สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

SIIMC 2025

งานประชุมวิชาการ และนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 14 ประจำปี 2568

14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Eco Innovation Forum 2025

17 ตุลาคม 2568

โรงแรมอัศวิน แกรนด์ คอนเวนชั่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร

คำนิยม

ด้วยทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของโลกในปัจจุบัน ทำให้ภาคอุตสาหกรรมนอกจากต้องมีความรู้ ความสามารถทางด้านวิศวกรรมแล้ว ความสามารถด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอยู่ร่วมกันกับชุมชนยังเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นของภาคอุตสาหกรรมมาก เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน องค์กรธุรกิจทั้งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้ได้มาตรฐานตามหลักสากลและลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติแต่ยังคงมีคุณภาพที่ดี อีกทั้งยังสามารถแข่งขันกับคู่แข่งทางการค้าในตลาดระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลกได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้ตระหนักถึงภารกิจที่สำคัญนี้ จึงให้การสนับสนุนสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ผลิตบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและคุณธรรม สามารถสร้างสรรค์ผลงานวิจัยและนวัตกรรมใหม่ อีกทั้งเป็นการบริการสังคมในด้านวิชาการให้เป็นที่ประจักษ์ถึงการเติบโตของสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ทั้งในเชิงจำนวนบัณฑิต มหาบัณฑิต ดุษฎีบัณฑิต จำนวนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ

ข้าพเจ้าในฐานะอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอแสดงความยินดีกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้รับเกียรติร่วมเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 14 ประจำปี 2568 ร่วมกับสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) ในวันที่ 17 ตุลาคม 2568 ณ โรงแรมอัศวิน แกรนด์คอนเวนชั่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร ข้าพเจ้าเชื่อมั่นเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ จะสามารถพัฒนาความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษากับภาคอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยในด้านองค์ความรู้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อนอย่างยั่งยืน อันจะส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้มีความก้าวหน้าต่อไป

(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

คำนิยม

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference, SIIMC 2025) ครั้งที่ 14 ประจำปี 2568 ร่วมกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พร้อมทั้งได้รวบรวมบทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิลงในที่เล่มเอกสารผลงานการประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ เพื่อให้เป็นช่องทางในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ต่าง ๆ ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเน้นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสถานการณ์ปัจจุบันเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังแสดงถึงศักยภาพในการศึกษาและวิจัยของสถาบันต่างๆ ในประเทศไทยอีกด้วย

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มีความชื่นชมผลงานบทความวิจัยที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานที่ได้รับพิจารณาให้นำเสนอในที่ประชุมวิชาการฯ (Proceedings) ฉบับนี้จะเป็นองค์ความรู้ทางวิศวกรรม เทคโนโลยีและนวัตกรรมอันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ร่วมการประชุมฯ และผู้ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยอย่างยั่งยืนสืบไป

(นางสรวงระวี คุณธนกาญจน์)
ผู้จัดการอาวุโสและรักษาการผู้อำนวยการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

คณะกรรมการและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

งานประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

ครั้งที่ 14 ประจำปี 2568 วันที่ 17 ตุลาคม 2568

คณะกรรมการอำนวยการ

1.	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ประธานกรรมการ
2.	รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์	รองประธานกรรมการ
3.	รองคณบดีฝ่ายบริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
4.	รองคณบดีฝ่ายวางแผน คณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
5.	รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
6.	ผู้ช่วยคณบดีด้านวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ และเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงาน

1.	อาจารย์ธีรเชษฐ์ แพ่งธีระสุขมัย	ประธานกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	กรรมการ
3.	อาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล	กรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ	กรรมการ
5.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดพงษ์ แดงสี	กรรมการ
6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ แพงกันยา	กรรมการ
7.	อาจารย์ ดร.เชาวน์วัศ อรรถานิทธิ์	กรรมการ
8.	อาจารย์ ดร.พุทธิพงศ์ เลขะชัยวรกุล	กรรมการ
9.	อาจารย์ ดร.สะคราญ สิชฌรังษี	กรรมการ
10.	นายปฐมพงษ์ จำนงค์พันธ์	กรรมการ
11.	นายจิระเดช สายสุโชค	กรรมการ
12.	นางสาวรุ่งอรุณ คงสวัสดิ์	กรรมการ
13.	นางสาวชาริณี ชื่นมีศรี	กรรมการ
14.	นางสาวพฤทธิ์พชามญชุ์ เพชรจรัส	กรรมการ
15.	นางสาวพัชราวลัย จีนอนงค์	กรรมการ
16.	นางสาวทิพย์มณี โรมพันธ์	กรรมการ และเลขานุการ
17.	นายมงคล ศิริวงศ์	กรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

รายชื่อคณะกรรมการภายในผู้พิจารณาบทความ

1. **อาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล**
   สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. **ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ**
   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.พุทธิพงศ์ เลขะชัยวรกุล**
   สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7. **อาจารย์ ดร.สะคราญ สิชฌรังษี**
   สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8. **อาจารย์ ดร.เชาวน์วัศ อรรถานิทธิ์**
   สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

รายชื่อคณะกรรมการภายนอกผู้พิจารณาบทความ

1. **รองศาสตราจารย์ ดร.อาคม ปะหลามานิต**
   มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. **อาจารย์ ดร.ปิติพัฒน์ บุตรโคตร**
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
3. **อาจารย์กิตติพล ขาวงาม**
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
4. **รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา ทองรักษ์**
   นักวิชาการอิสระ
   APS Safety Engineering and Service Company Limited

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

คำนำ

การจัดประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference) ครั้งที่ 14 ประจำปี 2568 โดยความร่วมมือระหว่าง สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นการดำเนินการต่อเนื่องภายใต้ข้อตกลงความร่วมมือ “พัฒนาศักยภาพบุคลากรสมาชิกสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเพื่อการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน” ระหว่างสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การจัดประชุมวิชาการในครั้งที่ 14 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีนำเสนอผลงานเชิงวิชาการพร้อมกับส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการ 3 ส่วน ประกอบด้วย เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยนักวิจัยจากสถาบันการศึกษา ด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักวิจัยจากภาคอุตสาหกรรมภายใต้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ทันสมัยสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การนำเสนอผลงานวิจัยครอบคลุมด้านการจัดการองค์กรเพื่อความยั่งยืน การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการของเสีย การรีไซเคิลวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาพลังงานทดแทนและนวัตกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เป็นต้น การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ได้รับความรู้ใหม่ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย พร้อมทั้งนำความรู้ไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม ทั้งการทำงานและการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น เป็นบุคลากรสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้ยั่งยืนต่อไป

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการพิจารณาบทความ ผู้สนับสนุน จากทุกภาคส่วน นักวิจัย ผู้นำเสนอบทความ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการทุกท่าน มา ณ ที่นี้

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท)
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

17 ตุลาคม 2568

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับผลงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงาน
ทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 14 ประจำปี 2568
วันศุกร์ที่ 17 ตุลาคม 2568

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
1	Design and Development of an Internet of Things-Enabled Cleaning Robot Utilizing a Raspberry Pi Microcontroller	Thanet Unchaisri	ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเผาไหม้ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรม โรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน)
2	การจำลองการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลาย $Fe(OH)_3$-EDTA ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้โปรแกรม Aspen Plus	สาธก ไชยกุลชื่นสกุล กนกวรรณ คำมุงสุข พรพระเนตร เจนหัด	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
3	กระบวนการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบเรียนรู้เชิงลึกเพื่อการประยุกต์ใช้	ไชยรัตน์ ถนอมวงษ์ กร พวงนาค เกริก พวงนาค	- สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4	การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากกระดาษเหลือทิ้งด้วยกระบวนการทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล	เจษฎา แย้มเมืองไชย นัครา แสงมณี นราธิป ทับทัน สุพาชัย เจษฎาเจิม พุทธิพงศ์ เลขะชัยวรกุล ธีรเชษฐ์ แพ่งธีระสุขมัย เชาวน์วัศ อรรถานิทธิ์	- สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - สาขาวิชาสถาปัตยกรรมบูรณาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
			มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตพื้นที่อุเทนถวาย - ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5	Biomass Gasification Process Modeling for Syngas Production in Thailand with Aspen Plus	Tanit Bhibhatbhan Apinya Juipetch Sanjita Sopark	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University
6	การพัฒนาระบบการบริหารจัดการขยะในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอย่างยั่งยืนด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน	ธัญลักษณ์ กาวิชา สุวิทย์ แพงกันยา เทอดพงษ์ แดงสี	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7	ระบบการจัดการอาคารอัจฉริยะเพื่อการพัฒนาสถานพยาบาลอายุรศาสตร์อย่างยั่งยืน	บูลย์ วิบูลย์พันธุ์ สุวิทย์ แพงกันยา	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8	การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลด : กรณีศึกษา บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด	นิยม ยิ้มแก้ว สุวิทย์ แพงกันยา	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
9	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม PVsyst	นฤมล เหลืองอภิชน ดุสิต งามรุ่งโรจน์ ปรีดา จันทวงษ์	- สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
			วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้า - ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
10	ผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาใน การอบคืนไฟต่อความแข็งและการ บิดตัวของเหล็ก SUP9A ใน กระบวนการผลิตแหนบรถยนต์	วิทูลย์ ยืนนาน สุวิทย์ แพงกันยา สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
11	การจำลองและวิเคราะห์แรงดัน เกินชั่วครู่ภายใต้ระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อความยั่งยืนในการเลือกใช้ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแรงดันต่ำ	อานนท์ สิงห์เสถียร เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ คชพงศ์ สุมานนท์	- สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร - สาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร
12	การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหาร จัดการงานออกแบบตกแต่งเพื่อจัด แสดงภายในอาคาร	ปภังกร ปัณณาวิชญ์ ศักดิ์ชาย รักการ	สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
13	ผลของการเสริมเส้นใยผักตบชวา ต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิง ประกอบอิพ็อกซี	จีระพัฒน์ พัฒนะ กิตินันต์ แสนธิวัง นฤมล สัมฤทธิ์	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร เพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
			วิทยาเขตปราจีนบุรี
14	การจัดการระบบอัคคีภัยในอาคารสูง ที่มีอายุเกิน 25 ปี	ภาคิไนย ชัยสุวรรณ์ ศักดิ์ชาย รักการ	สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
15	การจัดการขยะอินทรีย์เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มความยั่งยืนในชุมชน: กรณีศึกษาพื้นที่ตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่	ไวกูณฑ์ ไพโรจน์ฤทธิ์กุล สุวิทย์ แพงกันยา สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
16	การปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบดับเพลิง	เทอดพงษ์ พันทะแสน สุวิทย์ แพงกันยา สหรัตน์ วงศรีษะ	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
17	การจัดการขยะด้วยการบูรณาการเศรษฐกิจหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เหมาะสม กรณีศึกษาเกาะสมุย: การทบทวนวรรณกรรมและกำหนดแนวทางการวิจัยที่เหมาะสมในอนาคต	ศรัญญาภรณ์ สุภากุล เทอดพงษ์ แดงสี	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
18	การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการเชื่อมคัตติ้งทูลส์ชนิดคิวบิกโบรอนไนไตรด์ : กรณีศึกษาบริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด	ชัยวัฒน์ มีชัย ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ณิชาพัฒน์ กิตติราช	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
19	นวัตกรรมเครื่องจักรกลกึ่งอัตโนมัติสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการปอกและผ่าผลหมากแห้ง	ยงยุทธ ดุลยกุล เดช เหมือนขาว ธีรเมธ สงทอง ชำนาญ พูลสวัสดิ์ นิพนธ์ มณีโชติ ชัยยุทธ มีงาม	- สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา - สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
20	วิกฤติฉุกเฉินด้านน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือ	สุวรรณทนา นุชประมูล วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์	- สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย - สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
21	การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน	ธงชัย มหาวัน ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ	สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
22	การศึกษาความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำและลดกลิ่นน้ำเสียด้วยพลังงานธรรมชาติ	สุเวทย์ พรินทรากูล ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ	สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
23	ระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์ม	ลิขิต ประภัสสร ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ กาญจนา ดาวเด่น	สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
24	การศึกษาการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบบูรณาการด้วยการผสมผสาน การรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์และปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเพิ่มความ	นีรนุช อารีราชการัณย์กร พวงนาค ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล มัณฑนา เตี๋ยวงษ์สุวรรณ์	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
	แม่นยำและลดการแจ้งเตือนผิดพลาด		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
25	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลทังสเตนคาร์ไบด์สเตปดิว กรณีศึกษาบริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด	ศุภวิชญ์ ตรีกูล ปรเมษฐ์ พิมพ์อูป ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ณิชาพัฒน์ กิตติราช สกล เกตุสุวรรณ	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด
26	การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ทังสเตนคาร์ไบด์: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สเต็ปดริลล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.27 มิลลิเมตร	ก้องเพชร คูรัมย์ ธีรวุฒิ ทองประโคน ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ ยรรยง ศรีสม สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ จตุรงค์ พิศุทธ์สินธุ์	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - บริษัท ท็อปเทค ไดมอนด ทูลส จำกัด
27	การออกแบบระบบค้นหาเส้นทางอัตโนมัติในสภาพแวดล้อมเขาวงกตด้วยเครือข่ายประสาทเชิงลึกแบบ Q-Network (DQN)	อิมรอน ยามาดี จีระ อาชวพรวิทูร สมพร เตียเจริญ	สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
28	ศึกษากระบวนการผลิตคัทติ้งทูลส์ Polycrystalline Dimond กรณีศึกษาแผ่นมีด PCD C-CNMX 120408	ชานน ปู่อ่อง ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ นนทพร มูลวรรณ จตุรงค์ พิศุทธค์สินธุ์	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
29	การออกแบบและทดสอบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่ง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออกอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี	ก้องฤทธิ์ สินสะ สุวิทย์ แพงกันยา	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
30	การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่งเพื่อการกักเก็บมะม่วงส่งออก	ก้องฤทธิ์ สินสะ สุวิทย์ แพงกันยา	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
31	การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดเพชร โพลีคริสตัลไลน์	กฤษนะ นนกระโทก วีรญา กรทิพย์ ชานนท์ มูลวรรณ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ยรรยง ศรีสม	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
32	การปรับปรุงเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์ : กรณีศึกษา บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)	ธนภัทร เพียขันทา พิมพ์ชนก อาชา ภาณุพัฒน์ มากศรทรง ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
33	การลดของเสียในการผลิต CBN Cutting Tools ชนิด BORAZONRING 2×3.65 mm ผ่านการออกแบบอุปกรณ์ใหม่	นพดล เศษรัมย์ อภิสิทธิ์ ประเสริฐศรี ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ณิชาพัฒน์ กิตติราช สกล เกตุสุวรรณ	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด
34	การปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนความเที่ยงตรงสูง กรณีศึกษา เครื่องเจียระไนยี่ห้อ EWAG รุ่น WS-11	จีรยุทธ บุญเมฆ ขัยสิทธิ์ มณฑล วีรญา กรทิพย์ ชานนท์ มูลวรรณ สหรัตน์ วงศรีษะ ยรรยง ศรีสม	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
35	การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แบบขนานที่ขับเคลื่อนด้วยสายเคเบิล สำหรับการจัดการวัตถุ	สมพร เตียเจริญ สุจิตรา ทองทวี ภัทรวัตร โทสาลี	ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
36	การประยุกต์การใช้ ROS กับแขนหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม	สมพร เตียเจริญ พิชิตพล น้อยท่าทอง	ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
37	การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ทังสเตนคาร์ไบด์ : กรณีศึกษารีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร	สุรพัฒน์ นาชำ รัตนา อภินันท์จารุพงศ์ วีรญา กรทิพย์ ชานนท์ มูลวรรณ ยรรยง ศรีสม สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
38	การพัฒนาระบบบริหารสินค้าคงคลัง ด้วยการวางแผนทรัพยากรองค์กร เพื่อเพิ่มผลิตภาพและการลดต้นทุน:กรณีศึกษาน้ำมันหล่อเย็นในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือตัด	เอกราช สิงห์วิชัย วรวิชพงษ์ วีรภัทรพุฒิพร ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงศรีษะ วิทยา พลพชร	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - บริษัท เอเบิลอินโน จำกัด

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
39	การลดเวลาในกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดทังสเตนคาร์ไบด์ กรณีศึกษา เอ็นมิล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 มิลลิเมตร	สุชัจจ์ คำยันต์ สหรัตน์ วงศรีษะ ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ จิรยุทธ เปี่ยมคุ้ม	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
40	แนวทางการจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกเชิงยั่งยืน: กรณีศึกษาพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ในย่านรังสิต	เกษมสันต์ รื่นกลิ่น สุวิทย์ แพงกันยา	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
41	การสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้	ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว พูนศรี วรรณการ นาวิน รอดเรือง ภควัต เกอะประสิทธิ์	- สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
42	การศึกษาเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะ : กรณีศึกษาชิ้นส่วนเครื่องบิน	กิตติพงษ์ คำมี นพดล รุ่งรัศมี ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ยรรยง ศรีสม	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
			มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
43	ผลกระทบของกระบวนการทอร์รีแฟคชันต่อการเกิดความร้อนด้วยตัวเองของสนที่ผ่านกระบวนการทอร์รีแฟคชัน	ฐณพล เวียงทอง	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
44	การปรับปรุงเครื่องกลึงอัตโนมัติควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนความเที่ยงตรงสูง	จักรพงษ์ บังสูงเนิน ชานนท์ มูลวรรณ วีรญา กรทิพย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ นนทพร มูลวรรณ สรรเสริญ ภูไพบูรณ์	- โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต - สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร - บริษัท สยาม เด็นโซ่ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัดอมตะ ซิตี้ ชลบุรี - บริษัท ซีเอ็นซี เซลล์ แอนด์ เซอร์วิส (2002) จำกัด

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

สารบัญ

ชื่อบทความ **หน้าที่**

1. Design and Development of an Internet of Things-Enabled Cleaning Robot Utilizing a Raspberry Pi Microcontroller 1
2. การจำลองการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ด้วยสารละลาย Fe(OH)3-EDTA ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้โปรแกรม Aspen Plus 6
3. กระบวนการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบเรียนรู้เชิงลึกเพื่อการประยุกต์ใช้ 11
4. การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากกระดาษเหลือทิ้งด้วยกระบวนการทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล 15
5. Biomass Gasification Process Modeling for Syngas Production in Thailand with Aspen Plus 21
6. การพัฒนาระบบการบริหารจัดการขยะในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอย่างยั่งยืนด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน 28
7. ระบบการจัดการอาคารอัจฉริยะเพื่อการพัฒนาสถานพยาบาลอายุรศาสตร์อย่างยั่งยืน 34
8. การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลด : กรณีศึกษา บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) 39
9. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม Pvsyst 45
10. ผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟต่อความแข็งและการบิดตัวของเหล็ก SUP9A ในกระบวนการผลิตแหนบรถยนต์ 50
11. การจำลองและวิเคราะห์แรงดันเกินชั่วครู่ภายใต้ระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อความยั่งยืนในการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแรงดันต่ำ 56
12. การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานออกแบบตกแต่งเพื่อจัดแสดงภายในอาคาร 61
13. ผลของการเสริมเส้นใยผักตบชวาต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซี 66
14. การจัดการระบบอัคคีภัยในอาคารสูง ที่มีอายุเกิน 25 ปี 71
15. การจัดการขยะอินทรีย์เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มความยั่งยืนในชุมชน: กรณีศึกษาพื้นที่ตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบ 75
16. การปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบดับเพลิง 81
17. การจัดการขยะด้วยการบูรณาการเศรษฐกิจหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เหมาะสม กรณีศึกษาเกาะสมุย: การทบทวนวรรณกรรมและกำหนดแนวทางการวิจัยที่เหมาะสมในอนาคต 87
18. การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการเชื่อมคัตติ้งทูลส์ชนิดคิวบิกโบรอนไนไตรด์: กรณีศึกษา บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด 94
19. นวัตกรรมเครื่องจักรกลกึ่งอัตโนมัติสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการปอกและผ่าผลหมากแห้ง 100

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

สารบัญ (ต่อ)

ชื่อบทความ **หน้าที่**

20. วิกฤติฉุกเฉินด้านน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือ 109
21. การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน 114
22. การศึกษาความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำและลดกลิ่นน้ำเสียด้วยพลังงานธรรมชาติ 119
23. ระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์ม 123
24. การศึกษาการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบบูรณาการ ด้วยการผสมผสานการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์และปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดการแจ้งเตือนผิดพลาด 128
25. การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูล ทังสเตนคาร์ไบด์สเตปดิว กรณีศึกษาบริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด 137
26. การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลสทังสเตนคาไบด: กรณีศึกษาผลิตภัณฑสเต็ปดริลลขนาด เสนผานศูนยกลาง 7.27 มิลลิเมตร 143
27. การออกแบบระบบค้นหาเส้นทางอัตโนมัติในสภาพแวดล้อมเขาวงกตด้วยเครือข่ายประสาทเชิงลึกแบบ Q-Network (DQN) 149
28. ศึกษากระบวนการผลิตคัทติ้งทูลส์ Polycrystalline Dimond กรณีศึกษาแผ่นมีด PCD C-CNMX 120408 154
29. การออกแบบและทดสอบการผลิตไฟฟาดวยเซลลแสงอาทิตยแบบระบบเชื่อมตอสายสงกรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนผูผลิตมะมวงสงออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี 160
30. การประเมินดานเศรษฐศาสตรสำหรับการผลิตกำลังไฟฟาดวยเซลลแสงอาทิตยแบบระบบเชื่อมตอสายสงเพื่อการกักเก็บมะมวงสงออก 165
31. การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดเพชรโพลีคริสตัลไลน์ 171
32. การปรับปรุงเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์ : กรณีศึกษา บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) 179
33. การลดของเสียในการผลิต CBN Cutting Tools ชนิด BORAZONRING 2x3.65 mm ผ่านการออกแบบอุปกรณ์ใหม่ 185
34. การปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนความเที่ยงตรงสูง กรณีศึกษา เครื่องเจียระไนยี่ห้อ EWAG รุ่น WS-11 192
35. การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แบบขนานที่ขับเคลื่อนด้วยสายเคเบิลสำหรับการจัดการวัตถุ 201

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

สารบัญ (ต่อ)

ชื่อบทความ **หน้าที่**

36. การประยุกต์การใช้ ROS กับแขนหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม 206
37. การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ทังสเตนคาร์ไบด์ : กรณีศึกษารีมเมอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร 211
38. การพัฒนาระบบบริหารสินค้าคงคลังด้วยการวางแผนทรัพยากรองค์กร เพื่อเพิ่มผลิตภาพและการลดต้นทุน:กรณีศึกษาน้ำมันหล่อเย็นในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือตัด 219
39. การลดเวลาในกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดทังสเตนคาร์ไบด์ กรณีศึกษา เอ็นมิล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 มิลลิเมตร 227
40. แนวทางการจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกเชิงยั่งยืน : กรณีศึกษาพื้นที่พาณิชยขนาดใหญ่ในยานรังสิต 236
41. การสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ 241
42. การศึกษาเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะ : กรณีศึกษาชิ้นส่วนเครื่องบิน 246
43. ผลกระทบของกระบวนการทอรรีแฟคชันต่อการเกิดความร้อนดวยตัวเองของสนที่ผานกระบวนการทอรรีแฟคชัน 254
44. การปรับปรุงเครื่องกลึงอัตโนมัติควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนความเที่ยงตรงสูง 262

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Design and Development of an Internet of Things-Enabled Cleaning Robot Utilizing a Raspberry Pi Microcontroller

Thanet Unchaisri[1*]

[1] ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเผาไหม้, สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานครฯ 10150

[1] 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
[*]Coressponding author: Thanet Unchaisri, e-mail address: thanet.unc@mail.kmutt.ac.th

Abstract: This study presents the design and development of a cleaning robot using the Raspberry Pi 4 Model B as the microcontroller. The system integrated essential components including wheel drive motors, a floor cleaning motor, a water pump, an IP camera, and a WiFi-enabled switch for power management. Through the Blynk IoT platform, users can control the robot's movements and cleaning functions via PC or smartphone, ensuring flexibility and accessibility from multiple locations. Experimental tests were conducted on a tiled floor area of 3×4 m², where the robot completed cleaning in approximately 4 minutes, consuming 1.9 A of current during full operation. With a 9 Ah battery and 80% efficiency, the system demonstrated an estimated operating time of nearly 3 hours and 47 minutes. The results confirm that a Raspberry Pi-based cleaning robot offers a cost-effective and versatile solution for developing autonomous cleaning systems, bridging the gap between academic research and practical applications.

Keywords: Blynk IoT; Cleaning robot; Microcontroller; Raspberry Pi

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. Introduction

Robots are currently in high demand to carry out operations in the industrial and service sectors; these robots are referred to as industrial robots and service robots [1], respectively. China is the main market for industrial robots used in the electrical and electronics sector, which has the biggest market share at up to 28% [1]. In 2022, Thailand reported a decrease of 18% in industrial robot installations against 2021 [1]. The International Federation of Robotics (IFR) has estimated that industrial robots would rise by as much as 7% in 2023–2026 compared to 2022 [1]. There are four categories of service robots: cleaning, medical, hospitality, and transportation and logistics. Global sales of cleaning robots increased by 8% in 2022 compared to 2021, while sales of transportation and logistics robots increased by 44%.

In comparison to 2022, Thailand's service robot market increased by 36.7% in 2024 [2]. There are about 31 service robot providers in Thailand, but only three to five of them build and develop service robots; the remainder import services and distribution from outside the country [2]. In the commercial sector, service robots are used in both lease-to-own and direct purchase conditions.

Numerous studies have established that Raspberry Pi-based systems could be used to build autonomous cleaning robots with a variety of sensor configurations and control systems. Anju et al. (2019) [3] created a prototype water for robotic cleaning applications that uses a Raspberry Pi board to control water pumps, motors, and infrared sensors. Vardhan and Nabi (2021) [4] developed this basis by adding seven ultrasonic sensors to the sensor array. These sensors detect dust along preprogrammed pathways, allowing for targeted cleaning and dust suction via integrated motor systems. Similarly, Tele et al. (2022) [5] used both infrared and ultrasonic sensors for thorough dirt detection, coordinating multiple components such as wheel motors, water pumps, and particles suction motors using a Raspberry Pi 3B board. The integration of mobile technology with autonomous cleaning systems was demonstrated by Eren and Dogan (2022) [6], who more recently developed a dual-function robot that can both sweep and vacuum dust particles detected by HC SR0 4 P ultrasonic sensors. They also introduced remote operational control via MIT App Inventor on Android platforms. However, thorough IoT integration with multi-platform remote control and real-time visual monitoring is lacking in previous studies.

The aim of this work is to use a Raspberry Pi 4 model B as the microcontroller to design and build a cleaning robot. An IP camera, wheel drive motors, a water pump, and a floor cleaning motor make up the system. Additionally, using a PC or smartphone, the robot could remotely manage its movement direction and other systems from any location.

2. Research Methodology

2.1 Hardware of Cleaning Robot

The cleaning robot was assembled using the Raspberry Pi 4 Model B as their central processing unit. Through GPIO pins, that communicates with various motor control parts to provide comprehensive cleaning features. As illustrated in Figure 1, the hardware platform consists of a differential drive system with independent left and right wheel motors, a motor for floor cleaning, a water pump for wet cleaning and an IP camera. The entire system was powered by a 12V DC battery, and various modules were supplied with both 12V and 5V inputs by voltage regulation. Motors are controlled using H-bridge driver (BTS 7960) circuits, which allow for reversible movement and speed adjustment using pulse-width modulation (PWM) signals from the Raspberry Pi GPIO pins.

Figure 1 Cleaning robot.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.2 Control Robot Method

The control software is written in Python and uses the RPi.GPIO library to operate hardware interfaces and the Blynk library for Internet of Things connectivity. This creates a multi-tasking system that connects cleaning, sensor monitoring, and motion in real-time. Custom widgets offer easy control over individual motor functions and real-time data transmission, including motor speeds and operational parameters, to the mobile application dashboard. The Blynk platform serves as the main interface for remote control and monitoring. Manual control is enabled through Blynk's virtual pins, which correspond to specific GPIO functions on the Raspberry Pi, creating a stable link between the mobile application and the robot's hardware systems. With WiFi connectivity, users can operate the robot remotely from multiple locations through the Blynk IoT application, ensuring flexible operation and comprehensive system control.

2.3 Experimental Setup

In order to test the cleaning robot, the WiFi switch could be activated during the cleaning robot test due to the serves as the main switch that powers the Raspberry Pi and other robot components. Subsequently, the robot begins cleaning on a tiled floor sized 3 x 4 m^2, and the time that takes to finish was noted. The Blynk application was applied to control the robot in a specific direction. A Testo 770-2 clamp meter was also used to assess the robot's electrical current consumption once all the system's equipment, including the IP camera, floor scrubbing motor, water pump, and wheel rotation motors, was turned on.

3. Results

3.1 System Performance and Remote Monitoring

The cleaning robot was directed and all the robot's equipment, including the water pump, floor cleaning motor, and IP camera, was turned on for the experiment, which carried out on a 3x4 m^2 tiled floor. This took around 4 minutes for an area that size. The robot required 1.9 A of electrical current while the performed at full system capacity. Thus, according to a 9 Ah battery capacity and 80% efficiency, this cleaning robot could operate for 3 hours and 47 minutes. This does not include battery usage when the robot is turned off and only the WiFi switch is turned on, which serves as the primary switch and uses very little electricity.

The main control device for the cleaning robot is a Raspberry Pi 4. After turning on the robot with a WiFi switch, the Raspberry Pi receives power and begins an instant WiFi connection. By accessing https://connect.raspberrypi.com/sign-in, users could use the Raspberry Pi OS operating system from any location. Users may change instructions desire the robot's movement speed any time they desire because of the benefit of being able to access the operating system from anywhere.

The Blynk IoT application was used to control the direction of the robot's movement, as well as control other devices such as water pumps and motors for floor cleaning. Blynk IoT would be operational (as shown in Figure 2) after the Raspberry Pi connects to WiFi and the commands written in Python for controlling the robot enter 'Run' mode."

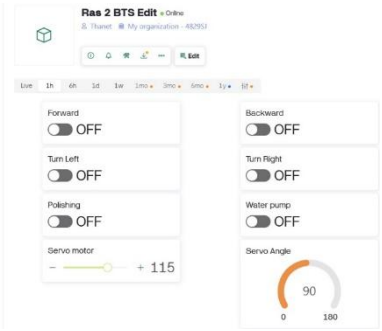


Figure 2 Blynk IoT platform for controlling robot.

3.2 Cost and Comparative Analysis

The cost and comparison of commercial cleaning robots and the Raspberry Pi-based autonomous cleaning robot reveals significant differences in accessibility, flexibility, and cost. The overall cost for developing a Raspberry Pi cleaning

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

robot, as shown in Table 1, is 8,815 Baht. This price includes necessary parts such the Raspberry Pi 4 Model B, motors, batteries, water pump, sensors, and supporting electronics.

Commercial cleaning robots, on the other hand, are a bit more price but have the benefit of being ready to use; they cost around 10,000 Baht. Major shopping platforms online provided the components needed to develop the robot used in this study and the commercial robot. The robot developed using a Raspberry Pi shows significant savings, making it particularly attractive for users on a tight budget or for research projects where cost is an important factor.

Table 1 Cost of Cleaning Robot developed from Raspberry Pi.

Component	Amount	Price (Baht)
Raspberry Pi 4 Model B -1 GB	1	1,311
Raspberry Pi extension board	1	265
Battery 12 VDC, 9Ah	1	490
Motor (wheels) 12 VDC, 60 rpm	2	3,200
Motor (cleaning) 12 VDC, 150 rpm	1	300
Water pump and tank	1	360
IP camera	1	930
WiFi switch	1	228
Step down 12 VDC to 5 VDC	1	168
BTS 7960 H-bridge DC motor drive	2	360
Relay 5 VDC 2 channels	1	70
Solenoid valve 12 VDC	1	133
Others (wire, fitting, and pipe)	1	1,000

Additionally, the Raspberry Pi-based construction provides a number of benefits, such as complete hardware and software flexibility, accessibility in incorporating additional sensors or algorithms, and powerful open-source community support.

This makes technology ideal for academic study, development, and experimentation—all requiring flexibility and upgradeability. Commercial robots are typically closed systems with proprietary parts offering limited customization. While they provide plug-and-play usability, reliable performance, and official support with warranties, they prevent users from expanding functionality beyond the manufacturer's intended scope.

Although a bit more costly, commercial cleaning robots are ideal for customers that prefer convenience over flexibility since they focus a premium on usability, confidence, and customer service.

4. Conclusion

This study successfully demonstrated the development of a cleaning robot utilizing the Raspberry Pi 4 Model B as a microcontroller. The integration of essential components such as differential drive motors, a cleaing motor, a water pump, an IP camera, and WiFi-based control enabled the robot to perform wet and dry cleaning operations effectively. By employing Python programming alongside the RPi.GPIO and Blynk IoT libraries, the system provided seamless real-time communication and remote control capabilities through mobile and PC interfaces, thereby enhancing user accessibility and operational flexibility.

Experimental results confirmed that the robot could clean a 3 × 4 m² tiled floor within approximately 4 minutes, while drawing an average current of 1.9 A during full operation. Based on a 9 Ah battery capacity and 80% efficiency, the robot achieved an estimated runtime of nearly 3 hours and 47 minutes. A comparative cost analysis highlighted the affordability of the prototype, with a total development cost of 8,815 Baht, significantly lower than commercial alternatives priced around 10,000 Baht. Although commercial robots provide greater ease of use and consistent performance, the Raspberry Pi-based system offers clear advantages in terms of flexibility, customization, and suitability for academic research and prototyping.

Despite these strengths, the robot requires a degree of technical expertise for assembly, programming, and maintenance, which might limit adoption among non-technical users. Nevertheless, the findings suggest that Raspberry Pi-based cleaning robots present a promising, cost-effective

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

solution that bridges the gap between research, education, and practical applications in autonomous cleaning systems. Further research should combine the robot's auto mode with manual remote control.

5. References

[1] ทีมวิเคราะห์ตลาดและเทคโนโลยี. สถานภาพตลาดหุ่นยนต์โลกและการสำรวจตลาดหุ่นยนต์บริการ (Service Robot) ในประเทศไทย. ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ: 2567.

[2] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. ข้อมูลการใช้หุ่นยนต์บริการ (Service Robot) และหนุนผู้ประกอบการยกระดับศักยภาพธุรกิจ[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กระทรวงพาณิชย์; 2567 [เข้าถึงเมื่อ 22 ส.ค. 2568].เข้าถึงได้จาก: https://chainat.moc.go.th/th/content/category/detail/id/112/iid/37500

[3] Anju K.P., Jilshida P, Sarithamol M, Thasneem P. Smart floor cleaner controlled by raspberry pi and intelligent IOT. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2019;8(4):4493-4496.

[4] Vardhan M.K., Nabi S.A. NavRobotVac: A navigational robotic vacuum cleaner using raspberry pi & python, Smart Innovation, Systems and Technologies (SIST). 2021;224:159-167.

[5] Tele P, Patil S, Gadugale A, Satpute P, Shinde S. Smart vacuum cleaner robot. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. 2022;4(12):184-186.

[6] Eren A, Dogan H. Design and implementation of a cost effective vacuum cleaner robot. Turkish Journal of Engineering. 2022;6(2):166-177.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การจำลองการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ด้วยสารละลาย $Fe(OH)_3$-EDTA ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้โปรแกรม Aspen Plus

ASPEN PLUS SIMULATION OF HYDROGEN SULFIDE REMOVAL WITH A REGENERABLE $Fe(OH)_3$ - EDTA SOLUTION

สาธก ไชยกุลชื่นสกุล[1], กนกวรรณ คำมุงสุข[1], พรพระเนตร เจนหัด[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน คลองหลวง ปทุมธานี 12120

*Corresponding author: Satok Chaikunchuensakun, e-mail address: csatok@engr.ac.th

บทคัดย่อ: การจำลองกระบวนการดูดซึมก๊าซ H_2S โดยใช้ $Fe(OH)_3$-EDTA โดยใช้บล็อก RadFrac ร่วมกับแบบจำลอง NRTL ในโปรแกรม Aspen Plus V12.1 ซึ่งมีศึกษาตัวแปรจำนวน 4 รายการ ได้แก่ (1) การดูดซึมที่ไม่มี/มีปฏิกิริยา, (2) จำนวนชั้นของการดูดซึม, (3) อัตราส่วนโมลของ $Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S และ (4) อัตราส่วนอัตราการไหลของของเหลวต่อก๊าซ ผลการศึกษาพบว่า การเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด H_2S ได้อย่างชัดเจน โดยสภาวะที่เหมาะสมคือมีชั้นตอนการดูดซึม 15 ชั้น อัตราส่วนโมลของ $Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S เท่ากับ 2:1 และอัตราส่วน L/G เท่ากับ 1.5 ภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถกำจัด H_2S ได้ถึง 95% นอกจากนี้ยังพบว่าความดันที่เพิ่มขึ้นส่งผลดีต่อการละลายของ H_2S ในสารดูดซึม แม้ว่าอาจส่งผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ Fe_2S_3 ในสายของเหลวที่ดูดซึมแล้วลดลง ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง H_2S กับ $Fe(OH)_3$ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่สูงขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S); การดูดซึมทางเคมี; Aspen plus; $Fe(OH)_3$-EDTA; RadFrac

Abstract: This study simulates the absorption of H_2S using $Fe(OH)_3$-EDTA. The simulation used a RadFrac block with the NRTL model in Aspen Plus V12.1, employing. Four variables were investigated: (1) absorption process without/with reaction, (2) the number of absorption stages, (3) the mole flow rate ratio of $Fe(OH)_3$ to H_2S, and (4) liquid-to-gas (L/G) mole flow rate ratio. The results indicated that the presence of a chemical reaction enhances H_2S removal efficiency. The optimal conditions were 15 stages, a $Fe(OH)_3$ to H_2S mole flow rate ratio of 2:1, and an L/G ratio flow rate ratio of 1.5. Under these conditions, the system achieved a 95% H_2S removal efficiency, Additionally, increased pressure was found to enhance the solubility of H_2S in the absorbent solution, although it may lead to a reduction in the formation of Fe_2S_3 in the rich solvent stream. In contrast, raising the temperature significantly accelerated the reaction between H_2S and $Fe(OH)_3$, leading to a higher production of Fe_2S_3 and thereby improving the overall efficiency of the absorption process.

Keywords: H_2S removal; Aspen plus; Chemical Absorption; $Fe(OH)_3$-EDTA; Radfrac

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

หนึ่งในมลพิษทางอากาศที่จำเป็นต้องให้ความสำคัญ คือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) สำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ กรมแรงงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยในการสัมผัสก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไว้ว่า ค่าขีดจำกัดระยะยาวในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง ควรมีระดับความเข้มข้นไม่เกิน 20 ppm นอกจากนี้ เมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำในอากาศจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริก (sulfuric acid) ซึ่งสามารถกัดกร่อนวัสดุอุปกรณ์ได้ และเมื่อเกิดการเผาไหม้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้เกิดตะกอนของซัลไฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ซึ่งส่งผลต่อการอุดตันของอุปกรณ์เครื่องจักรจนทำให้เกิดความเสียหายได้ [1]

เทคโนโลยีที่ใช้กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ กระบวนการแบบแห้ง เช่น กระบวนการดูดซึม และกระบวนการแบบเปียก เช่น การดูดซึมด้วยสารละลายที่มีความเป็นด่าง เป็นต้น ซึ่งการดูดซึมทางเคมีเป็นวิธีที่นิยมสำหรับใช้ในการบำบัดก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต โดยสารละลาย Fe-EDTA เป็นตัวเลือกหนึ่งที่ถูกใช้ อาทิวรรณ โชติพฤกษ์[2] และ บุฟผา และคณะ [3] ได้ศึกษาผลการดูดซึม H2S ในก๊าซ ซึ่งพบว่าปริมาตรสารละลาย Fe-EDTA ที่ใช้ 0.1-0.35 mol/L และ L/G=1/1.2

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ดุลโดยรวม ได้แก่ มวลรวม มวลขององค์ประกอบแต่ละชนิด และเอนทัลปี ของสภาวะคงตัว (steady state)

ดุลมวลรวม (Overall mass balance)

$$G_{i+1} + L_{i-1} = G_i + L_i \quad (1)$$

ดุลองค์ประกอบ (Specie balance)

$$G_{i+1}y_{i+1} + L_{i-1}x_{i-1} - r_iV = G_iy_i + L_ix_i \quad (2)$$

ดุลพลังงาน (Enthalpy balance)

$$G_{i+1}H_{i+1} + L_{i-1}h_{i-1} + \Delta H_r r_i V = G_iH_i + L_ih_i \quad (3)$$

เงื่อนไขที่พิจารณาในที่นี้ ปริมาณที่เข้าสู่ระบบจะต้องเท่ากับปริมาณที่ออกจากระบบ สมการเคมีที่แสดงเป็นปฏิกิริยาการตกตะกอนระหว่างสารละลาย $Fe(OH)_3$ และก๊าซ H_2S เพื่อเกิดเป็นตะกอนไอรอนซัลไฟด์ (Fe_2S_3) และน้ำ (H_2O) โดยมีสัดส่วนของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ตามสมการ

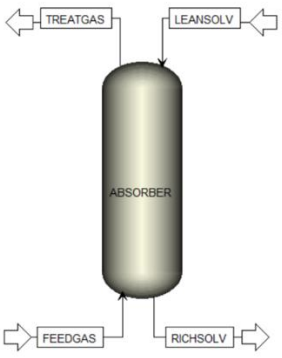
$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S \longrightarrow Fe_2S_3 + 6H_2O \quad (4)$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate of reaction) สามารถอธิบายได้ตามสมการอัตรา (rate equation) [4]

$$r = -kC_{H_2S}C_{Fe^{3+}} \quad (5)$$

ค่าคงที่อัตราเร็ว (rate constant, k) เท่ากับ 1.8 m³/mol·s ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (activation energy, E_a) เท่ากับ 26.4 ± 0.6 kJ/mol

หอดูดซึมรับสารสองชนิดหลักเข้าสู่ระบบ ได้แก่ ก๊าซป้อน (Feed gas) และสารละลายดูดซึม (Lean solvent) โดยก๊าซป้อน (Feed gas) ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเป็นสารมลพิษที่ต้องการกำจัด และมีส่วนผสมของก๊าซอื่น เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) หรือก๊าซเฉื่อยอื่น ๆ ทั้งนี้ ก๊าซจะถูกป้อนเข้าสู่หอดูดซึมทางด้านล่างของคอลัมน์ เพื่อให้ไหลสวนทาง (counter-current flow) กับสารละลายดูดซึม ในขณะที่สารละลายดูดซึม (Lean solvent) ซึ่งสารละลาย $Fe(OH)_3$-EDTA ถูกป้อนเข้าสู่หอดูดซึมทางด้านบนของคอลัมน์ เพื่อไหลลงในทิศทางตรงข้ามกับกระแสของก๊าซ ภายหลังจากที่ก๊าซ H_2S ถูกดูดซึมออกจากกระแสก๊าซส่วนใหญ่แล้ว ก๊าซที่เหลือจะไหลออกจากส่วนบนของหอดูดซึมในรูปของก๊าซที่ผ่านการบำบัด เรียกว่า Treated gas ส่วนสารละลายดูดซึมที่มีการดูดซึม H_2S ไว้แล้วจะไหลออกทางด้านล่างของคอลัมน์ เรียกว่า Rich solvent เป็นสารละลายที่ผ่านกระบวนการดูดซึมก๊าซ H_2S ทำให้มีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสูง ตามภาพที่ 1 และองค์ประกอบของของแก๊สเป็นตามตารางที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการจำลองการดูดซึม H_2S

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

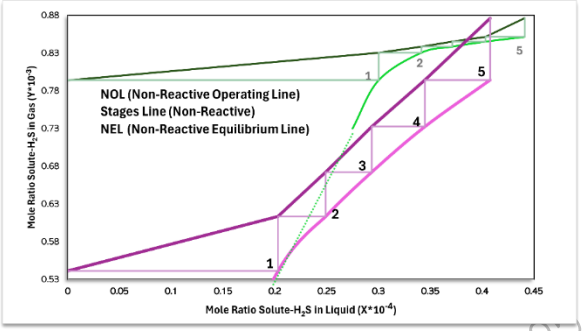
ตารางที่ 1 ข้อมูลการป้อนสารขาเข้าหอดูดซึม H_2S แสดงองค์ประกอบและอัตราการไหลของแก๊ส(Feed gas) และสารละลาย (Lean solvent)

	Feed Gas	Lean solvent
อุณหภูมิ (℃)	40	40 (*)
ความดัน (bar)	1	1 (*)
Methane (kmol/h)	3,840.63	
Ethane (kmol/h)	839	
Propane (kmol/h)	324.877	
i-Butane(kmol/h)	82.023	
n-Butane (kmol/h)	147.964	
i-Pentane (kmol/h)	61.115	
n-Pentane (kmol/h)	44.496	
n-Hexane (kmol/h)	6.969	
H_2S(kmol/h)	4.685 (*)	
CO_2 (kmol/h)	0.214	
N_2 (kmol/h)	1.072	
$Fe(OH)_3$ (kmol/h)		10.786
H_2O (kmol/h)		8,029.58 (*)
EDTA (kmol/h)		5

3. ผลการวิจัย (Results)

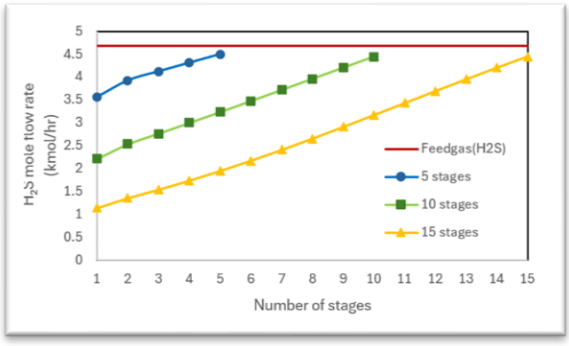
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหอที่มีการเกิดปฏิกิริยาและไม่เกิดปฏิกิริยาระหว่างการดูดซึม เป็นดังภาพที่ 2

ค่าการกำจัด H_2S ในกรณีไม่มีปฏิกิริยา (A) มีเพียงประมาณ 9% เท่านั้น ขณะที่ในกรณีมีปฏิกิริยา (B) สามารถกำจัด H_2S ได้สูงถึงประมาณ 38% ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ระยะห่างระหว่างเส้น Operating Line และ Equilibrium Line ในแต่ละกรณีถือเป็น แรงขับเคลื่อน (driving force) ของการดูดซึม โดยแรงขับเคลื่อนที่มากกว่าหมายถึงอัตราการดูดซึมที่สูงกว่า จากกราฟจะเห็นว่าระยะห่างในกรณีมีปฏิกิริยา (เส้นม่วง) มีค่ามากกว่ากรณีไม่มีปฏิกิริยา (เส้นเขียว) จึงส่งผลให้การดูดซึม H_2S มีประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้ ความชันของเส้น operating line ก็มีบทบาทสำคัญ โดยความชันที่ลดลง (ในกรณีมีปฏิกิริยา) แสดงถึงการดูดซึมที่มีการดึง H_2S ออกจากระบบได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ส่งผลให้สามารถลดความเข้มข้นของ H_2S ในก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สรุปได้ว่ากระบวนการดูดซึมแบบมีปฏิกิริยาสามารถกำจัด H_2S ได้ดีกว่ากระบวนการแบบไม่มีปฏิกิริยา เนื่องจากมีแรงขับเคลื่อนสูงกว่าและรูปแบบการแลกเปลี่ยนมวลที่มีประสิทธิภาพมากกว่า



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซึม H_2S ของระบบมีปฏิกิริยา และไม่มีปฏิกิริยาในสารละลาย $Fe(OH)_3$-EDTA

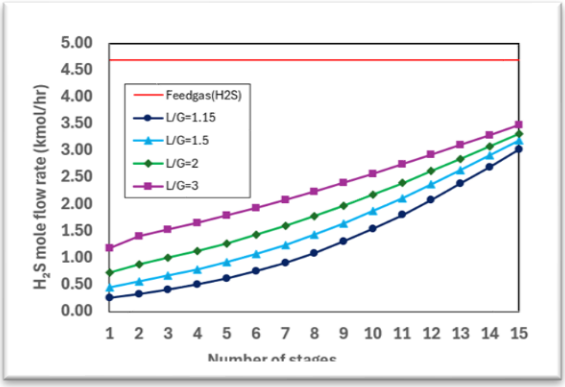
การปรับจำนวนชั้นของหอดูดซึม ตั้งแต่ 5, 10 และ 15 ชั้น ที่ปริมาณสารดูดซึม $Fe(OH)_3$ ที่ใส่เข้าในระบบเท่ากับปริมาณก๊าซ H_2S ที่เข้า ($Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S = 1) และอัตราส่วนของ L/G เท่ากับ 1.5 จากผลการจำลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนชั้นของหอดูดซึมเพิ่มขึ้น แสดงไว้ดังภาพที่ 3 จากเงื่อนไขนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S ได้สูงถึง ร้อยละ 23.79, 52.72 และ 75.72 ตามลำดับ โดยที่มีปริมาณก๊าซ H_2S คงเหลือที่สาย Treated gas (ชั้น ที่ 1) เท่ากับ 3.570173, 2.215004 และ 1.1373 กิโลโมลต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นเทียบเท่ากับ 666.95, 413.79 และ 212.46 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ผลของจำนวนชั้นของหอดูดซึมที่ส่งผลต่อการกำจัดก๊าซ H_2S ที่อัตราส่วนของ $Fe(OH)_3$: H_2S เท่ากับ 1:1 และอัตราส่วน L/G เท่ากับ 1.5

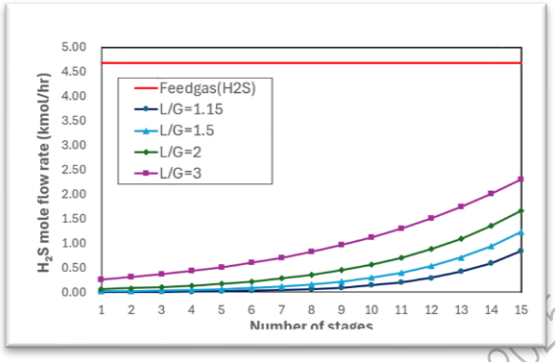
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปรับค่า L/G ตั้งแต่ 1.15, 1.5, 2 และ 3 ของกระบวน การดูดซึม ที่หอดูดซึมมี 15 ชั้น โดยปริมาณสารดูดซึม $Fe(OH)_3$ ที่ใส่เข้าในระบบเท่ากับปริมาณก๊าซ H_2S ที่เข้า ($Fe(OH)_3$: H_2S = 1) ซึ่งเท่ากับ 4.685 กิโลโมลต่อชั่วโมง จากผลการจำลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า L/G ลดลง แสดงไว้ดังภาพที่ 4 จากเงื่อนไขนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S ได้สูงถึง ร้อยละ 81.87, 75.72, 68.67 และ 58.78 ตามลำดับ โดยที่มีปริมาณก๊าซ H_2S คงเหลือที่สาย Treated gas (ชั้น ที่ 1) เท่ากับ 0.8495, 1.1373, 1.4676 และ 1.9308 กิโลโมลต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นเทียบเท่ากับ 158.70, 212.46, 274.17 และ 360.70 ppm ตามลำดับ



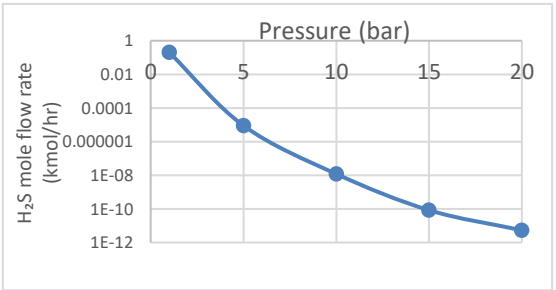
ภาพที่ 4 ผลของอัตราการไหลของของเหลวต่อก๊าซ (L/G) ที่ส่งผลต่อการกำจัดก๊าซ H_2S ที่ 15 ชั้น และ อัตราส่วนของ $Fe(OH)_3$: H_2S เท่ากับ 1:1

การปรับสัดส่วนของค่าอัตราการไหลเชิงโมล $Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S จาก 1:1 เป็น 2:1 ของกระบวนการดูดซึม ที่หอดูดซึมมี 15 ชั้น โดยเพิ่มปริมาณสารดูดซึม $Fe(OH)_3$-EDTA ที่ใส่เข้าในระบบเป็นสองเท่าของปริมาณก๊าซ H_2S ที่เข้า ($Fe(OH)_3$: H_2S = 2) ซึ่งเท่ากับ 9.37 กิโลโมลต่อชั่วโมง จากผลการจำลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารดูดซึม $Fe(OH)_3$ เพิ่มขึ้น ในทุกค่าของอัตราส่วน L/G เท่ากับ 1.15, 1.5, 2 และ 3 แสดงไว้ดังภาพที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ 4 ดังนั้น จากเงื่อนไขนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S ได้สูงถึง ร้อยละ 98.06, 95.64, 91.37 และ 81.90 ตามลำดับ โดยที่มีปริมาณก๊าซ H_2S คงเหลือที่สาย Treated gas (ชั้น ที่ 1) เท่ากับ 0.090622, 0.204054, 0.404309 และ 0.848207 กิโลโมลต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นเทียบเท่ากับ 16.93, 38.12, 75.53 และ 158.45 ppm



ภาพที่ 5 ผลของอัตราการไหลของของเหลวต่อก๊าซ (L/G) ที่ส่งผลต่ออการกำจัดก๊าซ H_2S ที่ 15 ชั้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ $Fe(OH)_3$: H_2S เท่ากับ 2:1

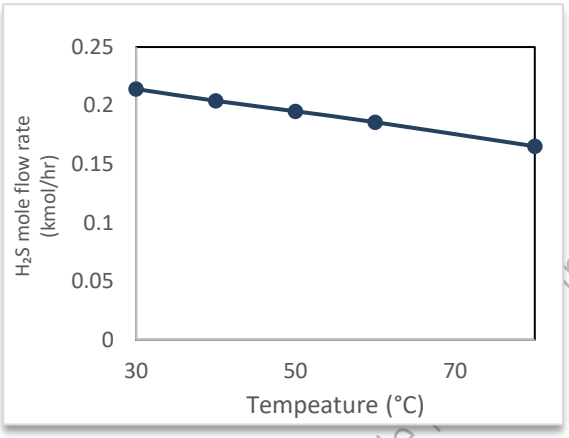
การปรับความดันของทั้งสาย Feed gas, Lean solvent และ หอดูดซึม ตั้งแต่ 1, 5, 10, 15 และ 20 บาร์ ของกระบวนการดูดซึมตามเงื่อนไขที่เหมาะสมโดยหอดูดซึมมี 15 ชั้น อัตราส่วนของ L/G เท่ากับ 1.5 และอัตราส่วนของอัตราการไหลเชิงโมลของ $Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S เท่ากับ 2 ที่อุณหภูมิ เท่ากับ 40 °C จากการจำลองแสดงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S จะเพิ่มขึ้น เมื่อความดันเพิ่มขึ้น จากเงื่อนไขนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S ได้สูงถึง ร้อยละ 95.6 ถึง 100 โดยที่มีปริมาณก๊าซ H_2S คงเหลือที่สาย Treated gas (ชั้น ที่ 1) เท่ากับ 0.204046, 8.98×10^{-6}, 1.20×10^{-8} , 8.38×10^{-11} และ 5.36×10^{-12} กิโลโมลต่อชั่วโมง ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4.6 ซึ่งความเข้มข้นเทียบเท่ากับ 0.20, 1.68×10^{-3}, 2.23×10^{-6} , 1.56×10^{-8} และ 1×10^{-9} ppm ตามลำดับ ขณะเดียวกันเมื่อความดันเพิ่มขึ้น เกิดปริมาณ Fe_2S_3 เท่ากับ 4.171521, 4.059686, 3.859359, 3.713838 และ 3.580287 กิโลโมลต่อชั่วโมง ซึ่งน้อยลงตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลของความดันที่ส่งผลต่อการกำจัดก๊าซ H_2S ที่ 15 ชั้น อัตราส่วน L/G เท่ากับ 1.5 และอัตราส่วนของ $Fe(OH)_3$: H_2S เท่ากับ 2:1 ที่อุณหภูมิ 40 °C

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปรับอุณหภูมิของสาย Feed gas และ Lean solvent ที่ 30, 40, 50, 60 และ 80 องศา ของกระบวนการดูดซึมตามเงื่อนไขที่เหมาะสมโดยหอดูดซึมมี 15 ชั้น อัตราส่วนของ L/G เท่ากับ 1.5 และอัตราส่วนของอัตราการไหลเชิงโมลของ $Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S เท่ากับ 2 ที่อุณหภูมิเท่ากับ 1 บาร์ จากการจำลองแสดงถึงประสิทธิภาพในการกำจัด H_2S ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ H_2S ได้สูงถึง ร้อยละ 95.6 ถึง 100 ที่มีปริมาณก๊าซ H_2S ที่สาย Treated gas เท่ากับ 0.214, 0.204, 0.195, 0.186 และ 0.165 กิโลโมลต่อชั่วโมง ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4.8 ซึ่งมีความเข้มข้นเทียบเท่ากับ 35.08, 33.43, 31.96, 30.49 และ 27.04 ppm ตามลำดับ ขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้เกิดปริมาณ Fe_2S_3 เพิ่มขึ้นเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 4.129 4.172, 4.180, 4.246 และ 4.311 กิโลโมลต่อชั่วโมง ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการกำจัดก๊าซ H_2S ที่ 15 ชั้น อัตราส่วน L/G เท่ากับ 1.5 และอัตราส่วนของ $Fe(OH)_3$: H_2S เท่ากับ 2:1 ที่ความดัน 1 บาร์

4. สรุปผล (Conclusion)

กระบวนการดูดซึมแบบมีปฏิกิริยาเคมี (reactive absorption) โดยใช้สารละลาย $Fe(OH)_3$-EDTA ใช้หอดูดซึมแบบมีปฏิกิริยาเคมีจำนวน 15 ชั้น ร่วมกับอัตราส่วนการไหลเชิงโมลของ $Fe(OH)_3$ ต่อ H_2S เท่ากับ 2 และอัตราส่วนการไหลของของเหลวต่อก๊าซ (L/G) เท่ากับ 1.5 ซึ่งสามารถกำจัดก๊าซ H_2S ได้มากกว่า 95% โดยลดปริมาณก๊าซ H_2S ขาเข้าจาก 4.685 กิโลโมลต่อชั่วโมง (851 ppm) เหลือเพียง 0.204 กิโลโมลต่อชั่วโมง (36.4 ppm) จากอัตราการไหลรวมของก๊าซขาออก (treated gas) 5,502 กิโลโมลต่อชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการปล่อยก๊าซของประเทศไทย (ไม่เกิน 60 ppm) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิและความดันให้สูงขึ้น ซึ่งแม้ความดันที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้ก๊าซ H_2S ละลายในของเหลวได้ดีขึ้นแต่ในขณะเดียวกันกลับส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาเคมีลดลงจากการที่ผลิตภัณฑ์ก๊าซซัลเฟอร์ลดลง ส่วนอุณหภูมิที่สูงส่งผลต้องการกำจัดก๊าซเพียงเล็กน้อย ดังนั้น การออกแบบระบบดูดซึมจะต้องคำนึงถึงปัจจัยของความดันและอุณหภูมิ เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูง และ คุ้มค่าต่อการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งผลการจำลองสอดคล้องกับผลการทดลองในระดับ pilot ของ Maia D. C. S. M. *et al.* [5] ซึ่งใช้ปริมาณ Fe-EDTA 0.2 mol/L และ L/G=1.27 สามารถ H_2S ที่ 99%

5. เอกสารอ้างอิง

[1] เกวลิน ปฐมระวี. การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์เคลือบด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2559.

[2] อาทิวรรณ โชติพฤกษ์, การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วย Fe-EDTA [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2552.

[3] บุฟผา เจียวพ่วง, สุทธดา จงโปร่งกลาง, สมมาส แก้วล้วน, สิทธินันท์ ท่อแก้ว, ผลของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (III) อีดีทีเอต่อการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ, วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 9(2), 62-69, 2557.

[4] Wubs, H. J. Beenackers, A. A. C. M., Kinetics of H2S absorption into aqueous ferric solution of edta and Hedta, Ind. Eng. Chem. Res., 32, 2580-2594, 1993.

[5] Maia, D. C. S. M., Niklevicz, R. R., Arioli, R., Frare, L. M., Arroyo, P A., Gimenes, M. L., Pereira, N. C., Removal of H2S and CO2 from biogas in bench scale and pilot scale using a regenerable Fe-EDTA solution, Renewable Energy, 109, 188-194, 2017.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Innovation and Management Conference 2025

กระบวนการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบเรียนรู้เชิงลึกเพื่อการประยุกต์ใช้

Detection Process of Malicious Websites Using Deep Learning-Based Artificial Intelligence for Application

ไชยรัตน์ ถนอมวงษ์ [1*], กร พวงนาค[2] และ เกริก พวงนาค[2]

Chairat Thanomwong [1*], Korn Puangnak[2] and Krerk Puangnak[2]

[1*] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[2] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[3] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Chairat Thanomwong, e-mail address: chairat-tha@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: ในยุคดิจิทัลที่ภัยคุกคามทางไซเบอร์ทวีความรุนแรงขึ้น เว็บมิจฉาชีพได้กลายเป็นปัญหาสำคัญที่สร้างความเสียหายแก่ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต ระบบตรวจจับแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในการรับมือกับกลวิธีที่ซับซ้อนและวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วของเว็บมิจฉาชีพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพที่มีประสิทธิภาพโดยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์จริงและเว็บมิจฉาชีพเพื่อสกัดคุณลักษณะจากหลายแหล่ง เช่น โครงสร้าง URL, เนื้อหา HTML/JavaScript, และองค์ประกอบภาพของเว็บไซต์ สถาปัตยกรรมโมเดลที่ใช้ประกอบด้วย CNN, RNN และ Transformer รวมถึง Multi-modal Deep Learning เพื่อรวมคุณลักษณะจากหลายประเภทเข้าด้วยกัน ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้คือโมเดลที่มีความแม่นยำสูงและ False Positive Rate ต่ำ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความมั่นคงทางไซเบอร์และความน่าเชื่อถือของการใช้งานอินเทอร์เน็ตทั้งในระดับบุคคลและองค์กร

คำสำคัญ: เว็บมิจฉาชีพ; การเรียนรู้เชิงลึก; ปัญญาประดิษฐ์; ความปลอดภัยทางไซเบอร์; การตรวจจับฟิชชิง

Abstract: In the digital era, cyber threats have intensified, and malicious websites have become a critical issue causing severe damage to internet users. Traditional detection systems face limitations in coping with the complex and rapidly evolving tactics of cyber attackers. This research aims to develop an efficient detection process for malicious websites by applying Deep Learning (DL) techniques. Data are collected from both legitimate and malicious websites, extracting features from multiple sources such as URL structure, HTML/JavaScript content, and visual elements of webpages. The proposed model architecture includes CNN, RNN, and Transformer, as well as Multi-modal Deep Learning to integrate diverse feature sets for comprehensive analysis. The expected outcome is a model with high accuracy and low False Positive Rate (FPR), which can enhance cybersecurity and improve the reliability of internet usage for both individuals and organizations.

Keywords: Malicious websites; Deep learning; Artificial intelligence; Cybersecurity; Phishing detection

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ในยุคที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและก้าวกระโดด อินเทอร์เน็ตได้กลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ สังคม และการดำรงชีวิตประจำวันของผู้คนทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นด้านการสื่อสาร การทำธุรกรรมทางการเงิน การให้บริการสาธารณะ รวมถึงการสนับสนุนภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ความสะดวกสบายดังกล่าวแม้จะก่อให้เกิดประโยชน์มหาศาล แต่ก็เป็นช่องทางที่เปิดโอกาสให้เกิด ภัยคุกคามทางไซเบอร์ (Cyber Threats) รูปแบบใหม่ๆ โดยเฉพาะการสร้าง เว็บไซต์มิจฉาชีพ (Malicious Websites) เช่น Phishing, Scam และ เว็บไซต์กระจายมัลแวร์ (Malware Distribution Sites) ซึ่งมีการปลอมแปลงเว็บไซต์ของหน่วยงานหรือองค์กรที่น่าเชื่อถือ เพื่อหลอกลวงผู้ใช้งานให้เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ชื่อผู้ใช้ รหัสผ่าน ข้อมูลบัตรเครดิต และข้อมูลบัญชีธนาคาร หรือแม้กระทั่งชักชวนให้ลงทุนในโครงการที่ไม่มีอยู่จริง สร้างความเสียหายทั้งในเชิงเศรษฐกิจและชื่อเสียงขององค์กรอย่างรุนแรง [1]

ที่ผ่านมา ระบบตรวจจับและป้องกันภัยคุกคามแบบดั้งเดิม เช่น การใช้ Blacklist [2] หรือ Rule-based Systems เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถตรวจจับเว็บไซต์อันตรายจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้เริ่มแสดงข้อจำกัดชัดเจนในยุคปัจจุบัน เนื่องจากผู้ไม่หวังดีสามารถสร้างและปรับเปลี่ยนเว็บไซต์มิจฉาชีพได้อย่างรวดเร็วและหลากหลาย ทำให้เกิดช่องว่างในการตรวจจับ (Detection Gap) ที่ระบบแบบดั้งเดิมไม่สามารถตอบสนองได้ทัน ส่งผลให้ภัยคุกคามไซเบอร์มีความซับซ้อนและยากต่อการป้องกันมากยิ่งขึ้น

เพื่อตอบสนองต่อปัญหาดังกล่าว การนำปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) โดยเฉพาะ การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เข้ามาประยุกต์ใช้ จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากสามารถเรียนรู้คุณลักษณะ (Features) ของเว็บไซต์ได้อย่างลึกซึ้งและซับซ้อน อีกทั้งยังมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับข้อมูลใหม่ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากระบบแบบดั้งเดิมที่อิงกฎเกณฑ์ตายตัว ทำให้ AI และ Deep Learning มีความเหมาะสมในการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพที่มีรูปแบบและพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการ พัฒนากระบวนการตรวจจับเว็บไซต์มิจฉาชีพที่มีความแม่นยำสูง โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากภัยคุกคามไซเบอร์ เพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต และสนับสนุนการสร้างระบบป้องกันภัยที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในองค์กรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อยกระดับมาตรการรักษาความปลอดภัยทางไซเบอร์ให้สอดคล้องกับความท้าทายในยุคดิจิทัลอย่างแท้จริง

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโมเดล Deep Learning สำหรับการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพ โดยมีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน เริ่มจาก การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ซึ่งเก็บข้อมูลจากสองกลุ่มหลัก ได้แก่ เว็บไซต์มิจฉาชีพ (Phishing Websites) จากฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้ เช่น PhishTank, OpenPhish และ Common Crawl ซึ่งมีการอัปเดตข้อมูลแบบเรียลไทม์ และเว็บไซต์ปกติ (Legitimate Websites) จากเว็บไซต์ที่มีความปลอดภัยสูง เช่น เว็บไซต์ของภาครัฐ ธนาคาร และ E-commerce รวมข้อมูลทั้งหมดจำนวน 100,000 URLs โดยแบ่งเป็นเว็บไซต์มิจฉาชีพ 50,000 URLs และเว็บไซต์ปกติ 50,000 URLs เพื่อสร้างความสมดุลของชุดข้อมูลและลด Bias ที่อาจเกิดขึ้น

เมื่อได้ข้อมูลแล้ว จึงเข้าสู่ขั้นตอน การสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) เพื่อดึงข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการจำแนกประเภทเว็บไซต์ โดยแบ่งคุณลักษณะออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) URL Features เช่น ความยาวของ URL การใช้ตัวอักษรพิเศษ เช่น @, -, _ การใช้ IP Address แทนชื่อโดเมน และการมีคำที่เกี่ยวข้องกับการหลอกลวง เช่น *secure*, *verify*, *login* 2) Content Features การวิเคราะห์โครงสร้าง HTML และ JavaScript เช่น การใช้ <iframe> หรือ <script> ที่ซ่อนเนื้อหาและการเชื่อมโยงกับโดเมนภายนอก 3) Visual Features การเก็บภาพหน้าจอของเว็บไซต์เพื่อวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของเลย์เอาต์และโลโก้กับเว็บไซต์จริง และ 4) Network/DNS Features [3] เช่น อายุของโดเมน ความถูกต้องของ SSL Certificate และการ Redirect หลายชั้น

ขั้นตอนถัดมาคือ การพัฒนาโมเดล Deep Learning (Model Development) โดยพิจารณาโมเดล 3 ประเภทหลัก ได้แก่ CNN (Convolutional Neural Network) สำหรับประมวลผลข้อมูลภาพ เช่น ภาพหน้าจอเว็บไซต์และโครงสร้างหน้าเว็บ, RNN (Recurrent Neural Network) และ Transformer สำหรับการประมวลผลข้อมูลลำดับ เช่น URL และโค้ด HTML/JavaScript และ Multi-modal Deep Learning สำหรับการรวมข้อมูลหลายประเภท เช่น URL + Content + Visual เพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์เชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาโมเดลดำเนินการด้วยเครื่องมือ TensorFlow และ PyTorch เพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอน การฝึกและปรับจูนโมเดล (Training and Optimization) โดยแบ่งชุดข้อมูลเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Training set 70%, Validation set 15% และ Testing set 15% เพื่อป้องกันการ Overfitting และประเมินความสามารถของโมเดลอย่างรอบด้าน พร้อมทั้งใช้เทคนิค Hyperparameter Tuning เช่น การปรับ Learning Rate, Batch Size, จำนวนชั้นของ Neural Network รวมถึงการประยุกต์ใช้ Dropout และ Regularization เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการเรียนรู้ของโมเดล ขั้นตอนสุดท้ายคือ การประเมินผลลัพธ์ (Evaluation) โดยใช้ตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall, F1-score และ False Positive Rate (FPR) เพื่อวัดประสิทธิภาพของโมเดล พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบตรวจจับแบบดั้งเดิม เช่น Blacklist และ Rule-based Systems เพื่อยืนยันถึงความเหนือกว่าของวิธีการที่นำเสนอ โดยคาดว่าโมเดลจะมีค่า Accuracy มากกว่า 95% และ False Positive Rate ต่ำกว่า 5%

กล่าวโดยสรุป กระบวนการวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลที่ครอบคลุม การสกัดคุณลักษณะในหลายมิติ การสร้างและปรับจูนโมเดล Deep Learning ไปจนถึงการประเมินผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ระบบตรวจจับเว็บมิจฉาชีพที่มีความแม่นยำสูง สามารถปรับตัวกับภัยคุกคามใหม่ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรองรับการประยุกต์ใช้งานจริงในด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการพัฒนาและทดสอบโมเดล Deep Learning สำหรับการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพ โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์มิจฉาชีพและเว็บไซต์ปกติ รวมจำนวน 100,000 URLs หลังจากผ่านกระบวนการสกัดคุณลักษณะและปรับจูนโมเดล พบว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับและจำแนกประเภทเว็บไซต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำสูง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบตรวจจับแบบดั้งเดิม เช่น Blacklist และ Rule-based Systems ซึ่งมีข้อจำกัดในการรับมือกับภัยคุกคามใหม่ๆ

3.1 ประสิทธิภาพของโมเดล

ผลการประเมินประสิทธิภาพโมเดลโดยใช้ตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall, และ F1-score พบว่าโมเดล Multi-modal Deep Learning มีความแม่นยำสูงสุด เนื่องจากสามารถประมวลผลและเรียนรู้ข้อมูลจากหลายแหล่งพร้อมกัน ได้แก่ URL, เนื้อหา HTML/JavaScript, และภาพหน้าจอของเว็บไซต์ ผลลัพธ์สรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลลัพธ์ Model

ประเภทโมเดล	Accuracy	Precision	Recall	FPR
Blacklist-based	85.3%	82.0%	80.0%	15.2 %
Rule-based System	88.7%	85.5%	83.2%	12.8 %
CNN	94.5%	93.8%	92.1%	7.2%
RNN/Transformer	95.8%	94.9%	94.3%	6.0%
Proposed Multi-modal DL	**97.5%**	**96.0%**	**95.8%**	**4.3%**

จากตารางจะเห็นได้ว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่ม Accuracy ได้มากกว่า 10% เมื่อเทียบกับระบบแบบดั้งเดิม อีกทั้งยังลด False Positive Rate ลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้การจำแนกเว็บไซต์มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากขึ้น

3.2 การตรวจจับภัยคุกคามรูปแบบใหม่ (Zero-day Threats)

ในการทดสอบกับเว็บไซต์มิจฉาชีพที่ไม่เคยปรากฏในชุดข้อมูลฝึก (Zero-day threats) พบว่าโมเดล Multi-modal Deep Learning สามารถตรวจจับเว็บไซต์กลุ่มนี้ได้ในอัตราเฉลี่ย 93% ในขณะที่ระบบ Blacklist-based ตรวจจับได้เพียง 65% เท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของโมเดลในการปรับตัวและเรียนรู้รูปแบบภัยคุกคามใหม่ๆ ได้ดีกว่าแบบดั้งเดิม

3.3 การนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

โมเดลที่พัฒนาขึ้นถูกทดสอบในสภาพแวดล้อมจำลองของระบบตรวจจับแบบเรียลไทม์ โดยใช้ข้อมูลเว็บไซต์แบบสตรีมมิ่ง พบว่าสามารถประมวลผลและจำแนกเว็บไซต์ได้มากกว่า 1,000 URLs ต่อวินาที โดยใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ระดับปานกลาง ทำให้มีความเป็นไปได้สูงในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบความปลอดภัยทางไซเบอร์ขององค์กรหรือผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโมเดล Deep Learning โดยเฉพาะ Multi-modal Model สามารถตรวจจับเว็บมิจฉาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ค่า Accuracy สูงกว่า 97% และ False Positive Rate ต่ำกว่า 5% [4] ซึ่งดีกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม เช่น Blacklist และ Rule-based Systems อย่างชัดเจน ผลลัพธ์นี้สะท้อนถึงความสามารถของโมเดลในการเรียนรู้ลักษณะของเว็บมิจฉาชีพจากหลายประเภทข้อมูล ได้แก่ URL, เนื้อหา HTML/JavaScript และภาพหน้าจอ ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกเว็บไซต์ และยังสามารถตรวจจับ ภัยคุกคามรูปแบบใหม่ (Zero-day

FTI & RMUTP 14th International Industrial Innovation and Management Conference 2025

threats) ได้มากกว่า 93%

การรวมข้อมูลหลายประเภทผ่าน Multi-modal Deep Learning [5] ช่วยให้ระบบมีความยืดหยุ่นและความสามารถในการ Generalize ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rao RS [6] ที่ชี้ให้เห็นว่าการรวมข้อมูลจากหลายแหล่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของโมเดลที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบความปลอดภัยทางไซเบอร์ในระดับองค์กรหรือผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตได้จริง

5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพโดยประยุกต์ใช้ Deep Learning [7] โดยเฉพาะโมเดล Multi-modal ที่รวมข้อมูลจากหลายแหล่ง ได้แก่ URL, เนื้อหา HTML/JavaScript และภาพหน้าจอเว็บไซต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์และจำแนกประเภทเว็บไซต์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม เช่น Blacklist และ Rule-based Systems อย่างชัดเจน โดยมี Accuracy สูงถึง 97.5% และ False Positive Rate ต่ำกว่า 5% นอกจากนี้ยังสามารถตรวจจับภัยคุกคามรูปแบบใหม่ (Zero-day threats) ได้ถึง 93% ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการปรับตัวและเรียนรู้รูปแบบภัยคุกคามใหม่ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [8], [9]

ผลลัพธ์ดังกล่าวยืนยันว่า Deep Learning เป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเว็บมิจฉาชีพ สามารถลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยไซเบอร์และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการใช้งานอินเทอร์เน็ตในระดับบุคคลและองค์กร โดยในอนาคตงานวิจัยนี้สามารถต่อยอดสู่ ระบบตรวจจับแบบเรียลไทม์ และการประยุกต์ใช้ Explainable AI (XAI) เพื่อเพิ่มความโปร่งใสในการทำงานของโมเดล รวมถึงขยายขอบเขตการตรวจจับไปยังภัยคุกคามประเภทอื่นๆ เช่น มัลแวร์และการโจมตีทางไซเบอร์รูปแบบใหม่ เพื่อสร้างระบบป้องกันที่ครอบคลุมและยั่งยืนในโลกดิจิทัล

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาให้คำแนะนำ รวมถึงการแก้ไขปัญหาต่างๆ จนบทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Pathak S, Gupta A, Sharma R. Enhancing fraud detection systems using hybrid machine learning techniques. *Fraud Studies Journal*. 2023;18(4):215-228.

[2] Bose R, Khan S, Li Y. Fraud detection in online credit card transactions using deep learning. *Journal of Financial AI*. 2023;12(3):145-158.

[3] Thongthawonsuwan P, Rattanapong P, Surin S. Real-time credit card fraud detection surveillance system. *IEEE International Conference on Cybernetics and Innovations*. 2023;10(1):56-62.

[4] Nguyen A, Tran Q, Le D. Phishing website detection using hybrid features and deep learning models. *IEEE Access*. 2023;11(2):1256-1268.

[5] Zhang J, Wong K, Lee H. An intelligent multi-modal approach for malicious URL and website detection. *Journal of Cybersecurity*. 2023;8(2):115-126.

[6] Rao RS, Pais AR. Detection of phishing websites using machine learning algorithms. *International Journal of Computer Applications*. 2019;181(23):26-32.

[7] Mehta S, Choudhury R, Singh P. Detecting AI face fraud using CNN based deep learning algorithm. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. 2024;19(5):3201-3213.

[8] Almomani I, Wan T, Alauthman M, Manickam S, Al-Garadi M. Phishing website detection: An empirical analysis of blacklisting and heuristic-based approaches. *Security and Communication Networks*. 2021;2021:1-12.

[9] Jain AK, Gupta BB. A machine learning based approach for phishing detection using hyperlinks information. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2021;12(2):1887-1900.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากกระดาษเหลือทิ้งด้วยกระบวนการทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล

Production of Solid Fuel from Waste Paper by Torrefaction under Mechanical Pressure

เจษฎา แย้มเมืองไชย[1], นัครา แสงมณี[1], นราธิป ทับทัน[2], สุพาชัย เจษฎาเจิม[3], พุทธิพงศ์ เลขะชัยวรกุล[1], ธีรเชษฐ์ แพ่งธีระสุขมัย[1] และ เชาวน์วัศ อรรถานิทธิ์[1*]

Jesada Yaemmunghai[1], Nakkara Sangmanee[1], Narathip Thubthun[2], Supachai Jadsadajerm[3], Putipong Lakachaiworakun[1], Thirachet Paengteerasukkamai[1] and Chaowat Autthanit[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิชาสถาปัตยกรรมบูรณาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตพื้นที่อุเทนถวาย 225 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[3] ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue, Bangkok 10800, Thailand

[2] Division of Integrated Architecture, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Uthenthawai compus, 225 Phaya Thai Road, Pathum Wan, Bangkok, 10330, Thailand

[3] Department of Industrial Chemistry, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wong Sawang Subdistrict, Bang Sue, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Chaowat Autthanit, e-mail address: chaowat.au@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษเหลือทิ้งด้วยกระบวนการทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล ดำเนินการโดยใช้วิธีวิจัยเชิงทดลองเพื่อประเมินสมบัติด้านพลังงานและโครงสร้าง ที่อุณหภูมิ 300–400°C และแรงดัน 30–90 bar ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลผลิตเชิงมวลลดลงตามการเพิ่มอุณหภูมิ โดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 28.32% (400°C, 90 bar) ขณะที่ความหนาแน่นและค่าความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 4.87 g/cm^3 และ 19.01 MJ/kg ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดและถ่านหินลิกไนต์ นอกจากนี้การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ยืนยันการอัดตัวและการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยที่สอดคล้องกับผลเชิงปริมาณ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวช่วยยกระดับคุณภาพเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษ และมีศักยภาพต่อการใช้ในอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ทอร์รีแฟคชัน; ความดันเชิงกล; เศษกระดาษ; เชื้อเพลิงชีวมวล; พลังงานทดแทน

Abstract: This study aimed to produce solid fuel from waste paper through torrefaction under mechanical pressure. The experiments were conducted at 300–400 °C under 30–90 bar to evaluate energy and structural properties. The results showed that mass yield decreased with increasing temperature, with the lowest value of 28.32% (400 °C, 90 bar), while the maximum density and heating value reached 4.87 g/cm^3 and 19.01 MJ/kg, respectively, which are comparable to wood pellets and lignite. Furthermore, scanning electron microscopy (SEM) analysis confirmed fiber compaction and structural changes consistent with the quantitative results. This study demonstrates that the process can enhance the quality of solid fuel from waste paper and shows potential for industrial application.

Keywords: Torrefaction; Mechanical pressure; Waste paper; Biomass fuel; Renewable energy

1. บทนำ (Introduction)

ความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ส่งผลให้หลายประเทศเผชิญปัญหาความมั่นคงทางพลังงานและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน รายงานด้านพลังงานระบุว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลยังคงครองสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย โดยเฉพาะน้ำมันสำเร็จรูปและก๊าซธรรมชาติ [1] การพึ่งพาทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไปเหล่านี้ นอกจากจะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังสร้างความเสี่ยงต่อความมั่นคงทางพลังงานในระยะยาว รัฐบาลไทยจึงได้กำหนดเป้าหมายในแผนพัฒนาพลังงานทดแทน (AEDP) เพื่อเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทางเลือก

ชีวมวลถือเป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งและช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม งานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาวัสดุหลายชนิด เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย และกากอ้อย พบว่าสามารถอัดเป็นเชื้อเพลิงแข็งได้และมีสมบัติด้านค่าความร้อนที่เหมาะสม [2, 3] อีกทั้งกระบวนการทอร์รีแฟคชัน (Torrefaction) ซึ่งเป็นการปรับสภาพชีวมวลด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 300–400 °C ภายใต้บรรยากาศเฉื่อยหรือความดันที่ควบคุมได้ เป็นที่ยอมรับว่าสามารถลดความชื้นและสารระเหยบางส่วน เพิ่มค่าความร้อน และปรับปรุงความเสถียรของเชื้อเพลิง [4] เมื่อพิจารณาเศษกระดาษเหลือทิ้ง โดยเฉพาะกระดาษขนาด A4 ที่ใช้อย่างแพร่หลายในสำนักงานและหน่วยงานต่างๆ จะพบว่ามีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลสเช่นเดียวกับชีวมวลทั่วไป แต่กลับถูกละเลยในฐานะวัตถุดิบพลังงาน และส่วนใหญ่ถูกกำจัดเป็นขยะโดยขาดการสร้างมูลค่าเพิ่มเชิงเศรษฐกิจ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยส่วนหนึ่งที่รายงานว่าวัสดุข้างต้นสามารถอัดเป็นเชื้อเพลิงแข็งได้ แม้ว่ายังมีข้อจำกัดด้านความหนาแน่น ความทนทานเชิงกล และค่าความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ [5, 6] เนื่องจากงานศึกษาที่ผ่านมามักทำการทอร์รีแฟคชันและการอัดเชิงกลแยกขั้นตอน ทำให้ยังขาดการบูรณาการที่เป็นระบบเพื่อยกระดับคุณภาพเชื้อเพลิง

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษเหลือทิ้ง โดยใช้กระบวนการทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล ซึ่งเป็นการผสานการปรับสภาพด้วยความร้อนและการอัดเชิงกลเข้าด้วยกัน เพื่อปรับปรุงค่าความร้อน ความหนาแน่นเชิงมวล และความทนทานเชิงกลของเชื้อเพลิง ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับไม่เพียงช่วยแก้ปัญหาการจัดการขยะกระดาษ แต่ยังเป็นกรณีศึกษาที่แสดงศักยภาพการแปลงวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นทรัพยากรพลังงานคุณภาพสูง สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนและการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานของประเทศ

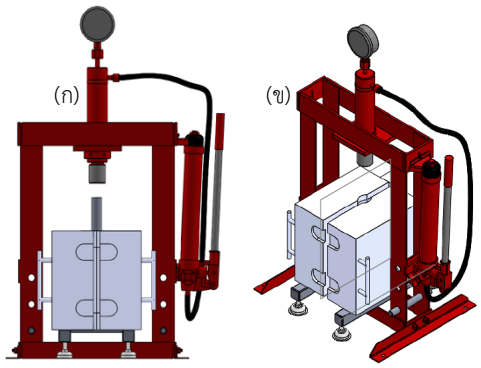
2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 วัสดุที่ใช้ (Materials)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือเศษกระดาษขนาด A4 ตัวอย่างถูกฉีกเป็นชิ้นเล็กและบดในสภาวะเปียก จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นเบื้องต้น และอบต่อที่ 60 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนกว่าความชื้นจะเหลือไม่เกิน 10% (wet basis) ก่อนจะนำไปบดจนได้อนุภาคขนาดประมาณ 1,500 µm และบรรจุในท่อเหล็กสำหรับการทดลอง

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ (Equipment)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเครื่องปั่นบดอเนกประสงค์ (Philips, รุ่น HR3652, Netherlands) สำหรับการเตรียมวัตถุดิบ บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียดสูง (Sartorius, รุ่น Entris224i-1S, Germany) สำหรับชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และตู้อบควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, รุ่น UN55, Germany) สำหรับลดความชื้นของวัตถุดิบ โดยมีอุปกรณ์หลักคือเครื่องปฏิกรณ์ทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล (ภาพที่ 1) ผลิตจากท่อสแตนเลสทนแรงดัน ภายในติดตั้งฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบ



ภาพที่ 1 เครื่องปฏิกรณ์ทอร์รีแฟคชันภายใต้ความดันเชิงกล (ก) มุมมองด้านหน้า และ (ข) มุมมองสามมิติ

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ขดลวดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและอัตราการให้ความร้อนได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างถูกบรรจุในท่อเหล็กและอัดด้วยแรงดันเชิงกล โดยการทดลองได้กำหนดเงื่อนไขแรงดันที่ 30 60 และ 90 bar เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสมบัติของเชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตได้

2.3 ขั้นตอนการทดลอง (Experimental Procedure)

ตัวอย่างกระดาษที่เตรียมไว้ถูกชั่งประมาณ 2.5 กรัม ก่อนจะบรรจุในท่อเหล็ก ปิดผนึกด้วยแท่งสแตนเลส และติดตั้งในเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นอัดแรงดัน 30 60 และ 90 bar เป็นเวลา 10–15 นาที เมื่อค่าความดันคงที่แล้ว จึงให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300 325 350 375 และ 400 °C ด้วยอัตราการเพิ่ม 10 °C/นาที และคงอุณหภูมิไว้ 30 นาที เมื่อครบกำหนด จึงปิดระบบ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 50 °C จากนั้นนำตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง และเก็บในถุงซิปล็อคเพื่อเตรียมสำหรับการวิเคราะห์

2.4 การวิเคราะห์ผล (Analysis)

การวิเคราะห์ผลประกอบด้วยการคำนวณร้อยละผลได้เชิงมวลจากน้ำหนักตัวอย่างก่อนและหลังการทอร์รีแฟคชัน สำหรับการหาค่าความหนาแน่น ได้ทำการวัดมวล ความสูง (h) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (θ) ของตัวอย่าง เพื่อคำนวณปริมาตร (V) ตามสมการ (1) และนำไปหาค่าความหนาแน่น (g/cm^3) ตามสมการ (2)

$$V = \frac{\pi \theta^2 h}{4} \quad (1)$$

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวลของเชื้อเพลิงแข็ง } (g)}{\text{ปริมาตรของเชื้อเพลิงแข็ง } (cm^3)} \quad (2)$$

นอกจากนี้ ได้ทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter (รุ่น C2000, IKA Works, Germany) และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM; รุ่น JSM-IT300, JEOL Ltd., Japan) ภายใต้กำลังขยาย 500 และ 1,000 เท่า เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างผิวที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้ผลการทดลองที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองเพียงครั้งเดียวต่อเงื่อนไข แต่ได้ดำเนินการภายใต้การควบคุมตัวแปรและเงื่อนไขการทดลองอย่างเข้มงวด เพื่อให้ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือในเชิงแนวโน้ม โดยผลการศึกษานี้มุ่งเน้นการยืนยันความเป็นไปได้และแนวโน้มหลักของสมบัติพลังงานและโครงสร้าง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการทดลองซ้ำเชิงสถิติในอนาคต

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ร้อยละผลผลิตเชิงมวล (Mass yield)

ร้อยละผลผลิตเชิงมวลของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิ 300–400 °C และความดัน 30–90 bar แสดงดังตารางที่ 1 โดยพบว่าผลผลิตมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในทุกระดับความดัน โดยที่อุณหภูมิ 300 °C และความดัน 60 bar ให้ค่าผลผลิตสูงที่สุด (94.61%) ขณะที่อุณหภูมิ 400 °C ภายใต้ความดัน 90 bar ให้ค่าต่ำที่สุด (28.32%) การเปรียบเทียบระหว่างระดับความดันพบว่า ค่าผลผลิตลดลงเล็กน้อยเมื่อความดันเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง ซึ่งบ่งชี้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมการสลายตัวของชีวมวล ส่วนแรงดันมีผลเสริมที่เร่งการสูญเสียมวล การลดลงนี้สัมพันธ์กับการคายความชื้นและสารระเหยออกจากเนื้อวัสดุ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Chen และคณะ [7] ซึ่งแสดงการเพิ่มอุณหภูมิทอร์รีแฟคชันทำให้ผลผลิตเชิงมวลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และสะท้อนกลไกการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสภายใต้ความร้อนสูง

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตเชิงมวลของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษที่อุณหภูมิ 300–400 °C ภายใต้แรงดัน 30 60 และ 90 bar

เงื่อนไขการทดลอง	P = 30 bar	P = 60 bar	P = 90 bar
T = 300°C	92.17	94.61	87.61
T = 325°C	91.77	87.41	52.12
T = 350°C	85.22	58.20	30.64
T = 375°C	78.35	53.17	29.59
T = 400°C	49.39	31.36	28.32

หมายเหตุ: T หมายถึงอุณหภูมิ, P หมายถึงแรงดัน

3.2 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความดันเชิงกล โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 300 °C และ 325 °C ซึ่งให้ค่าความหนาแน่นสูงสุดที่ 4.56 และ 4.87 g/cm^3 ภายใต้ความดัน 90 bar ตามลำดับ (ตารางที่ 2) อย่างไรก็

ตาม เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 350°C ค่าความหนาแน่นลดลง ชัดเจน และในสภาวะที่ใช้ความดัน 90 bar ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากตัวอย่างเชื้อเพลิงแตกละเอียด โดยผลดังกล่าวแสดงเป็น *N/A* ในตาราง แนวโน้มนี้แสดงให้เห็นว่าแรงดันเชิงกลช่วยเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิงในช่วงอุณหภูมิต่ำถึงปานกลาง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป กระบวนการสลายตัวทางความร้อนกลับมีอิทธิพลเหนือกว่า ส่งผลให้โครงสร้างเชื้อเพลิงเปราะ แตกละเอียด และไม่สามารถรักษาความหนาแน่นได้ สอดคล้องกับรายงานของ Phanphanich และ Mani [9] ที่อธิบายว่าการทอร์รีแฟคชันที่อุณหภูมิสูงทำให้โครงสร้างชีวมวลแตกร้าวและมีความพรุนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษที่อุณหภูมิ 300–400 °C ภายใต้แรงดัน 30 60 และ 90 bar

เงื่อนไขการทดลอง	P = 30 bar	P = 60 bar	P = 90 bar
T = 300°C	3.85	4.14	4.56
T = 325°C	3.74	4.01	4.87
T = 350°C	3.53	3.54	*N/A*
T = 375°C	3.62	3.72	*N/A*
T = 400°C	3.14	3.16	*N/A*

หมายเหตุ: T หมายถึงอุณหภูมิ, P หมายถึงแรงดัน, *N/A* หมายถึงไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากตัวอย่างเชื้อเพลิงแตกละเอียด

3.3 ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ภายใต้ เงื่อนไขการทดลองที่เลือกศึกษา ซึ่งครอบคลุมช่วงอุณหภูมิและความดันหลักที่กำหนดไว้ เพื่อประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านสมบัติพลังงานหลังการทอร์รีแฟคชัน โดยค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัดของเครื่อง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3 โดยตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งที่ผ่านการทอร์รีแฟคชันมีค่าสูงกว่าตัวอย่างดิบอย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอย่างดิบมีค่าความร้อนเพียง 13.89 MJ/kg ในขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านการปรับสภาพให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 14.53–19.01 MJ/kg เงื่อนไขที่ให้ค่าสูงที่สุดคือที่ 400 °C และ 60 bar มีค่า 19.01 MJ/kg หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 37% เมื่อเทียบกับตัวอย่างดิบ การเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนนี้เกิดจากการสลายตัวขององค์ประกอบที่มีออกซิเจนสูง เช่น เฮมิเซลลูโลสและสารระเหย ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนคาร์บอนในเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งความชื้นที่ลดลงช่วยยกระดับค่าพลังงานต่อหน่วยมวล โดยค่าความร้อนที่ได้ยังอยู่ในช่วงเดียวกับ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด (Wood pellets) ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ (17–19 MJ/kg) [10] และใกล้เคียงกับถ่านหินลิกไนต์ (15–20 MJ/kg) [11] ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในภาคพลังงาน แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษเหลือทิ้ง มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพลังงานทดแทน ทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษภายใต้เงื่อนไขการทอร์รีแฟคชันที่เลือกศึกษา

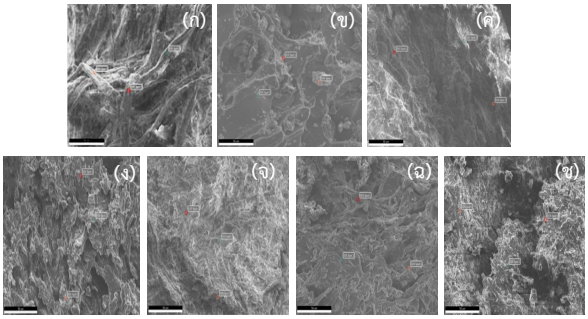
อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (bar)	ค่าความร้อน (MJ/Kg)
ตัวอย่างดิบ	-	13.89
300	90	16.12
325	90	14.53
350	60	16.99
375	60	16.21
400	30	18.14
400	60	19.01

3.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological Characteristics)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการทอร์รีแฟคชัน แสดงความแตกต่างตามอุณหภูมิและความดัน (ภาพที่ 2) โดยตัวอย่างดิบ (ก) พบเส้นใยเซลลูโลสยาวที่ยังไม่อัดแน่นและมีช่องว่างระหว่างเส้นใย เมื่อผ่าน 300–325 °C ภายใต้ 90 bar (ข–ค) เส้นใยบางส่วนยุบตัวและเชื่อมประสานทำให้พื้นผิวดูแน่นขึ้นและช่องว่างลดลง ที่ 350–375 °C 60 bar (ง–จ) พบว่าพื้นผิวหยาบและเกิดรอยแยกเล็กๆ มากขึ้น สะท้อนการสลายตัวของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ขณะที่ 400 °C 30 bar (ฉ) โครงสร้างเสื่อมสลายจนไม่คงรูป รายละเอียดเส้นใยหายไปและเนื้อวัสดุมีลักษณะหลวม อย่างไรก็ตามที่ 400 °C 60 bar (ช) รายละเอียดเส้นใยหายไป วัสดุจับตัวเป็นก้อนที่หลอมประสานกัน พื้นผิวมีความขรุขระและไม่เรียบ แสดงถึงการสลายตัวของ

FTI & RMUTP Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

องค์ประกอบอินทรีย์และการอัดแน่นของโครงสร้าง [12] โดยภาพรวมการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของอุณหภูมิและความดันต่อกลไกการยุบตัวและการเชื่อมประสานของเส้นใย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณภาพของเชื้อเพลิงแข็งที่ได้



ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษโดย SEM: (ก) ตัวอย่างดิบ, (ข) 300 °C 90 bar, (ค) 325 °C 90 bar, (ง) 350 °C 60 bar, (จ) 375 °C 60 bar, (ฉ) 400 °C 30 bar และ (ช) 400 °C 60 bar

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการลดลงของผลผลิตเชิงมวล อันเนื่องมาจากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 300 °C ในขณะที่แรงดันเชิงกลแสดงบทบาทในทิศทางตรงกันข้าม โดยช่วยเพิ่มปริมาณมวลที่คงเหลือและเสริมความหนาแน่นของเชื้อเพลิง แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Chen และ Kuo [12] ซึ่งรายงานว่าการเพิ่มแรงดันช่วยยับยั้งการสูญเสียมวลและเพิ่มความแข็งแรงเชิงกลของผลิตภัณฑ์จากชีวมวล สำหรับสมบัติด้านพลังงาน พบว่าค่าความร้อนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบธาตุที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไฮโดรเจนสูงขึ้น โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วงเดียวกับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดและถ่านหินลิกไนต์ [10, 11] การตรวจสอบด้วยเทคนิค SEM ยืนยันผลลัพธ์เชิงปริมาณ โดยตัวอย่างที่ผ่านแรงดันสูงมีลักษณะอัดแน่นและคงรูปได้ดีกว่า ขณะที่ตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงเกินไปแสดงลักษณะเปราะและพรุนมากขึ้น ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและค่าความร้อน และใกล้เคียงกับข้อสรุปของ Li และ Liu [13] ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้กระบวนการทอร์รีแฟคชันร่วมกับแรงดันเชิงกลเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงจากเศษกระดาษเหลือทิ้ง ทั้งด้านผลผลิต ความหนาแน่น และค่าความร้อน ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการพัฒนาสู่การใช้งานเชิงพาณิชย์และการลดปริมาณขยะกระดาษในอนาคต

5. สรุปผล (Conclusion)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการทอร์รีแฟคชันภายใต้แรงดันเชิงกลสามารถปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงแข็งจากเศษกระดาษเหลือทิ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยร้อยละผลผลิตเชิงมวลลดลงจาก 92.17% ที่ 300 °C, 30 bar เหลือ 28.32% ที่ 400 °C, 90 bar ซึ่งสอดคล้องกับการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส นอกจากนี้ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นสูงสุด 4.87 g/cm^3 (325 °C, 90 bar) แสดงถึงการอัดแน่นของเส้นใยภายใต้แรงดันสูง ขณะเดียวกันค่าความร้อนที่ได้อยู่ในช่วง 17–19 MJ/kg ซึ่งใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดและถ่านหินลิกไนต์ อีกทั้งลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ยังสอดคล้องกับผลดังกล่าว โดยแสดงการอัดแน่นและการยุบตัวของเส้นใยภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันที่ต่างกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนร่วมกับแรงดันเชิงกลช่วยเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงทั้งด้านผลผลิต ความหนาแน่น และค่าความร้อน อีกทั้งยังมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม เพื่อการลดปริมาณขยะกระดาษ การสร้างมูลค่าเพิ่ม และการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อยอด ในด้านการทดสอบการเผาไหม้ระดับต้นแบบและการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของการใช้งานจริงในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการและโอกาสในการทำวิจัย ผลงานนี้หวังว่าจะก่อประโยชน์ต่อวงวิชาการและการพัฒนาต่อไป

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Management Conference 2025

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Ministry of Energy, Thailand. Alternative Energy Development Plan: AEDP 2018–2037. Bangkok: Energy Policy and Planning Office (EPPO); 2019.

[2] Demirbas A. Physical properties of briquettes from waste paper and wheat straw mixtures. Energy Convers Manag. 1999;40(4):437–445.

[3] Olorunnisola AO. Production of fuel briquettes from waste paper and coconut husk admixtures. Agric Eng Int CIGR J. 2007; 9:1–11.

[4] Chen WH, Peng J, Bi XT. A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications. Renew Sustain Energy Rev. 2015; 44:847–866.

[5] Kaliyan N, Morey RV. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. Biomass Bioenergy. 2009;33(3):337–359.

[6] Chen WH, Lu KM, Liu SH, Tsai CM, Lee WJ, Lin TC. Biomass torrefaction characteristics in inert and oxidative atmospheres at various superficial velocities. Bioresour Technol. 2013; 146:152–160.

[7] Chen WH, Zhuang YQ, Liu SH, Juang TT, Tsai CM. Product characteristics from the torrefaction of oil palm fiber pellets in inert and oxidative atmospheres. Bioresour Technol. 2016; 199:367–374.

[8] Phanphanich M, Mani S. Impact of torrefaction on the grindability and fuel characteristics of forest biomass. Bioresour Technol. 2011;102(2):1246–1253.

[9] Telmo C, Lousada J. Heating values of wood pellets from different species. Biomass Bioenergy. 2011;35(7):2634–2639.

[10] Chaves AP, Pacheco EP, Viana LC, Silva JN, Paes JB. Physical, mechanical and energy characterization of wood pellets obtained from three common tropical species. PeerJ. 2018;6: e5504.

[11] Yang H, Yan R, Chen H, Lee DH, Zheng C. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. Fuel. 2007;86(12–13):1781–1788.

[12] Chen WH, Kuo PC. A study on torrefaction of various biomass materials and its impact on lignocellulosic structure simulated by a thermogravimetry. Energy. 2010;35(6):2580–2586.

[13] Li Y, Liu H. High-pressure binderless compaction of waste paper to form useful fuel. Fuel Process Technol. 2000;67(1):11–21.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Biomass Gasification Process Modeling for Syngas Production in Thailand with Aspen Plus

Tanit Bhibhatbhan*, Apinya Juipetch and Sanjita Sopark

[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, 99 Moo 18, Phaholyothin Road, Klong Nueng, Khlong Luang, Pathumthani 12120.

*Coressponding author: Tanit Bhibhatbhan, e-mail address: btanit@engr.tu.ac.th

Abstract: This study investigates the production of synthesis gas (syngas) from three types of biomasses—oil palm leaves, sugarcane bagasse, and eucalyptus bark—using gasification simulated in Aspen Plus V12.1 with air as the oxidizing agent. The effects of temperature and air flow rate on syngas composition were analyzed to determine optimal conditions and evaluate each biomass's suitability for methanol (CH_3OH) synthesis, which requires an H_2/CO molar ratio of 2:1. Simulation results indicated that hydrogen was the limiting reactant in all cases, with syngas H_2/CO ratios close to 1:1. Among the three biomasses, sugarcane bagasse provided the highest hydrogen yield and the H_2/CO ratio closest to the ideal value, making it the most suitable feedstock for methanol production. These findings highlight the potential of sugarcane bagasse as an efficient biomass for syngas-based methanol synthesis.

Keywords: Syngas; Aspen Plus V12.1; Methanol synthesis; Gasification; H_2/CO ratio

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. Introduction

The global energy sector remains heavily dependent on fossil fuels such as crude oil, natural gas, and coal, which are finite resources and major contributors to environmental issues [1][2]. Thailand imports over 50,000 ktoe of commercial energy annually, mainly from crude oil [3], highlighting the need for sustainable and renewable energy alternatives.

Biomass is one of the most abundant renewable resources, derived from agricultural residues that can be converted into energy through thermochemical processes.

Among these, gasification is particularly attractive, as it converts solid biomass into synthesis gas (syngas) a mixture of hydrogen (H_2) and carbon monoxide (CO) which can be used for power generation or as a feedstock for valuable chemicals such as methanol and ammonia [4][5][6].

Recent studies[10][11] have demonstrated the effectiveness of Aspen Plus simulations for predicting syngas yields from different biomasses. However, comparative research on Thai agricultural residues under identical conditions remains limited. Therefore, this study aims to develop an Aspen Plus model for three Thai biomasses—oil palm leaves, sugarcane bagasse, and eucalyptus bark—to identify optimal gasification conditions and evaluate their potential for methanol-oriented syngas production.

2. Research Methodology

2.1 Feedstock characteristics

Oil palm leaves, sugarcane bagasse, and eucalyptus bark have been selected to be employed in this research. The results of proximate analysis and ultimate analysis for each types of biomasses are presented in Tables 1 and 2.

Table 1 Proximate analysis of biomass [7], [8], [9]

Type of biomass	Proximate analysis (%wt)			
	VM	MC	FC	Ash
Oil palm leaves	73.50	8.23	16.87	1.40
Sugarcane bagasse	82.47	4.90	9.78	2.85
Eucalyptus bark	68.20	14.10	16.20	1.50

Table 2 Ultimate analysis of biomass [7], [8], [9]

Type of biomass	Ultimate analysis (%wt)				
	C	H	O	N	S
Oil palm leaves	50.76	4.96	43.81	0.43	0.04
Sugarcane bagasse	46.87	6.94	45.72	0.34	0.13
Eucalyptus bark	48.4	5.80	44.07	0.20	0.03

2.2 Gasification reaction

Gasification is a thermochemical process that converts carbon-containing materials, whether solid or liquid hydrocarbons originating from natural or biological sources, into syngas through partial oxidation reactions with air or steam at high temperatures ranging from 600 to 1200 °C. This process produces various gases such as hydrogen (H_2), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), and various short-chain hydrocarbons. The main chemical reactions involved in this process are summarized in Table 3.

Table 3 Chemical reactions in gasification process [7]

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

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

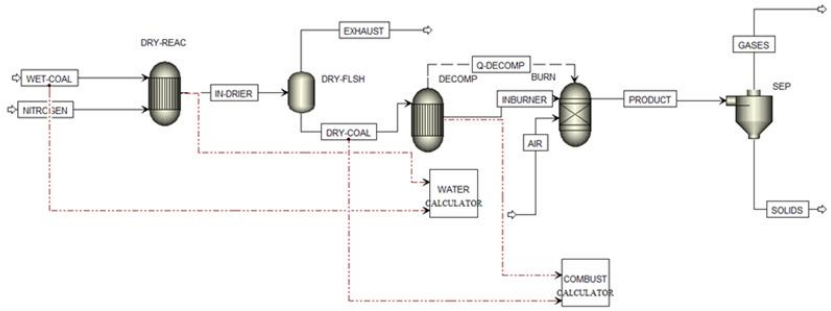


Figure 1 Process flowsheet for syngas production from biomass gasification in Aspen Plus [10]

2.3 Process simulation

This research focuses on developing a syngas production process model using Aspen Plus V12.1. The simulation parameters were based on reference studies [10][11], as detailed in Tables 4 and 5. Model validation was conducted by comparing the simulated molar flow rates of H_2, H_2O, O_2, and NO with those from reference data. The results confirmed the model's reliability and its strong potential for future applications.

Table 4 Input variables [10]

	Flow rate (kg/h)	P (bar)	T (°C)	Composition
Feed	4,535.924	1.013	25	Proximate analysis Ultimate analysis
Nitrogen	22,679.619	1.013	132.222	N_2 Mole fraction=0.99 O_2 Mole fraction=0.01
Air	40,823.313	1.013	25	N_2 Mole fraction=0.79 O_2 Mole fraction=0.21

2.3.1 Model description

As shown in Figure 1, the WET-COAL stream enters the DRY-REAC reactor with nitrogen, where the RSTOIC model removes moisture as steam. The DRY-FLSH unit then separates dry biomass from steam. The dry biomass is fed to the DECOMP (RYIELD) and BURN (RGIBBS) reactors, simulating feedstock decomposition and combustion. Char produced from pyrolysis reacts with air to form product gas, which is sent to the SEP unit (SSPLIT) to separate gas from ash. Reactor specifications are summarized in Table 5.

Table 5 Reference model data of syngas production process [10]

Reactor	Model	Data
DRY-REAC	RSTOIC	1.013 bar
DRY-FLSH	FLASH2	1.013 bar
DECOMP	RYIELD	2,472.667 bar 800 °C
BURN	RGIBBS	2,472.667 bar 800 °C
SEP	SSPLIT	-

2.3.2 Substitute the feedstock for the process

The feedstock is replaced with three biomass types: oil palm leaves, sugarcane bagasse, and eucalyptus bark. The selection is based on proximate analysis and ultimate analysis data provided in Tables 1 and 2, respectively. The biomass feed rates are maintained at 270 kg/h.

2.4 Study the effect of variables

2.4.1 Study on the effect of air flow rates

The air flow rates were varied within the range of 50 to 300 kg/h [10]. Graphs were generated, shown in Figure 3, to analyze the trend and assess how changes in air flow rates influence the amount of syngas produced.

2.4.2 Study on the effect of gasifier temperature

The operating temperature of the gasifier was adjusted within the range of 600 to 1200 °C.[11] Analyses, shown in Figure 2, conducted to evaluate the impact of temperature on syngas production.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.4.3 Determination of optimal operating conditions

Operational parameters were optimized by varying gasifier temperatures (600–1200 °C) and air flow rates (50–300 kg/h). A 3D surface plot (Figure 4) was generated to determine the optimal conditions for maximum syngas yield.

2.4.4 Study on the effect of different biomass feedstock types

The impact of proximate analysis and ultimate analysis data of three biomass types: oil palm leaves, sugarcane bagasse and eucalyptus bark on the amount of syngas produced was investigated.

3. Results and discussion

3.1 Model validation

Using the simulation results, the mass flow rates of H_2, H_2O, O_2, and NO were compared to those reported in the reference research under the same feedstocks and operating conditions to verify the model's accuracy.

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

The percentage differences between the simulation results and the reference data are shown in Table 6. The percentage difference values for all components are very small, indicating close agreement between the two models. Therefore, it can be concluded that the simulation model, which is based on reference research, is accurate and reliable. This model can be confidently applied in future research stages.

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

Gas composition	Reference research (kg/h)	Simulation model (kg/h)	% difference
H_2	0.125	0.126	0.800
H_2O	1,835.307	1,835.307	0.000
O_2	2,579.811	2,579.811	0.000
NO	139.599	139.602	0.002

This work investigates syngas production for application in methanol (CH_3OH) synthesis, which ideally requires a hydrogen-to-carbon monoxide (H_2/CO) ratio of 2:1. Simulation results revealed that the obtained ratio was approximately 1 : 1 , by identifying hydrogen as the limiting reactant.

Therefore, the optimal conditions were selected based on the scenarios with the highest hydrogen yield, while only about half of the available carbon monoxide would be utilized. As a result, the focus was placed solely on maximizing hydrogen production.

3.2 Effect of gasifier temperature on hydrogen production

The DECOMP reactor temperature (Figure 1) ranged from 600–1200 °C. As shown in Figure 2, hydrogen mass flow increases initially with temperature due to the endothermic water gas (Eq. 3) and steam methane reforming (Eq. 5) reactions, which proceed more in the forward direction at higher temperatures. (The equations are shown in Table 3).

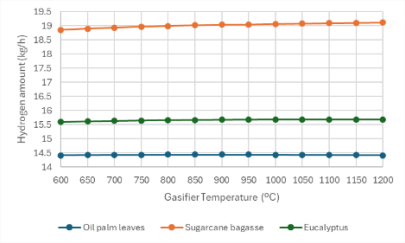


Figure 2 The influence of gasifier temperature on mass flow rates of hydrogen gas of various types of biomasses. (Air flow rates = 50 kg/h)

The exothermic methanation reaction (Eq. 2) tends to reverse at elevated temperatures, resulting in increased hydrogen mass flow. However, at excessively high temperatures, the reverse water gas shift reaction (Eq. 4) becomes dominant, leading to a decrease in hydrogen production (The equations are shown in Table 3).

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3.3 Effect of air flow rates on hydrogen production

Air flow rates were varied from 50 to 300 kg/h, and the results are shown in Figure 3, illustrating their effect on hydrogen mass flow. Figure 3 indicates that increasing air flow, while maintaining a constant gasifier temperature, initially raises hydrogen mass flow. This is attributed to the water gas (Eq. 3), water gas shift (Eq. 4), and steam methane reforming (Eq. 5) reactions, all of which utilize air as an oxidizing agent. (The equations are shown in Table 3).

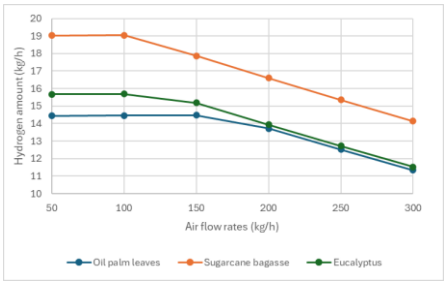


Figure 3 The influence of air flow rates on mass flow rates of hydrogen gas of various types of biomasses. (Temperature = 900 °C)

Increasing the air flow rate drives these reactions further forward, enhancing hydrogen production. However, beyond a certain point, hydrogen production decreases because excessive air lowers the gasifier temperature. Consequently, endothermic reactions, such as the water gas (Eq. 3) and steam methane reforming (Eq. 5) reactions, proceed in the reverse direction, reducing hydrogen mass flow. (The equations are shown in Table 3).

3.4 The optimal operating conditions of various types of biomasses

To determine the optimal conditions for hydrogen production, both gasifier temperature and air flow rates were varied simultaneously. The objective was to identify the conditions yielding the highest hydrogen mass flow for each biomass type, as illustrated in Figure 4.

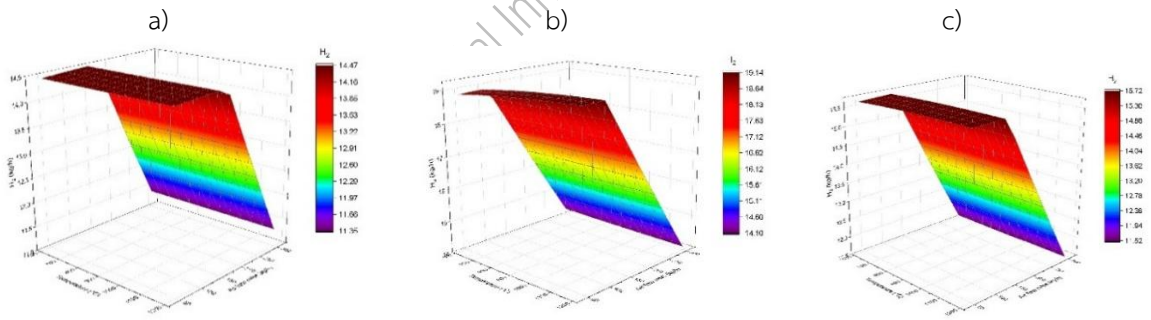


Figure 4 The influence of gasifier temperature and air flow rates on hydrogen production of (a) oil palm leaves, (b) sugarcane bagasse, and (c) eucalyptus bark

Table 7 Amount of hydrogen gas and amount of carbon monoxide gas from different types of biomasses

Type of biomass	Ultimate analysis (%)				Moisture (%)	Temperature (°C)	Air flow rates (kg/h)	H_2 (kg/h)	CO (kg/h)	H_2 (kgmol/h)	CO (kgmol/h)
	C	H	O	N							
Oil palm leaves	50.76	4.96	43.81	0.43	8.23	850	150	14.474	278.313	7.237	9.940
Sugarcane bagasse	46.87	6.94	45.72	0.34	4.90	750	100	18.968	260.872	9.484	9.317
Eucalyptus bark	48.4	5.80	44.07	0.20	14.10	1,050	125	15.707	258.680	7.854	9.239

FTI & RMUTP 14th ... Innovation and Management Conference 2025

Figure 4 shows the combined effects of gasifier temperature and air flow on hydrogen production, with the optimal conditions indicated by the dark red region. The optimal operating conditions for syngas production from the three biomasses are as follows:

Oil palm leaves: 850 °C and 150 kg/h air flow, producing 14.474 kg/h hydrogen and 278.313 kg/h carbon monoxide.

