเซฟวิงอัลกอริทึม

### The Application of Savings Algorithm in the Development of Web Application for Transportation Service Business

ศุวิล ชมชัยยา<sup>1</sup>, บุรัสกร อยู่สุข<sup>2\*</sup>, สุรสิทธิ์ จรัสเพ็ชร<sup>3</sup>, วุฒิชัย ปิยรุ่งโรจน์<sup>1</sup>, ฐาปนีย์ เรืองรองวรราช<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
suvil.cho@kmutt.ac.th, earn.lovely.410@gmail.com, biggafu5@hotmail.com

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
burasakorn.y@rmutp.ac.th

<sup>3</sup> สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม  
surasitj@npru.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการการขนส่ง สำหรับผู้ประกอบการด้วยหลักการเซฟวิงอัลกอริทึม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งาน ภายในเว็บไซต์มีฟีเจอร์ต่างๆ ประกอบด้วย การจัดการพนักงาน การจัดการรถ การจัดการเส้นทางเดินรถ การจัดการใบงาน การจัดการใบแจ้งหนี้ การจัดการใบเสร็จ และการจัดการใบสำคัญรับ/จ่าย หลังจากการพัฒนาระบบเสร็จสิ้นลงระบบจะถูกนำมาทดสอบการใช้งานและประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจำนวน 10 คน ซึ่งผลการทดสอบและประเมินผลแสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาได้รับคะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.88 อีกทั้งผู้วิจัยยังได้รับข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

**คำสำคัญ (Key word):** การจัดการเอกสาร; ระบบจัดการขนส่ง; เว็บแอปพลิเคชัน; เซฟวิงอัลกอริทึม

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัญหาหนึ่งในการบริหารการจัดการขนส่ง คือ การจัดการด้านเอกสารในการขนส่งที่ต้องการความแม่นยำสามารถสืบค้นได้ทันที เนื่องจากเอกสารมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งสำคัญหลายด้าน เช่น เอกสารด้านการเงิน การประกันภัย การจัดการด้านภาษี เป็นต้น นอกจากด้านเอกสารแล้ว ยังมีด้านการบริหารทรัพยากรในการขนส่งที่มีหลายสิ่งที่ต้องพิจารณาทั้งเส้นทางการขนส่ง ลำดับการส่ง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งแต่ละรอบ เช่น ค่าน้ำมัน ค่าใช้บริการทางพิเศษ ซึ่งถ้ามีข้อมูลอย่างครบถ้วนและสืบค้นได้อย่างรวดเร็วที่ใช้ประกอบการพิจารณาจะช่วยให้อัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อให้ผู้ประกอบการขนส่งสามารถบริหารจัดการธุรกิจขนส่งด้วยระบบที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการการขนส่งสำหรับผู้ประกอบการด้วยหลักการเซฟวิงอัลกอริทึม โดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทั้งด้านเอกสารให้ง่ายต่อการใช้งานด้วยระบบช่วยจัดการเอกสาร และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารเส้นทางการขนส่งด้วยเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 4 ประการได้แก่

1. เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการการขนส่งสำหรับผู้ประกอบการด้วยหลักการเซฟวิงอัลกอริทึม
2. เพื่อศึกษาการลดต้นทุนการขนส่ง โดยวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิง
3. เพื่อสร้างระบบที่เสริมประสิทธิภาพและความสะดวกในการบริหารจัดการเอกสาร
4. เพื่อให้ข้อมูลช่วยประกอบการตัดสินใจในการบริหารการขนส่งแก่ผู้ประกอบการ

□ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการทางเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm)

การใช้เซฟวิงอัลกอริทึมสามารถเกิดการผิดพลาดได้ เพราะวิธีเหล่านั้นไม่มีข้อกำหนดตายตัวคือไม่มีข้อจำกัดว่า จะต้องเริ่มต้นที่จุดไหน ลำดับขั้นตอนการทำงานต้องเป็นอย่างไร หรือไม่จำกัดว่าจะต้องสร้างตัวเลือกในการตัดสินใจหรือไม่ ไม่เจาะจงด้านข้อจำกัดของการแก้ปัญหา ทางเลือกของเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุกระบวนการทำงาน ระดับของค่าใช้จ่ายที่ใช้ ในการหาว่าผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจริง ๆ ผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่ไม่มี จุดมุ่งหมายแน่ชัด และไม่สามารถคาดเดาได้ ผลลัพธ์อาจดีในการนำไปใช้กับระบบงานหนึ่ง แต่อาจไม่ดีในการนำไปใช้กับอีกระบบงานอื่นก็ได้ วิไลวรรณ แก่นสาร [2] กล่าวว่า เป็นรวมจุดรับส่ง

มากกว่า 1 จุด ไว้ในเส้นทาง เดียวกัน และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดที่สุด มีขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ซับซ้อนง่ายต่อการหาคำตอบ เป็นวิธีที่มีนิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางเซฟวิงอัลกอริทึม ในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง

โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver เป็นเครื่องมือแก้ปัญหาสำเร็จรูปที่ใช้ในการกำหนด เส้นทางการพาหนะ (VRP) ขั้นพื้นฐาน จากวิธี Savings Heuristic ที่คิดค้นโดย Clarke and Wright ใน ปี ค.ศ. 1964 โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver เป็นโปรแกรมการจัดการเส้นทางที่ใช้งานง่าย โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ความยืดหยุ่น และการเข้าถึงปัญหาเพื่อแก้ปัญหา โปรแกรมนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของปัญหาที่กำหนดไว้ [5] การเก็บข้อมูลของ VRP Spreadsheet Solver ทำได้โดยข้อมูลประเภทต่าง ๆ จะเก็บแยกไว้ในเวิร์กชีต (Worksheet) แต่ละประเภท โดยเวิร์กชีตหลักคือ VRP Solver Console และประกอบด้วยเวิร์กชีตของอื่น ๆ ได้แก่ สถานที่ (Locations) ระยะทาง (Distances) เส้นทาง (Vehicles) ข้อแก้ไข (Solution) และการแสดงผล (Visualization) [4] ทั้งนี้สามารถแสดงการไหลของข้อมูลระหว่างเวิร์กชีตได้

□ Document Management System (DMS) [3]

คือระบบจัดการเอกสารแบบครบวงจรที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเก็บเอกสารอิเล็กทรอนิกส์และจัดการเอกสารเพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา และประโยชน์ที่สำคัญของ DMS รวมถึงการลดการใช้กระดาษ (Paperless), การจัดเรียงเอกสาร การกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง และเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูล หลักการทำงานของ DMS คือ

1. เก็บเอกสารแบบดิจิทัล (Store) ใช้เทคโนโลยีเพื่อเก็บเอกสารในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ง่ายต่อการจัดเก็บและลดการใช้ทรัพยากรกระดาษ

2. จัดประเภทและค้นหาเอกสาร (Search) ช่วยให้ผู้ใช้สามารถจัดประเภทและค้นหาเอกสารได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

3. การแบ่งปันและกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง (Share) ช่วยให้ผู้ใช้สามารถแบ่งปันเอกสารให้กับผู้อื่นและกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงตามความเหมาะสม

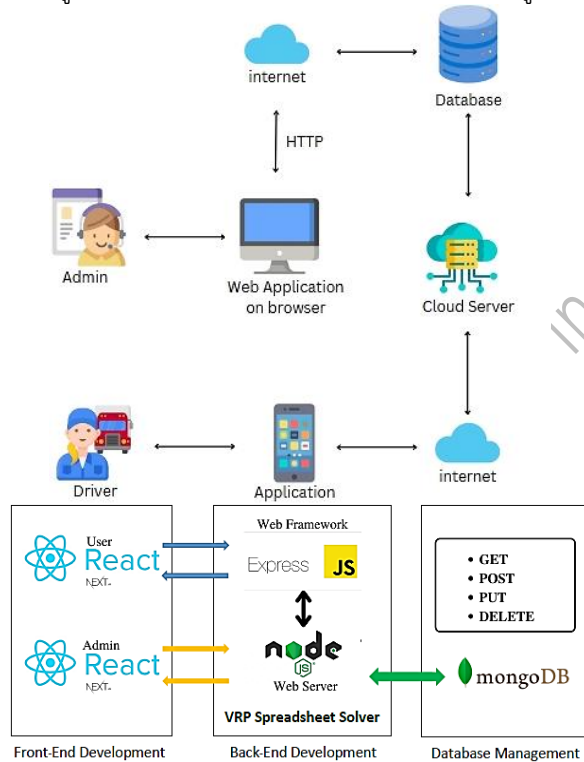
4. ความปลอดภัย (Security) มีระบบการจัดเก็บและควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงเพื่อปกป้องข้อมูลระบบ DMS มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุน Digital Transformation และทำให้การทำงานเกี่ยวกับเอกสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

### 3. ผลการวิจัย (Results)

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนามีดังนี้

1. Visual Studio Code ใช้สำหรับไว้เขียนพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเฟรมเวิร์ค React Native
2. ภาษา Node.js ใช้สำหรับเชื่อมต่อฐานข้อมูล MongoDB
3. Android Studio ใช้สำหรับจำลองเครื่องมือถือแอนดรอยด์ในการทดลองการใช้งาน
4. Figma ใช้สำหรับการออกแบบหน้าจอผู้ใช้ของแอปพลิเคชัน
5. วิธีการทางเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างของระบบโดยรวมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบ (System Architecture)

โดยสามารถแบ่งเป็นระบบดังนี้

1. Front-End Denvingment โดยเว็บไซต์แบ่งออกเป็น 2 ฝั่งคือ ฝั่ง User และฝั่ง Admin
  - a. แอปพลิเคชัน จะต้องใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลบน Cloud Server สำหรับอัปเดตสถานะการจัดส่งและค่าใช้จ่าย กลุ่มผู้ใช้คือพนักงานขับรถ
  - b. เว็บไซต์ จะทำงานในรูปแบบ Browser-Based โดยติดต่อผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วย HTTP และ

HTTPS กับ Cloud Server กลุ่มผู้ใช้คือแอดมิน

2. Back-End Development ผ่าน Web Framework ด้วย Express JS และติดต่อกับ Web Server ด้วย Node JS เพื่อเก็บข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลรูปแบบ JSON
3. Database Management ด้วย MongoDB และมี MongoDB Atlas เป็น service ของฐานข้อมูล

จากการสำรวจและวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ออกแบบฟีเจอร์ออกมาดังนี้

#### 1. การจัดการพนักงาน

การจัดการพนักงานประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญหลายประการ ได้แก่ การลงทะเบียนพนักงาน เพื่อบันทึกข้อมูลส่วนตัวและรายละเอียดงานของพนักงานใหม่ การเข้าสู่ระบบเพื่อให้พนักงานเข้าถึงระบบอย่างปลอดภัย การแสดงรายการพนักงาน เพื่อดูข้อมูลพื้นฐานของพนักงานทั้งหมด การแสดงรายละเอียดพนักงาน เพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพนักงานแต่ละคน การแก้ไขรายละเอียดพนักงาน เพื่อปรับปรุงข้อมูลที่จำเป็น และการลบพนักงาน เมื่อพนักงานออกจากบริษัท ข้อมูลจะถูกลบออกจากระบบเพื่อรักษาความถูกต้องของข้อมูล

#### 2. การจัดการรถ

การจัดการรถเป็นกระบวนการที่สำคัญในการควบคุมและบริหารยานพาหนะ ขั้นแรกคือ การเพิ่มรถ ซึ่งเป็นการบันทึกรถใหม่เข้าสู่ระบบด้วยข้อมูลที่จำเป็น เช่น หมายเลขทะเบียน ความพร้อมในการใช้งาน จากนั้นจะมีการแสดงรายการรถ ที่ช่วยให้สามารถดูข้อมูลพื้นฐานของรถทุกอย่างอย่างรวดเร็วและง่ายดาย ต่อมาการแก้ไขรถ คือการปรับปรุงหรืออัปเดตข้อมูลรถเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การซ่อมบำรุง สุดท้ายคือการลบรถ เมื่อรถถูกขายหรือยกเลิกการใช้งาน ข้อมูลรถจะถูกลบออกจากระบบเพื่อรักษาความถูกต้องของฐานข้อมูล

#### 3. การจัดการเส้นทางเดินรถ

โดยใช้ VRP Spreadsheet Solver ทำการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลประเภทต่าง ๆ จะเก็บแยกไว้ในเวิร์กชีท (Worksheet) แต่ละประเภท โดยเวิร์กชีทหลัก คือ VRP Solver Console และประกอบด้วย เวิร์กชีทรองอื่น ๆ ได้แก่ สถานที่ (Locations) ระยะทาง (Distances) เส้นทาง (Vehicles) ข้อแก้ไข (Solution) และการแสดงผล (Visualization) [4] แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลเส้นทางที่เหมาะสม

#### 4. การจัดการใบงาน

การจัดการใบงานเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการติดตามและบริหารงานที่มอบหมายให้พนักงานหรือทีมงานต่าง ๆ กระบวนการเริ่มต้นด้วย การเพิ่มใบงาน ซึ่งเป็นการสร้างและบันทึกงานใหม่เข้าสู่ระบบ โดยระบุรายละเอียดต่าง ๆ เช่น หัวข้อ, คำอธิบาย, และวันครบกำหนด จากนั้นสามารถแสดง

รายการใบงาน เพื่อคุณภาพรวมของงานทั้งหมดที่มีในระบบได้อย่างรวดเร็ว ต่อมาคือการแสดงรายละเอียดใบงาน ที่ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลเชิงลึกของงานแต่ละงาน รวมถึงความคืบหน้า และข้อมูลผู้รับผิดชอบ การแก้ไขใบงาน เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการปรับปรุงข้อมูลของงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การอัปเดตสถานะหรือการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดงาน สุดท้ายคือการลบใบงาน ซึ่งทำเมื่อใบงานเสร็จสิ้นหรือไม่จำเป็นต้องติดตามต่อไป ข้อมูลงานนั้นจะถูกลบออกจากระบบเพื่อรักษาความเป็นระเบียบของฐานข้อมูล

### 5. การจัดการใบแจ้งหนี้

การจัดการใบแจ้งหนี้เป็นกระบวนการสำคัญในการบริหารจัดการการเงินขององค์กร มีการเพิ่มใบแจ้งหนี้เข้าสู่ระบบเพื่อแสดงรายการใบแจ้งหนี้ และรายละเอียดของแต่ละใบ การแก้ไขข้อมูลใบแจ้งหนี้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง และในที่สุดคือการลบใบแจ้งหนี้ออกจากระบบเมื่อไม่จำเป็นต้องการใช้งานแล้ว การจัดการใบแจ้งหนี้ที่เป็นไปได้อย่างเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจะช่วยให้องค์กรมีการควบคุมการเงินและการดำเนินงานทางการเงินอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระเบียบ

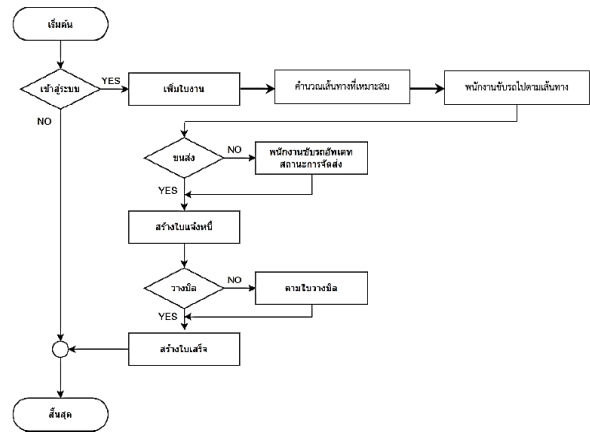
### 6. การจัดการใบเสร็จ

การจัดการใบเสร็จเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกและติดตามการชำระเงิน ประกอบด้วยการเพิ่มใบเสร็จเข้าสู่ระบบ เพื่อแสดงรายการใบเสร็จทั้งหมดและรายละเอียดของแต่ละใบ การแก้ไขข้อมูลใบเสร็จเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงและการลบใบเสร็จออกจากระบบเมื่อไม่จำเป็นต้องการใช้งานแล้ว การจัดการใบเสร็จอย่างเหมาะสมช่วยให้องค์กรมีการติดตามและบันทึกการชำระเงินอย่างถูกต้องและเป็นระเบียบ

### 7. การจัดการใบสำคัญรับ/จ่าย

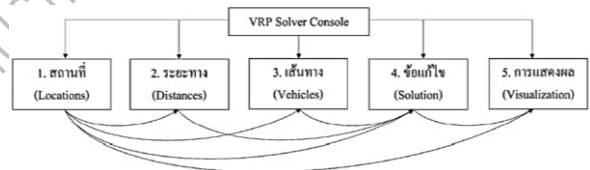
การจัดการใบสำคัญรับ/จ่าย เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกและติดตามรายการรับเงินหรือจ่ายเงินขององค์กร ประกอบด้วยการแสดงรายการใบสำคัญรับ/จ่ายทั้งหมดและรายละเอียดของแต่ละใบ การจัดการใบสำคัญรับ/จ่ายที่เป็นไปได้อย่างเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจะช่วยให้องค์กรมีการบันทึกและติดตามการเงินอย่างถูกต้องและเป็นระเบียบ

รูปที่ 2 จะแสดงขั้นตอนของการจัดส่งสินค้า เริ่มที่การเข้าสู่เว็บไซต์ จะต้องเข้าสู่ระบบเพื่อเข้าใช้งาน โดยการจัดส่งเมื่อได้รับงานมาจะต้องเพิ่มใบงานเข้าสู่ระบบ งานจะขึ้นไปคนที่คนขับที่เรากรอกในใบงาน พนักงานขับรถจะทำการจัดส่งโดยการจัดส่งจะได้รับการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมจากโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver หลังจากนั้นคนขับจะเดินทางไปตามเส้นทางดังกล่าวจนถึงที่หมาย แล้วจึงอัปเดตการสถานะการจัดส่งเมื่อจัดส่งเสร็จสิ้น แล้วจึงจะสามารถสร้างใบวางบิล/ใบแจ้งหนี้ได้ เมื่อได้รับการชำระเงินจะทำการออกใบเสร็จให้ลูกค้า



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานโดยรวมของแอปพลิเคชัน

การออกแบบฟังก์ชันหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Function Architecture) เวิร์กชีทหลัก คือ VRP Solver Console และเวิร์กชีทรองอื่น ๆ ได้แก่ สถานที่ (Locations) ระยะทาง (Distances) เส้นทาง (Vehicles) ข้อแก้ไข (Solution) และการแสดงผล (Visualization) [4] ทั้งนี้ สามารถแสดงการไหลของข้อมูลระหว่างเวิร์กชีทได้ดังรูปที่ 3 โดยลูกศรแสดงการเชื่อมต่อข้อมูลกันระหว่างเวิร์กชีทแต่ละประเภท และข้อมูลเหล่านี้จะได้รับการคำนวณดังรูปที่ 4

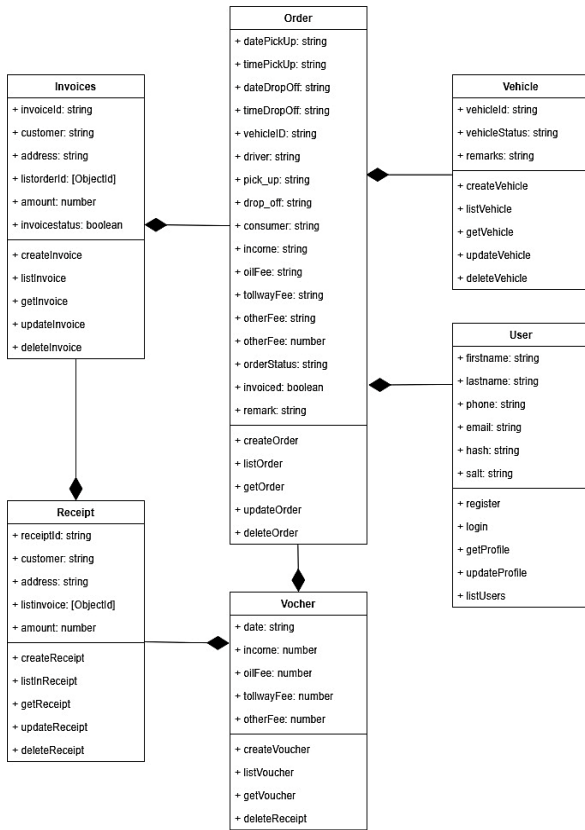


รูปที่ 3 การไหลของข้อมูลใน VRP Spreadsheet Solver

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Vehicle	W1	Stop count	Location Name
0	Depot	15.1160000	102.7387100				0	Depot
1	Customer 1	15.1182000	102.7326000		1	Customer 15	1	Customer 15
2	Customer 2	15.0921400	102.7123800		2	Customer 11	2	Customer 11
3	Customer 3	15.0981400	102.7097600		3	Customer 10	3	Customer 10
4	Customer 4	15.0972100	102.7094500		4	Customer 9	4	Customer 9
5	Customer 5	15.0970800	102.7094700		5	Customer 8	5	Customer 8
6	Customer 6	15.0962000	102.7080000		6	Customer 7	6	Customer 7
7	Customer 7	15.0944800	102.7100400		7	Customer 6	7	Customer 6
8	Customer 8	15.0945700	102.7101500		8	Customer 5	8	Customer 5
9	Customer 9	15.0945900	102.7102000		9	Customer 4	9	Customer 4
10	Customer 10	15.0951300	102.7111200		10	Customer 3	10	Customer 3
11	Customer 11	15.0952000	102.7113800		11	Customer 2	11	Customer 2
12	Customer 12	15.1179900	102.7495300		12	Customer 1	12	Customer 1
13	Customer 13	15.1187000	102.7279800		13	Customer 13	13	Customer 13
14	Customer 14	15.1148700	102.7296600		14	Customer 12	14	Customer 12
15	Customer 15	15.1153700	102.7306600		15	Customer 16	15	Customer 16
16	Customer 16	15.1158800	102.7307400		16	Customer 14	16	Customer 14
17	Customer 17	15.1157000	102.7299600		17	Customer 17	17	Customer 17
18	Depot				18	Depot	18	Depot

รูปที่ 4 การลงข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ผู้วิจัยจะได้ออกแบบโครงสร้างตัวแปรของข้อมูลในรูปแบบของคลาส ซึ่งแต่ละคลาสจะมี ID เพื่อใช้ในการเข้าถึงข้อมูลภายในคลาสนั้น ๆ โดยจะเก็บเป็นอ็อบเจกต์ภายในอ็อบเจกต์ และมีการเก็บค่าต่าง ๆ ไว้ ในขณะที่มีการเรียกใช้งานฐานข้อมูล จะเป็นการเรียกใช้ผ่าน API และระบุตำแหน่งคือเลข ID เพื่อเรียกข้อมูลภายในคลาสนั้น ๆ ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดฐานข้อมูลเป็น Class Diagram ดังรูปที่ 5

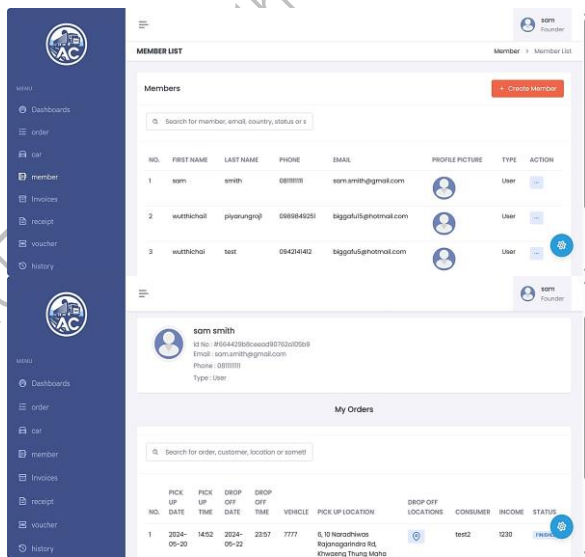


รูปที่ 5 Class Diagram

ผลการพัฒนาระบบจัดการในบริษัทขนส่ง มีฟีเจอร์การใช้งานทั้งหมด 6 ฟีเจอร์หลัก ๆ ดังนี้

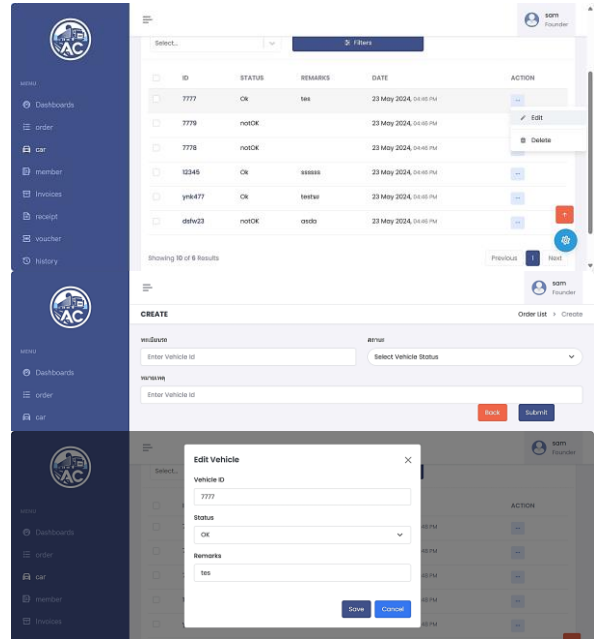
1. การจัดการพนักงาน

ในการจัดการพนักงานมีฟังก์ชันการเข้าสู่ระบบด้วย Email และ Password ที่ได้มาจากการลงทะเบียนพนักงาน กรอกข้อมูลโดยแอดมิน ในฟีเจอร์นี้สามารถแสดงรายการพนักงาน, แสดงรายละเอียดพนักงาน, แก้ไขรายละเอียดพนักงาน, ลบพนักงาน ดังรูปที่ 6



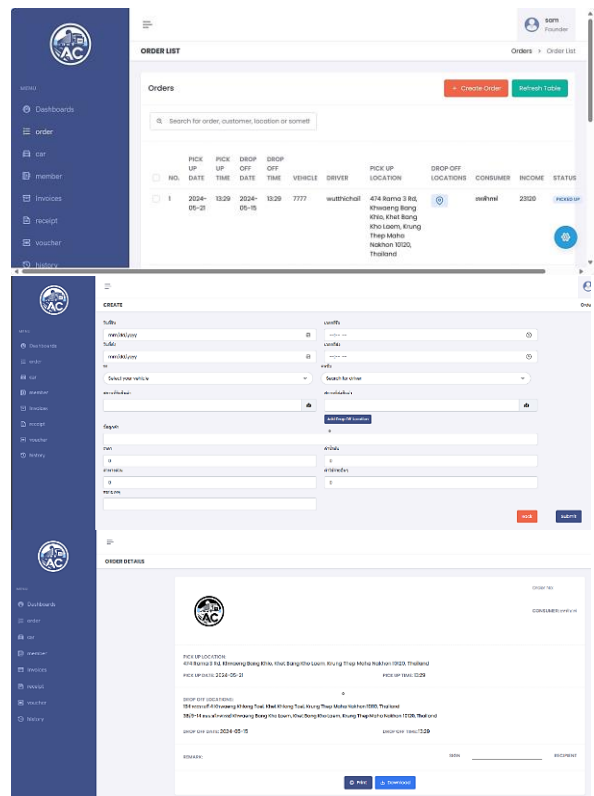
รูปที่ 6 หน้าจอแสดงการจัดการพนักงาน

2. การจัดการรถ ฟีเจอร์นี้สามารถแสดงรายการรถ, แสดงรายละเอียดรถ, แก้ไขรายละเอียดรถ, ลบรถ ดังรูปที่ 7



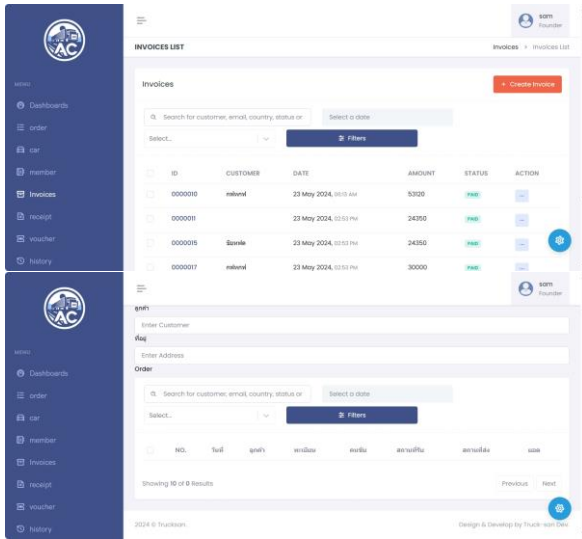
รูปที่ 7 หน้าจอแสดงการจัดการรถ

3. การจัดการใบงาน ฟีเจอร์นี้สามารถแสดงรายการใบงาน, แสดงรายละเอียดใบงาน, แก้ไขรายละเอียดใบงาน, ลบใบงาน ดังรูปที่ 8



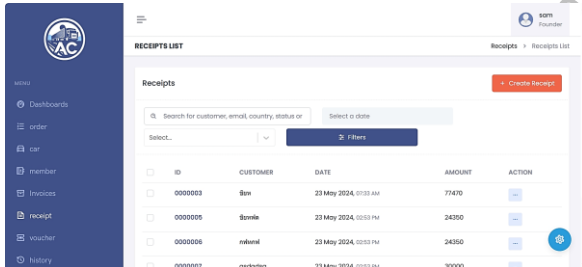
รูปที่ 8 หน้าจอแสดงการจัดการใบงาน

4. การจัดการใบแจ้งหนี้ พีเจอาร์นี้สามารถแสดงรายการ  
ใบแจ้งหนี้, แสดงรายละเอียดใบแจ้งหนี้, แก้ไขรายละเอียดใบ  
แจ้งหนี้, ลบใบแจ้งหนี้ ดังรูปที่ 9



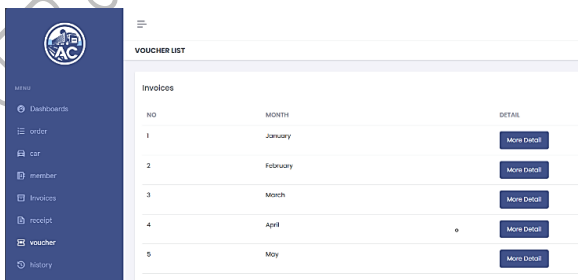
รูปที่ 9 หน้าจอแสดงการจัดการใบแจ้งหนี้

5. การจัดการใบเสร็จ พีเจอาร์นี้สามารถแสดงรายการ  
ใบเสร็จ, แสดงรายละเอียดใบเสร็จ, แก้ไขรายละเอียด  
ใบเสร็จ, ลบใบเสร็จ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน้าจอแสดงการจัดการใบเสร็จ

6. การจัดการใบสำคัญรับ/จ่าย พีเจอาร์นี้สามารถแสดง  
รายการใบสำคัญรับ/จ่าย, แสดงรายละเอียดใบสำคัญรับ/  
จ่าย ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 หน้าจอแสดงการจัดการใบสำคัญรับ/จ่าย

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจดังตารางที่ 1  
ตารางที่ 1. ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบจัดการ  
ในบริษัทขนส่ง

เรื่องที่ประเมิน	X	S.D.	ระดับ
<b>1. ด้านการใช้งาน</b>			
1.1 ความง่ายในการเรียนรู้การใช้งานระบบ	4.40	0.52	มาก
1.2 ความสะดวกในการเข้าถึงฟังก์ชันต่าง ๆ	4.00	0.82	มาก
1.3 ความชัดเจนของเมนูและปุ่มคำสั่ง	4.20	0.79	มาก
1.4 ประสิทธิภาพในการใช้ระบบโดยรวม	3.40	0.84	ปานกลาง
<b>ด้านการใช้งานโดยรวม</b>	<b>4.00</b>	<b>0.82</b>	<b>มาก</b>
<b>2. ด้านประสิทธิภาพ</b>			
2.1 ความเร็วในการโหลดและประมวลผลข้อมูล	3.30	0.67	ปานกลาง
2.2 การตอบสนองของระบบต่อคำสั่งของผู้ใช้	3.30	0.67	ปานกลาง
2.3 ความเสถียรของระบบ	2.80	0.92	ปานกลาง
<b>ด้านประสิทธิภาพโดยรวม</b>	<b>3.13</b>	<b>0.78</b>	<b>ปานกลาง</b>
<b>3. ด้านฟังก์ชันการทำงาน</b>			
3.1 ความครอบคลุมของฟังก์ชันที่ระบบมีให้	3.20	0.79	ปานกลาง
3.2 ความเหมาะสมของฟังก์ชันที่ต้องการในการทำงาน	4.00	0.82	มาก
3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างฟังก์ชันต่าง ๆ ในระบบ	3.30	0.82	ปานกลาง
<b>ด้านฟังก์ชันการทำงานโดยรวม</b>	<b>3.50</b>	<b>0.86</b>	<b>มาก</b>
<b>4. ด้านความพึงพอใจ</b>			
4.1 ความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวม	3.90	0.74	มาก
4.2 ความรู้สึกว่าจะระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน	3.20	0.63	ปานกลาง
4.3 ความตั้งใจที่จะใช้ระบบต่อไปในอนาคต	3.30	1.06	ปานกลาง
<b>ด้านความพึงพอใจโดยรวม</b>	<b>3.47</b>	<b>0.86</b>	<b>ปานกลาง</b>
<b>รวม</b>	<b>3.56</b>	<b>0.88</b>	<b>มาก</b>

จากตารางที่ 1. สรุปได้ว่าผลการประเมินความพึงพอใจ  
สำหรับผู้ใช้งานระบบจัดการในบริษัทขนส่งจากพนักงานจำนวน  
10 คน ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของระบบ  
จัดการในบริษัทขนส่ง อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.56, ค่า  
เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.88) โดยพิจารณาเรียงตามลำดับ  
ค่าเฉลี่ยจากน้อยไปมาก คือ ด้านประสิทธิภาพ อยู่ในระดับ  
ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.13, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.78)  
ด้านความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.4, ค่า  
เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.86) ด้านฟังก์ชันการทำงาน อยู่ใน  
ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.50, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.86)  
ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00, ค่า  
เบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.82 )

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการการขนส่ง  
สำหรับผู้ประกอบการด้วยหลักการเซฟวิงอัลกอริทึม จะมี  
ฟังก์ชันการทำงานประกอบไปด้วย การจัดการพนักงาน  
การจัดการรถ จัดการหาเส้นทางเดินทางเดินรถ การจัดการใบ  
งาน การจัดการใบแจ้งหนี้ การจัดการใบเสร็จ และการ  
จัดการใบสำคัญรับ/จ่าย มีฟังก์ชันที่ใช้งานง่าย ครอบคลุม  
ต่อความต้องการของผู้ใช้งานเป็นส่วนใหญ่ ผลการประเมิน  
ความพึงพอใจโดยภาพรวมสำหรับผู้ใช้งานระบบเว็บแอป  
พลิเคชันระบบจัดการการขนส่งสำหรับผู้ประกอบการด้วย  
หลักการเซฟวิงอัลกอริทึมอยู่ในระดับมาก ด้วยค่าเฉลี่ย  
เท่ากับ 3.56 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.88 ทั้งนี้  
อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าเว็บไซต์ให้เรียนรู้ได้

ในเวลาที่สั้น และฟังก์ชันที่มีในระบบสามารถครอบคลุมต่อความต้องการของบริษัทขนส่ง ซึ่งบริษัทได้ประโยชน์ดังนี้

1. ได้ระบบที่ช่วยให้การบริหารจัดการธุรกิจการขนส่งที่เป็นระบบและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
2. จัดการเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจการขนส่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถสืบค้นได้ทันที
3. ได้ระบบที่ให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่สามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายผ่านการจัดสรรทรัพยากรและวางแผนเส้นทางที่มีประสิทธิภาพ

สำหรับข้อเสนอแนะประกอบด้วย

1. ปัจจุบันส่วนของแอปพลิเคชันบนมือถือยังใช้ได้แค่ระบบแอนดรอยด์จึงต้องการพัฒนาให้สามารถใช้ได้ในทุกระบบปฏิบัติการ
2. ในระบบปัจจุบันการส่งใบแจ้งหนี้และใบเสร็จจึงเป็นแบบปริ้นออกมาเป็นใบแล้วส่งไปที่บริษัท การที่สามารถส่งใบแจ้งหนี้และใบเสร็จให้ลูกค้าผ่านทางอีเมล จะเป็นการลดการใช้กระดาษ และรวดเร็วกว่าการส่งในปัจจุบัน
3. จากการทดลองใช้งาน การเสนอเส้นทางที่สั้นที่สุดนั้น ยังไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นทางที่ดีที่สุด ดังนั้นการพัฒนาปรับปรุงฟังก์ชันเสนอเส้นทางที่สั้นที่สุดควรรักษาภาพการจราจรมาคำนวณด้วย
4. ในการออกแบบระบบนี้ การทำงานส่วนให้เป็นของแอดมินจึงเป็นการทำให้เป็นภาระงานที่เยอะเกินไป อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย การพัฒนาปรับปรุงให้เพิ่มใบงานได้โดยลูกค้า แล้วรอการอนุมัติจากแอดมิน จะทำให้ได้ข้อมูลงานที่ครบถ้วน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยและบทความวิชาการฉบับนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม, จำนวนผู้ประกอบการด้านการขนส่งทางถนน, ข้อมูลจาก <https://datagov.mot.go.th> (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 พฤษภาคม 2566)
- [2] วิไลวรรณ แก่นสาร, การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบเปิดขนส่งหน้าตู้, วารสารวิชาการ Thai (VCML), 6(2), 12-32., 2556
- [3] Ditto (Thailand) PCL., ระบบการจัดการเอกสาร DMS (Document Management System) คือ อะไร?,

ข้อมูลจาก <https://www.dittothailand.com> (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 พฤษภาคม 2566)

- [4] Erdogan, G., An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems, Computers & Operations Research, 84(1), 62–72, 2017
- [5] Sahroni, T.R., Anggoro, L.A., Ismail, S., & Aerna., Application of an open source spreadsheet solver in single depot routing problem, International Journal of Supply Chain Management, 7(6), 375-371, 2018
- [6] What are Milk Runs in Logistics and How Automation Can Help [Online], Available: <https://www.vecnarobotics.com/resources/milk-run-logistics/> [16 May 2023].

การพัฒนากระบวนการผลิต เอ็นมิล ทั้งสแตน คาร์ไบด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต  
Development of the tungsten carbide end mill production process to increase  
production line efficiency.

วรินทร์ เบ็ญจจันทร์<sup>1</sup>, วิรุญา กรทิพย์<sup>2</sup>, ฐปนพงษ์ พลอยโดนด<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ใครงการวทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาชาวศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต  
60 ถ. ร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

sekvarin250@gmail.com

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

<sup>3</sup> สาขาชาวศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต โดยลดของเสียในกระบวนการผลิตเอ็นมิลทั้งสแตนคาร์ไบด์ ความเที่ยงตรงสูงจากเดิมของเสีย จำนวน 543 ชิ้นต่อปี คิดเป็นร้อยละ 15.76 ของการผลิตทั้งหมด สาเหตุเกิดจากการขึ้นรูปด้วยการเจียรระไนร่องคมตัดไม่เป็นไปตามแบบสั่งผลิต และการทำงานไม่เป็นมาตรฐาน ดำเนินการโดยศึกษาสมบัติของวัสดุทั้งสแตนคาร์ไบด์เชิงวิศวกรรม การวิเคราะห์กิจกรรมในสถานีงาน การวิเคราะห์เงื่อนไขการผลิต การประยุกต์ใช้สถิติเชิงวิศวกรรม การใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ ประกอบด้วยพาเรโตไดอะแกรม การวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเหตุและผล และซิกซ์ ซิกมา ผลปรากฏว่า ต้นทุนการผลิตก่อนการปรับปรุงมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 153,000 บาทต่อเดือน หลังการปรับปรุงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยลดลงเป็น 91,800 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 60

**คำสำคัญ (Key word):** เอ็นมิล ทั้งสแตนคาร์ไบด์ การเพิ่มประสิทธิภาพ การลดต้นทุน การลดของเสีย

#### Abstract

This research aims to develop the production process by reducing the defects in the production process of high-precision tungsten carbide end mills from the original defects of 543 pieces per year, accounting for 15.76 percent of the total production. The causes were the forming by grinding the cutting edges not according to the production order and the work was not up to standard. The study was conducted by studying the properties of engineering tungsten carbide raw materials, analyzing workstation activities, analyzing production conditions, applying engineering statistics, and using quality control tools, including Pareto diagram, cause-and-effect chart analysis, and Six Sigma. The results showed that the production cost before the improvement had an average defect of 153,000 baht per month. After the improvement, the average production cost decreased to 91,800 baht per month, accounting for 60 percent.

**Keywords:** Endmill, Tungsten Carbide. Increasing Productivity, Cost Reduction, Waste Reduction



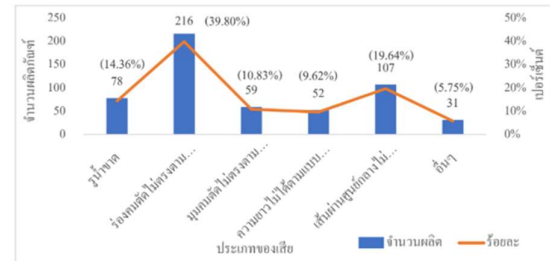
## 1. บทนำ (Introduction)

บริษัท เอ เอ็ม ที ทูล เทคโนโลยี จำกัด เป็นผู้ผลิตสินค้าประเภท Cutting tools และ Special Tools และอุตสาหกรรมทั่วไป อาทิเช่น กลุ่มเครื่องมือตัดประเภท Insert, Drill, Endmill, Reamer ด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีการผลิตที่แม่นยำและทันสมัย สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าในด้านคุณภาพ นโยบายด้านการพัฒนา รวมถึงการส่งมอบที่รวดเร็วในราคาที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลาที่โดยยึดหลักความพึงพอใจของลูกค้าเป็นเกณฑ์วัดผล และการปรับปรุงพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยยึดหลัก ความพึงพอใจของลูกค้าสูงสุด



ภาพที่ 1 ประเภทผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในปี พ.ศ. 2566

จากภาพที่ 1 สายการผลิตติดตั้งทูลประเภท Drill , Endmill , Burnishing , Reamer ,Cutter , และ Bite ในปี พ.ศ. 2564 มีจำนวนสั่งผลิตทั้งหมด มีจำนวน 15,261 ชิ้นต่อปีเป็นเงินจำนวน 39,451,500 บาทต่อปีผลิตภัณฑ์ประเภท Endmill มีการสั่งผลิตจำนวนมากที่สุด จำนวน 7,173 ชิ้นต่อปี คิดเป็นร้อยละ 47 เป็นเงินจำนวน 16,060,347 บาทต่อปี จำนวนที่ผลิตแต่ละเดือนเฉลี่ยแล้วมีจำนวน 598 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งเป็นการผลิตที่สามารถสร้างรายได้จำนวนมากให้แก่บริษัทในแต่ละเดือน



ภาพที่ 2 ประเภทของเสียในการผลิต

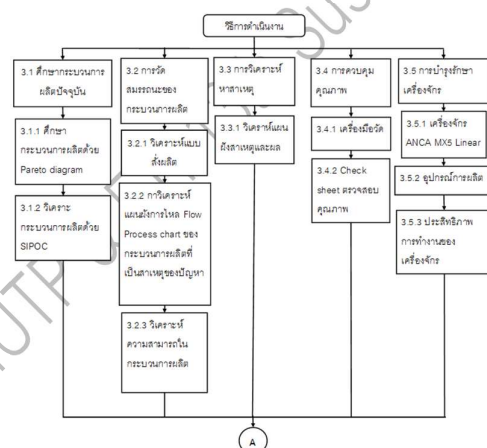
จากภาพที่ 2 แสดงประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิต ในปี พ.ศ. 2564 งานเสียทั้งหมด 543 ชิ้นต่อปีปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยมากที่สุด คือการเจียรเนร่องคมตัด มีจำนวนงานเสีย 216 ชิ้นต่อปีคิดเป็นร้อยละ 39.80 สาเหตุเกิดจากวิธีการทำงานและการเลือกใช้หินเจียรไน

จากฐานข้อมูลงานเสีย (Defect) พบว่ากระบวนการผลิตปัจจุบันร้อยละของงานเสียคิดเป็นร้อยละ 15.50 ซึ่งเกินกว่าที่เป้าหมายกำหนดไว้ของงานทั้งหมดที่ผลิต ซึ่งไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์คุณภาพที่กำหนดไว้ จากวิธีการและขั้นตอนการปฏิบัติงานในองค์กร หากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การมองหาแนวทางใหม่ๆ การทำงานที่มีความแตกต่างไปจากเดิม การปรับปรุงรูปแบบและวิธีการต่างๆ ในองค์กร[3] เพื่อให้เกิดการพัฒนาในด้านประสิทธิภาพเป็นการพัฒนาที่ไม่หยุดนิ่ง จะส่งผลให้องค์กรมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากการศึกษางานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน[1] การวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการขัดชิ้นงาน โดยการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะเฉพาะของหินขัด และวิเคราะห์ของตัวหินขัดที่สามารถปรับแต่งให้เหมาะกับการใช้งาน ซึ่งจากการทดลองหินขัดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด การเพิ่มความเร็วรอบหมุนของหินขัดจาก 60 รอบต่อนาที เป็น 70 รอบต่อนาที จะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงถึงร้อยละ 51.18 จาก 0.0015 บาทต่อชิ้น เป็น 0.00073 บาทต่อชิ้น การปรับปรุงประสิทธิภาพดังกล่าวสามารถทำให้ต้นทุนลดลง ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างของเจียรไนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เนื่องจากหินเจียรไนที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน

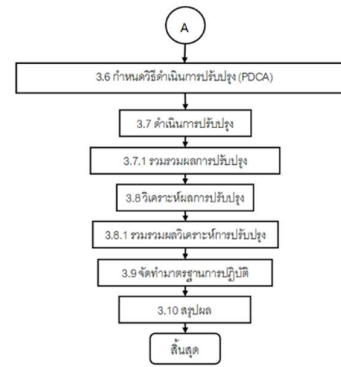
ส่งผลให้เกิดผิวงานที่แตกต่างกัน จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงกระบวนการในระดับโครงสร้างระหว่างเม็ดครวดกับวัสดุอื่นที่เป็นส่วนผสมในหินเจียรระโน ที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ความยืดเกาะวัสดุและความสามารถในการกำจัดเศษวัสดุ รวมถึงการกัดกร่อนในการใช้สารนาโนเจือปนมีส่วนทำให้โครงสร้างของหินเจียรระโนมีความยืดหยุ่นทางเคมีและทำให้วัสดุยึดเหนี่ยวกันได้ดีขึ้น ศึกษางานวิจัยโดยการประยุกต์ใช้แนวทางลีน ชิکش ชิคม่า พบว่า ปริมาณของเสียมีจำนวนลดลงเฉลี่ยจากเดิมเฉลี่ยร้อยละ 15.50 เหลือเฉลี่ยร้อยละ 11.15 ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ถึงร้อยละ 4.61 และสามารถลดต้นทุนการผลิตจากเดิมเท่ากับ 153,000 บาทต่อเดือน เหลือเท่ากับ 91,800 บาทต่อเดือน ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตที่สูญเสียได้เท่ากับ 61,200 บาท หรือลดลงร้อยละ 60 จึงทำให้กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ของเสียลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการนี้มีเป้าหมายทำการปรับปรุงและป้องกันการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง โดยใช้ข้อมูลทางสถิติมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผล การใช้แผนภูมิฮิสโตแกรม และการประยุกต์ใช้ ชิکش ชิคม่า ในการปรับปรุงกิจกรรมการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นและลดของเสียในกระบวนการผลิตให้ลดลง

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ(ต่อ)

จากภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการในรูปแบบโฟลชาร์ตโดยใช้หลักการ DMAIC ของชิکش ชิคม่า เพื่อวางแผนการทำงานให้เป็นระบบส่งผลให้ทำโครงการเสร็จได้ตามกำหนดเวลา

### 2.1 การศึกษากระบวนการผลิตสภาพปัจจุบัน

ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตเอ็นมิลคาร์ททั้งสแตนด์การ์ดทั้งหมดเริ่มตั้งแต่การจัดเตรียมวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิตจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานให้มีความเข้าใจก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุง โดยมีการรวบรวมข้อมูลจากแต่ละสถานีงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้รวบรวมเป็นขั้นตอนการผลิต

ตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิต เอ็นมิลคาร์ท

เริ่มต้น	ลำดับ	คำอธิบาย	เครื่องจักร, เครื่องมือ, อุปกรณ์	เวลา (วินาที)	รูปก่อนผ่านกระบวนการ	รูปหลังผ่านกระบวนการ
CUT	1	กระบวนการตัด (Cut)	Makino C40			
Chamfer	2	เจียรไนทำ Chamfer ลงคมด้านจับ	เครื่องเจียรไน M-40			
การเจียรไนร่องคายเศษและคมตัด	3	การเจียรไนร่องคายเศษและคมตัด	เครื่อง ANCA รุ่น MX-S LINEAR			
ตรวจสอบ	4	ตรวจสอบคุณภาพ	microscope cc camera			
สิ้นสุด						

จากตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตเอ็นมิลคาร์ท โดยแบ่งได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการตัด (Cut)

ขั้นตอนที่ 2 เจียรไนทำ Chamfer ลงคมด้านจับ

ขั้นตอนที่ 3 การเจียรไนร่องคายเศษและคมตัด

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพ

## 2.2 ขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย (Define phase)

### 2.2.1 การจำแนกข้อมูลของเสีย

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เริ่มจากการพิจารณาข้อมูลของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในปี พ.ศ 2565 เพื่อคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตมากที่สุดมาทำการปรับปรุงและแก้ไขในกระบวนการทำงาน โดยนำข้อมูลของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น เช่น ร่องคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต เส้นผ่านศูนย์กลางไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ผิวชิ้นงานไม่ได้ตามกำหนดแบบสั่งผลิต เป็นต้น ในกระบวนการผลิตในปี พ.ศ.2566 มาทำการจำแนกประเภทของเสียแต่ละ ชนิด เพื่อแสดงให้เห็นว่าของเสียแต่ละประเภทที่เกิดจากกระบวนการผลิตใด

**ตารางที่ 2** รายการคัดแยกประเภทและลักษณะการเสียของชิ้นงาน

ลำดับที่	ชื่องานเสีย	ลักษณะงานเสีย	ภาพงานเสียที่เกิดขึ้น	ภาพที่ตรงตามแบบสั่งผลิต
1	ร่องคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	ร่องชิ้นงานหรือรอยขีดข่วน สีภาพที่ A1 ในรูปสีเหลืองหรือสีแดงหรือการลอกสีผิวความเสียหาย	 ภาพที่ A1 ร่องชิ้นงานที่ขีดข่วนชิ้นงาน	 ภาพที่ A2 ไม่เป็นชิ้นงาน
2	เส้นผ่านศูนย์กลางไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	ขนาดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลาง สีภาพที่ A3 20 คือ ไม่น้อยกว่า 34.5 มีนวลและมันเงา ปรากฏความตามแบบสั่งผลิต	 ภาพที่ A3 ค่าไม่ตรงตามแบบ	 ภาพที่ A4 ตรงตามแบบ
3	ผิวชิ้นงานไม่ได้ตามกำหนดแบบสั่งผลิต	ผิวชิ้นงานไม่เรียบตามแบบสั่งผลิต สีผิวลักษณะเป็น 2 สีภาพ A5 สามารถมองเห็นได้คือการลอกสีผิวความเสียหาย	 ภาพที่ A5 ผิวชิ้นงานไม่เรียบตามแบบสั่งผลิต	 ภาพที่ A6 ผิวชิ้นงานเรียบตามแบบสั่งผลิต
4	หน้าคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	หน้าคมตัดไม่เรียบตามแบบสั่งผลิต ภาพ A7 สีสามารถมองเห็นได้คือการลอกสีผิวความเสียหาย	 ภาพที่ A7 หน้าคมตัดไม่ตรงตามแบบ	 ภาพที่ A8 หน้าคมตัดตรงตามแบบ
5	ความยาวไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	ความยาวชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต สีภาพที่ A9 มี ความยาว 99 มิลลิเมตร ชิ้นงาน ความยาวสั่งผลิตกำหนด	 ภาพที่ A9 ความยาว 99 มิลลิเมตร	 ภาพที่ A10 ความยาว 100 มิลลิเมตร
6	สาเหตุอื่นๆ	ทั้งหมดที่ยังคงเหลือจากวิเคราะห์ชิ้นงานลักษณะอื่น	-	-

จากตารางที่ 2 แสดงลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยมีสาเหตุมาจากวิธีการเขียนโปรแกรมงาน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และอื่นๆ ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงทำการศึกษาต่อไป เพื่อหาสาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นหรือมีจำนวนมากในกระบวนการผลิตทั้งหมด

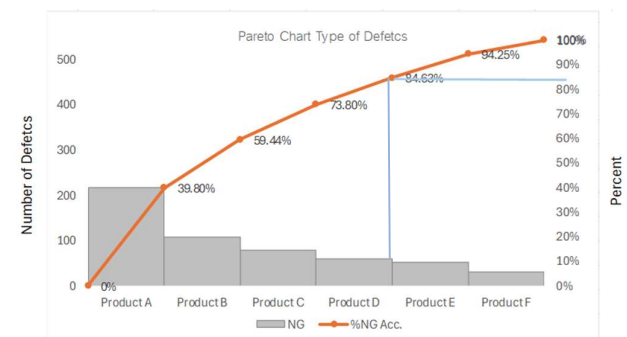
จากผลการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในปี พ.ศ. 2566 สามารถจำแนก ประเภทของเสียแต่ละชนิดโดยอาศัยหลักการ หลักการพาเรโต พบว่า ส่วนมากลักษณะของเสียมา จากกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่

อ้างอิงจากตารางที่ 3 เพื่อระบุให้ได้ว่าลักษณะของเสียของผลิตภัณฑ์มีประเภทใดบ้างและนำประเภทที่มีปริมาณมากที่สุดมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดขึ้น

**ตารางที่ 3** เปอร์เซ็นต์สะสมของเสียในกระบวนการผลิต

ลำดับ	ประเภทของเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)	เปอร์เซ็นต์ของเสียสะสม (%)
1	ร่องคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	216	39.8	39.8
2	เส้นผ่านศูนย์กลางไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	107	19.64	59.44
3	ผิวชิ้นงานไม่ได้ตามกำหนดแบบสั่งผลิต	78	14.36	73.8
4	หน้าคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	59	10.83	84.63
5	ความยาวไม่ได้ตาม กำหนดแบบสั่งผลิต	52	9.62	94.25
6	สาเหตุอื่นๆ	31	5.75	100

จากตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการจำแนกประเภทของเสียแต่ละชนิดที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่ามี เพียงปัญหาที่สำคัญเพียง 3 ประเภทได้แก่ ผิวชิ้นงานไม่ได้ตามกำหนดแบบสั่งผลิต หน้าคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตและเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ที่มีความถี่ของการเกิดรวมกันสูงถึง 401 ชิ้น จาก 543 ชิ้น เมื่อพิจารณาจากของเสียทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 80 จากนั้นนำข้อมูลในตารางไปแสดงเป็นแผนผังตามหลักการ คือ “80 - 20” [2] (สัญลักษณ์ โคตะมิ) ซึ่งหมายถึงสิ่งที่มีสำคัญมากมีจำนวนน้อยและสิ่งที่มีสำคัญน้อยมีจำนวนมาก และแสดงให้เห็นถึงของเสียประเภทที่มีผลกระทบมากที่สุด



**ภาพที่ 4** แผนผังพาเรโตจำแนกประเภทของเสีย ปี พ.ศ.2566

จากภาพที่ 4 แสดงข้อมูลการจำแนกประเภทของเสียตามหลักการของหลักการพาเรโต คือ ปัญหาที่มีเพียง 3 ประเภทจากทั้งหมด ส่งผลต่อต้นทุนร้อยละ 80 ได้แก่ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต E คือ หน้าคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต และ F คือ ผิวชิ้นงานไม่ได้ตามกำหนดแบบสั่งผลิตในขณะที่ ประเภทปัญหาที่เหลือทั้งหมด

ส่งผลต่อต้นทุนเพียงร้อยละ 20 จึงสรุปได้ว่า การเก็บข้อมูลนี้ เก็บภายใต้ กระบวนการที่อยู่ในสภาวะเสถียร และหากทำการแก้ปัญหาที่สำคัญทั้ง 3 ประเภทได้จะทำให้ต้นทุน การผลิตลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

2.3 ขั้นตอนการวัดสมรรถนะของกระบวนการ (Measure phase)

2.3.1 การศึกษาแผนผังการไหลของกระบวนการ (Flow process chart)

ตารางที่ 4 แผนการไหลของกระบวนการเจียรไนร่องคายนูน และคมตัด

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FLOW PROCESS CHART)						
<input type="checkbox"/> คน <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ <input type="checkbox"/> เครื่องจักร			<input type="checkbox"/> สต็อก <input type="checkbox"/> ปลายทาง			
หมายเลข 01 แผนที่ 1 ใน 1 แผนที่	ชื่อโรงงาน	AMT TOOLS Technology Co.Ltd	สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง
กรรมวิธี	กระบวนการที่ระบุ	การเจียรไน	เปิดปิด	2	-	-
ที่ตั้ง	สถานที่	ต.บางนา	เคลื่อนย้าย	2	-	-
ผู้บังคับ	นายบริหาร	เนืองพันธ์	ตรวจสอบ	2	-	-
			การเก็บค่า	3	-	-
			ระยะเวลา (นาที)	1	-	-
			ระยะทาง (เมตร)	1.00	-	-
			เวลาพัก	43	-	-

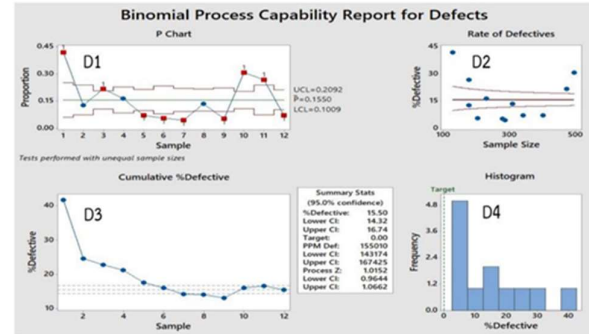
  

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะเวลา (นาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานถูกจัดเก็บที่รับวาง	1	-	○	
2	ตรวจสอบชิ้นงาน	1	2	◻	
3	วัดดูจุดเคลื่อนย้ายมาหน้าเครื่องจักร	1	1	◻	
4	รอพร้อมหินเจียรไน	1	10	◻	
5	รอพร้อมชิ้นชิ้นงาน	1	2	◻	
6	ตรวจสอบความยาวและระดับความเอียงบนของเส้นผ่านศูนย์กลาง	1	12	◻	สถานีงานเจียรไนร่องคายนูนและคมตัด
7	ตรวจสอบโปรแกรมที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน	1	2	◻	
8	เริ่มการแปรรูป	1	13	◻	
9	ปิดโปรแกรมแปรรูปความสะอาด	1	1	◻	
10	เสร็จแล้ววัดได้	-	-	◻	

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลของกระบวนการเจียรไนขึ้นรูปร่องคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่ง ผลิตพบว่า ขั้นตอนที่จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาของเสียเป็นจำนวนมากนั้น เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 8 การเลือกใช้อุปกรณ์หินเจียรไนและโปรแกรมที่จะต้องทำการควบคุมให้เหมาะสมกับชิ้นงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งในขั้นตอนนี้ มีการกำหนดใช้ เวลาในการขึ้นรูปชิ้นงาน 13 นาที ต่อหนึ่งชิ้น และการเลือกใช้หินเจียรไนที่เหมาะสมกับงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สามารถส่งผลทำให้เกิดของเสียได้ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าสาเหตุหลักที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการเลือกใช้หินเจียรไนที่ไม่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ จึงได้นำสาเหตุ หลักนี้ไปทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ และผลในขั้นตอนถัดไป

2.3.2 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุงจากข้อมูลรายงานการผลิต ในปี พ.ศ. 2564 มาวิเคราะห์หาความสามารถ

ของกระบวนการโดยนำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงในรูปแบบข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อประเมินความสามารถของกระบวนการผลิต จากอัตราส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตของแต่ละเดือน



ภาพที่ 5 ผลวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

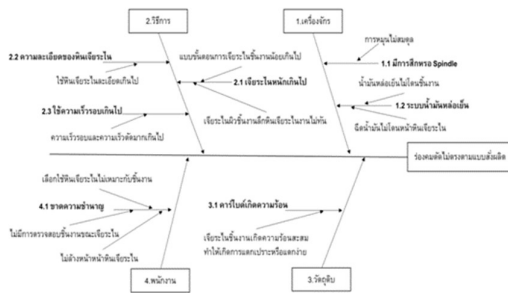
จากภาพที่ 5 แสดงปริมา ของเสียที่ตรวจพบทั้งหมด ดังกราฟ D1 ที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไม่มีความเสถียรภาพ เนื่องจากส่วนใหญ่กราฟอยู่นอกการควบคุมของเส้น UCL และLCL ถึง 9 จุดที่มีค่ามากกว่า  $\pm 3$  ซึ่งหมายถึงกระบวนการมีความแปรผันและมีโอกาสเกิดของเสียได้มากเช่นกัน ดังกราฟ D2 อัตราการเกิดของเสียมีมากถึง 9 จุด ดังนั้น จึงทำให้กระบวนการผลิตมีเปอร์เซ็นต์ของเสีย เท่ากับ 15.50 ดังกราฟ D3 และมีสัดส่วนการเกิดของเสียเท่ากับ 155,010 ppmสามารถประเมินดัชนีค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (P p bench) ดังแสดงสมการที่ (1) จากค่า Process Z โดยเป็นค่าที่แสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) ของข้อมูลแบบนี้พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.0152

$$\begin{aligned}
 (P \text{ p bench}) &= 1/3 (\text{process } Z) \\
 &= 1/3 (1.0152) \\
 &= 0.34
 \end{aligned}$$

จากค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (P p bench) ที่ได้เท่ากับ ถือว่ามีค่าที่ต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งต้องมีค่ามากกว่า 1.33

## 2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase)

จากการศึกษากระบวนการเจียรไนชิ้นรูปรองคตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตทั้งกระบวนการอย่างละเอียด ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่สำคัญของกระบวนการ คือ การเลือกใช้หินเจียรไนที่ไม่ได้คุณภาพ ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น ได้แก่ เป็นรอยฟันปลา ผิวฉลวย ไปจนถึงรอยร้าว เป็นต้น ดังนั้น จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หาสาเหตุ และระบุของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (เกรียงไกร ศรีเลิศ) [4]



## ภาพที่ 6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจียรไนร่องคายเศษและคมตัด

จากภาพที่ 6 แสดงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหานั้นมีจำนวนมาก แต่ปัญหาหลักๆมุ่งเน้นไปในส่วนที่ส่งผลต่อการเจียรไนชิ้นรูปรองคตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ ดำเนินการจัดลำดับสาเหตุที่จะนำไปติดตามว่าสาเหตุใดเป็นปัญหาอย่างแท้จริง

### 2.5 การกำหนดวิธีดำเนินการปรับปรุง (PDCA)

2.5.1 ในการทดลองใช้ไอเทม ED-7300A จำนวน 100 ชิ้น แบ่งทดลองครั้งละ 50 ชิ้น

2.5.2 ใช้หินเจียรไน ยี่ห้อ S&H และ ยี่ห้อ P&C

2.5.3 วิธีกรูและขั้นตอนการทดลองใช้ความเร็วรอบ 25 เมตรต่อนาที จากตารางที่ 3.8 อัตราป้อนแบ่งเป็น 4 ครั้ง เพื่อช่วยลดการเจียรไนชิ้นงานที่หนักจนเกิดการเจียรไนงานแต่ละชุดจะแบ่งชิ้นงานเป็นครั้งละ 50 ชิ้น เพื่อที่จะได้เก็บข้อมูลของการสึกของหินเจียรไนและคุณภาพของผิวทุกๆ 10 ชิ้น

### ตารางที่ 5 อัตราป้อนการผลิตเอ็นมิลทั้งสแตนคาร์ไบด์

No.	Y Infeed	Z Infeed
1	0.0 mm	2.05 mm
2	0.0 mm	1.5 mm
3	0.0 mm	1.0 mm
4	0.0 mm	0.5 mm

## 2.6 ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุง

ขั้นตอนนี้เป็นการทดลอง โดยเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการมากที่สุดมาทำการ ทดลองปรับใช้กับกระบวนการ ถ้าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด จะต้อง ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุ ใหม่อีกครั้ง เพื่อหาวิธีการแก้ไขปรับปรุงใหม่ให้มีประสิทธิภาพ มากขึ้น แต่ถ้าผลลัพธ์ออกมาตามเป้าหมาย ก็จะนำไปจัดทำมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานใน กระบวนการผลิตในครั้งต่อไป

### 2.6.1 การทดลองโดยใช้หินเจียรไน ยี่ห้อ S&H

#### ตารางที่ 6 การทดลองใช้หินเจียรไน ยี่ห้อ S&H

ลำดับ	จำนวนชิ้น	หินเจียรไนยี่ห้อ S&H ระยะเวลา 29 นาที ต่อชิ้น	
		การวัดความโตหินเจียรไน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
1	0	 ภาพที่ B1 วัดหน้าหินเจียรไนก่อนเจียรไน	147.92
2	10	 ภาพที่ B2 หน้าหินเจียรไนผ่านไป 10 ชิ้น	147.92
3	20	 ภาพที่ B3 หน้าหินเจียรไนผ่านไป 20 ชิ้น	147.72
4	30	 ภาพที่ B4 หน้าหินเจียรไนผ่านไป 30 ชิ้น	147.53
5	40	 ภาพที่ B5 หน้าหินเจียรไนผ่านไป 40 ชิ้น	147.35
6	50	 ภาพที่ B6 หน้าหินเจียรไนผ่านไป 50 ชิ้น	147.08

จากตารางที่ 6 แสดงการทดลองใช้หินเจียรไน 1A1 150D-10T HT-D64-100c ยี่ห้อ S&H ในการทดลองเจียรไนชิ้นงาน ไอเทม ED-7300A จำนวน 50 ชิ้น และเก็บผลลัพธ์การสึกหรอของ ขนาดความโตของหินเจียรไน ทุกๆ 10 ชิ้น ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 10 ชิ้นแรก ไม่มีการสึกหรอของขนาดความโตของหินเจียรไน

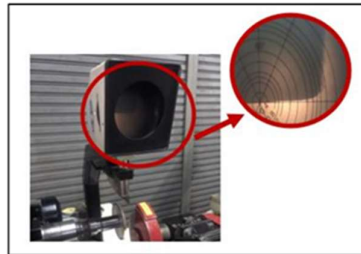
เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 20 ชิ้น มีการสึกหรอขนาดความโตของหินเจียรไน ลดลง 0.2 มิลลิเมตร

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 30 ชิ้น มีการสึกหรอขนาดความโตของหินเจียรไน ลดลง 0.39 มิลลิเมตร

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 40 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 0.57 มิลลิเมตร

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 50 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 0.84 มิลลิเมตร

จากการตรวจสอบความสึกหรอขนาดความโตของหิน  
เจียรไน เฉลี่ยลดลง 0.04 มิลลิเมตร ต่อชั้น นำหินเจียรไน  
ด้านข้างไปตรวจสอบมุม R โดยใช้เครื่องโปรไฟล์  
โปรเจคเตอร์และตรวจ ผิวชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์

ตารางที่ 7 การสึกหรอของหินเจียรไนและผลการ  
ตรวจสอบผิวร่องคมตัดหินเจียรไน ยี่ห้อ S&H

ลำดับ	จำนวนชั้น	หินเจียรไน ยี่ห้อ S&H	
		การตรวจสอบใช้เครื่องโปรไฟล์ โปรเจคเตอร์	ร่องคมตัด
1	0	 ภาพที่ B7 หน้าหินเจียรไน	 ภาพที่ B8 วิวร่องคมตัดจำนวน 0 ชั้น
2	10	 ภาพที่ B9 หน้าหินจำนวน 10 ชั้น	 ภาพที่ B10 วิวร่องคมตัดจำนวน 10 ชั้น
3	20	 ภาพที่ B11 หน้าหินจำนวน 20 ชั้น	 ภาพที่ B12 วิวร่องคมตัดจำนวน 20 ชั้น
4	30	 ภาพที่ B13 หน้าหินจำนวน 30 ชั้น	 ภาพที่ B14 วิวร่องคมตัดจำนวน 30 ชั้น
5	40	 ภาพที่ B15 หน้าหินจำนวน 40 ชั้น	 ภาพที่ B16 วิวร่องคมตัดจำนวน 40 ชั้น
6	50	 ภาพที่ B17 หน้าหินจำนวน 50 ชั้น	 ภาพที่ B18 วิวร่องคมตัดจำนวน 50 ชั้น

จากตารางที่ 7 แสดงการวัดหน้าหินเจียรไนด้านข้าง  
ตรวจสอบมุม R โดยใช้การ ตรวจสอบใช้เครื่องโปรไฟล์  
โปรเจคเตอร์และตรวจผิวชิ้นงาน พบว่าใช้หินเจียรไน1A1  
150D-10T HT-D64-100c ยี่ห้อ S&H ผิวงานที่ได้ไม่เรียบ  
เกิดรอยเป็นเส้นในร่องคมตัด

## 2.6.2 การทดลองโดยใช้หินเจียรไน ยี่ห้อ P&C

ตารางที่ 8 การทดลองใช้หินเจียรไน ยี่ห้อ P&C

ลำดับ	จำนวนชั้น	หินเจียรไน ยี่ห้อ P&C ระยะเวลา 26 นาที ต่อชั้น	
		การวัดความโตหินเจียรไน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
1	0	 ภาพที่ C1 50หินเจียรไนก่อน	140.05
2	10	 ภาพที่ C2 หน้าหินเจียรไนจำนวน 10 ชั้น	139.88
3	20	 ภาพที่ C3 หน้าหินเจียรไนจำนวน 20 ชั้น	139.80
4	30	 ภาพที่ C4 หน้าหินเจียรไนจำนวน 30 ชั้น	139.66
5	40	 ภาพที่ C5 หน้าหินเจียรไนจำนวน 40 ชั้น	139.54
6	50	 ภาพที่ C6 หน้าหินเจียรไนจำนวน 50 ชั้น	139.04

จากตารางที่ 3.8 ใช้หินเจียรไน1A1 150D-10T  
HT-D64-100c ยี่ห้อ P&C ในการทดลอง เจียรไนชิ้นงาน  
ไอเทม ED-7300A จำนวน 50 ชั้น และเก็บผลลัพธ์การสึก  
หรอขนาดความโตของหิน เจียรไนทุกๆ 10 ชั้น ได้ผลลัพธ์  
ดังนี้

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 10 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 0.62 มิลลิเมตร

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 20 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 0.7 มิลลิเมตร










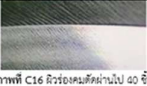


เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 30 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 0.84 มิลลิเมตร

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 40 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 0.96 มิลลิเมตร

เมื่อทำการเจียรไนจำนวน 50 ชั้น มีการสึกหรอขนาดความ  
โตของหินเจียรไน ลดลง 1.46 มิลลิเมตร

จากการตรวจสอบความสึกหรอขนาดความโตของหิน  
เจียรไน เฉลี่ยลดลง 0.09 มิลลิเมตร ต่อชั้น หินเจียรไน  
ด้านข้างไปตรวจสอบมุม R โดยใช้เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์  
และตรวจผิวชิ้นงาน

## ตารางที่ 9 การสึกหรอของหินเจียรไนและผลการ ตรวจสอบผิวร่องคมตัดหินเจียรไน ยี่ห้อ P&C

ลำดับ	จำนวนชิ้น	หินเจียรไน ยี่ห้อ P&C	
		การตรวจสอบใช้เครื่องโปรไฟล์ โปรเจคเตอร์	ร่องคมตัด
1	0	 ภาพที่ C7 ก้อนเจียรไน	 ภาพที่ C8 ผิวร่องคมตัดหิน
2	10	 ภาพที่ C9 หน้าหินผ่านไป 10 ชิ้น	 ภาพที่ C10 ผิวร่องคมตัดผ่านไป 10 ชิ้น
3	20	 ภาพที่ C11 หน้าหินผ่านไป 20 ชิ้น	 ภาพที่ C12 ผิวร่องคมตัดผ่านไป 20 ชิ้น
4	30	 ภาพที่ C13 หน้าหินผ่านไป 30 ชิ้น	 ภาพที่ C14 ผิวร่องคมตัดผ่านไป 30 ชิ้น
5	40	 ภาพที่ C15 หน้าหินผ่านไป 40 ชิ้น	 ภาพที่ C16 ผิวร่องคมตัดผ่านไป 40 ชิ้น
6	50	 ภาพที่ C17 หน้าหินผ่านไป 50 ชิ้น	 ภาพที่ C18 ผิวร่องคมตัดผ่านไป 50 ชิ้น

จากตารางที่ 9 การวัดหน้าหินเจียรไนด้านข้าง  
ตรวจสอบมุม R โดยใช้การตรวจสอบใช้เครื่องโปรไฟล์  
โปรเจคเตอร์และผิวชิ้นงาน พบว่าใช้หินเจียรไน 1A1 150D-  
10T HT-D64-100c ยี่ห้อ P&C มีความสึกหรอขนาดความโต  
ของหินเจียรไน เฉลี่ยลดลง 0.09 มิลลิเมตรต่อชิ้น ผิวงานที่  
ได้มี ความเรียบ ลายเส้นบนผิวชิ้นงานน้อย ผิวงานละเอียด  
ขึ้น เมื่อตรวจสอบด้วยเครื่องวัดละเอียด

2.6.3 รวบรวมผลการปรับปรุงใช้หินเจียรไนที่  
แตกต่างกัน ได้ผลสรุปดังนี้

2.6.3.1 หินเจียรไนยี่ห้อ S&H ระยะเวลา 29 นาทีต่อ  
ชิ้น ความสึกหรอของหิน เจียรไนเฉลี่ยลดลง 0.04 มิลลิเมตร  
ต่อชิ้น

2.6.3.2 หินเจียรไน ยี่ห้อ P&C ระยะเวลา 26 นาทีต่อ  
ชิ้น ความสึกหรอของหิน เจียรไนเฉลี่ยลดลง 0.09 มิลลิเมตร  
ต่อชิ้น

### 2.7 การวิเคราะห์ผลการปรับปรุง

จากการทดลองการใช้หินเจียรไน ยี่ห้อ S&H และ  
ยี่ห้อ P&C ได้นำผลลัพธ์จากการทดลอง มาวิเคราะห์ด้าน  
คุณภาพของผิวและการสึกหรอของหินเจียรไน ดังนี้

2.7.1 รวบรวมผลวิเคราะห์การปรับปรุง จากการ  
รวบรวมผลวิเคราะห์การปรับปรุงของหินเจียรไน 2 ยี่ห้อนี้  
หลังจากการทดลองใช้เจียรไนชิ้นงานจำนวน 50 ชิ้น โดยที่  
ให้จำนวนงานเท่ากันและนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล  
ได้ ดังตารางต่อไปนี้

### ตารางที่ 10 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์การปรับปรุง

หินเจียรไน ยี่ห้อ S&H	หินเจียรไน ยี่ห้อ P&C
ระยะเวลา 29 นาที	ระยะเวลา 26 นาที
ลดลงเฉลี่ย 0.04 มิลลิเมตร	ลดลงเฉลี่ย 0.09 มิลลิเมตร
ผิวงานไม่ได้คุณภาพ	ผิวงานได้คุณภาพ
ราคา 13,040.65 บาท	ราคา 6,200 บาท
ระยะเวลาจัดซื้อ 1 เดือน	ระยะเวลาจัดซื้อ 1 เดือน

จากตารางที่ 10 แสดงการเปลี่ยนอุปกรณ์หินเจียรไน  
ยี่ห้อ P&C ระยะเวลาในการ เจียรไนแตกต่างกัน 3 นาทีต่อ  
ชิ้น และความแตกต่างกันด้านการสึกหรอของหินเจียรไน  
เฉลี่ย 0.05 มิลลิเมตร ราคาถูกลง 4,859.35 บาทต่อก่อน  
และ ชิ้นงานได้คุณภาพตามที่กำหนดไว้

### 2.8 ขั้นตอนการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติ

ขั้นตอนนี้เป็นการหาวิธีการที่จะทำให้เป็นมาตรฐานใช้  
ในการตรวจติดตามผลการควบคุม กระบวนการอย่าง  
ต่อเนื่อง เพื่อสังเกตความเป็นปกติหรือความผิดปกติ ของ  
กระบวนการและให้เกิด ความมั่นใจว่าสามารถนำไป  
แก้ปัญหาได้อย่างถาวร โดยรายละเอียดมีดังนี้

2.8.1 กำหนดแนวทางเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต  
หลังการปรับปรุง

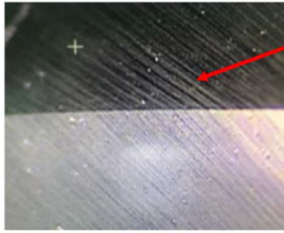
2.8.2 ดำเนินการควบคุมกระบวนการผลิต จากนั้น  
เปรียบเทียบกับก่อนและหลัง พร้อมทั้ง ประเมินผลการปรับปรุง  
จากตัวชี้วัดของโครงการ

## 3. ผลการวิจัย (Results)

### 3.1 ผลการดำเนินการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง ใช้หินเจียรไน 1A1 150D-10T HT-  
D64-100c ยี่ห้อ S&H ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ผิวงานที่ได้ไม่มีคุณภาพ ลักษณะผิวงานไม่เรียบ  
สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา แสดงดังภาพที่ 8



ผิวงานหนาแน่นกว่าค่า กำหนดตามแบบสั่งผลิต

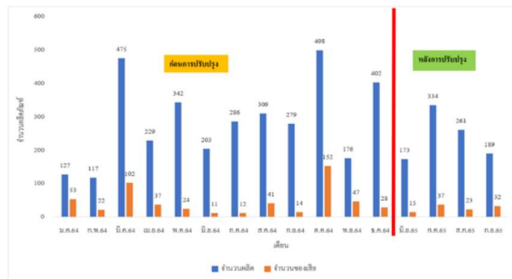
ภาพที่ 8 ผิวชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพตามแบบสั่งผลิต

หลังการปรับปรุง ใช้หินเจียร 1A1 150D-10T HT-D64-100c ยี่ห้อ P&C ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ผิวงานที่ได้มีคุณภาพ ลักษณะผิวงานเรียบ สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผิวชิ้นงานที่ได้คุณภาพตามแบบสั่งผลิต



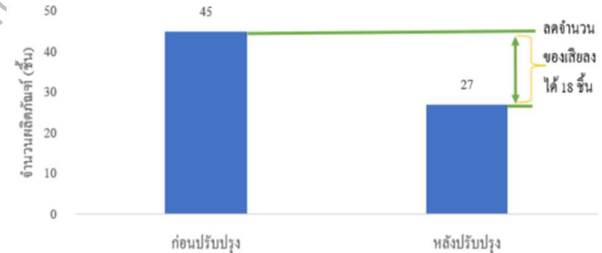
ภาพที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณของเสียระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพ 10 แสดงข้อมูลผลการเปรียบเทียบปริมาณของเสียระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าก่อนการปรับปรุงเดือนตุลาคม มีจำนวนการเกิดของเสียมากที่สุด 152 ชิ้น โดยเฉลี่ยแล้วมีอัตราการเกิดของเสียเฉลี่ย 45 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่า หลังการปรับปรุงมีแนวโน้มของปริมาณการเกิดของเสียลดลง เฉลี่ยอัตราการเกิดของเสีย 27 ชิ้นต่อเดือน แสดงว่าผู้ทำการโครงการสามารถแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นเป็นในกระบวนการผลิต โดยการควบคุมการเลือกใช้อุปกรณ์ในกระบวนการเจียรระไนร่องคมตัดเลือกใช้อุปกรณ์ตามที่กำหนด ก่อนทำการเจียรระไนขึ้นรูปทุกครั้ง และสามารถปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการทำงานให้ดีขึ้นได้ บรรลุเป้าหมายอย่างที่ตั้งไว้ได้อีกทั้งยังสามารถลดความสูญเสียเปล่าของต้นทุนการผลิตได้

ตารางที่ 11 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบก่อนและหลังการปรับปรุง

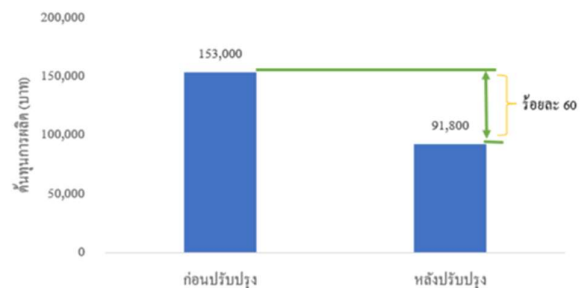
ต้นทุนวัสดุ	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง		
	จำนวนของเสีย พ.ศ. 2564	เฉลี่ยของเสีย	ต้นทุน	จำนวนของเสีย พ.ศ. 2565	เฉลี่ยของเสีย	ต้นทุน
3,400	มกราคมถึง ธันวาคม	ชิ้น/เดือน	บาท	มิถุนายนถึง กันยายน	ชิ้น/เดือน	บาท
	543	45	153,000	107	27	91,800
			จำนวนลดลง	เฉลี่ยของเสีย	ต้นทุน	
			436	ชิ้น/เดือน	บาท	122,400

จากตารางที่ 11 แสดงข้อมูลผลการเปรียบเทียบต้นทุนหลังการปรับปรุง 4 เดือน จากลดของเสียในกระบวนการผลิต พบว่า หลังการปรับปรุงที่ทำให้ปริมาณของเสียในกระบวนการเจียรระไนร่องคมตัดลดลง สามารถลดความต้นทุนในกระบวนการผลิตจากการควบคุมการเลือกใช้ อุปกรณ์ที่เหมาะสมดังกล่าว สามารถลดต้นทุนจากเดิม 153,000 บาท ลดเหลือ 91,800 บาทต่อเดือน ซึ่งลดได้เท่ากับ 61,200 บาท ดังนั้น จะเห็นได้ว่าสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 12 สรุปผลจำนวนของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

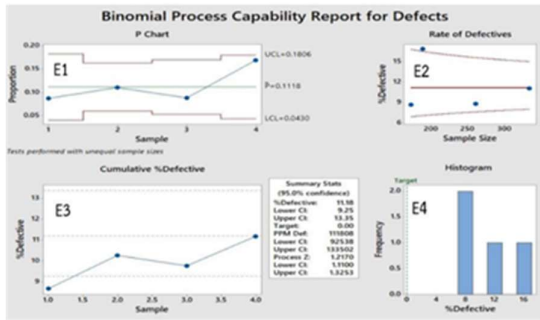
จากภาพที่ 12 พบว่าก่อนการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเฉลี่ย 45 ชิ้นต่อเดือน หลังจากการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเฉลี่ย 27 ชิ้นต่อเดือน ดังนั้นจึงสามารถลดของเสียลงได้ถึง 18 ชิ้นต่อเดือน



ภาพที่ 13 สรุปผลต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุง



จากภาพที่ 11 พบว่า ก่อนการปรับปรุงมีต้นทุนจากการเกิดของเสียเป็นเงิน 153,000 บาทต่อเดือน หลังจากการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนเป็นเงิน 91,800 บาท ส่งผลให้แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นมาตรฐานวิธีการทำงานใหม่ในอนาคตสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการได้ ดังนี้



ภาพที่ 11 ผลวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 11 แสดงปริมาณของเสียที่ตรวจพบทั้งหมด ดังกราฟ E1 ที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตมีความเสถียรภาพมากขึ้นเนื่องจากส่วนใหญ่กราฟอยู่ในการควบคุมของเส้น UCL และ LCL กระบวนการมีความแปรผันและมีโอกาสเกิดของเสีย ดังกราฟ E2 อัตราการเกิดของเสียมี 2 จุด ดังนั้น จึงทำให้กระบวนการผลิตมีเปอร์เซ็นต์ของเสีย เท่ากับ 11.15 ดังกราฟ E3 และมีสัดส่วนการเกิดของเสียเท่ากับ 111,808 ppm สามารถประเมินดัชนีค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (P p bench) ดังแสดงสมการที่ (1) จากค่า Process Z โดยเป็นค่าที่แสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) ของข้อมูลแบบนับนั้น พบว่าเท่ากับ 1.2170

$$\begin{aligned} (P p \text{ bench}) &= 1/3 (\text{process } Z) \\ &= 1/3 (1.2170) \\ &= 0.41 \end{aligned}$$

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

หัวข้อ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ข้อดี	ข้อเสีย
ปริมาณเงินลงทุนในวัตถุดิบ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• หินเจียรใน 1A1 150D-10T HT-D64-100c ยี่ห้อ S&amp;H</li> <li>• ระยะเวลา 32 นาที ต่อชิ้น</li> <li>• ตรวจสอบหลังเสร็จตัวแรกและตัวสุดท้าย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• หินเจียรใน 1A1 150D-10T HT-D64-100c ยี่ห้อ P&amp;C</li> <li>• ระยะเวลา 34 นาที ต่อชิ้น</li> <li>• ตรวจสอบหลังเสร็จทุกครั้ง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถควบคุมขนาดของชิ้นงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้</li> <li>• สามารถลดการเกิดปัญหาในกระบวนการได้</li> <li>• ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาได้คุณภาพได้ตามที่กำหนด</li> <li>• กระบวนการมีระบบการควบคุมมากขึ้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เพิ่มเวลาในการกระบวนการมากขึ้น</li> <li>• เพิ่มขั้นตอนในกระบวนการมากขึ้น</li> </ul>
ผลประโยชน์ที่ได้รับ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ของเสียเฉลี่ย 45 ชิ้นต่อเดือน</li> <li>• ต้นทุนการผลิต</li> <li>• เฉลี่ย 153,000 บาทต่อเดือน</li> <li>• หินเจียรในราคา 13,040.65 บาทต่อก้อน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ของเสียเฉลี่ย 27 ชิ้นต่อเดือน</li> <li>• ต้นทุนการผลิตที่เฉลี่ย 91,800 บาทต่อเดือน</li> <li>• หินเจียรใน</li> <li>• ราคา 6,840.65 บาทต่อก้อน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ของเสียลดลงเฉลี่ย 36 ชิ้นต่อเดือน</li> <li>• ต้นทุนการผลิตลดลงเฉลี่ย 61,200 บาทต่อเดือน</li> </ul>	-

จากตารางที่ 12 เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง ทั้งข้อดีและข้อเสียของการใช้หินเจียรในทั้งสองยี่ห้อที่ได้นำมาทดลอง จากข้อมูลดังกล่าว หินเจียรในยี่ห้อ P&C มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 27 ชิ้นต่อเดือน ราคาต้นทุนหินเจียรในมีราคาถูกกว่าหินเจียรใน ยี่ห้อ S&H ราคา 6,840.65 บาท และสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้ตามแบบสั่งผลิต มีการเพิ่มเวลาและขั้นตอนในการตรวจสอบมากขึ้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตโดยลดของเสียในกระบวนการผลิตส่วนทั้งสแตนคาร์ไบด์ความเที่ยงตรงสูงจากเดิมของเสีย จำนวน 543 ชิ้นต่อปี คิดเป็นร้อยละ 15.50 ของการผลิตทั้งหมด สาเหตุเกิดจากการขึ้นรูปด้วยการเจียรในร่องคมตัดไม่เป็นไปตามแบบสั่งผลิตและการทำงานไม่เป็นมาตรฐานดำเนินการโดยศึกษาสมบัติของวัตถุดิบทั้งสแตนคาร์ไบด์เชิงวิศวกรรมการวิเคราะห์กิจกรรมในสถานประกอบการวิเคราะห์เงื่อนไขการผลิตการประยุกต์ใช้สถิติเชิงวิศวกรรมการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพประกอบด้วยพาริตโดอะแกรมการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเหตุและผลและซิกซ์ ซิกม่า ผลปรากฏว่า ต้นทุนการผลิตก่อนการปรับปรุงมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 153,000 บาทต่อเดือน หลังการปรับปรุงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยลดลงเป็น 91,800 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 60

## 5. สรุปผล (Conclusion)

ผลจากการวิจัยการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต การควบคุมกระบวนการผลิตตามที่กำหนด ทำให้ปริมาณของเสียมีจำนวนลดลงก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยร้อยละ 15.50 หลังการปรับปรุงลดลงเหลือร้อยละ 11.15 ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ถึงร้อยละ 4.61 และสามารถลดต้นทุนการผลิตจากเดิม 153,000 บาทต่อเดือน ลดลงเหลือ 91,800 บาทต่อเดือน ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตที่ได้เท่ากับ 61,200 บาทเนื่องจากการควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้จึงทำให้กระบวนการผลิตมีของเสียลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัท เอ เอ็ม ที ทูล เทคโนโลยี จำกัด และ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่ช่วยสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยโครงการนี้ตลอดทั้งหัวหน้างาน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการทวชให้คำปรึกษาตลอดมา

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนิกันต์ เฉลมงาม. 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน(ODPolishing) ของบริษัทไฮโก้อินสทრูเม้นท์(ประเทศไทย)จำกัด. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ. สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์.
- [2] ธีญลักษณ์ โคตะมี, พรรณทิภา อติชาติ และวรรณพร จันโทภาส. การใช้แผนภูมิพาเรโตสำหรับการควบคุมคุณภาพ ในโรงงานอุตสาหกรรม.
- [3] นายทศพร ศิริสัมพันธ์. 2551. การบริหารการเปลี่ยนแปลง. กรุงเทพฯ. สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาระบบราชการ.
- [4] เกรียงไกร ศรีเลิศ และณฐา คปตชเชษฐ. การลดความสูญเสียในกระบวนการซบแซงของคน กรณศึกษา : บริษัทตัวอย่าง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรม อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราช มงคลธัญบุรี

## การลดของเสียในกระบวนการเคลือบผิวแข็งคัตติ้งทูล์ง์สเทนคาร์ไบด์ที่มีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางไม่เกิน 3.00 มม. กรณีศึกษา บริษัท เอเบิลเซอร์ฟ จำกัด

### Reduction of waste in the coating process of tungsten carbide cutting tools with a diameter not exceeding 3.00 mm. Case study Ableserve Co., Ltd.

ขวัญชาติ เชื้อแก้ว<sup>1</sup>, ผศ.ชานนท์ มูลวรรณ<sup>2</sup>, อาจารย์วีรญา กรทิพย์<sup>2</sup>, ผศ.สรัตน์ วงษ์ศรีชนะ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

[khwanchatball@outlook.co.th](mailto:khwanchatball@outlook.co.th)

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการเคลือบผิวแข็งของคัตติ้งทูล์ง์สเทนคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 3.00 มม. จากการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2566 ถึงกุมภาพันธ์ 2567 ก่อนการปรับปรุงพบว่าชิ้นงานทั้งหมด 4,432 ชิ้น มีของเสียจากคราบจุดขาวจำนวน 2,242 ชิ้น คิดเป็นอัตราของเสียรวมร้อยละ 51.28 หลังการปรับปรุงได้ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ เช่น ใบตรวจสอบเพื่อบันทึกของเสียจากแต่ละสถานีงาน และแผนภูมิพาเรโตเพื่อลำดับความสำคัญของปัญหาตามกฎ 80:20 โดยเลือกปัญหาคราบจุดขาวที่พบมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยแผนภูมิแก๊งปลา เพื่อระบุสาเหตุและหามาตรการแก้ไข กระบวนการปรับปรุงนี้ยังได้นำหลักการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาใช้ ซึ่งประกอบด้วย การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง การบำรุงรักษาด้วยตนเอง การบำรุงรักษาตามแผน และการฝึกอบรมพัฒนาทักษะ ผลการปรับปรุงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยเฉพาะเครื่องอัลตราโซนิกที่ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ลดเวลาทำความสะอาดและตรวจสอบเครื่องจักรลง และช่วยให้พนักงานมีความรู้และทักษะที่เพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ของการปรับปรุงสามารถลดของเสียจากร้อยละ 51.28 เหลือเพียงร้อยละ 2.66 หรือจำนวนชิ้นงานที่เสียจาก 2,273 ชิ้น เหลือเพียง 61 ชิ้น คิดเป็นการลดลงของของเสียถึงร้อยละ 93.06

**คำสำคัญ :** คัตติ้งทูล์ง์; การบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม; ใบตรวจสอบ; กระบวนการเคลือบผิวแข็ง

#### Abstract

This project aims to reduce waste in the hard coating process of tungsten carbide cutting tools with a diameter of not more than 3.00 mm. From data collection during December 2023 to February 2024 before the improvement, it was found that out of 4,432 pieces, there were 2,242 pieces of white spot waste, accounting for a total waste rate of 51.28 percent. After the improvement, quality control tools were used, such as inspection sheets to record waste from each workstation and Pareto charts to prioritize problems according to the 80:20 rule, by selecting the most common white spot problems for further analysis using fishbone charts to identify the causes and find corrective measures. This improvement process also applied the principle of Total Productive Maintenance (TPM), which consists of Focus Improvement, Autonomous Maintenance, planned maintenance, and Education & Training Developing. The improvement results increased the efficiency of the machines, especially the ultrasonic

machines that work at full efficiency, reduced the time for cleaning and inspecting the machines, and provided employees with increased knowledge and skills. The results of the improvement can reduce waste from 51.28 percent to only 2.66 percent or the number of defective pieces from 2,273 pieces to only 61 pieces, which is a reduction in waste of 93.06 percent.

**Keywords:** Cutting tools; Total Productive Maintenance; Inspection Sheet; Coating Process

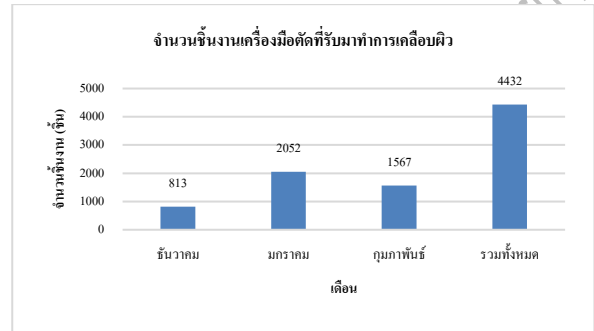
## 1. บทนำ (Introduction)

คัตติ้งทุสรระดับไมโคร (Micro Cutting Tools) ได้กลายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการผลิตที่ต้องการความแม่นยำสูง เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีและความต้องการชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กและซับซ้อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คัตติ้งทุสรระดับไมโคร เช่น ดอกสว่านขนาดเล็ก ดอกกัดขนาดเล็ก คัตติ้งทุสรกลึงขนาดเล็ก และคัตติ้งทุสรขนาดเล็กสำหรับการขีด[1] ได้รับการออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการนี้โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการแพทย์ อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์

การนำคัตติ้งทุสรระดับไมโครมาใช้ในกระบวนการผลิตไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่ยังช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด นอกจากนี้ การเคลือบผิวด้วยฟิล์มบางบนคัตติ้งทุสรระดับไมโครยังเป็นการเพิ่มความทนทานและยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือ ส่งผลให้คัตติ้งทุสรเหล่านี้สามารถทนทานต่อการใช้งาน[2]

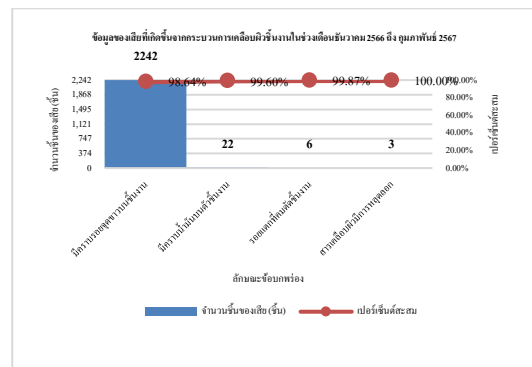
ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาคัตติ้งทุสรระดับไมโครและการเคลือบฟิล์มบางบนเครื่องมือนี้เป็นเรื่องที่มีความสนใจจากนักวิจัยและผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั่วโลก เนื่องจากมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญในสภาวะการแข่งขันทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน[3][4]

จากการตรวจสอบพบว่าปัจจุบัน จากการเก็บข้อมูลคัตติ้งทุสรที่ถูกค่าได้ทำการส่งมาเคลือบผิวแข็งชิ้นงาน ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2566 ถึง กุมภาพันธ์ 2567 ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 จำนวนชิ้นงานคัตติ้งทุสร

พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบผิวครั้งนี้ มีรอยจุดขาวบนชิ้นงาน 2242 ชิ้น มีคราบน้ำมันบนตัวชิ้นงาน 22 ชิ้น รอยแตกที่คมตัดชิ้นงาน 6 ชิ้น สารเคลือบผิวมีการหลุดลอก 3 ชิ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียรวม ร้อยละ 51.28[5]

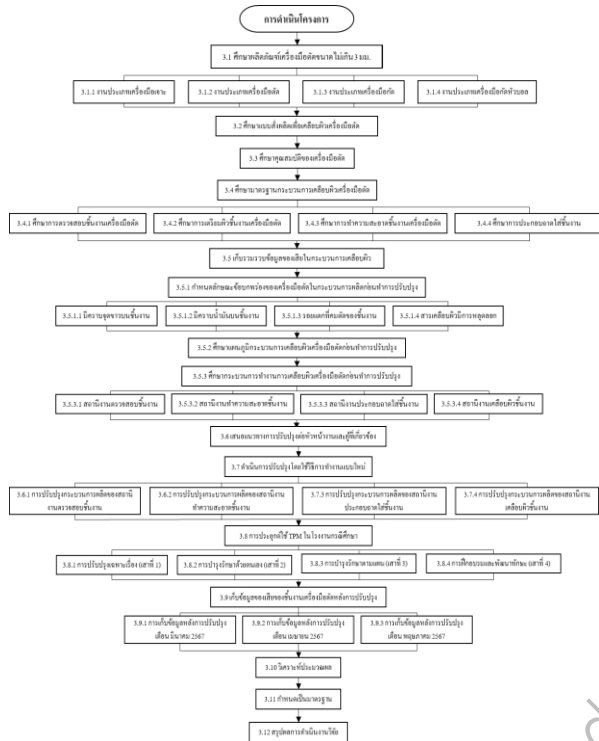


ภาพที่ 2 ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบผิว

โครงการนี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาคราบน้ำมัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของของเสียในกระบวนการเคลือบผิว การแก้ไขปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องเร่งด่วนเพื่อรักษาคุณภาพและความน่าเชื่อถือของธุรกิจ[6]

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 2 แผนการดำเนินโครงการ

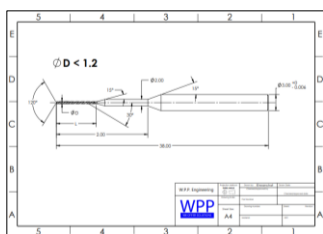
### 2.1 ศึกษาประเภทชิ้นงานคัตติ้งทูลส์

ประเภทชิ้นงานคัตติ้งทูลส์ในการศึกษาข้อมูล ได้แบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลักๆ

1. ชิ้นงานประเภทเครื่องมือเจาะ Micro Drill
2. ชิ้นงานประเภทเครื่องมือตัด Micro Cutter
3. ชิ้นงานประเภทเครื่องมือกัด Micro Endmill
4. ชิ้นงานประเภทเครื่องมือกัดหัวบอล Micro Ballnose Endmill

### 2.2 ศึกษาแบบสั่งเคลือบผิวชิ้นงาน

ได้เลือกแบบสั่งเคลือบผิวชิ้นงานที่มีการเคลือบผิวชิ้นงานมากที่สุดได้แก่ Micro Drill



ภาพที่ 3 แบบสั่งเคลือบผิวเครื่องมือตัด Micro Drill

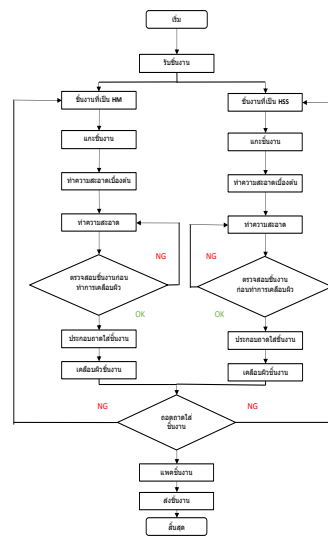
### 2.3 ศึกษาคุณสมบัติของเครื่องมือตัด

วัสดุเกรดคาร์ไบด์ K10 เป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมใช้ในการทำ เครื่องมือตัดขนาดเล็ก เนื่องจากคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานตัดเฉือนที่ต้องการความแม่นยำและทนทานสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่มีความแข็ง[5]

ตารางที่ 1 สมบัติวัสดุซีเมนต์ทั้งสแตนคาร์ไบด์เกรดมาตรฐาน K10

Sorted / Grade K10	
องค์ประกอบทางเคมี	
ทั้งสแตนคาร์ไบด์ WC	94 %
โคบอลต์ Co	6 %
สมบัติเชิงกล	
1. ขนาด (กว้าง x ยาว x ทน)	8x6.5x3 mm
2. ความหนาแน่น	14.80 g/cm <sup>3</sup>
3. สมบัติของวัสดุ ความแข็ง	91.8 HRA
4. ความแรงของสนามแม่เหล็ก	22 kA/m
5. จำนวนการอิมิตัว	100 Gcm <sup>3</sup> /g
6. ความแข็งแรงดึง	3,000 N/mm <sup>2</sup>
7. ขนาดอนุภาค	1 μm

### 2.4 ศึกษากระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานคัตติ้งทูลส์ของแผนกเคลือบผิวชิ้นงาน



ภาพที่ 4 กระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานคัตติ้งทูลส์

### 2.5 เก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตก่อนทำการปรับปรุง

การศึกษาและเก็บข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิตในช่วงธันวาคม 2566 ถึง กุมภาพันธ์ 2567 ซึ่ง พบว่าของ

เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเคลือบผิวมีเสียงดังนี้

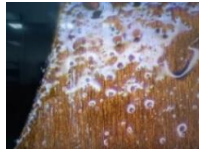
### 2.5.1 มีคราบรอยจุดขาวบนชิ้นงาน



ภาพที่ 5 คราบรอยจุดขาวบนชิ้นงาน

ความแห้งของชิ้นงานนั้นมีผลต่อคราบจุดขาวบนชิ้นงาน โดยพบว่าชิ้นงานที่แห้งสนิทจะพบคราบขาวน้อยลง โดยการลดปัญหาของเสียงประเภทนี้ต้องใช้การอบแห้งให้สนิท [7]

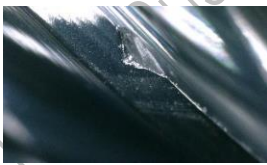
### 2.5.2 มีคราบน้ำมันบนตัวชิ้นงาน



ภาพที่ 6 คราบน้ำมันบนผิวชิ้นงาน

การใช้สารหล่อลื่นในกระบวนการเจียรซึ่งเกิดในกระบวนการใช้สารหล่อลื่นหรือสารหล่อเย็นในกระบวนการเจียรเพื่อป้องกันการเสียดสีและความร้อน สามารถหึงคราบน้ำมันบนพื้นผิวชิ้นงานได้ และ กระบวนการทำความสะอาดหลังการเจียรไม่เพียงพอ อาจทำให้คราบน้ำมันตกค้างอยู่บนชิ้นงาน [8]

### 2.5.3 รอยแตกที่คมตัดชิ้นงาน



ภาพที่ 7 รอยแตกที่คมตัดชิ้นงาน

ความแข็งของวัสดุ วัสดุที่มีความแข็งมากอาจเกิดรอยแตกที่คมตัดได้ง่ายเมื่อเจอกับแรงกระแทกหรือแรงกดที่สูงเกินไป ความเครียดในกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตที่เกิดความเครียดสูง เช่น การเจียร การกัด หรือการเจาะ อาจทำให้เกิดรอยแตกหรือบิ่นที่คมตัด [5]

### 2.5.4 สารเคลือบผิวมีการหลุดลอก

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567



ภาพที่ 8 สารเคลือบผิวมีการหลุดลอก

อุปกรณ์ทำความสะอาด เช่น ถังอัลตราโซนิก ที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาด หากไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม อาจทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการทำความสะอาด ส่งผลให้พื้นผิวไม่สะอาดเพียงพอก่อนการเคลือบผิว

## 2.6 ศึกษากระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานติดตั้งทุสต์ก่อนการปรับปรุง

ทำการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของแผนกเคลือบผิว โดยศึกษากระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานติดตั้งทุสต์ ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2 กระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจสอบชิ้นงาน ก่อนการปรับปรุง

กระบวนการทำงานของสถานีงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนการปรับปรุง		
ลำดับที่	รายละเอียดการทำงาน	ปัญหาที่พบเจอ
1	นำชิ้นงานเครื่องมือตัดออกมาจากกล่องรับชิ้นงาน	ไม่มี
2	นำชิ้นงานออกจากแพ็คเกจ	ไม่มี
3	ตรวจสอบชื่อชิ้นงาน	ไม่มี
4	จัดบันทึกชื่อชิ้นงาน	ไม่มี
5	ตรวจสอบชิ้นงานเบื้องต้นด้วยสายตา	ไม่มีการจัดบันทึกรายละเอียดข้อบกพร่องของชิ้นงาน
6	นำชิ้นงานทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์	ชิ้นงานมีคราบปากกาติดอยู่บนตัวชิ้นงาน
7	นำชิ้นงานตรวจสอบด้วยกล้องไมโครสโคป	ไม่มีการจัดบันทึกหลังการตรวจสอบชิ้นงาน
8	นำชิ้นงานใส่ Plug Insert	ไม่มี
9	เคลื่อนย้ายถาดใส่ชิ้นงานไปยังสถานีงานถัดไป	ไม่มี

ตารางที่ 3 กระบวนการทำงานของสถานีงานทำความสะอาดชิ้นงาน ก่อนการปรับปรุง

กระบวนการทำงานของสถานีงานทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการปรับปรุง		
ลำดับที่	รายละเอียดการทำงาน	ปัญหาที่พบเจอ
1	รับถาดใส่ชิ้นงานมาจากสถานีงานการตรวจสอบชิ้นงาน	ไม่มี
2	นำถาดใส่ชิ้นงาน วางบนตะแกรงใส่ชิ้นงาน	ไม่มี
3	ย้ายตะแกรงใส่ชิ้นงานไป ถังอัลตราโซนิก	น้ำอัลตราโซนิกมีลักษณะขุ่น
4	กดสวิทซ์ให้เครื่องอัลตราโซนิกทำงาน	ไม่มี

5	ยกตะแกรงมาที่ถังน้ำ Ro ถังที่หนึ่ง เพื่อล้างชิ้นงาน	บริเวณผิวไม่มีคราบน้ำมันลอยอยู่
6	ยกตะแกรงมาที่ถังน้ำ Ro ถังที่สอง เพื่อล้างชิ้นงาน	มีน้ำติดอยู่บริเวณภาคชิ้นงาน
7	ยกตะแกรงมาที่ถังน้ำ Di ถังที่หนึ่ง เพื่อล้างชิ้นงาน	มีน้ำติดอยู่บริเวณภาคชิ้นงาน
8	ยกตะแกรงมาที่ถังน้ำ Di ถังที่สอง เพื่อล้างชิ้นงาน	มีน้ำติดอยู่บริเวณภาคชิ้นงาน
9	ยกตะแกรงมาที่ถังน้ำ Di ถังที่สาม เพื่อล้างชิ้นงาน	มีน้ำติดอยู่บริเวณภาคชิ้นงาน
10	นำชิ้นงานที่มีคราบน้ำเป่าด้วยปืนเป่าลม	ไม่มี
11	นำชิ้นงานใส่ลงตู้อบลมร้อน	ไม่มี
12	หมุนสวิตซ์เพื่อให้ตู้อบลมร้อนทำงาน	ไม่มี
13	นำชิ้นงานออกจากตะแกรงส่งมอบให้สถานีงานถัดไป	ไม่มี

ตารางที่ 4 กระบวนการทำงานของสถานีงานประกอบภาคใส่ชิ้นงานก่อนการปรับปรุง

กระบวนการทำงานของสถานีงานประกอบภาคใส่ชิ้นงานก่อนการปรับปรุง		
ลำดับที่	รายละเอียดการทำงาน	ปัญหาที่พบเจอ
1	รับภาคใส่ชิ้นงานจากสถานีงานทำความสะอาดสะอาดชิ้นงาน	บริเวณโต๊ะสถานีงานมีผงฝุ่นสารเคลือบผิวอยู่
2	จัดเตรียม ปลอกใส่ชิ้นงานให้ครบจำนวนที่ต้องการเคลือบผิว	ไม่มี
3	จัดเตรียม Substrate Tables ใส่ชิ้นงานให้ครบจำนวนกับปลอกใส่ชิ้นงาน	บริเวณ Substrate Tables มีผงฝุ่นสารเคลือบผิว ติดอยู่
4	นำชิ้นงานใส่ปลอกใส่ชิ้นงานให้ครบจำนวน	ไม่มี
5	เคลื่อน Substrate Tables ชิ้นงานไปยังสถานีถัดไป	ไม่มี

ตารางที่ 5 กระบวนการทำงานสถานีงานเคลือบผิวชิ้นงาน ก่อนการปรับปรุง

กระบวนการทำงานสถานีงานเคลือบผิวชิ้นงาน ก่อนการปรับปรุง		
ลำดับที่	รายละเอียดการทำงาน	ปัญหาที่พบเจอ
1	รับ Substrate Tables ชิ้นงานจากสถานีงานประกอบภาคใส่ชิ้นงาน	บริเวณพื้นที่ภาควางชิ้นงานมีผงฝุ่นสารเคลือบผิวอยู่
2	นำภาคใส่ชิ้นงานใส่ลงเสาประกอบงาน	มีผงฝุ่นสารเคลือบผิวอยู่ในบริเวณพื้นที่ประกอบงาน
3	นำรถแอสติลฟอกเสาประกอบงาน ที่ประกอบเสร็จแล้ว	ไม่มี
4	นำเสาประกอบงานวางไว้ในเครื่องเคลือบผิว	มีผงฝุ่นสารเคลือบผิวอยู่ในบริเวณเตาเครื่องเคลือบผิว
5	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องเคลือบผิว	ไม่มี
6	ตรวจสอบความสะอาดภายในเตาเครื่องเคลือบผิว	มีผงฝุ่นสารเคลือบผิวอยู่ในบริเวณเตาเครื่องเคลือบผิว
7	กดปุ่ม start เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่องเคลือบผิว	ไม่มี

## 2.7 เสนอแนวทางการปรับปรุงต่อหัวหน้างานและผู้ที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงกระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานคัดตั้งทุสต์เพื่อแก้ไขปัญหาของเสียประเภทคราบจุดขาวบนชิ้นงานได้ถูกนำเสนอในที่ประชุมผู้บริหาร เพื่อขออนุมัติดำเนินการ โดยการปรับปรุงนี้อิงจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของเสียตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ซึ่งพบว่าคราบจุดขาวบนชิ้นงานเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด มีการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ ควบคุมกับกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต [9]

## 2.8 ดำเนินการปรับปรุงโดยใช้วิธีการทำงานแบบใหม่

2.8.1 การปรับปรุงกระบวนการผลิตของสถานีงานตรวจสอบชิ้นงาน

เพิ่มกระบวนการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องไมโครสโคปและจัดบันทึกชิ้นงานเครื่องมือตัดในสถานีตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อหาข้อบกพร่องก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตในสถานีถัดไป โดยพนักงานจะตรวจสอบชิ้นงานหลังจากแกะออกจากกล่องเก็บของลูกค้า และทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วยสายตา



ภาพที่ 9 พนักงานตรวจสอบชิ้นงานด้วยกล้องไมโครสโคป

2.8.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตของสถานีงานทำความสะอาดชิ้นงาน

เพิ่มกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานที่อยู่ในตะแกรง โดยเมื่อจุ่มภาคทำความสะอาดชิ้นงานในถังน้ำ RO และ DI ตะแกรงจะถูกวางไว้ที่ขอบถัง เพื่อให้ชิ้นงานที่ทำความสะอาดแล้วลดการปนเปื้อนคราบน้ำที่ปะปนกับถังน้ำอื่นๆ และมีการตรวจเช็คชิ้นงานด้วยใบตรวจสอบชิ้นงานหลังทำความสะอาดชิ้นงานเครื่องมือ[9][10]



ภาพที่ 10 ตะแกรงทำความสะอาดชิ้นงานถูกวางไว้ขอบถัง  
น้ำ Ro

2.8.3 การปรับปรุงกระบวนการผลิตของสถานีนงาน  
ประกอบภาคใต้ชิ้นงานทำความสะอาดชิ้นงาน

สถานีนงานประกอบภาคใต้ชิ้นงาน ได้พบเจอปัญหา  
มีคราบฝุ่นจากสารเคลือบที่ได้หลุดลอกของภาคประกอบใ  
ชิ้นงาน จึงได้เพิ่มกระบวนการทำความสะอาดพื้นที่วาง  
ชิ้นงานและเป่าภาคใต้ชิ้นงานด้วยปืนเป่าลม [9][10][11][12]



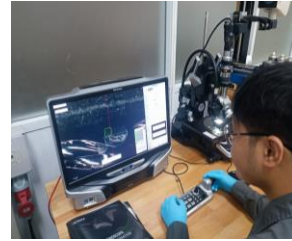
ภาพที่ 11 ใช้ลมเป่าสิ่งปนเปื้อนบนภาคประกอบชิ้นงาน

2.8.4 การปรับปรุงกระบวนการผลิตของสถานีน  
งานเคลือบผิวชิ้นงาน

เพิ่มกระบวนการเป่าฝุ่นด้วยลม และในเครื่องเคลือบผิว  
เพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรกที่อาจทำให้เกิดปัญหาหลังการ  
เคลือบผิว และตรวจสอบด้วยกล้องไมโครสโคป หากพบการ  
หลุดลอกของสารเคลือบผิว จะนำชิ้นงานไปตรวจสอบ  
เพิ่มเติมโดยใช้กล้องไมโครดิจิตอล Keyence VHX 6000  
เพื่อบันทึกข้อมูลการหลุดลอก และถ่ายภาพแจ้งให้ลูกค้า  
ทราบ[9][10][11][12]



ภาพที่ 12 ใช้ลมเป่าสิ่งปนเปื้อนบนเสาประกอบชิ้นงาน



ภาพที่ 13 ชิ้นงานเครื่องมือตัดถูกตรวจสอบโดยกล้อง  
ไมโครดิจิตอล Keyence vhx 6000

## 2.9 การประยุกต์ใช้ TPM ในโรงงานกรณีศึกษา

การประเมินสถานะความพร้อมของแผนกเคลือบผิว  
กรณีศึกษาสำหรับการประยุกต์ใช้ Total Productive  
Maintenance (TPM) ช่วยให้ทราบถึงการจัดทำสิ่งต่าง ๆ ที่  
มีอยู่แล้วและสิ่งที่ยังขาด เพื่อเป็นแนวทางในการนำ TPM มา  
ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากการประเมินพบว่าโรงงาน  
มีความพร้อมในการประยุกต์ใช้ TPM ใน 4 เสาหลักหลัก  
ได้แก่

### 2.9.1 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง

ในกระบวนการทำงานของเครื่องอัลตราโซนิก ระบบ  
หมุนเวียนน้ำที่ใช้ในการกำจัดคราบน้ำมันจะนำคราบน้ำมันที่  
ลอยอยู่ไหลเข้าสู่เครื่องแยกน้ำมัน อย่างไรก็ตาม หากมี  
ปริมาณน้ำที่เข้าสู่เครื่องแยกน้ำมันน้อยเกินไป เครื่องแยก  
น้ำมันจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้  
ไม่สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำได้ [10][13]



ภาพที่ 14 หัวพ่นน้ำเพื่อกำจัดคราบน้ำมัน เอียงไม่  
ขนานกับผิวน้ำ



ภาพที่ 15 เครื่องแยกน้ำมันไม่มีการไหลเวียนของน้ำ

### 2.9.2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2)

การทำความสะอาดเบื้องต้นพนักงานจะทำความสะอาด  
สะอาดเครื่องจักรโดยกำจัดสิ่งสกปรก ฝุ่น และคราบน้ำ



รวมถึงตรวจสอบชิ้นส่วนที่ชำรุดและการรั่วซึมของน้ำ นอกจากนี้ยังสำรวจจุดที่ทำความสะอาดยากเพื่อเตรียมการบำรุงรักษา[10][13]

การทำให้สิ่งผิดปกติปรากฏชัดเจน นักงานพบจุดที่ตรวจสอบได้ยาก จึงใช้ป้าย (TAG) เพื่อติดที่จุดยากลำบากเหล่านั้น ทำให้สามารถเห็นและตรวจสอบได้ชัดเจนมากขึ้น



ภาพที่ 16 จุดที่ตรวจสอบได้ยากของสถานีทำความสะอาดชิ้นงาน

### 2.8.3 การบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3)

มุ่งเน้นการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรและแก้ไขจุดบกพร่องที่ทำให้เกิดคราบขาวในกระบวนการล้างชิ้นงาน เครื่องมือตัดของสถานีงานทำความสะอาด ผลการดำเนินงานในขั้นตอนนี้มีรายละเอียดดังนี้