Sugarcane bagasse: 750 °C and 100 kg/h air flow, producing 18.968 kg/h hydrogen and 260.872 kg/h carbon monoxide.

Eucalyptus bark: 1050 °C and 125 kg/h air flow, producing 15.707 kg/h hydrogen and 258.680 kg/h carbon monoxide.

3.5 Effect of different types of biomass feedstocks

Table 7 presents the results of a comprehensive study on hydrogen and carbon monoxide production from various biomasses under their respective optimal operating conditions.

The hydrogen content from the ultimate analysis, along with biomass moisture content, strongly influences hydrogen yield. Biomasses with higher hydrogen content produce more hydrogen gas. Under optimal conditions, sugarcane bagasse yielded the highest hydrogen production, followed by eucalyptus bark and oil palm leaves.

The use of Aspen Plus V12.1 facilitates industrial process design by accurately simulating operations, reducing design time and manual calculation errors, and increasing confidence in applying simulation results to industrial development.

4. Conclusions

The optimal conditions for syngas production from various types of biomasses, namely oil palm leaves, sugarcane bagasse, and eucalyptus bark were investigated using the gasification process simulated with Aspen Plus V12.1.

The biomass and nitrogen flow rates were fixed at 270 kg/h, under atmospheric pressure (1.01353 bar). The temperature range studied was from 600 to 1200°C, and the air flow rates varied between 50 and 300 kg/h.

The investigation revealed that hydrogen production is influenced by several key factors, including operating temperature, air flow rates, biomass moisture content, and the intrinsic composition of each biomass type. Among the three biomass types investigated, oil palm leaves produced 14.474 kg/h of hydrogen and 278.313 kg/h of carbon monoxide under conditions of 850 °C and air flow rates of 150 kg/h. Sugarcane bagasse produced 18.968 kg/h of hydrogen and 260.872 kg/h of carbon monoxide under conditions of 750 °C and air flow rates of 100 kg/h. Eucalyptus bark produced 15.707 kg/h of hydrogen and 258.680 kg/h of carbon monoxide under conditions of 1050 °C and air flow rates of 125 kg/h.

In conclusion, the three types of biomasses studied, sugarcane bagasse was found to be the most suitable feedstock for methanol production in this research, as it provided an H_2/CO ratio closest to the ideal value of 2:1.

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. Reference

[1] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. พลังงานฟอสซิล VS พลังงานสะอาด แต่ละพลังงานได้มาอย่างไร?,. ข้อมูลจาก https://pdfmkm.erc.or.th/km_site/CatDetail/457 (วันที่สืบค้น 29 พฤศจิกายน 2567).

[2] พุทธชาติ ทองเอม. พลังงานในอนาคตกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักงานวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร; 2547

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม - กรกฎาคม 2567. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวงพลังงาน; 2567,

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ข้อมูลจาก: https://www.dede.go.th/uploads/SIT_JUL_67_afa8cbbdd1.pdf O(วันที่สืบค้น 6 กรกฎาคม 2567).

[4] SAHAKIJ CHAROEN INTERNATIONAL. ความหมายของชีวมวล, ข้อมูลจาก https://www.espthailand.com/th/ (วันที่สืบค้น 29 พฤศจิกายน 2567)

[5] UAC. พลังงานชีวภาพ/ชีวมวล, ข้อมูลจาก https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/340/biomass-energy (วันที่สืบค้น 29 พฤศจิกายน. 2567)

[6] Basu P. Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2013

[7] Siddique IJ, Salema AA. Production of syngas from oil palm shell biomass using microwave gasification. Energy. 2024; 306:132468.

[8] Saif AGH, Wahid SS, Ali MRO. Pyrolysis of Sugarcane Bagasse: The Effects of Process Parameters on the Product Yields [master's thesis]. Minia: Faculty of Engineering, Minia University; 2020.

[9] Pinto F, Gominho J, André RN, Gonçalves D, Miranda M, Varela F, et al. Improvement of gasification performance of Eucalyptus globulus stumps with torrefaction and densification pre-treatments. Fuel. 2017; 206:289–99.

[10] ฐิตินันท์ แก้วนาค, ตรียา วิวัฒนทีปะ. การศึกษาและจำลองกระบวนการการผลิตแก๊ส เชื้อเพลิงจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการแกซิฟิเคชัน โดยใช้โปรแกรม Aspen Plus [วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2556.

[11] Zhang Y, Yao S, Hu J, Xia J, Xie T, Zhang Z, et al. Numerical modeling of biomass gasification using cow dung as feedstock. Front Agric Sci Eng. 2023;10(3):458–67.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การพัฒนาระบบการบริหารจัดการขยะในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอย่างยั่งยืน ด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

Development of a Sustainable Waste Management System in Sub-district Health Promoting Hospitals Using Circular Economy Concepts

ธัญลักษณ์ กาวิชา*, สุวิทย์ แพงกันยา และ เทอดพงษ์ แดงสี

Tanyalak Kawicha*, Suwit Paengkanya and Therdpong Daengsi

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand
*Corresponding Author: Tanyalak Kawicha, e-mail address: tanyalak-k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพและดูแลผู้ป่วยในชุมชน แต่ประสบปัญหาการจัดการขยะที่ไม่เป็นระบบ โดยขยะที่เกิดขึ้นมีทั้งขยะทั่วไป ขยะอันตราย และขยะติดเชื้อ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกจัดการในลักษณะปลายทาง ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชน การบริหารจัดการขยะจึงต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จากปัญหาดังกล่าว การนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มาใช้ในการบริหารจัดการขยะ ใน รพสต. จึงเป็นทางเลือกที่สำคัญ โดยเน้นการใช้ซ้ำ การรีไซเคิล และการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน รวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มจากขยะเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการจัดการขยะ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว
คำสำคัญ: โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล; ขยะติดเชื้อ; เศรษฐกิจหมุนเวียน; ความยั่งยืน

Abstract: The Sub-district Health Promotion Hospital (RHS) plays a crucial role in promoting health and providing care for patients in the community. However, it faces challenges in waste management, which is not systematically organized. The waste generated includes general waste, hazardous waste, and infectious waste, most of which are handled in a way that addresses only the end result, leading to environmental and public health impacts. Therefore, waste management must comply with appropriate standards and be carried out efficiently. In response to this issue, applying the concept of Circular Economy in waste management at the RHS is an important option. This approach focuses on reusing, recycling, and converting waste into energy, as well as creating added value from waste. The goal is to ensure sustainable waste management, reducing the impact on the environment and community health effectively in the long term.
Keywords: Subdistrict Health Promoting Hospital; Infectious Waste; Circular Economy; Sustainability

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) เป็นหน่วยบริการสุขภาพที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพและดูแลผู้ป่วยในชุมชน โดยมีภารกิจในการให้บริการที่ครอบคลุมทั้งในสถานพยาบาล ชุมชน และบ้านเรือน เพื่อเพิ่มการเข้าถึงบริการสุขภาพที่มีคุณภาพและลดความแออัดในโรงพยาบาลใหญ่แม้ว่าจะมีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพชุมชน แต่ รพ.สต. กลับประสบปัญหาการจัดการขยะที่ไม่เป็นระบบ ขยะจากกิจกรรมทางการแพทย์และทั่วไปมักถูกจัดการแบบปลายทางทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชน

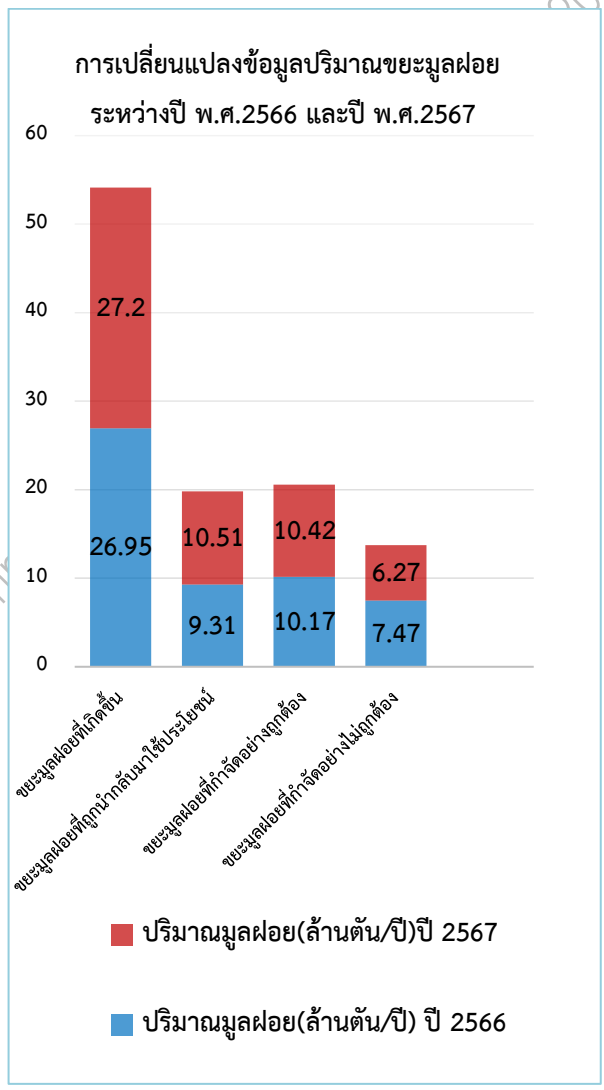
ขยะจากโรงพยาบาลมีประเภทที่แตกต่างจากขยะทั่วไป เช่น ขยะรีไซเคิล ขยะพิษ และขยะติดเชื้อ ซึ่งต้องการ การบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามมาตรฐาน โดยเฉพาะการคัดแยกขยะอย่างถูกต้องแต่ยังพบปัญหาการใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์แบบใช้ครั้งเดียวทิ้งในปริมาณมาก ซึ่งเพิ่มปริมาณขยะติดเชื้อหากไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม

การนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มาใช้ในการจัดการขยะในโรงพยาบาลจะช่วยให้เกิดการใช้ซ้ำและรีไซเคิลขยะเป็นพลังงานและมูลค่าเพิ่ม ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางที่หลายประเทศนำมาใช้ แต่ในประเทศไทยยังขาดการศึกษาและแนวทางที่เป็นรูปธรรมในการบริหารจัดการขยะในระดับโรงพยาบาล [1, 2]

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการขยะในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอย่างยั่งยืน โดยใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อให้การจัดการขยะมีประสิทธิภาพ ลดปริมาณขยะปลายทางและสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มจากขยะได้อย่างยั่งยืนในระยะยาว

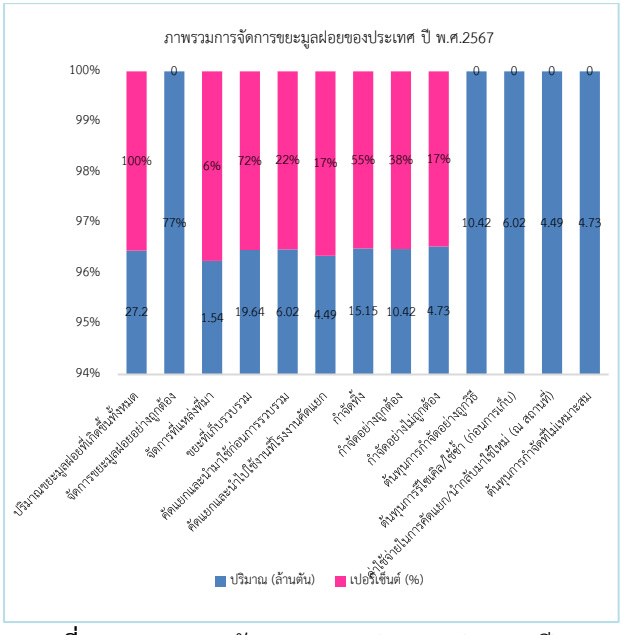
2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ภาพรวมการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ ปี 2567 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 27.20 ล้านตัน พบว่าถูกจัดการภายในบ้านเรือนโดยชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล 1.54 ล้านตัน (ร้อยละ 6 ของปริมาณขยะมูลฝอย ที่เกิดขึ้น) ถูกคัดแยกเพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์จากบ้านเรือนและแหล่งกำเนิด 6.02 ล้านตัน (ร้อยละ 22 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ขยะมูลฝอยที่เหลือประมาณ 19.64 ล้านตัน (ร้อยละ 72 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) จะถูกเก็บขนโดยรถบรรทุกเก็บขนขยะมูลฝอย เพื่อนำไปยังสถานที่คัดแยกขยะมูลฝอยหรือสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและขยะมูลฝอยประมาณ 4.49 ล้านตัน (ร้อยละ 17 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกคัดแยกในระหว่างการเก็บขนหรือภายในสถานที่คัดแยกขยะมูลฝอย ส่วนที่เหลือประมาณ 19.64 ล้านตัน (ร้อยละ 72 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกนำไปกำจัด ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งพบว่ามีขยะมูลฝอยได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องประมาณ 10.42 ล้านตัน (ร้อยละ 38 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) และส่วนที่เหลือประมาณ 4.73 ล้านตัน ร้อยละ 17 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกนำไปกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง [3,4] ดังแสดงตามภาพที่ 1



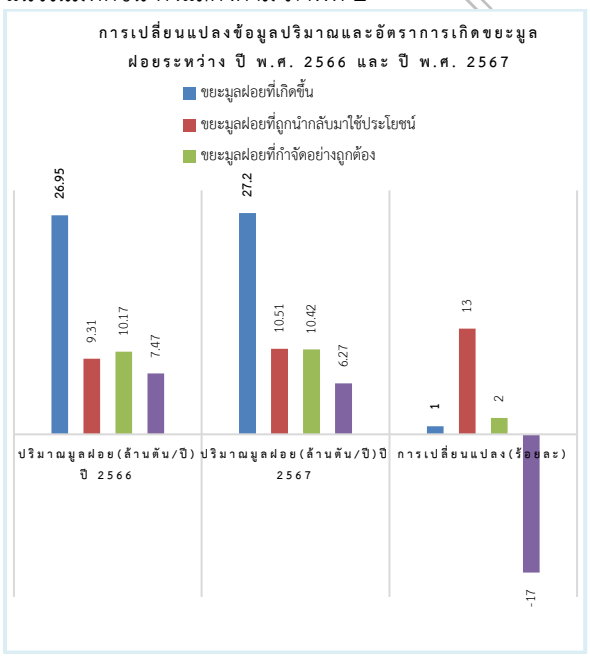
ภาพที่ 1 ปริมาณขยะและอัตราการเกิดขยะมูลฝอย ปี พ.ศ. 2563 - 2567

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial In

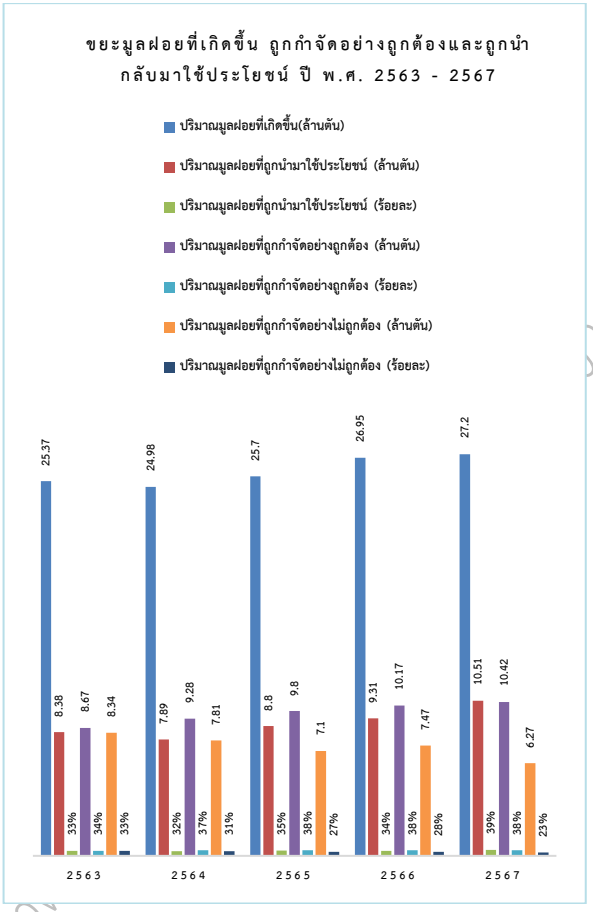


ภาพที่ 2 ภาพรวมการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ ปี พ.ศ.2567

ในปี พ.ศ. 2567 ปริมาณขยะมูลฝอยได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องและการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับ ปี พ.ศ. 2566 อาจเนื่องจากการส่งเสริมรณรงค์และผลักดันให้กับภาคประชาชน ภาคเอกชน ผู้ประกอบการและภาครัฐ โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการเพิ่มศักยภาพด้านการลด คัดแยก ใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยทั้งในระดับชุมชน ยกระดับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยให้สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้อง มีแนวโน้มที่ดีขึ้น ดังแสดงตาม ภาพที่ 2

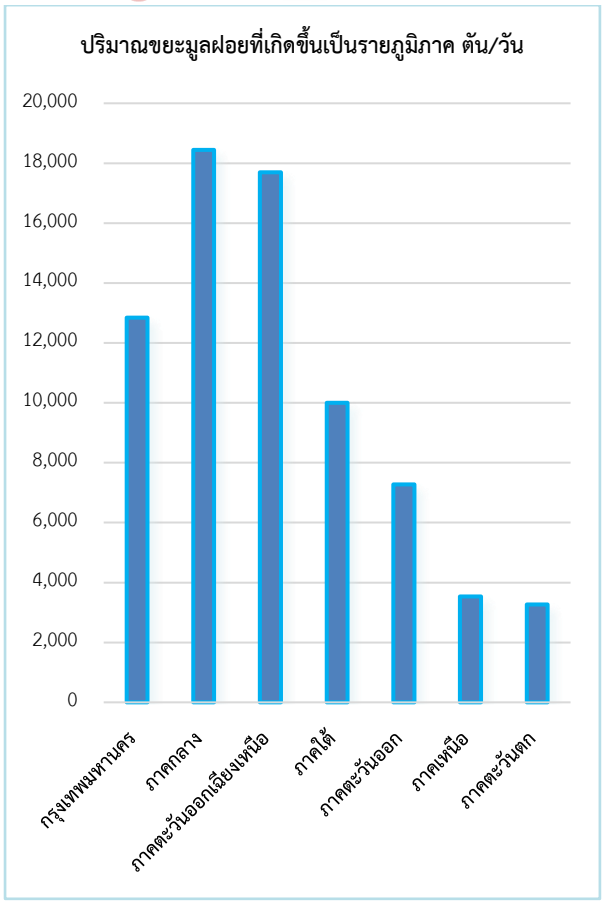


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยระหว่าง ปี พ.ศ.2566 และปี พ.ศ.2567

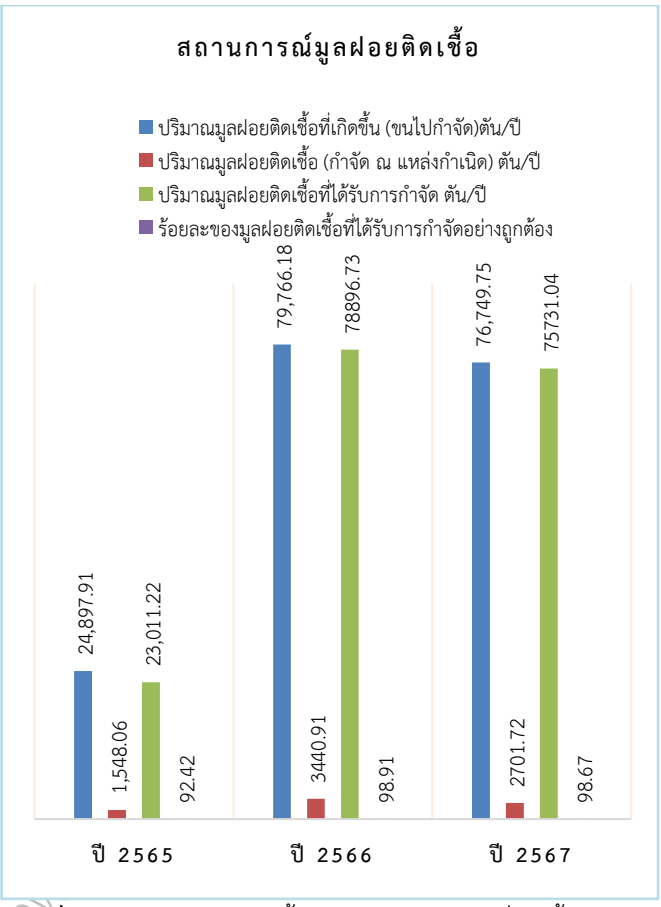


ภาพที่ 4 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ถูกกำจัดอย่างถูกต้องและถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ปี พ.ศ.2563 - 2567

จากข้อมูลในภาพที่ 4 ขยะมูลฝอยได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง (การนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์รวมกับการกำจัดที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความร่วมมือจากหลายภาคส่วน ที่ผลักดันให้การจัดการขยะมูลฝอยมีแนวโน้มที่ดีขึ้น แต่ชุมชนยังคงมีปัญหาในการจัดการขยะมูลฝอย ณ ต้นทาง โดยพบว่าการคัดแยกขยะมูลฝอยยังคงไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากขยะบรรจุภัณฑ์บางประเภทมีราคารับซื้อต่ำหรือไม่มีการรับซื้อ โดยร้านรับซื้อของเก่าทำให้ประชาชนทิ้งรวมกับขยะอื่นๆ เพื่อนำไปกำจัด ในปัจจุบันไม่มีผลบังคับให้ประชาชนคัดแยกขยะมูลฝอยหรือลงโทษหากประชาชนไม่ปฏิบัติตาม และมีการใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดการ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขาดงบประมาณในการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5 ปริมาณและร้อยละขยะมูลฝอยแยกเป็นรายภูมิภาค ปี 2567



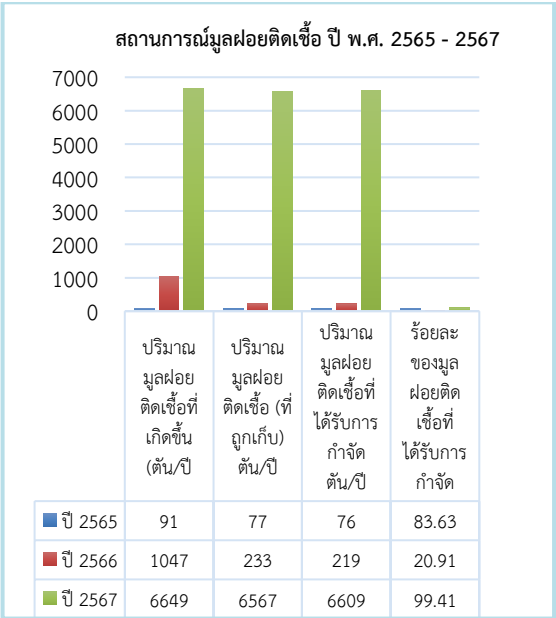
ภาพที่ 6 ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นและการจัดการ(ล้านตัน) ใน ปี 2565 - 2567

ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นเป็นรายภูมิภาค ภาคกลางมีปริมาณขยะมูลฝอย สูงที่สุด 31,287 ตัน/วัน (จังหวัดในพื้นที่ภาคกลาง 18,442 ตัน/วัน และกรุงเทพมหานคร 12,845 ตัน/วัน) รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณขยะมูลฝอย 17,697 ตัน/วัน ภาคใต้ 10,004 ตัน/วัน ภาคตะวันออก 7,274 ตัน/วัน ภาคเหนือ 3,538 ตัน/วัน และภาคตะวันตก 3,268 ตัน/วัน ตามลำดับ [4] รายละเอียดดังแสดงตามภาพที่ 5

2. สถานการณ์การจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

2.1 สถานการณ์มูลฝอยติดเชื้อ ปี พ.ศ.2567 แหล่งกำเนิดมูลฝอยติดเชื้อ มีจำนวน 7,063 แห่ง ประกอบด้วย สถานพยาบาลภาครัฐ 4,986 แห่ง โรงพยาบาลภาคเอกชน 344 แห่ง สถานพยาบาลสัตว์101 แห่ง ห้องปฏิบัติการ เชื้ออันตราย 22 แห่ง คลินิก 1,320 แห่ง แหล่งกำเนิดอื่น 290 แห่ง มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นประมาณ 56,710 ตัน/ปี เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ.2566 ที่มีประมาณ 54,698 ตัน/ปี [5,6]

2.2 สถานการณ์มูลฝอยติดเชื้อ ปี พ.ศ. 2565 - 2567 ของ รพสต. 3,771 แห่ง ดังนี้



ภาพที่ 7 ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นและการจัดการ(ล้านตัน) ใน รพสต. ใน ปี 2565 - 2567

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innov

ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

1) ขาดการให้ความรู้ความเข้าใจในวิธีการแยกทิ้งมูลฝอยติดเชื้อที่ถูกต้องและการติดตามผลเพื่อนำมาจัดระบบการคัดแยกที่ต้นทางและการเก็บรวบรวม ไปกำจัดแยกจากขยะมูลฝอยชุมชน

2) ขาดความพร้อมในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ ทั้งนโยบายจากผู้บริหาร ด้านบุคลากร งบประมาณในการวางระบบเก็บรวบรวม ขนส่งและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

3) มีข้อจำกัดในการเก็บรวบรวมมูลฝอยติดเชื้อจากคลินิกคนคลินิกสัตว์ และห้องปฏิบัติการ เชื้ออันตราย เข้าสู่ระบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกต้อง

4) ระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่มีอยู่ไม่เพียงพอและไม่กระจายตัวไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มพื้นที่ การขนส่งมูลฝอยติดเชื้อในระยะไกล ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงและเกิดความเสี่ยงต่อการลักลอบทิ้ง [7]

แนวคิดการจัดการขยะตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นแนวคิดที่ไม่ได้ใหม่ แต่ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ทศวรรษที่ 1960 จนถึงปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ และลดปริมาณขยะและของเสียในระบบเศรษฐกิจ เศรษฐกิจหมุนเวียนมุ่งเน้นการออกแบบกระบวนการผลิตและการบริการที่สามารถหมุนเวียนทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสีย และรักษาสมดุลระหว่างสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ มูลนิธิเอเลน แมคอาร์เธอร์ (Ellen MacArthur Foundation) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับ "วัฏจักรทางชีวภาพ" (biological cycle) และ "วัฏจักรทางเทคนิค" (technical cycle) ซึ่งการนำทรัพยากรไปใช้ใหม่ตามสภาพในวัฏจักรทางชีวภาพและการแปรสภาพทรัพยากรในวัฏจักรทางเทคนิคจะช่วยลดการรั่วไหลของวัสดุและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้เหลือน้อยที่สุดและการทำให้เกิดการหมุนเวียนของทรัพยากรในทุกขั้นตอน โดยมีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) [8,9]

3. ผลการวิจัย (Results)

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการลดของเสียและมุ่งไปที่การรีไซเคิลและการใช้ทรัพยากรซ้ำ เพื่อสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ, สิ่งแวดล้อม, และสังคมทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ดังนี้

3.1 การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตต้องมุ่งเน้นการลดของเสีย และการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติให้น้อยที่สุด โดยสามารถผลิตสินค้าและบริการได้มากขึ้นด้วยการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่น้อยลง ซึ่งส่งผลให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นในระยะยาว การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและการบริโภคตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางเป็นการช่วยป้องกันการเกิดขยะและรักษาสมดุลของระบบนิเวศ

3.2 การไม่มีของเสีย (Zero Waste)

การออกแบบระบบการผลิตและบริการที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้ โดยไม่ไปเผาหรือฝังกลบขยะ

3.3 เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio-based Economy)

เศรษฐกิจที่ใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติเพื่อผลิตสินค้าและพลังงาน เช่น การใช้วัสดุชีวภาพในการผลิตกระดาษหรือสินค้าต่างๆ ที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ การฟื้นฟูและหมุนเวียนทรัพยากรชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้พลังงานฟอสซิลและทรัพยากรที่ไม่สามารถหมุนเวียนได้

4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 ควรนำแนวทางการบริหารจัดการขยะตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนไปปรับใช้ในทางปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม ตั้งแต่การคัดแยกขยะ สถานพยาบาล หรือสถานที่ใดๆ ที่ก่อให้เกิดขยะ เพื่อลดการใช้ทรัพยากร (Reduce) แยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Reuse) และขยะที่สามารถแปรรูป (Recycle) ได้ การแปรรูปขยะหรือของเสียที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ (Recycle) จะช่วยให้การบริหารจัดการขยะในภาคต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาขยะสะสมได้

4.2 ควรจัดโครงสร้างและวางระบบการบริหารจัดการขยะตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนให้พร้อมสำหรับรองรับการปฏิบัติการตามกฎหมายหรือนโยบายของรัฐ โดยเฉพาะการหมุนเวียนทรัพยากรที่ต้องมีช่องทางในการจัดเก็บขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ หรือการแปรรูปขยะที่ เหมาะสมตั้งแต่การจัดเก็บ การขนส่ง ตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้เกิดความชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้ง่าย

4.3 ควรสร้างความตระหนักรู้และสร้างแรงจูงใจให้กับประชาชนทุกภาคส่วนเกี่ยวกับการบริหารจัดการตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยเฉพาะการแยกขยะที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม สนับสนุนการหมุนเวียนการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์มากที่สุดอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

5. สรุปผล (Conclusion)

เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นโมเดลทางเศรษฐกิจที่ต้องการการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตและการบริโภคจากระบบเศรษฐกิจแบบเดิมที่ใช้แล้วทิ้ง (Linear Economy) ไปสู่ระบบที่มีการจัดการขยะและทรัพยากรอย่างยั่งยืน และสามารถฟื้นฟูระบบสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติได้ ซึ่งจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพในระยะยาว ในงานดังกล่าวนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อจะได้เป็นแนวทางต่อการศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าวโดยให้ครอบคลุมทุกมิติ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย. คู่มือแนวทางการพัฒนาสถานบริการการสาธารณสุขให้ได้มาตรฐานด้านการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.; ม.ป.ป.

[2] ตันนุกิจ ภ, กิตติศุภกร ส, ฉลองวิริยะเลิศ ป. การพัฒนาระบบบริหารจัดการขยะโดยใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และการแก้ปัญหาแบบมีส่วนร่วมในโรงพยาบาลสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร. วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์. 2564;17(1):1-12.

[3] กรมควบคุมมลพิษ. แผนยุทธศาสตร์กรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2566–2570 (ฉบับปรับปรุง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568). กรุงเทพฯ: กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2568.

[4] กรมควบคุมมลพิษ. แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะของประเทศ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2565–2570). กรุงเทพฯ: กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; ข้อมูลจาก: https://www.pcd.go.th/publication/28745/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 สิงหาคม 2568).

[5] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ภาพรวมสถานการณ์การจัดการมูลฝอยติดเชื้อของประเทศไทย. ข้อมูลจาก: https://e-manifest.anamai.moph.go.th/(วั น ที่สืบค้นข้อมูล 20 สิงหาคม 2568)

[6] กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545. ราชกิจจานุเบกษา. 2545 ก.ย. 5;119(ตอนพิเศษ 86 ก).

[7] กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย. การจัดการมูลฝอยติดเชื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สามเจริญพาณิชย์; 2549.

[8] มูลนิธิบูรณะนิเวศ. การจัดการของเสียจากชุมชน: รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการขับเคลื่อนนโยบายสาธารณะเพื่อการบริหารจัดการของเสียที่ยั่งยืน [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: มูลนิธิบูรณะนิเวศ. ข้อมูลจาก: http://www.earththailand.org/th/document/135 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 สิงหาคม 2568)

[9] สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักการพิมพ์ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.2562.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ระบบการจัดการอาคารอัจฉริยะเพื่อการพัฒนาสถานพยาบาลอายุรศาสตร์อย่างยั่งยืน

Smart Building Management Systems for Sustainable Development of Internal Medicine Healthcare Facilities

บูลย์ วิบูลย์พันธุ์* และ สุวิทย์ แพงกันยา

Boon Wiboonphan[1]* and Suwit Paengkanya

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Corresponding author: Boon Wiboonphan, e-mail address: boon-w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: การศึกษานี้วิเคราะห์การประยุกต์ใช้ระบบการจัดการอาคารอัจฉริยะ (Smart Building Management System: SBMS) เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสถานพยาบาลอายุรศาสตร์อย่างยั่งยืน โดยเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการเพิ่มคุณภาพการดูแลผู้ป่วย การวิจัยใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจากฐานข้อมูลวิชาการระหว่างปี 2018-2024 ผลการศึกษาพบว่า SBMS ช่วยลดการใช้พลังงานได้ 30-50% ปรับปรุงคุณภาพอากาศภายใน 35-75% และลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้ 25-40% อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายด้านต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นและการบูรณาการระบบ การศึกษานี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างระบบการดูแลสุขภาพที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: ระบบการจัดการอาคารอัจฉริยะ; ความยั่งยืน; สถานพยาบาลอายุรศาสตร์; ประสิทธิภาพพลังงาน; นวัตกรรมสีเขียว

Abstract: This study analyzes the application of Smart Building Management Systems (SBMS) to promote sustainable development in internal medicine healthcare facilities, focusing on improving energy efficiency, reducing environmental impact, and enhancing patient care quality. The research employs systematic literature review methodology using academic databases from 2018-2024. Results indicate that SBMS reduces energy consumption by 30-50%, improves indoor air quality by 35-75%, and decreases operational costs by 25-40%. However, challenges remain regarding initial investment costs and system integration. This study presents development approaches that can be applied to create sustainable healthcare systems.

Keywords: Smart Building Management Systems; sustainability; internal medicine healthcare facilities; energy efficiency; green innovation

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ในยุคที่โลกเผชิญกับวิกฤตการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างให้มีความยั่งยืนจึงกลายเป็นความจำเป็นเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานพยาบาลซึ่งเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสูงเป็นอันดับสองของภาคพาณิชย์ โดยคิดเป็นสัดส่วนถึง 18% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในภาคนี้ [1]

สถานพยาบาลอายุรศาสตร์มีความจำเป็นพิเศษในการควบคุมสิ่งแวดล้อมภายในอาคารให้เหมาะสมกับผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงสูง การใช้พลังงานต่อเตียงผู้ป่วยในสถานพยาบาลโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 43-92 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากระบบทำความร้อน ระบายอากาศ และปรับอากาศ (HVAC) ที่คิดเป็นสัดส่วนถึง 60% ของการใช้พลังงานทั้งหมด [2]

ระบบการจัดการอาคารอัจฉริยะ (Smart Building Management System: SBMS) เป็นเทคโนโลยีที่ผสานการใช้งาน Internet of Things (IoT), ปัญญาประดิษฐ์ (AI), และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) เข้าด้วยกัน เพื่อควบคุมและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่างๆ ในอาคารแบบเรียลไทม์ [3] ซึ่งแตกต่างจากระบบ BMS แบบดั้งเดิมที่มีความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวเองได้

การพัฒนาสู่เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) และการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 3 (การมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี) เป้าหมายที่ 7 (พลังงานที่สะอาดและราคาถูก) และเป้าหมายที่ 13 (การดำเนินการด้านสภาพภูมิอากาศ) ทำให้การนำ SBMS มาใช้ในสถานพยาบาลเป็นแนวทางสำคัญในการสร้างระบบการดูแลสุขภาพที่ยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม การนำ SBMS มาประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทยยังเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ได้แก่ ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นที่สูง การขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ และปัญหาการบูรณาการระบบเดิมกับเทคโนโลยีใหม่ [4]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของ SBMS ในการส่งเสริมความยั่งยืนของสถานพยาบาลอายุรศาสตร์ (2) ประเมินผลกระทบด้านการประหยัดพลังงานและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ (3) เสนอแนะแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยนี้ใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review) โดยค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลวิชาการหลัก ได้แก่ PubMed, Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect และ Google Scholar ในช่วงเวลาระหว่างมกราคม 2018 ถึงธันวาคม 2024

คำค้นหาที่ใช้:

" Smart Building Management System" AND "Healthcare"

"Sustainable Healthcare Facility" AND "Energy Efficiency"

"Green Hospital" AND "Internal Medicine"

"IoT" AND "Hospital Energy Management"

"AI" AND "Healthcare Building Automation"

เกณฑ์การคัดเลือก:

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ SBMS ในสถานพยาบาลหรือสถานพยาบาลอายุรศาสตร์

มีข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงาน ต้นทุน หรือผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อม

ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

เขียนเป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย

เกณฑ์การคัดออก:

การศึกษาที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับสถานพยาบาล

บทความรวบรวมที่ขาดข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษาที่เก่ากว่าปี 2018

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการสังเคราะห์เชิงคุณภาพและการวิเคราะห์เชิงปริมาณแบบบรรยาย โดยจำแนกผลการศึกษาตามหมวดหมู่หลัก ได้แก่ ประสิทธิภาพพลังงาน คุณภาพสิ่งแวดล้อม ต้นทุนการดำเนินงาน และผลลัพธ์ด้านการดูแลผู้ป่วย

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน

การนำ SBMS มาใช้ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 1

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานจากการใช้ SBMS ในสถานพยาบาล)

การศึกษา	ปี	ประเภทสถานพยาบาล	การประหยัด HVAC (%)	การประหยัดไฟฟ้า (%)	การลด CO_2 (%)
Zhang et al.	2023	โรงพยาบาลทั่วไป	35-45	25-30	40-50
Kumar & Patel	2024	คลินิกอายุรศาสตร์	40-55	30-40	45-60
Johnson et al.	2023	โรงพยาบาลขนาดใหญ่	30-40	20-35	35-45
Lee & Park	2024	โรงพยาบาลเอกชน	38-48	28-38	42-55
Smith et al.	2023	คลินิกเฉพาะทาง	42-52	32-42	48-58

ระบบ HVAC อัจฉริยะที่ใช้ AI ในการควบคุมสามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้แบบเรียลไทม์ตามจำนวนผู้ใช้งานและสภาพอากาศภายนอก ส่งผลให้ประหยัดพลังงานได้ 30-55% เมื่อเทียบกับระบบปกติ [5]

3.2 สมการ

สมการที่ (1) แสดงการคำนวณประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน:

$$\text{Energy Efficiency (\%)} = [(E_0 - E_1)/E_0] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ E_0 = การใช้พลังงานก่อนใช้ SBMS และ E_1 = การใช้พลังงานหลังใช้ SBMS

3.2 การปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม

SBMS มีผลกระทบเชิงบวกต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในสถานพยาบาล โดยเฉพาะในการควบคุมคุณภาพอากาศและการลดเชื้อโรคในอากาศ

ตารางที่ 2 ผลกระทบของ SBMS ต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในสถานพยาบาลอายุรศาสตร์

ตัวชี้วัด	ก่อนใช้ SBMS	หลังใช้ SBMS	การปรับปรุง (%)	มาตรฐานอ้างอิง
คุณภาพอากาศ (AQI)	85-110	45-65	35-50	WHO Guidelines
การกรอง PM2.5 (%)	60	95	58	ASHRAE 170
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	45-70	50-55	ควบคุมได้ดีขึ้น	50-60%
การลดเชื้อโรค (%)	-	25-40	ลดใหม่	CDC Guidelines
อุณหภูมิห้องผู้ป่วย (°C)	20-28	22-24	คงที่มากขึ้น	20-24°C

ระบบกรองอากาศอัจฉริยะที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์สามารถปรับระดับการกรองอัตโนมัติ ส่งผลให้คุณภาพอากาศดีขึ้น 35-50% [6]

3.3 การลดต้นทุนการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่า SBMS สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้จะมีต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นที่สูง

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุน SBMS

ขนาดโรงพยาบาล	ต้นทุนเริ่มต้น (ล้านบาท)	ประหยัดต้นทุน/ปี (ล้านบาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	ROI 10 ปี (%)
50 เตียง	8-12	2.1-3.2	3.8-5.7	175-267
100 เตียง	15-22	4.2-6.8	3.6-5.2	192-303
200 เตียง	25-35	8.5-12.5	2.9-4.1	243-357
500 เตียง	55-75	18.2-26.8	2.8-4.1	264-388

การประหยัดต้นทุนหลักมาจาก: การลดค่าไฟฟ้า 25-40% การลดค่าบำรุงรักษา 30-50% การเพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ 20-30%

3.4 ความท้าทายในการนำไปใช้

การศึกษาพบความท้าทายหลักในการนำ SBMS มาใช้ในสถานพยาบาล ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความท้าทายและแนวทางแก้ไขในการนำ SBMS ไปใช้

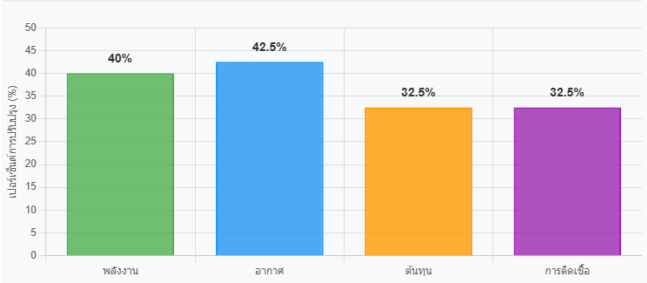
ความท้าทาย	ระดับความรุนแรง	ผลกระทบ	แนวทางแก้ไข
ต้นทุนการลงทุนสูง	สูง	การตัดสินใจลงทุนล่าช้า	กองทุนสนับสนุน, สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ
ขาดบุคลากรเชี่ยวชาญ	สูง	การดำเนินงานไม่มีประสิทธิภาพ	หลักสูตรอบรม, ความร่วมมือมหาวิทยาลัย
ความปลอดภัยไซเบอร์	ปานกลาง	ความเสี่ยงข้อมูลรั่วไหล	มาตรฐานการรักษาความปลอดภัย
การบูรณาการระบบ	ปานกลาง	ความซับซ้อนในการติดตั้ง	การวางแผนระยะยาว, ผู้เชี่ยวชาญ

FTI 8 RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า SBMS มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมความยั่งยืนของสถานพยาบาลอายุรศาสตร์ โดยเฉพาะในด้านการประหยัดพลังงานและการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Himeur et al. (2023) ที่พบว่าระบบอัจฉริยะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้ถึง 40% [7]

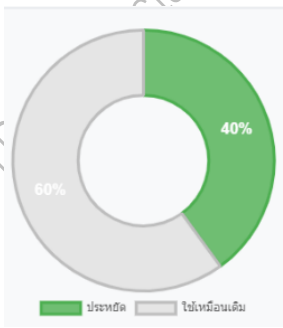
ภาพที่ 1 ประโยชน์หลักของ SBMS ต่อสถานพยาบาลอายุรศาสตร์



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ SBMS

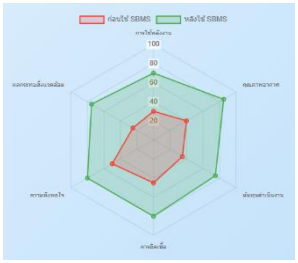
แผนภาพนี้แสดงประสิทธิภาพการปรับปรุงใน 4 ด้านหลักของ SBMS เมื่อนำมาใช้ในสถานพยาบาลอายุรศาสตร์ โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงเปรียบเทียบกับสถานะเดิม

การปรับปรุงคุณภาพอากาศมีความสำคัญต่อผู้ป่วยอายุรศาสตร์ที่มักมีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ การลดการติดเชื้อในโรงพยาบาล (HAIs) ที่พบในการศึกษานี้ 25-40% จึงมีนัยสำคัญทางคลินิก



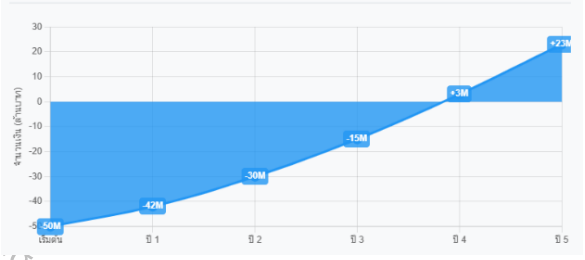
ภาพที่ 3 สัดส่วนการประหยัดพลังงานด้วย SBMS

แผนภาพนี้แสดงสัดส่วนการประหยัดพลังงานเมื่อใช้ SBMS โดยเปรียบเทียบระหว่างพลังงานที่ประหยัดได้กับการใช้พลังงานที่เหลือ การประหยัดพลังงาน 40% ถือเป็นผลลัพธ์ที่ดีมาก โดยเฉพาะในสถานพยาบาลที่ต้องการพลังงานสูงเพื่อรักษามาตรฐานการรักษา



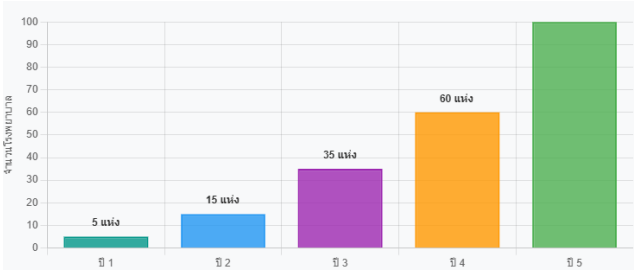
ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบสมรรถนะก่อนและหลังการใช้ SBMS

แผนภาพนี้เปรียบเทียบสมรรถนะของสถานพยาบาลใน 6 มิติ ระหว่างก่อนและหลังการใช้ SBMS โดยใช้มาตราส่วน 0-100 พบว่า SBMS ปรับปรุงสมรรถนะทุกมิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะด้านคุณภาพอากาศและผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนการลงทุน SBMS (5 ปี)

แผนภาพนี้แสดงการคืนทุนการลงทุน SBMS ตลอดระยะเวลา 5 ปี โดยแสดงผลกำไรสะสมตั้งแต่การลงทุนเริ่มต้นจนถึงการคืนทุนและมีกำไร การลงทุน SBMS มีความคุ้มค่า โดยสามารถคืนทุนได้ในปีที่ 4 และสร้างกำไรที่เพิ่มขึ้นในปีถัดไป



ภาพที่ 5 แผนการขยายผล SBMS ในประเทศไทย (2025-2029)

แผนภาพนี้แสดงแผนการขยายผลการใช้ SBMS ในโรงพยาบาลทั่วประเทศไทยตลอดระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่โครงการนำร่องจนถึงการขยายผลเต็มรูปแบบ การขยายผลแบบค่อยเป็นค่อยไป เพื่อให้มีเวลาเรียนรู้และปรับปรุงระบบจากโรงพยาบาลนำร่อง

FTI & RMUTP Sustainable Industrial Innovation Conference 2025

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า SBMS เป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการพัฒนาสถานพยาบาลอายุรศาสตร์อย่างยั่งยืน โดยช่วยลดการใช้พลังงาน 30-50% ปรับปรุงคุณภาพอากาศ 35-50% และลดต้นทุนการดำเนินงาน 25-40%

ประโยชน์หลักของ SBMS ต่อความยั่งยืนของสถานพยาบาล ได้แก่ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการฟื้นตัวของผู้ป่วย ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมาย SDGs หลายข้อ

แนวทางการพัฒนาที่เสนอ ประกอบด้วย การสร้างนโยบายสนับสนุน การพัฒนาบุคลากร การจัดหาแหล่งทุน และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป:

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ SBMS ในสถานพยาบาลประเภทต่างๆ

การพัฒนาแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการตัดสินใจลงทุน

การวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ป่วยและบุคลากร

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านระบบอัตโนมัติอาคารและผู้บริหารสถานพยาบาลที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำอันมีค่า

7. เอกสารอ้างอิง

[1] International Energy Agency. Energy Efficiency in Buildings: Technology Roadmap. Paris: IEA Publications; 2023.

[2] World Health Organization. Environmentally sustainable health systems: A strategic document. Geneva: WHO Press; 2024.

[3] Zhang, L., Kumar, S., & Johnson, M. Smart building management systems for healthcare facilities: A comprehensive review. Journal of Building Engineering. 2023;67:106912.

[4] ธีระศักดิ์ เจริญสุข, พิมพ์ชนก สุขใส, วรรณรัตน์ ใจดี. การพัฒนาระบบอาคารอัจฉริยะในประเทศไทย: ความท้าทายและโอกาส. วารสารเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืน. 2024;12(3):45-62.

[5] Kumar, A., & Patel, R. Energy optimization in healthcare facilities using AI-driven building management systems. Energy and Buildings. 2024;285:112847.

[6] Johnson, P., Smith, K., & Brown, A. Indoor air quality improvement through smart HVAC systems in hospital settings. Building and Environment. 2023;228:109842.

[7] Himeur, Y., Elnour, M., Fadli, F., & Meskin, N. AI-big data analytics for building automation and management systems: A survey, actual challenges and future perspectives. Artificial Intelligence Review. 2023;56(6):4929-5021.

[8] Lee, S.H., Park, J.W., & Kim, D.H. Economic analysis of smart building technologies in healthcare facilities. Journal of Cleaner Production. 2024;428:139284.

[9] Brown, C., Davis, L., & Wilson, R. Cybersecurity challenges in smart healthcare buildings: A systematic review. Computers & Security. 2024;126:103071.

[10] สมชาย พัฒนาเจริญ, อนุชิต ก้าวหน้า, ประภาส สร้างสรรค์. การประยุกต์ใช้ IoT ในระบบจัดการอาคารโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลศิริราช. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2024;31(1):78-95.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลด : กรณีศึกษา บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด

Energy Reduction in Wastewater Treatment Air Compressors via Load Based Motor Speed Control: A Case Study of Purac (Thailand) Co., Ltd.

นิยม ยิ้มแก้ว* และ สุวิทย์ แพงกันยา

Niyom Yimkaew* and Suwit Paengkanya

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Coressponding author: Niyom Yimkaew, e-mail address: NIYOM-Y@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลดแบบระบบอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 30-50 Hz และการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลดแบบอัตโนมัติ พบว่าการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลดแบบอัตโนมัติสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 265,980 kWh ต่อปี คิดเป็นการลดต้นทุนได้ถึง 1,117,116 บาทต่อปี ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3.25 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน 81.30% และ และการคืนทุน 1.07 ปี แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงระบบดังกล่าวช่วยลดต้นทุนและประหยัดพลังงานมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: เครื่องอัดอากาศ; ระบบบำบัดน้ำเสีย; ระบบควบคุมอัตโนมัติ; การใช้พลังงาน; การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

Abstract: This research aims to study the reduction of energy consumption in air compressors used in wastewater treatment systems by employing an automatic load-based motor speed control technique. The study compares three operational modes: automatic on-off control, fixed motor speed control at 30–50 Hz, and automatic load-based variable speed control. The results show that the automatic load-based motor speed control can reduce electricity consumption by 265,980 kWh/year, which translates to a cost saving of 1,117,116 Bah/year. An economic analysis reveals a net present value (*NPV*) of 3.25 million Baht, an internal rate of return (*IRR*) of 81.30%, and a payback period of 1.07 years. These findings demonstrate that the proposed system improvement is both cost-effective and energy-efficient, making it highly suitable for industrial applications.

Keywords: Air compressor; wastewater treatment system; automatic control system; energy consumption; economic analysis

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 43 [1] เนื่องจากมีอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานมาก เครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างมาก บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด มีการติดตั้งเครื่องอัดอากาศจำนวน 8 เครื่อง สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงงานก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ระบบบำบัดน้ำเสียใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบเปิด-ปิด (On-Off) อัตโนมัติ กล่าวคือเมื่อค่าออกซิเจนในบ่อบำบัดน้ำเสียอยู่ในช่วง 2-4 mg/L ระบบจะสั่งให้เครื่องอัดอากาศหยุดทำงาน และเมื่อค่าออกซิเจนต่ำกว่าช่วงที่กำหนดเครื่องอัดอากาศจะทำงานเพื่อเติมอากาศเข้าไปในน้ำเสีย ซึ่งทำให้มีการสูญเสียพลังงานมาก จากข้อมูลการใช้พลังงานในระบบบำบัดน้ำเสีย ในช่วง ปี พ.ศ. 2567-2568 พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดถึง 2,857,142 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 12.1 ล้านบาทต่อปี และเครื่องอัดอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดถึง 1,023,809 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 4.3 ล้านบาทต่อปี จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียมีการใช้พลังงานมาก อย่างไรก็ตามสามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียได้โดยการปรับลดความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องอัดอากาศและการใช้เทคนิคระบบควบคุมความเร็วของของมอเตอร์เครื่องอัดอากาศตามปริมาณโหลดแบบอัตโนมัติ

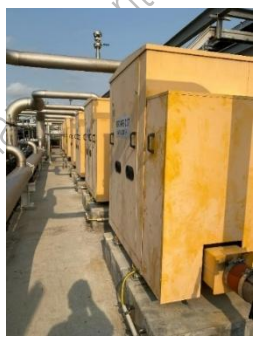
จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ใช้วิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ อุทัย วงศ์เขื่อนแก้ว [2] ได้เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานสำหรับการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์ในเครื่องอัดอากาศแบบสกรู พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานอยู่ที่ร้อยละ 32.18 รัฐพล ชื่นเจริญ [3] พัฒนามาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ โดยปรับเปลี่ยนท่อจ่ายอากาศจากระบบปลายปิดเป็นระบบวงปิด พบว่าระบบวงปิดช่วยลดการสูญเสียความดันในท่อและเพิ่มความเสถียรของแรงดันอากาศในระบบจ่ายย่อยส่งผลให้ลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 3,062 kWh คิดเป็นเงิน 11,023 บาท แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการนำเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลดมาประยุกต์ใช้ จากงานวิจัยดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้การนำระบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์มาประยุกต์ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศแบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลดเพื่อลดการใช้พลังงานในระบบบำบัดน้ำเสีย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลด โดยการประเมินการใช้พลังงานของระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์แบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ การปรับความเร็วรอบที่ระดับความถี่ของมอเตอร์ที่ระดับต่างๆ และการปรับความเร็วรอบแบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลด และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 เครื่องอัดอากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือเครื่องอัดอากาศ (ยี่ห้อ AERZEN, รุ่น GM60S, Turkey) ขนาด 120 kW จำนวน 1 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องอัดอากาศ ยี่ห้อ AERZEN รุ่น GM60S

2.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 120 kW จำนวน 1 ตัว สำหรับบำบัดน้ำเสียโดยการปรับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (ระบบเปิด-ปิด การทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบอัตโนมัติ) และหลังปรับปรุงโดยการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยการปรับความถี่ของมอเตอร์ที่ 30-50 Hz และเทคนิคการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศแบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลด โดยตั้งค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำด้วยเครื่องวัดออกซิเจน (DO Meter) ในช่วง 2-4 mg/L โดยจะทำการเก็บข้อมูลทุก 10 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ช่วงเวลา 08:00 ถึง 20:00 น. โดยประเมินการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศโดยใช้เครื่อง Power meter (ยี่ห้อ Siemens, รุ่น PAC3220, เยอรมนี) จากนั้นวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการนำ VSD (Variable Speed Drives) มาควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน

FTI x RMUTP Thailand Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุมค้าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญกับการตัดสินใจในการลงทุน โดยในงานวิจัยพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (*NPV*) อัตราผลตอบแทนภายใน (*IRR*) และระยะเวลาคืนทุน (*PB*) โดยรายละเอียดอธิบายได้ดังนี้

2.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณได้จากสมการ (1) ดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{ES_t}{(1+i)^t}\right) - I_0 \qquad (1)$$

เมื่อ

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
Est คือ รายได้สุทธิจากการประหยัดพลังงาน (บาท)
t คือ กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นสิ้นปี (ปี)
I_0 คือ ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นทั้งหมด (บาท)
i คือ อัตราดอกเบี้ย (%) (งานวิจัยนี้ใช้ 6.345%)
n คือ อายุของโครงการ (ปี)

2.3.2 อัตราผลตอบแทนภายใน

อัตราผลตอบแทนภายในสามารถคำนวณหาดังสมการ (2)

$$-i_0 + \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{ES_t}{(1+IRR)^t}\right) = 0 \qquad (2)$$

เมื่อ

IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน (%)

2.3.3 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณหาดังสมการ (3)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน (บาท)}}{\text{ผลตอบแทน (บาท/ปี)}} \qquad (3)$$

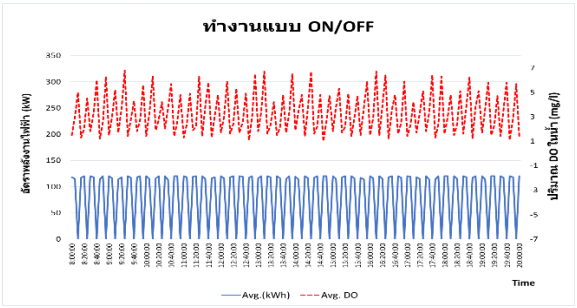
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

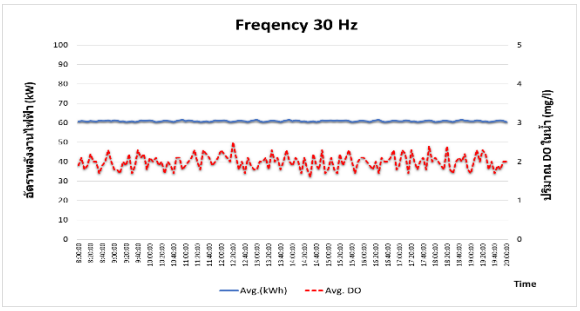
งานวิจัยนี้ดำเนินการเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนก่อนและหลังการปรับปรุง โดยก่อนปรับปรุงใช้วิธีการปรับความเร็วของมอเตอร์เครื่องอัดอากาศแบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ และหลังปรับปรุงใช้วิธีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ความถี่ต่างๆ และวิธีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ตามปริมาณโหลดแบบอัตโนมัติ จากผลการทดลองพบว่า ก่อนปรับปรุงใช้วิธีการปรับความเร็วของมอเตอร์เครื่องอัดอากาศแบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 79 kW (2,674 kWh) โดยค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 120 kW และค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดอยู่ที่ 0 W และค่าปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 mg/L ดังแสดงในภาพที่ 2

อย่างไรก็ตามหลังดำเนินการปรับปรุง พบว่า การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 30 Hz ทำให้เครื่องอัดอากาศมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 60.8 kW (1,338 kWh) และค่าปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 mg/L ดังแสดงในภาพที่ 3 การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 35 Hz ทำให้เครื่องอัดอากาศมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 75.7 kW (1,644 kWh) และค่าปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 2.6 mg/L ดังแสดงในภาพที่ 4 การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 40 Hz ทำให้เครื่องอัดอากาศมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 89.2 kW (2,062 kWh) และค่าปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 mg/Lดังแสดงในภาพที่ 5 การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 45 Hz ทำให้เครื่องอัดอากาศมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 83.4 kW (2,132 kWh) และปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 3.0 mg/Lดังแสดงในภาพที่ 6 การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 50 Hz ทำให้เครื่องอัดอากาศมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 90.6 kW (2,271 kWh) และปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 3-4 mg/Lดังแสดงในภาพที่ 7 และการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลดแบบอัตโนมัติ มีค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 82.3 kW (1,868 kWh) และปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 3.0-3.5 mg/L ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยจะเห็นได้ว่าวิธีการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 30 Hz ทำให้เครื่องอัดอากาศมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 60.8 kW (1,338 kWh) ซึ่งเกิดจากการใช้รอบของมอเตอร์ต่ำ ส่งผลให้การใช้กำลังไฟฟ้าต่ำไปด้วย โดยค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เครื่องอัดอากาศเพิ่มขึ้นตามการปรับความถี่ของมอเตอร์ เนื่องจากการปรับความเร็วรอบมากขึ้น ทำให้การใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ตามปริมาณโหลดแบบอัตโนมัติ ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ความถี่ 40 45 และ 50 Hz

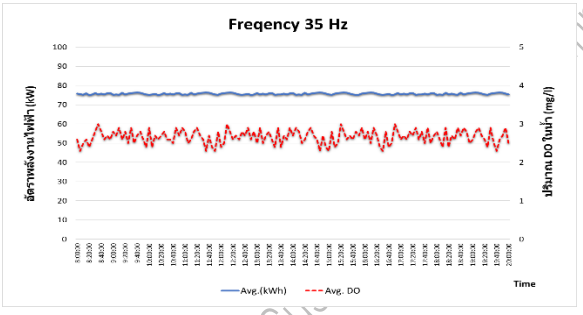
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025



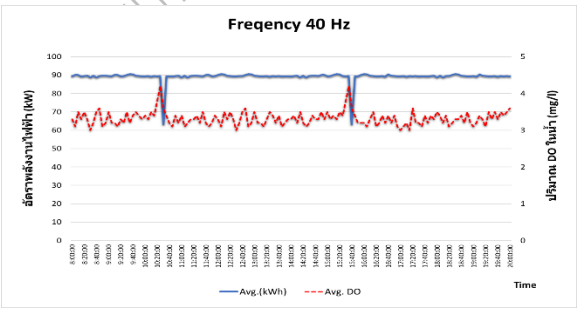
ภาพที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีปรับความเร็วรอบด้วยระบบแบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ



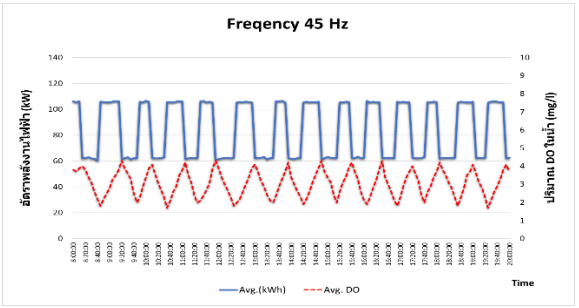
ภาพที่ 3 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีปรับความเร็วรอบที่ความถี่ 30 Hz



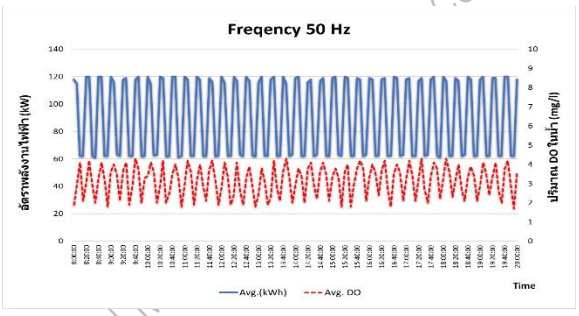
ภาพที่ 4 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีปรับความเร็วรอบที่ความถี่ 35 Hz



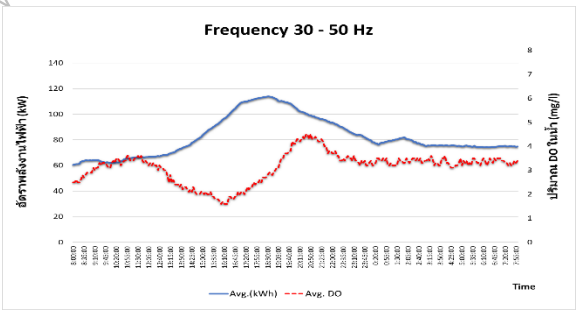
ภาพที่ 5 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีปรับความเร็วรอบที่ความถี่ 40 Hz



ภาพที่ 6 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีปรับความเร็วรอบที่ความถี่ 45 Hz



ภาพที่ 7 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีปรับความเร็วรอบที่ความถี่ 50 Hz



ภาพที่ 8 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศและปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย กรณีใช้ระบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลด

3.2 การใช้พลังงานและผลประหยัดของเครื่องอัดอากาศ

การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่เงื่อนไขต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 30 Hz สามารถประหยัดพลังงานได้ 49.9% การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 35 Hz สามารถประหยัดพลังงานได้ 38.5% การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 40 Hz สามารถประหยัดพลังงานได้ 22.8% การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 45 Hz สามารถประหยัดพลังงานได้ 20.2% การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 50 Hz สามารถประหยัดพลังงานได้ 15.0% และการใช้ระบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลดจะประหยัดพลังงานได้ 30.1%

ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่เงื่อนไขต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 30 Hz จะประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานต่อปีได้ 1,851,696 บาท การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 35 Hz จะประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานต่อปีได้ 1,427,580 บาท การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 40 Hz จะประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานต่อปีได้ 848,232 บาท การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 45 Hz จะประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานต่อปีได้ 751,212 บาท การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 50 Hz จะประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานต่อปีได้ 558,558 บาท และการใช้ระบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลดจะประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานต่อปีได้ 1,117,116 บาท

ตารางที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่เงื่อนไขต่างๆ

ความถี่ไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานที่ลด (%)
ก่อนการปรับปรุง		
ระบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ	882,420	-
หลังการปรับปรุง		
ปรับความถี่มอเตอร์ 30 Hz	441,540	49.9
ปรับความถี่มอเตอร์ 35 Hz	542,520	38.5
ปรับความถี่มอเตอร์ 40 Hz	680,460	22.8
ปรับความถี่มอเตอร์ 45 Hz	703,560	20.2
ปรับความถี่มอเตอร์ 50 Hz	749,430	15.0
ระบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลด	616,440	30.1

ตารางที่ 2 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่เงื่อนไขต่างๆ

ความถี่ไฟฟ้า	ผลประหยัดค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ปรับความถี่มอเตอร์ 30 Hz	1,851,696
ปรับความถี่มอเตอร์ 35 Hz	1,427,580
ปรับความถี่มอเตอร์ 40 Hz	848,232
ปรับความถี่มอเตอร์ 45 Hz	751,212
ปรับความถี่มอเตอร์ 50 Hz	558,558
ระบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลด	1,117,116

3.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่เงื่อนไขการทดลองต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 30 Hz จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 6,319,256 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 153% และระยะเวลาคืนทุน 0.65 ปี การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 35 Hz จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 4,549,237 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 116% และระยะเวลาคืนทุน 0.84 ปี การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 40 Hz จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 2,131,367 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 64.88% และระยะเวลาคืนทุน 1.41 ปี การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 45 Hz จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 1,726,461 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 55.78% และระยะเวลาคืนทุน 1.60 ปี การปรับความถี่มอเตอร์ที่ 50 Hz จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 922,432 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 36.86% และระยะเวลาคืนทุน 2.15 ปี และการใช้ระบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลดจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 3,253,536 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 81.30% และระยะเวลาคืนทุน 1.07 ปี

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่เงื่อนไขการทดลองต่างๆ

	NPV (บาท)	*IRR* (%)	*PB* (ปี)
ก่อนการปรับปรุง			
ระบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ	3,588,301	92.15	1.00
หลังการปรับปรุง			
ปรับความถี่มอเตอร์ 30 Hz	6,319,256	153	0.65
ปรับความถี่มอเตอร์ 35 Hz	4,549,237	116	0.84
ปรับความถี่มอเตอร์ 40 Hz	2,131,367	64.88	1.41
ปรับความถี่มอเตอร์ 45 Hz	1,726,461	55.78	1.60
ปรับความถี่มอเตอร์ 50 Hz	922,432	36.86	2.15
ระบบอัตโนมัติปรับตามปริมาณโหลด	3,253,536	81.30	1.07

4. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอัดอากาศในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการทำงานระบบควบคุมแบบเปิด-ปิด (On–Off) อัตโนมัติ (แบบเดิม) การควบคุมรอบของมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศด้วยการปรับความถี่มอเตอร์ในช่วง 30–50 Hz และระบบควบคุมความเร็วรอบอัตโนมัติตามปริมาณโหลด พบว่า การควบคุมแบบเดิมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 882,420 kWh/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 3.71 ล้านบาทต่อปี เมื่อปรับระบบด้วยการควบคุมความถี่คงที่ พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ในช่วง 132,990–440,880 kWh/ปี หรือประหยัดค่าใช้จ่าย 0.55–1.85 ล้านบาท/ปี โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 30 Hz ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามการทำงานด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถลดการใช้พลังงานได้ 265,980 kWh/ปี หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลง 1.12 ล้านบาทต่อปี หรือร้อยละ 30.14 ของค่าใช้จ่ายเดิม และยังคงรักษาระดับออกซิเจนละลายในน้ำให้อยู่ระหว่าง 3.0–3.5 mg/l ซึ่งเหมาะสมต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3.25 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน 81.30% และการคืนทุน 1.07 ปี แสดงให้เห็นว่าความคุ้มค่าในการลงทุน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

5. ข้อเสนอแนะ

ควรนำระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แบบอัตโนมัติตามปริมาณโหลดไปประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนพลังงานอย่างยั่งยืน ควรมีการติดตามและบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ค่าความเร็วรอบและปริมาณออกซิเจนอยู่ในระดับเหมาะสม

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. สถานการณ์พลังงาน 6 เดือนแรกของปี 2567 และแนวโน้มพลังงานปี 2567. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.eppo.go.th, 08 เมษายน 2568.

[2] อุทัย วงศ์เขื่อนแก้ว. 2558. ความเหมาะสมในการนำเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์มาใช้ในเครื่องอัดอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] รัฐพล ชื่นเจริญ. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานในระบบท่อส่งจ่ายอากาศอัดระหว่างระบบปลายปิดและระบบวงปิด กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตคอมเพรสเซอร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[4] เกรียงไกร นาคทอง. 2560. การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอัดอากาศของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนเล็กทรอนิกส์และยานยนต์. ค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[5] พัฒนะ เมฆขำ. 2563. การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ระบบปรับอากาศในสำนักงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสภาวะความสบาย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[6] วิจิตรา พิกุลแก้ว. 2562. ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ประสิทธิภาพสูงและจุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร. ค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

[7] ศุภประดิษฐ์ มาสงค์. 2565. การวิเคราะห์พฤติกรรมลิฟต์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาเอก สาขาวิชาวิศกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

FTI x RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม PVsyst
Performance Analysis of Solar-Powered Street Lighting Systems Using PVsyst Software

นฤมล เหลืองอภิชน[1,3*], ดุสิต งามรุ่งโรจน์[2*] และ ปรีดา จันทวงษ์[1*]

Naruemon Leaungapichon[*1,3], Dusit Ngamrungroj[*2] and Preeda Chantawong[*1]

[1,3] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุเทพมหานคร 10800

[2] ภาควิชาวิทยาศสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุเทพมหานคร 10800

[1,3] Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB), Bangkok 10800, Thailand

[2] Division of Prime Mover Engineering Technology College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB), Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author e-mail address: aumaim.two@gmail.com1,dusit.n@cit.kmutnb.ac.th2 cpreeda@yahoo.com3

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 100 W, 200 W และ 300 W สำหรับการใช้งานในพื้นที่อยู่อาศัยในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม PVsyst V8.0.13 ในการจำลองระบบแบบอิสระ (Off-grid Standalone) ภายใต้เงื่อนไขการทำงานวันละ 12 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าโคมไฟขนาด 300W มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงที่สุด โดยมีค่า Performance Ratio เท่ากับ 65.58% และค่า Solar Fraction เท่ากับ 23.25% อีกทั้งยังมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุดที่ 3.9 ปี ขณะที่ระบบขนาด 100 W แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการผลิตพลังงานจำเพาะต่อวัตต์ (Specific Energy Yield) สูงที่สุด ส่วนระบบขนาด 200 W แม้ว่าจะมีต้นทุนการติดตั้งสูงที่สุด แต่ก็ให้ผลตอบแทนการลงทุนที่คุ้มค่า การศึกษาครั้งนี้จึงนำเสนอข้อมูลเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ที่สำคัญ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกขนาดโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับความต้องการและเงื่อนไขของพื้นที่อยู่อาศัยในประเทศไทย

คำสำคัญ: โคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์; พลังงานทดแทน; PVsyst; ประสิทธิภาพของระบบ; การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์

Abstract: This study was conducted to evaluate and compare the performance of solar-powered street lighting systems with rated capacities of 100 W, 200 W, and 300 W for residential applications in Thailand. The analysis employed PVsyst V8.0.13 software to simulate standalone off-grid configurations under a daily operating period of 12 hours. Results indicate that the 300 W system achieved the highest overall performance, with a performance ratio of 65.58% and a solar fraction of 23.25%, as well as the minimum payback period of 3.9 years. In contrast, the 100W system demonstrated the highest specific energy yield (energy per watt), while the 200 W system, despite incurring the highest installation cost, offered a favorable return on investment. These findings provide valuable technical and economic insights to support decision-making in selecting optimal solar street lighting systems tailored to the requirements of residential areas in Thailand.

Keywords: Solar street lighting; renewable energy; PVsyst; system efficiency; solar cell system design

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน การใช้พลังงานทดแทนได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานฟอสซิล เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถือเป็นหนึ่งในทางเลือกที่มีศักยภาพในการลดการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งที่ไม่ยั่งยืน [1]

ระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Street Light) เป็นตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวที่สามารถช่วยลดการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่าย ลดต้นทุนในระยะยาว และลดการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ไฟฟ้าในภาคที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนที่มีความจำเป็นต้องใช้แสงสว่างตลอดเวลา [2]

ระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์สำหรับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานที่ผลิตได้ เพื่อจ่ายไฟให้กับโคมไฟในช่วงเวลากลางคืน การออกแบบระบบให้มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและทรัพยากรทางเศรษฐศาสตร์โดยไม่จำเป็น ขณะที่การออกแบบให้มีขนาดเล็กเกินไปอาจทำให้ไม่สามารถเก็บพลังงานได้เพียงพอต่อความต้องการของระบบ ดังนั้น การปรับขนาดและการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ [3]

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความต้องการอย่างละเอียดในแต่ละพื้นที่ โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะและความกว้างของถนน ความหนาแน่นของการจราจร ช่วงเวลาการใช้งาน สภาพภูมิอากาศ และศักยภาพในการรับแสงอาทิตย์ในพื้นที่นั้น การพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การสร้างระบบโคมไฟที่มีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนกำลังได้ตามสถานการณ์จริง ใช้เทคโนโลยี LED ที่มีประสิทธิภาพสูง และมีระบบจัดเก็บพลังงานที่เหมาะสม

Mr. Simanjuntak ได้ทำการศึกษาระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ (SPSL) ในพื้นที่โครงการที่อยู่อาศัย เพื่อแก้ไขปัญหาประสิทธิภาพของระบบที่ลดลงจากการบดบังแสงแดด (Shading Effect) ซึ่งส่งผลให้อัตราส่วนประสิทธิภาพ (Performance Ratio: PR) และอัตราส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Fraction) ต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ รวมถึงเกิดการสูญเสียระยะเวลาการให้บริการ (Time Loss of Load: TLoL) สูงกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ผู้วิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์ PVsyst ร่วมกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteonorm) เพื่อจำลองสถานการณ์และทำการปรับขนาดอุปกรณ์ (Component Resizing) โดยเพิ่มกำลังของแผงโซลาร์เซลล์จาก 200 W เป็น 205 W เพิ่มความจุแบตเตอรี่จาก 31 Ah เป็น 62 Ah และขยายวันอิสระจาก 1 วันเป็น 2 วัน ผลการศึกษาพบว่าค่า PR เพิ่มขึ้นจาก 59.9% เป็น 67.7% ค่า Solar Fraction เพิ่มขึ้นจาก 80.86% เป็น 93.55% และสามารถลดการสูญเสียโหลดลงได้ 765 ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นพลังงานที่จ่ายเพิ่มขึ้น 33.36 kWh แสดงให้เห็นว่าวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาที่พบและทำให้ระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น [4]

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 การตั้งค่าระบบจำลอง

การศึกษานี้ใช้โปรแกรม PVsyst V8.0.13 ในการจำลองระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Off-grid Standalone System ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1. พื้นที่จำลอง ได้แก่ บ้านบางบำรุ จังหวัดนนทบุรี ประเทศไทย (13.78°N, 100.50°E)
2. ข้อมูลภูมิอากาศ คือ Metronome 8.2 (1996-2015) - Synthetic
3. การใช้งาน คือ 12 ชั่วโมงต่อวัน (18:00-06:00)
4. มุมเอียงแผง PV คือ 10 องศา หันหน้าทิศใต้ (Azimuth 0°)

2.2 สเปกโคมไฟที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 1 สเปคโคมไฟ

ขนาดโคมไฟ	100W	200W	300W
Energy demand	1.2 kWh/วัน	2.4 kWh/วัน	3.6 kWh/วัน
PV Array Size	100 Wp	150 Wp	272 Wp
Battery Type	Lead-acid, vented, tubular		

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

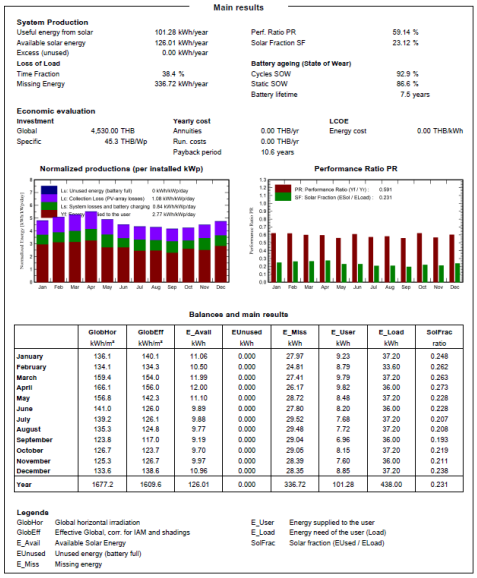
ข้อมูลที่ได้จากการจำลองจะถูกวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio)
2. สัดส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Fraction)
3. พลังงานที่ได้จากระบบ (Energy Supplied)
4. การสูญเสียของระบบ (System Losses)
5. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Financial analysis)

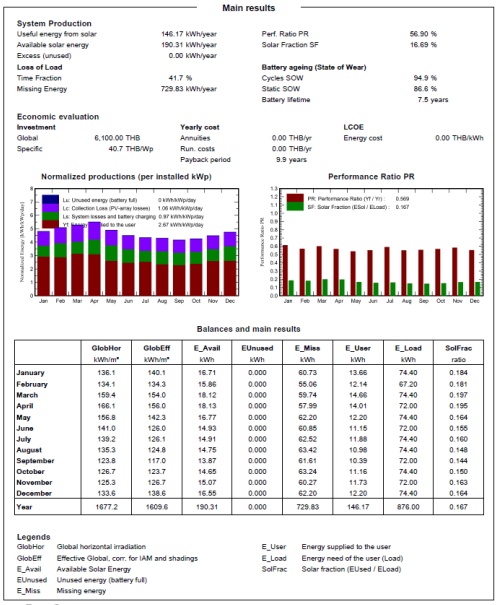
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3. ผลการวิจัย (Results)

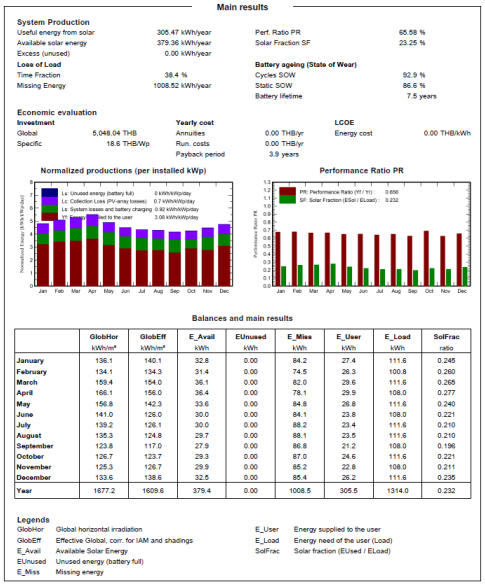
3.1 ผลการจำลองโดยใช้ PVsyst



ภาพที่ 1 แสดงผลการจำลองประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 100 Wp โดยใช้โปรแกรม PVsyst สำหรับช่วงเวลา 1 ปี



ภาพที่ 2 แสดงผลการจำลองประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 200 Wp โดยใช้โปรแกรม PVsyst สำหรับช่วงเวลา 1 ปี



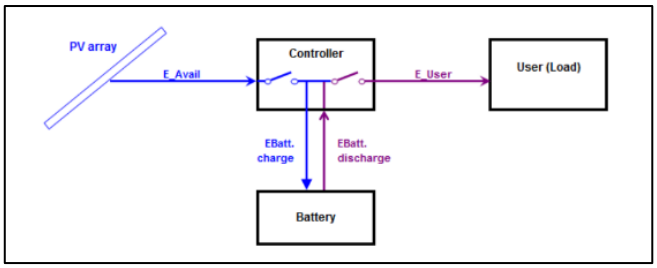
ภาพที่ 3 แสดงผลการจำลองประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 300 Wp โดยใช้โปรแกรม PVsyst สำหรับช่วงเวลา 1 ปี

ตารางที่ 2 สรุปผลจำลองโดยใช้ PVsyst

ประสิทธิภาพพลังงาน				
พารามิเตอร์	หน่วย	100W	200W	300W
Energy Supplied	kWh/ปี	101.28	146.17	305.47
Solar Fraction	%	23.12	16.69	23.25
Performance Ratio (PR)	%	59.14	56.90	65.58
การสูญเสียพลังงาน				
Specific Production	kWh/kWp/ปี	1,013	974	1,123
Missing Energy	kWh/ปี	336.72	729.83	1,008.52
Missing Energy Fraction	%	76.9	83.3	76.8
Battery Efficiency Loss	%	15.8	15.6	15.6
เศรษฐศาสตร์				
Installation Cost	บาท	4,530	6,350	5,048
Specific Cost	บาท/Wp	45.3	42.3	18.6
Payback Period	ปี	10.6	9.9	3.9
NPV (15 years)	บาท	1,881	2,903	14,288
IRR	%	4.70	5.13	24.60

3.2 สมการ

ระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ แผงโซลาร์เซลล์ (PV Panel), ควบคุมการชาร์จ (Charge Controller), แบตเตอรี่ (Battery) และหลอดไฟ LED



ภาพที่ 4 ระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ [2]

3.3 สมการการคำนวณประสิทธิภาพของระบบ

Energy Supplied (kWh/ปี)

$$E_{sup} = \frac{Load\ Power\ (W) \times Hours\ per\ Day \times 365}{1000} \quad (1)$$

ตัวอย่าง (100W / 12 ชั่วโมง / วัน)

$$E_{sup} = \frac{100\ (W) \times 12 \times 365}{1000}$$

$$E_{sup} = 438\ kWh/\text{ปี}$$

Performance Ratio (PR)

$$PR = \frac{Energy\ Supplied}{PV\ Nominal\ Power \times Reference\ Irradiance} \times 100 \quad (2)$$

ตัวอย่าง

$$PR = \frac{1000}{1 \times 1700} \times 100$$

$$PR = 58.8\%$$

(สมมติ PV 1 kWp ในพื้นที่ irradiance 1700 kWh/m^2/ปี

Solar Fraction (SF)

$$SF = \frac{Energy\ Supplied\ by\ PV}{Load\ Demand} \times 100 \quad (3)$$

ตัวอย่าง โหลดต้องการ 1,000 Kwh/ปี, PV ให้ 900 Kwh/ปี

$$SF = \frac{900}{1000} \times 100$$

$$SF = 900\%$$

Battery Autonomy

$$Autonomy\ (h) = \frac{Battery\ Capacity\ (Wh)}{Load\ Power\ (W)} \quad (4)$$

ตัวอย่าง (3.2 V / 15 Ah, โหลด 1,000 W)

$$Autonomy\ (h) = \frac{3.2\ x\ 15}{100}$$

$$Autonomy\ (h) = 0.48\ h$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{Net\ saving}{(1+r)^2} - Investment \quad (5)$$

เมื่อ r คือ อัตราดอกเบี้ยที่ (0.5%)

โดยกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 4.22 บาท/หน่วย

4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละระบบ

- โคมไฟขนาด 100 W: เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่างพื้นฐานและมีงบประมาณจำกัด จุดเด่นคือการลงทุนเริ่มต้นต่ำ แต่ข้อจำกัดคือมีระยะเวลาคืนทุนยาวนานและประสิทธิภาพโดยรวมต่ำ

- โคมไฟขนาด 200 W: เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการความสว่างในระดับปานกลาง แม้ว่าจะมีต้นทุนการติดตั้งสูงที่สุด แต่ยังสามารถให้ผลตอบแทนการลงทุนที่ดี ข้อจำกัดคือมีค่า SF ต่ำเมื่อเทียบกับระบบอื่น

- โคมไฟขนาด 300 W: เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการความสว่างสูงที่สุด จุดเด่นคือมีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุด ต้นทุนต่อวัตต์ต่ำ และคืนทุนได้เร็วที่สุด อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ยังคงมีการสูญเสียพลังงานค่อนข้างสูง

4.2 การเลือกระบบที่เหมาะสม

สำหรับพื้นที่อยู่อาศัยในประเทศไทย การเลือกระบบควรพิจารณาจาก

1. ความต้องการแสงสว่าง ซึ่งพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่างมากควร

เลือก โคมไฟขนาด 300 W

2. งบประมาณ โดยหากมีงบประมาณจำกัดแนะนำโคมไฟ 100 W

3. ผลตอบแทนการลงทุน ในโคมไฟ 300 W ให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ 300 W มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดด้วยค่า Performance Ratio 65.58% และระยะเวลาคืนทุนเพียง 3.9 ปี ทำให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่อยู่อาศัยที่ต้องการแสงสว่างสูงและคำนึงถึงความคุ้มค่าการลงทุนโคมไฟขนาด 200W แม้จะมีต้นทุนสูงสุด แต่ให้ผลตอบแทนการลงทุนที่ดีและเหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่างปานกลาง ในขณะที่ระบบ 100W เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีงบประมาณจำกัดและไม่จำเป็นต้องใช้ความสว่างมาก

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท RMA Bangkok Co., Ltd. ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลเทคนิคและโปรแกรม PVsyst สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Thailand Greenhouse Gas Management Organization. Thailand's Solar Energy Potential and Applications. Bangkok: TGO ; 2024.

[2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Alternative Energy Development Plan: AEDP 2018-2037 (Revised 2022). Bangkok: Ministry of Energy.

[3] Jun LW, Zabri SN, Mohd Kassim NS, Mohamad SY. Optimizing solar streetlight systems for sustainable urban and community development. International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS). 2025; 9(9):1981-1990.

[4] I. U. V. Simanjuntak, Heryanto, A. W. Dani, K. S. Salamah, L. M. Silalahi, M. Haliah, Analysis of solar power public street lighting optimization with PVsyst software in a residential complex area, Int. J. Electron. Telecommun 2024; 70. 743–749.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟต่อความแข็งและการบิดตัวของเหล็ก SUP9A ในกระบวนการผลิตแหนบรถยนต์

Effects of Tempering Temperature and Time on the Hardness and Distortion of SUP9A Steel for Automotive Leaf Springs

วิทูลย์ ยืนนาน*, สุวิทย์ แพงกันยา และ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

Witoon Yuennan*, Suwit Paengkanya and Saharat Wongsisa

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Corresponding author: Witoon Yuennan, e-mail address: witoon-y@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟต่อสมบัติทางกลของแหนบรถยนต์ที่ผลิตจากเหล็กกล้า SUP9A ความหนา 8 มิลลิเมตร โดยการทดลองกำหนดเงื่อนไขการใช้อุณหภูมิ 460, 490 และ 520 °C โดยใช้เวลาอบคืนไฟ 35, 55 และ 75 นาที ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์ความแข็ง การบิดตัว และโครงสร้างจุลภาค ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟมีผลต่อความแข็ง โดยความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาอบคืนไฟเพิ่มขึ้น ขณะที่การบิดตัวไม่ส่งผลกระทบ โครงสร้างจุลภาคหลังการอบคืนไฟประกอบด้วยเทมเปอร์มาร์เทนไซท์ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน JIS G4801 และ มอก. 93-2563 ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตแหนบรถยนต์ต่อไป

คำสำคัญ: เหล็ก SUP9A; อุณหภูมิอบคืนไฟ; เวลาอบคืนไฟ; ความแข็ง; การบิดตัว; อบคืนไฟ; โครงสร้างจุลภาค

Abstract: This research aims to study the effects of tempering temperature and time on the mechanical properties of automotive leaf springs made from SUP9A steel with a thickness of 8 millimeters. The experiment was conducted under tempering conditions at 460, 490, and 520 °C for 35, 55, and 75 minutes, respectively, to analyze hardness, distortion, and microstructure. The results revealed that both temperature and tempering time significantly affected hardness, which tended to decrease as the tempering temperature and time increased, while distortion showed no significant change. The microstructure after tempering consisted of tempered martensite, consistent with JIS G4801 and TIS 93-2563 standards. The findings can serve as practical guidelines for quality control in the manufacturing process of automotive leaf springs.

Keywords: SUP9A steel; tempering temperature; tempering time; hardness; distortion; tempering; microstructure

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการผลิตแหนบรถยนต์ส่วนใหญ่ใช้เหล็กเกรด SUP9A ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสูงและเหมาะสมต่อการชุบแข็ง อย่างไรก็ตาม หลังการขึ้นรูปและอบคืนไฟ (Tempering) พบปัญหาความแข็ง (Hardness) และการบิดตัว (Distortion) ไม่สม่ำเสมอ หากเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS G4801 [1] และมาตรฐาน มอก. 93-2563 [2] ซึ่งกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนของ Flank bending ไม่เกิน 2.0 mm จึงจำเป็นต้องควบคุมสมบัติเหล่านี้ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

จากการศึกษางานวิจัย พบว่ายังไม่มีรายงานที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟต่อเหล็ก SUP9A ที่ใช้จริงในแหนบรถยนต์ อย่างไรก็ตาม มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบเหล็กและการปรับปรุงสมบัติของเหล็กหลังการชุบแข็ง มนัส สถิรจินดา [3] และ ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ [4] พบว่าการอบคืนไฟ ช่วยเพิ่มความเหนียวของเหล็ก แม้ว่าความแข็งจะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างมาร์เทนไซท์ Kumara [5] พบว่าอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าความแข็งและความสามารถรับแรงกระแทกของเหล็ก วรรณา หอมจะบก และคณะ [6] พบว่าการกระจายตัวของคาร์ไบด์ส่งผลต่อความเปราะและความทนทานต่อแรงกระแทก

นอกจากนี้ สมบัติ น้อยมิ่ง และคณะ [7] ยังได้ออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณสมบัติของแหนบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ Montgomery [8] ที่แนะนำการเลือกช่วงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม โดยอ้างอิงมาตรฐาน JIS G4801 [1] และงานวิจัยของ Lu, Y. et al. [9] เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและลดความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟต่อค่าความแข็งและการบิดตัวของเหล็ก SUP9A โดยมุ่งหาสภาวะการอบคืนไฟที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้สมบัติทางกลและโครงสร้างระดับจุลภาคของแหนบรถยนต์อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 วัสดุ

ใช้วัสดุเหล็กเกรด SUP9A ตามมาตรฐาน JIS G4801 โดยมีองค์ประกอบทางเคมีแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีเหล็กเกรด SUP9A JIS G4801 [1]

(unit:wt%)

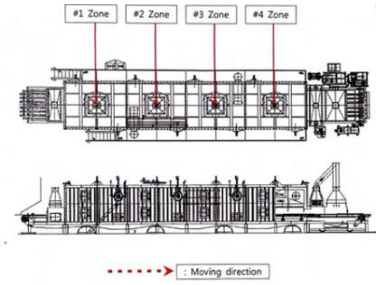
Grade	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	B
JIS-SUP9A	0.56-0.64	0.15-0.35	0.70-1.00	≤0.035	≤0.035	0.70-1.00	-	-	-

ขนาดเริ่มต้นของวัสดุคือ 60×8×5,550 mm วัสดุถูกตัดให้ได้ความยาว 1,145 mm ด้วยเครื่อง Shearing ขนาด 60 ตัน และเจาะรูตรงกลางด้วยเครื่องปั๊ม 80 ตัน จากนั้นนำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการ เผาที่อุณหภูมิ 940 °C แช่ค้างไว้ 40 นาที ต่อมาใช้ เครื่องขึ้นรูปโค้ง ให้ได้ค่า camber 126 mm โดยใช้แม่พิมพ์ปั๊ม หลังจากขึ้นรูป ชิ้นงานทำการชุบแข็งด้วยน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 5 นาที และปิดท้ายด้วยการอบคืนไฟในเตาอบเพื่อปรับสมบัติเชิงกลของวัสดุ ผลลัพธ์ของชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ลักษณะของแหนบที่ผ่านกระบวนการผลิต

2.2 อุปกรณ์

งานวิจัยนี้ใช้เตาอบคืนไฟเชื้อเพลิง LPG ดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อควบคุมอุณหภูมิชิ้นงานหลังการชุบแข็งให้สม่ำเสมอและคงคุณสมบัติเชิงกลตามต้องการ เตาอบรองรับชิ้นงานขนาดกว้าง 60–100 mm, ยาว 800–2,000 mm และหนา 6–20 mm มีระบบโซ่ลำเลียงปรับความเร็วได้ 350–500 mm/min ภายในควบคุมอุณหภูมิสูงสุด 550 °C ให้ความร้อนสูงสุด 2,700 kg/hr พร้อมระบบควบคุมอุณหภูมิ 4 โซนแบบ Individual P.I.D. Control ±5 °C ขนาดเตา 3,800 × 19,500 mm ใช้ไฟฟ้า AC 380 V, 50 Hz, 70 kW หลังการอบคืนไฟ ทำการทดสอบค่าความแข็งผิวตามมาตรฐาน JIS B 7736 และ ISO 6506-3 พร้อมตรวจรอยกดด้วยกล้อง Micrometer Microscope ก่อนทดสอบการบิดตัวด้วย Taper Gauge เทียบกับแท่นวัดระดับฉากตามมาตรฐาน มอก. 93-2563

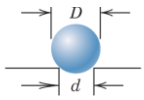


ภาพที่ 2 แผนผังของเครื่องเตาอบคืนไฟ

2.3 การทดสอบความแข็ง วิธีของบริเนล (Brinell Test)

การทดสอบความแข็งแบบบริเนลใช้ลูกทรงกลมทังสเตนคาร์ไบด์ขนาด 10 mm กดลงบนผิวชิ้นงานด้วยแรงกด (Load – P) ทำให้เกิดรอยบุ๋มครึ่งวงกลมบนผิววัสดุ ตามที่เห็นในมุมมองด้านข้าง ดังแสดงในภาพที่ 3

FTI & RMUTP 11th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025



ภาพที่ 3 มุมมองด้านข้าง (Side View) [10]

ค่าความแข็งบริเนล (Brinell Hardness Number – HB) จะคำนวณจากสมการที่ 1 [10]

$$HB = \frac{2P}{\pi D[D-\sqrt{D^2-d^2}]} \quad (1)$$

โดยที่

HB = ค่าความแข็งบริเนล

P = แรงกด (หน่วย กิโลกรัม หรือ นิวตัน)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวทดสอบ (mm)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยบุ๋มบนชิ้นงาน (mm)

π = ค่าคงที่ประมาณ 3.1416

2.4 วิธีการทดลอง

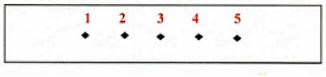
เริ่มจากการเปิดเตาอบจนได้อุณหภูมิและความเร็วโซ่ลำเลียงตามเงื่อนไข วางชิ้นงานเหล็ก SUP9A ขนาด 1,145 mm camber 126 mm บนโซ่ลำเลียง อบคืนไฟตามเงื่อนไข 460, 490 และ 520 °C โดยใช้เวลา 35, 55 และ 75 นาที จนออกจากเตาอบ การทดลองมี 2 ปัจจัย 3 ระดับ รวม 9 การทดลอง ทำซ้ำ 3 ครั้ง รวม 27 การทดลอง หลังอบวัดค่าความแข็งผิวและการบิดตัว แล้วนำค่าเฉลี่ยมารายงานผล

2.5 การเตรียมผิวชิ้นงานทดสอบทางโลหะวิทยา

การเตรียมชิ้นงานโดยตัดตามขนาดและรูปแบบตามมาตรฐาน JIS Z 2242:2015 ขัดแต่งผิวให้เรียบ เหมาะกับการทดสอบความแข็งหรือส่องโครงสร้างจุลภาค ล้างคราบน้ำมันและสิ่งสกปรกด้วยแอลกอฮอล์หรืออะซีโตน เป่าให้แห้งและตรวจสอบสภาพก่อนทดสอบ

2.6 การทดสอบค่าความแข็ง

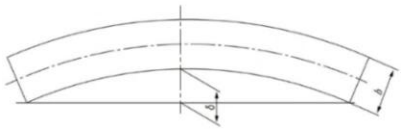
หลังจากเตรียมชิ้นงานตามมาตรฐาน JIS Z 2244 ได้ทำการทดสอบความแข็งแบบวิคเกอร์ส (HV10) ด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง โดยใช้หัวกดเพชรทรงพีระมิดมุม 136° ภายใต้แรงกด 10 kg ตามเวลาที่กำหนด จากนั้นวัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดเพื่อคำนวณค่าความแข็ง การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิ 22.4 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 58 % ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตำแหน่งตรวจวัดความแข็งแกนกลางของชิ้นงาน

2.7 การวัดการบิดตัว

แหนบที่ผ่านการขึ้นรูปและอบคืนไฟ จะถูกวัดค่าการบิดตัวด้วยเทเปอร์เกจ เปรียบเทียบกับแท่นวัดระดับฉาก Surface Plate โดยตำแหน่งการวัด flank bending (δ) สำหรับการดัดด้านข้าง และ Width of the leaf (b) สำหรับความกว้างของแหนบ ตามมาตรฐาน มอก. 93-2563 [2] ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะการวัดการบิดตัวของแหนบ

2.8 การทดสอบโครงสร้าง

การทดสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง (OM)ใช้ตรวจสอบลักษณะจุลภาคของวัสดุโดยเตรียมผิวชิ้นงานให้เรียบ ขัดเงา และกัดด้วยสาร Nital เพื่อให้เฟสต่างๆ ปรากฏชัด จากนั้นส่องด้วยกล้อง OM (SPECTROLAB) ที่กำลังขยาย 500 เท่า สามารถสังเกตเฟอร์ไรท์ เพิร์ลไลท์ มาร์เทนไซท์ หรือเทมเปอร์มาร์เทนไซท์ ซึ่งช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติเชิงกลของวัสดุได้อย่างชัดเจน

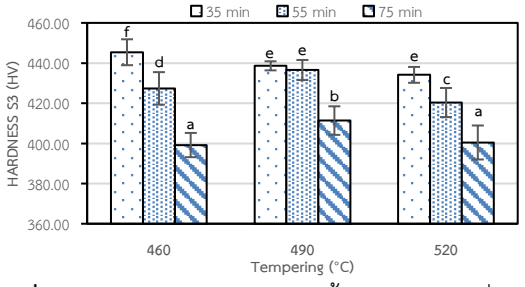
2.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้ถูกตรวจสอบความถูกต้องของค่าความแข็งและการบิดตัว พร้อมวิเคราะห์สมมติฐานและความแปรปรวนโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test ผ่านโปรแกรม IBM SPSS Statistics 29 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัยต่อค่าความแข็งและการบิดตัว พร้อมกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสม โดยอ้างอิงระดับนัยสำคัญทางสถิติ 95%

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

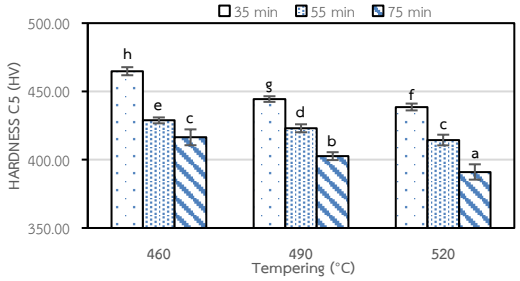
3.1 ค่าความแข็งของชิ้นงาน

ผลการทดสอบค่าความแข็งของเหล็กกล้า SUP9A หลังการอบคืนไฟที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ หลังจากผ่านกระบวนการผลิตตาม มอก. 93-2563 และอบคืนไฟตาม JIS G4801 โดยใช้ Vickers Hardness Tester (Buehler) ตามมาตรฐาน ASTM E384 พบว่าค่าความแข็งผิวเฉลี่ย 423.71 HV ค่าความแข็งแกนกลางเฉลี่ย 424.89 HV ซึ่งอยู่ในขอบเขตมาตรฐานของแหนบรถยนต์



ภาพที่ 6 ค่าความแข็งบริเวณผิวของชิ้นงานในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

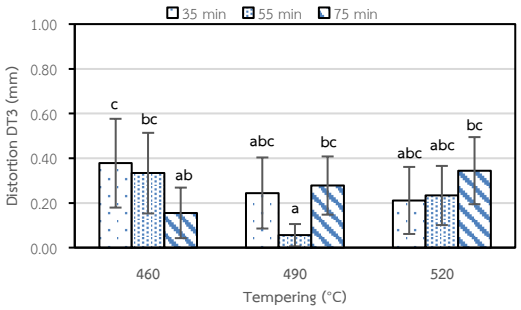


ภาพที่ 7 ค่าความแข็งที่แกนกลางของชิ้นงานในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

จากกราฟค่าความแข็งของเหล็กกล้า SUP9A หลังการอบคืนไฟที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7 พบว่า ค่าความแข็งลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาอบคืนไฟเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับหลักการ Tempering ของเหล็กชุบแข็งที่ความเครียดภายในเหล็กคลายตัว ส่งผลให้โครงสร้างเหล็กแข็งแต่เปราะลดลง โดยในช่วงอุณหภูมิ 460–520 °C และเวลาอบ 35–75 นาที ค่าความแข็งผิวและแกนกลางสูงสุดอยู่ที่ 449.35 HV และ 464.80 HV (อุณหภูมิต่ำ–เวลาอบสั้น) ส่วนค่าความแข็งต่ำสุดอยู่ที่ 400.06 HV และ 391.00 HV (อุณหภูมิสูง–เวลาอบนาน) แสดงว่าความแข็งสามารถปรับแต่งได้โดยเลือกเงื่อนไขการอบคืนไฟที่เหมาะสม

3.2 การบิดตัวของชิ้นงาน

ค่าการบิดตัวของแหนบวัดตาม Flank bending (≤ 2.0 mm.)



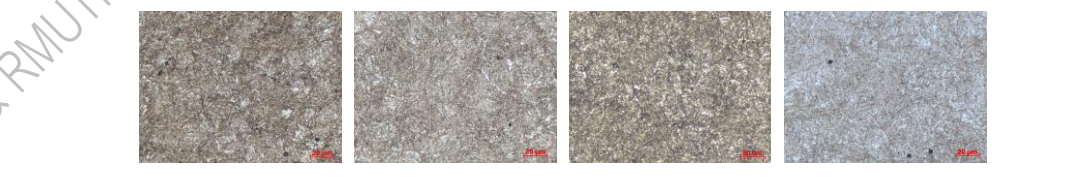
ภาพที่ 8 ค่าการบิดตัวของชิ้นงานในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

จากกราฟค่าการบิดตัวของเหล็กกล้า SUP9A หลังการอบคืนไฟที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 8 พบว่าค่าการบิดตัวไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟ โดยมีแนวโน้มว่าการบิดตัวเกิดขึ้นจากกระบวนการขึ้นรูปที่ดำเนินการก่อนหน้า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาช่วงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม พบว่าค่าการบิดตัวต่ำสุดอยู่ที่ 0.06 mm และค่าการบิดตัวสูงสุดอยู่ที่ 0.38 mm ดังนั้นที่อุณหภูมิ 490 °C เวลา 55 นาที จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างสมดุลระหว่างการลดค่าความแข็งและการควบคุมการบิดตัวของชิ้นงาน

3.3 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

จากการส่องกล้องจุลทรรศน์แสง (Optical Microscope: OM) ของเหล็กกล้า SUP9A หลังการอบคืนไฟ พบว่าโครงสร้างจุลภาคของเหล็กเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและเวลาอย่างชัดเจน

ภาพที่ 9 ก)–ง) และ 9 ฉ)–ซ) แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็ก SUP9A หลังการอบคืนไฟในช่วงอุณหภูมิและเวลาปานกลาง พบว่าโครงสร้างภายในประกอบด้วย เทมเปอร์มาร์เทนไซท์ ที่ยังเห็นแนวลาธ (Lath) ชัดเจน ผสมกับ เทมเปอร์ไบไนท์ ซึ่งมีลักษณะเป็นชั้นเฟอร์ไรท์ละเอียด แทรกด้วยคาร์ไบด์ขนาดเล็กกระจายตามขอบเกรน การปรากฏร่วมของเฟสทั้งสองเกิดจากการแพร่กระจายของคาร์บอนในระดับปานกลาง ทำให้บางส่วนของมาร์เทนไซท์คืนรูปบางส่วนและบางบริเวณเปลี่ยนเป็นไบไนท์ละเอียด ส่งผลให้สมดุลระหว่างความแข็งและความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Xie et al. [13] พบว่าในเหล็ก JIS SK5 เมื่ออบคืนไฟที่อุณหภูมิ 300–400°C จะเกิดเฟสผสมลักษณะเดียวกัน โดยคาร์ไบด์ขนาดละเอียดตกตะกอนสม่ำเสมอในเมทริกซ์เฟอร์ไรท์ ทำให้ค่าความแข็งลดลงจากมาร์เทนไซท์ดิบ แต่ความเหนียวและความต้านทานการแตกร้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



ก) T490_55 ข) T490_75 ค) T490_35 ง) T520_55

จ) T520_75 ฉ) T520_35 ช) T460_55 ซ) T460_75 ฌ) T460_35

ภาพที่ 9 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

FTI & RMUTP 14th SIIMC Innovation and Management Conference 2025

ภาพที่ 9 จ) แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็ก SUP9A หลังการอบคืนไฟที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน พบว่าโครงสร้างประกอบด้วย เทมเปอร์ไบไนท์ร่วมกับเฟอร์ไรท์ชนิดแข็มซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นละเอียดกระจายแบบสุ่มภายในเม็ดเฟอร์ไรท์ การอบคืนไฟที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการฟื้นตัวของเมทริกซ์และการเจริญเติบโตของเกรนบางส่วน ส่งผลให้คาร์ไบด์ขนาดเล็กรวมตัวเป็นเม็ดใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. [14] พบว่า การเพิ่มสัดส่วนไบไนท์และเฟอร์ไรท์ช่วยลดค่าความแข็ง แต่เพิ่มความเหนียวและความต้านทานต่อการแตกร้าวเนื่องจากเฟอร์ไรท์ชนิดแข็มสามารถดูดซับพลังงานการแตกหักได้ดีขึ้น

ภาพที่ 9 ฌ) แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็ก SUP9A หลังการอบคืนไฟที่อุณหภูมิและเวลาต่ำ พบว่าเป็นเทมเปอร์มาร์เทนไซท์เกือบทั้งหมด โดยเห็นแนวลาธ (Lath) ชัดเจน พร้อมการตกตะกอนของคาร์ไบด์ขนาดละเอียดตามขอบลาธและภายในเมทริกซ์ การแพร่กระจายของคาร์บอนในช่วงอุณหภูมิต่ำยังจำกัด จึงยังไม่เกิดการรวมตัวของคาร์ไบด์หรือการเปลี่ยนเฟสเป็นเฟอร์ไรท์ ซึ่งสอดคล้องกับ Zhao et al. [15] พบว่า การอบคืนไฟที่ 200–300 °C ทำให้มาร์เทนไซท์เริ่มตกตะกอนคาร์ไบด์ละเอียด รักษาความแข็งสูงสุด (Peak Hardness) แต่ความเหนียวยังต่ำ โครงสร้างนี้จึงเป็นระยะต้นของกระบวนการอบคืนไฟ ก่อนที่คาร์ไบด์จะรวมตัวและเกิดการเปลี่ยนเฟสเป็นไบไนท์และเฟอร์ไรท์ที่อุณหภูมิสูงขึ้น

ดังนั้น ผลการทดลองแหนบรถยนต์หลังชุบแข็งและอบคืนไฟพบว่าความแข็งลดลงเมื่อเวลาอบคืนไฟเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการ Tempering คลายความเครียดภายในเหล็กบางส่วน สอดคล้องกับงานวิจัยของสมศักดิ์ แก้วพลอย [12] และ ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ [4] ส่วนค่าการบิดตัวเฉลี่ยต่ำกว่า 2 mm และไม่ขึ้นกับอุณหภูมิหรือเวลา

สำหรับอุณหภูมิอบคืนไฟ 460–520 °C พบว่าอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความแข็งลดเล็กน้อย แต่ช่วยคลายความเครียดภายในเกือบหมดและเพิ่มความเหนียว ค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิและเวลาเหมาะสม ทำให้ค่าความแข็งและการบิดตัวใกล้เคียงขอบเขตคุณสมบัติทางกลของกระบวนการผลิตปัจจุบัน [3]

โครงสร้างลักษณะกระจายตัวในเนื้อเป็นเทมเปอร์มาร์เทนไซท์และเทมเปอร์ไบไนท์โดยขนาดเล็กลงตามความลึก ส่งผลให้เหล็กเปราะน้อยและรับแรงกระแทกได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณา หอมจะบก และคณะ [6] สรุปได้ว่าค่าความแข็งและการบิดตัวหลังอบคืนไฟอยู่ในขอบเขตคุณสมบัติทางกลของเหล็กแหนบและสอดคล้องกับมาตรฐาน JIS G4801 [1]

เมื่อเปรียบเทียบกับแนวโน้มทั่วไปของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง พบว่าผลการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคหลังการอบคืนไฟของเหล็ก SUP9A มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Javaheri [16] ที่ศึกษาพฤติกรรมการอบคืนไฟของเหล็กกล้ามาร์เทนซิติกคาร์บอนปานกลาง โดยพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟทำให้คาร์ไบด์ภายในเนื้อเหล็กเจริญเติบโตและกระจายตัวมากขึ้น ส่งผลให้ความแข็งลดลงแต่ความเหนียวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Borisov [17] พบว่าเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่มีส่วนผสมของซิลิคอน (Si-rich steel) เมื่อผ่านการอบคืนไฟในช่วงอุณหภูมิ 450–550 °C จะเกิดโครงสร้างเทมเปอร์มาร์เทนไซท์ผสมไบไนท์ที่ให้สมดุลระหว่างความแข็งและความเหนียวสูงสุด ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิจัยของเหล็ก SUP9A ในงานวิจัยนี้ ชี้ให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟอย่างเหมาะสมสามารถปรับสมดุลระหว่างความแข็งและความเหนียวได้อย่างมีประสิทธิภาพตามหลักการของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางทั่วไป และอยู่ในขอบเขตที่เป็นไปตามมาตรฐาน JIS G4801 [1]

จากแนวโน้มดังกล่าว สามารถต่อยอดการวิจัยโดยศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างขนาดและการกระจายตัวของคาร์ไบด์กับสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงต่อแรงดึง ความเหนียวกระแทก และความล้า (fatigue strength) เพื่อใช้ในการออกแบบกระบวนการอบคืนไฟที่เหมาะสมสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางชนิดอื่นในงานยานยนต์ อีกทั้งการใช้เทคนิคขั้นสูง เช่น สแกนนิงอิเล็กตรอนไมโครสโคป (SEM) เอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และการจำลองทางความร้อนเชิงตัวเลข (Thermal Simulation) จะช่วยให้เข้าใจกลไกการเปลี่ยนเฟสและการตกผลึกของคาร์ไบด์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นำไปสู่การพัฒนาการควบคุมกระบวนการอบคืนไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและยืดอายุการใช้งานของเหล็กกล้า [18]

4. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟต่อความแข็งและการบิดตัวของเหล็กกล้า SUP9A ที่ใช้ในการผลิตแหนบรถยนต์ พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งของชิ้นงาน แต่ไม่ส่งผลต่อค่าการบิดตัวอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาอบคืนไฟทำให้ค่าความแข็งลดลง ขณะที่โครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนไปเป็นเทมเปอร์ไบไนท์ผสมกับเฟอร์ไรท์ชนิดแข็ง ซึ่งช่วยเพิ่มความเหนียวและความสามารถในการดูดซับแรงกระแทก ส่วนการอบคืนไฟที่อุณหภูมิต่ำและเวลาสั้นให้ค่าความแข็งสูงขึ้น โดยมีโครงสร้างหลักเป็นเทมเปอร์มาร์เทนไซท์เกือบทั้งหมด

FTI & RMUTP 14th SIIMC Strategic Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากผลการทดลอง พบว่าเงื่อนไขการอบคืนไฟที่ให้สมดุลระหว่างความแข็งและการบิดตัวที่เหมาะสมที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 460 °C เป็นเวลา 35 นาที ซึ่งให้ค่าความแข็งผิว 449.35 HV ค่าความแข็งแกนกลาง 464.80 HV และค่าการบิดตัวเฉลี่ย 0.38 mm โดยมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเทมเปอร์มาร์เทนไซท์ที่กระจายตัวสม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า SUP9A ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตแหนบรถยนต์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท สามมิตรโอโตพาร์ท จำกัด ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณและทรัพยากร และสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Japanese Industrial Standards Committee. JIS G4801: Carbon Spring Steels. 1996.

[2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 93-2563: แหนบแผ่นและคุณลักษณะทางเทคนิค. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2563.

[3] มนัส สถิรจินดา. วิศวกรรมการอบชุบเหล็ก. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ. 2540.

[4] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. โลหะวิทยา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2556.

[5] Kumar S.A. Physical Metallurgy Handbook. McGraw-Hill. 2003.

[6] วรรณา หอมจะบก, ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, นฤดม ทาดี. ผลของอุณหภูมิออสเทนไนไทซิงในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงเพื่อใช้ผลิตมีดโต้. วารสารวิจัย มทร.อีสาน. 2558;8(3):126–136.

[7] สมบัติ น้อยมิ่ง, วรรณา หอมจะบก, มาโนช ริทินโย, ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อสมบัติเชิงกลของมีดโต้ในการอบคืนไฟ. วารสาร มมส. 2564;40(5):357–368.

[8] Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons. 2013.

[9] Lu Y, Wang J, Pan D, Han J, Zhu L, Diao C, Han J, Jiang Z. Optimising two-stage vacuum heat treatment for a high-strength micro-alloyed steel in railway spring clip application: Impact on microstructure and mechanical performance. Materials. 2023;16(14):4921.

[10] Callister W.D. Jr., Rethwisch D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Ed. 2017.

[11] สมนึก วัฒนศรียกุล. การทดสอบวัสดุ, พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2549.

[12] สมศักดิ์ แก้วพลอย. การหาค่าพารามิเตอร์อบคืนตัวเหล็กกล้าผสม. วารสารวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย. 2559;2(2):49–55.

[13] Xie ZH, Ohmura T, Tsuzaki K. Comparison of lower bainite and tempered martensite in JIS SK5. Materials Sci. Eng. A. 2005;403:234–242.

[14] Wang X, Li Y, Zhang C, Li J. Effect of martensite/bainite content on mechanical properties. Metals. 2023;13(5):876.

[15] Zhao M, Sun X, Wang Y, Hu H, Misra R.D.K. Influence of tempering on martensitic steels. Materials Sci. Eng. A. 2017;682:620–629.

[16] Javaheri V, Muszka K, Persson C, Järvinen H. Rapid tempering of amedium-carbon martensitic steel: carbide precipitation, retained austenite decomposition and hardness response. Materials Science and Engineering. A. 2023;875:145205.

[17] Borisov S, Aret V, Shlyakhova A, Balokhonov R.Tempering behavior of a Si-rich low-alloy medium-carbon steel: Microstructure evolution & mechanical properties. Metals. 2023;13(2):326.

[18] Salvetr P, Jandová D, Dlouhý J, Vodička R. Evolution of microstructure and embrittlement during tempering in SiCrCu medium-carbon steels. Materials and Technology Mater. Technol. 2023;57(3):245–254.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การจำลองและวิเคราะห์แรงดันเกินชั่วครู่ภายใต้ระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อความยั่งยืนในการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแรงดันต่ำ

The Simulation and Analysis of the Temporary Overvoltage within an Electrical Power System for the Sustainable Selection on a LV-Surge Protection Device

อานนท์ สิงห์เสถียร[1*], เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ[1] และ คชพงศ์ สุมานนท์[2]

Arnon Singhasathein[1*], Wetarin thansiphraserth[1] and Kotchapong Sumanonta[2]

[1*]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[2] Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Arnon Singhasathein, e-mail address: arnon.si@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: บทความนี้กล่าวถึงการจำลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์แรงดันเกินชั่วครู่ที่เกิดจากความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดินและการลัดวงจรระหว่างสายไลน์กับสายนิวทรัลภายใต้ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งมีผลกระทบต่อความคงทนและความยั่งยืนของการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จชนิดแรงดันต่ำ โดยสถานการณ์จำลองนี้ จะถูกกำหนดขึ้นภายใต้ระบบการต่อลงดินแบบ TN-C-S (ลักษณะ TN-b) ตามมาตรฐาน IEC 60364-4 -44 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองทำให้ทราบว่าขณะเกิดที่ความผิดพร่องและการลัดวงจร จะสามารถการเกิดแรงดันเกินชั่วครู่ในระบบได้สูงสุดถึง 1.123 เท่า และ 1.455 เท่า ของแรงดันหนึ่งเฟสปกติ ตามลำดับ ซึ่งขนาดแรงดันเกินชั่วครู่ดังกล่าวจะมีผลกระทบทำให้อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ มีโอกาสได้รับความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายขึ้นได้

คำสำคัญ: แรงดันเกินชั่วครู่; อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ

Abstract: This article presents the simulation and analysis results of the temporary overvoltage (TOV) which can be occurred through a single line to ground fault and a line-neutral short circuit within the distribution system of MEA. The TOV highly influences for the withstand level and sustainable selection of a low voltage surge protection device (LV-SPD). This simulation is defined through the TN-C-S of an earthing system (type TN-b) based on IEC standard 60364-4 -44. As a result, the simulation results in this case study can show that the TOV of a distribution system demonstrates the amplitude as 1.123 and 1.455 times of a nominal voltage respectively. Especially, the LV-SPD can be risked to failure when directly influenced by the TOV.

Keywords: Temporary Overvoltage; Surge Protection Device

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ

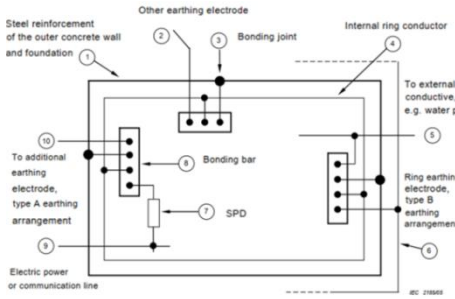
ในปัจจุบัน ประเทศไทยได้ปรากฏการขยายตัวของเขตเศรษฐกิจสำคัญในภูมิภาคต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นวงกว้าง และในทุกจังหวัดที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐบาล ตามลำดับ เพื่อให้ประเทศไทยสามารถขับเคลื่อนไปตามวิถีทางที่ทันต่อโลกหรือยุคโลกาภิวัตน์ ดังนั้น ความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งที่ไม่สามารถจะปฏิเสธได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเศรษฐกิจที่ประกอบด้วยโรงงานอุตสาหกรรม และธุรกิจด้านดาต้าเซ็นเตอร์ (Data Center) เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตาม ความผิดพร่องหรือความไม่ปกติทางระบบไฟฟ้าของเขตเศรษฐกิจนั้น สามารถที่จะเกิดขึ้นได้ในทางตรงทางอ้อม จึงเป็นเหตุผลให้การแสวงหาความมั่นทางพลังงานไฟฟ้าและคุณภาพไฟฟ้าที่ดี เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง (Generator) และระบบการต่อดินทางไฟฟ้า (Earthing System) ตามลำดับ

ดังที่ปรากฏให้เห็นในปัจจุบัน จะพบว่าบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าเกือบทุกชนิดที่มีความทันสมัย (หรือประกอบด้วยระบบอัจฉริยะร่วมด้วย) จะเข้ามีบทบาทในโรงงานอุตสาหกรรมและกลุ่มงานด้านดาต้าเซ็นเตอร์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับวงจรไมโครอิเล็กทรอนิกส์, วงจรระบบสื่อสารและระบบคอมพิวเตอร์, วงจรสวิตช์ชิ่ง, และวงจรด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เป็นต้น ซึ่งอิทธิพลของวงจรต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา จะทำให้เกิดปรากฏการณ์คุณภาพไฟฟ้าที่เลวลง ได้แก่ เกิดเพิ่มขึ้นของกระแสฮาร์โมนิกส์ ซึ่งมีผลกระทบต่อการออกแบบสายนิวทรัล, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำลง (Power Factor) ตลอดจน ปัญหาการตัดวงจรโดยไม่พึงประสงค์ของบริภัณฑ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น

นอกจากนี้ บริภัณฑ์ทางไฟฟ้าเกือบทุกชนิดที่มีความทันสมัย จะมีความอ่อนไหวต่อการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference, EMI) โดยเฉพาะการเกิดอันตรายจากกระแสฟ้าผ่า (Lightning Current) ซึ่งสามารถไหลเข้ามาในส่วนของสายภาคกำลัง (Power Line) และในส่วนของระบบรากสายดิน (Earthing System)

เพื่อความปลอดภัยของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น มาตรฐาน IEC [1] จึงมีการนิยามถึงการต่อประสานระบบรากสายดินร่วม (Global Earthing System) ภายใต้ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า (Utilization System) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การต่อถึงกันระหว่างรากสายดินของระบบไฟฟ้า (Earth Electrode of Electrical System), รากสายดินอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Other and Addition Earthing Electrode), และรากสายดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า (Earth System of Lightning Protection System) ตามลำดับ ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 1 ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของมาตรฐาน IEC 62305 [1]



ภาพที่ 1 การต่อประสาน ตามมาตรฐาน IEC

ในส่วนของสายสาธารณูปโภค เช่น สายไฟฟ้ากำลัง และสายโทรคมนาคม จะต้องถูกต่อประสานเข้าแท่งตัวนำประสาน (Bounding Bar) โดยผ่านอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จชนิดแรงดันต่ำ (Low Voltage Surge Protection Device, LV-SPD) หรือสามารถเรียกชื่อย่อได้ว่า อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ (SPD)

อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ จะต้องมีคุณสมบัติความคงทนต่อแรงดันเกินชั่วครู่ (Temporary Overvoltage, TOV) โดยไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าวได้มีการระบุไว้อย่างชัดเจนในมาตรฐาน IEC 60364-5-53 [2] แต่ถึงกระนั้น อิทธิพลของแรงดันเกินชั่วครู่ในระบบไฟฟ้าสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุของความผิดพร่อง (Fault) ซึ่งการวิเคราะห์แรงดันเกินชั่วครู่ที่มีโอกาสสร้างความเสียหายให้กับอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ภายใต้ระบบการต่อลงดินของระบบจำหน่ายภายในประเทศไทย (คือ ระบบ TN-C-S) จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงขนาดของแรงดันเกินชั่วครู่ที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบและประกอบการเลือกใช้งานอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแรงดันต่ำในทางปฏิบัติ ดังนั้น บทความฉบับนี้จะนำเสนอถึงการวิเคราะห์แรงดันเกินชั่วครู่อันเนื่องมาจากสาเหตุของความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดินและการลัดวงจรระหว่างสายไลน์และสายนิวทรัล ตามลำดับ โดยสาเหตุดังกล่าวเป็นเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงในทางปฏิบัติภายใต้การต่อลงดินของระบบจำหน่าย ซึ่งแรงดันเกินชั่วครู่นั้นสามารถสร้างความเสียหายให้กับอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ

2. รูปแบบการต่อลงดินของระบบไฟฟ้าจำหน่าย

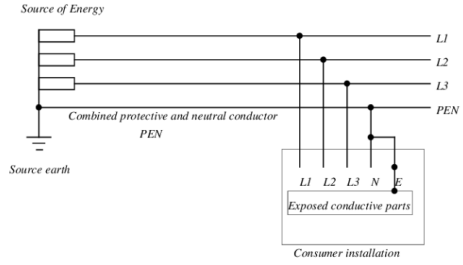
ในส่วนของระบบไฟฟ้าจำหน่ายของประเทศไทย ระบบจำหน่ายด้านแรงดันต่ำจะมีรูปแบบเป็น 3 เฟส 4 สาย

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference - 2025

(3 Phases 4 Wires) โดยด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้ามีลักษณะขดลวดต่อเป็นวาย (Wye Connection) และมีการต่อลงดินเป็นระบบ TN-C-S ซึ่งเป็นระบบที่ตัวนำนิวทรัล (N) และตัวนำป้องกัน (PE) ถูกรวมกันเป็นตัวนำชุดเดียวในส่วนหนึ่งของระบบ (หรือเรียกว่าสาย PEN) ก่อนจะถูกแยกออกจากกันที่ตู้บริภัณฑ์ประธานของโหลด (MDB) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 3 ซึ่งมีคำอธิบายความหมายตามมาตรฐาน IEC 60364-1 ดังต่อไปนี้ [3]

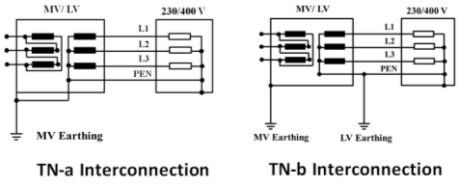
- ตัวอักษรแรก คือ ความสัมพันธ์ของระบบไฟฟ้ากำลังกับดิน โดยในที่นี้ ตัวอักษรตัวแรกคือ T ซึ่งหมายถึง การต่อโดยตรงของจุดหนึ่งของระบบไฟฟ้ากำลังกับดิน (ได้แก่ แท่งหลักดินของหม้อแปลงระบบจำหน่ายถูกต่อลงดินโดยตรง)
- ตัวอักษรที่สอง คือ ความสัมพันธ์ของส่วนตัวนำเปิดโล่งกับดิน โดยในที่นี้ ตัวอักษรตัวที่สองคือ N ซึ่งหมายถึง การต่อโดยตรงทางไฟฟ้าระหว่างส่วนตัวนำเปิดโล่ง (เช่น โครงโลหะของตู้บริภัณฑ์ประธาน) กับจุดที่ต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากำลัง ได้แก่ จุดนิวทรัลของระบบไฟฟ้ากำลัง หรือสาย PEN
- ตัวอักษรที่ต่อมา คือ การจัดตัวนำนิวทรัลและตัวนำป้องกัน โดยตัวอักษร C หมายถึง ตัวนำนิวทรัลและตัวนำลงดินถูกรวมกันเป็นตัวนำเส้นเดียว (คือ สาย PEN) ในขณะที่ ตัวอักษร S หมายถึง มีการแยกตัวนำป้องกัน (PE) ออกจากตัวนำ PEN หรือแยกจากสายที่ต่อลงดิน

นอกจากนี้ มาตรฐาน IEC 60364-4 -44 [4] ได้แบ่งรูปแบบการต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้าระดับแรงดันปานกลาง (ไม่เกิน 36 kV) เป็นระบบ TN ที่มี 2 ลักษณะคือ TN-a (High Voltage Earthing และ Low Voltage Earthing ต่อถึงกัน (Interconnection) และ TN-b (High Voltage Earthing และ Low Voltage Earthing แยกจากกัน (Seperation) ตามลำดับ ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ระบบการต่อลงดิน TN-C-S ตามมาตรฐาน IEC

อย่างไรก็ดี บทความฉบับนี้จะเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบแรงดันเกินชั่วครู่ต่ออุปกรณ์ป้องกันเสิร์จชนิดแรงดันต่ำของระบบต่อลงดินลักษณะ TN-b เท่านั้น เนื่องจากมีความสอดคล้องกับการต่อลงดินในทางปฏิบัติของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง



ภาพที่ 4 ระบบการต่อลงดิน TN-a และ TN-b

3. ข้อกำหนดแรงดันเกินชั่วครู่ต่ออุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ

มาตรฐาน IEC 60364-5 -53 ได้ระบุข้อกำหนดสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ คือ พิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดต่อเนื่อง (Maximum Continuous Operating Voltage, U_C) และความสามารถในการคงทนต่อแรงดันเกินชั่วครู่ (Temporary Overvoltage Withstand, U_T) สำหรับระบบการต่อลงดินแบบ TN เมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จดังกล่าวระหว่างสายไลน์กับสายดินป้องกัน (L-PE) หรือระหว่างสายไลน์กับสายนิวทรัล (L-N) ดังแสดงให้เห็นในสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (2) คือ

$$U_C \geq 1.1 \cdot (230) \geq 253 \text{ VAC} \quad (1)$$

$$U_T \geq 1.32 \cdot (U_C) \geq 1.45 \cdot (230) \geq 333.5 \text{ V/5s} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) ได้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ต้องมีความคงทนต่อแรงดันเกินชั่วครู่ไม่ต่ำกว่า 1.45 เท่าของแรงดันไฟฟ้าระบบแรงต่ำ (230 โวลต์) หรือมีค่าเท่ากับ 333.5 โวลต์ ในระยะเวลาทดสอบที่ 5 วินาที โดยหัวข้อถัดไป ผู้วิจัยต้องทำการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของแรงดันเกินชั่วครู่อันเนื่องมาจากสาเหตุความผิดพร่องและการลัดวงจรระหว่างสายไลน์และสายนิวทรัล ภายใต้เงื่อนไขระบบจำหน่ายที่มีการต่อลงดินเป็นระบบ TN-C-S (ลักษณะ TN-b)

4. การจำลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์แรงดันเกินชั่วครู่

ในหัวข้อนี้ จะทำการจำลองและวิเคราะห์หาแรงดันเกินชั่วครู่ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า โดยทำการศึกษาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งมีเงื่อนไขพารามิเตอร์สำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ [5 - 6]

- หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย (ลักษณะขดลวดต่อแบบเดลต้า / วาย) พิกัดแรงดันขนาด 24 kV / 240 / 416 V ขนาดพิกัดกำลัง 500 kVA และถูกต่อลงดินที่ด้านทุติยภูมิซึ่งมีความต้านทานดินเท่ากับ 2 โอห์ม
- สายเคเบิลแรงดันสูงชนิด Space Ariel Cable (ASC) พิกัดแรงดัน 24 kV ขนาดสาย 185 ตารางมิลลิเมตร มีคุณลักษณะตามแบบเลขที่ 602 (Physical Characteristic of 25 kV Space Ariel Cable) ขนาดพิกัดกระแส 400 แอมแปร์
- สายเคเบิลแรงดันต่ำ พิกัดแรงดัน 240 / 416 V ขนาดสาย 185 ตารางมิลลิเมตร มีคุณลักษณะตามแบบเลขที่ 604 (Physical Characteristic of Weatherproof

FTI & ... 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Aluminum Conductor, Polyethylene Insulated 600 V) ขนาดพิกัดกระแส 400 แอมแปร์

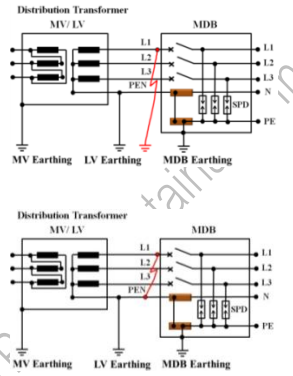
➢ ระยะระหว่างเสาไฟฟ้า (Span) พิจารณาที่ระยะห่างเท่ากับ 40 เมตร ตามแบบเลขที่ 602

จากเงื่อนไขสำคัญดังที่กล่าวไปข้างต้น จะสามารถทำการสร้างสถานการณ์จำลองของระบบจำหน่ายขณะเกิดความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดิน และการลัดวงจรระหว่างสายไลน์และสายนิวทรัล ตามลำดับ ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 5 เพื่อหาผลลัพธ์ของแรงดันเกินชั่วครู่ที่สร้างผลกระทบความเสียหายต่ออุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ

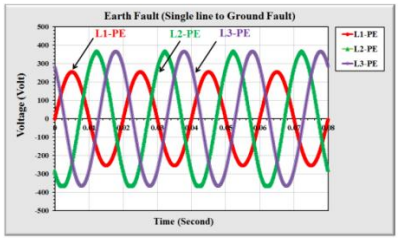
สำหรับกระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาผลลัพธ์จากกรณีศึกษานี้จะใช้อัลกอลิทึมขององค์ประกอบสมมาตร (Symmetrical Component) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถแสดงให้เห็นในตารางที่ 1, ภาพที่ 6 ถึงภาพที่ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การวิเคราะห์แรงดันเกินชั่วครู่ (R.M.S)

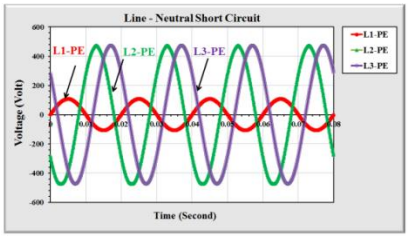
ประเภทของความผิดพร่องในระบบแรงต่ำ	แรงดันเกินชั่วครู่แต่ละสายไลน์เทียบสายป้องกัน เมื่อพิจารณาผลลัพธ์เป็นค่ารากเฉลี่ยยกกำลังสอง (Root Mean Square, R.M.S) ซึ่งได้จากการจำลอง		
	L1-PE	L2-PE	L3-PE
ความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดิน (Single Line to Ground Fault)	$180\angle 0^{\circ}$	$258.4\angle -129.63^{\circ}$	$258.4\angle 129.63^{\circ}$
การลัดวงจรระหว่างสายไลน์และสายนิวทรัล (Line-Neutral Short Circuit)	$75.9\angle 0^{\circ}$	$334.78\angle -143.49^{\circ}$	$334.78\angle 143.49^{\circ}$



ภาพที่ 5 การจำลองความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดินและการลัดวงจรระหว่างสายไลน์และสายนิวทรัล



ภาพที่ 6 ผลลัพธ์แรงดันเกินชั่วครู่ จากความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดิน



ภาพที่ 7 ผลลัพธ์แรงดันเกินชั่วครู่ เนื่องจากการลัดวงจรระหว่างสายไลน์และสายนิวทรัล

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่า กรณีที่เกิดความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดินที่ตำแหน่งสายไลน์ 1 (L1) จะทำให้แรงดันระหว่างสายไลน์อื่น ๆ ที่เทียบสายป้องกัน (ได้แก่ L2-PE และ L3-PE) กลายเป็นแรงดันเกินชั่วครู่ โดยจากข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าขนาดแรงดันเกินชั่วครู่ดังกล่าว มีโอกาสจะเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 258.4 โวลต์ (หรือประมาณ 1.123 เท่า ของแรงดันระบบแรงต่ำ 230 โวลต์) ซึ่งสอดคล้องกับขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดต่อเนื่องที่อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ต้องคงทนได้ (U_C) ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน IEC 60364-5-53 ที่ได้ถูกกล่าวไปแล้วในสมการที่ (1)

ในขณะที่ เกิดการลัดวงจรระหว่างสายไลน์ 1 และสายนิวทรัล จะสามารถปรากฏผลลัพธ์ให้เห็นดังภาพที่ 7. และตารางที่ 1 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดแรงดันเกินชั่วครู่ที่ L2-PE และ L3-PE มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก (มากกว่ากรณีความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดิน) คือ 334.78 โวลต์ หรือประมาณ 1.455 เท่า ของแรงดันระบบแรงต่ำ 230 โวลต์ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองจะมีความสอดคล้องกับสมการที่ (2) คือ ความสามารถในการคงทนต่อแรงดันเกินชั่วครู่ (U_T) ของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ที่ระยะเวลาทดสอบ 5 วินาที โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน IEC 60364-5-5

แต่อย่างไรก็ตาม ขนาดแรงดันที่ L1-PE (ตำแหน่ง L1 เกิดความผิดพร่องลงดิน หรือเกิดการลัดวงจรระหว่างไลน์กับนิวทรัล) จะไม่มีนัยสำคัญที่กระทบต่อความคงทนของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ เนื่องจากมีขนาดแรงดันน้อยกว่า 230 โวลต์ ซึ่งสามารถละเลยในการพิจารณาได้

ดังนั้น อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ที่ถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่งสายที่ไม่เกิดความผิดพร่องหรือไม่เกิดการลัดวงจร จะมีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับผลกระทบของแรงดันเกินชั่วครู่ ซึ่งจากการจำลองในบทความฉบับนี้สามารถแสดงเห็นได้ว่า อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ที่ถูกติดตั้งบริเวณตำแหน่ง L2-PE และ L3-PE จะเกิดความเสี่ยงที่จะเสียหายขึ้นได้ ถ้าได้รับแรงดันเกินชั่วครู่ขนาด 1.455 เท่า ของแรงดัน 230 โวลต์ (คือ 334.78 โวลต์) เป็นระยะเวลานานเกิน 5 วินาที ขึ้นไป หรือได้รับแรงดันเกินชั่วครู่บ่อยครั้ง

FTI & RMUTP Industrial Innovation and Management Conference 2025

นอกจากนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากบทความฉบับนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการอธิบายในทางปฏิบัติ ที่เกี่ยวข้องกับกรณีเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ชนิด 3 เฟส กล่าวคือ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ บางเฟส (1-2 เฟส) เกิดความเสียหาย เมื่อระบบไฟฟ้าปรากฏความผิดพร่องหนึ่งเฟสลงดินหรือเกิดการลัดวงจรระหว่างสาย เป็นต้น

5. สรุปผล

ผลลัพธ์ทั้งหมดในบทความฉบับนี้ ถูกจำลองขึ้นภายใต้พารามิเตอร์ระบบจำหน่ายของ กฟน. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ ที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายนั้น มีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบของแรงดันเกินชั่วครู่ ก็ต่อเมื่อเกิดความผิดพร่องลงดินหรือเกิดการลัดวงจรระหว่างสายตามลำดับ โดยสามารถสร้างอิทธิพลแรงดันเกินชั่วครู่ได้สูงถึง 1.123 เท่า และ 1.455 เท่า ของแรงดันหนึ่งเฟสปกติตามลำดับ ซึ่งเป็นผลกระทบที่ผู้ออกแบบต้องตระหนักถึงในการเลือกใช้งานอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ โดยสามารถทราบพิกัดความคงทนได้จากค่า U_C และ U_T ในเอกสารคู่มือของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จฯ (SPD Manual) แต่ละชนิด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] IEC Commission. Protection Against Lightning. IEC Standard 62305, 2010-2012.

[2] IEC Commission. Electrical installations of buildings – Part 5-53 : Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control. IEC Standard 60364-5-53, 2015.

[3] IEC Commission. Electrical installations of buildings – Part 1 : Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. IEC Standard 60364-1, 2001.

[4] IEC Commission. Electrical installations of buildings – Part 4 -4 4 : Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. IEC Standard 60364-4-44, 2015.

[5] การไฟฟ้านครหลวง. แบบเลขที่ 602 Physical Characteristic of 25 kV Space Ariel Cable. พ.ศ. 2537.

[6] การไฟฟ้านครหลวง. แบบเลขที่ 604 Physical Characteristic of Weatherproof Aluminum Conductor. พ.ศ. 2528.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานออกแบบตกแต่งเพื่อจัดแสดงภายในอาคาร

Enhancing the Management Efficiency of Interior Design and Decoration for Building Exhibitions

ปภังกร ปัณณาวิชญ์[1*] และ ศักดิ์ชาย รักการ[2]

Papungkorn Pannavich[1*] and Sakchai Rakkan[2]

[1] สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถ.พัฒนาการ แขวงพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[2] ผู้อำนวยการ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถ.พัฒนาการ แขวงพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[1] Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Kasembundit University, 1761 Phatthanakan Road, Phatthanakan Subdistrict, Suan Luang District, Bangkok 10250, Thailand

[2] Director of the Master of Engineering Program in Engineering Management

[*]Corresponding author: Papungkorn Pannavich, e-mail address: p.tosagun@gmail.com

บทคัดย่อ: การวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานออกแบบตกแต่งเพื่อจัดแสดงภายในอาคาร โดยวิเคราะห์สาเหตุความล่าช้าและนำเสนอแนวทางปรับปรุงผ่านกรณีศึกษาโครงการจริง 7 โครงการในปี 2566 ผลการศึกษา พบว่า 4 โครงการเกิดความล่าช้ารวม 28 วัน ทำให้สูญเสียต้นทุนกว่า 142,857 บาท หรือร้อยละ 2.85 ของมูลค่าโครงการทั้งหมด สาเหตุสำคัญ ได้แก่ การขาดแผนงานที่รัดกุม การขาดแคลนแรงงาน การเปลี่ยนแปลงแบบ และการขาดวัสดุอุปกรณ์ งานวิจัยได้เสนอแนวทางปรับปรุงด้วยการประยุกต์ใช้การวางแผนทรัพยากร 4M การวิเคราะห์ช่องว่างทักษะ (Skill Gap Analysis) การฝึกอบรมแบบ On-the-Job Training และการพัฒนาแอปพลิเคชันบน AppSheet เพื่อสนับสนุนการสื่อสารและการติดตามงาน ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่าต้นทุนเฉลี่ยต่อโครงการลดลงร้อยละ 12.52 และการวิเคราะห์ทางการเงินมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 60,650 บาท แสดงถึงความคุ้มค่าและศักยภาพเชิงปฏิบัติ

คำสำคัญ: การจัดการโครงการ; การตกแต่งภายใน; ความล่าช้า; การบริหารทรัพยากร; AppSheet

Abstract: This research aims to enhance the efficiency of project management in interior design works by analyzing causes of delays and proposing improvement strategies through case studies of seven actual projects undertaken in 2023. The findings revealed that four projects experienced delays totaling 28 days, resulting in a cost loss of 142,857 baht, equivalent to 2.85 percent of the total project value. The principal causes identified were the lack of comprehensive planning, labor shortages, design modifications, and insufficient materials. The study proposed improvement measures through the application of 4M resource planning, Skill Gap Analysis, On-the-Job Training, and the development of an application on AppSheet to support communication and project monitoring. The results demonstrated a reduction in the average project cost by 12.52 percent, from 127,700 baht to 111,700 baht. Furthermore, financial feasibility analysis indicated a net present value (NPV) of 60,650 baht over a five-year period, reflecting both cost-effectiveness and practical applicability.

Keywords: Project management; Interior design; Delay reduction; Resource management; AppSheet

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

การก่อสร้างโครงการต่าง ๆ ถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ การสร้างงาน และการแก้ปัญหาการว่างงาน โดยทั้งโครงการภาครัฐและเอกชนล้วนมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ซับซ้อนและต้องอาศัยความร่วมมือหลายฝ่าย จึงมีความเสี่ยงต่อความล่าช้าและต้นทุนบานปลาย หากโครงการไม่ดำเนินไปตามแผนงาน ข้อกำหนด หรือแบบก่อสร้างจะส่งผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่าย ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรายละเอียดงาน การสื่อสารที่ไม่ชัดเจน การอนุมัติวัสดุล่าช้า การส่งมอบพื้นที่ไม่ทันเวลา และความขัดแย้งของแบบ ซึ่งมีผลต่อโครงการในระดับต่าง ๆ (วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ, 2556: 1-2) [1] จากกรณีศึกษาบริษัทรับเหมางานออกแบบและตกแต่งภายในที่มีประสบการณ์กว่า 15 ปี พบว่า ในปี 2566 มีโครงการ 7 โครงการเกิดความล่าช้า ส่งผลให้สูญเสียค่าใช้จ่ายกว่า 142,857 บาท หรือร้อยละ 2.85 ของมูลค่าโครงการ สาเหตุสำคัญ ได้แก่ การขาดแรงงานทักษะ การเปลี่ยนแปลงแบบงาน และการขาดวัสดุสินค้าคงคลัง ซึ่งกระทบทั้งต้นทุนและระยะเวลาก่อสร้าง ดังนั้น การวางแผนงานที่รัดกุม การบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ และการแก้ปัญหาที่เหมาะสม จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความล่าช้าและควบคุมค่าใช้จ่าย โดยสามารถใช้เทคนิค Construction Scheduling Problems ที่พิจารณาเวลา ความสัมพันธ์ของกิจกรรม ต้นทุน และการจัดการทรัพยากรเพื่อสร้างแผนงานใกล้เคียงสภาพจริง (วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 2554: 2) [2] กล่าวโดยสรุป การจัดการโครงการก่อสร้างจำเป็นต้องมีระบบการวางแผนและติดตามที่มีประสิทธิภาพ มีการจัดสรรทรัพยากร บุคคลและวัสดุที่เหมาะสม ตลอดจนการสื่อสารและประสานงานที่ชัดเจน เพื่อป้องกันความล่าช้า ลดการสูญเสียต้นทุน และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว งานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่าโครงการก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นงานติดตั้งระบบไฟฟ้า งานตกแต่งภายในอาคาร หรือโครงการก่อสร้างภาครัฐและเอกชน มักประสบปัญหาความล่าช้าและต้นทุนบานปลาย ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยที่สัมพันธ์กันโดยตรงกับการบริหารจัดการโครงการ โดยสิทธิชัย โพธิราช (2561: บทคัดย่อ) พบว่า การวิเคราะห์ความเสี่ยงและปรับรูปแบบการทำงานช่วยลด Man/Hour ได้ร้อยละ 32 ขณะที่ ณัฐพร เพิ่มทรัพย์ (2544: บทคัดย่อ) [3] ชี้ว่าความล่าช้าเกิดจากการจัดการทั้งภายในและภายนอกโครงการ โสภณ ศรีทอง (2559: บทคัดย่อ)[4] ระบุว่าปัญหาความล่าช้าในโครงการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสัมพันธ์กับเจ้าของโครงการ ผู้รับจ้าง ผู้ควบคุมงาน ผู้ออกแบบ และหน่วยงานราชการ ซัลมา อินตันและคณะ (2558: 70) [5] พบว่า การบริหารสินค้าคงคลังอย่างเป็นระบบช่วยลดต้นทุน ขณะที่ ทวีชัย แสงนุศร (2562: 31-32) [6] เน้นว่าการบริหารโครงการต้องพิจารณาทรัพยากร เวลา งบประมาณ และคุณภาพควบคู่กัน ส่วน Mohd Saidin Misnan และ Abdul Hakim Mohammed (2550: 13) [7] พบว่า พฤติกรรมมนุษย์และวัฒนธรรมความปลอดภัยสัมพันธ์กับอุบัติเหตุในไซต์งาน ดังนั้น การบริหารโครงการก่อสร้างจึงต้องอาศัยการวางแผน การจัดสรรทรัพยากร บุคลากร และวัสดุอย่างรอบคอบ การติดตามความก้าวหน้า ปรับปรุงแผนงานอย่างต่อเนื่อง การประสานงานและสื่อสารชัดเจน รวมถึงสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยที่เข้มแข็ง เพื่อป้องกันความล่าช้า ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานอย่างยั่งยืน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

วิธีวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์สาเหตุความล่าช้า โดยเก็บข้อมูลจากโครงการจริงจำนวน 7 โครงการใช้ Pareto Chart และ Mind Map ในการระบุสาเหตุหลักของปัญหา
2. การออกแบบแนวทางปรับปรุง นำแนวคิดการบริหารโครงการ (Project Scheduling) และการบริหารทรัพยากร 4M (Man, Machine, Material, Method) มาประยุกต์และวิเคราะห์ Skill Gap ของแรงงานและจัดอบรมแบบ On-the-Job Training ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Kerzner [8] ที่ระบุว่าการวางแผนที่ชัดเจนและการบริหารทรัพยากร 4M เป็นปัจจัยหลักในการ ลดความเสี่ยงของความล่าช้าในงานก่อสร้าง
3. การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาสนับสนุน พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย AppSheet เพื่อใช้บันทึกข้อมูล แผนงาน และการติดตามความคืบหน้าการดำเนินงาน และประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนและเวลาทำงานก่อนและหลังปรับปรุง

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุความล่าช้า

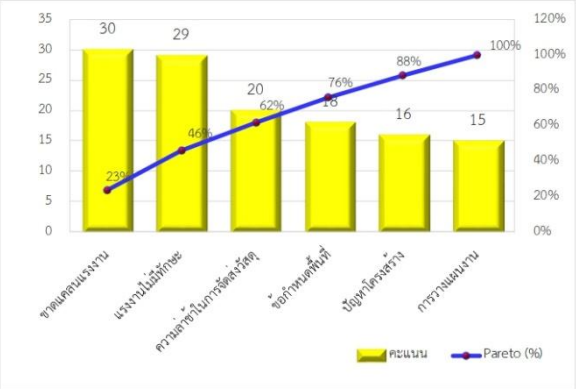
จากการเก็บข้อมูลโครงการออกแบบตกแต่งภายใน 7 โครงการ ในปี 2566 พบว่ามีจำนวน 4 โครงการที่เกิดความล่าช้า คิดเป็น 57.14% ของโครงการทั้งหมด รวมระยะเวลาความล่าช้าทั้งหมด 28 วัน คิดเป็นมูลค่าความเสียหาย 142,857 บาท หรือ 2.85% ของมูลค่าโครงการ

เมื่อวิเคราะห์ปัญหาจากการทำงานโดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) จะเป็นวิธีการที่ช่วยให้เห็นภาพรวมของปัญหาอย่างชัดเจน โดยแสดงให้เห็นว่าปัญหาใดเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งหรือมีผลกระทบมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์ปัญหา ดังตารางที่ 1 และภาพประกอบที่ 1

FTI & RMUTP 14th International Innovation and Management Conference 2025

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปัญหาการทำงานโดยใช้แผนภูมิพาเรโต

ปัญหา	เปอร์เซ็นต์
1. ขาดแคลนแรงงาน	23.4%
2. แรงงานไม่มีทักษะ	22.7%
3. การจัดส่งวัสดุล่าช้า	15.6%
4. การวางแผนงาน	11.7%
5. ปัญหาโครงสร้าง	12.5%
6. ข้อกำหนดพื้นที่	14.1%
รวม	100%



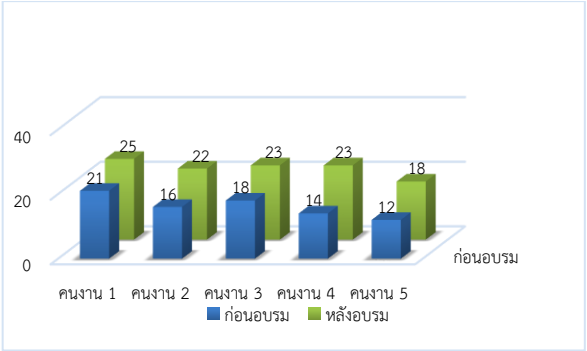
ภาพที่ 1 Pareto Chart แสดงปัญหาที่เกิดจากการทำงาน

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยกราฟ Pareto พบว่า 80% ของปัญหาความล่าช้าดังกล่าว จึงได้จัดทำ Mind Map เพื่อแสดงสาเหตุและผลกระทบของแต่ละปัจจัยจากการทำงาน

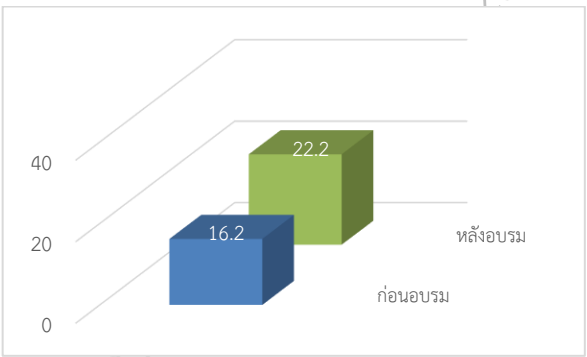
3.2 ผลการปรับปรุงด้วยการพัฒนาทักษะ

การวิเคราะห์ช่องว่างทักษะ (Skill Gap Analysis) ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินทักษะของแรงงานภายในโครงการ โดยใช้แบบประเมิน Matrix Skill ซึ่งพิจารณาทักษะด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานและการแก้ไขปัญหาหน้างานให้มีประสิทธิภาพ

ผลการประเมินก่อนการฝึกอบรม (Pre-Test) พบว่า คะแนนเฉลี่ยรวมของแรงงานอยู่ที่ 16.2 คะแนน แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดด้านทักษะที่ยังไม่สอดคล้องกับความต้องการของโครงการ หลังจากการจัดการฝึกอบรมแบบสอนงานหน้างาน (On-the-Job Training: OJT) มีการประเมินซ้ำ (Post-Test) พบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นเป็น 22.2 คะแนน หรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้นประมาณ 37%



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนและหลังการอบรม



ภาพที่ 3 ผลคะแนนเฉลี่ยรวม

การเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนและหลังการอบรมดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแรงงานทุกคนมีพัฒนาการในด้านทักษะการทำงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ Skill Gap Analysis ร่วมกับการฝึกอบรม OJT จึงสามารถเพิ่มขีดความสามารถของแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางที่ควรดำเนินการอย่างต่อเนื่องในโครงการถัดไป

3.3 ผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล AppSheet

การพัฒนาและนำ AppSheet มาใช้ในการบันทึกข้อมูลและติดตามความคืบหน้าพบว่า ลดเวลาในการรายงาน ทำให้การสื่อสารระหว่างหัวหน้างานและผู้จัดการโครงการมีความรวดเร็วและลดความผิดพลาดลงเพิ่มประสิทธิภาพในการรายงานข้อมูลโครงการ และสามารถติดตามความคืบหน้าโครงการได้แบบ Real-time ทำให้การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้ารวดเร็วขึ้น

3.4 ผลการปรับปรุงด้านต้นทุนและเวลาโครงการ

เมื่อเปรียบเทียบโครงการก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยการใช้ Construction Scheduling, 4M Resource Management, และ AppSheet พบว่า ต้นทุนเฉลี่ยต่อโครงการลดลงจาก 127,700 เป็น 111,700 บาท ลดลง 12.52% ระยะเวลาทำงานเฉลี่ยลดลง 3.5 วันต่อโครงการ ความถี่ของการส่งมอบงานล่าช้าลดลงจาก 57.14% เป็น 14.28% ของจำนวนโครงการ

FTI RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and ... 2025

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การเปลี่ยนแปลง (%)
ต้นทุนเฉลี่ยต่อโครงการ (บาท)	127,700	111,700	-12.52%
ระยะเวลาล่าช้าเฉลี่ย (วัน)	7	3.5	-12.52
จำนวนโครงการล่าช้า (%)	57.14%	14.28%	-42.86%

3.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน

ประเมินความคุ้มค่าด้วย Net Present Value (NPV) ระยะเวลา 5 ปี โดยใช้อัตราคิดลด 10% พบว่า NPV = 60,650.10 บาท เป็นบวกแสดงถึงความคุ้มค่า Payback Period = 3.8 ปี คุ้มทุนภายในอายุโครงการที่กำหนด

สรุปได้ว่าการปรับปรุงรูปแบบการจัดการงานโครงการด้วยแนวทางนี้ มีความคุ้มค่าและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในโครงการอื่น ๆ ต่อไปได้

4. อภิปรายผล (Discussion)

วิเคราะห์สาเหตุความล่าช้าด้วยการเก็บข้อมูลจากโครงการออกแบบตกแต่งภายในด้วย กราฟพาเรโต (Pareto Chart) พบว่าสาเหตุหลักของความล่าช้า ได้แก่ การขาดแผนงานที่รัดกุมและไม่เป็นระบบ การขาดแรงงานที่มีทักษะเฉพาะทาง การเปลี่ยนแปลงแบบงานระหว่างดำเนินการ และการขาดวัสดุอุปกรณ์และการจัดส่งล่าช้า รวมกันคิดเป็นประมาณ 80% ของปัญหาความล่าช้า ทั้งหมด ซึ่งถือเป็นจุดที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างแลพปรับปรุงประสิทธิภาพ

เพื่อทำความเข้าใจความเชื่อมโยงของปัจจัยต่าง ๆ ได้จัดทำ Mind Map แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุแต่ละข้อกับผลกระทบ เช่น การขาดแผนงานจัดลำดับงานผิดพลาดเกิดการรอวัสดุ, ขาดแรงงานที่มีทักษะเกิดงานแก้ไขซ้ำและเพิ่มเวลาทำงาน, การเปลี่ยนแบบงานทำให้ต้องสั่งวัสดุใหม่และรออนุมัติ ขาดวัสดุอุปกรณ์ทำให้ขั้นตอนถัดไปล่าช้าและกระทบการส่งมอบโครงการ

การประเมินทักษะแรงงาน (Skill Gap Analysis) ก่อนและหลังการอบรมแบบสอนงานหน้างาน (On-the-Job Training: OJT) โดยใช้แบบประเมิน Matrix Skill พบว่าก่อนการอบรม คะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 16.2 คะแนน หลังการอบรม คะแนนเฉลี่ยรวมเพิ่มเป็น 22.2 คะแนน เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 37 ผลการฝึกอบรมสะท้อนว่า การเรียนรู้ในสถานที่จริงสามารถเพิ่มทักษะและความมั่นใจของแรงงานได้ทั้งในด้านเทคนิค ความปลอดภัย และการทำงานร่วมกันภายในทีม ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Thai Engineers Association [9] ที่ชี้ว่า การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการสามารถยกระดับทักษะแรงงานก่อสร้างได้จริง

การใช้เทคโนโลยี AppSheet ในการบริหารโครงการจากการพัฒนาและใช้งานแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์ม AppSheet เพื่อใช้บันทึกข้อมูล ติดตามงาน และรายงานความคืบหน้าแบบเรียลไทม์ พบว่า เวลาการสื่อสารระหว่างหัวหน้างานกับผู้จัดการโครงการลดลง ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติช่วยลดความผิดพลาดจากการลืมบันทึกข้อมูล ผู้บริหารสามารถตรวจสอบสถานะงานได้ทันที ส่งผลให้การตัดสินใจแก้ปัญหาเร็วขึ้น ทีมงานเข้าใจแผนงานตรงกัน ลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน ดังนั้นการใช้เทคโนโลยี AppSheet จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการบริหารโครงการ ทั้งในมิติของเวลา ความถูกต้อง และการสื่อสารภายในองค์กร ซึ่งสนับสนุนข้อค้นพบ ของ Schwalbe [10] ที่กล่าวถึงความสำคัญของการใช้ Project Management Information Systems (PMIS) ในการสนับสนุนการตัดสินใจและลดความซับซ้อนของการ สื่อสารในโครงการ

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานออกแบบตกแต่งภายในอาคาร โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานลดความล่าช้าและต้นทุนของโครงการ ผ่านการวิเคราะห์สาเหตุ การพัฒนาทักษะแรงงาน และการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาสนับสนุนการบริหารงาน จากผลการวิเคราะห์พบว่า สาเหตุหลักของความล่าช้า มาจากการขาดแผนงานที่รัดกุมและการขาดแรงงานที่มีทักษะ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่า 55% ของสาเหตุทั้งหมด การวิเคราะห์ด้วย Pareto Chart และ Mind Map ทำให้สามารถระบุและจัดลำดับความสำคัญของปัญหาได้อย่างชัดเจน

ผลการฝึกอบรมแรงงานแบบ On-the-Job Training (OJT) แสดงให้เห็นว่าความสามารถของแรงงานเพิ่มขึ้น การพัฒนาทักษะและการปรับรูปแบบการทำงานสามารถช่วยลดชั่วโมงการทำงาน (Man-hour) และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของทีมงานได้ ผลที่ได้ยังแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาแรงงานผ่านการสอนงานในสถานที่จริง ช่วยให้แรงงานเข้าใจลักษณะงานและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้าได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการลดความสูญเสียเวลาและลดการทำงานซ้ำซ้อนในโครงการ

ผลด้านการใช้เทคโนโลยี AppSheet มาประยุกต์ใช้ในการบริหารโครงการ มีส่วนช่วยให้การสื่อสารระหว่างทีมงานและเจ้าของโครงการมีความรวดเร็วแบบเรียลไทม์และโปร่งใสมากขึ้น เวลาการทำงานลดลง ส่งผลให้ผู้จัดการโครงการสามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที ลดขั้นตอนและเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลในการติดต่อประสานงานบริหารโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ผลด้านผลลัพธ์เชิงต้นทุนและเวลาการปรับปรุงกระบวนการด้วย OJT และ AppSheet ทำให้ต้นทุนเฉลี่ยต่อโครงการและระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยลดลง ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพและการลดความล่าช้าในโครงการออกแบบตกแต่งภายในต้องดำเนินการเชิงบูรณาการ ทั้งด้านบุคลากร กระบวนการ และเทคโนโลยี ซึ่งแนวทางที่เสนอในงานวิจัยนี้ การใช้ Pareto Chart และ Mind Map เพื่อหาสาเหตุหลัก การฝึกอบรมแรงงานแบบ OJT และการใช้ AppSheet เป็นเครื่องมือดิจิทัลสนับสนุนการจัดการบริหารโครงการ สามารถช่วยลดสาเหตุความล่าช้าได้กว่า 80% และยกระดับประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมขององค์กรอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการออกแบบตกแต่งประเภทอื่น ๆ หรืองานก่อสร้างทั่วไปได้ เพื่อสร้างมาตรฐานการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการสอบที่ให้คำแนะนำอันทรงคุณค่า รวมถึงมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต และบริษัทรวมถึงโครงการที่ศึกษาวิจัย ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ. ดกดการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคาร ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. โครงงานวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, (2556: 1-2).

[2] วชรภูมิ เบญจโอฬาร.การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้างด้วยกำหนดเวลาและต้นทุนที่เหมาะสม. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, (2554: 2).

[3] ณัฐพร เพิ่มทรัพย์. การขจัดปัญหาข้อโต้แย้งระหว่างผู้ควบคุมงานกับผู้รับจ้างก่อสร้าง.ความยุ่งยากในการตรวจรับงานงวดสุดท้าย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ว.ส.ท. (2544: บทคัดย่อ).

[4] โสภณ ศรีทอง. สาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าในโครงการก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. (2559: บทคัดย่อ).

[5] ชัลมา อินตันและคณะ. การบริหารจัดการสินค้าคงคลังและคลังสินค้ากรณีศึกษา บริษัทการพิมพและบรรจุภัณฑ์. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต. (2558: 70)

[6] ทวีชัย แสงนุศร. การสร้างประสิทธิภาพการบริหารโครงการให้ประสบความสำเร็จ. Journal of Modern Learning Development, 4(1): 31-42.

[7] Abdul Hakim Mohammed (2550: 13)

[8] Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 12th ed. New York: Wiley; 2022.

[9] Thai Engineers Association. Skill Gap Analysis and Workforce Development in Construction Industry. Bangkok; 2020.

[10] Schwalbe K. Information Technology Project Management. 9th ed. Boston: Cengage Learning; 2019.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ผลของการเสริมเส้นใยผักตบชวาต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซี
Effect of Water Hyacinth Fiber Reinforcement on the Mechanical Properties of Epoxy Composites

จีระพัฒน์ พัฒนะ[1], กิตินันต์ แสนธิวัง[1] และ นฤมล สัมฤทธิ์[1*]

Jeeraphat phatthana[1], Kittinun santiwung[1] and Naruemon Sumrith[1*]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Department of Agricultural Engineering for Industy, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, 29 moo 6, Tumbon Noenhom, Amphur Muang, Prachinburi 25230, Thailand

[*]Coressponding author: Naruemon Sumrith, e-mail address: naruemon.s@itm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการเสริมเส้นใยผักตบชวาต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซี โดยเตรียมตัวอย่างที่มีปริมาณเส้นใย 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยปริมาตร และทดสอบแรงดึง แรงดัด การกระแทก และความแข็งตามมาตรฐาน ASTM ผลการทดลองพบว่า ค่าความต้านทานแรงดึงและแรงดัดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย เนื่องจากการยึดเกาะและการกระจายตัวไม่สมบูรณ์ ขณะที่มอดูลัสแรงดึงและมอดูลัสดัดเพิ่มขึ้นที่ปริมาณเส้นใยปานกลาง แสดงถึงการเพิ่มความแข็งของวัสดุ นอกจากนี้ ค่าการต้านทานแรงกระแทกเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง แต่ค่าความแข็งลดลงเมื่อมีปริมาณเส้นใยสูงขึ้น ผลการศึกษาชี้ว่าเส้นใยผักตบชวามีศักยภาพเป็นวัสดุเสริมแรงชีวภาพที่ช่วยเพิ่มความแข็งและความทนทานต่อแรงกระแทก พร้อมสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนแทนวัสดุจากปิโตรเลียม.

คำสำคัญ: วัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซี; เส้นใยผักตบชวา; คุณสมบัติเชิงกล; การทดสอบการกระแทก

Abstract: This study investigated the effect of water hyacinth fiber on the mechanical properties of epoxy composites. Samples containing 0, 5, 10, 15, and 20% (v/v) fiber were prepared and tested according to ASTM standards, including tensile (ASTM D638), flexural (ASTM D790), impact (ASTM D4812), and hardness (Rockwell scale L) tests. The results showed that tensile and flexural strengths decreased with increasing fiber content due to weak interfacial bonding and poor dispersion, while tensile and flexural moduli improved at moderate fiber loadings, indicating increased stiffness. Impact strength increased progressively with fiber addition, whereas hardness decreased at higher fiber contents. Overall, water hyacinth fibers exhibited potential as reinforcement for epoxy composites by enhancing stiffness and impact resistance. Optimizing fiber content (5–10% (v/v)) and improving interfacial adhesion are essential to achieving balanced mechanical properties suitable for engineering applications.

Keywords: Epoxy composite; Water hyacinth fibers; Mechanical properties; Impact testing

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

วัสดุคอมโพสิตเชิงพอลิเมอร์เสริมเส้นใย (Fiber-reinforced polymer composites) ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในงานวิจัยและอุตสาหกรรม เนื่องจากมีสมบัติเด่นทั้งด้านความแข็งแรงเชิงกล น้ำหนักเบา และสามารถปรับแต่งคุณสมบัติได้ตามความต้องการ วัสดุเมทริกซ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ อิพ็อกซีเรซิน (Epoxy resin) ซึ่งมีข้อดีด้านความแข็งแรงเชิงกลสูง การยึดเกาะระหว่างพื้นผิวดี ทนต่อสารเคมีและการเสื่อมสภาพ อย่างไรก็ตาม อิพ็อกซีเรซินเพียงอย่างเดียวมักมีความเปราะและความเหนียวต่ำ จึงมีแนวทางการเสริมแรงด้วยเส้นใยเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว[1,2]

ในปัจจุบัน การใช้ เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) ได้รับความสนใจมากขึ้นจากแนวโน้มเศรษฐกิจหมุนเวียนและความยั่งยืน เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก ย่อยสลายได้ และมีคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่ำกว่าวัสดุเสริมแรงสังเคราะห์[3] เส้นใยผักตบชวา (Water hyacinth fiber) เป็นหนึ่งในเส้นใยธรรมชาติที่น่าสนใจ เพราะมีความพรุนสูง มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่เอื้อต่อการใช้เป็นวัสดุเสริมแรง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัชพืชน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ การขัดขวางการจราจรทางน้ำ รวมไปถึงการเร่งปฏิกริยาการระเหยของน้ำจืดทั่วภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การเติมเส้นใยผักตบชวาในอิพ็อกซีช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกล เช่น tensile, flexural และ impact strength ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใยและสภาพการกระจายตัว[4,5]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่เกี่ยวกับวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใยผักตบชวามักใช้เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว (surface treatment) เช่น การแช่สารด่างหรือสารไซเลน เพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะช่วยเพิ่มสมบัติของวัสดุได้ แต่กระบวนการเหล่านี้มีขั้นตอนซับซ้อน ใช้สารเคมี และเพิ่มต้นทุนการผลิต ทำให้ยากต่อการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมหรือเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ งานส่วนใหญ่ยังมักใช้เส้นใยในรูปแบบผงละเอียดหรือเส้นใยทอเป็นผืน ซึ่งไม่สะท้อนพฤติกรรมของเส้นใยธรรมชาติในสภาพจริง[6,7]

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนา วัสดุคอมโพสิตอิพ็อกซีเสริมเส้นใยผักตบชวา โดยใช้เส้นใยธรรมชาติที่ ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติที่ผิวของเส้นใย และผ่านการควบคุมขนาดเส้นใยเฉลี่ย 30 มิลลิเมตร โดยการผสมเส้นใยในปริมาณได้แก่ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เพื่อศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมที่สุดที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุ ได้แก่ ความแข็งแรงแรงดึง (Tensile strength), ความแข็งแรงดัดงอ (Flexural strength), ความแข็ง (Hardness), และความต้านทานแรงกระแทก (Impact strength) ผลลัพธ์จากการศึกษาจะช่วยสะท้อนถึงความเป็นไปได้ในการใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นวัสดุเสริมแรงในเมทริกซ์อิพ็อกซี เพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านวัสดุวิศวกรรมที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

เส้นใยผักตบชวาที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประเทศไทย โดยเส้นใยที่นำมาศึกษามีขนาดความยาว 30 มิลลิเมตร และมีความหนาแน่นรวม (bulk density) เท่ากับ 0.154 กรัม/ซม^3 สำหรับวัสดุคอมโพสิต ได้ใช้อิพ็อกซีเรซินชนิด EPOTEC YD 535 เป็นเมทริกซ์พอลิเมอร์ และสารช่วยแข็งตัว (hardener) คือ TH 7253 – 8 โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างอิพ็อกซีกับสารช่วยแข็งตัวเป็น 100:35 โดยน้ำหนัก

เส้นใยผักตบชวาถูกล้างด้วยน้ำประปา 2 รอบเพื่อลดสิ่งสกปรกและสารปนเปื้อน จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วตัดให้มีความยาวเฉลี่ย 30 มิลลิเมตรก่อนนำไปใช้

กระบวนการเตรียมวัสดุเชิงประกอบ (Composite preparing process) ใช้เทคนิคการเทหล่อ (casting technique) โดยใช้แม่พิมพ์ขนาด 210 × 297 × 3 มิลลิเมตร เส้นใยถูกทำให้แห้งที่ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนขึ้นรูป เพื่อกำจัดความชื้น ส่วนผสมประกอบด้วยอิพ็อกซีและสารช่วยแข็งตัว กวนที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมเส้นใยผักตบชวาตามอัตราส่วนที่กำหนด (5–20% v/v) และกวนต่ออีก 10 นาที ก่อนเทลงในแม่พิมพ์

ตัวอย่างถูกบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง จากนั้นผ่านกระบวนการบ่มเสริม (post-curing) ที่ 80°C นาน 24 ชั่วโมง และ 100°C นาน 1 ชั่วโมง ก่อนปล่อยให้เย็นในตู้อบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 ชื่อและคุณลักษณะของชิ้นทดสอบ

ชื่อ	Epoxy (%(v/v))	ผักตบชวา (%(v/v))
E	100	0
5W	95	5
10W	90	10
15W	85	15
20W	80	20

ชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้ถูกนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM เพื่อประเมินสมรรถนะของวัสดุ การ

FTI & RMUTP 4th International Conference on Industrial Innovation and Management (IIMC 2025)

ทดสอบแรงดึง (Tensile test) ดำเนินการตาม ASTM D638-22 ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง Comtech โหลดเซลล์ 5 kN ที่ความเร็วหัวกด 5 มม./นาที และระยะปากจับ 115 มม.

การทดสอบแรงดัด (Flexural test) ใช้มาตรฐาน ASTM D790 โดยใช้เครื่องเดียวกันที่ความเร็วหัวกด 2 มม./นาที

การทดสอบแรงกระแทก (Impact test) ทดสอบตาม ASTM D4812-19 ด้วยเครื่องแบบ pendulum ยี่ห้อ Zwick/Roell รุ่น 727676

การทดสอบความแข็ง (Hardness test) ใช้มาตรฐาน Rockwell scale L ด้วยเครื่อง Zwick/Roell รุ่น ZHU187.5 โดยใช้หัวกดบอลขนาด ¼ นิ้ว และทดสอบ 20 จุดต่อชิ้นตัวอย่างแต่ละการทดสอบใช้จำนวน 5 ชิ้น เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องและความสม่ำเสมอของผลลัพธ์

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลการทดสอบแรงดึง

การทดสอบแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซีเสริมเส้นใยผักตบชวาดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D638 เพื่อหาค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และมอดูลัสแรงดึง (Tensile modulus) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทานแรงดึงของอิพ็อกซีมีค่า 59.7 MPa และลดลงเหลือ 26.9 MPa เมื่อเสริมเส้นใย 20% โดยปริมาตร เนื่องจากการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและเมทริกซ์ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อวัสดุ เป็นผลให้การถ่ายโอนแรงระหว่างเฟสลดลง อย่างไรก็ตาม มอดูลัสแรงดึงเพิ่มขึ้นจาก 1.6 GPa เป็น 2.2 GPa เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย แสดงถึงการเพิ่มความแข็งเกร็งของวัสดุจากการเสริมเส้นใยที่มีโมดูลัสสูงกว่าเมทริกซ์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบ

ตัวอย่าง	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	มอดูลัสแรงดึง (MPa)
E	59.7 ± 4.2	1614.3 ± 28.4
5W	44.0 ± 2.5	2179.2 ± 24.0
10W	39.5 ± 2.5	2146.9 ± 15.1
15W	33.1 ± 0.6	2000.0 ± 12.7
20W	26.9 ± 1.9	2248.7 ± 19.1

3.2 ผลการทดสอบการดัดงอ

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติแรงดัด (ASTM D790) พบว่าความต้านทานแรงดัดของอิพ็อกซีลดลงจาก 89.6 MPa เหลือ 57.3 MPa เมื่อเพิ่มเส้นใย 20% โดยปริมาตร ขณะที่มอดูลัสดัดเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุดที่ตัวอย่าง 10W (≈97 GPa) แล้วลดลงเมื่อมีเส้นใยมากกว่า 15% พฤติกรรมนี้อธิบายได้จากการที่เส้นใยในปริมาณพอเหมาะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเสียรูปภายใต้แรงดัด (deflection resistance) แต่เมื่อมีเส้นใยมากเกินไปจะเกิดการรวมตัวเป็นกลุ่ม (fiber agglomeration) ทำให้แรงภายในกระจายไม่สม่ำเสมอและเกิดจุดอ่อนในโครงสร้าง (stress concentration)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการดัดงอของวัสดุเชิงประกอบ

ตัวอย่าง	ความต้านทานการดัด (MPa)	มอดูลัสการดัด (MPa)
E	89.6 ± 0.7	77168.8 ± 3640.8
5W	81.3 ± 1.8	79130.8 ± 2559.3
10W	64.5 ± 0.9	97219.7 ± 2192.4
15W	45.6 ± 0.4	70507.0 ± 2085.0
20W	57.3 ± 4.1	60029.1 ± 2708.6

3.3 ผลการทดสอบแรงกระแทก

การทดสอบการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซีเสริมเส้นใยผักตบชวาเพื่อหาค่าความต้านทานการกระแทกได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D4812 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการกระแทกและความแข็ง

ตัวอย่าง	ความต้านทานการกระแทก (kJ/m^2)	ความแข็ง (HRL)
E	8.0 ± 0.1	102.6 ± 0.7
5W	7.8 ± 1.2	102.8 ± 1.3
10W	9.8 ± 0.4	100.8 ± 1.3
15W	10.7 ± 1.4	96.3 ± 1.1
20W	11.4 ± 1.4	95.4 ± 1.0

จากผลการทดสอบพบว่า โดยอิพ็อกซี (E) มีค่าเพียง 8.0 kJ/m^2 แต่เมื่อเสริมเส้นใยในปริมาณ 20% ค่าเพิ่มขึ้นเป็น 11.4 kJ/m^2 ค่าความต้านทานการกระแทกเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยผักตบชวา สาเหตุที่ความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกเพิ่มขึ้น มาจากการที่เส้นใยช่วยดูดซับพลังงาน (energy absorption) และยืดรอยแตก (crack propagation) ทำให้วัสดุทนต่อแรงกระแทกได้ดีขึ้น

3.4 ผลการทดสอบความแข็ง

การทดสอบความแข็งด้วยมาตรฐาน Rockwell scale L (HRL) โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4 จากการทดสอบพบว่ามีผลในทางตรงกันข้ามกับการทดสอบแรงกระแทก โดยค่าความแข็ง (HRL) มีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยอิพ็อกซีวัดค่าความแข็งได้ 102.6 HRL ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมเส้นใยผักตบชวา 20% โดย

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ปริมาตรมีค่าความแข็งลดลงเหลือเพียง 95.4 HRL เนื่องจากเส้นใยมีโครงสร้างที่อ่อนกว่าเมทริกซ์อิพ็อกซี และอาจทำให้เกิดช่องว่างภายใน (voids) หรือการยึดเกาะไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ค่าความแข็งโดยรวมลดลง

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดสอบเชิงกลแสดงให้เห็นว่าการเสริมเส้นใยผักตบชวาส่งผลต่อสมบัติของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความต้านทานแรงดึงและแรงดัดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย เนื่องจากการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและเมทริกซ์อิพ็อกซีไม่สมบูรณ์ การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และการเกิดช่องว่าง (voids) ซึ่งขัดขวางการถ่ายโอนแรง เส้นใยผักตบชวามีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลลูโลสสูงและมีลิกนิน ทำให้พื้นผิวมีพลังงานต่ำและยึดเกาะกับเมทริกซ์ได้ยาก ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลง ขณะที่มอดูลัสแรงดึงและมอดูลัสดัดเพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่มีเส้นใยปานกลาง (5–10%) แสดงถึงบทบาทของเส้นใยในการเพิ่มความแข็งและจำกัดการเสียรูป[8,9]

ในทางกลับกัน ค่าความต้านทานแรงกระแทกเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย เนื่องจากเส้นใยช่วยดูดซับพลังงานและยืดรอยแตกผ่านกลไก fiber pull-out ส่วนค่าความแข็งลดลงเมื่อเพิ่มเส้นใย เพราะโครงสร้างเส้นใยอ่อนกว่าเมทริกซ์และเกิดช่องว่างในเนื้อวัสดุ แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น เช่น jute และ hemp ที่รายงานว่าการเสริมเส้นใยช่วยเพิ่มความเหนียว และความต้านทานแรงกระแทกแต่ลดความแข็งแรงโดยรวมของวัสดุ[10,11] ทั้งนี้ เส้นใยผักตบชวามีศักยภาพสำหรับการใช้งานที่ต้องการการดูดซับพลังงาน เช่น วัสดุป้องกันการกระแทก หรือชิ้นส่วนโครงสร้างรองรับมากกว่างานรับแรงหลัก และควรปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยและหาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความสมดุลของคุณสมบัติต่างๆ[12,13]

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมเส้นใยผักตบชวาในเมทริกซ์อิพ็อกซีส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุอย่างชัดเจน โดยค่าความต้านทานแรงดึงและแรงดัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย เนื่องจากปัญหาการยึดเกาะและการกระจายตัวที่ไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ค่ามอดูลัสแรงดึงและมอดูลัสดัดเพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่มีเส้นใยปานกลาง (5–10% โดยปริมาตร) ซึ่งสะท้อนบทบาทของเส้นใยผักตบชวาในการเพิ่มความแข็งและจำกัดการเสียรูปของวัสดุ พฤติกรรมดังกล่าวคล้ายกับวัสดุที่เสริมด้วยเส้นใยปอ (jute) หรือเส้นใยป่าน (hemp) ซึ่งให้ผลที่เหมือนกันโดยพบว่าเส้นใยธรรมชาติช่วยเพิ่มความเหนียว แต่ต้องอาศัยการกระจายตัวที่เหมาะสม[3,8]

โดยสรุปเส้นใยผักตบชวามีศักยภาพในการปรับปรุงสมบัติบางด้านของวัสดุเชิงประกอบอิพ็อกซี เช่น การเพิ่มความแข็งและความทนทานต่อแรงกระแทก แต่จำเป็นต้องควบคุมปริมาณเส้นใยให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และพิจารณาวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยเพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ เพื่อให้วัสดุมีสมดุลของสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเชิงวิศวกรรมและอุตสาหกรรมต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เลขที่สัญญา FITM-6501004-69

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Alsuwait RB, Souiyah M, Momohjimoh I, Ganiyu SA, Bakare AO. Recent Development in the Processing, Properties, and Applications of Epoxy-Based Natural Fiber Polymer Biocomposites. Polymers. 2023;15(1):145.

[2] Rangappa SM, Parameswaranpillai J, Siengchin S, Thomas S. Handbook of Epoxy/Fiber Composites. Handbook of Epoxy/Fiber Composites. 2022 Jan 1;1–1178.

[3] Faruk O, Bledzki AK, Fink HP, Sain M. Progress Report on Natural Fiber Reinforced Composites. Macromol Mater Eng. 2014;299(1):9–26.

[4] Sulardjaka S, Iskandar N, Nugroho S, Alamsyah A, Prasetya MY. The characterization of unidirectional and woven water hyacinth fiber reinforced with epoxy resin composites. Heliyon. 2022;8(9):e10484.

[5] Sumrith N, Dangtungee R. Mechanical properties of water hyacinth fiber reinforced bio-based epoxy composite. Key Eng Mater. 2019;818 KEM:7–11.

[6] Arivendan A, Thangiah WJJ, Ramakrishnan S, Desai DA. Biological Waste Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) Plant Powder Particle with Eggshell Filler-reinforced Epoxy Polymer Composite Material Property Analysis. J Bionic Eng. 2023;20(3):1386–99.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

[7] Supri AG, Tan SJ, Ismail H, Teh PL. Effect of Poly(methyl Methacrylate) Modified Water Hyacinth Fiber on Properties of Low Density Polyethylene/Natural Rubber/Water Hyacinth Fiber Composites. Polym Plast Technol Eng. 2011;50(9):898–906.

[8] Elfaleh I, Abbassi F, Habibi M, Ahmad F, Guedri M, Nasri M, et al. A comprehensive review of natural fibers and their composites: An eco-friendly alternative to conventional materials. Results in Engineering. 2023;19:101271.

[9] Asoodeh F, Aghvami-Panah M, Salimian S, Naeimirad M, khoshnevis H, Zadhoush A. The Effect of Fibers' Length Distribution and Concentration on Rheological and Mechanical Properties of Glass Fiber–Reinforced Polypropylene Composite. Journal of Industrial Textiles. 2022;51:8452S-8471S.

[10] Seid AM, Adimass SA. Review on the impact behavior of natural fiber epoxy based composites. Heliyon. 2024;10(20):e39116.

[11] Navaranjan N, Neitzert T. Impact Strength of Natural Fibre Composites Measured by Different Test Methods: A Review. MATEC Web of Conferences. 2017;109.

[12] Thimmegowda DY, Hindi J, Markunti GB, Kakunje M. Enhancement of Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites Using Different Approaches—A Review. Journal of Composites Science. 2025;9(5):220.

[13] Islam T, Chaion MH, Jalil MA, Rafi AS, Mushtari F, Dhar AK, et al. Advancements and challenges in natural fiber-reinforced hybrid composites: A comprehensive review. SPE Polymers. 2024;5(4):481–506.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การจัดการระบบอัคคีภัยในอาคารสูง ที่มีอายุเกิน 25 ปี

Fire protection system management in high-rise buildings over 25 years old

ภาคิไนย ชัยสุวรรณ์[1*] และ ศักดิ์ชาย รักการ[2]

Phakinai Chaisuwan[1*] and Sakchai Rakkan[2]

[1] สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถ.พัฒนาการ แขวงพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[2] ผู้อำนวยการ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถ.พัฒนาการ แขวงพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[1] Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Kasembundit University, 1761 Phatthanakan Road, Phatthanakan Subdistrict, Suan Luang District, Bangkok 10250

[2] Director, Master of Engineering Program in Engineering Management, Kasembundit University, 1761 Phatthanakan Road, Phatthanakan Subdistrict, Suan Luang District, Bangkok 10250

*Corresponding author: Phakinai Chaisuwan, e-mail address: Phakinaichaisuwan@gmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและปรับปรุงการจัดการระบบอัคคีภัยในคอนโดมิเนียมอาคารสูง 16 ชั้น อายุเกิน 25 ปี ในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งก่อสร้างตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) การประเมินใช้แบบตรวจสอบ (Checklist) พบข้อบกพร่อง 8 ข้อจากทั้งหมด 33 ข้อ [3]โดยเฉพาะในระบบ Fire Pump, Jockey Pump, Fire Alarm, Emergency Light และ Exit Light ที่ชำรุด [4]จึงได้ใช้แนวทางการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ในการปรับปรุง ฝ่ายบริหารอาคารได้วิเคราะห์ต้นทุนและดำเนินการปรับปรุงโดยผู้รับเหมาเป็นเงิน 439,890 บาท และส่วนที่ช่างอาคารดำเนินการเองช่วยประหยัดค่าแรงได้ 44,500 บาท (10.12%) หลังการปรับปรุง ค่าความเสี่ยง (RPN) ลดลงเฉลี่ย 83% แสดงถึงประสิทธิภาพของแนวทางการจัดการที่นำมาใช้

คำสำคัญ: การจัดการอัคคีภัย; อาคารสูง; การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน; การประเมินความเสี่ยง; กฎหมายควบคุมอาคาร

Abstract: This study aimed to assess and improve the fire protection system management in a 16-story high-rise condominium over 25 years old in Samut Prakan province, constructed under Ministerial Regulation No. 33 (B.E. 2535). An evaluation using a checklist identified 8 defects out of 33 items, particularly damaged equipment in the Fire Pump, Jockey Pump, Fire Alarm, Emergency Light, and Exit Light systems. Corrective Maintenance (CM) and Preventive Maintenance (PM) strategies were applied for improvements. The building administration analyzed costs, engaging a contractor for renovations totaling 439,890 THB, while in-house technicians handled certain tasks, saving 44,500 THB (10.12%) in labor costs. Post-improvement analysis showed an average Risk Priority Number (RPN) value reduction of 83%, demonstrating the effectiveness of the implemented management approach.

Keywords: Fire Management; High-Rise Building; Preventive Maintenance; Risk Assessment; Building Control Act

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

เมื่อประชากรเพิ่มขึ้นและเมืองขยายตัว อาคารแนวดิ่งจึงถูกสร้างมากขึ้นเพื่อรองรับที่อยู่อาศัยในพื้นที่จำกัด โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครที่มีอาคารสูงจำนวนมากซึ่งมีความเสี่ยงต่ออัคคีภัยสูง จากข้อมูลกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2560–2563 พบว่าเหตุอัคคีภัยในประเทศไทยลดลงจาก 1,439 ครั้ง เหลือ 674 ครั้ง ส่วนใหญ่เกิดในบ้านพักอาศัย แต่ปี 2563 มีมูลค่าความเสียหายสูงถึง 847 ล้านบาท แสดงถึงความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น [1]

คอนโดย่านบางพลี อายุราว 30 ปี พบว่าระบบอัคคีภัยชำรุด เช่น ระบบแจ้งเตือน เครื่องสูบน้ำ และเส้นทางหนีไฟ การศึกษานี้จึงมุ่งประเมินและปรับปรุงระบบความปลอดภัยอัคคีภัย รวมถึงลดต้นทุนการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [2] และได้นำปัญหามาวิเคราะห์โดยใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัยในอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษอยู่ภายใต้บังคับของกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2525) และที่แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 42 (พ.ศ. 2537) และฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ซึ่งออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 มาตรวจสอบข้อบกพร่องของระบบป้องกันอัคคีภัยในอาคาร รวมถึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5 วิจัย

1.1 การตรวจสอบอาคารในประเทศไทย

สมบัติ อริยศรีจิต (2540) ศึกษาปัญและผลกระทบจากการตรวจสอบอาคารสูง 10 แห่ง พบว่าการตรวจสอบอาคารยังเป็นเรื่องใหม่ในประเทศไทย โดยหน่วยงานของรัฐและผู้ตรวจสอบยังขาดมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ส่งผลให้กระบวนการตรวจสอบไม่เป็นไปตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคารอย่างสมบูรณ์

1.2 การประเมินความปลอดภัยผู้ใช้อาคาร

ศิริพร ชูชื่น (2551) ศึกษาความปลอดภัยผู้ใช้อาคารศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบและเอ็มโพเรียมททาวเวอร์ พบว่าระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย 10 ระบบ อยู่ในระดับปลอดภัยบ้าง แต่ 7 ระบบต้องซ่อมแซมแก้ไขให้ใช้งานได้ตามปกติ โดย 3 ระบบไม่รวมในการตรวจสอบ

1.3 การประเมินบันไดหนีไฟตามกฎหมาย

วิภาวรรณะ บุญอินทร์ (2556) ศึกษาบันไดหนีไฟในอาคารสำนักงาน 10 แห่ง พบว่าไม่มีอาคารใดผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลปรับปรุงระบบความปลอดภัยและการออกแบบบันไดหนีไฟให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

1.4 การประเมินประสิทธิภาพทางหนีไฟอาคารสำนักงาน

จิระศักดิ์ สะอาด (2553) ศึกษาอาคารสำนักงานย่านสุขุมวิท พบเส้นทางหนีไฟไม่ผ่าน 14 จาก 35 รายการตามกฎหมายเดิม เพื่อให้ผู้บริหารปรับปรุงให้สอดคล้องกับกฎหมายใหม่และเพิ่มความปลอดภัย

1.5 การประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัยอาคารสถานศึกษา 14 ชั้น

ฐานันต์ วชิระศักดิ์ชัย (2553) พบข้อบกพร่องจาก 42 รายการ โดย 19 รายการไม่เป็นไปตามกฎหมายและ 3 รายการใช้งานไม่ได้ จึงเสนอแนวทางปรับปรุงและวางแผนบริหารจัดการความปลอดภัย [3]

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การศึกษาเริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลระบบป้องกันอัคคีภัยที่ชำรุด พบ 10 ปัญหาและนำปัญหามาวิเคราะห์ โดยใช้หลักการ Fishbone Diagram เพื่อระบุองค์ประกอบของปัญหาในแต่ละรายการ [4]

หลังจากได้รายการปัญหาที่ชำรุดพร้อมสาเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดมาวิเคราะห์ โดยใช้หลักการของ Failure Mode and Effect Analysis: FMEA โดยการให้น้ำหนักซึ่งเป็นการระบุระดับ 1-10 ของ 3 องค์ประกอบ คือ โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (O) , ความสามารถในการตรวจสอบ (D) , ความรุนแรงที่เกิดขึ้น (S) และนำค่าทั้ง 3 มาคูณกันเพื่อหาค่า (O*D*S) RPN และนำมาจัดลำดับโดยวัดจากค่า RPN หรือค่าความเสี่ยง จากมากไปน้อยเพื่อลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหาก่อนปรับปรุง [5]

รวมถึงมีการจัดทำ Checklist เพื่อสำรวจสภาพอาคารและระบบป้องกันอัคคีภัย โดยอ้างอิงตามข้อกำหนดกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 เฉพาะหมวดที่ 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้และหมวดที่ 6 ระบบลิฟต์ โดยหมวดที่ 2 มี 29 ข้อ พบ 7 รายการใช้การไม่ได้และหมวดที่ 6 มี 4 พบ 1 รายการ รวม 8 รายการที่ต้องปรับปรุงแก้ไขด่วน [6]

เมื่อระบุสภาพปัญหาและข้อบกพร่องของระบบต่างๆ แล้ว จากนั้นจึงกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้การบำรุงรักษา 2 รูปแบบ

2.1 การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance: CM)

เพื่อซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหายให้กลับมาใช้งานได้ดังเดิม โดยระบุแนวทางเป็น 2 แบบ 1) แบบจัดหาผู้รับเหมา 2) แบบให้ผู้รับเหมาและช่างอาคารซ่อมแซมเองบางส่วน

2.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM)

เพื่อวางแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามวาระป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต โดยจัดทำแผน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

บำรุงรักษาประจำปี, แผนงบประมาณการบำรุงรักษา 5 ปี, แบบฟอร์มการตรวจสอบระบบ Fire Alarm System, แบบฟอร์มการตรวจเช็ค Generator รายสัปดาห์ และอื่นๆ

สุดท้ายได้มีการวิเคราะห์ต้นทุน 3 บริษัทในการปรับปรุงและเปรียบเทียบระหว่างการจ้างผู้รับเหมาภายนอกและการดำเนินการโดยช่างของอาคารเอง เพื่อหาแนวทางที่คุ้มค่าที่สุด ก่อนจะประเมินค่าความเสี่ยง (RPN) อีกครั้งหลังการปรับปรุงเพื่อวัดผลลัพธ์ของโครงการ รวมถึงได้ทำการ Checklist เพื่อสำรวจสภาพอาคารและระบบป้องกันอัคคีภัยโดยอ้างอิงตามข้อกำหนดกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 อีกครั้งหลังปรับปรุง

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการสำรวจและประเมินตามข้อกำหนดกฎกระทรวงฉบับที่ 33 หลังปรับปรุง พบข้อบกพร่องของระบบป้องกันอัคคีภัยที่ต้องได้รับการแก้ไขเร่งด่วน 8 ระบบ จากทั้งหมด 33 รายการ ปัญหาหลักที่พบคืออุปกรณ์สำคัญชำรุดและไม่พร้อมใช้งาน ได้แก่ ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump), ระบบปั๊มน้ำรักษาแรงดัน (Jockey Pump), ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm), อุปกรณ์ส่องสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light) และป้ายทางออกฉุกเฉิน (Exit Light) [7]

หลังจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วย FMEA และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ได้ผลลัพธ์ที่สำคัญดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ต้นทุน (Cost analysis)

ฝ่ายบริหารอาคารได้เปรียบเทียบใบเสนอราคาจากผู้รับเหมา 3 ราย และเลือกแนวทางการ ปรับปรุงแบบผสมผสาน โดยมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง 439,890 บาท อย่างไรก็ตาม มีงานบางส่วนที่ช่างของอาคารสามารถดำเนินการได้เอง เช่น การทำความสะอาดวาล์ว, การติดตั้งไฟฉุกเฉินและการเติมน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งช่วยประหยัดต้นทุนค่าแรงไปได้ **44,500 บาท (คิดเป็น 10.12%)** ทำให้ค่าใช้จ่ายสุทธิในการปรับปรุงครั้งนี้อยู่ที่ **395,390 บาท**

3.2 การลดลงของค่าความเสี่ยง (RPN)

หลังการปรับปรุงแก้ไขระบบทั้งหมด ได้มี การประเมินค่าความเสี่ยง (RPN) อีกครั้งและนำมา เปรียบเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุง พบว่าค่า RPN ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกระบบที่มีปัญหา โดย **ค่าลดลงเฉลี่ยถึง 83%** ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งบ่งชี้ว่ามาตรการที่นำมาใช้สามารถลดความเสี่ยงจากการเกิด อัคคีภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยง (RPN) ก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับ	รายการระบบที่บกพร่อง	ค่า RPN ก่อนปรับปรุง	ค่า RPN หลังปรับปรุง	% ความเสี่ยงที่ลดลง
1.	ตู้ควบคุม Fire Pump	648	100	84.57 %
2.	แบตเตอรี่ Fire Alarm	315	60	80.95 %
3.	วาล์วควบคุมแรงดัน	294	48	83.67%
4.	ระบบ Fire Alarm	280	48	82.86%
5.	ถังน้ำมันเชื้อเพลิง	240	36	85.00%
6.	ไฟส่องสว่างฉุกเฉิน	210	36	82.86%
7.	Exit Light	180	27	85.00%
8.	ตู้เก็บอุปกรณ์ดับเพลิง	100	18	82.00%
9.	ตู้ควบคุม Jockey Pump	96	12	87.50%
10.	เกจวัดแรงดันน้ำ	30	6	80.00%
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสี่ยงที่ลดลง				**83.00%**

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาพบว่า อาคารสูงอายุราว 30 ปีในย่านบางพลีมีความเสี่ยงสูงต่ออัคคีภัยเนื่องจากระบบป้องกันเพลิงไหม้เสื่อมสภาพและขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง การใช้หลักการ FMEA ช่วยจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและวางแผนแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ค่าความเสี่ยง (RPN) ลดลงเฉลี่ย 83% หลังการปรับปรุง

แสดงให้เห็นว่าการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและเชิงป้องกันสามารถยกระดับความปลอดภัยของอาคารได้จริง นอกจากนี้การเลือกใช้แนวทางปรับปรุงแบบผสมผสานระหว่างผู้รับเหมาภายนอกกับช่างประจำอาคารช่วยลดต้นทุนลงราว 10% โดยใช้ค่าใช้จ่ายจริงเพียง 395,390 บาท ซึ่งถือเป็นแนวทางที่ทั้งคุ้มค่าและปลอดภัยสำหรับการบริหารจัดการอาคารในระยะยาว [8]

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้มุ่งประเมินและปรับปรุงระบบความปลอดภัยอัคคีภัยของอาคารสูงอายุย่านบางพลี โดยใช้ Fishbone Diagram เพื่อวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหา และ FMEA ในการประเมินความเสี่ยงของแต่ละระบบ พบว่า Fire Pump และ Fire Alarm มีความเสี่ยงสูงสุด จากนั้นใช้ Checklist ตามกฎกระทรวงเพื่อตรวจสอบ พบ 8 รายการไม่ผ่านมาตรฐาน จึงดำเนินการบำรุงรักษาแบบผสม CM และ PM ช่วยลดค่าใช้จ่าย 10.12% และเมื่อตรวจซ้ำ ค่า RPN ลดลงเฉลี่ย 83% ทุกระบบผ่านมาตรฐาน สรุปได้ว่าการใช้ FMEA ร่วมกับ Checklist และการบำรุงรักษาเชิงระบบช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้คือ ฝ่ายบริหารจัดการอาคารควรจัดทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่ชัดเจนและปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์และทำให้ระบบพร้อมใช้งานตลอดเวลา นอกจากนี้ ควรมีการฝึกอบรมและซ้อมอพยพหนีไฟเป็นประจำ เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับผู้พักอาศัยและเจ้าหน้าที่ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากคำแนะนำและการสนับสนุนจาก อาจารย์ ดร. ศักดิ์ชาย รักการ อาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ขอขอบคุณโครงการคอนโดมิเนียมของบริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการศึกษา

7. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] ราชกิจจานุเบกษา. กฎกระทรวงฉบับที่ 33. (2535,17 กุมภาพันธ์). เล่มที่ 109 (ตอนที่ 11).

[2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณะภัย. (2563). รายปีสถิติอัคคีภัยย้อนหลัง 10 ปี (2560 – 2563). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://datacenter.disaster.go.th/

[3] วิฑูรย์ สิมะโชคดี, วีรพงษ์ เฉลิมจิระวัฒน์. (2550). วิศวกรรมและการบริการ ความปลอดภัยในโรงงาน. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[4] ฐานันต์ วชิรศักดิ์ชัย. (2553). การประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในอาคาร กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษา 14 ชั้น. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม)

[5] จิระศักดิ์ สะอาด. (2553). การประเมินประสิทธิภาพทางหนีไฟ กรณีศึกษา อาคารสำนักงานย่านสุขุมวิท. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม)

[6] สมบัติ อริยศรีจิต. (2540). การศึกษาปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบอาคาร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์)

[7] ศิริพร ชูชื่น. (2551). การประเมินความปลอดภัยผู้ใช้อาคาร กรณีศึกษา ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การจัดการขยะอินทรีย์เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มความยั่งยืนในชุมชน: กรณีศึกษาพื้นที่ตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่

Organic Waste Management for Promoting Utilization and Enhancing Community Sustainability: A Case Study of the Walking Street Market Area in Pak Nam Subdistrict, Mueang Krabi District, Krabi Province

ไวกูณฑ์ ไพโรจน์ฤทธิ์กุล*, สุวิทย์ แพงกันยา และ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

Waikul Phirojritikul*, Suwit Paengkanya and Saharat Wongsisa

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Coressponding author: Waikul Phirojritikul, e-mail address: waikul-p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการนำขยะอินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์ในชุมชนรอบตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ จังหวัดกระบี่ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ประกอบการจำนวน 30 ราย ครัวเรือนจำนวน 30 ราย และเจ้าหน้าที่เทศบาลที่เกี่ยวข้องจำนวน 5 ราย รวมจำนวน 65 ราย ทำการศึกษาพฤติกรรม ทัศนคติ ความรู้และสถานการณ์ ใช้แบบสอบถามพร้อมกับการศึกษาจำนวนขยะของ เทศบาลเมืองกระบี่ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการใช้โปรแกรม SPSS ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยความรู้การจัดการขยะอินทรีย์เท่ากับ 3.42 (SD = 0.71) ผู้ตอบส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 31–50 ปี และค่าเฉลี่ยด้านทัศนคติมีค่าเท่ากับ 3.85 (SD = 0.68) ซึ่งสูงกว่าค่ากลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\rho < 0.05$) แสดงให้เห็นกลุ่มตัวอย่างมีระดับความรู้และทัศนคติที่ดีต่อการจัดการขยะอินทรีย์มากกว่าค่าเฉลี่ยทั่วไป นอกจากนี้การเปรียบเทียบพฤติกรรมของครัวเรือน พบว่าครัวเรือนที่มีความรู้และทัศนคติเชิงบวกมีแนวโน้มคัดแยกขยะอินทรีย์อย่างสม่ำเสมอ มากกว่าร้อยละ 40 ขณะที่ครัวเรือนที่มีความรู้หรือทัศนคติในระดับต่ำกว่ามักไม่มีการคัดแยกขยะ ในด้านศักยภาพการใช้ประโยชน์ พบว่าสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ 19,440 ตัน และก๊าซชีวมวล 4,276,800 ลบ.ม. งานวิจัยเสนอแนวทางการแยกขยะต้นทาง การมีส่วนร่วมของประชาชน และการประยุกต์เศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อยกระดับความยั่งยืนของชุมชน

คำสำคัญ: ขยะอินทรีย์; การจัดการขยะ; ความยั่งยืน; หลัก 3R; เศรษฐกิจหมุนเวียน

Abstract: This research aimed to study the potential utilization of organic waste in the community surrounding the Walking Street Market, Pak Nam Subdistrict, Krabi Province. The sample consisted of 65 participants, including 30 vendors, 30 households, and 5 municipal officers. Data were collected using questionnaires and municipal waste records, and analyzed with descriptive statistics and SPSS. Results revealed that the average knowledge score of organic waste management was 3.42 (SD = 0.71), while the mean attitude score was 3.85 (SD = 0.68), both significantly higher than the midpoint ($\rho < 0.05$). Most respondents were female and aged 31–50 years. Households with higher knowledge and positive attitudes consistently practiced waste separation at rates exceeding 40%, while those with lower scores tended not to separate

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

waste. In terms of potential utilization, organic waste could produce approximately 19,440 tons of compost and 4,276,800 m³ of biogas. The study recommends source separation, public participation, and the application of circular economy principles to enhance community sustainability.

Key words: Organic waste; Waste management; Sustainability; 3R principles; Circular economy

1. บทนำ (Introduction)

ปัญหาขยะมูลฝอยได้กลายเป็นหนึ่งในประเด็นสิ่งแวดล้อมระดับโลกที่ส่งผลกระทบทั้งต่อสุขภาพของประชาชน คุณภาพชีวิต และระบบนิเวศโดยรวม โดยเฉพาะในเขตเมืองหรือพื้นที่ท่องเที่ยวที่มีการกระจุกตัวของประชากรและกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ขยะอินทรีย์ เป็นองค์ประกอบหลักของขยะมูลฝอยในชุมชน โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยเศษอาหาร วัสดุย่อยสลายได้ และของเหลือจากครัวเรือนและร้านค้า ซึ่งแม้จะสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การผลิตปุ๋ยหมัก พลังงานชีวภาพหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แต่ในความเป็นจริง กลับพบว่ามีเพียงร้อยละ 30 ของขยะอินทรีย์ที่ได้รับการนำกลับมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม ส่วนที่เหลือยังคงถูกทิ้งรวมกับขยะทั่วไปและกำจัดด้วยวิธีฝังกลบหรือเผา ทำให้สูญเสียทรัพยากรที่มีคุณค่าและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพสูง [1]

จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2566 ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนรวมทั้งสิ้น 27.93 ล้านตันต่อปี หรือเฉลี่ยวันละ 76,560 ตัน โดยมากกว่าร้อยละ 50 หรือประมาณ 38,000 ตันต่อวัน เป็นขยะอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งกำเนิดในครัวเรือน ตลาดสด ร้านอาหาร และสถานประกอบการภายในชุมชน [2] โดยเฉพาะในพื้นที่ท่องเที่ยวอย่างจังหวัดกระบี่ ซึ่งมีประชากรแฝงและนักท่องเที่ยวหมุนเวียนจำนวนมาก ส่งผลให้มีปริมาณขยะในช่วงวันหยุดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้อมูลจากเทศบาลเมืองกระบี่ ระบุว่า ในช่วงวันศุกร์–อาทิตย์ ซึ่งเป็นวันที่มีการจัดกิจกรรมตลาดถนนคนเดิน มีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยวันละ 1.5–2 ตัน โดยขยะอินทรีย์ คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 60

อย่างไรก็ตาม ปัญหาดังกล่าวยังคงไม่ได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพในระดับชุมชน เนื่องจากขาดระบบแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง ขาดความรู้และแรงจูงใจจากประชาชน รวมถึงขาดกลไกสนับสนุนจากภาครัฐหรือท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ แนวคิดจากองค์การสหประชาชาติ (UNEP, 2021) [3] ระบุว่าการจัดการขยะอินทรีย์อย่างยั่งยืน ควรเริ่มจากการแยกขยะต้นทาง (source separation) ซึ่งเป็นหัวใจของการสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเป็นกลยุทธ์สำคัญในการลดของเสียและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าในระดับชุมชน [4]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา“การจัดการขยะอินทรีย์ในชุมชนรอบตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ จังหวัดกระบี่” จึงมีความสำคัญในการศึกษาสถานการณ์จริงของขยะอินทรีย์ในพื้นที่ชุมชนเมืองท่องเที่ยว รวมถึงพฤติกรรมและทัศนคติของครัวเรือนในการแยกขยะ พร้อมทั้งประเมินศักยภาพในการนำขยะอินทรีย์ กลับมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม เพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางการจัดการที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ และสนับสนุนเป้าหมายความยั่งยืนของชุมชนในระยะยาว

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยกำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1) ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาสถานการณ์และรูปแบบการจัดการขยะอินทรีย์ (Organic Waste) ในชุมชนรอบตลาดถนนคนเดิน โดยเน้นที่ พฤติกรรมและความรู้ของครัวเรือนในการแยกขยะอินทรีย์, ศักยภาพในการนำขยะอินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์ เช่น การทำปุ๋ยหมัก และการผลิตก๊าซชีวมวล และแนวทางการจัดการขยะอินทรีย์ที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนโดยอ้างอิงแนวคิดหลัก 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

2) ขอบเขตด้านพื้นที่ ดำเนินการวิจัยในพื้นที่ชุมชนรอบตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นพื้นที่เชิงพาณิชย์และการท่องเที่ยวที่มีประชากรแฝงและปริมาณขยะเพิ่มสูงในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3) ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ผู้ประกอบการร้านค้าในตลาดถนนคนเดิน จำนวน 30 ราย ครัวเรือนในพื้นที่รอบตลาด จำนวน 30 ราย และเจ้าหน้าที่เทศบาลเมืองกระบี่ จำนวน 5 ราย รวมทั้งสิ้น 65 ราย โดยใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และการสังเกตการณ์จริงเป็นเครื่องมือในการวิจัย

4) ขอบเขตด้านระยะเวลา ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงระหว่างเดือน มิถุนายน–กันยายน พ.ศ. 2568 โดยใช้ข้อมูลสถิติปริมาณขยะอินทรีย์ย้อนหลังจากเทศบาลเมืองกระบี่ในช่วงปี พ.ศ. 2566–2568 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการประเมินศักยภาพการใช้ประโยชน์จากขยะอินทรีย์

2.2 เครื่องมือในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัยดังต่อไปนี้

1) แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง ใช้สำหรับเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ประกอบการร้านค้าในตลาดถนนคนเดิน จำนวน 30 ราย ครัวเรือนในพื้นที่รอบตลาด จำนวน 30 ราย และเจ้าหน้าที่เทศบาลเมืองกระบี่ จำนวน 5 ราย โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 พฤติกรรมการจัดการขยะอินทรีย์ ตอนที่ 3 ความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับการจัดการขยะ และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

2) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง สำหรับเก็บข้อมูลเชิงลึกจากเจ้าหน้าที่เทศบาลและกลุ่มแม่บ้าน/ผู้นำชุมชน เพื่อวิเคราะห์ข้อจำกัดและศักยภาพของระบบจัดการขยะอินทรีย์ในปัจจุบัน

3) แบบบันทึกการสังเกตการณ์ ใช้สำหรับบันทึกพฤติกรรมของประชาชนในการแยกขยะ สภาพพื้นที่รองรับขยะ จุดทิ้งขยะ และระบบเก็บขนในช่วงเวลาที่มีการจัดตลาดถนนคนเดิน

4) ข้อมูลทุติยภูมิ สถิติปริมาณขยะอินทรีย์ย้อนหลัง พ.ศ. 2566–2568 ที่ได้รับจากเทศบาลเมืองกระบี่ เพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพของการนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยหมัก และก๊าซชีวมวล

2.3 แนวทางการศึกษา

งานวิจัยนี้มีแนวทางในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ศึกษาทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวคิดการจัดการขยะอินทรีย์ หลัก 3Rs เศรษฐกิจหมุนเวียน และพฤติกรรมผู้บริโภค

2) ออกแบบเครื่องมือวิจัย จัดทำแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และแบบสังเกตการณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3) ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม ช่วงเดือน มิถุนายน–กันยายน พ.ศ. 2568 โดยสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างในชุมชนรอบตลาดถนนคนเดิน

4) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อประเมินพฤติกรรม ความรู้ ทัศนคติ และศักยภาพของการจัดการขยะอินทรีย์

5) เสนอแนวทางการจัดการขยะอินทรีย์ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากบริบทท้องถิ่นและเชื่อมโยงกับแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนและความยั่งยืน

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อสรุปลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงพฤติกรรมในการจัดการขยะอินทรีย์ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงปริมาณของการนำขยะอินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์ โดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์เฉลี่ยต่อวัน เปรียบเทียบกับอัตราการนำไปใช้ประโยชน์จริง เช่น อัตราการผลิตปุ๋ยหมัก (กิโลกรัม/ตันขยะ) และปริมาณก๊าซชีวมวลที่สามารถผลิตได้ (ลูกบาศก์เมตร/ตันขยะ) เพื่อนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาเชื่อมโยงกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) หลัก 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) รวมถึงนโยบายและแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อเสนอแนวทางการบริหารจัดการขยะอินทรีย์ที่เหมาะสมและยั่งยืนในชุมชน

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

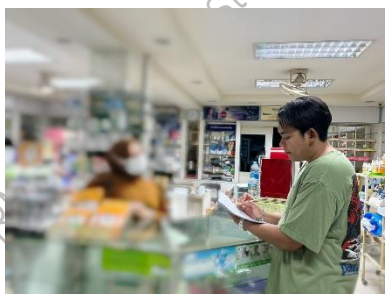
3.1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ตอบแบบสอบถาม 65 คน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ได้แก่ ผู้ประกอบการร้านค้า 30 ราย (ร้อยละ 46.15) ดังแสดงในภาพที่ 1 ครัวเรือน 30 ราย (ร้อยละ 46.15) ดังแสดงในภาพที่ 2 และเจ้าหน้าที่เทศบาลเมืองกระบี่ 5 ราย (ร้อยละ 7.70) ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า เพศผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง 38 คน (ร้อยละ 58.46) และเพศชาย 27 คน (ร้อยละ 41.54), อายุ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 31–50 ปี จำนวน 41 คน (ร้อยละ 63.08) รองลงมาอายุไม่เกิน 30 ปี จำนวน 15 คน (ร้อยละ 23.08) และอายุมากกว่า 50 ปี จำนวน 9 คน (ร้อยละ 13.84) อาชีพ ในกลุ่มผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นร้านอาหารและร้านขายอาหารสด (ร้อยละ 56.67) รองลงมาคือร้านขายสินค้าเบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 26.67) ดังแสดงในตารางที่ 1 ข้อมูลนี้สะท้อนว่าเพศหญิงและกลุ่มวัยทำงานตอนกลางเป็นผู้มีบทบาทหลักในการจัดการขยะอินทรีย์ในครัวเรือน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศรีจุดารัตน์ [5] ที่พบว่าเพศหญิงมักเป็นผู้จัดการครัวเรือนและมีบทบาทสำคัญในการกำหนดพฤติกรรมการทิ้งขยะ

ภาพที่ 1 สัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านค้าในตลาดถนนคนเดิน จังหวัดกระบี่



ภาพที่ 2 สัมภาษณ์ครัวเรือน

ภาพที่ 3 สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
ประเภทกลุ่มตัวอย่าง		
ผู้ประกอบการ	30	46.15
ครัวเรือน	30	46.15
เจ้าหน้าที่เทศบาล	5	7.70
รวม	65	100
เพศ		
ชาย	27	41.54
หญิง	38	58.46
รวม	65	100
อายุ		
ไม่เกิน 30 ปี	15	23.08
31 – 50 ปี	41	63.08
มากกล่า 50 ปี	9	13.84
รวม	65	100
อาชีพ (เฉพาะกลุ่มผู้ประกอบการ)		
ร้านอาหาร/ร้านขายอาหารสด	17	56.67
ร้านขายสินค้าเบ็ดเตล็ด	8	26..67
อื่น ๆ	5	16.66
รวม	30	100

3.2 พฤติกรรมและความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะอินทรีย์

ครัวเรือนที่มีความรู้และทัศนคติเชิงบวกต่อการแยกขยะ มีพฤติกรรมแยกขยะอินทรีย์สม่ำเสมอ ร้อยละ 43.3 (13 ครัวเรือน) ครัวเรือนที่แยกขยะบ้างบางครั้ง ร้อยละ 36.7 (11 ครัวเรือน) และไม่เคยแยกขยะเลย ร้อยละ 20.0 (6 ครัวเรือน) และค่าเฉลี่ยความรู้ด้านการจัดการขยะอยู่ที่ 3.42 จากคะแนนเต็ม 5 ส่วน ค่าเฉลี่ยทัศนคติอยู่ที่ 3.85 ซึ่งอยู่ในระดับ “ค่อนข้างดี” ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพฤติกรรมที่ถูกต้อง กลุ่มที่เคยเข้าร่วมอบรมหรือกิจกรรมรณรงค์ของเทศบาล มีคะแนนพฤติกรรมแยกขยะสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เคยเข้าร่วมถึง 1.2 คะแนน ($p < 0.05$) สอดคล้องกับทฤษฎี TPB (Ajzen, 1991) ที่อธิบายว่าทัศนคติและการรับรู้การควบคุมพฤติกรรมมีผลต่อพฤติกรรมที่แท้จริง [6]

FTI & RMUTP Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3.3 ศักยภาพการนำขยะอินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์

จากข้อมูลของเทศบาลเมืองกระบี่ พบว่าในช่วงวันศุกร์–อาทิตย์ ซึ่งเป็นช่วงการจัดตลาดถนนคนเดิน ระหว่างปี 2566–2568 มีปริมาณขยะรวม 172,800 ตัน ซึ่งในการคำนวณหาปริมารขยะอินทรีย์ทั้งหมด จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ระบุว่า ขยะอินทรีย์ หรือ ขยะเศษอาหาร/เศษพืช มีสัดส่วนเฉลี่ย ประมาณ 45–50% ของขยะมูลฝอยทั้งหมดในประเทศไทย [7] เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการประเมินและมีความอนุรักษ์นิยม จึงใช้ค่าเฉลี่ย 45% เป็นสัดส่วนของขยะอินทรีย์ในการคำนวณนี้ ดังนั้น ปริมาณขยะอินทรีย์ทั้งหมด 172,800 ตัน x 45% เท่ากับ 77,760 ตันของขยะอินทรีย์ ตามสมการที่ (1)

ปริมาณขยะอินทรีย์ = ปริมาณขยะรวม x สัดส่วนขยะอินทรีย์ (1)

ตารางที่ 2 ข้อมูลปริมาณขยะรวม ปี 2566-2568

หน่วยงานหลัก	ปริมาณเฉลี่ย (ตัน/เดือน)	ช่วงเวลา (เดือน)	ปริมาณรวม (ตัน)	ร้อยละ
อบต.อ่าวนาง	2,300	36	82,800	47.92
เทศบาลเมืองกระบี่	1,400	36	50,400	29.17
อบต.ไสไทย	400	36	14,400	8.33
เทศบาลกระบี่น้อย	350	36	12,600	7.29
เทศบาลเหนือคลอง	200	36	7,200	4.17
หน่วยงานอื่น ๆ (รวมโดยประมาณ)	150	36	5,400	3.13
รวมทั้งหมด			172,800	100

และขยะอินทรีย์ 1 ตัน สามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ร้อยละ 25–30 โดยน้ำหนัก [7] ซึ่งปริมาณขยะอินทรีย์ทั้งหมด (ปี 66-68) ประมาณ 76,760 ตันของขยะอินทรีย์ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการประเมินและมีความอนุรักษ์นิยม จึงใช้ค่าเฉลี่ย 25% เป็นสัดส่วนของการผลิตปุ๋ยหมักในการคำนวณนี้ ดังนั้น ปริมาณปุ๋ยหมัก (ตัน) ทั้งหมดที่สามารถผลิตได้ 77,760 x 25% เท่ากับ 19,440 ตัน จากขยะอินทรีย์ตามสมการที่ (2)

ปริมาณปุ๋ยหมัก (ตัน)
= ปริมาณขยะอินทรีย์ (ตันของขยะอินทรีย์) *
สัดส่วนที่เปลี่ยนเป็นปุ๋ยหมัก (25–30%) (2)

การผลิตก๊าซชีวมวลจากขยะอินทรีย์สามารถให้ก๊าซมีเทน (CH_4) ได้เฉลี่ยระหว่าง 50–60 ลูกบาศก์เมตรต่อขยะอินทรีย์ 1 ตัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของขยะและกระบวนการหมัก โดยอ้างอิงข้อมูลจาก Tchobanoglous [8] ในการคำนวณครั้งนี้เลือกใช้ค่าเฉลี่ยกึ่งกลางที่ 55 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตัน เพื่อความเป็นกลางและเหมาะสมกับสภาพการศึกษา ดังนั้น ขยะอินทรีย์จำนวน 77,760 ตันของขยะอินทรีย์ สามารถผลิตก๊าซชีวมวลได้ 77,760 ตัน x 55 ลบ.ม./ตัน เท่ากับ 4,276,800 ลบ.ม. ตามสมการที่ (3)

ปริมาณก๊าซชีวมวล (ลบ.ม.)
= ปริมาณขยะอินทรีย์ (ตันของขยะอินทรีย์) x
ปริมาณก๊าซเฉลี่ย (55 ลบ.ม./ตัน) (3)

ตารางที่ 3 สรุปศักยภาพโดยรวมของขยะอินทรีย์ในอำเภอเมืองกระบี่ (ปี 2566 - 2568)

รายการ	ปริมาณโดยประมาณ (ตลอด 3 ปี)
ขยะมูลฝอยรวมทั้งหมด	172,800 ตัน
ขยะอินทรีย์ (45%)	77,760 ตัน
ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ (25%)	19,440 ตัน
ปริมาณก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้ (55 ลบ.ม./ตัน)	4,276,800 ลบ.ม.

3.4 ปัญหาและข้อจำกัดในการจัดการขยะอินทรีย์

จากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์ พบปัญหาหลัก ได้แก่ ขาดการรณรงค์ต่อเนื่องจากภาครัฐ, ครัวเรือนจำนวนมากยังไม่มีถังหมักหรือพื้นที่แยกขยะที่เพียงพอ ดังแสดงในภาพที่ 4 และความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการจัดการขยะ เช่น การเข้าใจว่าขยะเปียกและขยะรีไซเคิลสามารถทิ้งรวมกันได้

ภาพที่ 4 บริบทพื้นที่ทิ้งขยะในตลาด

FTI & RMUTP Multi Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

4. สรุปผล

4.1 การสนับสนุนแนวทางการจัดการขยะอย่างยั่งยืน

งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า การแยกขยะอินทรีย์ตั้งแต่ต้นทางสามารถช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัดและเพิ่มโอกาสในการใช้ประโยชน์ เช่น การทำปุ๋ยหมักและก๊าซชีวมวล ซึ่งสอดคล้องกับหลัก 3Rs โดยลดของเสียตั้งแต่ต้นทาง ใช้ซ้ำ และหมุนเวียนกลับเข้าสู่ระบบ เศษอาหารจากร้านค้าและครัวเรือนถูกนำไปผลิตปุ๋ยและน้ำหมัก นอกจากนี้ยังตอบโจทย์แนวคิด เศรษฐกิจหมุนเวียน เพราะเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากร สร้างรายได้เสริมแก่ครัวเรือนและลดค่าใช้จ่ายด้านการกำจัดของเทศบาล อีกทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชน ส่งเสริมให้มีถังแยกขยะในครัวเรือน เสริมสร้างความตระหนักรู้และพฤติกรรมที่ยั่งยืนในระดับชุมชน

4.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยในอนาคต

4.2.1 พัฒนาโครงการแยกขยะต้นทางอย่างต่อเนื่อง

เทศบาลควรจัดทำโครงการสนับสนุน เช่น การแจกถังหมักปุ๋ยอินทรีย์ การให้รางวัลหรือส่วนลดค่าธรรมเนียมแก่ครัวเรือนหรือร้านค้าที่แยกขยะสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการแยกขยะตั้งแต่ต้นทางและลดปริมาณขยะปลายทาง

4.2.2 วิจัยเทคโนโลยีการแปรรูปขยะอินทรีย์ในรูปแบบใหม่ๆ

การผลิตพลังงานทดแทน เชื้อเพลิงชีวมวล RDF หรือผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มอื่น ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพของเศรษฐกิจหมุนเวียนและความยั่งยืนของชุมชน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เทศบาลเมืองกระบี่ อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล รวมถึงผู้ประกอบการและครัวเรือน ตลาดถนนคนเดิน ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ภาคสนามอย่างดียิ่ง นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). การจัดการขยะอินทรีย์เพื่อการลดก๊าซเรือนกระจก. กรุงเทพมหานคร: อบก. 2562.

[2] กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2566. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2566.

[3] UNEP. Food Waste Index Report 2021. Nairobi: United Nations Environment Programme. 2021. https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021.

[4] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. แนวทางการจัดการขยะอินทรีย์ในครัวเรือน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2566.

[5] ศรีจุดารัตน์ รักงาน. การรับรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะของพนักงานกลุ่มงานขนส่งสินค้าในธุรกิจขุดเจาะน้ำมัน เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง; 2562.

[6] ชญานิศา สุขแสง. ความรู้และทัศนคติต่อการจัดการขยะอินทรีย์ของประชาชนในชุมชนเมือง. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 2563; 18(1), 89–102.

[7] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. คู่มือการจัดการขยะอินทรีย์และการผลิตปุ๋ยหมักในครัวเรือน. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2564.

[8] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. New York: McGraw-Hill. 1993.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบดับเพลิง
Improvement of Preventive Maintenance Process for Fire Protection Systems

เทอดพงษ์ พันทะแสน*, สุวิทย์ แพงกันยา และ สหรัตน์ วงศ์ศรีษะ

Thurdpong Pantasan*, Suwit Paengkanya and Saharat Wongsrisa

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Corresponding author: Thurdpong Pantasan, e-mail address: THURDPONG-P@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบดับเพลิง โดยการศึกษาข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากระบบ FIRE ALARM ในสถานประกอบการระหว่างเดือน มกราคม 2567 ถึงสิงหาคม 2568 จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือแผนภูมิพาเรโตและแผนภูมิก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักของความผิดพลาดและเวลาหยุดทำงานของระบบมาจากการสะสมของฝุ่นละออง อุปกรณ์ชำรุด และอะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งคิดเป็นกว่า 80% ของเวลารวมที่ระบบต้องหยุดทำงาน การพัฒนาแนวทางปรับปรุงครอบคลุมการจัดทำคู่มือวิธีปฏิบัติงาน (WI) การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ และการบริหารจัดการอะไหล่ด้วยระบบ RFID ซึ่งส่งผลให้ดัชนีประสิทธิภาพของระบบกลับดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยค่า MTBF เพิ่มจาก 15,720 นาที เป็น 85,920 นาที (เพิ่มขึ้น 18.30%) ค่า MTTR ลดลงจาก 360 นาที เป็น 180 นาที (ลดลง 50%) และค่า Availability เพิ่มจาก 98.24 % เป็น 99.44 % (เพิ่มขึ้น 1.22%) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การบริหารจัดการแบบเชิงระบบตามรากสาเหตุสามารถลดความถี่และระยะเวลาการหยุดการทำงานของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสามารถนำแนวทางดังกล่าวขยายผลไปยังระบบผลิตอื่นในโรงงานได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ระบบดับเพลิง; การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน; FIRE ALARM; แผนภูมิพาเรโต; แผนภูมิก้างปลา

Abstract: This study aims to improve the preventive maintenance process of fire protection systems by collecting both quantitative and qualitative data from FIRE ALARM systems in industrial facilities between January 2024 and August 2025. Data analysis using Pareto charts and fishbone diagrams revealed that the primary causes of system failures and downtime were dust accumulation, defective equipment, and unavailability of spare parts, accounting for over 79% of total system downtime. The improvement initiatives included the development of work instructions (WI), staff training, and spare parts management through an RFID-based system. As a result, system performance indicators significantly improved: Mean Time Between Failures (MTBF) increased from 15,720 minutes to 85,920 minutes (an 18.30% increase), Mean Time to Repair (MTTR) decreased from 360 minutes to 180 minutes (a 50% reduction), and system Availability rose from 98.24% to 99.44% (a 1.22% increase). The findings demonstrate that a systematic, root-cause–oriented management approach can effectively reduce both the frequency and duration of system downtime, while offering a sustainable model that can be extended to other production systems within the factory.