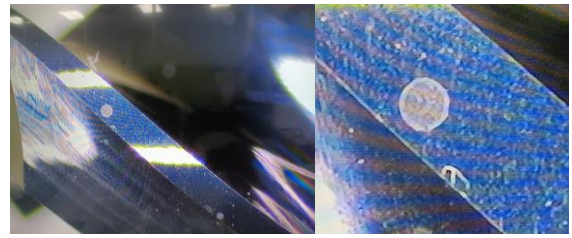
เก็บข้อมูลของเสียในกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงาน โดยใช้ใบตรวจสอบชิ้นงานเป็นระยะเวลา 2 เดือน [10][13]

ตารางที่ 6 ใบบันทึกการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องของเครื่องมือตัดสถานีงานทำความสะอาดชิ้นงาน ประจำเดือน มีนาคม 2567

วันที่	เวลา	ชื่อเครื่องจักร	จำนวน	ชำรุด	รอซ่อม	รอวัสดุ	รอช่าง	รออะไหล่	รอคำสั่ง	รออื่นๆ	รวม	หมายเหตุ
18/3/2024	13.30 น.	Drill D2.65x40CLxD3x85L (ใหม่)	133	0	0	0	0	0	0	0	0	ความเสียหายที่เกิดจากช่าง
19/3/2024	13.30 น.	C/B Drill Dia.3.3x3x8.5x64.5L	4	0	0	0	0	0	0	0	0	ความเสียหายที่เกิดจากช่าง
19/3/2024	13.30 น.	Drill D2.65x40CL (ใหม่) D3.85L	80	0	0	0	0	0	0	0	0	ความเสียหายที่เกิดจากช่าง
20/3/2024	13.30 น.	RD-2403-108 RSEM D2xR0.3x9x2x4x1.2x100x18x17.5x16	30	0	0	0	0	0	0	0	0	ความเสียหายที่เกิดจากช่าง

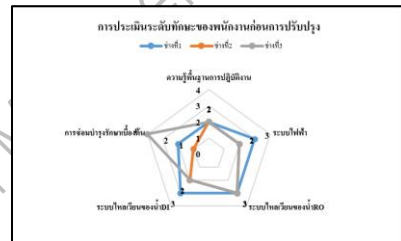
ตารางที่ 7 ใบบันทึกการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องของเครื่องมือตัด สถานีงานทำความสะอาดชิ้นงาน ประจำเดือน เมษายน 2567

9/4/2024	13.30 น.	C/B Drill Dia.1.5x3x3.110L	16	0	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 3 ชิ้น
10/4/2024	13.30 น.	FD3024058 CR Drill D2.8x135x15CLxH3.5L	20	2	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 4 ชิ้น
18/4/2024	13.30 น.	ATM24-06098 Drill D4x73L	3	1	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 1 ชิ้น
18/4/2024	13.30 น.	ATM24-04141 Drill D4x73L	2	0	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 1 ชิ้น
19/4/2024	13.30 น.	Ball Nose D4xR2074L	11	3	0	0	1	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 3 ชิ้น
22/4/2024	13.30 น.	RD-2404-040 SSD D4x36L2x17.5x16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 1 ชิ้น
22/4/2024	13.30 น.	RT-2404-006 RG SSD D1.4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 1 ชิ้น
22/4/2024	13.30 น.	RT-2404-010 RG Drill D1.0 Oil Hole CSG	3	0	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 1 ชิ้น
22/4/2024	13.30 น.	RT-2404-007 RG SSD D1.8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	ชำรุดเนื่องจากเครื่องมือตัดที่เสียหาย (เกิดจากช่าง) 1 ชิ้น



ภาพที่ 17 ชิ้นงาน Drill D2.65x40CLxD3x85L ที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาด ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกที่ผ่านการใช้งาน 4 วัน

2.9.3 การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4) มุ่งเน้นการเพิ่มพูนทักษะของพนักงานในฝ่ายผลิต โดยเน้นไปที่ความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรในสถานีงานทำความสะอาดชิ้นงาน [10][13]



ภาพที่ 18 การประเมินระดับทักษะของพนักงานก่อนการปรับปรุง

การประเมินระดับทักษะของพนักงานก่อนการปรับปรุง การปฏิบัติงาน วัดคะแนน ได้ 2 คะแนน ซึ่งเป็นส่วนที่ควรปรับปรุงมากที่สุด และ การซ่อมบำรุงรักษาเบื้องต้นอยู่ที่ 1 คะแนน เป็นส่วนที่ต้องปรับปรุงในลำดับถัดไป

### 2.9 เก็บข้อมูลของเสียชิ้นงานเครื่องมือตัดหลังการปรับปรุง

การดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดของเสียคราบจุดขาวบนชิ้นงาน จะมีการเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบจากแต่ละสถานีงานในกระบวนการเคลือบผิว ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 [9][10][11]

ตารางที่ 8 ข้อมูลการจำนวนชิ้นงานเครื่องมือตัดเข้าสู่กระบวนการเคลือบผิวเดือน มีนาคม พ.ศ. 2567 - พฤษภาคม 2567

จำนวนชิ้นงานเครื่องมือตัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 3 มม.	
เดือน	จำนวนชิ้นงานเครื่องมือตัด (ชิ้น)
มีนาคม	1545
เมษายน	215
พฤษภาคม	529
รวมทั้งหมด	2289

ตารางที่ 9 ใบตรวจสอบชิ้นงานสถานีตรวจสอบชิ้นงาน

ลำดับที่	เดือน	จำนวนชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานเสียประเภท			
			มีรอยจุดขาวบนชิ้นงาน	มีคราบน้ำมันบนตัวชิ้นงาน	รอยแตกที่คมชัดชิ้นงาน	สารเคลือบผิวมีการหลุดลอก
1	มีนาคม	1545	0	1545	11	10
2	เมษายน	215	0	215	0	2
3	พฤษภาคม	529	0	529	0	0

ตารางที่ 10 ใบตรวจสอบชิ้นงานสถานีงานทำความสะอาดชิ้นงาน

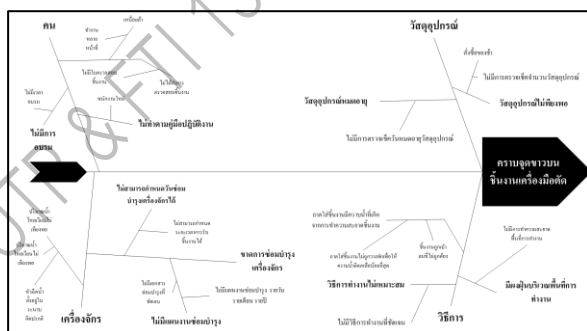
ลำดับที่	เดือน	จำนวนชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานเสียประเภท			
			มีรอยจุดขาวบนชิ้นงาน	มีคราบน้ำมันบนตัวชิ้นงาน	รอยแตกที่คมชัดชิ้นงาน	สารเคลือบผิวมีการหลุดลอก
1	มีนาคม	1545	226	1545	11	10
2	เมษายน	215	8	0	0	2
3	พฤษภาคม	529	3	0	0	0

ตารางที่ 11 ใบตรวจสอบชิ้นงานสถานีงานเคลือบผิว

ลำดับที่	เดือน	จำนวนชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานเสียประเภท			
			มีรอยจุดขาวบนชิ้นงาน	มีคราบน้ำมันบนตัวชิ้นงาน	รอยแตกที่คมชัดชิ้นงาน	สารเคลือบผิวมีการหลุดลอก
1	มีนาคม	1545	0	11	11	10
2	เมษายน	215	0	2	0	0
3	พฤษภาคม	529	0	0	0	0

### 3. ผลการวิจัย (Results)

การระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคราบจุดขาวบนชิ้นงานได้ถูกทำผ่านการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์ในการผลิต เพื่อนำเสนอแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม โดยใช้ผังแสดงเหตุและผล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสาเหตุที่เกิดจาก 4M คือ คน, เครื่องจักร, วัตถุดิบ, และวิธีการ [9][10][11]



ภาพที่ 19 แผนภูมิแก๊งปลา มีคราบรอยจุดบนชิ้นงาน

จากแผนภาพสามารถค้นหาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตซึ่งเกิดจาก 4 M คือ คนเครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ โดยในกระบวนการเคลือบผิวชิ้นงาน ขาดการ

ตรวจสอบชิ้นงานด้วยใบตรวจสอบชิ้นงาน ไม่มีการอบรมพนักงาน การตรวจเช็คเครื่องจักรและการบำรุงรักษาที่เหมาะสม วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ล้วนส่งผลกระทบต่อการทำงานในแผนกเคลือบผิวชิ้นงาน อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรที่มีสภาวะการทำงานไม่มีคนที่ ทำให้เกิดปัญหา จึงทำให้มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบผิว[9][10][11]

ตารางที่ 12 สาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาและวิธีการป้องกัน

สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขและวิธีป้องกัน
(คน) ความรู้พื้นฐานและทักษะ การทำงาน และประสบการณ์	มีการจัดอบรมก่อนเข้าทำงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ใกล้เคียงกันและจัดอบรมให้ความรู้เพิ่มเติม ทุก 3 เดือน เพื่อให้พนักงาน มีประสบการณ์และความรู้ใหม่ในการนำมาใช้ในการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น
(คน) ปัญหาคนตัดแต่งของชิ้นงาน	ทำเอกสารการตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อให้พนักงานได้ตรวจสอบชิ้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานผิว และมีการตกลงกับลูกค้าก่อนนำชิ้นงานมาเคลือบผิว
(คน) ปัญหาพนักงานไม่มีการอบรมการทำงานก่อนเริ่มทำงาน	จัดทำเอกสารการอบรมพนักงานเพื่อการทำงานสำหรับชิ้นงานเครื่องมือตัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 3 มม.
(เครื่องจักร) น้ำถึง Oil separate มีน้อยเกินไป	จัดแผนตรวจเช็คสภาพ ถึง Oil separate โดยแบ่งการตรวจเช็คเป็น shift A 9.00 น. และ shift B 18.30 น. ในทุกวันของการทำงาน
(วิธีการ) ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดจากวิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม	เพิ่มการอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมแก่พนักงานสำหรับพนักงานเก่าและพนักงานใหม่ ให้ตระหนักถึงความสำคัญของการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งประเมินความสามารถในการทำงาน ปรับปรุงคู่มือการปฏิบัติงานให้ชัดเจน เพื่อให้พนักงานเข้าใจง่าย

### 3.2 สรุปผลการดำเนินงานการประยุกต์ใช้ TPM ในโรงงานกรณีศึกษา

3.2.1 ผลการดำเนินงานการประยุกต์ใช้ TPM การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (เสาที่ 1)

เครื่องอัลตราโซนิกและเครื่องกรองน้ำมัน สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพได้มีการไหลเวียนของน้ำเพื่อแยกคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนมากับชิ้นงานเครื่องมือตัดได้ตลอดเวลาของการทำการทำความสะอาดชิ้นงาน[10][13]



ภาพที่ 20 เครื่องแยกน้ำมันมีการไหลเวียนของน้ำเพื่อแยกคราบน้ำมันตลอดเวลา

### 3.2.2 ผลการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2)

นำป้ายมาติดที่จุดยากลำบากให้ปรากฏออกมา ชัดเจน  
ยิ่งขึ้นด้วยป้าย (TAG) จากนั้นสร้างมาตรฐานการทำความสะอาด  
สะอาด เพื่อให้พนักงานในแผนกเคลื่อนผิวง่ายต่อการทำ  
ความสะอาด การตรวจสอบ ที่มีการแสดงจุดการตรวจสอบ  
อย่างชัดเจนเพื่อลดเวลาในการตรวจสอบ[10][13]



ภาพที่ 21 พนักงานตรวจสอบอุปกรณ์สถานีงานทำความสะอาด  
สะอาดขึ้นงาน

#### ตารางที่ 14 ผลการปรับปรุงมาตรฐานการทำความสะอาด

ความถี่ในการทำงานแต่ละประเภท	ก่อนปรับปรุง (นาที)	หลังปรับปรุง (นาที)
การทำความสะอาดเครื่องจักร (1 ครั้ง/สัปดาห์)	45	30
การตรวจสอบสภาพเครื่องจักร (2 ครั้ง/วัน)	15	5

### 3.3.3 การบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3)

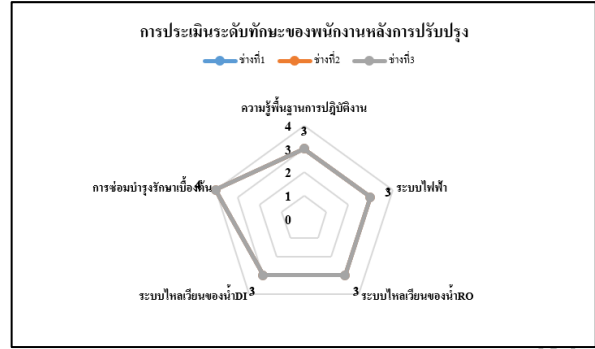
เครื่องจักรสามารถทำงานได้โดยไม่มีข้อบกพร่อง โดย  
การออกแบบแผนการซ่อมบำรุงแบบใหม่



ภาพที่ 22 เครื่องมือตัดที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่อง  
อัลตราโซนิกตามแผนการซ่อมบำรุงใหม่

### 3.3.4 ผลการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4)

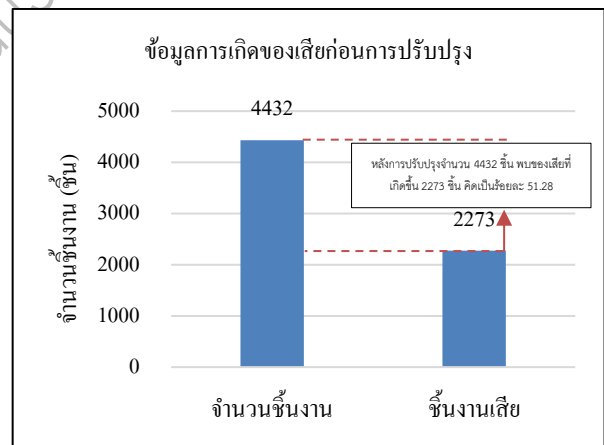
การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะโดยมุ่งเน้นไปที่การ  
ประเมินระดับความรู้และระบบ พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเครื่อง  
อัลตราโซนิกของพนักงานในฝ่ายผลิต ของโรงงานการศึกษา  
โดยได้อบรมผ่านเอกสารคู่มือการทำงานและตารางมาตรฐาน  
การทำงาน โดยสามารถสรุปผลการประเมินระดับทักษะของ  
พนักงาน ด้วยแผนภูมิวงกลม[10][13]



ภาพที่ 23 การประเมินระดับทักษะของพนักงานหลังการ  
ปรับปรุง

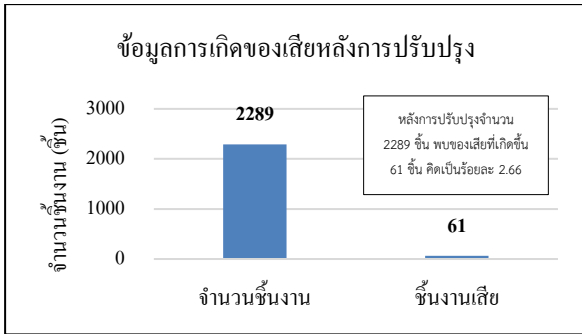
### 3.3 สรุปผลการดำเนินงานตามแนวทางการแก้ไขปรับปรุง

จากแนวทางวิเคราะห์สาเหตุจากผังแสดงเหตุและผล  
แสดงสาเหตุของปัญหา และการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง นำ  
ข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากไบบนที่รายการก่อน  
ปรับปรุงในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือน  
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 มาทำการเปรียบเทียบข้อมูล  
ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงช่วงเดือนมีนาคม ถึง  
เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567



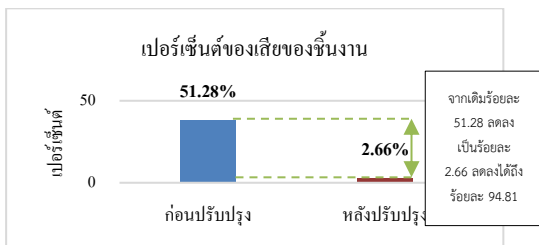
ภาพที่ 24 กราฟข้อมูลการเกิดของเสียก่อนการปรับปรุง

พบว่าของเสียลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจาก  
กระบวนการเคลื่อนผิวก่อนการปรับปรุงจำนวน 4432 ชิ้น  
และพบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลื่อนผิวจำนวน  
2273 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 51.28



ภาพที่ 25 กราฟข้อมูลการเกิดของเสียก่อนการปรับปรุง

จากภาพที่ 26 พบว่าของเสียลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเคลือบผิวหลังการปรับปรุงจำนวน 2289 ชิ้น และพบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบผิวจำนวน 61 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 2.66



ภาพที่ 26 เปอร์เซนต์ของเสียในกระบวนการเคลือบผิวชิ้นงาน ก่อนปรับปรุง – หลังการปรับปรุง

หลังทำการปรับปรุง ของเสียลดลงอย่างเห็นได้ชัด ผลลัพธ์ของการปรับปรุงสามารถลดของเสียจากร้อยละ 51.28 เหลือเพียงร้อยละ 2.66 หรือจำนวนชิ้นงานที่เสียจาก 2,273 ชิ้น เหลือเพียง 61 ชิ้น คิดเป็นการลดลงของของเสียถึงร้อยละ 93.06

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

งานเสียก่อนและหลังการปรับปรุง จะเห็นได้ว่าการลดลงของของเสียในกระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานเครื่องมือตัด โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ และการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม ส่งผลให้การเกิดของเสียลดลงและสามารถควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ในข้อกำหนดที่สามารถทำการตรวจสอบได้

ปัญหาหลักที่พบ ควรมีการศึกษาการประยุกต์ใช้หลักการของ และการประยุกต์ใช้ TPM ของกระบวนการทำงานในทุกสถานงานของแผนกเคลือบผิว และการนำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ และการประยุกต์ใช้ TPM ไป

ประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในทุกๆสถานงานเพื่อพัฒนากระบวนการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละสถานงาน การจัดการการเปลี่ยนแปลง ก็จะเป็นเรื่องที่ยั่งยืนและให้ทำความเข้าใจ รวมถึงสร้างทัศนคติในเรื่องประโยชน์ที่ได้จากนำหลักการ ของ เครื่องมือควบคุมคุณภาพ และการประยุกต์ใช้ TPM การประยุกต์ใช้ให้กับพนักงานในแผนกเคลือบผิว ให้มากขึ้น เพื่อลดความต่อต้านการเปลี่ยนแปลงในการปรับกระบวนการทำงาน

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานเครื่องมือตัดทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 3 มม. พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียเกิดจากคน เครื่องจักร และวิธีการทำงาน ปัญหาด้านคนเกิดจากการขาดการตรวจสอบและการอบรม รวมถึงการไม่มีใบตรวจสอบ ปัญหาด้านเครื่องจักรเกิดจากการขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องและไม่มีตรวจสอบการทำงาน ส่งผลให้เกิดของเสีย เช่น คราบจุดขาวและคราบน้ำมันบนชิ้นงาน ขณะที่ปัญหาจากวิธีการทำงานคือการมีผงฝุ่นและคราบน้ำมันติดบนผิวชิ้นงานจากขั้นตอนที่ไม่เหมาะสม [9][10][11] การประยุกต์ใช้หลักการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) โดยเน้นเสาหลัก 4 ด้าน ได้แก่ การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง การบำรุงรักษาด้วยตนเอง การบำรุงรักษาตามแผน และการฝึกอบรมพัฒนาทักษะ ส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ การบำรุงรักษาด้วยตนเองช่วยลดเวลาในการทำความสะอาดและตรวจสอบเครื่องจักร การบำรุงรักษาตามแผนช่วยลดปัญหาคราบจุดขาวบนชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการฝึกอบรมทำให้พนักงานมีความรู้ในการดูแลเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ผลจากการปรับปรุงเหล่านี้ช่วยลดอัตราของเสียในกระบวนการได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะปัญหาจากคราบจุดขาวและคราบน้ำมันบนชิ้นงาน สะท้อนถึงความสำเร็จในการนำหลักการ TPM มาใช้ เพื่อยกระดับและพัฒนากระบวนการผลิต [10][13]

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดีจากหลายฝ่าย ขอบพระคุณ นายวิทยา พล

เพชร ผู้บริหารระดับสูงบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด และ  
ขอพระคุณโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ (TCTM)  
ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการ  
จัดทำโครงการครั้งนี้ การสนับสนุนของท่านมีส่วนสำคัญใน  
การทำให้โครงการนี้สำเร็จได้อย่างครบถ้วน

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อธิษฐาน จีระพงษ์อุดม (2559) การศึกษาและวิเคราะห์  
กรรมวิธีการขึ้นรูปและผลิตชิ้นงานต้นแบบ ด้วยวิธีการ  
ขึ้นรูปในระดับไมโครสเกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] Thai Parkerizing Co., Ltd. การเคลือบผิวแข็ง (PVD)  
[ออนไลน์]. สืบค้น 20 มีนาคม 2567  
ที่มา : <https://www.thaiparker.co.th/th>
- [3] Sivadee เครื่องมือตัดระดับไมโครกำลังเดบิตอย่างก้าว  
กระโดด [ออนไลน์]. สืบค้น 20 มีนาคม 2567 ที่มา:  
<https://www.toolmakers.com>
- [4] อิศเรศ แสงนนท (2565) ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ  
เครื่องมือตัดของโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิต ชิ้นส่วนยาน  
ยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [5] ทนศักดิ์ พิฑาคำ. (2565). การลดของเสียใน  
กระบวนการเคลือบผิวคัตติ้งทูลส์ทั้งสแตนคาร์ไบด์  
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- [6] วรุตม์ สุจริตจันทร์ (2561) การลดของเสียในกระบวนการ  
ผลิตชิ้นส่วนหัวฉีดน้ำมัน กรณีศึกษา ของเสียประเภทค่า  
ความสะอาดไม่ได้ตามมาตรฐานของลูกค้า มหาวิทยาลัย  
ธุรกิจบัณฑิต
- [7] สมเกียรติ ตั้งจิตตเจริญ อธิพลของเงื่อนไขการล้างที่มี  
ต่อชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์บนเครื่องล้างอัลตราโซนิคอัตโนมัติ  
(2554) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [8] eastern-produce. น้ำมันตัดกลึง (Cutting fluid)  
[ออนไลน์]. สืบค้น 20 มีนาคม 2567 ที่มา :  
[https://eastern-produce.com/cutting-oil-type-  
article/](https://eastern-produce.com/cutting-oil-type-article/)
- [9] ทนศักดิ์ พิฑาคำ. (2565). การลดของเสียใน  
กระบวนการเคลือบผิวคัตติ้งทูลส์ทั้งสแตนคาร์ไบด์  
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- [10] เฉลิมรัฐ พึ่งเพ็ง (2565) การลดปริมาณของเสียใน

- กระบวนการผลิตแบบฟอร์มธุรกิจ (กระดาษต่อเนื่อง)  
กรณีศึกษา บริษัท เจ ซี บีซิเนส ฟอรัม จำกัด  
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- [11] มงคล จันทร์มนตรี การลดของเสียในกระบวนการผลิต  
ใบพัดอัดอากาศ (2554) มหาวิทยาลัยบูรพา
  - [12] อรรถพล ฤทธิภักดี การปรับปรุงคุณภาพสำหรับ  
กระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรม  
รถยนต์. (2554) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
  - [13] ธนะรัตน์ รัตน์กุล. (2560) การบำรุงรักษาวิวัฒนาการแบบ  
ทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวม ของ  
เครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหล็ก มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
สงขลา

การลดของเสียในกระบวนการผลิตดอกเจาะนำศูนย์ ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่าน  
ศูนย์กลาง 7.0 มิลลิเมตร กรณีศึกษา กระบวนการยิงทรายเพื่อเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการ  
เคลือบผิวแข็ง

Reduction of Waste in the Production Process of 7.0 mm Diameter Tungsten  
Carbide Center Drills A Case Study on the Sandblasting Process for Surface  
Preparation Before Hard Coating

นลลนัตติ พวงมาลี<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2</sup>, ขานนท์ มุลวรรณ<sup>3</sup>, วีระญา กรทิพย์<sup>3</sup>

<sup>1</sup> โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

[Nonlanut@gmail.com](mailto:Nonlanut@gmail.com)

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
พระนคร

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดของเสียในกระบวนการเตรียมผิวตัดตั้งทูลส์ประเภทดอกเจาะนำศูนย์ 7.0 มิลลิเมตร ในกระบวนการยิงทรายเพื่อขัดผิวชิ้นงาน จำนวน 248 ชิ้น ในช่วงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567 ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตประกอบด้วย การแตกหักบริเวณคมตัด (Cutting edge) กับขอบ คมตัดบิ่น (Cutting Lip) สาเหตุเนื่องจากอุปกรณ์จับยึดและประคองชิ้นงาน (Holder) ผิวชิ้นงานไม่สะอาดสาเหตุ เนื่องจาก โอริง (O-ring) เสื่อมสภาพ และมีรอยขีดข่วน จำนวน 38 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 15.32 ของยอดการผลิตต่อเดือน ทำการแก้ไขปัญหาโดยการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพประกอบด้วยใบตรวจสอบ แผนภูมิพาเรโตเพื่อเลือกปัญหาโดยใช้ หลัก 80-20 แผนภูมิเหตุและผล และซีกซ์ ซิกม่า ปรากฏว่าสามารถลดของเสียจากการผลิตได้ร้อยละ 92.1

**คำสำคัญ :** การลดของเสีย, การยิงทราย, กระบวนการเคลือบผิว, การบำรุงรักษาเครื่องจักร, ซีกซ์ ซิกม่า

#### Abstract

The project aims to reduce waste in the process of preparing 7.0 mm center drill cutting tools during the sandblasting stage for surface finishing, involving 248 pieces from November 2023 to February 2024. The issues identified include chipping at the cutting edge and cutting lip, primarily due to defects in the workholding equipment (Holder) and contaminated work surfaces caused by deteriorated and scratched O-rings. Out of the monthly production, 38 pieces were affected, representing 15.32% of the total. Solutions were implemented using quality control tools, including inspection checklists, Pareto charts to address issues based on the 80-20 rule, cause-and-effect diagrams, and Six Sigma methods. As a result, waste reduction in production achieved 92.1%.

**Keywords :** Reducing waste, sandblasting, Surface coating process, Machine maintenance, Six Sigma

## 1. บทนำ (Introduction)

การเตรียมผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการยิงทรายก่อนการเคลือบผิวแข็งสำหรับกระบวนการผลิตคัตติ้งทูส ในปัจจุบันเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูง ดังนั้นผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขันและสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า โดยสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขันจะต้องเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานที่มีคุณภาพ การกำหนดราคาที่เหมาะสม และการส่งมอบสินค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด การลดต้นทุนเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่สำคัญในการสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขัน ที่อุตสาหกรรมการผลิตนิยมมาประยุกต์ใช้ [7]

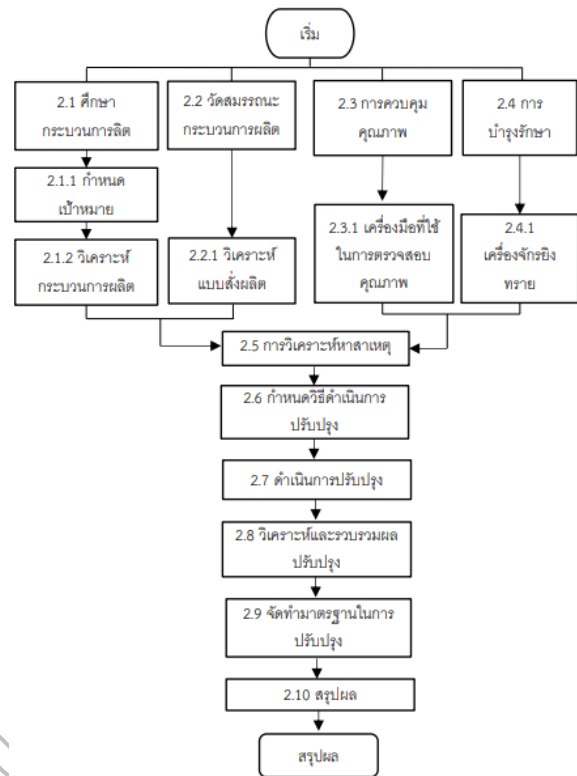
กระบวนการยิงทราย (Wet blasting) เป็นขั้นตอนในการเตรียมผิวของชิ้นงานก่อนทำการเคลือบผิว โดยการใช้ผงอลูมินาทำการขัดผิวชิ้นงาน เพื่อขจัดคราบน้ำมันคราบสนิมหรือสิ่งสกปรกที่ติดบนผิวของชิ้นงานออกไป ซึ่งช่วยให้การยึดเกาะของสารเคลือบนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น [1] จากข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นของชิ้นงานประเภท ดอกเจาะนำศูนย์ (Center drill) ในสถานียางยิงทราย ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 มีจำนวนการผลิตทั้งหมด 248 ชิ้น มีชิ้นงานที่เป็นของเสียจำนวน 38 ชิ้นคิดเป็นร้อยละ 15.32

จากของเสียที่เกิดขึ้นส่งผลให้บริษัทต้องสูญเสียต้นทุนที่ลูกค้าต้องนำไปสลับคม (Regrind) และส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของบริษัท ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงาน จึงได้สรุปสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ได้แก่ คมตัดสึกหรอ ขอบคมตัดบิ่น ผิวชิ้นงานไม่สะอาด และชิ้นงานเป็นรอย

โครงการนี้มีเป้าหมายที่จะลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการยิงทราย (Wet blasting) โดยใช้ข้อมูลทางสถิติมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผล [2,5] การใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกิจกรรมการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นและลดของเสียในกระบวนการผลิตให้ลดลง

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

### 2.1 การศึกษากระบวนการเตรียมผิวชิ้นงาน

กระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานของชิ้นงานประเภท ดอกเจาะนำศูนย์ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ตรวจสอบชิ้นงานที่รับมาจากลูกค้าโดยเปรียบเทียบจำนวน ขนาด และรายละเอียดต่างๆตามใบสั่งงาน

2.2.2 ทำความสะอาดคราบน้ำมันที่ติดตามชิ้นงานด้วยเครื่อง Ultrasonic Cleaner

2.2.3 ยิงทราย เพื่อขจัดทำความสะอาดผิวชิ้นงาน รวมถึงกำจัดครีปคมตัดที่เกิดจากการเจียรระไน เป็นการปรับสภาพผิวชิ้นงาน

2.2.4 ล้างคราบทรายหลังจากผ่านการยิงทราย

2.2.5 ล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง Ultrasonic Cleaner

2.2.6 ล้างชิ้นงานโดยแกว่งในน้ำ RO (Reverse Osmosis) และ น้ำ DI (Deionized Water)

2.2.7 เป่าลมเพื่อให้ชิ้นงานปราศจากน้ำ

2.2.8 อบแห้ง

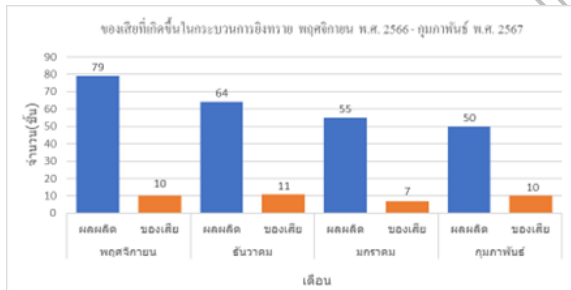
## 2.2 การกำหนดปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการพิจารณาข้อมูลของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 - เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนผลิตและของเสีย

วันที่ทำการผลิต	จำนวนการผลิตต่อเดือน(ชิ้น)	จำนวนของเสียต่อเดือน(ชิ้น)
พฤศจิกายน พ.ศ. 2566	79	10
ธันวาคม พ.ศ. 2567	64	11
มกราคม พ.ศ. 2567	55	7
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567	50	10
รวม	248	38
เฉลี่ยแต่ละเดือน	62	10

จากตารางที่ 1 แสดงรายงานการผลิตในพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 - เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567 พบว่าเดือนธันวาคม มีการผลิตมากที่สุดคือ 64 ชิ้นต่อเดือน และเดือนกุมภาพันธ์ มีการผลิตน้อยที่สุดจำนวน 50 ชิ้นต่อเดือนนำข้อมูลจากตารางมาแสดงเป็นกราฟแท่ง เพื่อให้เห็นถึงสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน



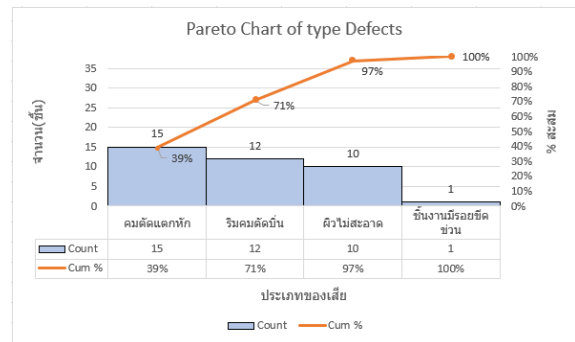
ภาพที่ 2 แสดงจำนวนของเสียของชิ้นงาน

จากภาพที่ 2 แสดงการพิจารณาสัดส่วนของเสียในแต่ละเดือนเปรียบเทียบกับจำนวนการผลิตนั้น พบว่า ในเดือนธันวาคม มีสัดส่วนของเสียมากที่สุด จำนวน 11 ชิ้นต่อเดือน และเดือนมกราคม มีสัดส่วนของเสียน้อยที่สุดจำนวน 7 ชิ้น ดังนั้น ในแต่ละเดือนมีสัดส่วนของเสียที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละครั้งของการผลิตแตกต่างกันไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า

## 2.3 จำแนกข้อมูลของเสีย

จากผลการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 - เดือน กุมภาพันธ์

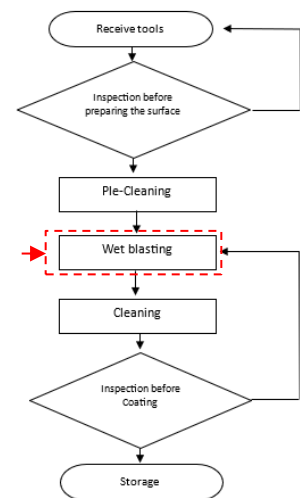
พ.ศ.2567 สามารถจำแนกของเสียแต่ละชนิดโดยอาศัยหลักการพาเรโต (Pareto diagram) ได้ดังนี้



ภาพที่ 3 ประเภทของเสียที่พบในกระบวนการยิงทราย

จากภาพที่ 3 แสดงข้อมูลการจำแนกประเภทของเสียตามหลักการพาเรโต คือ ปัญหาที่มีเพียง 3 ประเภททั้งหมด ส่งผลต่อต้นทุนร้อยละ 80 ได้แก่ คมตัดแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวชิ้นงานไม่สะอาดโดยจากการศึกษาข้อมูลกระบวนการเตรียมผิวมีดังนี้ [6]

ศึกษาและวิเคราะห์  
กระบวนการยิง  
ทรายเตรียม  
ผิวชิ้นงานก่อนการ  
เคลือบผิวแข็ง

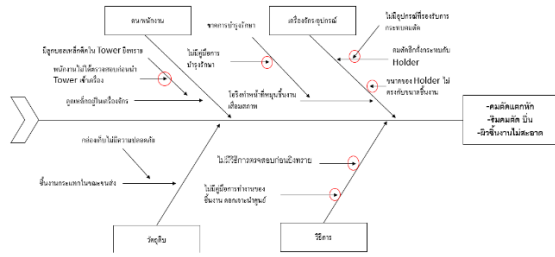


ภาพที่ 4 ภาพรวมของกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานและสถานีงานที่เกิดของเสียมากที่สุด

## 2.4 วิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหา

วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล จำเป็นต้องดำเนินการผ่านวิธีการจำแนกสาเหตุเกิดตามลำดับแหล่งกำเนิด คน เครื่องจักร วิธีการ และวัตถุดิบ (4M) เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต





ภาพที่ 5 แสดงเหตุและผลของคมตัดชิ้นงานแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวชิ้นงานไม่สะอาด

จากภาพที่ 5 แสดงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาซึ่งมีจำนวนมาก แต่ปัญหาหลักๆมุ่งเน้นไปในส่วนที่ส่งผลต่อคมตัดแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวชิ้นงานไม่สะอาด ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ แล้วจากนั้นดำเนินการจัดลำดับสาเหตุที่จะนำไปติดตามว่าสาเหตุใดเป็นปัญหาอย่างแท้จริง

ตารางที่ 2 คมตัดชิ้นงานแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวชิ้นงานไม่สะอาด[5]

ลำดับ	รายละเอียดของปัญหา	การวิเคราะห์ปัญหา			
		พนักงาน	เครื่องจักร/อุปกรณ์	วัตถุดิบ	วิธีการ
1	คมตัดแตกหัก	พนักงานไม่ได้ตรวจสอบก่อนนำ Tower เข้าเครื่อง	-ขนาดของ Holder ไม่ตรงกับขนาดของชิ้นงาน	Packet ไม่ปิดสนิท	ไม่มีผู้ถือปฏิบัติงาน
2	ขอบคมตัดบิ่น	-	-ไม่มีอุปกรณ์รองรับตัดอีกฝั่ง	-	ไม่มีผู้ถือปฏิบัติงาน
3	ผิวชิ้นงานไม่สะอาด	-	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร	-	ไม่มีวิธีการตรวจสอบหรือทำการป้องกัน

## 2.5 ดำเนินการปรับปรุง

ขั้นตอนการปรับปรุงในสถานีงานยังทราวยประกอบด้วย

2.5.1 การออกแบบ ตัวประกอบชิ้นงาน (Holder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการสวมชิ้นงานได้พอดี เพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ของชิ้นงานในขณะยิงทราย ด้วยโปรแกรม SPLITDWORKS วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตคือ สแตนเลส เกรด 304 ใช้มาตรฐาน DIN 1.4301 รายละเอียดของสมบัติ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติ สแตนเลส เกรด 304 [3]

ลำดับ	รายละเอียด	มวล/ขนาด
1	C	0.0 - 0.07
2	Mn	0.0 - 2.0
3	Si	0.0 - 1.00
4	P	0.0 - 0.05
5	S	0.0 - 0.03
6	Cr	17.50 - 19.50
7	Ni	8.00 - 10.50
8	N	0.0-0.11
9	Density	8.00 g/cm <sup>3</sup>
10	Melting Point	1450 °C
11	Modulus of Elasticity	193 GPa
12	Electrical Resistivity	0.72 x 10 <sup>-6</sup> Ω.m
13	Thermal Conductivity	16.2 W/m.K
14	Thermal Expansion	17.2 x 10 <sup>-6</sup> /K

2.5.2 การออกแบบ Silicone ring ด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS เพื่อใช้ในการรองรับคมตัดของชิ้นงานในขณะที่สวมลงใน Holder วัสดุที่ใช้ในการผลิต Silicone ring คือ ยางโพลียูเรเทน (POLYURETHANE RUBBER: PU) รายละเอียดสมบัติ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสมบัติของยางโพลียูเรเทน (POLYURETHANE RUBBER:PU) [8]

ลำดับ	รายละเอียด	มวล/ขนาด
1	Specific gravity	1.1-1.46
2	Density	1125 kg/m <sup>3</sup>
3	Tensile strength	18 MPa
4	Tensile modulus	0.8-1.1 GPa
5	Compressive strength	90-250 MPa
6	Flexural strength	30 MPa
7	Flexural modulus	1.2-1.5 GPa
8	Shrinkage	0.004-0.009%

2.5.3 ทำการเปลี่ยน Oring ที่ทำหน้าที่หมุน Holder ใหม่ และเพิ่มวิธีการบำรุงรักษาลงในคู่มือการบำรุงรักษา นอกจากนี้ ควรมีการตรวจสอบสภาพ Oring โดยการตรวจเช็คในขณะที่สวมชิ้นงานลงใน Satellite Drive ให้หมุน Tower Wet Blasting เพื่อตรวจสอบ Holder ให้หมุนทุกชิ้น หากพบว่ามี Holder ที่ไม่หมุนให้ปรับตั้งค่าใหม่หรือ Oring เสื่อมสภาพให้ทำการเปลี่ยนทันที [5]

2.5.4 ออกแบบใบตรวจสอบหลังการเตรียมผิวชิ้นงาน แล้วทำการทดลองตรวจสอบชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการเตรียมผิวจำนวน 4 ชิ้น [4]

Ableserve, Co.Ltd		INSPECTION	Checked by				
QUALITY INSPECTION RECORD		ผลิตภัณฑ์	กระบวนการ				
MACHINE : Olympus stereo microscopes z61		QTY : 4 Pcs.	Next Process				
PART NAME : Center Drill Dia.7mm .Length 125 mm.		DATE : 05/7/24	Batching				
Quantity	DIAMENTION						Remark
	A	B	C	D	E	F	
1	/	/	/	/	/	/	
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	/	/	
Inspection Marks / = Good X = No Good							

ภาพที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบชิ้นงานหลังการเตรียมผิว

จากภาพที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบชิ้นงานหลังจากผ่านการเตรียมผิวจำนวน 4 ชิ้น พบว่าชิ้นงานมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

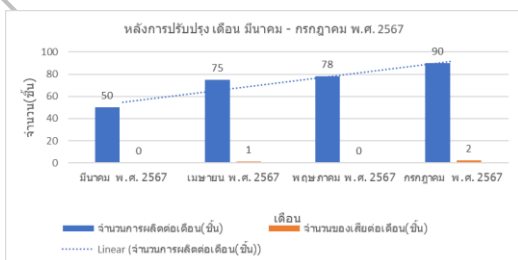
### 3.ผลการวิจัย (Results)

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต นำข้อมูลก่อน-หลังปรับปรุงมาทำการเปรียบเทียบ และแสดงการแก้ไข ปัญหาแต่ละสาเหตุ ดังตารางที่ 5

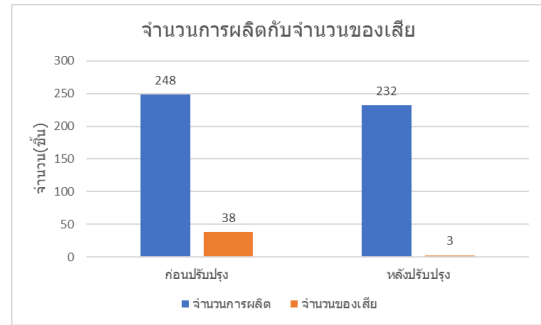
ตารางที่ 5 แสดงประเภทของงานเสียก่อน-หลังปรับปรุง

ลำดับ	ประเภทงานเสีย	สาเหตุปัญหา	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1	คมตัดแตกหัก	ออกแบบ Holder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มม. มาใช้สวมเข้ากับชิ้นงานเพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่	A1 ชิ้นงานที่คมตัดหัก	A2 คมตัดของชิ้นงานไม่แตกหัก
2	ขอบคมตัดบิ่น	ออกแบบ Silicone ring มาใช้ในการรองรับคมตัดของชิ้นงานขณะสวม Holder	A2 ขอบคมตัดบิ่น	B2 ขอบคมตัดไม่บิ่น
3	ผิวชิ้นงานไม่สะอาด	เปลี่ยน โอริง(O-ring) เพื่อให้ Holder หมุนทุกชั้น เพื่อให้ชิ้นงานโดนองศาอย่างทั่วถึง	A3 ชิ้นงานที่ผิวไม่สะอาด	B3 ชิ้นงานที่ผิวสะอาด

ตรวจติดตามผลการควบคุมกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงาน โดยการทดลองใช้วิธีการที่ปรับปรุง เป็นจำนวนเวลา 4 เดือน ตั้งแต่ มีนาคม ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2567

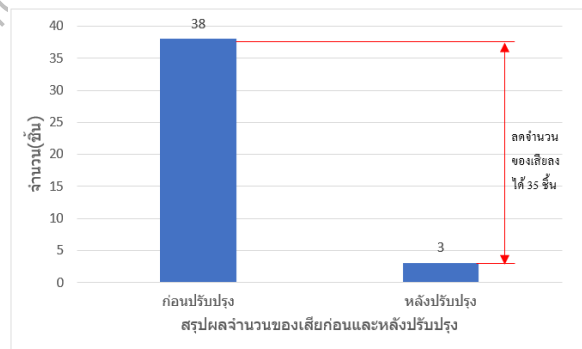


ภาพที่ 7 เปรียบเทียบจำนวนการผลิตและของเสียหลังการปรับปรุง



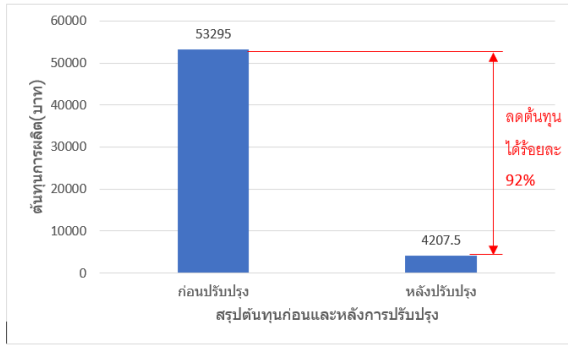
ภาพที่ 8 เปรียบเทียบจำนวนการผลิตและของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 8 แสดงจำนวนการผลิตกับจำนวนของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง จากการเปรียบเทียบการบวนการผลิตในช่วงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 มีจำนวน การผลิต 248 ชิ้น ของเสีย 38 ชิ้น หรือร้อยละ 15.32 เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันพบว่าผลการเกิดของเสียในช่วงเดือน มีนาคม - กรกฎาคม พ.ศ. 2567 มีจำนวนการผลิต 232 ชิ้น ของเสีย 3 ชิ้น หรือร้อยละ 1.29



ภาพที่ 9 สรุปผลจำนวนของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 9 พบว่าก่อนการปรับปรุงปริมาณของเสียทั้งหมด 38 ชิ้น หลังจากการปรับปรุงมีปริมาณของเสียทั้งหมด 3 ชิ้น ดังนั้นจึงสามารถลดของเสียได้ถึง 35 ชิ้น หรือร้อยละ 92.1



ภาพที่ 10 สรุปต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 10 พบว่า ก่อนการปรับปรุงมีต้นทุนจากการเกิดของเสียเป็นเงิน 53,295 บาท หลังจากการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนเป็นเงิน 4,207.5 บาท

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดลองโดยใช้ Silicone ring ในการรองรับคมตัดชิ้นของชิ้นงาน และใช้ ตัวประกอบชิ้นงาน (Holder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร โดยสวมชิ้นงานสวมเข้ากับลงในตัวประกอบชิ้นงานได้พอดี เพื่อให้ชิ้นงานไม่เคลื่อนที่ และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ของเครื่องจักรในส่วน ของ Oring ที่ทำหน้าที่หมุนตัวประกอบชิ้นงาน นั้นสามารถทำให้ผิวชิ้นงานออกมาได้ดีมีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน ซึ่งมีความสอดคล้อง กับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า “วิธีการทำงานในขั้นตอนการกำหนดระยะเวลาการยิงทรายมีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพงาน ดังนั้นวิธีการทำงานและอุปกรณ์จะส่งผลให้งานเสียหายลดลง” การทดสอบในกรณีสองตัวแปรนี้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันหรือไม่ รายละเอียดดังนี้

##### 4.1 ตั้งสมมติฐาน

ตั้งสมมติฐานในการทดสอบ คือ การกำหนดระยะเวลาในการยิงทราย เป็นการตรวจสอบพื้นที่ที่ต้องการเคลือบผิว และทำการยิงทรายเพื่อทำความสะอาดผิวของชิ้นงานและขจัดครีปกมตัดของชิ้นงาน ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำหนดโดยใช้ Silicone ring รองรับคมตัดของชิ้นงานไม่กระทบกับวัสดุรองรับที่เป็นของแข็ง และชิ้นงานต้องไม่เกิดการเคลื่อนที่ในขณะที่ยิงทรายจึงต้องใช้ ตัวประกอบชิ้นงาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ในการสวมกับชิ้นงานเพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ของชิ้นงานได้

ตรวจสอบกระบวนการยิงทรายผ่านทางหน้าต่างตรวจสอบ

โดยการสังเกต ชิ้นงานในขณะที่ยิงทรายต้องมั่นคง และตรวจสอบการหมุนของตัวประกอบชิ้นงาน (Holder) ต้องหมุนทุกชิ้นเพื่อให้ชิ้นงานมีคุณภาพตามเกณฑ์ วิเคราะห์ผลการตรวจสอบ โดยการใช้ใบตรวจสอบในการวัดคุณภาพของชิ้นงานทุกชิ้น โดยการตรวจสอบที่คมตัดของชิ้นงานต้องไม่เกิดการแตกหัก ขอบคมตัดไม่บิ่น และผิวของชิ้นงานต้องสะอาด โดยหลังการปรับปรุงวิธีการทำงานและอุปกรณ์สามารถลดของเสียได้

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

สรุปผลการดำเนินโครงการแนวทางการลดขงเสียในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานในขั้นตอนการยิงทราย โดยการประยุกต์แนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผล และศึกษาวัสดุเชิงวิศวกรรมเพื่อวิเคราะห์สมบัติของวัสดุดิบ พบว่า มีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่มีความเหมาะสมและความเป็นไปได้สามารถอภิปรายผลการศึกษาโดยการอ้างอิงจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

5.1 การผลิตในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567 เกิดปัญหาในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานในขั้นตอนการยิงทรายมีจำนวนงานเสีย 38 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 15.32 สาเหตุเกิดจากอุปกรณ์จับยึดอุปกรณ์ประกอบชิ้นงาน (Holder) และโอริง (Oring) เสื่อมสภาพหลังจากผ่านการใช้งาน

5.2 วิธีการแก้ไขปัญหาคมตัดแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวชิ้นงานไม่สะอาด เริ่มจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุและพิสูจน์ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในกระบวนการเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุง โดยมีการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบต่อการจัดลำดับความสำคัญ ซึ่งข้อบกพร่องมาจาก 2 ข้อหลักคือ 1) การตรวจสอบ 2) คมตัดแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวชิ้นงานไม่สะอาด จึงได้ทำการพิสูจน์โดยการทดลองจำนวนชิ้นงาน 4 ชิ้น ทดลองและตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงาน จากการใช้ สวมชิ้นงานลงใน Holder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร พบว่าคมตัดของชิ้นงานแตกหัก ขอบคมตัดบิ่น และผิวของชิ้นงานไม่สะอาด และจากการใช้ Silicone ring รองรับคมตัดชิ้นงานและใช้ ตัวประกอบชิ้นงาน (Holder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร เพื่อให้ชิ้นงานมั่นคง

และเปลี่ยนอุปกรณ์ โอริง (Oring) พบว่าการเตรียมผิวชิ้นงาน มีคุณภาพตามเกณฑ์จึงสามารถใช้วิธีการนี้ในการเตรียมผิวชิ้นงานประเภท ดอกเจาะนำศูนย์ 7.0 มม.ได้

5.3 การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการกำหนดแนวทางการควบคุมกระบวนการ โดยให้พนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนการเตรียมผิวและหลังการเตรียมทุกครั้ง เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดและสามารถลดปัญหาในกระบวนการผลิต โดยทำการติดตามผลการปรับปรุงขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

5.4 ผลจากการดำเนินโครงการ พบว่า กระบวนการเตรียมผิวชิ้นงาน มีระบบการควบคุมมากขึ้น สามารถลดจำนวนการเกิดของเสียให้ลดลงได้ เมื่อใช้ Silicone ring ในการรองรับคมตัดของชิ้นงานการใช้ ตัวประกอบชิ้นงาน (Holder) ในการสวมกับชิ้นงาน และการปรับปรุงเปลี่ยน โอริง (Oring) ในเครื่องจักร มีจำนวนของเสีย 1 ชิ้นต่อเดือนลดต้นทุนการผลิตที่เฉลี่ย 12,604.5 บาทต่อเดือน

5.5 จากการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรสามารถ ลดการเกิดของเสียลงได้ 92.1% และสามารถนำวิธีการนี้ไปเป็นต้นแบบในการนำไปแก้ปัญหที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอื่นๆ

ผลจากการวิจัยการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต การควบคุมกระบวนการผลิตที่กำหนด ทำให้ปริมาณของเสียมีจำนวนลดลงก่อนปรับปรุงเฉลี่ยร้อยละ 15.32 หลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 1.02 % และสามารถลดต้นทุนการผลิตจากเดิม 14,025 บาทต่อเดือน ลดลงเหลือ 1,402.5 ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตที่ได้เท่ากับ 12,604.5 บาท

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจากหลายฝ่าย ขอขอบคุณ นายวิทยา พลเพชร ผู้บริหารระดับสูงบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด นายอุกฤษ ไชยคงทอง หัวหน้างานฝ่ายผลิต และโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการนี้การสนับสนุนของท่านมีส่วนสำคัญในการจัดทำโครงการนี้สำเร็จได้อย่างครบถ้วน

## 7 เอกสารอ้างอิง

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] สุวิพงษ์ เหมะธูลิน (2559). การพัฒนาเครื่องพ่นทรายสำหรับขัดโลหะ. สกลนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
- [2] อลงกต ชุ่มศิริ และคณะ (2561) การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหลักของเครื่องป้อนโลหะแผ่นอัตโนมัติด้วยเทคนิคการใช้ แผนภูมิเหตุและผล มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- [3] จุฬาลักษณ์ โรจนานุกูล และชูไฮดี สนิ (2562) การศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการขึ้นรูปทรงถ้วยกลมของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 304 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- [4] เกียรติพงศ์ ทองอนันท์ และคณะ (2565) การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนลูกรีดของเครื่องป้อนโลหะแผ่นอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- [5] ธนภักษ์ ชุนเซ่ง (2557) การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา: ของเสียประเภทจุดดำ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- [6] ธนศักดิ์ พิฑาคำ (2565) การลดของเสียในกระบวนการเคลือบผิวคัตติ้งทูลส์ทั้งสเตนคาร์ไบด์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- [7] รวมใจ อิงไพเราะ และ นันทิ สุทธิการณนัย (2564) การลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตกรณีศึกษาโรงงานถุงพลาสติก มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [8] Natarajan, N (2014) Sisal Fiber / Glass Fiber Hybrid Nano Composite: The Tensile and Compressive Properties vol.70 ,pp.103.

## การออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึงความเที่ยงตรงสูง Design of jig & fixture in the brazing process of high-precision lathe tool.

ปฏิพล เกิดสีทอง<sup>1</sup>, เอกชัย ยาทาล<sup>1</sup>, วีรญา กรทิพย์<sup>2</sup>, ชานนท์ มูลวรรณ<sup>2</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>3</sup>, ณิชาพัฒน์ กิตติธรา<sup>3</sup>

<sup>1</sup> วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต  
60 ถ. ร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[Ponpatiphol4157@gmail.com](mailto:Ponpatiphol4157@gmail.com)

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึง เพื่อลดงานแก้ไข (Rework) จากสาเหตุความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตเนื่องจากปัญหาทักษะของพนักงานที่ไม่สามารถควบคุมความเที่ยงตรงได้ตลอด ซึ่งได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดในการเชื่อมเพื่อควบคุมความเที่ยงตรงในการเชื่อม และลดการเกิดงานแก้ไขในกระบวนการเชื่อม โดยใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกมา และเครื่องมือทางวิศวกรรมในการแก้ไขกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึงประเภทคมตัด CBN หลังปรับปรุงกระบวนการเชื่อม พบว่าเป็นชิ้นงานดี จำนวน 438 ชิ้น และเป็นงานแก้ไขจำนวน 42 ชิ้น เฉลี่ยเดือนละ 11 ชิ้น ซึ่งสามารถลดงานแก้ไขจากเดิมเฉลี่ยเดือนละ 63 ชิ้น ลดลงเฉลี่ย 52 ชิ้น ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 82.54 ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนจากการเกิดงานแก้ไขในกระบวนการเชื่อมได้เท่ากับ 882,346 บาท ต่อปี และยังสามารถนำไปสร้างมาตรฐานในการผลิตมีดกลึงประเภทอื่นได้

**คำสำคัญ (Key word):** หลักการ DMAIC; การออกแบบ; อุปกรณ์จับยึด; กระบวนการเชื่อม; การลดงานแก้ไข

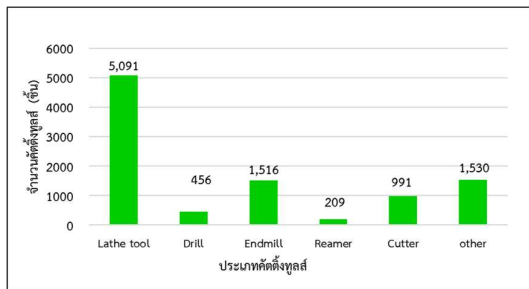
### Abstract

This article presents the design of a fixture device in the brazing process of lathe tools to reduce rework caused by the cutting edge thickness not meeting production specifications. This issue arises due to the skill level of employees who cannot consistently control precision. The designed fixture device aims to control brazing precision and reduce rework in the brazing process by applying the DMAIC principles of Six Sigma and engineering tools to improve the brazing process. After improving the brazing process for CBN cutting edges, it was found that there were 438 good pieces and 42 rework pieces, averaging 11 rework pieces per month. This represents a reduction from the previous average of 63 rework pieces per month, a decrease of 52 pieces per month, or 82.54%. This achievement meets the set goals and reduces rework costs in the brazing process by 882,346 THB per year. Additionally, this standard can be applied to the production of other types of lathe tools.

**Keyword:** DMAIC; design; jig & fixture; the brazing process; rework reduction

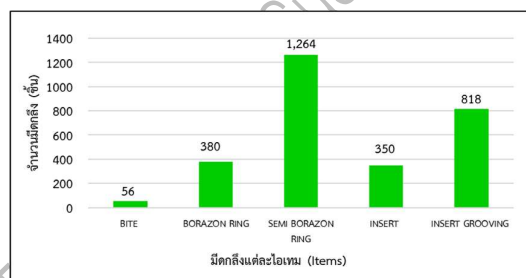
## 1. บทนำ (Introduction)

บริษัท เจเค พรีซิชั่น จำกัด เป็นผู้ผลิตสินค้าประเภท Cutting Tools และ Special Tools ที่ใช้ในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมทั่วไป ด้วยนวัตกรรมเทคโนโลยีที่แม่นยำและทันสมัย สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าในด้านคุณภาพ รวมถึงการส่งมอบที่รวดเร็วและมีราคาที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันทั่วทั้ง โดยยึดหลักความพึงพอใจของลูกค้าเป็นเกณฑ์วัดผลและการปรับปรุงพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง



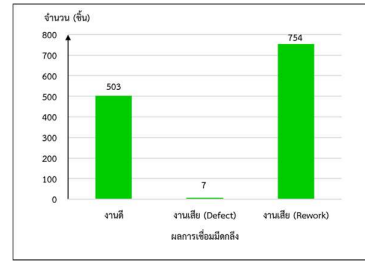
ภาพที่ 1 จำนวนการผลิตตัดตั้งทุลส์แต่ละประเภท  
ในแผนกเชื่อมประจำปี พ.ศ. 2566

จากภาพที่ 1 แสดงจำนวนการผลิตตัดตั้งทุลส์ที่มีการผลิตภายในแผนกเชื่อมในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 9,793 ชิ้นงาน เป็นเงิน 18,396,651 บาท คิดตั้งทุลส์ประเภทที่มีการสั่งผลิตมากที่สุด คือตัดตั้งทุลส์ประเภทมีดกลึง ทั้งหมดจำนวน 5,091 ชิ้นงานคิดเป็นร้อยละ 51.98 เฉลี่ยจำนวน 424 ชิ้นงานต่อเดือน



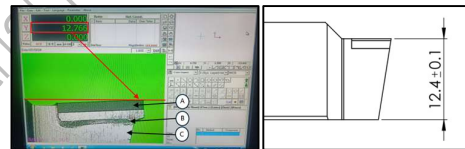
ภาพที่ 2 จำนวนการผลิตมีดกลึงประเภทคมตัด CBN  
แต่ละไอเทมในแผนกเชื่อม ประจำปี พ.ศ. 2566

จากภาพที่ 2 แสดงจำนวนมีดกลึงประเภทคมตัด CBN มีทั้งหมด 6 ไอเทม ได้แก่ไอเทม BITE, BORAZON RING, SEMI BORAZON RING, INSERT และ INSERT GROOVING ซึ่งไอเทม SEMI BORAZON RING มีจำนวนสั่งผลิตมากที่สุดในปี พ.ศ. 2566 ทั้งหมดจำนวน 1,264 ชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ 44.07 เฉลี่ยเดือนละ 105 ชิ้นงาน



ภาพที่ 3 ผลการเชื่อมมีดกลึงประเภทคมตัด CBN  
ไอเทม SEMI BORAZON RING ประจำปี พ.ศ. 2566

จากภาพที่ 3 แสดงผลการเชื่อมมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ไอเทม SEMI BORAZON RING ภายในปี พ.ศ. 2566 จำนวนทั้งหมด 1,264 ชิ้นงาน ผลการเก็บข้อมูล พบว่าเป็นงานดี จำนวน 503 ชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ 39.79 งานเสีย (Defect) จำนวน 7 ชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ 0.55 และเป็นงานแก้ไข (Rework) จำนวน 754 ชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ 59.65



(D) การตรวจสอบความหนาคมตัด (E) ความหนาคมตัดตามแบบสั่งผลิต

ภาพที่ 4 การตรวจสอบคมตัดหลังกระบวนการเชื่อม

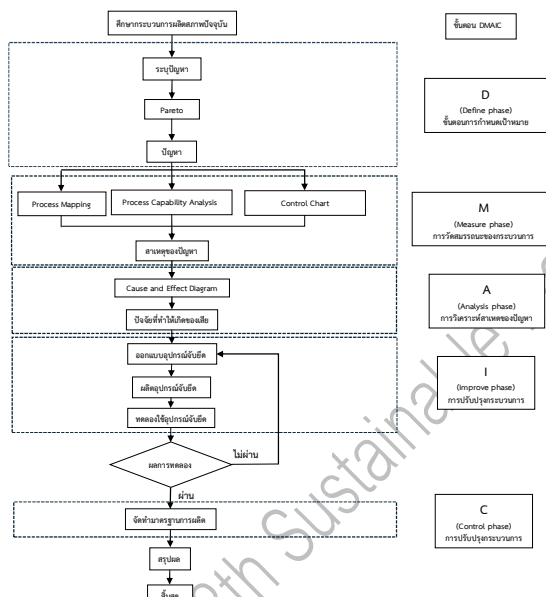
จากภาพที่ 4 แสดงการตรวจสอบความหนาคมตัดหลังกระบวนการเชื่อมมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ไอเทม SEMI BORAZON RING ด้วยกล้องไมโครสโคปตามภาพ D โดยมีคมตัด CBN ตามลูกศร A มีแผ่นเงินเป็นตัวประสานตามลูกศร B และมีฐานเป็นทั้งสเตนคาร์ไบด์ ตามลูกศร C พบว่า มีความหนาของคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตที่กำหนดเท่ากับ  $12.4 \pm 0.1$  มิลลิเมตร ตามภาพ E ซึ่งมีสาเหตุจากการไม่มีอุปกรณ์จับยึดที่ช่วยควบคุมความเที่ยงตรงในกระบวนการเชื่อมคมตัด

จากปัญหาในกระบวนการการเชื่อมมีดกลึงแบบเดิมไม่สามารถควบคุมความเที่ยงตรงได้ ทำให้เกิดเป็นงานแก้ไข (Rework) ที่ต้องทำการผลิตซ้ำ โครงการนี้จึงต้องการออกแบบอุปกรณ์จับยึดที่ช่วยในการควบคุมความเที่ยงตรงในกระบวนการเชื่อม โดยศึกษาการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการผลิตชิ้นงานความเที่ยงตรงสูง งานวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาชิ้นงานไทเทเนียมขนาดไม่ตรงตามแบบผลิต [1] และศึกษางานวิจัยการลดปัญหางานแก้ไขในการผลิตด้วยหลักการ DMAIC กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนมอเตอร์

ไฟฟ้า งานวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเกียร์ จากปัญหาหลักเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ในการนำมาแก้ไขปัญหาในการผลิต [2]

โครงการนี้จึงมีเป้าหมายในการออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ไอเทม SEMI BORAZON RING เพื่อสร้างต้นแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึง ในการแก้ปัญหาการเชื่อมที่มีความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต โดยต้องการลดงานแก้ไข (Rework) ในกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึงซึ่งตั้งเป้าหมายให้อัตราการผลิตชิ้นงานแก้ไขลดลงจากเดิมร้อยละ 80

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 5 วิธีการดำเนินโครงการ

จากภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการในรูปแบบไฟลชาร์ตโดยใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกม่า และวางแผนการทำงานให้เป็นระบบ เพื่อให้ทำโครงการเสร็จได้ตามกำหนดเวลา

### 2.1 การศึกษากระบวนการผลิตสภาพปัจจุบัน

ศึกษากระบวนการผลิตมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ไอเทม SEMI BORAZON RING เพื่อศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการเชื่อมคมตัดมีดกลึงอย่างละเอียดเพื่อให้เข้าใจ ก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตและดำเนินการแก้ไขกระบวนการที่เป็นปัญหาในกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึง

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเชื่อมมีดกลึงประเภทคมตัด CBN

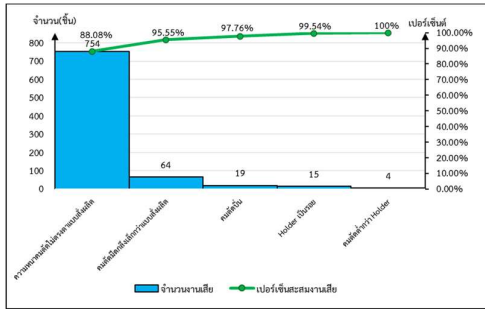
ลำดับ	วิธีการปฏิบัติ	การควบคุม	เครื่องจักร	วัตถุดิบ	เวลาสิ้น (นาที)
1	ลบคม Holder ขนาด 0.5x45° มิลลิเมตร ชั้นนอกสุด	ภาพที่ 81 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 82 เครื่องจักร	ภาพที่ 83 วัตถุดิบ	0.49
2	ลบคม CBN ขนาด 0.2x45° มิลลิเมตร ชั้นใน	ภาพที่ 84 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 84 เครื่องจักร	ภาพที่ 85 วัตถุดิบ	0.17
3	ตัดแผ่นเงิน ขนาด 4x8 มิลลิเมตร และพับแผ่นเงิน 90 องศา ความยาว 2 มิลลิเมตร	ภาพที่ 86 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 87 เครื่องจักร	ภาพที่ 88 วัตถุดิบ	0.58
4	เชื่อม CBN ในรูของชิ้นงาน โดยไม่โดนชิ้นงานชิ้นอื่น	ภาพที่ 89 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 90 เครื่องจักร	ภาพที่ 91 วัตถุดิบ	0.59
5	นำชิ้นงานไปล้างทำความสะอาด	ภาพที่ 92 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 93 เครื่องจักร	ภาพที่ 94 วัตถุดิบ	0.12
6	นำชิ้นงานไปแช่ในถังน้ำมันเพื่อทำความสะอาดชิ้นงาน	ภาพที่ 95 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 96 เครื่องจักร	ภาพที่ 97 วัตถุดิบ	9.38
7	นำชิ้นงานไปเชื่อมกับชิ้นงาน CBN ในรูของชิ้นงาน	ภาพที่ 98 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 99 เครื่องจักร	ภาพที่ 100 วัตถุดิบ	3.5
8	นำชิ้นงานไปเชื่อมกับชิ้นงาน CBN ในรูของชิ้นงาน	ภาพที่ 101 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 102 เครื่องจักร	ภาพที่ 103 วัตถุดิบ	0.14
9	ตรวจสอบความยาวชิ้นงาน CBN	ภาพที่ 104 ควบคุมความยาว	ภาพที่ 105 เครื่องจักร	ภาพที่ 106 วัตถุดิบ	0.28

จากตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนกระบวนการเชื่อมคมตัด CBN ติดกับฐานคาร์ไบด์ ซึ่งมีทั้งหมด 9 ขั้นตอน ดังนี้  
 ขั้นตอนที่ 1 ลบคม Holder ขนาด 0.5x45° มิลลิเมตร  
 ขั้นตอนที่ 2 ลบคม CBN ขนาด 0.2x45° มิลลิเมตร  
 ขั้นตอนที่ 3 ตัดแผ่นเงิน ขนาด 4x8 มิลลิเมตรและพับแผ่นเงิน 90 องศา ความยาว 2 มิลลิเมตร  
 ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมคมตัด CBN ติดกับฐานคาร์ไบด์ด้วยเครื่องเชื่อมแบบเหนียว  
 ขั้นตอนที่ 5 รอมีดกลึงเย็นตัว  
 ขั้นตอนที่ 6 ล้างน้ำยาประสานออกจากมีดกลึง  
 ขั้นตอนที่ 7 ชัดเงินส่วนเกินตามรอยเชื่อมคมตัด  
 ขั้นตอนที่ 8 ชัดทำความสะอาดมีดกลึง  
 ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบความหนาคมตัด CBN ด้วยกล้องไมโครสโคป

### 2.2 ขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย

#### 2.2.1 การจำแนกข้อมูลงานแก้ไข

พิจารณาข้อมูลงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีดกลึงภายในปี พ.ศ 2566 เพื่อคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตมากที่สุด โดยนำข้อมูลงานแก้ไขที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในปี พ.ศ 2566 มาจำแนกประเภทงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตแต่ละชนิด เพื่อแสดงให้เห็นว่าปัญหาเกิดจากขั้นตอนใด โดยอาศัยหลักการพาเรโต “80:20” ในการหาเหตุ [3] เพื่อแสดงให้เห็นว่างานแก้ไขประเภทใดที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อกระบวนการผลิตเพื่อหาวิธีการแก้ไขปรับปรุง



ภาพที่ 6 ปัญหาของงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ประจำปี พ.ศ 2566

จากภาพที่ 6 แสดงการจำแนกปัญหางานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตในปี พ.ศ 2566 ด้วยแผนผังพาเรโต พบว่าปัญหาความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต มีผลกระทบมากที่สุดร้อยละ 88.08 จากการปัญหาทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกปัญหาความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ในการกำหนดเป้าหมายโครงการ เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลหาแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

### 2.2.2 กำหนดเป้าหมายโครงการ

ตารางที่ 2 ต้นทุนการผลิตและต้นทุนงานแก้ไขมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต

เดือน	ต้นทุน 1,710 บาทต่อชิ้น		ต้นทุน 1,282.50 บาทต่อชิ้น	
	จำนวนผลิต (ชิ้น)	ต้นทุนการผลิต (บาท)	ความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต (ชิ้น)	ความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต (บาท)
มกราคม	100	171,000	64	80,080
กุมภาพันธ์	90	153,900	25	32,062.50
มีนาคม	110	188,100	81	103,882.50
เมษายน	120	205,200	97	124,402.50
พฤษภาคม	80	136,800	49	62,842.50
มิถุนายน	74	126,540	32	41,040
กรกฎาคม	140	239,400	129	156,465
สิงหาคม	100	171,000	65	83,362.50
กันยายน	90	153,900	31	39,757.50
ตุลาคม	130	222,300	109	139,792.50
พฤศจิกายน	120	205,200	98	125,685
ธันวาคม	110	188,100	53	67,972.50
<b>รวม</b>	<b>1,264</b>	<b>2,161,440</b>	<b>754</b>	<b>966,955</b>
<b>เฉลี่ยต่อเดือน</b>	<b>105</b>	<b>180,120</b>	<b>63</b>	<b>83,080</b>

จากตารางที่ 2 แสดงต้นทุนการผลิตและต้นทุนของงานแก้ไข (Rework) ของมีดกลึงประเภทคมตัด CBN จากปัญหาความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ต้นทุนการผลิตมีดกลึงเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 180,120 บาท และต้นทุนงานแก้ไขมีดกลึงที่มีความหนาแน่นไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต เฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 83,080 บาท จากการกำหนดเป้าหมายในการลดงานแก้ไขลงร้อยละ 80 ดังนั้นคาดการณ์ผลประโยชน์การลดต้นทุนในครั้งนี้ เท่ากับ 66,464 บาท ต่อเดือน หรือ 797,568 บาท ต่อปี

## 2.3 ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ

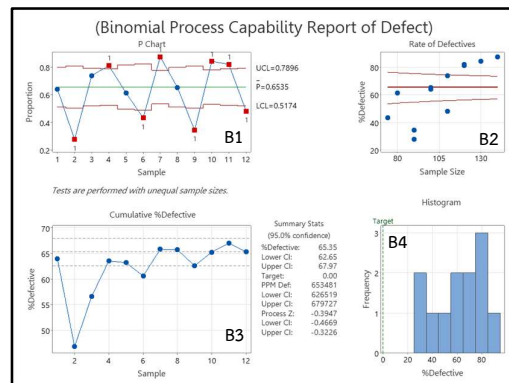
### 2.3.1 การศึกษาแผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow process chart)

ตารางที่ 3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการเชื่อมมีดกลึง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)						
คน			วัสดุ		เครื่องจักร	
หมายเลข OOI	แผ่นที่	1 ใน 1	สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ชื่อโรงงาน :	เจ เค พีริซัน จำกัด		ปฏิบัติการ	○	7	
กรรมวิธี :	การผลิตมีดกลึงประเภท CBN		เคลื่อนย้าย	⇒	2	
	ไอเทม SEMI BORAZON RING		รอคอย	□	3	
	ปัจจุบัน		ตรวจสอบ	△	1	
	ตำแหน่งที่ตั้ง :	สายการผลิต	เก็บรักษา	□	0	
	ผู้บันทึก :	นายปฏิพล เกิดสิงทอง	ระยะทาง (เมตร)		15.5	
			เวลา (นาที)		33.42	
ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานรอเชื่อม CBN ติดกับฐานคาร์ไบด์	1	-		○	สถานีงานเชื่อม (Brazing)
2	Holder ถูกยกบน	1	-	0.09	⇒	
3	CBN ถูกยกบน	1	-	0.17	⇒	
4	ชิ้นงานรอตัดแม่แรง	1	-	0.08	□	
5	Holder ถูกทำความสะอาด	1	-	0.18	□	
6	CBN ถูกเชื่อมติดกับ ฐานคาร์ไบด์	1	-	0.59	○	
7	ชิ้นงานรอเย็นตัว	1	-	18.19	□	
8	ชิ้นงานถูกแช่แข็ง	1	-	9.38	□	
9	ชิ้นงานถูกตัดเส้น	1	-	3.50	□	
10	ชิ้นงานถูกทำความสะอาด	1	-	0.16	□	
11	ตรวจสอบชิ้นงาน	1	-	0.28	△	
12	เคลื่อนย้ายชิ้นงานใส่ตระกร้า	1	0.5	0.06	⇒	
13	เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปสถานีงานต่อไป	1	15	0.34	⇒	

จากตารางที่ 3 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ไอเทม SEMI BORAZON RING ซึ่งมีรายละเอียดงานย่อย 13 ขั้นตอน มีการปฏิบัติการ 6 ขั้นตอน เคลื่อนย้าย 2 ขั้นตอน รอคอย 4 ขั้นตอน ตรวจสอบ 1 ขั้นตอน มีระยะทางทั้งหมด 15.5 เมตร และใช้เวลาในการผลิตทั้งหมด 33.42 นาที

### 2.3.2 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ



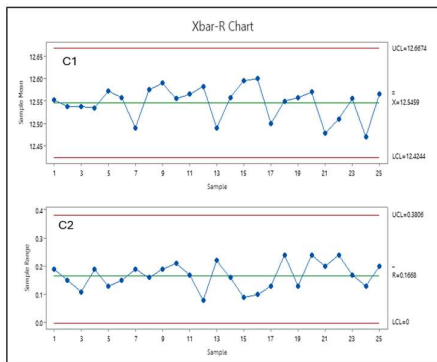
ภาพที่ 7 ความสามารถของกระบวนการเชื่อมคมตัด



จากภาพที่ 7 แสดงความสามารถในกระบวนการเชื่อม คมตัดมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ปริมาณของเสียที่ตรวจพบทั้งหมด ที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเชื่อม CBN ติดกับฐานคาร์ไบด์ไม่มีเสถียรภาพเนื่องจากมีกราฟอยู่นอกการควบคุมของเส้น UCL และ LCL ถึง 8 จุด ซึ่งหมายถึง กระบวนการมีการแปรผันและมีโอกาสเกิดของเสียได้ตามกราฟ B1 มีอัตราเกิดของเสียมีมากถึง 8 จุด ดังนั้นจึงทำให้กระบวนการผลิตมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 65.35 ตามกราฟ B2 มีสัดส่วนการเกิดของเสียเท่ากับ 653,481 ppm สามารถประเมินดัชนีค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ ( $P_{p bench}$ ) จากค่า Process Z โดยเป็นค่าที่แสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) ของข้อมูลแบบนับพบว่าเท่ากับ  $-0.3947$  จากค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ ( $P_{p bench}$ ) ที่ได้เท่ากับ  $-0.3947$  ถือว่ามีค่าที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งต้องมีค่ามากกว่า 1.33 ตามกราฟ B3 และแสดงความถี่ข้อบกพร่องของกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึง [4] ร้อยละ 80

### 2.3.4 การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติในกระบวนการเชื่อม

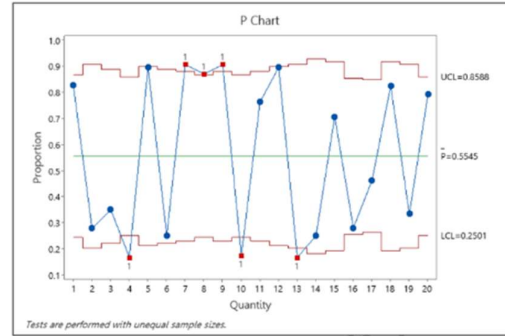
#### 2.3.4.1 การควบคุมคุณภาพในกระบวนการเชื่อมเชิงปริมาณ



ภาพที่ 8 ผลการตรวจสอบความหนาคมตัดหลังการเชื่อม

จากภาพที่ 8 แสดงผลการตรวจสอบความหนาคมตัดหลังการเชื่อมด้วยแผนภูมิ X-bar พบว่าค่าความหนาคมตัดเฉลี่ยเท่ากับ 12.55 มิลลิเมตร ซึ่งเกินค่าที่แบบสั่งผลิตกำหนด คือ  $12.4 \pm 0.1$  มิลลิเมตร ตามแผนภูมิที่ C1 และแผนภูมิ R chart พบว่าค่าความหนาหลังการเชื่อมออกมาค่าความคลาดเคลื่อนความหนาคมตัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 มิลลิเมตร ตามแผนภูมิที่ C2

#### 2.3.4.1 การควบคุมคุณภาพกระบวนการเชื่อมเชิงคุณลักษณะ

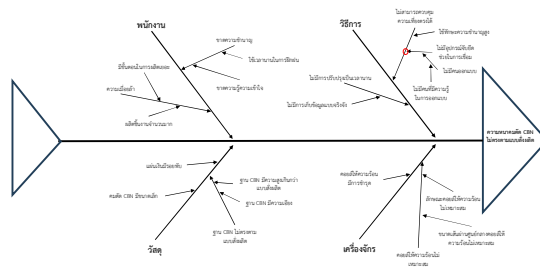


ภาพที่ 9 ผลการสุ่มตรวจสอบความหนาคมตัดมีดกลึงหลังกระบวนการเชื่อมคมตัด

จากภาพที่ 9 แสดงผลการสุ่มตรวจสอบความหนาของคมตัดหลังกระบวนการเชื่อมด้วยแผนภูมิ p-chart พบว่ากระบวนการเชื่อมคมตัดไม่เสถียร เนื่องจากมีจุดออกนอกเส้นควบคุม 6 จุด ได้แก่ จุดที่ 4, 7, 8, 9, 10 และ 13 ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ไขเพื่อลดปริมาณงานแก้ไขในกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึง

### 2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

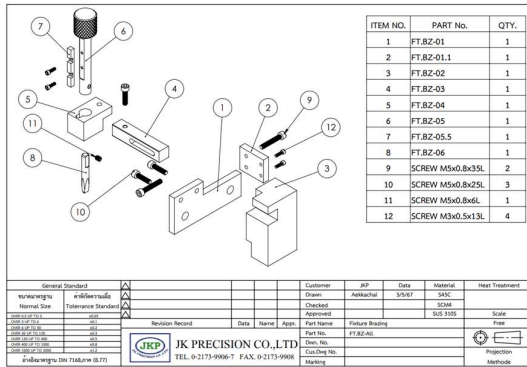
วิเคราะห์สาเหตุของปัญหางานแก้ไขในกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึง มีปัญหาความหนาคมตัดมีดกลึงไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต จากการใช้แผนผังเหตุและผลในการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดความสูญเสียในกระบวนการชุบแข็งอินดักชัน [5] จึงได้นำมาวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล



ภาพที่ 10 สาเหตุของปัญหาความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต

จากภาพที่ 10 แสดงการหาสาเหตุของงานแก้ไขจากปัญหาความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตที่เกิดในกระบวนการเชื่อม ซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำงานที่ไม่มีอุปกรณ์จับยึดช่วยในกระบวนการเชื่อม ทำให้ไม่สามารถควบคุมความเที่ยงตรงในการเชื่อมได้

2.5 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ  
2.5.1 การออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อม  
โดยใช้โปรแกรม Solid work ช่วยในการออกแบบ



ภาพที่ 11 ชิ้นส่วนอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อม

จากภาพที่ 11 แสดงชิ้นส่วนอุปกรณ์จับยึดแต่ละชิ้นที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Solid work เพื่อลดงานแก้ไขและช่วยควบคุมความเที่ยงตรงในกระบวนการเชื่อมคมตัดถึงประเภทคมตัด CBN ซึ่งได้เป็นชิ้นส่วนที่ออกแบบใหม่จำนวน 8 ชิ้นส่วน และชิ้นส่วนมาตรฐานจำนวน 10 ชิ้นส่วน รวมทั้งหมดจำนวน 18 ชิ้นส่วน

ตารางที่ 4 ชิ้นส่วนอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อม

ลำดับ	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ	จำนวน
1	FT.BZ-01	เหล็กเกรด S45C	1
2	FT.BZ-01.1	เหล็กเกรด S45C	1
3	FT.BZ-02	เหล็กเกรด S45C	1
4	FT.BZ-03	เหล็กเกรด S45C	1
5	FT.BZ-04	เหล็กเกรด S45C	1
6	FT.BZ-05	เหล็กเกรด SCM4	1
7	FT.BZ-05.5	เหล็กเกรด S45C	1
8	FT.BZ-06	สแตนเลส SUS310S	1
9	SCREW M5x0.8x35L	เหล็กเกรด SCM4	2
10	SCREW M5x0.8x25L	เหล็กเกรด SCM4	3
11	SCREW M5x0.8x6L	เหล็กเกรด SCM4	1
12	SCREW M3x0.5x13L	เหล็กเกรด SCM4	4

จากตารางที่ 4 แสดงชื่อชิ้นส่วนของอุปกรณ์จับยึดแต่ละชิ้น ซึ่งมีทั้งหมด 12 แบบ 18 ชิ้นส่วน เป็นชิ้นส่วนที่ออกแบบใหม่ 8 ชิ้นส่วน และเป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน 10 ชิ้นส่วน ใช้วัสดุในการการผลิตได้แก่ เหล็กเกรด S45C เหล็กเกรด SCM4 และสแตนเลสเกรด SUS 310S

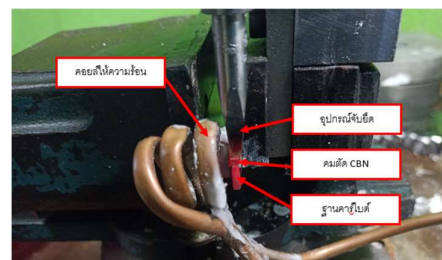
2.5.2 การผลิตอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดถลุง ประเภทคมตัด CBN ตามแบบสั่งผลิตที่ได้ ออกแบบขึ้นใหม่แต่ละชิ้นส่วน จำนวนทั้งหมด 8 ชิ้นส่วน

ตารางที่ 5 ขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์จับยึดในการเชื่อมคมตัด

ภาพก่อนผลิต	วิธีการผลิต	เครื่องจักร	คำสั่งชุด	ภาพหลังการผลิต
	ตีความว่า ขนาด 8x10x14 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø10 จำนวน 2 รู ระยะ 16.7x16.5 มิลลิเมตร ห่างกัน 13 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø2.5 จำนวน 2 รู ระยะ 10x7.5 มิลลิเมตร ห่างกัน 25 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø2.5 จำนวน 2 รู ระยะ 4x8 มิลลิเมตร ห่างกัน 10 มิลลิเมตร ห่าง 15 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Face mill ขนาด Ø30 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø10 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø2.5 มิลลิเมตร Tap ขนาด M5x0.8 มิลลิเมตร	
	ตีความว่า ขนาด 10x10x17 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø13 จำนวน 2 รู ระยะ 4x8 มิลลิเมตร ห่างกัน 15 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø2 จำนวน 2 รู ระยะ 4x8 มิลลิเมตร ห่างกัน 15 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Face mill ขนาด Ø30 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø13 มิลลิเมตร Tap ขนาด M5x0.8 มิลลิเมตร	
	ตีความว่า ขนาด 10x10x14 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø2.5 จำนวน 2 รู ระยะ 4x8 มิลลิเมตร ห่างกัน 10 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Face mill ขนาด Ø30 มิลลิเมตร End mill ขนาด Ø10 มิลลิเมตร	
	ตีความว่า ขนาด 10x14x14 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø2.5 จำนวน 2 รู ระยะ 10x7.5 มิลลิเมตร ห่างกัน 25 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Drill ขนาด Ø2.5 มิลลิเมตร Tap ขนาด M5x0.8 มิลลิเมตร	
	ตีความว่า ขนาด 15x15x13 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø3.5 จำนวน 2 รู ระยะ 10x7.5 มิลลิเมตร ห่างกัน 25 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Face mill ขนาด Ø30 มิลลิเมตร End mill ขนาด Ø10 มิลลิเมตร	
	ขนาด 6 มม. ขนาดความกว้าง 0.3x0.7 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	End mill ขนาด Ø6 มิลลิเมตร Chamfer Tool	
	เจาะรูขนาด Ø1.2 จำนวน 2 รู ระยะ 10x7.5 มิลลิเมตร ห่างกัน 25 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Drill ขนาด Ø1.2 มิลลิเมตร Tap ขนาด M5x0.8 มิลลิเมตร	
	กัดปลายหน้าขนาด 25x25x44 มิลลิเมตร กัดปลายหน้าขนาด 10x14 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø5.5 ระยะ 7x12.5 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø13 ระยะ 15x12.5 มิลลิเมตร หรือตีความว่า Ø14 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Face mill ขนาด Ø50 มิลลิเมตร End mill ขนาด Ø10 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø5.5 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø13 มิลลิเมตร Reamer ขนาด Ø14 มิลลิเมตร End mill ขนาด Ø5 มิลลิเมตร	
	กัดปลายหน้าขนาด 105 มิลลิเมตร กัดปลายหน้า Ø26x25 มิลลิเมตร กัดปลาย Ø12.5x10 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø8 มิลลิเมตร ความลึก 20 มิลลิเมตร กัดปลายหน้าขนาด 55 มิลลิเมตร ความลึก 1 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø2.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู ระยะ 39 มิลลิเมตร ห่างกัน 20 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M3x0.5 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด Ø4.2 มิลลิเมตร ระยะ 10 มิลลิเมตร หรือตีความว่า M5x0.8 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Insert 80° Insert 60° Drill ขนาด Ø8 มิลลิเมตร End mill ขนาด Ø10 มิลลิเมตร	
	กัดปลายหน้าขนาด 5x5x50 มิลลิเมตร ตีเกลียว ขนาด 6 มิลลิเมตร ความลึก 3 มิลลิเมตร เจาะรู ขนาด Ø 3.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู ระยะ 15 มิลลิเมตร ห่างกัน 20 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	End mill ขนาด Ø6 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø3.5 มิลลิเมตร	
	กัดปลายหน้าขนาดยาว 50 มิลลิเมตร กัดปลายหน้า Ø8x50 มิลลิเมตร กัดปลาย 7 องศา 1 ด้าน กัดปลาย 3 องศา ทั้ง 2 ด้าน กัดร่องขนาด 0.3 ความลึก 1.5 มิลลิเมตร กัดปลายหน้า ระยะ 1.3 มิลลิเมตร ความลึก 0.5 มิลลิเมตร	เครื่องจักร MAMAKI รุ่น KSP	Insert 80° Insert 60° End mill ขนาด Ø10 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø2.5 มิลลิเมตร Tap ขนาด M3x0.5 มิลลิเมตร Drill ขนาด Ø4.2 มิลลิเมตร Tap ขนาด M5x0.8 มิลลิเมตร	

จากตารางที่ 5 แสดงการผลิตอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมแต่ละชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบขึ้นใหม่ จำนวน 8 ชิ้นส่วน โดยมีรายละเอียดในการผลิต คือเกรดและขนาดของวัสดุที่ใช้ในการผลิต วิธีการในการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และคำสั่งชุดคำสั่งที่ใช้ในการผลิต จนได้ออกมาเป็นชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบ

2.5.3 ทดลองอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมคมตัด



ภาพที่ 12 ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์จับยึดในการเชื่อมคมตัดมีดถลุง

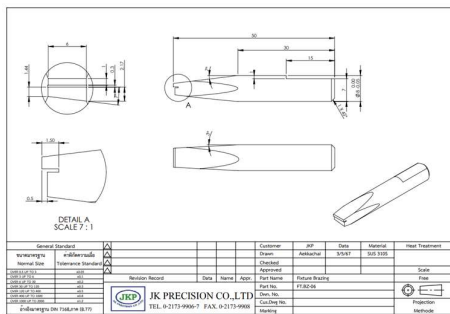
จากภาพที่ 12 แสดงลักษณะการใช้งานอุปกรณ์จับยึดในการเชื่อมคมตัดมีดกลึงประเภทคมตัด CBN โดยการให้ความร้อนแผ่นเงินที่เป็นตัวประสานละลายติดกับฐานคาร์ไบด์ก่อน และวาง CBN บนแผ่นเงินและใช้อุปกรณ์จับยึดกดลงบนคมตัด จากนั้นใช้แหวนสแตนเลสจัดให้เข้าที่แล้วให้ความร้อนจนคมตัด พร้อมกับใช้อุปกรณ์จับยึดกด CBN ให้ติดกับฐานคาร์ไบด์ ซึ่งอุปกรณ์จับยึดถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมความเที่ยงตรงในการเชื่อม

#### 2.6 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

กำหนดแนวทางเพื่อควบคุมปัจจัยที่ได้แก้ไข เพื่อเฝ้าติดตามผลการควบคุมกระบวนการผลิต และดำเนินการควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้ใบตรวจสอบ (Check Sheet) จากนั้นเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการดำเนินโครงการ เพื่อนำผลไปกำหนดมาตรฐานในการผลิต

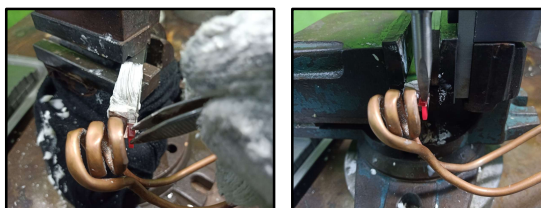
### 3. ผลการวิจัย (Results)

#### 3.1 ผลการออกแบบอุปกรณ์จับยึด



ภาพที่ 13 ตัวอย่างแบบสั่งผลิตชิ้นส่วน FT.BZ-06

จากภาพที่ 13 แสดงการออกแบบอุปกรณ์จับยึดตัวอย่างชิ้นส่วน FT.BZ-06 โดยมีการออกแบบเป็นตัวกดคมตัด CBN เข้ากับฐานคาร์ไบด์ในการเชื่อม ซึ่งมีส่วนที่สูงจากส่วนที่ใส่คด 0.5 มิลลิเมตร สำหรับเป็นตัวกำหนดระยะในการเชื่อมและมีร่องขนาด 0.3 มิลลิเมตร เพื่อหลบมุมของคมตัดไม่ให้ติดกับตัวกด ใช้วัสดุเป็นสแตนเลสซึ่งมีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูง

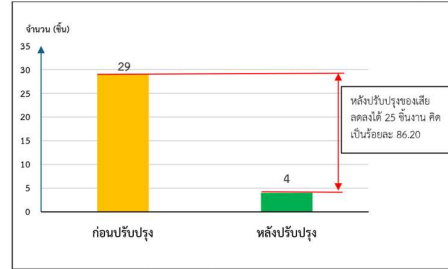


(A) การเชื่อมแบบเดิม (B) การเชื่อมแบบใหม่

ภาพที่ 14 ลักษณะการเชื่อมแบบเดิมและใหม่

จากภาพที่ 14 แสดงลักษณะการเชื่อมคมตัดมีดกลึงการเชื่อมแบบเดิมใช้แหวนสแตนเลสในการกดคมตัดซึ่งต้องอาศัยความชำนาญสูงและไม่สามารถควบคุมความเที่ยงตรงได้ตามภาพ A การเชื่อมแบบใหม่โดยใช้อุปกรณ์จับยึดช่วยในการเชื่อมช่วยในการควบคุมความเที่ยงตรงในการเชื่อมไม่ให้เกิดการเอียงภาพ B ซึ่งช่วยลดงานแก้ไข และสามารถสร้างมาตรฐานใหม่ในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ

#### 3.2 ผลการใช้งานอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อม



ภาพที่ 15 ผลการใช้อุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อม

จากภาพที่ 15 แสดงการปรับปรุงกระบวนการเชื่อมคมตัด ที่โดยออกแบบอุปกรณ์จับยึด มาช่วยเพิ่มความเที่ยงตรงในกระบวนการเชื่อม พบว่าก่อนการปรับปรุงจากการทดลองเชื่อมชิ้นงานจำนวน 50 ชิ้น มีงานแก้ไขจำนวน 29 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 58 และ หลังการปรับปรุงทดลองเชื่อมชิ้นงานจำนวน 50 ชิ้นมีจำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8 ซึ่งงานแก้ไขลดลง 25 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 86.20

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาและแก้ปัญหาในกระบวนการเชื่อมคมตัดมีดกลึงประเภทคมตัด CBN ที่มีปัญหาความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต เพื่อลดงานแก้ไข (Rework) โดยศึกษากระบวนการเชื่อมและบันทึกผลการพบปัญหาในกระบวนการเชื่อมคมตัด CBN ซึ่งเกิดจากการไม่มีอุปกรณ์จับยึดในการควบคุมความเที่ยงตรงในการเชื่อม พบว่างานแก้ไขเฉลี่ยจำนวน 63 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 59.65 เป็นต้นทุน 83,080 บาทต่อเดือน โครงการนี้จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมมีดกลึงและบันทึกผลการทดลอง พบว่างานแก้ไขเฉลี่ยต่อเดือนลดลงเหลือ 11 ชิ้นต่อเดือนสามารถลดงานแก้ไขลงจากเดิมได้ร้อยละ 82.54 และลดต้นทุนงานแก้ไขจากเดิม 69,330 บาทต่อเดือน ดังนั้นอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อมจึงเป็นมาตรฐานการผลิตใหม่และสามารถนำไปประยุกต์กับการเชื่อมมีดกลึงประเภทอื่นๆ ได้

## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากกระบวนการผลิตมีดกึ่งในขั้นตอนการเชื่อมคมตัด โดยการเชื่อมแบบเดิมซึ่งเกิดงานแก้ไขจากสาเหตุความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตเฉลี่ยเดือนละ 63 ชิ้น

ดังนั้นโครงการนี้ได้มีการออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการเชื่อม ซึ่งทำการผลิตชิ้นงานและบันทึกข้อมูลจำนวนเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าเป็นชิ้นงานดีจำนวน 438 ชิ้น และเป็นงานแก้ไข จำนวน 42 ชิ้น เฉลี่ยเดือนละ 11 ชิ้น ซึ่งสามารถลดงานแก้ไขจากเดิมเฉลี่ยเดือนละ 63 ชิ้น ลดลงเฉลี่ยจำนวน 52 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 82.54 ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนจากการเกิดงานแก้ไขในกระบวนการเชื่อมได้เท่ากับ 882,346 บาท ต่อปี และยังสามารถนำไปสร้างมาตรฐานในการผลิตมีดกึ่งประเภทอื่นได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัทเจเค พีริซิ่น จำกัด และโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ตลอดจนผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าฝ่ายการผลิต อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ช่วยให้คำปรึกษาที่ช่วยสนับสนุน และให้ความร่วมมือในการวิจัยโครงการนี้ตลอดมา

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] เจษฎาภรณ์ ยอดเพชร และคณะ, การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการผลิตชิ้นงานความเที่ยงตรงสูง, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพฯ, 2565.
- [2] กัญยรัตน์ วัจนะฮาด และณัฐา คุปต์ชเรีเยร, การลดปัญหางานแก้ไขในการผลิตเกียร์ด้วยหลักการ DMAIC กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์.
- [3] ธัญลักษณ์ โคตะมี, พรรณทิภา อติชาติ และวรรณพร จันโทภาส, การใช้แผนภูมิพาเรโตสำหรับการควบคุมคุณภาพ ในโรงงานอุตสาหกรรม.
- [4] กิตติพล บุญทอง, การประยุกต์ซีทซ์ ชิคม่า เพื่อเพิ่มจำนวนผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดในกระบวนการผลิตคู่มือสำหรับตรวจโรค, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.

- [5] เกรียงไกร ศรีเลิศ และณัฐา คุปต์ชเรีเยร, การลดความสูญเสียในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่น กรณีศึกษา : บริษัทตัวอย่าง, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์.

## การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเพื่อลดของเสียในกระบวนการขัดผิวมีดกลึง ทั้งสแตนคาร์ไบด์ กรณีศึกษาบริษัท เอเบิล เซิร์ฟ จำกัด

Design and development of gripping devices to reduce waste in the grinding  
process of tungsten carbide turning tools. Case study of Able Serve Co., Ltd.

นายจักรกฤษ ทองสา<sup>1</sup>, ชานนท์ มุลวรรณ<sup>2</sup>, วีรญา กรทิพย์<sup>2</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

[Chakkaithongsa0001@gmail.com](mailto:Chakkaithongsa0001@gmail.com)

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเพื่อลดของเสียในกระบวนการขัดผิวชิ้นงานมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ การศึกษาเริ่มต้นได้เก็บข้อมูลการผลิตระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 พบว่าการผลิตรวมทั้งสิ้น 1,030 ชิ้น โดยมีจำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสียจำนวน 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8.25 ของการผลิตทั้งหมด และมูลค่าความเสียหายอยู่ที่ 8,500 บาท เพื่อแก้ไขปัญหาโครงการได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องมือ 7QC Tools พร้อมกับการนำหลักการ ECRS มาใช้ในการพัฒนาวิธีการแก้ไข หลังการปรับปรุงด้วยการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน พบว่าข้อมูลการผลิตและของเสียในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2567 มีจำนวนการผลิตรวม 2,367 ชิ้น โดยไม่มีของเสียเกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งคิดเป็นการลดของเสียได้ร้อยละ 100

**คำสำคัญ :** ลดของเสีย, 7QC tools , ออกแบบอุปกรณ์จับยึด , ECRS

**Abstract**

This project aims to design and develop a workpiece holding device to reduce waste in the surface finishing process of tungsten carbide turning tools. The study began by collecting production data from November 2023 to February 2024, during which a total of 1,030 pieces were produced, with 85 defective pieces, accounting for 8.25% of total production, resulting in a financial loss of 8,500 baht. To address this issue, the project implemented improvements to the production process using 7QC Tools along with the ECRS principles to develop corrective measures. Following the implementation of the newly designed workpiece holding device, production data from March 2024 to June 2024 indicated a total production of 2,367 pieces, with no defective products recorded over the four-month period, achieving a 100% reduction in waste.

**Keywords:** Waste Reduction, 7QC Tools, Workholding Device Design, ECRS

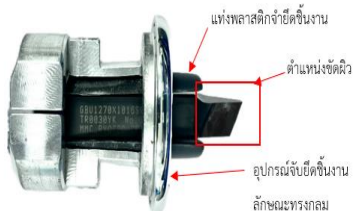
## 1. บทนำ (Introduction)

การขัดผิวชิ้นงานมีดกลึงทังสเทนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide Turning Tool) แสดงในภาพที่ 1 เพื่อเตรียมพื้นผิวสำหรับกระบวนการเคลือบผิว (Coating) การขัดผิว (Surface Preparation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมผิวของชิ้นงานให้มีความเรียบเนียนและสะอาด ซึ่งจะช่วยให้การเคลือบผิวชิ้นงานมีความยึดติดได้ดีและมีคุณภาพสูงยิ่งขึ้น โดยผลิตบนเครื่องขัดผิว (Drag Finishing Machines) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการขัดผิวและการลบคมบนชิ้นงาน โดยการใช้วิธีการขัดแบบหมุนวน มีจำนวนการผลิตชิ้นงานเป็นจำนวนมาก ดังนั้นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน แสดงในภาพที่ 1 จึงสำคัญเพื่อสะดวกต่อการใช้งานและสร้างมาตรฐานในกระบวนการผลิต [1] กล่าวไว้ว่า ฟิกซ์เจอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการผลิต การออกแบบให้สามารถจับยึดและตรงตามตำแหน่งชิ้นงาน ลดโอกาสผิดพลาดของการทำงาน ลดความเมื่อยล้าและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน



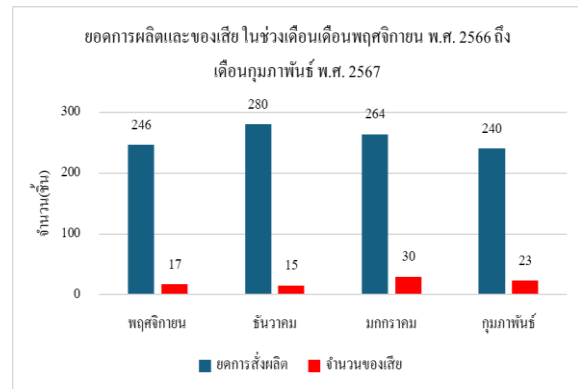
ภาพที่ 1 ชิ้นงานมีดกลึงทังสเทนคาร์ไบด์

จากตัวชิ้นงานมีดกลึงทังสเทนคาร์ไบด์มีลักษณะสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 12.75x10.25mm. ส่งผลให้กระบวนการขัดผิวต้องดัดแปลงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน โดยใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่มีลักษณะช่องใส่ชิ้นงานทรงกลมขนาดโตเมตร 21mm. และนำแท่งพลาสติกผ่ากลางสวมเข้ากับช่องอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบเดิม

จากการเก็บข้อมูลย้อนหลังในช่วง เดือน พ.ย พ.ศ. 2566- เดือน ก.พ พ.ศ. 2567 มียอดการสั่งผลิตขัดผิวชิ้นงานมีดกลึงคาร์ไบด์แบบแท่ง ดังแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ยอดการผลิตและของเสียแต่ละช่วงเดือน

จากภาพที่ 3 ปัญหาที่เกิดขึ้น มียอดการสั่งผลิต ในช่วงเดือน พ.ย พ.ศ. 2566- เดือน ก.พ พ.ศ. 2567 จำนวน 1030 ชิ้น เฉลี่ยต่อเดือน 258 ชิ้น มี เมื่อพิจารณาปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าในกระบวนการขัดผิวมีดกลึงคาร์ไบด์แบบแท่งมีจำนวนของเสียรวมทั้งสิ้น 85 ชิ้นตลอดช่วง 4 เดือน คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 8.25 ของยอดการผลิตทั้งหมด ปัญหาของเสียนี้ได้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเคลือบผิว (Coating) ซึ่งมีความจำเป็นต้องดำเนินการเคลมกับลูกค้าเป็นจำนวน เงิน 8500 บาท ที่ผ่านมา

สาเหตุมาจากตัวจับยึดชิ้นงานแสดงในภาพที่ 2 ดังกล่าว ส่งผลให้ชิ้นงานไบมีดคาร์ไบด์แบบแท่งร่วงหลุดออกจากตัวจับยึดชิ้นงาน ขณะขัดผิว ดังแสดงภาพที่ 4 ทำให้ชิ้นงานที่ทำการขัดผิว ที่กำลังขัดผิวทั้งหมดเกิดการแตกหัก ดังแสดงในภาพที่ 1.8



ชิ้นงานร่วงระหว่างทำการขัดผิว

ภาพที่ 4 มีดกลึงทังสเทนคาร์ไบด์ร่วงระหว่างขัดผิว



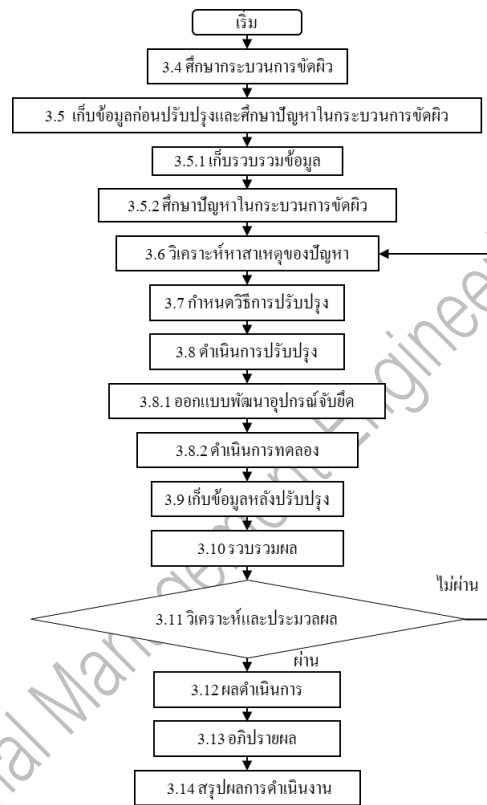
ชิ้นงานมีรอยบิ่น

ภาพที่ 1.8 ชิ้นงานมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์แตกระหว่างขัดผิวชิ้นงาน

จากสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบเดิม พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวไม่สามารถจับยึดชิ้นงานได้ควบคุมปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้เกิดของเสียในปริมาณมาก โครงการนี้จึงเป้าหมายในการปรับปรุงการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานขึ้นมาใหม่ เพื่อลดของเสียชิ้นงานมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ โดยศึกษาทฤษฎีในการอ้างอิงในขั้นตอนการออกแบบ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน [2] งานวิจัยเพื่อออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานประกอบกับเครื่องมือทางการลดความสูญเสียจากการทิ้งเศษ วัสดุดิบในกระบวนการตัดตัวอย่างอบแล้ว จากการศึกษา ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจึงมีแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์จับยึด ชิ้นงานขึ้นมาใหม่ โดยประยุกต์ใช้หลักด้วยการวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาในโครงการนี้จะใช้เครื่องมือ 7 QC Tools [3] นำมาแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต และใช้หลักการ ECRS [4] ได้นำหลักการ ECSCR ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใหม่เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในกระบวนการขัดผิวมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide Stick Blades) เพื่อลดของเสีย โดยการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตเดิมจะช่วยให้การระบุปัญหาและข้อบกพร่องที่มีอยู่ ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงและออกแบบอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีเป้าหมายให้ชิ้นงานมีคุณภาพดีถึงร้อยละ 90

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ  
แสดงในรูปแบบโฟลชาร์ต

จากภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานโครงการใน  
รูปแบบโฟลชาร์ต

### 2.1 ศึกษากระบวนการขัดผิว

#### ตารางที่ 1 กระบวนการขัดผิว

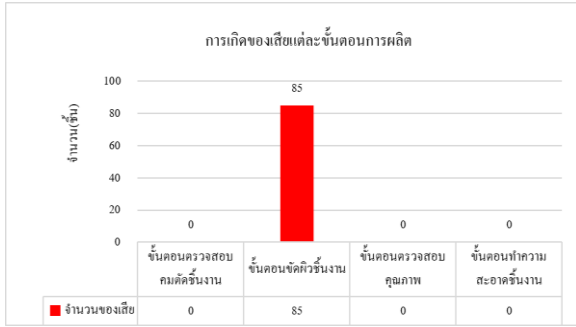
ขั้นตอนการผลิต	แผนภูมิ (Flowchart)	รูปภาพ	เครื่องมืออุปกรณ์	เครื่องมือวัด
1. ตรวจสอบชนิดชิ้นงาน	ตัดสินใจ		- ฉากสำหรับป้องกัน - ปากฉีดน้ำที่ขจัดเศษชิ้นงาน - ถุงมือ	ตรงต่อเครื่องวัด
2. วัดผิวชิ้นงาน (Honing)	ตัดสินใจ		- ประตอลยี่ห้อ - อุปกรณ์ใช้สีเงิน 4 ชิ้น - ตะไบสี (Honing) อุปกรณ์ใช้สีเงิน 4 ชิ้น - ถุงมือ - แกลบขูด	ไม้มัด
3. ตรวจสอบความคมผิวชิ้นงาน	ตัดสินใจ		- เข็มกรรงขนาดตรงตลอด	สปีดเมตร
4. ถึงจำนวนรอบที่กำหนด	ตัดสินใจ		- ถุงมือ - อุปกรณ์สำหรับจับชิ้นงาน	ตรงต่อเครื่องวัด



## 2.2 เก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงและศึกษาปัญหาใน กระบวนการขัดผิว

### 3.5.1 เก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย

ผู้จัดทำโครงการได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดในกระบวนการขัดผิวตั้งแต่เดือน พ.ย พ.ศ. 2566-เดือน ก.พ พ.ศ. 2567 ที่เกิดขึ้นในกระบวนการขัดผิวขึ้นงาน มีดกิ้งคาร์ไบด์ ดังแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 จำนวนของเสียแต่ละขั้นตอนตั้งแต่เดือน พ.ย พ.ศ. 2566- เดือน ก.พ พ.ศ. 2567

จากภาพที่ 3.8 จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังตลอดระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2566 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2567 ที่ผ่านมามีของเสียขึ้นงานมีดกิ้งคาร์ไบด์ มีจำนวนของเสียเกิดขึ้นในขั้นตอนขัดผิว จำนวน 85 ชิ้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีของเสียมากที่สุดดังนั้นผู้จัดทำโครงการจึงเลือกทำการปรับปรุง ขั้นตอนขัดผิวขึ้นงาน โดยใช้ทฤษฎีจาก [5] บันทึกของเสียแต่ละขั้นตอนในกระบวนการให้ความร้อน

### 3.5.2 ศึกษาปัญหาในกระบวนการผลิต

#### ตารางที่ 2 กระบวนการขัดผิวก่อนการปรับปรุง

ขั้นตอน	ขั้นตอนรายชื่อ	กิจกรรม	อุปกรณ์ที่ใช้	รูปภาพ	ระยะเวลา	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปัญหาที่พบ
ขั้นตอนขัดผิว	ตัดลึกลงไปที่ระดับขีดขีดเครื่อง	ตัดลึกลงไปที่ระดับขีดขีดเครื่องด้วยเครื่องตัด	- อุปกรณ์หัวตัด - อุปกรณ์		-	1.25	
	เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปอุปกรณ์ขัดผิวขึ้นงาน	เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปอุปกรณ์ขัดผิวขึ้นงานจำนวน 6 ชิ้น	- แปะกระดาษกั้นกลาง - อุปกรณ์หัวตัดขึ้นงาน (Collect) ทรงกลม		2.48	7.26	
	ตรวจสอบความยาวชิ้นงาน	วัดความยาวชิ้นงานที่ยาวที่สุด	- ไม่วัด		-	0.06	

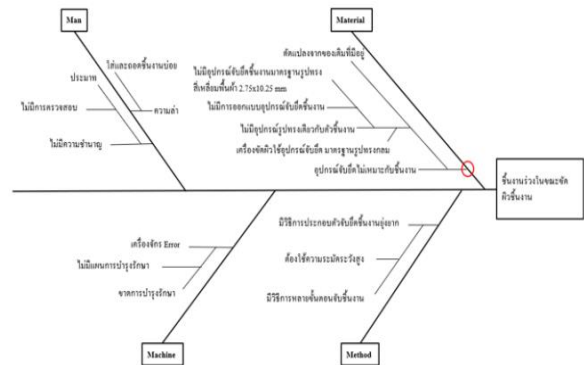
#### ตารางที่ 2 กระบวนการขัดผิวก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

ขั้นตอน	ขั้นตอนรายชื่อ	กิจกรรม	อุปกรณ์ที่ใช้	รูปภาพ	ระยะเวลา	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปัญหาที่พบ
ขั้นตอนขัดผิวขึ้นงาน	หล่อลื่นเวลาการขัดผิว	หล่อลื่นเวลาการขัดผิว	- น้ำมัน		-	0.14	
	ตัดผิวขึ้นงานด้วยเครื่องตัด	ตัดผิวขึ้นงานด้วยเครื่องตัดจำนวน 6 ชิ้น	- เครื่องขัดผิว		-	20	พบชิ้นงานขาดหรือหัก
	เคลื่อนย้ายชิ้นงานออกจากอุปกรณ์ขัดผิวขึ้นงาน	เคลื่อนย้ายชิ้นงานออกจากอุปกรณ์ขัดผิวขึ้นงาน	- ประตูปัดลม		2.48	6.52	
	เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปทิ้งขยะในถังขยะ	เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปทิ้งขยะ			22.79	0.18	

จากตารางที่ 2 ได้ทราบถึงปัญหาที่ก่อให้เกิดขึ้นงานขึ้นงานคือปัญหาขึ้นงานร่วนระหว่างขัดมีดกิ้งคาร์ไบด์ ผู้จัดทำโครงการจะนำปัญหาไปวิเคราะห์โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาใช้วิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา

### 2.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

โครงการนี้ได้นำเครื่องมือ 7QC tools มาใช้ในวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาขึ้นงานร่วนในขณะขัดผิวขึ้นงานขึ้นงานมีดกิ้งคาร์ไบด์โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาใช้วิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ การเกิดของเสีย ดังแสดงในภาพที่ 7



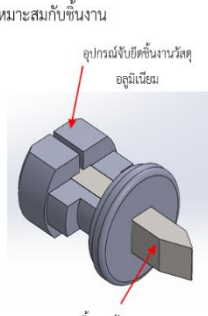
ภาพที่ 7 แสดงสาเหตุและผลปัญหาขึ้นงานร่วนระหว่างขัดผิว

จากภาพที่ 7 จากการตัดกรองปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการขัดผิวด้วยการวิเคราะห์ผังก้างปลา พบว่าสาเหตุที่มีผลกระทบมากที่สุดมาจากปัจจัยด้าน Material ซึ่งอุปกรณ์ขัดผิวขึ้นงานไม่เหมาะสมกับตัวขึ้นงานเพราะไม่มีการออกแบบอุปกรณ์ขัดผิวขึ้นงานให้เหมาะสมกับตัวขึ้นงานจากวิเคราะห์ใช้แผนผังก้างปลาแสดงเหตุและผลแสดงถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาขึ้นงานร่วนระหว่างขัดขึ้นงานมีดกิ้งคาร์ไบด์ [6] ได้นำแผนผังก้างปลาแสดงเหตุและผลมาวิเคราะห์ในกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียจุดดำ

## 2.4 กำหนดวิธีการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ปัญหาซึ่งงานร่วระหว่างกระบวนการ  
ขัดด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล ผู้จัดทำโครงการได้นำ  
หลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ  
ทำงาน โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสีย  
หลักการ S (Simplify) หรือทำให้ง่ายขึ้น ถูกลำมาใช้เพื่อลด  
ความซับซ้อนของกระบวนการ โดยมีการปรับปรุงการ  
ออกแบบเครื่องมือหรือวิธีการทำงานเพื่อแก้ปัญหาซึ่งงาน  
ร่ว ดังตารางที่ 3

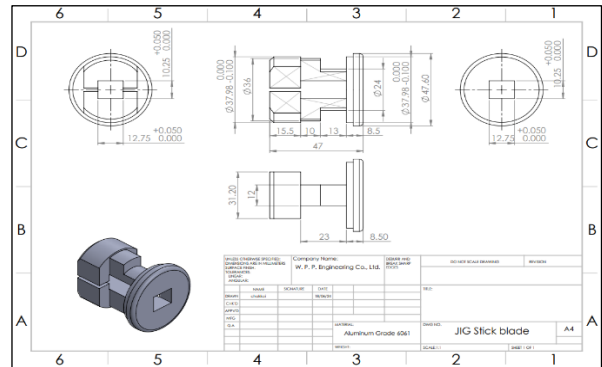
ตารางที่ 3 การประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการแก้ปัญหา

แนวคิด	เปรียบเทียบแนวคิดเดิมกับแนวคิดใหม่หรือแนวทางการแก้ไขปัญหา	
	แนวคิดแบบเดิม	แนวคิดแบบใหม่
S.Simplify	ใช้แท่งพลาสติกฝักกลางใช้ในการจับยึดชิ้นงาน  แท่งพลาสติก ฝักกลาง ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า อุปกรณ์จับยึด ชิ้นงานช่องใส่ ชิ้นงานทรงกลม	ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้เหมาะสมกับชิ้นงาน  อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานวัสดุอลูมิเนียม ชิ้นงานลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จากตารางที่ 3 การประยุกต์ใช้หลักการในการแก้ไข  
ปัญหา โดยใช้ S (Simplify) ในการแก้ไขปัญหาลำซึ่งงานร่ว  
ระหว่างขัดผิวซึ่งงานมีดกึ่งสแตนเลสแบบแท่ง โดยในการ  
แก้ไขปัญหาก็ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบ  
ใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจับยึดซึ่งงานตามลักษณะ  
ของซึ่งงานมีดกึ่งสแตนเลสคาร์ไบด์ [7] ได้นำหลักการ ECRS  
โดยใช้หลักการ S ออกแบบสร้างและการติดตั้งฉากประคอง  
การติดตั้งสลักยึดแบบกันคลายสำหรับจับยึดฉากประคอง  
(ช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวก และแม่นยำมาก  
ขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้

## 2.5 ดำเนินการปรับปรุง

### 3.8.1 ออกแบบพัฒนาอุปกรณ์จับยึด

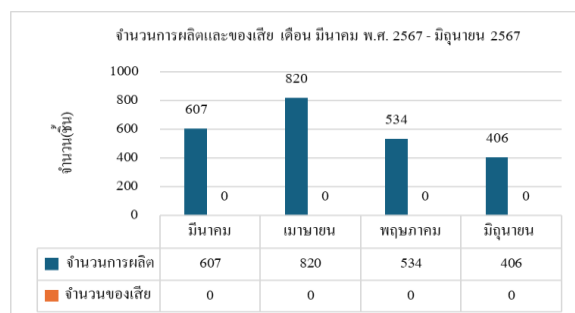


ภาพที่ 8 อุปกรณ์จับยึดซึ่งงานแบบใหม่

การออกแบบและผลิตอุปกรณ์จับยึดซึ่งงานในภาพที่ 8  
ใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบโดยมีการ  
วิเคราะห์แนวทางและกำหนดรูปแบบจิ๊กให้เหมาะสมกับ  
ซึ่งงาน ซึ่งได้รับคำปรึกษาจากหัวหน้างาน ช่องใส่ซึ่งงานถูก  
ออกแบบให้รองรับซึ่งงานสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดความยาว  
12.75 มม. x กว้าง 10.25 มม. โดยมีความคลาดเคลื่อน  
+0.050 มม. ความยาวทั้งหมด 47 มม. และความสูง 47.60  
มม. วัสดุที่ใช้เป็นอลูมิเนียมเกรด 6061 ซึ่งมีคุณสมบัติ  
แข็งแรง น้ำหนักเบา และทนทานต่ออุณหภูมิสูง

## 3. ผลการวิจัย (Results)

หลักการปรับปรุงผู้จัดทำโครงการได้ทำการเก็บข้อมูล  
เป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือน มีนาคม พ.ศ. 2567 -  
มิถุนายน 2567 ดังแสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงจำนวนการผลิตและของเสียซึ่งงาน  
มีดกึ่งสแตนเลสคาร์ไบด์

จากภาพที่ 9 พบว่าจากการเก็บข้อมูลระยะเวลา 4  
เดือน มียอดการผลิต 2,367 ชิ้น เฉลี่ยต่อเดือน 592 ชิ้นต่อ  
เดือน ไม่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการขัดผิว

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาและแก้ปัญหาในกระบวนการตัดผิวชิ้นงานมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ ในการลดของเสียจากการเก็บข้อมูลย้อนหลังระยะ 4 เดือน พบว่ามีจำนวนยอดการผลิตชิ้นงานมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ จำนวน 1030 ชิ้น และมีจำนวนของเสีย จำนวน 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8.25 เป็นต้นทุนของเสีย คิดเป็นเงิน 8500 บาท โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการ ออกแบบอุปกรณ์จับยึดขึ้นมาใหม่ได้ทำการทดลองและบันทึกผลการผลิตตั้งแต่เดือน ตั้งแต่เดือน มีนาคม พ.ศ. 2567 - มิถุนายน 2567 มีจำนวนการผลิต 2,367 ชิ้น ไม่มีของเสียเกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 4 เดือนที่ผ่านมา ดังนั้น อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่จึงเป็นมาตรฐานในการตัดผิวชิ้นงานสำหรับมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาปรับปรุงกระบวนการตัดผิวชิ้นงานมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ พบว่า ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ มีการผลิตทั้งหมด 1,030 ชิ้น และมีของเสียจำนวน 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8.25 ของยอดการผลิต โดยต้นทุนของเสียอยู่ที่ 8,500 บาท หลังจากการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดใหม่ ซึ่งได้ดำเนินการทดลองและบันทึกผลการผลิตตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567 พบว่า จำนวนการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 2,367 ชิ้น โดยไม่มีการเกิดของเสียในช่วงเวลาดังกล่าว การปรับปรุงกระบวนการดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต อุปกรณ์จับยึดที่พัฒนาขึ้นจึงถือเป็นมาตรฐานใหม่ที่มีความสำคัญในกระบวนการตัดผิวชิ้นงาน สำหรับมีดกลึงทั้งสแตนคาร์ไบด์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิต

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดีจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง นายวิทยา พลเพชร ผู้บริหารระดับสูง บริษัท เอเบิล เซิร์ฟ จำกัด ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้ การสนับสนุนของท่านมีส่วนสำคัญในการทำให้โครงการนี้สำเร็จได้อย่างครบถ้วน

#### 7. เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] วชิระ มีทอง. 2551. การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ (Jig and Fixture Design) กรุงเทพมหานคร: สมาคม ส่งเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] อำนาจ มีแสง (2554) การออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการ ตัด ที่ อย่ ่างกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [3] อธิลักษณ์ เตียวติ,บุญชัย แซ่ล้าว,ศุภชัย วรรัตน์ (2557) การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต โดยใช้หลัก ควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง : กรณีศึกษาการผลิตชิ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต กรุงเทพมหานคร
- [4] ปัญญา สาราญหันท ณฑพ, ชัยสุพรรณ สุพจน์ , รุ่งเจริญ บูรพา ดำรงวัฒนโยธิน สุเมธ ปยุ่นน วสันต์ รวมทรัพย์ และ พลอยไพลิน วิริยศิริ (2667) การปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าตามฤดูกาลด้วยการศึกษา การเคลื่อนไหวและเวลาและการออกแบบอุปกรณ์จับยึด มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
- [5] เกียรติกร ศรีเลิศ (2558) การลดของเสียการป้อนชิ้นงานในกระบวนการชุบแข็ง กรณีศึกษา : บริษัทชุบแข็งตัว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [6] ธนภุช ชุ่นเซ่ง (2557) การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา : ของเสียประเภทจุดดำ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- [7] คมกริช เมืองมูล, นัคฐ์พร กาต และ มนินทรา ใจคำปัน (2559) การศึกษาเวลามาตรฐานในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก: กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด เรืองชนะแพ็คกิ้ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- [8] วชิรินทร์สิทธิเจริญ. 2547. การศึกษางาน (Work Study). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร:สำนักงาน นวัตกรรมแห่งชาติ.
- [9] วิฑูรย์ สิมะโชคดี 7 New OC Tool เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. พิมพ์ครั้งที่ 5 (2547)
- [10] สหโชค รักเดช (2560) การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในอุตสาหกรรมไม้ยางพารา โดยใช้แนวส่ ิงงานการค้นคว้าอิสระของการศึกษาปริญญาบริหารธุรกิจมหาลั ยบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

- [11] พีรวัตร ลือสัก , สมควร สวงนแพง (2560) การลดของ  
เสียในกระบวนการบรรจุหอยลายอบกรอบ มหา  
วิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [12] สุกัญญา ทองดี , มาริสสา อินทรเกิด (2560) การ  
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียและ  
งานซ่อมแซมในกระบวนการผลิตโดยหลักการควบคุม  
คุณภาพ 7 อย่าง

การปรับปรุงกระบวนการผลิตมีดกลึงเซาะร่องความเที่ยงตรงสูง รุ่น CBN R-0022B  
Improving the manufacturing process of high-precision grooving tools model CBN R-0022B

อัครพนธ์ ชมชาติ<sup>1</sup>, วีระชัย แซ่เลา<sup>1</sup>,ฐิติพันธ์ วิโรจน์ภากร<sup>1</sup>,สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2</sup>,ณิชาพัฒน์ กิตติราช<sup>3</sup>

<sup>1</sup> โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

[Nuvirachai@gmail.com](mailto:Nuvirachai@gmail.com)

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตัดตั้งทูลส์ SEMI BORAZON RING R-0022B ศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิกระบวนการปฏิบัติงาน (Flow Process Chart) และแบบบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน กำหนดเวลามาตรฐาน วิเคราะห์ความสมดุลของกระบวนการผลิต จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุงเท่ากับ ร้อยละ 20.6 โดยสถานีงาน Machining มีรอบเวลาการผลิตมากที่สุด 894.25 นาที ซึ่งได้นำเทคนิค 5W1H ในการวิเคราะห์สาเหตุและหาแนวทางแก้ไขปัญหา โดยใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงาน จากผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 47.65 ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.05 เวลาที่ใช้ในกระบวนการ Machining ลดลงเหลือ 652.36 นาที ลดเวลาไปทั้งสิ้น 241.89 นาที คิดเป็นร้อยละ 27.05

คำสำคัญ : ตัดตั้งทูลส์, เวลามาตรฐาน, กระบวนการผลิต, เพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต, ECRS

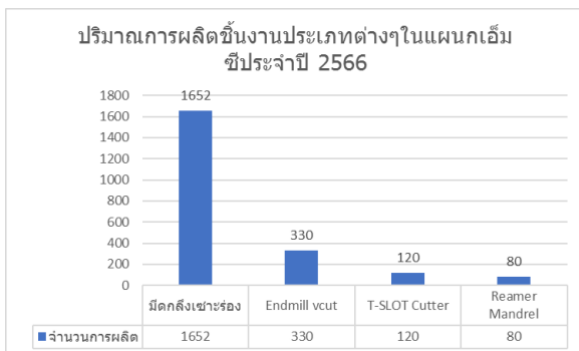
#### Abstract

This research aims to improve the efficiency of the SEMI BORAZON RING R-0022B cutting tool production process. The production process is studied using a flow process chart and a work time record form, setting standard time, and analyzing the balance of the production process. The study found that the production line efficiency before improvement was 20.6 percent, with the Machining station having the highest production cycle time of 894.25 minutes. The 5W1H technique was used to analyze causes and find solutions using the ECRS principle to improve the work process. The research results found that the production line efficiency after improvement was 47.65 percent, and the production line efficiency increased by 27.05 percent. The time spent in the Machining process was reduced to 652.36 minutes, a total reduction of 241.89 minutes, or 27.05 percent.