Keywords: Fire protection system; Preventive maintenance; FIRE ALARM; Pareto chart; Fishbone diagram

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ระบบดับเพลิงและป้องกันอัคคีภัยเป็นหนึ่งในระบบความปลอดภัยที่สำคัญที่สุดของอาคารและสถาประกอบการ เนื่องจากมีหน้าที่แจ้งเตือนและควบคุมเหตุเพลิงไหม้ตลอดจนช่วยลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน [1, 2] ระบบดังกล่าวประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชนิด เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector) เซ็นเซอร์ตรวจจัดความร้อน (Heat Detector) จุดแจ้งเตือนด้วยมือ (Manual Call Point) และแผงควบคุม (Control Panel) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ต้องได้รับการดูแลและบำรุงรักษาอย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อรับมือกับเหตุฉุกเฉินได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย [3]

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ของระบบดับเพลิงมีความสำคัญต่อการรักษาความพร้อมใช้งานของระบบ ลดโอกาสการขัดข้อง และยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ การตรวจสอบและซ่อมบำรุงตามแผนจะช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากความผิดพลาดของอุปกรณ์หรือองค์ประกอบในระบบ [4-6] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำนำเสนอแนวทางการบำรุงรักษาระบบดับเพลิงในสถานประกอบการ ซึ่งคาดว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบดับเพลิง ตลอดจนลดเวลาหยุดทำงานและต้นทุนการบำรุงรักษา พร้อมทั้งส่งเสริมให้ระบบมีความยั่งยืน [7-9] และสามารถขยายผลในสถานประกอบการอื่น ๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานความปลอดภัยและแนวทางปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้เป็น แนวทางในการพัฒนาระบบป้องกันอัคคีภัยที่มีประสิทธิผล [10] และครบวงจรในยุคปัจจุบัน

จากข้อดีของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการและแนวทางการปรับปรุงบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบดับเพลิงในสถานประกอบการ ภายใต้การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์เช่น แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) และแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) รวมถึงการประเมินผลการปรับปรุงด้วยดัชนีชี้วัดที่สำคัญ ได้แก่ MTBF, MTTR และ Availability

2. วิธีการวิจัย (Research Methodology)

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากแหล่งข้อมูลหลักที่เกี่ยวข้องกับระบบดับเพลิงในสถานประกอบการที่เลือกศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงระยะเวลาหนึ่งปี ระหว่างเดือนมกราคม 2567 ถึงสิงหาคม 2568 แหล่งข้อมูลหลักประกอบด้วย

- บันทึกการปฏิบัติงานและเวลาที่ระบบดับเพลิงหยุดทำงาน (Downtime and Operation Logs)
- รายงานการซ่อมแซมและบำรุงรักษาจากฝ่ายที่รับผิดชอบ (Maintenance Reports)
- แบบสอบถามรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบบำรุงรักษาและการฝึกอบรม
- เอกสารคู่มือปฏิบัติงานและข้อมูลงานฝึกอบรมที่ใช้ในการควบคุมการบำรุงรักษา
- ข้อมูลอะไหล่และวัสดุสำรองที่จัดเก็บในระบบบริหารจัดการ เช่น ระบบ RFID และฐานข้อมูล MRP เพื่อวิเคราะห์การบริหารจัดการอะไหล่

การเก็บข้อมูลจากหลายแหล่งทำให้ได้มุมมองที่รอบด้านช่วยลดความผิดพลาดและความลำเอียงในการวิเคราะห์

2.2 การวิเคราะห์และตรวจสอบปัญหา

สำหรับการวิเคราะห์ต้นเหตุของปัญหาที่ทำให้ระบบดับเพลิงหยุดชะงักหรือทำงานผิดพลาด ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่เป็นที่ยอมรับในวงการอุตสาหกรรม ดังนี้

- แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เพื่อจำแนกและจัดลำดับสาเหตุหลักของปัญหาโดยใช้หลักการ 80/20 เน้นแก้ไขปัญหาที่ส่งผลมากที่สุดก่อน
- แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) วิเคราะห์สาเหตุรากของปัญหาในหลายมิติ ได้แก่ บุคลากร วิธีการทำงาน อุปกรณ์ และวัสดุ
- วิเคราะห์ตัวชี้วัดสำคัญของระบบ เช่น MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) และ Availability (ความพร้อมใช้งาน) เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการ

ปรับปรุง เพื่อประเมินประสิทธิผลของการปรับปรุง

ตารางที่ 1 ตารางตัวชี้วัดระบบดับเพลิง

ตัวชี้วัด	ความหมาย	สูตรการคำนวณ
MTBF	เวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดปัญหา	MTBF = เวลาเครื่องเดินทั้งหมด / จำนวนครั้งที่หยุด
MTTR	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมต่อครั้ง	MTTR = เวลาหยุดรวม / จำนวนครั้งที่หยุด
Availability	เปอร์เซ็นต์เวลาที่ระบบพร้อมใช้งาน	Availability = MTBF / (MTBF + MTTR) × 100

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.3 การออกแบบและทดลองใช้แนวทางปรับปรุง

การพัฒนาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาจะอาศัยผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เป็นฐานข้อมูลหลัก และร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายวิศวกรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

- การสังเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาจากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพาเรโตและแผนภูมิก้างปลา
- การประชุมเพื่อร่วมกำหนดแนวทางแก้ไขในเชิงสหวิชาชีพ คำนึงถึงทรัพยากรและข้อจำกัดขององค์กร
- ทดลองนำแนวทางที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบใช้จริงในพื้นที่ปฏิบัติงาน พร้อมเก็บข้อมูลและบันทึกผลลัพธ์เพื่อติดตาม
- ประเมินผลโดยเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง และจัดทำรายงานสรุปผลพร้อมข้อเสนอแนะแนวคิดการปรับปรุงประกอบด้วย
- เปลี่ยนจากการตรวจสอบระบบดับเพลิงแบบรายงานเฉพาะเวลามีปัญหา เป็นการตรวจสอบเชิงป้องกันในรอบเวลาที่กำหนด
- เพิ่มเนื้อหาการฝึกอบรมด้านอุปกรณ์การตรวจจับควัน และเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อให้เจ้าหน้าที่มีความรู้

  เพิ่มขึ้น
- บริหารจัดการอะไหล่สำรองอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ระบบ MRP และเทคโนโลยี RFID เพื่อลดเวลาการรออะไหล่
- ปรับปรุงและจัดทำคู่มือวิธีปฏิบัติงานที่ชัดเจน พร้อมภาพประกอบ เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและลดข้อผิดพลาด

3. ผลงานวิจัย (Results)

3.1 ผลการเก็บข้อมูล

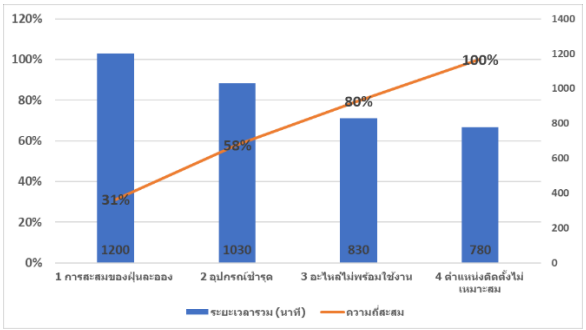
การรวบรวมข้อมูลจากระบบ FIRE ALARM ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2568 ครอบคลุมอุปกรณ์หลัก เช่น SMOKE AND HEAT DETECTOR, MANUAL CALL POINT, FLOW SWITCH, SUPERVISORY SWITCH และ CONTROL PANEL พบว่า SMOKE AND HEAT DETECTOR เป็นอุปกรณ์ที่มีความผิดพลาด (FAULT) มากที่สุด จำนวน 160 ครั้ง จากทั้งหมด 231 ครั้ง โดยมีความถี่ในการปิดระบบเพื่อซ่อมบำรุงรวม 3840 นาที จากทั้งหมด 5544 นาทีสาเหตุของความผิดพลาดจำแนกตามปัจจัยหลักและแสดงเป็นระยะเวลารวมกับความถี่ของความผิดพลาดจำแนกเป็น 4 ปัจจัยหลัก แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สาเหตุหลักของระบบดับเพลิงหยุดชะงักหรือทำงานผิดพลาดพร้อมความถี่และระยะเวลารวม

สาเหตุ	ระยะเวลารวม (นาที)	ความถี่ผิดพลาด (ครั้ง)
การสะสมของฝุ่นละออง	1,200	96
อุปกรณ์ชำรุด	1,030	38
อะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน	830	14
ตำแหน่งติดตั้งไม่เหมาะสม	780	12
รวมทั้งหมด	3,840	160

การวิเคราะห์ความสำคัญของสาเหตุการหยุดชะงักหรือทำงานผิดพลาดโดยใช้หลักการพาเรโต (Pareto Principle)

พบว่า “การสะสมของฝุ่นละออง” เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบสูงสุด และเมื่อรวมกับ “อุปกรณ์ชำรุด” และ “อะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน” จะคิดเป็นสัดส่วนราว 80% ของเวลาหยุดระบบทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่า “สาเหตุส่วนน้อยก่อให้เกิดผลกระทบส่วนใหญ่” แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิพาเรโตของสาเหตุการหยุดชะงักหรือทำงานผิดพลาดตามเวลาสะสม

3.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหา

3.2.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

แผนภูมิพาเรโตใช้วิเคราะห์สาเหตุหลักของการหยุดทำงานของระบบ FIRE ALARM โดยพิจารณาจากระยะเวลาหยุดระบบสะสม เพื่อจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุต่าง ๆ พบว่า 3 สาเหตุหลักมีสัดส่วนคิดเป็นเกือบ 80% ของเวลาที่ระบบหยุดทำงานทั้งหมด ซึ่งแสดงความจำเป็นเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาในกลุ่มนี้ก่อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

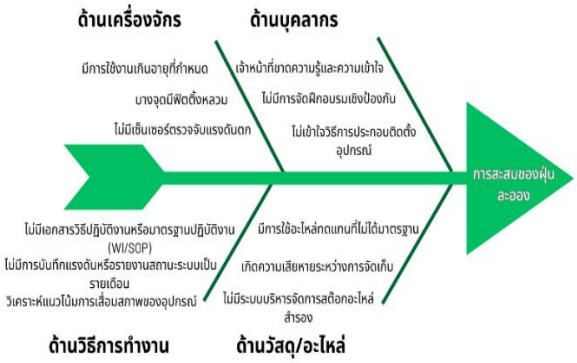
3.2.2 แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram)

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การวิเคราะห์เชิงลึกของปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ FIRE ALARM แยกแยะสาเหตุรากของปัญหาใน 4 ด้านหลัก ได้แก่

- ด้านบุคลากร (Man): เจ้าหน้าที่ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจุดเสี่ยในระบบ และการประกอบติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ รวมถึงไม่มีการฝึกอบรมเชิงป้องกันที่เพียงพอ ส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจสอบและบำรุงรักษา
- ด้านเครื่องจักร (Machine): อุปกรณ์เช่นเซ็นเซอร์ตรวจจับควันและความร้อน มีการใช้งานเกินอายุที่กำหนดและไม่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับหรือสัญญาณ

  ผิดปกติที่ทันสมัยในระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า
- ด้านวิธีการทำงาน (Method): ไม่มีเอกสารวิธีปฏิบัติหรือมาตรฐานปฏิบัติงาน (WI/SOP) ที่ชัดเจนสำหรับกำหนดรอบตรวจสอบระบบอย่างเป็นระบบ รวมถึงไม่มีการบันทึกและวิเคราะห์แรงดันหรือสถานะระบบรายเดือน ทำให้ขาดการติดตามและวิเคราะห์แนวโน้มการเสื่อมสภาพ
- ด้านวัสดุ/อะไหล่ (Material): มีการใช้อะไหล่ทดแทนที่ไม่มีมาตรฐานและไม่มีระบบบริหารจัดการสต๊อกอะไหล่สำรองอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดความเสียหายและการขาดแคลนอุปกรณ์ซ่อมบำรุง



ภาพที่ 2 Fishbone Diagram สำหรับปัญหาการสะสมของฝุ่นละออง

3.3 ผลการออกแบบแนวทางการปรับปรุง

ตารางที่ 3 แสดงแนวทางการปรับปรุงตามมิติเครื่องมือ Fishbone Diagram และผลลัพธ์ที่คาดหวัง พบว่าแนวทางเหล่านี้สอดคล้องกับหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และสนับสนุนเป้าหมายด้านความพร้อมใช้งานของระบบอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อจำกัด เช่น ค่าใช้จ่ายในการจัดหาอะไหล่หรือความต้องการบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะทาง

ตารางที่ 3 แนวทางการปรับปรุงตามมิติเครื่องมือ Fishbone Diagram และผลลัพธ์ที่คาดหวัง

มิติ	แนวทางการปรับปรุง	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
บุคลากร (Man)	จัดฝึกอบรมการดูแลระบบ จัดทำคู่มือประกอบการใช้งาน	เพิ่มความรู้ ลดข้อผิดพลาดด้านการใช้งานและตรวจสอบ
เครื่องจักร (Machine)	เปลี่ยนอุปการณ์ตามรอบการใช้งานติดตั้งเซ็นเซอร์	ลดการหยุดแบบไม่คาดคิด เพิ่มค่า MTBF
วิธีการทำงาน (Method)	จัดทำ WI และ SOP พร้อมบันทึกวิเคราะห์ แนวโน้ม	ตรวจพบความเสี่ยงก่อนเกิดการขัดข้องจริง
วัสดุ/อะไหล่ (Material)	คัดเลือกอะไหล่มาตรฐาน ใช้ RFID และ ABC Analysis บริหารคลัง	ลดค่า MTTR เพิ่มความพร้อมในการซ่อมบำรุง

4 อภิปรายผล (Discussion)

4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก่อนและหลังปรับปรุง

หลังดำเนินโครงการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน พบว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพดีขึ้นชัดเจน โดยตัวชี้วัดสำคัญดังนี้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง

ดัชนีชี้วัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การเปลี่ยนแปลง (%)
MTBF (นาที)	15,720	85,920	+ 18.30 %
MTTR (นาที)	360	180	– 50.00 %
Availability	98.24 %	99.44 %	+1.22%

- ค่า MTBF เพิ่มขึ้นอย่างมาก แสดงถึงความเสถียรที่เพิ่มขึ้นของระบบ
- ค่า MTTR ลดลง 50% บ่งชี้ถึงความสามารถซ่อมแซมเร็วขึ้น
- ความพร้อมใช้งาน (Availability) ที่สูงขึ้นสะท้อนความต่อเนื่องและความพร้อมของระบบ

FTI & RMUTP Industrial Innovation and Management Conference 2025

4.2 การวิเคราะห์สาเหตุการหยุดเครื่องโดยใช้หลักการพาเรโต (Pareto Principle)

ผลการวิเคราะห์ก่อนการปรับปรุงพบว่าสาเหตุการหยุดระบบ 3 อันดับแรก คิดเป็น 80% ของเวลาหยุดทั้งหมด ได้แก่ การสะสมของฝุ่นละออง อุปกรณ์ชำรุด และอะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับหลักพาเรโตที่ว่าสาเหตุจำน้อยก่อให้เกิดผลกระทบมาก ตามพาเรโตแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สาเหตุการหยุดชะงักหรือทำงานผิดพลาดพร้อมความถี่ระยะเวลาหยุด และสัดส่วนของเวลาหยุดทั้งหมด

สาเหตุ	ระยะเวลารวม (นาที)	ความถี่ผิดพลาด(ครั้ง)	สัดส่วนของเวลาหยุด(%)
การสะสมของฝุ่นละออง	1,200	96	31%
อุปกรณ์ชำรุด	1,030	38	27%
อะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน	830	14	22%
ตำแหน่งติดตั้งไม่เหมาะสม	780	12	20%
รวมทั้งหมด	3,840	160	100%

4.3 ผลลัพธ์และข้อเสนอแนะจากการปรับปรุงตามแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

การดำเนินมาตรการแก้ไขตามแนวทางที่ออกแบบในแต่ละมิติ ได้แก่ การฝึกอบรมบุคลากร การจัดการอุปกรณ์ การพัฒนาขั้นตอนปฏิบัติ และการบริหารจัดการอะไหล่ ส่งผลให้ความถี่ในการหยุดเครื่องลดลงและเวลาหยุดเฉลี่ยสั้นลงอย่างชัดเจน

ตารางที่ 6 มาตรการปรับปรุงตามมิติของแผนภูมิก้างปลาและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

มิติ	แนวทางการปรับปรุง	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
บุคลากร (Man)	จัดฝึกอบรมการดูแลอุปกรณ์ตรวจจับ จัดทำคู่มือประกอบการใช้งาน	เพิ่มความรู้ ลดข้อผิดพลาดด้านการใช้งานและตรวจสอบ
เครื่องจักร (Machine)	เปลี่ยนอุปกรณ์ตรวจจับตามรอบการใช้งาน	ลดการหยุดแบบไม่คาดคิด เพิ่มค่า MTBF
วิธีการทำงาน (Method)	จัดทำ WI และ SOP พร้อมบันทึก วิเคราะห์แนวโน้ม	ตรวจพบความเสี่ยงก่อนเกิดการขัดข้องจริง
วัสดุ/อะไหล่ (Material)	คัดเลือกอะไหล่มาตรฐาน ใช้ RFID และ ABC Analysis บริหารคลัง	ลดค่า MTTR เพิ่มความพร้อมในการซ่อมบำรุง

การดำเนินการเหล่านี้ช่วยให้ ความถี่ในการหยุดของระบบลดลง และ เวลาการหยุดเฉลี่ยสั้นลง อย่างเห็นได้ชัดเจน

4.4 สรุปการอภิปราย

การเปรียบเทียบก่อนและหลังแสดงให้เห็นว่า การออกแบบและปรับปรุงระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยใช้ข้อมูลเชิงสถิติและเชิงคุณภาพเป็นฐานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความเสถียรของอุปกรณ์ในระบบได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ยังสามารถนำไปขยายผลกับสายงานระบบอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึง และสนับสนุนการสนับสนุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างยั่งยืน

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยนี้พบว่า การวิเคราะห์ด้วยหลักการพาเรโตสามารถสรุปการหยุดชะงักหรือทำงานผิดพลาด ได้ 3 ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ การสะสมของฝุ่นละออง อุปกรณ์ชำรุด และอะไหล่ไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งสาเหตุดังกล่าวคิดเป็นกว่า 80% ของเวลารวมที่ระบบดับเพลิงต้องหยุดทำงาน เพื่อดำเนินการซ่อมบำรุง

การออกแบบและนำแนวทางปรับปรุงไปใช้ รวมถึงการจัดทำคู่มือวิธีปฏิบัติงาน (WI) การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ และการจัดการอะไหล่สำรองโดยใช้ระบบ RFID ส่งผลให้ดัชนีประสิทธิภาพของระบบดับเพลิงดีขึ้นอย่างชัดเจน โดย

- ค่า Availability เพิ่มขึ้นจาก 98.24 % เป็น 99.44 %
- ค่า MTBF เพิ่มขึ้นกว่า 18.30%
- ค่า MTTR ลดลงกว่า 50% ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการซ่อมแซม รวมถึงค่าแรงและค่าเสียโอกาสในการเดินระบบ (Downtime)

ผลวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาเชิงระบบที่เน้นการแก้ไขตามรากสาเหตุสามารถลดทั้งความถี่และระยะเวลาการหยุดระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีศักยภาพในการขยายผลไปยังระบบอื่น ๆ ในองค์กรได้อย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทางวิชาการและโอกาสในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้รวมถึงเพื่อนร่วมงานและเจ้าหน้าที่ในสายการผลิตที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวและผู้ที่อยู่เบื้องหลังทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน และเป็นพลังสำคัญในการทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทัพบก. แนวทางการพัฒนาระบบป้องกันอัคคีภัยของวิทยาลัยการทัพบก. รายงานวิจัย. (2565).

[2] จารุณี สี. การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. (2565).

[3] ธนเดช โสนน้อย. การซ่อมบำรุงระบบป้องกันและระงับเพลิงไหม้ อาคารแซปเตอร์วันชายน์. รายงานสหกิจศึกษา, มหาวิทยาลัยสยาม. (2566).

[4] สำรวย กมลายุตต์. การพัฒนาระบบปฏิบัติการบำรุงรักษาอาคารคลังสินค้า. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2552).

[5] นิรชา สมห้า. การตรวจสอบระบบดับเพลิงและป้องกันอัคคีภัย กรณีศึกษาสถานประกอบการอาคารจัตุรัสจามจุรี. รายงานการวิจัย. (2564).

[6] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. การบำรุงรักษาระบบดับเพลิงและป้องกันอัคคีภัยในสถานประกอบการ. เอกสารภายใน. (2567).

[7] วราวุธ พัทธ์. การปรับปรุงระบบแจ้งเตือนภัยอัตโนมัติภายในห้องชุดที่พักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. (2564).

[8] ศรัณย์ชัย ทองดี. การวางแผนบำรุงรักษาระบบดับเพลิงเชิงป้องกันในอาคารสำนักงาน. รายงานวิจัย. (2565).

[9] สำนักงานมาตรฐานความปลอดภัย. แนวทางการบำรุงรักษาและตรวจสอบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้. รายงานทางเทคนิค. (2563).

[10] หทัยวรรณ์ สิมะโชติ. การบริหารจัดการอะไหล่ในระบบป้องกันอัคคีภัยเชิงป้องกัน. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2567).

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การจัดการขยะด้วยการบูรณาการเศรษฐกิจหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เหมาะสม กรณีศึกษาเกาะสมุย: การทบทวนวรรณกรรมและกำหนดแนวทางการวิจัยที่เหมาะสมในอนาคต

Integrated Waste Management Using Circular Economy and Appropriate Technology for a Tourist Island of Koh Samui District: A Literature Review and Future Research Directions

ศรัญญาภรณ์ สุภากุล, เทอดพงษ์ แดงสี

Sarunyaporn Suphakul, Therdpong Daengsri

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษานี้เป็นการ ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review) โดยสังเคราะห์งานวิจัย 20 ฉบับ ผลการวิเคราะห์ชี้ว่า ปัญหาขยะบนเกาะมีความซับซ้อนสูง เนื่องจากข้อจำกัดเชิงกายภาพ ปริมาณขยะที่ผันผวนตามฤดูกาลท่องเที่ยว และโครงสร้างการจัดการที่ขาดความยืดหยุ่น เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ถูกระบุว่าเป็นกระบวนทัศน์ที่ยั่งยืน ซึ่งต้องอาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์สากล เช่น แนวคิดสังคมหมุนเวียนของญี่ปุ่นที่เน้นการมีส่วนร่วม และการใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีแปรขยะเป็นพลังงาน (WTE) ในฟิลิปปินส์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยพบความท้าทายสำคัญคือ การมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับต่ำ และการขาดบูรณาการเชิงนโยบาย ช่องว่างของงานวิจัยที่สำคัญคือ การขาดกรอบการดำเนินงานที่เป็นระบบ ซึ่งบูรณาการหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมอย่างพร้อมกัน ดังนั้น การพัฒนากรอบดังกล่าวสำหรับเกาะสมุยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อขับเคลื่อนการจัดการขยะให้เกิดความยั่งยืนในพื้นที่เกาะ

คำสำคัญ: “การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน”, “เศรษฐกิจหมุนเวียน”, “พื้นที่เกาะท่องเที่ยว”, “เทคโนโลยีที่เหมาะสม”, “การมีส่วนร่วม”, “เกาะสมุย”

Abstract: This systematic literature review synthesizes 20 research articles to develop an integrated waste management framework for tourist islands, using Koh Samui as a case study. The analysis reveals that waste management on islands is highly complex due to physical limitations, fluctuating waste volumes from tourism, and inflexible governance structures. The Circular Economy (CE) is presented as a sustainable solution, drawing lessons from international cases such as Japan's participatory Material-Cycle Society and the use of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for Waste-to-Energy (WTE) technology selection in the Philippines. However, key challenges persist, including low public participation and a lack of policy integration. A significant research gap is the lack of a framework that systematically integrates CE principles, stakeholder participation, and appropriate technology selection. Therefore, developing such a framework for Koh Samui is crucial for advancing sustainable waste management.

Keywords: “Community Solid Waste Management”, “Circular Economy”, “Tourist Islands”, “Appropriate Technology”, “Participation, Koh Samui”

1. บทนำ (Introduction)

การจัดการขยะมูลฝอย (Solid Waste Management: SWM) เป็นวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและซับซ้อนในระดับโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา ปัญหาดังกล่าวทวีความรุนแรงขึ้นจากการเติบโตของจำนวนประชากร การขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภค สำหรับพื้นที่เกาะท่องเที่ยว (Tourism Islands) ปัญหานี้มีความซับซ้อนยิ่งขึ้นจากลักษณะเฉพาะทางภูมิศาสตร์ที่โดดเดี่ยว มีพื้นที่จำกัดและมีระบบนิเวศที่เปราะบาง การเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวส่งผลให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล โดยมีข้อมูลชี้ชัดว่านักท่องเที่ยวสามารถสร้างขยะต่อหัวได้มากกว่าประชากรในท้องถิ่นถึงสองเท่า นอกจากนี้เกาะท่องเที่ยวยังต้องพึ่งพาสินค้าอุปโภคบริโภคที่นำเข้าจากแผ่นดินใหญ่ ซึ่งทำให้ขยะจำนวนมากถูกนำเข้ามาพร้อมกับสินค้าและต้องเผชิญกับข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการกำจัดขยะ โดยเฉพาะการหาพื้นที่สำหรับหลุมฝังกลบที่เหมาะสม

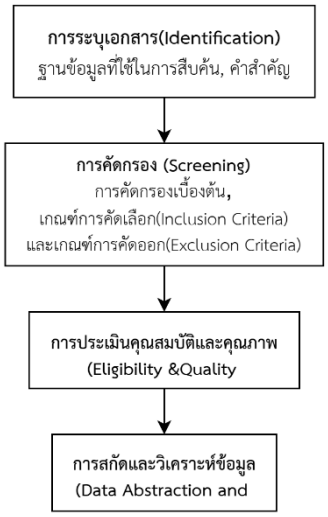
ดังนั้นวิกฤตขยะสะสมบนเกาะสมุยซึ่งเป็นผลพวงจากการเติบโตของการท่องเที่ยวและรูปแบบเศรษฐกิจแบบเส้นตรงที่ไม่ยั่งยืน จึงเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องการแนวทางการแก้ไขที่ยั่งยืนและเป็นรูปธรรม การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการขยะแบบบูรณาการบนฐานเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่เกาะท่องเที่ยว จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ไม่เพียงแต่จะช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและสุขภาวะของประชาชนบนเกาะสมุย แต่ยังสามารถเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืนของเกาะท่องเที่ยวอื่น ๆ ทั้งในและต่างประเทศต่อไป

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบนี้ พบว่าช่องว่างของงานวิจัยที่สำคัญคือ การขาดกรอบการดำเนินงานที่เป็นระบบ ซึ่งบูรณาการหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน (CE) การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้าด้วยกันอย่างพร้อมกัน ดังนั้น การพัฒนากรอบดังกล่าวสำหรับเกาะสมุยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อนการจัดการขยะที่ยั่งยืนในพื้นที่เกาะ

2. วิธีการศึกษา (Research Methodology)

การศึกษานี้ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะแบบบูรณาการบนฐานเศรษฐกิจหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกรณีศึกษา เกาะสมุย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยที่ผ่านมา กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยและระบุช่องว่างของงานวิจัย (Research Gaps) เพื่อนำไปสู่การตั้งคำถามและสมมติฐานของงานวิจัยต่อไป

เพื่อให้การทบทวนวรรณกรรมมีความน่าเชื่อถือ เป็นระบบ และครอบคลุมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน มีขั้นตอนการดำเนินการตามกรอบของ PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) ดังนี้



ภาพที่ 1 วิธีการศึกษาการทบทวนวรรณกรรม

ขั้นตอนที่ 1 การระบุเอกสาร (Identification)
ฐานข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้น Scopus, Science Direct, Google Scholar, ThaiJo

ขั้นตอนที่ 2 การคัดกรอง (Screening)
การคัดกรองจากชื่อเรื่อง (Title) และบทคัดย่อ (Abstract)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินคุณสมบัติและคุณภาพ (Eligibility & Quality Appraisal)

ขั้นตอนที่ 4 การสกัดและวิเคราะห์ข้อมูล (Data Abstraction and Analysis)

ผลวิธีการศึกษา

1. งานวิจัยที่ได้จากการสืบค้น จากฐานข้อมูลทั้งหมด (n = 45)
   - คัดออกในกรณีที่ซ้ำซ้อนในแต่ละฐานข้อมูล หรือไม่ใช่งานวิจัย (n = 10)
2. วิเคราะห์ชื่อเรื่องและบทคัดย่อ (n = 35)
   - คัดออกจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อ (n = 5)
3. ประเมินรายละเอียดตามเกณฑ์ การคัดเข้า (n = 30)
   - คัดออกในกรณีที่ไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้า (n = 10)
4. ประเมินจากคุณภาพงานวิจัย (n = 20)
5. การศึกษาที่นำสู่การทบทวนวรรณกรรม (n = 20)

3. ผลการศึกษา (Results)

ผลการศึกษาการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบการบริหารจัดการขยะแบบบูรณาการบนฐานเศรษฐกิจหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เกาะท่องเที่ยวอำเภอเกาะสมุย แสดงรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทบทวนวรรณกรรม

ชื่อผู้วิจัย	ปีที่พิมพ์	ประเด็นสำคัญ	ระเบียบวิธีวิจัย				ผลการวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์
			เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	ผสมผสาน	ทบทวนวรรณกรรม	
กลุ่มที่ 1: บริบทและปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่เกาะท่องเที่ยว							
Kylie Ching Mun Wang et al.	2021	ตรวจสอบการกำกับดูแล SWM ในเกาะท่องเที่ยวขนาดเล็ก (ใช้ทฤษฎี EGT) และเสนอแนวทางที่ยั่งยืน				/	เกาะขนาดเล็กเผชิญความท้าทาย SWM สูง ต้องเน้น ธรรมาภิบาลเชิงหน้าที่ ที่เชื่อมโยงกับ เศรษฐกิจหมุนเวียน (CE) ผ่านหลัก 3R
Elmira Samshiry et al.	2011	นำเสนอโมเดลบูรณาการ SWM ในพื้นที่ท่องเที่ยว (กรณีศึกษาเกาะลังกาวี)			/		SWM แบบดั้งเดิมในลังกาวี ไม่มีประสิทธิภาพและไม่ยั่งยืน การจัดการที่ไม่เหมาะสมจะนำไปสู่ปัญหารุนแรง เช่น อาจต้องปิดสาขาแม่น้ำ Kilim
จุรีรัตน์ และคณะ	2012	ศึกษาแนวทาง SWM ที่เหมาะสมและยั่งยืนสำหรับเกาะสมุย (กำจัดขยะเดิม/ลดขยะใหม่)			/		ปัญหาขยะรุนแรง: ขยะสะสม > 15,000 ตัน และเพิ่ม 168 ตัน/วัน. โมเดลที่เสนอคือ โรงไฟฟ้า RDF ร่วมแก๊สชีวภาพ (IRR 17%, คืนทุน 6 ปี)
พัทธ์ธีรา และคณะ	2020	ศึกษา SWM เกาะช้างตามเป้าหมาย SDG 12.5 (หลัก 3Rs) และวิเคราะห์ปัญหา	/				มีเพียง 1 ชุมชน ที่ทำ 3Rs สำเร็จ ปัญหาหลักคือ ทรัพยากรไม่เพียงพอ (เช่น มีรถจัดเก็บขยะเพียง 1 คัน) และ ขาดความร่วมมือ จากภาคเอกชนและนักท่องเที่ยว
Jing Wu et al.	2025	วิเคราะห์ปัจจัยอิทธิพลของ MSW และประเมินประสิทธิภาพการบำบัดหลังโครงการเมืองปลอดขยะ ในชานย่า			/		ปริมาณขยะสัมพันธ์เชิงบวกกับ จำนวนประชากรที่อาศัยถาวร การจัดตั้งอุทยานอุตสาหกรรมเศรษฐกิจหมุนเวียน ส่งเสริมการบำบัดร่วมที่มีประสิทธิภาพ
ปิ่นรัตน์ สิริพันพงศ์	2025	เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลและเสนอแนวทางจัดการขยะอาหาร	/	/			พฤติกรรมการจัดการอาหารโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง และการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทางเป็นแนวทางที่สำคัญที่สุด
Nazatul Akmal Nazibudin et.al	2025	ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อทำความเข้าใจการเกิดองค์ประกอบและการจัดการขยะอาหาร ในมาเลเซีย				/	พบ 3 ประเด็นหลัก แหล่งกำเนิดขยะอาหาร องค์ประกอบขยะอาหาร และการจัดการขยะอาหาร เรียกร้องให้เสริมอำนาจรัฐบาลท้องถิ่นและชุมชนเพื่อลดขยะอาหาร
กลุ่มที่ 2: แนวคิดการจัดการขยะแบบบูรณาการและธรรมาภิบาล							
Ministry of the Environment, Japan	2014	นำเสนอประวัติและกฎหมาย SWM ในญี่ปุ่น เพื่อสนับสนุนการจัดตั้ง Sound Material-Cycle Society				/	ญี่ปุ่นเปลี่ยนจากระบบ Mass Disposal สู่สังคมที่เน้นการหมุนเวียนทรัพยากร หลักการกฎหมายกำหนดลำดับความสำคัญ (ลด ใช้ซ้ำ รีไซเคิล) และใช้หลัก EPR (Extended Producer Responsibility)
คณิต และคณะ	2021	ศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในชุมชนวัดท่าเกษม			/		ระดับการมีส่วนร่วมโดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง ส่วนร่วมสูงสุดคือ ด้านการปฏิบัติจัดการขยะ ปัญหาคือ ประชาชนไม่มีการคัดแยกขยะ และขาดความต่อเนื่องในการสร้างจิตสำนึก
Yiing Chiee Moh et al.	2017	ประเมินการเปลี่ยนแปลง SWM มาเลเซีย โดยเน้นการ แยกขยะจากแหล่งกำเนิด และการรีไซเคิล				/	SWM มาเลเซียพึ่งพาการฝังกลบสูง ขาดความรับผิดชอบสาธารณะ และการปฏิบัติจริงต่ำ ประชาชนส่วนใหญ่ (70.42%) ไม่ทราบเกี่ยวกับการแยกขยะ
ภูษิต และคณะ	2023	วิเคราะห์ปัญหาและข้อจำกัดของการจัดการขยะและเสนอแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสม	/				เสนอการเพิ่มงบประมาณ การพัฒนาเทคโนโลยี และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ เสนอโมเดลการจัดการขยะที่เหมาะสมกับพื้นที่อุตสาหกรรม
Chao Zeng et.al	2025	ทบทวนภาพรวม SWM ในพื้นที่ชนบท (RSW) ของประเทศจีน รวมถึงลักษณะขยะและการจัดการ	/		/		RSW ส่วนใหญ่ (ประมาณ 70%) คือ เศษอาหารและเถ้าถ่าน หิน เขม่า ปัญหาหลักคือ แหล่งกำเนิดกระจาย ระบบกฎหมายไม่สมบูรณ์ และการกำจัดที่ไม่ถูกวิธี

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทบทวนวรรณกรรม(ต่อ)

ชื่อผู้วิจัย	ปีที่พิมพ์	ประเด็นสำคัญ	ระเบียบวิธีวิจัย				ผลการวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์
			เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	ผสมผสาน	ทบทวนวรรณกรรม	
กลุ่มที่ 3: เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) กระบวนทัศน์ใหม่สำหรับการจัดการขยะ							
Ishfaq Showket Mir et al.	2021	วิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการนำแผน SWM ไปปฏิบัติในเมืองลูเธียนา			/		ปัจจัยสำคัญที่สุดต่อความสำเร็จคือ สิ่งอำนวยความสะดวกและแรงจูงใจทางการเงินสำหรับเจ้าหน้าที่ (MIS)
Kui Wang et al.	2023	ทบทวนการจัดการ ของเสียชีวมวลที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ อย่างยั่งยืน โดยเน้นกระบวนการแปลงทางเคมี ชีวเคมี และการรวมหลายเทคโนโลยี				/	การจัดการของเสียชีวมวลที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญสู่ความยั่งยืน การบูรณาการเทคโนโลยีหลายอย่าง (Multi-technology integration) มีประสิทธิภาพสูงและคุ้มค่า
MOHD SAIFUL ANUAR ZAINAL et.al	2018	วิเคราะห์การนำ เศรษฐกิจหมุนเวียน (CE) มาใช้เพื่อพัฒนาระบบ SWM ที่ยั่งยืนในมาเลเซีย				/	45% ของขยะครัวเรือนคือ ขยะอาหาร ขยะอินทรีย์ CE ช่วยลดภาระทางการเงิน รายได้จากการรีไซเคิล
กลุ่มที่ 4: เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปขยะเป็นพลังงานและการใช้ประโยชน์จากชีวมวล							
คณิต เรืองขจร และคณะ	2021	การจัดการขยะมูลฝอยในชุมชน การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอย			/		การมีส่วนร่วมด้านการปฏิบัติและการรับผลประโยชน์อยู่ในระดับสูง ชุมชนมีความร่วมมือและกิจกรรมร่วมกับเทศบาลอย่างต่อเนื่อง
Diana Rose T. et.al	2021	ประเมินตัวเลือกเทคโนโลยีแปรรูปของเสียเป็นพลังงาน โดยใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (MCDA)			/		เครื่องย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (AD) ได้รับการยอมรับทางสังคมสูงสุด เกณฑ์ด้าน สิ่งแวดล้อม มีความสำคัญสูงสุดในการเปรียบเทียบ
Ministry of the Environment, Japan	2012	อธิบายระบบ SWM และเทคโนโลยีรีไซเคิลของญี่ปุ่น โดยเน้นการจัดการขยะด้วยความร้อน (WtE)	/				ญี่ปุ่นเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยี การเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงและระบบ
กลุ่มที่ 5: การบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนสูงสุด							
Fanny Caiardi et.al	2022	ประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เพื่อเปรียบเทียบระบบ AD เดี่ยว กับระบบ AD + Pyrolysis (PY)			/		AD เดี่ยวมีศักยภาพโลกร้อน ต่ำกว่า AD + PY เพราะ Biochar จาก PY ช่วย กักเก็บคาร์บอน
Ying-Ying Lai	2016	อธิบายกรอบการจัดการและการรีไซเคิล ของเสียจากการก่อสร้างในไต้หวัน				/	ของเสียจากการก่อสร้างแบ่งเป็นงานดินเป็นทรัพยากร และของเสียจากการก่อสร้างจัดเป็นของเสียอุตสาหกรรม ไต้หวันใช้ระบบ GPS Real-time Tracking System เพื่อติดตามการขนส่งของเสียจากการก่อสร้าง

จากตารางผลการศึกษาการทบทวนวรรณกรรม การบริหารจัดการขยะแบบบูรณาการบนฐานเศรษฐกิจหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เกาะท่องเที่ยวอำเภอเกาะสมุย จากตารางสามารถแบ่งได้เป็น 5 กลุ่มหลักๆ

กลุ่มที่ 1 บริบทและปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่เกาะท่องเที่ยว กลุ่มนี้เน้นที่การนำเสนอสภาพปัญหา ข้อจำกัด และลักษณะเฉพาะของการจัดการขยะในพื้นที่เกาะ ซึ่งได้รับอิทธิพลอย่างสูงจากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว

กลุ่มที่ 2 แนวคิดการจัดการขยะแบบบูรณาการและธรรมาภิบาลกลุ่มนี้มุ่งเน้นไปที่กรอบการบริหารจัดการ ซึ่งประกอบด้วยกฎหมาย นโยบาย บทบาทของภาคส่วนต่างๆ และการมีส่วนร่วมของประชาชน

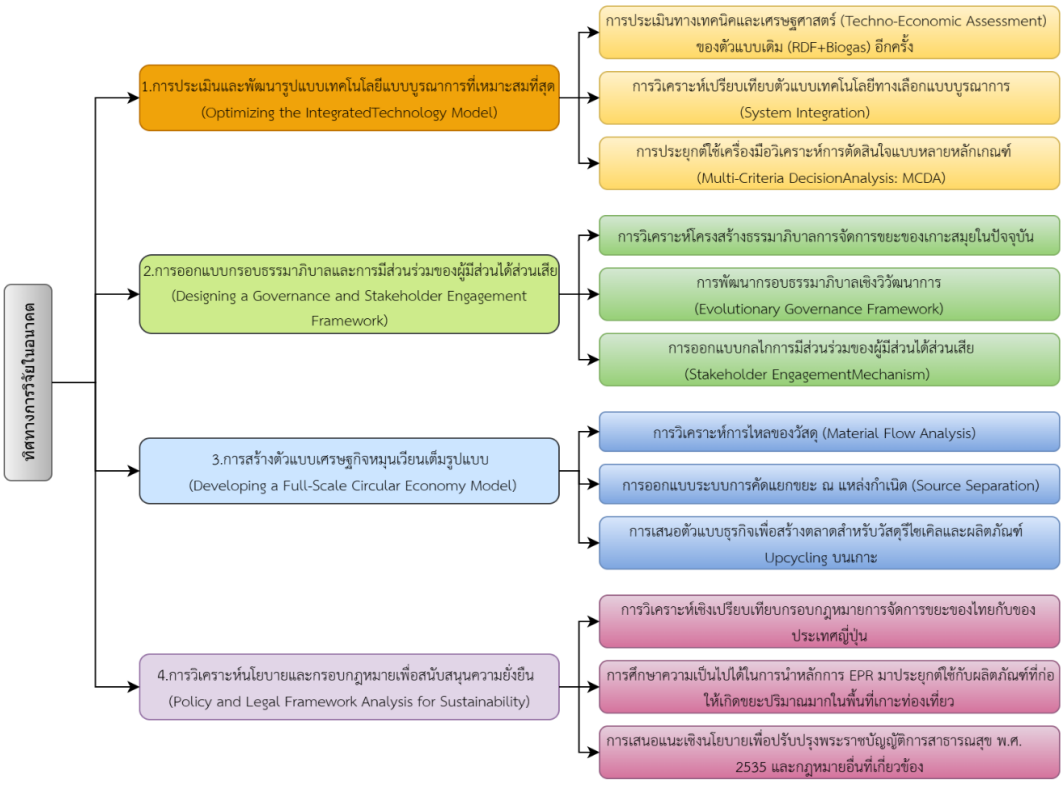
กลุ่มที่ 3 เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) กระบวนทัศน์ใหม่สำหรับการจัดการขยะกลุ่มนี้กล่าวถึงการเปลี่ยนมุมมองจากการกำจัดขยะไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรให้เกิดมูลค่าสูงสุดและหมุนเวียนอยู่ในระบบ

กลุ่มที่ 4 เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปขยะเป็นพลังงานและการใช้ประโยชน์จากชีวมวลกลุ่มนี้รวบรวมงานวิจัยที่อธิบายและเปรียบเทียบเทคโนโลยีต่างๆ ในการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงานหรือวัสดุที่มีประโยชน์

กลุ่มที่ 5 การบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนสูงสุดกลุ่มนี้เน้นแนวคิดการผสมผสานเทคโนโลยีหลายชนิดเข้าด้วยกันเป็นระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด

4.ทิศทางการวิจัยในอนาคต

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าแม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการขยะและเทคโนโลยีต่างๆ อยู่เป็นจำนวนมาก แต่ยังคงมีช่องว่างที่สำคัญซึ่งจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม โดยเฉพาะในบริบทที่ซับซ้อนของเกาะท่องเที่ยวอย่างเกาะสมุย ที่สถานการณ์ได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากนับตั้งแต่มีการศึกษาครั้งสำคัญในปี พ.ศ. 2555 งานวิจัยในอดีตได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์หลายประการ เช่น การสร้างความร่วมมือจากชุมชนในการตัดสินใจ การบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง การสร้างจิตสำนึก และการสนับสนุนทรัพยากรจากภาครัฐ เมื่อนำข้อเสนอแนะเหล่านี้มาสังเคราะห์ร่วมกับองค์ความรู้จากงานวิจัยในบริบทสากล สามารถกำหนดทิศทางสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ได้ 4 ประเด็นหลัก ดังนี้



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงทิศทางการวิจัยในอนาคต

จากภาพสามารถสรุปการวิจัยในอนาคตควรมีลักษณะการบูรณาการองค์ความรู้ หลักการ และวิธีการจากหลายสาขาวิชาที่แตกต่างกันที่ผสมผสานองค์ความรู้ด้านวิศวกรรม (การเลือกเทคโนโลยี) สังคมศาสตร์ (ธรรมาภิบาลและการมีส่วนร่วม) เศรษฐศาสตร์ (เศรษฐกิจหมุนเวียน) และนิติศาสตร์ (การพัฒนากฎหมาย) เพื่อให้ได้มาซึ่งรูปแบบการจัดการขยะที่บูรณาการและยั่งยืนอย่างแท้จริงสำหรับอำเภอเกาะสมุย และสามารถใช้เป็นต้นแบบให้กับเกาะท่องเที่ยวอื่นๆ ต่อไป

5.สรุปผล(Conclusion)

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (SLR) โดยสังเคราะห์งานวิจัย 20 ฉบับ พบว่าวิกฤตการณ์ขยะมูลฝอยในอำเภอเกาะสมุย ซึ่งมีปริมาณขยะสะสมกว่า 150,000 ตัน อันเนื่องมาจากระบบกำจัดขยะเดิมขาดประสิทธิภาพ เป็นภาพสะท้อนของปัญหาท้าทายที่พื้นที่เกาะท่องเที่ยวทั่วโลกต้องเผชิญ ปัญหาดังกล่าวมีความซับซ้อนสูงจากข้อจำกัดเชิงกายภาพ ปริมาณขยะที่ผันผวนตามฤดูกาลท่องเที่ยว และโครงสร้างการจัดการที่ขาดความยืดหยุ่น

การสังเคราะห์องค์ความรู้ชี้ชัดว่า ทางออกที่ยั่งยืนจำเป็นต้องเปลี่ยนผ่านกระบวนทัศน์จากการจัดการขยะแบบเศรษฐกิจเส้นตรง (Linear Economy) ที่เน้นการกำจัดปลายทาง ไปสู่ เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy - CE) ซึ่งมองว่า ขยะคือทรัพยากรโดยมีหลักการ 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) เป็นหัวใจสำคัญ การเปลี่ยนผ่านนี้สอดคล้องกับการบรรลุ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เป้าหมายที่ 12 (SDG 12) ในด้านการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน ซึ่งต้องอาศัยการเพิ่มมูลค่าสูงสุดจากทรัพยากร

ในมิติของเทคโนโลยีที่เหมาะสม วรรณกรรมปัจจุบันเน้นศักยภาพของการ บูรณาการระบบเทคโนโลยี (System Integration) เช่น การผสมผสานระหว่างการหมักแบบไม่ใช้

ออกซิเจน (Anaerobic Digestion - AD) สำหรับขยะอินทรีย์ที่มีความชื้นสูง และกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) สำหรับขยะแห้ง เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม (เช่น ถ่านชีวภาพ และน้ำมันชีวภาพ) อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดความชัดเจนในเชิงปฏิบัติ ข้อสรุปนี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการวิจัยเพื่อ พัฒนาเกณฑ์และใช้กระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDA/AHP) เพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเกาะสมุยอย่างเป็นระบบ โดยพิจารณาเกณฑ์ที่ครอบคลุมทั้งมิติสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ เทคนิค และสังคม

นอกจากมิติทางเทคนิคแล้ว ความสำเร็จของโมเดลการจัดการขยะแบบบูรณาการยังขึ้นอยู่กับปัจจัยสนับสนุนที่ไม่ใช่เทคนิค 3 ประการ ได้แก่ การคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source Separation) วรรณกรรมย้ำว่านี่คือเงื่อนไขเบื้องต้นที่สำคัญที่สุด ซึ่งหากขาดการคัดแยกที่ดี เทคโนโลยีปลายทางจะไม่สามารถทำงานได้เต็มศักยภาพ ธรรมาภิบาลและกรอบกฎหมายที่เข้มแข็ง ความสำเร็จขึ้นอยู่กับธรรมาภิบาลที่มีประสิทธิภาพและนโยบายที่ชัดเจน ดังเช่นตัวอย่างสังคมแห่งการหมุนเวียนวัสดุ (Sound Material-Cycle Society) ของญี่ปุ่น การสร้างโมเดลความร่วมมือและการมีส่วนร่วมจำเป็นต้องแก้ไขปัญหา การมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับต่ำ ด้วยการพัฒนา โมเดลความร่วมมือ (Cooperation Model) ระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน เพื่อส่งเสริมการสร้างจิตสำนึกและความตระหนักรู้

โดยสรุป ช่องว่างขององค์ความรู้ที่ชัดเจนที่สุดคือ การขาดกรอบการดำเนินงานที่เป็นระบบ ซึ่งบูรณาการแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน การพัฒนารูปแบบการจัดการแบบบูรณาการ (Integrated Model) สำหรับเกาะสมุยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงอย่างยั่งยืน และบรรลุ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เป้าหมายที่ 11 (SDG 11) ในการสร้างเมืองและชุมชนที่ยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ที่สนับสนุนการทบทวนวรรณกรรมในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] จุรีรัตน์ ไชยจิตร, ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช. โมเดลการจัดการขยะชุมชน อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารเทคโนโลยีภาคใต้. 2555;5(2):25-38.

[2] Nazibudin NA, Sabri SAM, Manaf LA. Aligning with sustainable development goals (SDG) 12: A systematic review of food waste generation in Malaysia. Cleaner Waste Systems. 2025;10:100205.

[3] Wang KCM, Lee KE, Mokhtar M. Solid Waste Management in Small Tourism Islands: An Evolutionary Governance Approach. Sustainability. 2021;13(11):5896.

[4] Rivera DRT, Bathan CJ, Arce TA, Palo AA, Abistano FR. Waste to Energy Technologies using Multi-Criteria Decision Analysis for Municipal Solid Waste Management in Manila City, Philippines.

[5] Shamshiry E, Nadi B, Mokhtar MB, Komoo I, Hashim HS, Yahaya N. Integrated Models for Solid Waste Management in Tourism Regions: Langkawi Island, Malaysia. Journal of Environmental and Public Health. 2011;2011:709549.

[6] Wang K, Tester JW. Sustainable management of unavoidable biomass wastes. Green Energy and Resources. 2023;1:100005.

[7] Caiardi F, Belaud J-P, Vialle C, Monlau F, Tayibi S, Barakat A, et al. Waste-to-energy innovative system: Assessment of integrating anaerobic digestion and pyrolysis technologies. Sustainable Production and Consumption. 2022;31:657–69.

[8] Wu J, Wang Y, Chen G, Tan Q, Duan L. The road to “zero-waste” in coastal tourism citiestaking Sanya as an example. Circular Economy. 2025;4:100139.

[9] Zeng C, Niu D, Zhao Y. A comprehensive overview of rural solid waste management in China. Frontiers of Environmental Science & Engineering. 2015;9(6):949–61.

[10] Ministry of the Environment, Japan. History and Current State of Waste Management in Japan. 2014.

[11] Ministry of the Environment, Japan. Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan Toward a Sustainable Society.

[12] นันทิยา หินนนท์, บวรวิทย์ เปรื่องวงศ์, สุวิทย์ นิ่มน้อย. มาตรการทางกฎหมายเกี่ยวกับการควบคุมดูแลบ่อขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี. หน้า 182-193.

[13] คณิต เรืองขจร, เฉลิมพงษ์ จันทร์สุขา, วุฒิวัฒน์ อนันต์พุฒิเมธ, พีรพัฒน์ จันทร์ฉาย. การมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน กรณีศึกษา ชุมชนวัดท่าเกษม ตำบลท่าเกษม อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว. Journal of Modern Learning Development. 2564;6(5):235-48.
[14] ปิ่นรัตน์ สิริพันธ์พงศ์. พฤติกรรมการจัดการขยะอาหารของชุมชนในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต. ใน: The 15th BENJAMIT Network National & International Conference; 2025 May 15; Bangkok, Thailand. 2568.
[15] พัทธ์ธีรา ศรีสังข์, จุฑารัตน์ ชมพันธุ์. การจัดการขยะตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนที่ 12: กรณีศึกษาเกาะช้างจังหวัดตราด. Local Administration Journal. 2563;13(4):379-400.
[16] ภูษิต แจ่มศรี, อนุรัตน์ อนันตนาธร. ปัญหา ข้อจำกัดและแนวทางการพัฒนาการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลขนาดใหญ่ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทย. วารสารการเมือง การบริหาร และกฎหมาย. 2566;15(1):123-139.
[17] Lai Y-Y, Yeh L-H, Chen P-F, Sung P-H, Lee Y-M. Management and Recycling of Construction Waste in Taiwan. Procedia Environmental Sciences. 2016;35:723–30.
[18] Moh YC, Manaf LA. Solid waste management transformation and future challenges of source separation and recycling practice in Malaysia. Resources, Conservation and Recycling. 2017;116: 1–14.
[19] Mir IS, Cheema PPS, Singh SP. Implementation analysis of solid waste management in Ludhiana city of Punjab. Environmental Challenges. 2021;2:100023.
[20] Zainal MSA, Abas Z. ADOPTION OF CIRCULAR ECONOMY FOR A SUSTAINABLE SOLID WASTEMANAGEMENT SYSTEM IN MALAYSIA. Malaysian Management Journal. 2018;22: 35–51

การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการเชื่อมคัตติ้งทูลส์ชนิดคิวบิกโบรอนไนไตรด์ : กรณีศึกษา บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด

Productivity Improvement of the Brazing Process for Cubic Boron Nitride Cutting Tools : A Case Study of J.K. Precision Co., Ltd.

ชัยวัฒน์ มีชัย[1*], ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพย์[1], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] และ ณิชาพัฒน์ กิตติราช[3]

Chaiwat Meechai[1*], Chanon Moonwan[1], Weeraya Kontip[1], Saharat Wongsrisa[2] and Nichaphat Kittirat[3]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[3] บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด 115 หมู่ 2 ถนนบางพลี-ตำหรุ ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10280

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[3] J.K. Precision Co., Ltd., 115 Moo 2, Bang Phli-Tamru Road, Phraeksa Mai Subdistrict, Mueang Samut Prakan District, Samut Prakan Province 10280, Thailand

[*]Coressponding author: Chaiwat Meechai, e-mail address: chaiwatmeechai15@gmail.com

บทคัดย่อ: บทความนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมีดกลึง รุ่น SEMI BORAZON RING ด้วยการเชื่อมเงิน (Brazing) พบปัญหารอยเชื่อมไม่เต็มโดยมีของเสียร้อยละ 76.32 สาเหตุเนื่องจากการควบคุมปัจจัยการเชื่อมไม่แน่นอน และเสียเวลาในการแก้ไขปัญหา (Rework) จากการรวบรวมข้อมูลและยืนยันปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิเหตุและผล การวิเคราะห์ด้วยซิกซ์ซิกม่าโดยหลักการ DMAIC จากนั้นปรับปรุงวิธีการเตรียมวัสดุ วิธีการทำงาน มาตรฐานการปฏิบัติงานของพนักงาน และควบคุมอุณหภูมิการเชื่อมประมาณ 600 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าปัญหารอยเชื่อมไม่เต็มเหลือเพียงร้อยละ 2.41 หรือลดลงร้อยละ 97

คำสำคัญ: หลักการ DMAIC; การเพิ่มประสิทธิภาพ; การบัดกรี; เครื่องมือตัด

Abstract: This article presents the improvement of the brazing process in manufacturing SEMI BORAZON RING cutting tools. The main defect identified was incomplete brazed joints, with a defect rate of 76.32%, caused by unstable process control and resulting in significant rework. Data collection and problem confirmation were performed using a Pareto chart, while root causes were analyzed through a cause -and-effect diagram and Six Sigma's DMAIC methodology. Improvements included material preparation, work methods, standard operating procedures, and temperature control at approximately 600 °C. As a result, the rate of incomplete joints decreased to 2.41%, representing a 97% reduction.

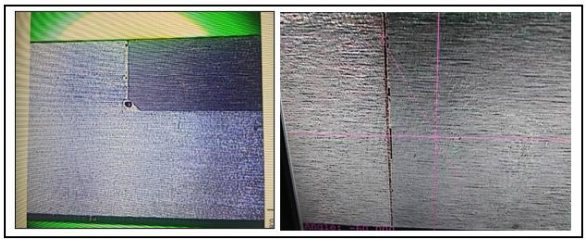
Keywords: DMAIC; Process improvement; Brazing; Cutting tools

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

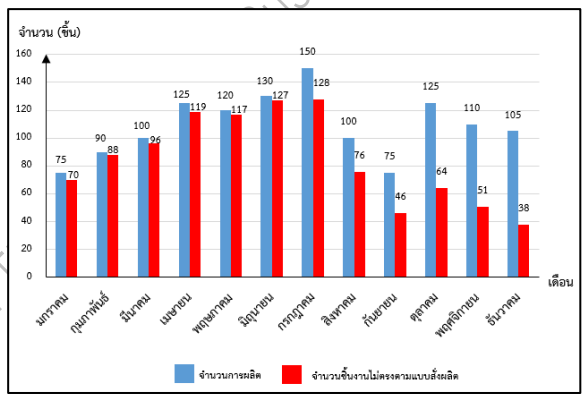
บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด เมื่อปี พ.ศ. 2547 เป็นผู้ผลิตสินค้า ประเภท Cutting Tools และ Special Tools ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมทั่วไป

สถานีงานเชื่อมใช้เครื่อง Induction Heat ให้ความร้อนและใช้แผ่นเงิน เป็นวัสดุประสานในการเชื่อม ซึ่งต้องอาศัยการควบคุมอุณหภูมิที่แม่นยำ ตำแหน่งการวางชิ้นงานที่ถูกต้อง และวิธีการเชื่อมที่เป็นมาตรฐาน หากการควบคุมไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดปัญหารอยเชื่อมไม่เต็ม ซึ่งส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของชิ้นงาน และนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของงานแก้ไข



ภาพที่ 1 มีดกลึงที่มีปัญหารอยเชื่อมไม่เต็ม

สถานีงานเชื่อมจึงถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตมีดกลึงรุ่น SEMI BORAZON RING ที่มีปริมาณการสั่งผลิตสูง แต่กลับพบปัญหาของเสียจากรอยเชื่อมไม่เต็มมากกว่าร้อยละ 76.32 ปัญหาดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้เกิดงานแก้ไขซ้ำ เพิ่มภาระต้นทุนและเวลาในการผลิต แต่ยังส่งผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์และภาพลักษณ์ด้านคุณภาพ



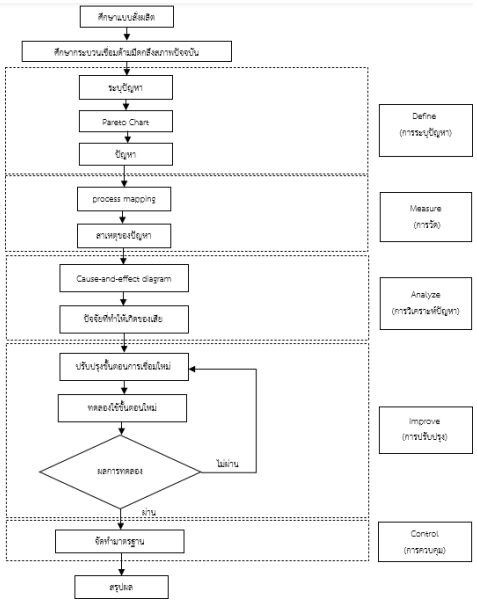
ภาพที่ 2 จำนวนการผลิตและชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ประจำปี พ.ศ 2567

จากข้อมูลการผลิตย้อนหลัง พบว่าในสถานีงานเชื่อมมีอัตราของเสียสูง โดยเฉพาะการเกิดปัญหารอยเชื่อมไม่เต็ม คิดเป็นร้อยละ 76.32 ของปัญหาทั้งหมด ปัจจุบันใช้วิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยการอุดกาวอีพ็อกซี่ ซึ่งเป็นการแก้ไขปลายเหตุ ไม่สามารถลดปัญหาที่ต้นตอได้ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการส่งมอบล่าช้า

จากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมคุณภาพรอยเชื่อมได้ โครงการนี้จึงต้องเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในสถานีงานเชื่อม เพื่อควบคุมคุณภาพรอยเชื่อม ด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการเชื่อม การกำหนดมาตรฐานวิธีการเชื่อม จัดทำคู่มือการทำงาน เพื่อสร้างมาตรฐานการทำงานในสถานีงาน และแก้ไขปัญหา ผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสารทางเทคนิคเรื่อง Brazing in the Tool Manufacturing Industry [1] และศึกษาวิจัยการลดปัญหาของเสียในการผลิตเกียร์ ด้วยหลักการ DMAIC กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อวางแผนการทำงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ในการนำมาแก้ไขปัญหาการผลิต [2]

ดังนั้น โครงการนี้มีเป้าหมายกำหนดมาตรฐานกระบวนการเชื่อมชิ้นงาน จัดทำคู่มือการทำงานที่เป็นมาตรฐานสำหรับกระบวนการเชื่อม เพื่อแก้ไขปัญหารอยเชื่อมไม่เต็มและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในสถานีงาน โดยต้องการแก้ไขปัญหาการเกิดรูพรุนบริเวณรอยเชื่อมให้ลดลงได้ ร้อยละ 80

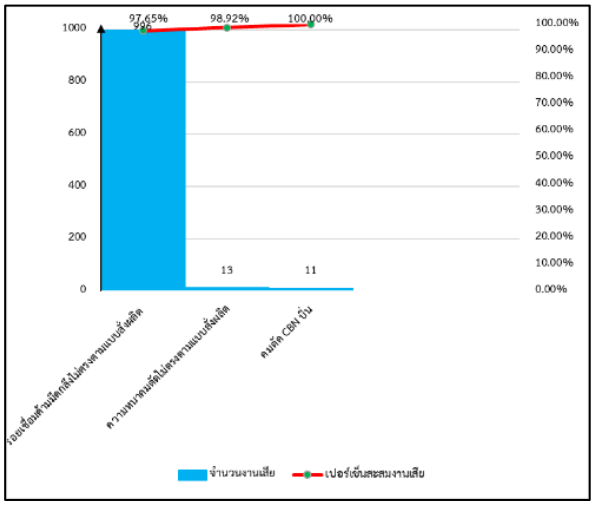
2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

2.1 Define Phase (การกำหนดปัญหา)

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตย้อนหลังจำนวน 1 ปี เพื่อตรวจสอบสัดส่วนของข้อบกพร่องในกระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึง โดยอาศัยหลักการพาเรโต “80:20” [3] การวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) พบว่าปัญหาหลักที่มีสัดส่วนสูงที่สุดคือ ปัญหารอยเชื่อมไม่เต็ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.32 ของงานทั้งหมด



ภาพที่ 4 แผนภูมิพาเรโตจำแนกข้อมูลชิ้นงานไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตปี พ.ศ 2567

2.2 Measure Phase (การวัด)

ในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ ได้มีการนำแผนภูมิการไหลของกระบวนการ มาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาขั้นตอนการทำงานทั้งหมด ตั้งแต่การเตรียมวัสดุจนถึงการตรวจสอบขั้นสุดท้าย เพื่อให้สามารถมองเห็นลำดับกิจกรรม จุดเสี่ยง และตำแหน่งที่อาจเกิดข้อบกพร่องได้อย่างชัดเจน แผนภูมิการไหลช่วยให้สามารถกำหนด จุดตรวจวัดที่เหมาะสม เช่น จุดตรวจสอบอัตรางานเสีย เวลาการทำงาน และจำนวนครั้งของการแก้ไขงาน ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของกระบวนการเชื่อม นอกจากนี้ยังทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานจริงกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเป็นระบบเก็บข้อมูลการแก้ไขด้วย Check Sheet [4]

การใช้แผนภูมิการไหลไม่เพียงแต่ช่วยให้การเก็บข้อมูลมีความครบถ้วนและสอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการผลิตเท่านั้น แต่ยังเอื้อให้การวิเคราะห์ปัญหา มีความแม่นยำ เนื่องจากสามารถเชื่อมโยงข้อบกพร่องกับตำแหน่งในกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงได้โดยตรง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผ่นที่ 1
ชื่อโรงงาน : เจ เค พรีซิชั่น จำกัด
กรรมวิธี : กระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึง รุ่น SEMI BORAZON RING
☑ ปัจจุบัน ☐ เสนอ
ตำแหน่งที่ตั้ง : สถานีงานเชื่อม
ผู้บันทึก : นายชัยวัฒน์ มีชัย

สรุป

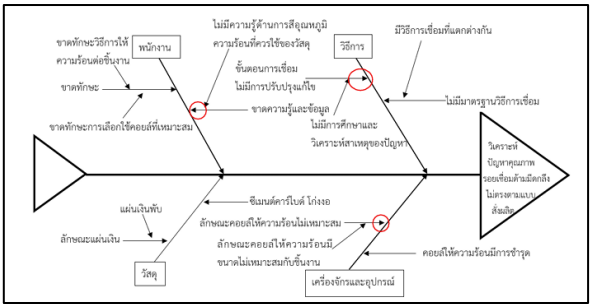
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	6		
เคลื่อนย้าย ⇨	4		
รอคอย D	2		
ตรวจสอบ □	3		
เก็บรักษา ▽	1		
ระยะทาง (เมตร)	69		
เวลา (วินาที)	3287		

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ตรวจสอบระนาบคาร์ไบด์	1	-	9		สถานีงานเชื่อม (Brazing)
2	ตรวจสอบระนาบ S45C	1	-	9		
3	เคลื่อนย้าย S45C ไปยังอิงพราย	1	23	57		
4	อิงพรายปรับผิว S45C	1	-	48		
5	เคลื่อนย้าย S45C ไปสถานีงาน	1	23	57		
6	ตัดและพับแผ่นเงิน	1	-	105		
7	เคลื่อนย้ายคาร์ไบด์ ไปเครื่องเชื่อมระโน	1	4	5		

ภาพที่ 5 กระบวนการไหลการผลิตด้ามมีดกลึงรุ่น SEMI BORAZON RING

2.3 Analyze Phase (การวิเคราะห์)

ใช้ผังสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) [5] เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อรอยเชื่อม จากนั้นได้ทำ Process Mapping เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงในแต่ละจุดของสายการผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุหลักที่มีผลต่อคุณภาพ ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิความร้อนระหว่างการเชื่อม การเตรียมและทำความสะอาดวัสดุก่อนเชื่อม การเลือกใช้ลักษณะและตำแหน่งคอยล์ให้ความร้อน



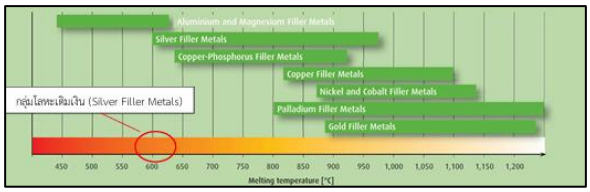
ภาพที่ 6 การวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพรอยเชื่อมด้ามมีดกลึงไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต

2.4 Improve Phase (การปรับปรุง)

จากการวิเคราะห์ได้กำหนดแนวทางปรับปรุงดังนี้

2.4.1 กำหนดมาตรฐานอุณหภูมิความร้อน โดยอ้างอิงข้อมูลจากแผนภูมิกลุ่มโลหะเติมในการบัดกรีตามที่กำหนดใน DIN EN ISO 17672

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management

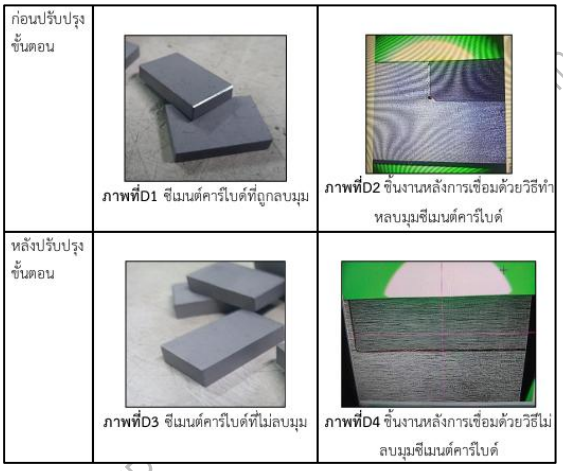


ภาพที่ 7 กลุ่มโลหะเติมในการบัดกรีตามที่กำหนดใน DIN EN ISO 17672

2.4.2 กำหนดตำแหน่งและลักษณะคอยล์

ภาพที่ 8 ตำแหน่งและลักษณะคอยล์หลังปรับปรุง

2.4.3 ปรับปรุงขั้นตอนเตรียมวัสดุ



ภาพที่ 9 ขั้นตอนลบมุมและไม่ลบมุมซีเมนต์คาร์ไบด์

2.4.4 วิเคราะห์ผลหลังปรับปรุงกระบวนการเชื่อม

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการปรับปรุง

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนสั่งผลิต 50 ชิ้น	จำนวนสั่งผลิต 50 ชิ้น
จำนวนงานแก้ไข 39 ชิ้น	จำนวนงานแก้ไข 2 ชิ้น
คิดเป็นร้อยละ 78	คิดเป็นร้อยละ 4

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการเชื่อม โดยหลังจากดำเนินการปรับเปลี่ยนขั้นตอนและควบคุมลักษณะการให้ความร้อนอย่างเหมาะสม พบว่าสามารถลดจำนวนงานที่ต้องแก้ไขจาก 39 ชิ้น เหลือเพียง 2 ชิ้น คิดเป็นการลดลงถึงร้อยละ 94.87 ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และสามารถผลิตชิ้นงานให้ได้ตามคุณภาพที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 Control Phase (การควบคุม)

เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ ได้มีการจัดทำ เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI) และแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check Sheet) สำหรับใช้ติดตามคุณภาพของรอยเชื่อมอย่างต่อเนื่อง จากนั้นเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังดำเนินโครงการ เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการที่ปรับปรุงแล้วสามารถคงประสิทธิภาพได้ในระยะยาว

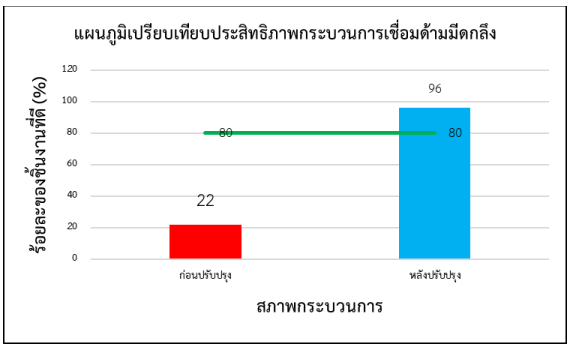
3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการดำเนินโครงการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึง รุ่น SEMI BORAZON RING โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกม่า สรุปได้ดังนี้

3.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตสภาพปัจจุบัน

ขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกลึงรุ่น SEMI BORAZON RING ในสถานีงานเชื่อมหลังปรับปรุง ขั้นตอนการผลิตลดลง 2 ขั้นตอน ระยะทาง ลดลง 4 เมตร และเวลาการผลิตลดลง 1011 วินาที

3.2 ผลการกำหนดเป้าหมาย

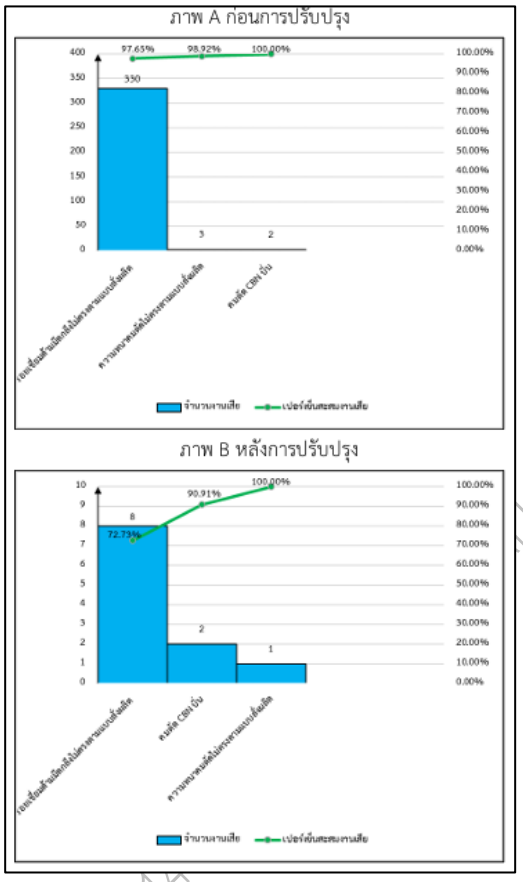


ภาพที่ 10 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพกระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึง

FTI & RMUTP Innovation and Management Conference 2025

จากภาพที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึงก่อนและหลังการปรับปรุง โดยวัดจากร้อยละของชิ้นงานที่ดี ก่อนการปรับปรุง กระบวนการมีชิ้นงานที่ดีเพียงร้อยละ 22 อย่างไรก็ตาม หลังจากการปรับปรุง ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็นร้อย 96 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของโครงการในการยกระดับคุณภาพการผลิต

3.3 ผลการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

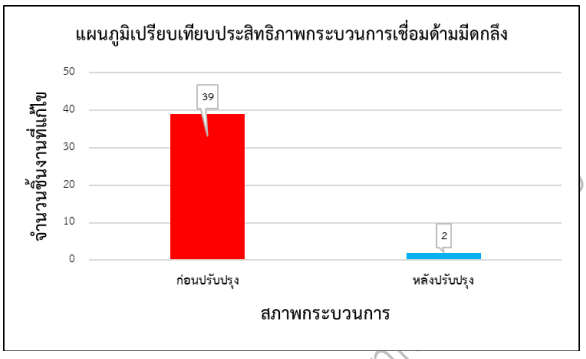


ภาพที่ 11 ผลการควบคุมคุณภาพกระบวนการเชื่อมเปรียบเทียบด้วยแผนภูมิพาเรโต

จากภาพที่ 11 แสดงแผนภูมิพาเรโตแสดงผลการเปรียบเทียบช่วงเวลา 3 เดือนก่อนและหลังการปรับปรุง ก่อนการปรับปรุง พบว่าปัญหารอยเชื่อมมีจำนวนถึง 330 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 97.65 ของปัญหาทั้งหมด เมื่อดำเนินการปรับปรุงตามหลัก DMAIC แล้ว ปัญหารอยเชื่อมไม่ลดลงเหลือเพียง 8 ชิ้น

3.4 ผลการปรับปรุงกระบวนการ

3.4.1 ผลการทดลองใช้ขั้นตอนและวิธีการเชื่อมหลังปรับปรุง



ภาพที่ 12 ผลการทดลองหลังปรับปรุง

การปรับปรุงจากการทดลองเชื่อมชิ้นงานจำนวน 50 ชิ้น มีงานแก้ไขจำนวน 39 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 78 หลังปรับปรุง มีงานแก้ไขจำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 4 ซึ่งลดลง 37 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 94.87 ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และสามารถผลิตชิ้นงานอย่างมีประสิทธิภาพ

4. อภิปรายผล (Discussion)

การปรับปรุงกระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึงรุ่น SEMI BORAZON RING โดยใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ซิกม่า ช่วยให้สามารถระบุปัญหาหลักและแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6] การใช้แผนภูมิพาเรโตช่วยชี้ให้เห็นว่ารอยเชื่อมไม่เต็มเป็นปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุด ขณะที่ผังก้างปลาและการทำ Process Mapping แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุ [7] เช่น การควบคุมความร้อนและการเตรียมวัสดุ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของรอยเชื่อม ผลการทดลองหลังการปรับปรุงพบว่าอัตรางานแก้ไขลดลงจากร้อยละ 78 เหลือเพียงร้อยละ 4 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้

5. สรุปผล (Conclusion)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการนำหลักการ DMAIC ของซิกซ์ซิกม่ามาประยุกต์ใช้กับกระบวนการเชื่อมด้ามมีดกลึงรุ่น SEMI BORAZON RING สามารถลดอัตรางานแก้ไขจาก ร้อยละ 76.32 เหลือเพียงร้อยละ 2.41 หรือคิดเป็นการลดลงกว่าร้อยละ 97 ทำให้คุณภาพรอยเชื่อมตรงตามแบบสั่งผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยลดระยะเวลาและ

FTI & RMUTP 14 Innovation and Management Con

ขั้นตอนการผลิต รวมทั้งลดต้นทุนการแก้ไขงาน โครงการนี้ไม่เพียงบรรลุวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตเท่านั้น แต่ยังสามารถนำแนวทางที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการผลิตเครื่องมือตัดประเภทอื่น ๆ ได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรทั้งในเชิงคุณภาพและประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัทเจเค พรีซิชั่น จำกัด และโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ตลอดทั้งผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าฝ่ายการผลิต อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ช่วยให้คำปรึกษาที่ช่วยสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยโครงการนี้ตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Dipl.-Ing. Max Schimpfermann, Dipl.-Ing. Daniel Schnee. Brazing in the Tool Manufacturing Industry. BrazeTec, 2015.

[2] กัญยารัตน์ วังคะฮาด และณฐา คุปตัษเฐียร. การลดปัญหาของเสียในการผลิตเกียร์ด้วยหลักการ DMAIC กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี, 2557.

[3] ธัญลักษณ์ โคตะมี, พรรณทิภา อติชาติ และวรรณพร จันโทภาส. การใช้แผนภูมิพาเรโตสำหรับการควบคุมคุณภาพในโรงงานอุตสาหกรรม, 2558.

[4] สุจิตรา บัวผัน. การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2563.

[5] ธารชุดา พันธ์นิกุล, ดวงพร สังฆะมณี และปรีดาภรณ์ งามสง่า. การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถจักรยาน. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2557 30-31 ตุลาคม 2557 สมุทรปราการ.

[6] อามิณฑ์ หล้าวงศ์, ราชันย์ วงษ์ทวี, ศุภกิจ เศิกศิริ และไทยทัศน์ สุดสวนสี. การพัฒนาเตาเผาชีวมวลสำหรับการย้อมผ้าพื้นเมืองแบบดั้งเดิมด้วยการประยุกต์ใช้วิธี DMAIC. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 3 ฉบับที่ 3 เดือนกรกฎาคม-กันยายน 2565.

[7] ชยุตม์ บันเทิงจิตร และเจนจิรา สุขมณี. การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC เพื่อลดเวลาการตรวจสอบภายในแผนกตรวจสอบรถยนต์ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม ปีที่ 15 ฉบับที่ 4 ประจำเดือน ตุลาคม – ธันวาคม 2565.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

นวัตกรรมเครื่องจักรกลกึ่งอัตโนมัติสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการปอกและผ่าผลหมากแห้ง

Innovative Semi-Automatic Machinery for Enhancing the Efficiency of the Dry Areca Nut Peeling and Splitting Process

ยงยุทธ ดุลยกุล[1], เดช เหมือนขาว[2], ธีรเมธ สงทอง[3], ชำนาญ พูลสวัสดิ์[4], นิพนธ์ มณีโชติ[5] และ ชัยยุทธ มีงาม[6*]

Yongyuth Dunyakul[1], Dech Maunkhaw[2], Theeramate Songthong[3], Chamnan Poolsawat, Nipon Maneechot[5] and Chaiyoot Meengam[3*]

[1, 2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา
1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000 ประเทศไทย

[3, 4, 5, 6*] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
160 หมู่ที่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000 ประเทศไทย

[1, 2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla
1 Ratchadamnoennok Rd. Boyang Sub-district, Muang District, Songkhla 90000, Thailand

[3, 4, 5, 6*] Department of Production Technology, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University
160, Moo 4, Khoa-Roob-Chang Sub-district, Muang District , Songkhla 90000, Thailand

[*]Corresponding author: Chaiyoot Meengam, e-mail address: Chaiyoot.me@skru.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งกึ่งอัตโนมัติ สำหรับเพิ่มกำลังการผลิตเครื่องต้นแบบใช้กลไกแรงเฉือนและการเสียดทานผ่านตะแกรงเหล็กแบบช่องว่างไล่แคบ สำหรับการผ่าผลด้วยใบมีดสองแฉกเคลื่อนที่ในแนวแกนที่ 36 จังหวะต่อนาที การออกแบบเน้นความปลอดภัย การทดลองใช้หมากแห้งความชื้น 3–7 %RH โดยปรับแรงดันล้อยางตามช่วงขนาดผลหมากแห้ง ทดสอบการปอกผลหมากแห้งที่ 3, 5 และ 7 กิโลกรัมต่อครั้ง ผลลัพธ์พบว่าอัตราผลดีเพิ่มจาก 91.67 เป็น 96.90 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ของเสีย ลดจาก 8.33 เป็น 3.10 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบการผ่าหมากแห้งที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อครั้ง พบว่าอัตราผลหมากสมบูณ์อยู่ในช่วง 85.67–95.26 เปอร์เซ็นต์ และของเสีย 14.33–4.74 เปอร์เซ็นต์ เครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งกึ่งอัตโนมัติสามารถผลิตเฉลี่ย 320 กิโลกรัมต่อวัน และผ่าผลหมากแห้งได้ 112 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าการใช้แรงงานคน ปริมาณคุ้มทุนอยู่ที่ 90.4 กิโลกรัมต่อวัน แต่สามารถผ่าหมากได้ถึง 112 กิโลกรัมต่อวัน และมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 12 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งกึ่งอัตโนมัติ; การปอกและผ่าผลหมากแห้ง; กำลังการผลิต

Abstract: This study presents the design, development and performance evaluation of a semi-automatic machine for dehusking and splitting dried areca nuts to increase production capacity. The prototype generating shear and friction against a tapered-gap steel grate for dehusking, while a two-prong knife driven axially by a crank–plunger operates at 36 strokes per min for splitting. Safety is prioritized through guarding. Experiments employed dried nuts with 3–7% RH, with tire pressure adjusted to fruit size. Batch dehusking at 3, 5, and 7 kg per run increased the good fraction from 91.67% to 96.90%, while defects fell

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

from 8.33 to 3.10%. For batch splitting at 1, 3, and 5 kg per run yielded 85.67–95.26% good products and 14.33–4.74% defects. The machine achieved average outputs of 320 kg per day (dehusking) and 112 kg per day (splitting), outperforming manual labor. The break-even quantity is 90.4 kg per day, whereas the system can split 112 kg per day, giving a payback period within 12 operating days.

Keywords: Semi-automatic dehusking–splitting machine for dried areca nuts; Areca nut peeling and slicing; Productivity.

1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยนับเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิตหมากที่สำคัญของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกหมากมากกว่า 6 แสนไร่ ครอบคลุมหลายจังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และโดยเฉพาะภาคใต้ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดกว่า 4 แสนไร่ คิดเป็นร้อยละกว่า 65 ของพื้นที่ปลูกหมากทั้งประเทศ ทั้งนี้จังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด ตามด้วยจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราชและพัทลุง [1] ผลผลิตหมากส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ทั้งในรูปแบบการบริโภคโดยตรง การใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้านและที่สำคัญคือการแปรรูปเป็นหมากแห้ง เพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ อาทิเช่น อินเดีย บังกลาเทศ ปากีสถาน พม่าและจีน ซึ่งมีความต้องการในเชิงพาณิชย์สูง [2-4] โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร ยาและผลิตภัณฑ์สมุนไพร [5] กระบวนการผลิตหมากแห้งแปรรูปยังคงพึ่งพาแรงงานคนในขั้นตอนการปอกเปลือกและผ่าครึ่งผลหมาก ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิต อย่างไรก็ตาม การใช้แรงงานคนมีข้อจำกัดทั้งด้านความล่าช้า ความไม่สม่ำเสมอและความเสี่ยงต่อความปลอดภัย [6] ขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญ ขณะที่ความต้องการตลาดหมากแห้งแปรรูปเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้กำลังการผลิตของผู้ประกอบการขนาดชุมชนและอุตสาหกรรมขนาดเล็กไม่เพียงพอ [7] นอกจากนี้ ลักษณะของผลหมากแห้งมีความแตกต่างจากหมากสด กล่าวคือ เนื้อหมากมีความแข็งและเปลือกเกาะแน่นกับเนื้อในมากกว่าหมากสด ทำให้การปอกและผ่ามีความยากและใช้เวลามากกว่าหมากสด อีกทั้งยังเพิ่มโอกาสการเกิดความเสียหายของผลผลิต เช่น การแตกหักหรือการสูญเสียวัตถุดิบ ดังนั้นอีกสาเหตุพบว่าแรงงานคนไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการตลาดได้อย่างเพียงพอ และมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลมาทดแทน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและสม่ำเสมอมากขึ้น [8] ในเชิงเศรษฐศาสตร์ การลงทุนในเครื่องจักรกลกึ่งอัตโนมัติสามารถช่วยลดต้นทุนแรงงานในระยะยาว เพิ่มผลผลิตต่อหน่วยเวลาและเพิ่มอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคน โดยสามารถคำนวณความคุ้มค่าในรูปแบบระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และการวิเคราะห์ปริมาณคุ้มทุน (Break-Even Quantity: BEQ) ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการสร้างกำไรของผู้ประกอบการ ทั้งนี้การใช้เครื่องจักรยังช่วยลดความสูญเสียจากวัตถุดิบที่เสียหาย เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์และสร้างมาตรฐานการผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการตลาดได้อย่างมีคุณภาพ [9]

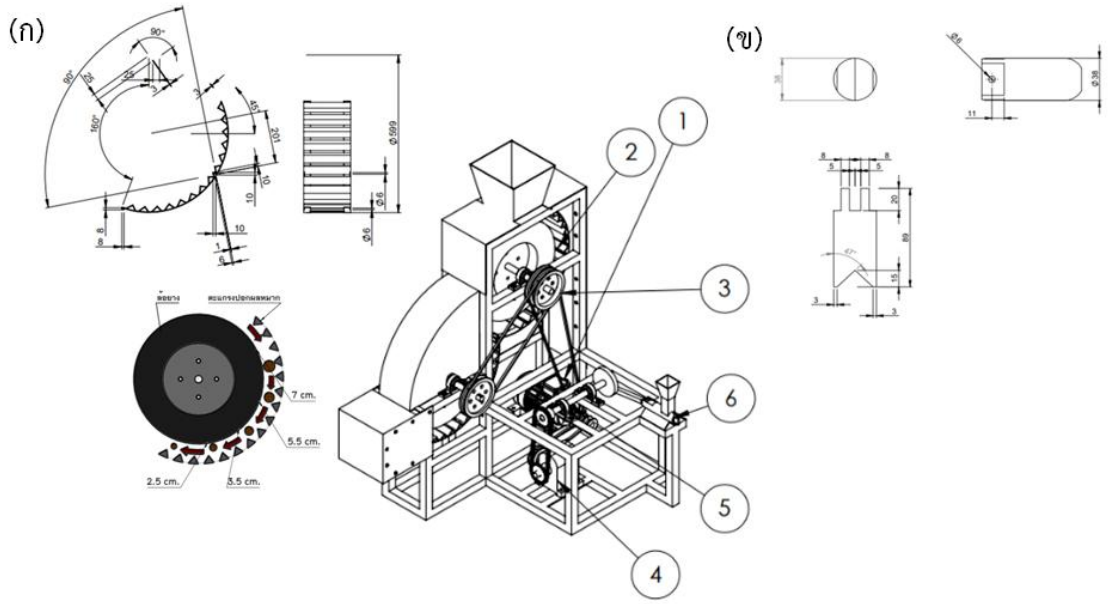
เพื่อตอบโจทย์ข้อจำกัดและโอกาสดังกล่าว จึงนำมาสู่งานวิจัยนี้ ด้วยการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการปอกและผ่าผลหมากแห้ง โดยการพัฒนาเครื่องจักรกลกึ่งอัตโนมัติสำหรับกระบวนการปอกและผ่าผลหมากแห้ง ให้อยู่ในเครื่องจักรกลเดียวกัน ซึ่งสามารถทำงานแทนแรงงานคน ลดขั้นตอนการปอกและผ่าผลหมากแห้ง ลดเวลาการผลิตและเพิ่มความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรประเภทนี้ยังสามารถออกแบบให้สอดคล้องกับหลักการวิศวกรรม ทั้งทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาณ (Productivity) การลดความสูญเสีย (Waste Reduction) และการยกระดับความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบที่มีความทันสมัย ใช้งานง่าย เหมาะสมกับผู้ประกอบการในระดับชุมชนและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยมีการประเมินทั้งด้านประสิทธิภาพการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เปรียบเทียบกับแรงงานคน ซึ่งเป็นใช้นวัตกรรมเพิ่มศักยภาพอุตสาหกรรมหมากไทยและการส่งออกในอนาคตได้

FTI & RMUTP 7th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 หลักการออกแบบเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติ

เครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งกึ่งอัตโนมัติได้ออกแบบให้มีขนาด 92×120×145 เซนติเมตร (ภาพที่ 1) ชุดเครื่องประกอบด้วย (1) ชุดมอเตอร์ ขนาด 2 แรงม้า (2) ชุดล้อและตะแกรงกะเทาะผลหมาก ใช้ล้อยางสองชุดทำงานร่วมกับตะแกรงเหล็กฉาก ขนาด 2.54×2.54 เซนติเมตร จัดวางเป็นแนวโค้งโดยกำหนดช่องว่างให้ไล่แคบจากประมาณ 7 ถึง 2.5 เซนติเมตร (เท่าขนาดเมล็ดผลหมากแห้งที่ปอกเสร็จ) ซึ่งเกิดกลไกการสร้างแรงเฉือนและแรงเสียดทานให้เปลือกแตกและฉีกออกจากเมล็ด ดังแสดงในภาพที่ 1(ก) โดยปรับความยืดหยุ่นของผิวสัมผัสผ่านแรงดันลมในล้อยางทั้งสอง (3) ชุดพูลเลย์และสายพาน เป็นชุดส่งกำลังให้กับล้อยางทั้งสองล้อกระเทาะเปลือกผลหมากแห้ง สำหรับการส่งกำลังจะใช้พูลเลย์ควบคู่สายพาน (d_1=6.35 และ d_2=17.78 เซนติเมตร) อัตราทด 2.8 เท่า ความเร็วหมุนล้อยาง 517 รอบต่อนาที (4) เกียร์ทด อัตราทด 1:40 เท่า ต่อด้วยชุดเฟือง–โซ่ เพื่อดันกระบอกผ่าผลหมากแห้งที่ปอกเรียบร้อยแล้ว สำหรับความถี่ข้อเหวี่ยงของกระบอกผ่าประมาณ 36 จังหวะต่อนาที เหมาะกับการป้อนต่อเนื่องและลดแรงกระแทกต่อใบมีดและเมล็ดหมากแห้ง (5) ชุดเฟืองโซ่และเพลาข้อเหวี่ยงประกอบร่วมกับชุดผ่าผลหมากแห้ง เข้ากับเกียร์ทด เพื่อลดความเร็วที่เกิดจากมอเตอร์และโซ่เฟืองให้สอดคล้องกับอัตราทด (6) ชุดกระบอกผ่าผลหมากและใบมีดผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง ออกแบบให้ใบมีดผ่ามีลักษณะสองแฉก สามารถเฉือนผลหมากแห้งให้แยกออกจากกันแบบครึ่งเมล็ด ดังแสดงในภาพที่ 1(ข) ด้านความปลอดภัยของเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งกึ่งอัตโนมัติมีการ์ดครอบป้องกันในบริเวณที่มีการเคลื่อนไหวและบริเวณที่มีความคมพร้อมมีระบบหยุดฉุกเฉินตามมาตราฐานการออกแบบความปลอดภัยทางวิศวกรรม นอกจากนั้นยังออกแบบให้สามารถใช้งานง่าย ทำความสะอาดดูแลได้สะดวก โดยออกแบบให้มีความสามารถในการเพิ่มอัตราการปอกเปลือกและผ่าผลหมากแห้งในเครื่องเดียวกัน ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ประกอบการระดับชุมชนและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก



รายละเอียดชิ้นส่วนหลักเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติ			
1	มอเตอร์ ขนาด 2 แรงม้า	2	ล้อและตะแกรงกะเทาะผลหมาก
3	พูลเลย์และสายพาน	4	เกียร์ทด อัตราส่วน 1:40
5	เฟืองโซ่และเพลาข้อเหวี่ยง	6	กระบอกผ่าผลหมาก

ภาพที่ 1 หลักการออกแบบเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติ

2.2 การสร้างและการทำงานเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติ

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการสร้างและลักษณะการทำงานเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งแบบกึ่งอัตโนมัติ เริ่มจากการจัดทำโครงสร้างหลัก ดังแสดงในภาพที่ 2(ก) จากนั้นประกอบติดตั้งตะแกรงปอกผลหมากและล้อกระทะขอบ ขนาด Ø25.4 เซนติเมตร ความกว้างของขอบแก้มยาง ขนาด 14.50 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2(ข) และ (ค)) ต่อด้วยติดตั้งชุดมอเตอร์ ต่อสายพานเข้ากับพูลเลย์และชุดโซ่เข้ากับชุดเกียร์ทด ดังแสดงในภาพที่ 2(ง) ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องตรวจสอบความสมดุลของการหมุนของเครื่องจักร เมื่อประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้วเสร็จให้เพิ่มฝาการ์ดฝาครอบ เพื่อความปลอดภัยตามหลักวิศวกรรม ดังแสดงในภาพที่ 2(จ) สำหรับการใช้งาน จะใช้หมากแห้งที่มีผล 3 ขนาด ได้แก่ ผลเล็ก ขนาด 2.0–2.5 เซนติเมตร ผลกลาง ขนาด 2.5–3.0 เซนติเมตร และ 15 ผลใหญ่ ขนาด 3.0–4.0 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามขนาดผลจะส่งผลต่อแรงดันลมในล้อยาง ซึ่งแรงดันลมเหมาะสมกับผลขนาดเล็ก ผลขนาดกลางและผลขนาดใหญ่อยู่ที่ 25/20/15 psi ตามลำดับ (ภาพที่ 2 (ฉ)) ผลของการปอกเปลือกหมากแห้งมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น เปลือกมีการหลุดแยกจากเมล็กผลหมากแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 2(ช) สุดท้าย ผลหมากแห้งที่ผ่านการผ่ามีคุณภาพที่ดีขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2(ฌ)

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลการทดสอบการปอกผลหมากแห้ง

จากการทดลองปอกผลหมากแห้งจะใช้ผลหมากขนาดผลกลางและขนาดใหญ่ ที่มีความโตผลหมากในช่วงขนาด 2.5–4.0 เซนติเมตร ผลหมากแห้งมีความชื้นในช่วง 3 ถึง 7 %RH (เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในการทดลอง) เนื่องจากสภาวะของผลหมากแห้งเหมาะสมสำหรับการปอกเปลือก เนื้อผลหมากไม่ติดกับเปลือกจึงเหมาะที่จะนำมากะเทาะเปลือกออก สำหรับการทดลองจะทำการทดลองที่น้ำหนักที่ 3, 5 และ 7 กิโลกรัม ตามลำดับ และประเมินผลที่สมบูรณ์และผลหมากแห้งที่แตกเสียหายหลังจากการปอก จากนั้นนำผลมาเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ในการปอกผลหมากสมบูรณ์และผลหมากไม่สมบรูณ์ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองปอกผลหมากแห้งด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการป้อนต่อครั้งจาก 3 ไปสู่ 7 กิโลกรัม ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผลหมากแห้งหลังการปอกมีความสมบูณ์ (ผลดี) เฉลี่ยมีแน้วโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่การทดลอง 3 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ผลสมบูรณ์ที่ 91.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทดลอง 5 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ผลสมบูรณ์ที่ 94.26 เปอร์เซ็นต์ และการทดลอง 7 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ผลสมบูรณ์ที่ 96.90 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มที่ดีขึ้น เนื่องจากเมื่อป้อนมากขึ้น

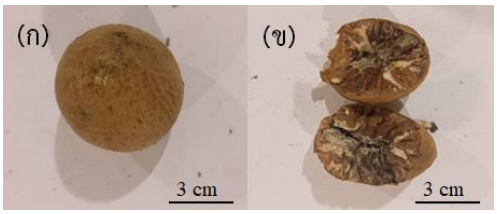
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industry Management Conference 2025

ระบบล้อยาง ตะแกรงเข้าสู่สภาวะคงตัวและมีความเต็มหน้าสัมผัสที่เหมาะสม ทำให้แรงเสียดทาน แรงเฉือนไม่ผันผวนและการฉีกเปลือกเกิดต่อเนื่องและสอดคล้องกับหลักแรงเสียดทานต่างศูนย์ ที่ระบุว่าประสิทธิภาพการปอกพึ่งพาความต่างของสัมประสิทธิ์เสียดทานสองผิวกับแรงกดปกติ [10] ในทางตรงกันข้ามของเสียและผลหมากที่ปอกไม่สมบูรณ์มีแนวโน้มที่ลดลงเช่นกัน พิจารณาได้จาก อัตราของเสีย ลดจาก 8.33 ไปสู่ 3.10 เปอร์เซ็นต์ กลไกอีกประการที่สำคัญ คือ หากปริมาณป้อนน้อยหรือช่องว่าง (Gap) ยังไม่เหมาะจะเกิดการลื่น สะท้อนจนปอกไม่หมดหรือซ้ำเมล็ด จนเกิดการหลุดผ่านโดยปอกไม่สมบูรณ์หรือถูกกัดผลที่รุนแรงจนแตกหัก ในขณะที่ปริมาณป้อนมากเกินไปส่งผลต่อการกระแทกกันของผลหมากแห้งได้เช่นกัน ดังนั้นการควบคุมความเร็วของล้อให้เหมาะกับชนิดและความชื้นของผลหมาก การทำให้การป้อนสม่ำเสมอ การทำความสะอาดเส้นใยตกค้าง เพื่อลดความแปรปรวนของแรงเสียดทานอย่างเหมาะสม จะสามารถยกระดับคุณภาพและกำลังการผลิตจากช่วง 70–80 เปอร์เซ็นต์ ให้สูงเกิน 90 เปอร์เซ็นต์ [11] สำหรับผลการทดลองปอกผลหมากแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองปอกผลหมากแห้งด้วยเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลหมากแห้ง (กิโลกรัม)	ผลการทดลอง				
	จำนวนผลหมากที่ปอกสมบูรณ์ (กิโลกรัม)	จำนวนผลหมากที่ปอกไม่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการปอก (นาที)	เปอร์เซ็นต์	
				ผลดี	ผลเสีย
3	2.76	0.24	5.11	92.0	8.0
	2.80	0.20	5.07	93.0	7.0
	2.70	0.30	4.40	90.0	10.0
เฉลี่ย	**2.75**	**0.25**	**4.86**	**91.67**	**8.33**
5	4.89	0.11	8.10	97.8	2.2
	4.59	0.41	8.47	91.8	8.2
	4.66	0.34	8.52	93.2	6.8
เฉลี่ย	**4.71**	**0.29**	**8.36**	**94.26**	**5.74**
7	6.78	0.22	12.42	96.8	3.2
	6.75	0.25	12.04	96.4	3.6
	6.83	0.17	12.12	97.5	2.5
เฉลี่ย	**6.78**	**0.22**	**12.19**	**96.90**	**3.10**

สำหรับผลหมากแห้งที่ปอกสมบูรณ์ พบว่าเมล็ดมีลักษณะของผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรอยร้าวหรือรอยบิ่นที่ขอบเมล็ด ไม่พบเศษเปลือกหรือเส้นใยติดค้าง รูปทรงยังคงกลมหรือรีตามธรรมชาติและไม่บิดเบี้ยว ดังแสดงในภาพที่ 3(ก) ในขณะที่ผลหมากแห้งที่ปอกไม่สมบูรณ์ พบรอยแตกเป็นแนวรัศมี แนวเฉือนลึกเข้าสู่เนื้อในแตกออกเป็นสองชิ้นไม่เรียบ ขอบเมล็ดบิ่นกว้าง และมักมีเศษเปลือกหรือเส้นใยติดค้าง มักเกิดจากแรงกดและแรงเฉือนสูงเกินไปหรือช่องว่างล้อยาง บริเวณตะแกรงแคบเกินเมื่อป้อนทำให้ผลหมากแห้งเอียงนำไปสู่การแตกเสียหาย [12] ดังแสดงในภาพที่ 3(ข)



ภาพที่ 3 ลักษณะผลหมากหลังจากการปอกเปลือก (ก) ผลหมากสมบูรณ์ (ข) ผลหมากเสียหาย

3.2 ผลการทดสอบการผ่าผลหมากแห้ง

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองผ่าผลหมากแห้ง สำหรับผลหมากแห้งที่ใช้ผ่าจะได้จากการปอกผลหมาก

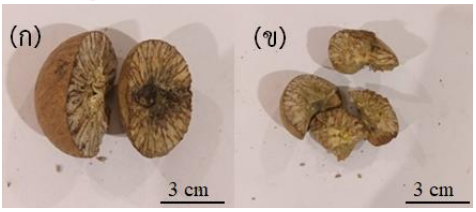
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

แห้งที่มีความโตผลหมากในช่วง ขนาด 2.0–2.5 เซนติเมตร สำหรับการทดลอง จะทำการทดลองที่น้ำหนักที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับ จากนั้นประเมินผลที่สมบูรณ์หลังจากการผ่าและผลหมากแห้งที่แตกเสียหายหลังจากการผ่า ผลการทดลองที่ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์หลังจากการ จากผลการทดลอง พบว่าเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติมีประสิทธิภาพที่ดีในการผ่าหมากแห้ง โดยมีแนวโน้มเชิงบวกทั้งปริมาณและคุณภาพของการผ่า โดยแสดงให้เห็นว่าร้อยละอัตราผลดีที่มีความสมบูรณ์หลังการผ่ามีค่า 85.67 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองที่ 1 กิโลกรัม และมีค่า 94.73 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองที่ 3 กิโลกรัม สุดท้ายมีค่า 95.26 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองที่ 5 กิโลกรัม ซึ่งมีแสดงให้เห็นว่าเครื่องผ่าหมากสามารถเพิ่มคุณภาพในการผลิตได้ สำหรับอัตราของเสียลดจาก 14.33 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองที่ 1 กิโลกรัม ไปยัง 4.74 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองที่ 5 กิโลกรัม ซึ่งสามารถลดของเสียได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม พบว่าขนาดของผลหมากแห้งก่อนป้อน (Pre-grading) ลักษณะรูปทรงหมากและทิศทางการวางตัวของหมาก ส่งผลต่อการเกิดความเสียหายแบบใบมีด 2 แฉก เนื่องจากอาจเกิดการกระแทกในทิศทางที่ไม่สมดุล ส่งผลให้ผลหมากเกิดความเสียหายจากการผ่าได้ [13] แต่จากการประเมินประสิทธิภาพเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทดแทนและลดแรงงานคนในกระบวนการผ่าหมากได้ เป็นการเพิ่มมูลค่าทางด้านการผลิตให้สูงขึ้น นอกจากนั้นในกระบวนการผ่าหมากด้วยแรงงานคนมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ การใช้เครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานได้ [14]

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองผ่าผลหมากแห้งด้วยเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลหมากแห้ง (กิโลกรัม)	ผลการทดลอง				
	จำนวนผลหมากที่ผ่าสมบูรณ์ (กิโลกรัม)	จำนวนผลหมากที่ผ่าไม่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการผ่า (นาที)	เปอร์เซ็นต์	
				ผลดี	ผลเสีย
1	0.91	0.09	3.53	91.0	9.0
	0.87	0.13	3.43	87.0	13.0
	0.79	0.21	3.39	79.0	21.0
เฉลี่ย	**0.86**	**0.14**	**3.45**	**85.67**	**14.33**
3	2.88	0.12	11.25	96.0	4.0
	2.78	0.22	11.14	92.6	7.4
	2.87	0.13	11.12	95.6	4.4
เฉลี่ย	**2.84**	**0.16**	**11.17**	**94.73**	**5.27**
5	4.79	0.21	20.22	95.8	4.2
	4.69	0.31	20.10	93.8	6.2
	4.81	0.19	20.36	96.2	3.8
เฉลี่ย	**4.76**	**0.24**	**20.23**	**95.26**	**4.74**

ผลหมากสมบูรณ์จะผ่าได้เป็น 2 ซีกเท่า ๆ กัน แนวทิศทางการตัดเฉือนรอยผ่าผ่านกึ่งกลางแกนเมล็ดเส้นลายรัศมีของเนื้อยังต่อเนื่อง ไม่เกิดการบิดงอหรือแตกเศษ แสดงถึงการเฉือนแบบต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลหมากสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 4(ก) ในขณะที่การตัดเฉือนผลหมากแห้งในทิศทางที่ไม่สมดุลกับรูปทรงของผลหมากแห้งหรือการตัดเฉือนด้วยแรงไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อความเสียหายของผลหมาก นำไปสู่การแตกแยกเป็นส่วน ๆ (ภาพที่ 4(ข)) ซึ่งส่งผลต่อราคาขายในเชิงพาณิชย์ นอกจากนั้นยังนำไปสู่คุณภาพหลังการผ่าที่ต่ำลง [15]



ภาพที่ 4 ลักษณะผลหมากหลังจากการผ่าเมล็ด
(ก) ผลหมากสมบูรณ์ (ข) ผลหมากเสียหาย

3.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

กำหนดค่าใช้จ่ายต่อหน่วย ได้แก่ เครื่องจักรลงทุนรวม 19,190 บาท เครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน กำลังการผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นหมากผ่าครึ่ง จำนวน 112 กิโลกรัมต่อวัน ที่ราคาขายเฉลี่ย 45 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนวัตถุดิบ (หมากแห้ง) ราคาเฉลี่ย 20-25 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนคงที่รายวัน (ไฟฟ้า 48 บาท+แรงงาน 384 บาท) คิดเป็น 432 บาทต่อวัน ค่าเสื่อมราคา 3,400 บาทต่อปี จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณปริมาณคุ้มทุน (BEQ) ระยะเวลาคืนทุน (Payback) ได้จากสมการดังนี้

กำหนดให้ p คือ ราคาขายต่อกิโลกรัม, c คือ ต้นทุนวัตถุดิบต่อกิโลกรัม, Q คือ ปริมาณขายต่อวัน, F คือ ต้นทุนคงที่ต่อวัน และ I คือ เงินลงทุนเริ่มต้น ตามลำดับ

รายได้ (R) = 45×112 = 5,040 บาทต่อวัน

ต้นทุนวัตถุดิบ (V) = 25×112 = 2,800 บาทต่อวัน

กระแสเงินสดสุทธิ (CF) = (45−25) × 112−432 = 1,808 บาทต่อวัน

(*ถ้าหักค่าเสื่อมเฉลี่ย ≈ 3,400/300 ≈ 11.3 บาทต่อวัน คงเหลือกระแสเงินสดสุทธิ ≈ 1,796.7 บาทต่อวัน*)

ปริมาณคุ้มทุน (BEQ) = F ÷ (p−c)

การคำนวนหาปริมาณคุ้มทุน = 432 ÷ 20 = 21.6 กิโลกรัมต่อวัน จากปริมาณขายจริง จำนวน 112 กิโลกรัมต่อวัน พบว่าสูงกว่าปริมาณคุ้มทุนที่ 90.4 กิโลกรัมต่อวัน (ยอดขายจริงลดลงได้มากสุดก่อนจะขาดทุน ≈ 80.7%)

ระยะเวลาคืนทุน (Payback) = I ÷ CF

ระยะเวลาคืนทุน = 19,190 ÷ 1,808 = 10.6 วันทำการ (≈ 11 วัน) และถ้าคิดค่าเสื่อมเฉลี่ย 11.3 บาทต่อวัน จะคืนทุนที่ 12 วัน

เครื่องจักรสามารถสร้างกระแสเงินสดสุทธิเฉลี่ยประมาณ 1,808 บาทต่อวัน ทำให้จุดคุ้มทุนด้านปริมาณอยู่เพียง 21.6 กิโลกรัมต่อวัน ขณะที่ปริมาณขายจริง 112 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้คืนทุนภายใน 12 วัน ซึ่งสะท้อนความคุ้มค่าของการลงทุนสำหรับผู้ประกอบการระดับชุมชนหรือกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการเปรียบเทียบการปลอกหมากแห้งระหว่างแรงงานคนกับเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ พบว่าแรงงานคนมีสามารถปอกผลหมากแห้งเฉลี่ย 3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อคิดเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน แรงงานคนสามารถปอกหมากได้เฉลี่ย 24 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถปอกหมากแห้งได้เฉลี่ย 34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อคิดเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน สามารถปอกเปลือกหมากแห้งได้เฉลี่ย 320 กิโลกรัมต่อวัน นอกจากนั้นเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติสามารถผ่าผลหมากได้เฉลี่ย 14 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อคิดปริมาณการผ่าผลหมากแห้งต่อวันจะได้ประมาณ 112 กิโลกรัมต่อวัน ในขณะที่แรงงานคนสามารถผ่าได้เฉลี่ย 15 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งสามารถลดแรงงานคนผ่าหมากแห้งได้ถึง 7 คนต่อวัน และสามาลดความเสี่ยงจากการบาดของมีดผ่าหมากได้อีกด้วย

5. สรุปผล (Conclusion)

(1) การทดลองปอกผลหมากแห้งที่น้ำหนักที่ 3, 5 และ 7 กิโลกรัม ด้วยเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติ แสดงให้เห็นว่าผลหมากที่ปอกสมบูรณ์อยู่ในช่วง 91.67 ถึง 96.90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลหมากที่ปอกไม่สมบูรณ์ มีความเสียหายหรือมีเส้นใยบางส่วน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 3.10 ถึง 8.33 เปอร์เซ็นต์ โดยจากการทดลองพบว่าที่น้ำหนักที่ 3, 5 และ 7 กิโลกรัม มีเวลาเฉลี่ยในการปอกผลหมากแห้งประมาณ 4.86, 8.36 และ 12.19 นาที ตามลำดับ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

(2) การทดลองผ่าผลหมากแห้งที่น้ำหนักที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัม ด้วยเครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติ แสดงให้เห็นว่าผลหมากที่ผ่าสมบูรณ์อยู่ในช่วง 85.67 ถึง 95.26 เปอร์เซ็นต์ ในทางตรงกันข้าม ผลหมากที่ผ่าไม่สมบูรณ์ มีความเสียหายแตกหักหลังจากการผ่า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 4.75 ถึง 14.33 เปอร์เซ็นต์ โดยจากการทดลองพบว่าที่น้ำหนักผลหมากแห้งที่ใช้ในการผ่าที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัม มีเวลาเฉลี่ยในการผ่าผลหมากแห้งประมาณ 3.45, 11.17 และ 20.23 นาที ตามลำดับ

(3) แรงงานคนสามารถปอกเปลือกหมากแห้งได้เฉลี่ย 24 กิโลกรัมต่อวัน และผ่าหมากแห้งได้เฉลี่ย 15 กิโลกรัมต่อวัน (ต่อคน) ในขณะที่เครื่องปอกและผ่าผลหมากแห้งระบบกึ่งอัตโนมัติสามารถปอกเปลือกหมากแห้งได้เฉลี่ย 320 กิโลกรัมต่อวัน และผ่าผลหมากแห้งได้เฉลี่ย 112 กิโลกรัมต่อวัน สามารถลดแรงงานคนผ่าหมากแห้งได้ถึง 7 คนต่อวัน และลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุ

(4) ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน พบว่าปริมาณคุ้มทุนอยู่ที่ 21.6 กิโลกรัมต่อวัน แต่สามารถผ่าหมากได้ถึง 112 กิโลกรัมต่อวัน และมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 12 วัน ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2567 อันเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญของงานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (สงขลา) ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ ทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พิมลรัตน์ แตงพลับ, เกษสิรินทร์ ชูกรณ์ม ณัจนันท์ กำชัย, ธีรพล ธุลีกาญจน์, อรปวีณ์ เลิศไกร. การจัดการดำเนินงานและการผลิตหมากแห้งในพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11 วันที่ 27-28 มีนาคม 2562. 1-6.

[2] พลากร สัตย์ซื่อ, ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์. สถานภาพการผลิตหมากแห้งของเกษตรกรในอำเภอกงหรา จังหวัดพัทลุง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 2559;34(3):22-32.

[3] นฤบดี ศรีสังข์, กิตติชัย ชูสิง, วศิน สมกาญจนา, อภิสิทธิ์ ศรีไสยเพร็ช. เครื่องอบแห้งและกะเทาะหมาก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 2557;45:489-492.

[4] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. ตลาดส่งออกหมาก 15 อันดับแรกของไทยรายประเทศ. แหล่งที่มา: https://tradereport.moc.go.th/th/stat/report comcodeexport04. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2568.

[5] Qinhe Zhu, Senwen Deng, Li Ma, Qi Li, Shuhua Tan, Yuojun Zheng, Aiqing Xu, Haihua Wang. Research Progress on Processing Technology of Refined Betel Nut in China: A Review. Processes. 2023;11(3199):1-10.

[6] Ramappa B T, Manjunatha M S. Cost of cultivation of arecanut at non-traditional region of Karnataka-An Analysis. International Journal of Pharmaceutical Science Invention. 2013;2(3):25-31.

[7] Nagendra Anant Mahale, Varun Gunakar., Anish Paul Pinto, Malatesh Laxman Lamani, Swaroop Gannamani, Krishnamurthy Bhat. Design and Fabrication of Arecanut Dehusker Machine & Automatic Segregation. International Research Journal of Engineering and Technology. 2023;10(11): 304–308.

[8] Sadashiv Bellubbi, Umesha, Shivaling Y. Argi, Shantkumar, Manjunatha D.V. Pedal Operated Areca Nut Peeling & Crops Dehusking Mechanism. International

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Research Journal of Advanced Engineering and Science. 2018;3(2): 221–223.

[9] Kiran K, Arun Kumar Govin, Manjunath Bandi, Shivasharanayya. Design, Development and Testing of an Areca nut Dehusking Agri-machine. Journal of Engineering Research and Applications. 2014;4(7): 109–115.

[10] Yuni Ernita, Sri Aulia Novita, Fithra Herdian, Elvin Hasman, Hendra, Sandra Melly, Fanny Yuliana. Design and Development of Young Areca Nut Slicing Machine. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022;1097(012053): 1–8.

[11] Ravindra Naik R H, Sadvatha T, Senthilkumar Balaji V. Performance evaluation of high capacity mechanized dehusking equipment for green arecanut (Areca catechu L.). Journal of Plantation Crops. 2020;48(2): 126–136.

[12] Alfaz, Abhishek Gowda G A, Anand B S, Anvesh K, Harish K. Fabrication of arecanut dehusking machine. International Journal of Information and Computing Sciences. 2018;5(5): 972-1347.

[13] Vion J M, Venkatesh M N, Gauthami P S, Deepak D N, Yathish K, Binu K G, Shetty A, Joel D' Mello. Design and fabrication of arecanut processing unit. Journal of Mechanical Engineering and Automation. 2017;7(5): 155-158.

[14] Vijayakumar G, Kavya Bai B G, Mahesh Rohith M, Shashikumar S H. Design and fabrication of dehusking machine of arecanut. Karnataka International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2017;6(15): 102-106.

[15] Aviara N A, Onuh O A, Ehiabhi S E. Influence of moisture content and loading orientation on some mechanical properties of Mucuna flagellipes nut. Research in Agricultural Engineering. 2012;58(2): 66-72.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

วิกฤติฉุกเฉินด้านน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือ

The Impact of Fuel Emergency Crisis on Oil Reserves

สุวรรณทนา นุชประมูล[1*] และ วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์[2]

Suwantana Nutpamoon[1*] and Weerin Wangjiraniran[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[2] สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[1] Energy Technology and Management (Interdisciplinary Program), Faculty of Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[2] Energy Research Institute, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

*Corresponding author: Suwantana Nutpamoon, e-mail address: suwantana411@gmail.com

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวิกฤติด้านน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงเพื่อคัดเลือกวิกฤติที่มีระดับความเสี่ยงสูงสุดต่อการขาดแคลนน้ำมันมาวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วย What-If Analysis ซึ่งจากการประเมินความเสี่ยงภายใต้ข้อมูลสถิติ ผลการศึกษา และความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมน้ำมันทั้งภาครัฐและเอกชน 12 คน พบว่า การปิดช่องแคบฮอร์มุซมีระดับความเสี่ยงสูงสุด เนื่องจากประเทศพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบจากตะวันออกกลางสูง และจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่า การปิดช่องแคบฮอร์มุซจะส่งผลให้ปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศเพียงพอรองรับวิกฤติได้ 60 วัน ซึ่งลดลงจากกรณีปกติที่ 63 วัน บ่งชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันคงเหลือได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน ซึ่งภาครัฐสามารถใช้เป็นข้อพิจารณาในการปรับปรุงนโยบายและอัตราสำรองให้สามารถรองรับวิกฤติให้นานขึ้นได้

คำสำคัญ: น้ำมันเชื้อเพลิง; น้ำมันสำรอง; วิกฤติพลังงาน; ความมั่นคงด้านพลังงาน; การบริหารความเสี่ยง

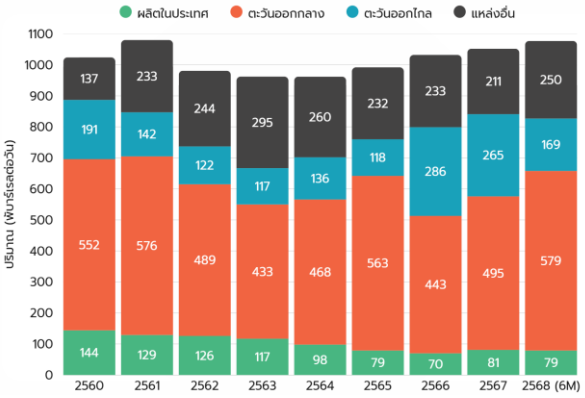
Abstract: This research investigates the impact of a fuel crisis on Thailand's remaining oil reserves using a risk assessment method to select the highest-risk scenario for oil shortage, followed by a What-If Analysis. Based on statistical data, relevant studies, and the consensus of 12 public and private oil industry experts, the closure of the Strait of Hormuz was identified as the highest-risk event due to Thailand's high reliance on crude oil imports from the Middle East. The subsequent sensitivity analysis revealed that this closure would reduce the country's oil reserves to only 60 days of coverage during a crisis, a notable drop from the normal level of 63 days. This clearly indicates a significant impact on oil reserve levels, providing crucial data for the government to consider when reviewing and adjusting reserve policies to extend the country's crisis-response capability.

Keywords: Fuel; Oil Reserves; Energy Crisis; Energy Security; Risk Management

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยกำลังเผชิญกับความท้าทายด้านความมั่นคงทางพลังงานในมิติต่าง ๆ ตั้งแต่การจัดหาจนถึงจัดเก็บ ส่วนหนึ่งมาจากการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบปริมาณมาก โดยปี พ.ศ.2567 มีการนำเข้าน้ำมันดิบสูงถึงร้อยละ 92 ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมดที่นำเข้ากลั่น ดังภาพที่ 1 โดยที่ร้อยละ 47 ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมดเป็นการจัดหาจากตะวันออกกลาง [1] ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงด้านภูมิรัฐศาสตร์ (Geopolitical risks) ถือเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อความมั่นคงทางพลังงานของประเทศที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง



ภาพที่ 1 การจัดหาน้ำมันดิบของไทย ปี พ.ศ. 2560 – 2568

ด้วยบริบทประเทศที่มุ่งรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงทางพลังงาน โดยเฉพาะการจัดหาให้เพียงพอเป็นปัจจัยที่สอดรับกับวิสัยทัศน์ของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ทั้งในบริบทของความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน เนื่องจากเป็นหัวใจในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชน รวมถึงการพาประเทศมุ่งสู่ความยั่งยืนภายใต้การบริหารจัดการอุปทานน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ภายใต้ร่างแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2567-2580 จึงได้มีการวางกรอบการจัดการ โดยกำหนดให้ทบทวนรูปแบบและอัตราสำรองน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม รวมถึงจัดหาให้เพียงพอต่อความต้องการและเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือวิกฤติ แม้ว่าความต้องการใช้น้ำมันจะมีแนวโน้มลดลงในอนาคต แต่น้ำมันจะยังคงเป็นเชื้อเพลิงหลักโดยเฉพาะในภาคขนส่งและอุตสาหกรรม [2]

อย่างไรก็ดี การตอบสนองต่อวิกฤติตามแนวทางที่กำหนดไว้อย่างทันท่วงทีย่อมนำไปสู่การป้องกันและแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ แม้ประเทศไทยจะมีน้ำมันสำรองไว้ทุกขณะ แต่วิกฤติไม่สามารถคาดการณ์การเกิดและความรุนแรงที่แน่นอนได้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นของการศึกษาจำนวนวันเพียงพอใช้ได้ของปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศภายใต้วิกฤติด้านน้ำมันเชื้อเพลิง โดยคัดเลือกวิกฤติที่มีระดับความเสี่ยงสูงสุดจากการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) มากำหนดเป็นวิกฤติจำลองในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยมุ่งหวังที่จะนำเสนอข้อมูลประกอบการทบทวนอัตราสำรองน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงานของประเทศต่อไป

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 สืบค้นและรวบรวมเหตุวิกฤติด้านน้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ

ศึกษาทิศทางนโยบายพลังงานจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน และรวบรวมเหตุวิกฤติตามห่วงโซ่อุปทานน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้แหล่งข้อมูลจากแผนปฏิบัติการเตรียมพร้อมเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งพิจารณาในมิติปริมาณน้ำมันเท่านั้น

2.2 กำหนดเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงของวิกฤติ

กำหนดระดับความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น (Likelihood) และระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Impact) ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพเพื่อรองรับข้อมูลเชิงพรรณนาที่ไม่สามารถระบุตัวเลขได้ โดยนำผลกระทบจากเหตุในอดีต เช่น น้ำมันดีเซลตึงตัวจากการหยุดซ่อมบำรุงฉุกเฉินของโรงกลั่นน้ำมันในประเทศ การตึงตัวของน้ำมันสำเร็จรูปจากความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้นหลังการคลี่คลายของสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) มาใช้เป็นแนวคิดในการกำหนดเกณฑ์ประเมิน ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ระดับความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น (Likelihood)

ระดับ	ความเป็นไปได้	คำอธิบาย
1	น้อยมาก	มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด
2	น้อย	มีความเป็นไปได้น้อย
3	ปานกลาง	มีความเป็นไปได้ปานกลาง
4	สูง	มีความเป็นได้สูงมาก

ตารางที่ 2 เกณฑ์ระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Impact)

ระดับ	ผลกระทบ	คำอธิบาย
1	น้อยมาก	ผลกระทบน้อยมาก หรือ แนวโน้มการจัดหาน้ำมันดิบลดลง <10% ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด หรือ แนวโน้มน้ำมันสำเร็จรูปเกิดความตึงตัวไม่เกิน 1 เดือน
2	น้อย	ผลกระทบน้อย หรือ แนวโน้มการจัดหาน้ำมันดิบลดลง 10%-25% ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด หรือ แนวโน้มน้ำมันสำเร็จรูปเกิดความตึงตัว 1-2 เดือน
3	ปานกลาง	ผลกระทบปานกลาง หรือ แนวโน้มการจัดหาน้ำมันดิบลดลง 25%-50% ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด หรือ แนวโน้มน้ำมันสำเร็จรูปเกิดความตึงตัว 2-4 เดือน
4	รุนแรง	ผลกระทบรุนแรงมาก หรือ แนวโน้มการจัดหาน้ำมันดิบลดลง > 50% ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด หรือ แนวโน้มน้ำมันสำเร็จรูปเกิดความตึงตัว > 4 เดือน

2.3 วิเคราะห์ความเสี่ยงของวิกฤติตามเกณฑ์ที่กำหนด

วิเคราะห์วิกฤติเชิงปริมาณจากข้อมูลสถิติที่ได้เผยแพร่ไว้โดยองค์กรที่เกี่ยวข้องในประเด็นนั้น ๆ เช่น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กรมธุรกิจพลังงาน และวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากรายงานต่าง ๆ เช่น การศึกษาการสำรองน้ำมันทางยุทธศาสตร์ (Strategic Petroleum Reserve) ของคณะกรรมาธิการขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน รายงานของทบวงการพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency) และแบบสอบถามความเห็นผู้เชี่ยวชาญในธุรกิจน้ำมันทั้งภาครัฐและเอกชน ได้แก่ นักวิจัยจากสถาบันปิโตรเลียมและพลังงานแห่งประเทศไทย (2 คน) นักวิเคราะห์นโยบายและแผนกรมธุรกิจพลังงาน (3 คน) และผู้ประกอบธุรกิจโรงกลั่นน้ำมันในประเทศ (7 คน) รวมจำนวน 12 คน

FTI & RMUTP Multi-Sector Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.4 คัดเลือกเหตุวิกฤติที่มีระดับความเสี่ยงสูงสุด

วางระดับความเสี่ยงที่ได้จากผลคูณของระดับความเป็นไปได้และระดับความรุนแรงผลกระทบของแต่ละวิกฤติลงในแผนภูมิความเสี่ยง (Risk Profile) และคัดเลือกวิกฤติที่มีระดับความเสี่ยงสูงสุดมาใช้จำลองสถานการณ์วิกฤติ

2.5 วิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการจำลองเหตุวิกฤติ

ใช้ข้อมูลสถิติการจัดหาและจำหน่ายน้ำมัน ปี พ.ศ. 2567 จากกรมธุรกิจพลังงานประกอบการกำหนดสมมติฐานการจำลองสถานการณ์วิกฤติและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วย What-If Analysis เนื่องจากเป็นภาพรวมปีปฏิทินล่าสุดที่มีข้อมูลการจัดหาและจำหน่ายย้อนหลังครบ 12 เดือน (มกราคม-ธันวาคม) และพิจารณาการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยเฉพาะปริมาณคงเหลือของน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปที่มีผลต่อความสามารถในการรองรับวิกฤติ ตามสมการที่ (1)

$$\text{จำนวนวันใช้ได้ของปริมาณน้ำมันคงเหลือ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันคงเหลือ}}{\text{ปริมาณความต้องการใช้เฉลี่ยต่อวัน}} \quad (1)$$

3. ผลการวิจัย (Result)

3.1 ผลการประเมินความเสี่ยง

เหตุวิกฤติตามห่วงโซ่อุปทานน้ำมันเชื้อเพลิงที่รวบรวมได้ 6 ประเด็น ได้แก่ การปิดช่องแคบฮอร์มุซ การคมนาคมบริเวณช่องแคบมะละกาและสิงคโปร์หยุดชะงัก วินาศกรรมโรงกลั่นและโครงสร้างพื้นฐาน การหยุดซ่อมบำรุงฉุกเฉินของโรงกลั่น ระบบขนส่งน้ำมันในประเทศหยุดชะงัก [3] การไม่บรรลุการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าตามนโยบาย 30@30 เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงดังตารางที่ 3 พบว่า การปิดช่องแคบฮอร์มุซมีระดับความรุนแรงผลกระทบสูงที่สุดในระดับ 4 และเมื่อนำคะแนนความเป็นไปได้ (ระดับ 1) และความรุนแรงของผลกระทบ (ระดับ 4) มาพิจารณาตามเกณฑ์ระดับความเสี่ยงดังตารางที่ 4 การปิดช่องแคบฮอร์มุซมีความเสี่ยงสูงสุดเมื่อเทียบกับวิกฤติอื่น ๆ แม้จะอยู่ในระดับต่ำ (4 คะแนน) แต่เมื่อพิจารณาถึงความมั่นคง วิกฤตินี้มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศมากที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากไทยนำเข้าน้ำมันดิบจากตะวันออกกลางสูง โดยปี 2567 มีสัดส่วนร้อยละ 47 ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด และปี 2568 มกราคม-มิถุนายน จัดหาจากตะวันออกกลางแล้วถึงร้อยละ 54 ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด ในขณะที่วิกฤติอื่น ๆ (วิกฤติที่ 2-6) เมื่อนำคะแนนระดับความเป็นไปได้และความรุนแรงผลกระทบมาพิจารณาตามเกณฑ์ระดับความเสี่ยง พบว่าอยู่ในระดับต่ำมาก (1-3 คะแนน) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงคัดเลือกวิกฤติการปิดช่องแคบฮอร์มุซที่มีระดับความเสี่ยงสูงสุดเป็นสถานการณ์จำลองในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อพิจารณาผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศในลำดับถัดไป

ตารางที่ 3 ผลการพิจารณาความเป็นไปได้ที่ความเสี่ยงจะเกิดขึ้น

ประเด็นความเสี่ยง/วิกฤติ	ความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นและความเสี่ยงของผลกระทบ		
	ระดับ		เหตุผลสนับสนุน
(1) ปิดช่องแคบฮอร์มุซ	Likelihood	1	• ปี 2562 สหรัฐฯ ร่วมกับนานาชาติก่อตั้งปฏิบัติการสร้างความมั่นคงทางทะเลระหว่างประเทศ เพื่อเฝ้าระวังสถานการณ์บริเวณอ่าวอาหรับ ช่องแคบฮอร์มุซ อ่าวโอมาน และช่องแคบบับเอลมันเดบ [4] • การส่งออกน้ำมันเป็นรายได้หลักของอิหร่าน
	Impact	4	• ปี 2567 ไทยนำเข้าน้ำมันดิบจากตะวันออกกลาง 47% ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมดที่นำเข้ากลั่น • ปี 2568 (ม.ค.-มิ.ย.) นำเข้าน้ำมันดิบจากตะวันออกกลางแล้วถึง 54% ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด • การย้ายแหล่งจัดหา โรงกลั่นในประเทศบางแห่งมีข้อจำกัดของชนิดน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่น
(2) วินาศกรรมโรงกลั่นหรือโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันในประเทศ	Likelihood	1	• โครงสร้างลักษณะนี้มักเป็นเป้าหมายในการโจมตีเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญ • ต้องอาศัยแรงจูงใจ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีข้อบ่งชี้
	Impact	3	• การโจมตีจากโดรนที่ยังไม่มีมาตรการตรวจจับทำลาย • บางพื้นที่มีโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันหนาแน่น • สามารถนำเข้าจากแหล่งสิงคโปร์ทดแทน
(3) การคมนาคมบริเวณช่องแคบมะละกาและสิงคโปร์หยุดชะงัก	Likelihood	2	• ในปี 2568 (ม.ค.-มิ.ย.) มีเหตุปล้นสะดมทางทะเล 80 ครั้ง ที่ช่องแคบมะละกาและสิงคโปร์ ซึ่ง 1 ใน 4 เหตุการณ์เกิดขึ้นกับเรือบรรทุกน้ำมัน [5] • เส้นทางที่มีการจราจรแออัดหนาแน่น
	Impact	1	• การขนส่งจากตะวันออกกลางมาไทยต้องใช้เส้นทางนี้ • จัดหาจากประเทศอื่นในภูมิภาคเอเชีย 2-7 วัน [6]
(4) การหยุดซ่อมบำรุงฉุกเฉินของโรงกลั่นในประเทศ	Likelihood	3	• โรงกลั่นมีแผนหยุดซ่อมบำรุงล่วงหน้า • การหยุดซ่อมบำรุงฉุกเฉินจากเหตุอุบัติที่ไม่สามารถคาดได้ เช่น เพลิงไหม้ วงจรไฟฟ้าขัดข้อง เป็นต้น
	Impact	1	• ส่วนใหญ่หยุดซ่อมบำรุงเป็นระยะเวลาสั้น ๆ • โรงกลั่นอื่นสามารถเพิ่มกำลังผลิตทดแทน • ขึ้นกับระยะเวลาและผลกระทบที่ได้รับ
(5) ระบบขนส่งน้ำมันภายในประเทศหยุดชะงัก	Likelihood	1	• รูปแบบการขนส่งน้ำมันภายในประเทศมีความหลากหลาย (รถ ทางเรือ และทางท่อ) สามารถบริหารจัดการรูปแบบการขนส่งได้
	Impact	1	• ประเทศไทยมีคลังน้ำมันทุกภูมิภาค • ผู้ค้าสามารถบริหารรูปแบบการขนส่งได้
(6) การไม่บรรลุการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าตามนโยบาย 30@30	Likelihood	1	• ปี 2565-2568 (พ.ค.) มีโครงการขอรับการส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรม EV รวม 65 โครงการ เป็นเงินรวม 96,000 ล้านบาท [7] • ปี 2568 (ม.ค.-พ.ค.) BEV HEV PHEV ที่จดทะเบียนใหม่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปี 2567 คิดเป็น 22.9% 2.5% และ 142.3% ตามลำดับ [8]
	Impact	2	• ความต้องการใช้น้ำมันกลุ่มเบนซินและดีเซลในภาคขนส่งยังคงอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 4 แผนภูมิความเสี่ยงจากผลการประเมิน

ระดับความเสี่ยง (ความเป็นไปได้ X ความรุนแรงของผลกระทบ)				
ความเป็นไปได้ / ผลกระทบ	น้อยที่สุด (1 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	สูงมาก (4 คะแนน)
รุนแรง (4 คะแนน)	*(วิกฤติที่ 1)* ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูง
ปานกลาง (3 คะแนน)	*(วิกฤติที่ 2)* ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
น้อย (2 คะแนน)	*(วิกฤติที่ 6)* ต่ำมาก	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง
น้อยมาก (1 คะแนน)	*(วิกฤติที่ 5)* ต่ำมาก	*(วิกฤติที่ 3)* ต่ำมาก	*(วิกฤติที่ 4)* ต่ำมาก	ต่ำ

FTI RMUTP Industrial Innovation and Management Conference 2025

3.2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการปิดช่องแคบฮอร์มุซด้วย What-If Analysis เพื่อศึกษาผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศ ได้กำหนดสมมติฐานการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ กรณีปกติและกรณีวิกฤติ (ปิดช่องแคบฮอร์มุซ) ดังตารางที่ 5 โดยใช้ข้อมูลการจัดหา กลั่น ผลิต ใช้ และปริมาณสำรอง ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2567

ตารางที่ 5 ข้อมูลสถิติการจัดหา กลั่น ผลิต ใช้ และปริมาณสำรอง ปี 2567 และสมมติฐานการศึกษา

ประเภทข้อมูล	กรณีปกติ [9]
ปริมาณการจัดหาน้ำมันดิบ	ตะวันออกกลาง ปริมาณ 28,806.03 ล้านลิตร - การจัดหาโดยใช้เส้นทางผ่านช่องแคบฮอร์มุซ (UAE, Qatar) ปริมาณ 22,766.099 ล้านลิตร (37.2%) - การจัดหาโดยไม่ใช้เส้นทางผ่านช่องแคบฮอร์มุซ (Saudi Arabia, Oman) 6,039.931 ล้านลิตร (9.9%) ตะวันออกไกล ปริมาณ 15,421.410 ล้านลิตร (25.2%) ผลิตในประเทศ ปริมาณ 4,713.714 ล้านลิตร (7.7%) แหล่งอื่น ปริมาณ 12,278.934 ล้านลิตร (20.1%)
ปริมาณนำเข้ากลั่น	ปริมาณ 59,715.709 ล้านลิตร (163.158 ล้านลิตรต่อวัน)
ความต้องการใช้	การใช้น้ำมันดิบ ปริมาณ 126.841 ล้านลิตรต่อวัน การใช้น้ำมันสำเร็จรูป 118.917 ล้านลิตรต่อวัน
อัตราสำรองน้ำมันดิบ	6% ของปริมาณน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปเพื่อจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงในประเทศ
ปริมาณน้ำมันคงเหลือ	ณ เดือนตุลาคม 2567 น้ำมันดิบ 5,420.000 ล้านลิตร [10] - ปริมาณที่เก็บสำรองไว้ตามกฎหมายและเก็บสำรองเพื่อการค้า รวมปริมาณ 3,365.000 ล้านลิตร - ปริมาณที่อยู่ระหว่างขนส่ง ปริมาณ 2,055.000 ล้านลิตร - น้ำมันสำเร็จรูป 2,414.000 ล้านลิตร (พอใช้ได้ 20 วัน)
ประเภทข้อมูล	**กรณีวิกฤติ (ปิดช่องแคบฮอร์มุซ)**
ปริมาณการจัดหา	ปริมาณที่จัดหาน้ำมันดิบโดยใช้เส้นทางผ่านช่องแคบฮอร์มุซหายไป ปริมาณ 22,766.099 ล้านลิตร (37.2%) ในขณะที่การจัดหาน้ำมันสำเร็จรูปยังคงเดิม
ปริมาณนำเข้ากลั่น	ปริมาณลดลงตามสัดส่วนการจัดหาที่หายไป
ความต้องการใช้	ความต้องการใช้เทียบเท่ากรณีปกติ
ปริมาณคงเหลือ	เทียบเท่ากรณีปกติ (ปริมาณคงเหลือสูงสุดก่อนเกิดวิกฤติ)

สมมติฐานกรณีเกิดการปิดช่องแคบฮอร์มุซจะทำให้ปริมาณการจัดหาน้ำมันดิบที่ใช้เส้นทางนี้หายไป 22,766.099 ล้านลิตร หรือร้อยละ 37.2 ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่นผลิตเป็นน้ำมันสำเร็จรูปลดลงตามสัดส่วนการจัดหาที่หายไป ต้องบริหารจัดการโดยเปลี่ยนเส้นทางหรือย้ายแหล่งจัดหา ทำให้ใช้ระยะเวลานานขึ้น และต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของชนิดน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่น ในขณะที่การจัดหาจากแหล่งอื่น ๆ ยังคงเดิม เช่นเดียวกับน้ำมันสำเร็จรูปที่สามารถบริหารรูปแบบการจัดหาจากประเทศใกล้เคียงในภูมิภาคเอเชียได้ ทั้งนี้ เนื่องจากเหตุวิกฤตินี้เกิดขึ้นภายนอกประเทศ ในช่วงเริ่มต้นของวิกฤติ สถานการณ์ในประเทศไทยจะยังคงอยู่ในสภาวะปกติ ดังนั้น จึงกำหนดสมมติฐานของปริมาณความต้องการใช้ต่อวันและปริมาณน้ำมันคงเหลือที่มีอยู่เทียบเท่ากับกรณีปกติ

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ดังตารางที่ 6 พบว่า เมื่อปริมาณการจัดหาน้ำมันดิบหายไปร้อยละ 37.2 ของการจัดหาน้ำมันดิบทั้งหมด ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่นและปริมาณน้ำมันดิบที่นำไปผลิตน้ำมันสำเร็จรูปสำหรับจำหน่ายในประเทศลดลงเหลือประมาณ 36,942 และ 28,719 ล้านลิตร ตามลำดับ และปริมาณน้ำมันดิบคงเหลืออยู่ที่ 5,025 ล้านลิตร ซึ่งลดลงจากกรณีปกติ 395 ล้านลิตร

จำนวนวันเพียงพอใช้ได้ของปริมาณน้ำมันดิบคงเหลือ (วัน)							
อัตราสำรองน้ำมันดิบ	สัดส่วนการจัดหาน้ำมันดิบที่ลดลง						
	0%	-10%	-20%	-30%	-37.2%	-40%	-50%
1.0%	24	24	24	24	24	24	24
1.5%	26	26	26	26	25	25	25
2.0%	28	28	28	27	27	27	27
2.5%	30	30	29	29	29	29	28
3.0%	32	31	31	30	30	30	30
3.5%	34	33	33	32	32	32	31
4.0%	35	35	34	34	33	33	33
4.5%	37	37	36	35	35	35	34
5.0%	39	38	38	37	36	36	36
5.5%	41	40	39	39	38	38	37
6.0%	43	42	41	40	40	39	39
6.5%	45	44	43	42	41	41	40
7.0%	46	45	44	43	43	42	42
7.5%	48	47	46	45	44	44	43
8.0%	50	49	48	47	46	46	44

ภาพที่ 2 จำนวนวันใช้ได้ของน้ำมันดิบจากการวิเคราะห์ผลกระทบของสถานการณ์ปิดช่องแคบฮอร์มุซ

ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้จำนวนวันใช้ได้ของน้ำมันดิบคงเหลือลดลงจาก 43 วัน เป็น 40 วัน ดังภาพที่ 2 ในขณะที่จำนวนวันใช้ได้ของน้ำมันสำเร็จรูปยังคงเดิม 20 วัน ทั้งนี้ ปริมาณน้ำมันดิบคงเหลือดังกล่าวได้รวมปริมาณน้ำมันดิบสำรองที่เก็บรักษาไว้ตามกฎหมายที่อัตราร้อยละ 6 ของปริมาณน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปเพื่อจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงในประเทศด้วยแล้ว และหากพิจารณาสัดส่วนการจัดหาที่ลดลงกับอัตราสำรองของน้ำมันดิบจะพบว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราสำรองส่งผลต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ภายใต้วิกฤติการปิดช่องแคบฮอร์มุซนี้ ประเทศไทยจะมีน้ำมันดิบคงเหลือใช้ได้ 40 วัน เมื่อรวมกับน้ำมันสำเร็จรูปอีก 20 วัน จะทำให้ประเทศไทยมีปริมาณน้ำมันคงเหลือใช้รองรับวิกฤตินี้ได้รวม 60 วัน

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสถานการณ์ปิดช่องแคบฮอร์มุซ

ปริมาณและจำนวนวันคงเหลือของน้ำมันดิบ	สัดส่วนการจัดหาน้ำมันดิบลดลง								
	0%	-10%	-20%	-30%	-37.2%	-40%	-50%	-60%	-70%
ปริมาณน้ำมันดิบที่นำเข้ากลั่น (ล้านลิตร)	59,716	57,439	55,162	52,886	36,942	50,609	48,333	46,056	43,779
ปริมาณน้ำมันดิบที่นำไปผลิตน้ำมันสำเร็จรูปจำหน่ายในประเทศ (ล้านลิตร)	46,424	41,664	36,905	32,146	28,719	27,386	22,627	17,868	13,108
ปริมาณรวมของน้ำมันดิบคงเหลือ (ล้านลิตร)	5,420	5,314	5,208	5,101	5,025	4,995	4,889	4,783	4,677
จำนวนวันเพียงพอใช้ได้ของน้ำมันดิบคงเหลือ (วัน)	43	42	41	40	40	39	39	38	37

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation Conference 2025

4. อภิปรายผล (Discussion)

ภายใต้สถานการณ์จำลองของประเทศไทยมีการเก็บสำรองน้ำมันตามกฎหมายและน้ำมันทางการค้าอยู่ทุกขณะควบคู่กับการจัดหาจากแหล่งผลิตต่าง ๆ แต่หากเกิดการปิดช่องแคบฮอร์มุซจะทำให้ภาพรวมจำนวนวันใช้ได้ของน้ำมันคงเหลือที่มีอยู่ (น้ำมันสำรองตามกฎหมายและการค้า น้ำมันนำเข้าที่อยู่ระหว่างขนส่งในประเทศ) ใช้รองรับวิกฤติได้เพียง 60 วัน จากเดิมที่สามารถใช้ได้ 63 วัน เนื่องด้วยวิกฤตินี้ส่งผลกระทบต่อเส้นทางและปริมาณการจัดหาน้ำมันดิบโดยตรง แต่จากการวิจัยพบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราสำรองส่งผลต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือในทิศทางเดียวกัน จึงชี้ให้เห็นว่ามาตรการที่มีในปัจจุบันอย่างการกำหนดอัตราสำรองจะต้องทบทวนให้สอดรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ควบคู่กับการแสวงหาแหล่งน้ำมันดิบจากภูมิภาคอื่นเพิ่มเติม เพื่อรักษาความสามารถในการรองรับวิกฤติด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศ ทั้งนี้ สามารถใช้ข้อมูลจำนวนวันคงเหลือจากกรณีวิกฤติของการวิจัยนี้เป็นฐานในการจำลองสถานการณ์และกำหนดจุดวิกฤติ (Trigger Point) สำหรับการประกาศใช้มาตรการฉุกเฉินต่าง ๆ เพื่อเสริมความยืดหยุ่นของห่วงโซ่อุปทานน้ำมันในประเทศได้

5. สรุปผล (Conclusion)

การวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของสถานการณ์วิกฤติฉุกเฉินด้านน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศ โดยคัดเลือกสถานการณ์ที่มีระดับความเสี่ยงสูงสุดจากการประเมินความเสี่ยง คือ การปิดช่องแคบฮอร์มุซ มาวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วย What-If Analysis ซึ่งผลการวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานของการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การปิดช่องแคบฮอร์มุซส่งผลให้ปริมาณน้ำมันคงเหลือของประเทศเพียงพอรองรับวิกฤติได้เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยแบ่งเป็น น้ำมันดิบจำนวน 40 วัน และน้ำมันสำเร็จรูปจำนวน 20 วัน ในขณะที่จำนวนวันใช้ได้ในกรณีปกติอยู่ที่ 63 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น น้ำมันดิบ 43 วัน และน้ำมันสำเร็จรูป 20 วัน

6. ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

จากผลการศึกษา แม้ว่าประเทศจะมีน้ำมันคงเหลือรองรับวิกฤติได้เป็นระยะเวลา 2 เดือน แต่หากในข้อเท็จจริงไม่สามารถจัดหาเพิ่มเติม ความต้องการใช้เพิ่มขึ้น หรือมีแนวโน้มที่จะปิดช่องแคบฮอร์มุซเกินกว่าระยะเวลาดังกล่าว ย่อมเพิ่มความเสี่ยงต่อการขาดแคลน ดังนั้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือกับวิกฤติให้นานขึ้น สามารถพิจารณาปรับเพิ่มอัตราสำรองน้ำมันเพื่อให้จำนวนวันใช้ได้ของน้ำมันคงเหลือมีปริมาณใกล้เคียงกับสถานการณ์ปกติ โดยคำนึงถึงแนวโน้มของการจัดหาที่ลดลงและบริบทความต้องการใช้ เพื่อรักษาความมั่นคงไว้โดยที่โครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอยู่ของประเทศสามารถรองรับการเก็บสำรองเพิ่มได้จริง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. รายงานสถิติพลังงานรายปี 2568. กรุงเทพฯ: บริษัท สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง จำกัด; 2568.

[2] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ร่าง แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2567 – 2580 (Oil Plan 2024). 2567.

[3] กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กรมธุรกิจพลังงาน. แผนปฏิบัติการเตรียมพร้อมเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ปี พ.ศ. 2567. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2567.

[4] NAVCENT Public Affairs. International Maritime Security Construct Holds Change of Command. 2022. สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2568, จาก https://www.cusnc.navy.mil

[5] Xinghui Kok. Ship piracy, robberies rise 83% in Southeast Asia in Jan-June, anti-piracy group says. 2025. 15 July 2025, https://www.denvergazette.com

[6] คณะกรรมาธิการขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ. รายงานของคณะกรรมาธิการขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน เรื่อง "การสำรองน้ำมันเชื้อเพลิงทางยุทธศาสตร์ (Strategic Petroleum Reserve - SPR)". กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร ปฏิบัติหน้าที่สำนักงานเลขาธิการสภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ. 2560.

[7] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. (2568). บีโอไอเคาะมาตรการหนุน Local Content ประเดิมกลุ่มอุตสาหกรรม EV. สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2568,จาก https://osos.boi.go.th

[8] กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์. สถิติอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2568.

[9] กรมธุรกิจพลังงาน. รายงานประจำปี 2567. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2567.

[10] กระทรวงพลังงาน. พลังงานเตรียมพร้อมรับมือภาวะสงครามตะวันออกกลาง. 2567. สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2568, จาก https://www.energynewscenter.com

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน

Production of soil amendments from waste using renewable energy

ธงชัย มหาวัน[1*] และ ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ[1]

Thongchai Mahawan[1*]and Yodphatarachai Kanitpunyacharoen[1]

[1] สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 53000

[1] Engineering Management, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000

[*]Corresponding author: ธงชัย มหาวัน, e-mail address: tmjuyyai@gmail.com

บทคัดย่อ: ศักยภาพการผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน โดยใช้ระบบลานกรองทราย ดำเนินการเก็บข้อมูลจากบ่อตัวอย่างเป็นเวลา 18 วัน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ผลการทดลองพบว่า ความชื้นลดลงเฉลี่ย 5.60% ค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 6.25 และอุณหภูมิใต้หลังคาและภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 39.26°C และ 38.53°C ตามลำดับ วัสดุที่ได้มีธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน 2.02% ฟอสฟอรัส 1.20% และโพแทสเซียม 0.18% อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ผลวิเคราะห์ทางชีวภาพไม่พบไข่พยาธิและเชื้อแบคทีเรียอีโคไล ขณะที่ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=0.35, p=0.87) สะท้อนถึงความเสถียรของระบบ เทคโนโลยีนี้จึงเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในระดับชุมชน และส่งเสริมการจัดการสิ่งปฏิกูลอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: สิ่งปฏิกูล; ลานกรองทราย; พลังงานหมุนเวียน; วัสดุปรับปรุงดิน

Abstract: This study evaluates the potential of producing soil amendment from sewage sludge using renewable energy via a sand filtration system. Data were collected over 18 days to assess physical, chemical, and biological changes. Moisture content decreased to an average of 5.60%, with a mean pH of 6.25. Average temperatures under the roof and outside were 39.26°C and 38.53°C, respectively. Nutrient analysis showed nitrogen (2.02%), phosphorus (1.20%), and potassium (0.18%) at levels suitable for organic fertilizer. No helminth eggs or E. coli were detected. One-way ANOVA revealed no significant differences among treatment groups (F = 0.35, p = 0.87), indicating system stability. The findings confirm that this low-cost, eco-friendly technology can effectively produce safe, nutrient-rich soil conditioners and support sustainable sludge management at the community level.

Keywords: Waste; Sand Drying Beds; Renewable Energy; Soil Amendment

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

สถานการณ์ด้านสุขภาพ ในพื้นที่ของเทศบาลตำบลหนองม่วงไข่ มีสาเหตุการเสียชีวิตจากโรคพยาธิใบไม้ตับและมะเร็งท่อน้ำดีในอัตราสูง เนื่องจากผู้ประกอบการที่เก็บขนสิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือนนำสิ่งปฏิกูลไปทิ้งบริเวณที่สาธารณะ ในแหล่งน้ำสาธารณะ สวนป่า พื้นที่ไร่นาที่ประชาชนอนุญาตและไม่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านกลิ่นเหม็น การปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และการแพร่กระจายของเชื้อโรค ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีลานกรองทรายได้รับการพัฒนาและนำมาใช้ในงานจัดการสิ่งปฏิกูลในหลายพื้นที่ของประเทศไทย โดยอาศัยหลักการระเหยน้ำและการถ่ายเทอากาศผ่านวัสดุกรองธรรมชาติ เช่น ทรายและแกลบ เพื่อช่วยลดความชื้นของสิ่งปฏิกูลและเปลี่ยนเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในภาคเกษตรกรรมได้ [1] โดยปุ๋ยที่ได้จากสิ่งปฏิกูลต้องแห้งสนิท (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 5) จึงนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ ระยะเวลาในการหมัก อบ และกรองเพื่อฆ่าเชื้อโรคหรือไข่พยาธิด้วยแสงแดด ที่ต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 18 วัน [2]

การใช้เทคโนโลยีลานกรองทรายยังมีข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพการลดความชื้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนหรือพื้นที่ที่มีแสงแดดไม่เพียงพอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบลานกองทราย เทศบาลตำบลหนองม่วงไข่จึงมีแนวคิดในการนำพลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์และลม เข้ามาใช้ร่วมกับระบบเดิม โดยอาศัยการออกแบบหลังคาโปร่งแสงและการจัดทิศทางลมที่เหมาะสม เพื่อเร่งกระบวนการระเหยน้ำและลดความชื้นของสิ่งปฏิกูลให้เร็วขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสิ่งปฏิกูลในระยะยาว

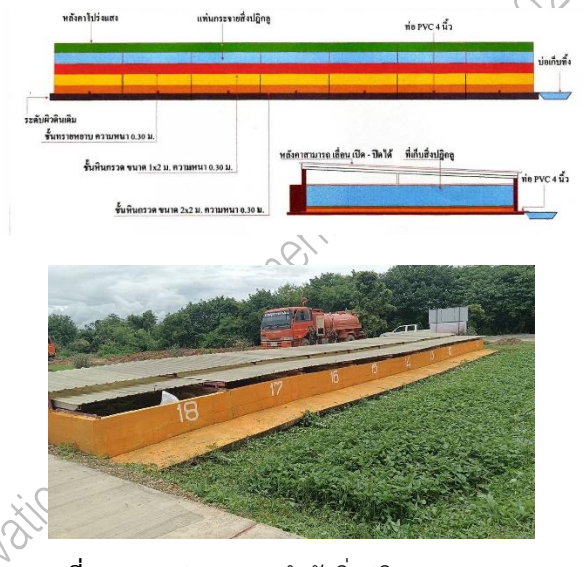
บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของเทคโนโลยีลานกรองทรายที่ใช้พลังงานหมุนเวียนในการลดความชื้นของสิ่งปฏิกูลและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่เทศบาลตำบลหนองม่วงไข่ โดยอาศัยการเก็บข้อมูลภาคสนามในช่วงเวลา 11:00–13:00 น. เป็นเวลา 18 วัน พร้อมวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความเร็วลม กับอัตราการลดความชื้น เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและเสนอแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับบริบทของชุมชน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองภาคสนาม (Field experimental research) ในพื้นที่เทศบาลตำบลหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ ใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายค่าความชื้น ระยะเวลาแห้ง และคุณภาพวัสดุปรับปรุงดิน โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ข้อมูลสถานการณ์ด้านการจัดการสิ่งปฏิกูลในพื้นที่

2. การเตรียมพื้นที่ทดลอง ติดตั้งระบบลานกรองทราย ขนาด 2.50 × 4.00 × 0.80 เมตร พร้อมหลังคาโปร่งแสงเพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ และจัดทิศทางเปิดรับลมธรรมชาติ ดำเนินการสร้างแบบรวบรวมข้อมูลศักยภาพเทคโนโลยีกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน



ภาพที่ 1 แบบแปลนระบบบำบัดสิ่งปฏิกูลแบบลานทรายกรอง ทต.หนองม่วงไข่

3. ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยเก็บข้อมูลทุกวัน ช่วงเวลา 11:00–13:00 น. เป็นเวลา 18 วัน โดยวัดค่าตัวแปร ดังนี้

3.1. ความชื้นของสิ่งปฏิกูล (%)
3.2. ปริมาณน้ำสิ่งปฏิกูล (ลบ.ม.)
3.3. pH
3.4. อุณหภูมิใต้หลังคาและภายนอก ($^{\circ}C$)
3.5. ความเร็วลม (m/s)
3.6. ความเข้มแสง (W/m^2)
3.7. ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ (กิโลกรัม)

ภาพที่ 2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจัดการข้อมูล และวิเคราะห์ทางสถิติด้วย One-way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นระหว่างวัน พร้อมใช้ Tukey HSD ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

3. ผลการวิจัย (Results)

การเก็บข้อมูลจากแบบรวบรวมข้อมูลศักยภาพเทคโนโลยีกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน โดยใช้เทคโนโลยีระบบบลานกรองทราย และใช้พลังงานหมุนเวียนในการลดความชื้นของสิ่งปฏิกูล ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสรุปข้อมูลศักยภาพเทคโนโลยีกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียน

ตย. บ่อ	ปริมาณน้ำสิ่งปฏิกูล เฉลี่ย (ลบ.ม.)	จำนวนปุ๋ยอินทรีย์ เฉลี่ย (กิโลกรรม/บ่อ)	ความชื้น เฉลี่ย (%)	pH เฉลี่ย (-)	อุณหภูมิใต้หลังคา เฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายนอก เฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม เฉลี่ย (m/s)	ความเข้มแสง เฉลี่ย (w/m^2)
1	0.65	6.13	5.63	6.19	41.22	39.56	1.33	765.25
4	0.66	6.32	5.56	6.28	40.28	39.28	1.32	759.33
8	1.11	6.25	5.59	6.19	37.17	38.17	1.34	769.11
10	0.65	5.33	5.71	6.39	38.72	38.00	1.35	756.23
14	0.98	5.09	5.58	6.19	39.22	38.22	1.35	739.15
18	0.70	4.35	5.55	6.22	38.94	37.94	1.32	755.29
เฉลี่ย	**0.79**	**5.58**	**5.60**	**6.25**	**39.26**	**38.53**	**1.32**	**757.39**

จากตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลเป็นเวลา 18 วัน โดยคัดเลือกบ่อตัวอย่าง พบว่า ความชื้นสิ่งปฏิกูลมีค่าเฉลี่ย 5.60 % แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบบลานกรองทรายในการลดความชื้น ค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 6.25 ขณะที่มีอุณหภูมิใต้หลังคา และอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 39.26 °C และ 38.53 °C ตามลำดับ โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.32 m/s และค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 757.39 W/m² ส่งผลให้สิ่งปฏิกูลที่ผ่านกระบวนการบำบัดสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Source	SS	df	MS	F-value	P-value
Between Groups	0.027	5	0.0054	0.35	0.87
Within Groups	0.077	12	0.0064		
Total	0.104	17			

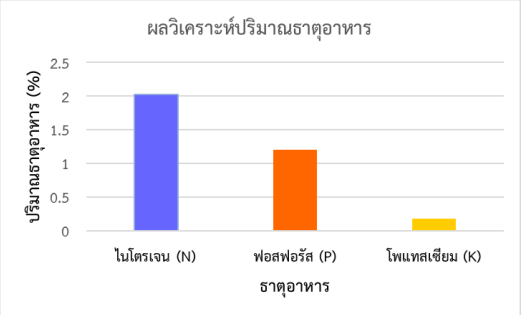
จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบการใช้สถิติ t-test ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่า ค่า F-value = 0.35 และค่า P-value = 0.87 ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบแบบคู่ ด้วย Tukey HSD พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ±0.16% และค่า p-value ของทุกคู่สูงกว่า 0.90 ซึ่งหมายความว่าไม่มีคู่ใดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ย

ภาพที่ 4 การบรรจุและจัดเก็บปุ๋ยจากสิ่งปฏิกูล

ภาพที่ 5 การเก็บตัวอย่างกากตะกอนจากสิ่งปฏิกูล

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยจากสิ่งปฏิกูล

จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนที่ผ่านการบำบัดด้วยลานกรองทราย พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน 2.02% ฟอสฟอรัส (P) 1.20% และโพแทสเซียม (K) 0.18% และผลการตรวจหาไข่พยาธิ จากกากตะกอนสิ่งปฏิกูลที่ระยะการตากแห้ง 18 วัน ไม่พบไข่พยาธิ รวมทั้งมีค่า Organic Matter อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก แสดงให้เห็นว่ากากตะกอนที่ผ่านการบำบัดสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุปรับปรุงดินได้จริง โดยมีความปลอดภัยและมีคุณค่าทางเกษตรกรรม สอดคล้องกับ An-nori et al. [3] ได้ศึกษาการตากแห้งสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดเชื้อโรคได้ 96 % ในฤดูร้อน เทียบกับ 60 % ในฤดูหนาว

4. อภิปรายผล (Discussion)

การจัดการสิ่งปฏิกูลเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นเนื่องจากในสิ่งปฏิกูลมีเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค มีแบคทีเรียที่สามารถแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมและสู่ร่างกายของมนุษย์ การนำสิ่งปฏิกูลไปใช้ในการเกษตรจึงต้องมีการบำบัดอย่างถูกหลักสุขาภิบาล โดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ ดังเช่นเทคโนโลยีกำจัดสิ่งปฏิกูลระบบลานกองทราย เป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานหมุนเวียน ที่สามารถลดความชื้นสิ่งปฏิกูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ บ่งชี้ถึงความมีเสถียรภาพของระบบและการควบคุมปัจจัยที่เหมาะสม เช่น ความสามารถในรับแสงและการถ่ายเทอากาศ สอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยี Combined Solar Greenhouse Dryer ซึ่งระบบการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสง เพื่อรักษาอุณหภูมิในช่วงกลางวันหรือในวันที่มีแสงน้อย ช่วยเพิ่มความต่อเนื่องกระบวนการอบแห้งและลดผลกระทบจากช่วงฤดูกาล อีกทั้งสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้ง ลดความชื้นของสิ่งปฏิกูลได้มากกว่า 80 % เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ และลดกลิ่น ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการสิ่งปฏิกูลที่ยั่งยืน ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน [4-5] เช่นเดียวกับแนวทางของเทศบาลตำบลหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการออกแบบหลังคาโปร่งแสง ซึ่งการใช้หลังคาโปร่งแสงและมีการออกแบบช่องลมยังสามารถช่วยลดกลิ่นในลานอบแห้งสิ่งปฏิกูล [6-7] ความเร็วลมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดความชื้นสิ่งปฏิกูล โดยความเร็วลมที่ 1.5 m/s สามารถเพิ่มอัตราการระเหยน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ [8] ด้านการใช้ประโยชน์ สิ่งปฏิกูลที่ผ่านกระบวนอบแห้งแล้วสามารถลดความชื้นเหลือที่ 5% เป็นระดับที่สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูงได้ [9] เทคโนโลยีกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยพลังงานหมุนเวียนระบบลานกรองทรายเป็นระบบที่มีต้นทุนต่ำ ใช้แรงงานน้อย และเป็นระบบที่สามารถลดความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] จากการศึกษาควรมีการศึกษาทดลองผลในแต่ละช่วงฤดูกาลหรือภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยด้านพลังงานหมุนเวียนแต่ละฤดูกาลมีความแปลผันตามฤดูเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน และการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อพิสูจน์ความคุ้มค่าของการใช้เทคโนโลยีลานกรองทราย

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากสิ่งปฏิกูล โดยใช้ระบบลานกรองทราย ที่ใช้พลังงานหมุนเวียนในการจัดการสิ่งปฏิกูล โดยสามารถลดความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่เหมาะสม การวิเคราะห์คุณภาพของวัสดุที่ได้พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุปรับปรุงดินได้อย่างมีศักยภาพ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงความเสถียรและความสม่ำเสมอของระบบบำบัด และปัจจัยแวดล้อม เช่น ความเข้มแสงและอุณหภูมิใต้หลังคามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการระเหยน้ำ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ยืนยันได้ว่าการใช้ระบบลานกรองทรายร่วมกับพลังงานหมุนเวียนเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสิ่งปฏิกูลให้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีคุณภาพ ทั้งในด้านกายภาพ เคมี และความปลอดภัย อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้จริงในระดับชุมชน และมีศักยภาพในการสนับสนุนการจัดการสิ่งปฏิกูลอย่างยั่งยืนในอนาคต

FTI & RMUTP Annual National Industrial Innovation and Management Conference 2025

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเทศบาลตำบลหนองม่วงไข่ อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ ในการสนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศรีสุวรรณ พ, จันทร์เพ็ญ ส. การประยุกต์ใช้ลานกองทรายในการจัดการสิ่งปฏิกูลในชุมชน. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 2564;18(2):45–52.

[2] สมรัฐ นัยรัมย์. (2567). การจัดการสิ่งปฏิกูลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เขตสุขภาพที่ 9. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, 1(4), 87-99.

[3] An-nori A, Ezzariai A, El Mejahed K, El Fels L, El Gharous M, Hafidi M. Solar drying as an eco-friendly technology for sewage sludge stabilization: Assessment of micropollutant behavior, pathogen removal, and agronomic value.

[4] Berroug F, Bellaziz Y, Tagnamas Z, Bahammou Y, Faraji H, Bougayr EH, Ouazzani N. Drying performance of a combined solar greenhouse dryer of sewage sludge. Sustainability. 2024;16(22):9925.

[5] Singh AP, Jain RK. Solar drying of sewage sludge: A sustainable approach. Renewable Energy. 2023;145:1234–1242.

[6] Chiemchaisri C, Visvanathan C. Odor reduction in sludge drying beds using natural ventilation. Environ Eng Res. 2021;26(1):1–8.

[7] Elbaz AA, El-Sayed M, El-Mahdy M. Review classification of sludge drying beds (SDB): Conventional, solar, and vacuum assisted. J Mater Environ Sci. 2020;11(4):593–608.

[8] Kumar R, Patel M. Effect of wind speed on moisture reduction in open drying systems. Int J Environ Sci Technol. 2020;17(2):567–574.

[9] ธรรมรักษ์ ว, พิทักษ์ ก. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบลานกองทรายเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์. วารสารวิจัยพลังงานหมุนเวียน. 2563;7(1):23–30.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การศึกษาความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำและลดกลิ่นน้ำเสียด้วยพลังงานธรรมชาติ

A Study on Optimal Cone Slope for Enhancing Drainage Efficiency and Reducing Wastewater Odor Using Natural Energy

สุเวทย์ พรินทรากูล[1*] และ ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ[1]

Suwate Printarakul[1*] and Yodphatarachai Kanitpunyacharoen[1]

[1] สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 53000

[1,2]Engineering Management, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000

[*]Corresponding author: สุเวทย์ พรินทรากูล, e-mail address: suwateprintarakul@gmail.com

บทคัดย่อ: ผลการศึกษาความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำต่อความเร็วและเวลาการไหลของการระบายน้ำ จากการออกแบบการทดลองภายใต้เงื่อนไข ความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำ 3 ระดับ (15°, 30°, 45°) รูระบายน้ำ ขนาด 4 นิ้ว ที่ปริมาณน้ำ1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ลิตร วิเคราะข้อมูลด้วยสถิติ One- Way ANOVA และ Tukey HSD เพื่อประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำ พบว่า ความลาดเอียงของกรวยมีผลต่อความเร็วการไหลอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่มุม 45° ให้ความเร็วสูงสุดและเวลาการไหลต่ำสุด ทั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำที่ประหยัดพลังงานได้อย่างเหมาะสม ข้อเสนอแนะควรศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องขนาดรูระบายและปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

คำสำคัญ: ความลาดเอียง; กรวยรองรับน้ำ; การไหลของน้ำ; การควบคุมกลิ่น; ระบบระบายน้ำ

Abstract: This study examines the influence of cone slope angles on water flow velocity and drainage time. The experiment was conducted using cone-shaped drainage tanks with three slope levels (15°, 30°, and 45°), a 4-inch outlet diameter, and water volumes of 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, and 5,000 liters. Data were analyzed using one-way ANOVA and Tukey HSD to evaluate drainage performance. The results demonstrate that cone slope significantly affects flow velocity, with the 45° slope producing the highest velocity and the shortest drainage time. These findings suggest that slope-optimized cone designs can be effectively applied to energy-efficient drainage systems. Further research is recommended to explore the effects of outlet size and other related factors to enhance system performance.

Keywords: Slope; Cone-shaped tank; Water flow; Odor control; Drainage system

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

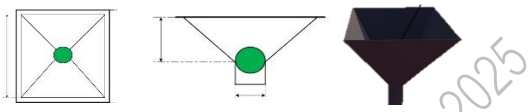
ปัญหาเหตุรำคาญเกิดจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละออง ปัญหาเสียงดัง และกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขอนามัยของประชาชน จากสถิติการร้องเรียนด้านมลพิษ ปี 2567 พบว่า ปัญหาเหตุรำคาญจากกลิ่นเหม็นเป็นปัญหาที่ได้รับการร้องเรียสูงสุด [1] โดยเฉพาะปัญหากลิ่นเหม็นจากน้ำเสียในระบบท่อระบายน้ำชุมชน กลายเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะความเป็นอยู่ของประชาชนทั้งในด้านสุขภาพกายและจิตใจ รวมถึงก่อให้เกิดการร้องเรียนของประชาชนต่อหน่วยงานราชการท้องถิ่น

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดกลิ่นในระบบท่อระบายน้ำ ได้แก่ การสะสมและย่อยสลายของสารอินทรีย์ คุณภาพน้ำ ภาวะการไหลของน้ำในท่อ ปริมาณน้ำคงค้างในท่อที่มีความลาดเอียงต่ำหรือมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดสะสมของตะกอนเกิดเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจและระบบประสาทของประชาชนได้ ถึงแม้จะสัมผัสในปริมาณต่ำแต่มีการสัมผัสอย่างต่อเนื่อง [2-3] ดังนั้นการออกแบบทางวิศวกรรมระบบระบายน้ำภายในท่อและบนท้องถนนจึงเป็นส่วนสำคัญที่สามารถลดการเกิดกลิ่นได้ โดยเฉพาะการออกแบบความลาดเอียง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสภาวะการไหลของน้ำและการชะล้างตะกอน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการออกแบบกรวยรองรับน้ำเพื่อการระบายน้ำพร้อมระบายกลิ่นภายในท่อระบายน้ำบนท้องถนนให้มีความลาดเอียงที่เหมาะสมต่อสภาวะการไหลของน้ำเข้าสู่ระบบท่อระบายน้ำ และลดปริมาณกลิ่นไปพร้อมกัน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

1. ศึกษาทฤษฎี ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ มาตรฐานการออกแบบระบบระบาย ผลความลาดเอียงต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำ กลิ่นและการระบายกลิ่น โดยความเร็วการไหลตามหลักการระบายน้ำระบบแรงโน้มถ่วงมีปัจจัยที่ต้องพิจารณา ประกอบด้วย ขนาดท่อ ความหยาบผิวท่อ และความลาดเอียงเพื่อให้ความเร็วในการไหลนั้นเพียงพอโดยไม่เกิดการตกตะกอนและอุดตัน ค่ามาตรฐานความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อควรไม่น้อยกว่า 0.6 m/s [4] จากสมการ Manning's Formula ทำให้ทราบได้ว่าการเพิ่มความลาดเอียงช่วยให้ความเร็วน้ำเพิ่มขึ้น ลดความเสี่ยงต่อการสะสมตะกอนที่จะส่งผลให้เกิดกลิ่น [5-7] ซึ่งการเคลื่อนตัวของอากาศภายในท่อมีส่วนที่ถูกปลดปล่อยออกมาตามท่อระบายน้ำ และการระบายไหลนองบนถนนควรใช้เวลาในการระบาย 10 – 15 นาที รวมทั้งค่าความเข้มข้นของกลิ่นที่ทำให้มนุษย์เกิดความรำคาญ อยู่ที่ 31-40 Odor Unit (OU)

2. สร้างชุดทดลองด้วยการออกแบบกรวยรองรับน้ำเป็นรูปทรงพีระมิดฐานสีเหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 0.5 m x 0.5 m ความยาวด้านเอียง 0.5 เมตร ต่อกับรูระบายทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว โดยกำหนดความลาดเอียง 3 ระดับ ได้แก่ 15, 30 และ 45 องศา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะกรวยรองรับน้ำรูปทรงพีระมิดฐานสีเหลี่ยมจัตุรัสต่อกับรูระบายทรงกระบอก

3. ทดลองเสมือนจริง โดยการนำกรวยรองรับน้ำรูปทรงพีระมิดที่มีความลาดเอียงทั้ง 3 ระดับ (15°, 30°, 45°) ต่อกับรูระบายน้ำขนาด 4 นิ้ว ติดตั้งภายในท่อระบายน้ำ และทำการทดลองการไหลของน้ำผ่านกรวยรองรับน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ลิตร วัดเวลาการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกรวยรองรับน้ำลงสู่ระบบท่อระบายน้ำ โดยใช้นาฬิกาจับเวลา โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งต่อระดับความลาดเอียง พร้อมบันทึกข้อมูล ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การติดตั้งกรวยรองรับน้ำรูปทรงพีระมิดภายในท่อระบายน้ำ และการทดลองการไหลของน้ำผ่านกรวยรองรับน้ำ

4. วิเคราะห์ข้อมูล จากการทดลองโดยกำหนดตัวแปรต้นเป็นความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำ ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 15°, 30° และ 45° ตัวแปรตาม คือ ความเร็วการไหลของน้ำ ซึ่งใช้ค่าที่ได้จากการจับเวลาการไหลของน้ำผ่านกรวยรองรับน้ำในแต่ละเงื่อนไข จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติ One-Way ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของความลาดเอียงมีผลต่อความเร็วการไหลของน้ำทางสถิติหรือไม่ และทดสอบ Tukey HSD ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการทดสอบการปล่อยน้ำปริมาณ 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ลิตร ไหลผ่านกรวยรองรับน้ำที่มีความลาดเอียง 3 ระดับ ที่ 15°, 30° และ 45° ที่รูระบายขนาด 4 นิ้ว โดยบันทึกความเร็วและเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำ นำข้อมูลมาหาเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ผลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเร็วเฉลี่ยและเวลาการระบายเฉลี่ยของน้ำที่ไหลผ่านกรองรองรับน้ำทั้ง 3 ระดับความลาดเอียง

ความลาดเอียง (°)	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	เวลาการระบายเฉลี่ย (s)	SD
15	1.620	77.52	0.022
30	2.301	55.87	0.078
45	2.654	46.95	0.014

จากตารางที่ 1 ผลการทดลอง พบว่า เมื่อความลาดเอียงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเร็วการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และเวลาการไหลของน้ำลดลง โดยความเร็วเฉลี่ยที่ความลาดเอียง 15° เท่ากับ 1.620 m/s ขณะที่ความลาดเอียง 30° มีความเร็วเฉลี่ย 2.301 m/s และความลาดเอียงที่ 45° ความเร็วเฉลี่ย 2.564 m/s ตามลำดับ ส่งผลให้ระยะเวลาในการระบายน้ำลดลงจาก 77.52 วินาที เหลือ 46.95 วินาที เมื่อมุมความลาดเอียงที่สูงขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value
Between Groups	2.761	2	1.381	5.999	<0.001
Within Groups	0.028	14	0.0023		
Total	2.789				

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบการใช้สถิติ F-test ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่าความเร็วการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกรวยรองรับน้ำที่ความลาดเอียง 3 ระดับ (15°, 30° ,45°) แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบแบบคู่ ด้วย Tukey HSD พบว่าความเร็วการไหลน้ำระหว่าง ความลาดเอียงที่ 15° กับ 30° และ 15° กับ 45° คือ เมื่อความสูงแนวดิ่งเพิ่มขึ้นจากความลาดเอียงมากขึ้นส่งผลให้ความเร็วการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาผลความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำต่อความเร็วการไหลของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อความลาดเอียงเพิ่มสูงขึ้นจะเพิ่มความสูงแนวดิ่งของกรวยรองรับน้ำ ส่งผลให้พลังงานศักย์ของน้ำเพิ่มขึ้น และเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ตามหลักการของสมการ Bernoulli [8] สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าความเร็วการไหลเพิ่มขึ้นตามความลาดเอียง และทำให้เวลาลดลงอย่างชัดเจน โดยลภัสรดา แซ่แต้ [9] ได้ออกแบบโปรแกรมสำหรับการออกแบบร่างระบบระบายน้ำโครงการบ้านจัดสรรโดยใช้ข้อมูลความลาดชัน ความเร็วการไหลและแรงดัน เพื่อให้สามารถออกแบบระบบบ่อระบายน้ำได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์ [10] ใช้แบบจำลอง SWMM ร่วมกับ GIS ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม โดยพบว่าพื้นที่ที่มีความลาดเอียงต่ำและมีท่อระบายน้ำขนาดเล็กส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อน้ำท่วมสูง ดังนั้นการออกแบบระบบระบายน้ำโดยใช้ความลาดเอียงที่เหมาะสมจะช่วยให้สามารถลดระยะเวลาการท่วมขังได้ ร่วมกับการใช้แรงโน้มถ่วงในการการเติมอากาศธรรมชาติช่วยลดกลิ่นในระบบระบายน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการออบแบบกรวยการระบายน้ำในเขตเมืองที่สามารถเติมอากาศได้โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักธรรมชาติ เช่นความลาดเอียงและแรงโน้มถ่วง เป็นกลไกที่ช่วยประสิทธิภาพของการระบายน้ำ และสามารถลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นในระบบท่อระบายน้ำ [11-12]

5. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำที่เหมาะสมทั้ง 3 ระดับ(15°, 30°, 45°) ต่อกับรูระบายน้ำขนาด 4 นิ้ว เห็นได้ว่าความลาดเอียงของกรวยรองรับน้ำมีผลต่อความเร็วและเวลาการไหลของน้ำอย่างชัดเจน โดยกรวยรองรับน้ำที่ความลาดเอียง 45° สามารถเพิ่มความเร็วการไหลของน้ำในการระบายน้ำบนทองถนน และลดเวลาในการระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยงานท้องถิ่นสามารถนำไปใช้ในระบบระบายน้ำในท้องถิ่นในพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วมขังและกลิ่นเหม็นน้ำเสียจากท่อระบายน้ำได้ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดรูระบายและปัจจัยอื่น ๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเทศบาลเมืองแพร่ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ในการสนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. สถิติเรื่องร้องเรียนด้านมลพิษ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567. เข้าถึงได้จาก: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2024/09/pcdnew-2024-09-20_02-03-52_468553.pdf, 26 กันยายน 2567.

[2] Batterman S. Low level exposure to hydrogen sulfide: a review. Environ Int. 2023.

[3] Felföldi T. Microbiological aspects of sewage odor problems in the urban environment: a review. Biologia Futura. 2024.

[4] North Carolina Department of Environmental Quality. Minimum design criteria for the permitting of gravity sewers. Raleigh (NC): NC DEQ; 2021.

[5] Horton R. Open channel hydraulics. New York: McGraw-Hill; 1936.

[6] Ji HW, Cen Y, Liu J. Analysis of the flow performance of the complex cross sectional shape open channel based on Manning formula and Flow 3D. Water. 2020;12(9):1–16.

[7] Zhang K, Li J, Liu Y. Sediment transport capacity in sewers under different slopes. J Hydraul Eng. 2021;147(8):1–10.

[8] Halliday D, Resnick R, Walker J. Fundamentals of physics. 11th ed. Hoboken (NJ): Wiley; 2020. Chapter 2: 32–35.

[9] ลภัสรดา แซ่แต้. โปรแกรมเสริมสำหรับการออกแบบร่างระบบระบายน้ำของโครงการบ้านจัดสรร. [วิทยานิพนธ์]. ประเทศไทย: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2565.

[10] กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์. การจัดการระบบระบายน้ำในเขตเมืองแบบบูรณาการเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนระดับท้องถิ่น. [รายงานวิจัย]. ประเทศไทย: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2564.

[11] Zhang Y, Liu X, Wang J. Energy recovery from urban drainage systems using gravity-driven flow. J Environ Eng. 2021;145(6):04019032.

[12] Lee J, Kim H. Passive aeration in urban drainage funnels for odor control. Water Sci Technol. 2020;81(4):812–820.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์ม
Air Conditioning Business Management System on a Digital Platform

ลิขิต ประภัสสร[1*], ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ[1] และ กาญจนา ดาวเด่น[1]
Likit Prapatsorn[1*], Yodphatarachai Kanitpunyacharoen[1] and Kanchana Daoden[1]
[1] สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 53000

[1] Engineering Management, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000
*Corresponding author: ลิขิต ประภัสสร, e-mail address: prapatsorn072@gmail.com

บทคัดย่อ: การพัฒนาระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์ม เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 7 คน และเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากกลุ่มตัวอย่าง 196 คน ได้แก่ ผู้ประกอบการ ช่างเทคนิค และลูกค้า วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า ความต้องการระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มมี 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) การจัดการข้อมูลลูกค้าและบริการอย่างเป็นระบบ (2) การจัดการงานและบุคลากรเพื่อลดข้อผิดพลาดในการประสานงาน และ (3) การใช้ข้อมูลเชิงธุรกิจเพื่อพัฒนาในอนาคต ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ AppSheet เป็นแพลตฟอร์มกลาง เชื่อมโยง Google Sheet, Google Calendar และ Google Drive เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการงานและการบริการลูกค้า โดยผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. =.452)
คำสำคัญ: ธุรกิจเครื่องปรับอากาศ; ดิจิทัลแพลตฟอร์ม; ความพึงพอใจ

Abstract: The development of an air conditioning business management system via a digital platform was a mixed-methods research. Qualitative data were collected from 7 key informants and quantitative data were collected from a sample of 196 entrepreneurs, technicians, and customers. Descriptive data analysis was used. The research results revealed that the need for a digital air conditioning business management system had three main dimensions: (1) systematic customer and service data management, (2) work and personnel management to reduce coordination errors, and (3) the use of business data for future development. The developed system used AppSheet as a central platform, linking Google Sheet, Google Calendar, and Google Drive to increase efficiency in work management and customer service. Users were highly satisfied ($\bar{X}$= 4.20, S.D. = .452).
Keywords: Air-conditioning business; Digital platform; Satisfaction

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศมีบทบาทสำคัญในประเทศเขตร้อนชื้นอย่างไทย โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดสำคัญในด้านเศรษฐกิจท่องเที่ยวของประเทศไทย มีจำนวนประชากรเป็นอันดับที่ 4 ของประเทศ โดยสำนักงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่ [1] รายงานว่า มีจำนวนมากถึง 1,799,019. คน และมีนักท่องเที่ยวจำนวนเฉลี่ยในแต่ละปีมีจำนวนมากถึง 8.6 ล้านคน-ครั้ง สร้างรายได้ทางการท่องเที่ยวกว่า 43,000 ล้านบาท ซึ่งจำนวนนักท่องเที่ยวดังกล่าวส่งผลให้ธุรกิจโรงแรม ที่พักสถานบริการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งการขยายตัวของกลุ่มธุรกิจเหล่านี้ส่งผลต่อธุรกิจเครื่องปรับอากาศเช่นกันไม่ว่าจะเป็นการจำหน่ายหรือการบริการหลังการขาย โดยทำให้เกิดการขยายตัวของธุรกิจจำหน่ายและบริการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศส่งผลต่อการแข่งขันรุนแรง

ดังนั้น ผู้ประกอบธุรกิจเครื่องปรับอากาศ จึงต้องพัฒนาแนวทางการทำธุรกิจ หรือพัฒนากลยุทธ์ที่สามารถสร้างการตอบสนองความต้องการของลูกค้า หรือ ผู้มาใช้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วผู้ประกอบธุรกิจเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ยังไม่มีการวางแผนงานอย่างเป็นระบบโดยเฉพาะผู้ที่เป็นผู้ประกอบการอิสระที่ไม่ได้จดทะเบียนจัดตั้งในรูปแบบบริษัทซึ่งเมื่อเข้าสู่การแข่งขันในธุรกิจดังกล่าวจึงอาจจะเสียเปรียบได้เช่นกัน และจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องปรับอากาศทั้งจัดจำหน้าย ติดตั้งและบริการล้างเครื่องปรับอากาศ คือ บริษัท AirFix โดยปัจจุบันมีลูกค้าที่ใช้บริการในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่มากกว่า 400 ราย ซึ่งปัญหาของผู้ประกอบการรายนี้คือ ปัญหาด้านการจัดตารางงาน การจัดทำบัญชีสินค้าคงคลัง และระบบการนัดลูกค้า ซึ่งยังขาดการดำเนินการที่เป็นระบบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีของหลักการการจัดการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางให้ทางผู้ประกอบการสามารถใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น โดยไม่ได้จำกัดอยู่แค่ทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งโดยตรง แต่เป็นการนำหลักการและเครื่องมือของวิศวกรรมอุตสาหการ (Industrial Engineering) หรือการจัดการทางวิศวกรรม (Engineering Management) มาใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงระบบการทำงานร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างความเป็นระบบให้กับผู้ประกอบการ

จากที่กล่าวมาการนำดิจิทัลแพลตฟอร์ม เช่น AppSheet, Google Sheet และGoogle Calendar มาใช้ในการบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศ จึงเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถช่วยความสามารถทางการแข่งขันและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยเฉพาะในด้านการบริหารงาน การจัดตารางการให้บริการ และการติดตามการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศของลูกค้า การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สามารถช่วยให้ธุรกิจสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของลูกค้า การจัดทำและเก็บบันทึกข้อมูลของลูกค้า และคาดการณ์ความต้องการในการให้บริการได้แม่นยำมากขึ้น [2] นอกจากนี้การบูรณาการแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้ากับการบริหารงาน ยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการดำเนินธุรกิจและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาด [3]

จากความสำคัญของธุรกิจเครื่องปรับอากาศ และจากปัญหาการทำงานที่ยังไม่มีระบบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาการพัฒนาและวิเคราะห์ระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศโดยใช้ดิจิทัลแพลตฟอร์ม เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดต้นทุน และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งจะช่วยให้ธุรกิจสามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับแนวโน้มของเทคโนโลยีและความต้องการของตลาดในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน (Mixed Methods) ทั้งเชิงคุณภาพโดยสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 7 คน (ผู้ประกอบการและผู้เชี่ยวชาญ) ตามหลักการของ Delbecq, et al. [4] เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยด้วยแนวคำถามกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ส่วนเชิงปริมาณเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 196 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางเครจซี่และมอร์แกน [5] ใช้การเลือกแบบเจาะจง โดยกำหนดคุณสมบัติให้เป็นผู้ประกอบการ ช่างเทคนิค และลูกค้าในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ย คือ “5 เท่ากับมากที่สุด” “4 เท่ากับ มาก” “3 เท่ากับ ปานกลาง” “2 เท่ากับ น้อย” และ “1 เท่ากับ น้อยที่สุด” และแปลผลค่าเฉลี่ยดังนี้ 1.00-1.49 หมายถึง น้อยที่สุด 1.50-2.49 หมายถึง น้อย 2.50-3.49 หมายถึงปานกลาง 3.50-4.49 หมายถึง มาก และ 4.50-5.00 หมายถึงมาก (Best and Khan) [6]

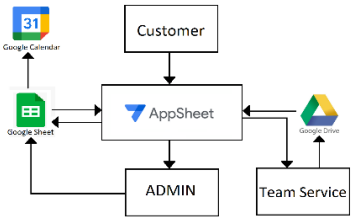
3. ผลการวิจัย (Results)

1) ผลการวิจัยพบว่าความต้องการระบบมี 3 มิติสำคัญ ได้แก่ 1. การจัดการข้อมูลลูกค้าและบริการที่เป็นระบบและเข้าถึงง่าย 2. การจัดการงานและบุคลากรเพื่อลดข้อผิดพลาด

FTI & RMUTP 14th SIIMC Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ในการประสานงาน 3. การใช้ข้อมูลเชิงธุรกิจเพื่อพัฒนาในอนาคตและสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า

2) ระบบที่พัฒนา พบว่า เป็นระบบที่ใช้ AppSheet เป็นแพลตฟอร์มกลาง รองรับบทบาทผู้ใช้ 3 กลุ่ม: ลูกค้า, ผู้ดูแลระบบ (Admin), และทีมช่างบริการ (Team Service) พร้อมเชื่อมโยง Google Tools เพื่อจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพประกอบที่ 1-2



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบ

ระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศที่พัฒนาขึ้นอาศัย AppSheet เป็นแพลตฟอร์มกลางในการบูรณาการข้อมูลและการทำงานระหว่างลูกค้า ผู้ดูแลระบบและทีมช่างบริการ โดยอาศัยการเชื่อมโยงกับเครื่องมือของ Google อย่างเป็นระบบ ดังนี้

1. ลูกค้า (Customer) โดยลูกค้าสามารถส่งข้อมูลคำร้อง เช่น การนัดหมายติดตั้ง การแจ้งซ่อมบำรุง และการขอล้างเครื่องปรับอากาศผ่าน AppSheet

2. แพลตฟอร์ม AppSheet ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการจัดเก็บ ประมวลผล และแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยข้อมูลจากลูกค้า

3. Google Sheet ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลหลักในการจัดเก็บข้อมูลลูกค้า รายการงานบริการ และสถานะของงาน การแก้ไขข้อมูลใน Google Sheet จะถูกซิงโครไนซ์กับ AppSheet แบบอัตโนมัติ

4. Google Calendar เชื่อมโยงกับ Google Sheet เพื่อบันทึกและจัดการตารางนัดหมายการติดตั้งหรือการซ่อมบำรุงอย่างเป็นระบบ

5. ผู้ดูแลระบบ (Admin) ทำหน้าที่ตรวจสอบคำร้องจากลูกค้าและจัดสรรงานให้กับทีมช่าง โดยข้อมูลคำสั่งงานและการนัดหมายจะถูกส่งผ่าน AppSheet

6. ทีมช่างบริการ (Team Service) สามารถเข้าถึงรายละเอียดงานผ่าน AppSheet เช่น สถานที่ วันเวลา และข้อมูลลูกค้า

7. Google Drive ทำหน้าที่เป็นพื้นที่จัดเก็บไฟล์เอกสารและไฟล์มัลติมีเดียที่เกี่ยวข้อง เช่น ใบแจ้งซ่อม เอกสารรับประกัน และภาพถ่ายหลังการให้บริการ

ภาพที่ 2 Appsheet

ฟังก์ชันการทำงานของแอพพลิเคชั่น แสดงชื่อลูกค้า เบอร์โทร GPS ฯลฯ

3) ผลการประเมินความพึงพอใจ ปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
ด้านการใช้งานระบบ (Usability)	4.09	.517	มาก
ด้านการให้ข้อมูลและการสื่อสาร (Information & Communication)	4.23	.539	มากที่สุด
ด้านการให้บริการ (Service Support)	4.26	.374	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ (Benefits)	4.13	.465	มาก
ด้านภาพรวม (Overall Satisfaction)	4.30	.366	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.20	.452	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจที่มีต่อระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.20, S.D.= .452) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความพึงพอใจในด้านภารวมของระบบอยู่ในระดับมากที่สุดและมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X}$=4.30, S.D.= .366) รองลงมา คือ ความพึงพอใจด้านการให้บริการ ($\bar{X}$=4.26, S.D.= .374) และความพึงพอใจด้านการให้ข้อมูลและการสื่อสาร ($\bar{X}$=4.23, S.D.= .539)

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

4. อภิปรายผล (Discussion)

ความต้องการระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มมีความชัดเจนใน 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) การจัดการข้อมูลลูกค้าและบริการที่เป็นระบบและเข้าถึงได้ง่าย (2) การจัดการงานและบุคลากรเพื่อลดข้อผิดพลาดในการประสานงาน และ (3) การใช้ข้อมูลเชิงธุรกิจเพื่อการพัฒนาในอนาคตและการสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า โดยผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับการจัดการเชิงกลยุทธ์ ส่วนทีมช่างเน้นการอำนวยความสะดวกและคุณภาพการบริการ เมื่อบูรณาการเข้าด้วยกันสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาดิจิทัลแพลตฟอร์มเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจเครื่องปรับอากาศได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับแนวคิดของ Parasuraman, Zeithaml & Berry [7] ระบุว่าคุณภาพการบริการ (Service Quality) ขึ้นอยู่กับความสามารถในการตอบสนอง ความน่าเชื่อถือ และการเข้าถึงบริการอย่างสะดวกซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาระบบที่ช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความโปร่งใสในการให้บริการ อีกทั้งยังตรงกับ Chaffey & Ellis-Chadwick [8] ที่ชี้ว่าดิจิทัลแพลตฟอร์มช่วยสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้าและเพิ่มประสิทธิภาพทางธุรกิจ

ในมิติด้านการจัดการ องค์ประกอบของระบบที่รวมลูกค้า ผู้ดูแลระบบ และทีมช่างบริการสะท้อนการประยุกต์ใช้กระบวนการ POLC (Planning, Organizing, Leading, Controlling) ที่เป็นหัวใจสำคัญของการจัดการ [9-10] ระบบที่พัฒนาช่วยให้การวางแผนและจัดตารางงานมีความแม่นยำ การจัดองค์กรมีประสิทธิภาพ การนำและกำกับงานทำได้ง่าย และสามารถควบคุมติดตามงานได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Systems Theory ของ Drucker ที่มององค์กรเป็นระบบเชื่อมโยงซึ่งต้องอาศัยการประสานงานของหน่วยย่อยเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกัน ส่วนในด้านการยอมรับเทคโนโลยี ความพึงพอใจต่อระบบในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.20) สามารถอธิบายได้ด้วย Technology Acceptance Model (TAM) ของ Davis [11] ที่ระบุว่าการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) เป็นปัจจัยที่กำหนดเจตนาการใช้เทคโนโลยี โดยผู้ประกอบการรับรู้ถึงประโยชน์ของระบบในเชิงกลยุทธ์ ส่วนทีมช่างรับรู้ถึงความสะดวกในการปฏิบัติงาน จึงนำไปสู่ทัศนคติที่ดีและความตั้งใจใช้จริง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aggelidis & Chatzoglou [12] พบว่าการประยุกต์ใช้ TAM สามารถอธิบายพฤติกรรมการใช้ระบบสารสนเทศด้านบริการสุขภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Maslow's Hierarchy of Needs ที่อธิบายว่ามนุษย์มีแรงจูงใจในการแสวงหาความต้องการหลายระดับ เริ่มตั้งแต่ความมั่นคงปลอดภัยจนถึงความภาคภูมิใจในตนเอง [13] โดยระบบนี้ช่วยตอบสนองทั้งความปลอดภัยของข้อมูล ความต้องการทางสังคมจากการประสานงาน และความต้องการยกย่องนับถือผ่านการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของธุรกิจ ส่งผลให้ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของจิราภรณ์ แท่นคำ [14] ศึกษาความพึงพอใจและเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านช่องทางแพลตฟอร์ม Grab ที่มีผลต่อการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านช่องทางแพลตฟอร์ม Grab ที่มีผลต่อการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยรวมอยู่ในระดับมากและยังสอดคล้องกับโชคธำรงค์ จงจอหอ [15] วิจัยเรื่องการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจแข่งขันสำหรับผู้ประกอบการสารสนเทศ : กรณีศึกษาธุรกิจรับตรวจสอบรายการบรรณานุกรมและเอกสารอ้างอิงทางวิชาการ พบว่าผู้ใช้บริการแพลตฟอร์มดิจิทัล จำนวน 30 คน มีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในระดับมาก ($\bar{X}$= 3.68) นอกจากนี้ในอีกด้านหนึ่งผลการวิจัยนี้ยังแตกต่างจากงานงจิราภรณ์ แท่นคำ [14] เนื่องจากงานวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนาแพลตฟอร์มขึ้นมาใหม่ในขณะที่งานวิจัยของจิราภรณ์เป็นการศึกษาแพลตฟอร์มที่มีอยู่แล้ว ส่วนงานวิจัยของโชคธำรงค์ จงจอหอ [15] ถึงแม้เป็นการพัฒนาแพลตฟอร์ม แต่เป็นแพลตฟอร์มในเชิงให้บริการทางการศึกษาในขณะที่งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแพลตฟอร์มในเชิงธุรกิจ

5. สรุปผล (Conclusion)

ระบบบริหารจัดการธุรกิจเครื่องปรับอากาศด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการผู้ประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยจัดการข้อมูลลูกค้า งานบริการ และบุคลากรได้เป็นระบบ ลดข้อผิดพลาดในการประสานงาน และเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับสูง เหมาะสำหรับธุรกิจบริการ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องปรับอากาศ ช่างเทคนิค และลูกค้าที่ให้ข้อมูลและความร่วมมือในงานวิจัยครั้งนี้

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่. นับถอยหลัง "สำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ.2568 ". เข้าถึงจาก https://chiangmai.nso.go.th. 2568

[2] Kumar, A., Gupta, R., & Singh, P. Smart service management in HVAC systems: AI-driven predictive maintenance. Energy Reports, 2023;9(1):145-160.

[3] Zhou, L., & Zhang, X. Integrating IoT and cloud computing for efficient air conditioning management. Computers in Industry. 2020;123: 103303.

[4] Delbecq AL, Van de Ven AH, Gustafson DH. Group techniques for program planning: a guide to nominal group and Delphi processes. Glenview: Scott Foresman; 1975.

[5] Krejcie RV, Morgan DW. Determining sample size for research activities. Educ Psychol Meas. 1970;30(3):607-610.

[6] Best JW, Kahn JV. Research in education. 10th ed. Cape Town: Pearson Education Inc.; 2006.

[7] Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. Journal of Retailing. 1988;64(1):12-40.

[8] Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. Digital marketing: Strategy, implementation and practice. Pearson. 2022.

[9] ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และ คณะ. การบริหารการตลาดยุคใหม่: (Marketing Management) ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ: Diamond In Business World. 2560.

[10] Koontz, H., & O'Donnell, C. Principles of management: An analysis of managerial functions. McGraw-Hill. 1955

[11] Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 1989;13(3):319–340.

[12] Aggelidis, V. P., & Chatzoglou, P. D. Using a modified technology acceptance model in hospitals. International Journal of Medical Informatics. 2009;78(2):115–126.

[13] วารุณี ภาชนนท์. ความพึงพอใจของผู้ปกครองนักเรียนต่อการดำเนินงานของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กสังกัดองค์การบริหารส่วนตำบลในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. ปริญญานิพนธ์ ค.ม.(การบริหารการศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 2561.

[14] จิราภรณ์ แท่นคำ. ความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านช่องทางแพลตฟอร์ม Grab ที่มีผลต่อการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์. วารสารการจัดการนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์. 2025;13(2):203-215.

[15] โชคธำรงค์ จงจอหอ. การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจแบ่งปันสำหรับผู้ประกอบการสารสนเทศ : กรณีศึกษาธุรกิจรับตรวจสอบรายการบรรณานุกรมและเอกสารอ้างอิงทางวิชาการ. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2564.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การศึกษาการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบบูรณาการ ด้วยการผสมผสานการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์และปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดการแจ้งเตือนผิดพลาด

The Study of Developing an Integrated Electric Train Platform Warning System through Multi-Sensor Fusion and AI to Enhance Accuracy and Reduce False Alarms

นีรนุช อารีราชการัณย์[1], กร พวงนาค[2], ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล[1] และ มัณฑนา เตี๋ยวงษ์สุวรรณ์[3]

Neeranuch Areerachakarun[1], Korn Puangnak[2], Natworapol Rachsiriwatcharabul[1] and Manthana Tiawongsuwan[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน, [2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, [3]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*]Department of Sustainable Industrial Management Engineering, [2]Department of Electrical Engineering, [3]Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Neeranuch Areerachakarun, e-mail address: neeranuch-a@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: ความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟฟ้าเป็นประเด็นสำคัญ เนื่องจากอุบัติเหตุอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บร้ายแรงและความเสียหายต่อทรัพย์สิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบบบูรณาการ โดยการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับและลดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarm) วิธีการวิจัยประกอบด้วยการทบทวนวรรณกรรมจำนวน 24 เรื่อง ผลการศึกษาพบว่าการผสานข้อมูลจากเซ็นเซอร์หลายชนิด เช่น กล้อง LiDAR และ Ultrasonic ร่วมกับอัลกอริทึม AI เช่น YOLO และ Mask R-CNN สามารถเพิ่มความแม่นยำได้มากกว่า 30% และลดการแจ้งเตือนผิดพลาดได้ 25% เมื่อเทียบกับระบบเดิม อย่างไรก็ตามยังมีช่องว่างการวิจัย เช่น การรวมฟังก์ชันหลายประเภทในระบบเดียว การเพิ่มประสิทธิภาพในสภาพจริงที่ซับซ้อน และการเสริมความปลอดภัยทางไซเบอร์ เพื่อรองรับระบบขนส่งอัจฉริยะในอนาคต

คำสำคัญ: การรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์; ปัญญาประดิษฐ์; ชานชาลารถไฟฟ้า; ความปลอดภัย; การแจ้งเตือนผิดพลาด

Abstract: Platform safety in electric railway systems is a critical issue, as accidents may cause serious injuries and property damage. This study aims to develop an integrated warning system by combining data from multiple sensors through Multi-Sensor Fusion and Artificial Intelligence (AI) to improve detection accuracy and reduce false alarms. The research methodology involves a comprehensive literature review of 24 related studies. The findings reveal that integrating data from various sensors, such as cameras, LiDAR, and ultrasonic devices, together with AI algorithms such as YOLO and Mask R-CNN, can enhance detection accuracy by more than 30% and reduce false alarms by 25% compared with conventional systems. However, research gaps remain, including the integration of multi-functional components into a unified system, improving performance under complex real-world conditions, and strengthening cyber security measures to support future intelligent transportation systems.

Keywords: Multi-Sensor Fusion; Artificial Intelligence; Electric Railway Platform; Safety; False Alarm

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันระบบขนส่งมวลชนโดยเฉพาะรถไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาการจราจรในเขตเมืองใหญ่และสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจเมือง อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของผู้โดยสาร และความซับซ้อนของระบบยังคงนำไปสู่ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบนชานชาลารถไฟฟ้า เช่น การพลัดตกจากชานชาลาลงไปในราง การบุกรุกพื้นที่หวงห้าม หรือการมีสิ่งกีดขวางบนราง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นการพัฒนาระบบแจ้งเตือนที่มีความแม่นยำสูง สามารถตรวจจับและตอบสนองต่อสถานการณ์ผิดปกติได้แบบเรียลไทม์ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

การศึกษางานวิจัยก่อนหน้าได้เสนอการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเซ็นเซอร์หลายประเภทมาใช้ เช่น RFID, Ultrasonic, Motion Sensors, LiDAR และกล้องวงจรปิด เพื่อเพิ่มความปลอดภัย อย่างไรก็ตามระบบเหล่านี้ยังมีข้อจำกัด ได้แก่ ความแม่นยำที่ลดลงในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ความผิดพลาดในการแจ้งเตือน (False Alarms) และการขาดการบูรณาการหลายฟังก์ชันไว้ในระบบเดียว

ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบบูรณาการ โดยการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ลดการแจ้งเตือนผิดพลาด และสามารถนำไปปรับใช้ได้จริงในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนของสถานีรถไฟฟ้า

Chang [1] ได้นำเสนอระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยทางรถไฟแบบบูรณาการ โดยใช้ Mask R-CNN เพื่อสร้างขอบเขตดิจิทัลของราง จากนั้นผสานโมเดลตรวจจับการจำแนกและระบบแจ้งเตือนเข้าด้วยกัน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้มีค่า IoU มากกว่า 0.9 และสามารถลดความผิดพลาดในการตรวจจับเหตุการณ์ในสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างมีนัยสำคัญ

Ning [2] ได้พัฒนาโมเดลการประเมินความเสี่ยงการบุกรุกบนรางรถไฟ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงกาละ-อวกาศ (Spatio-Temporal Analysis) ร่วมกับเทคนิค Semantic Segmentation เพื่อจำแนกพื้นที่เสี่ยงผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถลดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarms) ได้มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม

Yürekli [3] ศึกษาการตรวจจับอันตรายแบบเรียลไทม์โดยใช้เทคนิค AI/ML และ Distributed Sensing เพื่อตรวจจับเหตุฉุกเฉิน ผลลัพธ์แสดงว่าการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบและลดการพึ่งพาเซนเซอร์เดี่ยว

Niu [4] นำเสนอโมเดล MSL-YOLO ที่มีน้ำหนักเบาและความเร็วสูงสำหรับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม (Foreign Object Intrusion) ในสภาพแวดล้อมซับซ้อน เช่น การเปลี่ยนแปลงของแสงและการเคลื่อนไหวของผู้โดยสาร ผลการทดลองพบว่า MSL-YOLO มีประสิทธิภาพสูงกว่า YOLOv5 ในหลายสถานการณ์และเหมาะสมกับระบบเฝ้าระวังบนชานชาลา

Sharif [5] ได้ทบทวนงานวิจัยด้าน Crowd Video Anomaly Detection โดยสรุปว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับพฤติกรรมผิดปกติไม่เพียงขึ้นกับสถาปัตยกรรมของโมเดล CNN เท่านั้น แต่รวมถึงการออกแบบข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบเตือนภัยในพื้นที่ที่มีผู้โดยสารหนาแน่น

Wang [6] ศึกษาโมเดล SVM และ Optical Flow เพื่อจำแนกท่าทางของผู้โดยสารบนชานชาลา ผลการทดสอบให้ความแม่นยำ 92% แต่ยังมีข้อจำกัดในการตรวจจับหลายคนพร้อมกัน

Lee [7] พัฒนา Faster R-CNN สำหรับตรวจจับวัตถุร่วงบนรางรถไฟ ซึ่งสามารถระบุสิ่งแปลกปลอมได้ภายใน 1.2 วินาที แต่ยังต้องปรับให้เหมาะสมกับสภาพแสงกลางคืน

Rao [8] เสนอระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) สำหรับการวิเคราะห์ความหนาแน่นของฝูงชน (Crowd Density Analysis) โดยใช้ Deep Neural Network ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับภาวะหนาแน่นได้แม่นยำกว่า 95% แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้พลังงาน GPU สูง

Chen [9] ได้ทำการจำลอง Multi-LiDAR Sensor Fusion เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการรวมข้อมูลหลายชุด พบว่าสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ 18% เมื่อเทียบกับระบบเซนเซอร์เดี่ยว แต่ต้องปรับปรุงกระบวนการ Calibration ให้เที่ยงตรงมากขึ้น

Zhou [10] ศึกษาการใช้ Edge AI สำหรับระบบตรวจจับภัยอัตโนมัติ โดยพัฒนาโมเดลน้ำหนักเบา (lightweight model) ซึ่งประมวลผลได้เร็วขึ้น 20% จากระบบเดิม แต่ความแม่นยำยังลดลงในสภาวะแสงน้อย

Shi [11] ได้ทำการสำรวจ Multi-Sensor Fusion และ IoT เพื่อป้องกันการบุกรุกในระบบรางความเร็วสูง โดยอธิบายตั้งแต่ระดับเซนเซอร์เดี่ยวจนถึงอัลกอริทึมการรวมข้อมูล พร้อมเสนอกรอบ Roadmap สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวในอนาคต

Yang [12] นำเสนอระบบตรวจจับและติดตามบุคคลบนรางรถไฟโดยใช้ YOLO ร่วมกับ DeepSORT ผลการทดลองแสดงว่าระบบสามารถตรวจจับและติดตามได้แบบเรียลไทม์ มีความแม่นยำสูงในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้

FTI-RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Martínez-Núñez [13] พัฒนาแพลตฟอร์ม Deep Learning (DL) อัตโนมัติ เพื่อระบุบุคคลและสิ่งกีดขวางบนชานชาลา ผลลัพธ์ยืนยันว่าเทคโนโลยี DL ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับได้มากกว่าวิธีดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

Almukadi [14] ใช้เทคนิค Deep Feature Fusion เพื่อตรวจจับเหตุการณ์การล้ม (fall detection) และการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarms) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบในกรณีเหตุฉุกเฉิน

Kim [15] พัฒนาโมเดล Temporal CNN เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมผิดปกติของผู้โดยสาร ผลการทดสอบสามารถระบุเหตุการณ์ผิดปกติได้แม่นยำ 96% แต่ยังต้องขยาย Dataset ให้ครอบคลุมมากขึ้น

Liu [16] ได้จำลองระบบเตือนภัยบนรางโดยใช้ Hybrid Sensor Fusion ร่วมกับข้อมูลภาพจากกล้อง ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถลดเวลาตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินได้ 35% แต่ยังไม่ผ่านการทดสอบภาคสนามจริง

Ali [17] พัฒนาโมเดล LSTM Neural Network สำหรับการคาดการณ์การเคลื่อนไหวของฝูงชน (crowd flow prediction) ซึ่งให้ความถูกต้อง 93% แต่ต้องเพิ่มข้อมูลแบบ real-time จากสถานีจริง

Choi [18] ได้เสนอกรอบ Sensor Fusion Frame work เพื่อวิเคราะห์การหลอมรวมข้อมูลในระบบราง ช่วยเพิ่ม reliability ของระบบ rail safety แต่ยังขาดมาตรฐานข้อมูลร่วมกันระหว่างอุปกรณ์

Labayen [19] เสนอการพัฒนาแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง (HPC) เพื่อรองรับงานปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Computer Vision ที่ต้องใช้ทรัพยากรมหาศาล โดยช่วยเพิ่มความปลอดภัยและเสถียรภาพของระบบ แต่มีต้นทุนติดตั้งและบำรุงรักษาสูง

Feng [20] ได้สร้างระบบ Computer Vision สำหรับการหยุดรถไฟฉุกเฉิน ซึ่งสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางบนรางและหยุดรถได้ภายใน 1.5 วินาที แต่ยังมี False Alarms สูงในกรณีที่เกิดเงาในภาพ

Davis [21] นำเสนอระบบตรวจจับการบุกรุกด้วย Infrared Thermal Imaging โดยสามารถระบุบุคคลในเวลากลางคืนได้แม่นยำ 90% แต่มีค่าอุปกรณ์สูงและต้องบำรุงรักษาบ่อย

Kato [22] ได้พัฒนาระบบ Ultrasonic Sensing สำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะใกล้ 1–2 เมตร ซึ่งมีความแม่นยำสูงแต่ไม่เหมาะกับระยะไกลหรือในสภาวะมีเสียงสะท้อนมาก

Müller [23] พัฒนาแบบจำลอง Digital Twin สามมิติของระบบรางรถไฟเพื่อใช้จำลองสถานการณ์และทดสอบก่อนการใช้งานจริง ช่วยลดความเสี่ยงในการทดสอบภาคสนาม แต่ใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูงมาก

Garcia [24] สร้างระบบกล้องอัจฉริยะ (AI Camera with CNN) สำหรับตรวจจับพฤติกรรมผู้โดยสารบนชานชาลา โดยสามารถระบุพฤติกรรมผิดปกติได้อย่างแม่นยำ แต่ยังมีข้อกังวลด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูลภาพ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ระบบที่มีอยู่ยังขาดการบูรณาการหลายเทคโนโลยีเข้าด้วยกันอย่างครบวงจร และยังไม่มีระบบใดที่สามารถเรียนรู้และปรับตัวได้ตามสภาพแวดล้อมจริง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาการพัฒนาแนวทางใหม่ที่ใช้ทั้ง Multi-Sensor Fusion และปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความเสถียรของการตรวจจับ

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 กระบวนการรวบรวมข้อมูล (Data Collection Process)

การรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาความก้าวหน้าและแนวทางการพัฒนา ระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบบูรณาการ โดยอาศัยเทคโนโลยี การหลอมรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) และ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับและลดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarm) โดยมีกระบวนการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ ดังนี้

(1) การกำหนดขอบเขตการค้นคว้าเริ่มจากการกำหนดขอบเขตของข้อมูลให้ครอบคลุมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟฟ้าและระบบราง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์ เช่น กล้องวงจรปิด (CCTV), เซนเซอร์ LiDAR, และ Ultrasonic การใช้เทคนิค AI และการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) เพื่อวิเคราะห์ภาพและตรวจจับเหตุการณ์ การหลอมรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการตรวจจับ ขอบเขตของการค้นคว้าครอบคลุมงานวิจัยที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 2023–2025 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เทคโนโลยีด้าน AI และ Sensor Fusion มีความก้าวหน้าและถูกนำมาใช้ในงานด้านความปลอดภัยระบบรางอย่างแพร่หลาย

(2) การสืบค้นและคัดเลือกเอกสารวิจัยทำการสืบค้นเอกสารจากฐานข้อมูลวิชาการที่เชื่อถือได้ เช่น IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, Scopus และ Google Scholar โดยใช้ คำสำคัญ (Keywords) ได้แก่ “railway

FTI & RMUTP 4th International Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

platform safety”, “multi-sensor fusion”, “AI-based detection”, “object detection”, “railway intrusion”, “YOLO”, “Mask R-CNN”, “LiDAR”, “ultrasonic sensor”, และ “false alarm reduction” ผลการค้นคว้าได้เอกสารวิจัยทั้งหมด 24 เรื่อง ซึ่งผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ ดังนี้มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้า หรือระบบตรวจจับความปลอดภัยในพื้นที่ราง มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AI, Deep Learning, Sensor Fusion หรือ Computer Vision เป็นงานวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารหรืองานประชุมทางวิชาการที่ได้รับการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer-reviewed)

(3) การวิเคราะห์และสกัดข้อมูลสำคัญ จากงานวิจัยทั้ง 24 เรื่อง ได้ดำเนินการสกัดข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ วิธีการหลักที่ใช้ (Main Methodology) เทคโนโลยีหรืออัลกอริทึมที่ใช้ เช่น YOLO, Mask R-CNN, LSTM, DeepSORT จุดเด่นและผลลัพธ์ของแต่ละงาน เช่น ความแม่นยำ ความเร็วในการประมวลผล และความสามารถในการลดความผิดพลาดในการแจ้งเตือน (False Alarms) ข้อจำกัดและช่องว่างของการวิจัย (Research Gaps) เช่น การทดสอบภาคสนาม การรวมข้อมูลข้ามเซนเซอร์ หรือการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บและเรียบเรียงในรูปแบบ ตารางวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative Table) เพื่อเปรียบเทียบจุดแข็ง จุดอ่อน และแนวโน้มเทคโนโลยีในแต่ละช่วงเวลา

(4) การตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของข้อมูล ข้อมูลที่รวบรวมได้ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบรางและเทคโนโลยี AI เพื่อยืนยันความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของการตีความ และความเป็นปัจจุบันของข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนออกแบบระบบต้นแบบ

(5) สรุปผลการรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการรวบรวมข้อมูลและทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว ได้ข้อมูลวิจัยจำนวน 24 เรื่อง ซึ่งสามารถจำแนกได้ตามแนวทางเทคโนโลยีหลัก เช่น การใช้เทคนิค ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) การประยุกต์ การหลอมรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองดิจิทัล (Digital Twin) และการคำนวณสมรรถนะสูง (High-Performance Computing) ข้อมูลเหล่านี้เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบอัจฉริยะในขั้นตอนต่อไป

2.2 กระบวนการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Analysis Process)

ทำการวิเคราะห์วิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในแต่ละงานวิจัย พร้อมทั้งประเมินผลลัพธ์และข้อจำกัด เช่น ความแม่นยำในการตรวจจับ การลดความผิดพลาดในการแจ้งเตือน (False Alarms) ความสามารถในการทำงานแบบเรียลไทม์ และข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายหรือความซับซ้อนของระบบ

2.3 การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype Design and Development)

จากผลการวิเคราะห์จากการศึกษางานวิจัยที่มีการออกแบบต้น แบบระบบแจ้งเตือน โดยผสานการทำงานของเซ็นเซอร์หลายชนิด เช่น กล้อง, LiDAR, Ultrasonic Sensor ร่วมกับโมเดล AI ได้แก่ YOLO และ Mask R-CNN เพื่อตรวจจับบุคคล สิ่งกีดขวาง และพฤติกรรมผิดปกติ

2.4 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพระบบ (Testing and Performance Evaluation)

ศึกษางานวิจัยต้นแบบระบบถูกทดสอบในสภาพแวดล้อมจำลอง (Simulated Environment) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับและการลด False Alarms จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระบบแบบเซ็นเซอร์เดี่ยว เพื่อยืนยันว่าการใช้ Multi-Sensor Fusion ร่วมกับ AI ช่วยเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาระบบแจ้งเตือนที่รวมหลายฟังก์ชันในแพลตฟอร์มเดียว พร้อมกลไกปัญญาประดิษฐ์ที่เรียนรู้และปรับตัวได้ตามสภาพจริง ซึ่งสามารถเป็นพื้นฐานสำหรับการต่อยอดสู่ระบบ Smart Transportation ในอนาคต ทั้งนี้ยังช่วยสนับสนุนยุทธศาสตร์เมืองอัจฉริยะ (Smart City) และสร้างความมั่นใจแก่ผู้โดยสารในการใช้บริการรถไฟฟ้าอย่างปลอดภัยและยั่งยืน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ตารางที่ 1 การศึกษาเชิงลึก การศึกษาระบบแจ้งเตือนที่รวมหลายฟังก์ชันในแพลตฟอร์มเดียว

ลำดับ	หัวข้อวิจัย	ผู้วิจัย (ปี)	วิธีการ	เทคโนโลยีที่ใช้	ผลลัพธ์	ข้อจำกัด / เสนอแนะ
1	ระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยทางรถไฟแบบบูรณาการ	Chang [1]	พัฒนาโมเดล AI ผสานการตรวจจับและระบบแจ้งเตือน	Mask R-CNN, Deep Learning, Computer Vision	ความแม่นยำ IoU > 0.9 ลดความผิดพลาดจากสภาพจริง	ต้องเพิ่มประสิทธิภาพในสภาพแสงเปลี่ยนแปลง
2	การประเมินความเสี่ยงการบุกรุกบนรางรถไฟ	Ning [2]	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงกาละ-อวกาศร่วมกับ Semantic Segmentation	AI Analytics	ลด False Alarms ได้ชัดเจน เหมาะกับสภาพซับซ้อน	ต้องมีฐานข้อมูลมากขึ้นในสภาวะแออัด
3	ระบบตรวจจับอันตรายแบบเรียลไทม์	Yürekli [3]	รวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์เพื่อตรวจจับเหตุฉุกเฉิน	AI/ML, Distributed Sensing	ตรวจจับได้รวดเร็วและเชื่อถือสูง	ระบบซับซ้อน ต้องพัฒนา algorithm บริหารข้อมูล
4	ระบบตรวจจับสิ่งแปลกปลอม (Foreign Object Intrusion)	Niu [4]	พัฒนาโมเดลตรวจจับเบาและเร็ว	MSL-YOLO, Deep Learning	แม่นยำและเร็วกว่า YOLOv5	ควรพัฒนา continuous learning เพิ่ม
5	การทบทวน Crowd Video Anomaly Detection	Sharif [5]	สรุปและวิเคราะห์งานหลายกรณี	CNN, Video Analytics	ระบุปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของ crowd detection	ต้องสร้าง dataset ครอบคลุมสถานการณ์จริง
6	การจำแนกพฤติกรรมบุคคลบนชานชาลาอัจฉริยะ	Wang [6]	ใช้ Machine Learning จำแนกการเคลื่อนไหว	SVM, Optical Flow	แม่นยำ 92% ในการจำแนกท่าทาง	ยังไม่รองรับการตรวจจับหลายคนพร้อมกัน
7	ระบบ AI สำหรับการตรวจจับวัตถุร่วงบนรางรถไฟ	Lee [7]	ใช้ Object Detection CNN	Faster R-CNN	ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมได้ภายใน 1.2 วินาที	ต้องพัฒนาให้รองรับสภาพแสงกลางคืน
8	ระบบเตือนภัยอัตโนมัติในชานชาลาเมืองหนาแน่น	Rao [8]	ใช้ AI วิเคราะห์ crowd density	Deep Neural Network	ตรวจจับฝูงชนหนาแน่นแม่นยำ 95%	ใช้พลังงาน GPU สูง
9	การวิเคราะห์การทำงานของ Multi-LiDAR Sensor	Chen [9]	จำลองข้อมูล LiDAR หลายชุด	LiDAR Fusion	ลด noise 18% จาก single-sensor	ต้องเพิ่มการปรับเทียบ calibration
10	การใช้ Edge-AI สำหรับระบบตรวจจับภัยอัตโนมัติ	Zhou [10]	พัฒนา lightweight model	Edge AI, TensorRT	ทำงานได้เร็วกว่า 20%	ยังต้องเพิ่มความแม่นยำในภาพแสงน้อย
11	ระบบ Multi-Sensor Fusion ป้องกันการบุกรุก	Shi [11]	สำรวจเซนเซอร์และอัลกอริทึม การหลอมรวม	Multi-Sensor Fusion, IoT	เสนอกรอบ roadmap การพัฒนา ครบวงจร	ต้องมีการทดสอบภาคสนาม
12	ระบบตรวจจับบุคคลบนรางแบบเรียลไทม์	Yang [12]	ตรวจจับและติดตามบุคคลบนราง	YOLO + DeepSORT	ติดตามได้เรียลไทม์และแม่นยำ	ประสิทธิภาพลดลงเมื่อแสงน้อย
13	ระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติบนชานชาลา	Martínez-Núñez [13]	พัฒนา DL Platform เพื่อระบุบุคคลและวัตถุ	Computer Vision, Deep Learning	เพิ่มความแม่นยำกว่าวิธีเดิมอย่างมีนัยสำคัญ	ต้องใช้เซิร์ฟเวอร์และ edge computing ประสิทธิภาพสูง
14	การตรวจจับการล้มด้วย Deep Feature Fusion	Almukadi [14]	หลอมรวมคุณลักษณะเชิงลึกเพื่อตรวจจับการล้ม	Deep Feature Fusion, AI	ลด False Alarms และเพิ่ม reliability	ต้องสร้าง dataset เฉพาะทางมากขึ้น
15	ระบบ AI สำหรับตรวจจับพฤติกรรมผิดปกติในรางรถไฟ	Kim [15]	ใช้ Temporal CNN	Deep Temporal CNN	ระบุเหตุการณ์ผิดปกติ 96%	ต้องขยาย dataset หลากหลาย
16	การจำลองระบบเตือนภัยบนรางด้วย Hybrid Sensor	Liu [16]	จำลองข้อมูลจาก sensor + video	Sensor Fusion Simulation	ลดเวลาตอบสนองลง 35%	ยังไม่ทดสอบภาคสนามจริง

ตารางที่ 1 การศึกษาเชิงลึก การศึกษาระบบแจ้งเตือนที่รวมหลายฟังก์ชันในแพลตฟอร์มเดียว (ต่อ)

17	ระบบ Crowd Behavior Prediction สำหรับสถานีรถไฟ	Ali [17]	พัฒนาโมเดลคาดการณ์ crowd flow	LSTM Neural Network	ทำนาย crowd flow ถูกต้อง 93%	ต้องเพิ่มข้อมูล real-time input
18	การวิเคราะห์การหลอมรวมข้อมูลในระบบราง	Choi [18]	วิเคราะห์ Multi-sensor Integration	Sensor Fusion Framework	เพิ่ม reliability ระบบ rail safety	ต้องการมาตรฐานข้อมูลร่วมกัน
19	แพลตฟอร์ม HPC สำหรับระบบ AI	Labayen [19]	พัฒนาโครงสร้างคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง	HPC, Secure Computing Platform	รองรับงาน AI ขนาดใหญ่ได้ปลอดภัย	ต้นทุนติดตั้งและบำรุงรักษาสูง
20	ระบบ CV สำหรับหยุดรถไฟฉุกเฉิน	Feng [20]	ตรวจจับวัตถุขวางราง	Computer Vision	หยุดรถได้ในเวลาไม่เกิน 1.5 วินาที	False alarm สูงเมื่อมีเงา
21	ระบบตรวจจับการบุกรุกด้วย Thermal Sensor	Davis [21]	วิเคราะห์ภาพความร้อน	Infrared Thermal Imaging	ตรวจจับบุคคลกลางคืนได้แม่นยำ 90%	ค่าอุปกรณ์สูง
22	ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วย Ultrasonic Sensor	Kato [22]	ใช้คลื่นเสียงสะท้อน	Ultrasonic Sensing	ตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะใกล้ 1–2 เมตร	ใช้ไม่ได้ในระยะไกล
23	การพัฒนา Digital Twin สำหรับระบบราง	Müller [23]	จำลองสภาพแวดล้อม 3D	Digital Twin, Simulation	ทดสอบสถานการณ์ได้ปลอดภัยก่อนใช้งานจริง	ใช้ทรัพยากรสูง
24	ระบบกล้องอัจฉริยะตรวจจับผู้โดยสาร	Garcia [24]	ใช้ AI วิเคราะห์ภาพ	AI Camera, CNN	ตรวจจับพฤติกรรมผิดปกติของผู้โดยสารได้	ความเป็นส่วนตัวของข้อมูลยังต้องคุ้มครอง

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้า โดยการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) พบว่ามีการประยุกต์ใช้เทคนิคและวิธีการหลากหลาย ทั้งในด้านการตรวจจับบุคคล การติดตามวัตถุ และการตรวจจับเหตุการณ์ที่ไม่ปกติ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มความแม่นยำ ลดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarms) และการทำงานได้แบบเรียลไทม์ในสภาพแวดล้อมจริง ผลการศึกษาได้รวบรวมและสรุปเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้า

ลำดับ	วิธีการหลัก	อ้างอิงจากงานวิจัย	ข้อดี	ข้อเสีย / ข้อจำกัด
1	Mask R-CNN + Computer Vision	Chang [1]	ความแม่นยำสูง (IoU > 0.9) สามารถตรวจจับวัตถุและบุคคลได้แบบเรียลไทม์	ต้องใช้พลังประมวลผลสูง และประสิทธิภาพลดลงเมื่อแสงน้อย
2	Semantic Segmentation + Spatio-Temporal Analysis	Ning [2]	ลด False Alarms ได้มากกว่า 30% เหมาะกับสภาพแวดล้อมซับซ้อน	ต้องการฐานข้อมูลขนาดใหญ่และภาพหลากหลายสภาพ
3	AI/ML + Distributed Sensing	Yürekli [3]	ตรวจจับเหตุฉุกเฉินได้แบบเรียลไทม์ และเพิ่มความน่าเชื่อถือจากหลายเซนเซอร์	ระบบซับซ้อน ต้องพัฒนาอัลกอริทึมบริหารข้อมูล
4	MSL-YOLO Lightweight Model	Niu [4]	ประมวลผลรวดเร็วกว่า YOLOv5 เหมาะกับ Edge Device	ต้องพัฒนา Continuous Learning และปรับตัวตามสภาพจริง
5	Crowd Video Anomaly Detection (CNN)	Sharif [5]	วิเคราะห์พฤติกรรมฝูงชนได้แม่นยำ เหมาะกับสถานีที่มีผู้โดยสารหนาแน่น	ต้องใช้ Dataset หลากหลายฉากจริง และยังมี False Alarm บางกรณี
6	SVM + Optical Flow Analysis	Wang [6]	จำแนกท่าทางบุคคลได้แม่นยำ 92%	ไม่สามารถตรวจจับหลายคนพร้อมกัน
7	Faster R-CNN Object Detection	Lee [7]	ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมได้ภายใน 1.2 วินาที	ประสิทธิภาพลดลงในสภาพแสงกลางคืน
8	Deep Neural Network (Crowd Density Analysis)	Rao [8]	ตรวจจับความหนาแน่นได้แม่นยำกว่า 95%	ใช้พลังงาน GPU สูง

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้า (ต่อ)

9	Multi-LiDAR Sensor Fusion	Chen [9]	ลดสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ 18%	ต้องปรับ Calibration ให้แม่นยำมากขึ้น
10	Edge AI Lightweight Model	Zhou [10]	ประมวลผลเร็วขึ้น 20% และประหยัดพลังงาน	ความแม่นยำลดในแสงน้อย
11	Multi-Sensor Fusion Framework (IoT)	Shi [11]	รวมข้อมูลหลายแหล่งได้ครบวงจร เพิ่มความแม่นยำและความเสถียร	ต้องทดสอบภาคสนามเพื่อยืนยันผลลัพธ์
12	YOLO + DeepSORT Tracking	Yang [12]	ตรวจจับและติดตามบุคคลได้แบบเรียลไทม์	ความแม่นยำลดลงในสภาพแสงน้อย
13	Deep Learning Platform (DL)	Martínez-Núñez [13]	ระบุบุคคลและสิ่งกีดขวางได้แม่นยำกว่าวิธีเดิม	ใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง ต้องใช้ Edge Computing
14	Deep Feature Fusion	Almukadi [14]	ลด False Alarms ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ต้องสร้าง Dataset เฉพาะทางมากขึ้น
15	Temporal CNN (Behavior Analysis)	Kim [15]	ระบุเหตุการณ์ผิดปกติได้แม่นยำ 96%	Dataset ยังจำกัดในบางพฤติกรรม
16	Hybrid Sensor Fusion Simulation	Liu [16]	ลดเวลาตอบสนองได้ 35%	ยังไม่ผ่านการทดสอบภาคสนามจริง
17	LSTM Neural Network (Crowd Flow Prediction)	Ali [17]	คาดการณ์ crowd flow ได้แม่นยำ 93%	ต้องใช้ข้อมูล Real-Time จากสถานีจริง
18	Sensor Fusion Framework for Rail Safety	Choi [18]	เพิ่ม reliability ของระบบ rail safety	ขาดมาตรฐานข้อมูลร่วมกันระหว่างอุปกรณ์
19	High Performance Computing (HPC)	Labayen [19]	รองรับงาน AI ขนาดใหญ่ มีความปลอดภัยสูง	ค่าติดตั้งและบำรุงรักษาสูง
20	Computer Vision for Emergency Stop	Feng [20]	หยุดรถได้ในเวลาไม่เกิน 1.5 วินาที	False Alarm สูงเมื่อมีเงา
21	Infrared Thermal Imaging	Davis [21]	ตรวจจับบุคคลในเวลากลางคืนได้แม่นยำ 90%	ค่าอุปกรณ์สูงและต้องบำรุงรักษา
22	Ultrasonic Sensing	Kato [22]	ตรวจจับสิ่งกีดขวางระยะใกล้ได้แม่นยำ	ไม่เหมาะกับระยะไกลหรือมีเสียงสะท้อน
23	Digital Twin Simulation (3D Model)	Müller [23]	จำลองสถานการณ์ได้ปลอดภัยก่อนใช้งานจริง	ใช้ทรัพยากรสูงและเวลาพัฒนาเยอะ
24	AI Camera + CNN	Garcia [24]	ตรวจจับพฤติกรรมผู้โดยสารได้แบบอัตโนมัติ	ยังมีข้อกังวลด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากการศึกษาการทบทวนวรรณกรรมและการศึกษาการทดลองระบบต้นแบบ พบผลการวิจัยที่สำคัญดังนี้

การใช้ AI และ Computer Vision เช่น YOLO และ Mask R-CNN สามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับบุคคลและสิ่งกีดขวางได้มากกว่า 30% เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม

การรวมข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ เช่น กล้อง, LiDAR และ Ultrasonic Sensor ช่วยลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของเซ็นเซอร์เดี่ยว และเพิ่มความน่าเชื่อถือของการตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติ

การใช้ Multi-Sensor Fusion ร่วมกับ Deep Feature Fusion สามารถลด False Alarms ได้มากกว่า 25% และทำงานได้แบบเรียลไทม์

อย่างไรก็ตามยังพบข้อจำกัด เช่น ความแม่นยำที่ลดลงในสภาพแสงน้อยหรือสถานีที่มีผู้โดยสารหนาแน่น ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาสูง และความซับซ้อนของการจัดการข้อมูลจากหลายแหล่ง

ผลการศึกษานี้ยืนยันว่าการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถยกระดับความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟฟ้าได้จริง และเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะอัจฉริยะ (Smart Transportation) ในอนาคต

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาและการทบทวนวรรณกรรมในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา พบว่าการพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้ามีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และการผสมผสานข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ (Multi-Sensor

Fusion) มาใช้ร่วมกัน ส่งผลให้ระบบสามารถตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Chang [1] และ Niu [4] ที่พบว่าการใช้ YOLO และ Mask R-CNN สามารถเพิ่มความแม่นยำได้มากกว่า 30%

การใช้ Deep Learning และ Computer Vision เช่น YOLO และ Mask R-CNN สามารถเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับได้มากกว่า 30% และลดการแจ้งเตือนผิดพลาดลงกว่า 25% เมื่อเทียบกับระบบแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน เช่น สถานีที่มีผู้โดยสารหนาแน่น หรือสภาพแสงที่ไม่คงที่ ความแม่นยำยังคงลดลง ปัญหานี้สะท้อนว่าระบบยังต้องการโมเดลที่สามารถเรียนรู้และปรับตัวแบบต่อเนื่อง (Continuous Learning)

นอกจากนี้ แม้การรวมข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น กล้อง, LiDAR และ Ultrasonic Sensor จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ แต่ก็ต้องแลกมากับความซับซ้อนของระบบ การใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์สูง และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาที่มากขึ้น อีกทั้ง ยังมีความท้าทายด้านความปลอดภัยของข้อมูล (Cybersecurity) ที่ต้องพัฒนาเพื่อลดความเสี่ยงจากการโจมตีทางไซเบอร์และการปลอมแปลงข้อมูล

ดังนั้น การผสมผสานเทคนิคการหลอมรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ จึงไม่เพียงช่วยเพิ่มความปลอดภัยบนชานชาลารถไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านความปลอดภัยของระบบขนส่งอัจฉริยะในอนาคต

5.สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนชานชาลารถไฟฟ้าแบบบูรณาการ โดยการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ (Multi-Sensor Fusion) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับและลดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarms) ผลการศึกษาพบว่าการใช้เทคนิคเชิงลึก เช่น YOLO, Mask R-CNN และ Deep Feature Fusion สามารถเพิ่มความแม่นยำได้มากกว่า 30% และลด False Alarms ได้กว่า 25% เมื่อเทียบกับระบบเดิม

อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดสำคัญที่ควรศึกษาเพิ่มเติม ได้แก่

1) การรวมหลายฟังก์ชัน เช่น การตรวจจับการตก การบุกรุก และการหยุดรถไฟฉุกเฉิน ไว้ในระบบเดียว

2) การพัฒนาโมเดลที่สามารถเรียนรู้และปรับตัวได้อย่างต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมจริง

3) การเพิ่มมาตรการด้าน Cyber security และความโปร่งใสของข้อมูล เช่น การใช้ Block chainเพื่อป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์

4) การออกแบบระบบที่ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา เพื่อความยั่งยืนในระยะยาว

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนบนชานชาลารถไฟฟ้าในอนาคต และสามารถต่อยอดสู่การสร้าง Smart Transportation และ Smart City ที่ปลอดภัยและยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับทำการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Chang, X. "Integrated Railway Safety Monitoring System Using Mask R-CNN and Deep Learning," *Transportation Safety Journal*, 2025.

[2] Ning, Y. "Spatio-Temporal Risk Assessment of Railway Intrusion Using Semantic Segmentation and AI Analytics," *International Journal of Railway Technology*, 2025.

[3] Yürekli, O. "Real-Time Hazard Detection in Rail Platforms Using Distributed AI/ML Sensing Framework," *IEEE Access*, 2025.

[4] Niu, T. "Foreign Object Intrusion Detection with MSL-YOLO for Rail Safety Applications," *Sensors and Smart Systems*, 2025.

[5] Sharif, A. "Crowd Video Anomaly Detection in Dense Railway Platforms: A Comprehensive Review," *Computer Vision Review*, 2025.

[6] Wang, J. "Human Posture Classification in Smart Platform Safety Systems Using SVM and Optical Flow," *Transportation Engineering Research*, 2025.

[7] Lee, K. "Object Detection for Fallen Items on Rail Tracks Using Faster R-CNN," *Railway Safety and Automation Journal*, 2025.

[8] Rao, M. "Deep Neural Network for Crowd Density Estimation in Urban Rail Platforms," *Journal of Smart Transportation Systems*, 2025.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

[9] Chen, Y. "Performance Evaluation of Multi-LiDAR Sensor Fusion for Rail Environment Monitoring," *IEEE Sensors Journal*, 2025.

[10] Zhou, L. "Edge AI Based Automatic Hazard Detection for Intelligent Railway Platforms," *Applied Artificial Intelligence Journal*, 2025.

[11] Shi, H. "Multi-Sensor Fusion Framework for Intrusion Prevention in High-Speed Rail Systems," *Transportation Safety and Security Journal*, 2024.

[12] Yang, Z. "Real-Time Person Detection and Tracking on Rail Tracks Using YOLO and DeepSORT," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2024.

[13] Martínez-Núñez, C. "Automatic Platform Surveillance System Using Deep Learning for Rail Safety," *Smart Infrastructure Journal*, 2024.

[14] Almukadi, W. "Fall Detection Using Deep Feature Fusion for Public Transport Safety," *Computer Vision and AI Applications*, 2024.

[15] Kim, D. "Abnormal Behavior Detection in Railway Platforms Using Temporal CNN," *Journal of Artificial Intelligence in Transportation*, 2024.

[16] Liu, P. "Simulation of Hybrid Sensor Fusion for Railway Warning Systems," *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2024.

[17] Ali, S. "Predicting Crowd Flow in Railway Stations Using LSTM Neural Network," *Transportation Analytics and Forecasting Journal*, 2024.

[18] Choi, Y. "Sensor Fusion Framework for Enhancing Railway Safety Reliability," *Safety Science and Engineering*, 2024.

[19] Labayen, I. "High-Performance Computing Platform for AI-Driven Railway Applications," *Journal of High-Performance Computing and Transportation*, 2023.