Keywords : Cutting tools, standard time, production process, production line efficiency, ECRS

## 1. บทนำ (Introduction)

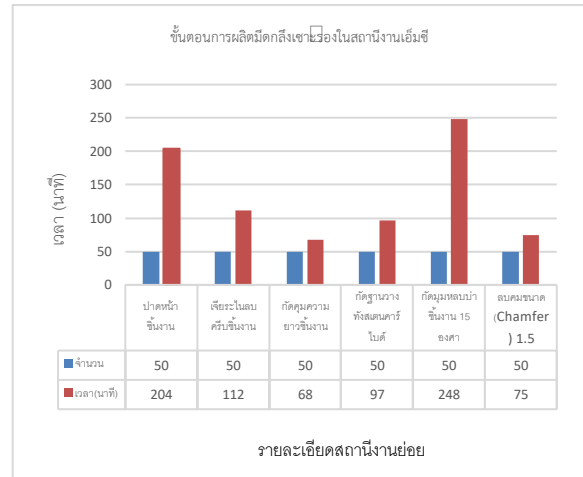
ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องมือตัดเฉือนโลหะ (Cutting Tools) มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องจักรกล เป็นต้น บริษัท เจ เค พรินซ์ จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายเครื่องมือตัดเฉือนโลหะ (Cutting Tools) โดยเฉพาะกระบวนการผลิตมีดกลึงเซาะร่องความเที่ยงตรงสูง รุ่น CBN R-0022B เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มียอดสั่งซื้อเป็นจำนวนมากที่นำไปใช้ในการผลิตอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์



ภาพที่ 1 ปริมาณการผลิตชิ้นงานในสถานีนงานเอ็มซี

จากภาพที่ 1 แผนกเอ็มซีมีการผลิตชิ้นงานในปี พ.ศ. 2566 จำนวนสั่งผลิตทั้งหมด 4,652 ชิ้นต่อปี เป็นเงิน 7,687,472 บาท และผลิตภัณฑ์ประเภทมีดกลึงมีการสั่งผลิตมากที่สุด จำนวน 1,635 ชิ้นต่อปี คิดเป็นร้อยละ 35.15 ของจำนวนยอดสั่งผลิตทั้งหมดของแผนกมีดกลึง ซึ่งเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้แก่บริษัทถึง 3,373,658 บาท ต่อปี

ภายใต้สภาวะต้นทุนการผลิตทางด้านวัตถุดิบและค่าจ้างแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้ผู้ผลิตต้องมีการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและลดต้นทุนการผลิต เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการแข่งขัน ในกลุ่มอุตสาหกรรม ผู้ผลิตเครื่องมือตัดทั้งในปัจจุบันและอนาคตให้การตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในด้านคุณภาพและการส่งมอบ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด



ภาพที่ 2 เวลาในการผลิตมีดกลึงเซาะร่อง

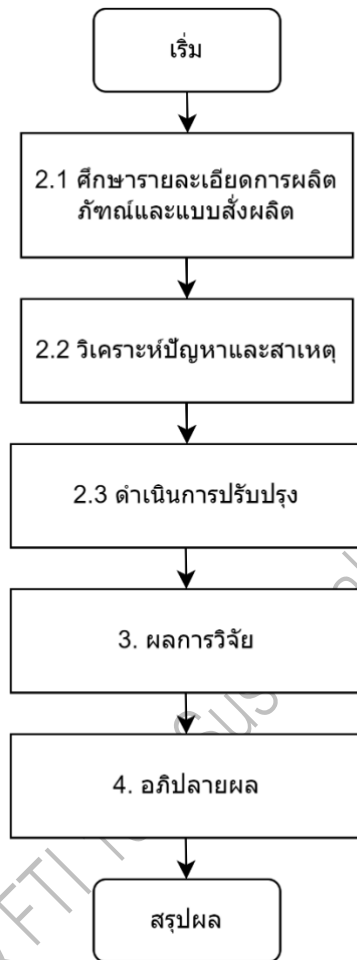
จากภาพที่ 2 กระบวนการผลิตในสถานีนงานเอ็มซี ที่ใช้รอบเวลาการผลิตสูงสุดคือ ขั้นตอนการกัดมุมกลม 15 องศา เป็น กระบวนการกัดขึ้นรูปชิ้นงาน SEMI BORAZON RING R-0022B ด้วยเครื่องจักร Manual Milling Machine Makino ใช้รอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 248 นาที สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตคือขั้นตอนการกัดมุมกลม 15 องศา โดยใช้เครื่อง Manual Milling Machine Makino

จากสาเหตุของปัญหาความล่าช้าในกระบวนการผลิตมีดกลึงเซาะร่อง เนื่องจากวิธีการผลิตในปัจจุบันมีกรรมวิธีการผลิตที่ซับซ้อนและมีความละเอียด ทั้งยังจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆของเครื่องจักร ในส่วนของความเร็วในการกัด อัตราป้อน จำนวนชิ้นงานในการกัดระยะเวลาการรอคอย เพื่อจะให้ได้ชิ้นงานที่ได้มาตรฐานและสามารถจัดส่งได้อย่างทันท่วงทีตามแผนที่กำหนดไว้ ดังนั้นความเร็วและระยะเวลาในการผลิตจึงมีส่วนสำคัญอย่างมาก

โครงการนี้มีเป้าหมายในการนำเอาหลักการแก้ไข ปัญหา ECRS มาใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตเพื่อการลดขั้นตอนการผลิต (Eliminate) งานกัดที่ไม่จำเป็นออกและเป็นการรวมขั้นตอนการผลิต (Combine) ระหว่างการกัดบอดีส่วนตรง โดยใช้เครื่อง Morisaki cnc machine center mv40 และการกัดมุมกลม 15 องศา โดยใช้เครื่อง Manual Milling Machine Makino โดยการจัดขั้นตอนใหม่ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (Rearrange) และการทำให้ง่ายขึ้นต่อการผลิต (Simplify) โดยการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใหม่ประเภท (Jig Fixture) แทนการใช้เครื่องจักร Manual Milling Machine Makino เพื่อให้ง่ายต่อการผลิต

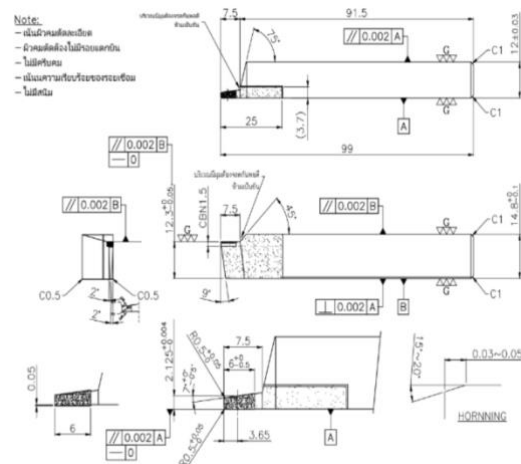
และลดเวลาการรอคอย ในกระบวนการกัดมุมหลบ 15 องศา  
นี้ให้เวลาในการผลิตลดลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใน  
กระบวนการการผลิต โครงการนี้ มีเป้าหมายเพื่อพัฒนา  
กระบวนการผลิต มีดกลึงเซรามิก เพื่อลดระยะเวลาในการ  
ผลิตในกระบวนการกัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ  
ชิ้นงาน SEMI BORAZON RING R-0022B เพื่อตอบสนอง  
ความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

### 2.1 ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์และแบบสั่งผลิต



ภาพที่ 4 แบบสั่งผลิตมีดกลึง SEMI BORAZON RING

### 2.2 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

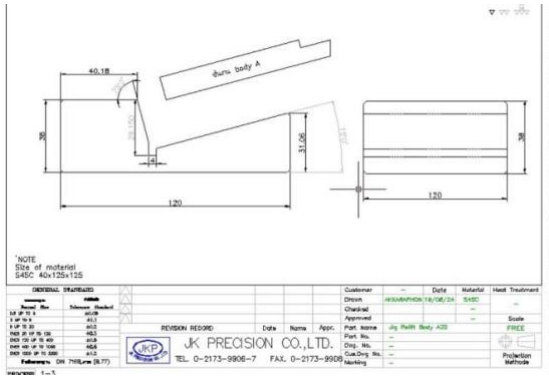
จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่าสาเหตุของ  
ความล่าช้าในกระบวนการกัดชิ้นรูปชิ้นงาน จากกระบวนการ  
กัดมุมหลบ 15 องศา ที่ใช้เครื่องจักร Manual Milling  
Machine Makino เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องจักร และ  
จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการรอคอย



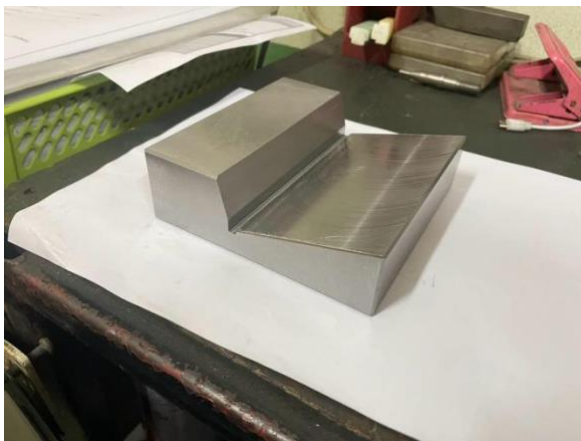
ภาพที่ 5 วิธีการกัดชิ้นงานแบบเดิม

### 2.3 ดำเนินการปรับปรุง

โดยการออกแบบอุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture) เพื่อลด  
เวลาในการผลิตและลดเวลารอคอยในกระบวนการผลิตให้มี  
ประสิทธิภาพโดยได้มีการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig  
Fixture) จากการทดลองการกัดชิ้นงานมุมหลบ 15 องศา  
ของมีดกลึง ประเภท CBN ไอเทม SEMI BORAZON RING  
ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แบบสั่งผลิตอุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture)



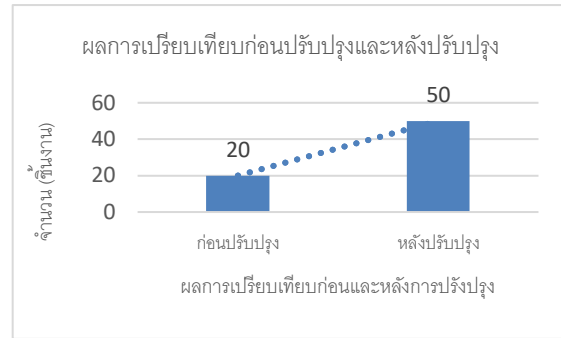
ภาพที่ 7 อุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture)

### 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการทดลองใช้งานอุปกรณ์จับยึด (Jig fixture) พบว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture)



ภาพที่ 9 แสดงผลการปรับปรุงกระบวนการกัด

จากภาพที่ 9 แสดงการปรับปรุงกระบวนการกัดหลบ 15 องศา โดยออกแบบอุปกรณ์จับยึด มาช่วยลดเวลาในกระบวนการกัดมุมหลบของศา พบว่าก่อนการปรับปรุงจากการทดลองกัดชิ้นงานสามารถกัดชิ้นงานได้ 20 ชิ้นต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 20.6 หลังการปรับปรุงทดลองการกัดองศาสามารถกัดชิ้นงานได้ 50 ชิ้นต่อชั่วโมง

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

#### 4.1 การพิจารณาประสิทธิภาพด้านเวลา

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพด้านเวลาพบว่าประสิทธิภาพด้านเวลาลดลงถึง 241.89 นาที หลังการปรับปรุงดีขึ้นร้อยละ 27.05 สอดคล้องกับงานวิจัย [1] ซึ่งได้พัฒนาคุณภาพการทำงานที่ประยุกต์ใช้หลักการของอีซีอาร์ เอส สามารถลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน แต่คงไว้ซึ่งคุณภาพการบริการตามมาตรฐาน และ สอดคล้องกับงานวิจัยของมาเยียน สุขสุวรรณ [5] ซึ่งได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS ในการพัฒนาการปฏิบัติ กิจกรรมการพยาบาล การรับคำสั่ง และการประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS ในการปฏิบัติงาน สามารถลดเวลาในการปฏิบัติงานได้จริง

#### 4.2 การพิจารณาประสิทธิภาพด้านการผลิต

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพด้านกำลังการผลิต พบว่าประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้น ก่อนการปรับปรุงปริมาณงานของกระบวนการผลิต SEMI BORAZON RING CBN R-0022B มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 11.71 และหลังการปรับปรุงด้านประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 9.62 และยังสามารถลดเครื่องจักร Manual Milling Machine Makino ในกระบวนการกัดมุมหลบ 15 องศาได้ โดยการใช้อุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture) ทั้งนี้โครงการวิจัยได้เก็บข้อมูลเฉพาะในส่วน เวลาในการทำงาน



ของกระบวนการผลิต ในสถานงาน Machining เท่านั้น เพื่อให้ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

## 5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ในเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต คัดตั้งทูลส์ SEMI BORAZON RING CBN R-0022B โดยการประยุกต์ใช้หลักการของอีซีอาร์เอส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนากระบวนการผลิต SEMI BORAZON RING CBN R-0022B ในสถานงานที่ 2 Machining โดยนำหลักการอีซีอาร์เอส มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านปริมาณการผลิตและด้านเวลา โดยใช้กรอบแนวคิดของ Richard Muther (1988) โดยประยุกต์ใช้หลักการของอีซีอาร์เอส ซึ่งมีหลักการแนวคิด 4 ประการ คือ การกำจัด การรวม ลำดับใหม่ ทำให้ง่ายขึ้น และการวิเคราะห์ กระบวนการ โดยการใช้เทคนิค 5W1H เพื่อเป็นการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียและการตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกไปประชากรที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 3 เครื่องมือ ได้แก่ ตารางบันทึก การปฏิบัติงาน แผนภาพการไหล แผนภูมิกระบวนการทำงาน หลังจากการประยุกต์ใช้หลักการของ อีซีอาร์เอสกระบวนการผลิต SEMI BORAZON RING CBN R-0022B เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลดำเนินการ ตามกรอบแนวคิดการวิจัย

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิตของกระบวนการผลิตคัดตั้งทูลส์ SEMI BORAZON RING CBN R-0022B ก่อนการปรับปรุง มีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 เดือน ประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 20.6 เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงคิด เป็นร้อยละ 47.65 ซึ่งค่าเฉลี่ยหลังการปรับปรุงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ปริมาณงานของกระบวนการ ผลิตคัดตั้งทูลส์ความ เที่ยงตรงสูง SEMI BORAZON RING CBN R-0022B มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับและ ตรงตาม วัตถุประสงค์รวมไปถึงปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม คิดเป็นร้อยละ 27.05

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เจเค พีซีซี จำกัด และคณะผู้บริหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนพัฒนาโครงการ และสถานที่ในการดำเนินโครงการในการให้ความร่วมมือของคณะผู้บริหาร วิศวกร และพนักงานทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้บรรลุผลสำเร็จ และเกิดประโยชน์สูงสุด

โครงการงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ในการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และข้อคิดเห็นต่างๆของงานวิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณโครงการ มหาวิทยาลัยในสถานประกอบการ (TCTM) และมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่ได้ให้โอกาสเข้ามาศึกษาโครงการนี้ เพื่อนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงการจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

## 7 เอกสารอ้างอิง

- [1] สฤณี โตโพธิ์กลาง. (2559). การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต เครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนยานยนต์ แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร งานนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [2] สมปรารถนา สายสงวนทรัพย์. (2560) การปรับปรุงกระบวนการด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษากระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องวงจรปิด วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [3] นวพล บุญประเสริฐ.(2554).การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบใน อุตสาหกรรมผลิตเลนส์ แวนตา โดยการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS. ภาควิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาการพัฒนางาน อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [4] นุชสรา เกรียงกรกฎ ปรีชา เกรียงกรกฎ ประภาภรณ์เทพสา และเกศรินทร์ บรรลุศิลปการคำนวณหาเวลามาตรฐานการทำงาน ของพนักงานในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าการศึกษา แผนกเย็บกางเกงรุ่น A1314

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

- [5] มาเอียน สุขสุวรรณ. (2552). การประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS ในการพัฒนาการปฏิบัติกิจกรรม การพยาบาล การรับคำสั่งการรักษาของแพทย์ผู้ป่วยศัลยกรรม ชาย 2 โรงพยาบาลพุทธ ชินราชพิษณุโลก. หลักสูตร ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชายุทธศาสตร์การ พัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
- [6] ] พิทยา ห้องใส. (2552) การลดความสูญเปล่าใน โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์น็อคดาวน์. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย/กรุงเทพฯ
- [7] ] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางาน อุตสาหกรรม (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ท้อป.ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2561). ธุรกิจร้านกาแฟ บริหารอย่างไรให้รุ่ง
- [8] ] วันชัย วิจิรวณิช. (2550). การศึกษาการทำงานหลักการ และกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- [9] ] บัณฑิตา ภูทรัพย์มี.(2553). การเพิ่มประสิทธิภาพของ กระบวนการรับส่งสินค้าโดยใช้โปรแกรม การจำลอง สถานการณ์. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

#### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [10] Alexander Isaev (2021) Mathematical Models of the Geometry of Micro Milling Cutters Moscow State University of Technology “STANKIN”, RU127055, Moscow, Russia
- [11] Risman Pandapotan Simarmata (2018) Comparison between SKS 3 and S45C Steel Materials for the Location PIN of Welding JIG ) Departement of Mechanical Engineering, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Jakarta, Indonesia.

**การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตรีมเมอร์ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร****Increasing Productivity of Tungsten Carbide Reamer Diameter 9.973 millimeters**

นาย ญัฐพล เมฆพัฒน์<sup>1</sup>, นาย เตชิต ชาตวิวงศ์<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2</sup>, รัชพล เขาวนพานิช<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต bollzaza0345@gmail.com

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

saharat.w@rmutp.ac.th

<sup>3</sup> บริษัท ทูลิ่ง เอ็กแซ็กท์ จำกัด.

**บทคัดย่อ**

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตัดตั้งทูล ชนิดรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร ศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้ แผนภูมิกระบวนการปฏิบัติงาน (Flow Process Chart) และแบบบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน กำหนดเวลามาตรฐาน ข้อมูลที่ได้ศึกษากระบวนการ จะถูกวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุงเท่ากับ 69.83 นาทีต่อชิ้น ลดเวลาลงเป็น 2.32 นาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 3.29 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพขึ้น 9.37%

**คำสำคัญ:** คัดตั้งทูลส์, กระบวนการผลิต, เพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต, ECRS, ทั้งสแตนคาร์ไบด์

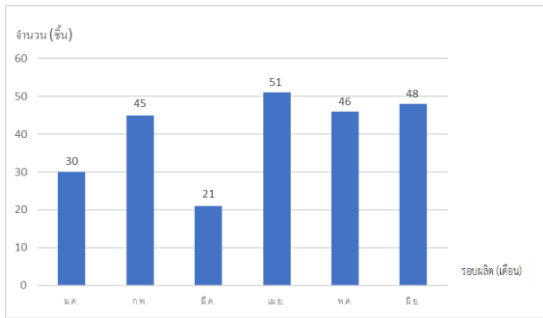
**Abstract**

This project aims to improve the efficiency of the production process of cutting tools, reamer type, diameter 9.973 mm. The production process was studied using a flow process chart and a work time record form, setting standard times. The data obtained from the process study was analyzed to compare the efficiency before and after the improvement. The study found that the production line efficiency before the improvement was 69.83 minutes per piece, reduced to 2.32 minutes per piece It is 3.29 percent, which can increase efficiency by 9.37 percent.

**Keywords:** Cutting tools, Production process, Increase production line efficiency, ECRS, Tungsten carbide

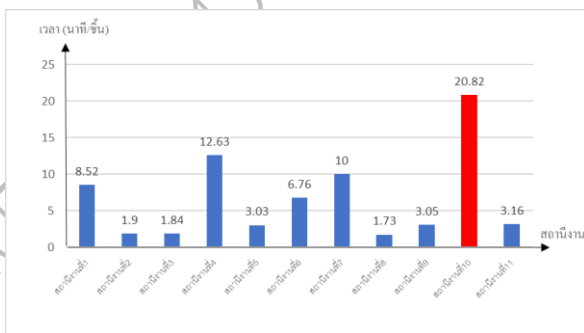
## 1. บทนำ (Introduction)

โดยโครงการนี้ได้เลือกทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับประเภท  
รีมเมอร์ เป็นเครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับความ  
ละเอียดสูง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและมีความเชื่อถือได้ใน  
ระดับสูง สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์  
และแม่พิมพ์ มีข้อมูลการผลิตดังภาพที่ 1 จากเดือนมกราคม-  
มิถุนายน 2567 จำนวน 241 ชิ้น



ภาพที่ 1 ปริมาณการผลิต รีมเมอร์ Ø9.973 มิลลิเมตร ปี  
2567

ในกระบวนการผลิตติดตั้งทุกชนิด รีมเมอร์ ทั้งสแตนคาร์  
ไบต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร พบว่าใช้เวลา  
ในสายการผลิตรวมทั้ง 73.44 นาที มีประสิทธิภาพ  
สายการผลิตเท่ากับ 32% โดยมีสถานีงานที่ใช้รอบเวลาใน  
การผลิตมากที่สุดคือสถานีงานที่ 10 เจียรระไนร่องคายเศษ  
รีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตรด้วย  
เครื่องจักร ซีเอ็นซี water Helitronic ใช้รอบเวลารวม  
ทั้งหมดในกระบวนการเท่ากับ 20.82 นาที ดังภาพที่ 2



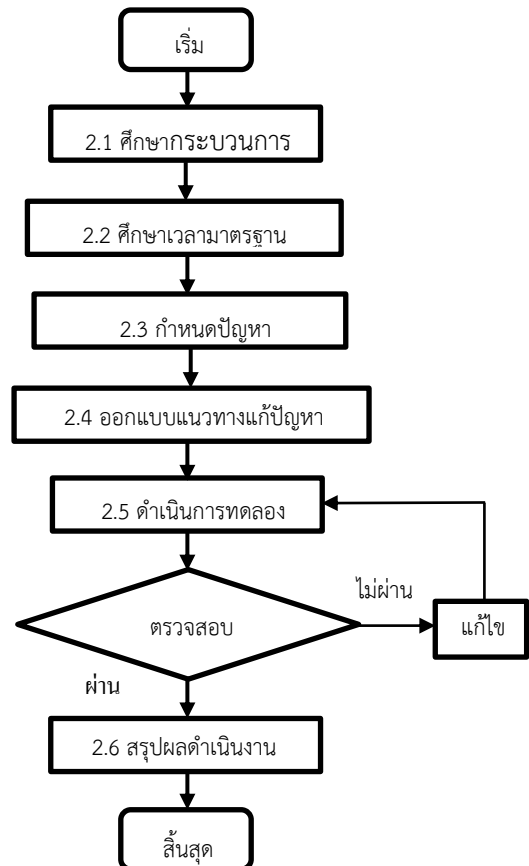
ภาพที่ 2 รอบเวลามาตรฐานในแต่ละสถานีงาน

จากข้อมูลในภาพที่ 2 สถานีงานที่ใช้รอบเวลาการผลิต  
สูงสุดคือ สถานีงานที่ 10 เป็นกระบวนการเจียรระไนขึ้นรูป  
ด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี Water ใช้รอบเวลาในการผลิตเท่ากับ

20.82 นาที สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตคือ  
ขั้นตอนการเจียรระไนร่องคายเศษจำนวน 6 คมตัด ใช้หิน  
เจียรระไนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร มุม 15  
องศา ความหนา 12 มิลลิเมตร เกรด D64 โดยใช้เงื่อนไขใน  
การตัดเนื้อรอบที่ อัตราป้อนรอบหยาบ จำนวน 2 รอบ  
รอบละ 0.8 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100  
mm/s อัตราป้อนรอบเก็บจำนวน 2 รอบ รอบละ 0.3  
มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 70 mm/s ใช้เวลาใน  
การเจียรระไน 12.95 นาที/ชิ้น (777วินาที)

โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนากระบวนการ  
เจียรระไนขึ้นรูป รีมเมอร์ ทั้งสแตนคาร์ไบต์ โดยการโดยการ  
ออกแบบโปรแกรม Tool studio เพื่อปรับอัตราป้อนในการ  
เจียรระไน เป็นอัตราป้อนรอบหยาบและปรับอัตราป้อนในการ  
เจียรระไน เป็นอัตราป้อนรอบเก็บ โดยเปรียบเทียบด้านเวลา  
การผลิต ด้านอัตราการผลิต ด้านประสิทธิภาพด้านการ  
ทำงานและต้นทุนการผลิต

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 3 วิธีดำเนินงาน

## 2.1 ศึกษากระบวนการผลิตปัจจุบัน

- 1.สถานีงานตัด (Wire Cut)
- 2.สถานีงานเจียรระไนราบหัวและท้าย
- 3.สถานีงานมาร์กรูยันศูนย์
- 4.สถานีงานเจาะรูยันศูนย์ด้วยเครื่อง EDM
- 5.สถานีงานรีมรูยันศูนย์
- 6.สถานีงานเจียรระไนกลมผิวหยาบ
- 7.สถานีงานเจียรระไนกลมผิวละเอียด
- 8.สถานีงานตรวจสอบขนาด ไดมิตเตอร์และ Run Out
- 9.สถานีงานเจียรระไนราบหัวและท้าย,เจียรระไนchamfer
- 10.สถานีงานเจียรระไนขึ้นรูปร่องคายพิเศษ CNC
- 11.สถานีงานตรวจสอบ

## 2.2 การศึกษาเวลา

การศึกษาเวลา คือ เทคนิคการวัดผลงานซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดหาเวลาในการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสมซึ่งทำงานในอัตราปกติภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงานโดยมีผลลัพธ์ของการวัดผลงานเรียกว่า เวลามาตรฐาน[3]

**ตารางที่ 1** การคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิต (ก่อนปรับปรุง)

กระบวนการผลิต	เวลา มาตรฐาน (นาที)	เวลาที่ เสียต่อ หน่วย (นาที)
1.งานตัด (Wire Cut)	8.52	12.52
2.งานเจียรระไนราบหัวและท้าย	1.9	18.92
3.งานมาร์กรูยันศูนย์	1.84	18.98
4.งานเจาะรูยันศูนย์ด้วยเครื่อง EDM	12.63	8.19
5.งานรีมรูยันศูนย์	3.03	17.79
6.งานเจียรระไนกลมผิวหยาบ	6.76	14.06
7.งานเจียรระไนกลมผิวละเอียด	10	10.82

8.งานตรวจสอบขนาด ไดมิตเตอร์และ Run Out	1.73	19.09
9.งานเจียรระไนราบหัวและท้าย,เจียรระไนchamfer	3.05	17.77
10.งานเจียรระไนขึ้นรูปร่องคายพิเศษ CNC	20.82	-
11.งานตรวจสอบ	3.16	17.66
รวมเวลาการผลิตของสถานีงานเท่ากับ 20.82 นาที		

จากตารางที่ 1 คำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิตหลังจากที่ทำการศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานและจับเวลาเพื่อหาเวลามาตรฐาน สามารถดูค่าประสิทธิภาพสายการผลิตดังสมการ [4]

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานในแต่ละสายการผลิต})}{((\text{รอบเวลาการผลิต}) \times \text{จำนวนสถานี})} \times 100$$

$$= \frac{(73.44)}{(20.82)(11)} \times 100$$

$$= 32\%$$

## 2.3 กำหนดปัญหา

จากตารางที่ 1 แสดงเวลาในสายการผลิต การคำนวณหาประสิทธิภาพสายการผลิต เป็นการแสดงความสมดุลของสายการผลิต (Line Balancing) มีประสิทธิภาพ 32% พบว่าสถานีงานที่ใช้เวลาในการผลิตต่อชิ้นน้อยที่สุดคือ สถานีงานที่ 2 ตรวจสอบขนาดไดมิตเตอร์และ Run out ใช้เวลา 1.73 นาที/ชิ้น สถานีงานที่ใช้เวลาในการผลิตต่อชิ้นมากที่สุดคือสถานีงานที่ 10 เจียรระไนขึ้นรูปร่องคายพิเศษ (CNC) ใช้เวลา 20.82 นาที/ชิ้น ดังนั้นปัญหาของสายการผลิตคือ สถานีงานที่ 10

**ตารางที่ 2 FROW PROCESS CHART** ขั้นตอนงานย่อย  
สถานีงานที่ 10 เจียรระไนชิ้นรูปร่างคายเศษ (ก่อนปรับปรุง)

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)						
<input type="checkbox"/> คน <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ <input type="checkbox"/> เครื่องจักร			รูป			
หมายเลข 04 แทนที่ 1 ใน แผ่น ชื่อโรงงาน : ชูลิ่งอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด กรมวิทย์ : การผลิตเครื่องมือ 099.973 มิถุนายน <input checked="" type="checkbox"/> ปัจจุบัน เลขο คำหนึ่ง ที่ตั้ง : สาธารณคดี ผู้บันทึก : นาย อดิษฐ์ ขวดีวงศ์			สัญลักษณ์	ปีจจุบัน	เลขο	ลตง
			ปฏิบัติกร	○	17	
			เคลื่อนย้าย	⇨	58	
			รอคอย	□	46	
			ตรวจสอบ	□	24	
			ภากรรภค	▽	2	
			ระยะทาง (มตร)		209.50	
			เวลา (วนที)		4,190	
ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (มตร)	เวลา (วนที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานถูกวางบนโต๊ะ	1	-	10	○	สถานีงานที่ 10 เจียรระไนชิ้นรูปร่างคายเศษ
2	ชิ้นงานถูกตรวจสอบขนาดไดมิเตอร์	1	0.5	8	□	
3	ชิ้นงานถูกนำใส่หัวจับ	1	1	7	⇨	
4	ชิ้นงานถูกขันล็อก	1	-	8	□	
5	ชิ้นงานถูกตรวจสอบค่าเบี่ยงเบนการหมุน	1	-	20	□	
6	ชิ้นงานถูกเจียรในร่องคายเศษ	1	-	777	○	
7	ชิ้นงานถูกเจียรใน Land	1	-	132	○	
8	ชิ้นงานถูกเจียรใน Chamfer	1	-	70	○	
9	ชิ้นงานถูกคลายล็อก	1	-	8	□	
10	ชิ้นงานถูกนำออกจากหัวจับ	1	1	6	⇨	
11	ชิ้นงานถูกตรวจสอบขนาด Core Diameter, Land	1	-	15	□	
12	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังเครื่อง วัด ไฟล์ไปรี	1	15	20	⇨	
13	ชิ้นงานถูกตรวจสอบองศาและระยะ Chamfer	1	-	60	□	
14	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายวางบนโต๊ะ	1	15	22	⇨	
15	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายลงกล่อง	1	0.5	6	⇨	
16	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	1	15	18	⇨	

จากตารางที่ 2 ปัญหาหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตคือขั้นตอนที่ 6 เจียรระไนร่องคายเศษใช้เวลา 777 วินาที ซึ่งใช้เวลาในการผลิตสูงสุดในสถานีงานที่ 10

**2.4 ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา**

ผลจากการศึกษาจึงทำการวิเคราะห์การทำงานของสถานีงานที่ 10 เจียรระไนร่องคายเศษ และเสนอแนวทางการทำงานที่ใช้เวลาในการผลิตต่อหน่วยน้อยลงโดยการ ลดเวลามาตรฐานของกระบวนการ เจียรระไนร่องคายเศษ ลงในการใช้หลักการ ECRS เป็นเครื่องมือวิเคราะห์

**ตารางที่ 3. วิเคราะห์ขั้นตอนงานย่อยของกระบวนการเจียรระไนร่องคายเศษ ด้วยหลักการ ECRS**

ลำดับ	ขั้นตอน	เวลา (วนที)	แนวทางปรับปรุง				หมายเหตุ
			E	C	R	S	
1.	ชิ้นงานถูกวางบนโต๊ะ	10	-	-	-	-	
2.	ชิ้นงานถูกตรวจสอบขนาดไดมิเตอร์	8	-	-	-	-	
3.	ชิ้นงานถูกนำใส่หัวจับ	7	-	-	-	-	
4.	ชิ้นงานถูกขันล็อก	8	-	-	-	-	

5.	ชิ้นงานถูกตรวจสอบค่าเบี่ยงเบนการหมุน (RunOut)	20	-	-	-	-	
6.	ชิ้นงานถูกเจียรระไนร่องคายเศษ	777	●	●	●	●	สามารถปรับปรุงได้
7.	ชิ้นงานถูกเจียรระไน Land	132	-	-	-	-	
8.	ชิ้นงานถูกเจียรระไน Chamfer	70	-	-	-	-	
9.	ชิ้นงานถูกคลายล็อก	8	-	-	-	-	
10.	ชิ้นงานถูกนำออกจากหัวจับ	6	-	-	-	-	
11.	ชิ้นงานถูกตรวจสอบขนาด Core Diameter, Land	15	-	-	-	-	
12.	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังเครื่องวัด ไฟล์ไปรีเจคเตอร์	20	-	-	-	-	
13.	ชิ้นงานถูกตรวจสอบองศาและระยะ Chamfer	60	-	-	-	-	
14.	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายมาวางบนโต๊ะ	22	-	-	-	-	
15.	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายลงกล่อง	6	-	-	-	-	
16.	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	18	-	-	-	-	
รวม			4,190				

จากตารางที่ 3 ขั้นตอนที่ 6 สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ โดยการออกแบบโปรแกรมปรับอัตราป้อนรอบหยาบ และ อัตราป้อนรอบเก็บ

**2.5 ดำเนินการทดลอง**

ดำเนินการเจียรระไนร่องคายเศษโดยใช้อัตราป้อนในการเจียรระไนเป็นอัตราป้อนรอบหยาบ 2 รอบ รอบละ 1 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100 mm/s อัตราป้อนรอบเก็บจำนวน 1 รอบ รอบละ 0.2 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100 mm/s

**2.6 สรุปผลดำเนินการ**

สรุปได้ว่าการออกแบบโปรแกรม เพื่อปรับอัตราป้อนรอบหยาบจำนวน 2 รอบ รอบละ 1.0 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100 mm/s อัตราป้อนรอบเก็บจำนวน 1

รอบ รอบละ 0.2 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100 mm/s ซึ่งใช้เวลาในการเจียรในร่องคายเศษ เท่ากับ 18.37นาทีที่ต่อชิ้น

### 3.ผลการวิจัย (Resylts)

ตารางที่ 4 FROW PROCESS CHART) ขั้นตอนงาน  
ย่อย สถานีงานที่10 เจียรในชิ้นรูร่องคายเศษ CNC

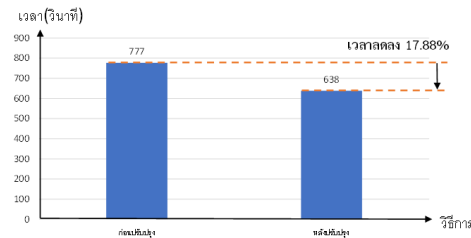
แผนภูมิกระบวนการผลิต (FLOW PROCESS CHART)									
□ คน <input checked="" type="checkbox"/> วัตถุ <input type="checkbox"/> เครื่องจักร				สรุป					
หมายเหตุ	ชื่อโรงงาน	กรรมวิธี	ที่ตั้ง	ผู้บันทึก	สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง	
หมายเหตุ	ชื่อโรงงาน : ขุดตั้งอีกเซ็คท์ จำกัด	กรรมวิธี : ภายลิตรียมเมอร์ 09.973 มิลลิเมตร	ที่ตั้ง : สายการผลิต	ผู้บันทึก : นายเชจิต ชวติวงศ์	สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง	
					ปฏิบัติกร	17	17	-	
					เคลื่อนย้าย	58	58	-	
					รอกยก	46	46	-	
					ตรวจสอบ	24	24	-	
					การศึกษษา	2	2	-	
					ระยะทาง (เมตร)	209.50	209.5	-	
					เวลา (วินาที)	4,190	4,051	139	

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	จำนวนลูกวางบนโต๊ะ	1	-	10	○	สถานีงานที่ 10
2	จำนวนลูกตรวจสอบขนาดไดมิเตอร์	1	0.5	8	⇄	เจียรในชิ้นรู
3	จำนวนลูกนำใส่หัวจับ	1	1	7	□	ร่องคายเศษ
4	จำนวนลูกขึ้นล็อก	1	-	8	▽	
5	จำนวนลูกตรวจสอบค้ำเชื่อมบนการหมุน	1	-	20	□	
6	จำนวนลูกเจียรในร่องคายเศษ	1	-	638	○	
7	จำนวนลูกเจียรใน Land	1	-	132	○	
8	จำนวนลูกเจียรใน Chamfer	1	-	70	○	
9	จำนวนลูกคลายล็อก	1	-	8	▽	
10	จำนวนลูกนำออกจกหัวจับ	1	1	6	□	
11	จำนวนลูกตรวจสอบขนาด Core Diameter, Land	1	-	15	⇄	
12	จำนวนลูกเคลื่อนย้ายไปยังเครื่องวัดไปโฟลโฟว	1	15	20	⇄	
13	จำนวนลูกตรวจสอบองศาและระยะ Chamfer	1	-	20	⇄	
14	จำนวนลูกเคลื่อนย้ายวางบนโต๊ะ	1	15	22	⇄	
15	จำนวนลูกเคลื่อนย้ายลงกล่อง	1	0.5	6	⇄	
16	จำนวนลูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	1	15	18	⇄	

จากตารางที่ 4 ทำการปรับปรุงตามแนวทางที่เลือกไว้ คือ การออกแบบโปรแกรม เพื่อปรับอัตราป้อนในการเจียรในเป็นอัตราป้อนรอบหยาบ 2 รอบ รอบละ 1.0 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100 mm/s และอัตราป้อนรอบเก็บ จำนวน 1 รอบ รอบละ 0.2 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 100 mm/s จากข้อมูลภาพที่ 4.1 ทำให้การปฏิบัติการในสถานีงานที่ 10 ลดลงซึ่งคิดเป็นเวลาในสถานีงานเท่ากับ 4,190-4,051 = 139 วินาที

3.1 เปรียบเทียบเวลางานเจียรในร่องคายเศษก่อนและหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงเวลาก่อน-หลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลการจับเวลาในขั้นตอนการเจียรในชิ้นรูร่องคายเศษ ที่ใช้อัตราป้อนเดิมใช้เวลาเท่ากับ 777 วินาที หลังจากออกแบบโปรแกรมเพื่อปรับอัตราป้อนใช้เวลาเท่ากับ 638 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาลงจากวิธีการเดิมได้ 17.88 %

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิตติดตั้งทูลส์ประเภท รีมเมอร์ทั้งสแตนดาร์ด ก่อนและหลังการปรับปรุง จากตารางที่ 5 เวลาการผลิตในสถานีงานเจียรในชิ้นรูร่องคายเศษ CNC ลดลงเหลือ 17.46 นาที ในอุตสาหกรรมทั่วไปมักกำหนดเวลาเพื่อสำหรับส่วนบุคคลไว้ที่ 5% ของเวลาทำงานทั้งหมด [8]

- เวลาเผื่อเพื่อให้พนักงานทำกิจส่วนตัว
  - เวลาเผื่อความล่าช้าสำหรับงานนั้น
  - เวลาเผื่อความเมื่อยล้าของพนักงาน
- เวลาผลิตสถานีงานที่ 10 = 18.37 นาที (เวลาเผื่อ 5%)

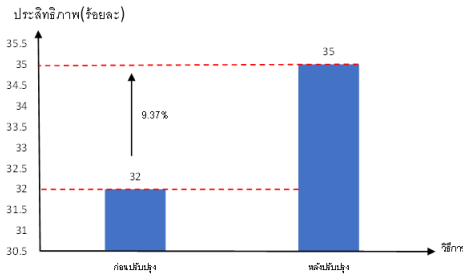
$$= \frac{17.46 \times 100}{100 - 5\%}$$

เวลามาตรฐาน = 18.37 นาทีที่ประสิทธิภาพสายการผลิต (หลังการปรับปรุง)

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานในแต่ละสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})(\text{จำนวนสถานี})} \times 100$$

$$= \frac{(70.99)}{(18.37)(11)} \times 100$$

$$= 35\%$$



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง

$$100 / (32) \times 35 = 109.37\% = 109.37 - 100$$

ดังนั้นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ = 9.37 %

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาและแก้ปัญหากระบวนการผลิต ริมเมอร์ ทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตรมีรอบเวลาการผลิตสูงสุดในสถานีนงานที่ 10 ในกระบวนการเจียรไนร่องคายเศษจากการออกแบบโปรแกรมเพื่อปรับอัตราป้อนในการเจียรไนร่องคายเศษ สามารถลดเวลายานย่อย จาก 20.82 นาที ลดเหลือ 18.37 นาทีคิดเป็น 17.88% โดยนำข้อมูลเวลาที่ได้จากการทำงานจริงในสถานีนงาน เจียรไนร่องคายเศษ ก่อนปรับปรุง มีค่าเป็น 20.82 นาที/ชิ้นหลังการปรับปรุงกระบวนการ มีค่าเป็น 18.37 นาที/ชิ้น ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.37%

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษากระบวนการผลิตคัตติ้งทูล ชนิดริมเมอร์ ทั้งสแตนคาร์ไบด์ โดยนำเวลามาตรฐานมาคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพสายการผลิตเพื่อวิเคราะห์ปัญหาโดยนำทฤษฎี ECRS วิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการการทำงานเดิมโดยการออกแบบโปรแกรมเพื่อปรับอัตราป้อนและ ความเร็วฟีด (Feed Rate) ในการเจียรไนร่องคายเศษทำให้สามารถลดเวลาในการเจียรไนได้ถึง 17.88% ที่รวดเร็วขึ้นย่อมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโรงงานผู้ประกอบการส่งผลให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้รวดเร็วขึ้นและต้นทุนค่าแรงโดยรวมต่ำและสามารถแข่งขันได้ในตลาดปัจจุบันที่ต้นทุนค่าพลังงานค่าแรงต่อวันเพิ่มสูงขึ้นดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการ

ประยุกต์ใช้เครื่องมือ ECRS ทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมนั้นสามารถช่วยลดต้นทุนให้กับผู้ประกอบการและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้

#### 6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาซึ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำโครงการและขอขอบคุณบริษัท ทูลลิงเอ็กแซ็กท์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

#### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

[1] สฤกษ์ดีโต โปธิ์กลาง (2559) การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต เครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้น วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] ประเมศวร์ เบ้าวรรณ การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพในอุตสาหกรรมการกักตุนรูปแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] วันชัย ริจิวณิช (2548).การศึกษาการทำงานหลักการผลิตและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] ศุภฤกษ์ กลิ่นหม่น การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตการกักตุนรูปค่าสายตา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา มกราคม 2559

[5] มาโนช ริทินโย.(2551). การศึกษางาน (Work Study). สัญลักษณ์ขั้นต้นการทำงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน,วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

[6] นายรัตนพงษ์ พงษ์สุวรรณ (2561) การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป โดยการประยุกต์ใช้หลักการของอีซีอาร์เอส สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์



[7] อธิษฐาน จีระพงษ์อุดม (2559) การศึกษาและ  
วิเคราะห์กรรมวิธีการขึ้นรูปและผลิตชิ้นงานต้นแบบ ด้วย  
วิธีการขึ้นรูปในระดับไมโครสเกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[8] วันเพ็ญ ลับแสง3 และอัญชลีพร ดั่งเจริญ เวลา  
มาตรฐานการปฏิบัติงานของพนักงานบริการ คณะเทคโนโลยี  
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา การประชุม  
มหาดไทยวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9

[9] ศุภฤกษ์ กลิ่นหม่น. (2559). การปรับปรุงโดยการ  
ใช้หลักการ ECRS (ออนไลน์).

<https://www.gotoknow.org/posts/541165>.

[10] ธนวิชญ์ เฟื่องเรือง.(2553). การเพิ่มผลผลิตของ  
กระบวนการผลิตเหล็กบานพับฝากระโปรงหลัง. ภาควิชา  
วิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต บัณฑิต  
วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

## การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พUNCHขึ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ Productivity Improvement in Metal Steel Punching Mold Process.

นิตยา เกิดทวีพันธ์<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2</sup>, ขานนท์ มุลวรรณ<sup>3</sup>, วีระญา กรทิพย์<sup>3</sup>

<sup>1</sup> โครงการในวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

[nittaya1515@gmail.com](mailto:nittaya1515@gmail.com)

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>3</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พUNCHขึ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะให้ได้อัตราการผลิตที่สูงขึ้นจากเดิม ซึ่งปัจจุบันมีประสิทธิภาพการผลิต เท่ากับ ร้อยละ 60 มีความต้องการของลูกค้า 40 ชิ้นต่อวัน เมื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตจะทำให้กระบวนการผลิตมีผลลัพท์ได้มาเท่ากับ ร้อยละ 71.3 โดยจะทำให้ กระบวนการการผลิตพUNCHขึ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะมีกระบวนการในการผลิตอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และทำการ บริหาร จัดการเรื่องเวลา ทำให้ระยะเวลาของกระบวนการหนึ่งไปสู่กระบวนการหนึ่งในกระบวนการผลิตไม่สูญเปล่าและทำการไหล (Flow Process chart) ของกระบวนการผลิตต่อเนื่องจึงได้นำเอาเทคนิคของลีน (Lean Technique) มาใช้เพื่อขจัดความสูญเปล่าเหล่านี้ออกไปจากกระบวนการผลิต โดยการทำให้การไหล (Flow Process chart) ของกระบวนการการผลิตต่อเนื่อง

**คำสำคัญ :** กระบวนการผลิต; แม่พิมพ์โลหะ; ลดความสูญเปล่า; ระบบลีน

### Abstract

This project aims to enhance the efficiency of the punch metal mold parts production process to achieve a higher production rate than the current level. At present, the production efficiency is at 60%, with a customer demand of 40 pieces per day. By improving the production process, the efficiency is expected to increase to 71.3% The production process will be organized into a clear, sequential workflow with effective time management to reduce idle time between each production stage. This will ensure a smooth flow in the production process, as represented by the Flow Process Chart. Lean Techniques will be applied to eliminate waste from the production process, allowing for a continuous flow and overall improvement in production efficiency.

**Keywords:** Production Process; Metal Molds; Waste Reduction; Lean System

## 1. บทนำ (Introduction)

อุตสาหกรรมแม่พิมพ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ ผลิตภัณฑ์พลาสติก และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพราะแม่พิมพ์เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำและพื้นฐานที่จำเป็นต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างเหมือนกันที่ละมากๆ ซึ่งอุตสาหกรรมแม่พิมพ์มีส่วนช่วยสนับสนุนอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของเด็กเล่น พลาสติก ซึ่งแม่พิมพ์ที่ผลิตกันอยู่มีการแบ่งแยกออกไปได้หลายประเภทตามวัสดุที่จะทำการขึ้นรูป เช่นแม่พิมพ์โลหะ แม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์ยาง แม่พิมพ์แก้ว แม่พิมพ์เซรามิกส์ และอื่นๆ[11] ผลิตภัณฑ์ประเภทพินซ์ กระบวนการผลิตทุกประเภทที่กล่าวมาล้วนแต่เกี่ยวข้องกับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ (Pressing) เป็นส่วนมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นำมาเป็นองค์ประกอบในการสร้างแม่พิมพ์ ก็คือ พินซ์ ซึ่งถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายและทำให้เกิดชิ้นงาน จาก การศึกษาสายการผลิตพินซ์พบว่า จำนวนพนักงานน้อยทำให้กระบวนการผลิตไม่มีขั้นตอนในการ ดำเนินการภายในกระบวนการผลิตที่ชัดเจนและขอบเขตเวลา (Cycle Time) ในการผลิตไม่ได้ถูก กำหนดไว้ตายตัวเหมือนอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ในการผลิตมีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการผลิตต่ำ ซึ่งก็มีปัจจัยตัวแปร หลายตัวที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นระบบ ห่วงโซ่อุปทานในการผลิต (Supply Chain) ตัวของพนักงาน และภายในตัวของกระบวนการผลิตเอง ทำให้กระบวนการในการผลิตไม่ต่อเนื่อง และบางจุดใช้เวลาในการเข้าสู่กระบวนการถัดไปของปัญหาภายในกระบวนการการผลิตเป็นเหตุให้เกิดการเสียเวลารอ (Waiting Time) ในแต่ละขั้นตอน ของการผลิตในกระบวนการการผลิต ผู้จัดทำโครงการจึงสามารถสรุปปัญหาได้ว่า ระบบขาดการ บริหารจัดการ ในการทำงานที่ดี พนักงานไม่เข้าใจของระบบเครื่องจักรที่ดีพอ และทำให้เกิดเป็นการ สูญเสียเวลาไป เนื่องจากเกิดการ

รอเวลา (Waiting Time) สูงในบางจุดของกระบวนการผลิต สุดท้าย ทำให้การไหล ของกระบวนการผลิตไม่ต่อเนื่อง

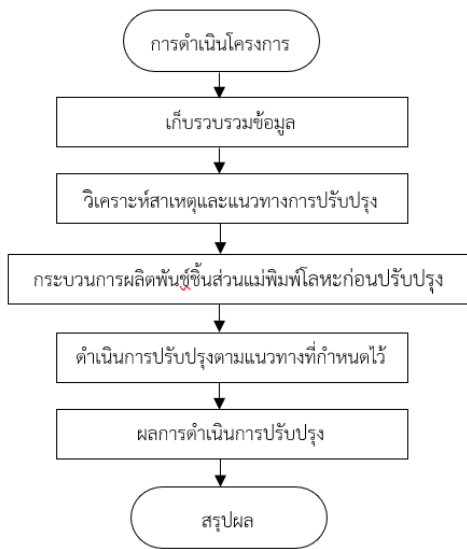
ในปัจจุบันแนวคิดแบบลีน (Lean Thinking) ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากคนหลากหลายวงการ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิต บริการ รวมถึงภาครัฐ และเอกชนต่าง ๆ ล้วนได้นำเอา แนวคิดของของลีนมาประยุกต์ใช้กับองค์กร ซึ่งลีนเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ บริหาร จัดการกระบวนการต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยถูกผู้ที่นำไปใช้เข้าไปปฏิบัติใช้ในหลากหลายบริบท ดังนั้นลีน จึงไม่ใช่แค่เครื่องมือในการบริหารจัดการแต่กลับมีความหมายในหลากหลายมิติของการจัดการภายใน องค์กรธุรกิจไม่ว่าเป็นธุรกิจแบบใด อุตสาหกรรมใหญ่น้อยล้วนนำลีนไปประยุกต์ใช้ทั้งนั้น[5] และในปัจจุบันต้องยอมรับว่าอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาแล้วแต่เกิดขึ้นมาจากการกระทำของฝีมือมนุษย์ที่เรียกว่างาน Die หรือ งานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะต่าง ๆ ที่มนุษย์สรรสร้างขึ้นมาอันไม่อาจจะ เป็นแม่พิมพ์ปั๊ม แม่พิมพ์ขึ้นรูป แม่พิมพ์ตีขึ้นรูปต่างๆ เหล่านี้ ล้วนต้องใช้พินซ์ในการปั๊มขึ้นรูปกลายมาเป็นชิ้นงานได้อย่างลงตัว ซึ่งวัสดุที่นำมาเป็นองค์ประกอบในการสร้างแม่พิมพ์ ก็คือ พินซ์ซึ่ง ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายและทำให้เกิดชิ้นงาน

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์พินซ์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะให้ได้อัตราการผลิตที่สูงขึ้นจากเดิม ซึ่งปัจจุบันมีประสิทธิภาพการผลิต เท่ากับ ร้อยละ 60 มีความต้องการของลูกค้า 40 ชิ้นต่อวัน เมื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตจะทำให้กระบวนการผลิตมีผลลัพธ์ได้มากกว่า ร้อยละ 60 โดยจะทำให้กระบวนการการผลิตพินซ์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะมีกระบวนการในการผลิตอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และทำการ บริหาร จัดการเรื่องเวลา ทำให้ระยะเวลาของกระบวนการหนึ่งไปสู่กระบวนการหนึ่งในกระบวนการผลิตไม่สูญเปล่าและทำให้การไหล (Flow Process

chart) ของกระบวนการผลิตต่อเนื่องจึงได้นำเอาเทคนิคของลีน (Lean Technique) มาใช้เพื่อขจัดความสูญเปล่าเหล่านี้ออกไปจากกระบวนการผลิต โดยการทำให้การไหล (Flow Process chart) ของกระบวนการการผลิตต่อเนื่อง

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 1 แผนการดำเนินโครงการ

### 2.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าโครงการในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อที่จะกำจัดความสูญเปล่าที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าภายในกระบวนการการผลิตขั้นต้นจากบริษัทที่ทำการศึกษา เพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพใน กระบวนการผลิตขั้นต้นโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1.1 การเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตขั้นต้นทำการปรับปรุงกระบวนการการผลิต ด้วยเทคนิคของลีน ซึ่งการทำงานแบบปกติจะใช้พนักงานในกระบวนการผลิตเท่ากับ 11 คน ทำงาน เป็น กะเช้า-กลางวัน เวลาที่ใช้ในการทำงานเริ่มจากเวลา 08.00-11.00 น. รวมเวลาในการทำงาน เท่ากับ 4 ชั่วโมง พักรับประทานอาหาร 1 ชั่วโมง เวลา 12.00-13.00 น. ดังนั้นจะเหลือเวลาใน การทำงานจริงต่อวันเท่ากับ 8 ชั่วโมง กลางคืน เริ่มจากเวลา 20.00-23.00 น. รวมเวลาในการทำงาน เท่ากับ 4 ชั่วโมง พักรับประทานอาหาร 1 ชั่วโมง เวลา 00.00-01.00 น. ดังนั้นจะเหลือเวลาใน การ

ทำงานจริงต่อวันเท่ากับ 8 ชั่วโมง รวมทั้งหมดต่อ 1 วัน เท่ากับ 16 ชั่วโมง

2.1.2 การเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตขั้นต้น หลังการทำการปรับปรุงกระบวนการการผลิต ด้วยเทคนิคของลีน ผู้จัดทำจะใช้ปัจจัยเท่าเดิม เช่น เวลาในการทำงาน ใช้พนักงานในกระบวนการผลิตเท่าเดิม เป็นต้น เนื่องจากการผลิตขั้นต้นมีกระบวนการผลิตอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำได้นำเทคนิคของลีนมาใช้ขจัดความสูญเปล่าที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าในสายธารของการผลิตออกไป โดยการกำจัดความสูญเปล่าทางด้านเวลาในการรอคอยของขั้นตอนการผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องในกระบวนการผลิต และทำให้กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะนำผลผลิตที่เก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตขั้นต้นไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากขั้นตอนการทำงานในกระบวนการไหลของการผลิตขั้นต้น

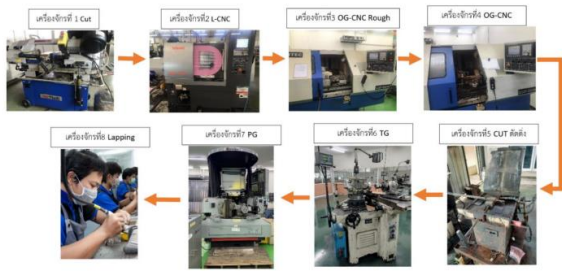
### 2.2 วิเคราะห์สาเหตุและแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

การวิเคราะห์สาเหตุและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเป็นการอธิบายถึงการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะใช้วิเคราะห์ข้อมูลของค่าสถิติ ค่าร้อยละ และ/หรือค่าเฉลี่ย ทำการเปรียบเทียบผลการผลิตในกระบวนการผลิตขั้นต้นซึ่งได้แบ่งการ วิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

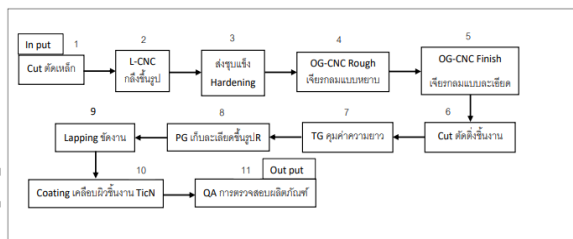
2.2.1 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการผลิตขั้นต้นก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลจากการเก็บบันทึกจากการผลิตขั้นต้นก่อนการนำเทคนิคลีนเข้ามาปรับปรุง กระบวนการผลิต โดยการทำการเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อหา Takt time , จำนวนสถานีงาน และ Productivity จากข้อมูลดังกล่าวคิดมาจากในหนึ่งวันทำงานเป็นกะ เช้า-กลางวัน เท่ากับ 16 ชั่วโมง คือ เริ่มทำงานเวลา 08.00-17.00 น. โดยแบ่งช่วงเวลาทำงานเป็น 2 ช่วง คือ เวลา 08.00-11.00 น และ 13.00-17.00 น. โดยจะมีเวลาทำงานจริงคือ 8 ชั่วโมง กลางคืน โดยแบ่งช่วงเวลาทำงานเป็น 2 ช่วง คือ เวลา 20.00-23.00 น และ 01.00-04.00 น. โดยจะมีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง

2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการผลิตหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตขั้นต้นหลังจาก นำเทคนิคของลีนเข้ามาปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บบันทึกข้อมูล มาเปรียบเทียบ Productivity หลังการปรับปรุง

### 2.3 กระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานแม่พิมพ์โลหะก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 2 เครื่องจักรที่ใช้ในการบวนการผลิตขั้นพื้นฐานตั้งแต่ขั้นตอนแรก (In put) จนถึง ขั้นตอนสุดท้าย (Out put) กระบวนการการผลิตขั้นพื้นฐานจะอธิบายจาก ภาพที่2และ3ที่แสดงถึงเครื่องจักร และ ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนในกระบวนการการผลิตขั้นพื้นฐาน[9]ซึ่งขั้น 1 ตัว ต้องผ่านกระบวนการผลิตทั้ง 11 กระบวนการผลิต มีหลักๆ ดังนี้ ซึ่งขั้น 1 ตัว ต้องผ่านกระบวนการผลิตทั้ง 11 กระบวนการผลิต มีหลักๆ ดังนี้ กระบวนการที่1 Cut ตัดเหล็ก กระบวนการที่2 L-CNC กลึงขึ้นรูป กระบวนการที่3 Hardening ส่งชุบแข็ง กระบวนการที่4 OG-CNC Rough เจียรระไนกลมแบบหยาบ กระบวนการที่5 OG-CNC Finish เจียรระไนกลมแบบละเอียด กระบวนการที่6 Cut ตัดตั้งชิ้นงาน กระบวนการที่7 TG ปาดความยาว กระบวนการที่8 PG เก็บละเอียดขึ้นรูป R กระบวนการที่9 Lapping ขัดงาน กระบวนการที่10 Coating เคลือบผิวชิ้นงานด้วย TiCN กระบวนการที่11 QA การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ทั้ง 11 กระบวนการนี้คือ กระบวนการทำในการผลิตขั้นพื้นฐาน โดยทุกขั้นตอนกระบวนการผลิต ต้องสัมพันธ์กันตั้งแต่กระบวนการแรก (In put) จนถึงกระบวนการสุดท้าย (Out put)[3]



ภาพที่ 3 การแสดงกระบวนการไหลของการผลิตขั้นพื้นฐาน

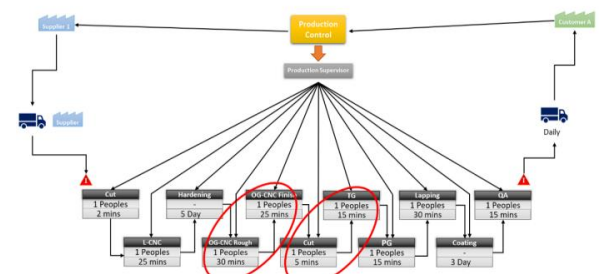
### 2.4 ดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนดไว้

การปรับปรุงกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานเพื่อทำการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต โดยพิจารณา ความสูญเสียเปล่าจากแนวคิดแบบลีน เพื่อนำมาพิจารณาทำการวิเคราะห์หาแนวทางการปฏิบัติเพื่อให้ กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

เพื่อจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นและผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ อีกทั้งยังช่วยลดความสูญเสียเปล่าจากการรอคอยกระบวนการผลิตทางด้านเวลาและผลิตภัณฑ์[7] โดย อาศัยเครื่องมือจากแนวคิดลีน ด้วยหลักการของ ECRS โดยหลักการของ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) [4]

### 2.4.1 โดยการนำหลัก ECRS มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐาน

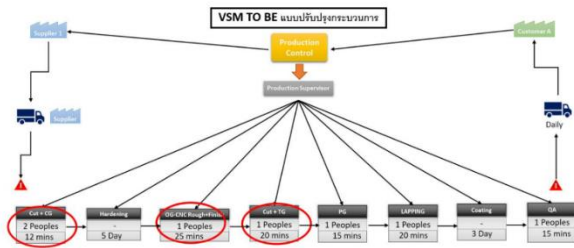
เริ่มโดยแสดงจากสายธารแห่งคุณค่า Value Stream Mapping (VSM) ก่อนปรับปรุง กระบวนการ ดังภาพที่4



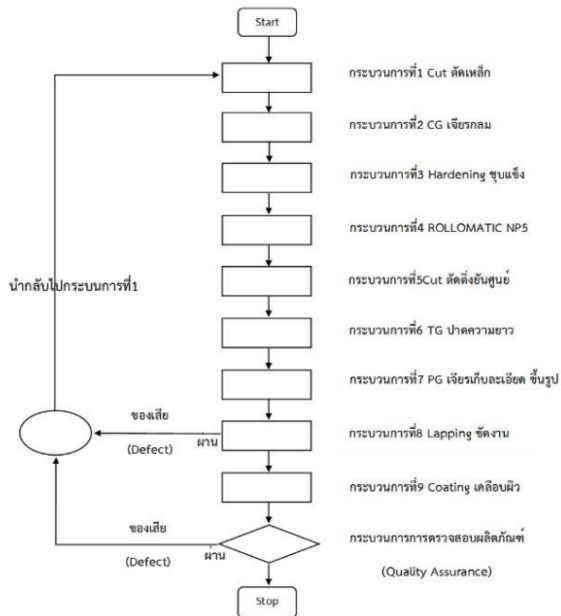
ภาพที่ 4 แสดงสายธารแห่งคุณค่า(VSM)ก่อนปรับปรุง

จากภาพที่4 สายธารแห่งคุณค่า (VSM) จะเห็นได้ว่า กระบวนการ OG-CNC Rough มีการใช้เวลาในการผลิตเป็นเวลานาน 30 นาที/ชิ้น จึงได้ปรับกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานนี้ การใช้หลัก ECRS มาใช้ในการปรับปรุง คือ การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) การทำให้ง่าย (Simplify)

โดยการที่เอาเทคโนโลยีใหม่จากโรงงาน มาทดแทนในกระบวนการ OG-CNC Rough และ กระบวนการ OG-CNC Finish ยุบเป็นกระบวนการเดียวกัน กลายเป็น เป็น กระบวนการ ขึ้นรูปโดยใช้ เครื่อง ROLLOMATIC NP5 ที่เป็นเทคโนโลยีใหม่มาทดแทนและยังเปลี่ยนกระบวนการ L-CNC ที่ เป็นกระบวนการขึ้นรูป ก่อนการปรับปรุง เป็น กระบวนการ CG เป็นกระบวนการเจียรกลมที่จะใช้กับ เครื่อง ROLLOMATIC NP5 และยังสามารถรวมกระบวนการ Cut ตัดตั้งชิ้นงาน และ กระบวนการ TG ปาดความยาว รวมเป็นกระบวนการเดียวกัน[10] จะแสดงจากภาพที่5 สายธารแห่งคุณค่า(VSM) หลังปรับปรุง



ภาพที่ 5 แสดงสายธารแห่งคุณค่า(VSM) หลังปรับปรุง  
2.4.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการหลังปรับปรุงกระบวนการ  
ผลิต



ภาพที่6แสดงขั้นตอนกระบวนการหลังปรับปรุงกระบวนการ  
ผลิต

### 3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการศึกษากระบวนการผลิตขั้นต้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ มีเป้าหมาย เพื่อปรับปรุงกระบวนการการผลิตขั้นต้นให้มี ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยทำการศึกษาข้อมูล และดำเนินการ ศึกษาตามทฤษฎี การปรับปรุง คุณภาพ ได้แก่ ขั้นตอนการ วางแผน ขั้นตอนการปฏิบัติตามแผน ขั้นตอนการตรวจสอบ และขั้นตอน การดำเนินการให้เหมาะสมในการปรับปรุงผลิต ภาพกระบวนการผลิตขั้นต้นที่ ภาระงานของ กระบวนการ ผลิตกับจำนวนพนักงานมีความไม่สมดุลกัน แบ่งออกเป็น กระบวนการผลิต มีรายละเอียด และผลการทดลองดังนี้

#### 3.1 ผลการทดลอง

จากการระดมสมองพบว่าบางขั้นตอนของการผลิตขั้นต้น นั้นใช้ระยะเวลาในการทำแต่ละขั้นตอนเป็นเวลานาน เพราะ ต้องรองานจากขั้นตอนก่อนหน้า โดยมีรายละเอียดใน ขั้นตอนการวางแผนปรับปรุงผลิตภาพกระบวนการผลิตขั้นต้น

ดังนี้

3.1.1 การผลิตขั้นต้นก่อนปรับปรุงกระบวนการ โดยที่คณะ ผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลของแต่ละสถานีงาน ของ กระบวนการผลิตขั้นต้นเพื่อนำ ข้อมูลมาคำนวณหา ความเร็ว ในการผลิตขั้นต้น (Takt Time) ก่อนการปรับปรุง[2]

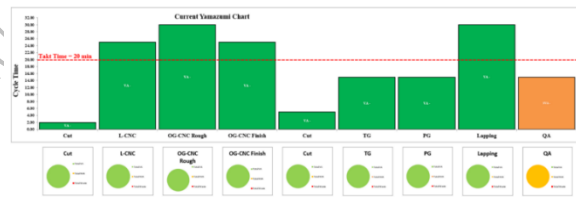
โดยที่คณะผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลของแต่ละสถานีงาน ของกระบวนการผลิตขั้นต้นเพื่อนำ ข้อมูลมาคำนวณหา ความเร็วในการผลิตขั้นต้น (Takt Time) ก่อนการปรับปรุง

$$\text{Takt time} = \frac{\text{เวลาการทำงานสุทธิ}}{\text{ความต้องการของลูกค้า}} = \frac{(16 \times 60) - (10 + 60 + 10 + 10 + 60 + 10)}{40} = \frac{960 - 160}{40} = 20 \text{ นาทีต่อชิ้น}$$

อีกทั้งคณะผู้จัดทำได้ทำการคำนวณหาจำนวนสถานีงานก่อน การปรับปรุง

$$\text{Cycle time} = \frac{\text{เวลารวม}}{\text{takt time}} = \frac{162}{20} = 8.1 \text{ สถานีงาน}$$

จะเห็นได้ว่า จำนวนสถานีงานเท่ากับ 8.1 หรือ 9 สถานีงาน ได้ ทำการแสดงผล Takt Time และ จำนวนสถานีงาน แสดงผล เป็น กราฟแท่ง Yamasumi Chart ก่อนการปรับปรุง ดังรูป ที่ 7



ภาพที่7 กราฟแท่ง Yamasumi Chart ก่อนการปรับปรุง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้น Takt Time อยู่ที่ 20 นาที สถานี งานที่เป็นคอขวด คือ L-CNC ,OG – CNC Rough, OG- CNC Finish และ Lapping จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิต ผู้ศึกษาได้ทำการคำนวณหา Efficiency ก่อนการปรับปรุง

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{เวลาในการทำงานทุกสถานีงาน}}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{actual cycle time}} \times 100 = \frac{162}{9 \times 30} \times 100 = \text{ร้อยละ } 60$$

จากการคำนวณ Efficiency ที่ได้คือ ร้อยละ 60

#### 3.1.2 หลังปรับปรุงกระบวนการผลิตขั้นต้น

จากสูตรการหา Takt Time

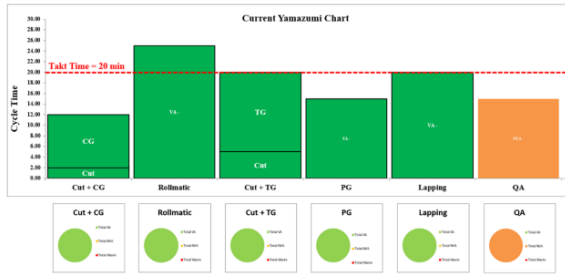
$$\text{Takt time} = \frac{\text{เวลาการทำงานสุทธิ}}{\text{ความต้องการของลูกค้า}} = \frac{(16 \times 60) - (10 + 60 + 10 + 10 + 60 + 10)}{40} = \frac{960 - 160}{40} = 20 \text{ นาทีต่อชิ้น}$$

คำนวณหาจำนวนสถานีงาน หลังการปรับปรุง

$$\text{Cycle time} = \frac{\text{เวลารวม}}{\text{takt time}} = \frac{107}{20} = 5.35 \text{ สถานีงาน}$$

จากการคำนวณ จำนวนสถานีงานได้ = 5.35 หรือ 6 สถานี

งาน

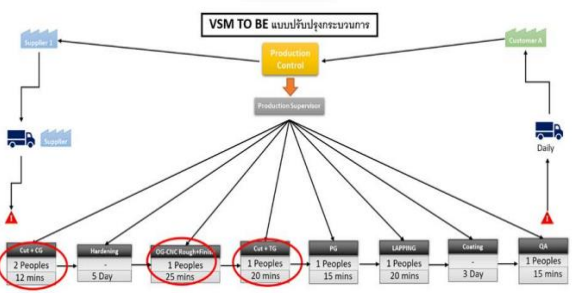


**ภาพที่ 8** กราฟแท่ง Yamasumi Chart หลังการปรับปรุง จากกราฟ Yamasumi Chart หลังการปรับปรุง โดยการนำเทคโนโลยีใหม่จากโรงงานมาทดแทนในกระบวนการ OG-CNC Rough และ กระบวนการ OG-CNC Finish ยุบเป็นกระบวนการเดียวกัน กลายเป็นเป็นกระบวนการ ขึ้นรูปโดยใช้เครื่อง ROLLOMATIC NP5 ที่เป็นเทคโนโลยีใหม่มาทดแทนและยังเปลี่ยนกระบวนการ L-CNC ที่เป็นกระบวนการ ขึ้นรูป ก่อนการปรับปรุง เป็น กระบวนการ CG เป็น กระบวนการเจียรกลมที่จะใช้กับเครื่อง ROLLOMATIC NP5 และยังสามารถ รวมกระบวนการ Cut ตัดตั้งชิ้นงาน และ กระบวนการ TG ปาดความยาว รวมเป็นกระบวนการเดียวกัน และได้คำนวณหา Productivity โดยการคำนวณหา Productivity หลังการปรับปรุง ดังนี้

จากสูตรการหา Efficiency

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{เวลาในการทำงานทุกสถานีงาน}}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{actual cycle time}} \times 100 = \frac{107}{6 \times 25} \times 100 = \text{ร้อยละ 71.3}$$

จากการหา Efficiency จะได้เท่ากับ ร้อยละ 71.3 จะเห็นได้ว่า Efficiency เพิ่มขึ้นมาเป็น 11.3 เปอร์เซ็นต์



**ภาพที่ 9** แสดงสายธารแห่งคุณค่า (VSM TO BE) หลังปรับปรุง

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

การปรับปรุง	เกณฑ์การวัด	ผลที่ได้
1.การกำจัด (Eliminate) ขั้นตอนการตรวจสอบ	สามารถลดเวลาในขั้นตอนการผลิตได้	กระบวนการผลิตทำการผลิตได้เร็วขึ้น
2.การรวมกัน (Combine) และการจัดใหม่ (Rearrange) ของกระบวนการลำเลียงและการรอ	สามารถทำงานไปพร้อมกันได้	ทำการผลิตต่อเนื่องได้ทั้งสามกระบวนการ
3.การจัดใหม่และการทำให้ง่าย ในกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิตไม่ถูกรบกวน	กระบวนการผลิตทำการผลิตได้อย่างราบเรียบ
4.การกำจัด (Eliminate)	เวลาที่ใช้ในการผลิตลดลง	ทำให้เวลาน้อยลง

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการนำเทคนิคคลีนเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของกระบวนการผลิตพันซ์ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์พันซ์ จากเดิมเพิ่มมากขึ้นตามวัตถุประสงค์หลักของการปรับปรุงที่กำหนดเอาไว้

**4. อภิปรายผล (Discussion)**

การดำเนินโครงการการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พันซ์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ เมื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยหลักการและการเลือกใช้เครื่องมือของสลิให้เหมาะสมกับความสูงของปลั๊กที่เกิดขึ้น ซึ่งผลหลังจากการดำเนินการปรับปรุง พบว่าการผลิตมีแนวโน้มที่ดีขึ้นคือ ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 60 เป็น ร้อยละ 71.3 การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์พันซ์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ ผลผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโครงการที่ศึกษาอื่นๆ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิต [1] การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่ได้ทำในโครงการนี้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน โดยการศึกษาของนางสาวอ้อมใจ พงษาเกษตร พบว่าการเลือกใช้เครื่องมือของสลิเป็นวิธีที่เพิ่มผลผลิตได้

**5. สรุปผล (Conclusion)**

จากการเก็บผลการทดลองการผลิตพันซ์ก่อนการปรับปรุง พบว่า ความเร็วในการผลิตชิ้นงาน (Takt Time) ก่อนการปรับปรุง เท่ากับ 20 นาทีต่อชิ้น จำนวนสถานีงาน 9 สถานีงาน งานที่เป็นคอขวด คือ L-CNC ,OG - CNC Rough, OG- CNC Finish และ Lapping จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิต ประสิทธิภาพการทำงาน เท่ากับ ร้อยละ 60 หลังปรับปรุงโดยใช้ความเร็วในการผลิต ชิ้นงานยังเท่าเดิม แต่จำนวนสถานีงานลดลงเหลือ 6 สถานีงาน โดยการนำเทคโนโลยีใหม่จาก โรงงาน มาทดแทนในกระบวนการ OG-CNC Rough และ กระบวนการ OG-CNC Finish ยุบเป็น

กระบวนการเดียวกัน กลายเป็น เป็นกระบวนการ ขึ้นรูปโดยใช้เครื่อง ROLLOMATIC NP5 ที่เป็น เทคโนโลยีใหม่มาทดแทนและยัง เปลี่ยนกระบวนการ L-CNC ที่เป็นกระบวนการขึ้นรูป ก่อนการ ปรับปรุง เป็นกระบวนการ CG เป็นกระบวนการเจียรกลมที่จะใช้กับเครื่อง ROLLOMATIC NP5 และ ยังสามารถรวมกระบวนการ Cut ตัดตั้งชิ้นงาน และ กระบวนการ TG ปาดความยาว รวมเป็น กระบวนการเดียวกัน ส่งผลมีประสิทธิภาพการทำงาน เท่ากับ ร้อยละ 71.3 เพิ่มขึ้นจากเดิม เท่ากับ ร้อยละ 11.3

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดีจากหลายฝ่าย ขอขอบคุณโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต และขอขอบคุณ คุณจาตุรงค์ พิศุทธิ์สินธุ์ ผู้บริหารสูงสุด บริษัท ทีโอแพค โดมอนต์ ทูลส์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อ้อมใจ พงษาเกษตร (2550) การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [2] ปริรินทร์ แซ่เบ๊ (2553) การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าในการจัดทำงานมาตรฐาน (Standardized Work) สำหรับการประกอบฝาม้อน้ำรถยนต์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และฝาม้อน้ำรถยนต์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
- [3] คมสัน จิระภัทรศิลป์ (2548) การใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและ เวลา.กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์ อุตสาหกรรม, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
- [4] วิจิตร ตัณฑสุทธิ (2547) การลดความสูญเปล่าในสายการผลิต กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [5] อติกานต์ ม่วงเงิน (2562) การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีน (E-CRS+IT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานระบบตู้รับคืนหนังสืออัตโนมัติ สำนักบรรณสารการพัฒนา สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

- [6] สฤชดี โตโพธิ์กลาง (2559) การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรม อมตะนคร. งานนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาบริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหารวิทยาลัยพาณิชย์ศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา
- [7] วันชัย วิจิรวณิช. (2550). การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- [8] สมปรารถนา สายสงวนทรัพย์ (2560) การปรับปรุงกระบวนการด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษากระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องวงจรปิด วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [9] วันชัย วิจิรวณิช. (2550) การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- [10] ขนิษฐา กลิ่นพิพัฒน์. 2556 การกำจัดความสูญเปล่าโดยใช้แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่ากับ บริษัทผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก งานนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการ การขนส่งและโลจิสติกส์คณะโลจิสติกส์มหาวิทยาลัยบูรพา
- [11] ไพศาล จตุรพิชพร (2547) การพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ กระบวนการอุตสาหกรรม กทม.



## การออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม

## โดยใช้วิธีการ QFD และ TRIZ

## Innovative Wildfire Rocket Design for the Environment

## Using QFD and TRIZ Methods

สถาพร ไม้แผน<sup>1,2</sup>, สุวิทย์ แพงกันยา<sup>1</sup>, ไพศาล บุญยรัตน์<sup>2</sup>, ไพโรจน์ พิจารณ์<sup>2</sup> และ ปริญญ์ บุญนิษฐ<sup>1</sup><sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[sataporn-p@rmutp.ac.th](mailto:sataporn-p@rmutp.ac.th)<sup>2</sup>สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ)

## บทคัดย่อ

ไฟป่าในประเทศไทยเป็นปัญหาที่รุนแรง ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อระบบนิเวศ ชีววัฒนุส และทรัพย์สิน การแก้ไขปัญหาจำเป็นต้องพัฒนาวัตกรรมการดับไฟป่าที่สามารถระงับไฟได้อย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่เข้าถึงยาก โดยต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพในการควบคุมไฟป่าได้สูง แนวคิดในการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจึงเกิดขึ้น โดยเน้นการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานหลัก (Voice of the Customer: VOC) โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ดับไฟป่า งานวิจัยนี้นำทฤษฎีการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Theory of Inventive Problem Solving: TRIZ) มาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบจรวดดับไฟป่า กระบวนการออกแบบประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก ได้แก่ การระดมสมองเพื่อรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งาน การแปลงข้อมูลเหล่านั้นเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคด้วย QFD และการวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ สำหรับการออกแบบระบบจรวดนั้น ทฤษฎี TRIZ ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาทางเทคนิคอย่างเป็นระบบ จากการบูรณาการของงานวิจัยระหว่าง QFD และ TRIZ ได้รับการวิเคราะห์ผลในกรณีศึกษาการออกแบบจรวดดับไฟป่าเพื่อยืนยันและความถูกต้องของกระบวนการออกแบบ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีนี้สามารถระบุและแก้ปัญหการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน ลดข้อผิดพลาดในการออกแบบ ประหยัดเวลาและทรัพยากร ซึ่งช่วยส่งเสริมการออกแบบทางวิศวกรรมอย่างยั่งยืนได้อย่างมีระบบและประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** จรวดดับไฟป่า; Quality Function Deployment; ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ TRIZ

## Abstract

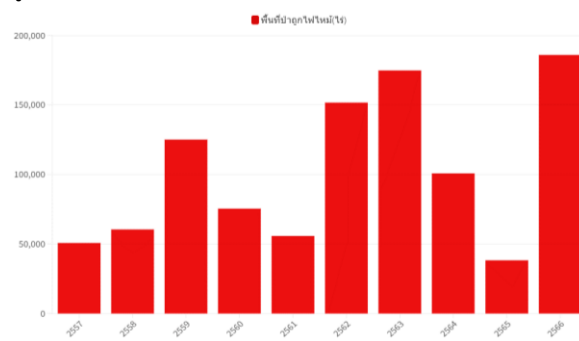
Wildfires in Thailand are a severe issue, causing extensive damage to ecosystems, human lives, and property. Addressing this challenge requires the development of innovative firefighting technologies that can quickly suppress fires in hard-to-reach areas while being environmentally friendly and highly efficient. This need has led to the concept of designing an eco-friendly wildfire suppression rocket focused on meeting the users' needs (Voice of the Customer: VOC), particularly the wildfire suppression personnel. This research applies the theories of Quality Function Deployment (QFD) and the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) as a framework for designing the rocket. The process involves three main stages: brainstorming to gather user requirements related to both quality and design, translating these into technical specifications

using QFD, and then analyzing these specifications to determine product qualities and component features. For the rocket system design, TRIZ is used to systematically analyze and resolve potential technical conflicts. The integration of QFD and TRIZ was tested through a case study of the wildfire suppression rocket to validate the design process. Results indicate that this method effectively identifies and resolves design issues, leading to the creation of a sustainable product that meets user needs while reducing design errors, time, and resource waste. Consequently, the approach enhances sustainable engineering design practices.

**Key word:** Wildfire Rocket; innovative; QFD; TRIZ

## 1. บทนำ (Introduction)

จากรายงานประจำปี ของส่วนควบคุมไฟฟ้า ของสำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า[1] ได้แสดงพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้รอบ 10 ปี (พ.ศ.2557-2566) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ข้อมูลพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ในประเทศไทย พ.ศ.2557-2566 [1]

รวมระยะเวลา 10 ปี สามารถดับไฟป่าแล้วทั้งสิ้น 52,837 ครั้ง และพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ รวมทั้งสิ้น 1,008,946 ไร่ หรือคิดเป็น 1,614 ตารางกิโลเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับพื้นที่ของกรุงเทพฯ[1] ในสภาวะโลกเดือด หรือภาวะที่โลกกำลังเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกใบนี้ เป็นความท้าทายที่รัฐบาลและประชาชนทั่วโลก จะร่วมกันปรับพฤติกรรมการใช้ชีวิต และตระหนักรู้ถึงปัญหาทางธรรมชาติ โดยเฉพาะการแก้ปัญหาไฟป่า[1]

การออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นรูปแบบแนวคิดใหม่ ของนวัตกรรมที่นำแนวคิดหลักการของการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของจรวด (ตามภาพที่ 2) มาประยุกต์ใช้ในการบรรเทาสาธารณภัย จึงเป็นเครื่องมือในการจัดการกับไฟป่าที่ระยะไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการผสมเทคโนโลยีสารดับเพลิงเข้ากับการทำงานของจรวด และพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม ข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้มุ่งเน้นการเพิ่มศักยภาพในการดับไฟป่า โดยมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน้อยที่สุด



ภาพที่ 2 How Rocket Engines Work [21]

แนวคิดเบื้องต้นด้านคุณสมบัติของจรวด คือ จรวดที่ทำการวิจัย จะมีการติดตั้งระบบขับเคลื่อนจรวด และกลไกการดับไฟ ช่วยให้สามารถส่งสารดับไฟไปยังจุดที่เกิดไฟได้โดยตรงที่ระยะไกลหรือพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึง การออกแบบนี้มีจุดเด่นที่ความเรียบง่าย ประสิทธิภาพด้านต้นทุน และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน[23] ตัวจุดชนวนของจรวดจะปล่อยสารดับไฟเมื่อถึงจุดเกิดไฟ ช่วยในการดับไฟที่จุดวิกฤตได้อย่างมีประสิทธิภาพ[23] การพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม กระบวนการออกแบบเน้นความสำคัญของการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการจัดการไฟป่าให้สอดคล้องกับสุขภาพของระบบนิเวศ[24] นวัตกรรม เช่น UAV PULSAR แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถช่วยในการทำแผนที่ป่าและตรวจจับไฟป่าได้ ซึ่งเป็นการเสริมวิธีการดับไฟแบบดั้งเดิม [25] แม้ว่าความก้าวหน้าดังกล่าวจะนำเสนอวิธีแก้ปัญหาที่น่าสนใจ แต่ความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบของเชื้อเพลิงจรวดและผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ต่อสิ่งแวดล้อมยังคงมีอยู่ การสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพและความยั่งยืนทางระบบนิเวศจึงเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับการจัดการการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

แนวทางการวิจัยในการออกแบบแบบดั้งเดิม ผู้ออกแบบมักมองข้ามความต้องการของผู้ใช้งานหลักเนื่องจากการเข้าถึงของลูกค้าในการวิจารณ์ผลิตภัณฑ์หลังใช้งานนั้นยาก แต่ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนไปมาก ลูกค้าสามารถวิจารณ์ผลิตภัณฑ์หลังใช้งานจริง ผ่านแพลตฟอร์มต่างๆ ทำในสื่อออนไลน์ หรือศูนย์รับเรื่องร้องเรียนต่างๆ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถ

เข้าถึงได้ง่ายมาก จึงทำให้ปัจจุบันมีสินค้าและนวัตกรรม  
รูปแบบใหม่ออกมาเป็นจำนวนมาก

การวิจารณ์ผลิตภัณฑ์ จึงเป็นส่วนหนึ่งในการปรับปรุง  
หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ เพราะความท้าทายในการใช้  
ประโยชน์จากคำติชมของผู้ใช้งานหลัก จึงมีความสำคัญ  
เพราะเป็นข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสบการณ์และความ  
คาดหวังของผู้ใช้งาน[3] เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการ  
ออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งแนวทางนี้ไม่เพียงแต่ระบุโอกาส  
สำหรับนวัตกรรมและการปรับปรุงเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการ  
ลดต้นทุนการผลิตและกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดอย่างมี  
ประสิทธิภาพอีกด้วย

การผสมผสานข้อมูลเชิงลึกเหล่านี้เข้ากับกระบวนการ  
ออกแบบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี  
และมีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ในการวิจัยนี้ เป็นวิเคราะห์หาแนวคิดในการออกแบบ  
จรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม จึงได้กำหนด  
คำถามการวิจัย (Research Questions: RQ) เพื่อเป็นแนว  
ทางในการค้นคว้าวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

RQ1: สามารถระบุและวิเคราะห์คำติชมของผู้ใช้งาน  
หลัก จากการใช้งานจรวด และการดับไฟป่าของเจ้าหน้าที่ใน  
การดับไฟป่า เพื่อนำมาปรับปรุงการออกแบบเป็น นวัตกรรม  
จรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างไร

RQ2: ปัจจัยหลักใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจ  
ของผู้ใช้งานหลักที่มีต่อจรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรต่อ  
สิ่งแวดล้อม และข้อมูลเชิงลึกเหล่านี้จะสามารถผสมผสานเข้ากับ  
วิธีการ QFD และ TRIZ เพื่อใช้ในการออกแบบจรวดดับไฟ  
ป่าที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานหลักและส่งเสริม  
ความยั่งยืนได้อย่างไร

RQ3: การออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรต่อ  
สิ่งแวดล้อมมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน  
หลักหรือไม่อย่างไร

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หา  
แนวคิดในการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อ  
สิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีการ QFD และ TRIZ เพื่อให้ตรงตาม  
ความต้องการของผู้ใช้งาน และสามารถออกแบบเพื่อเป็น  
ต้นแบบจรวดดับไฟป่าได้

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

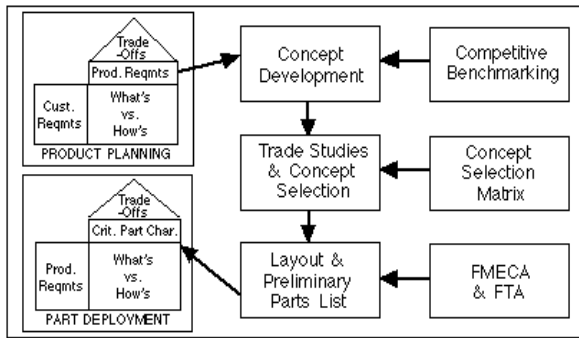
กระบวนการวิจัยนี้ เริ่มต้นด้วยการอภิปรายผลการ  
รวบรวมบทวิจารณ์ผลิตภัณฑ์ผ่านเทคนิคการระดมสมอง[4]  
ซึ่งการระดมสมองหรือการระดมความคิด (Brainstorm) เป็น  
เทคนิคหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในการระดมความคิด เพื่อหา  
แนวคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ หรือใช้ในระดมความคิด เพื่อแก้ไข  
ปัญหา จากหลายๆมุมมอง หลายความคิดของสมาชิกที่  
มาร่วมกิจกรรมระดมสมอง "Brainstorm" มาจากคำว่า  
"Brain+Storming" เทคนิคนี้เกิดจากแนวคิดของ Alex F.  
Osborne ซึ่งเป็นผู้บริหารบริษัทโฆษณาแห่งหนึ่ง

การระดมความคิด (Brainstorm)[4] โดยสรุปจึง  
หมายถึง การระดมความคิดจากทุกๆ มุมมอง โดยไม่มีการ  
ตัดสินถูกผิด ของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อหาทางเลือกในการ  
ตัดสินใจ ความคิดใหม่ๆและใช้ในการวางแผน สิ่งสำคัญ  
ในการระดมความคิด คือ ให้ทุกคนได้มีส่วนร่วมในการแสดง  
ความคิดเห็นอย่างอิสระ ดำเนินการระดมความคิดให้ได้  
ปริมาณมากที่สุด และไม่มีการตั้งกรอบ หรือประเมินถูกผิด  
ขณะระดมความคิด

การระดมความคิดที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และ  
นำเสนอเป็นหัวข้อเป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้ออกแบบและผู้ผลิต  
สามารถระบุและตอบสนองต่อปัญหาและแนวโน้มที่เปลี่ยน-  
แปลงของคำติชมจากลูกค้าได้อย่างทันที่ทันที่ หลายการศึกษา  
ยืนยันถึงประสิทธิภาพและประโยชน์ของการผสมผสานเทคนิคนี้  
เข้ากับกระบวนการออกแบบโดยเน้นถึงความ สามารถในการ  
จัดการข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว  
และมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม วิธีการดั้งเดิม เช่น  
การสัมภาษณ์แบบพบหน้า การสำรวจทางโทรศัพท์ และการ  
บันทึกข้อมูลด้วยกระดาษ แม้ว่าจะมีประโยชน์ในบางกรณี  
แต่ก็มีข้อจำกัดด้านเวลา และความยากลำบากในการ  
ประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมาก

เทคนิคการระดมความคิดที่ผ่านการวิเคราะห์ ช่วย  
แก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยเปิดโอกาสให้ทุกคนสามารถ  
วิเคราะห์ข้อมูล ออกมาเป็นข้อความจำนวนมากในเวลาอัน  
สั้น ซึ่งนำไปสู่การรวบรวมคำติชมจากผู้ใช้งานหลักได้อย่าง  
รวดเร็วและแม่นยำ ส่งผลให้กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์  
มีความยืดหยุ่นและมุ่งเน้นถึงประโยชน์ต่อผู้ใช้งานหลัก  
ได้มากขึ้น จากนั้นข้อมูลที่ได้จากการระดมสมอง จะถูก  
วิเคราะห์และนำเสนอเบื้องต้นให้ออกมาเป็นข้อเสียงของ

ลูกค้า (Voice of Customer: VOC) เพื่อกำหนดหัวข้อหลัก  
ที่ในการวิจารณ์ผลิตภัณฑ์ และสะท้อนถึงสิ่งที่ผู้ใช้หลัก  
ต้องการอยากให้มีในผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 3 รูปแบบการใช้เทคนิค QFD [6]

ต่อไปจึงใช้เทคนิค QFD โดยข้อมูลจะถูกนำมาใช้ เพื่อ  
วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานหลัก จากข้อมูลที่ได้จาก  
VOC และแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค  
ผ่านเมทริกซ์ความสัมพันธ์ที่มีโครงสร้าง (ดังแสดงในภาพที่  
3) นอกจากนี้ ยังมีการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความ  
ต้องการของผู้ใช้งานหลักและโซลูชันทางเทคนิคที่เกี่ยวข้อง  
เพื่อระบุคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความ  
ต้องการของผู้ใช้งานหลักและตรงกับวัตถุประสงค์ในการ  
ออกแบบ

จากนั้นใช้ทฤษฎี TRIZ ถูกนำมาใช้ร่วมกัน โดยอ้างอิง  
ตามข้อกำหนดทางเทคนิค และข้อกำหนดของผู้ใช้งานหลักที่  
ได้รับการวิเคราะห์ QFD เพื่อระบุและแก้ไขข้อขัดแย้ง  
ทางเทคนิคที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์  
และข้อขัดแย้ง โดยจะจัดหมวดหมู่ข้อขัดแย้งทางเทคนิค  
เหล่านี้และเสนอแนวทางแก้ไขมาตรฐานสำหรับข้อขัดแย้งแต่ละ  
คู่ ซึ่งเรียกว่า "หลักการสร้างสรรค์" การใช้หลักการนี้  
ผู้ออกแบบจะสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งในการออกแบบได้  
อย่างเป็นระบบ(ดังแสดงในภาพที่ 4) ซึ่งทำให้สามารถ  
ตอบสนองต่อข้อกำหนดที่หลากหลายของผู้ใช้งานหลัก และ  
เพิ่มความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ต่อผู้ใช้หลักได้

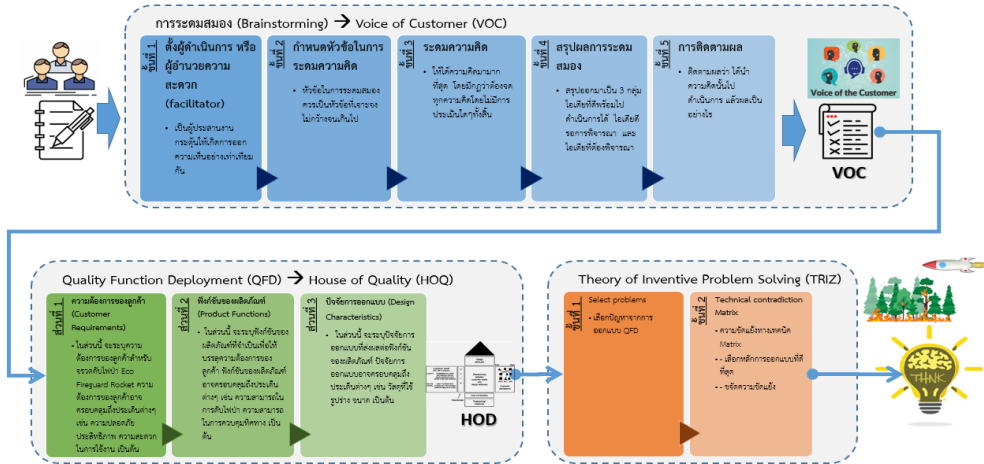
กระบวนการวิจัยที่นำเสนอ มีข้อได้เปรียบหลาย  
ประการ ในการส่งเสริมการออกแบบที่ยั่งยืน และช่วยให้  
ผู้ออกแบบและผู้ผลิตสามารถเข้าใจถึงความต้องการของ  
ตลาด แนวทางการออกแบบที่เป็นระบบจากกระบวนการ  
ของการวิจัยนี้ได้เปลี่ยนแนวคิด เรื่องความยั่งยืนจากเพียงแค่

คำศัพท์เฉพาะให้กลายเป็นคุณลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์  
ซึ่งช่วยให้สามารถจัดการกับความท้าทายที่เกิดจาก  
ข้อกำหนดใหม่ของลูกค้าและความแตกต่างทางเทคนิค โดย  
เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความเป็นไปได้ก่อนการ  
ออกแบบ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือในการ  
วิจัยที่นำเสนอและนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อม ทางผู้วิจัยจึงได้  
ทำกรณีศึกษาการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรกับ  
สิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถตอบสนองการออกแบบทั้งความ  
ต้องการของผู้ใช้หลักและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมี  
ประสิทธิภาพ

กรณีที่ไม่พิจารณา (ความขัดแย้ง)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
คุณสมบัติที่ต้องการ โดยพิจารณา	น้ำหนักของวัสดุเชิงเส้นตัน	น้ำหนักของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	ความยาวของวัสดุเชิงเส้นตัน	ความยาวของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	พื้นที่ของวัสดุเชิงเส้นตัน	พื้นที่ของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	ปริมาณของวัสดุเชิงเส้นตัน	ปริมาณของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	ความเร็ว	แรง	แรงดัน	ปริมาตร	เสถียรภาพ
1	น้ำหนักของวัสดุเชิงเส้นตัน	15.8, 29.34	20.17, 38.34	29.2, 35.30	29.2, 40.28	2.8, 5.35	8.10, 10.36	10.14, 1.95					
2	น้ำหนักของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	10.1, 29.35	15.17, 13.2	17.7, 7.17	17.7, 10.40	14.2, 4.35	8.10, 13.28	13.10, 26.39					
3	ความยาวของวัสดุเชิงเส้นตัน	8.15, 2.34	15.17, 4	7.17, 4.35	17.7, 10.40	14.2, 4.35	8.10, 13.28	13.10, 26.39					
4	ความยาวของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	10.1, 29.35	15.17, 13.2	17.7, 7.17	17.7, 10.40	14.2, 4.35	8.10, 13.28	13.10, 26.39					
5	พื้นที่ของวัสดุเชิงเส้นตัน	2.7, 2.4	14.15, 18.4	7.14, 17.4	7.14, 17.4	29.30, 19.30	10.15, 5.34	11.2, 11.2					
6	พื้นที่ของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	30.2, 14.18	26.7, 9.39				1.18, 10.15	35.36, 36.37					
7	ปริมาณของวัสดุเชิงเส้นตัน	2.98, 2.40	1.7, 4.35	1.7, 4.17			29.4, 38.34	6.35, 1.15	28.10, 2.91				
8	ปริมาณของวัสดุที่ไม่ใช่เส้นตัน	35.10, 19.14	35.8, 2.14				2.18, 37	24.35, 7.235	34.28, 35.40				
9	ความเร็ว	4.38, 1.38	13.14, 8	29.30, 34	7.29, 34		13.28, 15.19	6.18, 35.15	28.33, 1.18				
10	แรง	18.13, 1.28	17.19, 9.36	28.10, 28.10	19.10, 15	1.18, 36.37	15.9, 12.37	2.36, 15.12	18.21, 11	10.35, 40.34			
11	แรงดัน	13.29, 10.18	35.10, 36	10.15, 14.16	10.15, 36.28	6.35, 36.27	10, 35.24	6.35, 36.35	35.4, 21	15.10, 2.40			
12	ปริมาตร	15.10, 29.34	13.14, 5.34	14.4, 10.7	14.4, 10.7	7.2, 15.22	35.10, 34.18	35.10, 37.40	34.15, 10.14				
13	เสถียรภาพของวัสดุ	28.35, 1.40	13.15, 1.28	37, 13	39, 13	28.10, 19.39	34.28, 35.40	10.35, 21.16	2.35, 40	22.1, 18.4			
14	ความเสถียร	1.8, 40.15	40.28, 27.1	1.15, 8.35	15.14, 28.28	3.94, 40.29	9.40, 28	14.7, 17.15	8.13, 2.14	10.3, 18.40	10.30, 35.40		
15	ความหนาของวัสดุเชิงเส้นตัน	19.5, 34.31	2.19, 9	3.17, 19	10.2, 19.30		3.35, 5	19.2, 16	14.28, 28.25	13.2, 35			

ภาพที่ 4 ตารางแก้ปัญหาความขัดแย้งทางเทคนิค TRIZ [6]

ดังนั้น แนวทางการออกแบบที่เป็นระบบ จึงได้รับการ  
เสนอ เพื่อสนับสนุนการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน โดย  
อาศัยการระดมสมอง (Brainstorming) รวมกับการใช้  
ฟังก์ชันคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)  
และ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Theory of  
Inventive Problem Solving: TRIZ) โดยวิธีการที่กล่าวนี้มี  
วัตถุประสงค์เพื่อประเมินคำติชมของผู้ใช้งานหลักที่ได้จาก  
บทวิจารณ์ผลิตภัณฑ์ และมีคุณลักษณะตรงตามความ  
ต้องการของผู้ใช้งานหลัก เพื่อนำมาออกแบบตามผลการวิจัย  
ดังกล่าว โดยกรอบกระบวนการวิจัยดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 วิธีการดำเนินงานวิจัยและการออกแบบจรวดดับไฟที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมโดยวิธี QFD และ TRIZ

## 2.1 การทบทวนวรรณกรรม

การออกแบบอย่างยั่งยืนเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการพิจารณากระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน โดยเน้นการตระหนักถึงความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันระหว่างองค์กร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมทางนิเวศน์[24] การผสมผสานแนวคิดการออกแบบที่ยั่งยืนในระหว่างขั้นตอนการออกแบบและการพัฒนาเบื้องต้นถือเป็นสิ่งสำคัญ[25] ตามที่ระบุไว้โดยคณะกรรมการยุโรป[26] ความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์มากกว่า 80% ถูกสร้างขึ้นในช่วงนี้ โดยการตัดสินใจแต่ละครั้งโดยทีมพัฒนาผลิตภัณฑ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบรรลุผลลัพธ์ที่ยั่งยืน [27] Steenis et al. เน้นย้ำเพิ่มเติมว่าการบูรณาการความยั่งยืน[28] เข้ากับความพยายามออกแบบใหม่ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความพึงพอใจของผู้บริโภค แต่ยังเพิ่มความตั้งใจในการซื้ออีกด้วย

หลักการสำคัญของารออกแบบที่ยั่งยืน เช่น การคิดวงจรชีวิต เศรษฐกิจหมุนเวียน การเลือกวัสดุ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การลดของเสีย การออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง การเลียนแบบทางชีวภาพ[29]ได้รับการสำรวจและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ตัวอย่างเช่น ในการก่อสร้าง[30–32] การบรรจุภัณฑ์[33] แพชั่น[34] การขนส่ง[35] เป็นต้น

เทคนิคการออกแบบโดยการใช้ QFD และ TRIZ ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าประสบความสำเร็จในการรวมแนวคิดการออกแบบที่ยั่งยืนเข้ากับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ฟังก์ชันคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)[21] เป็นเครื่องมือในการบริหารคุณภาพและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อกำหนดของ

ลูกค้า ซึ่งมักเรียกว่าเสียงของลูกค้า และคุณลักษณะและข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์หรือบริการ เพื่อจัดแนวการตัดสินใจด้านการออกแบบและการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า โดยสร้าง House of Quality (HOQ) ที่เชื่อมโยงความต้องการของลูกค้ากับคุณลักษณะและข้อมูลจำเพาะของผลิตภัณฑ์หรือบริการ โดย QFD ช่วยผู้ออกแบบในการทำความเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า ปรับปรุงคุณ-ภาพผลิตภัณฑ์หรือบริการ ลดข้อผิดพลาดในการออกแบบและการผลิตและท้ายที่สุดก็เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า โดยทฤษฎี TRIZ พัฒนา [23]ซึ่ง TRIZ จะทำหน้าที่เป็นแนวทางในการช่วยให้ผู้ออกแบบระบุปัญหาได้อย่างรวดเร็วและใช้หลักการที่สร้างสรรค์เพื่อค้นหาวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด แกนหลักของ TRIZ เกี่ยวข้องกับการตรวจหาความขัดแย้งระหว่างพารามิเตอร์การออกแบบที่แตกต่างกัน โดยที่ด้านหนึ่งจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุง ในขณะที่การปรับปรุงก็อาจทำให้อีกด้านแย่ลงได้ กระบวนการนี้ไปสู่การระบุหลักการคิดค้นที่เกี่ยวข้องซึ่งเสนอวิธีแก้ไขปัญหบางส่วน TRIZ ประกอบด้วยหลักการสร้างสรรค์ทั้งหมด 40 ประการ ซึ่งสรุปโดย[23]Genrich-Altshullerและเพื่อนร่วมงานจากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติตัวอย่างครอบคลุม TRIZ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวที่โดดเด่นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโดเมนที่หลากหลาย รวมถึงวิศวกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการพัฒนาเทคโนโลยี ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพของนวัตกรรมได้

การบูรณาการ QFD, TRIZ และวิธีการอื่นๆ ในกระบวนการออกแบบได้รับการสำรวจโดยนักวิชาการจำนวนมาก

ตัวอย่างเช่น Chunjing และคณะ[36] นำเสนอโมเดลการออกแบบนวัตกรรมแบบบูรณาการโดยอิงตามทฤษฎี KANO, QFD และ TRIZ สำหรับการออกแบบเครื่องกรองน้ำ Hameed และคณะ[37] ผสมผสาน FMEA, QFD, TRIZ, LCA และวิธี TOPSIS แบบพีชชีเพื่อออกแบบวาล์วระบายความดัน (PRV) ใหม่ในรูปแบบที่ประหยัด ยั่งยืน และมีนวัตกรรม Li และคณะ[38] เสนอวิธีการออกแบบที่รวมเอาข้อมูลจากบุคลากร VTS, QFD, TRIZ และคุณลักษณะคุณภาพของซอฟต์แวร์เพื่อปรับปรุงการโต้ตอบระหว่างระบบสัญญาณเตือนและผู้ปฏิบัติงาน อีกปัจจัยหนึ่งคือ [2]ด้านความพร้อมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และกฎระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางด้านเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ที่สามารถช่วยสนับสนุนตัดสินใจแบบกลุ่มและลดความลำเอียงในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการแบบเดิมเหล่านี้ มักประสบปัญหาในการปรับตัวให้เข้ากับความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไป

จากการทบทวนวรรณกรรม จะเห็นได้ว่า มีงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการนำเอาวิธี QFD และ TRIZ มาใช้เป็นกระบวนการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในหลากหลายด้าน ซึ่งสามารถถือได้ว่าเป็นการบูรณาการเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีรูปแบบการวิเคราะห์ที่เป็นระบบแบบแผน ผู้วิจัยจึงได้นำกระบวนการวิจัยนี้มากำหนดเป็นกรอบงานวิจัยในการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อใช้หาแนวทางการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม

### 3. การดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

จากการวิจัยที่นำเสนอจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยตรวจสอบและประเมินฟังก์ชันของคุณลักษณะการออกแบบที่แนะนำ ผ่านกระบวนการระดมความคิด (Brainstorming) วิธี QFD และ TRIZ ซึ่งได้ผลการวิจัย ดังนี้

#### 3.1 การระดมความคิด (Brainstorming)

การระดมสมองเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการค้นหา Voice of Customer (VOC) และช่วยให้สามารถออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตรงใจลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น หากนำไปใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น การสัมภาษณ์ลูกค้า การสำรวจความคิดเห็น หรือ การระดมความคิดจากกลุ่มผู้มีความรู้เฉพาะทาง ก็จะทำให้เราได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและ

นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยวิธีการระดมสมองหา Voice of Customer สำหรับการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีวิธีการคือ

1. กำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดให้ชัดเจนว่าต้องการหาข้อมูลอะไรเกี่ยวกับลูกค้า เช่น ความต้องการที่สำคัญที่สุด ปัญหาที่พบเจอ ความคาดหวังที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ คือ

- ในความคิดของท่านจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สมบูรณ์แบบควรมีคุณสมบัติอะไรบ้าง

- ท่านต้องการให้จรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมสามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมแบบใดบ้าง

- ท่านต้องการให้จรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นแบบใด

- ท่านคิดว่าจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมควรมีประสิทธิภาพในการดับไฟป่าควรเป็นแบบใด

ท่านต้องการให้จรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมมีระบบควบคุมการส่งจรวดที่ง่ายต่อการใช้งานหรือไม่

2. เลือกกลุ่มเป้าหมาย การกำหนดกลุ่มผู้ใช้หลักสำหรับจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมนั้นสำคัญมาก เพราะจะช่วยให้เราเข้าใจความต้องการและความคาดหวังของผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจน และนำไปสู่การออกแบบที่ตรงตามความต้องการมากที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนด โดยกลุ่มผู้ใช้หลักที่ควรพิจารณาจาก ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้งานทั้งองค์กรของรัฐและเอกชน ได้แก่