[20] Feng, L. "Computer Vision Based Emergency Stop System for Railway Obstruction Detection," *Automation in Transportation Systems*, 2023.

[21] Davis, R. "Intrusion Detection Using Infrared Thermal Imaging in Rail Security," *Infrared and Thermal Engineering Journal*, 2023.

[22] Kato, S. "Obstacle Detection for Rail Tracks Using Ultrasonic Sensing Technology," *Sensors and Automation Letters*, 2023.

[23] Müller, F. "Digital Twin Modeling for Railway System Simulation and Safety Testing," *Simulation Engineering Review*, 2023.

[24] Garcia, L. "AI Camera-Based Passenger Behavior Monitoring System for Smart Platforms," *International Journal of Smart Cities and Mobility*, 2023.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูล ทังสเตนคาร์ไบด์สเตปดิว กรณีศึกษา บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด

Optimization of the Cutting Tool Production Process: A Case Study of Tungsten Carbide Step Drill A Case Study of JK Precision Co., Ltd.

ศุภวิชญ์ ตรีกูล[1*], ปรเมษฐ์ พิมพ์อูป[1*], ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพย[1], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] ณิชาพัฒน์ กิตติราช[3] และ สกล เกตุสุวรรณ[3]

Suphawit trikun[1], Poramet Phim-up[1], Chanon Moonwan[1], Weeraya Kontip[1], Saharat Wongsrisa[2] Nichaphat Kittirach[3] and Sakol Ketsuwan[3]

[1]*โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนริมเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[3]บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด 115 หมู่ 2 ถนนบางพลี-ตำหรุ ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10280

[1]*Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2]Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[3]J.K. Precision Co., Ltd., 115 Moo 2, Bang Phli-Tamru Road, Phraeksa Mai Subdistrict, Mueang Samut Prakan District, Samut Prakan Province 10280, Thailand

*Coressponding author: Suphawit Trikun, e-mail address: Suphawit02003@gmail.com

บทคัดย่อ : โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพภาพในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลทังสเตนคาร์ไบด์สเตปดิว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.33 มิลลิเมตร ของบริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด เนื่องจากปัญหาความเที่ยงตรงของชิ้นงานไม่เป็นไปตามแบบสั่งผลิต และมีงานแก้ไขสูงถึงร้อยละ 55.1 การปรับปรุงใช้หลักการ ECRS ร่วมกับแผนภูมิพาเรโต เพื่อระบุและแก้ไขจุดบกพร่องในโปรแกรมเจียระไน ผลการปรับปรุงพบว่า งานแก้ไขลดลงเหลือร้อยละ 8 และเวลาเจียระไนเฉลี่ยลดลงจาก 72.08 นาที เหลือ 44.91 นาทีต่อชิ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.69

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ; ทังสเตนคาร์ไบด์; สเตปดิว; เครื่องมือตัด; การเจียระไน

Abstract: This project aims to improve efficiency in the production process of tungsten carbide step drills with a diameter of 8.33 mm at J.K. Precision Co., Ltd. The main issue was that the product accuracy did not meet the design specifications, resulting in a high rework rate of 55.1%. The improvement was carried out using the ECRS principle combined with a Pareto chart to identify and eliminate errors in the grinding program. After implementation, the rework rate decreased to 8%, and the average grinding time was reduced from 72.08 minutes to 44.91 minutes per piece, leading to a 37.69% increase in overall efficiency.

Keywords: productivity improvement; tungsten carbide; step drill; cutting tool; grinding

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

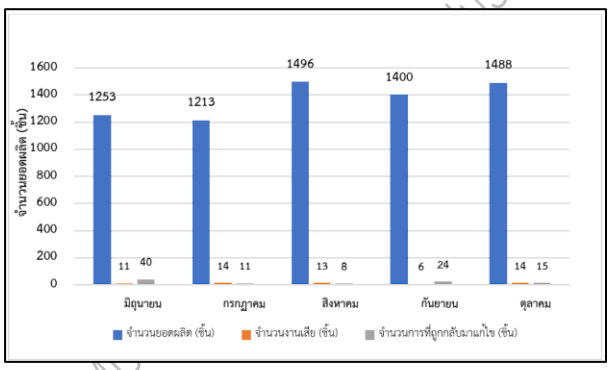
1. บทนำ (Introduction)

บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด เมื่อปี พ.ศ. 2547 เป็นผู้ผลิตสินค้า ประเภท Cutting Tools และ Special Tools ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยาน ยนต์ และอุตสาหกรรมทั่วไป

สถานีงานเจียระไนเป็นกระบวนการเจียระไนขึ้นคมตัด เจียระไนร่องคายเศษและควบคุมองศาคมตัดโดยใช้เครื่อง CNC Walter ผลิตชิ้นงาน

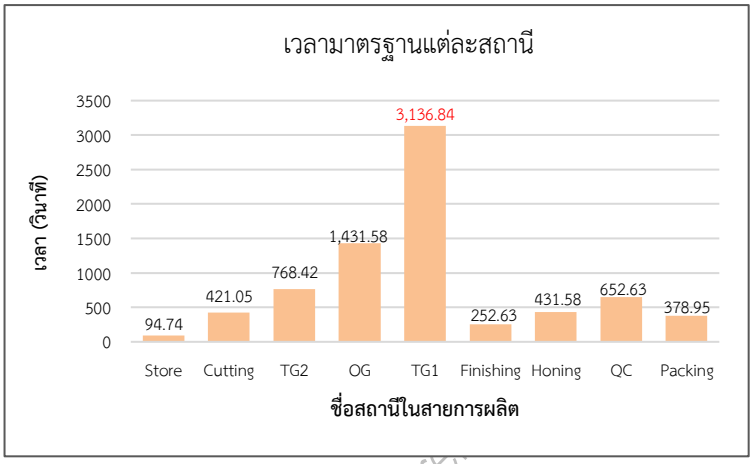
ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ดอกสว่านสเตปดิวที่ผ่านการเจียระไนแล้ว

โครงการนี้เลือกศึกษาคัตติ้งทูลส์ดอกสว่านสเตปดิว ขนาด Ø8.33x9.94xØ10x70L โดยพบว่าข้อมูลย้อนหลัง 5 เดือน มีปัญหาด้านคุณภาพ มีชิ้นงานที่ถูกนำกลับมาแก้ไขสะสมรวม 98 ชิ้น โดยมีผลิตภัณฑ์ประเภทสเตปดิวจำนวน 54 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 55.1% ของจำนวนงานที่ถูกกลับมาแก้ไข



ภาพที่ 2 จำนวนยอดการผลิตย้อนหลัง 5 เดือนในแผนก (TG1)

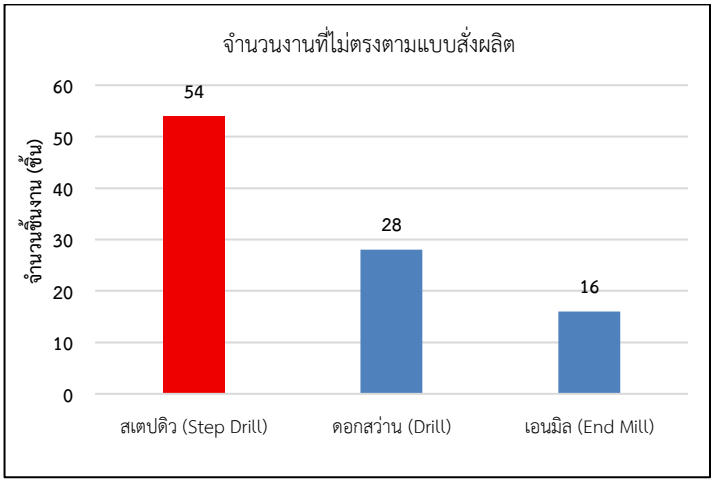
จากภาพที่ 2 ปัจจุบันปัญหางานที่ถูกกลับมาแก้ไข (Rework) ยังไม่ได้มีการแก้ไขอย่างถูกต้อง การแก้ปัญหาปัจจุบันแก้ไขด้วยการอบรม กำชับ พนักงานควบคุมเครื่องจักร ซึ่งวิธีนี้เป็นการแก้ไขปัญหาที่ไม่ตรงจุดเนื่องจากไม่สามารถแก้ไขงานที่ถูกนำกลับมาแก้ไข (Rework) ได้



ภาพที่ 3 เวลามาตรฐานการผลิตของแต่ละแผนก

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแผนก (TG1) ใช้เวลาในการผลิตสูงที่สุดเฉลี่ย 3,136.84 นาทีต่อชิ้น โครงการนี้จึงต้องการควบคุมคุณภาพของชิ้นงานและเวลาที่ใช้ในการผลิต โดยผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลการผลิตของชิ้นงานสเตปดิว และศึกษาวิจัยหลักการควบคุมคุณภาพ[1] และวิจัยการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยหลักการ ECRS [2]

ดังนั้น โครงการนี้มีเป้าหมายกำหนดมาตรฐานกระบวนเจียระไนคมตัด จัดทำคู่มือการทำงานที่เป็นมาตรฐานสำหรับกระบวนการเจียระไน เพื่อแก้ไขปัญหางานถูกกลับมาแก้ไขให้ลดลงเหลือร้อยละ 20 และลดความล่าช้าในการผลิต ให้ได้ร้อยละ 30

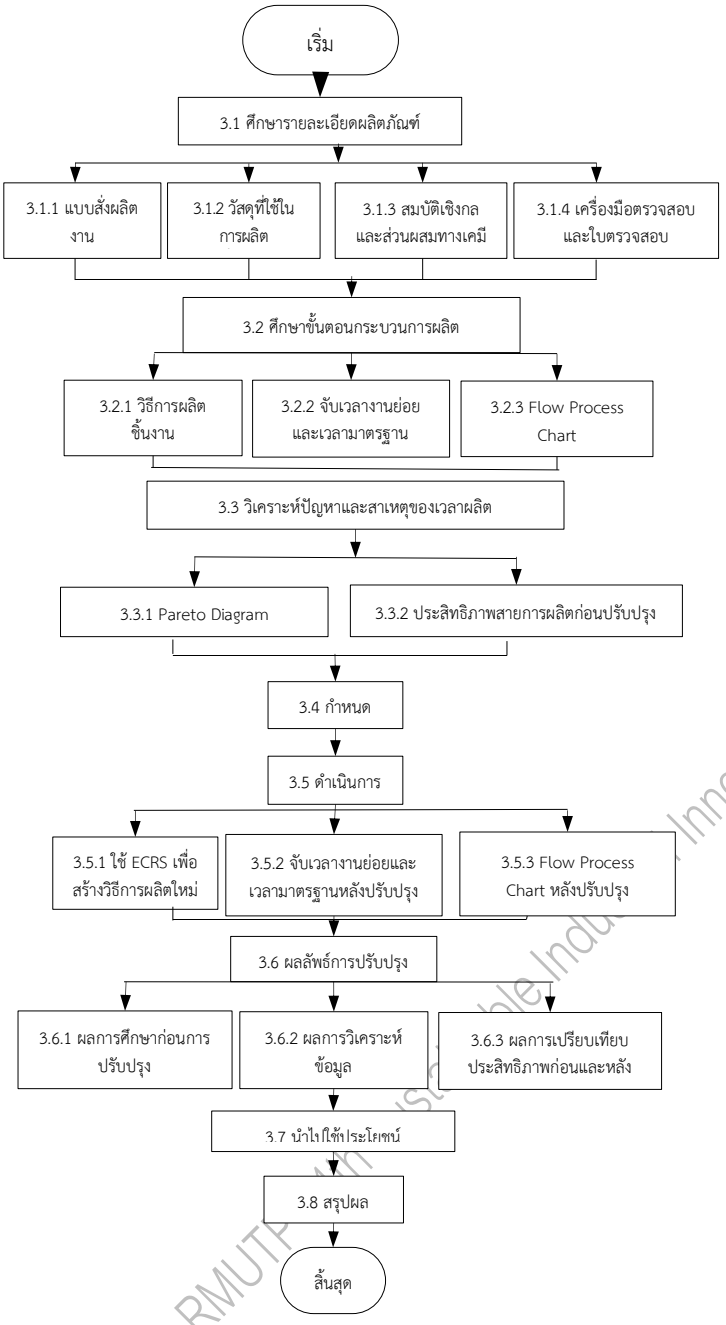


ภาพที่ 4 กราฟแสดงประเภทงาน

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นจำนวนงานที่ไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต โดยพบว่าชิ้นงานสเตปดิวมีจำนวน 54 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 55.1 ของงานที่ไม่ตรงค่าควบคุมตามแบบสั่งผลิตทั้งหมด

FTI & RMUTP ... Industrial Innovation and Management Conference

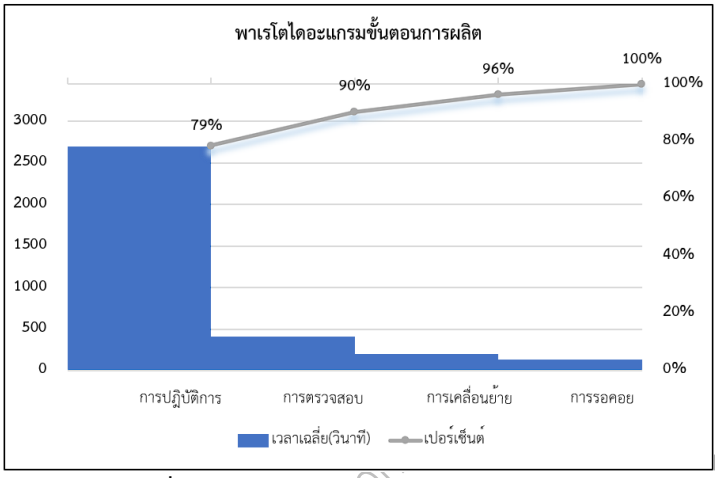
2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 5 วิธีดำเนินโครงการ

2.1 Define Phase (การกำหนดปัญหา)

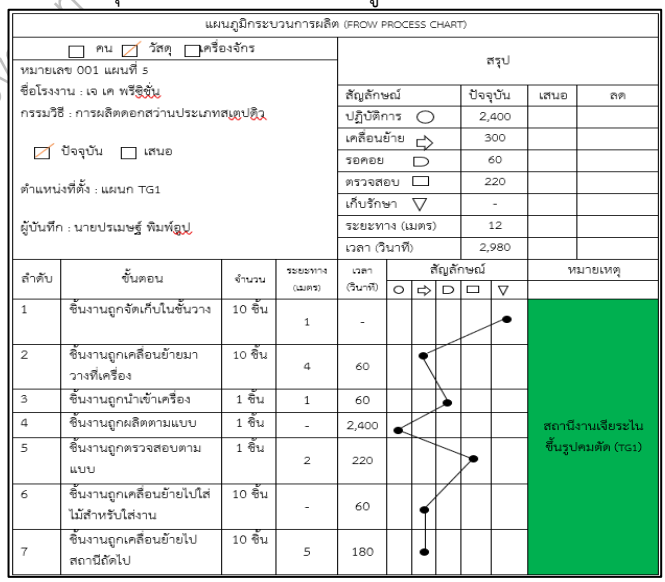
ในขั้นตอนนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตย้อนหลัง 5 เดือน เพื่อตรวจสอบสัดส่วนของข้อบกพร่องในกระบวนการเจียระไน โดยอาศัยหลักการพาเรโต 80:20 [3] ผลการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิพาเรโต (Paretp Chart) พบว่าปัญหาหลักที่มีสัดส่วนสูงที่สุดคือ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 79.00 ของงานทั้งหมด



ภาพที่ 6 แผนภูมิพาเรโตจำแนกข้อมูล

2.2 Measure Phase (การวัด)

ทำการศึกษากระบวนการเจียระไนตั้งแต่การเตรียมเครื่องจนถึงการตรวจสอบสุดท้าย โดยกำหนดตัวชี้วัดคุณภาพคือ งานเสีย เวลาในการผลิต และงานแก้ไข พร้อมเก็บข้อมูลจริงจากสายการผลิต ใช้ Check Sheet บันทึกงานแก้ไข และสุ่มตรวจซ้ำเพื่อยืนยันความถูกต้อง

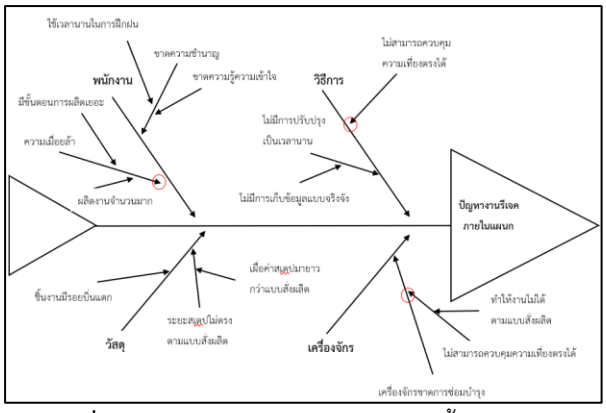


ภาพที่ 7 กระบวนการไหลการผลิตดอกสว่านสเตปดิว

2.3 Analyze Phase (การวิเคราะห์)

ใช้ผังสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นได้ทำ Process Mapping เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงในแต่ละจุดของสายการผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุหลักที่มีผลต่อคุณภาพ ได้แก่ ควบคุมความเที่ยงตรงไม่ได้ และการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก

FTI & RMUTP ... Sustainable Industry Innovation and Management (SIIMC)



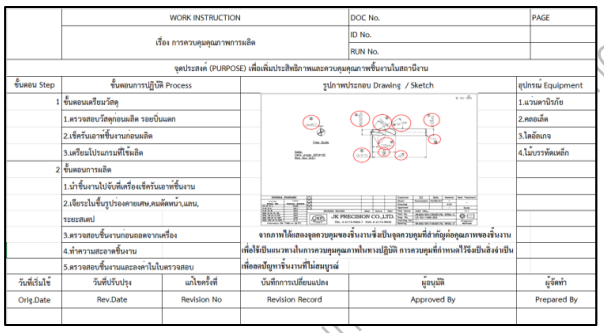
ภาพที่ 8 การวิเคราะห์ปัญหาคุณภาณของชิ้นงานดอกสว่านสเตปดิว

จากภาพที่ 8 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการผลิต พบว่าปัญหาหลักเกิดจาก 4 ปัจจัยหลัก พนักงาน วิธีการ วัสดุ เครื่องจักร ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้ส่งผลต่อกระบวนการผลิต

2.4 Improve Phase (การปรับปรุง)

จากการวิเคราะห์ได้กำหนดแนวทางปรับปรุงดังนี้

2.4.1 กำหนดมาตรฐานขั้นตอนการผลิตชิ้นงานสเตปดิวโดยกำหนดจุดตรวจสอบที่ต้องควบคุมให้ตรงตามแบบสั่งผลิต



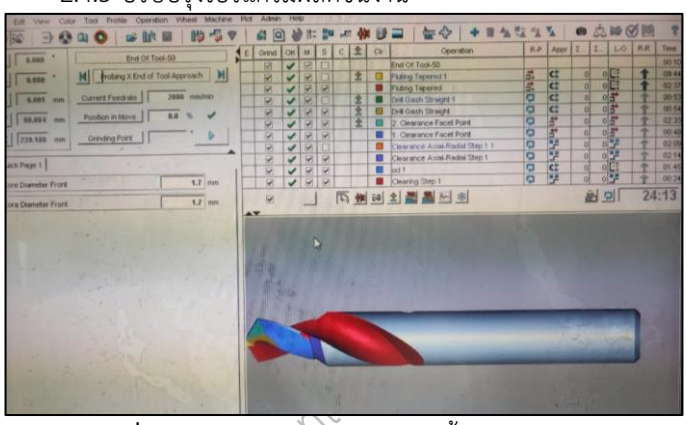
ภาพที่ 9 คู่มือในการปฏิบัติงาน

2.4.2 ปรับปรุงขั้นตอนเตรียมหินเจียระไน

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเตรียมหินเจียระไน

จากภาพที่ 10 การเลือกใช้หินที่เหมาะสมกับชิ้นงานและประเภทงาน หินที่ใช้เจียรไนร่องคายเศษคือหิน 1A1 D64 เส้นผ่านศูนย์กลาง 120 mm.

2.4.3 ปรับปรุงโปรแกรมผลิตชิ้นงาน



ภาพที่ 11 การปรับปรุงโปรแกรมผลิตชิ้นงาน

2.4.4 วิเคราะห์ผลกระบวนการเจียระไนหลังปรับปรุง

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ก่อนปรับปรุงการผลิตและควบคุมการเจียระไน	หลังปรับปรุงการผลิตและควบคุมการเจียระไน
จำนวนสั่งผลิต 50 ชิ้น	จำนวนสั่งผลิต 50 ชิ้น
จำนวนเวลาที่ใช้ผลิตเฉลี่ย 72.08 นาทีต่อชิ้น	จำนวนเวลาที่ใช้ผลิตเฉลี่ย 44.91 นาทีต่อชิ้น
จำนวนงานแก้ไข 28 ชิ้น	จำนวนงานแก้ไขจำนวน 4 ชิ้น
คิดเป็นร้อยละ 56	คิดเป็นร้อยละ 8

จากตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบการปรับปรุง

จากตารางที่ 1 การปรับปรุงการผลิตและควบคุมการเจียระไน โดยสรุปได้ว่า จำนวนการสั่งผลิตเท่ากันคือ 50 ชิ้น เวลาผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นลดลงจาก 72.08 นาที เหลือเพียง 44.91 นาที งานแก้ไขลดลงจาก 28 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 56 เหลือเพียง 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8

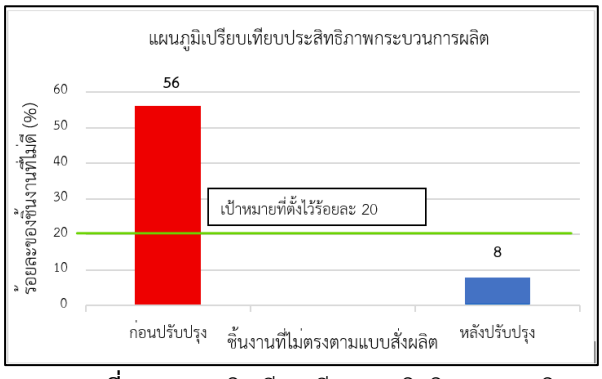
3. ผลการวิจัย (Results)

ผลลัพธ์จากการดำเนินโครงการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตดอกสว่านชนิดสเตปดิวและแนวทางปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตสภาพปัจจุบัน

ขั้นตอนการผลิตดอกสว่านสเตปดิวในสถานีงานเจียระไนคมตัดหลังปรับปรุงเวลาในการผลิตลดลง 1,630 วินาที และงานที่ถูกกลับมาแก้ไขลดลงเหลือร้อยละ 4

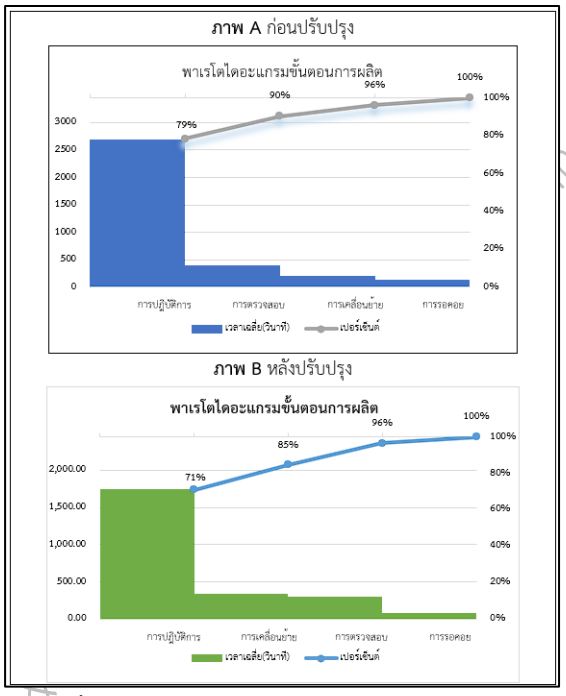
3.2 ผลการกำหนดเป้าหมาย



ภาพที่ 12 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต

จากภาพ 12 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการเจียระไนคมตัดก่อนและหลังปรับปรุงโดยวัดจากร้อยละของชิ้นงานที่ไม่ดี ก่อนการปรับปรุงกระบวนการมีชิ้นงานที่ไม่ดีถึง ร้อยละ 56 อย่างไรก็ตาม หลังการปรับปรุงชิ้นงานที่ไม่ดีลดลงเหลือร้อยละ 8 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 20 แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของโครงการในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

3.3 ผลการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

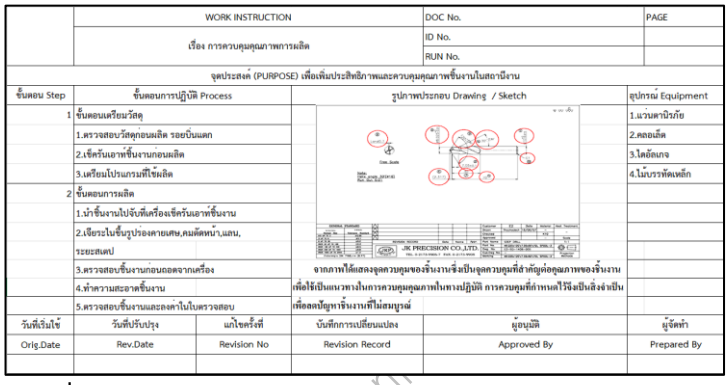


ภาพที่ 13 ผลเปรียบเทียบคุณภาพด้วยแผนภูมิพาเรโต

จากภาพที่ 13 แสดงให้เห็นผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ก่อนปรับปรุงพบว่า ปัญหาเรื่องเวลาที่ใช้ผลิตในขั้นตอนปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ 79 ของเวลาทั้งหมด เมื่อดำเนินการปรับปรุงตามหลัก ECRS แล้วปัญหาเรื่องเวลาการผลิตลดลง คิดเป็นร้อยละ 71

3.5 ผลการปรับปรุงกระบวนการ

กำหนดมาตรฐานขั้นตอนการเจียระไนปรับปรุงขั้นตอนการเจียระไน



ภาพที่ 14 คู่มือการทำงาน (Work Instructions) ในสถานีเจียระไน CNC

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นถึงคู่มือการทำงาน (WI : Work Instructions) ที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในสถานีงานเจียระไน CNC โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อความสม่ำเสมอในการปฏิบัติงาน และลดความแปรปวนที่เกิดจากพฤติกรรมของพนักงานแต่ละคนคู่มือนี้กำหนดลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน

4. อภิปรายผล (Discussion)

การปรับปรุงกระบวนการเจียระไนดอกสว่านสเตปดิวโดยใช้หลักการ ECRS [4] ช่วยให้สามารถระบุปัญหาหลักและแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้แผนภูมิพาเรโต [5] ช่วยชี้ให้เห็นว่าปัญหาองศาสเตป ± เกินเกณฑ์เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบสูงสุด ขณะที่ผังก้างปลา [6] และการทำ Process Mapping [7] แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุ เช่นการควบคุมความเที่ยงตรงไม่ได้และการใช้เครื่องจักรซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพ ผลการทดลองหลังปรับปรุงพบว่าอัตราของงานแก้ไขลดลงจากร้อยละ 56 เหลือร้อยละ 8 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้

5. สรุปผล (Conclusion)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการนำหลักการ ECRS [8] มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการเจียระไนคมตัด สามารถลดอัตราของงานแก้ไขจากร้อยละ 56 เหลือเพียงร้อยละ 8 และเวลาที่ใช้ผลิตเฉลี่ยจาก 72.08 นาทีต่อชิ้น เหลือเพียง 44.91 นาทีต่อชิ้น ทำให้คุณภาพการผลิตชิ้นงานสเตปดิวตรงตามแบบสั่งผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังลดต้นทุน [9] การแก้ไขงาน และยังสามารถนำแนวทางไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆต่อไป

FTI Innovation and Management (Con

1) การศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์

ศึกษาแบบผลิตงาน วัสดุ สมบัติเชิงกล และเครื่องมือตรวจสอบ วัสดุหลักที่ใช้คือ Tungsten Carbide เกรด K10

2) กระบวนการผลิต

ขั้นตอนหลักรวมถึงการเตรียมวัสดุ ตัด เจียระไนและตรวจสอบ การวิเคราะห์เวลามาตรฐานแสดงให้เห็นว่าสถานี TG1 ใช้เวลามากที่สุด (72.08 นาทีต่อชิ้น)

3) การวิเคราะห์ปัญหา

ปัญหาหลักเกิดจากความไม่แม่นยำของเครื่องจักรและวิธีการผลิต ใช้ Pareto Diagram แสดงว่าปัญหา 80% มาจากการดำเนินการในสถานีงาน

4) การปรับปรุง

ใช้หลัก ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ปรับปรุงโปรแกรมและขั้นตอนเจียระไนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

5) ผลลัพธ์การปรับปรุง

ลดเวลาผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นลดลงจาก 72.08 นาที เหลือเพียง 44.91 นาที คิดเป็นร้อยละ 37.69 เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 30 และลดงานกลับมาแก้ไข (Rework) ได้จาก ร้อยละ 56 เหลือ ร้อยละ 8 เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 20

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัทเจเค พรีซิชั่น จำกัด และโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ตลอดทั้งผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าฝ่ายการผลิต อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ช่วยให้คำปรึกษาที่ช่วยสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยโครงการนี้ตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สวนีย์ ต. การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการควบคุมคุณภาพ: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2563.

[2] เรืองรวี ส. การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ ECRS: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์จากไม้ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2566.

[3] ธัญลักษณ์ โ. การใช้แผนภูมิพาเรโตสำหรับการควบคุมคุณภาพในโรงงานอุตสาหกรรม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2558.

[4] สรณ์ศิริ ร. การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตสมอลล์เอิร์ธลีคเบรกเกอร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.

[5] กิตติชัย อ. การปรับปรุงและลดเวลาความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตเป็ด: กรณีศึกษากิจการสุรถฟาร์ม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2560.

[6] สวัสดิ์ บ. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเตรียมสินค้าประเภทรถยนต์จากลานจัดเก็บเพื่อส่งมอบลูกค้า: กรณีศึกษาผู้ประกอบการธุรกิจลานจัดเก็บรถยนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2566.

[7] เกษรานุช ช. การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน: กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนผลิตน้ำตาลสด [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2565.

[8] ลัดดาวัลย์ น. การประยุกต์ใช้หลักการ ECRS กับบริษัทขนส่งระบบมิลค์รัน: กรณีศึกษาบริษัท ABC Transport จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559.

[9] เลอศักดิ์ ด. การลดต้นทุนคุณภาพ: กรณีศึกษาโรงงานผู้ผลิตขวดแก้ว [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ทังสเตนคาร์ไบด์: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สเต็ปดริลล์ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.27 มิลลิเมตร

Improving Productivity in Tungsten Carbide Cutting Tool Manufacturing : A Case Study of Step Drill Products with a Diameter of 7.27 Millimeters

ก้องเพชร คูรัมย์[1*], ธีรวุฒิ ทองประโคน[1] , ชานนท์ มูลวรรณ[1] ,วีรญา กรทิพย์[1] , ยรรยง ศรีสม[1]
สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] และ จตุรงค์ พิศุทธ์สินธุ์[3]
Kongphet Khuram[1*], Theerawut Thongprakhon[1], Chanon Moolwan[1], Weeraya Kornthip [1],
Yanyong Srisom[1], Saharath Wongsrisa[2] and Jaturong Pisutsin[3]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
[3] ประธานกรรมการบริหาร บริษัท ท็อปเทค ไดมอนด์ ทูลส์ จำกัด

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand
[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand
[3] Chairman of the Executive Board, Toptech Diamond Tools Co., Ltd.
[*]Corresponding author: Kongphet Khuram, e-mail address: Kongphet098@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตสเต็ปดริลล์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.27 มิลลิเมตร ในสภาพการผลิตเดิมล่าช้าเกิดจากการเจียระไนผิวหยาบขึ้นรูปแล้วมาเจียระไนเก็บผิวละเอียด การแก้ไขใช้หลักการ ECRS โดยการนำเครื่องจักรซีเอ็นซี โรลโล เมติก ซึ่งเจียระไนผิวหยาบและเก็บผิวละเอียดในกระบวนการเดียวกัน ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.34 แสดงเห็นว่า เวลาการผลิตลดลงจาก 26.31 นาที เหลือเพียง 20.17 นาที ลดลง 6.14 นาทีต่อชิ้น
คำสำคัญ: ดอกสว่านขั้นบันได ; ทังสเตนคาร์ไบด์ ; ECRS ; ซีเอ็นซี ; การปรับปรุงกระบวนการผลิต

Abstract: This project aims to improve the manufacturing process of tungsten carbide cutting tools, specifically step drills with a diameter of 7.27 millimeters. In the original production setup, delays were caused by the separate processes of rough surface grinding for shaping followed by fine surface grinding for finishing. To address this issue, the ECRS principle (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) was applied by employing a CNC Rollomatic machine, which performs both rough grinding and fine finishing in a single operation. This change increased production efficiency by 23.34%. As a result, production time per piece was reduced from 26.31 minutes to just 20.17 minutes, a decrease of 6.14 minutes.
Keywords: Step drill ; Tungsten carbide ; ECRS ; CNC ; Process improvement

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตดอกสว่านสเต็ปดริลล์ทังสเตนคาร์ไบด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.27 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ความยาวคมตัด 24 มิลลิเมตร โดยทำการเก็บข้อมูลการผลิตตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 25 ธันวาคม 2567 รวมจำนวน 2,982 ชิ้น จากคำสั่งซื้อ 119 ครั้ง พบว่ากระบวนการเดิมมีความซ้ำซ้อน ทั้งในขั้นตอนการเจียระไนหยาบและละเอียด การตั้งเครื่อง และการตรวจสอบ ส่งผลให้สิ้นเปลืองเวลาเฉลี่ย 26.17 นาทีต่อชิ้น และเพิ่มความเสี่ยงต่อความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน

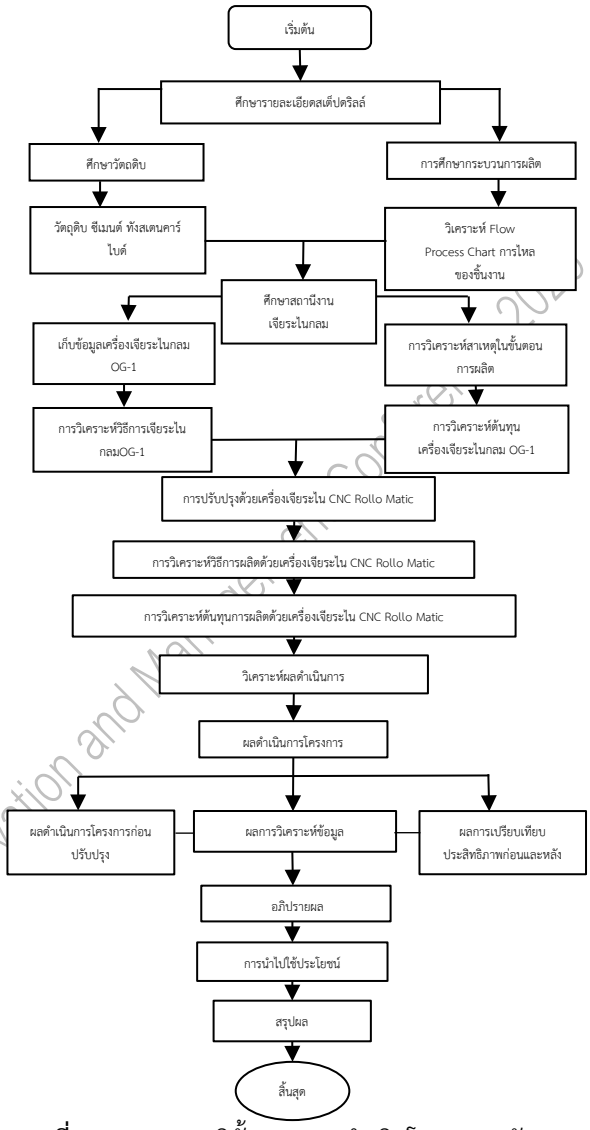
การปรับปรุงกระบวนการได้ดำเนินการโดยการตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น รวมขั้นตอนเจียระไนหยาบและละเอียด การจัดลำดับการทำงานใหม่ และการทำให้กระบวนการจับยึดและควบคุม CNC ง่ายขึ้น ผลลัพธ์พบว่าการผลิตมีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 23.34 ลดเวลาในแต่ละรอบการผลิต ลดต้นทุนต่อชิ้น เพิ่มคุณภาพผิวงานและความแม่นยำเชิงมิติให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม [1]

ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของภาวิณี อาจปรุ และสุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน พบว่ากระบวนการผลิตเบรกเกอร์มีขั้นตอนซ้ำซ้อนและเสียเวลา ทำให้ NVA สูงถึง 41% และใช้เวลาเฉลี่ย 51.41 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงตามหลัก ECRS ลด NVA เหลือ 28% รอบเวลาลดเหลือ 41.97 วินาทีต่อชิ้น ผลผลิตต่อคนและประสิทธิภาพรวมเพิ่มขึ้น พร้อมลดจำนวนสถานีงานลงประมาณ 20% [2]

ภาพที่ 1 สเต็ปดริลล์ทังสเตนคาร์ไบด์ขนาด 7.27 มิลลิเมตร [1]

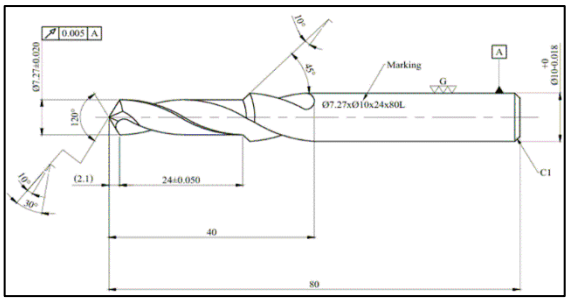
จากภาพที่ 1 ภาพดอกสว่านสเต็ปดริลล์ทังสเตนคาร์ไบด์ ถูกออกแบบให้สามารถเจาะรู 2 ขนาดในขั้นตอนเดียว ช่วยลดเวลาและขั้นตอนการทำงาน

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 2 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินโครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างเป็น ระบบ ตั้งแต่การศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต [1]

2.1 การศึกษารายละเอียดสเต็ปดริลล์



ภาพที่ 3 แบบสั่งผลิตสเต็ปดริลล์ทังสเตนคาร์ไบด์ขนาด 7.27 มิลลิเมตร [1]

ข้อมูลภาพที่ 3 สเต็ปดริลล์เจาะนำร่อง Ø7.27 mm ก่อน

ขยายเป็น Ø10 mm ช่วยลดเวลาและขั้นตอนการทำงาน

2.2 ข้อมูลวัตถุดิบ

วัตถุดิบ ทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide) K10 วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตสเต็ปดริลล์ คือ ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide) เกรด K10 โดยมีการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกล เช่น

ความแข็ง 91.0 HRA หรือ 1610 HV เหมาะกับงานที่ต้องการความทนต่อการสึกหรอ

ความหนาแน่น 14.5 g/cm³ บ่งบอกถึงความแข็งแรงของวัสดุ

แรงดึงขวาง 3.4 GPa และแรงอัด 5.9 GPa แสดงถึงความแข็งแรงและทนทานต่อการแตกร้าว

ความเหนียวต้านการแตกหัก 13 MPa·m½ ต้านทานการแตกร้าวได้ดี

โมดูลัสยืดหยุ่น 580 GPa มีความแข็งแกร่งต่อการเสียรูป

การนำความร้อน 75 W/(m·K) กระจายความร้อนได้ดี ลดความเสียหายขณะเจียระไน

ขนาดเกรน 0.5 – 1.5 µm เกรนละเอียดช่วยเพิ่มความแข็งและความทนทาน

องค์ประกอบทางเคมี WC 90%, Co 10% โครงสร้างเป็นทังสเตนคาร์ไบด์ผสมโคบอลต์ [4]

โดยสรุป วัตถุดิบ ทังสเตนคาร์ไบด์ K10 มีสมบัติที่เด่นด้านความแข็ง ทนการสึกหรอ และความแม่นยำสูง เหมาะสมกับการผลิต เครื่องมือตัด (Cutting Tools) โดยเฉพาะ สเต็ปดริลล์ขนาด 7.27 มม.

2.3 การศึกษากระบวนการผลิตกระบวนการผลิต Step Drill

จากข้อมูลที่ทำการศึกษาโครงการพบว่า ทำการผลิต Step Drill ขนาด 7.27 มม. แบบเดิมใช้กระบวนการที่ซับซ้อนและหลายขั้นตอน ต้องใช้เครื่องจักร 2 เครื่อง ทำให้เสียเวลาในการปรับตั้งหลายรอบ ผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น โดยนำเครื่องซีเอ็นซี โรลโลเมติก เป็นการรวมเจียรหยาบและเจียรละเอียดเข้าด้วยกัน มาแทนเครื่องเจียระไนกลม (Cylindrical Grinding Machine) ในการแก้ไขใช้ (Flow Process Chart) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนภูมิกระบวนการผลิตขั้นตอนการเจียร (หลังปรับปรุง)

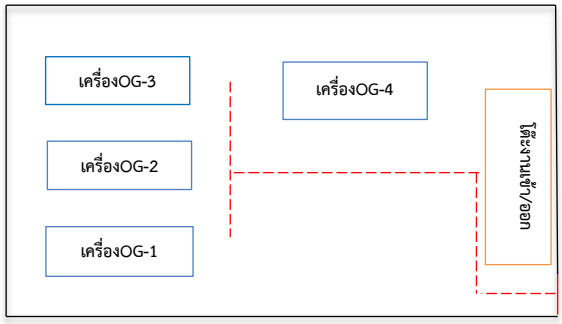
แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต Flow Process Chart									
☐ คน ☐ วัสดุ ☑ เครื่องจักร	สรุป								
รหัสสินค้า 01-***-18689 กรรมวิธี : Step Drills Carbide ☑ ปัจจุบัน ☐ เสนอ ตำแหน่งที่ตั้ง : TTD ผู้บันทึก : นาย ธีรวุฒิ ทองประโคน ผู้อนุมัติ :	สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง					
	ปฏิบัติการ	14	3	11					
	เคลื่อนย้าย	7	5	2					
	การรอคอย	16	4	12					
	ตรวจสอบ	8	1	7					
	การเก็บรักษา	-	-	-					
	ระยะทาง (เมตร)	13	8	5					
	เวลา (วินาที)	1,482	1,146	336					
ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
1.ชิ้นงานวางอยู่บนโต๊ะ	20	-	60						
2.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายมาเครื่อง CNC Rollo Matic	20	4	8						
3.ชิ้นงานรอคอยอ่านแบบ	1		27						
4.ชิ้นงานถูกถอดออกจากหลอดใส่ชิ้นงาน	1		6						
5.ชิ้นงานรอคอยปรับตั้ง	1		301						
6.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายเข้าเครื่อง	1	20	42						
7.ชิ้นงานถูกจับให้แน่น	1		25						สถานีงาน CNC Rollo Matic
8.ชิ้นงานถูกเจียระไนลดขนาด	1	2	588						
9.ชิ้นงานถูกเป่าทำความสะอาด	1		6						
10.ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยไมโครมิเตอร์ค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร			55						
11.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายเข้าหลอดใส่ชิ้นงาน	1		5						
12.ชิ้นงานรอคอยเขียนค่ารายละเอียดในขั้นตอนการทำงาน	1		12						
13.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายมาวางบนโต๊ะ	20	4	15						
รวม	20	8	1150						

จากข้อมูลตารางที่ 1 แสดงถึงกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) สถานีงาน CNC Rollo Matic ที่ทำการ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ปรับปรุง จากเครื่อง (Manual) เจียระไนกลม (Cylindrical Grinding Machine) [1] [3]

2.4 การศึกษาสถานีงานเจียระไนกลม



ภาพที่ 4 แผนผังสถานีเจียระไนกลม [1]

จากข้อมูลภาพที่ 4 เป็นผังเฉพาะสถานีเจียระไนกลมที่จัดวางเครื่องจักรตามแผนผังดังกล่าว สถานีงานมีเครื่องเจียระไนกลมที่ใช้ในการผลิตสเต็ปดริลล์ มี 4 เครื่องดังนี้

1) OG-1 เจียระไนกลมผิวหยาบและละเอียด
2) OG-2 เจียระไนกลมผิวละเอียดคาร์ไบด์
3) OG-3 เจียระไนกลมผิวหยาบคาร์ไบด์
4) OG-4 เจียระไนกลมผิวหยาบ PCD

จะเห็นได้ว่ามีการผลิตโดยใช้เครื่องจักร 2 เครื่องต่อ 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนที่ 1 เป็นการเจียระไนกลมผิวหยาบ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเจียระไนกลมผิวละเอียด ซึ่งผลที่ตามมาคือ ทำการผลิตในส่วนของขั้นตอนที่ 1 ทำให้ขั้นตอนที่สองเกิดการรอคอยทำให้ระยะเวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น จึงได้นำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงและพัฒนาในส่วนของขั้นตอนการเจียระไนกลมผิวหยาบ

2.5 การปรับปรุงด้วยเครื่องเจียระไน CNC Rollo Matic

อ้างอิงภาพ www.rollomaticsa.com

ภาพที่ 5 เครื่อง CNC Rollo Matic ShapeSmart NP30

การรวมการเจียระไนหยาบและละเอียดเข้าด้วยกันด้วยเครื่อง CNC Rollo Matic เป็นกลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเจียระไนที่เป็นที่ยอมรับ [5]

แบบบูรณาการในกระบวนการผลิต ซึ่งช่วยลดเวลาในการเจียระไนผิวสำเร็จและลดแรงงานคนในการเจียระไน

2.6 ผลดำเนินการโครงการ

ก่อนปรับปรุงการผลิตสเต็ปดริลล์ทังสเตนคาร์ไบด์ 7.27 มม. ใช้เวลา 78 นาทีต่อชิ้น ต้นทุนสูง และมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดสูง หลังปรับปรุงด้วย CNC Rollo Matic การแก้ไขใช้หลักการ ECRS เวลาผลิตลดเหลือ 69 นาทีต่อชิ้น คุณภาพดีขึ้น ขั้นตอนการผลิตลดลง และต้นทุนลดลง ทำให้องค์กรมีประสิทธิภาพและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

2.7 การอภิปรายผล

การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วย CNC Rollo Matic ShapeSmart NP30 ร่วมกับหลักการ ECRS ช่วยลดเวลาเฉลี่ย 25–30% ต้นทุนรวมลด 15–20% พร้อมยกระดับคุณภาพชิ้นงานตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ผลการศึกษาชี้ชัดว่าเทคโนโลยีและการจัดการเชิงวิศวกรรม มีบทบาทสำคัญต่อการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต สร้างมูลค่าเพิ่ม และเสริมความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน

2.8 การนำไปใช้ประโยชน์

การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการ ECRS ร่วมกับเทคโนโลยี CNC ลดขั้นตอนซ้ำซ้อน เพิ่มความต่อเนื่อง และยกระดับประสิทธิภาพทั้งเวลา ต้นทุน คุณภาพ และความปลอดภัย ผลลัพธ์ช่วยเพิ่มความสามารถแข่งขัน ลดความสูญเสีย สร้างมาตรฐานยั่งยืน และส่งเสริมนวัตกรรมพร้อมความพึงพอใจของลูกค้า

2.9 การสรุปผล

ก่อนปรับปรุง: เนื่องจากเกิดความล่าช้าในกระบวนการเจียระไนกลมใช้เวลานาน 78 นาทีต่อชิ้น เพราะต้องใช้แรงงานและเครื่องจักร 2 เครื่อง พนักงาน 2 คนทำสถานีงานนี้ จึงส่งผลให้กำลังการผลิตต่ำ ต้นทุนสูง และมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดสูง

หลังปรับปรุง: โดยนำเครื่องจักร CNC Rollo Matic ShapeSmart NP30 ซึ่งเจียระไนผิวหยาบและเก็บผิวละเอียดในกระบวนการเดียวกัน ใช้หลักการ ECRS ลดเวลาเฉลี่ยเหลือประมาณ 69 นาทีต่อชิ้น เป็นการลดขั้นตอนการผลิตและลดต้นทุนประมาณ 15–20% พร้อมยกระดับคุณภาพชิ้นงานให้ตรงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

FTI WAIS Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ผลลัพธ์โดยรวม: เพิ่มความต่อเนื่องลดความสูญเสีย ปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งเวลา ต้นทุน คุณภาพ ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม สร้างความพึงพอใจลูกค้าและช่วยให้องค์กรมีความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน

3. ผลการวิจัย (Results)

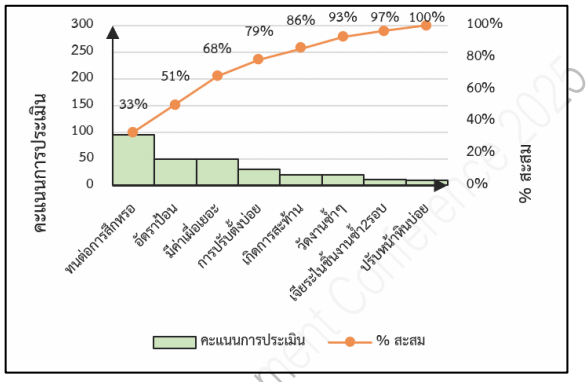
การวิเคราะห์ขั้นตอนงานย่อยของกระบวนการเจียระไนชิ้นงานโดยใช้ หลักการ ECRS พบว่าสามารถปรับปรุงขั้นตอนที่ 2, 14, 16, 23 และ 13, 15 โดยการเปลี่ยนกระบวนการผลิตและนำเครื่อง CNC Rollo Matic มาใช้ ซึ่งสามารถเจียระไนขึ้นรูปชิ้นงานหยาบและละเอียดได้ในเครื่องเดียว ส่งผลให้: ลดสถานีงานจาก 2 เครื่องให้เหลือ 1 เครื่อง ลดเวลาการผลิตต่อชิ้นจาก 24.7 นาที (เครื่อง Cylindrical Grinding 2 เครื่อง) เหลือ 19.1 นาที ทำให้ลดเวลา 5.6 นาทีต่อชิ้นจากการ Eliminate และ Combine ขั้นตอนซ้ำซ้อนกระบวนการผลิตง่ายขึ้น (Simplify) ไม่ต้องสลับเครื่องจักรเครื่องจักรเดิมยังสามารถรองรับงานประเภทอื่นได้สรุปคือ การปรับปรุงช่วยลดเวลาเพิ่มประสิทธิภาพและลดความซับซ้อนของกระบวนการ โดยไม่กระทบงานอื่นของเครื่องจักรเดิม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ขั้นตอนงานย่อยของกระบวนการ Machine ด้วยหลักการ ECRS [2] [7]

ลำดับ	ขั้นตอน	เวลา (วินาที)	แนวทางปรับปรุง E	C	R	S	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานวางอยู่บนโต๊ะ	60	-	-	-	-	
2	ชิ้นงานรอคอยอ่านแบบ	20	-	-	-	-	
3	ชิ้นงานถูกถอดจากหลอดใส่ชิ้นงาน	5	-	-	-	-	
4	ชิ้นงานถูกทำความสะอาดด้วยทินซู่	5	-	-	-	-	
5	ชิ้นงานถูกตรวจสอบขนาด	10	-	-	-	-	
6	ชิ้นงานรอคอย ปรับตั้ง	60	-	-	-	-	
7	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายเข้าเครื่อง	10	-	-	-	-	
8	ชิ้นงานถูกจับให้แน่นคอเล็ต	52	-	-	-	-	
9	ชิ้นงานรอคอย เปิดสวิตช์เครื่อง	5	-	-	-	-	
10	ชิ้นงานรอคอยจับไดอัลเกจมาตรวจ	5	-	-	-	-	
11	ชิ้นงานถูกตรวจสอบค่าร่วมศูนย์	43	-	-	-	-	
12	ชิ้นงานรอคอยจับไดอัลเกจวางที่เดิม	5	-	-	-	-	
13	ชิ้นงานถูกเจียระไนกลมละเอียด สเต็ปที่ 1 เปิดผิว	20	●	●	●	●	สามารถปรับปรุงได้
14	ชิ้นงานถูกตรวจสอบครั้งที่ 1	20	-	-	-	-	
15	ชิ้นงานถูกเจียระไนกลมผิวละเอียด สเต็ปที่ 1 ครั้งที่ 2 เจียรคุมค่า	370	●	●	●	●	สามารถปรับปรุงได้
16	ชิ้นงานถูกตรวจสอบครั้งที่ 2	20	-	-	-	-	
17	ถอดชิ้นงานจากคอเล็ต	11	-	-	-	-	
18	ชิ้นงานรอคอย ปิดสวิตช์เครื่อง	5	-	-	-	-	
19	ชิ้นงานถูกเป่าทำความสะอาด	6	-	-	-	-	
20	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายใส่หลอด	8	-	-	-	-	
21	ชิ้นงานรอคอย เขียนค่ารายละเอียด	10	-	-	-	-	
22	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายมาวางบนโต๊ะ	20	-	-	-	-	
รวม		770					

จากข้อมูลตารางที่ 2 เป็นการปรับปรุงขั้นตอนที่ 13 ชิ้นงานถูกเจียระไนเปิดผิวหยาบสเต็ปที่ 1 แล้วทำการเจียระไนต่อเนื่องโดยเก็บละเอียดตาม ในขั้นตอนที่ 15 เจียรค่าตามแบบสั่งผลิต

3.1 ความสำคัญของสาเหตุ (Pareto Chart)



ภาพที่ 6 ความสำคัญของสาเหตุ (Pareto Chart)

พบว่าปัจจัยทั้งหมดที่คาดว่าจะทำให้ใช้เวลาการผลิตนานมี สาเหตุต่างๆได้แก่ ทนต่อการสึกหรอได้ดี อัตราป้อนที่ไม่คงที่มีค่าเผื่อที่เยอะ และ การปรับตั้งที่บ่อย จึงต้องมีการแก้ไข เพราะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ใช้เวลาการผลิตนาน ซึ่งปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยนี้

3.2 ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง

ตารางที่ 3 แสดงต้นทุนวัตถุดิบทางตรง

วัตถุดิบทางตรง	จำนวน (ชิ้น)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวนที่ใช้ต่อปี (ชิ้น)	รวมต้นทุน (บาท)
หินเพชร	2	17,000	2	34,000

จากตารางที่ 3 เป็นการแสดงข้อมูลวัตถุดิบทางตรงของเครื่องเจียระไนกลม OG ที่มีการเปลี่ยนหินเพชรเนื่องจากการสึกหรอในการใช้งานจำนวนมาก

3.3 ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุง

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\,(\text{จำนวนสถานี})} \times 100$$

$$= \frac{(77.17)}{(20.17)\,(5)} \times 100$$

$$= 76.51\%$$

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

4. การอภิปรายผล (Discussion)

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหม้อหุงข้าวรุ่น 919 โดยการปรับปรุงวิธีการทำงานและการจัดสมดุลสายการผลิต พบว่าการปรับตำแหน่งอุปกรณ์ ปรับปรุงวิธีการทำงาน จัดทำเอกสารมาตรฐาน และอบรมพนักงาน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ลดลงเหลือ 18.11 วินาทีต่อใบ ลดลง 25.25% ความไม่สมดุลของสายการผลิต (Balance Delay) ลดลงจาก 38.92% เหลือ 23.88% คิดเป็นการลดลง 15.04% ส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มจาก 1,099 ใบ/วัน เป็น 1,471 ใบ/วัน ตรงตามเป้าหมาย 1,400–1,500 ใบ/วัน [6] แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงกระบวนการและสมดุลสายการผลิตช่วยเพิ่มกำลังการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญในทำนองเดียวกัน การปรับปรุงกระบวนการผลิต Step Drill Ø7.27 mm โดยเปลี่ยนจากเครื่องเจียระไนกลมแบบแมนนวล 2 เครื่อง มาใช้เครื่อง CNC Rollo Matic สามารถลดเวลาเฉลี่ยต่อชิ้นจาก 1,483 วินาที เหลือ 1,150 วินาที (ลดลง 22.45%) เพิ่มอัตราการผลิตจาก 19.03 ชิ้น/วัน เป็น 22.80 ชิ้น/วัน (เพิ่มขึ้น 20%) และลดต้นทุนแรงงานจาก 21.01 บาท เหลือ 17.54 บาท/ชิ้น (ลดลง 16.51%) แสดงให้เห็นว่า การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและการรวมขั้นตอนการทำงานในเครื่องเดียวสามารถเพิ่มผลิตภาพ ลดต้นทุน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้อย่างชัดเจน

5. การสรุปผล (Conclusion)

การปรับปรุงกระบวนการผลิตสเต็ปดริลล์ทังสเตนคาร์ไบด์ ขนาด 7.27 มิลลิเมตร ด้วยหลักการ ECRS และเครื่อง CNC ROLLOMATIC ShapeSmart NP3 ทำให้เวลาผลิตต่อชิ้นลดลงจาก 26.31 นาที เหลือ 20.17 นาที (ลดลงร้อยละ 23.34) ต้นทุนรวมลดลงร้อยละ 15–20 คุณภาพชิ้นงานได้มาตรฐานสากล แสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้งด้านเวลา ต้นทุน และคุณภาพผลลัพธ์ที่ได้ช่วยเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของธุรกิจ เป็นกรณีศึกษาเชิงวิชาการด้านการเพิ่มผลิตภาพและสามารถต่อยอดสู่ภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง ด้านเครื่องมือตัดและอุปกรณ์การแพทย์

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตคณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการ และขอขอบคุณ บริษัท ท็อปเทค ไดมอนด์ ทูลส์ จำกัดทั้งหัวหน้างาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการ เก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นฤนาท เรืองศรี. ผู้จัดการฝ่ายผลิต บริษัท ท็อปเทค ไดมอนด์ ทูลส์ จำกัด; 2568.

[2] ภาวิณี อาจปรุ. และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. ลดความสูญเปล่าในสายการผลิตผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์; 2551.

[3] วันชัย วิจิรวณิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2550.

[4] Armstrong, R. W. (2011).The hardness and strength properties of WC-Co composites.Materials, 4 (7),12871308.https://doi.org/10.3390/ma4071287

[5] สุกิจ บุญมี. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี CNC เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมแทนเครื่องแมนนวล (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงเทพ). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงเทพ; 2566.

[6] สุพัฒตรา เกษราพงศ์. การเพิ่มอัตราการผลิตในสายการผลิตหม้อหุงข้าวโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับปรุงวิธีการทำงานและจัดสมดุลสายการผลิต (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมอุตสาหการ). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี; 2551.

[7] สฤษดิ์ โตโพธิ์กลาง. การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการผลเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์) มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การออกแบบระบบค้นหาเส้นทางอัตโนมัติในสภาพแวดล้อมเขาวงกตด้วยเครือข่ายประสาทเชิงลึกแบบ Q-Network (DQN)

Design of an Autonomous Pathfinding System in a Maze Environment Using Deep Q-Network (DQN)

อิมรอน ยามาดี[1], จีระ อาชวพรวิทูร[1*] และ สมพร เตียเจริญ[1]

Imron Yamadee[1], Jeera Archawapornwitoon[1] and Somporn Tiacharoen[1]

[1] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[1] Applied Electronics Engineering, Master's Degree College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

*Corresponding Author: Jeera Archawapornwitoon, e-mail address: jeera.a@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาอัลกอริทึม Deep Q-Network (DQN) เพื่อแก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางเหมาะสมในเขาวงกตแบบสองมิติที่มีอุปสรรคและข้อจำกัดของทางเดินที่ถูกจำลองเป็นตาราง โดยกำหนดรางวัลในแต่ละตำแหน่งเพื่อให้ agent เรียนรู้และประมาณค่าฟังก์ชัน Q-value ผ่านเครือข่ายประสาทเทียม DQN ปรับปรุงนโยบายการเคลื่อนที่ให้นำไปสู่จุดหมายที่ได้รางวัลสูงสุด พร้อมลดเวลารวมและทรัพยากรที่ใช้ ผลการทดลองยืนยันว่า agent สามารถเรียนรู้เส้นทางที่เหมาะสมและหลีกเลี่ยงอุปสรรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมแสดงเส้นทางผ่านภาพกราฟิก งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ DQN ในการวางแผนเส้นทางในสภาพแวดล้อมซับซ้อนที่สามารถประยุกต์ได้ในระบบนำทางและการจัดการทรัพยากร

คำสำคัญ: ดีคิวเอ็น; การเรียนรู้เสริมกำลังเชิงลึก; ปัญหาเขาวงกต; การค้นหาเส้นทาง; การวางแผนการเดินทาง

Abstract: This research focuses on developing a Deep Q-Network (DQN) algorithm to solve the pathfinding problem in a two-dimensional maze environment with obstacles and constraints. The environment is modeled as a grid with rewards assigned to each position, enabling an agent to learn and estimate Q-values of actions through a neural network. The DQN algorithm improves the policy to guide the agent towards high-reward destinations while minimizing time and resources spent. Experimental results show that the agent effectively learns optimal paths and avoids obstacles, with clear graphical visualization of the learned paths. This work demonstrates the potential of DQN in planning routes in complex constrained environments, applicable to robotics, navigation systems, and resource management.

Keywords: Deep Q-Network; deep reinforcement learning; maze problem; pathfinding; route planning

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

การค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน เช่น เขาวงกต เป็นปัญหาหลักในหลายสาขาวิชา ตั้งแต่วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรม จนถึงปัญญาประดิษฐ์และระบบอัตโนมัติ เนื่องจากมีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การวางแผนเส้นทางของหุ่นยนต์ ระบบนำทางในยานยนต์ การจัดเส้นทางข้อมูลในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และการจัดสรรทรัพยากรในระบบที่มีข้อจำกัด การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดจึงเป็นเรื่องท้าทาย โดยเฉพาะเมื่อมีอุปสรรค ทางตัน หรือทางเดินที่ซับซ้อน อัลกอริทึมดั้งเดิม เช่น Dijkstra's Algorithm อาจทำงานได้ดีในกราฟที่กำหนดชัดเจน แต่ไม่สามารถจัดการกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงหรือข้อมูลไม่สมบูรณ์ได้ดีนัก

Deep Q-Network (DQN) ได้รับความสนใจอย่างมากในปัญหาดังกล่าว เนื่องจากเป็นเทคนิค reinforcement learning ที่พัฒนาต่อยอดจาก Q-learning โดยใช้ deep neural network เป็นตัวประมาณฟังก์ชัน Q-function ทำให้สามารถจัดการกับ state space ขนาดใหญ่หรือ continuous state space ได้ ตัวแทน (agent) สามารถเรียนรู้ที่จะตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดผ่านการลองผิดลองถูก โดย neural network ประเมินค่าของแต่ละ action ในแต่ละ state และช่วยให้การวางแผนในสภาพแวดล้อมซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Q-learning เป็นอัลกอริทึม reinforcement learning ประเภท value-based ซึ่งมุ่งเน้นการประมาณค่ารางวัลระยะยาวผ่าน Q-table โดยใช้สมการอัปเดต Q-learning ตัวแทนเลือกการกระทำโดยวิธี epsilon-greedy ซึ่งสมดุลระหว่างการทดลองและการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่า Q-learning สามารถแก้ปัญหาเขาวงกตในสภาพแวดล้อมไม่แน่นอนได้ แม้ไม่ต้องมีแบบจำลองล่วงหน้า ต่างจากอัลกอริทึมดั้งเดิมที่ต้องการข้อมูลครบถ้วน งานวิจัยและบทความจำนวนมากได้รายงานการใช้ Q-learning และ Deep Q-learning ในการแก้ปัญหาเส้นทาง เช่น การประยุกต์ใช้ในเขาวงกตหลายขนาด เทคนิคการสำรวจ การผสมผสานควอนตัมคอมพิวติ้งเพื่อต่อยอดประสิทธิภาพ และกลยุทธ์การเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งช่วยเพิ่มความเร็วและความแม่นยำของการเรียนรู้ งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของอัลกอริทึม DQN ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดและหลีกเลี่ยงอุปสรรคในเขาวงกตแบบตารางสองมิติ โดยไม่ต้องใช้แบบจำลองล่วงหน้า และประเมินความเหมาะสมของ DQN ในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบขนส่งไร้คนขับ หรือระบบนำทางภายในอาคาร เพื่อให้สามารถวางแผนเส้นทางได้อย่างแม่นยำและลดการใช้พลังงานพร้อมทั้งสามารถพัฒนาระบบนำทางอัตโนมัติให้แก้ปัญหาที่เกิดในสภาพแวดล้อมซับซ้อนและไม่แน่นอน ความแตกต่างและจุดเด่นของงานอยู่ที่การพัฒนาวิธีการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น ปรับตัวได้ และมีประสิทธิภาพสำหรับสถานการณ์จริง

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้จัดอยู่ในประเภทการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Experimental Research) โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Deep Q-Network (DQN) สำหรับแก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางในสภาพแวดล้อมแบบเขาวงกตสองมิติ สภาพแวดล้อมจำลองมีลักษณะเป็นตารางที่ประกอบด้วยช่องทางเดินและอุปสรรค ตัวแทน (agent) จะเรียนรู้ผ่านการทดลองเดินและปรับค่า Q-value ตามการตอบสนองของระบบ โดยมีการปรับแต่งพารามิเตอร์สำคัญ เช่น ค่า epsilon, learning rate และ discount factor เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้

การเรียนรู้ของ DQN ใช้เทคนิค Experience Replay ซึ่งเก็บประสบการณ์การกระทำของ agent ลงใน memory buffer และสุ่มตัวอย่างประสบการณ์เหล่านี้เพื่อฝึก neural network ช่วยลดความสัมพันธ์เชิงลำดับในข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังใช้ target network เพื่อเสถียรภาพในการอัพเดตพารามิเตอร์โครงข่ายประสาทเทียม การฝึกอบรมและอัปเดตค่าพารามิเตอร์จะทำผ่านการคำนวณ loss function ตามสมการ Bellman ที่ปรับใช้กับค่ารางวัลและการประเมินค่าคาดการณ์ในสถานะถัดไป

ในการทดลอง ตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ขนาด memory buffer, epsilon decay rate, discount factor, จำนวน episode การฝึกอบรม และติดตามผลลัพธ์ผ่านการวัดรางวัลเฉลี่ยและพฤติกรรมเส้นทางที่ตัวแทนเรียนรู้ ผลลัพธ์จะถูกนำเสนอผ่านกราฟ ตาราง และภาพกราฟิก เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพได้มากที่สุด

3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึม Deep Q-Network (DQN) สามารถเรียนรู้และค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในสภาพแวดล้อมโดยมีการจำลองขนาดเขาวงกตแบบตารางสองมิติที่มีขนาดตารางแบบ 11*11 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยตัวแทน (agent) เริ่มต้นจากตำแหน่งที่กำหนดและผ่านการฝึกฝนในหลาย episode กระบวนการฝึกช่วยให้ neural network ปรับปรุงค่าฟังก์ชัน Q-value อย่างต่อเนื่อง เพื่อเลือกการกระทำที่ให้รางวัลสูงสุดในระยะยาว

จากผลการทดลองทั้งหมด 10 รอบพบว่า ระยะเวลาและจำนวนก้าวเดินที่ใช้เพื่อไปถึงจุดหมายลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อจำนวน episode การฝึกเพิ่มขึ้น เส้นทางที่

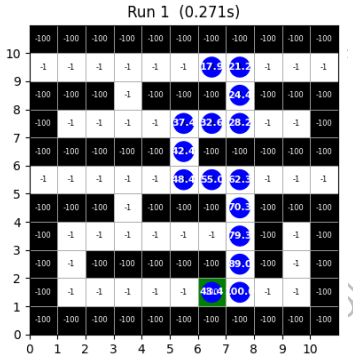
FTI & RMUTP 140 Years Leading the Industrial Innovation and Management Conference 2025

ตัวแทนเลือกแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการหลีกเลี่ยงอุปสรรคและเลือกเส้นทางลัดที่เหมาะสมอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพและความสามารถของ DQN ในการวางแผนเส้นทางอย่างมีประสิทธิผลในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน

นอกจากนี้ ผลลัพธ์ยังถูกนำเสนอในรูปแบบตาราง กราฟ และภาพกราฟิกที่แสดงเส้นทางเดินและค่ารางวัลในแต่ละ episode เพื่อช่วยให้ผู้อ่านเห็นภาพรวมของประสิทธิภาพการเรียนรู้และการตัดสินใจของตัวแทนอย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จึงยืนยันศักยภาพของ DQN ในการแก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางที่มีอุปสรรคและข้อจำกัดในลักษณะต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและน่าสนใจ

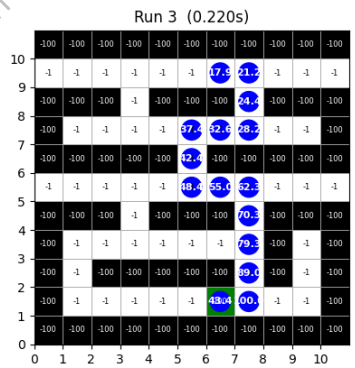
3.1 รูปภาพและตาราง

จากการกำหนดให้จุดเริ่มต้นตำแหน่งที่ (9,6) เห็นได้ว่า Episode ที่ 100 มีการเลือกเส้นทางการเดินทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดโดยใช้เวลาการคำนวณเส้นทาง อยู่ที่ 0.271 วินาที และมีการคำนวณในแต่ละช่อง จนถึงรางวัลรวมกันเป็น 100 เพื่อที่จะได้เป้าหมาย



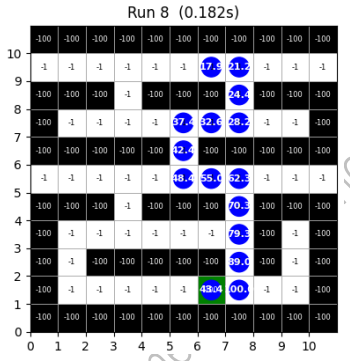
ภาพที่ 1 การหาเส้นทางครั้ง 1 จาก 10 ครั้ง

ในการหาเส้นทาง Episode ที่ 100 เห็นได้ว่ามีความผิดพลาด เปอร์เซนต์ความสำเร็จต่ำ มีการคำนวณคะแนนและระยะเวลาในการคำนวณเส้นทางได้เฉลี่ยที่ค่อนข้างน้อยมาก โดยมีแต้มอยู่ที่ 78.58 คะแนนเท่านั้น ในการไปถึงเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดการคำนวณในแต่ละช่องแตกต่างกัน



ภาพที่ 2 การหาเส้นทางครั้ง 3 จาก 10 ครั้ง

ในการหาเส้นทาง Episode ที่ 300 โดยกำหนดจุดเริ่มต้น (9,6) เห็นได้ว่ามีการเลือกเส้นทางเดิม แต่การคำนวณและระยะเวลาในการคำนวณเส้นทางที่แตกต่างกัน โดยมีเวลาที่เร็วขึ้น 0.220 วินาที ในการไปถึงเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดการคำนวณในแต่ละช่องแตกต่างกัน ดังรูปนี้



ภาพที่ 3 การหาเส้นทางครั้ง 8 จาก 10 ครั้ง

ในการหาเส้นทางครั้งที่ 800 เห็นได้ว่ายิ่งมีการประมวลผลการทำงานในจำนวน Episode ที่มากขึ้น เวลาในการคำนวนเลือกหาเส้นทางเร็วขึ้น เนื่องจากในการทำงานของ DQN จะใช้วิธีการเก็บความจำในการคำนวณในครั้งก่อนหน้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในครั้งถัดไป ทำให้เวลาการคำนวณเร็วขึ้น

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์จากการทดสอบการคำนวณเส้นทางของ DQN

Episode	Point	Epsilon	Success	Time
100/1000	78.58p	0.103	70.0%	0.271s
200/1000	81.38p	0.081	100.0%	0.301s
300/1000	82.62p	0.068	100.0%	0.220s
400/1000	83.86p	0.061	100.0%	0.178s
500/1000	84.72p	0.057	100.0%	0.220s
600/1000	84.32p	0.054	100.0%	0.242s
700/1000	85.08p	0.052	100.0%	0.304s
800/1000	85.00p	0.052	100.0%	0.182s
900/1000	85.01p	0.051	100.0%	0.200s
1000/1000	85.14p	0.051	100.0%	0.214s

จากตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในรอบแรกของการทดสอบได้เกิดปัญหาในการทำงานทำให้มีอัตราความสำเร็จค่อนข้างต่ำอยู่ที่จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ก่อนที่รอบถัดจะทำได้ดีขึ้นโดยในรอบที่ 2 ถึงรอบที่ 10 อัตราความสำเร็จอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว ในส่วนของแต้มคะแนนนั้นได้มีอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเวลาที่ใช้มีการลดลงโดยเฉลี่ยจากแต้มที่ได้

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ภาพที่ 5 กราฟคะแนนความถูกต้องที่ได้รับ

จากกราฟแสดงให้เห็นถึงอัตราความถูกต้องของคะแนนที่ได้รับมีเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จที่ค่อนข้างพึงพอใจ มีระดับที่สูงขึ้นมาเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้

ภาพที่ 6 กราฟเปอร์เซ็นความถูกต้องที่ได้รับ

จากกราฟแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จที่ทำได้ดีขึ้นจากรอบแรก โดยตั้งแต่รอบที่ 2 นั้นมีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว

3.2 สมการ

สมการการคำนวณหลักของ Deep Q-Network (DQN) ใช้แนวคิดจากสมการ Bellman โดยจะคำนวณฟังก์ชัน loss L(0) เพื่อวัดความผิดพลาดระหว่างค่าประมาณ Q-value ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าจริงตามสมการ (1)

$$L(\theta) = E_{s,a,r,s'\sim D}\left[\left(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a'; \theta^{-}) - Q(s, a; \theta)\right)^2\right] \quad (1)$$

(Mnih et al., 2015)

สมการการคำนวณของ Deep Q-Network (DQN) ใช้ฟังก์ชัน loss L(0) เพื่อวัดความแตกต่างระหว่างค่าที่โมเดลประมาณได้กับค่าจริง โดยโมเดลจะปรับพารามิเตอร์ 0 เพื่อลดค่า loss นี้ให้ต่ำที่สุด ค่าตัวแปรในสมการได้แก่ สถานะปัจจุบัน ss, การกระทำ aa, รางวัล rr, และสถานะถัดไป s′s′ โดยรางวัลที่ได้รับหลังการกระทำในสถานะที่กำหนดจะถูกปรับลดด้วย discount factor YY สำหรับผลกระทบในอนาคต ค่า Q (s,a;0) $Q(s,a;0)$ คือค่าประมาณฟังก์ชัน Q-value ที่โมเดลทำนาย ส่วน Q (s′,a′;0−) คือค่าเป้าหมายที่มาจาก target network ซึ่งช่วยให้การฝึกโมเดลมีความเสถียรมากขึ้น และ max a′ คือการเลือกการกระทำที่ให้ค่า Q-value สูงสุดในสถานะถัดไป กระบวนการฝึกเสริมด้วยเทคนิค Experience Replay ที่เก็บข้อมูลประสบการณ์ลงใน buffer และสุ่มนำมาใช้ฝึกซ้ำ ช่วยลดความสัมพันธ์เชิงลำดับของข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้โดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดสอบในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า Deep Q-Network (DQN) สามารถเรียนรู้และวางแผนเส้นทางในสภาพแวดล้อม Gridworld ขนาด 11x11 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยโมเดลเริ่มต้นจากนโยบาย exploration ที่มีค่า epsilon สูง ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยและความสำเร็จอยู่ในระดับต่ำในช่วงแรก แต่เมื่อโมเดลได้รับประสบการณ์และลดค่า epsilon ลง จะหันมาใช้ exploitation มากขึ้นโดยเลือกการกระทำที่คาดการณ์ค่าสูงสุดจาก Q-values ที่เรียนรู้ ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยและอัตราความสำเร็จเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จุดเด่นสำคัญที่ทำให้การเรียนรู้นี้มีเสถียรภาพคือการใช้ target network และ replay buffer ที่ช่วยลดปัญหาการเรียนรู้ที่ไม่เสถียรและลดการลืมข้อมูลที่ผ่านมา (catastrophic forgetting) ซึ่ง target network ช่วยสร้างค่าเป้าหมายที่เสถียรให้แก่การอัปเดตพารามิเตอร์ ส่วน epsilon decay ที่เหมาะสมช่วยสร้างสมดุลระหว่างการสำรวจและใช้ความรู้ที่เรียนรู้แล้ว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้โมเดลคอนเวอร์เจนซ์สู่ผลลัพธ์ที่ดี แม้ว่างานวิจัยนี้แสดงความสำเร็จในสภาพแวดล้อมจำลอง แต่การนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนมากขึ้นอาจจำเป็นต้องปรับพารามิเตอร์หรือพัฒนาอัลกอริทึมเพิ่มเติม เช่น การใช้ Double DQN หรือ Prioritized Experience Replay เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความมั่นคงของการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย การศึกษาต่อไปควรเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ DQN กับวิธี reinforcement learning อื่น ๆ และทดสอบในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงแบบไดนามิกเพื่อประเมินความยืดหยุ่นและความมั่นคงของโมเดลต่อความแตกต่างของสถานการณ์

ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับหลักการของการเรียนรู้แบบ reinforcement learning ที่เน้นการปรับปรุงนโยบายผ่านการโต้ตอบและการสะสมประสบการณ์ พร้อมทั้งใช้เทคนิคเสริมที่ช่วยเพิ่มเสถียรภาพและความสามารถในการเก็บรักษาข้อมูลเก่า ซึ่งได้รับการยืนยันในงานวิจัยก่อนหน้า

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Deep Q-Network (DQN) ในการแก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางในเขาวงกตแบบสองมิติที่มีอุปสรรค โดยพบว่าโมเดลสามารถเรียนรู้และวางแผนเส้นทางที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้โมเดลใช้เทคนิค experience replay และ target network ที่ช่วยเพิ่มความเสถียรในการฝึกและหลีกเลี่ยงปัญหาการลืมข้อมูลเก่า (catastrophic forgetting) การลดค่า epsilon อย่างเหมาะสมช่วยสร้างความสมดุลระหว่างการสำรวจและใช้ความรู้ที่เรียนรู้แล้ว ทำให้โมเดลคอนเวอร์เจนซ์สู่ผลลัพธ์ที่ดีในสภาพแวดล้อมที่จำลองไว้ ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ DQN สามารถนำไปสู่การปรับปรุงระบบนำทางอัตโนมัติและการจัดการเส้นทางในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังเปิดโอกาสให้มีการพัฒนาต่อยอด เช่น การใช้ Double DQN, Prioritized Experience Replay หรือการปรับปรุงโครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนขึ้น อีกทั้งการศึกษาในอนาคตควรเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ DQN กับอัลกอริทึม reinforcement learning อื่น ๆ และทดสอบในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงแบบไดนามิกเพื่อประเมินความมั่นคงและความยืดหยุ่นของโมเดล ผลงานนี้มีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ระบบยานยนต์ หุ่นยนต์ และการจัดการทรัพยากรที่ต้องการระบบนำทางอัตโนมัติที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนาทางเทคโนโลยีและเศรษฐกิจในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

[1] นฤพล บุญล้อม. การประยุกต์ใช้ Q-learning ในการวางแผนเส้นทางหุ่นยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2560.

[2] สมศักดิ์ วงศ์ประเสริฐ, คณะ. การวางแผนเส้นทางด้วยเทคนิค Deep Q-Network สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2563;48(3):112-123.

[3] วิกรม ลี้เจริญ. การเรียนรู้แบบเสริมกำลังสำหรับระบบนำทางอัตโนมัติ. ใน: หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2561. หน้า 210-220.

[4] นันทวัน เชิดชู, คณะ. การประยุกต์ใช้ Q-learning กับการวางแผนเส้นทางในสภาพแวดล้อมจำลอง. วารสารวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศศาสตร์. 2564;14(1):45-59.

[5] ศิริพร หอมทอง. การวิเคราะห์และปรับปรุงอัลกอริทึม Q-learning เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทาง. สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2562.

[6] Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D.,et al , D. Human-level control through deep reinforcement learning.Nature, 518(7540),529–533, 2015. Available: https://doi.org/10.1038/nature14236

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ศึกษากระบวนการผลิตคัทติ้งทูลส์ Polycrystalline Dimond กรณีศึกษาแผ่นมีด PCD C-CNMX 120408

Study on the Production Process of Polycrystalline Diamond Cutting Tools: A Case Study of PCD C-CNMX 120408

ชานน ปู่อ่อง[1*], ชานนท์ มูลวรรณ[1] ,วีรญา กรทิพย์[1], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] นนทพร มูลวรรณ[3] จตุรงค์ พิศุทธ์สินธุ์

Chanon Puaong[1], Chanon Moolwan[1], Weeraya Kontip[1], Saharat Wongsisa[2] Notaporn Moolwan[3] Jaturong Pisutsin

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

Corresponding author: chanonpuaong e-mail address: chanonpuaong222@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตเม็ดมีด INSERT PCD C-CNMX 120408 โดยประยุกต์ใช้หลักการศึกษางานร่วมกับเครื่องจักร E-WAG COMPACT LINE เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่า และยกระดับคุณภาพการผลิต ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเวลาการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นจาก 30 นาทีต่อชิ้น เหลือ 15.15 นาทีต่อชิ้น เพิ่มอัตราการผลิตจาก 2 หน่วยต่อชั่วโมงเป็น 4.08 หน่วยต่อชั่วโมง เพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรจาก 45.70% เป็น 95.80% และลดต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยจาก 209.28 บาทเหลือ 138.66 บาทต่อชิ้นงาน การศึกษานี้ยืนยันว่าการใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรร่วมกับหลักการศึกษางานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และปรับปรุงคุณภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์เป็นต้นแบบในการพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องมือตัดประเภท PCD รุ่นอื่น ๆ เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในอนาคต

คำสำคัญ: : หลักการของ ECRS ; ปรับปรุงประสิทธิภาพ ; ปรับปรุงกระบวนการ ผลิต ; เวลารวมผลต่าง

Abstract: This project aimed to improve the production process of INSERT PCD C-CNMX 120408 by applying work study principles in conjunction with the E-WAG COMPACT LINE machine to enhance efficiency, reduce waste, and elevate production quality. The improvement results revealed that the average production time per piece was reduced from 30 minutes to 15.15 minutes, while the production rate increased from 2 units per hour to 4.08 units per hour. Machine efficiency rose from 45.70% to 95.80%, and the average cost per unit decreased from 209.28 THB to 138.66 THB. This study confirms that the integration of advanced machinery with work study principles can significantly improve production efficiency, lower costs, and enhance quality. Furthermore, the findings can serve as a model for developing

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

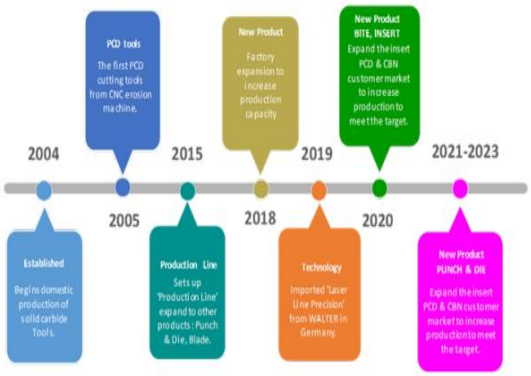
production processes of other PCD cutting tools, thereby strengthening the organization's competitiveness in the future.

Keywords: ECRS principles; efficiency improvement; production process improvement; total time variation

1. บทนำ (Introduction)

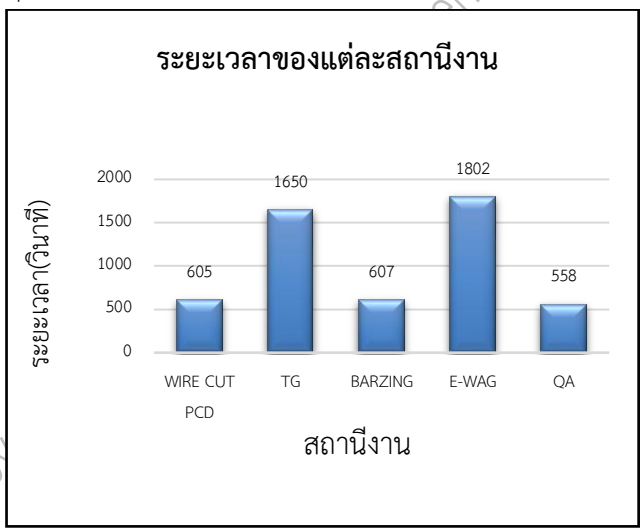
บริษัท ท๊อปเทค ไดมอนด์ ทูลส์ จำกัด ก่อต้องเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2547 ทุนจดทะเบียน 80,000,000 ลบ. ทะเบียนเลขที่ 0115547007306 โดย นายจตุรงค์ พิศุทธิ์ เป็นผู้ก่อตั้งบริษัทสถานที่ตั้งของที่อยู่เลขที่ 56,52/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ10540

ระยะเวลาการดำเนินงาน ตั้งแต่เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2547 จนถึงปัจุบัน ประกอบธุรกิจหลักในการผลิต Special Cutting Tools ชั้นนำของประเทศไทย เพื่อให้บริการลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศอย่างดี ดำเนินธุรกิจตาม BCG Model พัฒนาขีดความสามารถพนักงาน มุ่งใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในทุกส่วนการทำงาน และส่งเสริมให้เกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆอย่างต่อเนื่อง กลุ่มลูกค้าเป้าหมายส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก



ภาพที่ 1 การพัฒนาคัดติ้งทูลส์

บริษัท ท๊อปเทค ไดมอนด์ ทูลส์ จำกัด ก่อตั้งในปี 2004 โดยพัฒนาจากผู้ผลิตเครื่องมือคาร์ไบด์ สู่การผลิตเครื่องมือ PCD และเปิดตัวผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อเนื่อง พร้อมลงทุนในเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อขยายฐานลูกค้าในตลาดเครื่องมือตัด บริษัท ท๊อปเทค ไดมอนด์ ทูลส์ จำกัด (Top Tech Dimond Tools) ก่อตั้งใน ปี พ.ศ. 2547 โดยดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องมือตัดและอุปกรณ์เฉพาะ (Special Tools) รวมถึงเครื่องมือตัดเพชรสังเคราะห์ (Diamond Tools) สำหรับลูกค้าในและต่างประเทศ บริษัทตั้งอยู่ที่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ได้รับรองมาตรฐาน ISO 9001 และ ISO 14001 มีความ เชี่ยวชาญในการผลิตเครื่องมือจาก Tugsten Carbide , PCD และ CBN ซึ่งใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยาน และอิเล็กทรอนิกส์ [1]



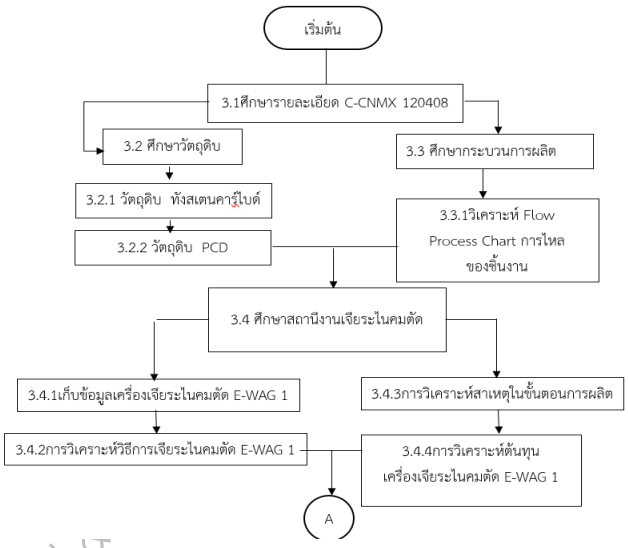
ภาพที่ 2 ข้อมูลระยะเวลาในการผลิตเม็ดมีด insert pcd ในแต่ละสถานีงาน

เนื่องจากการผลิตเม็ดมีด insert pcd แบบเดิมใช้เวลาที่ค่อนข้างมากในการผลิต จากภาพที่ 1.4 เป็นนเวลาที่แสดงถึงระยะเวลาในการผลิตในแต่ละสถานีขอกการผลิตเม็ดมีด insert pcd ในรูปแบบเดิม ก่อนที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดเม็ดมีด insert pcd โดยใช้เวลาในการผลิตทั้งหมด 1802 วินาที หรือ 30 นาทีต่อชิ้น จึงได้เพิ่มเครื่องจักร E-wag compact line ที่มีอยู่แล้วเข้ามาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเม็ดมีด insert pcd ให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการผลิต เพื่อศึกษาและวิเคราะกระบวนการผลิตเพื่อนำข้อมูลส่วนนี้ มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็นออกหรือเพิ่มกระบวนการผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจึงได้ยกตัวอย่างมา 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1.INSERT PCD C-CNMX 2. INSERT VCMT 3.INSERT PCD TPMW 4.INSERT PCD TCGT [1]

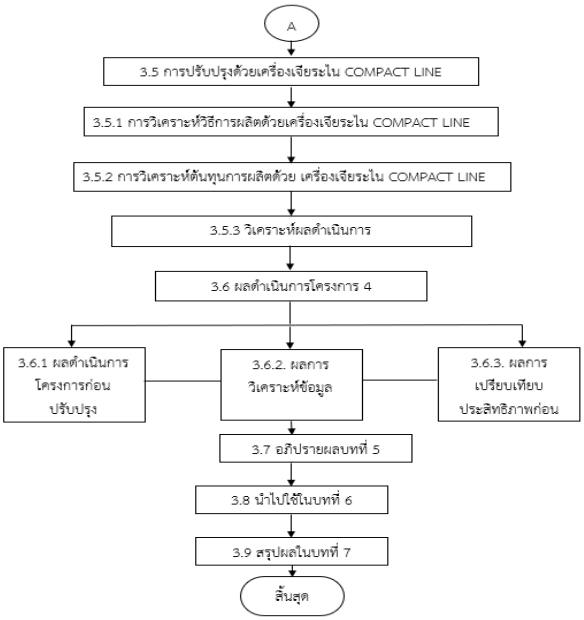
ซึ่งการปรับปรุงสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดารารัตน์ ธิปไชย [2] การลดความล่าช้าของกระบวนการทำถั่วคั่วทรายด้วยเทคนิค ECRS งานวิจัยนี้มุ่งลดความล่าช้าในกระบวนการผลิตถั่วคั่วทรายของวิสาหกิจชุมชน โดยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ด้วย Flow Chart, Flow Process Chart, แผนผังก้างปลา และเทคนิค ECRS ผลลัพธ์คือขั้นตอนลดลง 5.56% เวลาเฉลี่ยลดลง 26.37% กำลังการผลิตเพิ่มจาก 88 เป็น 112 กก./วัน (เพิ่ม 27.27%) และรายได้เพิ่มขึ้น 3,600 บาท/และสอดคล้องกับงานวิจัยดังนี้ วันชัย วิจิรวณิช[3] ศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม.[4] การศึกษางานอุตสาหกรรม. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย[5].

ดังนั้นโครงการนี้จึงมีเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเม็ดมีด insert pcd โดยการนำเครื่องเจียร์ไนคมตัด E-wag compact line เข้ามาเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



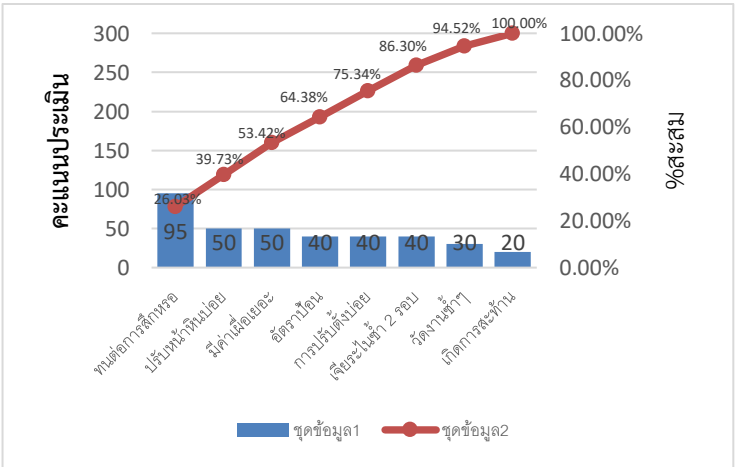
ภาพที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ



ภาพที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ (ต่อ)

2.1 การกำหนดปัญหา(Define Phase)

สาเหตุที่ทำให้ขั้นตอนเจียระไนคมตัด ใช้เวลามาก มาจากการมีค่าเผื่อมาเยอะ ค่าเผื่อต่อชิ้น 0.15-0.17mm.และความแข็งของคาร์ไบด์ CB และ PCD ที่ทนต่อการสึกหรอและชิ้นงานมีขนาดเล็ก จึงยากต่อการขึ้นรูป จึงต้องมีการปรับหน้าหินทุกครั้งเมื่อมีการสะท้าน เกิดการสิ้นเปลือกวัตถุดิบ ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาของเวลาผลิตที่สูง ด้วยการให้คะแนน (Pareto Chart) ผลการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)



ภาพที่ 4 ความสำคัญของสาเหตุ (Pareto Chart)

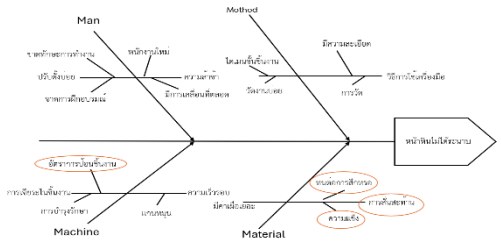
จากข้อมูลภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าปัญหาหลักในกระบวนการนี้เกิดจาก ความทนต่อการสึกหรอของเครื่องมือความถี่ในการปรับหน้าหินและการมีค่าเผื่อเยอะเกินไป ซึ่งคิดเป็นมากกว่าครึ่งหนึ่งของปัณหาทั้งหมด การแก้ไขและปรับปรุงในประเด็นเหล่านี้ จะช่วยลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างดี

2.2 Measure Phase (การวัด)

ทำการศึกษาขั้นตอนการเจียระไนขึ้นรูปคมตัดตั้งแต่การเตรียมชิ้นงานจนถึงการตรวจสอบขั้นสุดท้าย พร้อมกำหนดตัวชี้วัดคุณภาพ เวลาการผลิต เสีย จากนั้นจึงเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากสายการผลิตจริง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

2.3 Analyze Phase (การวิเคราะห์)

ใช้ ผังสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงในแต่ละจุดของสายการผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุหลักที่มีผลต่อคุณภาพ



ภาพที่ 5 ผังสาเหตุและผล

แผนภาพดังกล่าวเป็นแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram หรือ Ishikawa Diagram) ที่ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่นำไปสู่การต้องปรับหน้าหินบ่อยในกระบวนการผลิต โดยแผนภาพได้จัดกลุ่มปัจจัยหลักออกเป็น 4 หมวด คือ Man (บุคลากร), Method (วิธีการทำงาน), Machine (เครื่องจักร) และ Material (วัสดุ) ภายใต้แต่ละหมวดมีการระบุสาเหตุย่อย เช่น บุคลากรขาดทักษะในการทำงาน ขาดการฝึกอบรม พนักงานใหม่ วิธีการทำงานมีการเคลื่อนไหวตลอดหรือใช้เครื่องมือวัดบ่อย เครื่องจักรมีอัตราการป้อนชิ้นงานและการป้อนเฉลี่ยที่ไม่เหมาะสม และวัสดุมีความแข็งความต้านทานต่อการสึกหรอ รวมทั้งมีค่าเผื่อเยอะ 0.15 มม. การจัดทำแผนผังนี้ช่วยให้เห็นสาเหตุเชิงระบบที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้อย่างเป็นโครงสร้าง และเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงคุณภาพหรือประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตต่อไป

3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการดำเนินการดำเนินการพัฒนาเพื่อการลดเวลาการผลิตขั้นตอนการเจียรไคมตัดโดยใช้หลักการ QC+work study และการใช้หรือเทคนิคต่างๆ ที่ทำให้ปฏิบัติงานรวดเร็วขึ้น การสรุปผลการดำเนินงานด้วยการเจียระไนคมตัดด้วยเครื่องเจียระไนคมตัดด้วยเครื่อง E-WAG COMPACT

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต

Flow Process Chart

☐ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

รหัสสินค้า INSERT PCD
กรรมวิธี : INSERT PCD C-CNMX 120408
/ ปัจจุบัน ☐ เสนอ
ตำแหน่งที่ตั้ง : TTD
ผู้บันทึก : นาย ชานน ปู่อ่อง
ผู้อนุมัติ :

สรุป

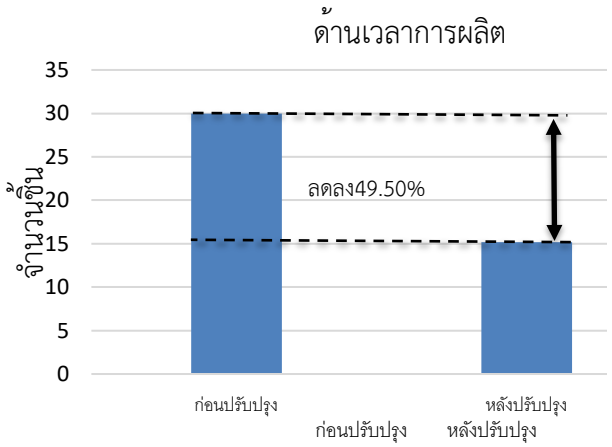
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง
ปฏิบัติการ	26	3	23
เคลื่อนย้าย	10	3	7
การรอคอย	9	2	7
ตรวจสอบ	1	1	-
การเก็บรักษา	-	1	-
ระยะทาง (เมตร)	15	3	5
เวลา (วินาที)	1,818	909	5.6

ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
1.ชิ้นงานวางอยู่บนโต๊ะ	10		60						
2.ชิ้นงานถูกย้ายเข้ามาเครื่อง compact	10	2	9						
3.ชิ้นงานรอคอยอ่านแบบ	1		30						
4.ชิ้นงานถูกนำออกจากกล่องใส่ชิ้นงาน	1		5						
5.ชิ้นงานรอคอย ปรับตั้ง	1		5						
6.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายเข้าเครื่อง	1		10						สถานีงานเจียระไนคมตัด E-wag
7.ชิ้นงานถูกจับให้แน่น	1		60						
8.ชิ้นงานถูกเลเซอร์ลดขนาด	1	1	10						
9.ชิ้นงานถูกเป่าทำความสะอาด	1		40						
10.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายเข้ากล่องใส่ชิ้นงาน			5						
11.ชิ้นงานรอคอยเขียนค่ารายละเอียดในขั้นตอนทำงาน	1		150						
12.ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายมาวางบนโต๊ะ	1		40						
รวม	30	8	909	3	3	2	1	1	

ภาพที่ 6 กระบวนการผลิตของชิ้นงาน

FTI & RMUTP 14th SIIMC
Innovation and Management Conference 2025

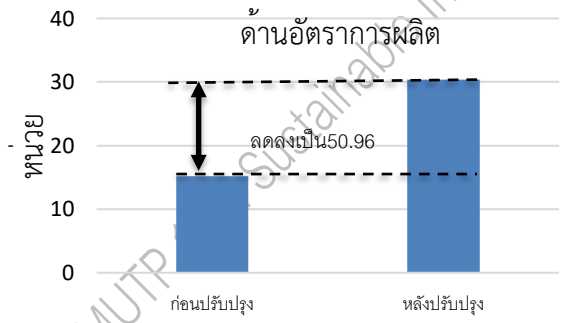
3.1 ด้านเวลาการผลิต



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบด้านเวลาการผลิต

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยต่อชิ้นของกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง โดยแกนนอนแสดงช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง และแกนตั้งแสดงค่าเวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (นาที) ผลการวิเคราะห์พบว่า ก่อนการปรับปรุงมีเวลาเฉลี่ยต่อชิ้นสูงกว่าอย่างชัดเจน (ประมาณ 30 นาทีต่อชิ้น) ขณะที่หลังการปรับปรุงเวลาเฉลี่ยลดลงเหลือประมาณ 15.15 นาทีต่อชิ้น การลดลงของเวลาเฉลี่ยต่อชิ้นนี้สะท้อนถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของกระบวนการผลิต

3.2 ด้านลดต้นทุนผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบด้านเวลาการผลิต

หลังปรับปรุง คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้น 50.96% การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญนี้สะท้อนถึงประสิทธิผลของมาตรการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างเด่นชัด และชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มการพัฒนาเชิงบวกของระบบการผลิตภายใต้การปรับปรุง

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการปรับปรุงแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงประสิทธิภาพอย่างชัดเจน โดยจำนวนขั้นตอนการทำงานลดลง 5.56% เวลาเฉลี่ยต่อชิ้นลดลงจากประมาณ 30 นาที เหลือ 15.15 นาทีต่อชิ้น (ลดลง 26.37%) ส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มจาก 88 กิโลกรัมต่อวันเป็น 112 กิโลกรัมต่อวัน (เพิ่มขึ้น 27.27%) และรายได้เพิ่มขึ้น 3,600 บาทต่อวัน ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS และเครื่องมือวิเคราะห์กระบวนการ ซึ่งสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาเชิงวิศวกรรมสำหรับการลดความสูญเปล่าและเพิ่มศักยภาพการผลิตในกระบวนการอุตสาหกรรมที่คล้ายคลึงกัน [2]

5.สรุปผล (Conclusion)

การดำเนินโครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตเม็ดมีด INSERT PCD C-CNMX 120408 โดยประยุกต์ใช้หลักการศึกษางานร่วมกับการนำเครื่องจักร E-WAG COMPACT LINE เข้ามาในกระบวนการผลิต ส่งผลให้เกิดการยกระดับประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านเวลา อัตราการผลิต ต้นทุน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการผลิตสามารถลดระยะเวลาเฉลี่ยต่อชิ้นงานจากเดิม 30 นาทีเหลือเพียง 15.15 นาที ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการจัดการกระบวนการและการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความรวดเร็วของการผลิตได้อย่างเด่นชัด นอกจากนี้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 2 หน่วยต่อชั่วโมง เป็น 4.08 หน่วยต่อชั่วโมง และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตต่อเดือนจาก 1,150 หน่วยเป็น 2,300 หน่วย ซึ่งแสดงถึงการใช้ทรัพยากรและเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งประสิทธิภาพของเครื่องจักรสูงขึ้นจาก 45.70% เป็น 95.80% สะท้อนถึงการลดเวลารอคอยและการทำงานที่ต่อเนื่องของเครื่องจักร ขณะเดียวกัน ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อหน่วยลดลงจาก 209.28 บาทเหลือ เป็น 138.66 บาทต่อชิ้นงาน ซึ่งเป็นผลจากการลดความสูญเปล่าในกระบวนการและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

FTI & RMUTP / Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการ และขอขอบคุณ บริษัท ท็อปเทค ไดมอน์ ทูลส์ ตลอดทั้งหัวหน้า งาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนใน การเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการ วิจัยในครั้งนี้จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นฤนาท เรืองศรี.บริษัท ท็อป เทค ไดมอนด์ ทูลส์ 2568

[2] ดารารัตน์ ธิปไชย การลดความล่าช้าของกระบวนการทำถั่วคั่วทรายด้วยเทคนิค ECRS 2565

[3] วันชัย วิจิรวณิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. 2550.

[4] จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน. การวิเคราะห์กระบวนการ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2551

[5] ศุภฤกษ์ กลิ่นหม่น. การปรับปรุงโดยการใช้หลักการ ECRS. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2565 จาก :https://www.gotoknow.org/posts/541165

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การออกแบบและทดสอบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่ง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี

Design and Testing of Solar Power Generation using a Grid-Connected System: A Case Study of Mango Production for Export in Bang Phae District, Ratchaburi Province

ก้องฤทธิ์ สินสะ* และ สุวิทย์ แพงกันยา

Kongrit Sinsa* and Suwit Paengkanya

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Coressponding author: Kongrit Sinsa, e-mail address: Eng4651@gmail.com

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบการใช้งานการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่งของ อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ดำเนินการโดยออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 10 kW แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600 W/แผง จำนวน 18 แผง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 10 kW จำนวน 1 เครื่อง จากผลการดำเนินงาน พบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ 8,986.20 kWh/ปี โดยผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด 1,503.8 kWh ในเดือนเมษายน และต่ำสุด 419.8 kWh ในเดือนกรกฎาคม การใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดในอาคารมีแนวโน้มคล้ายกันคือใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด 4,956.2 kWh ในเดือนเมษายน และต่ำสุด 1,442.4 kWh ในกรกฎาคม ระบบทั้งหมดใช้งบประมาณ 178,090 บาท โดยระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารจากการไฟฟ้าได้เฉลี่ย 32.3%

คำสำคัญ: การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์; เซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่ง; วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วง

Abstract: This research aims to design and test the operation of a grid-connected solar photovoltaic (PV) system for a community enterprise producing export mangoes in Bang Phae District, Ratchaburi Province. The system was designed with a capacity of 10 kW, consisting of 18 solar panels rated at 600 W each and one 10 kW inverter. The results show that the PV system can generate 8,986.20 kWh per year, with the highest monthly production of 1,503.8 kWh in April and the lowest of 419.8 kWh in July. The building's electricity consumption followed a similar trend, with a maximum of 4,956.2 kWh in April and a minimum of 1,442.4 kWh in July. The total installation cost was 178,090 THB. On average, the PV system can replace 32.3% of the building's electricity consumption from the grid.

Keywords: Solar PV system design; Grid-connected solar PV system; Community enterprise for mango production

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันประเทศไทยต้องพบกับความท้าทายทางด้านพลังงาน เนื่องจากการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศในสัดส่วนสูง โดยเฉพาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ จากการรายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [1] พบว่า ในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยมีการนำเข้าน้ำมันดิบประมาณ 47,976 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 57.2 และก๊าซธรรมชาติประมาณ 17,742 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.1 และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงทางพลังงานและเพิ่มความเสี่ยงต่อความผันผวนของราคาพลังงานในตลาดโลก หนึ่งในทางออกที่สำคัญในการแก้ไขปัญหานี้คือการพัฒนาและใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งถือเป็นพลังงานสะอาดที่สามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งฟอสซิล

การพัฒนาเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อสายส่งกับการไฟฟ้า เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้ประกอบการหรือชุมชนสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองและขายส่วนเกินให้กับการไฟฟ้าได้ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้า แต่ยังช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี เป็นหนึ่งในชุมชนที่มีการผลิตและส่งออกมะม่วงไปยังต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีผลผลิตปีละ 200 ตัน ซึ่งเป็นสินค้าที่มีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยส่งออกต่างประเทศ เช่น รัสเซีย และประเทศในแถบตะวันออกกลาง เป็นต้น [2]

แต่กระบวนการผลิตมะม่วงในชุมชนยังมีต้นทุนค่าไฟฟ้าสูง จากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการบ่มมะม่วง การคัดแยก และการบรรจุ โดยเฉพาะห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณสูง การพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการช่วยลดต้นทุนการผลิต และส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดในชุมชน จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่งของการไฟฟ้า จากงานวิจัยของ สุกานดา แสงใส และพิชญ รัชฎาวงศ์ [3] ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบโมโนคริสตัลไลน์โดยใช้โปรแกรม PVSyst พบว่าความเข้มแสงจากข้อมูลที่พยากรณ์โดยโปรแกรม PVSyst และข้อมูลจากอุปกรณ์ Meteonorm ในพื้นที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 7.88% และระบบเซลล์แสงอาทิตย์นี้มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 3 ปี 2 เดือน ถึง 4 ปี 9 เดือน ขึ้นอยู่กับค่า Ft และการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ และสมบัติ นพจนสุภาพ [4] ออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์บนหลังคาของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี พบว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 103,680 บาท/ปี ใช้ระยะการคืนทุน 7.3 ปี

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทดลองคำนวณออกแบบติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) โดยติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี เบื้องต้นจะทดลองติดตั้ง 10 kW ดังนั้นจำนวนแผงที่ต้องใช้คือ 16.77 แผง หรือประมาณ 17 แผง ติดตั้งจริงกำหนด 18 แผง งบประมาณ 178,090 บาท

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 สำรวจข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร

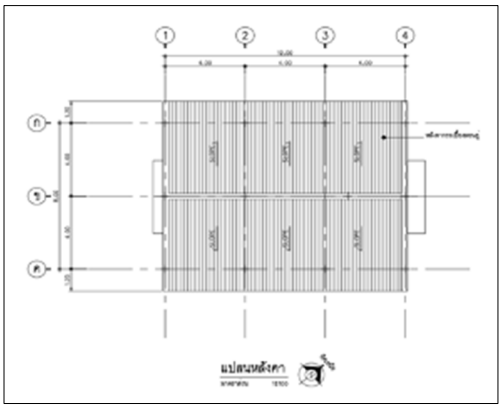
โหลดที่ใช้ในวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ประกอบด้วย เครื่องทำความเย็นขนาด 6,400 W จำนวน 1 เครื่อง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 1,240 W จำนวน 2 เครื่อง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 1,500 W จำนวน 2 เครื่อง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 2,300 W จำนวน 1 เครื่อง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 1,170 W จำนวน 1 เครื่อง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 250 W จำนวน 1 เครื่อง หลอด LED T8 ขนาด 40 W จำนวน 9 หลอด หลอด LED T8 ขนาด 18 W จำนวน 117 หลอด และปั๊มน้ำ ขนาด 250 W จำนวน 1 เครื่อง ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อปีของโหลดทั้งหมด ได้ดำเนินการตรวจวัด

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การใช้พลังงานช่วงกลางวัน เวลา 6.00-18.00 ได้ประมาณ 27,836.9 kWh/ปี

2.2 ออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่ง

ดำเนินการสำรวจอาคารและเขียนแบบหลังคาสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบหลังคาอาคารวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี

วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี มีการใช้โหลดของอาคารช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ประมาณ 27,836.9 kWh/ปี โดยกำลังไฟฟ้าที่ใช้สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$PV = \frac{E_{load}}{E_{sun} \cdot Q} \quad (1)$$

เมื่อ

PV คือ ขนาดของแผง PV, kWp

Eload คือ พลังงานที่โหลดต้องการ, kWh

Esun คือ พลังงานแสงแดดในพื้นที่, kWh/m^2 สำหรับสำหรับประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1,550 kWh/a/kWp

Q คือ Quality Factor (Performance Ratio, PR) โดยค่าเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 0.7 [5]

เมื่อแทนค่าตัวแปรต่างๆ ลงในสมการ (1) จะได้ดังนี้

$$PV = \frac{27{,}836.9 \text{ kWh}}{1{,}550 \text{ (kWh/yr/kWp)} \ 0.7}$$

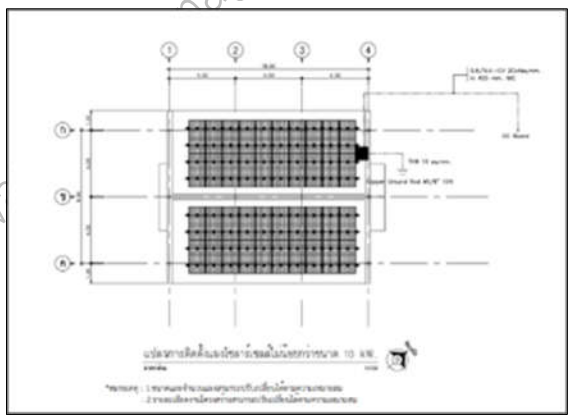
= 25.66 kW

= 25,660 W

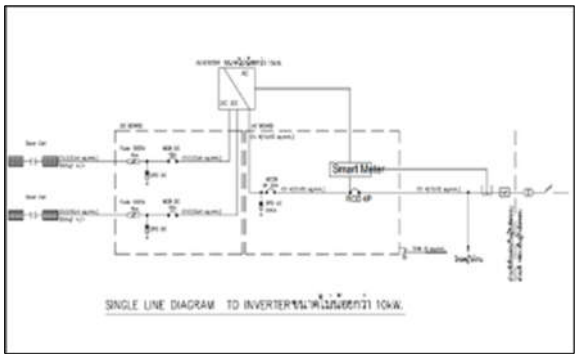
ดังนั้นใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมประมาณ 25,660 W โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono-Crystalline ขนาด 600 W ดังนั้นจำนวนแผงที่ต้องใช้คือ 42.76 แผง หรือประมาณ หรือประมาณ 43 แผง

วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อ.บางแพ จ.ราชบุรี ต้องการทดลองติดตั้งเบื้องต้นที่ 10 kW ดังนั้นจำนวนแผงที่ต้องใช้คือ 16.77 แผง หรือประมาณ 18 แผง เบื้องต้นจะทดลองติดตั้ง 10 kW จำนวนแผง 18 แผง งบประมาณทั้งระบบ ประมาณ 178,090 บาท

เมื่อทราบจำนวนแผงก็ดำเนินการออกแบบแปลนการติดตั้งบนหลังคาอาคารดังแสดงในภาพที่ 2 และระบบไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



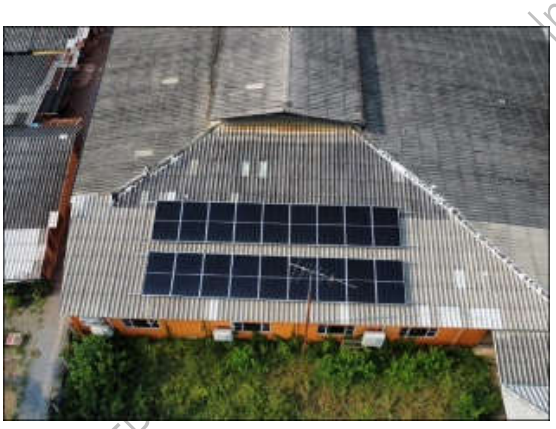
ภาพที่ 3 แบบระบบไฟฟ้า (Single line diagram)

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation Management Conference 2025

2.3 การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่ง

ดำเนินการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono-Crystalline บนหลังคาของอาคารดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่อติดเสร็จเรียบร้อยแล้วดังแสดงในภาพที่ 5 และดำเนินการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 6 ตามลำดับ

ภาพที่ 4 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา



ภาพที่ 5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

ภาพที่ 6 ติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และตู้ควบคุม

2.4 ทดสอบระบบเปิดใช้งานและบันทึกค่าพลังงาน

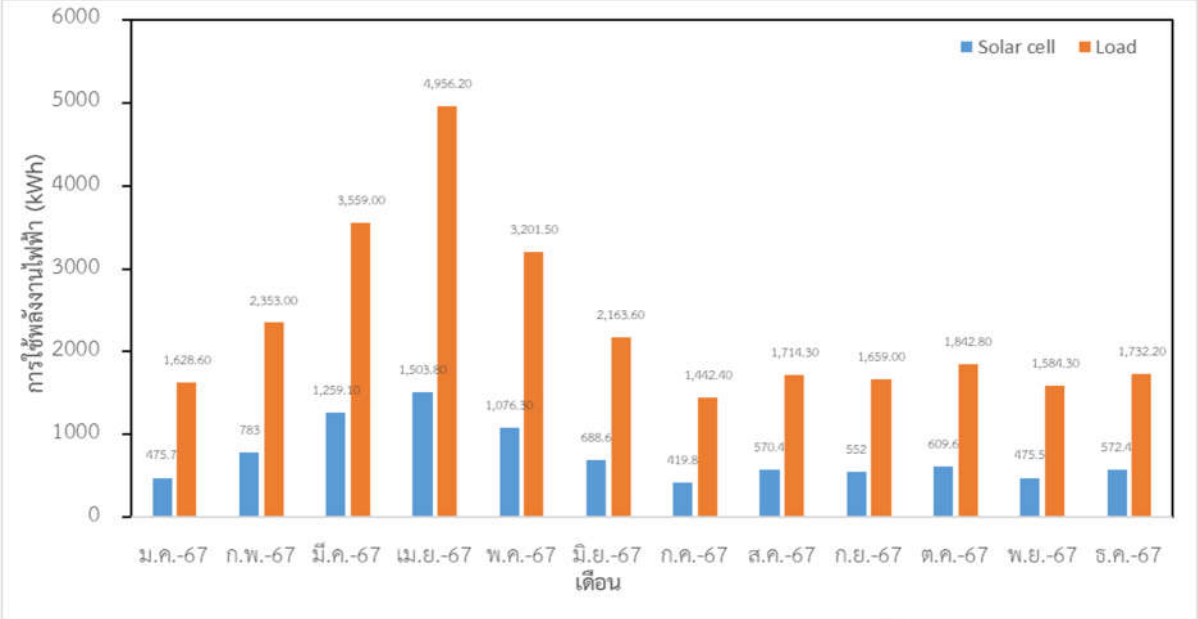
เมื่อติดตั้งระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินการทดสอบระบบเปิดใช้งาน และบันทึกค่าพลังงานที่ผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 10 kW แบบเชื่อมต่อ WiFi (GROWATT, MOD 10KTL3-X, China) โดยสามารถแสดงผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และการใช้พลังงานของโหลดรวมได้

3. ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussion)

3.1 ผลการตรวจวัดพลังงานของอาคาร

เมื่อระบบเปิดใช้งานทำการตรวจวัดบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ช่วง เวลา 6.00-18.00 น. ผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้และการใช้พลังงานของโหลดในอาคารดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่าการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุด1,503.8 kWh ในเดือนเมษายน 2567 และต่ำสุด 419.8 kWh ในเดือนกรกฎาคม 2567 การใช้พลังงานของโหลดมีแนวโน้มคล้ายกัน โดยสูงสุด 4,956.2 kWh ในเดือนเมษายน 2567 และต่ำสุด 1,442.4 kWh ในเดือนกรกฎาคม 2567 พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ทดแทนการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 32.3% ช่วยลดค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้า แต่ยังไม่เพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 100% จึงควรพิจารณาติดตั้งระบบเพิ่มเติมหรือแบตเตอรี่สำรองเพื่อเพิ่มสัดส่วนการทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

FTI & RMUTP Innovation and Management Conference 2025



ภาพที่ 7 ผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้และการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดในอาคาร

4. สรุปผล (Conclusion)

วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 10 kW ผลิตไฟฟ้าช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ได้ประมาณ 8,986.20 kWh/ปี คิดเป็น 32.3% ที่ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าทั้งหมด 37,046.6 kWh/ปี

พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ช่วยลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าได้ หากต้องการลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าให้ได้ 100% ต้องติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นและติดตั้งระบบแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าใช้ในช่วงเวลากลางคืน

เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่ออกแบบและติดตั้งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าได้ และเป็นแนวทางที่ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด ซึ่งเหมาะสมต่อการขยายผลหรือนำไปประยุกต์ใช้ในวิสาหกิจอื่น ๆ เพื่อเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว และควรศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติม

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลการทำวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. พลังงานทดแทน.สืบค้นได้จาก: https://www.dede.go.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 เมษายน 2567).

[2] วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี. มะม่วงส่งออกบางแพ. สืบค้นได้จาก: http://rachenmango.com/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 กันยายน 2568).

[3] สุกานดา แสงใส และพิชญ รัชฎาวงศ์. ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบโมโนคริสตัลไลน์โดยใช้โปรแกรม PVSyst, 2565.

[4] สมบัติ นพจนสุภาพ. ออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์บนหลังคาของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2560.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. พลังงานทดแทน.สืบค้นได้จาก: คู่มือฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร. 2562.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่งเพื่อการกักเก็บมะม่วงส่งออก

Economic Assessment for Electricity Generation Using Grid-Connected Solar Cell System for Mango Storage for Export

ก้องฤทธิ์ สินสะ* และ สุวิทย์ แพงกันยา

Kongrit Sinsa and Suwit Paengkanya

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Coressponding author: Kongrit Sinsa, e-mail eng4651@gmail.com

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่งเพื่อห้องเย็นกักเก็บมะม่วงส่งออก กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนผู้ส่งออกมะม่วง อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ผลการศึกษาพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาวิสาหกิจชุมชนผู้ส่งออกมะม่วงดังกล่าว สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวมในปีแรก 10,028.45 kWh ด้วยสมมติฐานภายใต้การคำนวณทางการเงินอัตราส่วนลด 7.3% ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี ของเซลล์แสงอาทิตย์ โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ผลตอบแทนจากการลงทุน พบว่า อัตราผลตอบแทนภายใน 20.44% ระยะเวลาคืนทุน 4.08 ปี และสรุปได้ว่าการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารวิสาหกิจชุมชนผู้ส่งออกมะม่วงบางแพ มีความเป็นไปได้และลดต้นทุนเพิ่มกำไรให้กับผู้ประกอบการได้

คำสำคัญ: เศรษฐศาสตร์; พลังงานแสงอาทิตย์; วิสาหกิจชุมชน; พลังงานสะอาด

Abstract: This research aims to conduct an economic evaluation of grid-connected solar photovoltaic (PV) power generation for a cold storage facility used for exporting mangoes. The case study focuses on a community enterprise for mango export located in Bang Phae District, Ratchaburi Province. The results indicate that the rooftop solar PV system installed at the enterprise generated a total of 10,028.45 kWh in the first year. Under the financial assumption of a 7.3% discount rate over a 20-year system lifetime, the project yields a positive Net Present Value (NPV). The investment analysis shows an Internal Rate of Return (IRR) of 20.44% and a payback period of 4.08 years. Therefore, it can be concluded that the installation of a rooftop solar PV system for the mango export community enterprise is feasible, contributing to cost reduction and profit enhancement for the business operators.

Key words: Economics; Solar energy; Community enterprise; Clean energy

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ส่งออกผลไม้เขตร้อนรายสำคัญของโลก โดยเฉพาะ "มะม่วง" ซึ่งเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมสูงในตลาดต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม การรักษาคุณภาพของมะม่วงก่อนการส่งออกจำเป็นต้องอาศัยระบบห้องเย็นที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บและควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งระบบห้องเย็นดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก ส่งผลให้ต้นทุนด้านพลังงานเป็นภาระหลักของผู้ประกอบการในระดับชุมชน [1]

ในขณะเดียวกัน การใช้พลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ และมีแนวโน้มช่วยลดต้นทุนระยะยาวได้ โดยระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On-grid Solar PV System) ถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชนที่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในบางช่วงเวลา [2]

จากการศึกษาหลายงานวิจัยพบว่า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่งมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างเช่น Phuangpornpitak and Tia [3] พบว่า การติดตั้งระบบบนหลังคาในประเทศไทยสามารถลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยภายใน 6–8 ปี ขณะที่ Ngaopitakkul [4] ระบุว่าการประเมินผลตอบแทนทางการเงินควรพิจารณาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของสถานที่ติดตั้งควบคู่กับอัตรารับซื้อไฟฟ้าในพื้นที่นั้น ๆ นอกจากนี้ Rijal Asnawi et al. [5] แสดงให้เห็นว่าโครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบ On-grid สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 5–7 ปี พร้อมอัตราผลตอบแทนภายในที่สูงกว่า 15% ซึ่งถือว่าเหมาะสมสำหรับการลงทุนในระดับชุมชน โดยเฉพาะในกลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการประเมินการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในภาคครัวเรือนหรือภาคอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขณะที่การประเมินความคุ้มค่าของการติดตั้งการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้กับ ห้องเย็นของวิสาหกิจชุมชนในภาคเกษตร ยังมีอยู่อย่างจำกัด ทั้งที่กลุ่มนี้มีศักยภาพสูงในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเพื่อลดต้นทุนพลังงานและเพิ่มมูลค่าการส่งออกผลผลิตทางการเกษตร

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง เพื่อใช้กับห้องเย็นสำหรับการกักเก็บมะม่วงก่อนส่งออก โดยใช้กรณีศึกษาของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออกในอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี โดยพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในด้านมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน เพื่อเป็นพื้นที่นำร่อง ทั้งนี้เพื่อตอบคำถามว่าการลงทุนในระบบดังกล่าวจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และส่งเสริมความยั่งยืนทางพลังงานให้กับชุมชนได้หรือไม่ ซึ่งถือเป็นการเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ในด้านการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในระดับวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรรมของประเทศไทย

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 พื้นที่ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานที่วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออกใน อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี

ภาพที่ 1 วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อ.บางแพ จ.ราชบุรี

2.2 อุปกรณ์

ห้องเย็นสำหรับเก็บรักษามะม่วงรอระหว่างการจำหน่ายของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออกในอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี โดยมีการติดตั้งระบบการทำความเย็นแบบ Heat Exchager (Acku, SCBE3523, Germany) ขนาด 6.4

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

kW ซึ่งปรับตั้งอุณหภูมิห้องเย็นไว้ที่ 13 °C โดยห้องเย็นมีขนาดความกว้างประมาณ 7 m ยาว 8 m และสูง 3 m ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งสามารถกักเก็บมะม่วงได้ครั้งละ 4,000 kg ก่อนส่งออกไปจำหน่าย

ภาพที่ 2 ห้องเย็นสำหรับเก็บมะม่วง

2.3 การวัดการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบเชื่อมต่อสายส่ง

งานวิจัยนี้ใช้วัดการใช้พลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 10 kW แบบเชื่อมต่อ WiFi (GROWATT, MOD 10KTL3-X, China) โดยสามารถแสดงผลและบันทึกการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และการใช้พลังงานของโหลดรวมได้

2.4 การวัดการใช้พลังงานของห้องเย็นกักเก็บมะม่วง

งานวิจัยนี้ใช้วัดการใช้พลังงานของห้องเย็นด้วยเครื่อง Smart Power Meter 3 Phase – Mobile Hardcase – WiFi (Momo space, Thailand) โดยสามารถเชื่อต่อกับระบบ Wifi และสามารถแสดงผลและบันทึกการใช้พลังงานของห้องเย็นที่ใช้กักเก็บมะม่วงได้

2.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาของวิสาหกิจชุมชน ในงานวิจัยนี้พิจารณาได้ดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสิทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนเงินลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังสมการที่ (1)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

โดยที่ *NPV* คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท), ES_t คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท), I_0 คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ (บาท), *n* คือ อายุโครงการ (ปี), *i* คือ อัตราคิดลด (Discount rate) งานวิจัยนี้ใช้ 7.3% [6], *t* คือ Time of cash flow, เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการมีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$\sum_{n=0}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+IRR)^n} = 0 \quad (2)$$

เมื่อ *IRR* คือ อัตราผลตอบแทนภายใน

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

- หาก IRR > ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน
- หาก IRR < ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินรับจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เทคนิคนี้เป็นวิธีที่สามารถบอกความเสี่ยงของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้น จะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำ

สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period; PB) ได้ดังสมการที่ (3)

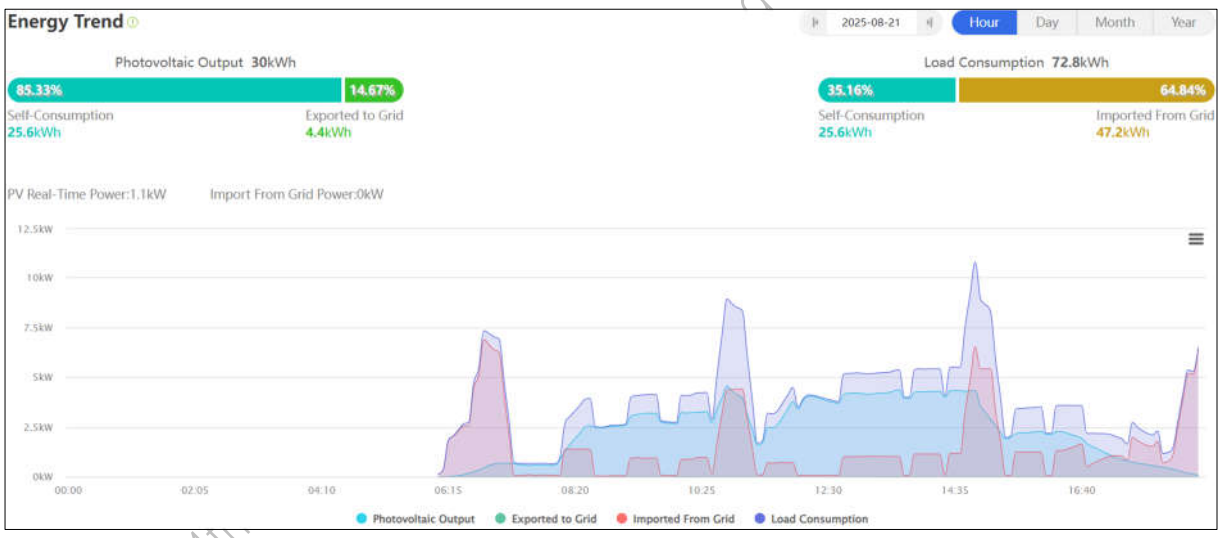
$$\text{Payback} = \frac{\text{Total Investment}}{\text{Money Saving per year}} \quad (3)$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี), Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ (บาท), Money Saving per year คือ เงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)

3. ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussion)

3.1 การใช้พลังงานของห้องเย็นกักเก็บมะม่วง

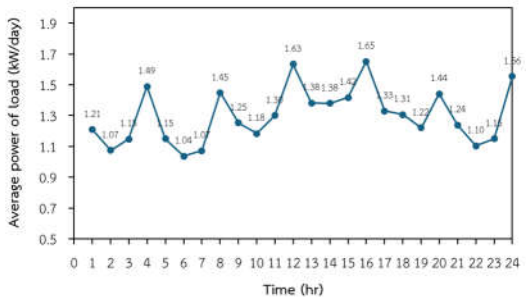
ภาพที่ 3 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากของเซลล์แสงอาทิตย์และความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลดรวมในแต่ละชั่วโมงในรายวันในช่วงเวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. พบว่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลดรวมในวิสาหกิจชุมชน โดยระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้ 30 kWh มีบางช่วงที่ผลิตไฟฟ้าเกินทำให้ระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบของการไฟฟ้า 4.4 kWh ในขณะที่ความต้องการการใช้พลังงานของโหลดรวมเท่ากับ 72.8 kWh ดังนั้นระบบจึงนำพลังงานไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้ามาชดเชย 47.2 kWh ทำให้ประหยัดพลังงานประมาณ 35.16%



ภาพที่ 3 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากของเซลล์แสงอาทิตย์และความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลดรวมในแต่ละชั่วโมงในรายวัน

3.2 ความต้องการกำลังไฟฟ้าของห้องเย็นกักเก็บมะม่วง

ความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลดห้องเย็นในแต่ละชั่วโมงรายวันดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่าความต้องการกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่ 06.00 น. ถึง 18.00 น. โหลดต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.34 kW ในขณะที่ช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. โหลด มีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.24 kW โดยที่เวลา 15.00 น. โหลดมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด 1.65 kW และคิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นเวลา 1 เดือน เท่ากับ 594 kWh



ภาพที่ 4 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลดในแต่ละชั่วโมงรายวัน

3.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับห้องเย็นกักเก็บมะม่วง โดยข้อมูลต้นทุนสำหรับการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่งทั้งหมด 178,090 บาท และกำหนดให้โครงการมีระยะเวลา 20 ปี ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มต้น 21.2% และสมมุติให้ลดลงปีละ 1% ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 5.4 บาท/หน่วย ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ปีที่ 1 เท่ากับ 10,028.45 kWh และลดลงปีละ 1% ส่งผลให้ปีที่ 20 มีการผลิตพลังงานไฟฟ้า 8,123.04 kWh ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า 43,864.43 บาท และกระแสเงินสดสุทธิ 10,718.11 บาท และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 316,183.59 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 20.44% ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยคิดลด (7.3%) แสดงว่าควรลงทุน และมีระยะเวลาในการคืนทุน 4.08 ปี ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Rijal Asnawi et al. [5] และอังสนา พจน์ศิร [7] พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าสูงกว่าและระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า แสดงให้เห็นว่า โครงการนี้น่าลงทุนมากกว่าเมื่อเทียบกับโครงการวิจัยดังกล่าว อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดขนาดการผลิตพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร หากต้องการข้อมูลการการลงทุนเพื่อทดแทนพลังงาน 100 % ควรเพิ่มขนาดโครงการและเพิ่มแบตเตอรี่เพื่อสำรองไฟใช้ในเวลากลางคืน

ตารางที่ 1 ข้อมูลต้นทุนสำหรับการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

ลำดับ	ข้อมูล	จำนวนเงิน (บาท)
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 600 W จำนวน 18 แผง	37,800
2	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 10 kW จำนวน 1 ตัว	45,000
3	กันย้อน+CT จำนวน 1 ชุด	6,420
4	Wifi จำนวน 1 ชุด	2,675
5	ตู้ควบคุมไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด	9,095
6	สายไฟ PV + AC + Ground rod จำนวน 1 ชุด	10,700
7	อุปกรณ์งานโครงสร้าง จำนวน 1 ชุด	21,400
8	ค่าแรงติดตั้ง	35,000
9	ค่าขนส่ง	10,000
รวม		**178,090**

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

ปีที่	การผลิตไฟฟ้า (kWh)	การประหยัดค่าไฟฟ้า (บาท)	กระแสเงินสดสุทธิ (บาท)
0	-	-	-178,090.00
1	10,028.45	54,153.62	50,469.36
2	9,928.16	53,612.08	46,565.39
3	9,827.88	53,070.55	42,959.02
4	9,727.59	52,529.01	39,627.83
5	9,627.31	51,987.47	36,551.07
6	9,527.03	51,445.94	33,709.53
7	9,426.74	50,904.40	31,085.46
8	9,326.46	50,362.87	28,662.41
9	9,226.17	49,821.33	26,425.17
10	9,125.89	49,279.79	24,359.68
11	9,025.60	48,738.26	22,452.93
12	8,925.32	48,196.72	20,692.87
13	8,825.03	47,655.18	19,068.38
14	8,724.75	47,113.65	17,569.15
15	8,624.47	46,572.11	16,185.65
16	8,524.18	46,030.58	14,909.08
17	8,423.90	45,489.04	13,731.30
18	8,323.61	44,947.50	12,644.76
19	8,223.33	44,405.97	11,642.51
20	8,123.04	43,864.43	10,718.11

ตารางที่ 3 สรุปการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	หน่วย
NPV	341,939.66 บาท
IRR	20.44%
PB	4.08 ปี

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

4. สรุปผล (Conclusion)

การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์และความคุ้มค่าในการลงทุน ได้ทำการเปรียบเทียบถึงระยะเวลาใน การคืนทุนในการ ติดตั้งการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์การประเมินศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปีของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 316,183.59 บาท ซึ่งเป็นบวก ผลตอบแทนจากการลงทุนในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แสงอาทิตย์บนหลังคาของวิสาหกิจชุมชน อัตราผลตอบแทนภายใน 20.44% ระยะเวลาคืนทุน 4.08 ปี และสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้ง ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี แสดงให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคามีอัตราการคืนทุนที่เหมาะสมสำหรับการลงทุน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตมะม่วงส่งออก อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ที่สนับสนุนสถานที่ในการเก็บข้อมูลการทำวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมการเกษตร. รายงานการส่งเสริมการผลิตและแปรรูปมะม่วงเพื่อการส่งออก. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564.

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย พ.ศ. 2565–2580. กระทรวงพลังงาน. 2565.

[3] Phuangpornpitak, N. And Tia, S. Feasibility study of solar photovoltaic rooftop system in Thailand. Energy Procedia, 34, 352–361.

[4] Ngaopitakkul, A. Performance and economic evaluation of solar rooftop systems in different regions of Thailand. Sustainability. 2019; 11(23): 6647.

[5] Asnawi, R., . A., Maryanto, S., Afandhi, A., Economic Feasibility of On-Grid Photovoltaic Solar Power Plants at Private Universities in Indonesia. Nat. Env. Poll. Tech. 2024; 23: 2039–2048.

[6] ธนาคารแห่งประเทศไทย. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้. เข้าถึงข้องจาก: https://app.bot.or.th/BTWS_STAT/statistics/BOTWEBSTAT.aspx?reportID=223&language=TH, (วันที่สืบค้น 29 กันยายน 2568).

[7] อังสนา พจน์ศิร. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก. สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดเพชรโพลีคริสตัลไลน์

Productivity Improvement of Polycrystalline Diamond Cutting Tool Manufacturing Process

กฤษนะ นนกระโทก[1*], วีรญา กรทิพย์[1], ชานนท์ มูลวรรณ[1], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] และ ยรรยง ศรีสม[1]

Kitsana Nonkrathok[1*], Weeraya Kontip[1], Chanon Moolwan[1], Saharat Wongsisa[2] and Yanyong Srisom[1]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Kitsana Nonkrathok, e-mail address: kitsanasts1@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดเพชรโพลีคริสตัลไลน์ (Insert PCD) โดยการใช้เครื่องจักรตัดเซาะขึ้นรูปแบบอิเล็กโทรด (CNC Vollmer QXD) ในการผลิต ประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุงเท่ากับ ร้อยละ 61.27 สถานีงานตัดขึ้นรูปร่องคายเศษใช้เวลามากที่สุด 44.28 นาทีต่อชิ้น การแก้ไขปัญหาใช้หลักการ ECRS และเพิ่มการตัดเซาะชิ้นงานด้วยกระแสไฟหยาบในโปรแกรมการผลิต สามารถลดเวลาเหลือ 22.81 นาทีต่อชิ้น ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 98.37 และสามารถลดต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรได้คิดเป็นร้อยละ 48.54

คำสำคัญ: เครื่องมือตัด; การลดเวลา; สายการผลิต; เพิ่มผลิตภาพการผลิต; ECRS

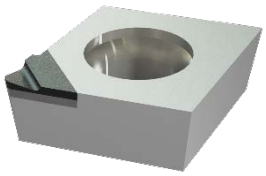
Abstract: This project aimed to enhance the productivity of the polycrystalline diamond (Insert PCD) cutting insert manufacturing process by utilizing a CNC Vollmer QXD electrical discharge grinding machine. The production line efficiency before improvement was 61.27%. The chip-groove forming station consumed the longest machining time, averaging 44.28 minutes per piece. To address this issue, the ECRS principle was applied, and a coarse electrical discharge cutting stage was added to the machining program. As a result, the machining time was reduced to 22.81 minutes per piece, increasing the overall production line efficiency to 98.37%. Moreover, the machine operating cost was reduced by 48.54%.

Keywords: Cutting Tools; Time reduction; Production line; Increase production productivity; ECRS

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Operation and Management Conference 2025

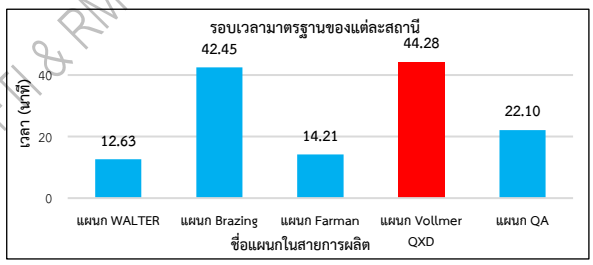
1. บทนำ (Introduction)

การผลิตคัตติ้งทูลส์ (Cutting Tools) แผ่นมีดกลึงประเภท PCD ขนาด IC เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความหนา 3.97 มิลลิเมตร เป็นเครื่องมือตัดที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนบางชิ้นให้มีความเชื่อถือได้ในระดับที่มีความเที่ยงตรงสูง สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งปัจจุบันตลาดของคัตติ้งทูลส์มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ภายใต้ต้นทุนการผลิตทางด้านวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้ผู้ผลิตเครื่องมือตัดมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง บริษัทแฮลเซี่ยน เทคโนโลยี่ จำกัด (มหาชน) มีกำลังการผลิตแบ่งเป็น PCD Cutting Tools 42%, Carbide Cutting Tools 24%, PCBN Cutting Tools 29%, และ MCD Cutting Tools 2% ซึ่งเครื่องมือตัดแผ่นมีดกลึงประเภท PCD จัดอยู่ในกลุ่ม PCD Cutting Tools มีข้อมูลการสั่งซื้อในปี 2024 จำนวน 17 ครั้ง รวมทั้งหมด 775 ชิ้น [1]



ภาพที่ 1 คัตติ้งทูลส์ชนิดแผ่นมีดกลึง ประเภท PCD

จากกระบวนการผลิตพบว่าใช้เวลารวมทั้งหมด 135.67 นาทีต่อหน่วย ประสิทธิภาพสายการผลิตเท่ากับ 61.27% โดยสถานีงานที่ใช้รอบเวลามากที่สุดคือสถานีงาน Vollmer QXD สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตคือขั้นตอนที่ 8 คือกระบวนการตัดเซาะขึ้นรูปชิ้นงานแผ่นมีด PCD ด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี VOLLMER QXD 250 โดยใช้รอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 27.16 นาที คิดเป็น 65.16% ของขั้นตอนงานย่อยในสถานีงาน และใช้รอบเวลาทั้งหมดในกระบวนการเท่ากับ 44.28 นาทีต่อชิ้น ดังภาพที่ 2

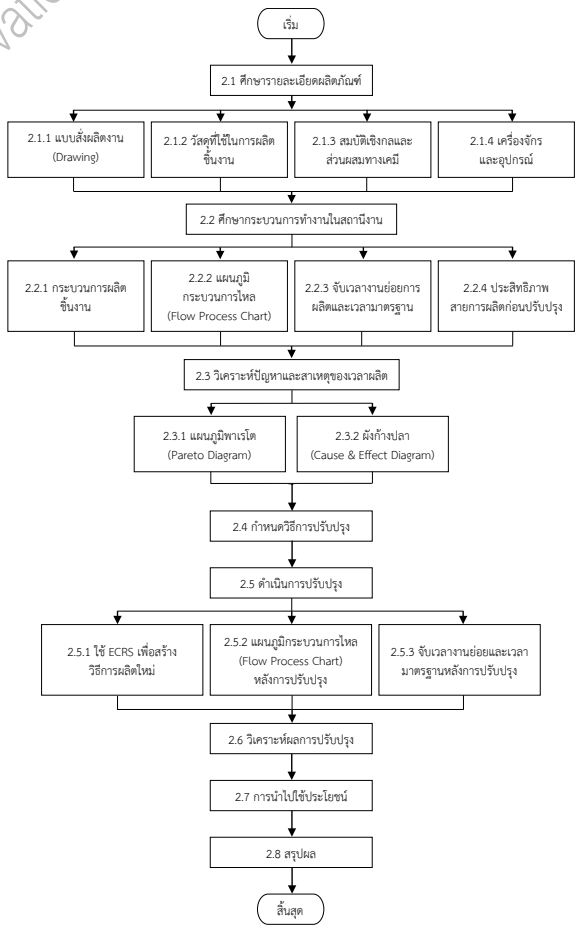


ภาพที่ 2 รอบเวลามาตรฐานในแต่ละสถานีงาน

ในขั้นตอนที่ 8 ของสถานีงาน เป็นการตัดเซาะร่องคายเศษของแผ่นมีด PCD ซึ่งการตัดขึ้นรูปชิ้นงานแต่ละชิ้นใช้กระแสไฟละเอียดตัดเซาะเพียงอย่างเดียว และตัดเพียง 1 รอบ ขั้นตอนงานย่อยนี้ จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุง โดยการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งหากมีการพัฒนาปรับปรุงวิธีการผลิต และปรับเงื่อนไขการผลิตใหม่ จะส่งผลทำให้เวลาในกระบวนการผลิตลดลง ต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรลดลง อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิตได้ [2] งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน [3] การเก็บข้อมูลการศึกษางานด้วยแบบบันทึกขั้นตอนวิธีการทำงาน (Flow process chart) [4] การศึกษาเวลา (Time study) แบบฟอร์มการศึกษาเวลาและบันทึกการจับเวลา แบบฟอร์มการวิเคราะห์ และเทคนิคการปรับปรุงงาน [3] มาใช้เก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สายการผลิต

ดังนั้นโครงการนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อลดเวลาการผลิตแผ่นมีด ประเภท PCD และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยนำหลักการ ECRS มาใช้ในการแก้ไขปัญหา ผู้จัดทำได้ใช้กระแสไฟหยาบตัดเซาะเพื่อเปิดนำร่องคายเศษ เพื่อทำให้กระแสไฟละเอียดใช้เวลาตัดน้อยลง

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



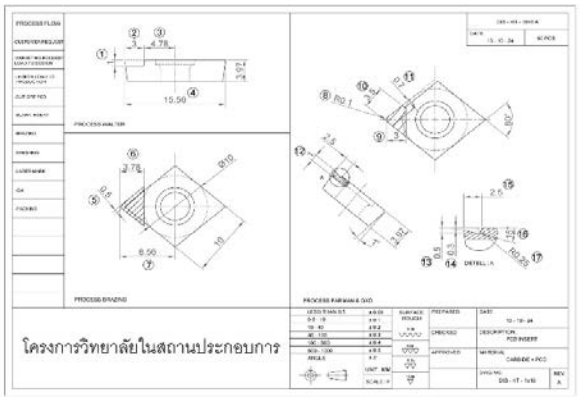
ภาพที่ 3 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินโครงการ

FTI & RMUTP 16th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.1 ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์

2.1.1 แบบสั่งผลิตงาน (Drawing)

วิเคราะห์การตัดขึ้นรูปชิ้นงานของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์คัทติ้งทูลส์ เริ่มตั้งแต่รายละเอียดแบบสั่งผลิตวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานข้อมูลให้มีความเข้าใจก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยมีแบบสั่งผลิตที่ใช้ในการผลิต ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบสั่งผลิตชิ้นงาน

ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์ เพื่อการเลือกใช้หินอิเล็กโทรดทองแดง และจิ๊กจับยึดชิ้นงานให้เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 วิเคราะห์รายละเอียดผลิตภัณฑ์

2.1.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน

1) ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide) เกรด K10 มีสูตรเคมีคือ WC ในรูปพื้นฐานจะมีลักษณะเป็นผงสีเทาละเอียด มี 2 โครงสร้างคือแบบหกเหลี่ยม และแบบลูกบาศก์

2) Polycrystalline Diamond (PCD) เป็นวัสดุที่ผลิตจากผลึกเพชรสังเคราะห์นำมาผสมกับโคบอลต์ และผ่านขบวนการ sintering ภายใต้สภาวะความดันสูงและอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดเป็นแผ่นเพชรสังเคราะห์ PCD มีความหนาแน่นและละเอียดมาก มีความแข็งสูงทำให้ทนต่อการสึกหรอ

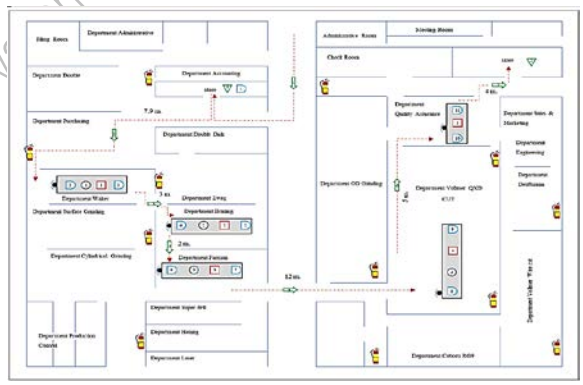
2.1.3 สมบัติเชิงกลและส่วนผสมทางเคมี

ส่วนผสมทางเคมีทังสเตนคาร์ไบด์ประกอบด้วย WC 94% Co 6% ขนาดเกรน 0.8-1.2 ไมครอน (μm) สมบัติความแข็งของวัสดุ 91.8 HRA ความหนาแน่น 14.80 g/cm^3 ความแข็งแรงดึง 3,000 N/mm^2 มีจุดหลอมเหลว 2,870°C ทนความร้อนที่อุณหภูมิ (จุดเดือด) 6,000°C การนำความร้อน 90 W/m.K เกรดมาตรฐานสากล ISO: K10, AISI: C3, DIN: 4991, JIS: H2116 ความอิ่มตัวของแม่เหล็ก 11-12 emu/g

ส่วนผสมทางเคมี Polycrystalline Diamond (PCD) ประกอบด้วย Diamond (C): 90-95%, Cobalt (Co): 5-10% Tungsten Carbide (WC) ขนาดเกรน ประมาณ 2-10 ไมครอน (μm) สมบัติความแข็งของวัสดุ 90-98 HRA ความหนาแน่น 3.52 g/cm^3 ความแข็งแรงดึง 200-400 N/mm^2 มีจุดหลอมเหลวที่ 3,600-3,800°C ทนความร้อนที่อุณหภูมิ (จุดเดือด) 4,000°C การนำความร้อน 500-700 W/m.K เกรดมาตรฐานผู้ผลิต HPD110 การนำไฟฟ้า 0.1-1 Ω.cm

2.2 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนก

2.2.1 Flow Diagram การผลิตชิ้นงาน



ภาพที่ 6 แสดง Flow Diagram การผลิตชิ้นงานในโรงงาน

การปฏิบัติงานเริ่มจากเวลา 07:00-16:00 น. และมี 5 สถานีงาน พนักงานรวมทั้งหมด 5 คน สามารถแบ่งกระบวนการผลิตออกดังคือ กระบวนการเจียระไนขึ้นรูปอัตโนมัติ (Walter Grinding) กระบวนการเชื่อม PCD (Brazing) กระบวนการเจียระไน R ของ PCD (Farman) กระบวนการตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ PCD (Vollmer QXD) และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control)

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ตารางที่ 1 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

☐คน ☑วัสดุ ☐เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผ่นที่ 4 ใน 5 แผ่น

ชื่อโรงงาน : Halcyon Technology PLC.

กรรมวิธี : การผลิตแผ่นมีด Insert ประเภท PCD

☑ปัจจุบัน ☐เสนอ

ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต

ผู้บันทึก : นายกฤษนะ นนกระโทก

สรุป

สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	2		-
เคลื่อนย้าย ⇨	4		-
รอคอย D	8		-
ตรวจสอบ □	2		-
เก็บรักษา ▽	1		-
ระยะทาง (เมตร)	15		-
เวลา (วินาที)	2,501.08		-

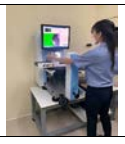
ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยสายตา	50 ชิ้น	-	20.09		
2	ชิ้นงานถูกนำใส่จิ๊กแล้วล็อคด้วยหกเหลี่ยม	1 ชิ้น	0.5	14.23		
3	ชิ้นงานรอการปิดประตูเครื่องจักร	1 ชิ้น	-	1.59		
4	ชิ้นงานรอตรวจสอบโปรแกรม	1 ชิ้น	-	64.32		
5	ชิ้นงานรอส่งโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์เข้าเครื่องจักร QXD	1 ชิ้น	-	4.22		
6	ชิ้นงานรอกดส่งโปรแกรมที่เครื่องQXD	1 ชิ้น	-	2.33		
7	ชิ้นงานรอเครื่องจักรสับหินอิเล็กโทรด	1 ชิ้น	-	19.34		
8	ชิ้นงานถูกตัดเซาะร่องคายเศษเม็ด Insert	1 ชิ้น	-	1,630		สถานีงานตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD)
9	ชิ้นงานรอเครื่องจักรสับหินอิเล็กโทรด	1 ชิ้น	-	19.34		
10	ชิ้นงานถูกตัดเก็บข้างคุมระยะ 0.7 mm.	1 ชิ้น	-	320.04		
11	ชิ้นงานรอถอดออกจากจิ๊ก	1 ชิ้น	-	18		
12	ชิ้นงานรอเปิดประตูเครื่องและเป่าลม	1 ชิ้น	-	12.56		
13	ชิ้นงานถูกถอดออกจากจิ๊กงาน	1 ชิ้น	0.5	6.55		
14	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปที่เครื่องโปรไฟล์	1 ชิ้น	5	99.39		
15	ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยโปรไฟล์	1 ชิ้น	-	81.19		
16	ชิ้นงานเคลื่อนย้ายลงถาด	50 ชิ้น	4	17.29		
17	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	50 ชิ้น	5	170.51		

สรุปขั้นตอนการตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ มีทั้งหมด 17 ขั้นตอน ใช้เวลา 2,501.08 วินาที

2.2.3 ศึกษาเวลามาตรฐาน

ตารางที่ 2 เวลามาตรฐานสายการผลิตก่อนปรับปรุง

ตารางเวลามาตรฐานการผลิตเครื่องมือตัดแผ่นมีดประเภท PCD

สถานีงาน	รายละเอียดงาน	รายละเอียดภาพ	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเผื่อ (%)	เวลามาตรฐาน นาที	เวลามาตรฐาน ชั่วโมง
1	สถานีงาน เจียระไนร่อง Pocket (WALTER Grinding)		12	5%	12.63	0.21
2	สถานีงาน เชื่อม PCD (Brazing)		40.33	5%	42.45	0.70
3	สถานีงาน เจียระไน R (Farman)		13.5	5%	14.21	0.23
4	สถานีงาน ตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD)		41.68	5%	44.28	0.73
5	สถานีงาน ตรวจสอบคุณภาพ (Quality Assurance)		21	5%	22.1	0.36
รวมเวลาการผลิตแผ่นมีดประเภท PCD			107.51	5%	135.67	2.23

กำหนดเวลาเผื่อเวลามาตรฐานเท่ากับ 5.0%

เวลาเผื่อกิจส่วนตัวของพนักงาน 1.5%

เวลาเผื่อความเมื่อยล้าของพนักงาน 2.0%

เวลาเผื่อความล่าช้า 1.5 %

1) เวลาปกติในการผลิต = (เวลาปกติ x 100) / (100)

= (2,501.08 x 100) / (100)

= 2,501.08 วินาที

2) เวลามาตรฐาน = (เวลาปกติ x 100%) / (100%-5%)

= (2,501.08 x 100%) / (100% - 5%)

= 2,633.11 วินาที/ชิ้น

เวลามาตรฐานในสถานีงานตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD) เท่ากับ 2,633.11 วินาที/ชิ้น เปลี่ยนจากวินาทีเป็นนาที = 44.28 นาทีต่อชิ้น

2.2.4 ประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุง

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต}) \text{ (จำนวนสถานี)}} X100 \quad \textbf{(1)}$$

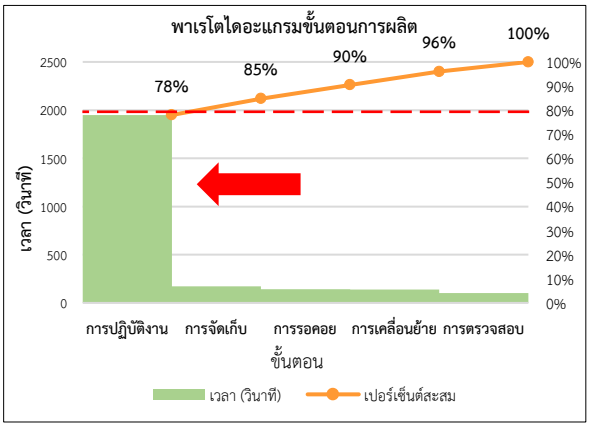
$$= \frac{(135.67)}{(44.28)\ (5)} X\ 100$$

$$= 61.27\%$$

ประสิทธิภาพสายการผลิต (ปัจจุบัน) = 61.27%

2.3 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของเวลาผลิต

2.3.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

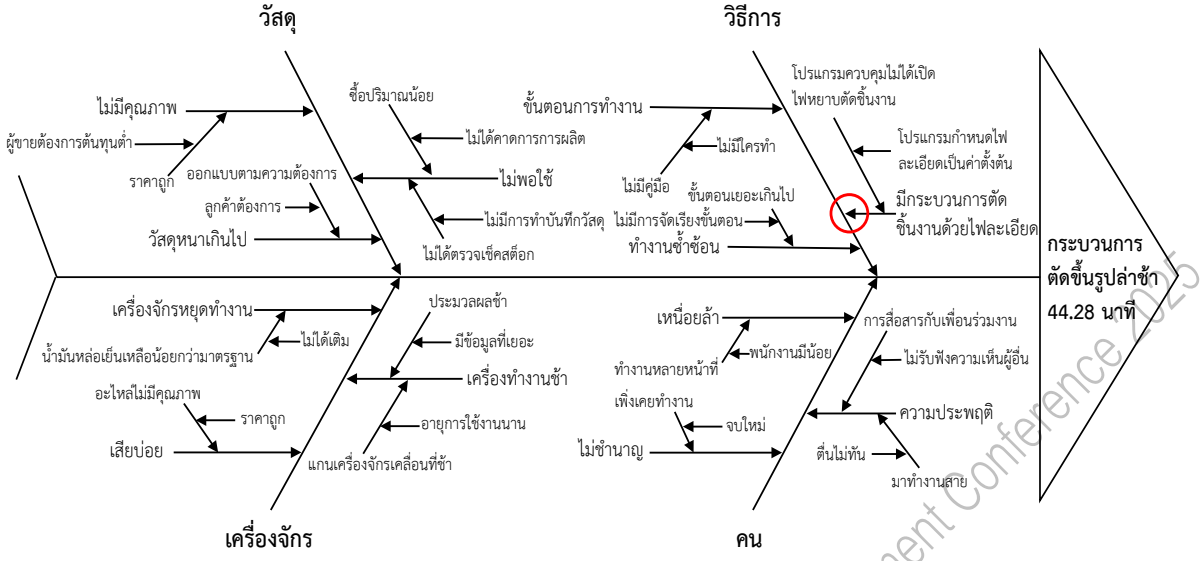


ภาพที่ 7 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโต แสดงเวลาของกระบวนการผลิตแผ่นมีด PCD ในสถานีงานที่ 4 การตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD) ซึ่งแบ่งตามสัญลักษณ์เป็น การปฏิบัติงาน การจัดเก็บ การรอคอย การเคลื่อนย้ายและการตรวจสอบ กระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้คือ การปฏิบัติงาน ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 78 % ของสถานีงาน การปรับปรุงครั้งนี้ใช้หลักการ 80 : 20 ของการใช้ผังพาเรโตไดอะแกรมเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

FTI & RMUTP 14th International Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.3.2 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)



ภาพที่ 8 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

จากภาพที่ 8 การวิเคราะห์ผังก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากวิธีการ โดยสาเหตุรองคือมีกระบวนการตัดชิ้นงานด้วยกระแสไฟละเอียด มีสาเหตุย่อยที่เกิดจากโปรแกรมควบคุมไม่ได้เปิดกระแสไฟหยาบตัดชิ้นงาน และสาเหตุย่อย ๆ เกิดจากโปรแกรมกำหนดกระแสไฟละเอียดเป็นค่าตั้งต้น ส่งผลให้ตัดขึ้นรูปล่าช้า 44.28 นาที

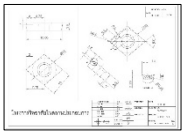
2.4 กำหนดวิธีการปรับปรุง

ผู้จัดทำได้แก้ไขโปรแกรมการผลิต เพิ่มบรรทัดการตัดอีก 1 บรรทัด เพื่อใช้การตัดด้วยกระแสไฟหยาบ โดยเพิ่มระยะความลึกของกระแสไฟหยาบให้สูงขึ้นจากกระแสไฟละเอียด 50 ไมครอน ใช้เงื่อนไขการตัดเฉือนคือ ป้อนตัดตามค่าความลึกของโปรแกรมด้วยรอบการตัด 2 รอบ อัตราป้อน Feed Rate 30 มิลลิเมตร อัตราตัดเฉือน 100% Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกา ด้วยความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที การใช้ไฟหยาบตัดเซาะเพื่อเปิดนำร่องนั้น เพื่อทำให้ไฟละเอียดใช้เวลาตัดน้อยลง

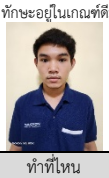
2.5 ดำเนินการปรับปรุง

2.5.1 ใช้หลักการ ECRS เพื่อสร้างวิธีการผลิตใหม่

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ขั้นตอนที่ 8 ด้วยหลักการ ECRS

ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างอื่นทำได้ไหม
ตัดเซาะขึ้นรูปร่องคายเศษและเก็บข้างของเม็ดมีด Insert ประเภท PCD ใช้หินอิเล็กโทรด 554 R0.25 75° และหิน 555 R0.1 45° อัตราป้อน Feed Rate 30 มิลลิเมตร อัตราตัดเฉือน 100 % Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกา ด้วยความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที ด้วยไฟละเอียด	เนื่องจากสถานีงานตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD)ใช้เวลาการผลิตมากถึง 2,633.11 วินาที หรือ 44.28 นาที/ชิ้น ซึ่งสูงกว่าสถานีงานอื่น และต้องทำการผลิตให้ตรงตามแบบสั่งผลิต 	ได้โดยการแก้ไขโปรแกรมเพิ่มเติมเพิ่มบรรทัดการตัดอีก 1 บรรทัด เพื่อใช้การตัดด้วยไฟหยาบ โดยชุดเซาะระยะความลึกของไฟหยาบที่ตัดให้สูงขึ้นจากไฟละเอียด 50 ไมครอน ในแนวแกน Z ใช้เงื่อนไขการตัดเฉือนคือ อัตราป้อน Feed Rate 30 มิลลิเมตร อัตราตัดเฉือน 100 % Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกา ด้วยความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที การใช้ไฟหยาบตัดเซาะเพื่อเปิดนำร่องนั้น เพื่อทำให้ไฟละเอียดใช้เวลาตัดน้อยลง

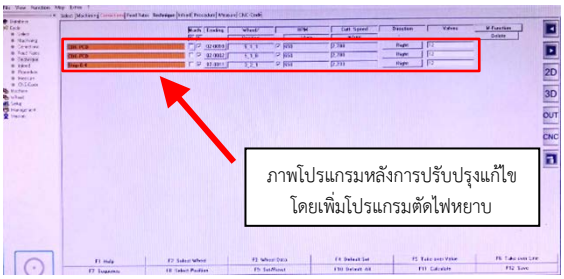
ตารางที่ 3 วิเคราะห์ขั้นตอนที่ 8 ด้วยหลักการ ECRS (ต่อ)

ใครทำ	ทำไมต้องเป็นคนนั้น	คนอื่นทำได้ไหม
นาย กฤษนะ นนกระโทก อายุ 22 ปี อายุงาน 28 เดือน ความชำนาญการการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ Vollmer QXD รุ่น 250 6 แกน ทักษะอยู่ในเกณฑ์ดีมาก 	เนื่องจากมีความชำนาญการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ Vollmer QXD รุ่น 250 6 แกน และมีความเข้าใจการปรับแก้โปรแกรมในเกณฑ์ดีมาก หัวหน้างานยอมรับได้	ได้เพราะในแผนก QXD มีพนักงานประจำเครื่องแต่ละเครื่องและเป็นเครื่องรุ่นเดียวกันทั้งหมด
ทำที่ไหน	**ทำไมต้องที่นั่น**	**ทำที่อื่นได้ไหม**
สถานีงานที่ 4 ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ Vollmer QXD รุ่น 250 6 แกน ในการใช้ตัดเซาะขึ้นรูปชิ้นงาน Insert	เนื่องจากวัสดุที่ใช้ผลิตมีส่วนผสมของคาร์ไบด์และ PCD มีความแข็งพิเศษ จึงต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการตัดเซาะ เพื่อให้ดำเนินตามแผนที่กำหนดไว้ได้อย่างสะดวก	ได้เพราะในสถานีงานมีเครื่องจักรรองรับมากพอ มีโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรโปรแกรมเดียวกัน และมีหินอิเล็กโทรดติดตั้งทุกเครื่อง
ทำอย่างไร	**ทำไมต้องทำอย่างนั้น**	**ทำวิธีอื่นได้ไหม**
นำชิ้นงานมาตัดเซาะขึ้นรูปร่องคายเศษโดยตัดไฟหยาบเพื่อเปิดร่อง PCD และตัดไฟละเอียดเพื่อเก็บผิวและคุมขนาดตามแบบสั่งผลิต	เพื่อให้เป็นไปตามแบบสั่งผลิตของงานที่ได้ออกแบบไว้และสถานีอื่นก็จะสามารถทำงานต่อไปจนเสร็จสิ้นกระบวนการ	ได้โดยใช้การปรับแก้โปรแกรมเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตใหม่ แต่อาจมีผลต่อผิวของชิ้นงาน
ทำเมื่อไหร่	**ทำไมต้องเวลานั้น/ขั้นตอนนั้น**	**ทำเวลา/ขั้นตอนอื่นได้ไหม**
เมื่อมีการสั่งซื้อชิ้นงานเม็ด Insert PCD จากลูกค้าจึงจะต้องทำการผลิตเพื่อส่งมอบ	เพราะต้องทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกัน ไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้	ไม่ได้เพราะการตัดเพียงไฟละเอียดโดยไม่เปิดไฟหยาบจะทำให้การตัดเซาะผิวชิ้นงานช้าลงมาก

วิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS พบว่ามีความจำเป็นต้องใช้กระบวนการตัดด้วยไฟหยาบ เพื่อให้ได้ขนาดและรูปทรงที่ตรงตามแบบสั่งผลิต และลดเวลาการขึ้นรูป

FTI-RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.5.1.1 ออกแบบและแก้ไขโปรแกรมการผลิต



ภาพที่ 9 ออกแบบแก้ไขโปรแกรมตัดขึ้นรูป

จากภาพที่ 9 มีการเขียนโปรแกรมตัดเซาะร่องคายเศษชิ้นงาน โดยปรับใช้การตัดด้วยกระแสไฟหยาบ ซึ่งจะลดเวลาการตัดด้วยไฟละเอียดอย่างเดียวลงได้

วิเคราะห์อัตราการผลิต

การผลิตชิ้นงานของกระบวนการผลิตที่ 4 ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงานอยู่ที่ 44.28 นาที และเวลาในการทำการผลิตได้แบ่งออกเป็น 1 กะการทำงาน 460 นาที ต่อวัน

$$\text{อัตราการผลิต} = \frac{(460)}{(44.28)} \text{ (ชิ้นต่อวัน)} \quad (2)$$

$$= 10.38 \text{ ชิ้นต่อวัน}$$

ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนที่ผันแปรตามอัตราการผลิตคำนวณจากค่าแรงพนักงาน 400 บาทต่อวัน ปัจจุบันอัตราการผลิตต่อวันอยู่ที่ 10.38 ชิ้นต่อวัน

$$\text{ค่าแรง} = \frac{(400)}{(10.38)} \text{ (บาทต่อชิ้น)} \quad (3)$$

$$= 38.53 \text{ บาทต่อชิ้น}$$

ต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรคำนวณจากกำลังไฟของเครื่องจักร 6.8 kW ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันด้วยอัตราค่าไฟ 3.98 บาทต่อหน่วย

$$\text{ค่าเดินเครื่องจักร} = \frac{(6.8 \times 8 \times 3.98)}{(10.38)} \text{ (บาทต่อชิ้น)} \quad (4)$$

$$= 20.85 \text{ บาทต่อชิ้น}$$

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นมีด ประเภท PCD โดยเขียนโปรแกรมการผลิตและเพิ่มการตัดเซาะขึ้นรูปร่องคายเศษด้วยกระแสไฟหยาบ (ไฟที่มีกระแสความแรงมากกว่าไฟละเอียด) ทำให้การตัดเซาะขึ้นรูปร่องคายเศษด้วยกระแสไฟละเอียดนั้นใช้เวลาตัดน้อยลงจากเดิม 44.28 นาที เหลือ 22.81 นาทีต่อชิ้น ดังตารางที่ 4 แผนภูมิกระบวนการไหลหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลหลังปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

☐คน ☑วัสดุ ☐เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผ่นที่ 4 ใน 5 แผ่น

ชื่อโรงงาน : Halcyon Technology PLC.

กรรมวิธี : การผลิตแผ่นมีด Insert ประเภท PCD

☑ปัจจุบัน ☐เสนอ

ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต

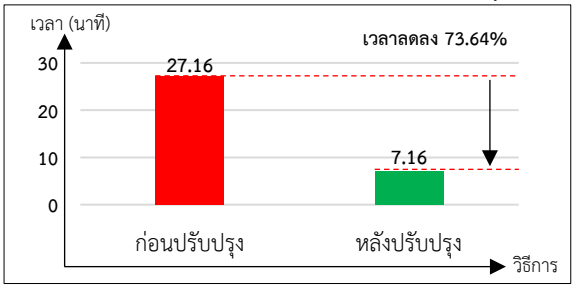
ผู้บันทึก : นายกฤษนะ นนกระโทก

สรุป

สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	2	2	-
เคลื่อนย้าย ⇨	4	4	-
รอคอย D	8	8	-
ตรวจสอบ □	2	2	-
เก็บรักษา ▽	1	1	-
ระยะทาง (เมตร)	15	15	-
เวลา (วินาที)	2,501.08	1,300.68	1,200.4

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยสายตา	50 ชิ้น	-	20.09		
2	ชิ้นงานถูกนำใส่จิ๊กแล้วล็อคด้วยหกเหลี่ยม	1 ชิ้น	0.5	14.23		
3	ชิ้นงานรอการปิดประตูเครื่องจักร	1 ชิ้น	-	1.59		
4	ชิ้นงานรอตรวจสอบโปรแกรม	1 ชิ้น	-	64.32		
5	ชิ้นงานรอส่งโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์เข้าเครื่องจักร QXD	1 ชิ้น	-	4.22		
6	ชิ้นงานรอกดส่งโปรแกรมที่เครื่องQXD	1 ชิ้น	-	2.53		
7	ชิ้นงานรอเครื่องจักรลับหินอิเล็กโทรด	1 ชิ้น	-	19.34		
8	ชิ้นงานถูกตัดเซาะร่องคายเศษเม็ด Insert	1 ชิ้น	-	429.6		สถานีงานตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD)
9	ชิ้นงานรอเครื่องจักรลับหินอิเล็กโทรด	1 ชิ้น	-	19.34		
10	ชิ้นงานถูกตัดเก็บข้างคุมระยะ 0.7 mm.	1 ชิ้น	-	320.04		
11	ชิ้นงานรอถอดออกจากจิ๊ก	1 ชิ้น	-	18		
12	ชิ้นงานรอเปิดประตูเครื่องและเป่าลม	1 ชิ้น	-	12.56		
13	ชิ้นงานถูกถอดออกจากจิ๊กงาน	1 ชิ้น	0.5	6.55		
14	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปที่เครื่องโปรไฟล์	1 ชิ้น	5	99.39		
15	ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยโปรไฟล์	1 ชิ้น	-	81.19		
16	ชิ้นงานเคลื่อนย้ายลงถาด	50 ชิ้น	4	17.29		
17	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	50 ชิ้น	5	170.60		

3.1 เปรียบเทียบเวลางานย่อยก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงเวลาก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 10 เปรียบเทียบเวลางานย่อยที่ 8 ก่อนและหลังปรับปรุง เวลาการผลิตเดิม 27.16 นาทีต่อชิ้น ลดเหลือ 7.16 นาทีต่อชิ้น ซึ่งสามารถลดลงได้ 73.64%

3.2 เวลามาตรฐานสายการผลิตหลังปรับปรุง

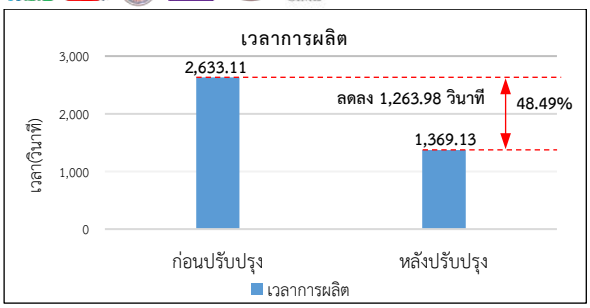
กำหนดเวลาเผื่อเวลามาตรฐานเท่ากับ 5.0%

1) เวลาปกติในการผลิต = (เวลาปกติ x 100) / (100)
= (1,300.68 x 100) / (100)
= 1,300.68 วินาที

2) เวลามาตรฐาน = (เวลาปกติ x 100%) / (100%-5%)
= (1,300.68 x 100%) / (100% - 5%)
= 1,369.13 วินาที/ชิ้น

เวลามาตรฐานในสถานีงานตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ (Vollmer QXD) เท่ากับ 1,369.13 วินาที/ชิ้น หรือ 22.81 นาทีต่อชิ้น

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025



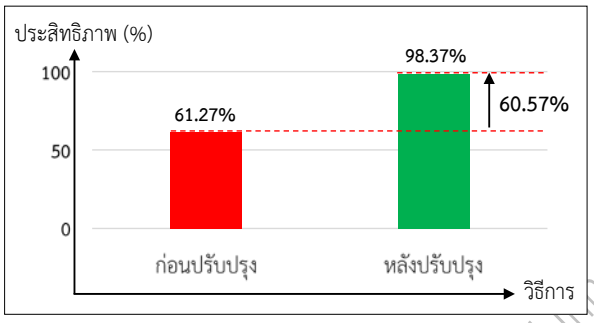
ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานการผลิตชิ้นงาน

3.3 ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุง

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\,(\text{จำนวนสถานี})} \text{X100} \quad \textbf{(5)}$$

$$= \frac{(112.2)}{(22.81)\,(5)} \text{ X } 100$$

$$= 98.37\%$$



ภาพที่ 12 ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุง

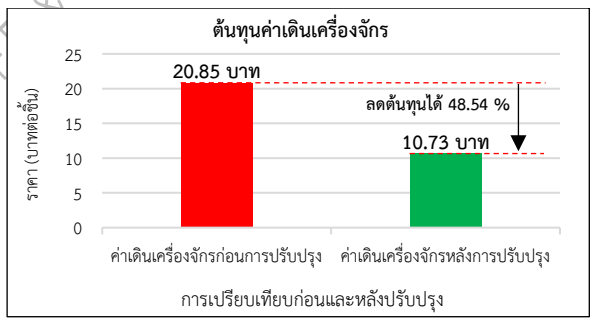
จากภาพที่ 12 หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม 61.27% เป็น 98.37% เพิ่มขึ้นร้อยละ 60.57

3.4 อัตราการผลิตก่อนและปรับปรับปรุง

ตารางที่ 5 แสดงอัตราการผลิตชิ้นงาน

ประสิทธิภาพการผลิต	ก่อนปรับปรุง หน่วย/ชิ้น	หลังปรับปรุง หน่วย/ชิ้น
อัตราการผลิตต่อชั่วโมง	1.35	2.63
อัตราการผลิตต่อวัน	10.38	20.16
อัตราการผลิตต่อเดือน	270.09	524.33

3.5 ต้นทุนการผลิตก่อนและปรับปรับปรุง



ภาพที่ 13 ต้นทุนการผลิตก่อนและปรับปรับปรุง

จากภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรต่อชิ้น ก่อนปรับปรุงมีค่าเดินเครื่องจักรอยู่ที่ 20.85 บาท หลังปรับปรุงลดลงเป็น 10.73 บาทต่อชิ้น ลดได้ 10.12 บาทต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 48.54

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาและแก้ปัญหากระบวนการการผลิตแผ่นมีด ประเภท PCD ด้วยเครื่องจักรตัดเซาะขึ้นรูปแบบอิเล็กโทรด [5] โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS เพื่อปรับปรุงและเพิ่มผลิตภาพการผลิตที่มีรอบเวลาการผลิตสูงในขั้นตอนงานย่อยที่ 8 ของสถานีงานการตัดเซาะขึ้นรูปร่องคายเศษชิ้นงาน [6] สามารถลดเวลาลงในขั้นตอนงานนี้ได้จาก 27.16 นาที ลดลงเหลือ 7.16 นาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 73.64 โดยลดต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรจาก 20.85 บาทต่อชิ้น เป็น 10.73 บาทต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 48.54 เมื่อนำข้อมูลเวลามาตรฐานที่ได้ในการทำงานจริงในสถานีงานก่อนการปรับปรุงกระบวนการและหลังปรับปรุงกระบวนการมาเปรียบเทียบ พบว่าเวลาก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 44.28 นาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงลดเป็น 22.81 นาทีต่อชิ้น ซึ่งสามารถลดเวลาได้ร้อยละ 48.49 [7,8]

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดแผ่นมีด ประเภท PCD สามารถลดรอบเวลามาตรฐานในสายการผลิตสถานีงานที่ 4 ได้ 48.49% สามารถลดเวลางานย่อยในขั้นตอนการตัดเซาะขึ้นรูปร่องคายเศษได้ 73.64% สามารถลดต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรต่อชิ้นได้ถึง 48.54% การทำให้สายการผลิตลดเวลาลง ส่งผลให้มีอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น 9.78 ชิ้นต่อวัน รวมทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ร้อยละ 60.57

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการ และขอขอบคุณบริษัท แฮลเซี่ยนเทคโนโลยี่ จำกัด (มหาชน) ตลอดทั้งหัวหน้างาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้น ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จและเกิดประโยชน์ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว เพื่อน พี่ น้อง หรือบุคคลที่ให้คำปรึกษา พร้อมกับเป็นกำลังใจให้เสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

FTI & RMUTP Fourth Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อนุกูล ภูถมดี. ผู้จัดการ บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี่ จำกัด (มหาชน); 2568.

[2] สุทัศน์ พรมนัส. การปรับปรุงกระบวนการผลิตคัตติ้งทูล ความเที่ยงตรงสูง. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต; 2565.

[3] วันชัย วิจิรวณิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2550.

[4] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. การศึกษางานอุตสาหกรรม. (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย; 2552.

[5] มหาวิทยาลัยเปิด (Open University). การกัดด้วยไฟฟ้า (EDM) และการเจียร (EDG). [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2568 จาก: https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineeringtechnology/manupedia/electrical-dischargemachining-edm-and-grinding-edg.

[6] ศุภฤกษ์ กลิ่นหม่น. การปรับปรุงโดยการใช้หลักการ ECRS. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2568 จาก: https://www.gotoknow.org/posts/541165.

[7] ประเสริฐ อัครประถมพงษ์. การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม; 2552.

[8] Pertiwi AFO, Astuti RD. Increased line efficiency by improved work methods with the ECRS concept in a washing machine production: A case study. Jurnal Sistem & Manajemen Industri. 2020;4(1):67-74. doi:10.30656/jsmi.v4i1.2184

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปรับปรุงเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์ : กรณีศึกษา บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)

Standard Time Improvement in the Manufacturing Process of Cubic Boron Nitride (CBN) Insert Tools: A Case Study of Halcyon Technology Public Company Limited

ธนภัทร เพียขันทา[1*], พิมพ์ชนก อาชา[1], ภาณุพัฒน์ มากศรทรง [1], ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพย์[1] และสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2]

Thanaphat Phiakhantha , Pimchanok Ahcha , Phanuphat Maksornsong [1], Chanon Moolwan[1], Weeraya Kontip [1] and Saharat Wongsisa[2]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Thanaphat Phiakhantha, e-mail address: thanaphat300845@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์ การส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าเป็นปัญหาหลัก เวลาที่ใช้ในสายการผลิตรวมทั้งหมด 49.5 นาทีต่อหน่วย ในสถานีงานเจียระไนร่องพ็อกเก็ต (Walter Grinding) ใช้เวลาการผลิตมากสุด 18.52 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตคิดเป็นร้อยละ 66.82 การแก้ไขใช้หลักการอีซีอาร์เอส (ECRS) นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโปรแกรม โดยเพิ่มอัตราป้อนจาก 30 มิลลิเมตรต่อนาที เป็น 35 มิลลิเมตรต่อนาที การเจียระไนจาก 4 รอบเหลือ 3 รอบ หลังการปรับปรุงเวลาที่ใช้ในสายการผลิตลดลงเหลือ 46.51 นาทีต่อชิ้น ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นคิดร้อยละ 74.90

คำสำคัญ: การปรับปรุงเวลามาตรฐาน; ประสิทธิภาพสายการผลิต; การเจียระไน; คิวบิกโบรอนไนไตรด์ (CBN); หลักการ ECRS

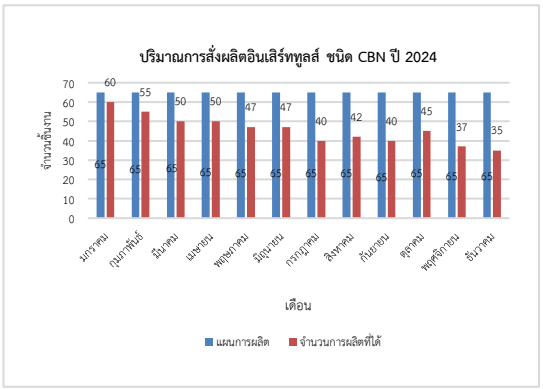
Abstract: This project aims to improve the standard time in the production process for cubic boron nitride insert tools. The main problem identified was delayed product delivery to customers due to a total production time of 49.5 minutes per unit and an overall production efficiency of only 66.82 percent. The Walter Grinding station consumed the highest processing time of 18.52 minutes per unit. The improvement involved applying the ECRS principle to redesign the program by increasing the feed rate from 30 mm/min to 35 mm/min and reducing the grinding process from 4 passes to 3 passes, which reduced the total production time to 46.51 minutes per unit and increased the production efficiency to 74.90 percent.

Keywords: Standard Time Improvement; Production Line Efficiency; Grinding; Cubic Boron Nitride (CBN); ECRS Principle

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

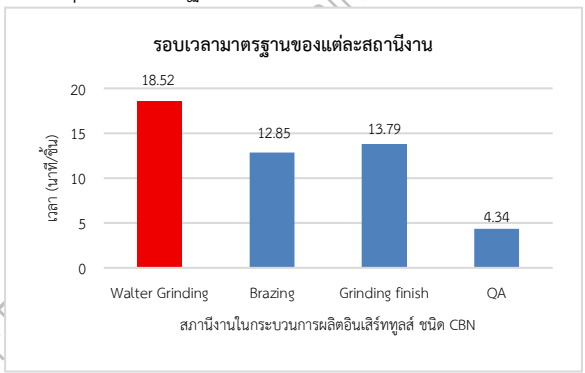
1. บทนำ (Introduction)

บริษัทแฮลเซี่ยน เทคโนโลยี มีการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านเวลาและขั้นตอนในการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และลดต้นทุนการผลิต อันจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในอุตสาหกรรมผู้ผลิตเครื่องมือตัดทั้งในปัจจุบัน และมีความต้องการของท้องตลาดสูง บริษัทจึงให้ความสำคัญต่อความต้องการของลูกค้าทั้งด้านคุณภาพ ปริมาณการส่ง และการส่งมอบเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ [1]



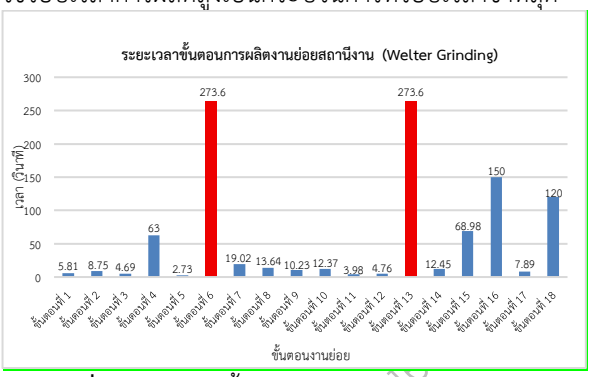
ภาพที่ 1 ปริมาณการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด CBN พ.ศ. 2567

จากข้อมูลการผลิตในภาพที่ 1 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเกิดความล้าช้าในสายการผลิตส่งผลให้การส่งมอบชิ้นงานให้ลูกค้าเกิดความล้าช้าไม่ตรงตามกำหนดการส่งมอบ ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาสูง เพื่อผลิตสินค้าได้ทันตามกำหนดเวลาต่อความต้องการของลูกค้า คณะผู้จัดทำโครงการจึงต้องการปรับปรุงเวลามาตรฐาน [2]



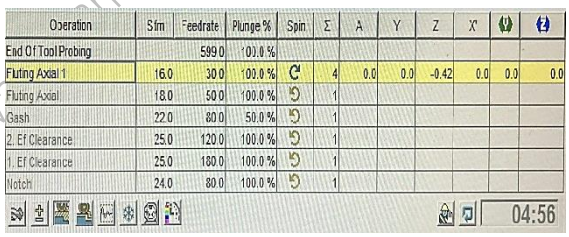
ภาพที่ 2 รอบเวลามาตรฐานในแต่ละสถานีงานในกระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด CBN

จากภาพที่ 2 ในกระบวนการผลิตอินเสิร์ทคัตติ้งทูลส์ ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์ พบว่าใช้เวลาในสายการผลิตรวมทั้งหมด 2,970 วินาที หรือ 49.5 นาทีต่อชิ้น โดยมีสถานีงานที่ใช้รอบเวลาในการผลิตมากที่สุดสุดคือสถานีงาน Walter Grinding เป็นกระบวนการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต โดยใช้รอบเวลาทั้งหมด 1,111.2 วินาที หรือ 18.52 นาที ที่ใช้รอบเวลาการผลิตสูงเป็นกระบวนการที่รอบเวลาช้าที่สุด



ภาพที่ 3 ระยะเวลาขั้นตอนการผลิตงานย่อยสถานีงาน (Welter Grinding)

จากภาพที่ 3 สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตคือขั้นตอนการเจียระไนเปิดร่องพ็อกเก็ตในขั้นตอนงานย่อยที่ 6 และ13 ใช้เวลาในการผลิตสูงสุดจำเป็นต้องทำการปรับปรุงวิธีการและเงื่อนไขในการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต

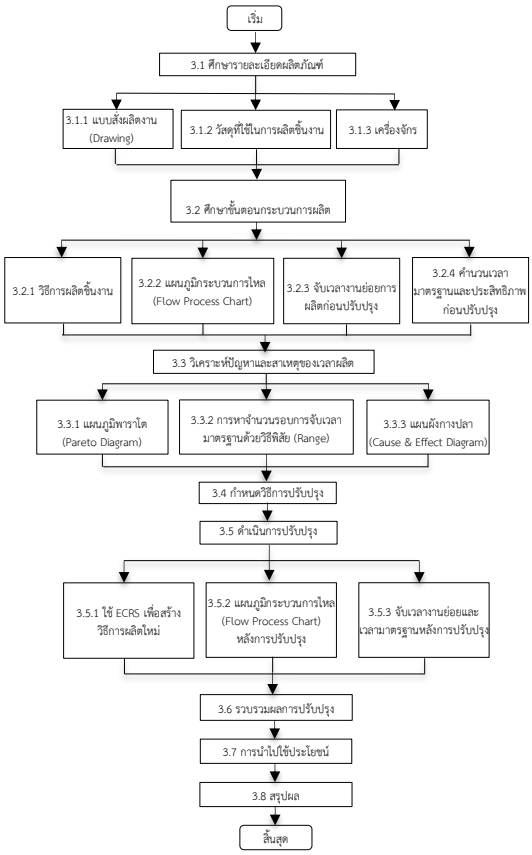


ภาพที่ 4 โปรแกรมแก้ไขขั้นตอนงานย่อยที่ 3 และ 16

จากภาพที่ 4 เป็นการเจียระไนตามแนวชิ้นงาน โดยใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนที่ อัตราป้อน (Feed Rate) 30 มิลลิเมตรต่อนาที อัตราการตัดเฉือน 100% อัตราป้อนลึกครั้งละ 0.42 มิลลิเมตร จำนวน 4 ครั้งต่อการเจียระไนหนึ่งคมตัด ใช้เวลาในการเจียระในเปิดร่องพ็อกเก็ตรวมเท่ากับ 9.12 นาที/ชิ้น คิดเป็น 49.62% ของขั้นตอนงานย่อยในสถานีงาน Water Grinding [3]

ดังนั้น โครงการนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงเวลามาตรฐานของกระบวนการผลิต โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการแก้ไขปัญหา [4] ผู้จัดทำได้ออกแบบและปรับปรุงโปรแกรม เพื่อแก้ไขลดเวลาในการผลิต สถานีงาน Waiter Grinding ในขั้นตอนงานย่อยที่ 6 และ 13 ออกแบบจำนวนรอบหินเจียระไน อัตราป้อนครั้งละ 0.52 มิลลิเมตร จำนวน 3 รอบ อัตราป้อน (Feed Rate) 35มิลลิเมตรต่อนาที ลดเวลามาตราฐานลงอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และลดต้นทุนในการผลิต [5]

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

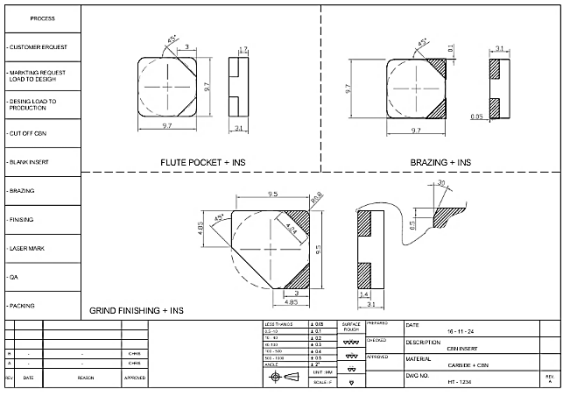


ภาพที่ 5 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินโครงการ

2.1 ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์

2.1.1 แบบสั่งผลิตงาน (Drawing)

วิเคราะห์การตัดขึ้นรูปชิ้นงานของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อินเสิร์ททูลส์ เริ่มตั้งแต่รายละเอียดแบบสั่งผลิตวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานข้อมูลให้มีความเข้าใจก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยมีแบบสั่งผลิตที่ใช้ในการผลิต ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แบบสั่งผลิตชิ้นงาน

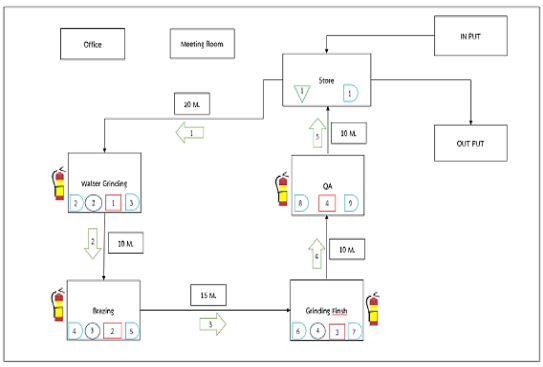
2.1.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน

1) ทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide) เกรด K10 มีสูตรเคมีคือ WC ในรูปพื้นฐานจะมีลักษณะเป็นผงสีเทาละเอียด มี 2 โครงสร้างคือแบบหกเหลี่ยม และแบบลูกบาศก์

2) คิวบิกโบรอนไนไตรด์ (Cubic Boron Nitride: CBN) เป็นวัสดุเซรามิกสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ มีคุณสมบัติด้านความแข็งและความทนทานสูง โดยมีค่าความแข็งรองจากเพชรเท่านั้น จุดเด่นสำคัญคือสามารถทนต่ออุณหภูมิสูง

2.2 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนก

2.2.1 วิธีการผลิตชิ้นงาน



ภาพที่ 7 แสดงวิธีการผลิตชิ้นงานในโรงงาน

ปัจจุบันดำเนินการผลิตช่วงเวลา 07:00น. – 16:00น. และมีพนักงานที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด 4 คนสามารถแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 4 กระบวนการดังนี้ กระบวนการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต (Walter Grinding) กระบวนการเชื่อม CBN (Brazing) กระบวนการเจียระไนขึ้นรูป (Grinding finish) และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control)

2.2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

การศึกษาขั้นตอนการผลิตชิ้นงานกระบวนการทำงานในสถานีงาน โดยจัดทำเป็น ตารางแผนภูมิการทำงาน Flow Process Chart ซึ่งมีทั้งกระบวนการทำงาน ขั้นตอนการทำงาน ระยะทาง เวลา และสัญลักษณ์การปฏิบัติงาน

FTI Sustainable Industrial Innovation Conference 2025

ตารางที่ 1 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

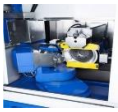
แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)									
☐คน ☑วัสดุ ☐เครื่องจักร หมายเลข 004 แผนที่ 1 ชื่อโรงงาน : Halcyon Technology PLC. กรรมวิธี : การเจียระไนร่องพ็อกเก็ต ☑ปัจจุบัน ☐เสนอ ตำแหน่งที่ตั้ง : แผนก Walter Grinding ผู้บันทึก : นายธภัทร เพียรขันทา				สรุป					
				สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลด	
				ปฏิบัติการ	○	8			
				เคลื่อนย้าย	⇨	3			
				รอคอย	D	5			
				ตรวจสอบ	□	2			
				เก็บรักษา	▽	-			
				ระยะทาง (เมตร)		16			
				เวลา (วินาที)		1,055.5			
ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยสายตา	1	-	5.81						
ชิ้นงานถูกนำใส่จิ๊กชั้นด้วยหกเหลี่ยม	1	-	8.75						
ชิ้นงานรอคอยปิดประตูเครื่องจักร	1	-	4.69						
ชิ้นงานรอคอยตรวจสอบโปรแกรมเจียระไน	1	-	63						
ชิ้นงานรอคอยส่งโปรแกรมที่เครื่อง CNC Walter	1	-	2.73						
ชิ้นงานถูกเจียระไน	1	-	273.6						
ชิ้นงานรอคอยเปิดประตูเครื่องจักร	1	-	19.02						
ใช้ประแจหกเหลี่ยมขันจิ๊กจับชิ้นงาน	1	-	13.64						
หมุนชิ้นงานไสอีกด้าน	1	-	10.23						
ใช้ประแจหกเหลี่ยมขันจิ๊กล็อคชิ้นงาน	1	-	12.34						
ปิดประตูเครื่องจักร	1	-	3.98						
ส่งโปรแกรม	1	-	4.76						
งานถูกเจียระไน	1	-	273.6						
ชิ้นงานรอคอยเปิดประตูเครื่องจักร	1	-	12.45						
ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปตรวจสอบ	1	3	68.98						
ชิ้นงานถูกตรวจสอบ	1	-	150						
นำชิ้นงานไปใส่ถาดใส่ชิ้นงาน	1	3	7.89						
ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีถัดไป	1	10	120						

สถานีงานเจียระไนร่องพ็อกเก็ต (Walter Grinding)

สรุปขั้นตอนการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต มีทั้งหมด 18 ขั้นตอน ใช้เวลา 1,055.5 วินาที

2.2.3 ศึกษาเวลามาตรฐาน

ตารางที่ 2 เวลามาตรฐานสายการผลิตก่อนปรับปรุง

ตารางมาตรฐานการผลิต อินเสิร์ททูลส์ ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์						
สถานีงาน	รายละเอียดงาน	รูปภาพ	เวลาผลิต (วินาที)	เวลาเผื่อ (วินาที)	เวลามาตรฐาน (นาที)	(ชม.)
1	งานเจียระไนเปิดร่อง Pocket อินเสิร์ททูลส์ (Walter Grinding)		1,055.5	5%	18.52	0.31
2	งานเชื่อมประสาน CBN ติดกับอินเสิร์ททูลส์ (Brazing)		732.5	5%	12.85	0.21
3	งานเจียระไนขึ้นรูป ตามแบบสั่งผลิต (Grinding finish)		786.17	5%	13.79	0.23
4	ตรวจสอบคุณภาพ หลังเจียระไนขึ้นรูปชิ้นงาน (QA)		247.66	5%	4.34	0.07
รวมเวลา อินเสิร์ททูลส์ ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์			2,821.83	5%	49.5	0.83

คำนวณเวลามาตรฐานสถานีงานที่ 4

กำหนดเวลาเผื่อเวลามาตรฐานเท่ากับ 5.0%

เวลาเผื่อกิจส่วนตัวของพนักงาน 1.5%

เวลาเผื่อความเมื่อยล้าของพนักงาน 2.0%

เวลาเผื่อความล่าช้า 1.5 %

1) เวลาปกติในการผลิต = (เวลาปกติ x 100) / (100)

= ((1,055.5/60) x 100) / (100)

= 17.59 นาที

2) เวลามาตรฐาน = (เวลาปกติ x 100%) / (100%-5%)

=((1,055.5/60) x 100%)/(100% - 5%)

= 18.52 นาที/ชิ้น

เวลามาตรฐานในสถานีงานเจียระไนร่องพ็อกเก็ต เท่ากับ 18.52

2.2.4 ประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุง

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\ (\text{จำนวนสถานี})} X100$$

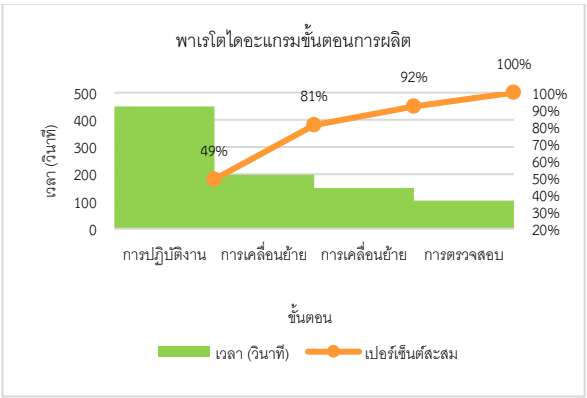
$$= \frac{(49.5)}{(18.52)\ (4)} X\ 100$$

= 66.82%

ประสิทธิภาพสายการผลิต (ปัจจุบัน) = 66.82%

2.3 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของเวลาผลิต

2.3.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

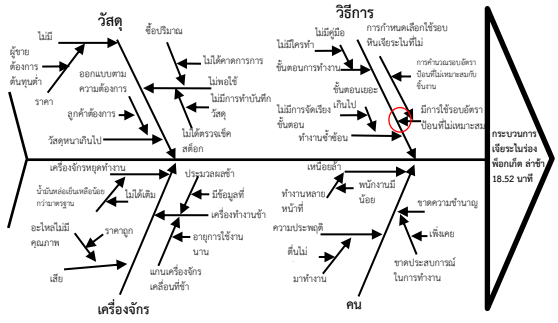


ภาพที่ 8 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แสดงเวลาของกระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด CBN ขนาดไดมิเตอร์ 9.5 มิลลิเมตร หนา 3.1 มิลลิเมตร ในสถานีงานที่ 1 การเจียระไนร่องพ็อกเก็ต (Walter Grinding) ซึ่งแบ่งตามสัญลักษณ์เป็น การปฏิบัติการ การตรวจสอบ การเคลื่อนย้าย และการรอคอย กระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้คือ การปฏิบัติการ ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 49 % ของสถานีงาน การปรับปรุงครั้งนี้ใช้หลักการ 80 : 20 ของการใช้ผังพาเรโตไดอะแกรมเพื่อแก้ไขปัญหา

FTI & RMUTP 14th Global Industrial Innovation and Management Conference 2025

2.3.2 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)



ภาพที่ 9 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

แสดงการวิเคราะห์ผังก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากวิธีการ โดยสาเหตุคือกระบวนการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต มีสาเหตุย่อยที่เกิดจากการใช้อัตราป้อนเจียระไนร่องพ็อกเก็ต จำนวน 4 รอบ รอบละ 0.42 มิลลิเมตร ส่งผลให้กระบวนการเจียระไนร่องพ็อกเก็ตล่าช้า 18.52 นาที

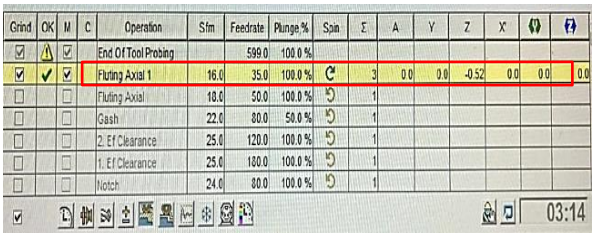
ผู้จัดทำได้แก้ไขโปรแกรม โดยใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนที่ อัตราป้อนลึกครั้งละ 0.52 มิลลิเมตร จำนวน 3 ครั้งต่อหนึ่ง คมตัด Spindleหมุน ตามเข็มนาฬิกา Spindle หมุนด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ผลจากการศึกษาจึง ทำการวิเคราะห์การทำงานและเสนอแนวทางการทำงานที่ใช้เวลาในการผลิตต่อหน่วยน้อยลง ลดเวลา มาตรฐานของกระบวนการโดยการใช้หลักการ ECRS

2.4 ดำเนินการปรับปรุง

2.4.1 ใช้หลักการ ECRS เพื่อสร้างวิธีการผลิตใหม่

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ขั้นตอนที่ 8 ด้วยหลักการ ECRS

ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างอื่นทำได้ไหม
ออกแบบโปรแกรมเจียระไนร่องพ็อกเก็ตงานย่อยที่ 6 และ 13 ปรับอัตราป้อนรอบ จำนวน 3 รอบละ 0.52 มิลลิเมตร อัตราการตัดเฉือน 100% ใช้เวลาในการเจียระไนลดลงเหลือ 376.8 วินาที/ชิ้น	เนื่องจาก เป็นการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต ให้ได้ตามแบบสั่งผลิต โดยจากเดิมจะใช้อัตราป้อนรอบหยาบจำนวน 4 รอบ รอบละ 0.42 มิลลิเมตรใช้เวลาในการเจียระไนงานย่อยที่ 6 และ 13 รวมเวลา 548 วินาที/ชิ้น	ได้ โดยการปรับลักษณะการเจียระไนร่องพ็อกเก็ต โดยโปรแกรม Tool Studio
ทำอย่างไร	**ทำไมต้องทำอย่างนั้น**	**ทำวิธีอื่นได้ไหม**
นำชิ้นงานมาเจียระไนร่องพ็อกเก็ตตามแบบสั่งผลิต	เพราะต้องทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกันไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้	ได้โดยใช้หลักการจัดใหม่ (Rearrange) ในการเจียระไนชิ้นรูป ในสถานีที่ 1 โดยใช้เครื่องจักร (CNC Walter Grinding)
ใครทำ	**ทำไมต้องคนนั้น**	**คนอื่นทำได้ไหม**
นายธนภัทร เพียขันทา อายุ 23 ปี อายุงาน 28 เดือน ความชำนาญการการควบคุม เครื่องจักรอัตโนมัติ Waiter Grinding ทักษะอยู่ในเกณฑ์ดีมาก	เนื่องจากมีความชำนาญ การใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี (Walter Grinding) และทักษะการเจียระไนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี	ได้แต่ต้องเป็นพนักงาน ในแผนก เป็นเครื่องจักรซีเอ็นซี (Walter Grinding) ทั้งหมด
ทำที่ไหน	**ทำไมต้องทำที่นั้น**	**ทำที่อื่นได้ไหม**
ที่แผนก CNC โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี (Walter Grinding) เจียระไนชิ้นรูปอัตโนมัติ ในขั้นตอนการเจียระไนชิ้นรูปร่องพ็อกเก็ต	เพราะเป็นเครื่องจักร 5 แกนที่สามารถเจียระไนชิ้นรูปอัตโนมัติได้ เป็นการกำหนดไว้ให้ปรับปรุง สายการผลิตเพราะใช้เวลาใน กระบวนการผลิตสูง	ได้ เพราะมีเครื่องลักษณะเจียระไนชิ้นรูปที่เหมือนกัน
ทำเมื่อไหร่	**ทำไมต้องทำเวลานั้น/ขั้นตอนนั้น**	**ทำเวลา/ขั้นตอนอื่นได้ไหม**
นำชิ้นงานมาเจียระไนร่องพ็อกเก็ตตามแบบสั่งผลิต	เพื่อให้เป็นไปตามแบบสั่งผลิตของงานที่ได้ออกแบบไว้และสถานีงาน อื่นก็สามารทำงานต่อไปได้จน เสร็จสิ้นกระบวนการ	ได้โดยใช้หลักการจัดใหม่ (Rearrange) ในการเจียระไนชิ้นรูป ในสถานีที่ 1 โดยใช้เครื่องจักร (CNC Walter Grinding)



ภาพที่ 10 ออกแบบแก้ไขโปรแกรมเจียระไนร่องพ็อกเก็ต

จากภาพที่ 10 โปรแกรมหลังการปรับปรุงแก้ไขแสดงภาพโปรแกรมหลังการปรับปรุงแก้ไข โดยใช้อัตราป้อน 3 รอบ รอบละ 0.52 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 35 mm/s เวลาอยู่ที่ 3.14 นาที

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลที่ได้จากการทดลองหลังจากการเจียระไน

ลำดับที่	ผลที่ได้หลังจากการเจียระไน	รูปภาพ
1	การใช้ความเร็ว ตัดที่ 30 (mm/min) อัตราป้อน จำนวน 5 รอบ รอบละ 0.42 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด 100 mm/s โดยกินจากบนลงล่างเป็นแนวเส้นตรง ผิวชิ้นงานจะเป็นสเต็ป ใช้เวลา 6.07 นาที/คมตัด	NG
2	การใช้ความเร็ว ตัดที่ 30 (mm/min) อัตราป้อน จำนวน 5 รอบ รอบละ 0.42 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด 100 mm/s โดยกินจากล่างขึ้นบนเป็นแนวเส้นตรง สามารถยอมรับได้ ใช้เวลา 6.07 นาที/คมตัด	
3	การใช้ความเร็ว ตัดที่ 35 (mm/min) อัตราป้อน จำนวน 3 รอบ รอบละ 0.52 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด 100 mm/s โดยกินจากล่างขึ้นบนเป็นแนวเส้นตรง สามารถยอมรับได้ ใช้เวลา 3.14 นาที/คมตัด	OK
4	การใช้ความเร็ว ตัดที่ 40 (mm/min) อัตราป้อน จำนวน 3 รอบ รอบละ 0.62 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด 100 mm/s โดยกินจากล่างขึ้นบนเป็นแนวเส้นตรง มุมชิ้นงานมีรัศมีโค้งเกินค่าที่กำหนด มีผลต่อสถานีงานถัดไป ใช้เวลา 2.57 นาที/คมตัด	NG

ภาพที่ 11 ผลที่ได้หลังจากการทดลองเจียระไน

ตารางที่ 4 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลหลังปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

หมายเลข 004 แผนที่ 1
ชื่อโรงงาน : Halcyon Technology PLC.
กรรมวิธี : การเจียระไนร่องพ็อกเก็ต
☑ ปัจจุบัน ☐ เสนอ
ตำแหน่งที่ตั้ง : แผนก Walter Grinding
ผู้บันทึก : นายธภัทร เพียรขันทา

สรุป

สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	8	8	-
เคลื่อนย้าย ⇨	3	3	-
รอคอย D	5	5	-
ตรวจสอบ □	2	2	-
เก็บรักษา ▽	-	-	-
ระยะทาง (เมตร)	16	16	-
เวลา (วินาที)	1,055.5	885.1	170.2

ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยสายตา	1	-	5.81		
ชิ้นงานถูกนำไสจิ๊กขันด้วยหกเหลี่ยม	1	-	8.75		
ชิ้นงานรอคอยปิดประตูเครื่องจักร	1	-	4.69		
ชิ้นงานรอคอยตรวจสอบโปรแกรมเจียระไน	1	-	63		
ชิ้นงานรอคอยส่งโปรแกรมที่เครื่อง CNC Walter	1	-	2.73		
ชิ้นงานถูกเจียระไน	1	-	188.5		
ชิ้นงานรอคอยเปิดประตูเครื่องจักร	1	-	19.02		
ใช้ประแจหกเหลี่ยมขันจิ๊กจับชิ้นงาน	1	-	13.64		
หมุนชิ้นงานไสอีกด้าน	1	-	10.23		
ใช้ประแจหกเหลี่ยมขันจิ๊กล็อคชิ้นงาน	1	-	12.34		
ปิดประตูเครื่องจักร	1	-	3.98		
ส่งโปรแกรม	1	-	4.76		
งานถูกเจียระไน	1	-	188.5		
ชิ้นงานรอคอยเปิดประตูเครื่องจักร	1	-	12.45		
ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปตรวจสอบ	1	3	68.98		
ชิ้นงานถูกตรวจสอบ	1	-	150		
นำชิ้นงานไปใส่ถาดใส่ชิ้นงาน	1	3	7.89		
ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีถัดไป	1	10	120		

สถานีงานเจียระไนร่องพ็อกเก็ต (Walter Grinding)

FTI & RMUTP 4th Global Science Industrial Innovation and Management Conference 2025

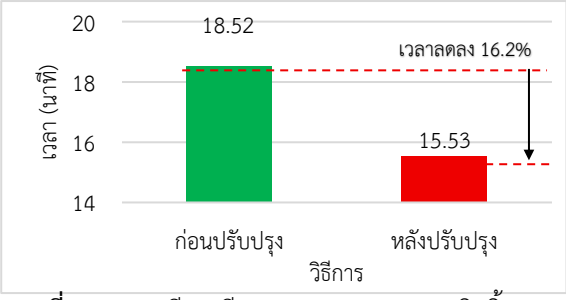
จากตารางที่ 4 แผนภูมิกระบวนการไหลหลังการปรับปรุง เวลาการผลิตก่อนการปรับปรุงโปรแกรมจะได้เวลา 1,055.5 วินาที และหลังจากผู้จัดทำได้ทำการแก้ไขโปรแกรมเพิ่มเติม จะได้เวลาลดลงเหลือ 885.1 วินาทีต่อชิ้น

3.2 เวลามาตรฐานสายการผลิตหลังปรับปรุง

กำหนดเวลาผื่อเวลามาตรฐานเท่ากับ 5.0%

1) เวลาปกติในการผลิต = (เวลาปกติ x 100) / (100)
= ((885.1/60) x 100) / (100)
= 14.75 วินาที

2) เวลามาตรฐาน = (เวลาปกติ x 100%) / (100%-5%)
= (14.75 x 100%) / (100% - 5%)
= 15.53 วินาที/ชิ้น



ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานการผลิตชิ้นงาน

3.3 ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุง

กระบวนการผลิต	เวลามาตรฐาน (นาที)	เวลาที่เสียต่อหน่วย (นาที)
1. งานเจียระไนเปิดร่องพ็อกเก็ตอินเสิร์ททูลส์ (Walter)	15.53	-
2. งานเชื่อมประสาน CBN ติดกับอินเสิร์ททูลส์ (Brazing)	12.13	3.4
3. งานเจียระไนขึ้นรูป ตามแบบสั่งผลิต (Waida)	14.69	0.84
4. ตรวจสอบคุณภาพ หลังเจียระไนขึ้นรูปขั้นงาน (QA)	3.46	12.07
รอบเวลาการผลิตของสถานีงานเท่ากับ 15.53 นาที		

ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานการผลิตชิ้นงาน

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต}) \, (\text{จำนวนสถานี})} \text{X100} \quad \textbf{(5)}$$

$$= \frac{(46.53)}{(15.53) \, (4)} \text{ X 100} \qquad = 74.90\%$$

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาและแก้ปัญหากระบวนการผลิตอินเสิร์ททูลส์ ชนิด CBN ด้วยเครื่องจักร CNC WALTER GRINDING โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS [6] เพื่อปรับปรุงเวลามาตรฐาน ที่มีรอบเวลาการผลิตสูงในขั้นตอนงานย่อยที่ 6 และ 13 ของสถานีงาน Walter Grinding จากเดิมรวมใช้เวลา 9.12 นาทีต่อชิ้น เป็น 6.13 นาทีต่อชิ้น เมื่อนำข้อมูลเวลามาตรฐานที่ได้ในการทำงานจริงในสถานีงานก่อนการปรับปรุง และหลักการปรับปรุงเท่ากับ18.52 นาทีต่อชิ้น เป็น 15.53 นาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาได้ร้อยละ 16.2 นาที

5. สรุปผล (Conclusion)

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาและปรับปรุงเวลามาตรฐานอินเสิร์ททูล ชนิด คิวบิกโบรอนไนไตรด์ โดยการออกแบบโปรแกรมเพื่อปรับปรุงปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะการใช้ความเร็วป้อน (Feed Rate) ในการเจียระไน โดยใช้เครื่องมือ QC7 Tools ผังก้างปลา หลัก5W1H และแนวคิด ECRS เพื่อตรวจสอบและแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต ผลการวิเคราะห์พบว่า เวลาสายการผลิตรวมทั้งหมดจากเดิม 49.5 นาที เป็น 46.51 นาที ลงลด 2.99 นาทีต่อชิ้น สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ตามแผน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการ และขอขอบคุณ บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) ตลอดทั้งหัวหน้างาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อนุกูล ภูถมดี ผู้จัดการ บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน); 2568.

[2] จิตราภา รักษา. การปรับปรุงและลดเวลากระบวนการทำงาน กรณีศึกษาเฟอร์นิเจอร์นำเข้าจากต่างประเทศ. สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2567.

[3] สุทัศน์ พรมนัส. การปรับปรุงกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลความเที่ยงตรงสูง. มหาวิทยาลัย เกษมบัณฑิต; 2565.

[4] ศุภฤกษ์ กลิ่นหม่น. การปรับปรุงโดยการใช้หลักการ ECRS. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2568 จาก : https://www.gotoknow.org/posts; 2559.

[5] สฤษดิ์ โตโพธิ์กลาง. การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการ ผลิตเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาบริหารธุรกิจ. วิทยาลัย พาณิชยศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559.

[6] วันชัย วิจิรวณิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2550.

FTI & RMUTP 4th Sustainable Innovation and Management Conference 2025

การลดของเสียในการผลิต CBN Cutting Tools ชนิด BORAZONRING 2×3.65 mm ผ่านการออกแบบอุปกรณ์ใหม่

Waste Reduction in the Production of CBN Cutting Tools (BORAZONRING 2×3.65 mm) through the Design of a New Grinding Device

นพดล เศษรัมย์[1], อภิสิทธิ์ ประเสริฐูศรี[1], ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพย์[1], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] ณิชาพัฒน์ กิตติราช[3] และ สกล เกตุสุวรรณ[3]

Nophadon Sedram[1], Apisit Prasertsri[1], Chanon Moolwan[1], Weeraya Kontip[1], Saharat Wongsisa[2] Nichaphat Kittirach[3] and Sakon Ketsuwan[3]

[1] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตกรุงเทพมหานคร 105101 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[3*] บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด 115 หมู่ 2 ถนนบางพลี-ตำหรุ ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10280

[1] Project in College within the WorkplaceIndustrial Engineering ProgramFaculty of Engineering Kasem Bundit University60 Romklao Road, Bangkok 10510

[2] Program in Industrial Management Engineering for SustainabilityFaculty of EngineeringRajamangala University of Technology Phra Nakhon1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800

[3*]J.K. Precision Co., Ltd.115 Moo 2, Bang Phli–Tamru Road,Phraeksa Mai Sub-district, Mueang Samut Prakan District,Samut Prakan Province 10280

*Coressponding author: Nopahadon Sedram, e-mail address: nopadolmos466@gmail.com

บทคัดย่อ : โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดคิวบิกโบรอนไนไตรด์ โดยชิ้นงานเป็นมีดกลึงเซาะร่อง BORAZONRING ขนาด 2 × 3.65 มิลลิเมตร ปัญหาคือชิ้นงานมีขนาดความโตของคมตัดไม่ตรงตามแบบเนื่องจากวิธีการลับหินแบบแห่งทำให้หน้าหินไม่เรียบ ส่งผลต่อการเจียระไนควบคุมขนาดคมตัด การแก้ไขได้ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS และแผนภูมิพาเรโต โดยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ลับหน้าหินที่ติดตั้งกับแกนเครื่องเจียระไน หลังการปรับปรุงอัตราของเสียลดลงจากร้อยละ 7.33 เหลือเพียงร้อยละ 0.5

คำสำคัญ : หลักการ ECRS; การลดของเสีย; การเจียระไน; อุปกรณ์ลับหน้าหิน; เครื่องมือตัด

Abstract : This study focused on reducing waste in the production of cubic boron nitride (CBN) cutting tools, specifically BORAZONRING grooving inserts (2 × 3.65 mm). The main defect involved out-of-spec cutting edge diameters, caused by uneven grinding wheel surfaces from stick-type dressing. By applying ECRS principles and Pareto analysis, a new spindle-mounted dressing device was developed. As a result, the waste rate was reduced from 7.33 to 0.5, indicating a substantial improvement in process efficiency.

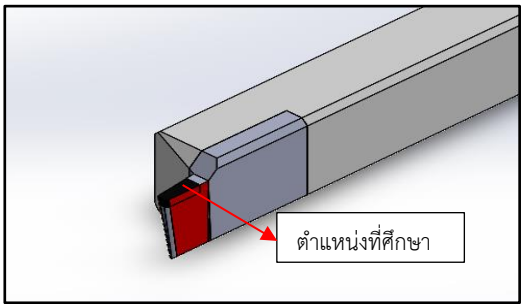
Keywords : ECRS Principle; Waste Reduction; Grinding; grinding wheel dressing device; Cutting Tools

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

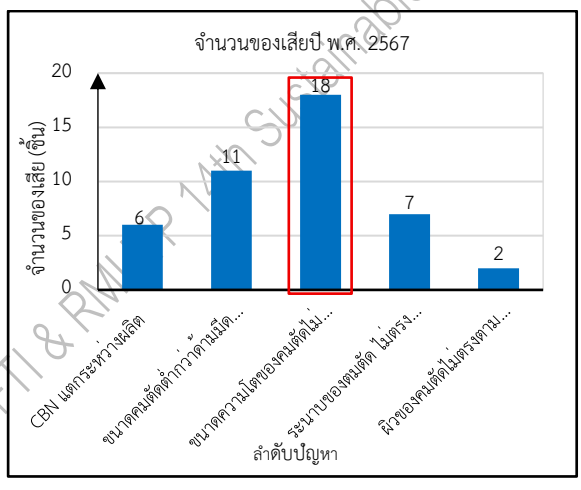
บริษัท เจ. เค. พรีซิชั่น จำกัด เมื่อปี พ.ศ. 2547 เป็นผู้ผลิตสินค้า ประเภท Cutting Tools และ Special Tools ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมทั่วไป

สถานีงานเจียระไนขึ้นรูปคมตัดเป็นการเจียระไนขึ้นรูปคมตัดด้วยเครื่องจักร MANUAL (EWAG RS-03) โดยใช้หินเจียระไนประเภท (G-TEC #600, 2500) ขนาด 6×20×150 มิลลิเมตร [1] [2]



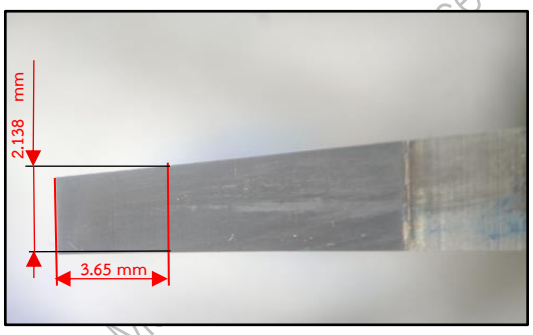
ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์มีดกลึงคมตัด CBN รุ่น SEMI

โครงการนี้ได้เลือกทำการศึกษาคัตติ้งทูลส์ มีดกลึงเซาะร่อง (CBN) เป็นมีดกลึงที่มี การผลิตมากที่สุดในปี พ.ศ. 2567 มีจำนวนการสั่งผลิต 1,920 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 37.71 เฉลี่ย 160 ชิ้นต่อเดือน และเป็นมีดกลึง ที่มีการผลิตมากที่สุดในสถานีเจียระไนขึ้นรูปคมตัด Tool grinding 3 (TG3) [1]



ภาพที่ 2 ปัญหาของเสียในกระบวนการเจียระไนขึ้นรูปคมมีดกลึงเซาะร่อง (CBN)

จากภาพที่ 2 แสดงประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตในปี พ.ศ. 2567 งานเสียทั้งหมด 44 ชิ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือขนาดความโตของคมตัดไม่ตรงตามแบบ (2.125 +0.004 -0.0) มีจำนวน งานเสีย 18 ชิ้นต่อปีคิดเป็นร้อยละ 3 สาเหตุเกิดจาก วิธีการลับคมหน้าหินแบบเดิม จะใช้หินลับแบบแท่งซึ่งใช้มือในการจับหินโดยตรงเพื่อลับหน้าหินให้คม อาจเกินอันตรายจากการลับหิน และทำให้หน้าหินเจียระไนเกิดความไม่เที่ยงตรงเพราะการลับหน้าหินด้วยมือเกิดแรงกดไม่เท่ากันทำให้หน้าหินเจียระไนเอียง 0.1° ~ 0.5°



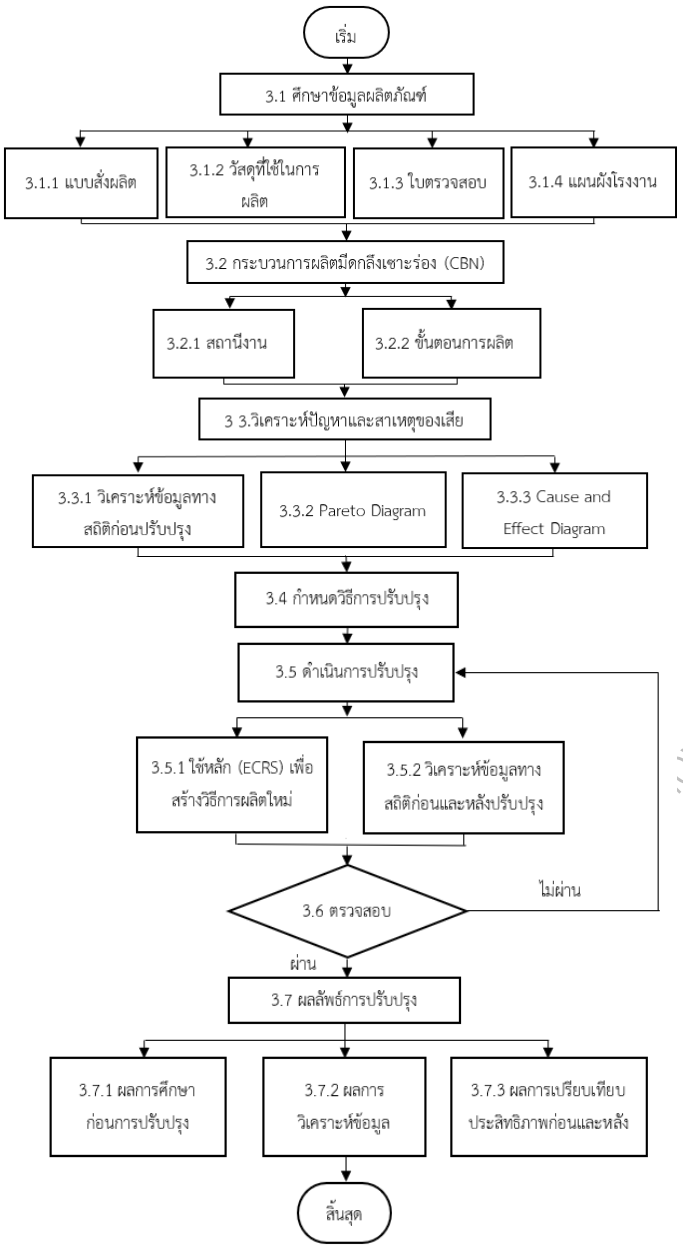
ภาพที่ 3 ขนาดความโตของคมตัดไม่ตรงตามแบบ [2]

จากฐานข้อมูลงานเสีย (Defect) พบว่าในกระบวนการผลิตปัจจุบันมีงานเสียคิดเป็นร้อยละ 7.33 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้และไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ด้านคุณภาพขององค์กรปัญหานี้สะท้อนให้เห็นถึงความบกพร่องในวิธีการและขั้นตอนการปฏิบัติงานหากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และการมองหาแนวทางใหม่ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงรูปแบบ และวิธีการเพื่อลดของเสีย จะช่วยให้องค์กรสามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้ดีขึ้นการลดของเสียไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่ยังส่งผลต่อการลดต้นทุนการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า และทำให้องค์กรสามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

โครงการนี้ต้องการควบคุมของเสียด้วยวิธีการออกแบบอุปกรณ์ลับคมหน้าหินเจียระไนแบบใหม่ เพื่อลดของเสียโดยผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสารทางเทคนิค ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของอำนาจ มีแสง (2554) ศึกษาการออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการตัดท่อยาง พบว่าเครื่องมือที่ออกแบบสามารถขึ้นรูปท่อยางให้มีขนาดตามต้องการ ลดการทิ้งเศษวัตถุดิบลง 100% คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ย 221,870 บาทต่อเดือน พร้อมระยะเวลาคืนทุนของเครื่องมือจับยึดชิ้นงาน [3]

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

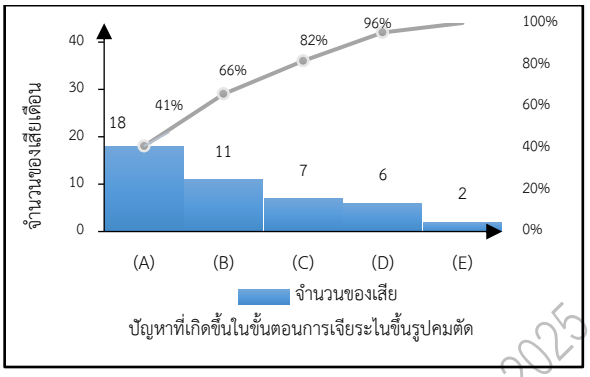
2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 5 วิธีดำเนินโครงการ [1]

2.1 Define Phase (การกำหนดปัญหา)

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตย้อนหลังจำนวน 1 ปี เพื่อตรวจสอบสัดส่วนข้อบกพร่องในกระบวนการเจียระไนขึ้นรูปคมตัดมีดกลึงเซาะร่อง (CBN) โดยใช้หลักการพาเรโต“80 : 20” [4]



ภาพที่ 6 แผนภูมิพาเรโตจำแนกข้อมูลชิ้นเสียปี พ.ศ 2567

ผลการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) พบว่าปัญหาหลักที่มีสัดส่วนสูงที่สุดคือ ขนาดความโตของคมตัดไม่ตรงตามแบบ (A) มีจำนวนของเสียร้อยละ 41

2.2 Measure Phase (การวัด)

ทำการศึกษาขั้นตอนการเจียระไนขึ้นรูปคมตัดตั้งแต่การเตรียมชิ้นงานจนถึงการตรวจสอบขั้นสุดท้าย พร้อมกำหนดตัวชี้วัดคุณภาพ ได้แก่ สัดส่วนงานเสีย เวลาการผลิต และจำนวนของเสีย จากนั้นจึงเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากสายการผลิตจริง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการสุ่มตรวจซ้ำ

ตารางกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

คน วัสดุ เครื่องจักร

หมายเลข 15 แผ่นที่ 15 ใน 15 แผ่น
ชื่อโรงงาน : JK PRECISION CO.;LTD
กรรมวิธี : การผลิตมีดกลึง CBN ไอเทมSEMI BORAZON RING
ปัจจุบัน เสนอ
ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต
ผู้บันทึก : นายอภิสิทธิ์ ประเสริฐศรี

สรุป

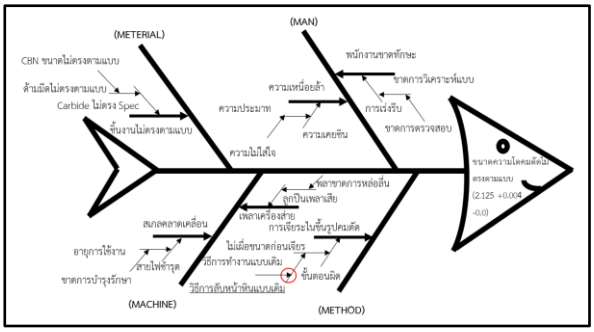
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง
ปฏิบัติการ	38		-
เคลื่อนย้าย	29		-
รอคอย	65		-
ตรวจสอบ	36		-
เก็บรักษา	2		-
ระยะทาง (เมตร)	198		-
เวลา (นาที)	332.73		-

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
163	CBN ถูก Horning	1	-	1.49		งานเจียระไน Horning (TG4)
164	ตรวจสอบชิ้นงาน	1	-	0.29		
165	เคลื่อนย้ายงานลงกล่อง	1	0.5	0.45		
166	ย้ายไปสถานีถัดไป	1	12	-		
167	ชิ้นงานรอตรวจสอบ	1	-	-		งานตรวจสอบคุณภาพ (QC3)
168	ตรวจสอบชิ้นงาน	1	-	-		
169	บันทึกข้อมูลตรวจสอบ	1	-	-		
170	ชิ้นงานรอคอยจัดส่ง	1	-	-		

ภาพที่ 7 กระบวนการไหลการผลิตด้ามมีดกลึง [4]

FTI & RMUTP Quality and Management Conference 2025

2.3 Analyze Phase (การวิเคราะห์)



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์สาเหตุด้วยแผนภูมิ (Cause-and-Effect Diagram)

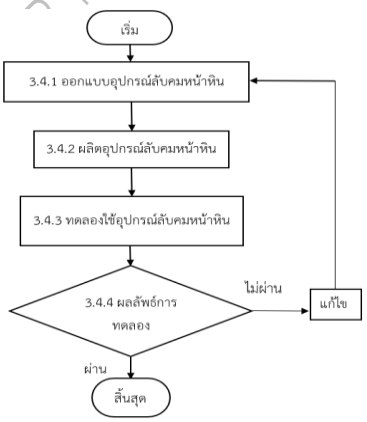
ใช้ผังสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อรอยเชื่อมจากนั้นได้ทำ (Process-Mapping) เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงในแต่ละจุดของสายการผลิตผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุหลักที่มีผลต่อคุณภาพ ได้แก่ การควบคุมขนาดความโตของคมตัดวิธีการลับคมหน้าหินแบบเดิม

2.4 Improve Phase (การปรับปรุง)

จากการวิเคราะห์ได้กำหนดแนวทางปรับปรุงดังนี้

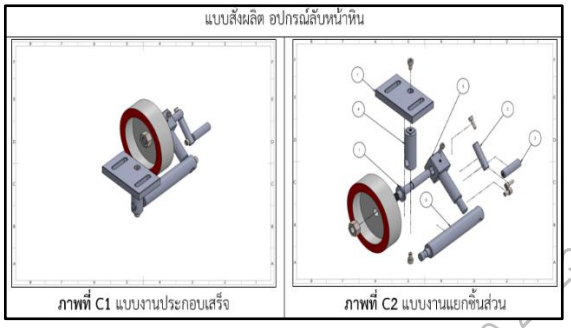
2.4.1 กำหนดแผนขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สาเหตุปัญหา โดยเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบกับกระบวนการมากที่สุดคือไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการลับคมหน้าหินเจียระไนมาทำการปรับปรุงโดยการออกแบบอุปกรณ์ลับคมหน้าหินเฉพาะทาง เพื่อแก้ปัญหาความหนาคมตัดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต

2.4.2 กำหนดแผนการปรับปรุง



ภาพที่ 9 ผังแสดงลำดับขั้นตอนดำเนินการแก้ปัญหา

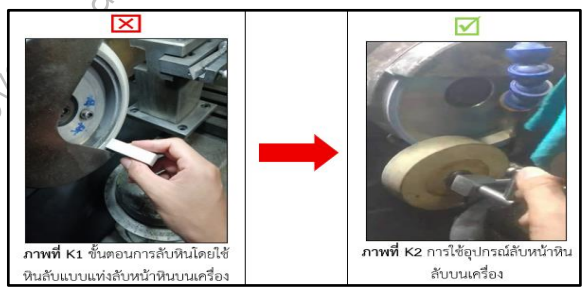
2.4.3 ออกแบบอุปกรณ์ลับคมหน้าหิน



ภาพที่ 10 แบบสั่งผลิตอุปกรณ์ลับหน้าหิน

2.4.4 ดำเนินการปรับปรุง

2.4.4.1 ใช้หลักการ (ECRS) เพื่อสร้างวิธีการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตใหม่ เปลี่ยนขั้นตอนลับหน้าหินจากการใช้หินลับหน้าหินแบบแท่งเป็นการใช้ อุปกรณ์ลับหน้าหินแทน เพื่อทำให้การเจียระไนขึ้นรูปคมตัดสะดวกยิ่งขึ้น และมีความปลอดภัยในการใช้งาน [5]



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบขั้นตอนการลับคมหน้าหินก่อนและหลังปรับปรุง [6]

S - Simplify (ทำให้ง่าย) คือการลดขั้นตอนที่ซับซ้อนให้กลายเป็นกระบวนการที่ตรงไปตรงมาวิธีการเดิม (ภาพ K1) : การลับคมหินเจียระไน โดยใช้หินลับหน้าแบบแท่ง ซึ่งต้องอาศัยทักษะ และความแม่นยำสูงจากผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงในการใช้งาน

วิธีการปรับปรุง (ภาพ K2) : เปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ลับหน้าหินที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะทาง ซึ่งช่วยให้กระบวนการลับคมหน้าหินเจียระไนเสถียร และสามารถควบคุมความขนานของหน้าหินได้อย่างแม่นยำ หลักการทำให้ง่าย (Simplify) การเปลี่ยนจากการใช้หินลับคมหน้าเจียระไนแบบแท่ง มาเป็นอุปกรณ์ลับคมหน้าหินเจียระไน ทำให้กระบวนการลับคมหน้าหินไม่ซับซ้อน และความจำเป็นด้านทักษะผู้ปฏิบัติงาน

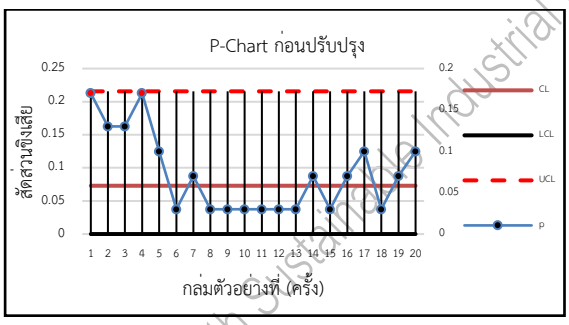
สามารถลับคมหน้าหินเจียระไนขณะที่เครื่องจักรเจียระไนชิ้นงาน โดยไม่ต้องถอดหินเจียระไน
และช่วยลดความเสี่ยงที่จะสัมผัสกับหินเจียระไนขณะที่เครื่องจักรทำงาน ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้งาน

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

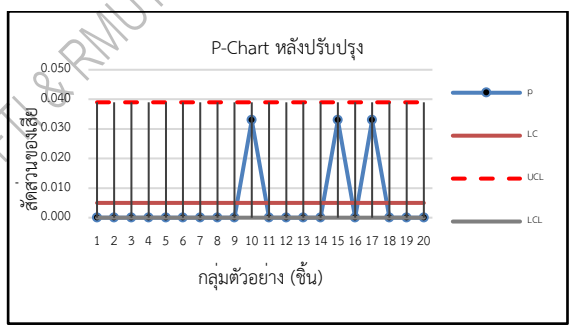
ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนสั่งผลิต 600 ชิ้น	จำนวนสั่งผลิต 600 ชิ้น
จำนวนงานเสีย 44 ชิ้น	จำนวนงานเสีย 3 ชิ้น
คิดเป็นร้อยละ 7.33	คิดเป็นร้อยละ 0.5

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการเจียระไนคมตัด โดยหลังจากดำเนินการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการลับคมหน้าหิน พบว่าสามารถลดจำนวนของเสีย 44 ชิ้น เหลือเพียง 3 ชิ้น คิดเป็นการลดลงถึงร้อยละ 93.18 ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

2.5 Control Chat (การควบคุม)



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบขนาดความโตคมตัดก่อนปรับปรุง



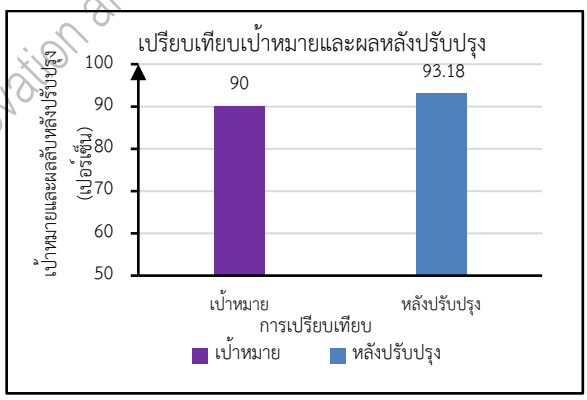
ภาพที่ 13 เปรียบเทียบขนาดความโตคมตัดหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 12 และ 13 แสดงสัดส่วนของงานเสียจากการสุ่มตรวจสอบขนาดความโตคมตัด พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการเจียระไนไม่เสถียร ซึ่งมีค่าสัดส่วนงานเสียเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 เนื่องจากมีจุดออกนอกเส้นควบคุม 2 จุด ได้แก่ จุดที่ 1, 2, ตามภาพ A หลังการปรับปรุง พบว่ากระบวนการเจียระไนขึ้นรูปคมตัดเสถียรเนื่องจากไม่มีจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม UCL และ LCL มีค่าสัดส่วนงานเสียเท่ากับ 0.099

3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการดำเนินโครงการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเจียระไนขึ้นรูปคมตัดมีดกลึง รุ่น SEMI BORAZON RING โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS สรุปได้ดังนี้ [6]

3.1 ผลการกำหนดเป้าหมาย

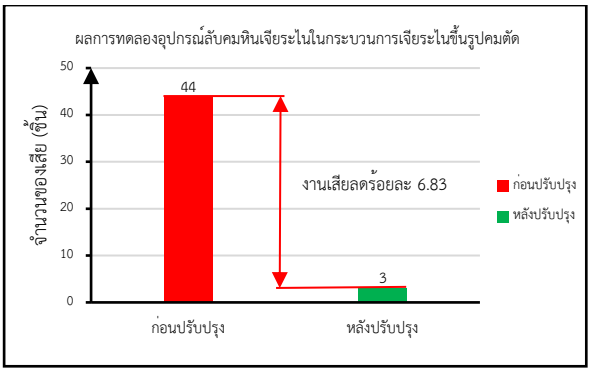


ภาพที่ 14 ผลการเปรียบเทียบเป้าหมายและผลหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 14 แสดงผลเปรียบเทียบเป้าหมายและผลหลังปรับปรุงในการลดจำนวนงานเสียได้กำหนดเป้าหมายให้งานแก้ไขลงจากร้อยละ 90 ผลหลังปรับปรุง พบว่างานแก้ไขลดลงร้อยละ 93.18 ซึ่งผลเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

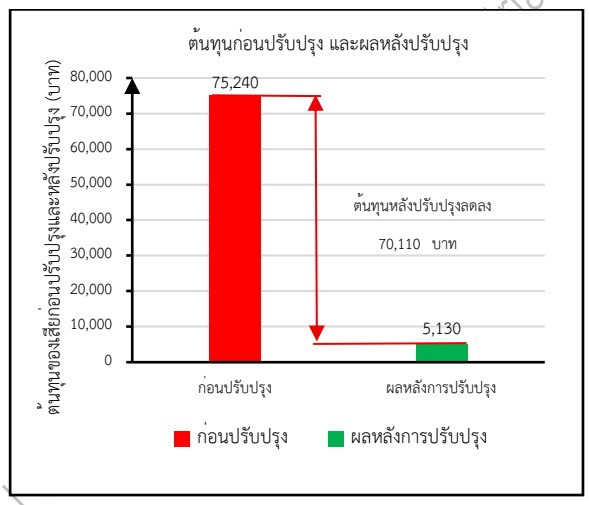
3.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 15 ผลการทดลองอุปกรณ์ลับคมล้อหินเจียระไน

จากภาพที่ 15 แสดงการทดลองอุปกรณ์ลับคมหน้าหินเจียระไนในกระบวนการเจียระไนขึ้นรูปคมตัด พบว่าก่อนการปรับปรุงจากการทดลองเจียระไนชิ้นงานจำนวน 600 ชิ้น มีงานเสีย จำนวน 44 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 7.33 และหลังการปรับปรุงทดลองใช้อุปกรณ์ลับคมหน้าหินเจียระไนชิ้นงานจำนวน 600 ชิ้น มีงานเสียจำนวน 3 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.5 ซึ่งลดลง 41 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 6.83

3.3 ผลการปรับปรุงการลดต้นทุนงานเสียกระบวนเจียระไนขึ้นรูปคมตัดมีดกลึง รุ่น SEMI BORAZON RING



ภาพที่ 16 ผลเปรียบเทียบการเป้าหมายและ

จากภาพที่ 16 แสดงผลเปรียบเทียบต้นทุนของเสียก่อนการปรับปรุง และต้นทุนของเสียหลังการปรับปรุง พบว่าต้นทุนของเสียก่อนปรับปรุงเท่ากับ 75,240 บาท ผลหลังการปรับปรุงต้นทุนของเสียท่ากับ 5,130 บาท ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมาย ผลหลังการปรับปรุงต้นทุนลดลงได้ 70,110 บาท

4. การอภิปรายผล (Discussion)

ศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้หลักการ ECRS เพื่อกำจัดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยออกแบบจิ๊กฟิกซ์เจอร์ช่วยยึดจับชิ้นงานให้แม่นยำ ลดความซ้ำซ้อน และลดเวลาไม่ก่อให้เกิดมูลค่าได้ถึง 70.6% ลดต้นทุนรวม 25,000 บาทต่อเดือน [7] แสดงให้เห็นว่า การลดความซ้ำซ้อนในกระบวนการผลิตช่วยลดของเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญในทำนองเดียวกัน การลดของเสียในกระบวนการผลิตเครื่องมือตัด Cubic - Boron Nitride มีดกลึงเซาะร่อง โดยการออกแบบอุปกรณ์ลับหน้าหินเจียระไนเฉพาะทางทำให้ของเสียลดลงจาก 44 ชิ้นเหลือเพียง 3 ชิ้น ลดต้นทุนได้ถึง 70,110 บาท โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ร่วมกับการออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยผลิต เป็นแนวทางที่มีประสิทธิผลในการลดความสูญเสีย ลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตสมัยใหม่ได้อย่างยั่งยืน.