- ตัวแทนอาสาสมัครหรือเจ้าหน้าที่ดับไฟป่า เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานดับไฟป่าโดยตรงจะมีความเข้าใจในสภาพแวดล้อมและปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเป็นอย่างดี

- ตัวแทนเจ้าหน้าที่บรรเทาสาธารณภัยเทศบาล เจ้าหน้าที่ดับเพลิงในเขตชุมชน ซึ่งอาจต้องเผชิญกับไฟป่าในพื้นที่รอบชุมชน

- นักวิทยาศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของไฟป่าต่อสิ่งแวดล้อม

- นักวิจัยด้านวิศวกรรมจรวด มีความรู้ความเข้าใจในด้านเทคโนโลยีและการออกแบบจรวด

- ผู้บริหารหน่วยงานภาครัฐ มีอำนาจในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดซื้อและนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้



QFD-House of Quality โดยมีขั้นตอน คือ

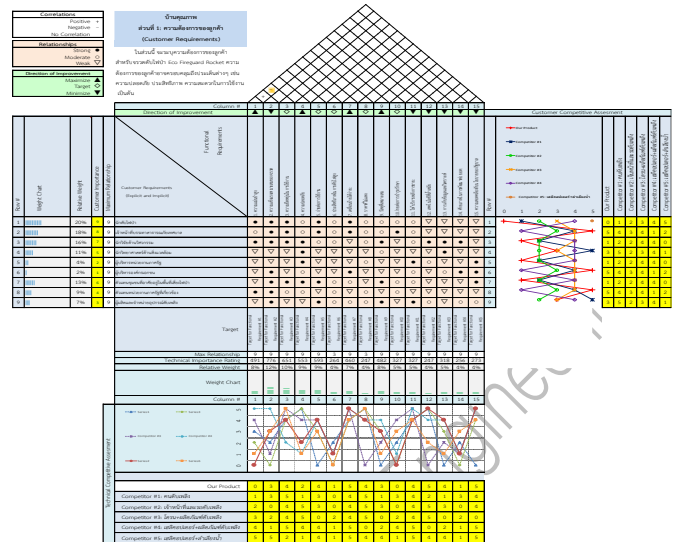
1. การระบุความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) ข้อมูลจากผู้ใช้งาน จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดความต้องการที่ชัดเจน เช่น ความปลอดภัย ความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน ความแข็งแรง ประสิทธิภาพในการดับไฟ ความแข็งแรง เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้งานจริงและความคาดหวังของผู้ใช้งาน อันเป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบ

2. การแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirements) ข้อกำหนดทางเทคนิคจะถูกพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น น้ำหนักของจรวด ความสามารถในการยิงไกล การทนต่อความร้อน ความปลอดภัยของโครงสร้าง และการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งข้อกำหนดเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างของจรวดและเลือกวัสดุที่ใช้

3. การจัดลำดับความสำคัญ (Prioritization) ในกระบวนการ QFD จะมีการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการต่างๆ ของลูกค้าและความสำคัญทางเทคนิค เพื่อให้สามารถมุ่งเน้นที่ประเด็นที่สำคัญที่สุดก่อน เช่น ความปลอดภัยในการใช้งาน อาจได้รับความสำคัญมากกว่าประสิทธิภาพในการดับไฟ การจัดลำดับนี้ช่วยให้ผู้วิจัยเห็นถึงภาพรวมและสามารถวางแผนในการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การสร้างแผนผัง House of Quality เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานและข้อกำหนดทางเทคนิค โดยการทำให้แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ ทำให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงในส่วนหนึ่งของการออกแบบจะส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นๆ อย่างไร การวิเคราะห์นี้ช่วยให้ผู้วิจัย สามารถมีข้อมูลในการตัดสินใจในการออกแบบได้อย่างชัดเจน เพื่อออกแบบจรวดดับไฟที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานหลักมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 7

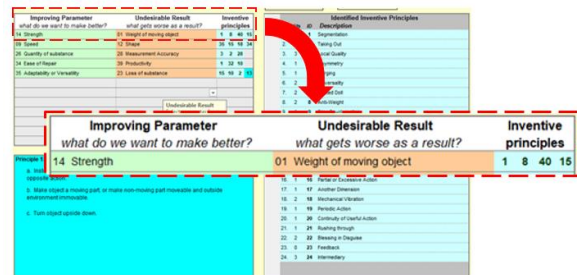
ในการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ผลทางเทคนิคของ QFD-House of Quality เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และใช้ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาโดยพิจารณาความขัดแย้งเชิงเทคนิคให้สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 7 แผนผัง House of Quality ของ จรวดดับไฟที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม

### 3.3 การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ TRIZ

การแก้ไขปัญหาโดยการประยุกต์ใช้แนวทฤษฎี TRIZ 40 มีกระบวนการ 4 ขั้นตอน คือ 1) ปัญหาหรือธรรม ที่ต้องการหาคำตอบและระบุปัญหา 2) ปัญหาเชิงนามธรรมและวิเคราะห์ปัญหา 3) แนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาโดยพิจารณาความขัดแย้งเชิงเทคนิคและกายภาพ 4) แนวทางแก้ปัญหาและแนวทางการปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์ในกระบวนการของ TRIZ เพื่อให้เห็นภาพกระบวนการที่ชัดเจนขึ้นได้ดังนี้



ภาพที่ 8 TRIZ Contradiction Matrix for finding promising Inventive Principles ของจรวดดับไฟที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนที่ 1 ปัญหาหรือธรรม ที่ต้องการหาคำตอบและระบุปัญหา กรณีศึกษา การออกแบบจรวดดับไฟที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม จากข้อมูล QFD ในกรณีที่มีความขัดแย้งเชิงเทคนิค เช่น จรวด ต้องการมีความแข็งแรง และมีความเร็วสูง ซึ่งปัญหาในการออกแบบคือ



- เมื่อต้องการเพิ่มความแข็งแรง ก็ต้องเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพ ส่งผลให้ น้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย
- เมื่อน้ำหนักเพิ่ม คุณสมบัติด้านความเร็วจะลดลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลทางเทคนิคที่ได้จากกระบวนการ QFD นำมาบันทึกลงในตาราง TRIZ ดังแสดงในภาพที่ 8

ขั้นตอนที่ 2 ปัญหาเชิงนามธรรม และวิเคราะห์ปัญหาเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงเทคนิค และ ตัวแปรเสริม จะได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ปัจจัยเทคนิคที่ 14 ความแข็งแรง (Strength) และ ตัวแปรเสริม คือ ความเร็วขณะจรดเคลื่อนที่ในอากาศ ตรงกับปัจจัยเทคนิคที่ 01 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Weight of moving object)

รายละเอียดเพิ่มเติมจาก ภาพที่ 8 โดยเมทริกซ์ความขัดแย้งที่ต้องแก้ไข คือ (14 ความแข็งแรง (Strength)) VS (01 น้ำหนักของจรวด (Weight of moving object))

สามารถอธิบายความขัดแย้งได้ว่า จรวด ที่มีชิ้นส่วนที่แข็งแรงตามมาตรฐานเดิม แต่ไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานหลัก (เกิดความขัดแย้ง) คือ จรวดแบบเดิมจะใช้เหล็กหรือโลหะทำเป็นชิ้นส่วนที่มีความแข็งแรงมากและมีน้ำหนักมากเช่นกัน แต่จากข้อมูล QFD ความต้องการของผู้ใช้งานหลัก คือ อยากรู้ให้น้ำหนักลดลง แต่คงความแข็งแรงไว้เหมือนเดิม ดังนั้น จึงต้องหาแนวทางแก้ไขปัญหานี้ ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 แนวทางในการแก้ปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา พิจารณาความขัดแย้งเชิงเทคนิคและกายภาพ จากขั้นตอนที่ 2 จะเห็นว่า แนวคิดของผู้ใช้งานหลักคือ ต้องการให้ “จรวดแข็งแรงขึ้น แต่ น้ำหนักเบา” จากนั้นมาดูภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่า TRIZ ได้แนะนำหลักการโดยใช้เมทริกซ์ความขัดแย้ง

Improving Parameter <i>what do we want to make better?</i>	Undesirable Result <i>what gets worse as a result?</i>	Inventive principles
14 Strength	01 Weight of moving object	1 8 40 15

ภาพที่ 9 หลักการ TRIZ เมทริกซ์ความขัดแย้ง (14 VS 01)

ซึ่งหลักการ TRIZ ที่แนะนำในภาพที่ 9 เมื่อเปิดตาราง TRIZ มี 4 แนวทางการแก้ไข (1 8 40 15) โดย 1 คือ การแบ่งส่วน (Segmentation) 8 คือ ต่อด้านน้ำหนัก (Counter or Anti-weight), 40 คือ วัสดุคอมโพสิต (composite

materials), 15 คือ พลวัต (dynamicity)

ขั้นตอนที่ 4 แนวทางแก้ปัญหาที่พัฒนาต่อยอดออกมาเป็นแนวทางการปฏิบัติ คือ

แนวทางที่ 1 การแบ่งส่วน คือการแบ่งวัตถุออกเป็น ส่วนย่อยอิสระเพื่อให้มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นมากขึ้น เช่น การออกแบบให้จรวดสามารถแยกชิ้นส่วน

แนวทางที่ 8 ต่อด้านน้ำหนัก คือ การลดน้ำหนักหรือ ขดเขยน้ำหนัก เพื่อสร้างแรงยกตัว ลดความหนาแน่นของ อากาศด้านบนและเพิ่มความหนาแน่นด้านล่าง เช่นออกแบบ ให้ส่วนหัวจรวดไม่มีการต้านลม

แนวทางที่ 40 วัสดุคอมโพสิต (วัสดุผสม) คือ การ เปลี่ยนจากวัสดุแบบเดียวเป็นวัสดุผสม เพื่อเพิ่มคุณสมบัติ เช่น ชิ้นส่วนที่ทำจากเรซินอีพ็อกซีหรือคาร์บอนไฟเบอร์ที่เบา และแข็งแรงกว่าวัสดุโลหะ

แนวทางที่ 15 พลวัต (ความยืดหยุ่นหรือความคล่องตัว) คือ การออกแบบให้ผลิตภัณฑ์หรือออกแบบให้สามารถ ปรับเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อมหรือสภาพการทำงานได้ เช่น การแบ่งวัตถุให้มีชิ้นที่สามารถเคลื่อนไหวสัมพันธ์กันได้ หาก วัตถุหรือกระบวนการไม่ยืดหยุ่น ควรทำให้เคลื่อนไหวหรือ ปรับเปลี่ยนได้ เช่น แท่นยิงจรวดที่ยืดหยุ่นในการติดตั้งบน รถบรรทุก รถหุ่นยนต์ หรือใส่รถลากได้

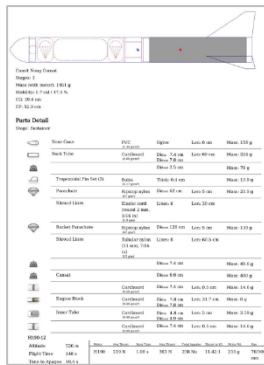
### 3.4 สรุปผลการวิจัย

จากการทำวิจัยที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น พบว่าวิธีการ ออกแบบที่เป็นระบบตามกรอบการวิจัยนี้ ทั้งการใช้เทคนิค ระดมความคิด (Brainstorming), การปรับใช้ฟังก์ชันคุณภาพ ระดมความคิด (Brainstorming), การปรับใช้ฟังก์ชันคุณภาพ (QFD), และ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (TRIZ) วิธีการเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจถึงความต้องการของผู้ใช้งานหลัก ได้อย่างลึกซึ้ง รวมถึงข้อกำหนดทางเทคนิคที่ตอบสนองต่อ ความต้องการและเป้าหมายด้านความยั่งยืน ซึ่งเป็นแนวคิดที่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็น นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี ให้ความเหมาะสม และสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ถือได้ ว่าเป็นกรอบงานวิจัยเพื่อการออกแบบและพัฒนาอย่างยั่งยืน

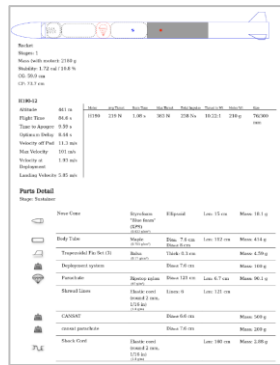
จากการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้งานที่มีความ เกี่ยวข้องกับการใช้งานจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อ สิ่งแวดล้อมได้ให้ความสำคัญกับคุณสมบัติ เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่นในการใช้งาน, ความปลอดภัย, ประสิทธิภาพใน การดับไฟ, ความง่ายในการเคลื่อนย้าย, การบำรุงรักษา, และ

ราคาที่สามารถเข้าถึงได้ ในขณะที่ปัจจัยเสริม เช่น บริการหลังการขาย, เทคโนโลยีที่ล้ำสมัย, และการเก็บข้อมูล เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยจะนำไปพิจารณาในการออกแบบต่อไป

ผลข้อมูลที่ได้จากการวิจัยตามกรอบการวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยได้ นำเอาข้อมูล QFD ไปเป็นแนวทางในการออกแบบ conceptual idea ต้นแบบจรวดที่ออกแบบตามหลักวิศวกรรมจรวดตามภาพที่ 10(ก) และได้ข้อมูลนำแนวทางการปรับแก้ของTRIZทุกหัวข้อไปปรับแก้ที่ conceptual idea ของต้นแบบจรวด จนได้เป็นต้นแบบการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม ตามภาพที่ 10(ข) และเมื่อพิจารณาความแตกต่าง จะเห็นได้ว่า conceptual idea มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ทั้งจรวดมีรูปทรงที่กระตัดรีดขึ้นแต่คงความแข็งแรงเหมือนเดิม ขึ้นส่วนลดลงแต่การทำงานยังเหมือนเดิม เป็นต้น



(ก)



(ข)

ภาพที่ 10 conceptual idea การออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม

(ก) รายละเอียดจรวดฯ จากข้อมูล QFD และออกแบบตามหลักวิศวกรรมจรวด

(ข) รายละเอียดจรวดฯ หลังจากนำแนวทางการปรับแก้ของTRIZไปปรับแก้

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน โดยเน้นการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมเครื่องมือการวิเคราะห์อย่าง QFD และ TRIZ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลจากการระดมความคิด (brainstorming) ชี้ให้เห็นถึงปัจจัยสำคัญ เช่น ความยืดหยุ่น ความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และราคาที่ไม่แพง ซึ่งต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบจรวด ส่วนข้อมูลอื่น ๆ เช่น บริการหลังการขาย และการเก็บข้อมูลก็เป็นสิ่งที่ทีมออกแบบควรพิจารณาในการพัฒนาต่อไป

การวิจัยนี้ยังเสนอทิศทางในอนาคตสำหรับนวัตกรรม เช่น ระบบนำทางอัตโนมัติและเซ็นเซอร์ตรวจจับไฟ เพื่อเพิ่มความสามารถของจรวดในการปฏิบัติงาน การใช้วิธีการ TRIZ ช่วยแสดงให้เห็นถึงการออกแบบที่บูรณาการแนวคิดจากลูกค้าเพื่อสร้างนวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานหลัก งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการใช้ข้อมูลจากผู้ใช้งานและการวิเคราะห์เทคนิคผ่าน QFD และ TRIZ มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุนการผลิต และช่วยให้นวัตกรรมนี้ประสบความสำเร็จ

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของงานวิจัยคือการใช้ข้อมูลจากผู้ใช้งานที่ยังไม่ครอบคลุมทั้งหมด การศึกษาต่อไปควรขยายกลุ่มผู้ใช้งานเพื่อความหลากหลายและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงการพัฒนาวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยและยั่งยืน

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากบทสรุปของงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบจรวดดับไฟป่าที่เป็นนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการหาแนวทางการออกแบบที่เป็นระบบ ซึ่งรวมถึงการใช้เทคนิค ระดมความคิด (Brainstorming), การปรับใช้ฟังก์ชันคุณภาพ (QFD), และ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (TRIZ) วิธีการเหล่านี้ช่วยให้เข้าใจถึงความต้องการของผู้ใช้งานหลักได้อย่างลึกซึ้ง รวมถึงข้อกำหนดทางเทคนิคที่ตอบสนองต่อความต้องการและเป้าหมายเพื่อความยั่งยืน จากการระดมความคิด พบว่าผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับคุณสมบัติเช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความปลอดภัย ประสิทธิภาพ ความง่ายในการเคลื่อนย้าย การบำรุงรักษา และ ราคาที่สามารถเข้าถึงได้ ในขณะที่ปัจจัยเสริม เช่น บริการหลังการขาย เทคโนโลยีที่ล้ำสมัย และการเก็บข้อมูล เป็นข้อมูลที่ทีมพัฒนาจะนำไปใช้ต่อไป

นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้นำเสนอแนวทางสำหรับการพัฒนาวัตกรรมในอนาคต โดยอ้างอิงจากการประเมินทางเทคนิคและข้อเสนอแนะของผู้ใช้งานหลัก รวมถึงแผนงานสำหรับเทคโนโลยีที่ล้ำสมัย เช่น ระบบนำทางอัตโนมัติ และเซ็นเซอร์ตรวจจับไฟ เพื่อพัฒนาจรวดดับไฟป่าที่มีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูง

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการออกแบบที่บูรณาการซึ่งนำข้อเสนอแนะจากลูกค้า QFD และ TRIZ มาใช้ในการปรับปรุงการออกแบบและลดต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตาม

ข้อจำกัดของงานวิจัยคือข้อมูลที่ได้อาจมาจากผู้ใช้งานเฉพาะกลุ่ม จึงควรขยายการศึกษาให้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานหลักให้หลากหลายมากขึ้นในอนาคต.

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้จัดงานประชุมทางวิชาการ เพื่อให้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลงานวิชาการ และขอขอบพระคุณ พล.อ.ต. เจษฎา ศิริรัฐนิคม ผู้เชี่ยวชาญ และที่ปรึกษาด้านงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับจรวดและอาวุธ นำวิถีส และ พ.ท. ไพโรจน์ พิจารณ์ ผู้อำนวยการส่วนความปลอดภัยทางวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ที่ได้ร่วมจัดทำข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และได้ชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงานและแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ ในงานวิจัยนี้ จนได้ข้อมูลทางวิชาการที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

## 7. เอกสารอ้างอิง (References)

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, สถิติการเกิดไฟไหม้ป่าทั่วประเทศ แยกเป็นจังหวัด ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2541-2566 และ รายงานประจำปี พ.ศ. 2558 - 2564 ส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่า, 2567.
- [2] ปริณัฐ บุญนิษฐ, กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินศักยภาพและเลือกแนวทางการใช้ประโยชน์จากกากของเสียอุตสาหกรรม กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 26, 2559.
- [3] ศศิมา สุขสว่าง, แนวทางการนำหลักการของ TRIZ ไปใช้ในกระบวนการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลจาก <https://www.sasimasuk.com/17353699/triz-40> (สืบค้น 19 สิงหาคม 2567)
- [4] สมศักดิ์ สุวรรณมิตร และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รถยนต์บรรทุก 2 ตัน โดยใช้เทคนิค QFD การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รถยนต์บรรทุก 2 ตัน โดยใช้เทคนิค QFD Product, วารสารวิจัย มข. 15 (7) หน้า 656, 2553.

### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [5] Reveille J. et al., The QFD Handbook, Wiley, 1998.
- [6] Altshuller G., S., Creativity as an exact science: the theory of the solution of inventive problems, Schola 2, 79–104 undefined (1984).
- [7] Yi Shuai, Sustainable design, Undefined (2023). doi: 10.4337/9781788974912.s.102
- [8] Bruno G. et al., From a conventional to a sustainable engineering design process: different shades of sustainability. Research Papers in Economics, undefined, 2010.
- [9] Tao J. and Yu S., Product life cycle design for sustainable value creation: Methods of sustainable product development in the context of high value engineering, Proc. CIRP 69, 25–30, 2018.
- [10] Steenis N. et al. Effects of sustainable design strategies on consumer preferences for redesigned packaging. J. Clean. Prod. 205, 854–865, 2018.
- [11] Vezzoli C. et al. Design for sustainability: An introduction. Designing Sustainable Energy for All: Sustainable Product-Service System Design Applied to Distribute Renewable Energy, 103–124, 2018.
- [12] Ahmed, N., et al., Impact of sustainable design in the construction sector on climate change, Ain Shams Eng. J. 12, 1375–1383, 2021.
- [13] Paparella R. and Caini, M., Sustainable design of temporary buildings in emergency situations. Sustainability 14, 8010, 2022.
- [14] Escursell S. et al., Sustainability in e-commerce packaging: A review. J. Clean. Prod. 280, 124314, 2021.
- [15] Claxton S. and Kent A. The management of sustainable fashion design strategies: An analysis of the designer's role. J. Clean. Prod. 268, 122112, 2020.
- [16] Ogryzek M., et al., Sustainable transport: An efficient transportation network Case study. Sustainability, 12, 8274 2020.
- [17] Chunjing L., et al., The creative design of special rewinding machine based on KANO/QFD and TRIZ. Metall. Min. Ind. 2016, 177–183, 2016.

- [18] Hameed A., et al., Sustainable product development using FMEA ECQFD TRIZ and fuzzy TOPSIS. Sustainability 14, 14345, 2022.
- [19] Li F., et al., A user requirement-driven approach incorporating TRIZ and QFD for designing a smart vessel alarm system to reduce alarm fatigue. J. Navig. 73, 212–232, 2020.
- [20] Commission E. Global, E-waste Statistics Partnership, ข้อมูลจาก <https://globalewaste.org/about-us/> (สืบค้น22 สิงหาคม 2567)
- [21] Marshall B., How Rocket Engines Work, Updated: Jun 9, 2023 ข้อมูลจาก<https://science.howstuffworks.com/rocket.html> (สืบค้น28 สิงหาคม 2567)
- [22] Kenneth Crow CUSTOMER-FOCUSED DEVELOPMENT WITH QFD [http://www.gotstogo.com/misc/engineering\\_info/DRM/qfd.html](http://www.gotstogo.com/misc/engineering_info/DRM/qfd.html) (สืบค้น28 สิงหาคม 2567)
- [23] Wang., et. al, Rocket used for forest fire fighting." Undefined, 2011.
- [24] Christopher Craig. Design for Wildfire, doi: 10.4324/9781003183181-38, undefined 2022.
- [25] Perikleous.,G., et al., A Novel Drone Design Based on a Reconfigurable Unmanned Aerial Vehicle for Wildfire Management. Drones, doi: 10.3390/drones8050203, 2024.

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำ :  
กรณีศึกษาประเทศไทย

The Application of Generative Artificial Intelligence in Precision Agriculture :  
A Case Study of Thailand

ไชยรัตน์ ถนอมวงษ์<sup>1</sup>, กร พวงนาค<sup>2</sup>, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล<sup>3</sup>, มัณฑนา เตียวงษ์สุวรรณ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
chairat-tha@rmutp.ac.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร korn.p@rmutp.ac.th

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
natworapol.r@rmutp.ac.th

<sup>4</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร manthana.t@rmutp.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและวิเคราะห์การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำในบริบทของประเทศไทย โดยเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดการใช้ทรัพยากร และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยเริ่มต้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยี AI ในภาคการเกษตร โดยได้ทำการจัดกลุ่มเทคโนโลยีต่างๆ เช่น Machine Learning, Deep Learning, Generative Adversarial Networks (GANs), และ Computer Vision เพื่อวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของแต่ละเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่า AI มีศักยภาพสูงในการปรับปรุงกระบวนการเกษตรแม่นยำ ทั้งในการตรวจจับและจำแนกพืชและวัชพืช การพยากรณ์ผลผลิต และการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ความท้าทายยังคงอยู่ที่การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและการพัฒนาระบบที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย สรุปได้ว่า การวิจัยนี้เสนอแนวทางการพัฒนาการเกษตรแม่นยำโดยใช้ AI ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย มีประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร และสามารถนำไปใช้ได้อย่างยั่งยืนในภาคการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตรในระดับสากลต่อไป

คำสำคัญ (Key word): ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI); การเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture)

## 1. บทนำ (Introduction)

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) กำลังเข้ามา มีบทบาทสำคัญในทุกภาคส่วนของสังคม การเกษตรก็ไม่สามารถจะเลยความสำคัญของการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืน การเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) เป็นหนึ่งในวิธีการที่เน้นการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการจัดการและควบคุมกระบวนการผลิตทางการเกษตร โดยอาศัยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลดิจิทัลอื่นๆ ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย AI เพื่อตัดสินใจในการจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสม เช่น การให้น้ำ การใส่ปุ๋ย และการควบคุมศัตรูพืช การนำ AI เข้ามาใช้ในการเกษตรไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลผลิต แต่ยังลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยในการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีเศรษฐกิจเกษตรกรรมเป็นฐาน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรเพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลก ในปัจจุบัน การเกษตรแม่นยำในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาและทดลองใช้งาน แต่มีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นในอนาคต การนำ AI มาใช้ในภาคการเกษตรไทยนั้นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญและท้าทาย ซึ่งจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาาระบบที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำ โดยเน้นที่กรณีศึกษาของประเทศไทย ซึ่งจะมุ่งเน้นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ AI ในการเกษตร การวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีต่างๆ ที่ถูกนำเสนอ และการสรุปปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณาในการพัฒนาการเกษตรแม่นยำในอนาคต การวิจัยนี้มีความสำคัญในการนำเสนอแนวทางและเทคโนโลยีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตรไทยอย่างยั่งยืน และเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรในระดับสากล

ด้วยเหตุนี้ การวิจัยนี้จะมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนให้ประเทศไทยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

## 2. การประยุกต์ใช้ AI กับงานเกษตรกรรม

การศึกษานี้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงผสม (Mixed-Methods Research) ซึ่งผสมผสานทั้งการวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้และ

ครบถ้วนในการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำในประเทศไทย โดยกระบวนการวิจัยได้ดำเนินการผ่านขั้นตอนต่างๆ ที่ชัดเจนเพื่อให้มั่นใจได้ว่าการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลองและศึกษาเพิ่มเติมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เริ่มต้นด้วยการระบุปัญหาและความต้องการของการเกษตรแม่นยำในบริบทของประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันของเกษตรกรไทย รวมถึงปัญหาที่พบในการเพาะปลูก เช่น การควบคุมวัชพืช การจัดการศัตรูพืช และการคาดการณ์ผลผลิต การวิเคราะห์นี้ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้ศึกษาเอกสารและบทความวิจัยที่เผยแพร่แล้วจำนวน 23 บทความ ทั้งนี้ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ประกอบการวิจัยสำหรับการประยุกต์ใช้ AI ในการเกษตรแม่นยำ

ขั้นตอนถัดมาคือการเลือกเครื่องมือและเทคนิคการวิจัยที่เหมาะสม การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือ AI เช่น Machine Learning (ML) และ Deep Learning (DL) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาการตรวจจับและจำแนกพืชวัชพืช และศัตรูพืช นอกจากนี้ยังมีการใช้ Generative Adversarial Networks (GANs) ในการสร้างข้อมูลสังเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการฝึกโมเดล AI สำหรับการตรวจจับและจำแนกพืชและวัชพืชในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อน ทั้งนี้ การเลือกใช้เทคนิคและเครื่องมือดังกล่าวนี้ ได้พิจารณาจากความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในบริบทของเกษตรกรไทย

จากนั้นทำการรวบรวมและจัดการข้อมูล (Data Collection and Management) โดยการรวบรวมข้อมูลได้ดำเนินการในสองลักษณะ ได้แก่ ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตรและผู้เชี่ยวชาญด้าน AI เพื่อรับทราบความคิดเห็นและแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร และข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ในพื้นที่เพาะปลูก การจัดการข้อมูลประกอบด้วย การจัดเก็บ การทำความสะอาด (Data Cleaning) และการเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ เช่น การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถป้อนเข้าสู่โมเดล AI ได้ การประมวลผลข้อมูลนี้ใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม (Clustering) และการจำแนก (Classification) ซึ่งช่วยในการแยกแยะระหว่างพืชและวัชพืช รวมถึงการตรวจสอบสถานะของพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลา

หลังจากการรวบรวมและจัดการข้อมูลเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปคือการฝึกอบรมและทดสอบโมเดล AI โดยในขั้นตอนนี้

ได้ใช้ข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ในขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อฝึกโมเดล ML และ DL ที่เลือกใช้ เช่น YOLOv5 และ Convolutional Neural Networks (CNNs) สำหรับการตรวจจับและจำแนกพืชและวัชพืช นอกจากนี้ยังได้ใช้ Generative AI เช่น GANs เพื่อสร้างข้อมูลสังเคราะห์ที่สามารถนำมาใช้ในการฝึกโมเดลเพื่อลดความจำเป็นในการใช้ข้อมูลที่ต้องเก็บจากภาคสนามในปริมาณมากๆ กระบวนการฝึกอบรมโมเดลประกอบด้วย การปรับค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (Hyperparameter Tuning) การทดสอบความถูกต้องของโมเดล (Model Validation) และการปรับปรุงโมเดลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น

ขั้นตอนถัดมาคือการวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Data Analysis) ซึ่งประกอบด้วย การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดล AI กับข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม เพื่อประเมินความแม่นยำและประสิทธิภาพของโมเดลในการตรวจจับและจำแนกพืชและวัชพืช นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้ AI ต่อกระบวนการเพาะปลูก เช่น การลดการใช้สารเคมี การประหยัดทรัพยากรน้ำ และการเพิ่มผลผลิต รวมถึงวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำโมเดล AI ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย

หลังจากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ขั้นตอนสุดท้ายคือการสรุปและนำเสนอผลการวิจัย (Conclusion and Presentation) ซึ่งได้สรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า รวมถึงเสนอแนวทางในการพัฒนา AI เพื่อการเกษตรในอนาคต เช่น การปรับปรุงโมเดล AI ให้มีความสามารถในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การพัฒนาชุดข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้นเพื่อฝึกโมเดล AI และการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจจับและจำแนกพืชและวัชพืชที่สามารถใช้ได้จริงในพื้นที่เพาะปลูกที่มีสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การนำเสนอผลการวิจัยได้ดำเนินการผ่านเอกสารวิชาการที่อ้างอิงตามหลักวิชาการอย่างเคร่งครัด รวมถึงการนำเสนอผลงานวิจัยในเวทีประชุมวิชาการและการสัมมนาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นระหว่างนักวิจัยและผู้ใช้งานในภาคเกษตร

ด้วยกระบวนการวิจัยที่เป็นระบบและครอบคลุมนี้ ทำให้การศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบกลุ่มเทคโนโลยีของงานวิจัย

กลุ่มเทคโนโลยี	บทความ	ข้อดี	ข้อเสีย
Machine Learning (ML) และ Deep Learning (DL) Generative Adversarial Networks (GANs)	Revolutionizing Agriculture: Machine and Deep Learning Solutions for Enhanced Crop Quality and Weed Control	- ความแม่นยำสูงในการตรวจจับและจำแนกพืชและวัชพืช - สามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์	- ต้องการข้อมูลจำนวนมากในการฝึกฝนโมเดล - ใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง
	Exploring the Integration of Digital Twin and Generative AI in Agriculture	- ผสานการทำงานของ AI กับแบบจำลองเสมือนจริง - เพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์	- ความซับซ้อนในการพัฒนาและการปรับใช้

Generative AI ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำในประเทศไทย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาการเกษตรไทยให้มีความยั่งยืนและสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก

### 3. การเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ผ่านมา

การพัฒนาเทคโนโลยีในภาคการเกษตร โดยเฉพาะการนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Deep Learning มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาการเกษตรแม่นยำในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีก้าวหน้าอย่างมาก เทคโนโลยีที่สำคัญ ได้แก่ การใช้ Machine Learning (ML), Deep Learning (DL) และ Generative Adversarial Networks (GANs) ซึ่งมี การใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การตรวจจับและจำแนกพืช, การควบคุมวัชพืช, และการคาดการณ์ผลผลิต

#### 3.1 การใช้ Machine Learning และ Deep Learning ในการตรวจจับพืชและวัชพืช

งานวิจัยหลายชิ้นได้ใช้ CNN ในการตรวจจับและจำแนกวัชพืชในพืชเพาะปลูกต่างๆ เช่น งานของ Jin et al. [4], Yu et al. [9], และ Subeesh et al. [3][15][20] โดย CNN สามารถเรียนรู้คุณลักษณะของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถจำแนกวัชพืชและพืชเพาะปลูกได้อย่างแม่นยำ ข้อดีของวิธีการนี้คือความแม่นยำสูงและความสามารถในการจัดการกับข้อมูลภาพที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดคือความต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่สูงและความซับซ้อนในการฝึกโมเดล

#### 3.2 การใช้ Generative Adversarial Networks (GANs) ในการสร้างภาพสังเคราะห์

GAN ถูกนำมาใช้ในการสร้างภาพสังเคราะห์เพื่อเพิ่มขนาดชุดข้อมูลและปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ เช่น งานของ Espejo-Garcia et al. [2][16][21] และ Rizvi et al. [11][13] การใช้ GAN ช่วยในการสร้างภาพที่มีคุณภาพสูงและมีความหลากหลาย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการฝึกโมเดล AI อย่างไรก็ตาม การฝึก GAN ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูงและอาจมีความซับซ้อนในการปรับค่าพารามิเตอร์

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบกลุ่มเทคโนโลยีของงานวิจัย (ต่อ)

	A Deep Learning Approach Incorporating YOLOv5 for Field Weed Detection	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความแม่นยำสูงในการตรวจจับวัชพืชในพื้นที่เพาะปลูก</li> <li>- สามารถปรับใช้ในงานเรียลไทม์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์และการปรับแต่งโมเดลที่ซับซ้อน</li> </ul>
	Combining Generative Adversarial Networks and Agricultural Transfer Learning for Weeds Identification	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สามารถสร้างข้อมูลสังเคราะห์สำหรับฝึกโมเดล</li> <li>- ลดความจำเป็นในการใช้ข้อมูลจริง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการทรัพยากรในการประมวลผลสูง</li> <li>- ความซับซ้อนในการปรับแต่งโมเดล</li> </ul>
	Revolutionizing Farming with GAN-enhanced Imaging: CNN-based Disease Detection and LLM Farmer Assistant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับและวินิจฉัยโรคพืช</li> <li>- ช่วยให้สามารถฝึกโมเดลได้ในสภาพแวดล้อมที่ข้อมูลจำกัด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการการปรับแต่งโมเดลที่ซับซ้อน</li> <li>- การพัฒนาที่ใช้เวลานาน</li> </ul>
	Generative AI-based Land Cover Classification via Federated Learning CNNs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผสาน GANs กับ Federated Learning</li> <li>- ลดการใช้ข้อมูลจริงและเพิ่มความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง</li> <li>- ซับซ้อนในการปรับแต่งและการใช้งาน</li> </ul>
Computer Vision และการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม เทคนิคแบบ Federated Learning	Deep Learning Techniques for Weed Detection in Agricultural Environments: A Comprehensive Review	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับวัชพืช</li> <li>- ใช้ภาพจาก UAV และดาวเทียมเพื่อวิเคราะห์สภาพพื้นที่เพาะปลูก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้นทุนในการใช้โดรนและภาพถ่ายดาวเทียมสูง</li> <li>- ต้องการการฝึกอบรมที่เฉพาะเจาะจง</li> </ul>
	Classification of Satellite Agriculture Imagery to Identify Crop Type Using Deep Learning Techniques: A Review	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ช่วยในการระบุประเภทพืชจากภาพถ่ายดาวเทียม</li> <li>- สามารถตรวจสอบพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความแม่นยำขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพ</li> <li>- ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง</li> </ul>
	Transformer Neural Network for Weed and Crop Classification of High-Resolution UAV Images	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สามารถจัดการกับภาพที่มีความซับซ้อนสูง</li> <li>- เพิ่มความแม่นยำในการจำแนกวัชพืชและพืชในภาพความละเอียดสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการเวลาฝึกอบรมโมเดลมาก</li> <li>- ซับซ้อนในการปรับแต่งโมเดล</li> </ul>
	AI-based Land Cover Classification via Federated Learning CNNs: Sustainable Insights from UAV Imagery	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล</li> <li>- สามารถประมวลผลข้อมูลจากหลายแหล่งได้พร้อมกัน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เสถียรและรวดเร็ว</li> <li>- ต้องการการจัดการข้อมูลที่ซับซ้อน</li> </ul>
	Self-Supervised Multisensor Change Detection	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สามารถประมวลผลข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ได้พร้อมกัน</li> <li>- ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความซับซ้อนในการพัฒนาและการปรับแต่งโมเดล</li> <li>- ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง</li> </ul>
การประยุกต์ใช้ Deep Learning ในการคาดการณ์	Adaptive Deep Learning Framework for Agricultural Yield Prediction using Generative AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความแม่นยำสูงในการพยากรณ์ผลผลิต</li> <li>- ปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง</li> <li>- ซับซ้อนในการฝึกอบรมและปรับแต่งโมเดล</li> </ul>
	Survey of Internet of Things Applications using Raspberry Pi and Computer Vision	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้ IoT ร่วมกับ Computer Vision เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่เพาะปลูก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ข้อจำกัดในด้านทรัพยากรและต้นทุน</li> <li>- การปรับแต่งโมเดลที่ซับซ้อน</li> </ul>
	AI-enabled Predictive Maintenance of Wind Generators	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรในภาคการเกษตร</li> <li>- ลดความเสี่ยงของการเสียหายและการหยุดชะงัก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการการวิเคราะห์และปรับแต่งโมเดลที่เฉพาะเจาะจง</li> <li>- ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ใช้สูง</li> </ul>



จากการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ผ่านมา พบว่ามีความก้าวหน้าอย่างมากในด้านการนำ AI มาใช้ในการพัฒนาเกษตรแม่นยำ เทคโนโลยีเช่น YOLO และ CNN มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับพืชและวัชพืช ขณะที่ GANs มีบทบาทสำคัญในการสร้างข้อมูลเสริมเพื่อฝึกฝนโมเดล AI อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในภาคเกษตรกรรมยังมีความท้าทายในเรื่องของการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่สูง การสร้างและการจัดการข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติมเพื่อลดความซับซ้อนและเพิ่มความยั่งยืนในระยะยาว

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

การวิจัยและพัฒนาในภาคการเกษตรกำลังเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญในยุคดิจิทัลและการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ ทำให้การวิจัยเพื่อสร้างความยั่งยืนในภาคการเกษตรมีความสำคัญมากขึ้น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) กำลังมีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิตและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในอนาคต แนวทางการวิจัยทางการเกษตรจะต้องเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีที่ไม่เพียงแต่มีประสิทธิภาพสูง แต่ยังต้องมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและบริบทที่หลากหลายของพื้นที่การเกษตรทั่วโลก

หนึ่งในแนวทางการวิจัยที่สำคัญคือการพัฒนาระบบ AI ที่สามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีข้อมูลจำกัด เทคโนโลยีเช่น Generative Adversarial Networks (GANs) สามารถช่วยสร้างข้อมูลสังเคราะห์ที่มีคุณภาพสูงเพื่อใช้ในการฝึกอบรมโมเดล AI ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่ขาดแคลนข้อมูลได้ นอกจากนี้ การใช้ Federated Learning เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถฝึกอบรมโมเดล AI จากข้อมูลที่มาจากหลายแหล่งโดยไม่ต้องแชร์ข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งช่วยรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและเพิ่มความแม่นยำของโมเดล

อีกหนึ่งแนวทางที่สำคัญคือการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรที่สามารถลดการใช้ทรัพยากร เช่น น้ำ สารเคมี และพลังงาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของภาคการเกษตรอย่างมาก AI สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการใช้ทรัพยากรเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม เช่น การคำนวณปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการชลประทานในแต่ละช่วงเวลา การพยากรณ์สภาพอากาศและการตรวจจับศัตรูพืชแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะช่วยลดการใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็นและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การผสมผสานเทคโนโลยีการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) เข้ากับ AI เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่สำคัญ

สำหรับการเกษตรในอนาคต การใช้โดรนและภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์สภาพพื้นที่เพาะปลูกจะช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามการเจริญเติบโตของพืชและตรวจสอบปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เช่น การระบุพื้นที่ที่ต้องการการดูแลเพิ่มเติมหรือการตรวจจับโรคพืชตั้งแต่เนิ่นๆ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการสูญเสียที่ไม่จำเป็น

อย่างไรก็ตาม ความท้าทายที่สำคัญคือการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในพื้นที่เพาะปลูกที่มีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาโมเดล AI ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ รวมถึงการสร้างเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและมีต้นทุนต่ำ เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีเหล่านี้ได้อย่างแพร่หลาย

สรุปได้ว่า แนวทางการวิจัยในอนาคตสำหรับการเกษตรเพื่อความยั่งยืนควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยี AI ที่สามารถปรับตัวเข้ากับบริบทที่หลากหลาย มีประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูกที่มีข้อจำกัดต่างๆ การพัฒนาในแนวทางนี้จะช่วยให้ภาคการเกษตรสามารถตอบสนองต่อความท้าทายในอนาคตและสร้างความยั่งยืนให้กับภาคการเกษตรของโลกได้อย่างแท้จริง

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการทบทวนวรรณกรรมและการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เทคโนโลยีเช่น Machine Learning (ML), Deep Learning (DL), Generative Adversarial Networks (GANs), และ Computer Vision มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับและจำแนกพืช วัชพืช และศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยพบว่าการใช้เทคโนโลยี AI เช่น YOLO และ CNN ในการตรวจจับพืชและวัชพืชสามารถเพิ่มความแม่นยำและลดการใช้ทรัพยากรในการเพาะปลูกได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การใช้ GANs ในการสร้างภาพสังเคราะห์สำหรับการฝึกโมเดล AI ยังช่วยลดความจำเป็นในการใช้ข้อมูลจริงในปริมาณมาก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาโมเดล AI ในสภาพแวดล้อมที่มีข้อมูลจำกัด

อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้ในภาคการเกษตรยังมีความท้าทายหลายประการ เช่น ความ

ต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง ความยากลำบากในการปรับใช้เทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และการขาดความรู้และความชำนาญในการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ดังนั้นการวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การลดต้นทุนการใช้เทคโนโลยี และการพัฒนาความรู้และทักษะในการใช้เทคโนโลยี AI ในภาคการเกษตร

สรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ AI ในการเกษตรแม่นยำมีศักยภาพอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของการเกษตรในประเทศไทย การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี

ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยจะเป็นกุญแจสำคัญในการทำให้ภาคการเกษตรไทยสามารถเผชิญหน้ากับความท้าทายในอนาคตและสร้างความยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมเกษตรได้อย่างแท้จริง

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับทำการวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Wang, A., Zhang, W., and Wei, X., "A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques", *Comput. Electron. Agricult.*, Vol. 158, 2020.
- [2] Espejo-Garcia, B., Mylonas, N., Athanasakos, L., and Fountas, S., "Combining generative adversarial networks and agricultural transfer learning for weeds identification", *Biosyst. Eng.*, Vol. 204, 2021.
- [3] Subeesh, A., Bhole, S., Singh, K., Chandel, N. S., and Rajwade, Y. A., "Deep convolutional neural network models for weed detection in polyhouse grown bell peppers", *Artif. Intell. Agricult.*, Vol. 6, 2021.
- [4] Jin, X., Bagavathiannan, M., Maity, A., Chen, Y., and Yu, J., "Deep learning for detecting herbicide weed control spectrum in turfgrass", *Plant Methods*, Vol. 18, 2022.
- [5] Razfar, N., True, J., Bassiouny, R., Venkatesh, V., and Kashef, R., "Weed detection in soybean crops using custom lightweight deep learning models", *J. Agricult. Food Res.*, Vol. 8, 2022.
- [6] Zhang, J.-L., Su, W.-H., Zhang, H.-Y., and Peng, Y., "SE-YOLOv5x: An optimized model based on transfer learning and visual attention mechanism

- for identifying and localizing weeds and vegetables", *Agronomy*, Vol. 12, No. 9, 2022.
- [7] Reedha, R., Dericquebourg, E., Canals, R., and Hafiane, A., "Transformer neural network for weed and crop classification of high resolution UAV images", *Remote Sens.*, Vol. 14, No. 3, 2022.
- [8] Hennessy, P. J., Esau, T. J., Schumann, A. W., and White, S. N., "Meta deep learning using minimal training images for weed classification in wild blueberry", *Tech. Rep.*, 2022.
- [9] Yu, J., Sharpe, S. M., Schumann, A. W., and Boyd, N. S., "Deep learning for image-based weed detection in turfgrass", *Eur. J. Agronomy*, Vol. 104, 2022.
- [10] Rizvi, S. M. H., Naseer, A., Rehman, S. U., and Akram, S., "Revolutionizing agriculture: Machine and deep learning solutions for enhanced crop quality and weed control", *IEEE Access*, Vol. 12, 2023.
- [11] Rizvi, S. M. H., Naseer, A., Rehman, S. U., and Akram, S., "Exploring the integration of digital twin and generative AI in agriculture", *IEEE Access*, Vol. 12, 2023.
- [12] Wang, Q., Cheng, M., Huang, S., Cai, Z., Zhang, J., and Yuan, H., "A deep learning approach

- incorporating YOLOv5 and attention mechanisms for field real-time detection of the invasive weed *solanum rostratum* dunal seedlings", *Comput. Electron. Agricult.*, Vol. 199, 2023.
- [13] Rizvi, S. M. H., Naseer, A., Rehman, S. U., and Akram, S., "Generative AI-based land cover classification via federated learning CNNs: Sustainable insights from UAV imagery", *IEEE Access*, Vol. 12, 2023.
- [14] Reedha, R., Dericquebourg, E., Canals, R., and Hafiane, A., "Optimized machine learning model for precision weed detection", *Plant Methods*, Vol. 18, 2023.
- [15] Subeesh, A., Bhole, S., Singh, K., Chandel, N. S., and Rajwade, Y. A., "Adaptive deep learning framework for agricultural yield prediction using generative AI", *IEEE Access*, Vol. 12, 2023.
- [16] Espejo-Garcia, B., Mylonas, N., Athanasakos, L., and Fountas, S., "Revolutionizing farming with GAN-enhanced imaging: CNN-based disease detection and LLM farmer assistant", *Biosyst. Eng.*, Vol. 204, 2023.
- [17] Rizvi, S. M. H., Naseer, A., Rehman, S. U., and Akram, S., "Revolutionizing agriculture: Machine and deep learning solutions for enhanced crop quality and weed control", *IEEE Access*, Vol. 12, 2024.
- [18] Jin, X., Bagavathiannan, M., Maity, A., Chen, Y., and Yu, J., "Deep learning for detecting herbicide weed control spectrum in turfgrass", *Plant Methods*, Vol. 19, 2024.
- [19] Zhang, J.-L., Su, W.-H., Zhang, H.-Y., and Peng, Y., "SE-YOLOv5x: An optimized model based on transfer learning and visual attention mechanism for identifying and localizing weeds and vegetables", *Agronomy*, Vol. 13, No. 1, 2024.
- [20] Subeesh, A., Bhole, S., Singh, K., Chandel, N. S., and Rajwade, Y. A., "Adaptive deep learning framework for agricultural yield prediction using generative AI", *IEEE Access*, Vol. 13, 2024.
- [21] Espejo-Garcia, B., Mylonas, N., Athanasakos, L., and Fountas, S., "Revolutionizing farming with GAN-enhanced imaging: CNN-based disease detection and LLM farmer assistant", *Biosyst. Eng.*, Vol. 205, 2024.
- [22] Razfar, N., True, J., Bassiouny, R., Venkatesh, V., and Kashef, R., "Weed detection in soybean crops using custom lightweight deep learning models", *J. Agricult. Food Res.*, Vol. 9, 2024.
- [23] Rizvi, S. M. H., Naseer, A., Rehman, S. U., and Akram, S., "Revolutionizing agriculture: Machine and deep learning solutions for enhanced crop quality and weed control", *IEEE Access*, Vol. 13, 2024.

## การศึกษาการนำวัชพืชผักตบชวามาใช้ผลิตแผ่นผนังบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน Study on the Use of Water Hyacinth in Wall Panel Production based on Circular Economy

ลิสสา มิตรประยูร, กฤษฎา กาญจนรัชต์, อีระเชษฐ์ แพ่งธีระสุขมัย และ สุวิทย์ แพงกันยา

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800, LISA-MI@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่ทำลายระบบนิเวศน์ทางน้ำ สัตว์น้ำ พืชใต้น้ำ รวมถึงการคมนาคมทางน้ำ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อมนุษย์ชาติ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม นับเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องรีบแก้ไข ผู้วิจัยจึงตั้งศึกษาภาพของเส้นใยผักตบชวาออกมามีประโยชน์ ด้วยความคิดที่จะนำเอาผักตบชวามาใช้เป็นวัสดุในการทำแผ่นผนังผักตบชวาเพอโรซีเมนต์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางและการประยุกต์ใช้ในการนำวัชพืชผักตบชวามาใช้ในการผลิตแผ่นผนังบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียนผลิต เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากนั้นทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ รูปร่างลักษณะ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การนำความร้อน การกันเสียง ศึกษาสมบัติเชิงกล ได้แก่ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด รวมถึงเวลาและต้นทุน ของผักตบชวาเพอโรซีเมนต์ การทำผนังแผ่นผนังผักตบชวาเพอโรซีเมนต์นี้เป็นการสร้างนวัตกรรมใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อวงการก่อสร้าง และสามารถลดการใช้กรด หิน ทราย ลง ทำให้ราคาต่อแผ่นผนังผักตบชวาเพอโรซีเมนต์ มีน้ำหนักลดลง เป็นฉนวนกันความร้อน กันเสียง ทำให้ต้นทุนการก่อสร้างลดลง และสามารถทำให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน และลดสภาวะโลกร้อนลงได้ระดับหนึ่ง งานวิจัยนี้สามารถสร้างคุณค่าเป็นอย่างมากมาต่อชีวิตมนุษย์ สังคม เศรษฐกิจหมุนเวียน และความยั่งยืนของมวลมนุษยชาติ

**คำสำคัญ:** แผ่นผนังผักตบชวาเพอโรซีเมนต์ซีเมนต์; ผักตบชวา; นวัตกรรมใหม่; เศรษฐกิจหมุนเวียน; ความยั่งยืน

## Abstract

Water hyacinth is an aquatic weed that destroys the aquatic ecosystem, aquatic animals, underwater plants, and water transportation, causing damage to humanity in terms of economy, society, and environment. It is an urgent problem that needs to be solved immediately. Therefore, the research team has drawn on the potential of water hyacinth fibers with the idea of using water hyacinth as a material for making ferro-cement water hyacinth wall panels. This research aims to study the approach and application of water hyacinth in the production of wall panels based on the circular economy to maximize the benefits. Then, the physical properties were studied, including shape, density, water absorption, heat conduction, and sound insulation. The mechanical properties were studied, including compressive strength, tensile strength, and bending strength, as well as time and cost of ferro-cement water hyacinth. The production of ferro-cement water hyacinth wall panels is a new innovation that maximizes the benefits for the construction industry and can reduce the use of gravel, stones, and sand, reducing the price per ferro-cement water hyacinth wall panel. It is a heat and sound insulator, reducing construction costs, and can be used to create energy-saving buildings and reduce global warming to some extent. This research can create a lot of value for human life, society, circular economy and sustainability of humanity.

**Keywords:** Ferro-cement water hyacinth wall panels; Water hyacinth; Innovation; Circular economy; Sustainability

## 1. บทนำ (Introduction)

ผักตบชวา มีแหล่งกำเนิดในทวีปอเมริกา ที่ประเทศบราซิล มีคนนำไปปลูกในอังกฤษ เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ อินโดนีเซีย ในสวนพฤกษศาสตร์ เมองโบกอร์ เมื่อ พ.ศ. 2424 จากนั้นมีคนนำเข้ามาในประเทศไทย แล้วแพร่ขยายพันธุ์จนทั่วประเทศไทย นอกจากนี้โรคบางชนิดยังพบได้ในผู้คนที่อาศัยอยู่บริเวณน้ำอีกด้วย ผักตบชวาอาจเป็นที่อาศัยของสัตว์น้ำบางชนิดที่เป็นพาหะนำโรค เช่น หอยไบธเนีย (Bithynia) ซึ่งเป็นพาหะนำโรคพยาธิใบไม้ในตับ เป็นที่อาศัยของลูกน้ำของยุงนำโรคเท้าช้าง ลูกน้ำของยุงชนิดนี้มีปากที่สามารถเจาะไชรากผักตบชวา เพื่อใช้เป็นที่พักอาศัย นอกจากนั้นน้ำที่ค้างตามซอกใบผักตบชวาก็เป็นที่อยู่อาศัยวางไข่ของยุงชนิดอื่น ๆ ได้อีก จนต้องเกิดการตราพระราชบัญญัติ เกี่ยวกับผักตบชวาในประเทศไทยขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2456 [1] ผักตบชวา (water hyacinths) เป็นวัชพืชที่เติบโตได้เร็วมาก และกีดขวางทางเดินของน้ำในแม่น้ำลำคลอง ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีย และภาครัฐได้เสียงบประมาณในการกำจัดมาก เช่นกรณีของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาใช้กำลังคนถึง 200 คน ในการกำจัดผักตบชวาในแม่น้ำ และลำคลองถึง 300,000 ต้น นับเป็นปัญหาระดับชาติ และจากแผนยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) “ยุทธศาสตร์ที่ 4 การจัดการคุณภาพน้ำ: การควบคุมระดับความเค็มปากแม่น้ำ ณ จุดควบคุม ไม่ให้เกินมาตรฐานของเกษตรและการประปา ทั้งการใช้น้ำจืดผลักดันน้ำเค็มและการก่อสร้างอาคารป้องกันการรุกของน้ำเค็ม การกำจัดวัชพืชและขยะมูลฝอยในแหล่งน้ำ โดยดำเนินการขุดลอกและกำจัดวัชพืชต่าง ๆ ในแหล่งน้ำเพื่อลดการกีดขวางการระบายน้ำและความเน่าเสียของแหล่งน้ำ” [2]

ความมุ่งหมายของงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการศึกษาการใช้ผักตบชวา ในการทำแผ่นผนังผักตบชวาเฟอโรซีเมนต์ โดยการนำเอาผักตบชวาไปเป็นส่วนประกอบ แล้วทำการขึ้นรูปขึ้นงานหุ้มผักตบชวาด้วยปูนทราย ซึ่งเรียกวาสเฟอโรซีเมนต์ จากนั้นนำแผ่นผนังหรือเรียกว่าอิฐ นำไปก่อเป็นผนังต่อไป

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อทำแผ่นผนังหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อิฐผักตบชวาเฟอโรซีเมนต์ โดยทำการเปรียบเทียบกับ แผ่นผนังหรืออิฐที่นิยมใช้กันในปัจจุบันได้แก่ อิฐมวลเบา อิฐบล็อก และอิฐมอญ เพื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติด้านต่างๆเช่น มลพิษที่เกิดจากการผลิตที่ส่งผลต่อ

สภาวะโลกร้อน วัสดุที่ใช้ งาน ที่กระบวนการผลิตทำลายสิ่งแวดล้อม เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง รวมถึงการลดน้ำหนักของผนัง การประหยัดพลังงาน ลดเวลาการก่อสร้าง และลดต้นทุนในการก่อสร้าง

เหตุผลที่สำคัญ คือเพื่อลดสภาวะโลกร้อนทางอ้อมจากกระบวนการการกำจัดของเสียเหล่านี้ ที่ปัจจุบันได้ส่งผลเสียอย่างมากมายต่อมวลมนุษยชาติทั่วโลก ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโลก ลดต้นทุนในการผลิตก่อนอิฐ และเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรมใหม่ในการผลิตก่อนอิฐเพื่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

ปัจจุบันมีการใช้เส้นใยธรรมชาติมาเสริมกำลังในพอลิเมอร์คอมโพสิตเพื่อผลิตวัสดุต้นทุนต่ำของงานทางด้านวิศวกรรม ซึ่งได้สร้างความสนใจอย่างมากทั่วโลก เพราะยังสามารถช่วยสิ่งแวดล้อมโลกได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

คณะผู้วิจัยจึงตั้งศักยภาพการใช้เส้นใยผักตบชวา ออกมาใช้ประโยชน์ ในการสร้างนวัตกรรมใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อวงการก่อสร้าง

สถานการณ์ที่เกิดมลพิษทางน้ำในประเทศไทยนั้น ตัวอย่างเช่น กรณีน้ำในแม่น้ำท่าจีน จังหวัดนครปฐม ตรวจพบว่า คุณภาพน้ำไม่ติจากการที่โรงงานต่าง ๆ ชาวบ้าน แหล่งบริเวณชุมชน และชาวบ้านที่ทำการเกษตร บริเวณริมแม่น้ำท่าจีนได้ปล่อยน้ำเสียลงในแม่น้ำ ทำให้คุณภาพน้ำในน้ำท่าจีนตอนล่างอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก ตรวจพบว่า ค่าเฉลี่ย DO เท่ากับ 2.1 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ย BOD เท่ากับ 2.6 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเท่ากับ 24,529 หน่วย สรุปได้ว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนมีความเสื่อมโทรมมาก [3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการนำวัชพืช ผักตบชวามาใช้ผลิตแผ่นผนังบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อ

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมอัตราส่วนสำหรับการผลิตอิฐ

ผักตบชวาเฟอโรซีเมนต์ เป็นส่วนผสมในขั้นตอนทำ

2. ศึกษาผลของสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล ความทนทาน การดูดซึมน้ำ และสมบัติการเป็นฉนวนกัน

ความร้อนและฉนวนกันเสียง ของอิฐบล็อกซีเมนต์ โดยยังคงความแข็งแรงของอิฐบล็อกประสานให้เป็นไปตามมาตรฐาน

3. เพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์จากผักตบชวา ในการที่จะลดต้นทุน ลดเวลา ประหยัดพลังงาน

4. เพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ นับเป็นกลยุทธ์ในการสร้างผลงานผลิตภัณฑ์และการบริการในการขายด้วยการใช้ทรัพยากรที่เรามีอยู่นั้นให้มีประโยชน์สูงสุด และให้การดำเนินการธุรกิจเกิดความเจริญรุ่งเรืองขึ้นมากในกิจการ [4]

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

วิธีวิจัยในการประยุกต์ใช้พืชผักตบชวามาใช้ในการผลิตแผ่นผนังผักตบชวาเพอโรซีเมนต์ บนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียนผลิตเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด แล้วทำการศึกษสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ รูปร่างลักษณะ ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ และทำการศึกษสมบัติเชิงกล ได้แก่ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงดึง ของแผ่นผนังผักตบชวาเพอโรซีเมนต์

ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย การออกแบบและพัฒนาแผ่นผนังจากวัชพืชผักตบชวาบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน คณะผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัย 8 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- ขั้นตอนที่ 3 ผลิตขึ้นรูปอิฐผักตบชวาเพอโรซีเมนต์
- ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบสมบัติด้านต่างๆของอิฐผักตบชวาเพอโรซีเมนต์ อิฐมวลเบา อิฐบล็อก และอิฐมอญ
- ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการทดสอบ
- ขั้นตอนที่ 7 ประเมินค่าของอิฐผักตบชวาเพอโรซีเมนต์

อิฐมวลเบา อิฐบล็อก และอิฐมอญ

ขั้นตอนที่ 8 นำเสนอผลงาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่เครื่องมือและเอกสารที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย ตารางบันทึกข้อมูล การทดสอบสมบัติทางกายภาพ และตารางบันทึกข้อมูล การทดสอบสมบัติทางกล

## 3. ผลการวิจัย (Results)

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับศึกษาสภาพ เพื่อ

เปรียบเทียบ และเพื่อนำเสนอ การออกแบบและพัฒนาแผ่นผนังจากวัชพืชผักตบชวาบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน เรื่องที่มีผู้วิจัยได้ทำการวิจัยมาก่อนนี้แล้ว จึงทำการสรุปได้ดังต่อไปนี้ คือ การทำการดำเนินงาน ด้วยการมีเงื่อนไข และขอบเขต จนได้ผลลัพธ์ออกมา ได้ดังนี้

กฤษฎา คุณะกุล [5] พบว่าผักตบชวา เป็นวัสดุหลัก ร่วมกับไม้ยางพาราในการผลิตเป็นไม้อัดได้ในอัตราส่วน 50 : 50 ที่ ส่วนผสมกาว 7% ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม THAI INDUSTRIAL STANDARD มอก.876 - 2547 ให้มีการทดสอบ 1.การพองตัวตามความหนา 2.มอดูลัสแตกร้าว Modulus of Rupture (MOR) 3. มอดูลัสยืดหยุ่น Modulus of Elasticity (MOE) และ 4. ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ทำให้สามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ผักตบชวาให้เกิดประโยชน์ในการทำเฟอร์นิเจอร์ในสำนักงานได้ เป็นการลดปัญหาผักตบชวาและยังเป็นการลดการตัดต้นไม้ เนื่องจากการใช้ผักตบชวาไปแทนที่ไม้ยางพาราได้ในสัดส่วนสูงถึง 50%

อดุลย์ วงศ์สุจริต [6] พัฒนาแผ่นพื้นคอนกรีตด้วยเส้นใยผักตบชวามาเป็นวัสดุทดแทนทรายและหินโดยศึกษาสมบัติการดูดซึมน้ำ กำลังต้านทานแรงดัด และสมบัติการสะสมความร้อน เพื่อหาสูตรผสมที่ให้ผลการทดสอบดีและสามารถนำไปใช้งานได้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตทางเท้าขนาด 40x40x4 เซนติเมตร ที่มีเส้นใยผักตบชวาทดแทนทรายและหินในอัตราส่วนต่าง ๆ ผลคือ แผ่นพื้นคอนกรีตทางเท้าขึ้นรูป มาทดสอบ 6 สูตร สามารถทดแทนทรายร้อยละ 2.5 (PF2.5C), 5(PF5C) และ 7.5 (PF7.5C) และสูตรทดแทนหินร้อยละ 2.5 (PFC2.5) แล้วทำการทดสอบค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ ค่ากำลังต้านทานแรงดัด และสมบัติการสะสมความร้อน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ยของแผ่นพื้นคอนกรีตที่ผสมเส้นใยผักตบชวาทุกสูตรประมาณ 0.32 Mpa ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน มอก. 378 - 2531 ในการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ มีสูตรที่ผ่านมาตรฐาน 3 สูตรได้แก่ PF2.5C, PF5C และ PFC2.5 มีค่าการดูดซึมน้ำ 3.67, 9.81 และ 9.02 ส่วนการทดสอบค่าการสะสมความร้อนช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศร้อนที่สุดของวันคือช่วงเวลา 12.00-14.00 น. แผ่นพื้นทางเท้าสูตรทดแทนทรายร้อยละ

2.5 (PFC2.5) และสูตรทดแทนหินร้อยละ 2.5 (PFC2.5) มีสมบัติการสะสมความร้อนต่ำ ถ่ายเทความร้อนได้ดี ลดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ต้นทุนวัสดุมวลรวมของแผ่นพื้นคอนกรีตทางเท้าผสมเส้นใยผักตบชวา พบว่าไม่มีส่วนในการลดต้นทุนการผลิตแผ่นคอนกรีตทางเท้า

วิระไชย เทเตโชดม [7] แบ่งเป็น 3 ระยะการทำงาน คือ 1. ระยะสั้น (6 เดือน) ในการสร้างโรงงานต้นแบบและนวัตกรรมผักตบชวาที่มีอยู่แล้ว สามารถผลิตได้ทันที ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ ดินปลูก อิฐดินประสาน แผ่นพื้นทางเท้า ฝาเพดานซับเสียง 2. ระยะกลาง (1 ปี) นวัตกรรมที่มีที่ใช้เครื่องจักรกลผลิต ได้แก่ ถ่านดูดกลิ่น วัสดุบุผนัง 3 มิติ เฟอร์นิเจอร์ 3. ระยะยาว (2 ปี) นวัตกรรมจากผักตบชวาที่มีความต่อเนื่องในการวิจัยและพัฒนา คือ เชื้อเพลิงชีวมวล ถ่านอัดแท่ง ดินปลูกมวลเบา

นงนุช พูลสวัสดิ์ [8] พบว่าเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นรูปแบบเศรษฐกิจที่สนใจการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

เมธิยา หมวดฉิม [9] พบว่าอัตราส่วนผสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและซีเมนต์อย่างพาราและทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน ซึ่งออกแบบการทดลอง 6 ชุดการทดลอง พบว่าสมบัติของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน เช่น ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน การแข็งตัว ค่าการดูดซึมน้ำ และการรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนอัตราส่วนโดยน้ำหนักของซีเมนต์:กระดาษ :ซีเมนต์อย่างพารา

เพ็ญชาย เวียงใต้ [10] ศึกษาการใช้ผักตบชวาในอิฐบล็อกประสาน โดยการนำผักตบชวามาบด จากนั้นนำไปแทนที่ดินในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยปริมาตร และทำการทดสอบสมบัติการรับกำลังอัด ความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ และสภาพการนำความร้อน ที่อายุ 7 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า การใช้ผักตบชวาแทนที่ดินในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ส่งผลให้กำลังอัดอิฐบล็อกประสานลดลง ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 58.2, 49.2, 39.4 และ 25.8 กก./ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 104, 87, 69 และ 45 ของบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547 เป็นบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่นและค่าการนำความร้อนมีค่าลดลงตามปริมาณการ

แทนที่ในขณะที่ร้อยละการดูดซึมน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นและสูงกว่าอิฐบล็อกประสานควบคุม

ณัฐวุฒิ อินทบุตร [11] ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุทางธรรมชาติมาผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานเพื่อลดการนำความร้อนและการดูดซับเสียงด้วยการผสมฟางข้าวและเถ้าแกลบโดยอัตราส่วนผสม ดิน: ปูน: ทราย อยู่ที่ 5: 1: 1 และผสมเพิ่มในส่วนของฟางข้าวในอัตราส่วนร้อยละ 0 1 2 และ 3 เถ้าแกลบในสัดส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ตามลำดับ ทำการทดสอบความสามารถในการรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก การดูดซึมน้ำ ความพรุน การนำความร้อน และการดูดซับเสียงของอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มฟางข้าวนั้น ทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง ในขณะที่ ความพรุนและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น การเพิ่มเถ้าแกลบจะมีส่วนช่วยให้ความสามารถในการรับแรงอัดดีขึ้น หน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นโดยสมบัติทั้งหมดนี้ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 ส่วนในการเพิ่มฟางข้าวและเถ้าแกลบส่งผลให้มีความนำความร้อนต่ำ และมีค่าการดูดซับเสียงดีขึ้น ดังนั้นฟางข้าวและเถ้าแกลบจึงมีความน่าสนใจในการนำมาเป็นส่วนผสมผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน

Omran [12] มุ่งเป้าไปที่การกำหนดความต้านทานของส่วนผสมคอนกรีตที่มีเถ้าจากพืชผักตบชวาเป็นวัสดุทดแทนซีเมนต์ต่ออุณหภูมิสูงและต่อน้ำทะเล เถ้าผักตบชวา (WHA) 2 ประเภท ได้แก่ เฝานที่โถงและเฝานในเตาอบปิดที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 30 นาที ใช้เป็นวัสดุทดแทนบางส่วนของซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดาในส่วนผสมคอนกรีตที่มีเปอร์เซ็นต์สูงถึง 15% (ตามน้ำหนักของซีเมนต์) ส่วนผสมคอนกรีตได้รับการออกแบบด้วยมวลรวมหยาบ 3 ประเภท ได้แก่ กรวด โดโลไมต์ และบะซอลต์ เพื่อศึกษาความต้านทานต่ออุณหภูมิสูง ชิ้นงานจะถูกทำให้สัมผัสกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่างกัน คือ 200, 400 และ 600 °C และเปรียบเทียบกับ 25 °C เป็นค่าอ้างอิง เพื่อตรวจสอบความต้านทานต่อน้ำทะเล ได้มีการบ่มตามระบอบการบ่ม 3 แบบ ได้แก่ บ่มในบรรยากาศห้องปฏิบัติการ (25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 50%) แขน้ำทะเลตลอดระยะเวลาการบ่มทั้งหมด 1 เดือน และทำการอบแห้ง-เปียก 1 วันในบรรยากาศห้องปฏิบัติการ



และ 1 วันในน้ำทะเล เป็นเวลารวม 1 เดือนก่อนการทดสอบ ส่วนผสมคอนกรีตที่มี WHA ถูกเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตอื่น ๆ ที่ผสมซิลิกาฟุ่ม 10% ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่สำคัญของเปอร์เซ็นต์ WHA ประเภทของมวลรวมหยาบ และวิธีการบ่มต่อความแข็งแรงของคอนกรีต เมื่อใช้ WHA แทนที่ซีเมนต์สูงสุด 10% ก็ไม่ทำให้ความแข็งแรงลดลงเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิง ค่าการแทนที่ที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ประมาณ 5%

Okwadha [13] สารสกัดจากผักตบชวาทำให้อัตราการดูดซับน้ำและกระบวนการแข็งตัวช้าลง ทำให้คอนกรีตไหลได้นานขึ้น ความสามารถในการไหลและความสามารถในการอัดสูง ดังนั้น ศักยภาพการหดตัวของคอนกรีตที่เกิดจากความร้อนสูงของสารเพิ่มความยืดหยุ่นในระหว่างกระบวนการดูดซับน้ำจะลดลง และความแข็งแรงของแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเพิ่มความยืดหยุ่นในส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นโดยไม่คำนึงถึงระยะเวลาการบ่ม อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการบ่ม 28 วันให้ค่าที่สูงขึ้น ความสามารถในการซึมผ่านของก้อนเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารสกัดผักตบชวาที่เพิ่มขึ้น อัตราการเพิ่มขึ้นลดลงตามปริมาณสารสกัดผักตบชวาที่เพิ่มขึ้น พบว่าการทดแทนสารลดน้ำพิเศษ Auramix ที่เหมาะสมที่สุดคือ 20% ดังนั้นวัชพืชผักตบชวาสามารถนำมาใช้เป็นสารลดน้ำพิเศษร่วมเพื่อทดแทนส่วนผสมทางเคมีบางส่วนในการผลิต SCC ได้อย่างประหยัด

Djihouessi [14] พบว่านวัตกรรมการวิจัย รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงจากผักตบชวา ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการบรรลุผลลัพธ์ที่ยั่งยืน ดังนั้นการเลือกกลยุทธ์การจัดการควรอิงตามการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจอย่างครอบคลุมที่บูรณาการ สินค้าและประโยชน์ที่ได้รับจากบริการทางระบบนิเวศที่ได้รับผลกระทบจากการมีอยู่ของผักตบชวา ซึ่งจะช่วยให้สามารถออกแบบโปรแกรมที่คุ้มทุนอย่างเต็มที่ซึ่งครอบคลุมต้นทุนการติดตามและการวิจัย

Abana [15] ประเมินระยะเวลาการก่อตัวและสมบัติความแข็งแรงของคอนกรีตเมื่อใช้ผักตบชวาเป็นส่วนผสมตามน้ำหนัก วัสดุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ต้นผักตบชวา ปูนซีเมนต์ วัสดุผสมหยาบและละเอียด ผักตบชวาแห้งถูกบดเป็นผงแล้วเติมลงในคอนกรีตด้วยเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันสองเปอร์เซ็นต์ในแต่ละส่วนผสม นอกจากนี้ ยังสร้าง

ส่วนผสมมาตรฐานที่ไม่มีผักตบชวาเพื่อเปรียบเทียบกับกระบอกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผักตบชวาบด กระบอกคอนกรีตแรกมีผักตบชวาบด 0.5% ตามน้ำหนัก และกระบอกคอนกรีตที่สองมีผักตบชวาบด 1% ตามน้ำหนัก การบ่มทำเป็นเวลา 28 วัน และบันทึกสมบัติของกระบอกคอนกรีต เช่น ระยะเวลาการก่อตัวและความแข็งแรง จากการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวพบว่าคอนกรีตที่ผสมผักตบชวาบดละเอียด 0.5% อาจทำหน้าที่เป็นตัวเร่งคอนกรีตได้ ในขณะที่คอนกรีตทรงกระบอกที่ผสมผักตบชวาบดละเอียด 1% โดยน้ำหนักอาจเป็นตัวชะลอได้ นอกจากนี้ คอนกรีตทรงกระบอกที่ผสมผักตบชวาบดละเอียด 0.5% และผักตบชวาบดละเอียด 1% มีความแข็งแรงในการอัดเพิ่มขึ้น 2.39% และ 3.83% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตทรงกระบอกที่ไม่ใช้ผักตบชวาบดละเอียด

Ouma [16] ประเมินศักยภาพในการใช้ส่วนผสมของปูนขาวและเถ้าผักตบชวา (WHA) เป็นสารยึดเกาะในการผลิตบล็อกดินอัดรูปทรงกระบอก (CEB) ที่มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีสำหรับอาคารและการก่อสร้าง โดยได้ใช้สารยึดเกาะที่มีความเข้มข้นต่างกันและแรงดันในการอัดแน่นที่แตกต่างกันเพื่อให้สมบัติทางอะคูสติกของบล็อกที่ผลิตขึ้นแตกต่างกัน พารามิเตอร์ทางเรขาคณิตและการขนส่งของโครงสร้างจุลภาคที่มีรูพรุนได้รับการกู้คืนโดยการตรวจสอบโดยใช้คลื่นเสียง จึงมีการสร้างท่อนำคลื่นเสียงความถี่ต่ำขึ้นเพื่อจุดประสงค์นี้ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านลดลงเมื่อมีแรงดันในการอัดแน่น และมีการเติมปูนขาว ในขณะที่ WHA จะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน พารามิเตอร์ที่ไม่ใช่อะคูสติกที่กู้คืนโดยใช้แบบจำลองของไหลเทียบเท่า (JCAL) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของเรขาคณิตของโครงสร้างจุลภาคของบล็อกเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง ดังนั้น สมบัติของ CEB จึงสามารถควบคุมได้โดยใช้ความเข้มข้นของสารยึดเกาะและแรงดันในการอัดแน่นในลักษณะที่ควบคุมได้

Subpa-asa [17] ศึกษาผักตบชวาซึ่งเป็นพืชที่เหมาะสมสำหรับการทำคอนกรีตมวลเบาและสามารถนำมาใช้ทดแทนทรายในการผลิตคอนกรีตมวลเบา สัดส่วนของปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ: โฟม คือ 1: 1: 0.65: 44.08 และสัดส่วนของผักตบชวาที่จะทดแทนทรายตามน้ำหนักปูนซีเมนต์คือ 0%, 2.5%, 5%, 7.5% และ 10% ความหนาแน่น การดูดซับน้ำ

ความแข็งแรงในการอัด (ตามมาตราฐาน มอก. 1505-2541) และการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบาที่ 14 วันจะถูกศึกษาผลการทดสอบความแข็งแรงในการอัดของคอนกรีตมวลเบา (LC) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูโลสาร์ (CLC) คือ 167.56 ksc และ 284.94 ksc ตามลำดับ ทั้งความแข็งแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมผักตบชวา (CLCH) และคอนกรีตมวลเบาผสมผักตบชวา (LCH) ได้รับการตรวจสอบความแข็งแรงอัดของ CLCH และ LCH คือ 156.37 ksc และ 172.45 ksc ตามลำดับ ผลที่ได้คือเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความแข็งแรงอัดของ CLC และ LC คือ 6.68% และ 39.83% ส่วนสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นและการนำความร้อนลดลง ในทางตรงกันข้าม การดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของผักตบชวาที่ถูกแทนที่ด้วยทรายอัตราส่วนผักตบชวาที่เหมาะสมในการศึกษานี้คือ 5% นอกจากนี้ บล็อก CLC ยังได้รับการกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 และจัดอยู่ในประเภท C16 ของบล็อก CLC

จากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองตามมาตรฐานการทดสอบ ใช้มาตรฐานสากลได้แก่มาตรฐานสมาคมทดสอบและวัสดุของอเมริกัน ASTM C67

สมบัติเชิงกลในที่นี้คือ การทดสอบ 6 รายการ ตามที่มาตรฐานระบุให้ทดสอบ ดังนี้

1. แรงอัดแนวตั้ง
2. แรงอัดแนวนอน
3. แรงดัดตามแนวตั้ง
4. แรงดัดตามแนวนอน
5. แรงที่กระทำ
6. การรับแรง

สมบัติทางกายภาพคือ การทดสอบ 11 รายการ ตามที่มาตรฐานระบุให้ทดสอบ ดังนี้

1. ขนาด
2. น้ำหนัก
3. มวล
4. การดูดซึมน้ำ
5. การนำพาความร้อน
6. การกันเสียง
7. การทนไฟ

8. การทำงาน
9. เวลา
10. ต้นทุน
11. ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

### 3.1 ลักษณะของผักตบชวาและการทดสอบสมบัติของอิฐจากผักตบชวา

ลักษณะของผักตบชวาศึกษาดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ต้นผักตบชวา

การทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ของอิฐจากผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ของอิฐผักตบชวา เฟอร์โรซีเมนต์ อิฐมวลเบา อิฐบล็อก และอิฐมอญ

พ	ชนิดอิฐ	ตารางสรุปผลการทดสอบ																			
		คุณสมบัติเชิงกล (ASTM C67)						สมบัติทางกายภาพ						เวลา		ต้นทุน		ผลกระทบ		LCA	รวม
		แรงอัดแนวตั้ง	แรงอัดแนวนอน	แรงดัดตามแนวตั้ง	แรงดัดตามแนวนอน	แรงที่กระทำ	การรับแรง	ขนาด	น้ำหนัก	มวล	การดูดซึมน้ำ	การนำพาความร้อน	การกันเสียง	การทนไฟ	เวลา	ต้นทุน	ผลกระทบ	LCA	รวม		
1	อิฐบล็อก เฟอร์โรซีเมนต์																				
2	อิฐมวลเบา																				
3	อิฐบล็อก																				
4	อิฐมอญ																				

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

การวิจัยนี้ ที่สรุปในตารางทดสอบสมบัติเชิงกล ของอิฐต่าง ๆ 4 ชนิดดังนี้ อิฐผักตบชวาเฟอร์โรซีเมนต์ อิฐมวลเบา อิฐบล็อก และ อิฐมอญ (อิฐแดง)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิฐชนิดแรกคือ อิฐผักตบชวาเฟอร์โร

ซีเมนต์ โดยเทียบสมบัติเชิงกลกับอิฐที่เป็นที่นิยมในท้องตลาด คือ อิฐลำดับที่ 2-4 ได้แก่ อิฐมวลเบา อิฐบล็อก อิฐมอญ (อิฐแดง) จากนั้นทำการเปรียบเทียบสมบัติของอิฐทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก มวล การดูดซึมน้ำ การนำพาความร้อน การกันเสียง การทนไฟ การทำงาน เวลา ต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม LCA. และ นำเทคนิคเดลฟายมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ เริ่มจากการสร้างเครื่องมือแบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ทำนายอนาคตได้ [18] นับเป็นประโยชน์อย่างมากในอนาคตของการวิจัย

## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาและการทบทวนวรรณกรรม การทดสอบสมบัติด้านต่าง ๆ ของอิฐฝักตบขวาเฟอโรซีเมนต์ และเทียบเคียงกับอิฐอีก 3 ชนิด ที่เป็นที่ยอมรับใช้งานก่อสร้างพบว่า อิฐฝักตบขวาเฟอโรซีเมนต์ มีสมบัติหลายด้านเป็นที่น่าสนใจ และมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตอิฐฝักตบขวาในการนำมาทำเป็นผนังอาคาร เพื่อแก้ปัญหาต่างๆตามได้ที่กล่าวมาตอนต้น จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการทำวิจัยครั้งนี้ จากการวิจัยพบว่า องค์ความรู้ที่ได้จากการออกแบบและพัฒนาแผ่นผนังจากวัชพืชฝักตบขวานบนพื้นฐานเศรษฐกิจหมุนเวียนนั้นมีการศึกษาและการใช้ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของแหล่งน้ำ การจัดการมลพิษทางน้ำ โดยการนำฝักตบขวาที่เป็นส่วนหนึ่งในการกอมลพิษทางน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด สร้างค่านิยมรักษาสายน้ำท้องถิ่นให้กับชาวบ้านใกล้แหล่งน้ำในด้านเชิงการพัฒนาวัสดุก่อสร้างนับเป็นนวัตกรรมใหม่ที่ทรงคุณค่าต่อภาคอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งมีคุณค่าต่อสังคมด้านความยั่งยืนอย่างสูง

## 6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] โองการ วณิชชีวะ, ลักษณะพันธูกรรมของวัชพืชฝักตบขวาในประเทศไทย, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558

- [2] แผนยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี, 2559
- [3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, สถาบันการณคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนในปี 2553, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 2553
- [4] จำเนียร ฝ่ายดี, โครงการวิจัยการพัฒนาคอนกรีตใช้สารผสม, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2555
- [5] กฤษฎา คุณะกุล, ธเรศ ปาปะกัง และวรสิทธิ์ ชาญุติสิงห์, ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม, สำนักวิจัยและพัฒนากกรมชลประทาน, 2559
- [6] อุดลย วงศสุจริต และบุญชัย วลีธรชีพสวัสดิ์, การพัฒนาแผนพื้นคอนกรีตทางเท้าผสมเส้นใยฝักตบขวา, การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 7, 2550
- [7] วีระไชย เหน็ดโซดม, ทหารพัฒนา แรงเดินหน้าเปลี่ยนฝักตบขวาเป็นอิฐบล็อก “สร้างงาน สร้างรายได้” กระจายสู่ชุมชน, 2561 ([https://www.khaosod.co.th/around-thailand/news\\_1365084](https://www.khaosod.co.th/around-thailand/news_1365084))
- [8] นงนุช พูลสวัสดิ์, แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ก็ จกรกรม “Food waste กับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน” NAC 2022 พลิกฟื้นเศรษฐกิจและสังคมไทย ด้วยงานวิจัยและนวัตกรรม BCG, สถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (TIIS) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ สวทช., 2565
- [9] เมธิยา หมวดฉิม, ชันวานี จิใจ และนฤมล ทองมาก, แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและซีเมนต์ใยพาราจากโรงไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2564
- [10] เพ็ญชาย เวียงใต้, ปิยะพล สีหาบุตร, เจษฎ์ศิริ เกื้อนมูลละ และภคพล ช่างยันต์, การใช้ฝักตบขวามาผลิตอิฐบล็อกประสานเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2562

- [11] ณัฐวุฒิ อินทบุตร, นวัตกรรมอิฐบล็อกประสาน  
ต้านทานความร้อนจากฟางข้าวและเถ้าแกลบ,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2562
- [12] Omran, A. Performance of Concrete Containing  
Water- Hyacinth Ash ( WHA) as Cement  
Replacement, New Jersey Institute of  
Technology & Massachusetts, 2021
- [13] Okwadha, G.D.O., Evaluation of water hyacinth  
extract as an admixture in concrete  
production, Journal of Building Engineering,  
2018
- [14] Djihouessi, M. B., Paradigm shifts for sustainable  
management of water hyacinth in tropical  
ecosystems: A review and overview of current  
challenges, Environmental Challenges, 2023
- [15] Abana, E. C., Pulverized Water Hyacinth as an  
Admixture for Concrete, International Journal  
of Integrated Engineering, 2021
- [16] Ouma, J., Ongwen, N., Ogam, E., Auma, M.  
Fellah, Z. E. A., Mageto, M. Mansour, M.B. and  
Oduor, A., Acoustical properties of compressed  
earth blocks: Effect of compaction pressure,  
water hyacinth ash and lime, Case Studies in  
Construction Materials, 2023
- [17] Prang Subpa-asa, Laemthong  
Laokongthavorn and Shigeyuki Date, The Study  
on Effect of Lightweight Concrete Block by  
Water Hyacinth, Adding 6th International  
Conference on Advanced Engineering and  
Technology (ICAET 2019), 2019
- [18] มนต์ชัย เทียนทอง, สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยี  
สารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ  
นครเหนือ, 2548

## การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567

### A Review of 5G to 6G Technologies

วรารุฒิ ภูทอง<sup>1</sup>, กร พวงนาค<sup>2</sup>, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล<sup>3</sup>, มัณฑนา เตียวงษ์สุวรรณ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

warawuth-p@mutp.ac.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร korn.p@mutp.ac.th

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

natworapol.r@mutp.ac.th

<sup>4</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร manthana.t@mutp.ac.th

#### บทคัดย่อ

การเปลี่ยนผ่านจาก 5G ไปเป็น 6G กำลังปฏิวัติอุตสาหกรรมสื่อสาร โดยมอบอัตราข้อมูลที่สูงขึ้น ความหน่วงเวลาที่ต่ำกว่า ความปลอดภัยที่ดีขึ้น และประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นของแอปพลิเคชัน เช่น IoT ยานยนต์ไร้คนขับ และ Metaverse แม้ว่า 5G จะถือเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญในด้านเมืองอัจฉริยะ(Smart City) การดูแลสุขภาพ และระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม แต่ข้อจำกัดของ 6G ได้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนา ซึ่งคาดว่าจะนำไปใช้งานจริงภายในปี 2030 เทคโนโลยี 6G ผสมผสานนวัตกรรมต่างๆ เช่น RIS การจัดการเครือข่ายที่ใช้ AI ความปลอดภัยของบล็อกเชน(blockchain security) และการสื่อสารเทราเฮิรตซ์ เพื่อแก้ไขปัญหาด้านความสามารถในการปรับขนาด การใช้พลังงาน ความเป็นตัว และความยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การผสมผสานเทคโนโลยีเหล่านี้เข้ากับโครงสร้างพื้นฐานแบบเดิมจะนำมาซึ่งความท้าทายด้านความซับซ้อนในการคำนวณ ความเสี่ยงด้านความปลอดภัย และความสามารถในการปรับขยาย บทความนี้รวบรวมการวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับนวัตกรรมเหล่านี้ โดยเน้นที่วิธีที่ 6G สามารถส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนในขณะจัดการกับความปลอดภัย ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และประสิทธิภาพ เทคโนโลยีสำคัญ เช่น RIS, Blockchain และ AI จะถูกศึกษาวิจัยถึงศักยภาพในการจัดสรรทรัพยากร ปรับปรุงประสิทธิภาพการสื่อสาร และรับรองความปลอดภัยของข้อมูลในเครือข่าย ในอนาคต 6G จะช่วยพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ระบบอัตโนมัติ และแอปพลิเคชันรุ่นต่อไปได้ โดยการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ส่งเสริมแนวทางปฏิบัติทางวิศวกรรมที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อปรับเทคโนโลยีเหล่านี้ให้เหมาะกับการใช้งานในระดับใหญ่และรับรองความยั่งยืนในการใช้งานจริง

คำสำคัญ (Key word): 5G ; 6G ; IoT ; Blockchain ; AI

## 1. บทนำ (Introduction)

เทคโนโลยี 5G และเทคโนโลยี 6G มีบทบาทสำคัญในการปฏิวัติระบบการสื่อสารโดยมีความมุ่งมั่นที่จะเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลและลดความหน่วงเวลาของการส่งข้อมูลให้ต่ำลงเป็นพิเศษ และสร้างความน่าเชื่อถือที่เพิ่มขึ้นสำหรับเทคโนโลยีรุ่นต่อไปเหล่านี้ และนำเสนอความสามารถขั้นสูงของเทคโนโลยี เช่น Reconfigurable Intelligent Surface(RIP) กลไกความปลอดภัยบน Blockchain และ Federated Learning สำหรับการแบ่งเครือข่ายซึ่งทั้งหมดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นของ Application และอุปกรณ์ที่สมัยใหม่เช่น Internet of Thing ปัญญาประดิษฐ์หรือ AI และ Metaverse การเปลี่ยนผ่านจากเทคโนโลยี 5G ไปสู่เทคโนโลยี 6G ถือเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญในด้านโทรคมนาคมซึ่งส่งผลกระทบต่อวงกว้างต่อวิศวกรรม ในบริบทของความยั่งยืน เทคโนโลยีเหล่านี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการอัตราข้อมูลที่เร็วขึ้น ความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น และการเชื่อมต่อที่ขยายเพิ่มขึ้นโดยตรงบริการขยายตัวอย่างรวดเร็วของเมืองอัจฉริยะ ซึ่งจะต้องมีการนำยานยนต์ไร้คนขับ ระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม เป็นต้น การทบทวนวรรณกรรมนี้รวบรวมนวัตกรรมตามเทคโนโลยี ความท้าทายและวิธีการแก้ปัญหาในการใช้งานต่างๆ ที่เป็นไปได้ซึ่งได้มาจากการวิจัยล่าสุดโดยเน้นที่ความยั่งยืนและความปลอดภัยเป็นประเด็นสำคัญ

## 2. วิธีศึกษา (Methods of study)

บทความนี้ศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตโดยช่องทางหลักที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือ IEEE Explorer ซึ่งเป็นช่องทางที่มีความสามารถในการเข้าถึงบทความวิจัยและบทความวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูลของ IEEE โดยใช้คำค้นว่า “5G”, “6G”, “IoT”, “Learning Machine”, “AI” เป็นคำสำคัญในการค้นหา จากนั้นคัดเลือกบทความที่มีชื่อและเนื้อหาในบทความที่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยกำหนดไว้มากที่สุดและนำมาศึกษา ในรายละเอียดนอกจากนี้ ผู้เขียนยังกรองบทความจากคำที่เกี่ยวข้องในส่วนที่เป็น “5G Network” และ “6G Network” เป็นคำสำคัญเพื่อที่จะทำให้ขอบเขตของงานวิจัยแคบลงและเกี่ยวข้องกับการวิจัย ที่จะศึกษามากที่สุด

จากนั้นจึงเรียบเรียงเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาในบทความนี้

## 3. ประเด็นการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี 5G และ 6G นำมาซึ่งการพัฒนาทางด้าน AI, Blockchain และ Federated learning ช่วยเพิ่มความปลอดภัย ความสามารถในการขยายตัว และประสิทธิภาพของเครือข่ายด้วย Reconfigurable Intelligent Surface(RIS) จะช่วยเพิ่มความแม่นยำของสัญญาณ ขณะที่การแบ่งส่วนเครือข่าย(Network Slicing) ช่วยจัดสรรทรัพยากรสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย เครือข่าย IoT ได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้ แต่ยังมีเผชิญความท้าทายด้านประสิทธิภาพพลังงานและ การประมวงผลของอุปกรณ์ โดยผู้เขียนได้รวบรวมจากบทความวิจัยตามหัวข้อประเด็นสำคัญและตารางที่ 1 นี้

### 3.1 Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML)

Artificial Intelligence (AI) และ Machine Learning (ML) ถูกนำมาใช้ในเครือข่าย 5G และ 6G ในการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ เช่น การตรวจจับการรบกวน การจัดการสัญญาณรบกวน และการรักษาความปลอดภัย เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยให้ระบบสามารถปรับตัวตามสถานการณ์ได้แบบ Real Time โดยอาศัยการเรียนรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามความท้าทายหลักคือการใช้ทรัพยากรการประมวลผลสูงโดยเฉพาะในการเรียนรู้แบบ Reinforcement learning (RL) ซึ่งอาจทำให้การใช้งานแบบ Real Time ช้าลง

### 3.2 Blockchain Technology

Blockchain มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความปลอดภัยและการ Decentralization โดยเฉพาะในเครือข่าย IoT และการจัดการบริการ มันช่วยให้การทำธุรกรรมข้อมูลมีความโปร่งใสและไม่สามารถแก้ไขได้ อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่องความล่าช้าและการใช้พลังงานสูงในอัลกอริทึม Blockchain ยังคงเป็นความท้าทายหลัก โดยเฉพาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดด้านการประมวลผล

### 3.3 Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS)

Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) ช่วยปรับปรุงระบบการสื่อสารโดยการควบคุมการแพร่กระจาย

ของคลื่นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งและความปลอดภัย พื้นผิวเหล่านี้ช่วยสะท้อนและส่งสัญญาณเพื่อเพิ่มอัตราการเข้ารหัสลับและความแม่นยำของการระบุตำแหน่ง อย่างไรก็ตามระบบ RIS เผชิญกับความซับซ้อนในการประเมินช่องสัญญาณและต้องการการปรับแต่งอย่างละเอียดในการใช้งาน

### 3.4 Federated Learning

Federated Learning เมื่อรวมกับ Blockchain มีบทบาทสำคัญในการรักษาความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของข้อมูลในระบบกระจายศูนย์ เช่น การคำนวณแบบ Edge มันช่วยให้โมเดลการเรียนรู้สามารถฝึกฝนได้ในเครื่องของผู้ใช้งานโดยไม่ต้องรวมศูนย์ข้อมูล ซึ่งช่วยเพิ่มความเป็นส่วนตัว อย่างไรก็ตามยังคงมีความท้าทายในเรื่องการแบ่งปันข้อมูลข้ามโดเมน ความสามารถในการขยายตัวและการรักษาความถูกต้องของโมเดลใน Multiple devices.

### 3.5 Network Slicing and Resource Allocation

Network Slicing ซึ่งขับเคลื่อนโดยเทคโนโลยี เช่น eBPF และ XDP ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพ

### ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีการวิจัย และเทคโนโลยี

บทความ	เทคโนโลยี/วิจัย	ข้อค้นพบที่สำคัญ	ความท้าทาย
A Secure Transmission Maximization Scheme for SWIPT Systems	IRS, Deep Learning	เพิ่มอัตราความปลอดภัยในการส่งข้อมูล	ความซับซ้อนในขั้นตอนวิจัย
From 5G to 6G: A Survey on AI-Based Jamming Detection	Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML)	เพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับการก่อกวนด้วย RL	ต้องการพลังประมวลผลสูง
Virtual-Reality Interpromotion Technology for Metaverse	5G, IoT, Edge Computing	รองรับการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์	ปัญหาด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูล
Blockchain-Empowered Service Management for Metaverse	Blockchain	การจัดการบริการแบบกระจายศูนย์	ปัญหาการจัดการความล่าช้าและการรับส่งข้อมูล
Federated Learning Meets Blockchain	Federated Learning, Blockchain	เพิ่มความปลอดภัยในการแบ่งปันข้อมูล	ความซับซ้อนในการแบ่งปันข้อมูลข้ามโดเมน
A Survey on Physical Layer Security in URLLC	Physical Layer Security	เพิ่มความปลอดภัยในการสื่อสารที่มีความสำคัญ	การโจมตีด้วยปัญญาประดิษฐ์

ของเครือข่าย 5G และ 6G โดยอนุญาตให้มีการแบ่งส่วนเครือข่ายที่ปรับแต่งได้สำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถปรับให้เหมาะสมสำหรับงานเฉพาะ เช่น การสื่อสารที่มีความหน่วงต่ำหรือความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง อย่างไรก็ตาม การจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการจัดการความซับซ้อนของแต่ละส่วนยังคงเป็นความท้าทาย

### 3.6 Internet of Things (IoT)

เครือข่าย IoT ได้รับประโยชน์อย่างมากจากเทคโนโลยี 5G Blockchain โดยช่วยเพิ่มความสามารถในการขยายตัว ความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัยของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกัน เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยให้ระบบ IoT จัดการกับข้อมูลปริมาณมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ยังคงรักษาการไหลของข้อมูลที่ปลอดภัยและโปร่งใส อย่างไรก็ตาม การจัดการการติดตั้ง IoT ขนาดใหญ่ยังคงเผชิญกับความท้าทาย โดยเฉพาะในเรื่องประสิทธิภาพการใช้งานครึ่งงานและข้อจำกัดด้านการประมวลผลของอุปกรณ์หลายตัว

บทความ	เทคโนโลยี/วิธีวิจัย	ข้อค้นพบที่สำคัญ	ความท้าทาย
Software-Defined UAV Networks for 6G	UAV, SDN	เพิ่มความยืดหยุ่นและขยายตัวได้	ปัญหาด้านความปลอดภัยและสัญญาณรบกวน
SliceBlock: DAG-Blockchain in 6G	DAG Blockchain	ลดความล่าช้าในการถ่ายโอนข้อมูลและเพิ่มความปลอดภัย	การเข้ารหัสที่ซับซ้อน
Reconfigurable Intelligent Surface-Assisted Localization	Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS)	เพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง	ปัญหาในการคำนวณสถานะช่องสัญญาณ
STAR-RIS Assisted Secure Transmission	STAR-RIS, NOMA	เพิ่มอัตราการเข้ารหัสลับ	ความยากลำบากในการคำนวณ CSI
Blockchain-Assisted Reputation Mechanism	Blockchain, Cloud Storage	เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการชื่อเสียง	การโจมตีในระบบชื่อเสียง
Multi-Target-Aware Resource Scheduling	DRL, Multi-tier Networks	เพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรทรัพยากร	ความซับซ้อนในระบบคอมพิวเตอร์ที่หลากหลาย
Joint QoS Aware Admission Control	NOMA, QoS	เพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมพลังงาน	ความซับซ้อนในการจัดการผู้ใช้งาน
Reinforcement Learning-Based Security	Reinforcement Learning (RL), Physical Layer Security	ลดการใช้พลังงานและเวลาแฝง	ข้อมูลสถานะที่ไม่แม่นยำในเครือข่ายขนาดใหญ่
Blockchain in Non-Terrestrial IoT	Blockchain, IoT	เพิ่มความสามารถในการติดตามและความปลอดภัย	ข้อจำกัดด้านพลังงาน ประมวลผลใน IoT
AI-Based Interference Management	Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML)	ลดสัญญาณรบกวนในเครือข่าย IoT และยานพาหนะ	ปัญหาการจัดการความถี่
eBPF-XDP Network Slicing	eBPF, XDP	เพิ่มความเร็วในการแบ่งส่วนเครือข่าย	ปัญหาในการจัดเก็บข้อมูลของซ็อกเก็ต
Attention-Based Microservice Placement	Attention Mechanism, GNN	เพิ่มอัตราการรับคำขอบริการ	ข้อจำกัดในการจัดการบริการอัตโนมัติ
Data-Driven Malware Detection	Machine Learning (ML), Visualization	เพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับมัลแวร์	ข้อมูลที่ไม่สมดุลและขาดแคลนในโมเดล
UAV Networks in 6G	UAV, SDN	เพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุม UAV สำหรับ IoT	ความซับซ้อนในการจัดการสัญญาณรบกวน
Blockchain-Based Access Control	Blockchain, PoS	เพิ่มความปลอดภัยในเครือข่าย IoT	ความท้าทายในการขยายระบบและประสิทธิภาพพลังงาน
AI-Based Jamming	Artificial Intelligence (AI),	ลดการก่อกวนในเครือข่าย	ต้นทุนการประมวลผลที่สูง



บทความ	เทคโนโลยี/วิธีวิจัย	ข้อค้นพบที่สำคัญ	ความท้าทาย
Mitigation	Reinforcement Learning (RL)	ยานพาหนะ	
Federated Learning in Edge Computing	Federated Learning, MEC	เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้แบบกระจายศูนย์	ปัญหาความเป็นส่วนตัวและความถูกต้องของข้อมูล
IoT in Wide-Area Networks	IoT, 5G	เพิ่มความสามารถในการขยายตัวและความน่าเชื่อถือ	ความท้าทายในการใช้งาน IoT ขนาดใหญ่
Secure Handover with Blockchain	Blockchain, MEC	เพิ่มความปลอดภัยในการถ่ายโอนข้อมูล	ความล่าช้าและภาระการประมวลผลในการถ่ายโอนข้อมูล
AI-Enhanced Jamming Detection	Artificial Intelligence (AI), Reinforcement Learning (RL)	เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับการโจมตี	เวลาการบรรจบกันที่ยาวในโมเดล RL
STAR-RIS in NOMA Networks	STAR-RIS, NOMA	เพิ่มอัตราความปลอดภัย	ความซับซ้อนในการปรับค่าลำแสง

#### 4. ผลการศึกษารายประเด็นและอภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษางานวิจัยเหล่านี้เผยให้เห็นถึงความสำคัญที่ชัดเจน ในการบูรณาการ การเปลี่ยนผ่านจาก 5G สู่ 6G เป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในเทคโนโลยีการสื่อสาร ซึ่งได้นำเอานวัตกรรมต่าง ๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI), Blockchain, และ Federated Learning มาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นในด้านความปลอดภัย การขยายตัว และประสิทธิภาพ AI และการเรียนรู้ของเครื่องมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุง ประสิทธิภาพของเครือข่าย โดยเฉพาะในการจัดการสัญญาณรบกวนแบบเรียลไทม์ และความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม ความต้องการการประมวลผลที่สูงจำกัดความสามารถในการขยายตัวของเทคโนโลยีนี้ บล็อกเชนมีบทบาทสำคัญในการรักษาความปลอดภัยในระบบ กระจายศูนย์ โดยเฉพาะเครือข่าย IoT ด้วยการรับรองความโปร่งใสและความสมบูรณ์ของข้อมูล แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องการใช้พลังงานและความล่าช้าในการทำฉันทามติ พื้นผิวอัจฉริยะที่ปรับเปลี่ยนได้ (RIS) ช่วยเพิ่มความแม่นยำของสัญญาณและความปลอดภัยผ่านการควบคุมการแพร่กระจายของคลื่น แต่ความซับซ้อนในการประเมินสถานะของสัญญาณยังคงต้องปรับปรุง การเรียนรู้แบบรวมศูนย์ช่วยให้สามารถประมวลผลข้อมูลแบบ

ท้องถิ่นได้อย่างปลอดภัย โดยเฉพาะเมื่อรวมกับบล็อกเชนในการแบ่งปันข้อมูล อย่างไรก็ตามยังคงมีความท้าทายในการขยายข้ามอุปกรณ์และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล การแบ่งส่วนเครือข่ายและการจัดสรรทรัพยากรช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเครือข่าย แต่การจัดการทรัพยากรแบบไดนามิกยังคงซับซ้อน เครือข่าย IoT ได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยี บล็อกเชนและ 5G ในเรื่องความสามารถในการขยายตัวและความปลอดภัย แต่ยังคงเผชิญกับความท้าทายในเรื่องประสิทธิภาพการใช้พลังงานและข้อจำกัดด้านพลังงาน ประมวลผลของอุปกรณ์ ในสรุป เทคโนโลยี 5G และ 6G นำเสนอศักยภาพอันมหาศาล แต่การเอาชนะความท้าทายด้านประสิทธิภาพการประมวลผล การขยายตัว และการใช้พลังงาน จะเป็นกุญแจสำคัญในการปลดล็อกความสามารถทั้งหมดของเทคโนโลยีเหล่านี้เพื่ออนาคตของระบบการสื่อสาร.

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

การเปลี่ยนผ่านจาก 5G ไปเป็น 6G ถือเป็น ก้าวกระโดด ครั้งสำคัญในเทคโนโลยีการสื่อสาร โดยมี ศักยภาพที่จะปฏิวัติ อุตสาหกรรม และเปิดใช้งานแนวทางการแก้ปัญหาทาง วิศวกรรม ที่ยั่งยืนรุ่นต่อไป แม้ว่าเทคโนโลยี

ต่างๆ เช่น AI, blockchain และ Reconfigurable Intelligent Surfaces(RIS) จะเป็นตัวช่วยสำคัญ แต่การบูรณาการ เทคโนโลยีเหล่านี้เข้ากับโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ให้ ประสบความสำเร็จนั้นต้องได้รับการแก้ไขความท้าทายที่เกี่ยวข้อง กับความปลอดภัย ความสามารถในการปรับขนาด การใช้ พลังงาน และความซับซ้อนในการคำนวณ งานวิจัยที่สรุปไว้ในบทวิจารณ์นี้ เน้นถึงความท้าทายที่สำคัญในพื้นที่เหล่านี้ โดยเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่อาจมีบทบาทสำคัญในอนาคต ของระบบการสื่อสารอย่างไรก็ตาม การบรรลุศักยภาพ สูงสุดของ 6G จะต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม เพื่อปรับ เทคโนโลยีเหล่านี้ให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระดับใหญ่ และรับรองความยั่งยืน ความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพ ในการรองรับ เมืองอัจฉริยะ ยานยนต์ไร้คนขับ และเทคโนโลยี อื่นๆ ที่จะกำหนดอนาคตของวิศวกรรมที่ ยั่งยืน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ สำหรับการวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [1] Zhang, Y., "A Secure Transmission Maximization Scheme for SWIPT Systems Assisted by an Intelligent Reflecting Surface and Deep Learning," \*IEEE Transactions on Communications\*, 2022.
- [2] Li, X., "From 5G to 6G Networks: A Survey on AI-Based Jamming and Interference Detection," \*IEEE Communications Surveys & Tutorials\*, 2023.
- [3] Chen, Z., "Virtual-Reality Interpromotion Technology for Metaverse: A Survey," \*Journal of Future Technology\*, 2022.
- [4] Kumar, S., "Blockchain-Empowered Service Management for the Decentralized Metaverse of Things," \*Journal of Blockchain Technology\*, 2023.
- [5] Wang, H., "Federated Learning Meets Blockchain: State Channel-Based Distributed Data-

Sharing Trust Supervision Mechanism," \*IEEE Internet of Things Journal\*, 2023.

- [6] Gao, L., "A Survey on Physical Layer Security of Ultra-Hyper Reliable Low Latency Communication in 5G and 6G Networks," \*IEEE Communications Surveys & Tutorials\*, 2023.
- [7] Liu, J., "Toward Deterministic Communications in 6G Networks: State of the Art, Open Challenges and the Way Forward," \*IEEE Communications Magazine\*, 2023.
- [8] Yao, C., "The Role of Network Slicing and Edge Computing in the Metaverse Realization," \*IEEE Access\*, 2022.
- [9] Sun, X., "The Road to Trustworthy 6G: A Survey on Trust Anchor Technologies," \*IEEE Internet of Things Journal\*, 2023.
- [10] Zhang, W., "STAR-RIS Assisted Secure Transmission for Downlink Multi-Carrier NOMA Networks," \*IEEE Transactions on Wireless Communications\*, 2023.
- [11] Yang, L., "Software-Defined UAV Networks for 6G Systems: Requirements, Opportunities, Emerging Techniques, Challenges, and Research Directions," \*IEEE Communications Surveys & Tutorials\*, 2023.
- [12] Li, K., "Slice Block: Context-Aware Authentication Handover and Secure Network Slicing Using DAG-Blockchain in Edge-Assisted SDN-NFV-6G Environment," \*IEEE Transactions on Network and Service Management\*, 2023.
- [13] Wang, T., "Reinforcement Learning-Based Physical Cross-Layer Security and Privacy in 6G," \*IEEE Wireless Communications\*, 2023.
- [14] Chen, M., "Reconfigurable Intelligent Surface-Assisted Localization Technologies: Challenges and the Road Ahead," \*IEEE Communications Magazine\*, 2023.
- [15] Tan, Y., "Open RAN xApps Design and Evaluation: Lessons Learnt and Identified

- Challenges," \*IEEE Communications Standards Magazine\*, 2023.
- [16] Zhao, Y., "Multi-Target-Aware Dynamic Resource Scheduling for Cloud-Fog-Edge Multi-Tier Computing Networks," \*IEEE Transactions on Cloud Computing\*, 2023.
- [17] Liu, X., "Joint QoS Aware Admission Control and Power Allocation in NOMA Downlink Networks," \*IEEE Transactions on Communications\*, 2022.
- [18] Zhou, L., "Cellular, Wide-Area, and Non-Terrestrial IoT: A Survey on 5G Advances and the Road Toward 6G," \*IEEE Internet of Things Journal\*, 2023.
- [19] Xu, J., "Blockchain-Assisted Reputation Mechanism for Distributed Cloud Storage," \*IEEE Transactions on Services Computing\*, 2023.
- [20] Liu, Q., "An eBPF-XDP Hardware-Based Network Slicing Architecture for Future 6G Front- to Back-Haul Networks," \*IEEE Transactions on Network and Service Management\*, 2023.
- [21] Wang, H., "An Attention Mechanism-Based Microservice Placement Scheme for On-Star Edge Computing Nodes," \*IEEE Transactions on Mobile Computing\*, 2023.
- [22] Zhao, Z., "A Tutorial on Trusted and Untrusted Non-3GPP Accesses in 5G Systems: First Steps Toward a Unified Communications Infrastructure," \*IEEE Communications Magazine\*, 2023.
- [23] Wang, P., "Data-Driven Malware Detection for 6G Networks: A Survey From the Perspective of Continuous Learning and Explain ability via Visualization," \*IEEE Communications Surveys & Tutorials\*, 2023.
- [24] Yang, Y., "EDgE: Enhancing Predictability in Decentralized Network Slices Through Federated Learning: A Multi-Layered Ecosystem," \*IEEE Transactions on Network and Service Management\*, 2023.
- [25] Zhang, L., "Reconfigurable Intelligent Surface-Assisted Localization Technologies: Challenges and the Road Ahead," \*IEEE Transactions on Wireless Communications\*, 2023.
- [26] Zhao, X., "Blockchain-Empowered Service Management for Decentralized Applications in 5G and Beyond," \*IEEE Transactions on Network and Service Management\*, 2023.

## การศึกษาวิวัฒนาการของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ สำหรับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณชานชาลารถไฟ

Study of the evolution of artificial intelligence technology  
for the development of train platform warning systems.

นีรนุช อารีราชการันย์<sup>1</sup>, กร พวงนาค<sup>2</sup>, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล<sup>3</sup>, มัณฑนา เตียวงษ์สุวรรณ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

neeranuch-a@rmutp.ac.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร korn.p@rmutp.ac.th

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

natworapol.r@rmutp.ac.th

<sup>4</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร manthana.t@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

ความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟเป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสามารถนำไปสู่การบาดเจ็บและเสียชีวิตของผู้โดยสาร การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนและความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุช่องว่างในงานวิจัยที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขและเสนอแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีการพัฒนาเทคโนโลยีหลากหลายในการตรวจจับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นบนชานชาลา เช่น การตรวจจับการโยนสิ่งของ การบุกรุก และการตกลงไปในราง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาที่เฉพาะเจาะจง โดยไม่มีการบูรณาการพีเจอร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันในระบบเดียว อีกทั้งยังพบว่าระบบตรวจจับที่มีอยู่ยังมีข้อจำกัดในด้านความแม่นยำในสภาพแวดล้อมจริง และมีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดในปริมาณสูง

จากผลการศึกษา มีช่องว่างในการวิจัยที่สำคัญประกอบด้วย การพัฒนาระบบที่สามารถรวมพีเจอร์หลายประการเข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพ การเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับในทุกสภาพแวดล้อม และการลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบที่มีความยั่งยืนและสามารถบำรุงรักษาได้ง่าย การวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขช่องว่างเหล่านี้ เพื่อสร้างระบบที่มีความครอบคลุมและมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟได้อย่างแท้จริง

**คำสำคัญ(Key word):** ความปลอดภัยชานชาลา, ปัญญาประดิษฐ์, การตรวจจับ, การแจ้งเตือนอัตโนมัติ, ระบบบูรณาการ

## 1. บทนำ (Introduction)

การพัฒนาเทคโนโลยีที่รวดเร็วและการเติบโตของเมืองอย่างรวดเร็วทำให้ความปลอดภัยและความมั่นคงบนขานซาลารถไฟกลายเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากขึ้น อุบัติเหตุบนขานซาลารถไฟ เช่น ผู้โดยสารตกลงไปในรางหรือถูกหนีบระหว่างประตูลงไป เป็นอันตรายที่มีความรุนแรงและได้ก่อให้เกิดการบาดเจ็บและเสียชีวิตจำนวนมากทั่วโลก เมื่อระบบรถไฟขยายตัวขึ้น ความจำเป็นในการมีระบบความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพและฉลาดขึ้นก็เพิ่มมากขึ้น การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยบนขานซาลารถไฟโดยการสำรวจเทคโนโลยีขั้นสูง รวมถึงปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Internet of Things (IoT) เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถตรวจจับและตอบสนองต่ออันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้แบบเรียลไทม์ เป้าหมายคือการเพิ่มความปลอดภัยของผู้โดยสารและลดการเกิดอุบัติเหตุผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีที่ทันสมัย

การทบทวนวรรณกรรมที่ครอบคลุมเผยให้เห็นถึงแนวทางต่างๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยบนขานซาลารถไฟในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ในปี 2009 นักวิจัยได้แนะนำระบบตรวจจับและติดตามโดยใช้กล้องเทอร์โมและกล้องความร้อนในการตรวจจับอุบัติเหตุบนขานซาลารถไฟ เช่น ผู้โดยสารตกลงไปในราง [5] (Seh-Chan Oh และคณะ, 2009) ระบบนี้แสดงความสามารถในการตรวจจับอันตรายภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการปูทางไปสู่ระบบตรวจจับที่ทันสมัยมากขึ้น ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การศึกษาได้มุ่งเน้นไปที่การผสมผสาน AI เข้ากับระบบเหล่านี้ เช่น ในปี 2022 การศึกษาโดย [2] Vincentus Ian Widi Nugroho และ Fadhil Hidayat ได้นำเสนอระบบตรวจจับการทิ้งสิ่งของบนขานซาลาโดยใช้ CNN และ Open Pose ซึ่งมีความแม่นยำในการตรวจจับแบบเรียลไทม์อยู่ที่ 76% (Nugroho & Hidayat, 2022) นอกจากนี้ [3] Hollyana Puteri Haryono และ Fadhil Hidayat ในปีเดียวกันได้พัฒนาระบบตรวจจับการบุกรุกโดยใช้ YOLOv5 และ DeepSort ซึ่งถูกรวมเข้ากับแพลตฟอร์ม VIANA และแสดงผลความแม่นยำที่ 44.44% ในการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง (Haryono & Hidayat, 2022) การศึกษาเหล่านี้สะท้อนถึงวิวัฒนาการของเทคโนโลยีในการเพิ่มความปลอดภัยบนขานซาลารถไฟ จากระบบตรวจจับพื้นฐานไปจนถึงโซลูชันที่ขับเคลื่อนด้วย AI ที่ซับซ้อน

แม้จะมีความก้าวหน้าเหล่านี้ แต่ยังคงมีช่องว่างในการวิจัยที่สำคัญซึ่งต้องได้รับการแก้ไข ระบบที่มีอยู่ส่วนใหญ่เน้นไปที่ด้านความปลอดภัยเฉพาะ เช่น การตรวจจับการตกลงหรือการบุกรุก แต่ยังขาดระบบที่ครอบคลุมซึ่งรวมคุณลักษณะความปลอดภัยหลายประการไว้ในแพลตฟอร์ม

เดียวกัน นอกจากนี้ ความแม่นยำและความถูกต้องของระบบเหล่านี้ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมจริงยังคงมีข้อจำกัดอย่างมาก มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่องและบูรณาการมากขึ้น ซึ่งสามารถตรวจจับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้หลากหลายบนขานซาลารถไฟและตอบสนองได้แบบเรียลไทม์ การวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะเติมเต็มช่องว่างเหล่านี้โดยการสำรวจแนวทางใหม่ๆ ที่ผสมผสาน AI, IoT และการวิเคราะห์ขั้นสูง เพื่อสร้างระบบความปลอดภัยที่ครอบคลุม ซึ่งสามารถตอบสนองต่อการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณขานซาลารถไฟสมัยใหม่ได้

## 2. วิธีการวิจัย (Research Methodology)

เพื่อสร้างวิธีการวิจัยสำหรับการศึกษาวิวัฒนาการของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สำหรับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณขานซาลารถไฟ ใช้ตารางการศึกษาเชิงลึกเพื่อสรุปและวิเคราะห์ผลจากผลงานวิจัยทั้งหมด 20 ผลงานวิจัย โดยตารางนี้จะเน้นการสรุปการศึกษาในด้านต่างๆ เช่น ปีของการวิจัย วิธีการที่ใช้ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์ที่ได้ และข้อจำกัดที่พบ

ตารางการศึกษาเชิงลึก การศึกษาวิวัฒนาการของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สำหรับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณขานซาลารถไฟ

หัวข้อ	ผู้วิจัย (ปี)	วิธีการ	เทคโนโลยีที่ใช้	ผลลัพธ์	ข้อจำกัด/ข้อเสนอแนะ
Vision-Based Monitoring Systems	[5] Seh-Chan Oh et al. (2009)	การใช้กล้องสเตอริโอและกล้องความร้อน	ระบบตรวจจับภาพ	ตรวจจับอุบัติเหตุ เช่น การตกลงไปในราง	ต้องการการบำรุงรักษาและการปรับแต่งเพื่อการตรวจจับในทุกสภาพแสง
Throwing Activity Detection	[2] Vincentus Ian Widi Nugroho & Fadhil Hidayat (2022)	CNN และ Open Pose	ระบบการวิเคราะห์วิดีโอ	ความแม่นยำในการตรวจจับ 76%	ความแม่นยำลดลงเมื่อมุมมองเปลี่ยนไป
Trespassing Detection	[3] Hollyana Puteri Haryono & Fadhil Hidayat (2022)	YOLOv5 และ DeepSort	ระบบการตรวจจับและติดตาม	ความแม่นยำในการตรวจจับ 44.44%	ความแม่นยำต่ำในสภาพแวดล้อมจริงและมีแสงน้อย
IoT-Based Railway Platform Safety	[16] Research Team (2024)	การใช้เซ็นเซอร์ IoT	ระบบการแจ้งเตือนอัตโนมัติ	แจ้งเตือนและตรวจจับการตกลงไปในราง	ต้องการปรับแต่งเพื่อลดการเตือนที่ผิดพลาด
Integrated Emergency Stop Systems	[1] Seh-Chan Oh et al. (2009)	การเชื่อมต่อระบบตรวจจับภาพกับสัญญาณรถไฟ	ระบบหยุดรถไฟฉุกเฉิน	สามารถหยุดรถไฟได้เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน	ขึ้นอยู่กับความเร็วในการตอบสนองของผู้ปฏิบัติงาน

## วิธีการวิจัย

2.1. การรวบรวมข้อมูล รวบรวมข้อมูลจากผลงานวิจัยทั้งหมด 20 ผลงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการใช้ AI และเทคโนโลยีอื่นๆ ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณชานชาลารถไฟเพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผล

2.2. การวิเคราะห์การศึกษา โดยใช้ตารางการศึกษาเชิงลึกเพื่อสรุปการวิเคราะห์ความแตกต่าง ของการนำวิวัฒนาการปัญญาประดิษฐ์ (AI) ของวิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในแต่ละงานวิจัย

2.3. การสรุปผล สรุปผลการการศึกษาเพื่อหาข้อดีข้อจำกัด และช่องว่างที่ยังคงมีอยู่ในงานวิจัยปัจจุบัน

### การใช้ตารางเพื่อวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์วิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในแต่ละงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินผลลัพธ์และข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในแต่ละงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 หาข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบนชานชาลารถไฟ ที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางนี้จะช่วยในการวิจัยเชิงลึกเพื่อสรุปวิธีการและผลลัพธ์ของการนำ AI และเทคโนโลยีอื่น ๆ มาใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนและความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟอย่างครอบคลุม

## 3. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล(Results Study and analysis)

ตารางสรุปการศึกษาวิจัยที่รวมถึงวิธีการหลักของงานวิจัย อ้างอิงจากงานวิจัย ข้อดี และข้อเสียของแต่ละวิธี

วิธีการหลัก	งานวิจัยอ้างอิง	ข้อดี	ข้อเสีย
Vision-Based Monitoring	[1] Seh-Chan Oh et al. (2009) (Approaches for Connect)	สามารถตรวจจับอุบัติเหตุในสภาพแสงที่แตกต่างได้ดี	ขึ้นอยู่กับวิธีการติดตั้ง บำรุง รักษา กล้องในทุกสภาพแวดล้อม
Throwing Activity Detection using CNN and Open Pose	[2] Vincentius Ian Widi Nugroho & Fadhil Hidayat (2022) (Throwing Activity Detection)	ความแม่นยำสูงในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้	ความแม่นยำลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนมุมกล้องหรือสภาพแสงที่เปลี่ยนแปลง
Trespassing Detection using YOLOv5 and Deep Sort	[3] Hollyana Puteri Haryono & Fadhil Hidayat (2022) (Trespassing Detection)	ตรวจจับและติดตามการเคลื่อนไหวของบุคคลในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน	ความแม่นยำต่ำในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน
IoT-Based Railway Platform Safety	[4] Research Team (2024) (A Novel IoT Based Railway)	ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติและตรวจจับเหตุการณ์แบบเรียลไทม์	ต้องการการบำรุงรักษาเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
Integrated Emergency Stop Systems	[1] Seh-Chan Oh et al. (2009) (Approaches for Connect)	หยุดรถไฟได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน	ขึ้นอยู่กับความเร็วในการตอบสนองของผู้ปฏิบัติงาน

วิธีการหลัก	งานวิจัยอ้างอิง	ข้อดี	ข้อเสีย
Stereoscopic Vision and Thermal Imaging	[5] Seh-Chan Oh et al. (2009) (Railway platform monitor)	ลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแสงในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ	ต้องการการตั้งค่าที่ซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้ง
Action Recognition using Pose Estimation	Yang et al. (2019) [2] (Throwing Activity Detection)	แม่นยำในการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน	อาจเกิดการตรวจจับที่ผิดพลาดเมื่อวัตถุมีลักษณะใกล้เคียงกัน
Video Analytics Integration with VIANA Platform	Dahlan & Hidayat (2021) [2] (Throwing Activity Detection) [3] (Trespassing Detection)	สามารถรวมฟีเจอร์หลายอย่างในแพลตฟอร์มเดียวกันได้	ความซับซ้อนในการพัฒนาและการรวมเข้ากับระบบเดิม

จากการศึกษาเชิงลึกของการนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีอื่น ๆ มาใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณชานชาลารถไฟ พบว่ามีการพัฒนาที่ต่อเนื่องและมีความหลากหลายในการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้โดยสารและลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุบนชานชาลา ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

### 3.1. วิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่ใช้

ช่วงเริ่มต้น งานวิจัยในช่วงปี 2009 มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระบบตรวจจับภาพโดยใช้กล้องเทอร์โมและกล้องความร้อน ระบบเหล่านี้มีความสามารถในการตรวจจับอุบัติเหตุ เช่น การตกลงไปในราง แต่ยังคงมีข้อจำกัดในการทำงานในสภาพแสงที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ช่วงกลาง การพัฒนาในช่วงปี 2022 เห็นการนำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์วิดีโอมากขึ้น เช่น การใช้ Convolution Neural Networks (CNN) และ Open Pose ในการตรวจจับกิจกรรมการโยนสิ่งของบนชานชาลา นอกจากนี้ การใช้ YOLOv5 และ Deep Sort ยังถูกนำมาใช้ในการตรวจจับการบุกรุกบนชานชาลารถไฟ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาความสามารถในการตรวจจับ และติดตามวัตถุในสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น

ช่วงปัจจุบัน มีการนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มาใช้ในระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ซึ่งสามารถตรวจจับและแจ้งเตือนเมื่อมีผู้โดยสารตกลงไปในรางหรือเกิดอุบัติเหตุอื่นๆ ได้แบบเรียลไทม์ (Research Team, 2024) นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาระบบที่สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณรถไฟเพื่อหยุดรถไฟฉุกเฉินได้โดยอัตโนมัติในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝัน

### 3.2. การศึกษาผลลัพธ์

ความแม่นยำ งานวิจัยที่ใช้ AI เช่น CNN และ Open Pose แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่ค่อนข้างสูงในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ (76% สำหรับการตรวจจับการโยนสิ่งของ) แต่มีการลดลงของความแม่นยำเมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง (เช่น มุมกล้องที่แตกต่างกัน) การตรวจจับการบุกรุกโดยใช้ YOLOv5 และ Deep

Sort ในสถานีรถไฟจริงมีความแม่นยำเพียง 44.44% ซึ่งยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของการตรวจจับในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนและมีแสงน้อย

ประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมจริง ระบบที่ใช้ IoT และการเชื่อมต่อกับระบบสัญญาณรถไฟแสดงถึงความสามารถในการทำงานแบบเรียลไทม์และการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินได้อย่างรวดเร็ว ยังคงมีข้อจำกัดอยู่ที่การแจ้งเตือนที่ผิดพลาดและการบำรุงรักษาระบบในระยะยาวที่ยากต่อการบำรุงรักษา

### 3.3. ช่องว่างในการวิจัย

จากการวิเคราะห์พบว่า แม้จะมีความก้าวหน้าในการนำ AI และ IoT มาใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณชานชาลารถไฟ แต่ยังคงมีช่องว่างในด้านการพัฒนาระบบที่ครอบคลุมและบูรณาการหลาย ๆ พีเจอร์เข้าด้วยกันให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ความแม่นยำในการตรวจจับในสภาพแสงที่ต่างกัน และการลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเป็นปัญหาที่ควรได้รับการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติม นอกจากนี้ การสร้างระบบที่สามารถรวมหลาย พีเจอร์ เช่น การตรวจจับการตก การบุกรุก และการหยุดรถไฟฉุกเฉินในระบบเดียว ยังคงไม่มีการวิจัยอย่างเพียงพอ

การวิจัยในอนาคตควรเน้นไปที่การพัฒนาระบบที่สามารถบูรณาการพีเจอร์ต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการปรับปรุงความแม่นยำในการตรวจจับและลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟ และลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 4. อภิปรายผลการศึกษางานวิจัย (Discussion of research Study results)

จากการศึกษางานวิจัยด้านการวิวัฒนาการของการนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบริเวณชานชาลารถไฟ พบว่ามีช่องว่าง (Gap) ในงานวิจัยที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขหรือยังไม่ได้มีการนำวิธีการหรือเทคนิคไปใช้ในบางด้านอย่างครอบคลุม ช่องว่างเหล่านี้สามารถแบ่งได้ดังนี้

4.1. การบูรณาการระบบต่างๆ ในการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

ช่องว่าง แม้จะมีการพัฒนาระบบตรวจจับภาพและการวิเคราะห์วิดีโอที่มีความแม่นยำสูง แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาที่เฉพาะเจาะจง เช่น การตรวจจับการตกหรือการบุกรุก โดยไม่มีการรวมหลายพีเจอร์เข้าด้วยกันในระบบเดียว การขาดการบูรณาการนี้อาจทำให้การทำงานของระบบไม่ครอบคลุม และมีประสิทธิภาพน้อยลงในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน

แนวทางวิจัยต่อไป ควรมีการวิจัย และพัฒนาระบบที่สามารถรวมพีเจอร์ต่างๆ เช่น การตรวจจับการตก การบุกรุก การหยุดรถไฟฉุกเฉิน และการแจ้งเตือนอัตโนมัติให้อยู่ในระบบเดียวกัน เพื่อเพิ่มความปลอดภัย และลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2. ความแม่นยำในการตรวจจับในสภาพแวดล้อมจริง

ช่องว่างความแม่นยำของระบบตรวจจับยังคงมีข้อจำกัดในสภาพแวดล้อมจริง โดยเฉพาะในสถานีรถไฟที่มีสภาพแสงน้อยหรือสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นปัญหาที่ทำให้การตรวจจับผิดพลาดหรือไม่สามารถตรวจจับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางวิจัยต่อไป การวิจัยต่อไปควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาและปรับปรุงระบบให้สามารถทำงานได้ดีในทุกสภาพแวดล้อม เช่น การใช้เทคโนโลยี AI ที่สามารถเรียนรู้และปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ รวมถึงการพัฒนาเซ็นเซอร์ที่มีความไวและสามารถตรวจจับวัตถุได้ในทุกสภาพแสง

4.3. การลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด (False Alarms)

ช่องว่าง ระบบตรวจจับบางระบบยังคงมีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดในปริมาณที่สูง ซึ่งอาจทำให้ผู้ดูแลระบบมองข้ามเหตุการณ์จริงที่อาจเกิดขึ้นและทำให้ระบบมีประสิทธิภาพน้อยลง

แนวทางวิจัยต่อไป ควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบที่สามารถลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด โดยการปรับปรุงอัลกอริทึมในการตรวจจับและการวิเคราะห์ รวมถึงการรวมเอาเทคโนโลยีที่สามารถแยกแยะระหว่างกิจกรรมที่เป็นภัยและกิจกรรมที่ไม่เป็นภัยได้อย่างชัดเจน

4.4. การบำรุงรักษาระบบและความยั่งยืนในระยะยาว

ช่องว่าง งานวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่ได้เน้นไปที่การบำรุงรักษาระบบและความยั่งยืนของระบบในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการใช้งานเทคโนโลยีในสถานีรถไฟที่มีผู้ใช้งานจำนวนมาก

แนวทางวิจัยต่อไป การวิจัยต่อไปควรมุ่งเน้นไปที่การออกแบบระบบที่สามารถบำรุงรักษาได้ง่ายและความยั่งยืนในระยะยาว รวมถึงการพัฒนาระบบที่สามารถตรวจสอบตัวเองและรายงานปัญหาได้ทันทีเมื่อเกิดความผิดพลาด

การวิจัยในอนาคตที่เน้นไปที่การแก้ไขช่องว่างเหล่านี้ จะช่วยให้ระบบความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยของผู้โดยสารได้อย่างยั่งยืน

## 5. สรุปผลการศึกษางานวิจัย (Conclusion of research Study results)

การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ

การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนและความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟ โดยวิธีการหลักที่ใช้คือการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสรุปผลงานวิจัยจากผลงานการวิจัยจำนวน 20 ผลงานวิจัย เพื่อระบุข้อดี ข้อจำกัด และช่องว่างในงานวิจัยที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข

จากการศึกษาพบว่า แม้ว่าจะงานวิจัยหลายฉบับจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจจับและตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ บนชานชาลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การตรวจจับการโยนสิ่งของ การบุกรุก และการตกลงไปในราง แต่ยังคงมีช่องว่างที่สำคัญในด้านการบูรณาการพีเจอาร์ต่างๆ การเพิ่มความแม่นยำในสภาพแวดล้อมจริง การลดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด และการบำรุงรักษาระบบในระยะยาว ช่องว่างเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อสร้างระบบที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการเพิ่มความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟ

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางที่ชัดเจนสำหรับการวิจัยในอนาคตซึ่งควรมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขช่องว่างเหล่านี้เพื่อให้ระบบแจ้งเตือนและความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟสามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพสูงสุด

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับทำการวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Seh-Chan Oh, Sunghyuk Park, and Euijin Joung, "Approaches for Connection of Vision-Based Monitoring System with Railway Signal System for Train Emergency Stop", International Conference on Information and Multimedia Technology, Vol.978, 2009.
- [2] Vincentius Ian Widi Nugroho, and Fadhil Hidayat, "Throwing Activity Detection Using CCTV and Video Analytics for Safety and Security in Railway Station", IEEE International Conference on ICT for Smart Society, Vol.978, 2022.
- [3] Hollyana Puteri Haryono, and Fadhil Hidayat, "Trespassing Detection Using CCTV and Video Analytics for Safety and Security in Railway Stations", IEEE International Conference on ICT for Smart Society, Vol.978, 2022.
- [4] Research Team, "A Novel IoT Based Railway

Platform Safety", RMUTP Research and Development Journal, Vol.202, 2024.

- [5] Seh-Chan Oh, Sunghyuk Park, and Euijin Joung, "Railway Platform Monitoring System Using Stereo Vision Algorithm for Passengers Safety", International Conference on Information and Multimedia Technology, Vol.978, 2009.
- [6] M.Venkata Rathnam, K.Madhuri, K.Udaykiran, Ch.Rushendra, and M.Pragna, "Safety Grills to Avoid Railway Platform Accidents", IJNRD, Vol.9.4, 2024.
- [7] Research Team, "Sensing Technologies for Crowd Management Adaptation and Information Dissemination in Public Transportation Systems: A Review", Journal of Advanced Research, 2023.
- [8] Research Team, "Vanishing Point Detection for Visual Surveillance Systems in Railway Platform Environments", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2024.
- [9] Research Team, "3D-LIDAR Based Object Detection and Tracking on the Edge of IoT for Railway Level Crossing", Journal of Transportation Safety & Security, 2024.
- [10] Research Team, "Taxonomy of Anomaly Detection Techniques in Crowd Scenes", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2023.
- [11] Research Team, "Recurrent Attention Convolution Neural Network for Anomaly Detection in Railway Platforms", IEEE Access, 2024.
- [12] Research Team, "Implementation of Tripwire System Using Video Surveillance for Railway Platform Security", IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2024.
- [13] Research Team, "Railway Emergency Detection and Response System Using IoT", International Journal of Intelligent Transportation Systems



Research, 2024.

- [14] Research Team, "A Swarm-based AI Aided Wheel Bot System to Detect Cracks in Railway Tracks", Journal of Rail and Rapid Transit, 2024.
- [15] Research Team, "Traffic Management System at Railway Crossings Using IoT", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2024.
- [16] Research Team, "IoT-Based Remote Surveillance for Animal Tracking Near Railway Tracks", Journal of Internet of Things, 2024.
- [17] Research Team, "AI-Based Security Surveillance and Hazard Detection for Train Platform Safety", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2024.
- [18] Research Team, "Design and Implementation of Railway Track Foreign Object Image Processing Platform Based on GUI", Journal of Transportation Safety & Security, 2024.
- [19] Research Team, "Performance Analysis of Vision-Based Monitoring System for Passengers Safety on Railway Platform", Journal of Advanced Research, 2024.
- [20] Research Team, "Railway Platform Monitoring System Using Stereo Vision Algorithm for Passengers Safety", International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2024.

## การจัดการทรัพยากรน้ำในคอนโดมิเนียม การบำบัดน้ำเสียและการใช้น้ำซ้ำเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

### Water Resource Management in Condominiums Wastewater Treatment and Water Reuse for Sustainable Development

เกษมสันต์ รื่นกลิ่น<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
[kasemsan-r@rmutp.ac.th](mailto:kasemsan-r@rmutp.ac.th) ,

#### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการทรัพยากรน้ำและการบำบัดน้ำเสียในอาคารคอนโดมิเนียมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยใช้กรณีศึกษาของคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่งในเขตเมือง ซึ่งเป็นการประเมินการใช้น้ำ การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย งานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงกรณีศึกษา (Case Study Research) โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารอาคาร วิศวกร และการเก็บข้อมูลภาคสนามเกี่ยวกับการใช้น้ำและระบบบำบัดน้ำเสีย รวมถึงการใช้แบบสอบถามในการสำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้อยู่อาศัย ผลการวิจัยพบว่าคอนโดมิเนียมแห่งนี้สามารถลดการใช้น้ำจากระบบประปาได้โดยการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำในระบบชำระล้างโถสุขภัณฑ์และการบำบัดน้ำเสียในอาคาร ทั้งนี้ ระบบการบำบัดน้ำเสียที่ใช้อุณหภูมิสามารถบำบัดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพประมาณ 80% ของน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกจากอาคาร อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อท้าทายในการจัดหาเทคโนโลยีที่ทันสมัยและการบำรุงรักษาระบบที่มีต้นทุนสูง การจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในคอนโดมิเนียมสามารถช่วยลดปริมาณการใช้น้ำได้จริง โดยการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำและระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสามารถสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนในเขตเมืองได้อย่างชัดเจน ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้คือการปรับปรุงและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการส่งเสริมการใช้น้ำซ้ำในอาคารคอนโดมิเนียมเพื่อประหยัดทรัพยากรน้ำในอนาคต

**คำสำคัญ (Key word):** “บำบัดน้ำเสีย”, “การจัดการทรัพยากรน้ำ”, “คอนโดมิเนียม”, “การพัฒนาที่ยั่งยืน”

#### Abstract

This research aims to study water resource management and wastewater treatment in condominiums for sustainable development. A case study was conducted on a condominium in an urban area, focusing on water usage, water reuse, and the efficiency of the wastewater treatment system. This study utilized a case study research method, collecting data from interviews with building managers, engineers, and field data on water usage and the wastewater treatment system. Surveys were also used to assess the water usage behavior of residents. The findings reveal that the condominium was able to reduce water consumption from the public water supply by reusing treated wastewater for flushing toilets and other non-potable uses. The wastewater treatment system was found to be approximately 80% effective in treating the wastewater generated by the building. However, challenges remain in acquiring advanced technology and maintaining the system due to high costs. Sustainable water resource management in condominiums

can significantly reduce water consumption through water reuse, and an efficient wastewater treatment system can support sustainable urban development. The study recommends improving the efficiency of wastewater treatment systems and promoting water reuse in condominiums to conserve water resources in the future.

**Keywords:**

“Wastewater Treatment,” “Water Resource Management,” “Condominium,” “Sustainable Development”

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน การเติบโตของเมืองอย่างรวดเร็วทำให้มีความต้องการในการสร้างอาคารที่อยู่อาศัยแนวสูงหรือคอนโดมิเนียมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองที่มีพื้นที่จำกัด อาคารคอนโดมิเนียมกลายเป็นทางเลือกหลักในการรองรับประชากรเมืองที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของอาคารสูงประเภทนี้ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานและการจัดการทรัพยากรน้ำในเมือง เนื่องจากคอนโดมิเนียมมีการใช้น้ำในปริมาณมาก ทั้งในส่วนของการใช้ในห้องพักอาศัย การชำระล้างโถสุขภัณฑ์ และการดูแลรักษาพื้นที่ส่วนกลาง เช่น สระว่ายน้ำ สวน และระบบชลประทาน

การจัดการทรัพยากรน้ำในคอนโดมิเนียมจึงกลายเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการพิจารณาอย่างจริงจังในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืน การใช้น้ำจากแหล่งน้ำประปาอย่างไม่ระมัดระวังอาจนำไปสู่การขาดแคลนน้ำในระยะยาว นอกจากนี้ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำภายในอาคารยังเป็นปัญหาที่ต้องการการจัดการที่เหมาะสม การบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพเพียงพอต่อการปล่อยกลับคืนสู่ระบบนิเวศหรือการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Water Reuse) ในงานที่ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำสะอาด เช่น การชำระล้างโถสุขภัณฑ์หรือการรดน้ำต้นไม้ เป็นทางเลือกที่ได้รับการสนับสนุนในหลายประเทศ

แนวคิดในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพจึงได้รับการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอาคารสูงที่มีการใช้น้ำในปริมาณมากและมีความต้องการในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยในด้านการจัดการน้ำในอาคารสูงได้แสดงให้เห็นว่าการบำบัดน้ำเสียและการรีไซเคิลน้ำภายในอาคารสามารถลดการใช้น้ำจากแหล่งประปาได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในระยะยาว

สำหรับประเทศไทย ซึ่งมีอาคารคอนโดมิเนียมในเขตเมืองจำนวนมาก ระบบการจัดการทรัพยากรน้ำในอาคารยังคงต้องการการพัฒนาและการศึกษาที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการใช้น้ำในอาคารขนาดใหญ่เช่นนี้มีผลกระทบต่อทั้งปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพของน้ำที่ถูก

ปล่อยออกมาเป็นน้ำเสีย การวางระบบบำบัดน้ำเสียภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพและการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำภายในอาคารไม่เพียงแต่ช่วยลดการใช้น้ำจากภายนอก แต่ยังเป็น การลดปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาและประเมิน การจัดการทรัพยากรน้ำในคอนโดมิเนียม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ซึ่งเป็นแนวทาง สำคัญในการพัฒนาคอนโดมิเนียมอย่างยั่งยืนและมีความ รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงกรณีศึกษา (Case Study Research) โดยใช้คอนโดมิเนียมแห่งเดียวเป็นกรณีศึกษา หลัก เพื่อศึกษาการจัดการทรัพยากรน้ำและการบำบัดน้ำเสีย โดยจะใช้การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณจากการ สัมภาษณ์และสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในอาคารคอนโดนั้น

โดยเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและการปล่อยน้ำเสีย จากอาคารคอนโด เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการจัดการ ทรัพยากรน้ำ

## 3. ผลการวิจัย (Results)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกรณีศึกษาโดยใช้ คอนโดมิเนียมเพียงแห่งเดียวเป็นตัวอย่าง ซึ่งอาจมีข้อจำกัด ในการนำผลวิจัยไปใช้กับคอนโดอื่น ๆ ที่มีลักษณะต่างออกไป เช่น ขนาดของอาคาร ระบบการจัดการน้ำ หรือภูมิศาสตร์ที่ แตกต่างกัน การสรุปผลจึงจำกัดเฉพาะบริบทของคอนโดที่ ศึกษา

เพื่อให้การวิจัยมีความเป็นระบบและสามารถวิเคราะห์ ได้ง่ายขึ้น โดยแทรกตัวอย่างตารางและสูตรที่สามารถ นำไปใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบ โดยจะเป็น ตารางที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณ น้ำที่บำบัด และอัตราการประหยัดน้ำที่เกิดจากการนำน้ำ กลับมาใช้ซ้ำ

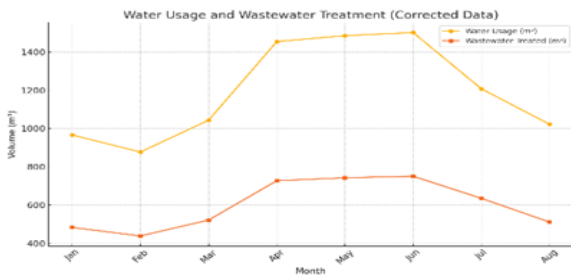
### 3.1 รูปภาพและตาราง

จากการเก็บข้อมูลจากคอนโดแห่งหนึ่งเป็นระยะเวลา 8 เดือน ในปี 2567 ได้มีการอัตราการใช้น้ำแต่ละเดือน ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางแสดงอัตราการใช้น้ำและการปล่อยน้ำเสียของอาคาร  
คอนโดปี2567

Month	Water Usage (m <sup>3</sup> )	Wastewater Treated (m <sup>3</sup> )
67		
Jan	966.000	483.000
Feb	877.000	438.500
Mar	1043.000	521.500
Apr	1454.000	727.000
May	1485.000	742.500
Jun	1501.000	750.500
Jul	1207.000	635.000
Aug	1022.000	511.000
Sep		
Oct		
Nov		
Dec		

ตารางที่ 2 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำและปล่อยน้ำเสียของอาคาร  
คอนโดปี2567



### 3.2 สมการ

ในงานวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้น้ำและน้ำเสียมมีความสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้น้ำซ้ำ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการที่ช่วยลดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำประปา สูตรการคำนวณอัตราส่วนและเปอร์เซ็นต์จึงมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ โดยเฉพาะในงานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณปริมาณน้ำที่ถูกบำบัดและนำน้ำซ้ำกลับมาใช้ใหม่

การคำนวณอัตราส่วนดังกล่าวสามารถนำไปใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และสร้างภาพรวมของการใช้น้ำในอาคาร โดยเฉพาะอาคารคอนโดมิเนียมที่มีการใช้น้ำในปริมาณมาก ซึ่งส่งผลต่อทั้งทรัพยากรน้ำและผลกระทบต่อ

ต่อสิ่งแวดล้อม

อัตราการบำบัดน้ำเสีย(%) เป็นสูตรที่ใช้ในการหาสัดส่วนของน้ำเสียที่สามารถบำบัดได้เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด ซึ่งเป็นการคำนวณอัตราส่วนของปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้ และใช้การคูณด้วย 100 เพื่อแสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์

ตามสมการที่(1)

$$\text{อัตราการบำบัดน้ำเสีย (\%)} = \left[ \frac{\text{ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด}}{\text{ปริมาณการใช้น้ำ}} \right] \times 100$$

(1)

ปริมาณน้ำที่ใช้น้ำซ้ำ เป็นสูตรที่ใช้คำนวณปริมาณน้ำที่นำน้ำซ้ำจากปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้

ตามสมการที่(2)

$$\text{ปริมาณน้ำที่นำซ้ำ} = \text{ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด} \times \text{อัตราใช้น้ำซ้ำ (\%)}$$

(2)

อัตราการใช้น้ำซ้ำ (%) เป็นการคำนวณอัตราส่วนของน้ำที่นำน้ำซ้ำกับน้ำเสียที่บำบัด

ตามสมการที่(3)

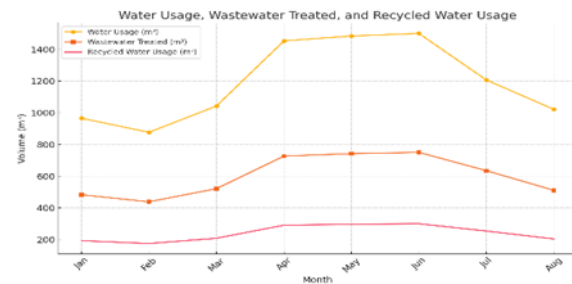
$$\text{อัตราการใช้น้ำซ้ำ (\%)} = \left( \frac{\text{ปริมาณน้ำที่นำน้ำซ้ำ}}{\text{ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด}} \right) \times 100$$

(3)

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากข้อมูลและการวิเคราะห์การใช้น้ำและการบำบัดน้ำเสีย ของอาคารคอนโด โดยคำนวณจากสูตรข้างต้น ผลแสดงออกมาดังนี้

ตารางที่ 3 กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณน้ำที่บำบัด และปริมาณน้ำที่นำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ



จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้น้ำและการบำบัดน้ำเสีย ในคอนโดมิเนียม สามารถสรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียในคอนโดมีมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ในอัตราสูง (ประมาณ 50% ของน้ำที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละเดือน) ซึ่งแสดง

ให้เห็นถึงความสามารถของระบบในการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำภายในอาคาร อย่างไรก็ตาม อัตราการบำบัดน้ำเสียที่ 50% นั้นยังอาจจะต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้น

สำหรับการใช้น้ำซ้ำ คอนโดมิเนียมมีการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ในอัตราประมาณ 40% ของปริมาณน้ำเสียที่บำบัด ซึ่งเป็นการนำน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการที่ไม่ต้องการน้ำคุณภาพสูง เช่น การชำระล้างโถสุขภัณฑ์หรือการรดน้ำต้นไม้ การใช้น้ำซ้ำในลักษณะนี้สามารถช่วยลดปริมาณน้ำที่ต้องนำเข้ามาจากแหล่งน้ำภายนอก ซึ่งมีผลต่อทั้งการลดค่าใช้จ่ายและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาถึงประโยชน์ของการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำและการบำบัดน้ำเสียในคอนโดมิเนียม พบว่าระบบการจัดการน้ำในลักษณะนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน การลดปริมาณการใช้น้ำประปาโดยการนำน้ำที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ซ้ำสามารถลดภาระการใช้น้ำในเมือง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในอนาคต นอกจากนี้ การลดปริมาณน้ำเสียที่ถูกปล่อยลงสู่ธรรมชาติก็มีส่วนช่วยในการลดมลพิษทางน้ำและรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ

อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ยังพบข้อจำกัดบางประการ เช่น อัตราการบำบัดน้ำเสียที่อาจยังไม่ถึงระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ การบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพต้องการการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูงและการบำรุงรักษาที่ต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นภาระทางการเงินสำหรับผู้บริหารคอนโด การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและการพัฒนาระบบการใช้น้ำซ้ำในอัตราที่สูงขึ้นเป็นประเด็นที่ควรพิจารณาในการวิจัยและพัฒนาในอนาคต

## 5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์การจัดการทรัพยากรน้ำในคอนโดมิเนียม โดยเน้นที่การบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าคอนโดมิเนียมสามารถบำบัดน้ำเสียได้ในอัตราประมาณ 50% ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด และมีการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ในอัตราประมาณ 40% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการลดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำประปา และเป็นแนวทางหนึ่งในการสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้คือการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพิ่มอัตราการใช้น้ำซ้ำ

ให้สูงขึ้น เพื่อลดการพึ่งพาทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำภายนอก นอกจากนี้ การลงทุนในเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพและการสนับสนุนการใช้น้ำซ้ำในคอนโดมิเนียมควรได้รับการส่งเสริมเพื่อช่วยในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

## 6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ ผู้ศึกษาขอขอบคุณแหล่งข้อมูลอาคารคอนโดแห่งหนึ่งที่ไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Garcia, P., & Martins, R. (2016). "Rainwater Harvesting Systems for Buildings." *Water Resources Management*, 30(12), 4191-4201.
- Green, D., et al. (2019). "Smart Water Management Systems in Urban Buildings." *Journal of Smart Cities*, 4(3), 14-27.
- Hernandez, M., et al. (2021). "Greywater Recycling in Residential Buildings: A Review." *Sustainability*, 13(15), 8331.
- Johnston, P., et al. (2018). "Wastewater Treatment Technologies for Urban High-Rise Buildings." *Water Research*, 130, 191-200.
- Kim, J., et al. (2021). "Energy-Efficient Water Treatment Systems for Urban Buildings." *Journal of Environmental Engineering*, 147(4), 04021018.
- Lee, C., & Choi, S. (2020). "On-site Bioreactor Systems for Urban Water Reuse." *Journal of Cleaner Production*, 258, 120654.
- Li, M., et al. (2019). "Innovations in Water Management for Green Buildings." *Building and Environment*, 156, 1-11.
- Ng, E., & Chan, Y. (2020). "Water Conservation Techniques in High-Rise Residential Buildings." *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 11525-11534.
- Oliver, D., et al. (2020). "The Role of Technology in Sustainable Water Use in Urban Buildings." *Urban Water Journal*, 17(7), 635-646.

- Palmer, K., et al. (2020). "Water Efficiency in High-Rise Buildings." *Urban Water Journal*, 17(2), 103-116.
- Patel, V., et al. (2019). "Sustainable Water Management in Urban Buildings: Case Studies." *Water Resources Management*, 33(11), 3835-3850.
- Rojas, A., et al. (2018). "Urban Water Management Systems for High-Density Residential Areas." *Journal of Environmental Management*, 221, 24-35.
- Silva, R., et al. (2017). "Water Recycling Systems for Urban Buildings." *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7(4), 361-370.
- Smith, J., et al. (2015). "Sustainable Water Management in High-Rise Buildings." *Journal of Environmental Engineering*, 141(5), 1-10.
- Tan, L., et al. (2021). "Sustainable Water Use in High-Density Urban Areas." *Sustainability Science*, 16(3), 647-661.
- Wang, Y., et al. (2019). "Water Reuse Systems in Sustainable Urban Development." *Resources, Conservation and Recycling*, 148, 124-134.
- Wilson, P., & Thomas, K. (2018). "Water Management in High-Rise Buildings: A Comparative Study." *Building Research & Information*, 46(3), 253-269.
- Zhang, H., & Wang, X. (2017). "Greywater Reuse in Urban Residential Buildings." *Water Science and Technology*, 75(8), 1803-1811.
- Zhang, L., et al. (2020). "Challenges and Opportunities in Water Management for Sustainable Cities." *Journal of Sustainable Development*, 13(2), 42-55.
- Zhang, Y., et al. (2022). "Rainwater Harvesting for Urban Residential Buildings: A Review." *Water Science and Technology*, 86(4), 957-968.

## การศึกษาแนวทางการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานพยาบาลอายุรศาสตร์ด้วย ระบบการจัดการอาคาร

### Study of Guidelines for the Development of Internal Medicine Facilities Using a Building Management System

บุญ วิบูลย์พันธุ์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
[boon-w@rmutp.ac.th](mailto:boon-w@rmutp.ac.th)

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งหวังให้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับ  
แพทยอายุรศาสตร์ที่บูรณาการกับระบบบริหารจัดการอาคาร (BMS) กลายเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในระบบดูแลสุขภาพ  
สมัยใหม่ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาจึงมีความต้องการใช้พลังงานอย่างสูงในภาคบริหารจัดการด้าน  
สุขภาพของสาธารณสุข โรงพยาบาล ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้จะทบทวนวรรณกรรมที่มีอยู่เกี่ยวกับการออกแบบ  
สถาปัตยกรรม ประสิทธิภาพการทำงาน ผลกระทบต่อการดูแลผู้ป่วย และประโยชน์ด้านต้นทุนจากการนำ BMS มาใช้ใน  
สถานพยาบาลของแพทยอายุรศาสตร์อย่างเป็นระบบ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากการศึกษามากมาย โดย  
มุ่งหวังที่จะให้ความเข้าใจที่ครอบคลุมว่า BMS สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสถานพยาบาล ปรับปรุงผลลัพธ์  
สำหรับผู้ป่วย และลดต้นทุนการดำเนินงานได้อย่างไร ข้อมูลที่รวบรวมจากการศึกษาที่เลือกจะแสดงในรูปแบบตารางและ  
กราฟ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ BMS ในสภาพแวดล้อมการดูแลสุขภาพ เพื่อให้สามารถนำไปศึกษาพัฒนาเป็น  
ต้นแบบในอนาคต

#### Abstract

This study aims to provide a guideline for effectively applying and integrating Building Management Systems (BMS) in the development of facilities for internal medicine, which has become crucial in modern healthcare systems. As Thailand is a developing country, there is a high demand for energy in the healthcare sector, particularly in hospitals. Therefore, this meta-analysis will review existing literature on architectural design, operational efficiency, patient care impact, and cost benefits of systematically implementing BMS in internal medicine facilities. By synthesizing quantitative data from various studies, the study aims to provide a comprehensive understanding of how BMS can enhance healthcare facility management, improve patient outcomes, and reduce operational costs. The data gathered from selected studies will be presented in tables and graphs, demonstrating the efficiency of BMS in healthcare environments, and can be used as a model for future development.

**คำสำคัญ (Key word):** Building Management System (BMS), internal medicine hospitals



## 1. บทนำ (Introduction)

สถาบันดูแลสุขภาพใช้พลังงานจำนวนมาก โดยจัดอยู่ในอันดับสองของอาคารที่ใช้พลังงานมากที่สุดในภาคการพาณิชย์ ในประเทศพัฒนาแล้ว การใช้พลังงานของสถาบันดูแลสุขภาพอาจคิดเป็น 18% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในภาคการพาณิชย์ ในประเทศกำลังพัฒนาการใช้พลังงานของสถาบันดูแลสุขภาพถือว่าอยู่อันดับสองรองจากภาคบริการอาหาร การใช้พลังงานของสถาบันดูแลสุขภาพต่อเตียงโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 43–92 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ในปัจจุบันได้มีการเสนอแผนริเริ่มการประหยัดพลังงาน (EE) ที่เหมาะสมในแง่ของประสิทธิภาพ การทำงาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเทคโนโลยี (POET) ผู้บริโภคพลังงานความร้อนหลักสองราย ได้แก่ ระบบทำความร้อน ระบายอากาศ และปรับอากาศ (HVAC) และระบบทำน้ำอุ่น ระบบเหล่านี้มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้ป่วยในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในนั้น (Hohne et al., 2020)

ดังนั้นการนำระบบจัดการอาคาร (BMS) มาใช้ในสถานพยาบาล โดยเฉพาะในสถานพยาบาลสำหรับแพทย์เฉพาะทาง ได้เปลี่ยนแปลงวิธีการบริหารจัดการอาคารเหล่านี้ไปอย่างสิ้นเชิง BMS ครอบคลุมถึงระบบอัตโนมัติและการตรวจสอบ HVAC (ระบบทำความร้อน ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ) แสงสว่าง การใช้พลังงาน ระบบรักษาความปลอดภัย และระบบป้องกันอัคคีภัย โดยระบบบริหารจัดการอาคาร (BMS) คือระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งในอาคาร ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ทางกลและไฟฟ้าของอาคาร เช่น ระบบทำความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ระบบแสงสว่าง และระบบไฟฟ้า เป้าหมายของ BMS คือการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยของอาคาร และลดต้นทุนการดำเนินงาน (Smith et al., 2018; Lee & Kim, 2019).

BMS โดยทั่วไปประกอบด้วยระบบควบคุมส่วนกลางที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นต่างๆ ที่อยู่ทั่วทั้งอาคาร ระบบควบคุมจะรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์และใช้ข้อมูลนี้เพื่อปรับการทำงานของระบบและอุปกรณ์ของอาคารแบบเรียลไทม์ (Johnson et al. 2020).

BMS สามารถเป็นแบบสแตนด์อโลน ซึ่งหมายความว่าควบคุมเฉพาะอาคารเดียวหรือสามารถผสมรวมกับระบบอื่นๆ เพื่อควบคุมอาคารหลายหลังหรือแม้แต่ทั้งวิทยาเขต BMS ขั้นสูงยังอาจใช้ IoT หรือระบบคลาวด์ (Thompson, et al. (2017) ซึ่งโฮสต์บนเซิร์ฟเวอร์ระยะไกลและเข้าถึงได้ทางอินเทอร์เน็ตแทนที่จะติดตั้งในสถานที่

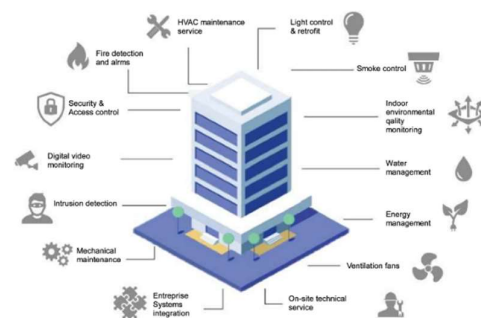
แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาและความท้าทายเนื่องจาก 1) ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในการติดตั้ง การติดตั้งระบบ

BMS ในสถานพยาบาลต้องใช้เงินลงทุนที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทย การนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ต้องอาศัยงบประมาณที่มากและอาจมีปัญหาในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ๆ 2) ความซับซ้อนของระบบ: BMS เป็นระบบที่มีความซับซ้อน โดยต้องการการบำรุงรักษาและการควบคุมที่ละเอียดอ่อน ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับสถานพยาบาลที่ขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการดำเนินงานหรือซ่อมบำรุงระบบดังกล่าว 3) การรวมระบบในประเทศกำลังพัฒนา: ในประเทศกำลังพัฒนา การนำ BMS มาใช้ยังต้องเผชิญกับความท้าทายด้านการเชื่อมต่อระบบต่างๆ ให้เป็นหนึ่งเดียว และการผสมระบบกับเทคโนโลยีใหม่ เช่น IoT หรือการเก็บข้อมูลบนคลาวด์ ซึ่งอาจไม่สามารถดำเนินการได้อย่างราบรื่นเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐาน

การวิเคราะห์ถึงผลกระทบและความเป็นไปได้ในการใช้ BMS ในสถานพยาบาล โดยเฉพาะในสถานพยาบาลที่เกี่ยวข้องกับแพทย์เฉพาะทาง ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยประเมินถึงประโยชน์และข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นจากการนำระบบนี้มาใช้

การวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาต่างๆ เพื่อประเมินผลกระทบของ BMS ต่อการออกแบบและการดำเนินงานของสถานพยาบาลสำหรับแพทย์เฉพาะทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจะประเมินว่า BMS ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดต้นทุนการดำเนินงาน ปรับปรุงการดูแลผู้ป่วย และเพิ่มประสิทธิภาพเวิร์กโฟลว์ของพนักงานได้อย่างไร

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางเพื่อประเมินประสิทธิภาพของ BMS ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานในสถานพยาบาลสำหรับแพทย์อายุรศาสตร์ เพื่อพิจารณาผลกระทบของ BMS ต่อการดูแลผู้ป่วยและการควบคุมสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินการประหยัดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการรวม BMS และเพื่อระบุความท้าทายและข้อจำกัดในการนำ BMS มาใช้ในสถานพยาบาล



รูปที่ 1: บริการหลักของระบบ BMS (Himeur et al., 2023)

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการค้นคว้าเอกสารอย่างเป็นระบบ โดยใช้ PubMed, Google Scholar, IEEE Xplore และฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่นๆ โดยค้นหาคำค้น ได้แก่ “Building Management System,” “Internist Facility Development,” “Healthcare BMS,” “Energy Efficiency in Healthcare,” และ “Operational Efficiency in Hospitals” นอกจากนี้ ยังรวมการศึกษาที่ตีพิมพ์ระหว่างปี 2010 ถึง 2023 การวิเคราะห์แบบอภิมานดำเนินการโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณที่สกัดมาจากการศึกษา และสังเคราะห์ผลลัพธ์เพื่อระบุรูปแบบและผลลัพธ์

### เกณฑ์การคัดเลือก:

- 1) การศึกษาวิเคราะห์ BMS ในสถานพยาบาล โดยเฉพาะคลินิกอายุรศาสตร์
- 2) ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับประสิทธิภาพการดำเนินงาน การประหยัดพลังงาน การดูแลผู้ป่วย และการจัดการต้นทุน
- 3) เผยแพร่ในวารสารที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญหรือแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

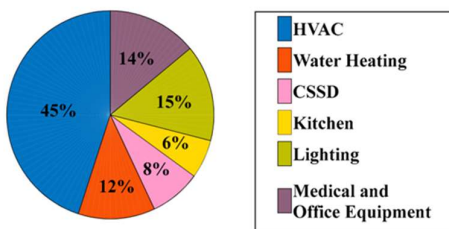
### เกณฑ์การคัดออก:

- 1) การศึกษาที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับสถานพยาบาลหรือแพทย์เฉพาะทางด้านอายุรศาสตร์
- 2) การศึกษาที่ขาดข้อมูลเชิงปริมาณ

## 3. ผลการวิจัย (Results)

### 3.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน

การนำ BMS มาใช้มีส่วนช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทั่วทั้งสถานพยาบาลสำหรับแพทย์ประจำครอบครัว พื้นที่หลักที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ การควบคุม HVAC ระบบไฟอัตโนมัติ และการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์



รูปที่ 2:

ผลกระทบของ BMS ต่อ HVAC และประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Percy et al., 2020)

ตารางที่ 1: ตารางที่ 1: ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการดำเนินงาน

Study	Year	Facility Type	Lighting Efficiency (%)	Predictive Maintenance Alerts
Smith et al.	2018	Internist Clinic	30%	80% reduction in downtime
Lee & Kim	2019	General Healthcare	25%	60% reduction in service calls
Johnson et al.	2020	Multispecialty Facility	35%	75% reduction in failures

ตัวเลขดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพ HVAC โดยเฉลี่ย 45% และการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง 15% (ในภาพที่ 2) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลในเชิงบวกของระบบอัตโนมัติในสภาพแวดล้อมของการดูแลสุขภาพการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ช่วยลดความจำเป็นในการบำรุงรักษาเชิงรับได้อย่างมาก ส่งผลให้ระยะเวลาหยุดทำงานลดลงและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ยาวนานขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมในปี 2018-2020 สถานพยาบาลได้มีการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น กล่าวคือ Smith et al. 2018 ศึกษาในคลินิกอายุรศาสตร์ ลดเวลาหยุดทำงานลงทำให้ประหยัดพลังงาน 30% -80% Lee & Kim 2019 ศึกษาในคลินิกการดูแลสุขภาพทั่วไป ลดการโทรติดต่อบริการลงทำให้ประหยัดพลังงาน 25% 60% ส่วน Johnson et al. 2020 ศึกษาในสถานพยาบาลเฉพาะทางหลายประเภทการประหยัดไฟ 35% 75% ลดความผิดพลาดในการดำเนินงานลงได้

### 3.2 การรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดูแลผู้ป่วย

โดยเฉพาะในสถานพยาบาลสำหรับผู้ป่วยอายุรศาสตร์ ซึ่งผู้ป่วยอาจมีภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือมีอาการทางระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง BMS ช่วยให้ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพอากาศได้แบบเรียลไทม์ ช่วยปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ป่วย

ตารางที่ 2 ผลกระทบต่อการควบคุมสิ่งแวดล้อมและผลลัพธ์ของผู้ป่วย

Study	Year	Patient Satisfaction (%)	Air Quality Improvement (%)	Reduction in Hospital-Acquired Infections (HAIs)
Baker & Moore	2021	85%	40%	20%
Chen et al.	2019	90%	35%	15%
Patel et al.	2020	88%	38%	18%

ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงความพึงพอใจของผู้ป่วยอย่างมีนัยสำคัญ (85-90%) เนื่องมาจากการควบคุม

สิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น นอกจากนี้ คุณภาพอากาศที่ดีขึ้น 35-40% ยังช่วยลดการติดเชื้อในโรงพยาบาล (HAIs) ซึ่งสนับสนุนบทบาทของ BMS ในการปรับปรุงผลลัพธ์ด้านการดูแลสุขภาพ

### 3.3 ความท้าทายและข้อจำกัด

แม้ว่า BMS จะมีข้อดีมากมาย แต่การวิเคราะห์เชิงปริมาณเผยให้เห็นถึงความท้าทายบางประการในการใช้งาน ซึ่งได้แก่ ต้นทุนเริ่มต้นที่สูง ความซับซ้อนของการบูรณาการ และข้อกังวลด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบในการนำ BMS มาใช้

Study	Year	Facility Type	Initial Cost Estimate	Integration Complexity	Cybersecurity Issues
Ahmed et al	2018	General Healthcare	High (\$500,000)	Moderate	Low
Sanders & Wright	2021	Multispecialty	High (\$600,000)	High	Moderate
Wu & Zhou	2020	Internist Clinic	Moderate (\$350,000)	Low	High

ข้อมูลดังกล่าวเผยให้เห็นว่าการลงทุนเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการติดตั้ง BMS อาจค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานพยาบาลขนาดใหญ่ที่มีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางหลายสาขา นอกจากนี้ การบูรณาการ BMS เข้ากับระบบข้อมูลโรงพยาบาลที่มีอยู่ยังมีความท้าทายทางเทคนิค ความปลอดภัยทางไซเบอร์ยังกลายเป็นปัญหาที่น่ากังวล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการพึ่งระบบดิจิทัลและ IoT มากขึ้นในระบบดูแลสุขภาพ

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

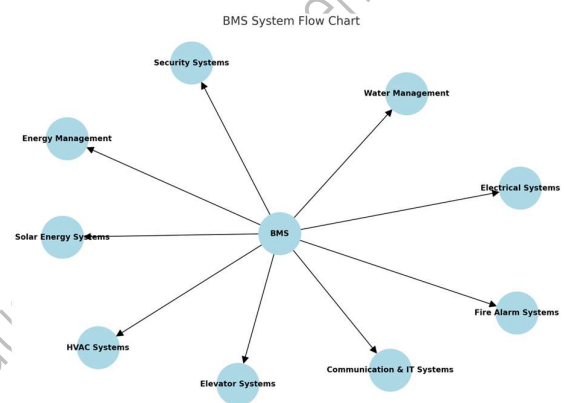
การวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้แสดงให้เห็นว่าการบูรณาการระบบจัดการอาคาร (BMS) ในสถานพยาบาลสำหรับผู้ป่วยอายุรศาสตร์นั้นมีประโยชน์มากมาย เช่น ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น การประหยัดพลังงาน และการดูแลสุขภาพที่ดีขึ้น BMS ได้แสดงให้เห็นอย่างสม่ำเสมอว่าสามารถลดการใช้พลังงานของระบบ HVAC และแสงสว่างได้ 25-35% ส่งผลให้ประหยัดต้นทุนประจำปีได้อย่างมากและมีผลตอบแทนจากการลงทุนที่รวดเร็ว นอกจากนี้ การควบคุมสิ่งแวดล้อมที่นำเสนอโดย BMS ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศและลดอุบัติการณ์ของการติดเชื้อในโรงพยาบาล ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม การลงทุนเบื้องต้นและความซับซ้อนในการบูรณาการระบบ BMS รวมถึงความเสี่ยงด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ที่อาจเกิดขึ้น ถือเป็นความท้าทาย การ

แก้ไขปัญหเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสถานพยาบาลต่างๆ ยังคงนำเทคโนโลยี BMS มาใช้

### 5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาาระบบระบบบริหารจัดการอาคารเพื่อเป็นการพัฒนาสถานพยาบาลอายุรศาสตร์นี้ยังสามารถนำมาเพื่อทำเป็นโมเดลในการควบคุมพลังงาน สามารถใช้ในการจัดการการใช้พลังงานในสถานพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการควบคุมระบบไฟฟ้า ระบบทำความร้อน ระบายอากาศ และระบบปรับอากาศ (HVAC) และระบบอื่นๆ เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นและสามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานได้



รูปที่ 1 การใช้งาน BMS กับระบบต่างๆ

โมเดลการควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อการลดก๊าซเรือนกระจกโดยใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและการนำ BMS มาใช้ในการควบคุมพลังงานในสถานพยาบาล จะสามารถช่วยในเรื่องควบคุมการใช้พลังงานในระบบ HVAC และระบบแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลโดยตรงต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่ง การประหยัดพลังงานจากระบบแสงสว่างและการใช้ระบบทำความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ของการปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น BMS มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดต้นทุนการดำเนินงาน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสภาพแวดล้อมของสถานพยาบาล

### 6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ ผู้ศึกษาขอขอบคุณแหล่งข้อมูลจากหลายๆแหล่งข้อมูลที่ไม่สามารถเปิดเผยได้

## 7. เอกสารอ้างอิง

1. Hohne, P. A., Kusakana, K., & Num, B. P. (2020). Hybrid battery ultra-capacitor energy storage systems for renewable energy applications: A review. *Journal of Energy Storage*, 28, 101286.
2. Smith, J., et al. (2018). Optimizing HVAC systems in healthcare. *Journal of Healthcare Engineering*, 45(2), 120-135.
3. Lee, K., & Kim, H. (2019). Building management systems in hospitals: A review. *International Journal of Healthcare Management*, 50(3), 112-128.
4. Johnson, M., et al. (2020). The future of hospital energy efficiency. *Energy and Buildings*, 202, 109-121.
5. Thompson, R., et al. (2017). Smart energy management in healthcare. *Sustainable Healthcare Review*, 29(4), 90-102.
6. Davies, P., & Brooks, A. (2020). The impact of BMS on hospital cost management. *Journal of Facility Management*, 48(6), 65-77.
7. Hernandez, M., et al. (2019). Enhancing energy efficiency in hospitals. *Energy Efficiency Journal*, 34(5), 189-203.
8. Baker, T., & Moore, S. (2021). Air quality improvements in internist facilities using BMS. *Journal of Healthcare Operations*, 55(2), 210-223.
9. Chen, L., et al. (2019). BMS and patient care: A systematic review. *Journal of Healthcare Technology*, 45(3), 145-160.
10. Patel, R., et al. (2020). The role of BMS in specialized clinics. *Healthcare Engineering Journal*, 38(4), 125-138.
11. Ahmed, N., et al. (2018). The challenges of integrating BMS in healthcare. *Building Science Review*, 25(3), 85-98.
12. Sanders, P., & Wright, E. (2021). Cybersecurity risks in smart hospitals. *Journal of Digital Health*, 42(6), 150-167.
13. Wu, Z., & Zhou, L. (2020). BMS adoption in internist facilities. *Healthcare Technology Review*, 47(3), 115-130.
14. Baker, S. (2020). Building automation systems and patient outcomes. *Health Technology Magazine*, 45(2), 110-121.
15. Lee, D. (2018). The economic impact of smart BMS systems. *Journal of Smart Buildings*, 39(5), 78-91.
16. Thompson, P., & Harris, J. (2017). Energy savings in healthcare. *Journal of Energy Research*, 62(4), 205-220.
17. Williams, M. (2019). Predictive maintenance in healthcare facilities. *Building Automation Journal*, 51(4), 118-132.
18. Davis, K. (2020). Managing operational efficiency in hospitals. *Healthcare Facilities Management*, 40(6), 130-145.
19. Richards, N. (2021). Building management system integration with HIS. *Healthcare IT Journal*, 32(3), 99-115.
20. Patel, S., et al. (2020). The ROI of BMS in healthcare. *Energy and Cost Savings Journal*, 55(3), 145-162.
21. Sanders, P. (2021). Energy management and BMS in hospitals. *Journal of Sustainable Health Infrastructure*, 48(2), 90-105.
22. Himeur, Y., Elnour, M., Fadli, F. et al. AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges and future perspectives. *Artif Intell Rev* 56, 4929–5021 (2023).

หลักการมาภิบาลกับการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานอย่าง  
ยั่งยืน ตามรัฐธรรมนูญไทย ปี พ.ศ. 2560

"Principles of Good Governance and Public Participation in Environmental Management  
and Sustainable Energy Conservation According to the Thai Constitution of 2017"

ธัญลักษณ์ กาวีชา\* สุวิทย์ แพงกันยา, เทอดพงษ์ แดงสี

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800, tanyalak-k@rmutp.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวางกรอบกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานที่ดีต้องสอดคล้องกับหลักการมาภิบาลและการมีส่วนร่วมของประชาชน แต่ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีการทำงานเกี่ยวกับเรื่องนี้มีลักษณะที่แยกส่วน จึงทำให้การจัดการขาดประสิทธิภาพและประสิทธิผล ไม่สามารถตอบสนองตรงตามความต้องการที่แท้จริงของประชาชนได้ การจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงาน ควรเป็นการทำงานร่วมกันทั้งภาครัฐและภาคประชาชน ดังนั้น การที่รัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560 ระบุให้การจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการมาภิบาลและการมีส่วนร่วมของประชาชนเข้าได้กันอย่างบูรณาการ เพื่อให้เกิดความโปร่งใสความสามารถในการตรวจสอบได้ ผนวกเข้ากับควมมีส่วนร่วมของประชาชนในทุกขั้นตอน เช่น การเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร การวางแผน การออกแบบการจัดการ การประชาสัมพันธ์ การลงทุน การตัดสินใจโดยมีส่วนร่วม เป็นต้น ทำให้เกิดการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการรับผิดชอบต่อร่วมกันเฉพาะในท้องถิ่นของชุมชนนั้นๆ ในที่สุดการดำเนินการตามที่ระบุนี้จะทำให้เกิดผลประโยชน์ร่วมกันอย่างสมดุลและยั่งยืนได้

**คำสำคัญ:** หลักการมาภิบาล; การมีส่วนร่วม; สิ่งแวดล้อม; พลังงานอย่างยั่งยืน; รัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560

#### Abstract

The establishment of a legal framework for environmental management and energy conservation must align with principles of good governance and public participation. However, in recent times, efforts in this area have been fragmented, resulting in inefficient and ineffective management that fails to address the genuine needs of the public. Environmental management and energy conservation should involve collaboration between both government and the public. Therefore, the Constitution of the Thai Constitution of 2017 specified that the environment management should work and integrate together with good governance and citizen's participation for the purpose of transparency and verifiability, planning, design, public consultations, investment, and decision-making. Such an approach fosters quality environmental management and shared responsibility within local communities. Ultimately, this approach will lead to balanced and sustainable mutual benefits.

**Key words:** Good Governance; Public Participation; Environmental; Sustainable Energy; Thai Constitution of 2017.

## 1. บทนำ

ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานของประเทศไทยมีความหลากหลายและสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชน ทรัพยากรที่สำคัญได้แก่ ทรัพยากรน้ำ ป่าไม้ แร่ธาตุ ทะเล พลังงาน และดิน การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศทำให้ความต้องการใช้ทรัพยากรเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้น การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีระมัดระวังส่งผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศ การจัดสรรทรัพยากรและพลังงานอย่างไม่เป็นธรรม ทำให้ประชาชนได้รับผลกระทบจากโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ขาดความโปร่งใสและการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ทำให้เกิดความขัดแย้งทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในสังคมไทย

ประเทศไทยมีกฎหมายที่สอดคล้องกับหลักธรรมาภิบาลและการมีส่วนร่วมของประชาชนในการคุ้มครองคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงาน เช่น พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535, พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535, ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน พ.ศ. 2548, และแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566 - 2570 เป็นต้น [1]

ดังนั้นบทความวิชาการนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องหลักธรรมาภิบาล และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน ที่ระบุไว้ในรัฐธรรมนูญไทย ปี พ.ศ. 2560

## 2. ธรรมาภิบาล (Good Governance)

ธรรมาภิบาล หรือหลักการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี เป็นแนวทางสำคัญในการจัดระเบียบการทำงานของสังคมและรัฐ รวมถึงภาคธุรกิจเอกชนและประชาชน เพื่อพัฒนาอย่างยั่งยืน และเสริมความเข้มแข็งแก่ประเทศ หลักธรรมาภิบาลช่วยป้องกันและแก้ไขวิกฤติภาวะต่างๆ โดยสร้างความยุติธรรม โปร่งใส และการมีส่วนร่วม ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของการปกครองแบบประชาธิปไตย [2]

การนำหลักธรรมาภิบาลมาปรับใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน สามารถยกระดับธรรมาภิบาลสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยได้ โดยการ

เปิดเผยข้อมูลข่าวสาร การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ และการเข้าถึงกระบวนการยุติธรรมด้านสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานที่แท้จริง

การใช้หลักธรรมาภิบาลสิ่งแวดล้อมจะเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในหลายภาคส่วน โดยเฉพาะภาคประชาชน เป็นกลไกในการควบคุมติดตามและตรวจสอบ โดยมีหลักการสำคัญ ดังนี้

### 2.1. การบริหารจัดการภาครัฐแนวใหม่ (New Public Management) ประกอบด้วย[3]

- **การมีประสิทธิภาพ (Efficiency):** เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

- **การมีประสิทธิภาพ (Effectiveness):** ควรสร้างวิสัยทัศน์เชิงยุทธศาสตร์ เพื่อให้การตอบสนองความต้องการของประชาชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

- **การตอบสนอง (Responsiveness):** เป็นกรให้บริการอย่างมีคุณภาพ ตรงตามความคาดหวังของประชาชน

### 2.2. ค่านิยมประชาธิปไตย (Democratic Value) ประกอบด้วย

- **ภาระรับผิดชอบ/สามารถตรวจสอบได้ (Accountability):** สามารถที่จะตอบคำถามและชี้แจงได้เมื่อมีข้อสงสัยจากประชาชนและทุกภาคส่วน

- **เปิดเผย/โปร่งใส (Transparency):** ต้องปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์และเปิดเผยข้อมูลข่าวสาร

- **หลักนิติธรรม (Rule of Law):** ต้องมีการบังคับใช้อำนาจของกฎหมายอย่างเคร่งครัดและเป็นธรรม

- **ความเสมอภาค (Equity):** ให้บริการกันอย่างเท่าเทียมกันและต้องไม่มีการแบ่งแยก

### 2.3. ประชาธิปไตย (Participatory State):

- **การมีส่วนร่วม/การพยายามแสวงหาฉันทมติ (Participation/Consensus Oriented):** เปิดรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและเปิดให้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

- **การกระจายอำนาจ (Decentralization):** มอบอำนาจและกระจายความรับผิดชอบในการตัดสินใจ

### 2.4. ความรับผิดชอบทางการบริหาร (Administrative Responsibility):

- **คุณธรรม/จริยธรรม (Morality/Ethics):** มีจิตสำนึก  
ความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่อย่างมีศีลธรรม

การนำหลักธรรมาภิบาลไปใช้ในการบริหารจัดการ  
ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานจะช่วยให้เกิดการพัฒนา  
อย่างยั่งยืนและเป็นธรรมต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมอย่าง  
แท้จริง [4]

### 3. หลักธรรมาภิบาลในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการ อนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน [3]

การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
ในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในช่วงหลายปีที่  
ผ่านมา โดยเฉพาะการย้ายจากการจัดการในรูปแบบแนวตั้ง  
(Top-down approach) ที่มีการตัดสินใจจากส่วนกลางไปสู่  
การบริหารที่เน้นการมีส่วนร่วมจากประชาชนและการใช้หลัก  
ธรรมาภิบาลเพื่อความยั่งยืน

#### 3.1 การเปลี่ยนแปลงในระบบการจัดการ

ก่อนหน้านี้ การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติใน  
ประเทศไทยมักเป็นระบบที่มีการตัดสินใจจากส่วนราชการซึ่ง  
ขาดการมีส่วนร่วมของประชาชน ผลลัพธ์ของแนวทางนี้มักมี  
ปัญหาความขัดแย้ง ผลกระทบต่อวิถีชีวิตของประชาชน  
ความเป็นอยู่ และปัญหาสังคมและวัฒนธรรม รวมถึง  
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน

#### 3.2 หลักธรรมาภิบาลภายใต้รัฐธรรมนูญแห่ง ราชอาณาจักรไทย

ตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560  
มาตรา 65 [1] ได้กำหนดให้มีการพัฒนายุทธศาสตร์ชาติอย่าง  
ยั่งยืนตามหลักธรรมาภิบาล เพื่อใช้เป็นกรอบในการจัดทำ  
แผนและงบประมาณของประเทศ ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี  
(พ.ศ. 2561-2580) มีเป้าหมายหลักในการสร้างความมั่นคง  
ความสุขของประชาชน และการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้ง  
การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน  
[5]

#### 3.3 การพัฒนาแผนและยุทธศาสตร์ที่ยั่งยืน

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13  
(พ.ศ. 2566-2570) กำหนดวัตถุประสงค์หลักในการส่งเสริม  
การเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ลดความเหลื่อมล้ำทาง  
สังคม และพัฒนาคุณภาพชีวิต โดยมีการเน้นการพัฒนา  
ทรัพยากรมนุษย์และการเสริมสร้างความสามารถในการ

แข่งขัน รวมทั้งการรักษาความสมดุลระหว่างการพัฒนาและ  
การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม[6]

**3.4 หลักการของธรรมาภิบาลในการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม [2]** หลักธรรมาภิบาลในการจัดการสิ่งแวดล้อม  
ได้มีการประยุกต์ใช้หลักการหลายประการเพื่อเพิ่ม  
ประสิทธิภาพในการจัดการและความยั่งยืน เช่น

- **การมีส่วนร่วมของประชาชน:** การให้ประชาชนมีส่วน  
ร่วมในการตัดสินใจและการเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร เพื่อให้การ  
จัดการสิ่งแวดล้อมมีความโปร่งใสและตอบสนองความ  
ต้องการของประชาชน

- **ความยุติธรรมด้านสิ่งแวดล้อม:** การสร้างความ  
ยุติธรรมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
โดยการสนับสนุนให้ประชาชนมีสิทธิเข้าถึงการตัดสินใจและ  
การตรวจสอบ

- **การส่งเสริมศักยภาพของประชาชน:** การพัฒนา  
ศักยภาพของประชาชนในการมีส่วนร่วมอย่างมีประสิทธิภาพ  
ในการจัดการสิ่งแวดล้อม

- **การตรวจสอบและความโปร่งใส:** การตรวจสอบการ  
ใช้อำนาจรัฐและการเปิดเผยข้อมูลให้ประชาชนรับทราบ เพื่อ  
ป้องกันการทุจริตและเพิ่มความโปร่งใสในการบริหาร

#### 3.5 การประยุกต์ใช้หลักธรรมาภิบาล

การประยุกต์ใช้หลักธรรมาภิบาลในประเทศไทยมีการ  
บูรณาการเข้ากับกรอบยุทธศาสตร์ชาติและแผนพัฒนาต่างๆ  
เพื่อสร้างความยั่งยืนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม เช่น การนำแนวคิด “มีความพอประมาณ  
มีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน” มาใช้ในการพัฒนานโยบายและ  
โครงการต่างๆ รวมทั้งการบูรณาการเป้าหมายการพัฒนาที่  
ยั่งยืน (SDGs) เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ครอบคลุมทุกมิติ

การดำเนินการภายใต้กรอบเหล่านี้จะช่วยให้การจัดการ  
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยเป็นไป  
อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยการส่งเสริมการมีส่วนร่วม  
ของประชาชน การตรวจสอบและความโปร่งใสในการบริหาร  
จัดการ

### 4. การบริหารราชการแผ่นดินภายใต้รัฐธรรมนูญแห่ง ราชอาณาจักรไทย: แนวนโยบายและการดำเนินการ

การบริหารราชการแผ่นดินในประเทศไทยภายใต้  
รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 ได้กำหนด  
แนวทางและหลักการที่ชัดเจนเพื่อการจัดการอย่างมี

ประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในหมวด 6 ซึ่งเกี่ยวข้องกับ  
แนวนโยบายแห่งรัฐที่ครอบคลุมการกำหนดนโยบาย การ  
พัฒนายุทธศาสตร์ชาติ การจัดการกระบวนการยุติธรรม และ  
การบริหารราชการแผ่นดิน [1]

#### 4.1 การกำหนดนโยบายและยุทธศาสตร์ชาติ [5]

มาตรา 64 ของรัฐธรรมนูญได้กำหนดให้รัฐ  
ดำเนินการตรากฎหมายและกำหนดนโยบายในการบริหาร  
ราชการแผ่นดิน ซึ่งหมายความว่า การจัดทำกฎหมายและ  
นโยบายต้องมีการพิจารณาและวางแผนอย่างรอบคอบเพื่อให้  
การบริหารมีประสิทธิภาพสูงสุด

มาตรา 65 เน้นความสำคัญของการจัดทำยุทธศาสตร์  
ชาติซึ่งต้องเป็นไปตามหลักธรรมาภิบาล โดยยุทธศาสตร์ชาติ  
จะต้องเป็นกรอบในการจัดทำแผนต่างๆ ที่สอดคล้องและ  
บูรณาการกัน เพื่อผลักดันการพัฒนาอย่างยั่งยืน การกำหนด  
เป้าหมายและระยะเวลาที่จะบรรลุเป้าหมายจะต้องเป็นไป  
ตามหลักเกณฑ์ที่กฎหมายบัญญัติ รวมถึงการมีส่วนร่วมและ  
การรับฟังความคิดเห็นของประชาชนอย่างทั่วถึง เพื่อให้  
ยุทธศาสตร์ชาติเป็นเครื่องมือที่สะท้อนความต้องการของ  
ประชาชนและมีความเหมาะสมกับบริบทของประเทศ

#### 4.2 การจัดการกระบวนการยุติธรรม

มาตรา 68 กำหนดให้รัฐพัฒนาระบบการบริหารงานใน  
กระบวนการยุติธรรมให้มีประสิทธิภาพ เป็นธรรม และไม่  
เลือกปฏิบัติ เพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าถึงกระบวนการ  
ยุติธรรมได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายสูง  
เกินไป ซึ่งเป็นการเสริมสร้างความเชื่อมั่นในระบอบยุติธรรม  
ของประเทศ

#### 4.3 การบริหารราชการแผ่นดิน

มาตรา 76 ระบุให้รัฐพัฒนาระบบการบริหารราชการ  
แผ่นดินในทุกระดับให้เป็นไปตามหลักการบริหารกิจการ  
บ้านเมืองที่ดี หน่วยงานของรัฐต้องร่วมมือและช่วยเหลือกัน  
ในการปฏิบัติหน้าที่ เพื่อให้การบริหารราชการ การจัดทำ  
บริการสาธารณะ และการใช้จ่ายงบประมาณมีประสิทธิภาพ  
สูงสุด เพื่อประโยชน์สุขของประชาชน นอกจากนี้ ยังมีการ  
เน้นการพัฒนาเจ้าหน้าที่ของรัฐให้มีความซื่อสัตย์สุจริตและมี  
ทัศนคติที่ดีต่อการให้บริการประชาชน

#### 4.4 การบริหารงานบุคคลและมาตรฐานทางจริยธรรม

รัฐธรรมนูญยังมีบทบัญญัติให้รัฐต้องจัดให้มีกฎหมาย  
เกี่ยวกับการบริหารงานบุคคลของหน่วยงานของรัฐตามระบบ

คุณธรรม ซึ่งรวมถึงมาตรการป้องกันมิให้เกิดการใช้อำนาจ  
หรือกระทำการโดยมิชอบในการปฏิบัติหน้าที่ รวมทั้งการ  
กำหนดมาตรฐานทางจริยธรรมเพื่อให้หน่วยงานของรัฐใช้เป็น  
หลักในการกำหนดประมวลจริยธรรมสำหรับเจ้าหน้าที่ของรัฐ  
เพื่อให้การบริหารงานมีความเป็นธรรมและมีความโปร่งใส

#### 5. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อม และการอนุรักษ์พลังงานตามรัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560

การมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการจัดการ  
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการอนุรักษ์  
พลังงานเป็นประเด็นสำคัญที่รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักร  
ไทย พ.ศ. 2560 ได้ให้ความสำคัญอย่างชัดเจน แม้มีการ  
ปรับแก้กฎหมายเพื่อเพิ่มโอกาสให้ประชาชนสามารถเข้ามา  
มีส่วนร่วม แต่ยังคงมีปัญหาที่ทำให้การมีส่วนร่วมของ  
ประชาชนยังไม่ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนี้

##### 5.1 ปัญหาในการมีส่วนร่วมของประชาชน เช่น [8]

###### - ขาดความรู้และการศึกษา

ประชาชนบางกลุ่มขาดความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและ  
การอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเข้ามา  
มีส่วนร่วมอย่างมีประสิทธิภาพ การขาดการศึกษาและข้อมูล  
เพียงพอทำให้ไม่สามารถเข้าใจความสำคัญของการมีส่วนร่วม  
และวิธีการที่เหมาะสม

###### - ขาดการสนับสนุนจากรัฐบาลและหน่วยงานที่ เกี่ยวข้อง

การขาดนโยบายและโครงการที่สนับสนุนการมีส่วนร่วม  
ของประชาชนทำให้ประชาชนไม่เห็น  
โอกาสหรือวิธีการในการเข้ามามีส่วนร่วมอย่างชัดเจน

###### - อุปสรรคในการเข้าถึงข้อมูล

ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานอาจ  
ไม่ถูกเผยแพร่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย หรือขาดการสื่อสารที่มี  
ประสิทธิภาพ ทำให้ประชาชนไม่สามารถเข้าถึงและใช้ข้อมูล  
เหล่านี้ได้อย่างเต็มที่

###### - ปัญหาความเชื่อมั่นและความไว้วางใจ

บางคนอาจไม่เชื่อมั่นในความสามารถของระบบหรือ  
หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมและ  
พลังงานอย่างยั่งยืน ส่งผลให้ไม่เห็นความสำคัญของการมีส่วนร่วม

###### - ปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม

ปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น ความยากจนหรือ



ข้อจำกัดในการเข้าถึงทรัพยากรและบริการที่เกี่ยวข้อง อาจทำให้ประชาชนไม่สามารถมีส่วนร่วมได้อย่างเต็มที่

#### - ขาดแรงจูงใจหรือผลตอบแทนที่ชัดเจน

หากประชาชนไม่เห็นประโยชน์หรือผลตอบแทนจากการมีส่วนร่วม พวกเขาอาจไม่รู้สึกว่ามีส่วนร่วมเป็นสิ่งสำคัญหรือคุ้มค่า

#### - ระบบการบริหารจัดการที่ไม่โปร่งใส

หากระบบการบริหารจัดการหรือกระบวนการตัดสินใจไม่โปร่งใสหรือไม่เปิดเผย ประชาชนอาจรู้สึกรู้สึกว่าการมีส่วนร่วมของพวกเขาจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริง

### 6. ประโยชน์ของการมีส่วนร่วมของประชาชน [8]

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานมีประโยชน์หลายประการ ดังนี้

**6.1. คุณภาพของการตัดสินใจดีขึ้น** กระบวนการปรึกษาหารือกับประชาชนช่วยให้การตัดสินใจมีความกระจ่างชัด และสามารถนำมาซึ่งทางเลือกที่มีประสิทธิภาพที่สุด

#### 6.2. ใช้ต้นทุนน้อยและลดความล่าช้า

แม้ว่าการมีส่วนร่วมจะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่าย แต่สามารถลดความเสี่ยงของการคัดค้านหรือการฟ้องร้อง ซึ่งอาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายและความล่าช้าในระยะยาว

#### 6.3. การสร้างฉันทามติ

การมีส่วนร่วมสร้างความเข้าใจระหว่างกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน ลดข้อโต้แย้งทางการเมือง และสร้างความชอบธรรมต่อการตัดสินใจของรัฐบาล

#### 6.4. การนำไปปฏิบัติง่ายขึ้น

ประชาชนที่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจมักจะมีความรู้สึกรู้สึกเป็นเจ้าของและกระตือรือร้นในการช่วยให้การตัดสินใจนั้นเกิดผลจริง

#### 6.5. การหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้าที่เลวร้ายที่สุด

การเปิดโอกาสให้ฝ่ายต่าง ๆ แสดงความต้องการและข้อกังวลตั้งแต่เริ่มต้นช่วยลดความเสี่ยงของการเผชิญหน้าอย่างรุนแรง

#### 6.6. การคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือและความชอบธรรม

การตัดสินใจที่โปร่งใสและเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมสร้างความน่าเชื่อถือและความชอบธรรม

**6.7. การคาดการณ์ความห่วงกังวลและทัศนคติของสาธารณชน** การทำงานร่วมกับประชาชนช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถคาดการณ์ปฏิกิริยาของสาธารณชนและปรับกลยุทธ์ได้อย่างเหมาะสม

### 6.8. การพัฒนาภาคประชาสังคม

การมีส่วนร่วมของประชาชนช่วยให้ประชาชนมีความรู้และทักษะในการทำงานร่วมกัน และฝึกอบรมผู้นำในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

### 7. สิทธิและหน้าที่ของปวงชนชาวไทยในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการเข้าถึงข้อมูลตามรัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 บัญญัติถึงสิทธิและหน้าที่ของปวงชนชาวไทยในหลายด้านที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อมและการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งเป็นการสะท้อนถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมของประชาชนในการสร้างสังคมที่ยั่งยืนและมีธรรมาภิบาล ดังนี้ [1]

#### สิทธิของประชาชน

-สิทธิในการอนุรักษ์และฟื้นฟูภูมิปัญญาและทรัพยากรธรรมชาติ (มาตรา 43)

ประชาชนมีสิทธิในการอนุรักษ์ ฟื้นฟู หรือส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น ศิลปะ วัฒนธรรม ขนบธรรมเนียม และจารีตประเพณี รวมถึงการจัดการ บำรุงรักษา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุลและยั่งยืนตามที่กฎหมายบัญญัติ

-สิทธิในการเสนอแนะและเข้าถึงข้อมูล (มาตรา 43 และ 41)

ประชาชนมีสิทธิในการเข้าชื่ออันเสนอแนะต่อหน่วยงานของรัฐเพื่อการดำเนินการที่เป็นประโยชน์ หรือขอให้หยุดการดำเนินการที่อาจกระทบต่อความสงบสุขของชุมชน และได้รับการแจ้งผลการพิจารณาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ บุคคลและชุมชนมีสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลหรือข่าวสารสาธารณะที่อยู่ในครอบครองของหน่วยงานของรัฐตามที่กฎหมายบัญญัติ

-สิทธิในการแสดงความคิดเห็นและการสื่อสาร (มาตรา 34, 35 และ 36)

ประชาชนมีเสรีภาพในการแสดงความคิดเห็น การพูด การเขียน การพิมพ์ และการสื่อความหมายโดยวิธีต่างๆ โดยการจำกัดเสรีภาพดังกล่าวจะต้องมีกฎหมายเฉพาะที่รองรับและต้องเป็นไปตามหลักของการรักษาความมั่นคงของรัฐและสิทธิเสรีภาพของผู้อื่น นอกจากนี้ ผู้ประกอบวิชาชีพสื่อมวลชนมีเสรีภาพในการเสนอข่าวสารตามจริยธรรมแห่งวิชาชีพ

**หน้าที่ของประชาชน**

-หน้าที่ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและมรดกทางวัฒนธรรม (มาตรา 50) ประชาชนมีหน้าที่ร่วมมือและสนับสนุนการอนุรักษ์และคุ้มครองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติ ความหลากหลายทางชีวภาพ และมรดกทางวัฒนธรรม

**หน้าที่ของรัฐ**

-หน้าที่ในการอนุรักษ์และส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น (มาตรา 57) รัฐมีหน้าที่ในการอนุรักษ์ พื้นฟู และส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น ศิลปะ วัฒนธรรม และจารีตประเพณี รวมถึงการจัดให้มีพื้นที่สาธารณะสำหรับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนให้ประชาชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการดำเนินการ

**-การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (มาตรา 57 และ 58)**

รัฐต้องอนุรักษ์ คุ้มครอง บำรุงรักษา พื้นฟู และบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เกิดประโยชน์อย่างสมดุลและยั่งยืน โดยต้องให้ประชาชนและชุมชนที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการและได้รับประโยชน์จากการดำเนินการดังกล่าวด้วย

**-การศึกษาและประเมินผลกระทบ (มาตรา 58)**

ก่อนการดำเนินการที่อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสุขภาพของประชาชน รัฐต้องดำเนินการศึกษาและประเมินผลกระทบ รวมทั้งจัดให้มีการรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้เสียและประชาชนที่เกี่ยวข้อง

**8. การจัดการสิ่งแวดล้อมและการเข้าถึงข้อมูลใน****รัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560: สิทธิและหน้าที่ของรัฐ**

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 ได้กำหนดสิทธิและหน้าที่ที่สำคัญต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมและการเข้าถึงข้อมูลอย่างชัดเจน โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญต่อการคุ้มครองสิทธิเสรีภาพของประชาชนและการสร้างความปลอดภัยในการดำเนินการของรัฐ การสรุปบทบัญญัติที่เกี่ยวข้องดังกล่าวมีดังนี้ [1]

**สิทธิของประชาชน****-สิทธิในการรับข้อมูลและคำชี้แจง (มาตรา 58 วรรค 2)**

ประชาชนและชุมชนมีสิทธิได้รับข้อมูล คำชี้แจง และเหตุผลจากหน่วยงานของรัฐก่อนที่การดำเนินการหรืออนุญาตใดๆ จะเกิดขึ้น ซึ่งเป็นการรับประกันความโปร่งใส

และการมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการตัดสินใจที่อาจมีผลกระทบต่อพวกเขา

**-สิทธิในการเยียวยา (มาตรา 58 วรรค 3)**

รัฐต้องดำเนินการให้มีการเยียวยาความเดือดร้อนหรือเสียหายให้แก่ประชาชนหรือชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการดำเนินการของรัฐอย่างเป็นธรรมและทันเวลา การคุ้มครองนี้เป็นการสร้างความมั่นใจให้กับประชาชนว่าความเสียหายจะได้รับแก้ไขอย่างเหมาะสม

**-สิทธิในการเข้าถึงข้อมูลสาธารณะ (มาตรา 59)**

รัฐต้องเปิดเผยข้อมูลหรือข่าวสารสาธารณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงของรัฐหรือความลับของทางราชการ และต้องจัดให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้โดยสะดวก ซึ่งเป็นการเสริมสร้างความโปร่งใสและการเข้าถึงข้อมูลของรัฐ

**หน้าที่ของรัฐ****1. หน้าที่ในการคุ้มครองสิทธิของผู้บริโภค (มาตรา 61)**

รัฐต้องจัดให้มีมาตรการหรือกลไกที่มีประสิทธิภาพในการคุ้มครองและพิทักษ์สิทธิของผู้บริโภคในด้านต่างๆ รวมถึงการให้ข้อมูลที่เป็นจริง ความปลอดภัย ความเป็นธรรมในการทำสัญญา และด้านอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค

**2. หน้าที่ในการรักษาวินัยการเงินการคลัง (มาตรา 62)**

รัฐต้องรักษาวินัยการเงินการคลังอย่างเคร่งครัด เพื่อให้อัตราเงินการคลังของรัฐมีเสถียรภาพและมั่นคงตามกฎหมาย รวมถึงการจัดระบบภาษีให้เกิดความเป็นธรรมแก่สังคม และมีทบทวนญัตติเกี่ยวกับการดำเนินการทางการคลัง การบริหารทรัพย์สินของรัฐ การบริหารหนี้สาธารณะ และอื่นๆ

**3. หน้าที่ในการป้องกันการทุจริตและประพฤติมิชอบ****(มาตรา 63)**

รัฐต้องส่งเสริมและให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับอันตรายจากการทุจริตและประพฤติมิชอบ รวมทั้งจัดให้มีมาตรการและกลไกที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและขจัดการทุจริตอย่างเข้มงวด พร้อมทั้งส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการรณรงค์ให้ความรู้และต่อต้านการทุจริต

**การเข้าถึงกระบวนการยุติธรรม****1. การจำกัดสิทธิต้องไม่ขัดหลักนิติธรรม (มาตรา 26)**

การตรากฎหมายที่จำกัดสิทธิเสรีภาพของบุคคลต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่รัฐธรรมนูญบัญญัติ รวมถึงต้องไม่ขัดต่อ

หลักนิติธรรมและไม่เพิ่มภาระเกินสมควร ต้องระบุเหตุผล  
ความจำเป็นในการจำกัดสิทธิเสรีภาพ

## 2. ความเสมอภาคในการปกป้องสิทธิ (มาตรา 27)

บุคคลต้องได้รับการคุ้มครองตามกฎหมายอย่างเท่า  
เทียมกัน โดยไม่มีการเลือกปฏิบัติหรือการเจาะจง

บทบัญญัติในรัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560 มุ่งเน้นการคุ้มครอง  
สิทธิเสรีภาพของประชาชนและการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างมี  
ประสิทธิภาพ โดยมีการกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลและ  
การเยียวยา ตลอดจนการรักษาวินัยการเงินการคลังและการ  
ป้องกันการทุจริตอย่างเข้มงวด การดำเนินการตามบทบัญญัติ  
เหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างความโปร่งใสและความเป็นธรรมใน  
การบริหารงานของรัฐ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนา  
สังคมอย่างยั่งยืน

## 9. การบริหารราชการแผ่นดินตามแนวทางรัฐธรรมนูญไทย พ.ศ. 2560: แนวนโยบายและหลักการสำคัญ

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 กำหนด  
หลักการและแนวนโยบายที่สำคัญสำหรับการบริหารราชการ  
แผ่นดิน โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาอย่างยั่งยืน การคุ้มครองสิทธิ  
เสรีภาพของประชาชน และการปรับปรุงการบริหารราชการ  
แผ่นดินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด แนวนโยบายเหล่านี้  
ประกอบด้วยหลักการและข้อกำหนดหลักที่สำคัญ ดังนี้ [1]

### 1. ยุทธศาสตร์ชาติและการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ตามมาตรา 65 รัฐต้องจัดทำยุทธศาสตร์ชาติเป็นกรอบ  
การพัฒนาประเทศ โดยมีเป้าหมายที่ชัดเจนในการพัฒนา  
อย่างยั่งยืนและการปฏิบัติตามหลักธรรมาภิบาล การกำหนด  
เป้าหมายและวิธีการบรรลุเป้าหมายต้องเป็นไปตาม  
หลักเกณฑ์ที่กฎหมายบัญญัติ รวมถึงการมีส่วนร่วมและการ  
รับฟังความคิดเห็นจากประชาชนทุกภาคส่วนอย่างทั่วถึง  
เพื่อให้การพัฒนามีความสอดคล้องและเป็นที่ยอมรับในวง  
กว้าง

### 2. การบริหารงานในกระบวนการยุติธรรม

มาตรา 68 กำหนดให้รัฐจัดระบบการบริหารงานใน  
กระบวนการยุติธรรมให้มีประสิทธิภาพ เป็นธรรม และไม่  
เลือกปฏิบัติ การเข้าถึงกระบวนการยุติธรรมต้องสะดวกและ  
ไม่เสียค่าใช้จ่ายสูงเกินสมควร รัฐต้องคุ้มครองเจ้าหน้าที่ใน  
กระบวนการยุติธรรมให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้โดยปราศจาก  
การแทรกแซงและให้ความช่วยเหลือทางกฎหมายแก่ผู้ยากไร้  
หรือผู้ด้อยโอกาส รวมทั้งการจัดหาทนายความให้

## 3. การพัฒนาระบบการบริหารราชการแผ่นดิน

ตามมาตรา 67 รัฐต้องพัฒนาระบบการบริหารราชการ  
แผ่นดินให้เป็นไปตามหลักการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี  
โดยการประสานงานระหว่างหน่วยงานของรัฐเพื่อให้เกิด  
ประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดบริการสาธารณะและการใช้จ่าย  
งบประมาณ นอกจากนี้ ต้องมีการพัฒนาบุคลากรให้มีความ  
ซื่อสัตย์สุจริต และมีทัศนคติในการบริการประชาชนอย่างมี  
ประสิทธิภาพและไม่เลือกปฏิบัติ

## 4. การจัดการทรัพยากรและการวางแผนการใช้ที่ดิน

มาตรา 72 กำหนดให้รัฐวางแผนการใช้ที่ดิน ทรัพยากร  
น้ำ และพลังงานตามหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน การวางแผน  
เมืองและการบังคับการให้เป็นไปตามผังเมืองต้องมี  
ประสิทธิภาพเพื่อให้เมืองเจริญสอดคล้องกับความต้องการ  
ของประชาชน นอกจากนี้ต้องมีมาตรการกระจายการถือ  
ครองที่ดินให้เป็นธรรมและจัดหาทรัพยากรน้ำที่มีคุณภาพ  
เพียงพอ รวมถึงส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและพลังงาน  
ทางเลือก

## 5. การปรับปรุงและการรับฟังความคิดเห็นในการตรา กฎหมาย

มาตรา 77 ระบุให้รัฐต้องมีกฎหมายเพียงพอที่จำเป็น  
และต้องยกเลิกหรือปรับปรุงกฎหมายที่หมดความจำเป็น  
หรือไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ก่อนการ  
ตรากฎหมายรัฐต้องรับฟังความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้องและ  
วิเคราะห์ผลกระทบอย่างรอบด้าน รวมทั้งเปิดเผยผลการรับ  
ฟังความคิดเห็นและการวิเคราะห์ต่อประชาชน นอกจากนี้  
ต้องมีการประเมินผลสัมฤทธิ์ของกฎหมายเพื่อให้เกิดความ  
สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทที่เปลี่ยนแปลง

### สรุป

ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานของ  
ประเทศไทยที่มีผลต่อเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของ  
ประชาชน โดยเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนตามหลัก  
ธรรมาภิบาล (Good Governance) และการมีส่วนร่วมของ  
ประชาชน ที่ได้รับการคุ้มครองตามรัฐธรรมนูญไทย  
พ.ศ. 2560

บทความนี้ยังพูดถึงกฎหมายและแผนพัฒนาต่างๆ  
ที่สอดคล้องกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศ เช่น  
ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม  
แห่งชาติ ฉบับที่ 13 โดยเน้นถึงความจำเป็นในการให้

ประชาชนมีบทบาทในการตรวจสอบและมีสิทธิเข้าถึงข้อมูล เพื่อการจัดการที่โปร่งใส และปัญหาในการมีส่วนร่วมของประชาชน เช่น การขาดความรู้ ความโปร่งใส และการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ อย่างไรก็ตาม การมีส่วนร่วมจะช่วยสร้างการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และส่งเสริมความเป็นธรรมในการจัดการทรัพยากรและพลังงาน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ราชกิจจานุเบกษา, รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย, ข้อมูลจาก <http://www.ratchakitcha.soc.go.th>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 สิงหาคม 2567).
- [2] เครือข่ายธรรมาภิบาลสิ่งแวดล้อมประเทศไทย, หลักธรรมาภิบาลในการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม, ข้อมูลจาก <http://www.tei.or.th> (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 สิงหาคม 2567).
- [3] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (สำนักงาน ก.พ.ร.). คู่มือการจัดระดับการกำกับดูแลองค์การภาครัฐตามหลักธรรมาภิบาลของการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี (Good Governance Rating). กรุงเทพฯ: พรี่เมียร์โพร จำกัด, 2552.
- [4] ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการสร้างระบบบริหารกิจการบ้านเมืองและสังคมที่ดี พ.ศ.2542 ความหมายของธรรมาภิบาล. ข้อมูลจาก <https://sites.google.com/site/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กันยายน 2567).
- [5] ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. ข้อมูลจาก <https://www.senate.go.th/view>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กันยายน 2567).
- [6] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ.2565-2570). ข้อมูลจาก <http://www.nesdb.go.th>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 สิงหาคม 2567).

- [7] เจมส์ แอล. เครย์ตัน, คู่มือการมีส่วนร่วมของประชาชน การตัดสินใจที่ดีกว่าโดยให้ชุมชนมีส่วนร่วม. แปลโดย ศ.นพ. วันชัย วัฒนศัพท์, ดร.ถวิลวดี บุรีกุล, ผศ.ดร.เมธิศา พงษ์ศักดิ์ศรี. ขอนแก่น: ศิริภรณ์ ออฟเซ็ท, 2551.

## การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตประกอบแบบสลับตามระบบการผลิตแบบโตโยต้าใน ผลิตภัณฑ์มิเตอร์น้ำร้อน GMK15

### Improving the efficiency of the assembly process according to the Toyota Production System in the production of the GMK15 water meter product

กรรณิกา หมื่นหาญ<sup>1\*</sup>, ธนาวุฒิ สวาทนอก<sup>1</sup>, พลเทพ พันธุ์ธนากุล<sup>2</sup>, อรรถพร ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>,  
สทรรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>, เขาวนวิศ อรรถานิธิ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[kannika-mu@rmutp.ac.th](mailto:kannika-mu@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซังเรือ่ง ลัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

[dr.annop.p@gmail.com](mailto:dr.annop.p@gmail.com)

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System; TPS) ในการปรับปรุงกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำร้อน GMK 15 โดย TPS มุ่งเน้นที่การลดความสูญเปล่าและการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ด้วยการใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ เช่น การวิเคราะห์มูลค่ากระบวนการ (Value Stream Mapping; VSM) การกำหนดมาตรฐานการทำงาน (Standardized Work; WS) และระบบการผลิตแบบชิ้นเดียว (One-piece Flow) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ TPS ช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการควบคุมพื้นที่ทำงาน (Worksite Control) ได้ถึง 100% การไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow) เพิ่มขึ้น 59.3% การทำงานมาตรฐาน (Standardized Work) 25.4% และระบบดึง (Pull System) 42.7% นอกจากนี้ ผลการศึกษายังเปิดเผยถึงโอกาสเพิ่มเติมในการปรับปรุงกระบวนการที่สามารถนำไปใช้เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพแบบสลับได้อย่างต่อเนื่องในอนาคต การประยุกต์ใช้ TPS ในกระบวนการประกอบมาตรวัดน้ำร้อน GMK 15 ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสามารถในการผลิตแบบสลับ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิต โดยเป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับบริษัทอื่นๆ ที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของตนเอง

**คำสำคัญ (Keywords):** เวลาในการผลิต, ประสิทธิภาพแบบสลับ, การผลิตอย่างต่อเนื่อง, ระบบการผลิตแบบโตโยต้า, การลดความสูญเปล่า

**Abstract**

This study aims to apply the Toyota Production System (TPS) to improve the assembly process of GMK 15 water meters. TPS is a production methodology that emphasizes waste reduction and continuous process improvement. The study utilizes TPS tools and techniques, such as Value Stream Mapping (VSM), Standardized Work (WS), and One-Piece Flow. The results demonstrate that implementing TPS in the water meter assembly process significantly enhances worksite control by 100%, continuous flow by 59.3%, standardized work by 25.4%, and the pull system by 42.7%. Moreover, the study identifies further opportunities for improvement that can be leveraged to enhance lean efficiency in the assembly process. The application of TPS in the GMK 15 water meter assembly process has proven to be an effective approach for achieving lean optimization. The findings provide valuable insights into the practical application of TPS in the manufacturing industry and serve as a potential guideline for other companies seeking to enhance operational efficiency.

**Keywords:** Production time, Lean efficiency, Continuous production, Toyota Production System, Waste reduction

## 1. บทนำ (Introduction)

ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วโลกเนื่องจากความสามารถในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุน และกำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต หลักการสำคัญของ TPS ประกอบด้วย Just-in-Time (JIT) ซึ่งมุ่งเน้นการผลิตสินค้าตามความต้องการในเวลาที่เหมาะสม เพื่อลดการเก็บสินค้าคงคลังที่เกินจำเป็น และ Jidoka ที่เน้นการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการผลิตแบบเรียลไทม์เพื่อหยุดการผลิตทันทีเมื่อพบข้อบกพร่อง นอกจากนี้ TPS ยังให้ความสำคัญกับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) การจัดการสินค้าคงคลังแบบดึง (Kanban) และการปรับสมดุลการผลิต (Heijunka) เพื่อรักษาเสถียรภาพของการดำเนินงานในสายการผลิต อีกทั้งการจัดทำมาตรฐานการทำงาน (Standardized Work) ยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอในทุกขั้นตอนการผลิต [1]

การนำระบบ TPS มาใช้ในกระบวนการผลิตช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถจัดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็นหลายประเภทออกจากกระบวนการ เช่น การเคลื่อนไหวที่ไม่มีประสิทธิภาพ การรอคอยเกินความจำเป็น วัสดุเหลือใช้ และสินค้าคงคลังส่วนเกิน ซึ่งส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดต้นทุนได้อย่างชัดเจน ด้วยความสำเร็จเหล่านี้ TPS จึงได้รับความนิยมและถูกปรับใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั่วโลก หนึ่งในตัวอย่างของการใช้แนวคิดนี้คือ บริษัทที่คุณอุดมจินดาสุขได้ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2493 ซึ่งเริ่มจากการเป็นผู้นำเข้ามาตรวัดน้ำแบรนด์ "อาซาฮี" (ASAHI) จากประเทศญี่ปุ่น ต่อมาได้พัฒนาเป็นผู้แทนจำหน่ายและรับเหมาให้กับ การประปานครหลวง การเติบโตของธุรกิจนี้เป็นผลมาจากการปรับตัวให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงของตลาด รวมถึงการนำเอาเทคโนโลยีและแนวทางการจัดการสมัยใหม่เข้ามาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยจำนวนมากได้พิสูจน์อย่างชัดเจนถึงความสำเร็จในการนำระบบ TPS มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต ตัวอย่างที่เด่นชัดคืองานวิจัยของกิตติ์วีวีชีเยอร์ประดิษฐ์ [1] ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ TPS ช่วยลดระยะทางในกระบวนการผลิตลงถึง 10 เมตร คิดเป็น 5.46% รวมถึงการลดระยะเวลาการผลิตลงถึง 139 นาที หรือ 19.83% (ไม่รวม

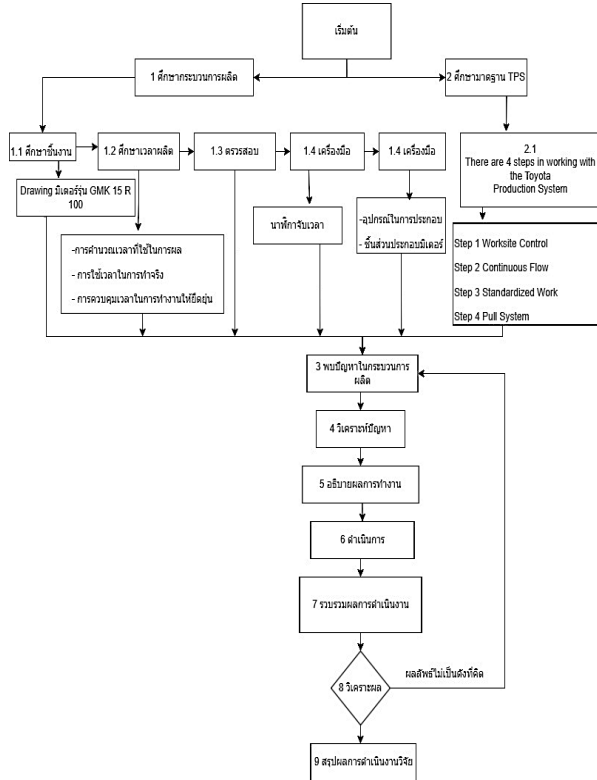
เวลาอบไม้ 10 วัน) และลดขั้นตอนการทำงานลง 2 ขั้นตอน คิดเป็น 6.45% ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยของจักรพงษ์หอมสมบัติ [2] ชี้ให้เห็นว่าการนำระบบตรวจจับของเสียมาใช้ใน Model conrod สามารถลดเวลาการตรวจสอบจาก 5 วินาทีต่อชิ้น เหลือเพียง 2 วินาทีต่อชิ้น ลดลงได้ถึง 3 วินาทีต่อชิ้น นอกจากนี้ งานวิจัยของอดิชา วัชรานุรักษ์ [3] ยังเผยให้เห็นว่า การปรับสมดุลสายการผลิตโดยใช้ TPS ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตถึง 16% ลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตได้ 8% และลดปริมาณงานค้างในสายการผลิตถึง 41% งานวิจัยของวัฒน์ชัย ประสงค์ [6] ยืนยันว่า การนำ TPS มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตแบบดึง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ถึง 22.27% และลดพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตลงถึง 192.25 ตารางเมตร หรือ 33.10% พร้อมทั้งลดรอบเวลาการผลิตลง 14.55% นอกจากนี้ ยังมีมีการปรับมาตรฐานการทำงานและลดจำนวนสินค้าคงคลังลง 38.90% รวมถึงลดมูลค่าสินค้าคงคลังลงถึง 23.54% ซึ่งทั้งหมดนี้สะท้อนถึงประโยชน์มหาศาลของการนำ TPS มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตอย่างชัดเจน

จุดเด่นสำคัญของโครงการนี้คือการประยุกต์ใช้ระบบ TPS ในการผลิตมาตรวัดน้ำ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างลึกซึ้งซึ่งมาก่อน โดยเฉพาะในบริบทของแบรนด์ ASAHI ในประเทศไทย โครงการนี้ไม่ได้มุ่งเน้นเฉพาะการพัฒนาเครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ แต่ยังรวมถึงการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมายในการยกระดับกระบวนการผลิตในทุกด้าน ทั้งการลดต้นทุน ลดความสูญเสียน และเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ คาดว่าผลลัพธ์จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้องค์กรและเสริมศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างยั่งยืน โครงการนี้ไม่เพียงแต่เป็นก้าวสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม แต่ยังเป็นแบบอย่างของการผสมผสานเทคโนโลยีและการจัดการที่ทันสมัยเพื่อความก้าวหน้าอย่างยั่งยืนในอนาคต

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15 R100 โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิต วิธีการที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

ปัจจุบัน พร้อมทั้งแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อทำการศึกษาลงลึกในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดดังภาพที่ 1 เพื่อค้นหาจุดที่สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การวิจัยนี้จึงเน้นที่การทำความเข้าใจและแก้ไขจุดอ่อนภายในกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ



ภาพที่ 1 แผนผังการดำเนินโครงการ

## 2.1 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์กระบวนการผลิต

การวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการผลิตของมาตรฐานรุ่น GMK 15 R100 ครอบคลุมทุกขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดในสายการผลิต โดยทำการบันทึกขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เพื่อสามารถระบุจุดบกพร่องและส่วนที่สามารถปรับปรุงได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลยังมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียหรือส่วนที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการผลิต ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

## 2.2 การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า

ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตครั้งนี้ ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

## 2.2.1 การควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Worksite Control)

การควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำงานมุ่งเน้นการจัดการ 7 หัวข้อหลัก ได้แก่ ความปลอดภัย (Safety), การควบคุมอุปกรณ์ (Equipment Control), การควบคุมการผลิต (Production Control), การควบคุมกำลังคน (Manpower Control), ระบบ 2ส ( สะอาด และสะดวก), การควบคุมการส่งมอบสินค้า (Delivery Control), และการควบคุมคุณภาพ (Quality) การควบคุมเหล่านี้มุ่งลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทุกด้าน

## 2.2.2 การสร้างกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow)

การจัดการกระบวนการผลิตให้มีความต่อเนื่อง โดยเน้นการลดการสะสมของสต็อกระหว่างกระบวนการ (Stock in Process) ช่วยให้กระบวนการดำเนินได้อย่างลื่นไหล ลดเวลารอคอยระหว่างขั้นตอน และเพิ่มความคล่องตัวในสายการผลิต

## 2.2.3 การจัดทำมาตรฐานงาน (Standardized Work)

การกำหนดมาตรฐานในการทำงานเพื่อให้พนักงานทุกคนทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยใช้เวลาทำงานต่อชิ้น (Man Hour) เป็นเกณฑ์วัดประสิทธิภาพ มาตรฐานนี้ช่วยลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิต และทำให้เกิดความสม่ำเสมอในการดำเนินงาน

## 2.2.4 การใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System)

ระบบการผลิตแบบดึงเน้นการผลิตตามความต้องการของลูกค้า โดยผลิตเฉพาะเมื่อมีคำสั่งซื้อจริง ลดการสะสมของสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากร ทำให้การผลิตคล่องตัวและตอบสนองต่อตลาดได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

## 2.3 การวิเคราะห์ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต

หลังจากนำแนวคิดและเครื่องมือจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) มาประยุกต์ใช้ในสายการผลิต ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลลัพธ์ที่ได้ในเชิงเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง โดยพิจารณาในมิติของประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้นทุน และเวลาในกระบวนการ ข้อมูลจากการวิเคราะห์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของการปรับปรุง ทั้งยังสามารถระบุจุดที่ยังมีศักยภาพในการพัฒนาต่อ เพื่อให้การผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างมี



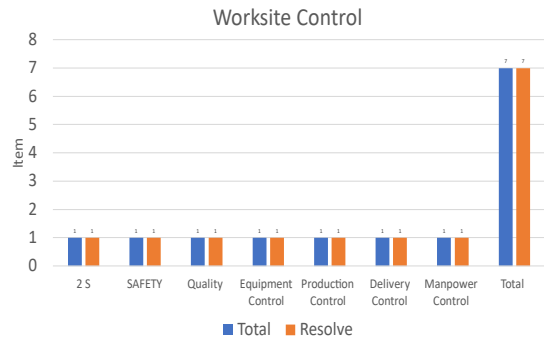
ประสิทธิภาพสูงสุด การวิเคราะห์ดังกล่าวจะช่วยให้บริษัทสามารถปรับตัวเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและรองรับความต้องการของตลาดได้อย่างยั่งยืน

### 3. ผลการวิจัย (Results)

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของบริษัท Asahi Thai Alloy Co., Ltd. โดยเน้นการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ การจัดการพื้นที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการเพิ่มมาตรฐานด้านความปลอดภัยและการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงตามแนวทาง TPS ได้สร้างผลลัพธ์ที่ชัดเจน ทั้งในด้านการลดปริมาณสินค้าระหว่างการผลิต (Stock in Process) การปรับลดจำนวนพนักงานที่ไม่จำเป็น และการลดเวลาในการจัดส่งสินค้า (Lead Time) ซึ่งส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและมาตรฐานที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

#### 3.1 ผลการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Worksite Control)

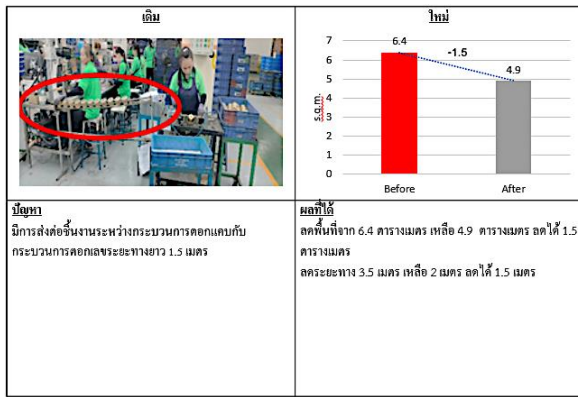
จากการปรับปรุงกระบวนการตามแนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า การควบคุมพื้นที่ทำงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการผลิต การจัดระเบียบพื้นที่ทำงานอย่างเป็นระบบช่วยลดความยุ่งเหยิงและเพิ่มความคล่องตัวในการทำงานของพนักงาน นอกจากนี้ การยกระดับมาตรการความปลอดภัยด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและการกำหนดพื้นที่ทำงานที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น ส่งผลให้อุบัติเหตุลดลงอย่างเห็นได้ชัด การควบคุมและบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างต่อเนื่องทำให้อุปกรณ์พร้อมใช้งานตลอดเวลา ลดการหยุดชะงักในกระบวนการผลิต ข้อมูลการผลิตได้รับการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถติดตามสถานะการผลิตได้แบบเรียลไทม์และตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว จากการตรวจสอบใน 7 หัวข้อหลัก พบข้อบกพร่อง 7 ข้อ ซึ่งได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสม ส่งผลให้ประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย ความเป็นระเบียบ และความสะอาดในการทำงานของพนักงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งสรุปผลการปรับปรุงในแต่ละด้านของการควบคุมพื้นที่ทำงานอย่างชัดเจน



ภาพที่ 2 แสดงผลการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทั้ง 7 หัวข้อหลัก

#### 3.2 ผลการปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow)

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตตาม ตารางที่ 1 พบว่าระยะทางในการขนย้ายชิ้นงานลดลงจาก 3.5 เมตร เหลือเพียง 2 เมตร ลดลง 42.9% การลดระยะทางนี้ช่วยให้การขนย้ายชิ้นงานรวดเร็วและคล่องตัวขึ้น ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความต่อเนื่องมากขึ้น ลดความล่าช้าในการทำงาน นอกจากนี้ พื้นที่จัดวางชิ้นงานลดลงจาก 6.4 ตารางเมตร เหลือเพียง 4.9 ตารางเมตร ลดลง 23.4% ทำให้การจัดการคลังสินค้าเป็นระเบียบและลดภาระในการจัดการพื้นที่ที่ไม่จำเป็น อีกทั้งปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต (Stock in Process) ลดลงจาก 10 ชิ้น เหลือเพียง 2 ชิ้น คิดเป็นการลดลง 80% การลดชิ้นงานในชั้นตอนนี้ช่วยลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็นและลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต ผลการปรับปรุงดังกล่าวช่วยให้การผลิตไหลลื่นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผลการปรับปรุงสอดคล้องกับแนวทางการลดการสูญเสียเปล่าของสวทช. เจ้าหน้าที่ [8] ที่ชี้ให้เห็นว่าการลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นและการปรับปรุงกระบวนการ สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ การใช้แนวคิดและเครื่องมือต่าง ๆ ในการปรับปรุงนี้ช่วยลดเวลาการขนย้าย ลดพื้นที่จัดเก็บชิ้นงาน และลด Stock in Process ทำให้กระบวนการผลิตคล่องตัวและต่อเนื่องมากขึ้น ดังที่แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสรุปปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขในการปรับปรุงการไหลของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 3 แสดงการแก้ไขปัญหาการไหลอย่างต่อเนื่อง

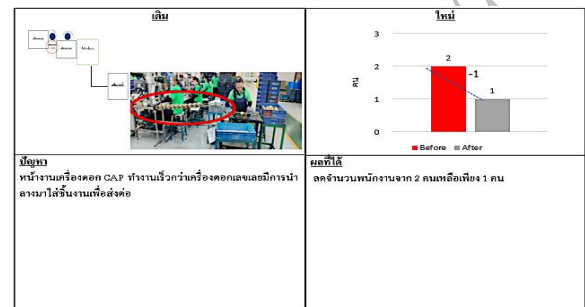
ตารางที่ 1 ผลการปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	ลดระยะทาง (เมตร)	3.5	2	1.5	42.9%
2	ลดพื้นที่ (ตารางเมตร)	6.4	4.9	1.5	23.4 %
3	ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการ (ชิ้น)	10	2	8	80%

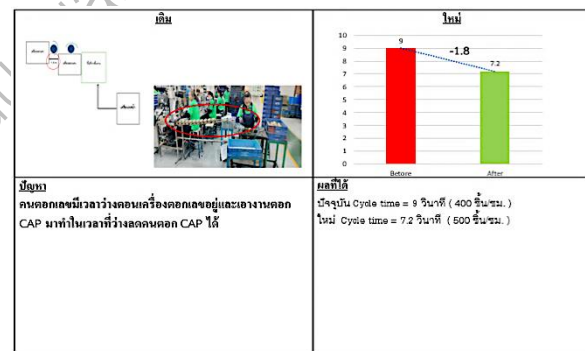
### 3.3 ผลการปรับปรุงมาตรฐานงาน (Standardized Work)

การปรับปรุงมาตรฐานงานในกระบวนการผลิต GMK 15 ส่งผลให้จำนวนพนักงานในสายการผลิตลดลงจาก 2 คน เหลือ 1 คน คิดเป็นการลดลงถึง 50% การลดจำนวนพนักงานนี้ช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน เนื่องจากกระบวนการผลิตถูกปรับให้สอดคล้องกับจำนวนแรงงานที่ลดลง นอกจากนี้ Lead Time ในการผลิตลดลงจาก 9 วินาที เหลือ 7.2 วินาที ลดลงถึง 10.7% ซึ่งส่งผลให้การผลิตมีความราบรื่นและคล่องตัวมากขึ้น การปรับปรุงนี้ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตจากเดิม 400 ชิ้นต่อชั่วโมงเป็น 500 ชิ้นต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นถึง 25% การลดเวลาในการผลิตช่วยลดปัญหาความล่าช้าและความสูญเปล่าในกระบวนการ เช่น การรอคอย (Waiting Time) และการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Movement) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการผลิตแบบลีน (Lean Production) ที่

เน้นการลดความสูญเปล่าในทุกขั้นตอนของการผลิต ตามงานวิจัยของ สิริพร นักรบ [7] การปรับมาตรฐานงานอย่างเหมาะสมไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness) แต่ยังช่วยลดการสูญเปล่าในกระบวนการและเพิ่มความสามารถในการผลิตอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน การปรับปรุงนี้จึงมีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพและความสามารถในการแข่งขันของบริษัท ดังที่แสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ซึ่งสรุปผลการปรับปรุ



ภาพที่ 4 แสดงถึงปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขมาตรฐานงาน



ภาพที่ 5 แสดงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการปรับปรุงมาตรฐานงาน

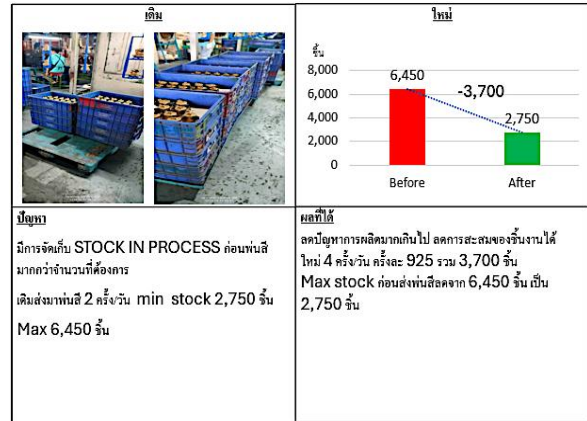
No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	LEAD TIME (วินาที/ชิ้น)	9	7.2	1.8	10.7%
2	MAN POWER (จำนวนคน)	2	1	1	50%
3	ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการ (ชิ้น)	400	500	100	+25%

### 3.4 ผลการปรับปรุงการใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System)

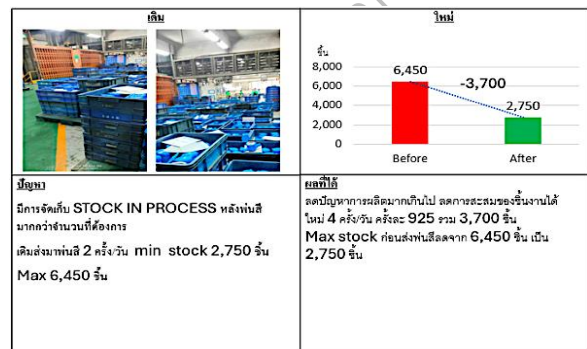
การปรับปรุงระบบดึง ที่แสดงในตารางที่ 3 สะท้อนถึงความสำเร็จในการลดเวลาชิ้นงานระหว่างกระบวนการจาก 14,400 วินาทีต่อชิ้น เหลือเพียง 7,200 วินาทีต่อชิ้น ลดลงถึง 50% การลดเวลานี้ไม่เพียงช่วยให้กระบวนการผลิตเร็วขึ้น แต่ยังช่วยลดการสะสมชิ้นงานที่ไม่จำเป็น ซึ่งนำไปสู่การใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้จำนวนชิ้นงานที่จัดเก็บก่อนและหลังพ่นสีก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 6,450 ชิ้น เหลือเพียง 2,750 ชิ้น หรือคิดเป็นการลดลง 57.3% ผลการปรับปรุงนี้ไม่เพียงช่วยลดภาระในการจัดการสินค้าคงคลัง แต่ยังเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ในสายการผลิต ทำให้กระบวนการไหลได้อย่างคล่องตัวมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของเสกสรร ทะนิตะ [9] ที่มุ่งเน้นการลดต้นทุนที่เกิดจากความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต การปรับปรุงระบบดึงช่วยให้การจัดการสินค้าคงคลังและการใช้พื้นที่ในกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลให้การดำเนินงานโดยรวมมีความราบรื่นและคล่องตัว ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7 ซึ่งแสดงถึงปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขในการปรับปรุงระบบดึงสินค้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 3 ผลการปรับปรุงระบบการผลิตแบบดึง

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	Stock In Process ก่อน (ชิ้น)	6,450	2,750	3,700	57.3%
2	Stock In Process หลัง (ชิ้น)	6,450	2,750	3,700	57.3%
3	LEAD TIME (วินาที/ชิ้น)	14,400	7,200	7,200	50%



ภาพที่ 6 แสดงการจัดเก็บ Stock In Process ก่อนพ่นสีมากกว่าจำนวนที่ต้องการ



ภาพที่ 7 แสดงการจัดเก็บ Stock In Process หลังพ่นสีมากกว่าจำนวนที่ต้องการ

## 4. อภิปรายผล (Discussion)

การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ในกระบวนการผลิตมาตรฐานรุ่น GMK 15 R100 ของบริษัท Asahi Thai Alloy Co., Ltd. แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ชัดเจนในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความยั่งยืนในกระบวนการ โดยสามารถลดระยะทางขนย้ายชิ้นงานลงได้ถึง 42.9% และลดปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการลงถึง 80% ซึ่งสะท้อนถึงการจัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงานและความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต งานวิจัยของสุวิทย์ เจ้หนูด้วง [8] ยืนยันว่า การลดความสูญเสียนในการเคลื่อนไหวและการจัดการพื้นที่ที่เหมาะสมช่วยให้กระบวนการผลิตมีความสิ้นเปลืองและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่เดียวกัน การปรับปรุงมาตรฐานงานยังช่วยลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตลง 50% และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตขึ้นถึง 25% ตามที่สิริพร นักรบ [7] ได้ชี้ให้เห็นว่า การลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิตไม่เพียงช่วยลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น แต่ยังช่วยลดการ

ปล่อยของเสียและการใช้พลังงาน ซึ่งช่วยเสริมสร้างกระบวนการผลิตที่ยั่งยืน การนำระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) เข้ามาใช้ช่วยลด Stock in Process ก่อนและหลังการพ่นสีลงได้ถึง 57.3% และลดเวลาสะสมชิ้นงานในกระบวนการลงถึง 50% นอกจากนี้จะช่วยลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าแล้ว ยังส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น งานวิจัยของวัฒนชัย ประสงค์ [6] ยืนยันว่า การใช้ระบบดึงช่วยลดปริมาณสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็นและเพิ่มความคล่องตัวในการจัดการพื้นที่ในกระบวนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ TPS ที่มุ่งเน้นการผลิตตามความต้องการจริง ช่วยลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็นและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน

## 5. สรุปผล (Conclusion)

การดำเนินการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) ในกระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15 R100 ของบริษัท Asahi Thai Alloy Co., Ltd. ได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และส่งเสริมความยั่งยืนอย่างมีนัยสำคัญ การลดระยะทางขนย้ายชิ้นงานถึง 42.9% และลดปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการลงถึง 80% สะท้อนให้เห็นถึงการจัดการทรัพยากรที่แม่นยำ การปรับมาตรฐานงานช่วยลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตลงถึง 50% ในขณะที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ถึง 25% นอกจากนี้ การใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) ยังช่วยลดสินค้าคงคลังก่อนและหลังการพ่นสีลงถึง 57.3% และลดเวลาสะสมชิ้นงานในกระบวนการลงถึง 50% ผลลัพธ์เหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันขององค์กร แต่ยังสอดคล้องกับแนวคิดความยั่งยืนในการจัดการทรัพยากร ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการรักษาสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ทำให้ TPS กลายเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนด้านวิชาการและโอกาสในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงบริษัทอาซี-ไทย อัลลอย จำกัด ที่ให้ความร่วมมือและข้อมูลสำคัญในการศึกษาวิจัย ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จตามเป้าหมาย

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติวี วิเชียรประดิษฐ์. (2563). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบสัณฐานศึกษา บริษัทผลิตไม้สักแปรรูป การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, 25-52.
- [2] จักรพงษ์ หอมสมบัติ. (2559). แนวทางการเพิ่มผลผลิตและลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ของบริษัท ABC, 52-86
- [3] อติชา วัชรานุรักษ์. (2552). การประยุกต์ใช้ระบบสัณฐานศึกษาในการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปกรณีศึกษา การผลิตเสื้อโปโลเชิ้ต, 5-66
- [4] ภัทรพันธุ์ อังอติชาติ. (2562). การออกแบบสถานงานของสถานีตรวจสุขภาพนอกสถานที่, 39-67
- [5] วัชรภรณ์ บุบผาพฤษ. (2557). การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และการกำหนดตารางการผลิตของการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์, 8-15
- [6] วัฒนชัย ประสงค์. (2554). การปรับปรุงผลิตภาพการผลิตด้วยระบบการผลิตแบบดึงกรณีศึกษา : โรงงานผลิตหัวเตาแก๊ส, 5-44
- [7] สิริพร นักรบ. (2559). การประยุกต์การใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมเหมราฮอัสเทิร์นซีบอร์ด อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง, 5-17
- [8] สุวิทย์ เจ้หนูด้วง. (2561). การวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าในกระบวนการบริหารจัดการเรือโดยสารตามหลัก ลีนซิกซ์ซิกม่า: กรณีศึกษาบริษัทสำรวจและผลิตปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ, 15-73
- [9] เสกสรร ทะนิตะ. (2559). การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตโครงเบาะรถยนต์โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน, 15-35

# โครงการการประเมินประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียน: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์บอลวาล์ว

บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

Evaluation of Circular Economy Efficiency: A Case Study of Ball Valves

Asahi-Thai Alloy Co., Ltd.

ณัฐนิชา บัวแย้ม<sup>1</sup>, สาคร วงษ์มิตร<sup>1</sup>, สิทธิพล บุญงาม<sup>1</sup>, สะคราญ ลิขมรังษี<sup>2</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2,2</sup>

อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรามูร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[Natthanicha-b@rmutp.ac.th](mailto:Natthanicha-b@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> อาจารย์ที่ปรึกษาประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>3</sup> ผู้อำนวยการระบบบริหารคุณภาพบริษัท บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด  
9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซังเรือ่ง ลัดหลวง อำเภพระประแดง สมุทรปราการ 10130

## บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนในการผลิตบอลวาล์ว การประเมินนี้เน้นการวิเคราะห์ KPIs (ตัวชี้วัดหลัก) 4 ประการได้แก่ 1. น้ำหนักวัตถุดิบ(ของแข็ง) ก่อนกลึง 2. ปริมาณ น้ำหนักวัตถุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ 3. การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้ชิ้นส่วนเดียวกันได้ในหลาย ผลิตภัณฑ์ที่บริษัทผลิต 4. การออกแบบให้ง่ายต่อการประกอบ งานวิจัยนี้เสนอแนวทางในการวัดประสิทธิภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนซึ่งสามารถประยุกต์ใช้อุตสาหกรรมอื่นได้ การนำหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ในการผลิต บอลวาล์วช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และมีผลดีต่อภาพลักษณ์ของบริษัท

**คำสำคัญ :** เศรษฐกิจหมุนเวียน, บอลวาล์ว, การประเมินประสิทธิภาพ, การจัดการของเสีย

## Abstract

This project aims to assess the efficiency of circular economy practices in the production of ball valves. The assessment focuses on analyzing four key performance indicators (KPIs), which are: 1. The amount of raw material (solid) used, 2. The weight of raw materials that can be recycled, 3. The design of products to allow the use of common parts across multiple products produced by the company, and 4. The design for ease of assembly. Implementing circular economy principles in ball valve production helps improve production efficiency and positively impacts the company's image. The results offer guidance for improving future production processes and the application of circular economy principles in other industries.

**Key words:** Circular Economy, Ball Valves, Performance Evaluation, Waste Management

## 1. บทนำ

จากการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดรวมถึงการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างไม่หยุดยั้ง อันนำไปสู่ความต้องการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ทรัพยากรที่เหลืออยู่กำลังใกล้จะหมดไป ดังนั้นจึงต้องใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ การใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์จากส่วนประกอบและวัสดุอย่างสูงสุดด้วยวิธีการที่เหมาะสม เช่น การใช้ซ้ำ การซ่อมแซม การปรับปรุงใหม่การผลิตใหม่ การแปรใช้ใหม่ การออกแบบกระบวนการ การพัฒนารูปแบบธุรกิจและนวัตกรรม รวมถึงมีการติดตามผลเพื่อจัดการให้ผลิตภัณฑ์และวัสดุหมุนเวียนอยู่ภายในระบบ การศึกษานี้ได้มองเห็นความสำคัญของเศรษฐกิจหมุนเวียนของผลิตภัณฑ์บอลวาล์วในบริษัทอาซาฮี-ไทยอัลลอยจำกัด จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์วาล์ว ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิตมากที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์ Mini Ball valve (mm) ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงทำการสำรวจประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียนของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้

ประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียนมุ่งเน้นการวัดประสิทธิภาพการพัฒนาทางเศรษฐกิจเข้ากับการใช้ทรัพยากรและการดูแลสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างรอบคอบและการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ, การเลือกวัตถุดิบ, กระบวนการผลิต, การใช้งาน, การขนส่ง, จนถึงการจัดการสิ่งของทั้งหมดอายุการใช้งาน [1] การประเมินประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียนในกรณีศึกษาของผลิตภัณฑ์ บอลวาล์วมีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อการดำเนินธุรกิจและความสำเร็จของบริษัทในอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้จะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียนและสามารถคิดวิธีปรับปรุงทำให้โรงงานมีประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ดีขึ้นได้

ทางคณะผู้วิจัยได้คัดเลือก 4 หัวข้อ KPIs (ตัวชี้วัดหลัก) ที่มีความสำคัญและเป็นหัวข้อที่สามารถวัดได้ก่อน ซึ่งได้ข้อมูลมาจากการทำแบบสำรวจจากผู้จัดการ หัวหน้า

แผนกและพนักงานผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับแผนกกลึงบอลวาล์ว จำนวน 30 คน ทั้งนี้ตัวชี้วัดที่ดีเป็นไปตามหลักการ SMART 1. Specific (เจาะจง) 2. Measurable (วัดผลได้) 3. Attainable (ทำได้จริง) 4. Relevant (เกี่ยวข้อง) 5. Time-bound (มีกำหนดเวลา) [2]

การประเมินประสิทธิภาพของเศรษฐกิจหมุนเวียนได้รับการดำเนินการโดยหลากหลายองค์กรเพื่อวัดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการรักษาสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น บริษัทปูนซีเมนต์จำกัด มหาชน ได้ทำการวัด พลังงาน การใช้พลังงานรวม ประกอบด้วยพลังงานความร้อนและ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในพื้นที่บริษัท/โรงงาน ในส่วนของ พลังงานความร้อนมีการแสดงให้เห็นถึงปริมาณและสัดส่วน ของพลังงานทดแทน และตั้งแต่ปี 2561 มีการแสดงให้เห็น ถึงพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) และพลังงาน ไม่หมุนเวียน (Non-Renewable Energy) โดยใช้สูตรดังนี้ ปริมาณการใช้พลังงานความร้อน = ปริมาณน้ำหนักเชื้อเพลิง ปริมาตรไอน้ำ หรือปริมาณลมร้อน (จากการประมาณการตาม ปริมาณที่ซื้อหรือปริมาณที่เปลี่ยนแปลงในที่กองเก็บ) x ค่าความร้อน (ที่ได้จากผลการทดลอง ในห้องปฏิบัติการหรือจากผู้ขาย) [3] นอกจากนี้กระทรวงอุตสาหกรรม [4]ได้จัดทำประกาศหลักเกณฑ์เรื่องการจัดสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วปี 2548 โดยการแยกของเสียอันตรายและของเสียไม่อันตราย ในปี 2562 เริ่มมีการรายงานปริมาณการเกิดของเสีย ปริมาณการจัดการของเสีย และปริมาณของเสียที่จัดเก็บในพื้นที่ เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพ ของการจัดการ ปริมาณการจัดการของเสียแยกตามวิธีจัดการที่ดำเนินการ มาแล้ว ได้แก่ การใช้ซ้ำ/ใช้ใหม่ การกำจัดโดยการเผาทำลาย และการฝังกลบ การรายงานปริมาณการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต จะใช้วิธีการที่เหมาะสมในการชั่ง คำนวณ หรือประมาณการ ตามหลักวิชาการ ส่วนปริมาณการจัดการของเสียที่มีการส่งไปจัดการภายนอกจะใช้วิธีการชั่งน้ำหนักซึ่งจะมีความถูกต้องแม่นยำกว่า

## 2. วิธีวิจัย

เก็บข้อมูลเชิงสถิติตามหัวข้อ KPIs 4 อันดับ ได้แก่

1. น้ำหนักวัตตุดิบ(ของแข็ง) ก่อนกลึง  
วัดปริมาณวัตตุดิบ (ของแข็ง) ที่นำมาใช้ในการผลิต โดยใช้  
วิธีการ บันทึกปริมาณวัตตุดิบที่นำเข้าไปในกระบวนการผลิต  
ความถี่ในการเก็บข้อมูลคือเก็บทุกวันที่ งานการผลิต  
ผลิตภัณฑ์บอลวาล์ว BV 15 mm วิธีการในการเก็บ นำก้อน  
ทองเหลืองที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใดๆ 1 ชิ้นมาชั่งน้ำหนัก  
เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของวัตตุดิบต่อ 1 ชิ้น เมื่อได้ค่าน้ำหนัก  
แล้วจึงนำค่าที่ได้นั้นมาคูณจำนวนการผลิตของแต่ละวันจะได้  
ค่าน้ำหนักต่อหนึ่งวัน จากนั้นค่าน้ำหนักวัตตุดิบของแต่ละ  
เดือนได้จากค่าน้ำหนักวัตตุดิบต่อหนึ่งวันคูณกับจำนวนวันที่  
ทำการผลิตในเดือนนั้นๆ

2. ปริมาณน้ำหนัวัตตุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้  
การวัดปริมาณน้ำหนัวัตตุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิล  
ได้ ในช่วงระยะเวลา 3 เดือน เริ่มต้นตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม  
เดือนมิถุนายน และเดือนกรกฎาคม โดยมีการวัด 2 ส่วนคือ

1. น้ำหนัวัตตุดิบก่อนกลึง
2. น้ำหนัวัตตุดิบหลังกลึง

สมการการหาปริมาณน้ำหนัวัตตุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิล  
ได้ทำได้ดังสมการที่ (1)-(3)

$$\text{น้ำหนัวัตตุดิบก่อนกลึง} = \text{ปริมาณการผลิตต่อวัน} \times \text{น้ำหนัวก่อนกลึงต่อ 1 ตัว(1)}$$

$$\text{น้ำหนัวัตตุดิบหลังกลึง} = \text{ปริมาณการผลิตต่อวัน} \times \text{น้ำหนักลหลังกลึงต่อ 1 ตัว(2)}$$

$$\text{ปริมาณน้ำหนัวัตตุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้} = \text{น้ำหนัวัตตุดิบก่อนกลึง} - \text{น้ำหนัวัตตุดิบหลังกลึง} \quad (3)$$

สมการการหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนัวัตตุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้

$$= \frac{\text{น้ำหนัวัตตุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้}}{\text{น้ำหนัวัตตุดิบก่อนกลึง}} \times 100\% \quad (4)$$

3. น้ำหนักของส่วนประกอบที่ใช้ร่วมกัน(กิโกรัม) เก็บข้อมูล  
โดยการศึกษาชิ้นส่วนที่สามารถใช้ร่วมกันได้ในหลาย  
ผลิตภัณฑ์บอลวาล์ว โดยศึกษาจำนวนยอดผลิตตลอด  
ระยะเวลา 3 เดือนได้แก่เดือน พฤษภาคม มิถุนายน และ

กรกฎาคม ปี2567 โดยเก็บตัวผลิตภัณฑ์รุ่น 1.Ball valve (MM) 2.Ball valve (MF) 3.Ball valve (3WM) 4.Ball valve (FF) 5.Ball valve (3WF) และนำจำนวนยอดการผลิต  
ต่อเดือนมาคูณกับน้ำหนักต่อชิ้นของส่วนประกอบที่ใช้  
ร่วมกันได้ ส่วนประกอบที่ใช้ร่วมกันได้ที่สามารถใช้ร่วมกันได้  
มี 6 อย่าง ดังนี้ 1.แกน 2.บอล 3.ตั้ม 4.ซีล 5.โอริง 6.น๊อต



รูปภาพที่ 1 ชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ร่วมกัน

4. ออกแบบให้ง่ายต่อการประกอบ

วัดเวลาในการประกอบผลิตภัณฑ์บอลวาล์ว โดยใช้วิธีการจับ  
เวลา 30 ครั้ง ตั้งแต่เริ่มประกอบจนเสร็จสิ้นออกมาเป็นผลิต  
ภัณฑ์บอลวาล์ว BV15-MM เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลาในการ  
ประกอบจริงบอลวาล์ว BV15-MM และเทียบกับเวลา  
มาตรฐานเฉลี่ยในการประกอบของบอลวาล์วทุกรุ่น

### 3. ผลการวิจัย

#### 3.1 การวัดปริมาณน้ำหนัวก่อนกลึง

การวัดปริมาณน้ำหนัวัตตุดิบ ในช่วงระยะเวลา 3  
เดือน เริ่มต้นตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม เดือนมิถุนายน และ  
เดือนกรกฎาคมดังตารางที่ 1 การวัดปริมาณน้ำหนัวก่อนกลึง  
ในครั้งนี้มีความสำคัญในการวางแผนการผลิตและการจัดการ  
วัสดุ ข้อมูลนี้ และยังสามารถใช้ในการคำนวณการสูญเสีย  
วัสดุระหว่างการกลึงและช่วยให้กระบวนการผลิตมี  
ประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางน้ำหนัวก่อนกลึง		
เดือน	น้ำหนัวก่อนกลึง ทั้งหมด	หน่วย
พฤษภาคม	13,549	Kg
มิถุนายน	16,760.86	Kg
กรกฎาคม	9736.57	Kg

ขึ้นส่วนร่วมกันผลิตภัณฑ์บอลวาล์วรุ่น BV15 mm เดือน

พฤษภาคม 2567 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลรวมน้ำหนักก่อนกลึงทั้งหมดของแต่ละเดือน

3.2 การวัดปริมาณน้ำหนักวัตถุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ จากตารางที่ 2 ได้บอกถึงน้ำหนักวัตถุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ พร้อมทั้งระบุเปอร์เซ็นต์น้ำหนักวัตถุดิบที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ซึ่งคิดเป็น 28% ของน้ำหนักทองเหลืองก่อนกลึง แสดงให้เห็นว่าแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี(72%) แต่ยังมีส่วนที่สามารถปรับปรุงได้ โดยเฉพาะในส่วนของซักรีดที่สูญเสียไป การที่ซักรีดที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้มีสัดส่วน 28% อาจสะท้อนถึงความต้องการในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น การใช้เทคโนโลยีการตัดแต่งที่มีความแม่นยำมากขึ้น หรือการนำซักรีดเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ (รีไซเคิล) เพื่อลดการสูญเสียทรัพยากร อีกทั้งยังส่งผลต่อต้นทุนของกระบวนการผลิต เพราะหากไม่สามารถนำซักรีดกลับมาใช้ได้ทั้งหมด ต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้นเนื่องจากต้องสั่งซื้อวัตถุดิบมากขึ้น นอกจากนี้ การจัดการกับซักรีดที่ดีไม่เพียงช่วยลดต้นทุน แต่ยังช่วยลดขยะอุตสาหกรรมซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้น การปรับปรุงการใช้วัตถุดิบและการลดการสูญเสียจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนในกระบวนการผลิต

ตารางเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต			
เดือน	น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต (กิโลกรัม)	น้ำหนักวัตถุดิบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์
มกราคม	2,787.47	788	28
กุมภาพันธ์	3,190.43	913	28
มีนาคม	3,778	1,062	28

ตารางที่ 2 ผลรวมน้ำหนักวัตถุดิบที่นำไปหมุนเวียนของแต่ละเดือน

3.3 น้ำหนักของส่วนประกอบที่ใช้ร่วมกัน (กิโลกรัม)

รุ่นที่เราทำการศึกษาคือรุ่น BV15 MM และรุ่นที่สามารถใช้ส่วนประกอบร่วมกันได้คือรุ่น BV 15 MF / BV 15 FF / BV 15 3WM / BV15-MM BV 15 3WF จากการเก็บข้อมูลหน้างานพบว่าการใช้ปริมาณชิ้นส่วนที่ใช้ต่อตัวในแต่ละรุ่นดังตารางที่ 3-5 การใช้ปริมาณชิ้นส่วนขึ้นอยู่กับยอดการผลิตของแต่ละรุ่น ซึ่งแต่ละรุ่นมีจำนวนการผลิตที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน ดังนั้นปริมาณชิ้นส่วนที่ใช้จึงมีความแตกต่างกันตามยอดการผลิต ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2567 ในส่วนนี้จะยกตัวอย่างผลของการใช้

รุ่น	ชิ้นส่วน	จำนวนการผลิตทั้งหมด	น้ำหนักทั้งหมดในการผลิต (Kg)	เปอร์เซ็นต์การใช้รวม (%)
BV15 mm	1 แกน	117,760	471.04	44
	2 บอล	117,760	1,177.6	44
	3 ตัว	117,760	2,237.04	44
	4 สลัก	235,520	117.76	44
	5 วาล์ว	235,520	40.50	44
	6 น็อต	117,760	117.76	44

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ชิ้นส่วนร่วมกันผลิตภัณฑ์บอลวาล์วรุ่น BV15 mm เดือนพฤษภาคม 2567

3.4 การออกแบบให้ง่ายต่อการประกอบ

เวลามาตรฐานในการประกอบบอลวาล์ว BV15-MM อยู่ที่ 650 ชิ้น/ชั่วโมง เนื่องจากใน 1 ชั่วโมง (3600 วินาที) จะสามารถประกอบชิ้นงานได้ 650 ชิ้น ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการประกอบชิ้นงาน 1 ชิ้นคือ  $\frac{3600}{650} = 5.54$  วินาที/ชิ้น ค่าเฉลี่ยเวลาจากตารางที่จับเวลาจริง ค่าเฉลี่ยเวลาที่คำนวณได้จากตารางคือ 5.93 วินาทีต่อชิ้นซึ่งแสดงให้เห็นว่าใช้เวลาแตกต่างจากเวลามาตรฐาน 7.04% แสดงว่า BV15-MM มีความยากกว่าต่อการประกอบโดยเฉลี่ยของค่ามาตรฐานของบอลวาล์วทุกรุ่น จากผลนี้สามารถเป็นข้อมูลในการพัฒนาการออกแบบบอลวาล์วให้ง่ายต่อการประกอบในรุ่นที่พัฒนาใหม่ต่อไป

เวลาในการประกอบชิ้นงานแต่ละรุ่น(วินาที)									
รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3	รุ่นที่ 4	รุ่นที่ 5	รุ่นที่ 6	รุ่นที่ 7	รุ่นที่ 8	รุ่นที่ 9	รุ่นที่ 10
5.94	5.21	5.9	5.88	5.96	6.01	6.04	5.87	5.74	6.05
รุ่นที่ 11	รุ่นที่ 12	รุ่นที่ 13	รุ่นที่ 14	รุ่นที่ 15	รุ่นที่ 16	รุ่นที่ 17	รุ่นที่ 18	รุ่นที่ 19	รุ่นที่ 20
5.52	5.79	5.81	5.87	5.84	5.98	5.92	5.97	5.7	5.83
รุ่นที่ 21	รุ่นที่ 22	รุ่นที่ 23	รุ่นที่ 24	รุ่นที่ 25	รุ่นที่ 26	รุ่นที่ 27	รุ่นที่ 28	รุ่นที่ 29	รุ่นที่ 30
6.19	6.09	5.92	5.98	6.2	5.99	6.08	5.81	5.95	5.87
เฉลี่ย	5.93								

ตารางที่ 4 เวลาในการประกอบชิ้นงาน

4. สรุปผล

จากการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียน กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์บอลวาล์ว บริษัทอาซาฮี-ไทยอัลลอย จำกัด

โครงการการประเมินประสิทธิภาพของระบบเศรษฐกิจ



หมุนเวียน โดยใช้ผลิตภัณฑ์บอလာลว้เป็นกรณีศึกษา มุ่งเน้น  
การประเมินประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในกระบวนการ  
ผลิตขององค์กร นอกจากการประเมินแล้ว โครงการยังเสนอ  
แนวทางในการปรับปรุง เช่น การพัฒนากระบวนการ  
ออกแบบผลิตภัณฑ์ การคัดเลือกวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อ  
สิ่งแวดล้อม และการเพิ่มการใช้เคลือบหลังการใช้งาน ซึ่งเป็น  
ข้อเสนอแนะที่สำคัญสำหรับการปรับปรุงในอนาคต

ประโยชน์หลักของโครงการนี้คือ การเป็นต้นแบบใน  
การวัดประสิทธิภาพของระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่สามารถ  
นำไปใช้กับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ ข้อมูลและผลการประเมิน  
สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน  
สำหรับการจัดการทรัพยากรและของเสียในวงจรชีวิต  
ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยให้บริษัทในอุตสาหกรรมต่างๆ  
เห็นถึงความสำคัญของการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ  
ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการผลิต แต่ยังลดผลกระทบต่อ  
สิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

การวิจัยนี้ตรงตามจุดประสงค์ในการประเมินการใช้  
ทรัพยากรและสร้างแนวทางปรับปรุงอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่ง  
สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในอนาคต อีกทั้ง  
ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีคุณค่าสำหรับการพัฒนา  
อุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและ  
สนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคคลและ  
องค์กรต่าง ๆ ดังนี้:

ขอขอบคุณ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัดที่ให้  
โอกาสและสนับสนุนการดำเนินโครงการประเมิน  
ประสิทธิภาพเศรษฐกิจหมุนเวียน: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์บอ  
ลาลว้ และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้  
ขอขอบคุณ คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชา วิศวกรรม  
เทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ วิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำปรึกษา  
และคำแนะนำที่มีคุณค่า รวมถึงการสนับสนุน ทางวิชาการ  
และด้านทรัพยากรต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการดำเนิน  
โครงการ

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานและผู้ร่วมดำเนินงานทุกท่าน  
ที่ทำให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ผล และการเขียนรายงาน รวมถึงการช่วย  
ตรวจสอบเนื้อหาและความถูกต้องของข้อมูลในงานวิจัยนี้  
สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมใน  
การทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทุกความช่วยเหลือ  
และคำแนะนำที่ได้รับเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้มีความ  
สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, คู่มือ  
การประเมินประสิทธิภาพการ ประยุกต์ใช้หลักการเศรษฐกิจ  
หมุนเวียนในองค์กร (Circular Economy Performance  
Assessment Guidebook), ข้อมูลจาก  
<https://cepas.dpim.go.th> (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กันยายน  
2567)

[2] UNDP, คู่มือเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนสำหรับ  
บริษัทจดทะเบียน และมาตรฐานผลกระทบ SDG, ข้อมูลจาก  
[https://www.undp.org/thailand/publications/sdg-  
guidebook-thai-listed-companies](https://www.undp.org/thailand/publications/sdg-guidebook-thai-listed-companies)(วันที่สืบค้นข้อมูล 8  
กันยายน 2567)

[3] [บริษัท ปูนซีเมนต์ จำกัด มหาชน ปี พ.ศ.2563]  
รายงานการพัฒนาอย่างยั่งยืน

[4] [สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
กระทรวงอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2564] ระบบการจัดการ  
เศรษฐกิจหมุนเวียนสำหรับองค์กร เล่ม 2 ข้อกำหนด

## การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการ Toyota Production System (TPS) ในสายงานกลึงชิ้นส่วนกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15

Increasing production efficiency by apply the principles of the Toyota Production System  
in the parts turning line. Case study of the GMK 15 water meter product

เจษฎากร สุรัตน์<sup>1</sup> ปิยะชาติ โพลิม<sup>1</sup> ธีรเชษฐ์ แผงธีระสุขมัย<sup>1</sup> สหรัตน์ วงษ์ศรีชะ<sup>1</sup>

พลเทพ พันธุ์ธนากุล<sup>2</sup> อรรถนพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
jetsadakon-s@rmutp.ac.th

<sup>2</sup> อาจารย์ที่ปรึกษาประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>3</sup> บริษัท บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสายการผลิต ลดความสูญเปล่า และลดพื้นที่การจัดเก็บสต็อกที่มากเกินไป ความจำเป็นในกระบวนการกลึงมาตรวัดน้ำ GMK 15 โดยใช้หลักการ Toyota Production System (TPS) มาใช้แก้ปัญหา การศึกษาเริ่มจากการพิจารณากระบวนการผลิตกลึงมาตรวัดน้ำ GMK 15 ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นรูปมาตรวัดน้ำ GMK 15 และค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องในสายการผลิตกลึงมาตรวัดน้ำ GMK 15 โดยทำการสังเกตพื้นที่การทำงาน การเคลื่อนย้ายชิ้นงาน เวลาในการเตรียมเครื่องจักร และการจัดเก็บสต็อก โดยทำการบ่งบอกปัญหาที่พบในสายการผลิต รูปแบบการแก้ไข และแผนภูมิความคุมการทำงาน พบว่าสภาพพื้นที่การทำงานไม่มีความเรียบร้อย พนักงานเคลื่อนย้ายชิ้นงานเกินความจำเป็น เวลาในการเตรียมเครื่องจักรมากเกินไป และจัดเก็บสต็อกมากเกินไป ความจำเป็น ต่อแผนถัดไป จากนั้นใช้การระดมสมองเพื่อหาแนวทางการแก้ไขสาเหตุเหล่านั้น โดยกำหนดมาตรการแก้ไขที่มีการดำเนินการดังนี้คือ 1.ปรับปรุงสภาพหน้างานให้เรียบร้อย 2.เคลื่อนย้ายเครื่องจักรให้อยู่พื้นที่ที่เหมาะสม 3.เปลี่ยนอุปกรณ์ในการเตรียมเครื่องจักร 4.กำหนดมาตรฐานการจัดเก็บชิ้นงาน 5.จัดทำเอกสารประกอบการทำงาน ผลการดำเนินการพบว่า 1.สภาพหน้างานมีความเรียบร้อยมากขึ้น 2.สามารถลดเวลาการขนส่งได้ถึง 20 วินาทีจากเดิม 55 วินาที เวลาการขนส่งลดเป็น 36% ลดระยะทางได้ถึง 13.3 เมตร คิดเป็น 28% และสามารถลดพนักงานได้ 1 คนจาก 2 คน คิดเป็น 50% 3.ลดเวลาการเตรียมเครื่องจักรได้ถึง 12 นาทีจากเดิม 36 นาทีคิดเป็น 33%

คำสำคัญ (Key word): ปรับปรุงสายการผลิต ลดเวลาสูญเปล่า ลดพื้นที่การจัดเก็บสต็อก

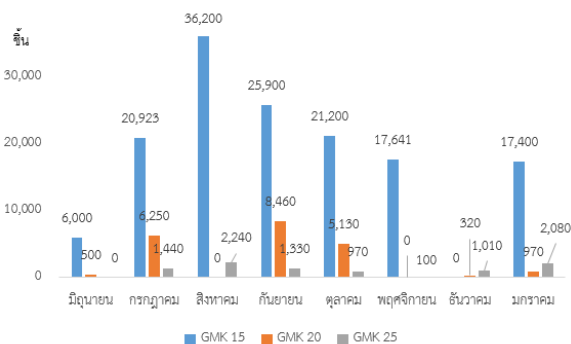
## Abstract

this project is to improve the production line, reduce waste, and minimize excessive stock storage in the turning process of the GMK 15 water meter, using the principles of the Toyota Production System (TPS) to solve these issues. The study began by analyzing the turning process for the GMK 15 water meter, examining the functioning of the machinery used in the production of the water meter, and identifying factors that contribute to defects in the production line. This was done by observing the workspace, the movement of work pieces, machine setup times, and stock storage. The project identified problems within the production line, outlined solutions, and developed a control chart. It was found that the workspace was disorganized, workers were moving work pieces unnecessarily, machine setup times were excessive, and there was excessive stock storage for the subsequent department. A brainstorming session was conducted to find solutions to these causes, and the following corrective measures were implemented 1. Improve workspace organization. 2. Relocate machines to more suitable areas. 3. Change the tools used for machine setup. 4. Set standards for work piece storage. 4. Create supporting documentation for the workflow. The results of the implementation showed that 1. The workspace became more organized. 2. Transportation time was reduced from 55 seconds to 20 seconds, a 36% reduction, with the transportation distance reduced by 13.3 meters, or 28%. Additionally, the workforce was reduced from 2 workers to 1, a 50% reduction. 3. Machine setup time was reduced from 36 minutes to 12 minutes, a 33% improvement.

**Keywords :** Production line improvement, waste time reduction, stock storage minimization

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบัน บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้นำด้านการผลิตมาตรวัดน้ำ กำลังมุ่งเน้นการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตในแผนกมาตรวัดน้ำรุ่น GMK โดยโครงการนี้มีเป้าหมายในการนำแนวคิดระบบ TPS (Toyota Production System) มาใช้ ซึ่งเป็นระบบการบริหารจัดการและการผลิตที่พัฒนาโดยบริษัทโตโยต้า ประเทศญี่ปุ่น หลักการสำคัญของ TPS คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตด้วยการลดความสูญเสียทั้งในด้านชิ้นงานและกระบวนการผ่านการประยุกต์ใช้หลักการ เช่น ความยืดหยุ่นในการผลิต (Flexibility), การทำงานตามมาตรฐาน (Standardized Work) และการผลิตตามความต้องการ (Just-in-Time) การนำระบบ TPS มาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้รับการยอมรับว่าสามารถเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวคิด TPS จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในตลาด

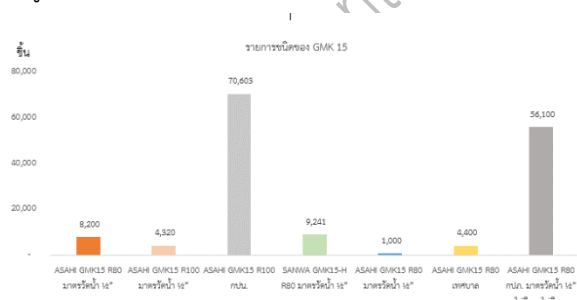


ภาพที่ 1 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ GMK แต่ละขนาด

จากภาพที่ 1 พบว่าปริมาณการผลิต GMK 15 มีปริมาณการผลิตที่มากที่สุด จึงได้ศึกษาข้อมูลกระบวนการดำเนินงานของ บริษัท อาซาฮี ไทยอัลลอยด์ จำกัด โดยมุ่งเน้นในสายการผลิตงานกลึงมาตรวัดน้ำ (มิเตอร์) โดยพิจารณาผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา มาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15 จากขั้นตอนกระบวนการผลิตชิ้นงานมาตรวัดน้ำชนิดนี้ จะต้องผ่านกระบวนการเจาะรูร้อยลวด, กลึง, เจาะสลัก, ล้างน้ำ และพื้นที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งสายการผลิตกลึงชิ้นงานมาตรวัดน้ำนั้นพบว่ามีปัญหาด้านการบำรุงรักษาสภาพพื้นที่ปฏิบัติงานให้เรียบร้อย (Worksite Control) การไหลของชิ้นงาน (Continuous Flow) เวลามาตรฐานในการเตรียม

เครื่องกลึง (Standardized Work) และผลิตมากเกินไปต่อความต้องการของแผนกถัดไป (Pull System) ซึ่งส่งต่อการควบคุมกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการผลิตชิ้นงานไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

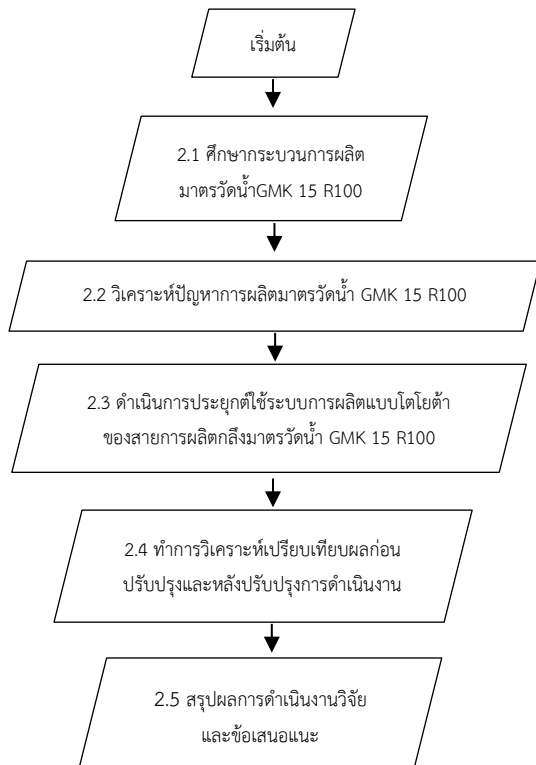
ขอบเขตโครงการเป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการทางด้านกระบวนการผลิตของบริษัทผู้ผลิตมาตรวัดน้ำ GMK 15 โดยใช้หลักของระบบผลิต TPS มาประยุกต์ใช้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษามีการผลิตหลากหลายรูปแบบ จึงหาข้อมูลย้อนหลัง 8 เดือน เพื่อทำการวิเคราะห์เลือกชนิดที่มีการผลิตมากที่สุดมาทำการวิจัยดังรูปภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ GMK15 แต่ละขนาด

จากภาพที่ 2 ข้อมูลการผลิต Asahi GMK15 R100 กปน. มียอดสั่งการผลิตที่สูงที่สุด จึงเลือกนำมาเป็นตัวอย่างสำหรับศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิต

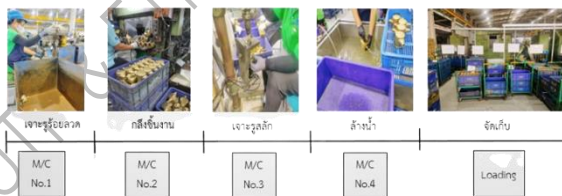
## 2. วิธีดำเนินโครงการ



ภาพที่ 3 กระบวนการดำเนินการ

### 2.1 ศึกษากระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำ GMK 15 R100

จากการศึกษาข้อมูลกระบวนการดำเนินงานของบริษัท อาซาฮี ไทยอัลลอยด์ จำกัด ในสายการผลิตงานกลึงมาตรวัดน้ำ (มิเตอร์) โดยพิจารณาผลิตภัณฑ์การศึกษามาตรวัดน้ำรุ่น GMK 15 R 100 จากขั้นตอนกระบวนการผลิตชิ้นงานมาตรวัดน้ำชนิดนี้ จะต้องผ่าน 4 กระบวนการ 1. กระบวนการเจาะรูร้อยลวด 2. กระบวนการกลึง 3. กระบวนการเจาะสลัก 4. กระบวนการล้างน้ำ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำ GMK15 R100

#### 2.1.1 การรวบรวมข้อมูล

โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลได้มีการศึกษาข้อมูลพื้นที่ปฏิบัติงานและขั้นตอนการปฏิบัติงาน การจับเวลาการปฏิบัติงานของขั้นตอนการผลิตแต่ละสถานีของ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2567

กระบวนการผลิตกลึงมาตรวัดน้ำชิ้นงาน GMK15 R100 ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบผล โดยระยะดำเนินการโครงการเริ่มตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2567 ถึง 31 กันยายน พ.ศ. 2567

#### 2.1.2 ศึกษาความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากสถานีการผลิตมาตรวัดน้ำ แผนกกลึงมาตรวัดน้ำในปัจจุบัน มีความต้องการที่มุ่งเน้นในการผลิตแบบต่อเนื่องเพื่อลดความสูญเสีย แต่ในปัจจุบันกระบวนการผลิตนั้นยังพบปัญหาที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุง เช่น ปัญหาการรอคอยระหว่างขั้นตอน ปัญหาคุณภาพ ปัญหาความปลอดภัย รวมไปถึงการจัดส่งชิ้นงานที่ไม่ทันต่อกระบวนการผลิตถัดไป

#### 2.1.3 กำหนดวิธีการปรับปรุงแก้ไข

แนวทางในการปรับปรุงการดำเนินการตามระบบการผลิตแบบโตโยต้า โดยการปรับปรุงเพื่อสร้างมาตรฐานตาม TPS ซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสำรวจพื้นที่ปฏิบัติการของพนักงานเพื่อค้นหาหัวข้อการปรับปรุง
2. จับเวลา (Time Measurement) เพื่อวิเคราะห์เวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอนของพนักงาน
3. ระบุขั้นตอนการทำงานโดยการจัดออกแบบ Layout ใหม่ในกระบวนการผลิตให้เป็นมาตรฐาน
4. นำเอกสารจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงาน (Standardized Work Combination Table) นำมาใช้แสดงข้อมูลของขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดของขั้นตอน เวลาที่ใช้ รวมถึงการแบ่งการปฏิบัติงานของพนักงานงานของเครื่องจักรและการเดินของพนักงาน เพื่อดูงานย่อยของพนักงาน
5. แผนภาพงานมาตรฐาน (Standardized Work) นำมาใช้แสดงแผนผังลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน และรายละเอียดที่ต้องควบคุมในกระบวนการซึ่งจะทำให้ทราบสถานะการปฏิบัติของพนักงานในแต่ละตำแหน่ง
6. จัดทำแผนเรียบเรียงกระบวนการ (Yamazumi Chart) นำมาใช้แสดงแผนภูมิแท่ง ปริมาณ ลำดับ ขั้นตอนรอบเวลาการปฏิบัติของพนักงานพนักงานแต่ละคน ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์จำนวนพนักงานและชั่วโมง การปฏิบัติงาน

## 2.2 วิเคราะห์ปัญหาการผลิตมาตรฐาน GMK 15 R100

โดยปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตชิ้นงาน GMK15 R100 คือ

- 1) ไม่มีปรับปรุงพื้นที่ปฏิบัติงาน
- 2) การใช้พื้นที่ปฏิบัติงานมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น
- 3) การใช้ระยะทางและระยะเวลาเกินความจำเป็น
- 4) ไม่มีการกำหนดจำนวนการจัดเก็บชิ้นงาน (Stock)

ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนจัดส่งของกระบวนการผลิต

## 2.3 ดำเนินการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าของ สายการผลิตกึ่งมาตรฐาน GMK 15

แนวทางแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตกึ่ง  
ชิ้นส่วนมาตรฐาน Body GMK15 โดยใช้หลักการ TPS เพื่อ  
เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ซึ่งมีขั้นตอนการปรับปรุง  
4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

### 2.3.1 Worksite Control

แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของขั้นตอนนี้  
เป็นขั้นตอนการปรับปรุงสภาพพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อให้ควบคุม  
การปฏิบัติงานของพนักงานด้วยสายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ  
และการปฏิบัติงานในพื้นที่ปฏิบัติงานได้อย่าง  
ปลอดภัย ซึ่งในส่วนของหัวข้อการปรับปรุงสามารถแยก  
ประเภทหัวข้อการปรับปรุง ได้ดังนี้

- 1) 2S
- 2) Safety
- 3) Quality
- 4) Equipment
- 5) Production Control
- 6) Delivery Control
- 7) Manpower Control

### 2.3.2 การสร้างกระบวนการไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow)

เป็นการปรับปรุงเพื่อให้การไหลของกระบวนการ  
ผลิตมีความต่อเนื่อง เน้นการลดระยะทางขนส่งระหว่าง  
กระบวนการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความต่อการไหลของ  
ชิ้นงานระหว่างกระบวนการ

### 2.3.3 การจัดทำมาตรฐาน (Standardized Work)

การปรับปรุงขั้นตอนนี้นั้นเน้นในการปรับปรุงเวลาเพื่อ  
สร้างงานมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการปรับปรุงใน  
ส่วนของระยะเวลาการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร  
(Set Up) เพื่อให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากการลด  
ระยะเวลาการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร

### 2.3.4 Pull System

แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ระบบ  
แรงดึง (Pull System) เป็นการมุ่งเน้นการปรับปรุงวิธีการ  
จัดส่งและการผลิตชิ้นงานตามความต้องการของกระบวนการ  
ถัดไป เพื่อลดการผลิตที่เกินต่อความต้องการและเพื่อลด  
ปริมาณการจัดเก็บของชิ้นงานคงคลังที่ไม่จำเป็น เป็นการเพิ่ม  
ความประสิทธิภาพการจัดส่งและการจัดเก็บชิ้นงานคงคลังให้  
มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

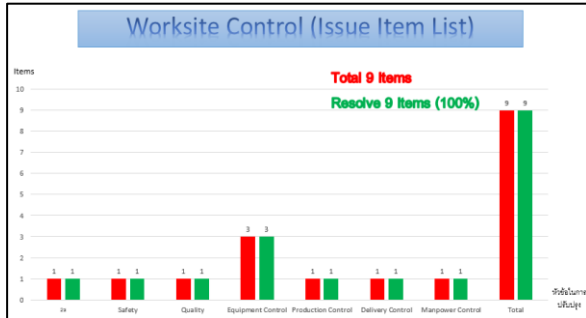
## 3. ผลการวิจัย (Results)

จากแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ได้กล่าว  
ไว้เบื้องต้นในวิธีการวิจัย โดยแนวทางในการปรับปรุงของ  
กระบวนการผลิตกึ่งมาตรฐาน ชิ้นงาน GMK15 R100 เพื่อ  
ลดความสูญเปล่า ปรับปรุงพื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานและ  
เวลาของกระบวนการผลิต โดยอาศัยหลักการและแนวคิด  
ของระบบการผลิตแบบ TPS (Toyota Production  
System) ซึ่งขั้นตอนดำเนินการปรับปรุงมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน  
และสามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนดำเนินการปรับปรุงได้  
ดังนี้

### 3.1 ผลปรับปรุงการควบคุมสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน (Worksite Control)

จากการดำเนินการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้การ  
ควบคุมสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน (Worksite Control) ตาม  
แนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota  
Production System-TPS) ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่  
ส่งผลทำให้การปฏิบัติงานของพนักงานทำได้อย่างมี  
ประสิทธิภาพ โดยการมุ่งเน้นการควบคุมสภาพพื้นที่  
ปฏิบัติงานให้อยู่ในระเบียบ ความปลอดภัยในพื้นที่ปฏิบัติงาน  
การดูแลอุปกรณ์ ในการตรวจสอบต้องทำการตรวจสอบตาม  
หัวข้อหลักทั้ง 7 หัวข้อ ซึ่งพบปัญหาที่ต้องทำการแก้ไขและ  
ปรับปรุงทั้งหมด 9 ข้อ และได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงตาม

ตามความเหมาะสมของแต่ละข้อ โดยผลที่ได้จากการแก้ไข และปรับปรุงสามารถทำให้ความปลอดภัย ความเป็นระเบียบ และความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานมี ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แสดงผลได้ดังภาพที่ 5 ที่แสดงให้เห็นผล หลังจากทำการแก้ไขและปรับปรุงในแต่ละด้านของการ ควบคุมสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลการควบคุมสภาพพื้นที่ปฏิบัติงานทั้ง 7 หัวข้อหลัก

### 3.2 ผลการปรับปรุงกระบวนการให้ไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow)

จากการประยุกต์ใช้ Continuous Flow ทำการปรับปรุงดังตารางที่ 1 ได้ทำการปรับปรุงเส้นทางขนส่งเพื่อลดระยะทางขนส่งระหว่างกระบวนการ จากเดิมระยะทาง 43.8 เมตร ลดลงเหลือ 24.3 เมตร ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดระยะทางได้ 55.4% และจากเดิมใช้เวลาขนส่งทั้งหมด 72 วินาที ลดลงเหลือ 30 วินาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดระยะเวลาได้ 59% จากการปรับปรุงการลดระยะทางขนส่งระหว่างกระบวนการทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานจากเดิมใช้พนักงานทำหน้าที่ 2 คน ลดเหลือ พนักงานทำหน้าที่ 1 คน คิดเป็น 50% ส่งผลให้สามารถลดความสูญเปล่าและช่วยสร้างความสมดุลให้กับกระบวนการ

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	ลดระยะทาง (เมตร)	43.8	24.3	19.5	55.4
2	ลดระยะเวลา (วินาที)	72	30	42	59
3	ลดจำนวนพนักงาน (Man Power)	2	1	1	50

ตารางที่ 1 ผลการปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง

### 3.3 ผลการปรับปรุงงานมาตรฐาน (Standardized Work)

เป็นกระบวนการที่เน้นปรับปรุงในเรื่องของกระบวนการและเวลา ซึ่งได้ทำการปรับปรุงในส่วนองระยะเวลาการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร (Set Up) ของเครื่องกลึงชิ้นส่วนบอดี GMK15 R100 ก่อนเริ่มทำการผลิตที่แสดงดังตารางที่ 2 เพื่อให้ขั้นตอนดังกล่าวมีระยะเวลาลดลงรวมถึงการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากวิธีการเดิมของขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร (Set Up) ซึ่งผลจากการปรับปรุงทำให้สามารถลดระยะเวลาจากเดิมใช้ระยะเวลา 36 นาที ลดลงเหลือ 24 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดระยะเวลาการเตรียมเครื่องจักร 34 %

เดิม	การแก้ไข
<b>ปัญหา</b> ในการ Set Up เครื่องจักรมีการใช้ระยะเวลาในขั้นตอนการถอดตั้งที่ไ้ใช้ระยะเวลามากถึง 18 นาที และขั้นตอนการใส่จิ๊กที่ไ้ใช้ระยะเวลามากถึง 18 นาที รวมทั้งหมด 36 นาที	<b>การแก้ไขปรับปรุง</b> ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้ในการ Set Up เดิมที่ใช้ประแจ L โดยเปลี่ยนเป็นการใช้ปืนลมในการใช้การ Set Up เครื่องจักร การถอดตั้งที่ไ้ใช้ระยะเวลามากถึง 12 นาที และขั้นตอนการใส่จิ๊กที่ไ้ใช้ระยะเวลามากถึง 12 นาที รวมทั้งหมด 24 นาที

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการปรับปรุงการเตรียมเครื่องจักร

### 3.4 ผลการปรับปรุงด้วยการใช้ระบบดึง (Pull System)

ได้ทำการปรับปรุงวิธีการจัดส่งชิ้นงานด้วยการนำระบบคัมบัง (Kanban) และติดตั้งกล่องคัมบังที่แผนกกลึงมาตรวัดน้ำที่แสดงดังภาพที่ 6 ในการรับคำขอเบิกชิ้นงานรวมทั้งทำการปรับปรุงดังตารางที่ 3 เป็นการปรับปรุงจำนวนรอบการจัดส่งและจำนวนชิ้นงานที่จัดส่งต่อวัน จากเดิมรอบละ 600 ชิ้น ส่ง 2 รอบต่อวัน ปรับเปลี่ยนเป็น รอบละ 300 ชิ้น ส่ง 4 รอบต่อวัน ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการรอคอยชิ้นงาน (Lead Time) จาก 240 นาที ลดเหลือ 120 นาที คิดเป็น 50% ทำให้สามารถลดความสูญเปล่าและเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และปรับปรุงในส่วนพื้นที่การจัดเก็บ

ชิ้นงานระหว่างการผลิต (Work In Process-WIP) จากเดิมใช้พื้นที่ 14.62 ตร.ม. หลังจากทำการปรับปรุงสามารถลดพื้นที่ได้เหลือ 12.47 ตร.ม.ของพื้นที่จัดเก็บ คิดเป็น 15% ซึ่งพื้นที่ที่เหลือจากการปรับปรุงนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้



ภาพที่ 6 การติดตั้งกล่องคัมบังที่พื้นที่กระบวนการกลึง

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	ลดเวลารอคอย (นาที)	240	120	120	50
2	ลดพื้นที่ (ตร.ม.)	14.62	12.47	2.15	15

ตารางที่ 3 ผลการปรับปรุงด้วยระบบแรงดึง

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการใช้การควบคุมสภาพพื้นที่ปฏิบัติงาน (Worksite Control) ในการปรับปรุงพื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานทำให้ระบุพื้นที่การปฏิบัติงานได้อย่างชัดเจน ง่ายต่อการตรวจสอบ ช่วยลดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น รวมถึงความปลอดภัยที่เพิ่มมากขึ้นจากการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยเป็นประจำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมียิ่งขึ้น ในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) การลดระยะทางขนส่งระหว่างกระบวนการผลิตทำให้ลดความสูญเปล่า ตามหลักการของ Lean Manufacturing และ Toyota Production System (TPS) มุ่งเน้นให้กระบวนการไหลไปอย่างต่อเนื่องเพื่อลดการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานที่ทำหน้าการไหลของกระบวนการผลิตเดิม

ปรับปรุงงานมาตรฐาน (Standardized Work) ยังเป็นอีกปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การจัดการงานมาตรฐานช่วยลดความสูญเปล่าของเวลาจากขั้นตอนการจัดเตรียมเครื่องจักร(Set Up) ซึ่งสามารถทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจากการขจัดความสูญเปล่าจากเวลาที่สูญเสียไปจากการจัดเตรียมเครื่องจักร

สุดท้ายผลของการปรับปรุงด้วยการใช้ระบบดึง (Pull System) จากการนำระบบคัมบังกลับมาใช้งานช่วยให้ประสิทธิภาพในการจัดส่งเพิ่มยิ่งขึ้น ลดความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย (Lead Time) และการไหลของกระบวนการที่เพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงระยะเวลากำหนดการจัดส่งชิ้นงานไปยังกระบวนการถัดไป รวมทั้งการจัดการพื้นที่การจัดเก็บชิ้นงานระหว่างการผลิต (Work In Process-WIP) ให้มีการจัดเก็บในปริมาณเหมาะสมต่อความต้องการของกระบวนการถัดไป ช่วยให้ขจัดการผลิตที่เกินต่อความต้องการ เกิดความสมดุลภายในกระบวนการส่งผลให้การผลิตมีความต่อเนื่องยิ่งขึ้น

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการการประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System-TPS) นำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงาน GMK15 R100 ได้ช่วยลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในงานผลิต โดยการปรับปรุงเส้นทางขนส่งทำให้การขนส่งรวดเร็วขึ้นและลดจำนวนพนักงานที่ทำหน้าที่ได้ ผลลัพธ์เหล่านี้สร้างความสมดุลในกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน นอกจากนี้ การลดระยะเวลาการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักรยังทำให้กระบวนการผลิตมีความรวดเร็วมากขึ้น

การนำระบบดึงมาใช้ช่วยเพิ่มความต่อเนื่องในการผลิตและลดระยะเวลาในการรอคอยชิ้นงาน การปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บชิ้นงานทำให้เกิดความเป็นระเบียบและสะดวกสบายในการทำงาน โดยรวมแล้ว การปรับปรุงนี้สร้างสภาพแวดล้อมการผลิตที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลและองค์กรต่าง ๆ

ขอขอบคุณ บริษัท อาซาฮี-ไทย อีลลอย จำกัด ที่ให้โอกาสและสนับสนุนการดำเนินโครงการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการประยุกต์ใช้หลักการ Toyota Production System ในสายงานกลึงชิ้นส่วน โดยเฉพาะกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 รวมถึงให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้



ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำอันมีค่า รวมถึงการสนับสนุนทางวิชาการและด้านทรัพยากรต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานและผู้ร่วมดำเนินงานทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ผล การเขียนรายงาน รวมถึงการตรวจสอบเนื้อหา และความถูกต้องของข้อมูลในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ได้รับเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] จุฑาภรณ์ แก้วสุด การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีน กรณีศึกษา: โรงงานผลิตถุงมือยาง จ. สงขลา 2562
- [2] สุทธิชา จิตตานนท์ แนวทางในการรักษาสัดส่วนของภาวะผู้นำตลาดของ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด 2558
- [3] สุจิตรา บัวผัน การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์ 2563
- [4] นพาดิวล โพธิ์สละ แนวทางในการพัฒนาสมรรถนะของบุคลากรในสายการผลิตเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมกรณีศึกษา บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด 2560
- [5] ณัฐพงษ์ พงษ์นุช ความสนใจในแนวคิดแบบลีนและการเลือกใช้เครื่องมือลีนของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในประเทศไทย 2560
- [6] เอกวิทย์ เอี้ยงการ, เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง, พรพจน์ นุเสน และมานพ แก้วโมราเจริญ การปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างในก่อสร้าง โดยประยุกต์เทคนิคลีน 2565
- [7] ศศิณา ศรีวรานันท์ ทศนคติที่มีต่อองค์กร และ แคมเปญ “ลดเปลี่ยนโลก” กับโตโยต้า ที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการหา

ข้อมูล และการเข้าร่วมแคมเปญของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร 2563

- [8] กิตติ์รวิ วิเชียรประดิษฐ์ การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน กรณีศึกษา บริษัทผลิตไม้แปรรูป 2563
- [9] อภิชาติ วงศ์กัญ การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แนวคิดการผลิตแบบโตโยต้า โรงงานกรณีศึกษา สายการผลิตแกนพวงมาลัยรถยนต์ 2563
- [10] ศิรวินัย บัวครั้น การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ด้วยวิธีการจัดลำดับการผลิต ของการผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง 2564
- [11] ฐาปนันตร์ เขียวสังข์ การลดของเสียในกระบวนการผลิตการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก 2563
- [12] ณรงค์ ไกรษรศิริ การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการงานคลังวัสดุบรรจุ กรณีศึกษา บริษัทผลิตและจำหน่ายบรรจุภัณฑ์แก้ว 2564
- [13] อรรถพร อ่ำขวัญยืน การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดพลาสติกโดยใช้ทฤษฎีการผลิตแบบลีน 2557
- [14] วีรชัย มัฏฐารักษ์ และ วิมล จันนิวงศ์ การเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรกรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์ 2553
- [15] มาลัย เปาะจิ การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ในกระบวนการผลิตฝ้าหมอบุ้งข้าว 2559

การออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงาน กรณีศึกษาแผนกกลึงก๊อกน้ำ  
และบอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

Design of an Automated Conveyor System for Robotic Work Piece Feeding:  
A Case Study for Lathe Department of Water Faucet and Ball Valve  
Production at Asahi-Thai Alloy Co., Ltd

รัฐธรรมณู อุคำ<sup>1\*</sup>, ชินวัฒน์ บางแบ่ง<sup>1</sup>, สุวิทย์ แพงกันยา<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>, พิพัฒน์ ไยบัว<sup>2</sup>,  
อรณพ ปิยะสินต์ชาติ<sup>2</sup>, และ สมชาย ดอกไม้เงิน<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800, [rattatammanoon.u@rmutp.ac.th](mailto:rattatammanoon.u@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> แผนกกลึงก๊อกน้ำและบอลวาล์ว บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด  
เลขที่ 9/3 หมู่ 7 ซอยสุขสวัสดิ์ 78 ถนนสุขสวัสดิ์ ต.บางจาก อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ,

<sup>3</sup> สถาบันสหวิทยาการดิจิทัลและหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800,

#### บทคัดย่อ

งานมีวัตถุประสงค์มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงานเพื่อลดเวลาการทำงานของพนักงานและเพื่อให้การผลิตชิ้นงาน ABV 15 ในแผนกกลึงบอลวาล์วเป็นระบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น โดยดำเนินการศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตในแผนกกลึงบอลวาล์ว ได้แก่ ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน และขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตและออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงาน จากผลการดำเนินงาน พบว่าสายพานลำเลียงชิ้นงานแบบเดิมมีขนาดความกว้าง 0.49 m และความยาว 1.58 m โดยสายพานลำเลียงชิ้นงานทำงานร่วมกับระบบแขนกลอัตโนมัติและพนักงานต้องคอยเติมชิ้นงานบนสายพานทุกๆ 2.25 นาที ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานขึ้นมาใหม่ให้มีขนาดความกว้างที่มากกว่าสายพานแบบเดิม พบว่าสายพานลำเลียงชิ้นงานที่ออกแบบใหม่มีขนาดความกว้าง 0.87 m และความยาว 1.58 m ทำให้สามารถบรรจุชิ้นงานได้มากกว่าเดิม 17 ชิ้น จากเดิมบรรจุชิ้นงานได้เพียง 31 ชิ้น เป็น 48 ชิ้น และแขนกลจะใช้เวลาจับชิ้นงานมากขึ้น ทำให้พนักงานต้องเติมงานในทุกๆ 9.00 นาที ทำให้พนักงานมีเวลามากขึ้นและพนักงานสามารถไปทำงานในส่วนอื่นได้อีกด้วย

**คำสำคัญ:** การออกแบบ; ระบบลำเลียงชิ้นงาน; อัตโนมัติ; หุ่นยนต์ป้อนชิ้นงาน; บอลวาล์ว

#### Abstract

The objective of this work is to design an automated workpiece conveying system for a robot to reduce employee workload and increase automation in the production of ABV 15 workpieces in the ball valve turning department. The study involved collecting data on the production process, including the work steps

performed by both employees and machines. This data was then analyzed to identify opportunities for improvement and to design the new workpiece conveying system. The original conveyor system measured 0.49 m in width and 1.58 m in length, and it operated in conjunction with an automated robotic arm. Employees were required to load workpieces onto the conveyor every 2.25 minutes. The newly designed system was made wider, with dimensions of 0.87 m by 1.58 m, allowing it to hold 17 more workpieces—expanding the capacity from 31 to 48 workpieces. As a result, the robotic arm operated for longer periods without needing additional workpieces, and employees only needed to load new workpieces every 9 minutes. This provided more time for employees to focus on other tasks, reducing manual workload and enhancing overall production efficiency.

**Key words:** Design; Work piece Conveying System; Automatic; Work piece Feeding Robot; Ball Valve

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการผลิตชิ้นงาน ABV15-20 ในแผนกกลึงก๊อกรน้ำและบอลวาล์วมีแขนกลและสายพานที่ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติแต่ยังต้องใช้พนักงานในการหยิบชิ้นงานจากลังและนำชิ้นงานไปวางที่สายพาน ซึ่งในส่วนนี้สามารถนำระบบอัตโนมัติเข้ามาทำงานแทนพนักงานได้เพื่อให้พนักงานในส่วนนี้ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติอย่างสมบูรณ์และสามารถนำพนักงานไปทำงานในส่วนอื่นๆ เนื่องจากภายในแผนกกลึงก๊อกรน้ำและบอลวาล์วต้องใช้พนักงานหยิบชิ้นงานขึ้นมาเรียงใส่บนสายพานลำเลียงซึ่งอาจทำให้เกิดความอันตรายแก่พนักงานได้ เช่น ชิ้นงานหล่นใส่พนักงานและทางโรงงานมีนโยบายต้องการให้การทำงานเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนพนักงานในส่วนนี้ให้ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติเพื่อลดภาระของพนักงาน ลดอันตรายที่จะเกิดกับตัวพนักงาน ลดขั้นตอนการทำงาน [1] และยิ่งช่วยให้การทำงานง่าย สะดวก ปลอดภัยและช่วยควบคุมการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยวิธีแก้ไขนั้นจะทำการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาทำงานแทนพนักงานในการหยิบชิ้นงานและเรียงชิ้นงานใส่สายพานซึ่งวิธีที่จะทำนั้นจะทำการสร้างสายพานขึ้นมาใหม่เพื่อบรรจุชิ้นงานได้มากขึ้นและสร้างบล็อกขึ้นมาเพื่อสำหรับใส่ชิ้นงานและยกใส่สายพานได้เลยโดยไม่ต้องย่นใส่ทีละตัวจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่ามีหลายงานวิจัยที่มีการออกแบบสร้างระบบสายพานลำเลียงในงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม และคณะ [2] ออกแบบและสร้างชุดฝึกเครื่องคัดแยกวัสดุอัตโนมัติใน

สายพานลำเลียงควบคุมด้วยระบบพีแอลซี และปฐมพงศ์ พรหมมาบุญ และคณะ [3] ออกแบบและสร้างระบบสายพานลำเลียง นอกจากนี้ ญัฐวิรัช สุขสง และคณะ [4] ยังได้ออกแบบการควบคุมเซอร์โวนิวเมติกส์ด้วยระบบพีแอลซี (PLC) โดยระบบ PLC ที่ออกแบบมีประสิทธิภาพ 90.00/82.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ โดยจะเห็นได้ว่างานวิจัยทั้งหมดที่มีการออกแบบและสร้างระบบสายพานลำเลียงช่วยทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น กระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น ลดเวลา และลดจำนวนแรงงานลงได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงานจึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงานในแผนกกลึงก๊อกรน้ำและบอลวาล์วเพื่อทดแทนระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานแบบเดิมซึ่งสามารถลำเลียงใช้งานได้น้อยและมีประสิทธิภาพไม่ดี และยังเป็นการพัฒนาแผนกกลึงบอลวาล์วให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เนื่องจากไม่ใช่แรงงานคนในการหยิบป้อนชิ้นงานซึ่งอาจมีความเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ในระหว่างการทำงาน และมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำแนวคิดนี้ไปต่อยอดในแผนกต่างๆ ภายในบริษัทได้อีกด้วย

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 สํารวจพื้นที่ในแผนกกลึงบอลวาล์ว

ดำเนินการโดยการสำรวจพื้นที่ในแผนกกลึงบอลวาล์วเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตเครื่องกลึงบอลวาล์ว

1478 โดยพบว่าการผลิตชิ้นงาน ABV 15-20 มีขั้นตอนการทำงานโดยให้พนักงานหยิบชิ้นงานไปวางเรียงบนสายพาน จากนั้นให้แขนกลจับชิ้นงานที่อยู่บนสายพานไปใส่ในเครื่องกลึง เมื่อกลึงชิ้นงานเสร็จแขนกลจะจับชิ้นงานที่อยู่ในเครื่องกลึงไปวางใส่เครื่องเจาะหูชิ้นงาน จากการทำไปสำรวจพบว่าในกระบวนการผลิต พนักงานจะมีเวลาว่างที่รอใส่ชิ้นงานอยู่ ซึ่งในส่วนนี้เราสามารถนำพนักงานไปทำในส่วนอื่นได้ โดยเราจะดูว่าในสายพานสามารถบรรจุชิ้นงานได้กี่ชิ้น และแขนกลใช้เวลาในการจับชิ้นงานจนหมดสายพานใช้เวลาเท่าไร เพื่อที่จะดูว่าเวลาว่างของพนักงานที่ต้องเติมชิ้นงานใส่สายพานต้องเติมในทุกๆกี่นาที จากที่ไปสำรวจมานั้น มีดังนี้

สายพานลำเลียงในปัจจุบันสามารถบรรจุชิ้นงานได้จำนวน 31 ชิ้น แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงานใช้เวลา 16.89 วินาที/ชิ้น ดังนั้นชิ้นงาน จำนวน 31 ชิ้น ใช้เวลา 523.89 วินาที หรือ 8.73 นาทีพนักงานต้องเติมชิ้นงานเมื่อแขนกลจับชิ้นงานออกไปแล้วประมาณ 8 ชิ้น ใช้เวลา 135.12 วินาที หรือ 2.25 นาที ดังนั้น พนักงานต้องเติมชิ้นงานทุกๆ 2.25 นาที สายพานลำเลียงชิ้นงานที่ออกแบบใหม่สามารถบรรจุได้จำนวน 3 ลัง โดย 1 ลัง บรรจุชิ้นงานได้ 16 ชิ้น 1 ลังมี 16 ชิ้น 1 ชิ้น ใช้เวลา 16.89 วินาที ดังนั้นชิ้นงาน จำนวน 16 ชิ้น จึงใช้เวลา 270.24 วินาที หรือ 4.50 นาที ชิ้นงาน จำนวน 3 ลัง มี 48 ชิ้น ใช้เวลา  $16.89 \times 48 = 810.72$  วินาที หรือ 13.52 นาที ดังนั้นแขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงาน จำนวน 3 ลัง ใช้เวลา 13.52 นาที คณะผู้วิจัยจะกำหนดให้พนักงานเติมงานเมื่อแขนกลจับชิ้นงานหมดไปแล้ว 2 ลัง โดย 2 ลัง มีชิ้นงาน 32 ชิ้น ใช้เวลา  $16.89 \times 32$  วินาที = 540.48 วินาที หรือ 9.00 นาที ดังนั้น พนักงานต้องเติมงานทุกๆ 9.00 นาที



ภาพที่ 1 การสำรวจพื้นที่แผนกกลึงบอลลาวัล

## 2.2 การออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงาน

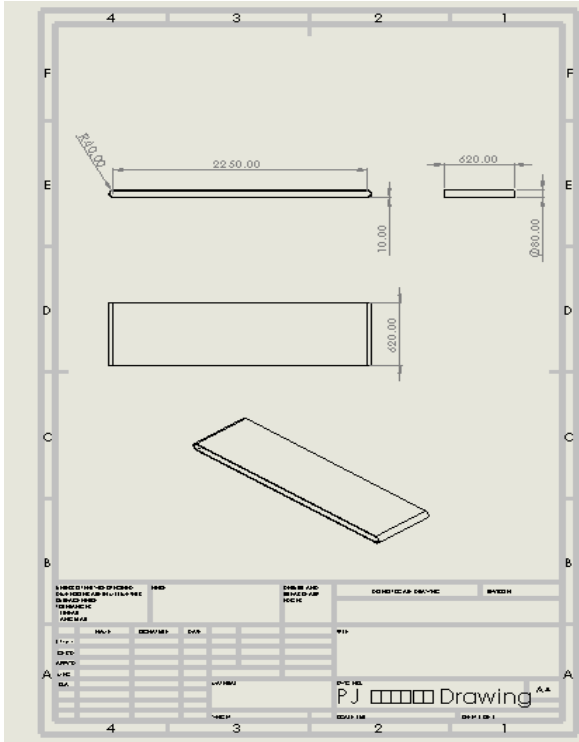
ในการออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานในงานวิจัยนี้ ดำเนินการโดยการวัดหาขนาดของสายพานของเครื่องกลึงบอลลาวัลหมายเลข 1478 จำนวน 1 เครื่อง ให้มีขนาดความกว้างมากขึ้นเพื่อที่จะลำเลียงชิ้นงานได้มากขึ้น โดยจากเดิมสายพานลำเลียงมีขนาดความกว้าง 0.49 cm จากนั้นได้ขยายความกว้างของสายพาน เป็น 0.80 cm ดังแสดงในภาพที่ 2 หลังจากนั้นจึงนำขนาดของสายพานนี้ได้มาเขียนแบบโดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS



ภาพที่ 2 วัดขนาดความกว้างของสายพาน

### 2.2.1 การออกแบบขนาด สายพาน

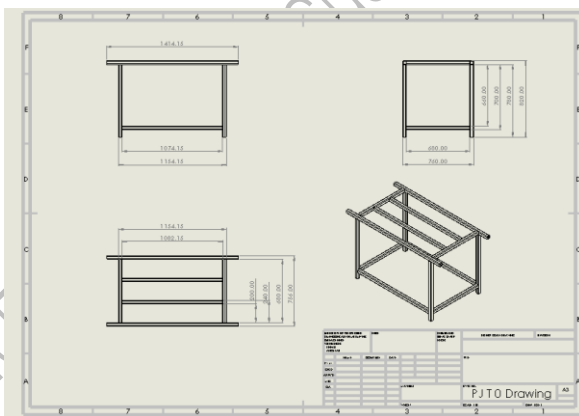
หลังจากได้ขนาดสายพานลำเลียงตามที่ต้องการแล้วจึงนำมาแยกส่วนต่างๆที่ต้องใช้อะไรบ้างโดยเริ่มแรกจะทำการออกแบบในส่วนของสายพาน ก่อนจากนั้นจึงนำมาเขียนในโปรแกรม SOLIDWORKS โดยการออกแบบในส่วนของสายพาน มีขนาดความกว้าง 0.67 m ความยาว 3.12 m ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แบบชิ้นส่วน สายพาน

### 2.2.2 การออกแบบหาขนาดของโครงฐานสายพาน

การออกแบบหาขนาดของโครงฐานในส่วนของชิ้นส่วนฐานรองสายพาน ได้จากการวัดขนาดสายพานที่จะติดตั้งเครื่องกลึงบอลลาต์โดยมีขนาดของสายพานมีความกว้างประมาณ 62 cm ความยาว 141.41 cm และความสูง 82 cm ดังแสดงในภาพที่ 4

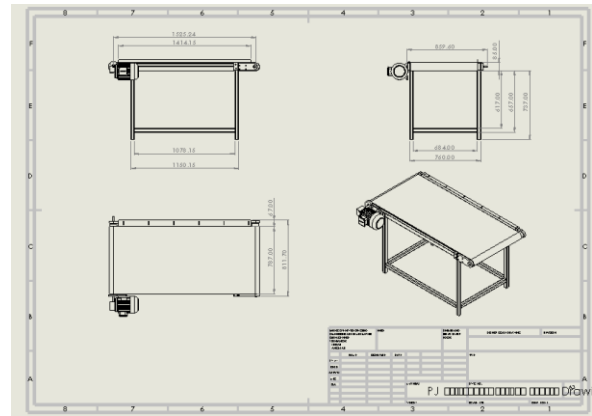


ภาพที่ 4 แบบชิ้นส่วนโครงฐานสายพาน

### 2.2.3 การออกแบบประกอบของชิ้นส่วนสายพาน

แบบประกอบของสายพานที่เสร็จแล้วมีขนาดความกว้าง

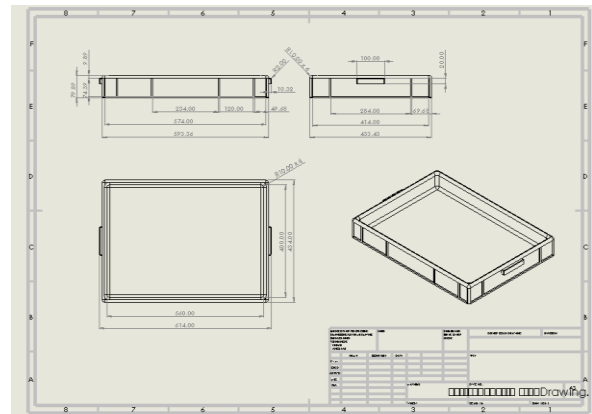
87.87 cm ความยาว 152.52 cm และความสูง 82.20 cm ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบชิ้นส่วนสายพาน

### 2.2.4 การออกแบบกระบะสำหรับใส่ชิ้นงาน

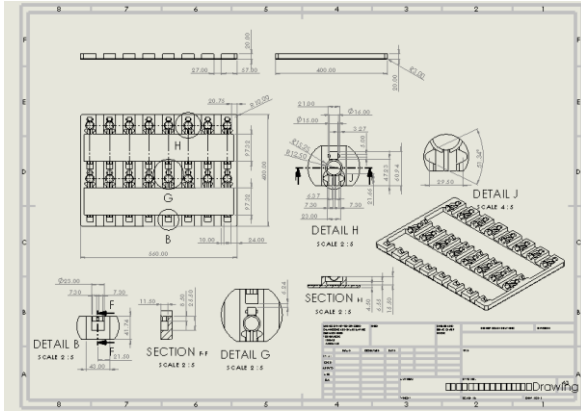
การออกแบบหาขนาดของกระบะสำหรับใส่ชิ้นงานได้จากการวัดขนาดมีขนาดความกว้าง 43.34 cm ความยาว 60 cm และความสูง 8 cm ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แบบชิ้นส่วนสายพาน

### 2.2.5 การออกแบบแผ่นบล็อกสำหรับใส่ชิ้นงาน

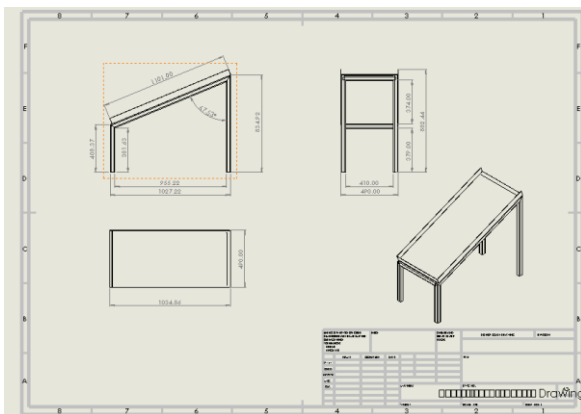
การออกแบบหาขนาดของแผ่นบล็อกสำหรับใส่ชิ้นงานมีความกว้าง 40 cm ความยาว 56 cm และความหนา 2 cm ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แบบแผนบล็อกสำหรับวางชิ้นงาน

### 2.2.6 การออกแบบกระบะสำหรับรองล้างชิ้นงาน

การออกแบบหาขนาดของโครงฐานการออกแบบหาขนาดสายพานในส่วนของชิ้นส่วนสายพานได้จากการวัดขนาดสายพานที่จะติดตั้งเครื่องกลึงบอลลาต์โดยมีขนาดของสายพานมีความกว้างประมาณ 49 cm ความยาว 103.12 cm และความสูง 83.5 cm ดังแสดงในภาพที่ 8



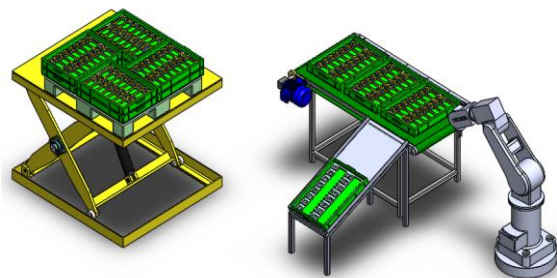
ภาพที่ 8 แบบกระบะรองล้างเปล่า

## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 3.1 แบบระบบสายพานลำเลียง

จากการออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงานในแผนกกลึงก้อน้ำและบอลลาต์พบว่าระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงานมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้ 1) สายพานมีขนาดความกว้าง 0.67 m และความยาว 3.12 m 2) โครงสร้างรองรับสายพานมีขนาดความกว้าง 6.2 m ความยาว 1.41 m

และความสูง 0.82 m นอกจากนี้ยังมีการออกแบบในส่วนของลิ้งใส่ชิ้นงาน บล็อกใส่ชิ้นงาน และกระบะรองรับลิ้งชิ้นงาน โดยมีขนาดดังนี้ 1) ลิ้งใส่ชิ้นงานขนาดความกว้าง 0.43 m ความยาว 0.6 m และความสูง 0.08 m 2) บล็อกใส่ชิ้นงานขนาดความกว้าง 0.4 m ความยาว 5.6 m และความหนา 0.02 m 3) กระบะรองรับลิ้งชิ้นงานมีขนาดความกว้างประมาณ 4.9 m ความยาว 1.03 m และความสูง 0.83 m โดยจากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานในปัจจุบัน พบว่ามีขนาดความกว้าง 0.49 m และความยาว 1.58 m สามารถบรรจุชิ้นงานได้เพียง 31 ชิ้น แขนกลใช้เวลาในการจับชิ้นงานออกจากสายพานจนหมดใช้เวลา 8.72 นาที และมีพนักงานคอยเติมชิ้นงานทุกๆ 2.25 นาที อย่างไรก็ตามสำหรับการออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานใหม่นี้มีขนาดความกว้าง 0.87 m และความยาว 1.52 m จากการวิเคราะห์ผล พบว่าสามารถบรรจุได้จำนวน 3 ลิ้ง มีชิ้นงานรวมกันทั้งหมด 48 ชิ้น แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงาน จำนวน 3 ลิ้ง โดยใช้เวลา 13.52 นาที โดยจะกำหนดให้พนักงานเติมงานเมื่อแขนกลจับชิ้นงานหมดไปแล้ว 2 ลิ้ง โดย 2 ลิ้ง ใช้เวลา 9.00 นาที ดังนั้นระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานใหม่นี้จะสามารถบรรจุชิ้นงานได้มากกว่าเดิม 17 ชิ้น จาก 31 ชิ้น เป็น 48 ชิ้น จากเดิมที่พนักงานต้องเติมชิ้นงานทุกๆ 2.25 นาที เปลี่ยนเป็นเติมทุกๆ 9.00 นาที ซึ่งจะทำให้พนักงานมีเวลาไปทำงานส่วนอื่นได้ และทำให้สามารถลดเวลาสูญเสียเปล่าได้ [5] อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นเพียงการออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานเท่านั้น ยังไม่มีการนำผลของการออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานไปสร้างและใช้งานจริง ซึ่งคาดว่าจะนำไปใช้ในการสร้างและใช้งานจริงในอนาคต



ภาพที่ 6 ระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานเครื่องกลึงบอลลาต์

#### 4. สรุปผล

งานวิจัยนี้ออกแบบระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องกลึงบอลวาล์วเพื่อลดเวลาการทำงานของพนักงาน และเพื่อให้การผลิตชิ้นงาน ABV 15-20 ในแผนกลึงบอลวาล์วเป็นระบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น โดยสายพานลำเลียงชิ้นงานที่ออกแบบมีขนาดความกว้าง 0.87 m และความยาว 1.52 m สามารถบรรจุชิ้นงานได้ จำนวน 3 ลัง โดยชิ้นงานรวมกันทั้งหมด 48 ชิ้น แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงาน จำนวน 3 ลัง ใช้เวลา 13.52 นาที และกำหนดให้พนักงานเติมงานเมื่อแขนกลจับชิ้นงานหมดไปแล้ว 2 ลัง โดย 2 ลัง ใช้เวลา 9.00 นาที ซึ่งจากเดิมระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานมีขนาดความกว้าง 0.49 m และความยาว 1.58 m สามารถบรรจุชิ้นงานได้เพียง 31 ชิ้น และแขนกลหยิบจับชิ้นงานจนหมดสายพานใช้เวลา 8.73 นาที และพนักงานต้องเติมชิ้นงานทุกๆ 2.25 นาที

ดังนั้นระบบสายพานที่ออกแบบใหม่จะสามารถบรรจุชิ้นงานได้มากกว่าเดิม 17 ชิ้น จาก 31 ชิ้น เป็น 48 ชิ้น จากเดิมที่พนักงานต้องเติมชิ้นงานทุกๆ 2.25 นาที เปลี่ยนเป็นเติมทุกๆ 9.00 นาที ทำให้พนักงานมีเวลารว่างมากขึ้น 6.75 นาที ที่จะสามารถไปทำอย่างอื่นได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำแนวคิดในการออกแบบนี้ไปพัฒนาในแผนกอื่นๆ ที่ต้องการได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นเพียงการออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานเท่านั้นยังไม่ได้นำไปสร้างและใช้งานจริง ซึ่งคาดว่าจะนำการออกแบบระบบสายพานลำเลียงชิ้นงานไปใช้ในอนาคต

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

#### 6. เอกสารอ้างอิง

[1] จุฑามาศ พรหมมนตรี และวารารณณ์ สุขแสนชนานันท์, การประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกม่าร่วมกับระบบ Toyota Production System ในการปรับปรุงกระบวนการ

ทำงานของแผนกตัวถังและสีบริษัทโตโยต้า สงขลา จำกัด, วารสารสุทธิปริทัศน์, ปีที่ 29 ฉบับที่ 92 ตุลาคม - ธันวาคม, 2558.

[2] ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม, ญัฐพงศ์ บุหงา, วีระชัย บุญเพิ่ม และ สมอง ดีสม, เครื่องคัดแยกวัสดุอัตโนมัติในสายพานลำเลียงควบคุมด้วยระบบพีแอลซี, วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2564.

[3] ปฐมพงศ์ พรหมมาบุญ, เอกรัฐ อินต๊ะวงศา, ปัญญา พลรักษ์, ประสงค์ หน่อแก้ว, นิวัติ กิจไพศาลสกุล, และสมพร ตีบซัด, การออกแบบและสร้างระบบสายพานลำเลียง (กรณีศึกษา : บริษัท ซีพีเอฟ เทรดดิ้ง จำกัด สาขา ลำปาง), วารสารวิชาการวิทยาสารบูรณาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมประยุกต์, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2559.

[4] ญัฐวิช สุขสง, สุรินทร์ โกศลสมบัติ, สมนึก ดำน่วย, อนุชิต สิงห์จันทร์ และชาญชัย แสงโพธิ์, การหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การควบคุมเซอร์โวอินเวมติกส์ด้วย PLC, วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร, ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2562.

[5] ปฐมพงษ์ หอมศรี, อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และปรณัฐ วิสุวรรณ, การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า กรณีศึกษา โรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มิ.ย., 2555.

# การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการระบบการผลิตแบบโตโยต้า ในสายงานฉีดแรงดันต่ำ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มิเตอร์น้ำ รุ่น GMK 15

## Improving Production Efficiency by Implementing Toyota Production System Principles in Low-Pressure Injection Molding Lines: A Case Study of the GMK 15 Water Meter

วีระศักดิ์ ลาโง้น<sup>1\*</sup>, สิริภพ พุ่มจันทร์<sup>1</sup>, พลเทพ พันธุ์ธนากุล<sup>2</sup>, อรรถนพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>,  
สหรัตน์ วงษ์ศรีชนะ<sup>1</sup>, เขาวนวัศ อรรถานินทร์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[weerasuk-l@rmutp.ac.th](mailto:weerasuk-l@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซังเรือ่ง ลัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

[dr.annop.p@gmail.com](mailto:dr.annop.p@gmail.com)

### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตฉีดแรงดันต่ำของผลิตภัณฑ์มิเตอร์น้ำ รุ่น GMK 15 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System - TPS) อย่างรอบคอบ และมีประสิทธิภาพ เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสายการผลิต การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ซึ่งแต่ละขั้นตอนถูกออกแบบมาให้สอดคล้องและส่งเสริมกันในการเพิ่มประสิทธิภาพ ได้แก่ 1) การควบคุมสถานที่ทำงาน (Worksite Control) โดยเน้นการปรับปรุงใน 7 ด้านสำคัญ ได้แก่ การจัดระเบียบ (2S), ความปลอดภัย, คุณภาพของผลิตภัณฑ์, การควบคุมเครื่องจักร, การบริหารการผลิต, การควบคุมการส่งมอบ และการจัดการพนักงานที่มีทักษะหลากหลาย 2) การควบคุมกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Control) โดยผลการปรับปรุงสามารถลดพื้นที่จัดเก็บที่รกรุงรังได้ถึง 40% ลดระยะทางในการขนย้าย 37.6% และลดระยะเวลาขนส่งลง 21.1% 3) การทำงานมาตรฐาน (Standardized Work) ซึ่งมุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยลดจำนวนพนักงานประจำเครื่องจาก 4 คน เหลือ 3 คน คิดเป็นการลดลง 25% ในจำนวนชั่วโมงทำงาน 4) การปรับปรุงระบบดึง (Pull System) ซึ่งเน้นการลดปริมาณพาเลทที่ขนส่งจาก 12 พาเลทในระยะเวลา 2 สัปดาห์ เหลือเฉลี่ย 6 พาเลทต่อสัปดาห์ คิดเป็นการลดลง 66% ส่งผลให้พื้นที่จัดเก็บลดลงถึง 45% และลดเวลาการจัดส่งลงครึ่งหนึ่งจาก 12 วัน เหลือ 6 วัน ผลลัพธ์จากการปรับปรุงทุกมิติไม่เพียงช่วยลดการใช้ทรัพยากรและพื้นที่จัดเก็บ แต่ยังส่งเสริมความคล่องตัวในกระบวนการผลิต และสอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว

**คำสำคัญ (Keywords):** ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS), การควบคุมสถานที่ทำงาน, การไหลต่อเนื่อง, งานมาตรฐาน, ระบบดึง



## Abstract

This research project aims to enhance the efficiency of the low-pressure injection molding process for GMK 15 water meters by meticulously applying the principles of the Toyota Production System (TPS) to analyze and resolve existing issues within the production line. The project is divided into four main stages, each designed to complement and reinforce one another in improving overall production efficiency. These stages include: 1) Worksite Control, focusing on improvements in seven key areas: 2S (Sorting and Setting in order), Safety, Product Quality, Equipment Control, Production Management, Delivery Control, and Multiskilling Workforce Management. 2) Continuous Flow Control, where the improvements resulted in a 40% reduction in the storage area for discarded sand, a 37.6% decrease in transportation distance, and a 21.1% reduction in transport time. 3) Standardized Work, where the number of machine operators was reduced from 4 to 3, representing a 25% reduction in labor hours. 4) Pull System, which focused on reducing pallet transportation from 12 pallets over two weeks to an average of 6 pallets per week, resulting in a 66% reduction. This also led to a 45% decrease in storage space and a 50% reduction in delivery time, from 12 days to just 6 days. The results from these comprehensive improvements not only reduce resource usage and storage space but also significantly increase production flexibility, aligning with sustainable and efficient long-term operations.

**Keywords:** Toyota Production System (TPS), Worksite Control, Continuous Flow, Standardized Work, Pull System

## 1. บทนำ (Introduction)

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) ได้กลายเป็นกรอบวิธีคิดเชิงกลยุทธ์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรมทั่วโลก โดยเฉพาะในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และลดความสูญเสียที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิต TPS นั้นมีหลักการสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ Just-in-Time (JIT) ซึ่งเน้นการผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็วและทันเวลา โดยลดการเก็บสต็อกที่ไม่จำเป็น และ Jidoka หรือการหยุดสายการผลิตอัตโนมัติเมื่อพบความผิดปกติ เพื่อป้องกันข้อบกพร่องตั้งแต่ต้นทาง นอกจากนี้ TPS ยังมีเครื่องมือสำคัญเช่น Kaizen ซึ่งมุ่งเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง Kanban ซึ่งเป็นระบบการจัดการสินค้าคงคลังแบบดึง (Pull System) และ Heijunka หรือการปรับสมดุลการผลิตเพื่อรักษาความเสถียรของกระบวนการ อีกทั้งการจัดทำมาตรฐานงาน (Standardized Work) ยังเป็นหัวใจสำคัญในการรักษาความสม่ำเสมอและคุณภาพในกระบวนการผลิต [1]

จากการนำ TPS มาใช้ในองค์กร ผู้ผลิตสามารถลดความสูญเสียเปล่าหลายรูปแบบ เช่น การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น การรอคอย วัสดุที่เกินความต้องการ และสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น ส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ TPS ถูกนำมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภททั่วโลก นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 ที่คุณอุดม จินดาสุขได้ก่อตั้งโรงงานซูบโครเมียมแห่งแรกขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของความสำเร็จในการขยายธุรกิจ ทั้งในแง่ของการเป็นผู้นำเข้ามาตรวัดน้ำแบรนด์ "อาซาฮี" (ASAHI) จากประเทศญี่ปุ่น ไปจนถึงการเป็นผู้แทนจำหน่ายและผู้รับเหมาให้กับการประปานครหลวง การเติบโตขององค์กรนี้ไม่เพียงสะท้อนถึงความสามารถในการปรับตัวให้สอดคล้องกับแนวโน้มของตลาด แต่ยังแสดงถึงการมุ่งเน้นนำเทคโนโลยีและแนวคิดการจัดการสมัยใหม่เข้ามาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสายการผลิตอย่างต่อเนื่อง

งานโครงการหลายชิ้นได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการนำ TPS มาปรับใช้ในกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของวัชรชัย บุญรักษา [1] แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ TPS ในสายการผลิต Nozzle Defroster ส่งผล

ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยสามารถเพิ่มจำนวนชิ้นต่อคนต่อชั่วโมงได้ถึง 23 ชิ้น เพิ่มขึ้นจากเดิมถึงร้อยละ 28 อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนได้มากถึง 374,400 บาทต่อปี ขณะเดียวกันงานวิจัยของอภิชาติ วงศ์กัญ [2] ซึ่งได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพในสายการประกอบแกนพวงมาลัยรถยนต์ พบว่า TPS มีบทบาทสำคัญในการลดความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวของพนักงาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจาก 86.95% เป็น 97.48% ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยของเบญจมาศ ด่านระงับ [3] พบว่า การปรับสมดุลในสายการผลิตโดยใช้ TPS ทำให้สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานได้ถึง 600,000 บาทต่อปี นอกจากนี้ งานวิจัยของศิริศักดิ์ นิลทัย [4] ยังได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการนำ TPS มาประยุกต์ใช้ในการผลิตตัวลวดดี ซึ่งช่วยลดเวลาการปฏิบัติงานต่อรอบได้ถึง 24.4% และเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานจาก 64.7% เป็น 91.4% ข้อค้นพบเหล่านี้ยืนยันได้ว่าการใช้ TPS ในภาคอุตสาหกรรมสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

ความโดดเด่นของโครงการนี้อยู่ที่การนำระบบ TPS มาประยุกต์ใช้ในสายการผลิตฉีดแรงดันต่ำ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและยังไม่ได้ได้รับการศึกษาอย่างครอบคลุมในงานวิจัยที่ผ่านมา โดยเฉพาะในบริบทของการผลิตมาตรวัดน้ำภายใต้แบรนด์ ASAHI ในประเทศไทย โครงการนี้จะเน้นการปรับปรุงทั้งด้านเครื่องจักร ผลิตภัณฑ์ และการจัดการทรัพยากรอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้การวิจัยจะมุ่งหวังที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในทุกๆ มิติของกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุน ลดความสูญเสีย และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับองค์กรในระยะยาวและทำให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. วิธีการทำโครงการ (Project methodology)

โครงการมุ่งเน้นการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตมีเตอร์น้ำรุ่น GMK 15 R100 โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในสายการผลิตฉีดแรงดันต่ำ (Low Pressure Injection Molding) เพื่อค้นหาจุดที่สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานที่มีอยู่และการแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อย เพื่อศึกษา

## กระบวนการผลิตอย่างละเอียดในทุกขั้นตอน



ภาพที่ 1 แผนผังการดำเนินโครงการ

## 2.1 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์กระบวนการผลิต

ในโครงการนี้ ผู้ทำได้เก็บข้อมูลกระบวนการผลิตทั้งหมดของมิเตอร์น้ำรุ่น GMK 15 R100 ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายในสายการผลิตฉีดแรงดันต่ำ โดยมีการบันทึกขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เพื่อให้สามารถระบุปัญหาและจุดที่ต้องปรับปรุงได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลนี้ยังมุ่งเน้นที่การระบุปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่า รวมถึงส่วนที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยให้สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.2 การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า

ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ผู้ทำโครงการได้นำระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

## 2.2.1 การควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Worksite Control)

การควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่การทำงานนี้ประกอบด้วย 7 หัวข้อหลัก ได้แก่ ความปลอดภัย (Safety), การควบคุมอุปกรณ์ (Equipment Control), การควบคุมการผลิต (Production Control), การควบคุมกำลังคน (Manpower Control), ระบบ 2ส (สะอาด และสะดวก), การควบคุมการส่งมอบสินค้า (Delivery Control), และการควบคุมคุณภาพ (Quality) การควบคุมนี้มุ่งเน้นที่การลด

ความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละส่วน

## 2.2.2 การสร้างกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow)

การสร้างกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่องในสายการผลิต เน้นการลดการสะสมของสต็อกระหว่างกระบวนการ (Stock in Process) เพื่อเพิ่มความคล่องตัวในสายการผลิต และลดเวลาการรอคอยระหว่างขั้นตอน เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

## 2.2.3 การจัดทำมาตรฐานงาน (Standardized Work)

การสร้างมาตรฐานงานเพื่อให้พนักงานทุกคนสามารถทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยการวัดค่าเวลาทำงานต่อชิ้น (Man Hour) เป็นเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน มาตรฐานนี้ช่วยลดความผันผวนในการทำงานและทำให้กระบวนการผลิตมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

## 2.2.4 การใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System)

ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) มุ่งเน้นที่การผลิตตามความต้องการจริงของลูกค้า เพื่อลดการผลิตสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น และเพิ่มความคล่องตัวในการจัดการทรัพยากร การผลิตจะดำเนินการไปตามการสั่งซื้อจริง ซึ่งช่วยลดการสะสมสินค้าคงคลังและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร

## 2.3 การวิเคราะห์ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต

หลังจากการนำแนวคิดและเครื่องมือจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) มาใช้ในสายการผลิต ผู้ทำโครงการจะทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุง ทั้งในด้านประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพผลิตภัณฑ์ ต้นทุน และเวลาที่ใช้ในกระบวนการ ผลการวิเคราะห์นี้จะเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของการปรับปรุง และระบุจุดที่ยังต้องการการพัฒนาต่อไป เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างยั่งยืน

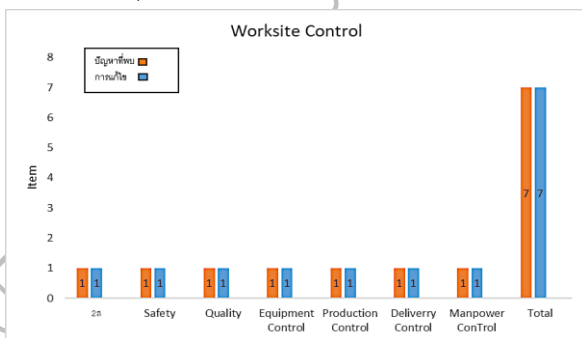
## 3. ผลการทำโครงการ (Results)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงการได้ประยุกต์ใช้แนวคิดจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของบริษัท Asahi Thai Alloy Co., Ltd. โดยมุ่งเน้นการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นใน

กระบวนการผลิต การจัดการพื้นที่ทำงาน และการเพิ่มมาตรฐานด้านความปลอดภัย รวมถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงตามแนวคิดของ TPS สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งในด้านการลด Stock in Process การลดจำนวนพนักงาน และการลดเวลาในการจัดส่งสินค้า (Lead Time) ซึ่งทำให้กระบวนการผลิตโดยรวมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น

### 3.1 ผลการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Worksite Control)

จากการดำเนินการปรับปรุงตามแนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System - TPS) การควบคุมพื้นที่ทำงาน (Worksite Control) เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ได้รับการปรับปรุงอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นการจัดระเบียบพื้นที่ทำงาน การจัดการความปลอดภัย การควบคุมอุปกรณ์ และการจัดเก็บข้อมูลการผลิตอย่างเป็นระบบ ในการตรวจสอบตามหัวข้อหลักทั้ง 7 หัวข้อ พบว่ามีข้อบกพร่องที่ต้องทำการแก้ไขจำนวน 7 ข้อ ซึ่งได้รับการแก้ไขและปรับปรุงตามความเหมาะสม ผลการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความปลอดภัย ความเป็นระเบียบ และความสะดวกในการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ภาพที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขในแต่ละด้านของการควบคุมพื้นที่ทำงาน



ภาพที่ 2 ผลการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานทั้ง 7 หัวข้อหลัก

### 3.2 ผลการปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow)

การปรับปรุงกระบวนการผลิตดังตารางที่ 1 ทำให้ระยะทางในการขนย้ายวัตถุดิบลดลงจาก 4.25 เมตร เหลือ 2.65 เมตร หรือคิดเป็น 37.6% การลดระยะทางนี้ช่วยเพิ่มความคล่องตัวในกระบวนการผลิต ลดเวลาที่สูญเสียไปกับการขนย้าย และทำให้การผลิตต่อเนื่องมากขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้การใช้พื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบลดลงจาก 4.17 ตารางเมตร เหลือ 3.12 ตารางเมตร คิดเป็น 25.2% ซึ่งช่วยลดความหนาแน่นของพื้นที่จัดเก็บ ลดภาระในการบริหารจัดการทรัพยากรที่ไม่จำเป็น นอกจากนี้ การลดปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ (Stock in Process) จาก 5 พาเลท เหลือเพียง 3 พาเลท คิดเป็นการลดลงถึง 40% ส่งผลโดยตรงต่อการลดความสูญเปล่าภายในกระบวนการผลิต ซึ่งช่วยสร้างสมดุลให้กับกระบวนการและทำให้การผลิตเกิดความต่อเนื่องมากขึ้นดังภาพที่ 3 ซึ่งภาพนี้แสดงถึงปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขปัญหาการไหลอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงเหล่านี้สอดคล้องกับงานวิจัยของอภิชาติ วงศ์ภู [2] ซึ่งพบว่า การลดความสูญเสียดังกล่าวจากการเคลื่อนไหวของพนักงาน และการปรับปรุงทรัพยากรในกระบวนการผลิต ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตถึง 12.11%

เดิม	การแก้ไขปรับปรุง
<b>ปัญหา</b> พื้นที่ในการจัดเก็บของหลายถึง 5 Pallet ใช้พื้นที่มากจนเกินไปและใช้พื้นที่ไปถึง 4.17 ตร.ม	<b>การแก้ไขปรับปรุง</b> จากเดิม 5 Pallet ให้เหลือ 3 Pallet สามารถซ้อนกันได้ไม่สิ้น 2 Pallet ทำให้ระยะทางขนย้ายสั้นลง

ภาพที่ 3 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขการไหลอย่างต่อเนื่อง

### ตารางที่ 1 ผลการปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	ลดระยะทาง (เมตร)	4.25	2.65	1.6	37.6
2	ลดพื้นที่ (ตารางเมตร)	4.17	3.12	1.05	25.2
3	ปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ (พาเลท)	5	3	2	40

### 3.3 ผลการปรับปรุงมาตรฐานงาน (Standardized Work)

การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการใช้แนวคิดการทำงานมาตรฐานในสายการผลิตชิ้นงาน GMK 15 ดังตารางที่ 2 ทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานจาก 4 คน เหลือ 3 คน หรือคิดเป็นการลดลง 25% ผลการปรับปรุงนี้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ โดยการจัดการงานที่มีมาตรฐานช่วยให้การผลิตดำเนินไปอย่างราบรื่นและคล่องตัวขึ้น พร้อมทั้งลดต้นทุนในการผลิตได้อย่างชัดเจนดังภาพที่ 4 ซึ่งภาพนี้แสดงถึงปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขมาตรฐานงาน การปรับปรุงดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของวิไลณัฐ ภัคพรหมินทร์ และสมชาย อยู่คุ้ม [5] ที่พบว่า การนำระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) และการปรับปรุงงานมาตรฐานช่วยเพิ่มผลผลิตได้ถึง 17-35% และลดปริมาณวัตถุดิบและสินค้าคงคลังได้ถึง 27% การลดจำนวนพนักงานไม่เพียงแต่ลดต้นทุน แต่ยังทำให้การควบคุมคุณภาพและการลดความสูญเปล่าทำได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับแนวคิด Lean Manufacturing ที่มุ่งเน้นการขจัดความสูญเปล่าทั้งในด้านแรงงานและทรัพยากร ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความสมดุล ประสิทธิภาพสูง และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น

<p><b>เดิม</b></p>	<p><b>การแก้ไขปรับปรุง</b></p>
<p><b>ปัญหา</b> ในกรณีผลิตชิ้นงาน GMK 15 เมื่อใช้งาน 2 วัน ผลิตชิ้นงานเสร็จวัน มีพนักงานประจำเครื่องถึง 4 คน</p>	<p><b>การแก้ไขปรับปรุง</b> ในกรณีผลิตชิ้นงาน GMK 15 เมื่อใช้งาน 2 วัน ผลิตชิ้นงานเสร็จวัน ไม่มีพนักงานประจำเครื่อง 3 คน</p>

ภาพที่ 4 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขมาตรฐานงาน

ตารางที่ 2 ผลการปรับปรุงมาตรฐานงาน

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	จำนวนพนักงาน	4	3	1	25

<p><b>เดิม</b></p>	<p><b>การแก้ไขปรับปรุง</b></p>
<p><b>ปัญหา</b> ขนส่ง 1 ครั้ง จำนวน 12 pallet ใช้ได้ 2 สัปดาห์ เดิม MIN 0 - MAX 12</p>	<p><b>การแก้ไขปรับปรุง</b> กำหนดการจัดส่งจากห้องงาน Low Pressure ขนส่ง 1 ครั้ง จำนวน 6 Pallet ต่อสัปดาห์ ใหม่ MIN 3 - MAX 9 ทำให้ไม่ต้องง้อของมากเกินไป ความจำเป็นในแต่ละครั้ง</p>

ภาพที่ 5 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขระบบดึง

ตารางที่ 3 ผลการปรับปรุงระบบการผลิตแบบดึง

No.	Item	Before	After	Reduce	Reduce (%)
1	ปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ (พาเลท)	12	9	3	25
2	ลดพื้นที่ (ตารางเมตร)	25.67	13.89	11.78	45
3	ระยะเวลาในการผลิต (วัน)	12	6	6	50

### 3.4 ผลการปรับปรุงการใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System)

การปรับปรุงระบบดึงสินค้า (Pull System) ดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการลดปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ (Stock in Process) จาก 12 พาเลท เหลือเพียง 9 พาเลท คิดเป็นการลดลง 25% พร้อมกับการลดพื้นที่ที่จัดเก็บจาก 25.67 ตารางเมตร เหลือเพียง 13.89 ตารางเมตร (ลดลง 45%) การปรับลดทั้งสองส่วนนี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ แต่ยังช่วยลดภาระในการจัดการสินค้าคงคลังและเพิ่มความคล่องตัวในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ ระยะเวลาในการผลิต (Lead Time) ยังลดลงจาก 12 วัน เหลือเพียง 6 วัน คิดเป็นการลดลงถึง 50% ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการปรับกระบวนการผลิตให้ตอบสนองต่อความต้องการได้รวดเร็ว ยิ่งขึ้นดังภาพที่ 5 ซึ่งภาพนี้แสดงถึงปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขระบบดึง แนวทางการปรับปรุงนี้ยังสอดคล้องกับ

การศึกษาในเชิงลึก [2] ที่ชี้ให้เห็นว่า ระบบ Pull System สามารถลดความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตเกินความจำเป็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันยังเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการวัตถุดิบและลดระยะเวลาส่งมอบให้สอดคล้องกับความต้องการจริง ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของระบบ Lean Manufacturing ที่มุ่งเน้นการลดความสูญเสียเปล่าในทุกขั้นตอน ผลลัพธ์นี้จึงไม่เพียงแค่ลดต้นทุน แต่ยังทำให้กระบวนการผลิตมีความสมดุลและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการแข่งขันในสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

การควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Worksite Control) เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการจัดระเบียบพื้นที่ทำงานให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ปลอดภัย และง่ายต่อการตรวจสอบ ช่วยลดความสูญเสียเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นและลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในสายการผลิต งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้แสดงให้เห็นว่า การจัดการสภาพแวดล้อมในที่ทำงานตามหลัก 5ส และการควบคุมด้วยวิธีการที่เป็นมาตรฐาน จะช่วยลดเวลาการค้นหายุกรณ์และป้องกันข้อผิดพลาดในกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานยังช่วยเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยได้อย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการผลิตมีความคล่องตัวและลดความล่าช้าได้อย่างชัดเจน

ในส่วนของ การปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) การลดปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการและระยะทางในการขนย้ายวัตถุดิบ เป็นการขจัดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตที่สำคัญ หลักการของ Lean Manufacturing และ Toyota Production System (TPS) มุ่งเน้นให้กระบวนการไหลไปอย่างต่อเนื่องเพื่อลดการสะสมวัตถุดิบที่ไม่จำเป็นและการรอคอยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต การปรับลดปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของวัตถุดิบและลดเวลาการขนย้าย ซึ่งทำให้การผลิตดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ohno [6] ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการกระบวนการให้ไหลอย่างต่อเนื่องสามารถลดต้นทุนและเพิ่มความยืดหยุ่นในการผลิตได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ

การปรับปรุงมาตรฐานงาน (Standardized Work) ยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การจัดทำมาตรฐานงานช่วยลดความซับซ้อนในกระบวนการ ลดความผิดพลาด และทำให้ทุกขั้นตอนการผลิตมีความสม่ำเสมอ การปรับลดจำนวนพนักงานจาก 4 คน เหลือ 3 คน ในสายการผลิตชิ้นงาน GMK 15 แสดงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรโดยไม่กระทบต่อคุณภาพการผลิต ทั้งนี้ งานวิจัยของ Womack และ Jones [7] ได้ระบุว่าการปรับปรุงมาตรฐานงานทำให้เกิดความสม่ำเสมอและช่วยลดความซับซ้อนในขั้นตอนการผลิต ซึ่งทำให้สามารถควบคุมคุณภาพได้ดียิ่งขึ้นและลดการสูญเสียในการใช้ทรัพยากร การลดจำนวนพนักงานนี้ยังสอดคล้องกับหลักการ TPS ที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

สุดท้ายการใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) ช่วยให้การผลิตเป็นไปตามความต้องการจริงของลูกค้า โดยการลดปริมาณวัตถุดิบระหว่างกระบวนการจาก 12 พาเลท เหลือเพียง 9 พาเลท และลดระยะเวลาในการผลิต (Lead Time) จาก 12 วัน เหลือ 6 วัน ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นและสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างรวดเร็ว ระบบ Pull System ช่วยขจัดการผลิตเกินความจำเป็นและการสะสมของวัตถุดิบที่ไม่จำเป็น การศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่า การใช้ระบบนี้ช่วยลดต้นทุนในการจัดการสินค้าคงคลังและลดเวลาการจัดส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Lean Manufacturing ที่มุ่งเน้นการลดความสูญเสียในกระบวนการและทำให้การผลิตเกิดความสมดุลและมีประสิทธิภาพสูงสุด

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

การประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบโตโยต้า ในกระบวนการผลิตชิ้นงาน GMK 15 แสดงถึงความสำเร็จที่สำคัญในการยกระดับกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพและตอบโจทยด้านความยั่งยืนในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ได้อย่างครบถ้วน โดยเฉพาะการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เน้นความปลอดภัยและการจัดระเบียบที่มีมาตรฐาน การปรับปรุงกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) ที่ลดความสูญเสียเปล่าและลดการใช้ทรัพยากรโดยไม่จำเป็น อีกทั้งการสร้างมาตรฐานงาน (Standardized Work)

ยังช่วยให้การผลิตมีความสม่ำเสมอและประหยัดต้นทุนด้าน  
แรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ การนำระบบการผลิตแบบดึง  
(Pull System) มาใช้ยังทำให้การผลิตตอบสนองต่อความ  
ต้องการที่เปลี่ยนแปลงของลูกค้าได้รวดเร็วและยืดหยุ่น  
การบูรณาการนวัตกรรมเหล่านี้ เข้ากับการจัดการ  
อุตสาหกรรมสมัยใหม่ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการ  
ผลิต แต่ยังสร้างความยั่งยืนในระยะยาว ลดการใช้ทรัพยากร  
อย่างสิ้นเปลือง ลดปริมาณของเสีย และสร้างสมดุลในการ  
จัดการทรัพยากรที่มีอยู่ ทำให้ระบบการผลิตสามารถรองรับ  
ความท้าทายทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในยุคปัจจุบันได้  
อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ TPS ยังแสดงให้เห็นถึงความเป็นนวัตกรรม  
ที่ไม่เพียงช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน แต่ยังเป็น  
แนวทางสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนใน  
อนาคต

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ  
อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุน  
ทั้งด้านวิชาการและโอกาสในการดำเนินโครงการครั้งนี้  
รวมถึงบริษัทอาซาฮี-ไทย อลลอย จำกัด ที่ได้ให้ความร่วมมือ  
และสนับสนุนข้อมูลที่สำคัญในการศึกษาโครงการ ผู้เขียน  
ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนสำคัญในการช่วยให้โครงการ  
ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย

## 7. เอกสารอ้างอิง

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] วัชรชัย บุญรักษา. (2562). การประยุกต์ใช้ระบบการผลิต  
แบบโตโยต้าในสายการผลิต Nozzle Defroster. วารสาร  
วิศวกรรมอุตสาหกรรม, 22(1), 28-34.
- [2] อภิชาติ วงศ์กฎ. (2560). การปรับปรุงประสิทธิภาพการ  
ผลิตโดยใช้แนวคิดการผลิตแบบโตโยต้าในสายการ  
ประกอบแกนพวงมาลัยรถยนต์. วารสารวิศวกรรมอุต  
สาหกรรม, 18(1), 45-50.
- [3] เบลูจมาศ ด่านระงับ. (2560). การปรับปรุงประสิทธิภาพ  
ของสายการประกอบตัวบังคับเลี้ยวโดยใช้ระบบการผลิต  
แบบโตโยต้า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 20(2), 58-65.
- [4] ศิริศักดิ์ นิลทัย. (2565). การประยุกต์ใช้ระบบการผลิต

แบบโตโยต้าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตวาล์วบอลดี.  
วารสารวิศวกรรมการจัดการ, 24(1), 89-96.

- [5] วิจิษฐ์ ภัคพรหมินทร์ และ สมชาย อยู่คุ้ม. (2558). การ  
ปรับปรุงมาตรฐานงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตใน  
อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้ระบบ TPS.  
วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 23(3), 123-129.

### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [6] Ohno, T. (1988). Toyota production system:  
Beyond large-scale production. Productivity  
Press.
- [7] Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean  
thinking: Banish waste and create wealth in your  
corporation. Simon & Schuster.

## การลดต้นทุนมีดกลึงชิ้นงานของก๊อกน้ำ CT-15 ด้านบ่าซีล ในสายการผลิตก๊อกน้ำ ด้วยการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำกรณีศึกษา บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

Reducing the Cost of Machining the Seal Shoulder of the CT-15 Faucet in the  
Production Line through Material Reuse: A Case Study of Asahi-Thai Alloy Co.,  
Ltd.

กิตติคุณ ก้อนจันทร์<sup>1</sup>, นายธรรมธร วงศ์โปร่ง<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>, อรรถพร ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Kittikhun-ko@rmutp.ac.th.

<sup>2</sup> ผู้อำนวยการระบบบริหารคุณภาพ บริษัท บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการใช้มีดกลึงชนิดพิเศษรุ่น CT-15 สำหรับการผลิตก๊อกน้ำผลิตภัณฑ์ชิ้นงาน โดยศึกษาส่วนประกอบของมีดกลึง การใช้งานของมีดกลึง อายุการใช้งานและต้นทุนในการจัดซื้อมีดกลึง ในส่วนของส่วนประกอบมีดกลึงนั้นด้ามมีดที่ผลิตจากเหล็กกล้าชนิด SCM-4 ผ่านการชุบแข็งทั้งชิ้นและคมตัดทั้งสเตนคาร์ไบด์ชนิด K20 เป็นการเชื่อมประกอบด้วยวัสดุทองเหลืองในกระบวนการกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ(Inductor) สามารถผลิตชิ้นงานได้ในจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 64,915 ชิ้น ราคา 10,720 บาท คิดเป็นต้นทุนการผลิต 0.165 บาทต่อชิ้น โดยในปี พ.ศ. 2564-2566 มีการใช้มีดกลึงดังกล่าวเป็นจำนวน 255 ชิ้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 2,733,600 บาท เฉลี่ยเท่ากับ 911,200 บาทต่อปี เมื่อวิเคราะห์การเชื่อมประกอบแล้วพบว่าสามารถมีวิธีการถอดวัสดุคมตัดทั้งสเตนคาร์ไบด์ออกจากด้ามมีดกลึงได้ด้วยเครื่องอินดักชั่น ฮีทเตอร์ ที่อุณหภูมิ 800 °C เพื่อทำการหลอมเหลวทองเหลืองออกจากคมตัดทั้งสเตนคาร์ไบด์จะได้ด้ามมีดกับมามีคุณภาพนำกลับมาทำการใช้ซ้ำ (Reuse) โดยการเปลี่ยนคมตัดทั้งสเตนคาร์ไบด์เกรดวัสดุ K20 พบว่าการผลิตมีดกลึงชนิดพิเศษรุ่น CT-15 ใช้เวลาในการผลิต 204 นาที สามารถลดต้นทุนการจัดซื้อได้ถึง 5,015.78 บาท หรือ 53% ผลิตชิ้นงานได้ในจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 49,690 ชิ้น คิดเป็นต้นทุนการผลิต 0.101 บาทต่อชิ้น เมื่อเทียบกับการจัดซื้อมีดกลึงใหม่ การทดสอบประสิทธิภาพของมีดกลึงที่ใช้ซ้ำแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพแม้ว่าจะมีจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้น้อยกว่ามีดกลึงใหม่ 23.45% รวมทั้งยังมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) สูงถึง 13.73% นอกจากนี้ สรุปได้ว่า การใช้ซ้ำมีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดต้นทุนและเพิ่มความยั่งยืนในการผลิตของบริษัท

คำสำคัญ : เครื่องมือตัด, ทั้งสเตนคาร์ไบด์, อุตสาหกรรมการผลิต, ก๊อกน้ำชิ้นงาน, ลดต้นทุน



## Abstract

The objective of this project is to reduce the cost of using the special CT-15 lathe tool for producing Sunwa faucets. This involves studying the components of the lathe tool, its usage, lifespan, and procurement costs. The lathe tool consists of a handle made from SCM-4 steel, which is hardened through a full heat treatment, and a cutting edge made from K20 tungsten carbide, attached using brass material through an induction heating process. The average production output is 64,915 pieces at a cost of 10,720 THB, resulting in a production cost of 0.165 THB per piece. From 2021 to 2023, 255 lathe tools were used, with a total expense of 2,733,600 THB, averaging 911,200 THB per year. Analysis of the assembly process revealed that the tungsten carbide cutting edge can be removed from the lathe handle using an induction heater at 800°C to melt the brass, allowing the handle to be refurbished and reused by replacing the cutting edge with K20 grade tungsten carbide. This process reduces the procurement cost by 5,015.78 THB, or 53%, with an average production output of 49,690 pieces and a production cost of 0.101 THB per piece compared to purchasing new tools. Testing of the reused lathe tools showed they perform efficiently, although they produce 23.45% fewer pieces than new tools, with a return on investment (ROI) of 13.73%. Overall, reusing the CT-15 lathe tools for the seal shoulder is an effective method for cost reduction and enhancing sustainability in the company's production.

**Key word:** Cutting tool, Tungsten carbide, Manufacturing industry, Sanwa faucet, Reduce costs

## 1. บทนำ (Introduction)

โครงการเรื่อง "การลดต้นทุนมีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ในสายการผลิตก๊อกน้ำด้วยการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำ กรณีศึกษา บริษัท อาชาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด" มีที่มาและความสำคัญมาจากปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้เครื่องมือตัดเป็นองค์ประกอบหลักในการสร้างผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการกลึง การเจาะ และการกัด ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตัดที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพและสามารถควบคุมต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1) ต้นทุนเครื่องมือในการผลิต: เครื่องมือตัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต การใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพสูงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่ก็มีต้นทุนที่สูงขึ้นตามมา ดังนั้น การนำเครื่องมือที่ใช้งานแล้วมาปรับปรุงและรีไซเคิลใหม่ จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของบริษัท

2) การรักษาความยั่งยืนในอุตสาหกรรม: การรีไซเคิลเครื่องมือตัดที่หมดอายุการใช้งานแล้ว เช่น ด้านมีดกลึง ดอกสว่าน และดอกกัดเอ็นมิล เป็นวิธีการที่ช่วยลดของเสียที่เกิดจากการผลิตและลดการใช้ทรัพยากรใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรม

3) การช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือ: การลับคมเครื่องมือตัดและนำกลับมาใช้ใหม่จะช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือ ทำให้ลดต้นทุนการจัดซื้อเครื่องมือตัดจำนวนมากและเปลี่ยนเครื่องมือตัดบ่อยครั้ง ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตและการลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือตัดภายในบริษัท

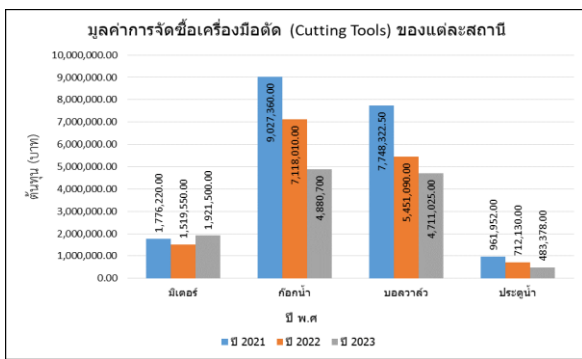
ดังนั้น โครงการนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาชาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด โดยมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากร ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตผ่านการรีไซเคิลและการลับคมเครื่องมือตัดที่หมดอายุการใช้งาน

จากข้อมูลในการศึกษาเครื่องมือตัด บริษัท อาชาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด สามารถแบ่งประเภทเครื่องมือตัดออกได้เป็น 5 ประเภทการใช้งานตามชนิดการใช้ได้ดังนี้ งานกลึง งานเจาะ งานกัด งานเลื่อย และงานทำเกลียว จากประเภทงานผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งกลุ่มเครื่องมือตัดออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มเครื่องมือตัดพิเศษใช้เฉพาะบริษัทอาชาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด (Special tools) มีจำนวนเครื่องมือตัดทั้งหมด 419 ชนิด และกลุ่มเครื่องมือตัดมาตรฐาน (Standard Tools) มีจำนวนเครื่องมือตัดทั้งหมด 248 ชนิด และพบว่าในการศึกษาต้นทุนการจัดซื้อของเครื่องมือตัด (Cutting Tools) ย้อนหลัง 3 ปี ของปี พ.ศ. 2564 - พ.ศ. 2566 มีข้อมูลดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การจัดซื้อของเครื่องมือตัด (Cutting tools)

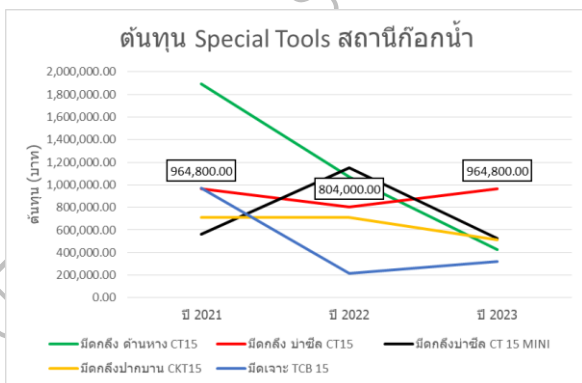
ปี (พ.ศ.)	จำนวนการจัดซื้อ เครื่องมือตัด (ชิ้น)	ราคาจัดซื้อ (บาท)
2564	18,555	28,900,304.48
2565	13,764	22,229,347.14
2566	8,953	17,209,873.20

จากตารางที่ 1.1 พบว่าการซื้อในปี พ.ศ.2566 บริษัท  
อาหาฮี-ไทย อีลลอย จำกัด มีการลดลงจากปี พ.ศ.2564 และ  
พ.ศ.2565 แต่ก็ยังมีมูลค่าการจัดซื้อที่สูง จึงได้ทำการ  
วิเคราะห์สาเหตุซึ่งสรุปผลได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงมูลค่าเครื่องมือตัด  
(Cutting Tools) ของสถานีกลึงย้อนหลัง 3 ปี

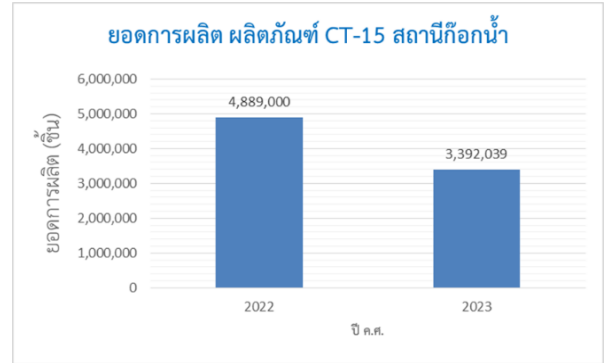
จากภาพที่ 1 กราฟนั้นทำให้ทราบว่าในสถานีก๊อคน้ำ  
นั้นมีการใช้ต้นทุนที่สูงที่สุด หากเปรียบเทียบกับสถานีงาน  
กลึงอื่นๆ สถานีงานก๊อคน้ำมีการจัดซื้อมากเป็อันดับ 1 ใน  
ทุกปี



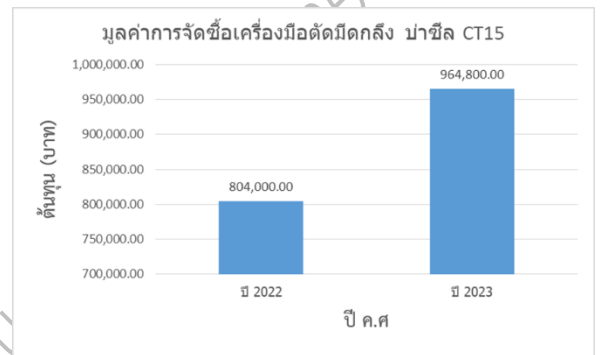
ภาพที่ 2 กราฟเส้นแสดงปัญหาเครื่องมือตัด  
กลุ่มเครื่องมือตัดเฉพาะ (Special tools)

จากภาพที่ 2 กราฟเส้นได้แสดงว่ามิลคสังบราซิล CT-15  
นั้นค่าไม่ลดลงจากปีก่อนหน้า จึงเหมาะสมที่เลือกมิลคสังบราซิล  
CT-15 มาหาวิธีการลดต้นทุน เพราะในตารางแสดงว่า  
ต้นทุนของมิลคสังบราซิล CT-15 นั้นมีต้นทุนที่สูงขึ้นและต่าง

จากมิลคสังตัวอื่นๆที่ต้นทุนลดลงตามระดับทำให้เห็นว่ามิลคสัง  
บราซิล CT-15 นั้นมีการสึกหรอที่เยอะทำให้มีการจัดซื้อที่มาก  
ตามมาเช่นกัน



ภาพที่ 3 ยอดการผลิต ผลิตภัณฑ์ CT-15

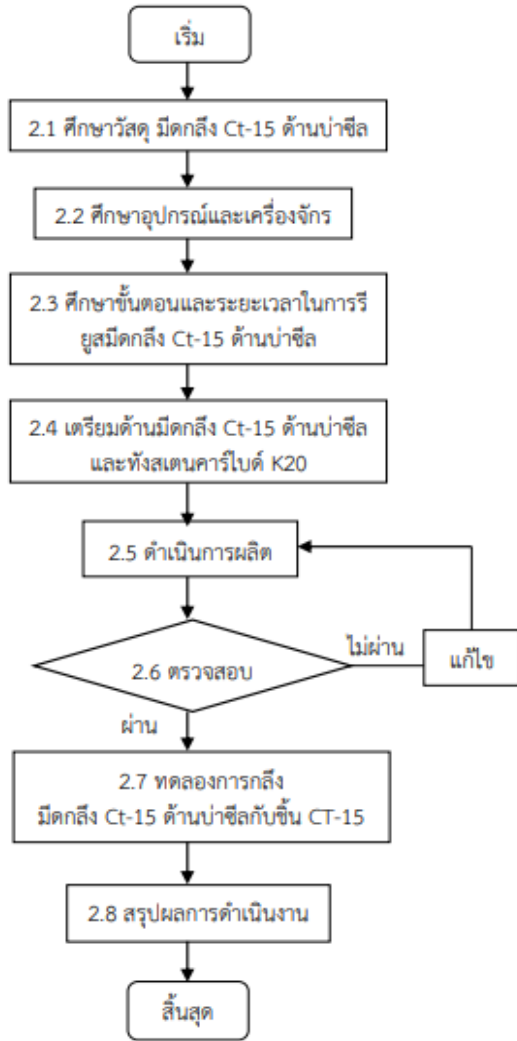


ภาพที่ 4 มูลค่าการจัดซื้อเครื่องมือตัดมิลคสัง บราซิล CT-15

จากแผนภูมียอดการผลิต ผลิตภัณฑ์ CT-15  
เปรียบเทียบกับแผนภูมิมูลค่าการจัดซื้อเครื่องมือตัดมิลคสัง  
บราซิล CT-15 นั้นพบว่า ในปี 2022 มียอดการผลิตทั้งหมด  
4,889,000 ชิ้น มีการจัดซื้อเครื่องมือตัดทั้งหมด 804,000  
บาท และในปี 2023 มียอดการผลิตทั้งหมด 3,392,039 ชิ้น  
มีการจัดซื้อเครื่องมือตัดทั้งหมด 964,800 บาท ทำให้ทราบ  
ปัญหาว่าในปี 2023 มียอดการผลิตที่น้อยแต่มีการจัดซื้อ  
เครื่องมือตัดที่ใช้ต้นทุนที่มากกว่าในปี 2022

ดังนั้นโครงการนี้จึงมีเป้าหมายในการลดต้นทุนด้วยการ  
เลือกมิลคสังที่มียอดการสั่งซื้อเป็นจำนวนมากในปี พ.ศ.  
2564 – พ.ศ. 2566 คือ มิลคสังบราซิล CT-15 สถานีงานกลึง  
ก๊อคน้ำ เพื่อทำการวิเคราะห์หรือออกแบบใหม่ด้วยการนำ  
วัสดุที่ยังสามารถใช้งานได้นำกลับมาใช้งานใหม่ เพื่อหา  
แนวทางที่จะทำให้ต้นทุนในส่วนนี้ลดลงและก่อให้เกิดความ  
คุ้มค่าและประโยชน์สูงสุดของวัสดุเหลือใช้เพื่อความยั่งยืน

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



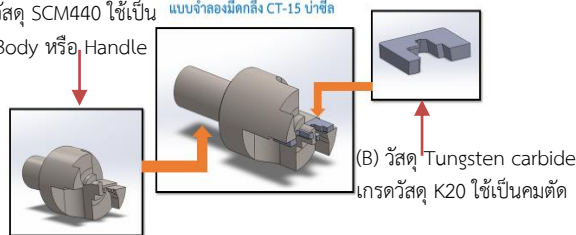
ภาพที่ 5 กระบวนการดำเนินโครงการ

### 2.1 ศึกษาวัสดุ มีดกลึงชิ้นส่วนกึ่งหน้า Ct-15 ด้านบ่าซีล

โดยวัสดุที่มีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซีล ใช้อยู่มี 2 อย่าง คือ Low-Alloy Steel เกรดวัสดุ SCM440 (A) ใช้ทำส่วน Body หรือ Handle และ Tungsten carbide เกรดวัสดุ K20 ใช้เป็นคมตัด (B) ดังภาพที่ 6

(A) วัสดุ Low-Alloy Steel

เกรดวัสดุ SCM440 ใช้เป็นแบบจำลองมีดกลึง CT-15 บ่าซีล



ภาพที่ 6 แบบจำลองวัสดุมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซีล

### 2.2 ศึกษาอุปกรณ์และเครื่องจักร

อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ดำเนินการผลิตมีดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 รายการอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ดำเนินการ รียूसมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซีล

ลำดับ	รายการอุปกรณ์และเครื่องจักร
1	เครื่อง INDUCTION HEATER
2	เครื่อง Wire cut
3	เครื่องเจียรไนลับคมตัด
4	เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (PROFILE PROJECTOR)
5	ล้อหินเจียรไน 11V9 D64
6	ล้อหินเจียรไน 11V9 D46
7	เวอร์เนียคาลิเปอร์
8	ไดอัลเทสอินดิเคเตอร์ (Dial Test Indicator)
9	ลังกึ่งหุงต้ม ปตทและ ถังออกซิเจน
10	หัวเป่าไฟ
11	ลวดเชื่อมทองเหลืองหุ้มฟลักซ์
12	Vertex Punch Former V-PS-ER40

### 2.3 ศึกษาขั้นตอนและระยะเวลาในการรียूसมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซีล

ตารางที่ 3 ขั้นตอนและระยะเวลาในการรียूसมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซีล

Flow Process Chart							
<input type="checkbox"/>	คน (Man type)	<input type="checkbox"/>	วัสดุ (Material type)	<input type="checkbox"/>	เครื่องจักร (Machine type)	<input checked="" type="checkbox"/>	อื่นๆ (Other)
ชื่อขบวนการ (SUBJECT CHARTED) : การผลิตมีดกลึง..... วันที่ (DATE) : .....16 สิงหาคม 2567.....							
CT-15 ด้านบ่าซีล..... จัดทำโดย (CHART BY) : นายกิตติคุณ กัญจันท์							
ฝ่าย (DEPARTMENT) : .....ผลิตมีดกลึง..... หมายเลขเอกสาร (CHART NO.): .....							
สถานะ (Method) : .....ก่อนการปรับปรุง..... หน้าที่ (SHEET NO.): .....1 / 1.....							
ขั้นตอน	ชื่อขบวนการ	จำนวน (Bat)	ระยะ (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ	
1	แยกทรงสแตนคาร์ไบด์ออกจากด้านมีดกลึง	1	0	10	● → □ ▽		
2	เชื่อมคมตัดที่ทรงสแตนคาร์ไบด์	1	0	5	● → □ ▽		
3	นำด้านและคมตัดที่ทรงสแตนคาร์ไบด์ไปพื้นที่เชื่อม	1	3	1	○ → □ ▽		
4	รอค้ำและรอคมตัดที่ทรงสแตนคาร์ไบด์ที่เชื่อมประกอบ	1	0	30	○ → □ ▽		
5	เชื่อมประกอบทั้งทรงสแตนคาร์ไบด์กับด้านมีดกลึง	1	0	20	● → □ ▽		
6	นำมีดกลึง Ct15 ที่เชื่อมประกอบไปที่พื้นที่เจียรไน	1	3	1	○ → □ ▽		
7	รอมีดกลึงที่ผ่านเชื่อมประกอบเจียรไนด้านหน้า	1	0	240	○ → □ ▽		
8	เจียรไนด้านหน้า มีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล	1	0	15	● → □ ▽		
9	นำมีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล ไปพื้นที่ Wire cut	1	3	1	○ → □ ▽		
10	รอมีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล Wire cut ขึ้นรูปตามแบบสั่งผลิต	1	0	30	○ → □ ▽		
11	มีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล Wire cut ขึ้นรูปตามแบบสั่งผลิต	1	0	144	● → □ ▽		
12	นำมีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล พื้นที่เจียรไน	1	3	1	○ → □ ▽		
13	รอมีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล เจียรไนผิวข้าง	1	0	30	○ → □ ▽		
14	มีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล เจียรไนผิวข้าง	1	0	10	● → □ ▽		
15	ตรวจสอบ มีดกลึง Ct15 ด้านบ่าซีล	1	0	10	○ → □ ▽		
รวม		1	12	548			

หมายเหตุ :  
 ○ Operation    → Transportation    □ Delay    ▽ Inspection    ▽ Storage

## 2.4 เตรียมด้ามมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิลและทั้งสแตนคาร์ไบด์ K20

ในการเตรียมวัสดุสำหรับการรียूस มีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิล มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังตารางที่ 4 ต่อไปนี้

**ตารางที่ 4** รายละเอียดในการเตรียมวัสดุสำหรับการรียूस มีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิล

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียด
1	เตรียมวัสดุ ด้ามมีดกลึง CT15 ด้านบ่าซิล	เตรียมมีดกลึง CT15 ด้านบ่าซิลโดยตัวด้ามและฐานวางคมตัดมีดกลึงต้องไม่มีการแตกหักหรือร้าว จำนวน 1 ตัว
2	เตรียมวัสดุ ทั้งสแตนคาร์ไบด์	เตรียมแผ่นทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาด 3.3x20x320 mm.
3	ใช้ เครื่องเหนียว นำกระแสไฟฟ้าให้ความร้อนคมตัดทั้งสแตนคาร์ไบด์ เพื่อนำด้ามกลับมาใช้	การนำวัสดุคมตัดทั้งสแตนคาร์ไบด์ออกจากด้ามมีดกลึงใช้ เครื่องอินดักชั่น ฮีตเตอร์ ที่อุณหภูมิ 800 °C เพื่อทำการหลอมเหลวทองเหลืองออกจากคมตัดทั้งสแตนคาร์ไบด์ จำนวน 1 ตัว ขึ้น เวลาที่ใช้ในการดำเนินการต่อ1ชิ้น คือ 10
4	เตรียมคมตัดทั้งสแตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่อง Wire cut	ตัดแผ่นทั้งสแตนคาร์ไบด์ ขนาด3.3x20x26xR5 mm. จำนวน 2 ชิ้น ด้วยเครื่อง Wire cut เวลาที่ใช้ในการดำเนินการต่อ1ชิ้น คือ 5 นาที

## 2.5 ดำเนินการผลิตหรือรียूसมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิล

ในการดำเนินการผลิตหรือรียूसมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิลมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังตารางที่ 5 ต่อไปนี้

**ตารางที่ 5** รายละเอียดในการดำเนินการผลิตหรือรียूसมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิล

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียด
1	เชื่อมประกอบทั้งสแตนคาร์ไบด์กับด้ามมีดกลึง CT15 ด้านบ่าซิล	เชื่อมทั้งสแตนคาร์ไบด์ขนาด 3x20x26xR5 mm. จำนวน 2 ชิ้นติดกับด้ามมีดกลึง CT15 ด้านบ่าซิล จำนวน 1 ตัว เวลาที่ใช้ในการดำเนินการต่อ1ชิ้น คือ 20 นาที
2	การเจียรระโนทั้งสแตนคาร์ไบด์ ด้าน Face	ใช้หินรูปทรง 11v9 ขนาด 100Dx3Xx20Hx125Cเกรด D64 Grit size 230/270 ทำการเจียรระโนครั้งละ 20 µm

		เหลือ 3.0 mm. ใช้เวลาในการเจียรระโน ต่อ 1 ชิ้น คือ 30 นาที
3	ตัดแผ่นทั้งสแตนคาร์ไบด์ตามแบบสั่งผลิตด้วยเครื่อง Wire cut	ตัดแผ่นทั้งสแตนคาร์ไบด์ตามแบบสั่งผลิตด้วยเครื่อง Wire cut จำนวน 1 ชิ้น เวลาที่ใช้ในการดำเนินการต่อ1ชิ้น คือ 144 นาที รวมเวลา
4	เจียร ระโน ผิว สำ เร็จ ทั้งสแตนคาร์ไบด์	ใช้หินรูปทรง 11v9 ขนาด 100Dx3Xx20Hx125Cเกรด D46 Grit size 400/420 ทำการเจียรระโนผิวชิ้นงานให้มีความเรียบ. ใช้เวลาในการเจียรระโน ต่อ1 ชิ้น คือ 15 นาที

## 2.6 ตรวจสอบมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิล ก่อนส่งมอบ

ในการตรวจสอบคัตติ้งทูลส์มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซิล หลังผ่านกระบวนการผลิตต่าง ๆ นั้นก่อนส่งมอบให้ไลน์ผลิตชิ้นงาน CT-15 ได้จำทำการออกแบบ Checklist (แผ่นตรวจสอบ) ตามภาพที่ 7 Checklist มีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซิล เพื่อ จะใช้เครื่อง โปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (PROFILE PROJECTOR) เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้แสงและเงาในการวัดเหมาะสำหรับวัดและตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก มีความละเอียดสูง และบอบบางเสียหายง่าย เนื่องจากการทำงานของเครื่องไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง และยังให้การวัดที่มีความละเอียดสูงอย่างแม่นยำ ด้วยประสิทธิภาพในการวัดชิ้นงานที่มีความละเอียดสูงถึงระดับ 1 ไมครอน (= 0.001 มิลลิเมตร) โดยแสดงผลภาพเป็นแบบเงาของวัตถุในรูปแบบ 2 มิติ บนฉากรับภาพ หลักการของเครื่องจะใช้หลักการสะท้อน และการหักเหของแสง ผ่านม่านกระจกเงาจากตัวเลนส์เข้าสู่ฉากรับภาพ โดยแหล่งกำเนิดแสงของเครื่องจะถูกฉายผ่านตัววัตถุหรือชิ้นงาน

ใบบันทึกการตรวจสอบในการผลิต CT-15 ด้านบ่าซิล				แบบ มีดกลึง	
รายละเอียด: ผลิต/แก้ไข/ สัปดาห์ CT-15 3/20/25				ขนาดมีดกลึง:	
				ความยาว	110.00
				A	2.90-2.93
				B	6.65-6.68
				C	8.65-8.68
				D	12.50-12.55
				E	12.50-12.55
				F	9.90-9.95
				G	17.00-18.00
				H	2.00-2.05
				I	25.00-25.05
J	26.95-27.00				
K					
ผู้ตรวจสอบ	ผู้ผลิต	วันที่	วันที่		
1. PROFILE PROJECTOR 2. PROFILE PROJECTOR 3. PROFILE PROJECTOR 4. PROFILE PROJECTOR 5. PROFILE PROJECTOR 6. PROFILE PROJECTOR 7. PROFILE PROJECTOR 8. PROFILE PROJECTOR 9. PROFILE PROJECTOR 10. PROFILE PROJECTOR 11. VERMER D32 12. VERMER D32	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ	ดำเนินการตรวจสอบ
หมายเหตุ: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12.				1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12.	

**ภาพที่ 7** Checklist (แผ่นตรวจสอบ)

## 2.7 ทดสอบการกลึงมีดกลึง Ct-15 ด้านบ่าซีลกับชิ้นงาน Ct-15

ในการทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีลในการกลึงชิ้นงาน CT-15 ระหว่างก่อนการรียูสและหลังการรียูส โดยการทดสอบจะวัดความสามารถในการกลึงชิ้นงานว่ามีความแตกต่างกันเท่าไร และคุณภาพของผิวงานที่ได้จากการกลึง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความคุ้มค่าในการรียูสมีดกลึง CT-15 ในกระบวนการผลิตต่อไป ผลการทดสอบจะช่วยให้สามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำว่าการรียูสมีดกลึงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตอย่างไร และมีผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและลดต้นทุนในการผลิต

## 2.8 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินโครงการทำให้ มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีลเสร็จสิ้นสมบูรณ์ พร้อมสำหรับทดสอบการกลึงชิ้นงาน CT-15 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีลที่ผ่านกระบวนการ Reuse

## 3. ผลการวิจัย (Results)

จากผลการดำเนินโครงการนำด้าม (handle) มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ที่คมตัดสึกหรอหรือหมดอายุการใช้งานนำกลับมาทำการรียูส (Reuse) ด้ามเดิมโดยการเปลี่ยนคมตัดทั้งสแตนคาร์ไบด์ เกรดวีสดู K20 สรุปผลได้ดังนี้

## 3.1 ผลค่าใช้จ่ายสำหรับการรียูส มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล

จากผลค่าใช้จ่ายสำหรับการรียูส มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล โดยการเปลี่ยนคมตัด ปรากฏว่ามีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแบ่ง ต่อ 1 ตัว สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ 1.ค่าแรงงานคิดมูลค่าอยู่ที่ 308.38 บาท 2.ค่าการใช้เครื่องจักรและค่าบำรุงรักษาการเสื่อมสภาพเครื่องจักรคิดมูลค่าอยู่ที่ 4,524.85 บาท 3.ค่าวัสดุที่ใช้ในการดำเนินการผลิตคิดมูลค่าเป็น 182.547 บาท นำมาคิดตามสมการที่ 1 การคำนวณต้นทุนรวมในการรียูส (Total Reuse Cost) ที่ได้ดังนี้

$$\text{Total Reuse Cost} = \text{Labor Cost} + \text{Machine Cost} + \text{Material Cost} \quad (1)$$

$$\text{Total Reuse Cost} = 308.38 + 4,524.85 + 182.547 = 5,015.78$$

## 3.2 ผลระยะเวลาสำหรับการรียูส มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล

ตารางที่ 6 สรุปแผนภูมิการไหลกระบวนการรียูส มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล

รายละเอียดการดำเนินงาน			
กิจกรรม	จำนวน (Bat)	ระยะ (เมตร)	เวลา (นาที)
Operation	6	0	204
Transportation	4	12	4
Delay	4	0	330
Inspection	1	0	10
Storage	0	0	0
รวม	15	12	548

จากผลระยะเวลาสำหรับการรียูส มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ปรากฏว่า ขั้นตอนในการดำเนินการมีทั้งหมด 15 ขั้นตอน โดยประกอบไปด้วยคือ 1. Operation จำนวน 6 ครั้ง รวมระยะเวลาคือ 204 นาที 2. Transportation จำนวน 4 ครั้ง ระยะทาง 12 เมตร รวมระยะเวลา คือ 4 นาที 3. Delay จำนวน 4 ครั้ง รวมระยะเวลา คือ 330 นาที 4. Inspection จำนวน 1 ครั้ง รวมระยะเวลา คือ 10 นาที และ Storage ไม่มี รวมทั้งหมดคือ จำนวน 15 ครั้ง ระยะทาง 12 เมตร และ เวลาที่ใช้ 548 นาที

### 3.3 ผลการตรวจสอบคัตติ้งทูลส์มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ก่อนส่งมอบ

#### ตารางที่ 7 สรุปผลการตรวจสอบคัตติ้งทูลส์มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ก่อนส่งมอบ

จุดตรวจสอบ	ค่าที่วัดได้
A	2.505
B	6.510
C	8.904
D	11.537
E	12.570
F	10.006
G	18.004
H	21.914
I	23.892
J	27.002
K	101.50
L	53.99

จากผลการตรวจสอบคัตติ้งทูลส์มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ก่อนส่งมอบ จะใช้เครื่อง โปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (PROFILE PROJECTOR) ปรากฏว่า มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีลมีค่าที่อยู่ในมาตรฐานตามแบบสั่งผลิตชิ้นงาน พร้อมส่งมอบให้ผลิตชิ้นงานได้

### 3.5 ผลการริยूस มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล สามารถลดต้นทุน ต้นทุนการซื้อใหม่ได้เท่าไร

ผลการริยूस มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล สามารถลดต้นทุนต้นทุนการซื้อใหม่ได้เท่าไร ปรากฏว่า ส่วนต่างในการลดต้นทุนในการริยूस มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ต้นทุนการจัดซื้อ ต่อ 1 ตัว (ต้นทุนการซื้อใหม่) ราคา 10,720 บาท ต้นทุนการริยूस ต่อ 1 ตัว (ต้นทุนในการริยूस) ผลราคา 5,015.78 บาท ซึ่งมีส่วนต่างในการจัดซื้อใหม่ต่อ 1 ตัวอยู่ที่ 5,704.22 บาท หรือ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง คือ 53% ตามดังสมการที่ 2 สมการการประหยัดต้นทุน (Cost Saving Equation)

$$\text{Cost Saving} = \text{Cost new tool} - \text{Cost reuse tool} \quad (2)$$

Costnew tool = 10,720 บาท (ต้นทุนการซื้อใหม่)

Costreuse tool = 5,015.78 บาท (ต้นทุนในการริยूस)

$$\text{Cost Saving} = 10,720 - 5,015.78 = 5,704.22$$

### 3.6 ผลความแตกต่างในจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้

จากผลชิ้นงานที่มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ที่ผลิตได้ต่อ 1 คมตัด ปรากฏว่า มีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล (ใหม่) ตัวที่ 1 สามารถผลิตชิ้นงานได้ 49,690 ชิ้น ซึ่งต่างจากเดิม อยู่ที่ 15,255 ชิ้น หรือ 23.45% ตามดังสมการที่ 3 สมการคำนวณความแตกต่างในจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ (Difference in Output)

#### Difference in Output (%)

$$= \frac{\text{Outputnew tool} - \text{Outputreuse tool}}{\text{Outputnew tool}} \times 100 \quad (3)$$

Outputnew tool = 64,915 ชิ้น

Outputreuse tool = 49,690 ชิ้น

#### Difference in Output (%)

$$= \frac{64,915 - 49,690}{64,915} \times 100 = 23.45\%$$

### 3.7 ผลตอบแทนจากการลงทุน

จากผลตอบแทนในการลงทุนในการริยूसมีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซีล ต้นทุนในการริยूस ต่อ 1 ตัว คือ 5,015.78 บาท แต่สามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อเครื่องมือตัดใหม่ได้ 5,704.22 ซึ่งจะมีผลตอบแทนจากการลงทุนตามสมการที่ 4 สมการการคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)

#### ROI(%)

$$= \frac{\text{Total Cost Saving} - \text{Initial Investment}}{\text{Initial Investment}} \times 100 \quad (4)$$

#### ROI(%)

$$= \frac{5,704.22 - 5,015.78}{5,015.78} \times 100 = 13.73\%$$

### 3.8 ผลความแตกต่างต้นทุนต่อชิ้นงานที่ผลิต

จากผลการผลิตชิ้นงานสามารถลดต้นทุนการผลิตชิ้นงานได้ 0.064 บาท/ชิ้น ซึ่งต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงานเดิม อยู่ที่ 0.165 บาท/ชิ้น ในการริยूसมีดกลึงมาใช้ซ้ำมีต้นทุนต่อชิ้นงานอยู่ที่ 0.101 บาท/ชิ้น

## Average Cost Per Unit

$$= \frac{\text{Total Cost}}{\text{Total Output}}$$

$$\text{ต้นทุนการซื้อใหม่} = \frac{\text{Average Cost Per Unit}}{10,720} = \frac{64,915}{0.165}$$

$$\text{ต้นทุนการรีไซเคิล} = \frac{\text{Average Cost Per Unit}}{5,015} = \frac{49,690}{0.101}$$

$$\text{สามารถลดต้นทุน } 0.165 - 0.101 = 0.064 \text{ บาท/ชิ้น}$$

## 4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 ค่าใช้จ่ายสำหรับการรีไซเคิล (Reuse Cost): ผลการรีไซเคิลมีดกกลึง CT-15 แสดงว่าการรีไซเคิลสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 53% เมื่อเทียบกับการซื้อใหม่ (ลดลง 5,704.22 บาทต่อชิ้น) ซึ่งเกิดจากการใช้สมการต้นทุนรวมในการผลิต (Total Reuse Cost) ที่แสดงถึงการรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการรีไซเคิล เช่น ค่าแรงงาน ค่าเครื่องจักร และค่าวัสดุ การลดต้นทุนนี้สอดคล้องกับหลักการของ "ปรัชญา พิริยะสิริวัฒน์" ที่วิเคราะห์การลดต้นทุนผ่านการรีไซเคิลชิ้นส่วนเครื่องจักรในอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มความคุ้มค่าในการลงทุนและการลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

4.2 ระยะเวลาสำหรับการรีไซเคิล (Reuse Time): การรีไซเคิลมีดกกลึง CT-15 ใช้เวลา 548 นาที สำหรับ 15 ชิ้นตอนของการผลิต ซึ่งรวมถึงการดำเนินการทางเครื่องจักร การขนส่ง และการตรวจสอบ ความล่าช้าที่เกิดขึ้น (Delay) มีส่วนสำคัญที่ทำให้เวลารวมเพิ่มขึ้นมากถึง 330 นาที ซึ่งเป็น 60% ของเวลาทั้งหมด สาเหตุนี้อาจเกิดจากกระบวนการรีไซเคิลที่ต้องใช้การตรวจสอบความแม่นยำของคมตัดมากกว่าการผลิตใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ "สุริยา ศรีโสภ" ที่แสดงถึงการใช้สมการสมดุลเวลา (Time Balance Equation) เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิต

4.3 ผลการตรวจสอบคัดตั้งมูลสีก่อนส่งมอบ: ผลการตรวจสอบโดยใช้เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (Profile Projector) แสดงว่ามีดกกลึงที่ผ่านการรีไซเคิลมีคุณภาพที่อยู่ในมาตรฐานตามแบบสั่งผลิต สะท้อนถึงความแม่นยำและความคงทนของกระบวนการรีไซเคิลที่สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้ สอดคล้องกับทฤษฎีในงานของ "จิตติคุณ นาคะสุวรรณ" ที่เน้นการใช้สมการในการคำนวณต้นทุนการผลิตเพื่อให้ได้คุณภาพที่ตรงตามมาตรฐาน

4.4 การลดต้นทุนจากการรีไซเคิล (Cost Reduction from Reuse): สมการการประหยัดต้นทุน (Cost Saving Equation) แสดงให้เห็นว่าการรีไซเคิลสามารถลดต้นทุนได้ 53% ซึ่งถือเป็นอัตราที่สูงและมีความหมายในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความยั่งยืนและลดค่าใช้จ่าย ซึ่งสนับสนุนโดยการวิจัยของ "วิชัย รักสุดพงษ์" ที่ใช้สมการการประหยัดต้นทุนในการประเมินความคุ้มค่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์

4.5 ผลความแตกต่างในจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้: จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากมีดกกลึงที่รีไซเคิลมีค่าแตกต่างจากของใหม่ถึง 23.45% โดยมีดกกลึงที่รีไซเคิลผลิตได้ 49,690 ชิ้น ในขณะที่ของใหม่ผลิตได้ 64,915 ชิ้น การลดลงของจำนวนชิ้นงานนี้อาจเกิดจากการสึกหรอที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในการรีไซเคิล ซึ่งสอดคล้องกับงานของ "นิธิพล ทรงพล" ที่วิเคราะห์ต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิตด้วยสมการต้นทุนเฉลี่ย (Average Cost Equation) และผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการผลิต

## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาการรีไซเคิลมีดกกลึง CT-15 ด้านบ่าซีลในบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด พบว่า ผลลัพธ์ของการรีไซเคิลสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ การรีไซเคิลช่วยลดต้นทุนได้ถึง 53% เมื่อเทียบกับการจัดซื้อมีดกกลึงใหม่ โดยลดค่าใช้จ่ายได้ 5,704.22 บาทต่อชิ้น นอกจากนี้ยังให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ที่สูงถึง 13.73% แม้ว่าจะมีความแตกต่างในจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ระหว่างมีดกกลึงที่รีไซเคิลและมีดกกลึงใหม่ แต่ผลตอบแทนและการลดต้นทุนโดยรวมยังคงแสดงถึงความคุ้มค่าและความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งเน้นการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะ (Recommendation): สำหรับการวิจัยในอนาคตควรขยายการศึกษาไปยังปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการรีไซเคิล เช่น การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุทดแทนที่อาจมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความล่าช้า และการนำเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาใช้ เช่น การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการรีไซเคิล

การนำผลลัพธ์ไปใช้ประโยชน์:เชิงธุรกิจ: ผลลัพธ์จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตขององค์กรในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีลักษณะการใช้งานเครื่องมือตัดที่คล้ายคลึงกัน โดยการนำกระบวนการวิจัยมาใช้ในการลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มผลตอบแทนจากการลงทุน

เชิงวิชาการ: ผลลัพธ์สามารถนำไปพัฒนาเป็นกรณีศึกษาหรือหลักสูตรการเรียนการสอนในสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรมหรือการจัดการผลิต เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนได้เข้าใจแนวคิดและหลักการในการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพผ่านการวิจัยเครื่องมือและทรัพยากรที่มีอยู่

การประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม: อุตสาหกรรมการผลิตสามารถนำผลลัพธ์นี้ไปปรับใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดลดการพึ่งพาการจัดซื้อใหม่ และเพิ่มการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## 6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณ คุณพงษ์ศักดิ์ จินดาสุข ผู้บริหารระดับสูง บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด และ สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีบัณฑิตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสและสนับสนุนการดำเนินโครงการลดต้นทุนมีดกลึง CT-15 ด้านบ่าซึล ในสายการผลิตก็อกน้ำด้วยการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำ กรณีศึกษา บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัดและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] จิตติคุณ นาคะสุวรรณ. (2563). "การวิเคราะห์และหาสมการต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเหล็ก." วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 26(3), 55-65.
- [2] นิธิพล ทรงพล. (2560). "การวิเคราะห์ต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิตด้วยสมการต้นทุนเฉลี่ยและผลตอบแทนจากการลงทุน." วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์, 22(2), 45-56.
- [3] ปรัชญา พิริยะศิริวัฒน์. (2560). "การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรม." วารสารวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 18(3), 45-53.
- [4] พนม สุริยะศักดิ์. (2559). "การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเหล็ก." วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 25(2), 123-130.

- [5] วิชัย รักสุดพงษ์. (2561). "การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์." วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 31(1), 15-25.

- [6] สุริยา ศรีโสภา. (2562). "การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยการวิเคราะห์สมการสมดุลเวลา." วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 22(1), 23-34.

- [7] ชนะชัย สอนสุภาพ. (2564). "การต้นทุนและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้สมการการต้นทุน." การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 39, 100-110.

- [8] วิชาญ แสนดี. (2561). "การวิเคราะห์สมการเพื่อการคาดการณ์ต้นทุนในอุตสาหกรรมยานยนต์." วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 20(2), 91-102.

- [9] วิทยา อินทร์สอน. (2563). "สัญลักษณ์ที่มีในแผนภูมิกระบวนการไหล." Thailand Industry.

- [10] วรธนพร ชิววุฒิพงศ์. (2560). "สมบัติการนำความร้อนและสมบัติทางกลของโพลีโพรพิลีนไบรอนไนไตรด์/ซิลิคอนคาร์ไบด์คอมโพสิต." Engineering Journal of Research and Development, 28(4), 49-57.

- [11] Johnson, R., & Lee, K. (2020). "Analysis of Reuse in Industrial Tools." Journal of Industrial Engineering, 35(2), 101-115



## การประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบโตโยต้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบลีนในกระบวนการปั๊ม ผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น GMK 15

### Application of the Toyota Production System to Enhance Lean Efficiency in the Pumping Process of GMK 15 Water Meters

พิสิษฐ์ ลอยล่องเกษม<sup>1,\*</sup> สรภฤช ยินดี<sup>1</sup>, พลเทพ พันธุ์ธนากุล<sup>2</sup>, สะคราญ ลิขณรังษี<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>,  
สุพจน์ สุขเกษม<sup>2</sup>, อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup> และสุวิทย์ แพงกันยา<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800, phisit.l@rmutp.ac.th

<sup>2</sup> แผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด  
9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซ่งเรื่อ ถัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบลีนสำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่นGMK15 โดยนำระบบการผลิตแบบโตโยต้าและแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่นGMK15 โดยขั้นตอนการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้น (Worksite control) ในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ การไหลต่อเนื่อง (Continuous flow) งานวิศวกรรมมาตรฐาน (Standard engineering work) และระบบการดึง (Pull system) ผลการศึกษา พบว่าจากการควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้นในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ ทำให้การหยิบจับอุปกรณ์ในแผนกมีความสะดวกขึ้นและมีความปลอดภัยจากการเกิดอุบัติเหตุ การลดกระเบาะชิ้นงานที่รอเข้าเครื่องยิงทรายทำให้ลดพื้นที่ได้ 25% และลดระยะทางได้ 20% การลดเวลาการผลิตทำให้ใช้เวลาการผลิตต่อชิ้นลดลง 20% โดยจากเดิมผลิตได้ 800 ชิ้นต่อวัน หลังปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้การผลิตได้ 1,200 ชิ้นต่อวัน และทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น 50% นอกจากนี้การลดจำนวนการสต็อกสินค้าโดยการลดกระเบาะจากเดิม 3 กระเบาะ เหลือ 2 กระเบาะ ทำให้ลดพื้นที่ในแผนกได้ 33.33%

**คำสำคัญ:** การปรับปรุงกระบวนการผลิต; ปั๊มมาตรวัดน้ำ; ระบบผลิตแบบโตโยต้า; มาตรวัดน้ำ

#### Abstract

This study aimed to apply the Toyota Production System (TPS) to enhance lean efficiency and improve the production process of the GMK 15 water meter pump. The process for improving efficiency involves four key steps: problem control (worksite control) in the pump department, continuous flow, standardized engineering work, and a pull system. The results showed that by addressing issues in the pump department, equipment handling became more efficient and safer. Reducing the number of work piece bins waiting for the blasting machine led to a 25% reduction in space and a 20% reduction in distance. Production time per piece decreased

by 20% . Initially producing 800 units per day, the process improvements increased production to 1,200 units per day, boosting efficiency by 50% . Additionally, reducing the number of bins from three to two cut the department's space usage by 33.33%.

**Key words:** Production process improvement; Water meter pump; Toyota production system; Water meter

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตมีการแข่งขันทางการตลาดมากขึ้น ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น และลูกค้ามีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและราคาที่เหมาะสม ดังนั้นบริษัทต่างๆ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อลดต้นทุน เพิ่มความเร็วในการผลิต และผลิตภัณฑ์ต้องมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานกระบวนการป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 เป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 ของ บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด โดยปัจจุบันกระบวนการป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 พบปัญหาในกระบวนการผลิต เช่น บริเวณพื้นที่มีสิ่งกีดขวางซึ่งอาจเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย การจัดการวัสดุที่ไม่เป็นระบบ การรอคอยในกระบวนการผลิต และการใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น ซึ่งส่งผลให้เกิดต้นทุนสูงและเวลาผลิตที่ยาวนาน ดังนั้นเพื่อปรับปรุงกระบวนการป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System - TPS) และหลักการผลิตแบบลีน (Lean Production) มาปรับใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการป้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม

ระบบการผลิตแบบโตโยต้าเป็นที่รู้จักในด้านการจัดการที่มีประสิทธิภาพ การลดของเสีย และการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ [1] จากทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการนำระบบการผลิตแบบโตโยต้ามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตหลายงานวิจัย เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแกนวางมาลัยรถยนต์ [2] และการลดความสูญเปล่าในกระบวนการบรรจุหม้อหุงข้าวใหญ่ในโรงงานถาวรการเกษตร [3] โดย สุชาติ อารังสุข และคณะ [4] ประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าสำหรับลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิต

เครื่องปรับอากาศ พบว่า สามารถลดเวลาการนำส่งมอบชิ้นส่วนให้ลูกค้าได้ 33% เพิ่มพื้นที่ใช้งานมากขึ้น 83% และสามารถลดพนักงานในกระบวนการผลิตลงได้ 42% และปฐมพงษ์ หอมศรี และคณะ [5] ประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าในโรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์ พบว่า รอบเวลาการผลิตลดลง 18.31% จำนวนพนักงานลดลง 11.11% สินค้าสำเร็จรูปในคลังลดลง 17.68% ปริมาณงานระหว่างทำและขนาดล็อตลดลง 14.48% พื้นที่จัดเก็บลดลง 34% หรือ 328.81 ตร.ม. เวลารนำการผลิตลดลง 86.17% ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย 36,008,727.82 บาทต่อปี

จากข้อดีของระบบการผลิตแบบโตโยต้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบลีนในกระบวนการป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ลดเวลาการทำงาน เพิ่มพื้นที่ใช้ทำงาน และลดต้นทุนในกระบวนการผลิตดังกล่าว

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของขั้นตอนในกระบวนการป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15

ดำเนินการสำรวจพื้นที่ในแผนกป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขในแผนกป้อนผลิตภัณฑ์มาตรฐานรุ่น GMK 15 ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สํารวจพื้นที่ในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ

## 2.2 ศึกษาวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตแบบโตโยต้าและแบบลีน

ศึกษาวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตแบบโตโยต้าและแบบลีนเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการปั๊มมาตรวัดน้ำดังนี้

ระบบการผลิตแบบโตโยต้า คือ เครื่องมือจัดการกระบวนการผลิตที่มุ่งลดต้นทุนโดยกำจัดความสูญเปล่า ผลิตตามคำสั่งซื้อเท่านั้น เน้นคุณภาพ ต้นทุนต่ำ และสร้างคามยืดหยุ่นในการผลิต โดยการวิจัยใช้แนวคิดลดต้นทุนผ่าน 3 หลักการพื้นฐานดังนี้ [5]

- 1) ปรับจากการผลิตแบบ batch ที่มีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการเป็นการดึงจากกระบวนการถัดไป
- 2) ลดระยะทางขนส่งระหว่างกระบวนการเพื่อให้เหมาะกับการผลิตแบบไหลต่อเนื่องหรือที่ละชิ้น
- 3) ทำสายการผลิตให้ยืดหยุ่นตามปริมาณที่จำเป็นตามรอบเวลาการผลิตที่สอดคล้องกับอัตราการผลิต

## 2.3 การปรับปรุงกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ

หลังจากเข้าสำรวจพื้นที่ในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำจึงได้นำระบบผลิตแบบโตโยต้าและแบบลีนมาประยุกต์ใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ โดยมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นตอนที่ 1 การควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้น (Worksite control) ในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ
- 2) ขั้นตอนที่ 2 การไหลอย่างต่อเนื่อง (Continue flow)
- 3) ขั้นตอนที่ 3 งานวิศวกรรมมาตรฐาน (Standard

engineering work)

- 4) ขั้นตอนที่ 4 ระบบการดึง (Pull system)

## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การปรับปรุงกระบวนการผลิตปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำโดยประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) และการผลิตแบบลีน มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนอธิบายได้ดังนี้

### 3.1 ขั้นตอนที่ 1 การควบคุมสภาพปัญหาในการทำงาน (Worksite control)

ขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ จากนั้นนำปัญหาเหล่านั้นมาทำการแก้ไขโดยใช้หลักการควบคุมคุณภาพ (Quality control) จากวิธีการควบคุมสภาพการทำงานหน้างาน (Worksite control) ซึ่งมีทั้งหมด 7 หัวข้อ (QC 7) โดยในส่วนนี้จะดำเนินการเฉพาะเรื่องของการปลอดภัยในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำมา 1 ข้อ จากทั้งหมด 7 หัวข้อ จากปัญหาที่เกิดขึ้นคือมีการวางอุปกรณ์ไม่เป็นระเบียบ อาจทำให้การหยิบสิ่งจนเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโดยเก็บอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบพร้อมใช้งาน พบว่าหลังการปรับปรุงทำให้การหยิบใช้งานอุปกรณ์มีความสะดวกและมีความปลอดภัยและลดการเกิดอุบัติเหตุดังแสดงในตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 การปรับปรุงความปลอดภัยของการกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ

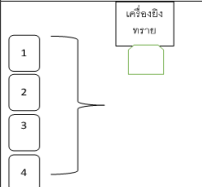

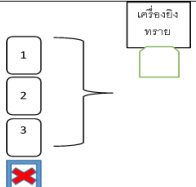
ก่อนปรับปรุง	การแก้ไข	หลังปรับปรุง
	➔	
<b>ปัญหาที่พบ</b> - วางอุปกรณ์ไม่เป็นระเบียบ อาจหยิบสิ่งจนเกิดอุบัติเหตุได้	<b>การแก้ไข</b> - เก็บอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบพร้อมใช้งาน	<b>ผลจากการปรับปรุง</b> - สะดวกต่อการหยิบใช้งาน และปลอดภัยจากการเกิดอุบัติเหตุ


### 3.2 ขั้นตอนที่ 2 การไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous flow)

ขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำโดยการลดจำนวนกระเบบบรรจุชิ้นงานที่รอเข้าเครื่องยิงทราย โดยจากเดิมมีกระเบบบรรจุชิ้นงานที่รอเข้าเครื่องยิง



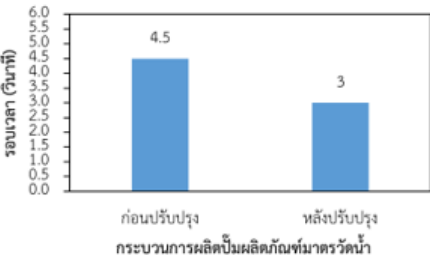
ทรายจำนวน 4 กระบะ โดยสามารถลดจำนวนกระบะบรรจุ  
ชิ้นงานรอเข้าเครื่องยิงทรายให้เหลือ จำนวน 3 กระบะ โดย  
ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต พบว่าเมื่อลดจำนวน  
กระบะบรรจุชิ้นงานให้เหลือ จำนวน 3 กระบะ ทำให้สามารถ  
ลดเวลาการรอกระบะบรรจุชิ้นงานและลดการรอกงานได้ ซึ่ง  
ส่งผลให้สามารถลดขนาดของพื้นที่ได้ 25% และสามารถลด  
ระยะทางเฉลี่ยได้ 20% ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การลดกระบะชิ้นงานที่รอเข้าเครื่องยิงทราย

ก่อนปรับปรุง	การแก้ไข	หลังปรับปรุง
		
<b>ปัญหาที่พบ</b> - กระบะรอบรรจุชิ้นงานเข้า เครื่องยิงทรายมีทั้งหมด 4 กระบะ ซึ่งมีจำนวนมากเกิน ความจำเป็น	<b>การแก้ไข</b> - โดยการลดจำนวนกระบะ รอชิ้นงานเข้าเครื่องยิง ทรายให้เหลือ 3 กระบะ เพื่อลดการรอชิ้นงานให้ น้อยลง	<b>ผลจากการปรับปรุง</b> - สามารถลดขนาดพื้นที่ได้ 25% และลดระยะทางเฉลี่ยได้ 20%

หมายเหตุ:  คือ ไม่มีกระบะยิงทราย

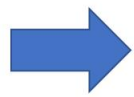

ตารางที่ 3 การปรับปรุงเวลาผลิตและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ

ก่อนปรับปรุง	การแก้ไข	หลังปรับปรุง
		
<b>ปัญหาที่พบ</b> - เดิมเครื่องตั้งจังหวะรอเวลา มี 6 จังหวะ 1. หีบ 1.5 วินาที 2. แยก 0.3 วินาที 3. เคลื่อน 0.4 วินาที 4. วาง 0.4 วินาที 5. เคลื่อน 0.4 วินาที 6. ปั๊ม 1.5 วินาที รวมเวลา 4.5 วินาที	<b>การแก้ไข</b> - การแก้ไขปรับปรุงตั้งมือหีบ ชิ้นงานทำงานพร้อมกับปั๊ม เวลาเหลือ 5 จังหวะ 1. หีบ 1.5 วินาที พร้อมกับปั๊ม 1.5 วินาที 2. แยก 0.3 วินาที 3. เคลื่อน 0.4 วินาที 4. วาง 0.4 วินาที 5. เคลื่อน 0.4 วินาที รวมเวลา 3.0 วินาที	<b>ผลจากการปรับปรุง</b> - Cycle Time ต่อชิ้น $\frac{4.5-3.0}{4.5} = \frac{1.5}{4.5} = -20\%$ - เดิม 1 ชั่วโมง $\frac{3600}{4.5} = 800$ ชิ้น/ ชม. - ใหม่ 1 ชั่วโมง $\frac{3600}{3.0} = 1,200$ ชิ้น/ ชม. - ประสิทธิภาพเพิ่มจากเดิม $\frac{1,200-800}{800} = \frac{400}{800} = +50\%$

### 3.4 ขั้นตอนที่ 4 ระบบการดึง (Pull system)

ขั้นตอนที่ 4 ระบบการดึงเป็นการลดจำนวนการสต็อก (Stock) ขึ้นงานในแผนกปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำจะทำให้สามารถลดพื้นที่ภายในแผนก พบว่าสามารถลดจำนวนสต็อกลงจากเดิมที่มีกระบะ จำนวน 3 กระบะ ให้เหลือ 2 กระบะ โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต การลดจำนวนกระบะสต็อกลงทำให้สามารถลดพื้นที่ในแผนกปั๊มได้ 33.33% ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การปรับปรุงเวลาผลิตและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ

ก่อนปรับปรุง	การแก้ไข	หลังปรับปรุง
		
<b>ปัญหาที่พบ</b> - จากเดิมส่งวันละ 1 ครั้ง 2-3 กระบะ ทำให้มีการสต็อกต่ำสุดจำนวน 3 กระบะ และสต็อกสูงสุด จำนวน 6 กระบะ	<b>การแก้ไข</b> - โดยการส่ง $\frac{1}{2}$ วัน ส่งครั้งละ 1-2 กระบะ ทำให้สต็อกต่ำสุด จำนวน 2 กระบะ และสต็อกสูงสุด จำนวน 4 กระบะ	<b>ผลจากการปรับปรุง</b> - ลดการสต็อกในแผนก <b>ก่อนปรับปรุง</b> - มีสต็อกต่ำสุด จำนวน 3 กระบะ และมีสต็อกสูงสุด จำนวน 6 กระบะ <b>หลังปรับปรุง</b> - มีสต็อกต่ำสุด จำนวน 2 กระบะ และมีสต็อกสูงสุด จำนวน 4 กระบะ - ทำให้ลดการสต็อกได้ 33.33%

### 3.5 สรุปผลการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำในแต่ละขั้นตอน

ในส่วนนี้เป็นการสรุปผลการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน รายละเอียดของผลที่ได้จากการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการได้ครบ 100% ทำให้สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุได้ ในขั้นตอนที่ 2 การไหลอย่างต่อเนื่องสามารถลดระยะทางได้ 0.6 m คิดเป็นประสิทธิภาพได้ 25% ลดพื้นที่ทำงานได้ 1.2 m<sup>2</sup> คิดเป็นประสิทธิภาพได้ 20% และลดการสต็อกขึ้นงานได้ 1 กระบะ คิดเป็นประสิทธิภาพได้ 25% ขั้นตอนที่ 3 งานวิศวกรรมมาตรฐาน เป็นขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในขั้นตอนนี้สามารถลดเวลาการผลิตรวมได้ 1.5 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็นประสิทธิภาพได้ 25% และเครื่องจักรใช้เวลาการผลิต 800 ชิ้นต่อชั่วโมง หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต เครื่องจักรใช้เวลาการผลิต 1,200 ชิ้นต่อชั่วโมง และทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 50% จากการนำระบบการผลิตแบบโตโยต้ามาปรับปรุงกระบวนการปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ ทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ ซึ่งส่งผลให้ลดเวลาการทำงานและลดพื้นที่ในแผนก

ตารางที่ 5 สรุปผลการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตปั๊มผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ

หัวข้อ	Worksite Control		การลดระยะทาง (m)		การลดพื้นที่ (m <sup>2</sup> )		Stock in Process (Pallet)		การลด Lead Time (วินาที/ชิ้น)		เพิ่มประสิทธิภาพ (ชิ้น/ชั่วโมง)	
	แผน	ทำแล้ว	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ขั้นตอน Step 1	100%		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	7										
ขั้นตอน Step 2	-		-25%		-20%		-25%		-		-	
			2.4	1.8	4.8	3.6	4	3				
			-0.6		-1.2		-1					
ขั้นตอน Step 3	-		-		-		-		-25%		+50%	
									4.5	3.0	800	1,200
									-1.5		+400	
ขั้นตอน Step 4	-		-		-		-33.33%		-			
							6	4				
							-2					
<b>Total</b>	<b>7</b>		<b>0.6</b>		<b>1.2</b>		<b>-3</b>		<b>-1.5</b>		<b>400</b>	

#### 4. สรุปผล

การประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบโตโยต้าและการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแบบลีนทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการป้อนผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น GMK 15 ได้ โดยงานวิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในแผนกป้อนผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำและนำมาปรับปรุงแก้ไขพบว่าหลังการปรับปรุงทำให้การหยิบจับชิ้นงานมีความสะดวกมากขึ้นและลดการเกิดอุบัติเหตุในแผนกได้ สำหรับขั้นตอนที่ 2 การไหลอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดระยะทางและลดพื้นที่ภายในแผนก ขั้นตอนที่ 3 งานวิศวกรรมมาตรฐาน สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรใช้เวลาในกระบวนการผลิตรวมเหลือ 3 วินาที ซึ่งจากเดิมใช้เวลา 4.5 วินาที ลดเวลาลง 1.5 วินาที ทำให้ทำให้เวลาการผลิตลดลง 20% ต่อชิ้น โดยก่อนปรับปรุงเครื่องจักรใช้เวลาในการผลิต 800 ชิ้นต่อชั่วโมง หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต เครื่องจักรใช้เวลาการผลิต 1,200 ชิ้นต่อชั่วโมง ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 50% และขั้นตอนที่ 4 ระบบการดึง เป็นการลดจำนวนการสต็อกพบว่าสามารถลดจำนวนการสต็อกลงจากเดิม 3 กระบะเหลือ 2 กระบะ ทำให้ลดพื้นที่ในแผนกได้ 33.33%

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุจินดา ศรัณย์ประชา, การปรับปรุงก ลังการผลิตของสายการผลิตชิ้นส่วนเบาะที่นั่งรถยนต์ด้วยแนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า, วารสารวิศวกรรมศาสตร์, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มี.ค., 2556.
- [2] อภิชาติ วงศ์กฎ, การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แนวคิดการผลิตแบบโตโยต้าของโรงงาน กรณีศึกษา

สายการผลิตแกนพวงมาลัยรถยนต์, วิทยาลัยบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2560.

- [3] ไพศาล ลากสมบุญชัย และณัฐพันธ์ เขจรนนทน, การลดความสูญเปล่าโดยเทคนิคการผลิตแบบโตโยต้า: ศึกษาโรงงานถาวรการเกษตร, สุทธบริทัศน์, ปีที่ 29 ฉบับที่ 92 ต.ค.-ธ.ค., 2558.
- [4] สุชาติ อ่างสุข, วันชัย แหลมหลักสกุล และสมนึก วิสุทธิแพทย์, การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 ก.ย.-ธ.ค., 2559.
- [5] ปฐมพงษ์ หอมศรี, อัมพิกา ไกรฤทธิ และปรณัฐ วิสุวรรณ, การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้ากรณีศึกษา โรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มี.ย., 2555.

## การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตบอลก๊อก ชื่องาน BCB 15

### Improvement of Production Efficiency for Ball Valve BCB 15

นายธนกฤต บุญโท<sup>1</sup>, นายชัยยุทธ์ มิ่งศรีเมือง<sup>1</sup>, ดร.สะคราญ ลิขมรังษี<sup>1</sup>, ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>, สมชาติ ขำเลื่อน

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[Thanakrit-b@mutp.ac.th](mailto:Thanakrit-b@mutp.ac.th)

<sup>2</sup>บริษัทออาซี-ไทย อัลลอย จำกัด

9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซ่งเรื่อ ลัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดปัญหาของเสียที่เกิดจากการผลิต กรณีศึกษา  
ขึ้นส่วนก้านบอลก๊อกน้ำ BCB 15-20 ประยุกต์ใช้เครื่องมือ ดังนี้ 1. 7 QC Tools โดยใช้เครื่องมือ 5 ข้อดังนี้ 1.1 ใบ  
ตรวจสอบ (Check Sheet) 1.2 กราฟ (Graph) 1.3 ฮิสโตแกรม (Histogram) 1.4 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)  
1.5 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram) 2 ความสามารถของกระบวนการ (ค่า cp) ในการตรวจสอบชิ้นงาน  
คณะผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์ IM Series 8000 ในการวัดขนาดของบอลก๊อกน้ำ BCB 15 โดยมีจุดวัดสำคัญ 2 จุด คือ ความ  
กว้างและความกลมของ BCB 15-20 จากการปรับปรุงเครื่องกลึงทองเหลืองเส้นโดยการล้างเศษทองเหลืองที่ติดอยู่  
บริเวณ ปลอกกัด (collet) ทุกๆ 15 วัน พบว่าผลลัพธ์ที่ได้คือค่าความสามารถของกระบวนการ (ค่า Cp) มีแนวโน้มดีขึ้น  
กว่าก่อนการปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหาที่มาจากสาเหตุหลักสามารถช่วยลดปริมาณชิ้นงานเสียและเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ  
“คำสำคัญ” การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดปัญหาของเสียที่เกิดจากการผลิต

## Abstract

This project aims to enhance production efficiency by reducing defects in the manufacturing process, using a case study of BCB 15-20 ball valve components. The following tools were applied:

7 QC Tools, utilizing 5 of them: 1.1 Check Sheet

1.2 Graph

1.3 Histogram

1.4 Pareto Diagram

1.5 Fish-bone Diagram

Process Capability (Cp Value): To inspect the workpiece, the researchers used IM Series 8000 to measure the dimensions of the BCB 15-20 ball valve, focusing on two key points: width and roundness. After improving the brass turning machine by cleaning the brass chips stuck around the collet every 15 days, the results showed that the process capability (Cp value) improved compared to before the modification. This demonstrates that addressing the root cause can effectively reduce defective products and improve production efficiency.

**Keywords:** Enhancing production efficiency by reducing manufacturing defects.



## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งได้มีการนำเอาเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (Automation) เข้ามาใช้เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตสินค้า ไม่ว่าจะเป็นการผลิตชิ้นงานการประกอบชิ้นส่วน หรือการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ระบบอัตโนมัติ ช่วยเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการผลิต ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ และสามารถลดเวลาในการผลิตได้อย่างมากอย่างไรก็ตามความสำเร็จในการใช้ระบบอัตโนมัติ นั้นยังคงต้องอาศัยความสอดคล้องของขนาดและคุณภาพของชิ้นงานตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากหากมีความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงาน อาจส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของระบบอัตโนมัติ ซึ่งนำไปสู่ความล่าช้าในกระบวนการผลิต และอาจเกิดปัญหาชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ

บริษัท อาซาฮี-ไทยอัลลอย จำกัด เป็นหนึ่งในบริษัทที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพของสินค้าและกระบวนการผลิตอย่างยิ่ง เนื่องจากคุณภาพของสินค้าที่สูงย่อมเป็นสิ่งสำคัญต่อความพึงพอใจของลูกค้าและชื่อเสียงของบริษัท ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะในกระบวนการผลิตที่ใช้ระบบอัตโนมัติ ที่มีความแม่นยำสูง แต่ก็อาจมีข้อจำกัดเมื่อชิ้นงานที่ใช้ในการผลิตมีขนาดที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน ทำให้ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานอย่างเข้มงวด

จากการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิตชิ้นงานบอลก๊อกBCB 15-20 ได้พบปัญหาชิ้นงานบางส่วนมีขนาดที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพในการใช้ระบบอัตโนมัติ ในกระบวนการผลิตเพื่อที่จะรักษาคุณภาพของชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐานจึงสนใจจัดทำโครงการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตบอลก๊อกได้นำทฤษฎีการหาค่า Cp (Capability Index) ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของกระบวนการผลิต [1]โดยค่า Cp นี้ จะช่วยให้ บริษัทสามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตในการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดตรงตามมาตรฐานได้โครงการนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัทอาซาฮี-ไทยอัลลอยด์ จำกัด โดยการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตด้วยค่า Cp จะช่วยให้บริษัทสามารถทำ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพและมีขนาดตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการใช้ระบบอัตโนมัติ และยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าในเรื่องของคุณภาพสินค้าอีกด้วย

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

- 1.ศึกษากระบวนการผลิตบอลก๊อกน้ำ BCB 15-20
- 2.ศึกษาแบบสั่งผลิต BcB 15-20
- 3.ศึกษาวิธีการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน
- 4.เก็บตัวอย่างชิ้นงานก่อนและหลังปรับปรุงจากเครื่องกลึง 5. โดยการสุ่มตรวจ 20 ชิ้น ต่อ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 5 เดือน ตั้งแต่ เดือน มีนาคม-กรกฎาคม 2567
- 6.วัดขนาดชิ้นงานตามขนาดมาตรฐานของ dimension A 20.03-19.97 และ dimension B 14.90-15.10
- 7.วิเคราะห์ค่า Cp [1]

ก่อนปรับปรุงโดยการคำนวณค่าCp จะใช้สมการที่(1) ดังต่อไปนี้

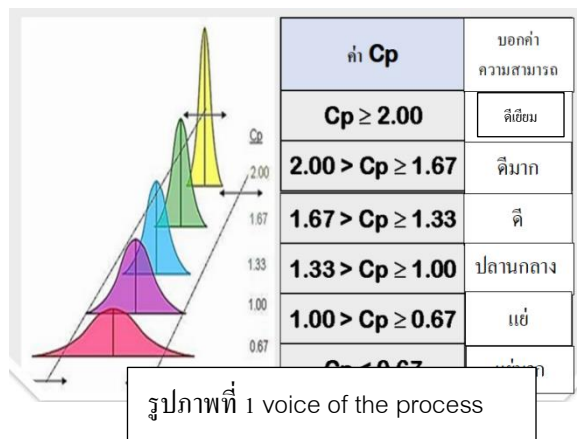
$$CP = \frac{USL - LSL}{6 * S.D} \quad (1)$$

Upper Specification Limit (USL) คือ ขีดจำกัดสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์หรือบริการควรมี

Lower Specification Limit (LSL) คือ ขีดจำกัดต่ำสุดที่ผลิตภัณฑ์หรือบริการควรมี

Standard Deviation (S.D) คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

ค่า CP ที่มีค่าสูงแสดงถึงความสามารถของกระบวนการที่มีการควบคุมคุณภาพสูง และมีโอกาสผลิตผลิตภัณฑ์ที่ตรง

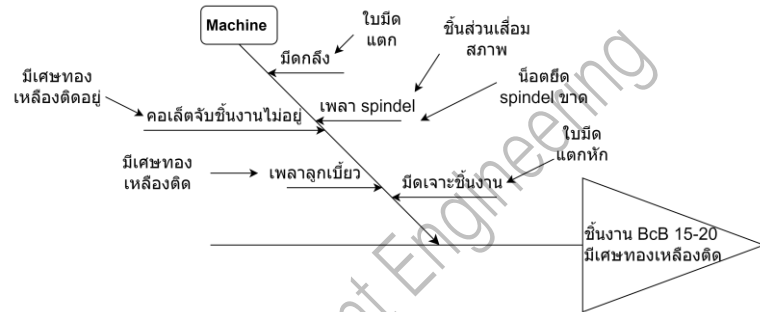


- 8.วิเคราะห์เครื่องที่ปัญหามากที่สุดโดยใช้การใช้ pareto และหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา
- 9.ปรับปรุงเครื่องกลึงตามปัญหาที่ได้จากแผนผังก้างปลา
- 10.วิเคราะห์ค่า Cp หลังปรับปรุงของเครื่องจักรว่าดีขึ้นหรือไม่ตามสมการที่(1)

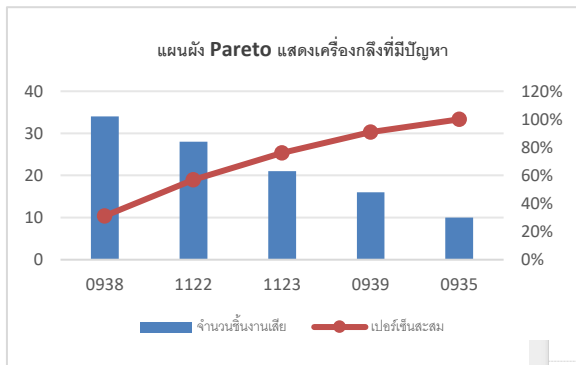
ดีกว่าค่า Cp ก่อนปรับปรุงดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการลดลงของของเสียและการมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น

## 2. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล (Results and Discussions)

จากการวิเคราะห์เครื่องที่ปัญหามากที่สุดโดยใช้ pareto ในการหาปัญหามากที่สุด ดังรูปที่ 1 เพื่อที่จะดำเนินการปรับปรุงเครื่องกลึงทองเหลืองเส้น พบว่ามีเครื่องที่ผลิตชิ้นงาน BcB 15-20ทั้งหมดอยู่ 5 เครื่อง ได้แก่ 1. เครื่อง 0935 2. เครื่อง 0938 3. เครื่อง 0939 4. เครื่อง 1122 5. เครื่อง 1123 และเครื่องหมายเลข 0938 เป็นเครื่องที่มีจำนวนชิ้นงานเสียมากที่สุด



รูปที่ 4 แผนภูมิ ก้างปลา เพื่อหาสาเหตุของปัญหา



รูปที่ 3 แผนผัง พारेโต แสดงเครื่องกลึงที่มีปัญหา

ใช้ Cp เป็นเกณฑ์โดยการใช้สีบอกว่ดีขึ้นหรือไม่
Cp < 0.5 ต้องปรับปรุง
Cp 0.5-1 เครื่องจักรพอใช้ได้
Cp ≥ 1 เครื่องจักรดี

รูปที่ 5 เกณฑ์การใช้สีแบ่งค่า Cp

หมายเลขเครื่อง	ค่า Cp ก่อนปรับปรุง									
	มกราคม					กุมภาพันธ์				
0935	0.57	0.33	0.65	1.82	1.93	1.61	2.19	2.06		
0938	0.82	0.66	0.60	1.53	1.60	0.54	0.95	1.75		
0939	1.34	0.17	0.94	1.18	0.76	1.02	1.23	1.04		
1122	1.31	1.27	0.99	0.92	0.93	1.02	0.89	1.02		
1123	1.62	1.19	0.71	1.51	0.98	0.54	1.14	1.40		
0935	1.47	1.67	2.25	2.78	2.57	2.81	2.98	2.08	3.44	2.11
0938	1.04	0.82	1.52	1.99	0.66	2.16	2.31	1.11	0.70	2.12
0939	1.57	0.99	1.30	0.66	1.99	1.34	1.35	1.01	1.32	1.55
1122	1.07	2.35	2.01	1.79	1.83	1.87	1.92	2.20	2.93	3.41
1123	1.03	ซิม	1.48	1.73	2.10	2.51	1.64	3.13	1.84	1.29
										2.44
										1.78
										1.32

ตารางที่ 1 ตารางค่า Cp ก่อนปรับปรุง ตารางที่ 2 ตารางค่า Cp หลังปรับปรุง

จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 4 โดยปัญหาของชิ้นงานที่เสียจะเหมือนกันใน 5 เครื่องจักร

จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงเครื่องจักรตามสาเหตุที่ได้วิเคราะห์ออกมา เช่น การล้างเศษทองเหลืองที่ติดอยู่บริเวณคอเล็ดทุก 15 วัน พบว่าค่า Cp หลังการปรับปรุงเครื่องจักรดังตารางที่ 2 มีแนวโน้มในทางที่

## 4. สรุปผล (Conclusion)

ขนาดที่แม่นยำของชิ้นงานมีความสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการประกอบอัตโนมัติ(Automation) ชิ้นงานที่ไม่ตรงตามมาตรฐานจะส่งผลให้การประกอบเกิดข้อผิดพลาดทำให้กระบวนการผลิตล่าช้าและลดประสิทธิภาพโดยรวมการควบคุมคุณภาพขนาดของชิ้นงานจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้กระบวนการผลิตและการประกอบด้วยระบบ Automation มีความราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจากการศึกษา

วิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการผลิตโดยใช้การวิเคราะห์พา  
เรโตและแผนผังก้างปลาเพื่อระบุปัญหาและสาเหตุของ  
ชิ้นงานเสียในเครื่องกลึงทองเหลืองเส้นพบว่าเครื่องจักร  
จำนวน 5 เครื่องที่ผลิตชิ้นงาน BCB15-20 โดยเครื่องหมายเลข  
0938

มีจำนวนชิ้นงานเสียสูงสุด หลังจากดำเนินการปรับปรุง  
เครื่องจักรตามสาเหตุที่วิเคราะห์พบว่าผลลัพธ์ที่ได้คือค่า  
ประสิทธิภาพของเครื่องจักร (ค่า Cp) มีแนวโน้มดีขึ้นกว่าก่อน  
การปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหามาจากสาเหตุ  
หลักสามารถช่วยลดปริมาณชิ้นงานเสียและเพิ่มประสิทธิภาพ  
การผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ  
ผลจากการศึกษานี้สามารถเสนอแนวทางการวิเคราะห์ปัญหา  
และปรับปรุงกระบวนการผลิตที่สามารถนำไปใช้ในกรณีอื่น  
ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในอนาคต

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอกราบขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.  
สะคราญ สีชมรังษี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์  
ศรีษะ คุณสุวัฒน์ ดาศรี ผู้ที่ให้คำปรึกษาแนวทางในการ  
ดำเนินงานวิจัยตลอดจนขั้นตอนงานวิจัย คณะผู้บริหารทุก  
ท่าน ของสถานประกอบการที่ให้การสนับสนุนด้านต่างๆ อัน  
เป็นปัจจัยที่ส่งผล ให้งานวิจัยนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์

#### 6. เอกสารอ้างอิง

[1] Minitab blog, แปลและเรียบเรียงโดยสุวดี นำพา  
เจริญ,

ศุภเดช เบญจพัฒน์มงคล และวิริณัฐ ภัครพรหมินทร์  
การประยุกต์ QC 7 Tools เพื่อลดของเสียในกระบวนการ  
ผลิต , บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต / สาขาวิชาการจัดการ  
วิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร / สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น  
หน้า 1-4, 2555.

รศ.ดร.ภก.เพ็ญกรกิจแดงประเสริฐ ความสามารถของ  
กระบวนการ (Process Capability) , กลุ่มวิชาเภสัช  
อุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต หน้า 1-  
10

## การพัฒนาโมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0

### Development of Energy Management Module in Industry 4.0

สุวิทย์ แพงกันยา\*, ก้องฤทธิ์ สินสะ และพิเชษฐ์ สุวรรณชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800, [suwit.p@rmutp.ac.th](mailto:suwit.p@rmutp.ac.th)

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโมดูลการเรียนรู้ด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในรูปแบบของการฝึกอบรมและประเมินความพอใจของผู้เข้าอบรมต่อสื่อการเรียนที่พัฒนาขึ้น โดยโมดูลที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปแบบของเอกสารการเรียนรู้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ภาคปกติ แผนการเรียนบูรณาการการเรียนรู้ร่วมกับการทำงาน สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 29 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 ได้แก่ ผลคะแนนการทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม จากผลการดำเนินงานวิจัย พบว่ามีผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวนทั้งหมด 29 คน แบ่งเป็นเพศชาย 26 คน และเพศหญิง 3 คน โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนผลการทดสอบก่อนการฝึกอบรมเฉลี่ย 10.07 คะแนน และคะแนนทดสอบหลังการฝึกอบรมเฉลี่ย 12.24 คะแนน โดยคะแนนผลการทดสอบหลังการฝึกอบรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจในการฝึกอบรมโดยรวมเฉลี่ย 4.56 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.2

**คำสำคัญ:** การจัดการพลังงาน; โมดูล; อุตสาหกรรม 4.0; ความพึงพอใจ

#### Abstract

This research aimed to design a learning module on energy management in Industry 4.0 to assess students' learning outcomes and evaluate their satisfaction with the developed materials. The module, provided as learning documents, was tested on a sample of 29 first-year undergraduate students enrolled in the regular program, which integrates work-based learning. These students were majoring in Industrial Engineering for Sustainability at the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. The evaluation tools included pre- and post-training test scores and a trainee satisfaction survey. Results showed that the 29 trainees (26 males and 3 females) achieved an average pre-training score of 10.07, which improved to 12.24 after the training, representing a statistically significant increase ( $p < 0.05$ ). Additionally, the trainees gave an average satisfaction score of 4.56 out of 5, indicating a high satisfaction rate of 91.2%.

**Key words:** Energy management; Modules; Industry 4.0; Satisfaction

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจที่จัดอยู่ในกลุ่มของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมต้องดำเนินการจัดทำระบบการจัดการพลังงานให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานที่กำหนด เนื่องจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 กำหนดให้โรงงานและอาคารที่มีขนาดและปริมาณการใช้พลังงานตามที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกาเป็นโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมดำเนินการจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน และจัดส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานภายในเดือนมีนาคมของทุกปี [1]

การพัฒนาโมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 มีความสำคัญเนื่องจากผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ในการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมได้จริง นอกจากนี้ยังทำให้การจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพ ประหยัด และลดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ทำให้เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าโมดูลการเรียนรู้ด้านการจัดการพลังงานส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบหลักสูตรการฝึกอบรมซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมการฝึกอบรมและดำเนินการโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ดังนั้นการนำโมดูลการเรียนรู้ด้านการจัดการพลังงานมาใช้ในการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมมากขึ้น ซึ่งผู้เข้ารับการฝึกอบรมเรียนรู้จะได้ปฏิบัติการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานตามแบบฟอร์มที่กฎหมายกำหนดและสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ในการปฏิบัติงานได้จริงในสถานประกอบการ นอกจากนี้ยังประเมินผลสัมฤทธิ์ของโมดูลการเรียนรู้จากการทดสอบคะแนนก่อนและหลังการอบรม และการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาโมดูล เช่น ศิวรัตน์ จุลพรหม และทิพย์มณี โรมพันธ์ [2] ได้พัฒนาการเรียนการสอนแบบบูรณาการเรียนรู้ร่วมกับการทำงานในรายวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์และวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ในงานวิศวกรรมสำหรับนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบเดิม ศิวรัตน์ จุลพรหม และคณะ [3] ออกแบบชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูลรายวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์สำหรับสอนนักศึกษาในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล จำนวน 40 คน พบว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานด้านแขนงกลและนิวเมติกส์อยู่แล้วสามารถเข้าใจและจินตนาการถึงกรณีตัวอย่างในบทเรียนได้ ซึ่งในบทเรียนและแบบทดสอบนั้นจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับด้านอุตสาหกรรม 4.0 และการใช้กรีปเปอร์ในอุตสาหกรรม ส่วนผู้เรียนในกลุ่มควบคุมที่มีการเรียนแบบปกติซึ่งไม่ได้ใช้บทเรียนที่ออกแบบไว้ อาจไม่สามารถจินตนาการถึงกรณีตัวอย่างที่ใส่ไว้ในบทเรียนโมดูลได้ และรัชดาพรธณ อินทรสุขสันติ [4] ได้พัฒนาโมดูลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางนวัตกรรม การศึกษาพิเศษ สำหรับนักศึกษาครู ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดออกแบบและพัฒนาโมดูลการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 สำหรับใช้ในการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้จากคะแนนของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรมต่อโมดูลการเรียนรู้ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยกำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1) ออกแบบโมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 มีเนื้อหาประกอบด้วย ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงาน สถานการณ์พลังงาน พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม และภาคปฏิบัติการทำรายงานการจัดการพลังงาน

2) นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ภาคปกติ แผนการเรียนการบูรณาการการทำงานกับการเรียนรู้ หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

นวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 29 คน

- 3) แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม
- 4) แบบประเมินความพึงพอใจการฝึกอบรม

## 2.2 เครื่องมือในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัยดังต่อไปนี้

- 1) ใช้สื่อการสอนสำหรับฝึกอบรมนักศึกษา
- 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้โมดูลด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะผู้วิจัยได้สร้างเป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม แบ่งเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบเติมเครื่องหมายผิดหรือเครื่องหมายถูก จำนวน 10 ข้อ รวมแบบทดสอบทั้งสองตอนมีคะแนนรวม 20 คะแนน

3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อการฝึกอบรมทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านวิทยากร ด้านสถานที่ ระยะเวลาอบรม และอาหาร ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ ด้านความรู้ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ โดยใช้แบบมาตราส่วนค่า 5 ระดับ ดังนี้

- ค่าน้ำหนักของคะแนนการ กำหนดไว้ดังนี้
- คะแนน 5 หมายถึงมีความพึงพอใจมากที่สุด
  - คะแนน 4 หมายถึงมีความพึงพอใจมาก
  - คะแนน 3 หมายถึงมีความพึงพอใจปานกลาง
  - คะแนน 2 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อย
  - คะแนน 1 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

และกำหนดเกณฑ์สำหรับแปลผลคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังนี้

- คะแนน 4.51-5.00 หมายถึงมีความพึงพอใจมากที่สุด
- คะแนน 3.51-4.50 หมายถึงมีความพึงพอใจมาก
- คะแนน 2.51-3.50 หมายถึงมีความพึงพอใจปานกลาง
- คะแนน 1.51-2.50 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อย
- ต่ำกว่า 1.5 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

## 2.3 แนวทางการศึกษา

งานวิจัยนี้มีแนวทางในการดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1) ดำเนินการชี้แจงผลการเรียนรู้และอธิบายขั้นตอนวิธีการเรียนให้นักศึกษาเข้าใจและปฏิบัติได้ถูกต้องตามแผนการจัดการเรียนรู้
- 2) ก่อนการอบรมให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม จำนวน 20 ข้อ
- 3) ดำเนินการจัดกิจกรรมอบรมในช่วงปฏิบัติแบ่งนักศึกษาออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 คน เพื่อให้จัดทำรายงานการจัดการพลังงาน
- 4) หลังการอบรมให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม จำนวน 20 ข้อ
- 5) ประเมินความพึงพอใจของการฝึกอบรม
- 6) นำข้อมูลจากการวิจัยไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## 2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบบทเรียนก่อนอบรมและหลังอบรมมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Pair Samples T-Test ด้วยโปรแกรม SPSS โดยข้อมูลจากการทดลองที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อพิจารณาความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 3.1 ผลการทดสอบคะแนนของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

โมดูล การเรียนรู้ด้านการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 4.0 นำมาทดสอบกับนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 ภาคปกติ โดยมีจำนวนทั้งหมด 29 คน โดยโมดูลการเรียนรู้มีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติดังแสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ตามลำดับ ผลการทดสอบคะแนนก่อนและหลังการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับคะแนนก่อนการฝึกอบรมเฉลี่ย 10.07 คะแนน (S.D. = 1.67) จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และหลังการฝึกอบรมผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับคะแนนเฉลี่ย 12.24 คะแนน (S.D. = 1.33) แสดงให้เห็นว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมมีคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.17 คะแนน และจากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลคะแนนผลการทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม พบว่าค่า P value

ต่ำกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (0.05) แสดงว่าข้อมูลของคะแนน ผลการสอบก่อนและหลังเฉลี่ยมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าหลังการฝึกอบรม ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความเข้าใจในเนื้อหาของ การฝึกอบรมมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาพรธณ อินทรสุขสันติ [4] ที่พัฒนาโมดูลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางนวัตกรรมการศึกษาพิเศษ สำหรับนักศึกษาครู พบว่าโมดูลการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลคะแนนการทดสอบหลังการเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติในภาคปฏิบัติ ทำให้เห็นภาพของโมดูลการเรียนรู้ได้เข้าใจและชัดเจนมากขึ้น



ภาพที่ 2 กิจกรรมภาคปฏิบัติของการฝึกอบรมโมดูลด้านการจัดการพลังงาน



ภาพที่ 1 การฝึกอบรมโมดูลด้านการจัดการพลังงาน  
ในส่วนของภาคทฤษฎี

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบระดับคะแนนก่อนและหลังการอบรมของผู้เข้าร่วมการฝึกอบรม

รายการ	จำนวนผู้เข้าอบรม (คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t	df	P
ก่อนอบรม	29	20	10.07	1.67	5.426	28	.000
หลังอบรม	29	20	12.24	1.33			

หมายเหตุ: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### 3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านวิทยากรดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจด้านวิทยากรเฉลี่ย 4.65 ซึ่งอยู่ใน

ระดับความพอใจมากที่สุด โดยการเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากรมีคะแนนเฉลี่ย 4.69 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด การถ่ายทอดของวิทยากรมีคะแนนเฉลี่ย 4.73 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด สามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็นมีคะแนนเฉลี่ย 4.69 คะแนน อยู่ในระดับมาก

ที่สุด การใช้ภาษาที่เหมาะสมและเข้าใจง่ายมีคะแนนเฉลี่ย 4.65 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด การตอบคำถามของวิทยากรมีคะแนนเฉลี่ย 4.73 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด และเอกสารประกอบการบรรยายมีคะแนนเฉลี่ย 4.42 คะแนน อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านวิทยากร

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
ด้านวิทยากร	4.65±0.49	มากที่สุด
1. การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	4.69±0.46	มากที่สุด
2. การถ่ายทอดของวิทยากร	4.73±0.44	มากที่สุด
3. สามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น	4.69±0.46	มากที่สุด
4. ใช้ภาษาที่เหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.65±0.55	มากที่สุด
5. การตอบคำถามของวิทยากร	4.73±0.44	มากที่สุด
6. เอกสารประกอบการบรรยายเหมาะสม	4.42±0.57	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านสถานที่ ระยะเวลาอบรม และอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจด้านสถานที่ ระยะเวลาอบรม และอาหารเฉลี่ย 4.53 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมากที่สุด โดยผลประเมินความพึงพอใจทางด้านสถานที่ สะอาดและมีความเหมาะสมได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.77 คะแนน อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด และผลประเมินความพึงพอใจทางด้านความพร้อมของอุปกรณ์ โสตทัศนูปกรณ์ได้รับคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 4.38 คะแนน อยู่ในระดับพอใจมาก และผลประเมินความพอใจเฉลี่ยที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจในระดับมากอีกด้านหนึ่งคือด้านอาหารมีความเหมาะสมโดยได้รับคะแนนเฉลี่ย 4.46 คะแนน

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านสถานที่  
ระยะเวลาอบรม และอาหาร

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
ด้านสถานที่ / ระยะเวลา / อาหาร	4.53±0.55	มากที่สุด
1. สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	4.77±0.42	มากที่สุด
2. ความพร้อมของอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์	4.38±0.62	มาก
3. ระยะเวลาในการอบรม / สัมมนา มีความเหมาะสม	4.50±0.57	มาก
4. อาหาร มีความเหมาะสม	4.46±0.57	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่เฉลี่ย 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมากที่สุด โดยผลประเมินความพึงพอใจทางด้านการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.769 คะแนน อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด และผลประเมินความพึงพอใจทางด้านการให้คำแนะนำหรือตอบข้อซักถามของเจ้าหน้าที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 4.50 คะแนน อยู่ในระดับพอใจมาก

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่	4.60±0.48	มากที่สุด
1. การบริการของเจ้าหน้าที่	4.54±0.50	มากที่สุด
2. การประสานงานของเจ้าหน้าที่โครงการ	4.65±0.48	มากที่สุด
3. การอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่	4.69±0.46	มากที่สุด
4. การให้คำแนะนำหรือตอบข้อซักถามของเจ้าหน้าที่	4.50±0.50	มาก



ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่อบรมดังแสดงใน ตารางที่ 5 พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจด้าน ความรู้ความเข้าใจเฉลี่ย 4.47 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมาก โดยผลประเมินความพึงพอใจทางด้านความรู้ความเข้าใจใน เรื่องนี้หลังการอบรมที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.58 คะแนน อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด และผลประเมินความพึง พพอใจทางด้านสามารถบอกข้อดีได้ได้รับคะแนนเฉลี่ยต่ำ ที่สุดคือ 4.38 คะแนน อยู่ในระดับพอใจมาก และยังมี ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่อยู่ในระดับความพึงพอใจ มาก ได้แก่ สามารถอธิบายรายละเอียดได้ การบูรณาการ ทางด้านความคิดสู่การทำงาน/การปรับตัวของบุคลากร/การ ปฏิรูประบบการทำงานในการทำงาน

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความรู้ความ เข้าใจ

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความ พึงพอใจ
ด้านความรู้ความเข้าใจ	4.47±0.62	มากที่สุด
1. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ ก่อนการอบรม	4.42±0.93	มากที่สุด
2. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลังการอบรม	4.58±0.49	มากที่สุด
3. สามารถบอกประโยชน์ ได้	4.54±0.57	มากที่สุด
4. สามารถบอกข้อดีได้	4.38±0.62	มาก
5. สามารถอธิบายรายละเอียดได้	4.42±0.63	มาก
6. สามารถจัดระบบความคิด/ ประมวลผลความคิดสู่การพัฒนา งานอย่างเป็นระบบ	4.50±0.50	มาก
7. บูรณาการทางความคิดสู่การ ทำงานเป็นทีม/การปรับตัวของ บุคลากร/การปฏิรูประบบการ ทำงานในการปฏิบัติงาน	4.42±0.57	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ด้านการนำความรู้ไปใช้ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า ผู้เข้ารับ การฝึกอบรมมีความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้เฉลี่ย 4.59 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมาก โดยผลประเมินความพึง

พอใจทางด้านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการ ปฏิบัติงานได้ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.65 คะแนน อยู่ ในระดับพอใจมากที่สุด และผลประเมินความพึงพอใจ ทางด้านมีความมั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้ ได้รับคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 4.54 คะแนน อยู่ในระดับ พพอใจมากที่สุด และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ด้านอื่นๆ ที่เหลืออยู่ในระดับดีมากที่สุดเช่นกัน

นอกจากนี้ยังพบว่าความพึงพอใจรวมทั้งหมดของการ ฝึกอบรมได้รับคะแนนเฉลี่ย 4.56 คะแนน โดยอยู่ในระดับ ความพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการนำไปใช้ และสรุปความพึงพอใจรวมทั้งหมด

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความ พึงพอใจ
ด้านการนำความรู้ไปใช้	4.59±0.57	มากที่สุด
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไป ประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	4.65±0.48	มากที่สุด
2. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ / ถ่ายทอดแก่ชุมชนได้	4.54±0.57	มากที่สุด
3. สามารถให้คำปรึกษาแก่เพื่อน ร่วมงานได้	4.62±0.56	มากที่สุด
4. มีความมั่นใจและสามารถนำ ความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้	4.54±0.69	มากที่สุด
สรุปความพึงพอใจรวมทั้งหมด	4.56±0.55	มากที่สุด

#### 4. สรุปผล

จากการพัฒนาโมดูลด้านการจัดการพลังงานใน อุตสาหกรรม 4.0 และนำโมดูลที่ออกแบบมาใช้ทดสอบการ เรียนรู้ผ่านการฝึกอบรม โดยนักศึกษาที่เข้าร่วมการฝึกอบรม เป็นนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 ภาคปกติ แผนการเรียนการบูรณา การทำงานกับการเรียนรู้ สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี นวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน ซึ่งนักศึกษาเหล่านี้ทำงานอยู่ใน สถานประกอบการตลอดทั้งหลักสูตร พบว่าผู้เข้ารับการ ฝึกอบรมทำคะแนนทดสอบก่อนการฝึกอบรมเฉลี่ยได้ 10.07 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และผู้เข้ารับการ ฝึกอบรมผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับคะแนนเฉลี่ย 12.24 คะแนน โดยคะแนนที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ในทางสถิติ และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจด้าน  
วิทยากรเฉลี่ย 4.65 อยู่เกณฑ์ความพอใจมากที่สุด ด้าน  
สถานที่ ระยะเวลาอบรม และอาหารเฉลี่ย 4.53 ซึ่งอยู่ใน  
ระดับความพอใจมากที่สุด ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่  
เฉลี่ย 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมากที่สุด ด้านความรู้  
ความเข้าใจเฉลี่ย 4.47 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมาก ด้าน  
การนำความรู้ไปใช้เฉลี่ย 4.59 ซึ่งอยู่ในระดับความพอใจมาก  
ที่สุด และความพึงพอใจรวมทั้งหมดของการฝึกอบรมได้รับ  
คะแนนเฉลี่ย 4.56 คะแนน โดยอยู่ในระดับความพึงพอใจ  
มากที่สุด

### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย  
และนวัตกรรม (ววน.) ประเภททุนวิจัยพื้นฐาน ประจำปี  
งบประมาณ 2566 ชุดโครงการพัฒนาสมรรถนะและความ  
เชี่ยวชาญของนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตความ  
เที่ยงตรงสูงด้วยโปรแกรมการเรียนรู้แบบบูรณาการกับการ  
ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรม 4.0 ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย  
ขอขอบคุณ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ที่เอื้อเพื่อ  
สถานที่จัดการฝึกอบรม และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรม  
การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
ที่ให้การสนับสนุนทำวิจัย

### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่  
2) พ.ศ. 2550, ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 124 ตอนที่ 87  
ก (4 มีนาคม 2550), หน้า 1-10, 2550.
- [2] ศิวรุตม์ จุลพรหม และทิพย์มณี โรมพันธ์, “การ  
เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่ได้รับการจัดการเรียน  
การสอนเชิงบูรณาการกับการทำงานในวิชาคณิตศาสตร์  
ประยุกต์ในงานวิศวกรรมและวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ในงาน  
วิศวกรรมของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมการ  
จัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระ  
นคร”, การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทาง  
วิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่าง  
ยั่งยืน ครั้งที่ 12 ประจำปี 2566, หน้า 126-137, 2566.

- [3] ศิวรุตม์ จุลพรหม, ธนัช ปัญญาภลวัต และ สวิช ประวิทย์,  
“การพัฒนาและออกแบบบทเรียนในรูปแบบโมดูล  
สำหรับวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ เรื่องแขนกลใน  
อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน”, การประชุมวิชาการ  
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8  
วันที่ 26 พฤษภาคม 2567 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มท  
ร.พระนคร, หน้า 245-248, 2567.
- [4] รัชดาพรรณ อินทรสุขสันติ, “การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้  
ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เพื่อ  
เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางนวัตกรรมการศึกษา  
พิเศษ สำหรับนักศึกษาครู”, วารสารมณีเชษฐาราม วัด  
จอมมณี, ปีที่ 7 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2567  
หน้า 404-418, 2567.

การออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ  
กรณีศึกษา สายการผลิตไดแคสติง (ด้ามก๊อกและด้ามบอลวาล์ว)

บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

Design of an Automatic Weight Checking and Product Conveying System  
A Case Study of the Die Casting Production Line for Tap Handles and Ball  
Valve Handles at Asahi-Thai Alloy Company Limited.

ปริยัติ ผากา<sup>1</sup>, พนิดา ไตรยสุทธิ<sup>1</sup>, สมชาย ดอกไม้เงิน<sup>1</sup>, อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>, กณวรรณ นวลหุ่น<sup>2</sup>,  
นภัสวรรณ พึ่งแก้ว<sup>2</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup> และ เทอดพงษ์ แดงสี<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[Pariyat-p@rmutp.ac.th](mailto:Pariyat-p@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด 9/23  
สุขสวัสดิ์ 78 ซ่งเรือ ถัดหลวง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10130

## บทคัดย่อ

การออกแบบครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติสำหรับสายการผลิตไดแคสติง (ด้ามก๊อกและด้ามบอลวาล์ว) ของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด โดยเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพในการตรวจสอบน้ำหนักและกระบวนการลำเลียงสินค้า เพื่อลดข้อผิดพลาดจากพนักงานและเพิ่มความแม่นยำในการผลิต ระบบที่ออกแบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำหนักที่ทำงานร่วมกับเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติ และระบบลำเลียงสินค้าด้วยการใช้กระบอกสูบลม (pneumatic cylinders) เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

นอกจากนี้ การศึกษายังมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาโปรแกรมควบคุมที่สามารถตรวจสอบและจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ รวมถึงการตรวจจับความผิดปกติในกระบวนการผลิตและการแก้ไขปัญหาเชิงกล เช่น การติดขัดของระบบลำเลียง การศึกษานี้ได้ทดสอบและวิเคราะห์ผลการปรับปรุงระบบผ่านการทดลองในสายการผลิตจริง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบน้ำหนัก ลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ และเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตด้ามก๊อกและด้ามบอลวาล์ว ผลการออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียง

**คำสำคัญ :** การออกแบบ; โหลดเซลล์; อัตโนมัติ; ด้ามก๊อกน้ำและบอลวาล์ว; ระบบสายพานลำเลียง

## Abstract

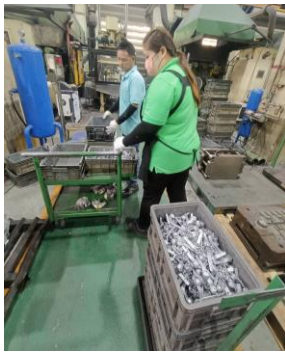
The objective of this design is to develop an automatic weight checking and product conveying system for the die casting production line (tap handles and ball valve handles) at Asahi-Thai Alloy Company Limited. The focus is on improving efficiency in weight inspection and the product conveying process to reduce human errors and enhance production accuracy. The system consists of weight detection sensors integrated with automatic weighing machines and a product conveying system using pneumatic cylinders to increase speed and efficiency.

Additionally, the study emphasizes the development of a control program capable of real-time monitoring and data management, including the detection of abnormalities in the production process and resolving mechanical issues, such as conveyor system jamming. This study tested and analyzed the improvements through trials on the actual production line, demonstrating that the developed system can increase weight inspection accuracy, reduce product loss, and enhance output in the tap handle and ball valve handle production process. The design results can serve as a guideline for developing automatic weight checking and product conveying systems in the die casting industry and other manufacturing sectors requiring highly efficient and precise systems.

**Key word:** Design; Load cell; Automatic; Faucet handle and ball valve; Conveyor system

## 1. บทนำ

บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ถือเป็นผู้นำในการผลิตก๊อมน้ำในประเทศไทย ที่มีแนวคิดและแผนในการพัฒนาสายการผลิตทุกกระบวนการผลิตให้มีความทันสมัย โดยการพัฒนาระบบการผลิตต่าง ๆ ให้เป็นระบบอัตโนมัติ [1] ซึ่งในกระบวนการผลิตก๊อมน้ำนั้นมีหลายขั้นตอนและหนึ่งในกระบวนการผลิตนั้นคือ การผลิตด้ามจับก๊อมน้ำและนำไปประกอบ ซึ่งกระบวนการผลิตนี้ในปัจจุบันยังไม่มีระบบอัตโนมัติแบบครบวงจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนรวบรวมชิ้นงานละเอียด ซึ่งต้องการช่างนำหนัก ก่อนนำไปสู่กระบวนการผลิต ซึ่งการทำงานในปัจจุบันยังดำเนินการโดยใช้แรงงานคนเป็นหลัก (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การช่างจำนวนชิ้นงานของพนักงาน

โครงการนี้จึงถูกดำเนินการขึ้นเพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติขึ้นมาใช้งานในแผนกไดแคสติง (Die Casting) ซึ่งมีหน้าที่ผลิตด้ามจับก๊อมน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการดังนี้

1. เพื่อศึกษากระบวนการตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติในแผนกไดแคสติง
2. การออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าสำหรับกระบวนการผลิตด้ามจับก๊อมน้ำ

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การขี้งขึ้นอันตรายและการประเมินความเสี่ยงของการออกแบบ

ในการดำเนินการโครงการเกี่ยวข้องกับทฤษฎีและหลักการต่อไปนี้

2.1.1 หลักการวางแผนและพัฒนาระบบอัตโนมัติใหม่ ซึ่งเป็นแนวทาง ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า การวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีจุดมุ่งหมาย หลักคือเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานในกระบวนการออกแบบตลอดจนการผลิต ซึ่งมีประเด็นสำคัญคือ การกำหนดขอบเขตงานตามความต้องการของผู้ใช้งานหรือลูกค้า ก่อนนำไปทำการออกแบบระบบอัตโนมัติที่มีหน้าที่และคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

2.1.2 หลักการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effective Analysis: FMEA) [2] คือ กระบวนการที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ที่ถูกใช้เพื่อให้แน่ใจว่าปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ถูกพิจารณา และถูกจัดการแล้ว ซึ่งครอบคลุมถึงกระบวนการในการพัฒนาระบบอัตโนมัติ และกระบวนการผลิตต้นแบบ โดยผลลัพธ์ที่ได้จาก FMEA จะมุ่งเน้นให้เห็นถึงคุณลักษณะของข้อบกพร่อง หรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) อันเนื่องมาจากการออกแบบ และการผลิต ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่อง ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effects Analysis) แล้วนำไปสู่การหาวิธีป้องกันการเกิดข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น (Problem Prevention) นั้น [6] FMEA สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ [2]

1. Design FMEA (DFMEA) คือ การปรับปรุงการออกแบบโดยวิธีการ FMEA
2. Process FMEA (PFMEA) คือ การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยวิธีการ FMEA
3. Service FMEA (SFMEA) คือ การปรับปรุงการให้บริการ

ทั้งนี้ โครงการนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับ DFMEA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการป้องกันหรือลดโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง กำจัดสาเหตุของข้อบกพร่อง รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับข้อบกพร่องให้พบก่อนนำไปสู่กระบวนการผลิตหรือสร้างเครื่อง ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ ประกอบด้วย การระบุข้อมูลความต้องการของลูกค้า (Customer Requirement) การระบุลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) การระบุลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะ เกิด (Potential Failure

Effect) การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ (Potential of Failure) เป็นต้น

การวิเคราะห์ DFMEA มีการใช้ตัวเลข แสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) [2] ซึ่งหมายถึง ผลลัพธ์ของความรุนแรง โอกาสในการเกิด และการตรวจจับเพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญ ในการแก้ปัญหา ซึ่งคำนวณจากได้ด้วยสมการต่อไปนี้ [2]

$$RPN=S \times O \times D$$

เมื่อ S คือ ความรุนแรง (Severity)

O คือ โอกาสในการเกิด (Occurrence)

D คือ การตรวจจับ (Detection)

ทั้งนี้ ค่า S, O และ D ได้ถูกกำหนดคะแนนเป็นจำนวนเต็มสำหรับการให้คะแนนตั้งแต่ 1 – 10 ดังแสดงในตารางที่ 1-3 ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาค่า RPN ได้แล้ว จะนำค่าที่ได้ไปแปลผลตามคำอธิบายในตารางที่ 4

ตารางที่ 1 เกณฑ์ของ Severity (S) และคำอธิบาย

คะแนน (S)	อธิบาย
1	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ใด ๆ ต่อผลิตภัณฑ์ลูกค้าไม่สามารถตรวจสอบได้
2-3	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าอาจจะสังเกตเห็นถึงความเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่เกิดขึ้นได้
4-6	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจ ซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมประสิทธิภาพ (Degrade) ของผลิตภัณฑ์
7-8	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก ซึ่งอาจนำไปสู่กระบวนการผลิตหยุดชะงักได้
9-10	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ และมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล

ตารางที่ 2 เกณฑ์ของ Occurrence (O) และคำอธิบาย

คะแนน (S)	อธิบาย
1	แทบจะไม่มีโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้น หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีเพียงประมาณ 1 ใน 1,000,000 (0.0001%)
2-3	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่กับระดับที่น้อยมาก หรือ 1 ใน 20,000 (0.005%)
4-6	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่กับระดับปานกลาง หรือ 1 ใน 4,000 (0.025%)
7-8	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่กับปานกลาง หรือ 1 ใน 1,000 (0.1%)
9-10	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่กับสูงมาก หรือ 1 ใน 2 (50%)

ตารางที่ 3 เกณฑ์ของ Detection (D) และคำอธิบาย

คะแนน (S)	อธิบาย
1	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูงมาก คือระบบการควบคุมที่มีอยู่สามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน
2-3	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูง คือระบบการควบคุมที่มีอยู่มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้
4-6	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับปานกลาง คือระบบการควบคุมที่มีอยู่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้บางส่วน
7-8	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อย คือระบบการควบคุมที่มีอยู่ไม่สามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้เลย หรือความผิดพลาดจากการตรวจจับ
9-10	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อย คือระบบการควบคุมที่มีอยู่ไม่มีโอกาสตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้เลย หรือไม่มีระบบควบคุมในปัจจุบัน

ตารางที่ 4 เกณฑ์ของ RPN และคำอธิบาย

ลำดับ	ระดับความเสี่ยง	RPN
1	ไม่มีความเสี่ยง	0 - 300
2	ระดับความเสี่ยงที่ต่ำ	301 - 400
3	ระดับความเสี่ยงสูง	401 - 800
4	ระดับความเสี่ยงที่รุนแรง	801 - 1,000

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติและระบบที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการวิจัยที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

1) รัตนสุตา สุภานีพร และคณะ [3] ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบวัดดัชนีมวลกาย (BMI) อัตโนมัติที่แสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node Mcu V.2 และเซนเซอร์อัลตราโซนิกร่วมกับโหลดเซลล์ ซึ่งจากการทดสอบพบว่า ระบบสามารถวัดระยะส่วนสูงและน้ำหนักได้แม่นยำ สามารถใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองภาวะน้ำหนักเกินและโรคที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ไศรยา ปิยะวรรณภักดี และ นพพล กระจ่างศรี [4] ได้พัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของด่านชั่งน้ำหนัก 3 รูปแบบ ได้แก่ ด่านชั่งน้ำหนักถาวร ด่านชั่งน้ำหนักถาวรแบบ WIM และด่านชั่งน้ำหนัก WIM แบบอัตโนมัติ ผลวิจัยช่วยแนะนำเงื่อนไขการจัดตั้งด่านชั่งน้ำหนักและการใช้เครื่องชั่งขณะรถวิ่งอย่างมีประสิทธิภาพ

3) จิตตกานต์ อินทเทียง และคณะ [5] ได้ทำการพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์โดยการปรับปรุงระบบปรับตั้งภายในจากแบบแมนนวลเป็นอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศ และเวลาร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานผ่านการเชื่อมต่อ RS232 และเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาซี ระบบสามารถกระตุ้นการปรับตั้งภายในอัตโนมัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเวลา ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเครื่องชั่งมีการตอบสนองตามคำสั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) ไพฑูรย์ พูลสุขโข และ พิเชษฐ์ กันทะวัง [6] ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบยานขนส่งลำเลียงแบบอัตโนมัติ โดยมีมุ่งหวังเพื่อลดต้นทุนด้านแรงงานและปัญหาของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับรถลำเลียงสินค้า, การออกแบบ, ค่าฉนวน, และสร้างตัวรถที่ใช้ Speed control motor DC 24 Volt และ Stepping Motor DC 2.9 Volt พร้อมเซนเซอร์ตรวจจับเส้นแถบสีดำ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่ารถลำเลียงสามารถรับน้ำหนัก 50 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 9.9 เมตร/นาที ตามเส้นทางที่กำหนดและควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5) กิตติพงษ์ แสงบุตดี [7] ได้ทำการการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ในอุตสาหกรรมสุภาพ โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายวัสดุ โดยพิจารณาความต้องการเฉพาะของอุตสาหกรรมและมาตรฐานด้านความปลอดภัย ซึ่งผลลัพธ์ของโครงการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดในการทำงานในสถานพยาบาลได้ [7] พ. อาสนจินดา, "การพัฒนาระบบชั่งน้ำหนักเคลื่อนที่โดยใช้สะพานสำหรับการควบคุมยานพาหนะน้ำหนักเกินพิกัดบนทางหลวง: กรณีทดสอบภาคสนาม

6) พัทธพงษ์ อาสนจินดา [8] ได้ทำการการศึกษาโดยทดสอบระบบหาน้ำหนักบรรทุกทุกขณะเคลื่อนที่โดยใช้สัญญาณความเครียดจากสะพานที่สะพานข้ามคลองบางไผ่บนทางหลวงหมายเลข 304 จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อพัฒนาระบบการวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุกและลดระยะเวลาในการขนส่ง การทดลองติดตั้งมาตรวัดความเครียดได้สะพานและเปรียบเทียบกับน้ำหนักจริงที่ด้านข้าง ซึ่งพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดที่ 4.71% และ 16.63% ตามลำดับ

จากการศึกษาวิจัยข้างต้น ไม่พบงานวิจัยที่คล้ายกับโครงการที่กำลังดำเนินการ คณะผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำตามกระบวนการในการออกแบบที่อธิบายไว้ในวิธีการดำเนินโครงการ

### 3. วิธีการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ มีกระบวนการต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2

#### 3.1 การศึกษาและเก็บข้อมูลการผลิตตามก้อนน้ำในปัจจุบัน

จากการดำเนินการ การสำรวจพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตในแผนกใดแคสตั้ง พบว่ามีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีพนักงานในกระบวนการซึ่งขึ้นงาน 2 คน โดยเวลาในแต่ละรอบจะต้องเซ็นเครื่องซึ่งเข้าซึ่งขึ้นงาน ที่ผลิตออกจากเครื่องฉีดอะลูมิเนียมจำนวน 7 เครื่อง ซึ่งติดตั้งเรียงกันดังภาพที่ 3 ในอาคารหนึ่งของโรงงาน

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการทำงานจะเห็นได้ว่า จากภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานเอาไว้ตามลำดับ ดังนี้ 1) การฉีดขึ้นรูปขึ้นงาน 2) แขนกลนำขึ้นงานเข้าเครื่องตัดปีก 3) ขึ้นงานลงในช่องพัก เพื่อระบายความร้อนของขึ้นงาน 4) นำขึ้นงานออกไปใส่ลังพลาสติก 5) ยกถังขึ้นงานมาวางไว้เพื่อรอซึ่งขึ้นงาน 6) พนักงาน 2 คน ชั่งน้ำหนักขึ้นงาน



ภาพที่ 2 กระบวนการดำเนินโครงการ

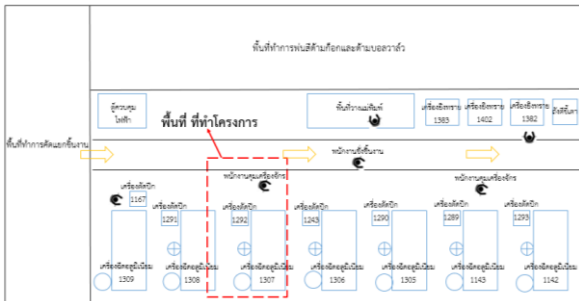
#### 3.2 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม SOLIDWORK

การศึกษากการใช้งานโปรแกรม SOLIDWORKS ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบในโครงการนี้ ครอบคลุมหลายหัวข้อหลัก โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจพื้นฐานของโปรแกรม ซึ่งรวมถึงการรู้จักส่วนประกอบของหน้าจอ เช่น Feature Manager Design Tree และ Command Manager รวมถึงการใช้เครื่องมือสร้างสเก็ตช์และ Solid ต่าง ๆ เพื่อ สร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยมุ่งเน้นที่การกำหนดมิติ และ คุณสมบัติของวัสดุเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติม นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างชิ้นส่วน (Part Modeling) ด้วย การใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การสร้างและแก้ไข Feature รวมถึงการประกอบชิ้นส่วน (Assembly) และการสร้าง Drawing 2 มิติ จากแบบจำลอง 3 มิติ สำหรับ

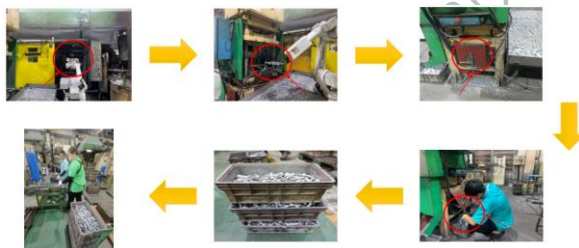
การผลิต ในการวิเคราะห์ (Simulation) ซึ่งการใช้ SolidWorks Simulation เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของชิ้นงานผ่านการวิเคราะห์แรงดัน แรงเฉือน และการโก่งตัวต่าง ๆ ได้ [9]

### 3.3 ออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ

1. ทำการศึกษาเก็บข้อมูลพื้นที่ที่ใช้ของเครื่องเดิมและวัดระยะใหม่เพื่อออกแบบเครื่องตรวจสอบน้ำหนัก
2. แนวคิดในการออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ
3. การออกแบบจริงด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS



ภาพที่ 3 Layout สายการผลิตด้ามก๊อกน้ำ แผนกโตแคสตั้ง Die Casting (จำลองตำแหน่งเครื่องชั่งตุ้มนิยาม)



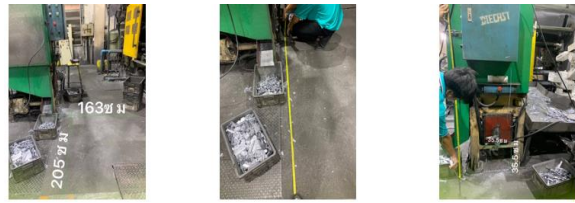
ภาพที่ 4 กระบวนการทำงานปัจจุบัน

### 4. ผลการดำเนินโครงการ

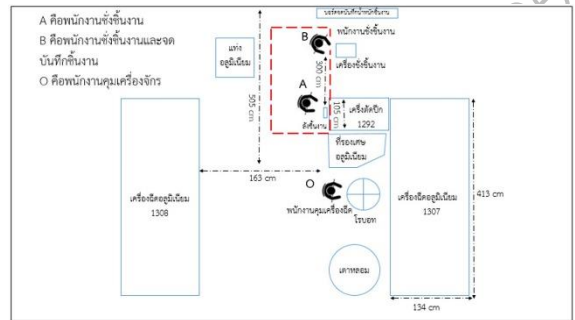
ผลจากการออกแบบระบบอัตโนมัติในโครงการนี้ประกอบด้วย

- 1) ลักษณะและอุปกรณ์หลักที่ใช้ทำงานของระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติ
- 2) ชิ้นส่วนที่ทำการออกแบบเองจากโปรแกรม SOLIDWORK (ดังภาพที่ 8-11)
- 3) การออกแบบกระบอกสูบ (ดังภาพที่ 12)

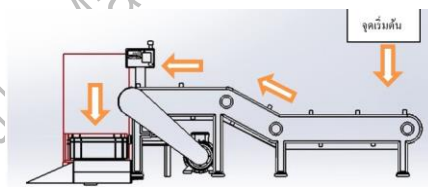
### 4) กระบวนการทำงานของระบบ (ดังภาพที่ 13)



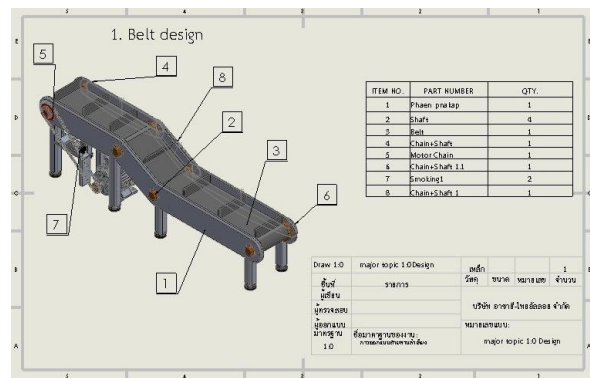
ภาพที่ 5 ทำการศึกษาเก็บข้อมูลพื้นที่



ภาพที่ 6 Layout พื้นที่สำหรับดำเนินการโครงการ

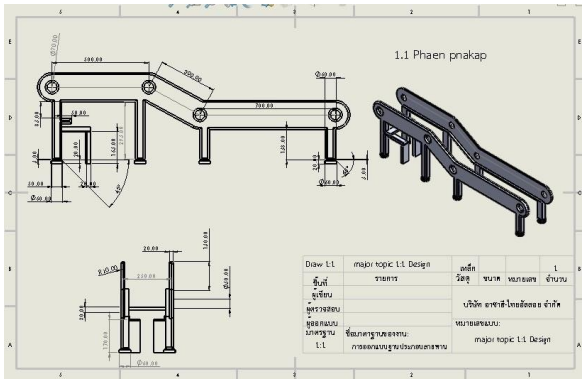


ภาพที่ 7 แนวคิดในการออกแบบ

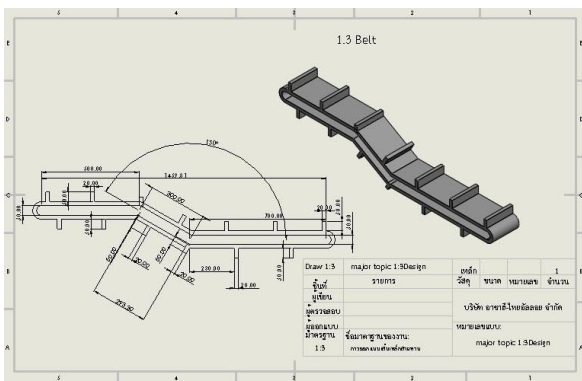


ภาพที่ 8 การออกแบบสายพาน

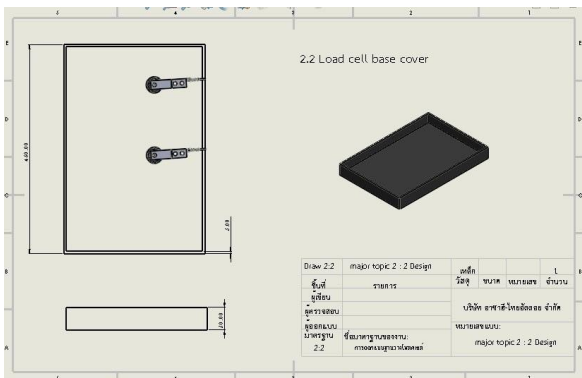




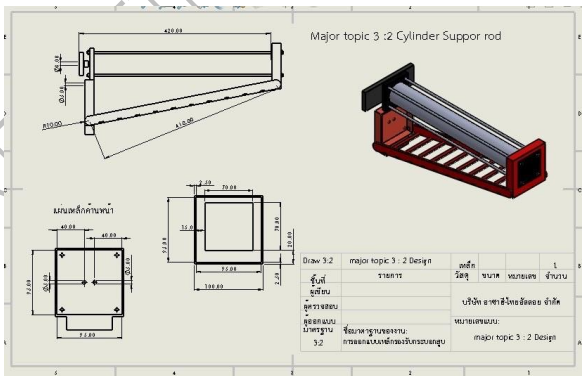
ภาพที่ 9 การออกแบบฐานประกอบของสายพาน



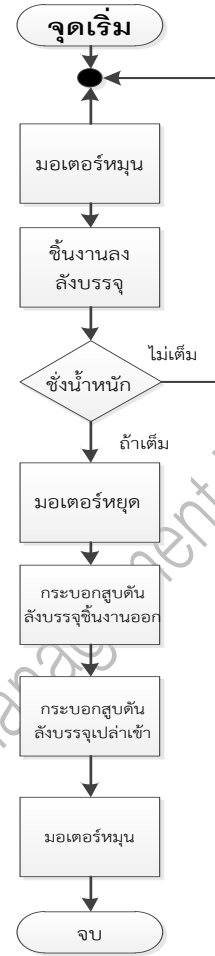
ภาพที่ 10 การออกแบบสายพาน



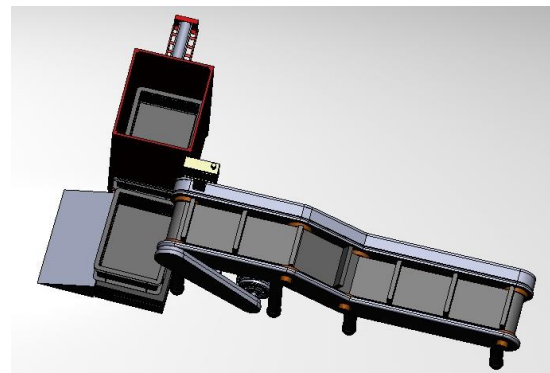
ภาพที่ 11 การออกแบบฝาครอบฐานโหลดเซลล์



ภาพที่ 12 การออกแบบกระบอกสูบ



ภาพที่ 13 การทำงาน



ภาพที่ 14 ภาพแบบของระบบที่ได้จากการออกแบบ

นอกจากนี้ยังมีผลจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในระบบที่ออกแบบเสร็จแล้ว โดยผู้เชี่ยวชาญในโรงงานจำนวน 2 ท่าน ซึ่งแสดงในตารางที่ 5-7 ซึ่งจะเห็นว่าผู้เชี่ยวชาญประเมินว่าส่วนประกอบที่มีความเสี่ยงสูงคือ โหลดเซลล์ สายพาน และมอเตอร์ ที่ได้ค่า RPN เท่ากับ 99, 87.5, 48.125 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 4 แล้ว

ถือว่าไม่มีความเสี่ยง สามารถนำแบบนี้ไปพัฒนาต่อได้

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเสี่ยงในการออกแบบของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ลำดับ	รายการ	หน้าที่	โอกาสที่วัดความเสี่ยงและผลกระทบ	Severity		Occurrence		Detect	
				a	b	a	b	a	b
1		-ชุดคอ ใช้เป็นต้นกำลังสำหรับ กาวขึ้นเครื่อง	-ไม่การคำนวณแรง กำลัง	10	1	6	1	3	2
2		-เวลา ใช้ในาชขึ้นเครื่องสายพาน	-การปรับแรงบิดกับกำลัง	3	2	1	1	7	2
3		- ใจ ขึ้นเครื่องกดให้หมุน	- การใช้โซ่ที่รองรับน้ำหนักเกินขีดจำกัดของมัน อาจทำให้โซ่ขาดเนื่องจากแรงดึงที่สูงเกินไป ส่งผลให้สินค้าที่ถูกส่งมาถึงลูกค้าหรือได้รับความสะดวก	6	1	3	1	3	1
4		- สายเหล็กลำเลียงชิ้นงานที่มีความร้อนไม่เกิน 100 องศา	- สิ่งสกปรก ก้อน หรือเศษวัสดุที่สะสมอยู่ในระบบลำเลียง อาจทำให้ลูกกลิ้งหมุนไม่เรียบหรือเกิดแรงเสียดทานมากขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดการสึกหรอของลูกกลิ้งและชิ้นส่วนอื่นๆ	8	2	6	1	3	2
5		- โพลีคาร์บอเนตที่หนีบในการขึ้นงาน	- การดึงค่าผลการปรับเทียบที่ไม่ถูกต้อง ความเค้นหรือความเครียดที่เกินขีดจำกัด	10	1	8	1	2	2
6		- ทำครอบเป็นฐานรองบนโพลีคาร์บอเนต	- การใช้งานที่เกินขีดความสามารถของทำครอบในการรองรับน้ำหนัก อาจทำให้ทำครอบฐานโค้งงอหรือเสียรูป ส่งผลให้กระทบงานที่หนีบหลุด	8	1	3	1	1	2
7		- กระบอกสูบแบบแก๊ส มีคัสตัมสั่งขึ้น งานของลูกค้าเครื่องจักร	- สิ่งสกปรกหรือเศษวัสดุของเข้าไปภายในกระบอกสูบ ทำให้ลูกสูบติดขัดและไม่สามารถเคลื่อนที่ได้	4	2	2	1	4	2

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความเสี่ยงในการออกแบบของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ลำดับ	รายการ	หน้าที่	โอกาสที่วัดความเสี่ยงและผลกระทบ	Severity		Occurrence		Detect	
				a	b	a	b	a	b
1		-ชุดคอ ใช้เป็นต้นกำลังสำหรับ กาวขึ้นเครื่อง	-ไม่การคำนวณแรง กำลัง	10	1	6	1	3	2
2		-เวลา ใช้ในาชขึ้นเครื่องสายพาน	-การปรับแรงบิดกับกำลัง	3	2	1	1	7	2
3		- ใจ ขึ้นเครื่องกดให้หมุน	- การใช้โซ่ที่รองรับน้ำหนักเกินขีดจำกัดของมัน อาจทำให้โซ่ขาดเนื่องจากแรงดึงที่สูงเกินไป ส่งผลให้สินค้าที่ถูกส่งมาถึงลูกค้าหรือได้รับความสะดวก	6	1	3	1	3	1
4		- สายเหล็กลำเลียงชิ้นงานที่มีความร้อนไม่เกิน 100 องศา	- สิ่งสกปรก ก้อน หรือเศษวัสดุที่สะสมอยู่ในระบบลำเลียง อาจทำให้ลูกกลิ้งหมุนไม่เรียบหรือเกิดแรงเสียดทานมากขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดการสึกหรอของลูกกลิ้งและชิ้นส่วนอื่นๆ	8	2	6	1	3	2
5		- โพลีคาร์บอเนตที่หนีบในการขึ้นงาน	- การดึงค่าผลการปรับเทียบที่ไม่ถูกต้อง ความเค้นหรือความเครียดที่เกินขีดจำกัด	10	1	8	1	2	2
6		- ทำครอบเป็นฐานรองบนโพลีคาร์บอเนต	- การใช้งานที่เกินขีดความสามารถของทำครอบในการรองรับน้ำหนัก อาจทำให้ทำครอบฐานโค้งงอหรือเสียรูป ส่งผลให้กระทบงานที่หนีบหลุด	8	1	3	1	1	2
7		- กระบอกสูบแบบแก๊ส มีคัสตัมสั่งขึ้น งานของลูกค้าเครื่องจักร	- สิ่งสกปรกหรือเศษวัสดุของเข้าไปภายในกระบอกสูบ ทำให้ลูกสูบติดขัดและไม่สามารถเคลื่อนที่ได้	4	2	2	1	4	2

#### 4. อภิปรายและสรุปผล

จากการดำเนินการออกแบบระบบตรวจสอบน้ำหนักและลำเลียงชิ้นงานแบบอัตโนมัติให้กับแผนกสายการผลิต Die Casting (ด้ามก็อกน้ำ) ของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย

จำกัด เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานและเพิ่มความแม่นยำในการผลิต จะเห็นได้ว่า ระบบที่ออกแบบขึ้นจะทำให้การตรวจสอบน้ำหนักของสินค้ารวดเร็ว และลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจสอบโดยมนุษย์

ตารางที่ 7 สรุปผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	การประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			
	Severity	Occurrence	Detect	RPN
1.มอเตอร์	5.5	3.5	2.5	48.125
2.เพลลา	2.5	1	9	22.5
3.โซ่	3.5	2	4	28
4.สายพาน	5	3.5	5	87.5
5.โพลีคาร์บอเนต	5.5	4.5	4	99
6.ฐานรองบนโพลีคาร์บอเนต	4.5	2	3	27
7.กระบอกสูบแบบแก๊ส	3	1.5	6	27

นอกจากนี้ ระบบลำเลียงสินค้าอัตโนมัตินี้จะช่วยลดระยะเวลาการขนถ่าย และเพิ่มความต่อเนื่องของสายการผลิต จะช่วยทำให้ปัญหาการหยุดชะงักน้อยลง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงในระยะยาว การจัดการทรัพยากรมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งช่วยยกระดับมาตรฐานการผลิตให้ทันสมัยและตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณพงษ์ศักดิ์ จินดาสุข กรรมการผู้จัดการ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและสถานที่ในการทำงาน และขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุน และขอขอบคุณว่าที่ร้อยโทสภาพร ไม้แผน ที่ช่วยถ่ายทอดความรู้

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มบริษัทจินดาสุข, <https://www.sanwa.co.th/about-us/>
- [2] สภาพร ไม้แผน และ ไพศาล บุญยรัตน์, “การออกแบบและวิเคราะห์ระบบจรวดดับไฟป่าโดยใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการออกแบบ

- (DFMEA)," การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 12 (SIIMC 2023), กันยายน 2566, กรุงเทพฯ, หน้า 147-156.
- [3] รัตนสุดา สุภานีพร, อีรวลัย ปานกลาง, และ จุฬพร ศรีจุมพล, "การออกแบบและสร้างระบบวัดดัชนีมวลกาย (BMI) อัตโนมัติแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต," วารสารวิชาการเทคโนโลยี I-TECH, ปีที่ 14, ฉบับที่ 2, หน้า 1-10, กรกฎาคม-ธันวาคม. 2562.
- [4] ไศรยา ปิยะวรรณภักดี และ นพพล กรประเสริฐ, "แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบการจราจรของการดำเนินงานระบบเครื่องชั่งน้ำหนักขณะรอกวิ่ง วารสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง, หน้า 1-10, ปีที่เผยแพร่.
- [5] จิตตกานต์ อินทเทียง, วิชิต ศิริโชติ, และ สมโภชน์ บุญสนิท, "การพัฒนาระบบควบคุมการปรับตั้งเครื่องชั่งอัตโนมัติ, วารสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง, หน้า 1-10, ปีที่เผยแพร่.
- [6] ไพฑูรย์ พูลสุขโข และ พิเชษฐ์ กันทะวัง, "ระบบยานขนส่งลำเลียงอัตโนมัติ," คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปีที่เผยแพร่.
- [7] ก. แสงบุตต, "การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ในอุตสาหกรรมสุภาพ," (รายละเอียดการตีพิมพ์/โครงการหากมี), ปี
- [8] พ. อาสนจินดา, "การพัฒนาระบบชั่งน้ำหนักเคลื่อนที่โดยใช้สะพานสำหรับการควบคุมยานพาหนะน้ำหนักเกิน พักดับทางหลวง: กรณีทดสอบภาคสนาม," นำเสนอในการประชุม/วารสาร (หากมีข้อมูลเพิ่มเติม), ปีที่, ฉบับที่, หน้า, ปี
- [9] ป. พรหมมาบุญ, เอก. อินต๊ะวงศา, และ ป. พลรักษ์, "การออกแบบและสร้างระบบสายพานลำเลียง (กรณีศึกษา: บริษัท ซีพีเอฟ เทรดิง จำกัด สาขาลำปาง)," นำเสนอในการประชุม/วารสาร (หากมีข้อมูลเพิ่มเติม), ปีที่, ฉบับที่, หน้า, ปี.
- [10] โปรแกรมSOLIDWORK  
[https://discover.solidworks.com/contact-a-sales-solidworks?utm\\_campaign=202401\\_glo\\_sea\\_cre\\_aps\\_brand\\_en\\_CMP8775\\_labl&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google&utm\\_content=search&ad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwxY-3BhAuEiwAu7Y6s9S2W6FXgUjJLm8ej\\_ohTBAzAF\\_VdAYkAHDQRTEsYByzGY7J7dh2\\_hoCKSwQAvD\\_BwE](https://discover.solidworks.com/contact-a-sales-solidworks?utm_campaign=202401_glo_sea_cre_aps_brand_en_CMP8775_labl&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_content=search&ad_source=1&gclid=CjwKCAjwxY-3BhAuEiwAu7Y6s9S2W6FXgUjJLm8ej_ohTBAzAF_VdAYkAHDQRTEsYByzGY7J7dh2_hoCKSwQAvD_BwE)

## การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPnext ในการจัดการระบบสต็อก

: กรณีศึกษาภายในบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด

### Application of ERPNext Software for Stock Management

: A Case Study of AbleServe Co., Ltd.

เฉลิมพล สามบุญรอด<sup>1</sup>, วีรญา กรทิพย์<sup>2</sup>, ชานนท์มูลวรรณ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

<sup>2</sup> ฝ่ายการจัดการวิศวกรรม บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด

chlaomepl@gmail.com

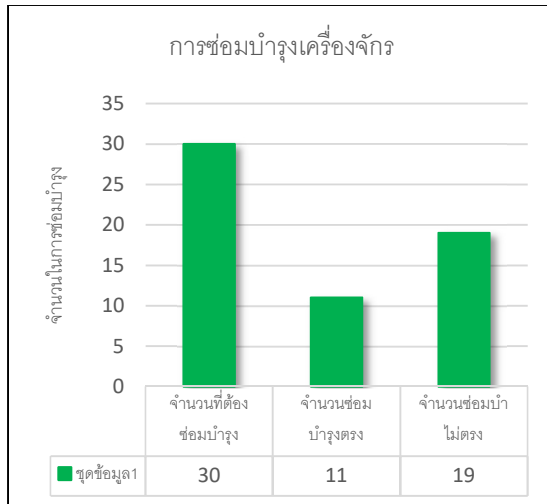
#### บทคัดย่อ

การวิจัยที่มุ่งประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPNext ในการจัดการระบบสต็อกภายในบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด เพื่อแก้ไขปัญหาลักษณะสองประการ ได้แก่ การขาดแคลนอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องจักร และลดเวลาของกระบวนการจัดการสต็อก ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของบริษัท โดยเนื้อหาประกอบไปด้วยการศึกษาข้อมูลระบบสต็อกในปัจจุบัน การวิเคราะห์ปัญหาที่พบ และการนำเสนอแนวทางการแก้ไขผ่านการปรับใช้ซอฟต์แวร์ ERPNext ในปัจจุบัน บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด ใช้ระบบ Excel ในการจัดการข้อมูลสต็อกสินค้า ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การบันทึกรายการสินค้า การจัดซื้อ การตรวจสอบสต็อก ไปจนถึงการจัดเก็บสินค้า แม้ว่าระบบนี้จะใช้งานได้ดีในบางส่วน แต่กลับมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความยุ่งยากในการค้นหาข้อมูล และความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์ที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร นอกจากนี้ กระบวนการจัดการสต็อกยังใช้เวลานานเกินไป ส่งผลให้การทำงานในภาพรวมของบริษัทชะงักงัน โครงการนี้เริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลระบบสต็อกในปัจจุบันโดยละเอียด โดยทำการวิเคราะห์ขั้นตอนต่าง ๆ เช่น กระบวนการสั่งซื้ออุปกรณ์ กระบวนการรับสินค้าและจัดเก็บ กระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์ และการตรวจเช็คยอดสต็อก นอกจากนี้ ยังมีการประเมินประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและความถูกต้องของข้อมูลในระบบสต็อก เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา พบว่าปัญหาลักษณะคือการขาดแคลนสต็อกสินค้าบางชนิด และความล่าช้าในการจัดส่ง ซึ่งเกิดจากการประสานงานระหว่างฝ่ายจัดซื้อและซัพพลายเออร์ที่ไม่ชัดเจน รวมถึงปัญหาข้อมูลสต็อกที่ไม่ถูกต้อง

**คำสำคัญ (Key word):** ERPNext การจัดการสต็อก การซ่อมบำรุงเครื่องจักร การขาดแคลนอุปกรณ์

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด ยังไม่มีระบบในการจัดการบริหารภายในองค์กรอย่างเป็นระบบ ทำให้การดำเนินงานภายในบริษัทขาดความคล่องตัวและมีความยุ่งยากในหลายด้าน เช่น การเก็บข้อมูล การตรวจสอบ และการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ รวมถึงกระบวนการตรวจสอบสถานะของสินค้าและวัตถุดิบในคลัง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการทำงานและขาดความแม่นยำในการจัดการ อีกทั้ง การจัดการข้อมูลภายในองค์กรยังขาดการบูรณาการระหว่างแผนก ทำให้เกิดความล่าช้าในการตรวจสอบข้อมูลและประสิทธิภาพในการทำงานลดลง การดำเนินงานที่ไม่มีระบบการจัดการที่ดี อาจทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น การสูญหายของข้อมูล การซ้ำซ้อนในการทำงาน และขาดความแม่นยำในการตรวจสอบสต็อกสินค้าและวัตถุดิบ



ภาพที่ 1 กราฟแสดงผลการซ่อมบำรุงเครื่องจักรด้วยความท้าทายเหล่านี้ บริษัทจึงเล็งเห็นความจำเป็นในการพัฒนาระบบการจัดการที่สามารถเชื่อมโยงและบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบ ERPNext ถูกเลือกเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการบริหารสต็อกสินค้า ข้อมูลการผลิต การจัดซื้อจัดหา และทรัพยากรในองค์กร ระบบนี้จะช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงาน เพิ่มความแม่นยำในการจัดเก็บข้อมูล และสามารถตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้

การนำระบบ ERPNext มาใช้จะไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลและการดำเนินงานภายในองค์กรเท่านั้น แต่ยังช่วยให้บริษัทสามารถวางแผน

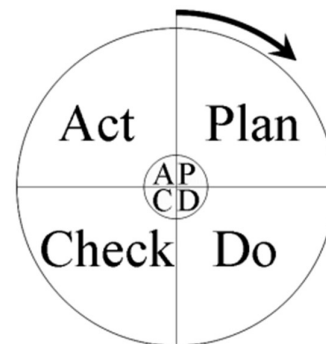
และตัดสินใจได้ดีขึ้น ลดการสูญเสียทรัพยากร และเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้าผ่านการบริการที่รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น

## 2. วิธีดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการ เรื่อง การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPnext มาใช้ในการจัดการสต็อก เป็นกรณีศึกษาภายในบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด โดยมีขั้นตอนการดำเนินโครงการ ดังนี้

### 2.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการคลังสินค้าและการซ่อมบำรุงมาประยุกต์ใช้กับโรงงานกรณีศึกษา เริ่มต้นด้วยการนำแนวความคิดการบริหารแบบวงจรเดมมิงประกอบด้วย วางแผน (Plan) ปฏิบัติ (Do) ตรวจสอบ (Check) และปรับปรุง (Action) มาจัดการภาพรวมของงานวิจัย จากนั้นจึงนำทฤษฎีต่างๆซึ่งสอดคล้องกับแต่ละส่วนมาอธิบายในเชิงลึกตามหัวข้อต่างๆ PDCA เป็นแนวคิดหนึ่งที่ไม่ได้ให้ความสำคัญเพียงแค่การวางแผนแต่แนวคิดนี้เน้นให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีระบบ โดยมีเป้าหมายให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องแนวคิด PDCA ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Walter Shewhart ซึ่งถือเป็นผู้บุกเบิกการใช้สถิติสำหรับวงการอุตสาหกรรม และต่อมาวงจร PDCA ได้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย มากขึ้น เมื่อปรมาจารย์ด้านการบริหารคุณภาพ อย่าง W.Edwards Deming ได้นำมาเผยแพร่ ให้เป็นเครื่องมือสำหรับการปรับปรุงกระบวนการวงจรนี้จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า "Deming Cycle" ดังแสดงในรูปที่ 2



ภาพที่ 2 วงล้อ PDCA

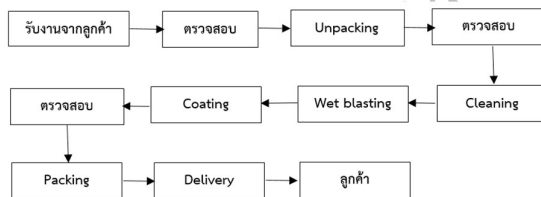
## 2.2 ศึกษาสภาพข้อมูลบริษัท

บริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการให้บริการเคลือบผิวชิ้นงานเครื่องมือตัด ด้วยระบบ PVD Coating System ซึ่งเป็นระบบเคลือบที่ได้รับการยอมรับในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความทนทานและประสิทธิภาพในการปกป้องผิววัสดุชิ้นงาน และยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปัจจุบันมีพนักงานทั้งหมด 14 คน ช่วงเวลาการเคลือบผิวชิ้นงานแบ่งเป็นกะ โดยมีทั้งหมด 2 กะ โดยมีตัวอย่างของชิ้นงานดังนี้



ภาพที่ 3 ลักษณะการเคลือบผิวในแต่ละสาร Coat

จากภาพที่ 3 A)สาร Coat MTC B)สาร Coat FRC C)สาร Coat STC แต่สารจะมีลักษณะงานใช้งานแตกต่างกัน การเคลือบผิวชิ้นงานใช้เครื่องจักร C800 HiPIMS ในการเคลือบผิวชิ้นงานโดยมีคนควบคุมเครื่องจักรโดยน้อยที่สุด 1 คนต่อเครื่องและมากที่สุด 6 คนต่อเครื่องมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 4 กระบวนการทำงานเคลือบผิว

## 2.3 แผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษานี้ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในกระบวนการผลิตจึงให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยแบ่งการบำรุงรักษาออกเป็น 2 ประเภท คือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) และการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown Maintenance: BM)

2.3.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) คือการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันการเสียหายของเครื่องจักร หากเครื่องจักรหยุดผลิตขึ้นมาอาจสร้างความ

เสียหายให้กับการทำงาน แผนการบำรุงรักษากำหนดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้นมาเพื่อช่วยให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานนานขึ้น การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จากข้อมูลการดำเนินงานของอะไหล่บำรุงรักษาเชิงป้องกัน PM แบ่งตามเครื่องจักร CC800@ HiPIMS โดยแยกตามประเภทเครื่อง ยี่ห้อและขนาดเครื่อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลเครื่องจักร CC800@ HiPIMS

ประเภทเครื่อง	ยี่ห้อ	ขนาดเครื่อง	อายุการใช้งาน
เครื่องเคลือบผิวด้วยเทคโนโลยี HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering)	CemeCon	1,450 x 3,350 x 2,200 mm	4ปี

จากตารางที่ 2.1 รายละเอียดเครื่องจักร CC800@ HiPIMS โดยประกอบไปด้วย ประเภทเครื่อง ยี่ห้อ ขนาดเครื่อง อายุการใช้งานเพื่อนำมาหารายการอุปกรณ์ในการซ่อมบำรุงรักษา

ตารางที่ 2 ตัวอย่างตารางซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ระยะเวลา	ส่วนประกอบ	วิธีดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ
หลังจาก 30 ชั่วโมงการทำงาน	เครื่องเพิ่มพลังพลาสมา	เปลี่ยนกรอบติดตั้ง	TP
หลังจาก 25 กระบวนการเคลือบทุกวัน	ชุดแผงปิด	เปลี่ยนแผ่น	TP
ทุกสัปดาห์	ปั๊มรูด	ตรวจสอบระดับการเติม	TP
ทุกสัปดาห์	ตัวกรองน้ำ	ทำความสะอาดตัวกรองน้ำ	TP
ทุกสัปดาห์	ปั๊มรูด	ตรวจสอบห้องน้ำมันซีลโอเลสเตอร์	TP
.....	.....	.....	.....
ทุก 6 เดือน	ปั๊มใบพัดหมุนและปั๊มรูด	เปลี่ยนน้ำมัน	TP
ทุก 6 เดือน	ปั๊มเทอร์โบ	เปลี่ยนน้ำมัน	TP
ทุก 12 เดือน	ตัวแยกฝุ่น	เปลี่ยนไส้กรอง	TP
ทุก 12 เดือน	แยกหมอกน้ำมัน (ปั๊มใบพัดหมุน)	เปลี่ยนไส้กรอง	TP
ทุก 12 เดือน	ระบบวัดความดัน	ตรวจสอบระบบวัดความดัน	ช่างไฟฟ้า
ทุก 12 เดือน	เกจวัดแบบ Pirani	เปลี่ยนไส้กรองละเอียด	TP
ทุก 12 เดือน	เกจวัดแบบ PKR	เปลี่ยนไส้กรองละเอียด	TP
ทุก 12 เดือน	เกจวัดแบบ Baratron	เปลี่ยนไส้กรองละเอียด	TP

จากตารางที่ 2 แสดงรายการระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร CC800@ HiPIMS ตามหลักการทางผู้ผลิต CemeCon แบ่งออกเป็นหลายประเภทของการบำรุงรักษาที่ต้องดำเนินการในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร

### 2.3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของอะไหล่ BM

บำรุงรักษาเชิงป้องกันและเกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดหมาย เนื่องจากความต้องกรมีลักษณะไม่แน่นอนทางส่วนงานบำรุงรักษาจึงนำทฤษฎีด้านการพยากรณ์การบำรุงรักษา มาช่วยในการพยากรณ์ความต้องการ ซึ่งทาง

โรงงานมีการทำการพยากรณ์การเสียของเครื่องจักร โดย  
อ้างอิงวิธีการทำงานจากข้อกำหนดของลูกค้ำซึ่งมีการใช้อยู่  
แล้วในโรงงานของลูกค้ำ โดยปัจจุบันมีการทำการบำรุงรักษา  
มอเตอร์อยู่แล้วแต่ไม่มีการนำข้อมูลจากการพยากรณ์การ  
เสียไปใช้กับการสั่งอะไหล่ กล่าวคือส่วนงานสั่งซื้อทำหน้าที่  
แค่ทำการสั่งอะไหล่ และส่วนการบำรุงรักษาทำหน้าที่แค่  
ซ่อมแซมเครื่องจักร ผู้วิจัยจึงทำการเชื่อมโยงข้อมูลโดยนำ  
การพยากรณ์การเสียของมอเตอร์มาช่วยในการสั่งอะไหล่ให้  
ง่ายมากขึ้น

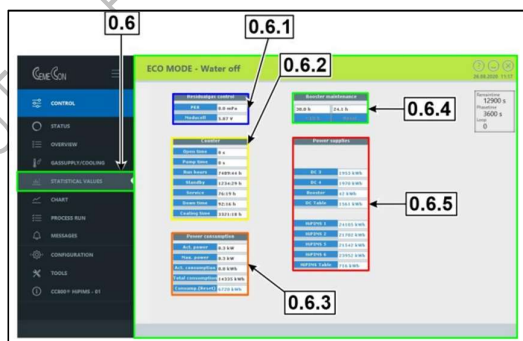
## 2.4 การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ของพลาสมาบูสเตอร์

### 2.4.1. ลักษณะการทำงานของพลาสมาบูสเตอร์

พลาสมาบูสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มพลังงาน  
ให้กับพลาสมาในกระบวนการเคลือบผิว เช่น PVD (Physical  
Vapor Deposition) โดยมีหน้าที่สร้างและควบคุมสนามไฟฟ้า  
และแม่เหล็กเพื่อให้เกิดพลาสมา ซึ่งเป็นก๊าซที่มีประจุไฟฟ้า  
(ionized gas) พลาสมานี้จะถูกใช้ในการทำให้สารเคลือบ  
เช่น โลหะ หรือสารประกอบ ต่าง ๆ ระเหิดและเคลือบลงบน  
พื้นผิวของชิ้นงาน การทำงานของพลาสมาบูสเตอร์ช่วยเร่ง  
กระบวนการเคลือบผิวให้เกิดความสม่ำเสมอและมี  
คุณภาพสูงขึ้น โดยพลาสมาบูสเตอร์จะทำงานร่วมกับ  
เครื่องจักรในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

### 2.4.2. วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อทำการบำรุงรักษาเชิง พยากรณ์

การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์คือการตรวจสอบ  
สภาพและประสิทธิภาพของเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง เพื่อ  
คาดการณ์ความเสียหายหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต  
โดยวิธีการเก็บข้อมูลที่ใช้สำหรับการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์  
มีดังนี้



ภาพที่ 3 เมนู "มูลค่าทางสถิติ" บูสเตอร์เวลาทำการ

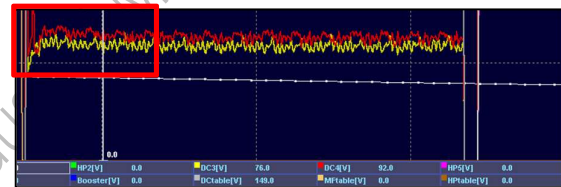
จากภาพที่ 3 แสดงรายละเอียด(0.6) จะปรากฏจำนวน  
ชั่วโมงการทำงานในช่อง (0.6.4) เมื่อครบอายุการทำงานที่  
กำหนด ข้อความ "บูสเตอร์ - ต้องการการบำรุงรักษาตาม  
ระยะเวลา"(0.10.6) จะปรากฏในเมนู "การตั้งค่า"(0.10)  
กระบวนการเคลือบผิวในปัจจุบันจะดำเนินต่อไปได้ แต่จะ  
ไม่สามารถเริ่มกระบวนการเคลือบผิวใหม่ได้

## 2.5 การพยากรณ์การเสียของอะไหล่

2.5.1 นำค่าที่ได้จากการวัดค่ากระแสเฉลี่ยและ  
อุณหภูมิเฉลี่ยมาทำการกราฟแสดงแนวโน้มการเสียของ  
พลาสมาบูสเตอร์ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6



ภาพที่ 5 สภาพพลาสมาบูสเตอร์ที่ใช้งานเกินจำกัด

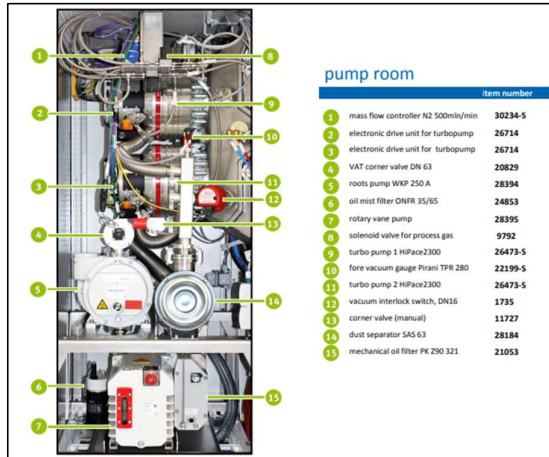


ภาพที่ 6 กราฟการทำงานของพลาสมาบูสเตอร์ค่าสูงเกินพิกัด

จากภาพที่ 6 แสดงให้กราฟพลาสมาบูสเตอร์ที่มีค่าเกิน  
70 V ต่อเนื่องกัน 20 วินาที จะทำให้เครื่องจักรเกิดการหยุด  
การทำงาน

## 2.6 ระบบอะไหล่คงคลังของการบำรุงรักษา

ปัจจุบันมีระบบการจัดการอะไหล่โดยใช้ Microsoft  
Excel และมีเจ้าหน้าที่สโตร์ช่างเป็นผู้ดำเนินการตั้งแต่กรอก  
รับ สั่ง และจัดเก็บอะไหล่เข้าสโตร์แผนกบำรุงรักษาซึ่งอะไหล่  
คงคลังเพื่อการบำรุงรักษาเครื่องจักรปัมมีทั้งหมด 294  
รายการ โดยจะแบ่งประเภทของอะไหล่ออกเป็น 2 ประเภท  
คือ อะไหล่ประเภทเครื่องกล (Mechanical: MC) ทั้งหมด  
84 รายการและอะไหล่ประเภทไฟฟ้า (Electrical: EE)  
ทั้งหมด 210 รายการ



ภาพที่ 7 ตัวอย่างรายการสินค้าที่มีในคู่มือของ Cemecon

จากภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งและหมายเลขของส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Pump room ของเครื่องจักร PVD Coating System รุ่น C800 HiPIMS โดยหมายเลขที่ระบุบนภาพสอดคล้องกับรายการอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่แสดงอยู่ในตารางด้านขวา ซึ่งมีการระบุหมายเลขอุปกรณ์และชื่อของชิ้นส่วนนั้น ๆ เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบและสั่งซื้อชิ้นส่วนสำหรับการซ่อมบำรุง การบอกหมายเลขดังกล่าวทำให้ทราบถึงรายละเอียดที่สำคัญของแต่ละชิ้นส่วน เช่น shield frontdoor, thermocouple, plasmabooster และชิ้นส่วนอื่น ๆ พร้อมกับหมายเลขประจำชิ้นส่วน ซึ่งสามารถใช้ในการสั่งซื้อหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วเมื่อมีการซ่อมบำรุงหรือบำรุงรักษาเครื่องจักรกรณีหมายเลขระบุชัดเจนในทุกชิ้นส่วนช่วยให้การซ่อมบำรุงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทีมงานสามารถทราบได้ทันทีว่าต้องใช้ใช้อุปกรณ์ใด และตำแหน่งใดที่ต้องการการซ่อมบำรุง ซึ่งเป็นการลดเวลาและปัญหาในการค้นหาอุปกรณ์หรือชิ้นส่วน

## 2.7 นโยบายอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษา

### 2.4.1 นโยบายอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษา

จากการศึกษาข้อมูลอะไหล่คงคลังทั้ง 294 รายการ ดังตารางที่ 3.7 พบว่าแผนกบำรุงรักษาด้วยกันกำหนดนโยบายจากประสบการณ์ทำงานของหัวหน้าหน่วยและหัวหน้าแผนก โดยใช้นโยบายอะไหล่คงคลังเดียวกันสำหรับอะไหล่คงคลังเพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และอะไหล่คงคลังเพื่อการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown

Maintenance: BM) คือ มีการกำหนดค่าสูงสุดที่ต้องจัดเก็บ (Maximum: Max) และมีการกำหนดค่าต่ำสุดที่ต้องจัดเก็บ (Minimum: Min) การเติมเต็มของอะไหล่คงคลังจะเกิดขึ้นเมื่อค่าอะไหล่คงคลังถึงหรือน้อยกว่าค่า Min ปริมาณการสั่งซื้อจะสั่งมาเติมเต็มให้ได้เท่าค่า Max ในกรณีที่ทางผู้ผลิตอะไหล่กำหนดปริมาณการสั่งซื้อขั้นต่ำ (Minimum Order Quantity: MOO) ต้องทำการพิจารณาร่วมด้วยเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการพบว่านโยบายปัจจุบันมีความต้องการจากสองส่วนเท่านั้นคือส่วนจากกาบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง โดยไม่มีการคำนึงถึงความต้องการและมองเพียงว่าต้องเติมเต็มเมื่อถึงจุดสั่งเท่านั้น ไม่ได้มองว่าความต้องการมาได้อย่างไร ปริมาณการสั่งเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ไปจนถึงจุดสั่ง ไม่มีการวิเคราะห์ถึงปริมาณที่เหมาะสมในการสั่ง และระยะเวลาไม่มีการพิจารณาเลย ดังภาพที่ 8

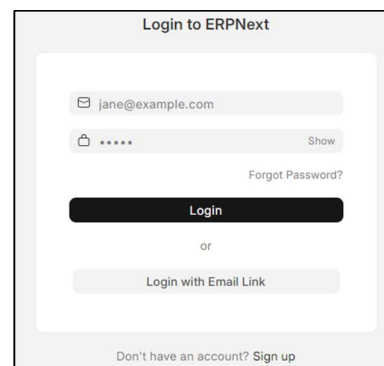
ประเด็นวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
ความต้องการ	นโยบายปัจจุบันมีความต้องการที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการใช้ หากมีการใช้งานถึงค่าMin จึงจะเกิดความต้องการเพื่อมาเติมเต็มให้ถึงMax โดยไม่มีการวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของความต้องการ
ปริมาณการสั่ง	เนื่องจากการสั่งอะไหล่ไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณที่เหมาะสมในการสั่งเมื่อสั่งเข้ามาต้องจัดเก็บไว้เป็นเวลานาน
ระยะเวลา	นโยบายปัจจุบันไม่ได้ระบุระยะเวลานำมาพิจารณาร่วมกับการกำหนดนโยบาย Max/Min จึงส่งผลให้ปริมาณการจัดเก็บอะไหล่มีระยะเวลาในการหมุนเวียนของอะไหล่ช้า

ภาพที่ 8 วิเคราะห์ผลกระทบ

## 2.8 ออกแบบวิธีการทำงาน

ขั้นตอนการเบิกรายการสินค้าในระบบ ERPNext สามารถทำได้โดยละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

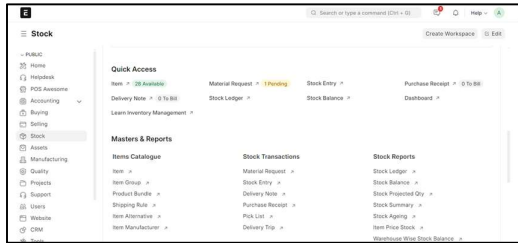
1.เข้าสู่ระบบ ERPNextผู้ใช้งานต้องเข้าสู่ระบบ ERPNext โดยใช้ชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) ที่ได้ลงทะเบียนไว้



ภาพที่ 9 หน้า Login to ERPNext

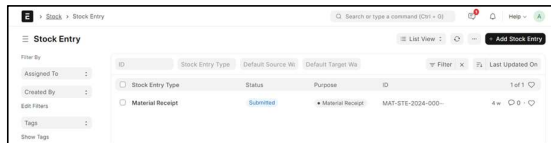


2.ไปที่โมดูลสินค้าคงคลัง (Stock Module)เมื่อเข้าสู่ระบบแล้ว ให้คลิกเลือกโมดูล "สินค้าคงคลัง" หรือ "Stock" ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้ในการจัดการสินค้าคงคลังและการเบิกจ่ายสินค้า



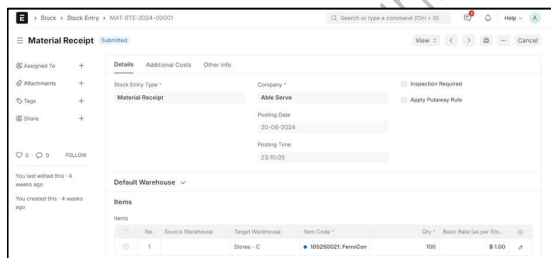
ภาพที่ 10 หน้า โมดูลสินค้าคงคลัง

3.เลือกเมนูการเบิกสินค้า (Stock Entry)ภายในโมดูลสินค้าคงคลัง ให้เลือกเมนู "การเบิกสินค้า" หรือ "Stock Entry" ซึ่งเป็นแบบฟอร์มที่ใช้สำหรับการบันทึกการเบิกจ่ายสินค้า



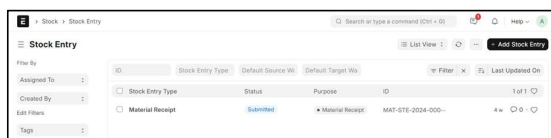
ภาพที่ 11 หน้าการเบิกสินค้า (Stock Entry)

4.เลือกประเภทการเบิกจ่าย (Purpose of Stock Entry)ในฟอร์มการเบิกสินค้า จะมีฟิลด์ "Purpose" หรือ "จุดประสงค์ของการเบิกจ่าย" ให้เลือกประเภทการเบิกสินค้าตามจุดประสงค์



ภาพที่ 12 การเบิกจ่าย (Purpose of Stock Entry)

5.บันทึกการเบิกสินค้า (Save and Submit)เมื่อกรอกรายละเอียดครบถ้วน ให้คลิกปุ่ม "Save" เพื่อบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นคลิก "Submit" เพื่อยืนยันการเบิกสินค้า การเบิกสินค้าจะถูกบันทึกในระบบและปรับปรุงยอดสินค้าคงคลังโดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 13 Save and Submit

หมายเหตุ: การเบิกสินค้าจะต้องขึ้นอยู่กับสิทธิ์การเข้าถึงของผู้ใช้ หากผู้ใช้งานไม่ได้รับสิทธิ์ในการเบิกจ่ายสินค้า อาจต้องได้รับการอนุมัติจากผู้มีอำนาจ

### 3.ผลการทดลอง

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPNext ในการจัดการสต็อกภายในบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด พบว่า การนำซอฟต์แวร์ ERPNext มาใช้ช่วยแก้ปัญหาหลัก ๆ ที่บริษัทเผชิญ เช่น การขาดแคลนอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องจักร และความยุ่งยากซับซ้อนของกระบวนการจัดการสต็อก โดยการใช้ซอฟต์แวร์นี้สามารถเพิ่มความแม่นยำในการจัดการข้อมูล และช่วยลดเวลาการทำงานในหลายกระบวนการ เช่น การสั่งซื้อ การรับสินค้า และการเบิกจ่ายสินค้าในคลัง อีกทั้งยังช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงาน รวมถึงการซ้ำซ้อนของข้อมูล ส่งผลให้กระบวนการทำงานรวดเร็วขึ้น และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแผนกต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการทดลองและประเมินผล พบว่าระบบ ERPNext ช่วยลดระยะเวลาการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น กระบวนการสั่งซื้อ กระบวนการรับ และกระบวนการเบิกจ่ายสินค้า โดยลดเวลาลงอย่างมีนัยสำคัญถึง 33%, 26%, และ 50% ตามลำดับ ส่งผลให้การดำเนินงานในภาพรวมมีความคล่องตัวขึ้นอย่างชัดเจน

### 4.อภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผลจากการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ ERPNext ในการจัดการสต็อกของบริษัท เอเบิลเซิร์ฟ จำกัด ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะการแก้ไขปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนอุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษาเครื่องจักร และการลดความซับซ้อนของกระบวนการจัดการสต็อกที่ใช้ระบบ Excel เดิม ERPNext ช่วยให้ข้อมูลมีความเป็นระบบและสามารถตรวจสอบได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งส่งผลให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ลดความซ้ำซ้อนและลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแผนกต่าง ๆ ทำได้อย่างราบรื่นและมีความคล่องตัวมากขึ้น โดยสามารถลดเวลาการทำงานในขั้นตอนสำคัญ เช่น การสั่งซื้อ การรับ และการเบิกจ่าย ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการที่ ERPNext ช่วยให้การจัดการข้อมูลเป็นอัตโนมัติ และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทันที จึงทำให้บริษัทสามารถ

วางแผนและตัดสินใจได้รวดเร็วและแม่นยำขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความล่าช้าในกระบวนการทำงาน นอกจากนี้ การลดข้อผิดพลาดในระบบยังช่วยให้การบริหารจัดการสต็อกมีความแม่นยำสูงขึ้น ลดความเสี่ยงในการขาดแคลนอุปกรณ์ที่จำเป็น

### 5.สรุปผล

จากข้อมูลงานวิจัยนี้จัดทำเพื่อทำการเชื่อมโยงข้อมูลเทคนิคการซ่อมเครื่องจักรจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งปัจจุบันมีการทำอยู่แล้วเพียงแต่ต่างคนต่างทำระหว่างงานส่วนสั่งซื้อและส่วนการซ่อมผู้วิจัยจึงทำการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองส่วนเพื่อให้การทำงานง่าย สะดวกและรวดเร็วขึ้น นอกเหนือจากข้อมูลการทำงานของนโยบายยังทำการสร้างโปรแกรมเพื่อช่วยในการทำงานโดยทำการสนับสนุนข้อมูลด้านการออกแบบการทำงานของอะไหล่คลังคงคลังในโปรแกรม จากการใช้โปรแกรมช่วยในการทำงานทำให้งานรวดเร็วมากขึ้นจากการลดวิธีการและเอกสารในการกรอกรับ ตัดจ่ายของการทำงานปัจจุบันที่ทางโรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ โดยสามารถสรุประยะเวลาที่ลดลงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบผลระบบเดิมกับระบบใหม่

หัวข้อประเมิน	ระบบเดิม		ระบบใหม่	
	นาที่	นาที่	นาที่	เปอร์เซ็นต์
กระบวนการสั่งซื้อ	1400	936	464	33%
กระบวนการรับ	48	35	13	26%
กระบวนการเบิกจ่าย	60	30	30	50%

จากตารางที่ 3 ตารางนี้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบเดิม และ ระบบใหม่ ในกระบวนการต่าง ๆ ของการทำงาน โดยมีการวัดระยะเวลาในการดำเนินการ (เป็นนาที่) และคำนวณเวลาที่ลดลงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วีรญา กรทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ซึ่งได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือในทุกขั้นตอนของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยความเอาใจใส่และกรุณาเป็นอย่างยิ่ง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานได้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายนอกจากนี้ ข้าพเจ้ายังขอขอบพระคุณ อาจารย์ชานนท์ มูลวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทร่วม ที่ได้ให้

คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างมากในการแก้ไขปัญหาและพัฒนางานวิจัย ตลอดจนสนับสนุนและให้กำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอดสุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นายอุทิศ ชัยคงทอง หัวหน้าแผนกเคลือบผิว (Coating) ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อมูลอันมีค่าเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในภาคสนาม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำวิจัยของข้าพเจ้าความสำเร็จในครั้งนี้ไม่อาจเกิดขึ้นได้หากปราศจากการสนับสนุนและคำแนะนำจากท่านทั้งสาม ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอีกครั้งด้วยความซาบซึ้งใจ

### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ วราภพ แซ่ชิน และ อภิชาติ มณีงาม. (2556, 11-14 กันยายน). การจัดการวัสดุคงคลังจะไหล่อ้อยในการซ่อมบำรุงระบบจัดเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ. รายงานการปาฐกถาวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ, ณ กรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ จ.นครราชสีมา.
- [2] โกศล ดีศีลธรรม. (2546). ABC best practices. วารสารเพื่อคุณภาพ, 73 หน้า 93-98.
- [3] จิรายุทธ คิ้วเที่ยง. (2551). การบริหารสินค้าคงคลังประเภทซ่อมบำรุงบริษัทผลิตเครื่องตีแม่พิมพ์ขนาดแก้วSG. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- [4] ธีรยุทธ นนทวงษ์ วิรุฬห์ พันวงษา และสุทธิกานต์ พิกุลทอง. (2556). การศึกษาการถ่ายภาพความร้อนของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทอร์โมสแกนร่วมกับบริษัท นนกรู๊ป จำกัด. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.
- [5] ปวีณา วงเขาวลิตวงศ์. (2559) การสอนระดับอุดมศึกษาใน เอกสารคำสอนวิชาการวิเคราะห์พัสดุคงคลัง, หน้า 35-64. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] พิภพ ลลิตาภรณ์. (2546). ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [7] ภูมิ เหลืองจามิกร. (2559) การสอนในระดับอุดมศึกษาใน เอกสารคำสอนวิชา Production and Operations Management Information Systems, หน้า 1-10.

กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] วินัย เวชวิทยาลัง. (2550). ระบบรักษาเครื่องจักรเชิงปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: เอ็มแอนด์อี.

[9] วิศรุต พลหงษ์. (2559). การพัฒนาระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์สำหรับปั๊มประเภทหอยโข่งและสกรูในอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] ศศิธร สาดแสงจันทร์.(2547). การวิเคราะห์เพื่อลดระดับสินค้าคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องมือในโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] สุชาติ ศุภมงค. (2547). การจัดการอะไหล่ให้เห็นผลผลิต. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยุคชั่น

[12] สุรเชษฐ์ มหามนต์ และอรรถกร เก่งพล. (2561). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดเก็บวัสดุคงคลังหน่วยงานวิศวกรรมซ่อมบำรุง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 28 หน้า 547 -555.

[13] พรเกียรติ ภัคดีวงศ์เทพ, ปรีชา วรรัตน์ไชย, วิศวะ อุณยะวงษ์และวราภรณ์ วิมุกตลพ. 2565. "การปรับปรุงตำแหน่งการจัดวางสินค้าคงคลัง โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงกรณีศึกษาบริษัท เอปซี"วารสารวิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1: 74-89.

[14] พิศาล สีนวล. การใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาจัดสรรทรัพยากร เพื่อลดเวลาในการวางแผนการผลิต. เอกสารประกอบการวิจัยการค้นคว้าอิสระ ข้อมูลจาก [http://dgtal\\_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57921135.pdf](http://dgtal_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57921135.pdf). (วันที่ 22 & 8งหาคม2565)

[15] พิสิษฐ์ บึงบัว และญาณิน พัดโสภา. 2564. "การใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นในการวิเคราะห์การขนส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันจากแปลงปลูกไปยังแหล่งรับซื้อในจังหวัดสระแก้ว" วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ปีที่ 11, ฉบับที่ 3:258-272.

[16] รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และอักรินทร์ พงศธรวิวัฒน์. 2565."การออกแบบผังและปรับปรุงตำแหน่งจัดเก็บสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารคลังสินค้าพัสดุ กรณีศึกษาโรงพยาบาลรัฐแห่งหนึ่ง" วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีลิลิจิทัล, ปีที่ 10,ฉบับที่ 2: 32-45.

การออกแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ สำหรับงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา สายการผลิตมาตรวัดน้ำ  
บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

The Design of an Automated Workpiece Drilling System for Industrial Applications: A Case Study of  
the Water Meter Production Line at Asahi-Thai Alloy Co., Ltd.

ศุภกฤต ช่างตรี<sup>1</sup>, จักรภพ ปิตะคง<sup>1</sup>, สมจิตร หัสกุล<sup>2</sup>, อรรถพร ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>, สมชาย ดอกไม้เงิน<sup>1</sup>,  
เทอดพงษ์ แดงสี<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800, [suphakit-cha@rmutp.ac.th](mailto:suphakit-cha@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซ่งเรื่อง ลัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

### บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ ในสายการผลิตมาตรวัดน้ำของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด เป็น การศึกษากระบวนการผลิตที่มีการใช้งานเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุง ประสิทธิภาพในการเจาะชิ้นงาน ฝามาตรวัดน้ำ HC-15 ลดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติงานด้วยแรงงานมนุษย์ และเพิ่มความ รวดเร็วในการผลิต ระบบเจาะชิ้นงานที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติผ่านการควบคุมด้วยตู้คอนโทรล ทำให้สามารถเพิ่มความแม่นยำและความเสถียรของกระบวนการผลิต การพัฒนานี้ได้ทำการวิเคราะห์การออกแบบเชิง วิศวกรรมและการทดลองใช้งานจริงในสายการผลิต พร้อมทั้งประเมินผลลัพธ์จากการใช้งานระบบอัตโนมัติ พบว่าระบบที่ พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลดระยะเวลาการผลิต เพิ่มผลผลิต และลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ข้อเสนอ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการนำระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติมาใช้งานในอุตสาหกรรมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้

**คำสำคัญ:** ระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ; ฝามาตรวัดน้ำ HC-15; ประสิทธิภาพการผลิต; การลดข้อผิดพลาดจากแรงงาน มนุษย์; การเพิ่มความรวดเร็วในการผลิต; การออกแบบเชิงวิศวกรรม; การทดลองใช้งานในสายการผลิต

### Abstract

The development of an automated drilling system in the water meter production line at Asahi-Thai Alloy Co., Ltd. is a study of the manufacturing process utilizing automation technology in industrial operations. The main objective is to improve the efficiency of drilling the HC-15 water meter cover, reduce errors caused by human labor, and increase production speed. The developed drilling system is designed to operate automatically through control panels, which enhances the precision and stability of the production process.

This development involved engineering design analysis and real-world testing in the production line, along with evaluating the results from using the automated system. The findings indicate that the developed system significantly reduces production time, increases output, and minimizes waste in the production

process. The conclusion of the study demonstrates that the implementation of an automated drilling system in industrial applications can improve efficiency and competitiveness in the market.

**Key words:** Automated drilling system; HC-15 water meter cover; production efficiency; reducing human error; increasing production speed; engineering design; pilot testing in production line.

RMUTP & FTI 13th Sustainable Industrial Management Engineering

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปี พ.ศ. 2505 ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล จินดา สุขโครเมียม ได้ถูกก่อตั้งขึ้น ก่อนที่จะพัฒนาจนกลายมาเป็นบริษัท อาซาฮี-ไทยอัลลอย จำกัดในปัจจุบัน โดยได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) เพื่อการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ภายในประเทศด้วย ซึ่งบริษัท อาซาฮี-ไทยอัลลอย จำกัดถือเป็นผู้นำในการผลิตก๊อกน้ำและมาตรวัดน้ำในประเทศไทย [1] ซึ่งกระบวนการผลิตก๊อกน้ำและมาตรวัดน้ำนั้นมีหลายขั้นตอน เช่น ในกระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำ ซึ่งมีกระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำก็เป็นสายการผลิตหนึ่งที่สำคัญที่ยังไม่มีระบบอัตโนมัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนการเจาะชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนนี้ยังไม่มีเครื่องจักรระบบอัตโนมัติมาช่วยในกระบวนการนี้ แต่ยังคงดำเนินการโดยใช้แรงคนเป็นหลัก

ดังนั้น โครงการนี้จึงถูกนำเนินการขึ้นเพื่อพัฒนาระบบเจาะชิ้นงานอัตโนมัติขึ้นมาในแผนกกลึงมาตรวัดน้ำ ซึ่งมีหน้าที่ผลิตมาตรวัดน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และช่วยลดการใช้แรงงานคน

## 2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Advance Product Quality Planning: APQP) เป็นแนวทาง ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า [2] โดยมีเป้าหมายหลักคือเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานในกระบวนการออกแบบ ไปจนถึงการผลิต โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังภาพที่ 1 [2]

2.2 หลักการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effective Analysis: FMEA) [2] คือ วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ที่ถูกใช้เพื่อให้แน่ใจว่าปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ถูกพิจารณาและถูกจัดการปัญหาตลอดทั้งกระบวนการในการพัฒนาระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ และกระบวนการผลิตต้นแบบ FMEA จะมุ่งเน้นถึงการแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของข้อบกพร่อง หรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากการออกแบบ หรือการผลิต ต่อจากนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่อง ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งนำไปสู่

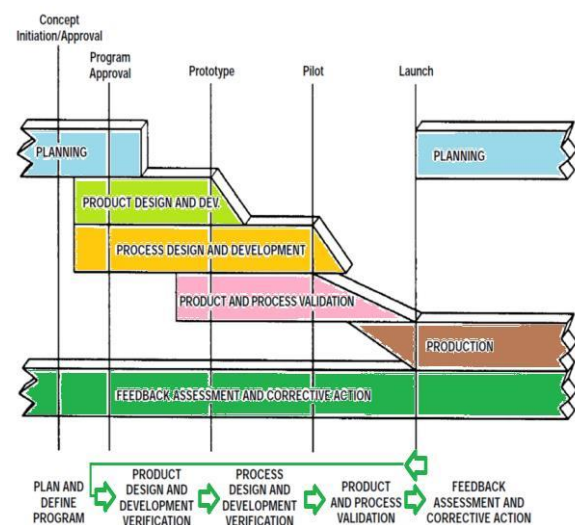
การหาวิธีป้องกันการเกิดข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิดขึ้น FMEA ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ประกอบด้วย Design FMEA (DFMEA) คือ การปรับปรุงการออกแบบโดยวิธีการ FMEA ซึ่งมีเป้าหมายหลักคือ การสร้างระบบในการป้องกันหรือลดโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง กำจัดสาเหตุของข้อบกพร่อง รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับข้อบกพร่องให้พบก่อนถูกส่งเข้าสู่กระบวนการถัดไป

ในการวิเคราะห์ DFMEA นั้น มีการใช้ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ [2]

$$RPN=S \times O \times D$$

เมื่อ S, O และ D หมายถึง ความรุนแรง (Severity) โอกาสในการเกิด (Occurrence) และ การตรวจจับ (Detection) ตามลำดับ ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1-3 ส่วนค่า RPN อธิบายไว้ในตารางที่ 4

2.3 หลักการเลือกการวิเคราะห์จากแผนภาพพาเรโต [2] แผนภาพพาเรโต (Pareto Chart) เป็นแผนภาพที่ใช้สำหรับแสดงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับปัญหาเหล่านั้นตามความถี่ที่พบจากมากไปหาน้อย และแสดงขนาดความถี่มากน้อยด้วยกราฟแท่งควบคู่ไปกับการแสดงค่าสะสมของความถี่ด้วยกราฟเส้น เพื่อใช้เลือกแก้ปัญหาที่สำคัญ ซึ่งจะลดข้อบกพร่องด้านคุณภาพลงได้



ภาพที่ 1 ภาพรวมแผนดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ APQP

ตารางที่ 1 เกณฑ์ของ Severity (S) และคำอธิบาย

คะแนน (S)	อธิบาย
1	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่มีผลกระทบต่อใด ๆ ต่อผลิตภัณฑ์ลูกค้าไม่สามารถตรวจสอบได้
2-3	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าอาจจะสังเกตเห็น ถึงความเบี่ยงเบนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้
4-6	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจ ซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมประสิทธิภาพ (Degrade) ของผลิตภัณฑ์ได้
7-8	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อชิ้นงานที่ผลิตได้ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก ซึ่งอาจนำไปสู่ กระบวนการผลิตหยุดชะงักได้
9-10	ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ และมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับ ของรัฐบาล

ตารางที่ 2 เกณฑ์ของ Occurrence (O) และคำอธิบาย

คะแนน (S)	อธิบาย
1	แทบจะไม่มีโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้น หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีน้อยกว่า 1 ใน 1,000,000 (0.0001%)
2-3	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก หรือ 1 ใน 20,000 (0.005%)
4-6	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง หรือ 1 ใน 4,000 (0.025%)
7-8	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง หรือ 1 ใน 1,000 (0.1%)
9-10	โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องขึ้นอยู่ในระดับที่สูงมาก หรือ 1 ใน 2 (50%)

ตารางที่ 3 เกณฑ์ของ Detection (D) และคำอธิบาย

คะแนน (S)	อธิบาย
1	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูง คือระบบการควบคุมที่มีผู้สามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่ เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน
2-3	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูง คือระบบการควบคุมที่มีผู้มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาความผิดพลาดที่ เกิดขึ้นได้
4-6	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับปานกลาง คือระบบการควบคุมที่มีผู้มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาความ ผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้บางส่วน
7-8	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อย คือระบบการควบคุมที่มีผู้ไม่สามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้เลย หรือความผิดพลาดยากต่อการตรวจรับ
9-10	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อย คือระบบการควบคุมที่มีผู้ไม่สามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้เลย หรือไม่มีกระบวนการในปัจจุบัน

ตารางที่ 4 เกณฑ์ของ RPN และคำอธิบาย

ลำดับ	ระดับความเสี่ยง	RPN
1	ไม่มีความเสี่ยง	0 - 300
2	ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้	301 - 400
3	ระดับความเสี่ยงสูง	401 - 800
4	ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้	801 - 1,000

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ และพัฒนาระบบเจาะชิ้นงานอัตโนมัติและระบบที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีงานวิจัยที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

1) ณัฐทิ ถึงสุขและคณะ [3] ได้ทำการศึกษาเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุม สเต็ป มอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทำการ ออกแบบเครื่องเจาะลายวงจรแผ่น PCB ขนาดเล็ก เพื่อชวยอำนวยความสะดวกในการเจาะลายในแผ่น PCB ให้มีความเที่ยงตรงในการเจาะตามตำแหน่งที่กำหนดไว้

2) สมภพ เจตนดำรงเลิศ [4] ได้ศึกษาการตรวจจับ และควบคุมการเจาะทะลุกระดูกสำหรับกระบวนการเจาะกระดูกแบบอัตโนมัติการเจาะกระดูกจึงมีการพัฒนาเครื่องเจาะที่มีการติดตั้งเซนเซอร์ที่สามารถใช้บังคับการเจาะทะลุได้โดยทั่วไปแล้ว การบังคับการเจาะทะลุจะอาศัยการ

ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางกายภาพในขณะที่ทำการเจาะกระดูก ปริมาณทางกายภาพสำคัญที่ ถูกนำมาใช้บังคับการเจาะทะลุ ได้แก่ แร่ด้านการเจาะตามแนวแกนกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนหัวสว่านและความเร็วในการหมุนของสว่าน (Rotation Speed)

3) ภควัต เกอะประสิทธิ์ และคณะ [5] ได้ทำการพัฒนาชุดสวิตติการควบคุมแบบจำลองการเจาะชิ้นงานอัตโนมัติใช้ชุดสวิตติการควบคุมแบบจำลองการเจาะชิ้นงานอัตโนมัติ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย ชุดสวิตติการควบคุมแบบจำลองการเจาะชิ้นงานอัตโนมัติแบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ประยุกต์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 36 คน

4) ยุทธเดช อ่อนบัตร์ [6] ได้ดำเนินการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับการเจาะแบบแรงเสียดทานของโลหะผสมไททานเนียมเกรด Ti6Al4V การเจาะขึ้นรูปแบบใช้แรงเสียดทาน (Friction Drilling) เป็นวิธีการเจาะที่อาศัยความร้อนจากการเสียดทานระหว่างดอกสว่านกับโลหะที่ทำการเจาะ จนกระทั่งเนื้อโลหะบริเวณที่ถูกเจาะละลายและไหลลงมาตามทิศทางการเจาะของดอกสว่าน

5) โสภิตา จรเด่นและคณะ [7] ได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเจาะเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติงานอุตสาหกรรมการผลิต 1 เครื่องเจาะรูกึ่งอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูกึ่งอัตโนมัติให้สามารถเจาะรูได้ตามระยะห่างที่ก าหนด โดย เครื่องเจาะรูจะทำงานในแกนเดียว ขนาดเดียวในการเจาะ และในการเจาะรูจะมีความคลาดเคลื่อน  $\pm 1$  มิลลิเมตร ของระยะห่างระหว่างรู เครื่องเจาะรูกึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ตัวโครงสร้าง มีความยาว 3500 มิลลิเมตร ระบบวางชุดราง ชุดตัวเลื่อน ระบบการเลื่อน และ ควบคุม ด้วย PLC ทำหน้าที่ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องเจาะรู และผู้ใช้สามารถก าหนด ระยะห่างของรูที่เจาะได้ตามมาตรฐานของประตูเหล็ก

6) ศราวุฒิ ทองมะหา [8] ได้ทำการออกแบบระบบการทำงานอัตโนมัติของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุด

ประกอบห้ามล้อรถบรรทุกการปรับปรุงกระบวนการผลิต  
ชุดชิ้นส่วนประกอบรวม Drum Brake ด้วยการปรับปรุง  
สายการผลิตและพื้นที่การทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด  
โดยใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาช่วยในการผลิตร่วมกับ  
การทำงานของพนักงาน เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต  
และศึกษาผลตอบแทนของโครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาวิจัยข้างต้น ไม่พบงานวิจัยที่คล้ายกับ  
โครงการที่กำลังดำเนินการ คณะผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำ  
ตามกระบวนการในการออกแบบที่อธิบายไว้ในวิธีการ  
ดำเนินโครงการ

### 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องจักรส่วนเจาะ  
ชิ้นงานเดิม โดยมีการศึกษาการทำงานเดิมของเครื่องจักร  
ส่วนเจาะชิ้นงานพบว่าการทำงานเดิมมีหลาย  
กระบวนการที่ซับซ้อนในการทำงาน เช่น การรอชิ้นงาน  
จากเครื่องกลึงที่สูญเสียเวลาไปถึง 2:55 นาที การส่งฝา  
มาตรวัดน้ำทางรางเหล็ก การวางชิ้นงานพักไว้ในลัง เป็น  
ต้น จึงได้เกิดแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องจักรส่วนเจาะ  
ชิ้นงานเป็นแบบระบบอัตโนมัติขึ้นมาแทนที่เพื่อลดขั้นตอน  
และกระบวนการทำงาน

3.2 สำรวจพื้นที่ในสถานีงานกลึงมาตรวัดน้ำ โดย  
ดำเนินการสำรวจในสถานีงานกลึงมาตรวัดน้ำเพื่อทำการ  
พัฒนาเครื่องจักรส่วนเจาะชิ้นงานฝามาตรวัดน้ำ HC-15  
กระบวนการเจาะชิ้นงานหลังจากกระบวนการกลึงของ  
แผนกกลึงมาตรวัดน้ำ มีการใช้เครื่องจักรส่วนเจาะ  
ชิ้นงาน และ มีการใช้พนักงานในการทำงานร่วมกับ  
เครื่องจักร ผู้จัดทำโครงการได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลใน  
ส่วนของเครื่องจักรส่วนเจาะชิ้นงาน ฝามาตรวัดน้ำ ชื่อ  
งาน HC-15 HF

3.3 การพัฒนาระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติหลังจาก  
เข้าสำรวจพื้นที่ในสถานีงานกลึงมาตรวัดน้ำพบว่าควรจะ  
พัฒนาเครื่องจักรส่วนเจาะชิ้นงานนั้นจะต้องมีการ  
วางแผนทั้งหมด 4 ขั้นตอน มีดังนี้

- 1) การวางแผนในการออกแบบเครื่องจักร
- 2) การออกแบบเครื่องจักรส่วนเจาะชิ้นงานแบบ  
อัตโนมัติ

3) การออกแบบระบบไฟฟ้าตู้คอนโทรล

4) การทดลองใช้เครื่องจักรส่วนเจาะชิ้นงาน

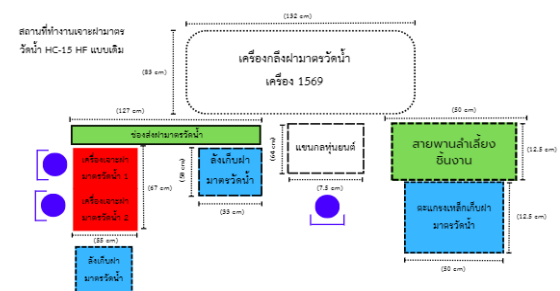
#### 3.4 การออกแบบเครื่องจักรส่วนเจาะชิ้นงาน

แนวคิดในการออกแบบการทำงานเดิมของ  
กระบวนการเจาะฝามาตรวัดน้ำ HC-15 เดิมการเจาะฝา  
มาตรวัดน้ำจะทำการเจาะรู 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เจาะรูสั้น 2 รู  
ครั้งที่ 2 เจาะรูยาว 1 รู จะมีการพัฒนาการเจาะรูใหม่เป็น  
เจาะครั้งเดียว 3 รู ดังแสดงในภาพที่ 4 มีชิ้นส่วนและ  
อุปกรณ์ อยู่ทั้งหมด 5 อย่างได้แก่โครงของเครื่องเจาะ  
ส่วนเจาะด้านบน (เจาะ 2 รู) ส่วนเจาะด้านล่าง (เจาะ 1 รู)  
ส่วนล็อกชิ้นงานกระบอกนิวมेटิกส์ และอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของ  
กระบวนการออกแบบ

การวิจัยต้นแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัตินี้  
มุ่งเน้นการปรับปรุงในกระบวนการออกแบบโดยวิธีการ  
DFMEA เนื่องจากระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ  
จะต้องใช้ความรอบคอบเป็นอย่างสูง เพื่อพัฒนาต้นแบบ  
ระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งจากการวิเคราะห์  
ข้อบกพร่องของระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติทุกชิ้นส่วน  
ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ แล้วทำการบันทึกข้อมูลใน  
แบบฟอร์ม DFMEA

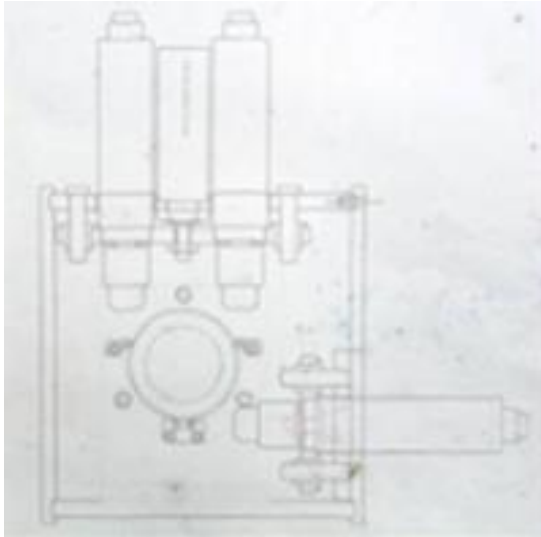
3.6 การเลือกข้อบกพร่องเพื่อวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต  
เมื่อนำตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง  
(RPN) ที่ได้มาสรุปด้วยแผนภาพพาเรโตซึ่งสามารถบ่งบอก  
ได้ถึงความเสี่ยงที่มีเสถียรภาพของข้อมูล โดยอาศัยการแจกแจง  
ความถี่ของข้อมูลที่เป็นแบบข้อมูลจาก RPN ที่เป็นข้อมูลที่  
มีความสำคัญอย่างมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อยในขณะที่  
ข้อมูลที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจะมีผลกระทบจาก  
ข้อมูลมาก







ภาพที่ 3 การสำรวจพื้นที่ในสถานีนงานถึงมาตรวัดน้ำ



ภาพที่ 4 แบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ

#### 4. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การออกแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ ด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการออกแบบ ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ค่าส่วนประกอบสำคัญที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดคือ ส่วนฉนวน 2 ตัวที่ทำหน้า

เจาะรูด้านบนชิ้นงานพร้อมกัน 2 รู รองลงมาคือ กระจบอกนิวเมติกส์ โดยมีค่า RPN เท่ากับ 140.25 และ 105 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลที่แสดงบนแผนภาพพาริตออย่างใดก็ตาม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ RPN และคำอธิบายที่แสดงไว้ในตารางที่ 4 ถือว่าไม่มีความเสี่ยง จึงสามารถนำแบบที่ได้จากการออกแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัตินี้ไปสร้างจริงได้

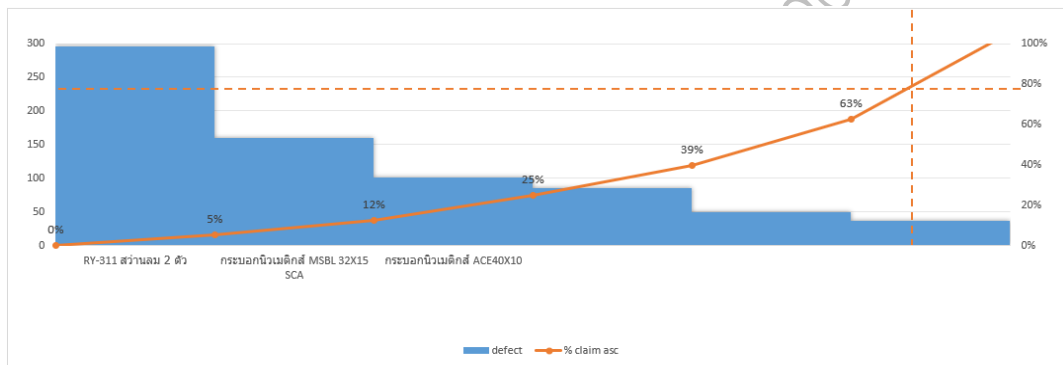
#### 5. อภิปรายและสรุปผล

จากการออกแบบและวิเคราะห์ระบบเครื่องจักรส่วนเจาะ ด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการออกแบบ (DFMEA) ทำให้สามารถตรวจประเมินปัญหาและหาสาเหตุหลักที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการออกแบบชิ้นส่วนที่เป็นปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และช่วยให้ผู้จัดทำสามารถพัฒนาระบบส่วนเจาะชิ้นงานอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดความเสี่ยงจากความล้มเหลวเนื่องมาจากการคาดการณ์การออกแบบที่ผิดพลาดได้ ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถแก้ไขปัญหาและป้องกันปัญหาได้ก่อนส่งเข้าสู่กระบวนการผลิต สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการสูญเสียทรัพยากรต่างๆ และต้นทุนในระหว่างกระบวนการผลิตอันเนื่องมาจากการออกแบบที่ผิดพลาด สามารถเพิ่มคุณภาพ ความปลอดภัย และ เสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้เกี่ยวข้องได้

จากโครงการนี้ จึงสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการออกแบบ (DFMEA) สามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อสร้างความเชื่อมั่นสำหรับงานออกแบบระบบเจาะชิ้นงานแบบอัตโนมัติในสายการผลิตมาตรวัดน้ำ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ก่อนนำไปผลิตจริงได้

ตารางที่ 5 บันทึกการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

Component	PCComponent	Function	Potential Failure Mode	Severity	Occurrence	Detect	Control	ความเสียหายที่เกิดขึ้นที่ 2 ส่วน					
โรตารีสวิชช์ (วงจร)		เป็นสวิชช์ที่สร้างแรงดันและถูกใช้ให้สัมพันธ์กัน	ขบขลุ่ยขลุ่ยไม่ตรงตามแบบ	3	8	4	2	1	2	5.5	3	1.5	24.75
RV311 ส่วนบน 2 ตัว		ส่วนบนของสวิชช์ที่เชื่อมกับขดลวดของมอเตอร์ จะถูกใช้ตามเวลาที่มอเตอร์ไม่ทำงาน เมื่อมอเตอร์เริ่มทำงานสวิชช์จะเปลี่ยนสถานะจากสถานะปิดเป็นสถานะการทำงาน	แรงดันตกไม่เพียงพอ	10	7	3	8	2	4	8.5	5.5	3	140.25
RV311 ส่วนบน 1 ตัว		ส่วนบนของสวิชช์ที่เชื่อมกับขดลวดของมอเตอร์ จะถูกใช้ตามเวลาที่มอเตอร์ไม่ทำงาน เมื่อมอเตอร์เริ่มทำงานสวิชช์จะเปลี่ยนสถานะจากสถานะปิดเป็นสถานะการทำงาน	การชดเชยไม่เพียงพอ	3	4	3	2	3	4	7	2.5	5.5	96.25
จิกยึดชิ้นงาน		ใช้ยึดไม่ให้ชิ้นไม้	จิกยึดไม่แน่น	5	7	3	1	3	2	6	2	2.5	30
ระบบยกน้ำหนัก ACE40X10		รองรับแรง Acting Cylinder: สมมติจะใช้ในการเคลื่อนย้ายวัสดุเพื่อส่งทาง โดยสมมติจะดูจากน้ำหนักของวัสดุยก (น้ำหนักเฉลี่ย) ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้	ถูกสูบล้างจะดีได้มากในกรณีอื่นของท่ออื่น	3	7	2	8	3	4	5	5	3.5	87.5
ระบบยกน้ำหนัก MSBL 32X15 SCA		รองรับแรง Acting Cylinder: สมมติจะใช้ในการเคลื่อนย้ายวัสดุเพื่อส่งทาง โดยสมมติจะดูจากน้ำหนักของวัสดุยก (น้ำหนักเฉลี่ย) ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้	ถูกสูบล้างจะดีได้มากในกรณีอื่นของท่ออื่น	4	8	2	8	3	4	6	5	3.5	105



ภาพที่ 5 บันทึกการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด และสาขาวิชาวิศวกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุน และขอขอบคุณว่าที่ร้อยโทสถาพร ไผ่แผน ที่ช่วยถ่ายทอดความรู้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มบริษัทจินดาสุข, <https://www.sanwa.co.th/about-us/>
- [2] สถาพร ไผ่แผน และ ไพศาล บุญยะรัตน์, “การออกแบบและวิเคราะห์ระบบจรวดดับไฟฟ้าโดยใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการออกแบบ (DFMEA),” การประชุมวิชาการและนำเสนอ

ผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 12 (SIIMC 2023), กันยายน 2566, กรุงเทพฯ, หน้า 147-156:

[3] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ 2551, FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ หน้า 113- 136

[4] กุสุมา จีรวงศ์สวัสดิ์. การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการการผลิตพรีต กรณีศึกษาโรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

[5] ธาณินทร์ ราตรี. การสร้างชุดฝึกอบรมการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์โลหะ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย SolidWorks/COSMOSWorks/ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551

[6] บัณฑิต เลียง เลี่ยมสุวรรณค์, 2556 การปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตบูชนำเจาะชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้หลักการควบคุมคุณภาพ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์, 2556

[7] พงศ์ณัฐ สำเร็จเพื่องฟู. การประยุกต์ FMEA ในการประเมินความเสี่ยงและปรับปรุงการผลิตของผู้ส่งมอบชิ้นส่วน. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา, 2560

[8] เปรม วงศ์คำแน่น. การปรับปรุงกระบวนการผลิตวงจรแบบรวมโดยวิธีวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่ตามมา (FMEA: Failure Mode and Effect Analysis) วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2557

[9] ประพัฒน์ เจริญหงส์ทอง. (2551). การออกแบบและวางแผนกระบวนการผลิตตู้โซลาร์เซลล์โดยใช้เทคนิค QFD และ DFMEA. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.

(การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[10] ปิยวัฒน์ รัตนสุภา. 2545. การจัดทำมาตรฐานในกระบวนการตั้งสีในโรงงานผลิตสี โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้านศักยภาพ และ ผลกระทบ วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] ศราวุฒิ ทองมะหา. 2561. การออกแบบระบบการทำงานอัตโนมัติของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบพร้อมห้ามล้อรถบรรทุกวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการจัดการงานวิศวกรรม

[12] ภัทรวุฒิ พลอาสา. 2548. ต้นทุนคุณภาพในการลดของเสียในกระบวนการผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสโดยใช้วิธีการของซิกซ์ซิกม่า. วศ.ม. วิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[12] เรวัตติ กล้าหาญ. 2546. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ในกระบวนการผลิตกระจกเงา. วศ.ม. การจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[13] แนวทางการบริหารและจัดการความเสี่ยงทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Risk Management Practice) สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2561

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบและพลังงาน  
กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น SV 15

Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Raw Materials and Energy  
Case Study of Water Meter Product, Model SV 15

ลัทธพล ศรีประทุมภรณ์<sup>1\*</sup>, ธเนศ แสงหอม<sup>1</sup>, วีระเชษฐุ์ แผงธีระสุขมัย<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศิริระ<sup>1</sup>,  
อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ<sup>2</sup>

Latthaphol-s@rmutp.ac.th , Thanet-sa@rmutp.ac.th

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีน้ำดื่มเพื่อสุขภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

<sup>2</sup> ผู้อำนวยการฝ่ายบริหารคุณภาพ บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด  
9/23 หมู่ 7 ซอยสุขสวัสดิ์ 78 บางจาก พระประแดง สมุทรปราการ 10130

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบและพลังงานกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ รุ่น SV 15 ของบริษัท อาซาฮีไทย อัลลอย จำกัด ด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์ อ้างอิงตามแนวทางการคำนวณขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent: CO<sub>2</sub>eq.) โดยการรวบรวมข้อมูลขั้นการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิต ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนกระบวนการป้อนขึ้นรูปชิ้นงาน กระบวนการตัดขอบและยิงทรายชิ้นงาน กระบวนการกรึง กระบวนการประกอบชิ้นงาน กระบวนการทดสอบชิ้นงาน กระบวนการพ่นสีชิ้นงาน กระบวนการบรรจุภัณฑ์ และทรัพยากรสนับสนุนการผลิต โดยผลการศึกษา พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำ รุ่น SV-15 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 4.3984 Kg CO<sub>2</sub>eq. และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต เท่ากับ 0.2981 Kg CO<sub>2</sub>eq. โดยแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตที่มีนัยสำคัญของกรณีศึกษา คือ วัตถุดิบประเภททองเหลือง (Brass) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตที่มีนัยสำคัญมากที่สุด คือ พลังงานไฟฟ้า (Electricity) ในกระบวนการป้อนขึ้นรูปชิ้นงาน กระบวนการยิงทรายและชุบผิวชิ้นงาน และกระบวนการกรึงชิ้นส่วน

**คำสำคัญ :** คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ ; ก๊าซเรือนกระจก ; วัตถุดิบและพลังงาน ; มาตรวัดน้ำ

## Abstract

This study focuses on assessing the greenhouse gas emissions associated with the acquisition of raw materials and energy, using the case of the SV 15 water meter product manufactured by Asahi Thai Alloy Co., Ltd. The carbon footprint for product is evaluated based on the calculation methodology provided by the Thailand Greenhouse Gas Organization (TGO). The results are expressed in kilograms of carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>eq.) Data were collected from the raw material acquisition and production stages, which include the processes of stamping, trimming and sandblasting, machining, assembly, testing, painting, packaging, and the supporting resources for production. The findings indicate that the greenhouse gas emissions from raw material use in the production of the SV-15 water meter amount to 4.3984 Kg CO<sub>2</sub>eq., while the emissions from production activities total 0.2984 Kg CO<sub>2</sub>eq. Significant sources of greenhouse gas emissions from raw materials in this case study come from the use of brass, and the most significant contributor to emissions from production activities is electricity, used in the stamping, sandblasting, surface finishing, and machining processes.

**Key word:** Product Carbon Footprint; Greenhouse Gas; Raw Materials and Energy; Water Meter

## 1. บทนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นความท้าทายที่สำคัญต่อมนุษยชาติ โดยเฉพาะก๊าซเรือนกระจกที่มีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การลดการปล่อยก๊าซเหล่านี้จึงมีความจำเป็นเพื่อบรรเทาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างความยั่งยืนในอนาคต [4]

มาตรวัดน้ำ SV-15 ของบริษัท อาซาฮี ไทย อัลลอย จำกัด ซึ่งใช้ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน มีการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการผลิต ซึ่งส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่จำเป็นต้องได้รับการประเมินอย่างละเอียด

การศึกษาในครั้งนี้คือการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตมาตรวัดน้ำ SV-15 โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) แบบ Cradle to Gate หรือ B2B เพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์และทำความเข้าใจผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

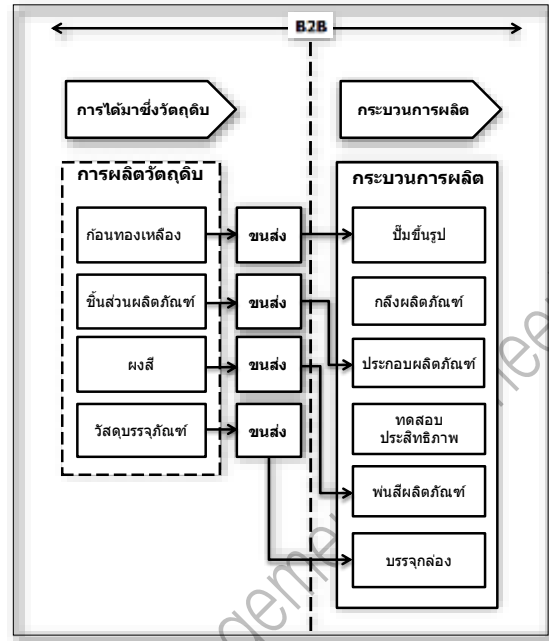


ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA 1/2 นิ้ว

## 2. วิธีวิจัย

### 2.1 การกำหนดขอบเขต

พิจารณาขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา ในรูปแบบธุรกิจสู่ธุรกิจ (Business-to-Business, B2B) ซึ่งจะพิจารณาในด้านของการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิตได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การพิจารณาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รูปแบบ B2B (Business-to-Business)

### 2.2 ข้อมูลจากกระบวนการผลิต

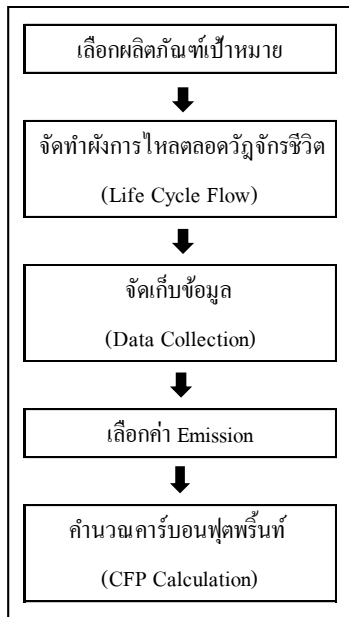
ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์จากการผลิตของผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA 1/2 นิ้ว ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566 เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 เดือน โดยข้อมูลที่รวบรวมนั้นประกอบไปด้วยข้อมูลของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ทรัพยากรช่วยผลิต พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิต รวมถึงชนิดของยานพาหนะและระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบของผู้ส่งมอบจากโรงงานผลิตวัตถุดิบมายังโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

### 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อแสดงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA 1/2 นิ้ว กรณีศึกษา ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นข้อมูลทฤษฎีจากตารางคู่มือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์ เล่มที่ 3 ฉบับวันที่ 19 มิถุนายน 2555 และ ฉบับ UPDATE กรกฎาคม 2565 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

## 2.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถสรุป  
ได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

## 3. ผลการวิจัย

การรวบรวมข้อมูลและทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA 1/2 นิ้ว สามารถแสดงปริมาณการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2

**ตารางที่ 1 :** แสดงแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	ปริมาณ/ หน่วย (Kg)	ค่า EF (kgCO <sub>2</sub> eq./หน่วย)	EF ของผลิตภัณฑ์
ทองเหลือง	1.5452	2.4528	Brass (Brass, at plant)
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากพลาสติกประเภท ABS	0.0269	5.5759	(Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)+ Injection moulding)
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากทองเหลือง	0.0023	2.5175	(Brass, at plant + Casting, brass)
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากพลาสติกเรซิน	0.0507	8.8347	(Polyester resin + Injection moulding)
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากยาง	0.0012	3.5138	(Synthetic rubber, at plant)

จากตารางที่ 1 พบว่าแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จะประกอบไปด้วยทองเหลืองที่ใช้ในการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน Body SV-15 HC-15 TPN-15 และ TP-15 ชิ้นส่วนที่ผลิตจาก ทองเหลือง ชิ้นส่วนที่ผลิตจาก พลาสติกประเภท ABS ชิ้นส่วนที่ผลิตจาก พลาสติกเรซิน ชิ้นส่วนที่ผลิตจากยาง โดยจะแสดงค่าปริมาณ/ หน่วย (Kg) และ ค่า EF (kgCO<sub>2</sub> eq./หน่วย) ของวัตถุดิบ

**ตารางที่ 2 :** แสดงแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต

รายการ	ปริมาณ/ หน่วย (Kg)	ค่า EF (kgCO <sub>2</sub> eq./หน่วย)	EF ของผลิตภัณฑ์
พลังงานไฟฟ้า	0.4512	0.5986	Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)
ผงกราไฟท์	0.0009	7.55	คาร์บอนไฟเบอร์ Ecoinvent 2.0 (ส่วนผสมของ graphite และ ไนลอน)
ทรายเม็ดเหล็ก	0.0079	2.7073	Galvanized steel sheet, at plant
เศษผ้าสำหรับเช็ดทำความสะอาด	0.0001	2.1100	เศษผ้าทำความสะอาด

จากตารางที่ 2 พบว่าแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิต จะประกอบไปด้วย พลังงานไฟฟ้า จากเครื่องจักรและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ผงกราไฟท์ ทรายเม็ดเหล็ก เศษผ้าสำหรับเช็ดทำความสะอาด โดยจะแสดงค่าปริมาณ/ หน่วย (Kg) และ ค่า EF (kgCO<sub>2</sub> eq./หน่วย) ของวัตถุดิบ

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิต ดังตารางที่ 3และตารางที่ 4

**ตารางที่ 3 :** แสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก/ หน่วย (Kg CO <sub>2</sub> eq.)	สัดส่วนปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (%)
ทองเหลือง	3.7902	86.17
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากพลาสติกประเภท ABS	0.1502	3.41
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากทองเหลือง	0.0059	0.13
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากพลาสติกเรซิน	0.4479	10.18
ชิ้นส่วนที่ผลิตจากยาง	0.0043	0.10
ผลรวม	4.3984	100.00

จากตารางที่ 3 พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการ  
ได้มาซึ่งวัตถุดิบ ปัจจัยหลักที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกมากที่สุด คือ ทองเหลืองมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกทั้งหมดเท่ากับ 3.7902 KgCo2eq. โดยการได้มาของ  
วัตถุดิบทองเหลือง มีการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด  
คิดเป็นร้อยละ 86.17 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก  
การ ได้มาซึ่งวัตถุดิบทั้งหมด ซึ่งผลรวมของการปล่อยก๊าซ  
เรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบจากกระบวนการผลิต  
ผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ กรณีสึกษา เท่ากับ 4.3984 KgCo2eq.

**ตารางที่ 4 :** แสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก  
การผลิต

รายการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก/ หน่วย (Kg CO2eq.)	สัดส่วนปริมาณการปล่อย ก๊าซ เรือนกระจก (%)
พลังงานไฟฟ้า	0.2701	90.60
ผงกราไฟท์	0.0065	2.17
ทรายเม็ดเหล็ก	0.0213	7.14
เศษค้ายสำหรับเซ็ด ทำความสะอาด	0.0003	0.09
ผลรวม	0.2981	100.00

จากตารางที่ 4 พบว่าปัจจัยหลักของการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกในส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ กรณีสึกษา คือ  
พลังงานไฟฟ้า 0.2701 KgCo2eq. โดย คิดเป็นร้อยละ 90.60  
ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตทั้งหมด ซึ่ง  
ผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตผลิตภัณฑ์  
มาตรวัดน้ำ กรณีสึกษา เท่ากับ 0.2981 KgCo2eq.

### 3.2 สมการ

#### 3.2.1 สมการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

GHG emissions = Activity x GHG emission factor (1)

GHG Emissions [kg] คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่  
ปล่อยออกมาจากช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ที่อยู่ในขอบ  
เขตที่ศึกษา

Activity คือ ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ และ  
ทรัพยากรที่ใช้ในกิจกรรม หรือกระบวนการผลิต ในแต่ละ  
ช่วงของวัฏจักรชีวิตที่สอดคล้องกับขอบเขตของการประเมิน  
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ GHG

Emission Factor คือ ค่าศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกจะมีค่าแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ และ  
ชนิดของพลังงานที่ใช้ในกิจกรรม หรือกระบวนการผลิต [2]

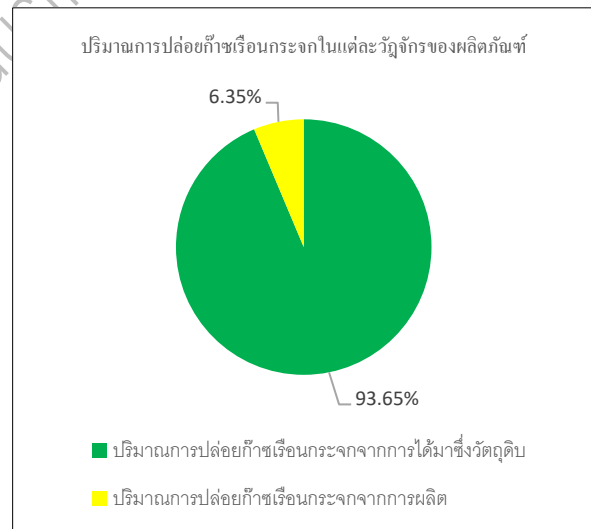
#### 3.2.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบ

ประเมินจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มา  
และการใช้ประโยชน์ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ซึ่งมี  
สมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่ง  
วัตถุดิบ ดังต่อไปนี้ [2]

ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ต่อหน่วย  
(Function unit) = ผลรวมของปริมาณที่เก็บรวบรวมได้ /  
ปริมาณยอดการผลิตในปีที่เก็บรวบรวม (2)

### 4. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าการปล่อยปริมาณ คาร์บอนฟุต  
พริ้นท์ผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำ มีแหล่งการปล่อยมาจากการ  
ได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นหลักซึ่งจากการประเมินพบว่าค่า  
สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Emission Factor) ที่  
ติดมากับวัตถุดิบนั้นมีสัดส่วนการปล่อยที่สูง เมื่อเทียบกับการ  
ใช้พลังงานทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการ  
ได้มาซึ่งวัตถุดิบมีค่ามากกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกของการผลิต ดังภาพที่ 4



**ภาพที่ 4** แสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการ  
ผลิต ต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 2 พบว่าปัจจัยในการปล่อยปริมาณก๊าซ  
เรือนกระจกมากที่สุดคือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ เป็นปัจจัยหลัก  
ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดย คิดเป็น  
ร้อยละ 93.65 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์



#### 4.1 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งถัดไป

เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้ครอบคลุมไปถึง การขนส่งของผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA 1/2 นิ้ว การใช้งาน และวิธีการกำจัดซากที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถต่อยอดการวิจัย เพื่อให้ข้อมูลครบวงจรชีวิต (LCA) เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แก่ผู้ที่สนใจ

#### 5. สรุปผล

จากการศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA 1/2 นิ้ว ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ มีปริมาณ เท่ากับ 4.6965 KgCo<sub>2</sub>eq. โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และ การผลิต มีปริมาณเท่ากับ 4.3984 และ 0.2981 KgCo<sub>2</sub>eq. ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ยังมีข้อจำกัดของความล่าช้าในการเก็บข้อมูลโดยละเอียดเนื่องจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่าง ทำการบันทึกข้อมูลซึ่งจะต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แท้จริงและนำไปสู่การ ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ ที่จะแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้อง

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อ บริษัท อาซาฮี ไทย อัลลอย จำกัด และหัวหน้างาน รวมถึงพนักงานในสายการผลิตมาตรวัดน้ำ ที่ได้ให้ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับการผลิตมาตรวัดน้ำรุ่น SV-15 SANWA ขนาด 1/2 นิ้ว ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่องานวิจัย รวมถึงการช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน ตลอดจนการตรวจสอบและปรับปรุงงานวิจัยจนสำเร็จเรียบร้อย

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อลงกต สุตคุณสันติการ (2566) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขบวนการผลิตคอมเพรสเซอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม (หน้าที่ 3-9)
- [2] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. ครั้งที่ 14 (กรกฎาคม 2565) . กรุงเทพมหานคร: 2565.
- [3] จีราพร สาณสุข อนุสรฯ เปลื้องกลาง (2561) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูรมควัน : กรณีศึกษาโรงงานอาหารแปรรูปจังหวัดพิษณุโลก (หน้าที่ 14-17)
- [4] ชยันต์ ต้นดีวิสดาการ และ คณะ. (2553). ประเด็นท้าทาย ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการเจรจาของไทย: เรื่องการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศโลก. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- [5] อธิชัย เข็มสูงเนิน (2560) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไก่เนื้อโคราช (หน้าที่ 23-30)
- [6] พัทธนันท์ ไชยสุภะรัชต์ (2556) “ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (life cycle assessment; LCA) , (หน้าที่ 1 – 5)
- [7] สุพรรณณี มีสุข,ดร.สุพรรณนิภา วัฒนะ (2565) , การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เบียร์,มหาวิทยาลัยมหาสารคาม , (หน้าที่ 41 – 55)

## การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตแกนก๊อก

### Quality improvement in the tap core model production process

จิตติรัตน์ นิญาณจิตต์<sup>1</sup>, ดนุพัฒน์ จำปางาม<sup>2</sup>, ศิวรุตม์ จุลพรหม<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 [jittirat@rmutp.ac.th](mailto:jittirat@rmutp.ac.th)

<sup>2</sup> แผนก QA บริษัทอาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

9/23 สุขสวัสดิ์ 78 ซ่งเรือ่ง ลัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

#### บทคัดย่อ

“การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนก๊อกน้ำ STCB-15 โดยใช้ทฤษฎี 7 QC tools ควบคู่ไปกับการควบคุมคุณภาพ Process Capability (Cp) เป็นเกณฑ์วัดประสิทธิภาพของการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานที่ผลิตจริงเป็นเวลา 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหา จากนั้นจึงดำเนินการแก้ไขและตรวจวัดคุณภาพหลังการปรับปรุง ผลการศึกษพบว่า ลักษณะการเสียที่มากที่สุด 2 อันดับแรกคือ 1.ขนาดของชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตเฉลี่ยคิดเป็น 1.22%ต่อเดือนจากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด 2.ชิ้นงานที่ผลิตได้มีขอบบางส่วนเป็นเหลี่ยมซึ่งไม่ตรงกับแบบสั่งผลิตเฉลี่ย คิดเป็น 1.00% ต่อเดือนจากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด หลังจากพัฒนากระบวนการผลิตแล้วพบว่าสามารถลดของเสียในกระบวนการจากการนำชิ้นงานที่มีขอบเหลี่ยมมาใช้ในงานในไลน์การผลิตร่วมกับชิ้นงานที่ขอบโค้งมนลงได้ 73%เมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง และยังสามารถเพิ่มค่า Cp ของเครื่องจักรกลึงทองเหลืองที่มีปัญหา 10 เครื่อง จากเดิมที่มีค่า Cp น้อยกว่า 0.25 ขึ้นมาเป็น 0.31-0.61 ทำให้มีของเสียจากสาเหตุขนาดของชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตในเดือนกรกฎาคมลดลง 41%เทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตแกนก๊อกน้ำ STCB-15 โดยรวมแล้วสามารถลดของเสียลงได้รวมกันทุกประเภทเหลือ 2.20% จากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด จากเดิมที่มีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 3.30% จากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ต้องการเพิ่มคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพ

**คำสำคัญ** การปรับปรุงกระบวนการผลิต, 7 Qc Tools, Process Capability (Cp)

#### Abstract

This study aims to analyze and improve the production process of the STCB-15 faucet core using the 7 QC tools theory in conjunction with Process Capability (Cp) control as a metric for evaluating the effectiveness of quality improvements in the production process. The research utilized data from quality inspections of actual production over a period of 2 months to identify causes and solutions for quality issues. Following the identification of problems, corrective actions were implemented, and post-improvement quality measurements were taken. The study found that the two most prevalent defects were: 1. Dimensions not meeting the specifications, averaging 1.22% per month of the total production, and 2. Parts with edges that were angular rather than conforming to the specifications, averaging 1.00% per month of the total production. After process improvements were made, waste due to parts with angular edges was reduced by 73% compared to pre-improvement levels. Additionally, the Cp value of 10 problematic brass turning machines increased from below 0.25 to between 0.31 and 0.61, resulting in a 41% reduction in defects related to dimensional inaccuracies in July compared to the average before the improvements. Overall, the quality of the STCB-15 faucet core production process was

enhanced, reducing the total waste rate from 3.30% to 2.20% of the total production. These findings provide a basis for improving production processes in other industries seeking to enhance and improve quality.

**Key words :** Process Improvement, 7 QC Tools, Process Capability (Cp)

## 1. บทนำ (Introduction)

พ.ศ.2493 คุณอุดม จินดาสุข ก่อตั้งโรงงานซูโครเมียมด้วยความวิริยะอุตสาหะทุ่มแรงกายและกำลังความคิดรวมถึงบุคลากรทุกระดับขององค์กรจนโรงงานแห่งแรกพัฒนาและเจริญรุ่งเรืองปี พ.ศ.2505 ก่อตั้งห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลจินดาสุขโครเมียม ดำเนินกิจการขายปลีก ท่อประปาและอุปกรณ์ประปา โดยรับสินค้าจากผู้ผลิตภายในประเทศปี พ.ศ.2510 ก่อตั้งห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลจินดาสุขภายใต้ชื่อ “จินดาสุขคอมเมอร์เชียล” โดยขยายกิจการเป็นผู้แทนจำหน่ายและนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ ได้แก่ นำสินค้ามาตรวัดน้ำ “อาซาฮี” (ASAHI) จากประเทศญี่ปุ่น และประตูน้ำทองเหลืองจากอิตาลี รวมทั้งได้รับเลือกเป็นผู้รับเหมาในการวางท่อจ่ายน้ำให้กับการประปานครหลวงในปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งได้มีการเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (Automation) เข้ามาใช้เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตสินค้า ไม่ว่าจะเป็นการผลิตชิ้นงานการประกอบชิ้นส่วน หรือการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระบบ Automation ช่วยเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการผลิต ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ และสามารถลดเวลาในการผลิตได้อย่างมากอย่างไรก็ตาม ความสำเร็จในการใช้ระบบ Automation นั้นยังคงต้องอาศัยความสอดคล้องของขนาดและคุณภาพของชิ้นงานตามมาตรฐานที่กำหนดไว้เนื่องจากหากมีความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงาน อาจส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของระบบ Automation ซึ่งนำไปสู่ความล่าช้าในกระบวนการผลิต และอาจเกิดปัญหาชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการบริษัท อาซาฮี-ไทยอัลลอย จำกัด เป็นหนึ่งในบริษัทที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพของสินค้าและกระบวนการผลิตอย่างยิ่ง เนื่องจากคุณภาพของสินค้าที่สูงย่อมเป็นสิ่งสำคัญต่อความพึงพอใจของลูกค้าและชื่อเสียงของบริษัท ดังนั้น การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะในกระบวนการผลิตที่ใช้ระบบ Automation ที่มีความแม่นยำสูง แต่ก็อาจมีข้อจำกัดเมื่อชิ้นงานที่ใช้ในการผลิตมีขนาดที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน ทำให้ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานอย่างเข้มงวดจากการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิตชิ้นงานแกนก๊อก SCTB-15 ได้พบปัญหาชิ้นงานบางส่วนมีขนาดที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพในการใช้ระบบ Automation

ในกระบวนการผลิตเพื่อที่จะรักษาคุณภาพของชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐานจึงสนใจจัดทำโครงการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตแกนก๊อกได้นำทฤษฎีการหาค่า Cp (Capability Index) ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยค่า Cp นี้จะช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตในการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดตรงตามมาตรฐานได้โครงการนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัทอาซาฮี-ไทยอัลลอยด์ จำกัด โดยการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตด้วยค่า Cp จะช่วยให้บริษัทสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพและมีขนาดตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการใช้ระบบ Automation และยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าในเรื่องของคุณภาพสินค้าอีกด้วย

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 ศึกษากระบวนการผลิตแกนก๊อกน้ำ STCB-15

เริ่มต้นด้วยการศึกษากระบวนการผลิตของแกนก๊อกน้ำ STCB-15 โดยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุทองเหลืองจากพนักงานจริงที่ใช้ในการผลิต เครื่องจักรกลึงทองเหลืองเส้นและขั้นตอนการทำงานของพนักงานจาก คู่มือการทำงาน Wi (work instruction) จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น เช่น ปัญหาในการกลึงหรือการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาและหาทางปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 2.2 การใช้ 7QC Tool ในการหาวิธีแก้ไข้ปัญหา

ใช้เครื่องมือ 7QC Tool เช่น Fishbone Diagram Pareto Chart และ Control Chart เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยแนวทางการแก้้ปัญหาในโครงการนี้คือเก็บตัวอย่างชิ้นงานเสียรายวันจากเครื่องกลึงทองเหลืองเส้นจำนวน 10 เครื่องระยะเวลา 2 เดือนแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประเภทของเสียจากนั้นจะใช้เครื่องมือ Pareto Chart เพื่อหาปัญหาหลักและนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุงกระบวนการ

### 2.3 การใช้ Cp ในการหาวิธีแก้ไข้ปัญหา

คำนวณค่า Cp (Process Capability) เพื่อประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตในการวิเคราะห์ค่า Cp ช่วยในการระบุปัญหาโดยวิธีการสุ่มตรวจชิ้นงาน 20 ชิ้นจาก

เครื่องกลึงทองเหลืองเส้นจำนวน 10 เครื่องจักรจากนั้นนำผลการตรวจชิ้นงานมาคำนวณค่า  $C_p$  เพื่อดูเครื่องจักรไหนมีค่า  $C_p$  น้อยกว่า 0.25 จะทำการปรับปรุงและจัดบันทึกรายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่เปลี่ยนเพื่อหาจุดสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อควบคุมคุณภาพ

#### 2.4 การทดสอบแนวทางการแก้ไขปัญหา

ทดสอบแนวทางการแก้ไขที่กำหนดในสภาพแวดล้อมการผลิตจริงเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากผลของค่า  $C_p$  แต่ละสัปดาห์ของเครื่องกลึงทองเหลืองเส้นทั้ง 10 เครื่องที่ทำการเก็บข้อมูลจากการสุ่มตรวจชิ้นงานควบคู่กับการปรับปรุงเครื่องจักรและการวิเคราะห์ผลลัพธ์จะช่วยให้ทราบว่าแนวทางที่ใช้มีผลต่อการลดของเสียและปรับปรุงคุณภาพการทดสอบที่ละเอียดจะยืนยันความสำเร็จของการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการได้

#### 2.5 การประยุกต์ใช้แนวทางที่ได้พัฒนาขึ้น

นำแนวทางที่ผ่านการทดสอบมาใช้ในกระบวนการผลิตหลักโดยการปรับปรุงการทำงานให้สอดคล้องกับแนวทางใหม่ นอกจากนี้ ยังต้องติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้แน่ใจว่าคุณภาพการผลิตได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ใช้เช็คซีสเพื่อตรวจสอบจุดสำคัญของเครื่องจักรเพื่อควบคุมคุณภาพหลังการปรับปรุงกระบวนการ

### 3. ผลการวิจัย (Results)

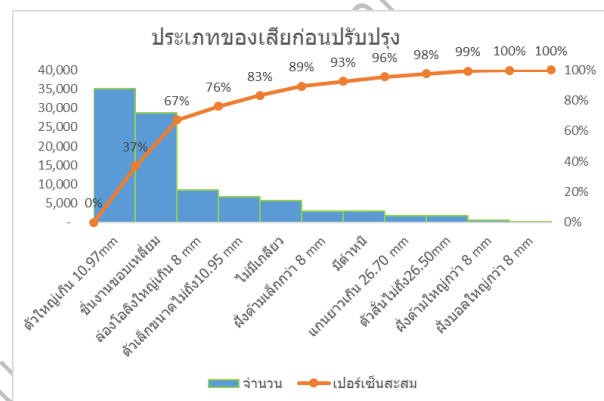
#### 3.1 กระบวนการผลิตแกนก๊อมน้ำ STCB-15

จากการศึกษากระบวนการผลิตทราบว่าขั้นตอนการผลิตชิ้นงานและวัสดุทองเหลืองมีตั้งนี้วัสดุทองเหลืองเส้นกลมขนาด 12 mm ขั้นตอนการผลิตพนักงานนำทองเหลืองเส้นใส่ในอโต้บาร์จากนั้นตรวจเช็คเครื่องจักรเมื่อเครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมทำงานจากนั้นจะรันเครื่องจักรและจะมีพนักงาน Qcคอยตรวจชิ้นงานเพื่อดูว่าเครื่องกลึงชิ้นงานได้ตามมาตรฐานหรือไม่เพื่อเริ่มงาน ในแต่ละเดือนจะมีคำสั่งผลิตอยู่ที่ 1,100,000 -1,500,000 ชิ้น มีชิ้นงานเสียรวมอยู่ที่ 45,917-49,091 ชิ้น คิดเป็น 3.30% แบ่งเป็นการเสียจากชิ้นงานมีขนาดใหญ่เกิน 10.97 mm 16,975-18,146 ชิ้น ชิ้นงานมีขอบเหลี่ยม 13,920-14,880 ชิ้น ร่องโอรังใหญ่เกิน 4,130-4,415 ชิ้น ตัวเล็กขนาดไม่ถึง10.95 3,202-3,423ชิ้น ไม่มีเกลียว 2,795-2,988 ชิ้น ด้ามเล็ก 1,470-1,572 ชิ้น ชิ้นงานมีตำหนิ 1,403-1,500 ชิ้น ตัวสั้น 893-955 ชิ้น ด้ามใหญ่ 802-858 ชิ้น ผังบอลใหญ่ 248-266 ชิ้น ผังด้ามใหญ่ 79-85 ชิ้น

#### 3.2การวิเคราะห์และการใช้งานชิ้นงานขอบเหลี่ยม

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือ Pareto Chart เผยให้เห็นว่าชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่เกิน 10.97 mm เป็นประเภทที่มี

จำนวนของเสียสูงที่สุด และชิ้นงานมีขอบเหลี่ยมเป็นประเภทที่มีจำนวนของเสียสูงอันดับที่สอง อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบการประกอบชิ้นงานขอบเหลี่ยมในไลน์การผลิตจริงพบว่าชิ้นงานเหล่านี้สามารถประกอบและใช้งานได้ตามปกติ โดยได้มีการทดสอบกับเครื่องประกอบชิ้นงานจริงในไลน์การผลิตจำนวน 100 ชิ้น จนพบว่าสามารถประกอบได้ 73% และทดสอบการรื้อซิมของชิ้นงานที่ประกอบใหม่ทั้งหมด ผลคือไม่พบการรื้อซิมใดๆจากการใช้ชิ้นงานขอบเหลี่ยม เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบนี้จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานที่มีขอบเหลี่ยมไม่ถือเป็นของเสียในกระบวนการผลิตและสามารถนำไปใช้งานได้จริง การเปลี่ยนแปลงนี้ช่วยให้ลดปริมาณของเสียที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้

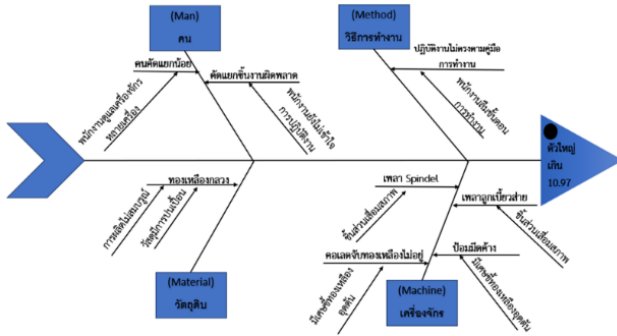


รูปที่ แผนภูมิพาเรโตก่อนที่จะเริ่มปรับปรุงกระบวนการ

#### 3.3 การวัดค่า $C_p$ และการปรับปรุงเครื่องจักร

ในส่วนของชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่เกิน 10.97 mm เราได้ทำการวิเคราะห์แผนภูมิแกงปลาเพื่อหาสาเหตุของความผิดพลาดพบว่าปัญหาส่วนใหญ่มาจากเครื่องจักรที่เก่ามากมีชิ้นส่วนเสียหายหลายส่วน เราจึงสุ่มตรวจชิ้นงานแกนก๊อมน้ำจำนวน 20 ชิ้นต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 2 เดือน ก่อนการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อคำนวณค่า  $C_p$  สำหรับเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องจักร ผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าก่อนการปรับปรุงเครื่องจักรที่ใช้มีค่า  $C_p$  ต่ำกว่า 0.25 ซึ่งบ่งชี้ว่ากระบวนการผลิตมีคุณภาพต่ำทำให้ชิ้นงานที่ผลิตได้มีขนาด D2 กระจายตัวมากเกินไป เราได้ดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรโดยการตรวจสอบและเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพเช่นเพลาลูกเบี้ยวและ เปลี่ยนลูกปืน เปลี่ยนเพลาลัง เปลี่ยนคอเล็ด (ตัวจับทองเหลืองเส้น) เปลี่ยนยันศูนย์หน้า เปลี่ยนเพลาน้ำ เปลี่ยนลูกเบี้ยวมัดปก เปลี่ยนลูกเบี้ยวตัวพลิกระหว่างมิดเจาะกับตีป เปลี่ยนข้อต่อระหว่างเพลาลูกเบี้ยวมัดร่อง เปลี่ยนลูกเบี้ยวหัว เปลี่ยนมิด ตั้งลูกเบี้ยวมัดร่อง เร่งลูกปืน spindle เปลี่ยนมิด ล้างคอเล็ด ล้างป้อมมิด และอื่นๆจากนั้นได้ทำการบันทึกและเปรียบเทียบผลการคำนวณค่า  $C_p$  ก่อนและหลังการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์พบว่าค่า  $C_p$

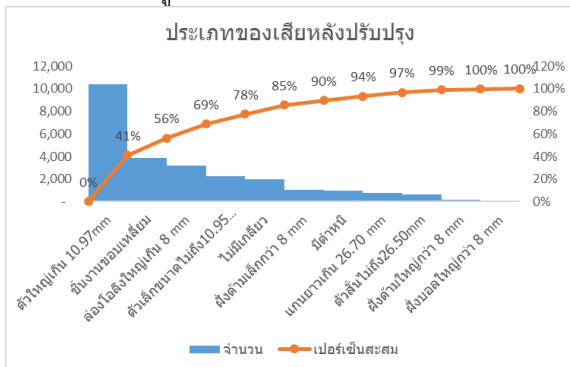
หลังการปรับปรุงสูงขึ้นอยู่กับระดับ 0.31-0.61 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรมีความสามารถที่ดีขึ้น โดยสามารถลดของเสียลดจากเดือนละ 13,920-14,880 ชิ้น เหลือ 10,432 ชิ้นในเดือนกรกฎาคม (ลดลง 41%เทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง)



รูปที่ 1 แผนภูมิแก๊งปลา ก่อนที่จะเริ่มปรับปรุงกระบวนการ

### 3.4 ผลการทดสอบแนวทางการแก้ไขปัญหา

หลังจากปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยใช้แผนภูมิ พาร์โต ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภูมิพาร์โต หลังจากปรับปรุงกระบวนการ

จากรูปที่แสดงให้เห็นว่าหลังจากปรับปรุงกระบวนการแล้วชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่เกิน 10.97mm. ลดลงเหลือ 10,432 ชิ้น ซึ่งคิดเป็น 59% จากก่อนการปรับปรุงและของเสียจากชิ้นงานขอบเหลี่ยมลดลงเหลือ 3,840 ชิ้นซึ่งคิดเป็น 27% จากก่อนการปรับปรุงละมีของเสียรวมทั้งหมดในเดือนกรกฎาคม ลดลงเหลือ 25,304 ชิ้น ซึ่งคิดเป็น 53% จากก่อนการปรับปรุงทำให้สามารถยืนยันได้ว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ผลดีขึ้นในภาพรวม

## 4. อภิปรายผล (Discussion)

**4.1 การวิเคราะห์และการใช้งานชิ้นงานขอบเหลี่ยม**  
 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Pareto Chart ชี้ให้เห็นว่าชิ้นงานที่มีขอบเหลี่ยมเป็นสาเหตุหลักของปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต แม้ว่าในช่วงแรกชิ้นงานเหล่านี้จะถูกมอง

ว่าเป็นของเสีย แต่ผลการทดสอบการประกอบและการใช้งานจริงแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานขอบเหลี่ยมยังสามารถทำงานได้ตามปกติโดยไม่มีปัญหาด้านประสิทธิภาพหรือความทนทาน การค้นพบนี้ทำให้เราต้องทบทวนแนวคิดเกี่ยวกับข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพของชิ้นงาน ในกรณีนี้ ชิ้นงานขอบเหลี่ยมจึงไม่จำเป็นต้องถือเป็นของเสียอีกต่อไป ซึ่งช่วยลดปริมาณของเสียที่ไม่จำเป็นและทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น การนำชิ้นงานเหล่านี้กลับมาใช้งานได้จริงสามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 4.2. การวัดค่า Cp และการปรับปรุงเครื่องจักร

จากการวัดค่า Cp ก่อนการปรับปรุงเครื่องจักร พบว่าเครื่องจักรมีค่า Cp ต่ำกว่า 0.25 ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถของเครื่องจักรที่ต่ำไม่สามารถผลิตชิ้นงานตามขนาดที่กำหนดไว้ การมีค่า Cp ต่ำนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตมีความแปรผันสูงและไม่สามารถรักษาคุณภาพได้ตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อลดความแปรผันและเพิ่มคุณภาพการผลิต เราได้ดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรโดยการตรวจสอบและเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพ การเปลี่ยนชิ้นส่วนและการบำรุงรักษาเครื่องจักรทำให้ค่า Cp หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.25 ซึ่งแสดงถึงการปรับปรุงที่สำคัญในความสามารถของกระบวนการผลิตในการสร้างชิ้นงานที่ตรงตามข้อกำหนด การเพิ่มขึ้นของค่า Cp แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงนี้มีผลในเชิงบวกต่อคุณภาพของการผลิต โดยลดความแปรผันและเพิ่มความสามารถในการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ การติดตามและการบันทึกผลลัพธ์อย่างละเอียดช่วยให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของการปรับปรุงได้อย่างแม่นยำและมีข้อมูลที่ชัดเจนในการวางแผนการปรับปรุงในอนาคต แต่อย่างไรก็ตามด้วยเครื่องจักรเหล่านี้เก่าแล้วทำให้ไม่สามารถปรับปรุงให้มีค่า Cp สูงได้ถึง 1.00 ภายในเวลาของการวิจัย ทางผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่กับการซ่อมเครื่องจักรนี้และใช้ต่อไป

## 5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาพบว่าลักษณะการเสียที่มากที่สุด 2 อันดับแรกคือ 1.ขนาดของชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตเฉลี่ยคิดเป็น 1.22% ต่อเดือนจากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด 2.ชิ้นงานที่ผลิตได้มีขอบบางส่วนเป็นเหลี่ยมซึ่งไม่ตรงกับแบบสั่งผลิตเฉลี่ย คิดเป็น 1.00% ต่อเดือนจากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด หลังจากพัฒนากระบวนการผลิตแล้วพบว่าสามารถลดของเสียในกระบวนการจากการนำชิ้นงานที่มีขอบเหลี่ยมมาใช้ในงานในไลน์การผลิตร่วมกับชิ้นงานที่ขอบโค้งมนลงได้ 73% เมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง และยังสามารถเพิ่มค่า Cp ของเครื่องจักรกลึงทองเหลืองที่มีปัญหา 10 เครื่อง จากเดิมที่มี

ค่า  $C_p$  น้อยกว่า 0.25 ขึ้นมาเป็น 0.31-0.61 ทำให้มีของเสียจากสาเหตุขนาดของชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตในเดือนกรกฎาคมลดลง 41% เทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต แกนก๊อกรุ่น STCB-15 โดยรวมแล้วสามารถลดของเสียลงได้รวมกันทุกประเภทเหลือ 2.20% จากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด จากเดิมที่มีค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 3.30% จากจำนวนชิ้นงานทั้งหมด

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ในโอกาสนี้ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างสุดซึ้งต่อทุกท่านที่มีส่วนร่วมและสนับสนุนการดำเนินงานของโครงการนี้ ให้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาสำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนที่สำคัญตลอดระยะเวลาในการดำเนินงาน โครงการนี้ไม่อาจสำเร็จได้หากขาดคำแนะนำที่เป็นประโยชน์จากอาจารย์ อันเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยให้เราสามารถดำเนินงานไปในทิศทางที่ถูกต้อง นอกจากนี้ขอขอบคุณทีมงานที่ทุ่มเทแรงกายและแรงใจในการทำงานร่วมกันอย่างเต็มที่ ความร่วมมือและความขยันของทุกคนมีส่วนสำคัญในการบรรลุเป้าหมายของโครงการ การทำงานเป็นที่มออย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่ช่วยให้โครงการนี้ ลุล่วงไปได้อย่างราบรื่นเราจึงต้องการแสดงความขอบคุณต่อพนักงานและผู้ปฏิบัติงานที่มีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บข้อมูลและทดสอบกระบวนการผลิต การจัดหาข้อมูลที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์และการปรับปรุงสุดท้ายขอขอบคุณผู้สนับสนุนทางการเงินและทรัพยากรที่ทำให้โครงการนี้สามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น การสนับสนุนดังกล่าวช่วยให้การทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลมีประสิทธิภาพและผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ความช่วยเหลือและการสนับสนุนของทุกท่านมีคุณค่าอย่างยิ่งและเป็นสิ่งที่ไม่สามารถประเมินค่าได้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านอีกครั้งที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จของโครงการนี้ด้วยความเคารพ

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] สุรศักดิ์ ชูบโธสง และระพีกาญจนะ การปรับปรุงคุณภาพผลิตภิมพ์ในกระบวนการฉีดพลาสติก ๒๕๖๓ หน้า 2371-2378

ข้อมูลจาก [file:///C:/Users/Admin/Downloads/1806-The%20Manuscript%20\(Full%20Article%20Text\)-5070-1-10-20200831.pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/1806-The%20Manuscript%20(Full%20Article%20Text)-5070-1-10-20200831.pdf)

วันที่ค้นคว้าข้อมูล 14 กันยายน 2567

[2] โปยม เหลือแก้ว การปรับปรุงคุณภาพในการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิค ซิกซ์ซิกม่า 2555 หน้า 14-19

<http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/bitstream/123456789/945/1/131882.pdf>

วันที่ค้นคว้าข้อมูล 14 กันยายน 2567



TECHNOLOGY