5. การสรุปผล (Conclusion)

หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงขั้นตอนการผลิต ลดงานที่ไม่จำเป็น และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ร่วมกับการศึกษางาน (Work Study) และการวัดเวลา (Time Study) เพื่อตรวจสอบกระบวนการผลิตจริงนอกจากนี้ยังใช้เครื่องมือสถิติคุณภาพ เช่น แผนภูมิพาเรโตเพื่อหาสาเหตุหลักของปัญหา แผนผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึก รวมถึง Flow Process Chart และ Control Chart เพื่อควบคุมและติดตามประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีการออกแบบอุปกรณ์ใหม่ คืออุปกรณ์ลับหน้าหินแบบ เพื่อลดความคลาดเคลื่อน เพิ่มความปลอดภัย และแทนการใช้หินลับแท่งที่ไม่แม่นยำและเสี่ยงอุบัติเหตุ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าอัตราของเสียลดลงจากร้อยละ 7.33 เป็นร้อยละ 0.5 อุปกรณ์ลับหน้าหินเจียระไนช่วยให้มีความแม่นยำมากขึ้น และลดเวลาเปลี่ยนหินเจียระไนออก

FTI Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากเครื่องเวลาในการผลิตต่อชิ้นงานลดลง และประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น สามารถลดต้นทุนการผลิต และกำหนดเป็นมาตรฐานขึ้นรูปเครื่องตัดที่มีคุณภาพมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัท เจ เค พรีซิชั่น จำกัด และโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ตลอดทั้งผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าฝ่ายการผลิต อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ช่วยให้คำปรึกษาที่ช่วยสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยโครงการนี้ตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อำนาจ มีแสง. การออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการตัดทอย่างกรณีศึกษา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครนายก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2554.

[2] มาโนช ริทินโย. การศึกษางาน พิมพ์ครั้งที่ 3. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน; 2551.

[3] มณเฑียร จินดารัตน์. การประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงสายการผลิตอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครนายก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2556.

[4] เกษมศักดิ์ แก้วคำ, สุรชัย สุขสวัสดิ์. การประยุกต์ใช้หลักการ ECRS เพื่อลดของเสียในอุตสาหกรรมก่อสร้าง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2555.

[5] สมชาย พิมพ์ทอง. การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการ ECRS [ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ; 2564.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนความเที่ยงตรงสูง กรณีศึกษา เครื่องเจียระไนยี่ห้อ EWAG รุ่น WS-11

Improvement of Tool Grinding Machines in the High-Precision Parts Manufacturing Industry A Case Study of the EWAG WS-11 Tool Grinding Machine.

จีรยุทธ บุญเมฆ[1*], ชัยสิทธิ์ มณฑล[1*], วีรญา กรทิพย์[1], ชานนท์ มูลวรรณ[1], สหรัตน์ วงศรีษะ[2] และ ยรรยง ศรีสม[1]

Jeerayut Boonmek[1*], Chaiyasit Monton[1*], Weeraya Kontip[1], Chanon Moolwan[1], Saharat Wongsrisa[2] and Yanyong Srisom[1]

[1*] โครงการมหาวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถ. ร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] University-Industry Cooperative Education Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri Subdistrict, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*] Corresponding author: Jeerayut Boonmek, email address: Boonmek45@gmail.com

[*] Corresponding author: Chaiyasit Monton, email address: mynamesit55@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้นำเสนอการปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด ยี่ห้อ EWAG รุ่น WS-11 สำหรับการนำกลับมาใช้งานในภาคอุตสาหกรรม เครื่องจักรอยู่ในสภาพชำรุดหลายระบบ ได้แก่ ระบบไฟฟ้า ระบบไฮดรอลิค ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบดูดเศษ และโครงสร้างเครื่อง ส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพรวมลดลงเหลือเพียงร้อยละ 42 และไม่สามารถเจียระไนชิ้นงานได้ตามที่กำหนด การแก้ไขปัญหาใช้เครื่องมือคุณภาพและเทคนิคการบริหารโครงการ PERT ในการจัดลำดับกิจกรรมหาจากเส้นทางวิกฤติ (Critical Path) ผลลัพธ์ที่ได้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพร้อยละ 87 สามารถกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องจักรใหม่

คำสำคัญ: เครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด; การบริหารโครงการ PERT; เส้นทางวิกฤติ

Abstract: This project presents the improvement of the EWAG WS-11 tool grinding machine for reapplication in industrial operations. The machine was found to be deteriorated in several systems, including the electrical, hydraulic, mechanical, power transmission, chip extraction, and structural systems. Such degradation reduced the overall efficiency to only 42% and prevented the machine from grinding workpieces to the required specifications. To address these issues, quality tools and the PERT (Program Evaluation and Review Technique) methodology were applied to sequence activities and determine the Critical Path. As a result, the machine's performance was restored to 87%, enabling it to operate effectively at a level comparable to a new machine.

Keywords: Tool Grinding Machine; PERT Project Management; Critical Path

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

โรงงานอุตสาหกรรมเลือกปรับปรุงเครื่องจักรแทนการซื้อใหม่เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ เมื่อเครื่องจักรใช้งานไประยะหนึ่งย่อมเกิดการชำรุดเสียหายจนไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นดังนั้นเมื่อเครื่องจักรชำรุดจำเป็นต้องมีการปรับปรุงซ่อมแซม จากการสำรวจของสมาคมเครื่องจักรกลไทย พบว่ามีเครื่องจักรชำรุดประมาณ 80,000 เครื่องในประเทศไทย โดยสามารถปรับปรุงได้ประมาณ 40,000 เครื่อง ส่วนที่เหลือจำเป็นต้องหลอมเป็นเหล็กเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ [1] บริษัทฯ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงให้บริการซ่อมบำรุงและรีโทรฟิตเพื่อสนับสนุนลูกค้าในกลุ่มอุตสาหกรรม โดยปัจจุบันบริษัทได้ทำการปรับปรุงเครื่องเจียระไน EWAG WS-11 จากอุตสาหกรรมการผลิตที่ชำรุดมาทำการปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรให้กลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกลับเครื่องจักรใหม่มากที่สุด ตามภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด EWAG รุ่น WS-11 ก่อนการปรับปรุง

จากการตรวจสอบพบว่าเครื่องเจียระไน EWAG WS-11 มีความเสียหายทั้งภายในและภายนอก ครอบคลุมหลายระบบ ได้แก่ ระบบไฟฟ้า ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบไฮดรอลิค ระบบดูดเศษ และโครงสร้างหลัก ส่งผลให้ไม่สามารถเจียระไนชิ้นงานได้ตามมาตรฐาน และคุณภาพชิ้นงานไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบสถานะโดยรวมของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดในแต่ละด้านก่อนปรับปรุง

ลำดับ	ระบบการทำงานของเครื่องจักร	ผลการตวจสอบ
1	ระบบไฟฟ้า	ชำรุด
2	ระบบแมคคานิกส์	ชำรุด
3	ระบบส่งกำลัง	ชำรุด
4	ระบบไฮดรอลิค	ชำรุด
5	ระบบดูดเศษ	ชำรุด
6	โครงสร้างของเครื่องจักร	สภาพดี
ผลการตรวจสอบสถานะโดยรวมของเครื่องจักร		ไม่สามารถใช้งานได้

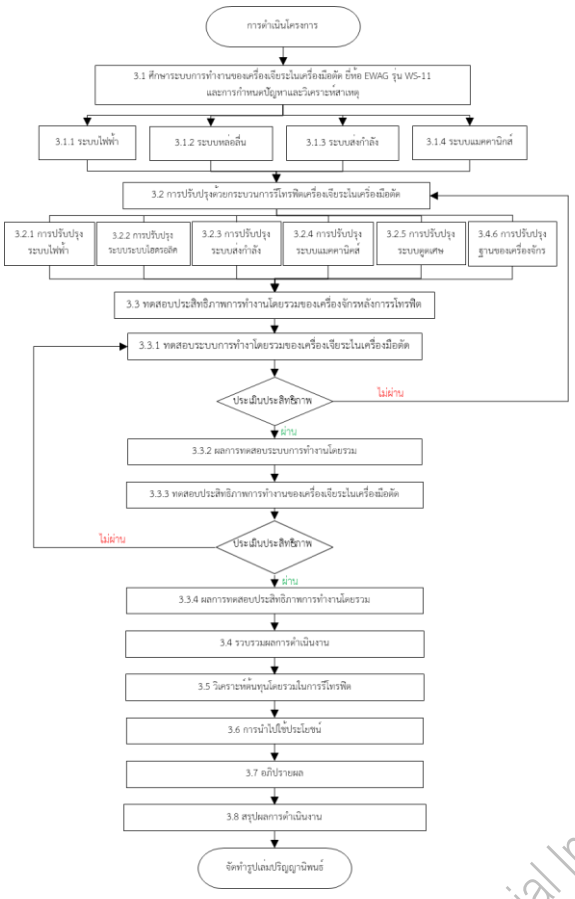
โครงการปรับปรุงเครื่องเจียระไน EWAG WS-11 ใช้เทคนิค PERT [2] และเครื่องมือคุณภาพ เช่น ใบตรวจสอบ และแผนภูมิพาเรโต [3] เพื่อวางแผนและควบคุมงาน การปรับปรุงครอบคลุมระบบไฟฟ้า ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบไฮดรอลิค ระบบดูดเศษ และโครงสร้างเครื่อง [4,5] พร้อมผลิตชิ้นส่วนทดแทน [6,7] ส่งผลให้เครื่องมีสมรรถนะใกล้เคียงเครื่องใหม่ ตรวจสอบยืนยันคุณภาพตามมาตรฐาน DIN 4766-1 [8] และมีการประเมินความคุ้มค่าการลงทุน [9,10] พร้อมคู่มือใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องจักร

โครงการนี้ประยุกต์ใช้เทคนิค PERT [2] และวิศวกรรมย้อนรอย [11,12] ในการปรับปรุงเครื่องเจียระไน EWAG WS-11 ให้กลับมามีสมรรถนะใกล้เคียงเครื่องใหม่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ส่งผลให้เพิ่มความแม่นยำ ลดค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาในระยะยาว [9] ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และเสริมขีดความสามารถการแข่งขันขององค์กร

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

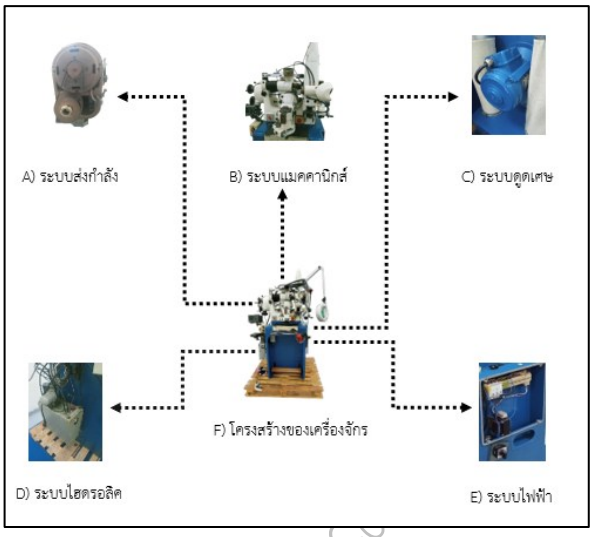


ภาพที่ 2 แผนการดำเนินโครงการ

2.1 การกำหนดปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ

การตรวจสอบเครื่องจักรก่อนปรับปรุงเริ่มจากการสำรวจภายนอกด้วยสายตา และใช้เครื่องมือเฉพาะตรวจสอบระบบภายใน จากนั้นวิเคราะห์ผลเพื่อประเมินความพร้อมและระบุจุดที่ต้องปรับปรุงในแต่ละระบบ เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบไฮดรอลิค ระบบดูดเศษ และโครงสร้างเครื่องจักร ผู้จักทำจึงวางแผนปรับปรุง กำหนดขั้นตอนและลำดับความสำคัญ จัดสรรทรัพยากร และติดตามประเมินผลหลังปรับปรุง

ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด ก่อนการปรับปรุงถูกตรวจสอบการทำงานทุกระบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน โดยแบ่งเป็น 6 ส่วนหลักได้แก่ (A) ระบบส่งกำลัง (B) ระบบแมคคานิกส์ (C) ระบบดูดเศษ (D) ระบบไฮดรอลิค (E) ระบบไฟฟ้า (F) โครงสร้างเครื่องจักร

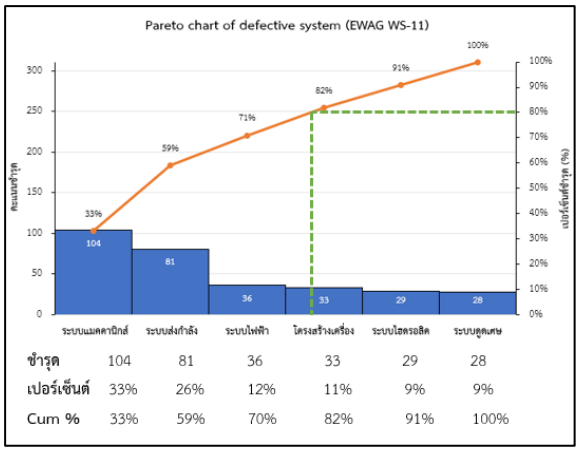


ภาพที่ 3 ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด

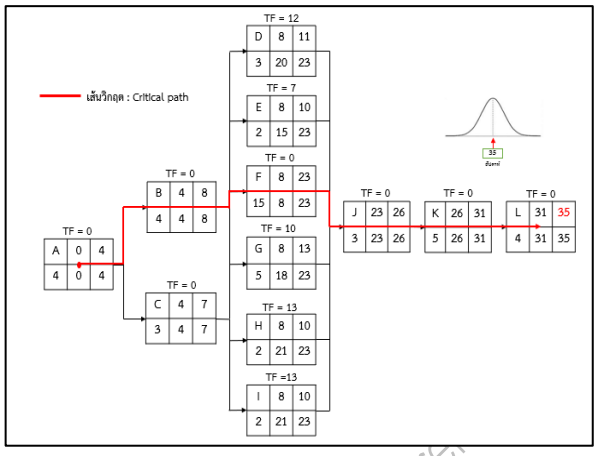
2.2.1 การตรวจสอบเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด

การตรวจสอบสภาพเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดก่อนการปรับปรุง พบว่าเครื่องจักรมีความสามารถในการใช้งานเพียง ร้อยละ 42 ขณะที่มีสภาพชำรุดสูงถึง ร้อยละ 58 ซึ่งสะท้อนถึงการเสื่อมสภาพของระบบต่าง ๆ ภายในเครื่องจักร เมื่อพิจารณาเป็นรายระบบ พบว่า โครงสร้างหลักของเครื่องจักร ยังสามารถใช้งานได้ ร้อยละ 45 แต่มีการสึกหรอที่จำเป็นต้องซ่อมบำรุง ระบบส่งกำลังและระบบไฮดรอลิค มีสภาพพร้อมใช้งาน ร้อยละ 28 ทำให้กระบวนการทำงานขาดความต่อเนื่อง ขณะที่ ระบบแมคคานิกส์ อยู่ในสภาพใช้งานได้ ร้อยละ 31 ส่วน ระบบดูดเศษ เสื่อมสภาพที่สุด เหลือเพียง ร้อยละ 7 ในขณะที่ ระบบไฟฟ้า มีสภาพดีที่สุด ใช้งานได้ ร้อยละ 49 แสดงตามภาพที่ 4

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Co



ภาพที่ 4 แผนผังพาเรโตข้อมูลการชำรุดของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด ก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 5 การประมาณเวลาการดำเนินงาน

2.2 การวางแผนและการตรวจสอบสภาพเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดก่อนการปรับปรุง

การวางแผนตรวจสอบเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดก่อนการปรับปรุงถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมเครื่องจักรให้พร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้ประยุกต์ใช้ เทคนิค PERT (Program Evaluation and Review Technique) เพื่อวิเคราะห์ข่ายงาน กำหนดลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน และระบุ วิถีวิกฤต (Critical Path) ของโครงการ รายละเอียดขั้นตอนและระยะเวลาที่เกี่ยวข้องแสดงไว้ใน ตารางที่ 2 [2]

ตารางที่ 2 การแยกแยะงาน (Job breakdown)

ลำดับ	กิจกรรม	ลำดับกิจกรรมที่ต้องทำให้เสร็จก่อน	ระยะเวลาดำเนินการ (Week)			t	σ^2
			a	m	b		
A	การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการทำงานของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด	-	3	4	5	4	0.11
B	วิเคราะห์ปัญหาและเลือกจุดปรับปรุง	A	3	4	5	4	0.11
C	วางแผนการดำเนินงานด้วย PERT	A, B	2	3	4	3	0.11
D	ปรุงปรุงโครงสร้างของเครื่องจักร	C	2	3	4	3	0.11
E	ปรับปรุงระบบไฟฟ้า	C	1	2	3	2	0.11
F	ปรับปรุงระบบแมคคานิกส์	C	14	15	16	15	0.11
G	ปรับปรุงระบบส่งกำลัง	C	4	5	6	5	0.11
H	ปรับปรุงระบบไฮดรอลิค	C	1	2	3	2	0.11
I	ปรับปรุงระบบดูดเศษ	C	1	2	3	2	0.11
J	ทดสอบระบบการทำงานโดยรวมของเครื่องจักร	D, E, F, G, H, I	2	3	4	3	0.11
K	ทดสอบการปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด	J	3	5	6	5	0.11
L	วิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมในการปรับปรุง	K	3	4	5	4	0.11

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการดำเนินงาน 35 สัปดาห์ หากโครงการมีระยะเวลาการดำเนินการทั้งหมด 36 สัปดาห์ สามารถคำนวณค่า Z เท่ากับ 1.51 สัปดาห์ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตาราง Z score จะได้ 0.9345 ทำให้ความน่าจะเป็นที่โครงการจะสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดร้อยละ 93.45

2.3 ขั้นตอนการปรับปรุงด้วยเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด

ขั้นตอนการปรับปรุงเครื่องเจียรไนเครื่องมือตัดประกอบด้วย

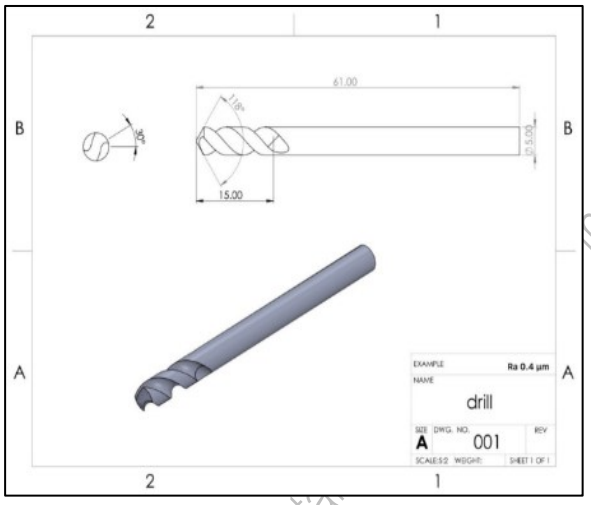
การปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดเริ่มจากโครงสร้างโดยการปรับปรุงโครงสร้างใหม่ทั้งหมด พร้อมกับปรับปรุงระบบไฟฟ้า เช่น การเปลี่ยนเต้ารับสามขา ฟิวส์ สายไฟ รวมถึงซ่อมแซมและปรับปรุงโคมไฟส่องสว่างบริเวณชิ้นงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัย และความเสถียรของระบบไฟฟ้า ในส่วนระบบแมคคานิกส์และระบบส่งกำลัง ได้ทำการเปลี่ยนแกนหมุนเจียระไน ชุดแกนหมุนหัวงาน และตลับลูกปืนใหม่ทั้งหมด เพื่อให้ได้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด ลดการสั่นสะเทือน และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร นอกจากนี้ ได้ปรับปรุงระบบดูดเศษ โดยติดตั้งข้อต่ออ่อนยาง ท่ออ่อน และเข็มขัดรัดท่อ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการดูดเศษขณะปฏิบัติงาน สำหรับระบบไฮดรอลิคเปลี่ยนสายส่งน้ำมันและข้อต่อใหม่พร้อมทั้งล้างกรองและทำความสะอาดปั๊มและถังน้ำมัน เพื่อให้ระบบหล่อลื่นสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและมีความสม่ำเสมอ และยืดอายุการใช้งานโดยรวมของระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

Industrial Innovation and Management Conference

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด หลังการปรับปรุง

การทดสอบประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อยืนยันว่าเครื่องเจียระไนทำงานได้ตามมาตรฐานและผลิตชิ้นงานคุณภาพ โดยเริ่มจากตรวจสอบระบบไฟฟ้า ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบดูดเศษ และระบบไฮดรอลิค เพื่อให้ทุกส่วนทำงานประสานกันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและลดการสึกหรอของชิ้นส่วนภายในเครื่องจักร

สำหรับการทดสอบการเจียระไนชิ้นงาน ใช้ชิ้นงานคาร์ไบด์เกรด K10 ขนาด Ø5 × 61 มิลลิเมตร โดยมีความแข็งประมาณ 92 HRA และความแข็งแรงดึง 4,500–5,100 MPa วัสดุนี้เหมาะสมต่อการประเมินสมรรถนะเครื่องจักร ทำให้การทดสอบการเจียระไนมีความแม่นยำและเชื่อถือได้



ภาพที่ 6 แบบสั่งผลิตในการทดสอบการเจียระไน

การทดสอบการทำงานจริงของเครื่องเจียระไน ใช้มุมหลบชิ้นงาน 118° และตั้งค่าความหยาบผิวเป้าหมายที่ Ra 0.4 ตามมาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) ใช้ล้อหินเจียระไน SCD 400BW 0101255 ซึ่งเป็นเม็ดเกรนเพชรเดี่ยว (Single Crystal Diamond) ขนาดละเอียด 230 ความกว้างล้อ 10 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มม. และมุมของหินเจียระไน 20°

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลการทดลองการทำงานของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดหลังปรับปรุง

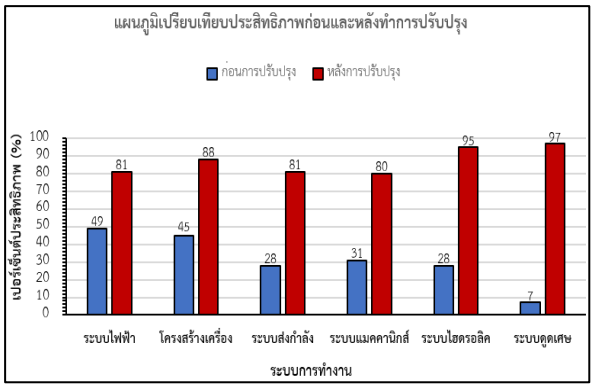
ผลการทดลองหลังการปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด EWAG WS-11 พบว่ามีการปรับปรุงอย่างชัดเจนทั้งด้านประสิทธิภาพและความเที่ยงตรง การปรับปรุงช่วยเพิ่มความแม่นยำ ลดต้นทุนบำรุงรักษา และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร การเปรียบเทียบก่อน–หลังการปรับปรุงแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาที่ดีขึ้นในทุกระบบอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงได้จากข้อมูลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง (ISO 230-1)

ลำดับ	จุดประสงค์การตรวจสอบและภาพประกอบ	เครื่องมือวัด	ผลการตรวจสอบ	
			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	ตรวจวัดค่าความเยื้องศูนย์กลางของแกนหมุนหัวงาน	ไดอัลเกจความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร	0.090 มิลลิเมตร	0.002 มิลลิเมตร
2	ตรวจวัดค่าความเยื้องศูนย์กลางของแกนหมุนเจียระไน	ไดอัลเกจความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร	0.020 มิลลิเมตร	0.001 มิลลิเมตร
	ตรวจวัดค่าความเบี่ยงเบนในแนวแกนที่ขอด้านหน้าของแกนหมุนเจียระไน	ไดอัลเกจความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร หน้าแปลนทรงกลม	0.004 มิลลิเมตร	0.002 มิลลิเมตร

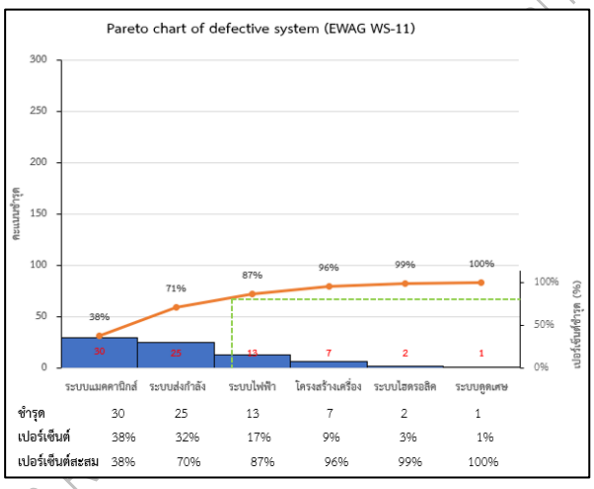
ก่อนการปรับปรุง เครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด EWAG WS-11 มีค่าความเที่ยงตรงผ่านเกณฑ์เพียง 2 จุด และมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ ร้อยละ 42 หลังจากทำการปรับปรุง ค่าความเที่ยงตรงเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 230-1 ครบทั้ง 11 จุด ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 87 หรือเพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 45 แสดงให้เห็นถึงการฟื้นฟูสมรรถนะของเครื่องจักรอย่างชัดเจนและมีนัยสำคัญ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Innovation and Management Conference 2025

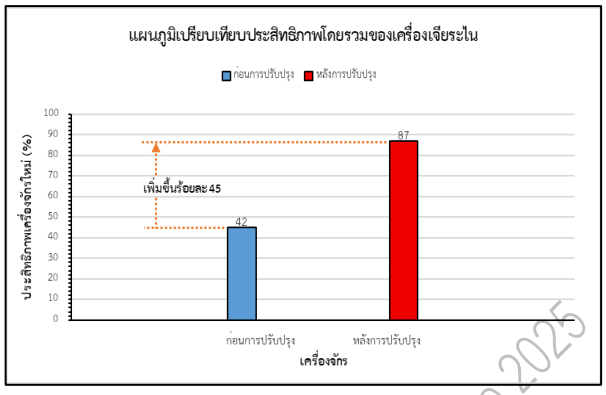


ภาพที่ 7 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ก่อนและหลังปรับปรุง

นอกจากนี้ การชำรุดของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดหลังการปรับปรุง โดยเรียงลำดับจากรายการที่มีคะแนนชำรุดมากที่สุดไปน้อยที่สุด พบว่า ระบบแมคคานิกส์ มีคะแนนชำรุด 30 คะแนน ระบบส่งกำลัง 25 คะแนน ระบบไฟฟ้า 13 คะแนน โครงสร้างเครื่องจักร 7 คะแนน ระบบไฮดรอลิค 2 คะแนนและระบบดูดเศษ 1 คะแนน รวมคะแนนชำรุดทั้งหมด 78 คะแนน ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์พาเรโต ตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนผังพาเรโตการชำรุดของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด หลังปรับปรุง



ภาพที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด ก่อนและหลังปรับปรุง

จากภาพ แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดยี่ห้อ EWAG รุ่น WS-11 จะเห็นได้ว่า ก่อนการปรับปรุง เครื่องจักรมีประสิทธิภาพอยู่ที่ ร้อยละ 42 ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดและความเสื่อมสภาพของระบบต่าง ๆ ภายในเครื่องจักร ทั้งโครงสร้าง ระบบส่งกำลัง ระบบแมคคานิกส์ ระบบดูดเศษ ระบบไฟฟ้า และ ระบบไฮดรอลิค หลังจากดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักร ทั้งการซ่อมแซมโครงสร้าง การเปลี่ยนชิ้นส่วนสำคัญ ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ร้อยละ 45 ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมหลังการปรับปรุงอยู่ที่ ร้อยละ 87 ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงตัวเลขที่ชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพก่อนและหลังปรับปรุงอย่างชัดเจน ตามแสดงในภาพที่ 9

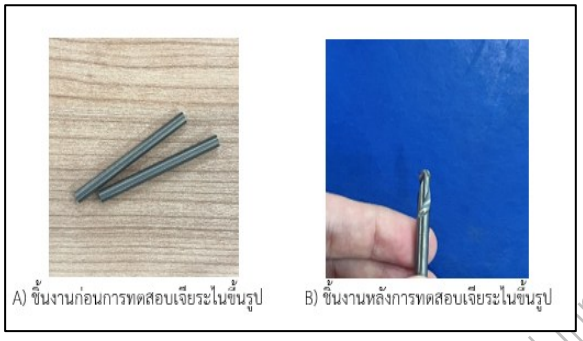
ภาพที่ 10 ลักษณะของเครื่องจักร ก่อนและหลังปรับปรุง

FTI & Innovation and Management Conference 2025

ภาพ A แสดงสภาพเครื่องจักรก่อนปรับปรุง มีความเสียหายหลายส่วนและคราบสกปรก ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่ ขณะที่ภาพ B แสดงเครื่องจักรหลังปรับปรุงที่สมบูรณ์ขึ้น ชิ้นส่วนต่างๆได้รับการปรับปรุง ทำให้เครื่องจักรทำงานได้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ตามแสดงในภาพที่ 10

3.2 ผลการทดสอบการปฏิบัติงานจริงของเครื่องเจียระไน

การทดสอบการเจียระไนชิ้นงานจริง (Grinding Test Workpiece) เป็นขั้นตอนสำคัญหลังการปรับปรุง เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรและยืนยันว่าสามารถผลิตชิ้นงานคุณภาพสูงตามมาตรฐาน ทั้งในด้านความหยาบผิวและความแม่นยำของขนาดชิ้นงาน



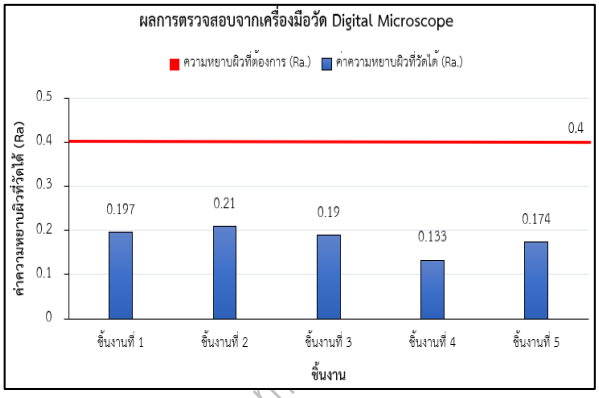
ภาพที่ 11 ชิ้นงานก่อนและหลังการทดสอบเจียระไนขึ้นรูป

แสดงถึงชิ้นงานก่อนและหลังการทดสอบเจียระไนขึ้นรูป โดยภาพ A แสดงชิ้นงานก่อนการทดสอบการเจียะไนชิ้นงานขึ้นรูป และภาพ B แสดงชิ้นงานหลังการทดสอบการเจียระไนขึ้นรูปเสร็จสิ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าชิ้นงานที่ภาพการเจียระไนขึ้นรูปแล้วมีผิวงานที่เรียบแตกต่างจากชิ้นงานก่อนการเจียระไนซึ่งมีผิวที่หยาบ ตามภาพที่ 11

1)การทดสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบ

การตรวจสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบด้วย Digital Microscope ยี่ห้อ KEYENCE รุ่น VHX6000 เป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินคุณภาพของชิ้นงานหลังการเจียระไน การตรวจสอบช่วยให้ทราบถึงความเรียบของพื้นผิว ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและความทนทานของชิ้นงานในกระบวนการผลิตจริง

ผลการตรวจสอบชิ้นงาน 5 ชิ้นหลังการปรับปรุงพบว่าค่าความหยาบผิวของชิ้นงานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.179 µm เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) พบว่าชิ้นงานมีค่าความหยาบผิวอยู่ในระดับมาตรฐาน [8] แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงเครื่องเจียระไนช่วยให้ชิ้นงานมีคุณภาพเหมาะสมและพร้อมใช้งานจริง

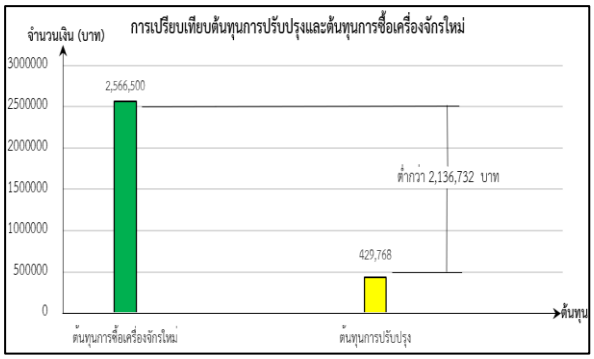


ภาพที่ 12 ผลการตรวจสอบระดับความหยาบผิวเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน

3.3 การวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมของเครื่องเจียระไน

การวิเคราะห์ต้นทุนการปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัดแสดงให้เห็นว่าต้นทุนรวมอยู่ที่ 429,768 บาท ซึ่งต่ำกว่าการซื้อเครื่องจักรใหม่สภาพ 100% ที่มีราคา 2,950,000 บาท ถึง 2,136,732 บาท คิดเป็นสัดส่วนการประหยัดได้ถึง ร้อยละ 83.23 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวยืนยันว่าแนวทางการปรับปรุง เป็นทางเลือกที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ ลดภาระต้นทุนการลงทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังสามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรเดิม เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดความเสี่ยงจากการลงทุนเครื่องจักรใหม่ที่มีต้นทุนสูง นอกจากนี้ การปรับปรุงยังสอดคล้องกับแนวทางการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและการผลิตที่ยั่งยืน เหมาะสำหรับองค์กรที่มุ่งเน้นการควบคุมค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว ดังแสดงใน ภาพที่ 13

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management



ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบต้นทุนการปรับปรุงและต้นทุนการซื้อเครื่องจักรใหม่

4. อภิปรายผล (Discussion)

การปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด EWAG รุ่น WS-11 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานจากร้อยละ 42 เป็นร้อยละ 87 โดยครอบคลุมการปรับปรุง 6 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบไฟฟ้า ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบดูดเศษ ระบบไฮดรอลิคและโครงสร้างเครื่องจักร การปรับปรุงแต่ละระบบช่วยให้เครื่องจักรทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ เช่น การซ่อมบำรุงเครื่องเจียระไนราบ [5] หรือการศึกษาของนายธนายุทธ ชุ่มเย็น และคณะ พบว่าการซ่อมบำรุงระบบที่ชำรุดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรได้อย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุปผล (Conclusion)

โครงการปรับปรุงเครื่องเจียระไนเครื่องมือตัด EWAG รุ่น WS-11 มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรให้ใช้งานได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ในอุตสาหกรรมการผลิต การปรับปรุงครอบคลุม 6 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบไฟฟ้า ระบบแมคคานิกส์ ระบบส่งกำลัง ระบบไฮดรอลิค ระบบดูดเศษ และโครงสร้างของเครื่องจักรโดยประสิทธิภาพของเครื่องเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 42 เป็นร้อยละ 87 หลังปรับปรุงซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 ผลการทดสอบชิ้นงาน 5 ชิ้น แสดงให้เห็นว่าค่าความหยาบผิวเฉลี่ย Ra 0.179 µm อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน DIN 4766-1 (1981-03) อีกทั้ง ในด้านเศรษฐศาสตร์ใช้งบประมาณ 429,768 บาท ช่วยประหยัดกว่า 83.23% เมื่อเทียบกับเครื่องจักรใหม่ราคา 2,950,000 บาท อีกทั้งยังคุ้มค่ากว่าการซื้อเครื่องมือสองที่ราคา 2,566,500 บาท สะท้อนถึงความคุ้มค่าและความสำเร็จในการบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ สรุปได้ว่าเครื่องเจียระไนที่ผ่านการปรับปรุงสามารถกลับมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดียิ่งจากหลายฝ่ายขอบคุณโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ (TCTM) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตวิทยาเขตร่มเกล้า ที่ได้สนับสนุนในด้านต่าง ๆ อย่างเต็มที่ และขอบพระคุณ คุณวิทยา พลเพชร ผู้บริหารสูงสุดบริษัท เอเบิล อินโน จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติพงศ์ เอกไชย. หัวหน้าโครงการ ได้ศึกษาวิจัยระบบควบคุมเครื่องกัดอัตโนมัติ; 2552.

[2] อาจอง สุขประเสริฐ. การประยุกต์เทคนิค PERT/CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559.

[3] เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร. จุฑาวรรณ อ้นสุวรรณ. ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์. เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด. คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] ฐากูล ระย้า. การฟื้นฟูสมรรถนะเครื่องกลึงยันศูนย์ K.MATRIN รุ่น KM200. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2557.

[5] ธนายุทธ ชุ่มเย็น. และคณะ การซ่อมบำรุงเครื่องเจียระไนราบ ยี่ห้อ HYCON รุ่น HCG40B. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก; 2564.

[6] ปริญญา สุพาวรรณ. การฟื้นฟูเครื่องเจียระไนราบ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล้านนา ตาก; 2551.

[7] ธีรพันธ์ พันธุ์บุญ. การบำรุงรักษาเครื่องเจียระไนราบยี่ห้อ ELLIOTT รุ่น 20X8. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก; 2552.

[8] วรวิทย์ ถิ่นทับ. การศึกษาตัวแปรของเครื่องเจียระไนเพลากลมที่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงาน. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2550.

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

[9] ศักดา เขียวอ่ำ. การลดมูลค่าการลงทุนด้วยการรีโทรฟิต กรณีศึกษาเครื่องเวอร์ติคอลแมชชีนเซ็นเตอร์. สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น; 2553.

[10] เพ็ญนภา เชาวนา. ศุภสุตา ตันชะโร. และอำมรรัตน์ คงกะโชติ. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกร. ในอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา; 2564.

[11] อนันต์ มีนาค. การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักรกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2549.

[12] ธงชัย เสริมพันธ์. วิศวกรรมซ่อมบำรุง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2546.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แบบขนานที่ขับเคลื่อนด้วยสายเคเบิลสำหรับการจัดการวัตถุ

Design and Development of a Wire Cable-driven Parallel Robot for Object Manipulation

สมพร เตียเจริญ[1*] สุจิตรา ทองทวี[1] และ ภัทรวัตร โทสาลี[1]

Somporn Tiacharoen[1*] Suchittra Thongthawee[1] and Patarawat Tosalee[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Electronics Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800

[*]Corresponding author: Somporn Tiacharoen, e-mail address: somporn.t@cit.kmutnb.th

บทคัดย่อ: บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนานที่ควบคุมด้วยบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยใช้หลักการดึงเส้นเอ็นจากมอเตอร์สเต็ปปิ้งจำนวน 4 ตัว ซึ่งติดตั้งไว้ที่มุมของโครงสร้างหุ่นยนต์ เพื่อทำหน้าที่ยกและเคลื่อนย้ายวัตถุภายในพื้นที่การทำงานที่กำหนด พร้อมทั้งพัฒนาอินเทอร์เฟซแบบกราฟิก (GUI) ด้วยภาษาการเขียนโปรแกรม Processing เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แขนหนีบ และการหยิบ-ปล่อยวัตถุได้อย่างสะดวกผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยกลไกดังกล่าวสามารถควบคุมทิศทางของวัตถุไปยังจุดต่าง ๆ ได้แก่ A, B, C และ D ได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกัน ระบบสามารถรองรับการหยิบจับและยกวัตถุที่มีลักษณะเป็นกล่อง เช่น กล่องพัสดุขนาดไม่เกิน 9.75 × 14 × 6 เซนติเมตร และน้ำหนักไม่เกิน 500 กรัม โดยการเคลื่อนที่ของวัตถุในแกน X-Y เกิดจากแรงดึงของเส้นเอ็นทั้งสี่ที่ควบคุมด้วยไดรเวอร์ DRV8825 ร่วมกับโปรแกรมควบคุมบนแพลตฟอร์ม Arduino ส่วนการหยิบจับและยกวัตถุในแกน Z ใช้เซอร์โวมอเตอร์ดิจิตอลแรงบิดสูง (DS3225) ควบคุมกลไกแขนหนีบให้สามารถยกและจัดวางวัตถุได้อย่างมั่นคง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุไปยังตำแหน่งที่กำหนดได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในระดับที่ยอมรับได้ และสามารถทำงานซ้ำได้หลายรอบโดยไม่พบปัญหาการลื่นไถลหรือการจับวัตถุผิดพลาด โครงงานนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบคัดแยกอัตโนมัติในพื้นที่จำกัด งานจัดเรียงวัตถุในสายการผลิตขนาดเล็ก หรือพัฒนาต่อยอดเป็นต้นแบบของระบบหยิบ-วางอัตโนมัติในอุตสาหกรรมเบาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: หุ่นยนต์แบบขนาน; Arduino Mega 2560; มอเตอร์สเต็ปปิ้ง; ระบบดึงเส้นเอ็น; DRV8825

Abstract: This paper aims to design and develop a parallel robotic system for object manipulation, controlled by an Arduino Mega 2560 microcontroller. The system employs a cable-driven mechanism powered by four stepper motors, each installed at the corners of the robot's frame, to lift and transport objects within a defined workspace. Additionally, a graphical user interface (GUI) was developed using the Processing language, enabling users to control the robot's movements, gripper actions, and pick-and-release commands through a computer interface. Coordinated cable tension allows the object to be accurately positioned at designated points, namely A, B, C, and D. The system can handle box-shaped items such as parcels, with dimensions not exceeding 9.75 × 14 × 6 centimeters and a maximum weight of 500 grams. Movement along the X-Y plane is achieved through synchronized cable control using DRV8825 drivers programmed via the Arduino platform. The vertical (Z-axis) lifting and gripping is performed by a high-torque digital servo motor (DS3225), operating a mechanical gripper that securely lifts and places

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

objects in the desired locations. Testing results indicate that the system can reliably move objects to the designated positions with stable performance and minor positional deviation within acceptable limits. The system was able to complete multiple cycles without object slippage or handling errors. This project shows strong potential for applications in small-scale automated sorting systems, production line object arrangement, or as a prototype for light industrial pick-and-place automation.

Keywords: Parallel robot; Arduino Mega 2560; stepper motor; cable-driven system; DRV8825

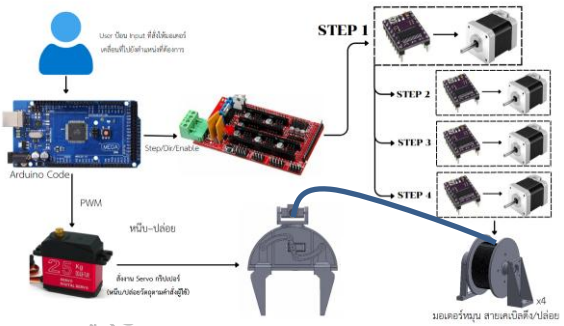
1. บทนำ (Introduction)

หุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนาน (Wire Cable-driven Parallel Robot) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในระบบอัตโนมัติและกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในยุคที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ความแม่นยำ ความปลอดภัย และความสามารถในการทำงานซ้ำอย่างสม่ำเสมอ กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน หุ่นยนต์ประเภทนี้มักถูกใช้ในงานจัดเรียงวัตถุ คัดแยกสินค้า หรือขนย้ายชิ้นงานในพื้นที่จำกัด ซึ่งต้องอาศัยการควบคุมที่แม่นยำทั้งด้านกลไกและซอฟต์แวร์

ระบบหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนาน เป็นรูปแบบหนึ่งของหุ่นยนต์ที่เน้นการควบคุมการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยการประสานการทำงานของมอเตอร์หลายตัวพร้อมกัน โดยทั่วไปแล้วจะใช้สายเคเบิลหรือเส้นเอ็นในการดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนวระนาบ และใช้กลไกหนีบเพื่อจับยกวัตถุในแนวดิ่ง ระบบเช่นนี้มีข้อดีในด้านความเรียบง่ายของโครงสร้าง น้ำหนักเบา และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านขนาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนานที่สามารถควบคุมได้ผ่านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 โดยใช้มอเตอร์สเต็ปปิ้งจำนวน 4 ตัวในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในระนาบ X-Y ผ่านระบบเส้นเอ็น และใช้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมกลไกแขนหนีบสำหรับการยกวัตถุในแนวแกน Z นอกจากนี้ยังได้พัฒนาอินเทอร์เฟซแบบกราฟิก (Graphical User Interface: GUI) โดยใช้ภาษา Processing เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งการและควบคุมหุ่นยนต์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวกและเข้าใจง่าย บทความนี้จึงเป็นต้นแบบที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กเช่น ระบบคัดแยกอัตโนมัติ การจัดเรียงสินค้า หรือแม้กระทั่งในด้านการศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้านหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในระดับเบื้องต้นอย่างเป็นรูปธรรม

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

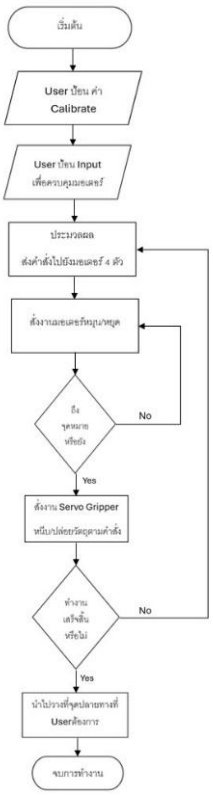
การดำเนินงานโดยรวมของระบบ



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมโดยรวมของระบบ

จากภาพที่ 1 เป็นไดอะแกรมโดยรวมของระบบหุ่นยนต์ Driven Cable Robot โดยมีบอร์ดควบคุม Arduino Mega 2560 ซึ่งเป็นส่วนประมวลผลหลักของระบบ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้ที่ป้อนคำสั่งเข้ามา เช่น การกำหนดตำแหน่งที่หุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่หรือการสั่งงานกริปเปอร์ให้ทำการหนีบหรือปล่อยวัตถุ จากนั้น Arduino จะประมวลผลคำสั่งดังกล่าวและส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ในส่วนของการเคลื่อนที่ ระบบใช้ มอเตอร์สเต็ปเปอร์ (Stepper Motor) จำนวน 4 ตัว ซึ่งติดตั้งไว้ตามมุมของโครงสร้างสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยแต่ละมอเตอร์จะทำหน้าที่ดึงหรือปล่อยสายเคเบิลเพื่อควบคุมตำแหน่งของแพลตฟอร์ม (End-Effector) ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการตามการคำนวณ นอกจากนี้ Arduino ยังส่งสัญญาณควบคุมแบบ PWM (Pulse Width Modulation) ไปยัง เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เพื่อใช้ขับกริปเปอร์ (Gripper) ในการทำงาน เช่น การหนีบวัตถุและการปล่อยวัตถุในตำแหน่งที่กำหนด กริปเปอร์จึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปลายทาง (End-Effector) ที่ทำงานโดยตรงกับวัตถุ ตามความต้องการของผู้ใช้

FTI RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and ... Conference 2025



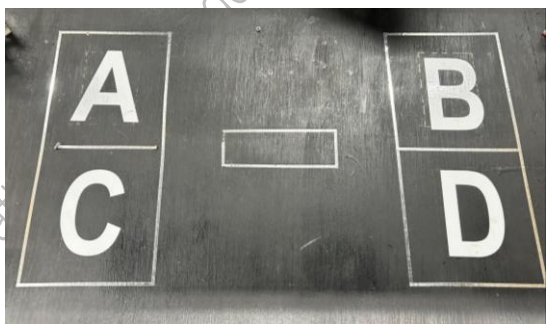
ภาพที่ 2 โฟร์ชาร์ตโดยรวมของระบบ

จากภาพที่ 2 เป็นโฟลชาร์ตแสดงการทำงานของระบบหุ่นยนต์ โดยเริ่มจากผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูลหรือตำแหน่งที่ต้องการเป็นจุดเป้าหมาย จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปยังบอร์ดควบคุม Arduino Mega 2560 เพื่อประมวลผลและคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยจะทำการแปลงค่าพิกัดให้เป็นจำนวนสเต็ปของมอเตอร์สเต็ปเปอร์ทั้ง 4 ตัว ซึ่งมอเตอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่ดึงหรือปล่อยสายเคเบิลให้กริ๊ปเปอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมาย เมื่อกริ๊ปเปอร์ถึงตำแหน่งที่กำหนดแล้ว ระบบจะส่งสัญญาณควบคุมแบบ PWM ไปยังเซอร์โวมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่กับกริปเปอร์ เพื่อสั่งงานให้ทำการหนีบหรือปล่อยวัตถุตามคำสั่งที่ผู้ใช้กำหนด หากยังไม่ครบทุกจุดหรือทุกคำสั่ง ระบบจะวนกลับเข้าสู่ขั้นตอนการคำนวณใหม่และทำงานต่อไปจนกว่าจะสิ้นสุดการทำงานทั้งหมด

3. ผลการวิจัย (Results)

โครงสร้างโดยรวมแสดงในภาพที่ 3 ส่วนประมวลผลหลักคือ Arduino Mega 2560 ซึ่งเป็นศูนย์กลางของระบบในการรับข้อมูลพิกัดที่ผู้ใช้กำหนด เช่น จุด A, B, C, D หรือจุดเป้าหมายที่ต้องการให้กริ๊ปเปอร์เคลื่อนที่ไปถึงดังแสดงในภาพที่ 4 จากนั้นทำการคำนวณด้วยหลักการ Inverse Kinematics เพื่อหาความยาวสายเคเบิล (ΔL) ของแต่ละมอเตอร์ เมื่อได้ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวสายและจะถูกแปลงเป็นสัญญาณ Step/Dir/Enable ส่งไปยังบอร์ด RAMPS 1.4 ที่เชื่อมต่อกับไดรเวอร์มอเตอร์ (Drv8825) เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ สเต็ปเปอร์แต่ละตัว ส่งผลให้สายเคเบิลถูกดึงหรือปล่อย และกริปเปอร์สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง

ภาพที่ 3 การติดตั้งโครงสร้างและระบบเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



ภาพที่ 4 แสดงจุดต่างๆที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่

ส่วนของซอฟแวร์ระบบ ในการควบคุมระบบ Driven Cable Robot มีการกำหนดโปรโตคอลการสื่อสารผ่าน Serial ระหว่างผู้ใช้/พีซี กับบอร์ดควบคุม Arduino Mega 2560 โดยคำสั่งถูกออกแบบเพื่อให้สามารถควบคุม ทดลองและแก้ไขการทำงานได้สะดวก ตัวอย่างคำสั่ง เช่น

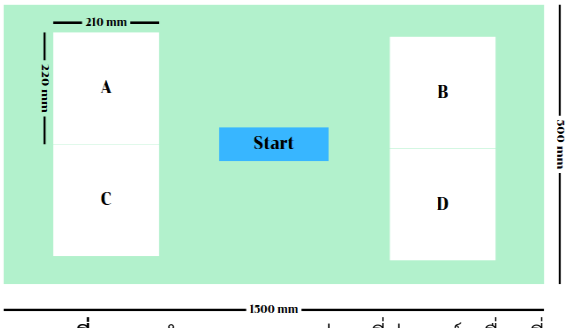
- CAL : เข้าสู่โหมดปรับตั้งสาย (Calibration Mode) เพื่อปรับความตึงสายของมอเตอร์
- M1...M4 ±ระยะ : ปรับตำแหน่งสายของมอเตอร์เดี่ยว เช่น m1 20 หมายถึงดึงสายของมอเตอร์ 1 เข้ามา 20 มิลลิเมตร, m3 -10 หมายถึงปล่อยสายของมอเตอร์ 3 ออก 10 มิลลิเมตร
- OK : ยืนยันการปรับตั้งและออกจากโหมด Calibration
- ON / OFF : เปิดหรือปิดการทำงานของแพลตฟอร์ม
- AB, AC, AD, BA, BC, BD, CA, CB, CD, DA, DB, DC : คำสั่งเคลื่อนย้ายวัตถุแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) ระหว่างมุม A–B–C–D
- A2B2, A2C2, ... , D3C3 : คำสั่งเคลื่อนย้ายวัตถุระหว่างจุดที่อยู่ในชั้น 2 และชั้น 3

• GO3 / BACK3 : คำสั่งแบบมาโคร (Macro Command) สำหรับหยิบวัตถุ 3 กล่องไปกระจาย หรือเก็บกลับที่เดิม
• 1 / 0 : สั่งกริปเปอร์โดยตรง (1 = หนีบ, 0 = ปล่อย)
• MALL mm1 mm2 mm3 mm4 : ปรับมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว พร้อมกันแบบละเอียดในหน่วยมิลลิเมตร เช่น mall 10-503

โครงสร้างภายในกล่องควบคุมแสดงในภาพที่ 5 ประกอบด้วย Arduino Mega 2560 บอร์ด RAMPS 1.4 ที่มี Driver (DRV8825) เพื่อขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 4 ตัว กล่องแหล่งจ่ายไฟ

ภาพที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุม

ในการทดสอบระบบกำหนดให้แพลตฟอร์มเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายที่กำหนดทีละจุดจำนวน 5 ครั้งต่อหนึ่งตำแหน่ง เพื่อประเมินความแม่นยำของการเคลื่อนที่ และตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างตำแหน่งที่ตั้งไว้กับตำแหน่งที่แพลตฟอร์มกริปเปอร์เคลื่อนที่ไปถึงจริง โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดสอบดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ และใช้ประกอบการวิเคราะห์ความถูกต้องของการควบคุม รวมถึงความเสถียรของการทำงานของระบบ ภาพที่ 6 แสดงการกำหนดขนาดจุดต่างๆที่ใช้ทดสอบ



ภาพที่ 6 การกำหนดขนาดจุดต่างๆที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่

โดยตัวอย่างค่าความคลาดจากการทดสอบในแนวแกน X แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดจากการทดสอบในแนวแกน X

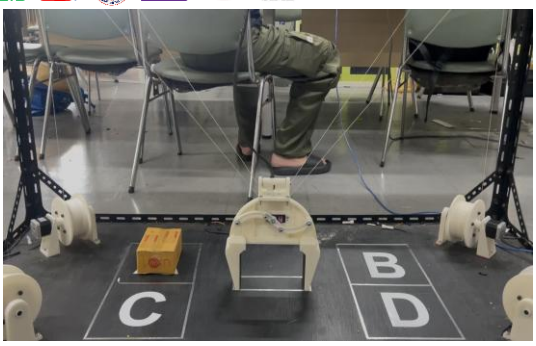
Y+					
ระยะ	Step1	Step2	Step3	Step4	ค่าระยะห่าง
1 cm	-2	4	-2	4	
2 cm	-3	8	-3	8	-1,4,-1,4
3 cm	-4	12	-4	12	-1,4,-1,4
4 cm	-5	16	-5	16	-1,4,-1,4
5 cm	-6	20	-6	20	-1,4,-1,4
6 cm	-7	24	-7	24	-1,4,-1,4
7 cm	-8	28	-8	28	-1,4,-1,4
8 cm	-9	33	-9	33	-1,5,-1,5
9 cm	-10	37	-10	37	-1,4,-1,4
10 cm	-11	43	-11	43	-1,6,-1,6
11 cm	-12	47	-12	47	-1,4,-1,4
12 cm	-13	54	-13	54	-1,7,-1,7
13 cm	-14	58	-14	58	-1,4,-1,4
14 cm	-15	62	-15	62	-1,4,-1,4
15 cm	-16	65	-16	65	-1,3,-1,3

โดยจากการทดลอง พบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่จาก จุด Start ไปยังจุด A ได้อย่างถูกต้อง โดยมีการตอบสนองต่อคำสั่งที่สม่ำเสมอ และสามารถหยุดในตำแหน่งเป้าหมายได้ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด ซึ่งยืนยันได้ว่าระบบควบคุมการเคลื่อนที่และการสั่งงานผ่าน Serial Protocol สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุด A โดยค่าความผิดพลาดแสดงในตารางที่ 2

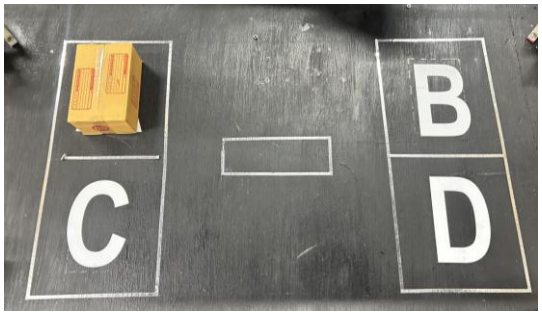
ตารางที่ 2 ค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุด A

การทดลองครั้งที่	X	Y
1	0 mm	2 mm
2	3 mm	5 mm
3	6 mm	7 mm
4	9 mm	9 mm
5	12 mm	11 mm

ภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จากจุกเริ่มต้นแสดงในภาพที่ 7และเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขยับไปยังจุด A แสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แสดงการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น



ภาพที่ 8 แสดงการเคลื่อนที่มายังจุด A

4. สรุปผล (Conclusion)

บทความนี้นำเสนอหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนาน โดยใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 ที่ต่อกับบอร์ด RAMPS 1.4 และไดรเวอร์ DRV8825 การพัฒนาโปรแกรมทำให้กริปเปอร์สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ จากผลการทดลองหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุจากตำแหน่งเริ่มต้นแล้วไปวางยังตำแหน่ง A, B, C และ D ได้ ในทางกลับกันหุ่นยนต์สามารถหยิบจับวัตถุจากตำแหน่ง A, B, C และ D ไปซ้อนรวมกันที่จุดเริ่มต้นได้ การวิจัยหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนานเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการขยายให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น โดยการเปลี่ยนเส้นขนานและมอเตอร์ที่รับน้ำหนัก สามารถขยายพื้นที่การทำงานกว้างและสูงขึ้นได้แต่ต้องมีการปรับจูนตำแหน่งการเคลื่อนที่ใหม่โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุแบบขนานได้ ในอนาคตสามารถเพิ่มเซ็นเซอร์อัจฉริยะเพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติหรือระบบการประมวลผลภาพได้ในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Hamid D. Taghirad. Parallel Robots Mechanics and Control. New York: Taylor & Francis Group, LLC; 2013.

[2] Tobias Bruckmann, Andreas Pott Editors. Cable-Driven Parallel Robots. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2013.

[3] ดำรงเกียรติ แซ่ลิ้ม, ชนภัทร จิรจักรชัย, ชัยอนันต์ จันคลี, สมพร เตียเจริญ. การระบุตำแหน่งหุ่นยนต์โดยการประมวลผลภาพ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 47, 13-15 พฤศจิกายน 2025, โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุดรธานี: 701-100303.

[4] Sara Gabaldo, Edoardo Idà, Marco Carricato. Pose-estimation methods for underactuated cable-driven parallel robots, Mechanism and Machine Theory, Volume 199, 2024.

[5] Lei Jin, Tarek Taha, Dongming Gan. Kinetostatic Modeling and Configuration Variation Analysis of Cable-Driven Parallel Robots on Spheric. Springer Nature Switzerland, 2023.

[6] Somporn Tiacharoen, Somchai Tiacharoen. Development of a robot arm with decision-support system by AI. The 6th International Conference on Renewable Energy, Sustainable Environmental and Agricultural and Artificial Intelligence Technologies. Sep2024; 470-480.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การประยุกต์การใช้ ROS กับแขนหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม
Application of ROS to industrial robot arms

สมพร เตียเจริญ[1*] และ พิชิตพล น้อยท่าทอง[1]

Somporn Tiacharoen[1*] and Phichitpon Noitatong[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Electronics Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800

[*]Corresponding author: Somporn Tiacharoen, e-mail address: somporn.t@cit.kmutnb.th

บทคัดย่อ: บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบระบบแขนหุ่นยนต์อัตโนมัติที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อหยิบจับวัตถุในตำแหน่งที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ โดยนำระบบ Robot Operating System (ROS) มาใช้ในการควบคุมและจัดการข้อมูลของหุ่นยนต์ เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบและมีเสถียรภาพ ภายในระบบมีการใช้งาน YDLIDAR OS30A ซึ่งเป็น กล้องตรวจจับความลึก (Depth Camera) ที่มีความสามารถในการรับรู้ระยะห่างของวัตถุในเชิงลึกและสร้างภาพแบบสามมิติ ทำให้ระบบสามารถตรวจจับตำแหน่งของวัตถุและสิ่งกีดขวางในพื้นที่ทำงานได้อย่างแม่นยำ ช่วยในการวางแผนการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์และปรับการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ระบบทั้งหมดควบคุมผ่านราสเบอร์รี่พายซึ่งทำหน้าที่เป็น Master Node ภายใต้ ROS โดยรับข้อมูลจาก YDLIDAR OS30A เพื่อประมวลผลและส่งคำสั่งไปยัง Node ต่าง ๆ ที่ควบคุมกลไกของแขนหุ่นยนต์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแขนหุ่นยนต์สามารถระบุตำแหน่งวัตถุและหยิบจับได้อย่างแม่นยำ รวมถึงสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแสดงถึงความสามารถของ ROS เมื่อทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ YDLIDAR OS30A บทความนี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาแขนหุ่นยนต์อัตโนมัติที่สามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบอัตโนมัติ ความแม่นยำ และความปลอดภัยสูง

คำสำคัญ: แขนหุ่นยนต์; ROS; ราสเบอร์รี่พาย; YDLIDAR OS30A; กล้องตรวจจับความลึก

Abstract: This paper aims to develop and test an autonomous robotic arm system capable of accurately and efficiently grasping objects at predefined positions. The system utilizes the Robot Operating System (ROS) to control and manage the robot's data flow, enabling seamless integration with various hardware components and ensuring system stability. A key component of the system is the YDLIDAR OS30A, which functions as a depth camera capable of perceiving depth information and generating 3D representations of the surrounding environment. This allows the robotic arm to detect objects and obstacles within its workspace with high precision, facilitating efficient path planning and object manipulation. The entire system is controlled via a Raspberry Pi, which serves as the master node under ROS. It receives data from the YDLIDAR OS30A, processes the information, and sends commands to other nodes that control the mechanical movement of the robotic arm. Test results demonstrate that the robotic arm can accurately identify object locations, perform grasping tasks effectively, and avoid obstacles in real-time. These outcomes highlight the effectiveness of using ROS in conjunction with intelligent sensors like the YDLIDAR

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

OS30A. This paper presents a significant approach to developing autonomous robotic arms for industrial applications that demand high levels of automation, precision, and safety.

Keywords: Robotic Arm; ROS; Raspberry Pi; YDLIDAR OS30A; Depth Camera

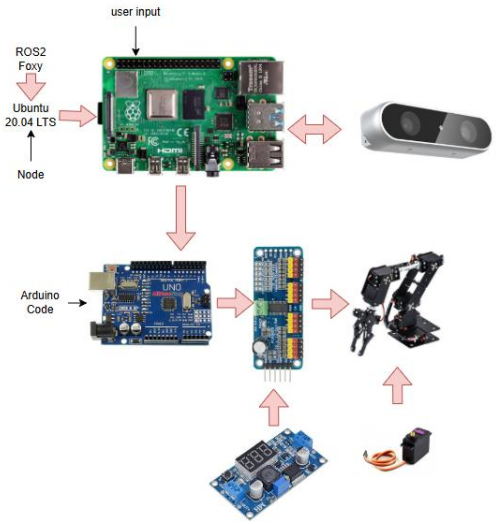
1. บทนำ (Introduction)

แขนหุ่นยนต์อัตโนมัติ (Robotic Arm) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในยุคที่ความแม่นยำ ความรวดเร็ว และความปลอดภัยกลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน การนำแขนหุ่นยนต์มาใช้งานสามารถช่วยลดต้นทุนแรงงาน ลดข้อผิดพลาดจากมนุษย์ เพิ่มความแม่นยำ และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้เป็นอย่างมาก การพัฒนาแขนหุ่นยนต์อัตโนมัตินั้นประกอบด้วยหลายองค์ประกอบ ทั้งในด้านฮาร์ดแวร์ เช่น มอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ โครงสร้างทางกล และระบบเซ็นเซอร์ ตลอดจนด้านซอฟต์แวร์ที่ต้องจัดการกับระบบควบคุม การประมวลผลภาพ การนำทาง และปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมดูลต่าง ๆ ซึ่งอาจมีความซับซ้อนสูง ด้วยเหตุนี้ ระบบ Robot Operating System (ROS) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการระบบซอฟต์แวร์หุ่นยนต์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ

บทความนี้พัฒนาแขนหุ่นยนต์อัตโนมัติที่สามารถหยิบจับวัตถุในตำแหน่งที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ โดยมีความสามารถในการหลบสิ่งกีดขวาง และประมวลผลตำแหน่งของวัตถุในรูปแบบสามมิติ โดยใช้ระบบ ROS เป็นแกนกลางในการควบคุมและสื่อสารระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ ในระบบนี้มีการใช้งานเซ็นเซอร์ YDLIDAR OS30A ซึ่งในที่นี้ทำหน้าที่เป็นกล้องตรวจจับความลึก (Depth Camera) โดยสามารถตรวจจับความลึกของวัตถุและสิ่งกีดขวางรอบตัว ช่วยให้ระบบสามารถประเมินระยะทาง สร้างแผนที่ของพื้นที่ และกำหนดตำแหน่งของวัตถุได้อย่างแม่นยำในมุมมองสามมิติ นอกจากนี้ยังมีการใช้บอร์ด Raspberry Pi เป็น Master Node สำหรับควบคุมระบบประมวลผล รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ และส่งคำสั่งไปยังแขนหุ่นยนต์ผ่านระบบ ROS ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างเสถียร มีความแม่นยำในการเคลื่อนไหว และสามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

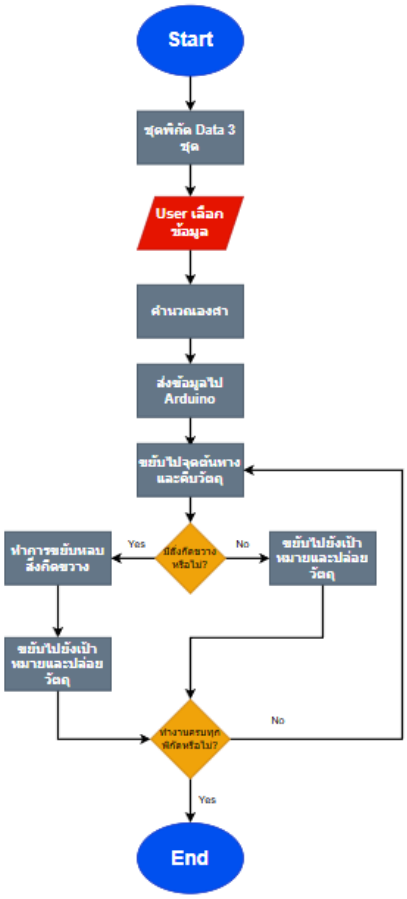
หลักการทำงานโดยรวมของระบบ



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมภาพรวมโครงสร้างของระบบ

จากภาพที่ 1 เป็นไดอะแกรมโครงสร้าง โดยจะมีบอร์ด Raspberry pi 4 model B ซึ่งเป็นส่วนประมวลผลหลักของระบบ ซึ่งมี Ubuntu 20.04 LTS ติดตั้ง และได้มีการติดตั้ง Ros2 Foxy ไว้บน Ubuntu โดยจะคอยรับค่าจาก YDLIDAR OS30A เพื่อมาประมวลผลบนระบบROS2 ที่มีการสร้าง Node การคำนวณองศาเตรียมไว้ เพื่อส่งค่าองศาที่จะขับมอเตอร์ให้กับ Arduino Uno เพื่อสั่ง PWM ไปที่ PCA9685 ให้ส่ง PMW แต่ละตัวในการขยับแขนหุ่นยนต์แต่ละ ข้อต่อ (Joint) ให้ขยับไปยังเป้าหมาย จากรูปที่ 2 เป็นโฟร์ชาร์จการทำงานของระบบ โดยเป็นการกำหนดค่าพิกัดเป็นชุดข้อมูล ทำการเลือกชุดข้อมูลเพื่อเป็นการเรียกใช้ Node ในการคำนวณและส่งค่าองศาไปยัง Arduino และทำการขยับข้อต่อแขนหุ่นยนต์แต่ละข้อ เพื่อขยับไปยังปลายทางต่อไป

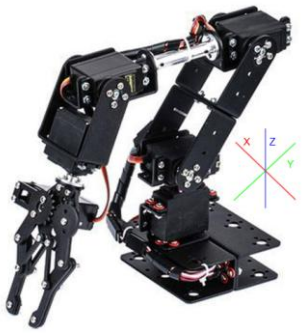
FTI & RMUTP | 4th Sustainable Industrial Innovation Conference 2025



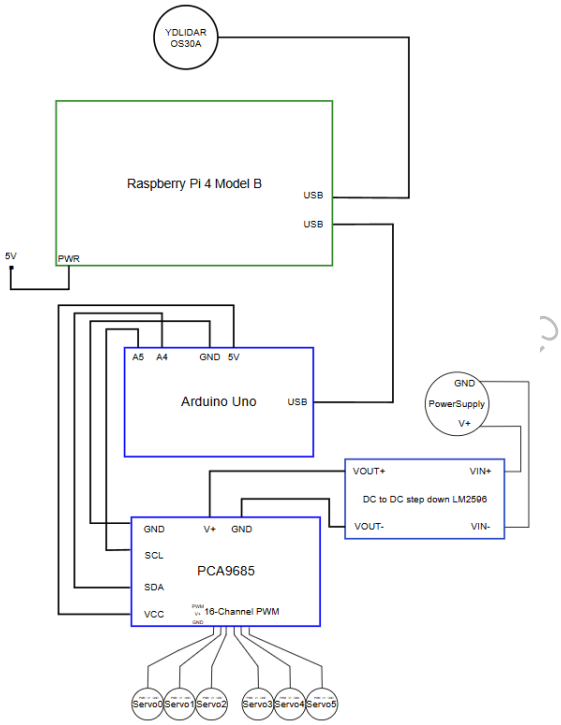
ภาพที่ 2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของระบบ

3. ผลการวิจัย (Results)

ในส่วนของแขนหุ่นยนต์ที่ใช้แสดงในภาพที่ 3 และฮาร์ดแวร์ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แขนหุ่นยนต์



ภาพที่ 4 วงจรโดยรวมของของระบบ

ส่วนของซอฟแวร์ระบบ ส่วนประมวลผลหลัก อยู่ที่บอร์ด Raspberry Pi 4 รับข้อมูลพิกัดจาก Sensor YDLIDAR OS30A ที่ทำการกำหนดจุดพิกัดและเก็บค่าพิกัดไว้ใน Node ที่สร้างขึ้น เมื่อทำการเรียกการใช้งาน Node ก็จะทำการคำนวณจากพิกัดแปลงเป็นองศาด้วยหลักการ Kinematics Theory ตามแต่ละข้อต่อของแขนหุ่นยนต์และจะทำการส่งผ่านสาย Serial ไปยัง Arduino Uno เพื่อให้ทำงานต่อไป

การควบคุมแขนหุ่นยนต์จะใช้การคำนวณแบบ Inverse Kinematics (IK) แบบง่ายเชิงเรขาคณิต ของแขนหุ่นยนต์ 3 ข้อบวกฐาน โดยคำนวณตำแหน่งสัมพัทธ์ (Relative Position) หา ระยะห่างในแต่ละแกน ระหว่างฐานกับเป้าหมาย โดยการนำ ตำแหน่งเป้าหมาย - ตำแหน่งฐาน ในแต่ละแกน ตามสมการที่ (1-3)

$$rel_x = x - x_0 \quad (1)$$

$$rel_y = y - y_0 \quad (2)$$

$$rel_z = z - z_0 \quad (3)$$

คำนวณระยะบนระนาบ XY ดูกล้องมองจากข้างบน ตามสมการที่ (4)

$$d_{xy} = \sqrt{(rel_x)^2 + (rel_y)^2} \quad (4)$$

คำนวณ Base Angle ใช้ตรีโกณมิติ จากสมการที่ (5)

$$\theta_{base} = arctan\,2(rel_y, rel_x) \quad (5)$$

คำนวณมุมข้อไหล่ (Motor 2) จากสมการที่ (6)

$$cos(\theta_2) = \frac{L_1^2 + d^2 - L_2^2}{2L_1 d} \quad (6)$$

FTI & RMUT Sustainable Industrial Innovation and Management

คำนวณมุมข้อศอก (Motor 3) จากสมการที่ (7)

$$cos(\theta_3) = \frac{L_1^2+L_2^2-d^2}{2L_1L_2} \quad (7)$$

คำนวณมุมข้อมือ (Motor 4) จะใช้สมการที่ (8) เพื่อรักษามุมแนวตั้งของข้อมือให้ตรง

$$\theta_4 = 180 - (\theta_2 + \theta_3) \quad (8)$$

ทำการเพิ่มค่า error จาก Error Mapping Table

ตารางที่ 1 Error Mapping Table

รอบที่ (Round)	พิกัด (Coordinates) (x, y, z)	Θ base (degrees)	Θ Shoulder (degrees)	Θ Elbow (degrees)	Θ Wrist (degrees)	Error (cm)	$\Delta\Theta_1$	$\Delta\Theta_2$	$\Delta\Theta_3$	$\Delta\Theta_4$
1	-0.18,0.05,0.34	165	30	121	29	5.2	-2	+46	-16	0
2	-0.18,0.05,0.34	164	45	115	29	3.8	+1	-31	+10	0
3	-0.18,0.05,0.34	166	50	112	29	3.1	+3	-26	+7	0
4	-0.18,0.05,0.34	162	60	110	29	1.9	-1	-16	+5	0
5	-0.18,0.05,0.34	163	65	107	29	1.2	0	-11	+2	0
6	-0.18,0.05,0.34	163	68	106	29	0.8	0	-8	+1	0
7	-0.18,0.05,0.34	163	72	106	29	0.3	0	-4	+1	0
8	-0.18,0.05,0.34	163	75	105	29	0.1	0	-1	0	0
9	-0.18,0.05,0.34	163	77	104	29	0.3	0	+1	-1	0
10	-0.18,0.05,0.34	163	76	105	29	0	0	0	0	0
11	-0.18,0.05,0.34	163	76	105	29	0	0	0	0	0

โดยการทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์เพื่อขยับไปยังเป้าหมายของแขนหุ่นยนต์จะทำได้โดยการกดปุ่มตามตัวเลือกในการทำงานใน Terminal โดยต้องกดเลข 0 เพื่อตั้งค่า Ros2 Workspace ก่อนเลือกคำสั่ง 1-3 ในการทำงาน โดยการทดสอบ 1 รอบจะประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดของแต่ละจุด

ภาพที่ 5 แสดงจุดที่แขนหุ่นยนต์จะขยับคีบวัตถุ (จุดเริ่มต้น-จุดสิ้นสุด)

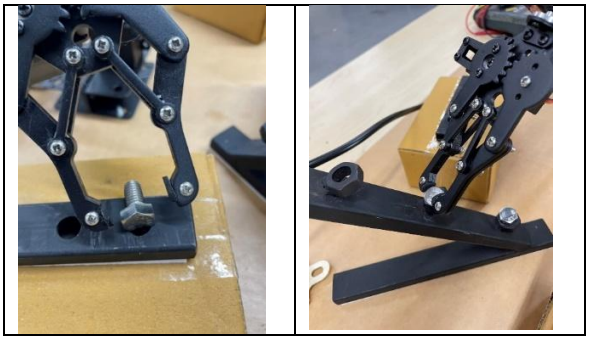
การทดลองได้ทำการจับเวลาในการเคลื่อนที่จุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดแต่ละตำแหน่ง ผลการทดลองในตารางที่ 2

ภาพที่ 6 แสดงมุมมองการทำงาน

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการขยับจาก จุดเริ่มต้น-สิ้นสุด

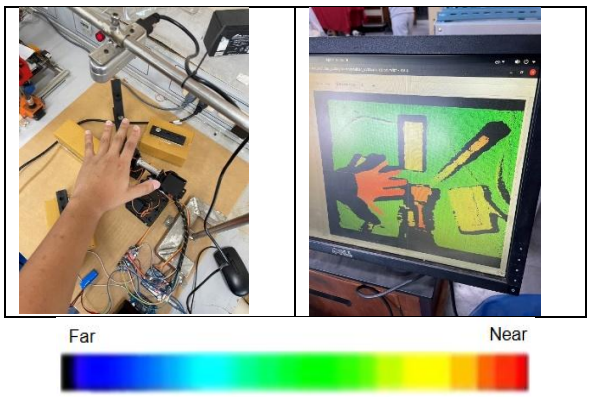
รอบที่ (Round)	จุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด (Start ⟶ Finish)	Time (second)
1	1⟶4	30.23
2	1⟶4	30.51
3	1⟶4	30.89
4	2⟶5	28.96
5	2⟶5	28.12
6	2⟶5	29.03
7	3⟶6	27.76
8	3⟶6	28.32
9	3⟶6	27.94

จากการทดลองเห็นได้ว่าแขนหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดได้และจากขอบเขตที่กำหนดจะช่วยให้แขนหุ่นยนต์สามารถขยับได้โดยไม่เกินระยะและลดความเสี่ยงการรับน้ำหนักไม่ไหว จากการทดลองจะเห็นได้ว่าบางครั้งไม่สามารถใส่วัตถุไปในช่องใส่วัตถุได้อย่างพอดี เพราะตัวฮาร์ดแวร์ของแขนหุ่นยนต์ไม่สามารถทำงานได้ละเอียดมากพอ ตามแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความผิดพลาดในการวางวัตถุ

ในการทดสอบการหลบสิ่งกีดขวางจะนำเอาสิ่งกีดขวางวางไว้ และทำการเพิ่มค่าความสูงของสิ่งกีดขวางเพื่อเช็คว่าระยะเท่าไหร่ที่แขนสามารถยกวัตถุหลบได้และกล้องสามารถตรวจจับความสูงของวัตถุได้หรือไม่ จากการทดลองวัดระดับความสูงจากพื้น จะเห็นได้ว่ายิ่งเข้าใกล้กล้องแกน Z จะมีค่าน้อยลง ยิ่งออกไปไกลกล้องแกน Z จะมีค่ามากขึ้น ถ้าเข้าใกล้กล้องมากเกินกว่า 27.24 เซนติเมตร เซ็นเซอร์ของกล้องจะไม่ทำงาน ไม่สามารถหาพิกัดได้ ภาพที่ 8 แสดงสีตามระดับความลึกของวัตถุ (ระยะห่างจากกล้อง)



ภาพที่ 8 สีแสดงระดับความลึกของวัตถุ
(สีแดงคือระยะใกล้แล้วเพิ่มระดับสีตามความลึกจนเป็นสีดำ)

จากการทดลองพบว่าแขนหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขว้างได้ แต่ถ้าสิ่งกีดขว้างมีความสูงมากกว่า 16.78 เซนติเมตร มอเตอร์ไม่สามารถยกแขนหลบได้เพราะตัวมอเตอร์รับน้ำหนักมากเกินไป

4. สรุปผล (Conclusion)

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์การใช้ ROS กับแขนหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม ที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยใช้บอร์ด Arduino Uno,ที่ต่อกับ PCA9685, MG996R, LM2596 และพัฒนาโปรแกรมที่ทำการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยภาษา C++ และ ใช้บอร์ด Raspberry Pi ต่อกับ YDLIADR OS30A ที่เป็นกล้อง Depth Camera และการประยุกต์การใช้งานเข้าด้วยกันด้วยระบบ ROS 2 จ า ก การทดลองพบว่าสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ แขนหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้และการทดลองหลบสิ่งกีดขวางสามารถหลบสิ่งกีดขวางและขยับไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้

โครงงานนี้จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ร่วมกับระบบ ROS และเซ็นเซอร์อัจฉริยะ เพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนและสามารถต่อยอดสู่การใช้งานจริงในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Somporn Tiacharoen, Somchai Tiacharoen. Development of a robot arm with decision-support system by AI. The 6th International Conference on Renewable Energy, Sustainable Environmental and Agricultural and Artificial Intelligence Technologies. 26-27 September 2024; Virtual Mode: 470-480.

[2] สมพร เตียเจริญ, ภูริกรณ์ ทองย้อย, จิรพันธ์ จันทร์รักษ์. หุ่นยนต์ขนส่งอัตโนมัติภายในอาคารด้วยระบบ ROS. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16. 29–31 พฤษภาคม 2024, โรงแรมอัศวรรณ จังหวัดหนองคาย: 309-312.

[3] ดำรงเกียรติ แซ่ลิ้ม, ชนภัทร จิรจักรชัย, ชัยอนันต์ จันคลี, สมพร เตียเจริญ. การระบุตำแหน่งหุ่นยนต์โดยการประมวลผลภาพ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 47, 13-15 พฤศจิกายน 2025, โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุดรธานี: 701-100303.

[4] H. Li, Q. Yang, S. Ma, R. Zhao and X. Ji. RoboSpike: Fully Utilizing the Heterogeneous System with Subcallback Scheduling in ROS. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 202. 8(44); 2897-2910.

[5] Morgan Quigley, Brian Gerkey, William D. Smart. Programming Robots with Ros: A Practical Introduction to the Robot Operating System. 2016. O'reilly Media, Incorporated.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management International Conference 2025

การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ทังสเตนคาร์ไบด์ : กรณีศึกษารีมเมอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร

A Study on Reducing Time in the Production Process of Tungsten Carbide Tooling Cutting Tool : A Case Study of a Reamer with a Diameter of 11.98 mm

สุรพัฒน์ นาชำ[1*], รัตนา อภินันท์จารุพงศ์[1*], วีรญา กรทิพย์[1], ชานนท์ มูลวรรณ[1], ยรรยง ศรีสม[1] และ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2]

Suraphat Nacham[1*], Rattana Aphinanjaruponga[1*], Weeraya Kontip[1], Chanon Moolwan[1], Yanyong Srisom[1] and Saharat Wongsisa[2]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand
[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand
[*]Corresponding author: Suraphat Nacham, e-mail address: supprame123@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการผลิตคัดติ้งทูลส์ (Cutting tools) ประเภทงานรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร ปัญหาเกิดที่สถานีงานเจียระไนร่องคายเศษ ใช้เวลาในการผลิตนาน 104.06 นาทีต่อชิ้น ซึ่งเกิดจากการผลิตขั้นตอนย่อยการเจียระไนร่องคลายเศษ 3 คมตัด การแก้ไขโดยใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและลดขั้นตอนการเจียระไนที่ซ้ำซ้อน ผลการปรับปรุงที่สถานีงานเจียระไนร่องคายเศษ เวลาในการผลิตลดลงเหลือ 93.26 นาทีต่อชิ้น คิดเป็น 10.37%
คำสำคัญ: คัตติ้งทูลส์ ; กระบวนการผลิต ; การเจียระไน ; ECRS ; ทังสเตนคาร์ไบด์

Abstract: This project aims to reduce the production time of cutting tools, specifically reamers with a diameter of 11.98 millimeters. The identified problem occurred at the chip flute grinding station, where the production time was 104.06 minutes per piece. The root cause was found in the sub-process of grinding three chip flutes. The improvement was implemented using the ECRS principle (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) to optimize the workflow and eliminate redundant grinding steps. As a result of the improvement, the production time at the chip flute grinding station was reduced to 93.26 minutes per piece, representing a 10.37% reduction.
Keywords: Cutting Tool ; Manufacturing Process ; ECRS ; Tungsten Carbide ; Cutting

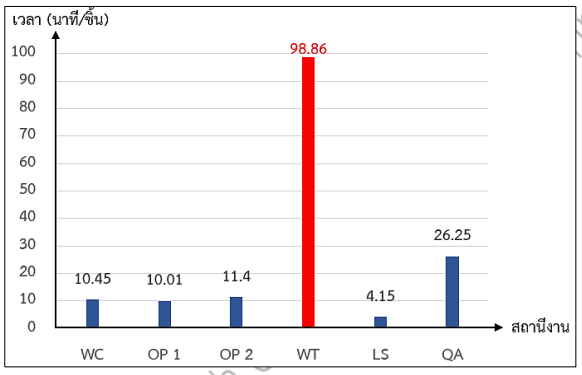
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

โครงการนี้ได้เลือกศึกษาผลิตภัณฑ์คัตติ้งทูลส์ประเภทงานรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร มีจำนวน 3 คมตัด เป็นเครื่องมือตัดที่ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับงานเจาะชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเที่ยงตรงสูงและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเครื่องมือตัดสำคัญในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะการผลิตชิ้นส่วนของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

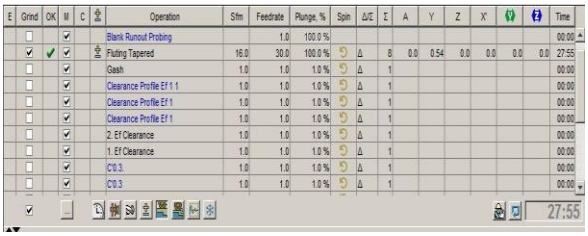
ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์งานรีมเมอร์

จากข้อมูลกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทงานรีมเมอร์ มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเกิดความล่าช้าในสายการผลิตโดยมีสถานีงานที่ใช้รอบเวลาในการผลิตมากที่สุด คือสถานีงานที่ 4 เจียระไนร่องคายเศษ ใช้รอบเวลารวมทั้งหมดในกระบวนการเท่ากับ 161.12 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตเท่ากับ 27.16 % ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รอบเวลาการผลิตในแต่ละสถานีงาน

จากภาพที่ 2 ในกระบวนการผลิตทั้งหมด 6 สถานีงาน สถานีงานที่ 4 เจียระไนร่องคายเศษ ใช้เวลาในการผลิตนานถึง 98.86 นาที เป็นสาเหตุหลักทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตงานเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษหยาบจำนวน 3 คมตัด ใช้หินเจียระไนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร ความหนา 12 มิลลิเมตร เป็นการเจียระไนตามแนวเส้นตรงของชิ้นงาน โดยใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนที่อัตราป้อน (Feed Rate) 30 มิลลิเมตรต่อรอบ อัตราป้อนลึกครั้งละ 0.54 มิลลิเมตร จำนวน 8 ครั้งต่อการเจียระไนหนึ่งคมตัด (Spindle) หมุนตามเข็มนาฬิกาใช้เวลาเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษหยาบจำนวน 3 ร่องคมตัด เท่ากับ 27.55 นาทีต่อชิ้น



ภาพที่ 3 แสดงข้อมูลในสถานีเจียระไนร่องคายเศษ

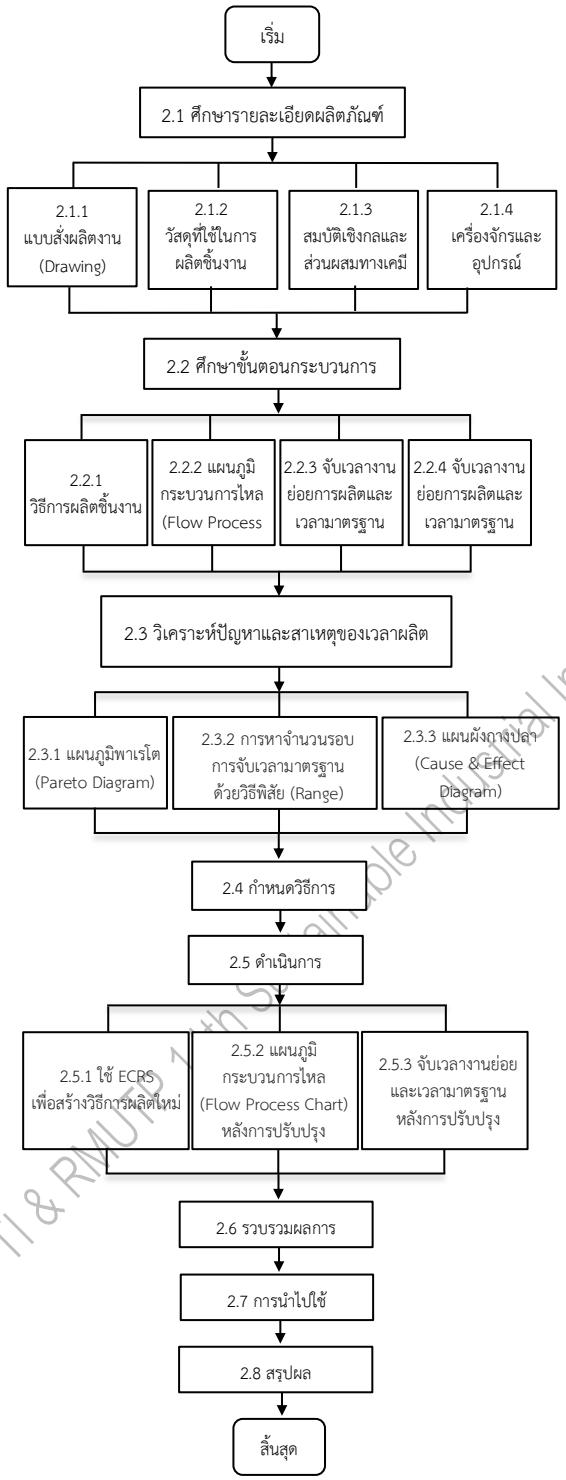
จากภาพที่ 3 ขั้นตอนงานย่อยที่ 6 ในสถานีงานเจียระไนร่องคายเศษ จำเป็นต้องทำการปรับปรุงวิธีการและเงื่อนไขในการเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษหยาบ ซึ่งใช้เวลาในการเจียระไนร่องคายเศษ 27.55 นาที โดยใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ปรับปรุงกระบวนการผลิตในส่วนขั้นตอนการเจียระไนจากเดิมใช้จำนวนรอบในการเจียระไน 8 รอบต่อหนึ่งคมตัด ที่ใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนรอบที่อัตราป้อน (Feed Rate) 30 มิลลิเมตรต่อรอบ สามารถลดเวลาเหลือ 17.29 นาที โดยออกแบบวิธีการเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษหยาบใหม่ที่ช่วยทำให้การทำงานง่ายและเร็วขึ้น ซึ่งการปรับปรุงครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมนึก กมุทพิมาน. การปรับปรุงกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ความเที่ยงตรงสูง. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต; 2565. [1] และสฤษดิ์ โตโพธิ์กลาง. การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร. [การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559. [2]

โครงการนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อลดเวลากระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทงานรีมเมอร์โดยนำเอาหลักการ ECRS มาใช้แก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งได้ทำการออกแบบโปรแกรมช่วยให้ทำงานง่ายและรวดเร็วขึ้น โดยการออกแบบการเจียระไนร่องคายเศษหยาบใหม่ โดยการเลือกใช้คำสั่ง Spark Out และอัตราป้อน 5 รอบ รอบละ 0.8 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 30 มิลลิเมตรต่อรอบ ใช้ในการเจียระไนร่องคายเศษหยาบเพียง 5 ครั้งต่อหนึ่งคมตัด ทำให้เวลาขั้นตอนการผลิตลดลง ซึ่งได้ศึกษางานวิจัยของ กิตติ วิโรจรัตนาภาพิศาล. การออกแบบและพัฒนาดอกสว่านในการเจาะรูชิ้นงานอลูมิเนียม. [ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี]. ตาก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา; 2565. [3] จิตราภา รักษา. การปรับปรุงและลดเวลากระบวนการทำงาน กรณีศึกษาเฟอร์นิเจอร์นำเข้าจากต่างประเทศ. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2563. [4]

FTI & RMUTP 14th ... Innovation and Management Conference 2025

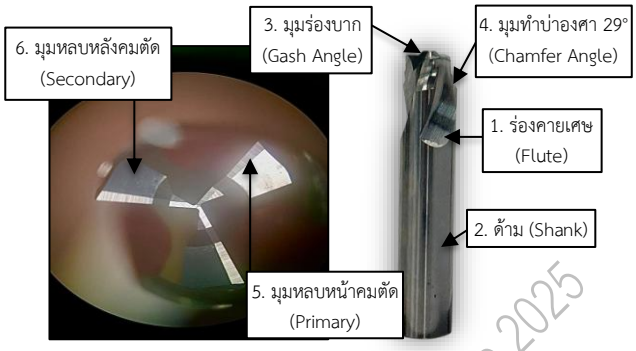
ณัฐพล เมฆพัฒน์. การเพิ่มผลิตภาพกระบวนผลิตรีมเมอร์ทังสเตนคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต; 2567. [5]

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 4 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินโครงการ

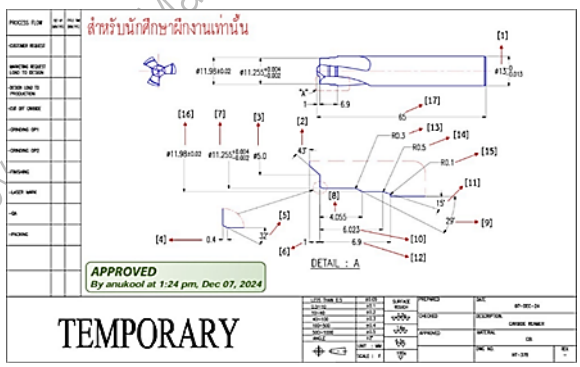
2.1 ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5 วิเคราะห์รายละเอียดผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คัตติ้งทูลส์เริ่มตั้งแต่รายละเอียดแบบสั่งผลิต วัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานข้อมูลให้มีความเข้าใจก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยมีแบบสั่งผลิตที่ใช้ในการผลิต ดังภาพที่ 5

2.1.1 แบบสั่งผลิตงาน (Drawing)



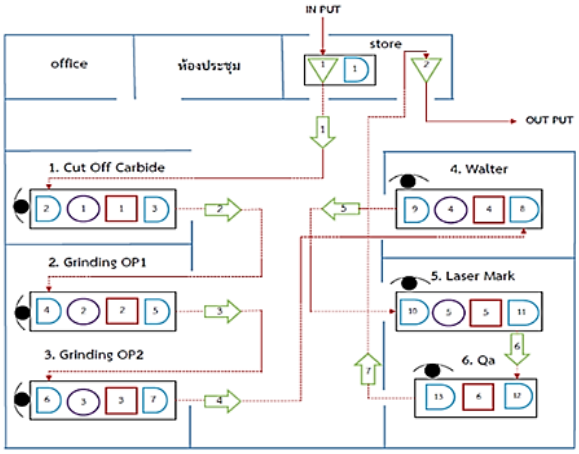
ภาพที่ 6 แบบสั่งผลิตรีมเมอร์แผนก Walter

ศึกษารายละเอียดแบบสั่งผลิตเพื่อทำการเลือกใช้หินเจียระไนใช้เหมาะสมกับชิ้นงาน และจิ๊กจับยึดชิ้นงานให้เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation Management International Conference 2025

2.2 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนก

2.2.1 วิธีการผลิตชิ้นงาน



ภาพที่ 7 แสดงวิธีการผลิตชิ้นงานในโรงงาน

การปฏิบัติงานเริ่มจากเวลา 07:00-16:00 น. ขั้นตอนการผลิตก่อนปรับปรุงสามารถแบ่งออกเป็น 6 กระบวนการ ดังนี้ กระบวนการตัดคาร์ไบด์ (Cut off Carbide) กระบวนการเจียระไนกลมผิวหยาบ (Rough round grinding) กระบวนการเจียระไนกลมผิวละเอียด (Fine round grinding) กระบวนการเจียระไนร่องคายเศษ (Walter Grinding) กระบวนการทำตราสัญลักษณ์บนผิวชิ้นงาน (Laser Mark) กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Checking)

2.2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ตารางที่ 3 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) (ต่อ)										
☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร				สรุป						
หมายเลข 01 แผ่นที่ 1				สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง		
ชื่อโรงงาน : Halcyon Technology PLC.				ปฏิบัติการ		15	-	-		
กรรมวิธี : การผลิตรีมเมอร์ Ø11.98 มิลลิเมตร				เคลื่อนย้าย		3	-	-		
☑ ปัจจุบัน ☐ เสนอ				รอคอย		25	-	-		
ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต				ตรวจสอบ		2	-	-		
ผู้บันทึก : นายสุรพัฒน์ นาชำ				เก็บรักษา		0	-	-		
				ระยะทาง (เมตร)		17.5	-	-		
				เวลา (วินาที)		5,931.6	-	-		
ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ	
1. ชิ้นงานถูกวางบนโต๊ะ	10	-	10						สถานีงาน เจียระไนร่องคายเศษ	
2. ชิ้นงานถูกย้ายใส่แท่นจับ	1	1	7							
3. ชิ้นงานถูกขันล็อค	1	-	20							
4. ชิ้นงานถูกตรวจสอบค่าเบี่ยงเบนการหมุน (Run Out)	1	-	10							
5. ชุดหินเจียระไนเคลื่อนย้ายเข้าชิ้นงาน	1	-	5							
6. เจียระไนร่องคายเศษหยาบ	1	-	1653							
7. ชุดหินเจียระไนเคลื่อนย้ายออกจากชิ้นงาน	1	-	4							

กระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทงานรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตรมีทั้งหมด 45 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดคือขั้นตอนที่ 6 กระบวนเจียระไนร่องคายเศษหยาบ ซึ่งใช้เวลา 1,653 วินาที หรือ 27.55 นาที ซึ่งเป็นเวลาสูงสุดในสถานีงานเจียระไนร่องคายเศษ และใช้เวลากระบวนการผลิตรวมทั้งหมด 5,931.6 วินาทีหรือ 98.86 นาที

ตารางที่ 4 เวลามาตรฐานสายการผลิตก่อนปรับปรุง

ตารางเวลามาตรฐานการผลิตคัตติ้งทูลประเภทรีมเมอร์ (Reamer)						
สถานีงาน	รายละเอียดงาน	รายละเอียดภาพ	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเผื่อ (%)	เวลามาตรฐาน	
					นาที	ชั่วโมง
1	สถานีงาน กระบวนการตัดคาร์ไบด์		10.45	5%	11	0.18
2	สถานีงานเจียระไนกลมผิวหยาบ		10.01	5%	10.53	0.17
3	สถานีงาน เจียระไนกลมผิวละเอียด		11.4	5%	12	0.2
4	สถานีงาน เจียระไนร่องคายเศษ		98.86	5%	104.06	1.73
5	สถานีงาน กระบวนการทำตราสัญลักษณ์บนผิวชิ้นงาน		4.15	5%	4.36	0.07
6	สถานีงาน การตรวจสอบคุณภาพ		26.25	5%	27.63	0.46
รวมเวลาผลิตของคัตติ้งทูลประเภทรีมเมอร์			161.12	5%	169.58	2.81

1) เวลาปกติสถานีงานที่ 4 = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100 ; ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ

= 98.86 x (100) / 100

= 98.86 นาที / ชิ้น

เวลารวมในสถานีที่ 4

= 98.86 นาที / ชิ้น

2) การหาเวลามาตรฐานต่องาน 1 ชิ้น

= (เวลาปกติ x 100%) / (100% - % เวลาเผื่อ)

= (98.86 x 100%) / (100% - 5%)

= 104.06 นาที / ชิ้น หรือ 6,243.6 วินาที

2.2.4 ประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุง

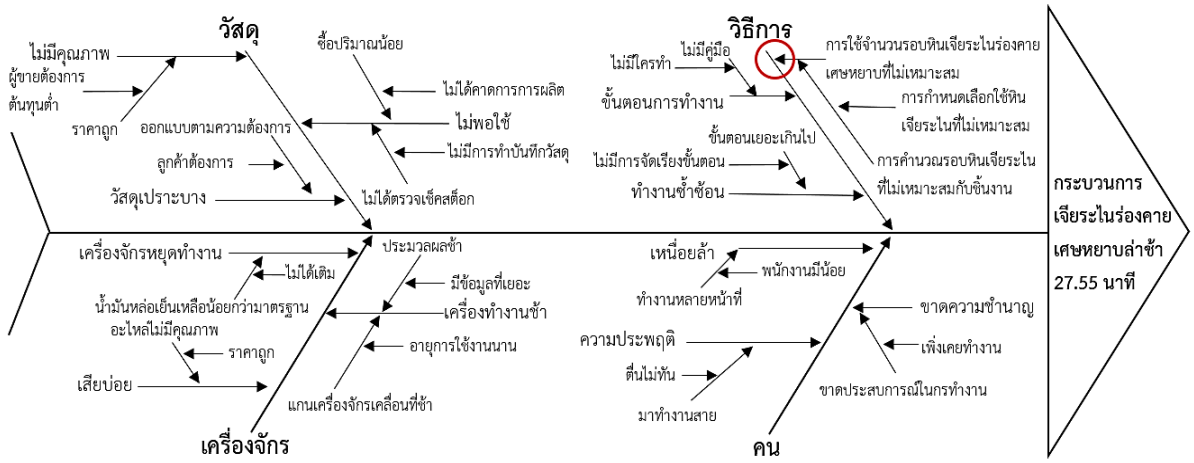
$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\,(\text{จำนวนสถานี})} \text{X100} \quad \textbf{(1)}$$

$$= \frac{(169.58)}{(104.06)\,(6)} \text{ X } 100$$

ประสิทธิภาพสายการผลิต (ปัจจุบัน) = 27.16 %

2.3 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของเวลาผลิต

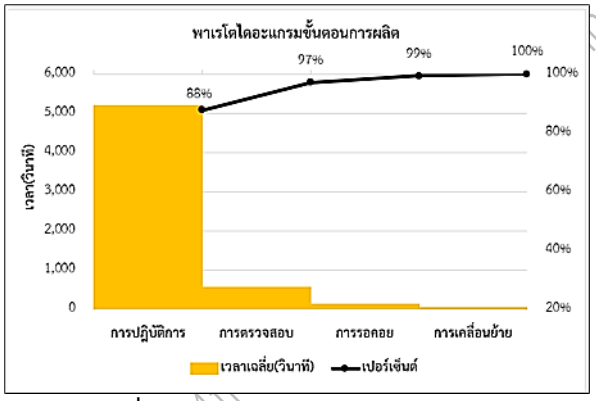
2.3.1 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)



ภาพที่ 8 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

จากภาพที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ผังก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากวิธีการ โดยสาเหตุคือกระบวนการเจียระไนร่องคายหยาบ มีสาเหตุย่อยที่เกิดจากการใช้อัตราป้อนเจียระไนร่องหยาบเศษหยาบจำนวน 8 รอบ รอบละ 0.54 มิลลิเมตร ส่งผลให้กระบวนการเจียระไนร่องหยาบเศษหยาบล่าช้า 27.55 นาที

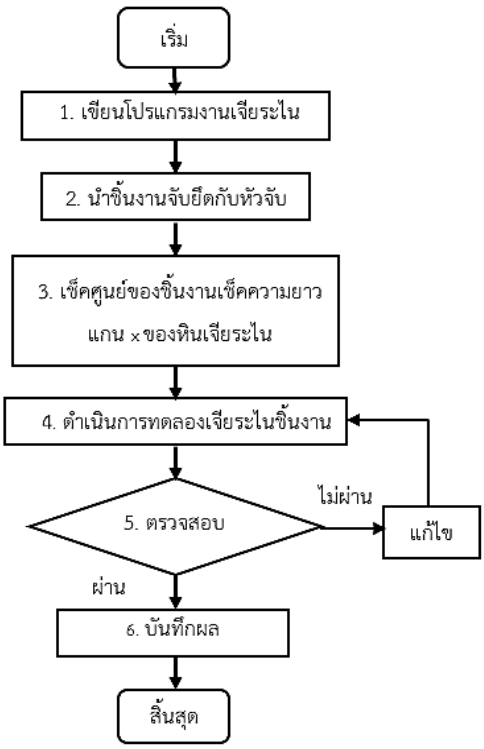
2.3.2 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)



ภาพที่ 9 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

จากภาพที่ 9 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) แสดงเวลาของกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร ในสถานีงานที่ 4 เจียระไนร่องคายเศษ ซึ่งแบ่งตาม การปฏิบัติการ การตรวจสอบ การรอคอย และการเคลื่อนย้าย กระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้ คือ การปฏิบัติการ ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 88 % ของสถานีงานการปรับปรุงครั้งนี้ใช้หลักการ 80 : 20 ของการใช้ผังพาเรโตไดอะแกรมเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

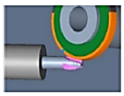
2.4 กำหนดวิธีการปรับปรุง



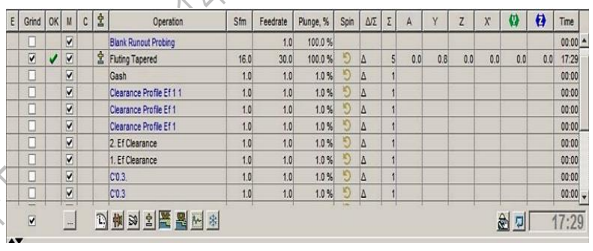
ภาพที่ 10 แผนผังกำหนดวิธีการปรับปรุง

2.5 ดำเนินการปรับปรุง

2.5.1 ใช้หลักการ ECRS เพื่อสร้างวิธีการผลิตใหม่

ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างอื่นทำได้ไหม
เจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษด้วยหินเจียระไน 1A1 ใช้หินเจียระไนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร ความหนา 12 มิลลิเมตร อัตราป้อนรอบหยาบ จำนวนรอบ 5 รอบละ 0.8มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 30 mm/ ใช้เวลาในการเจียระไน 17.29 นาที/ชิ้น	เนื่องจากเป็นการเจียระ ไนชิ้นส่วนหลักของรีมเมอร์ ให้ได้ตามแบบสั่งผลิต โดยจากเดิมจะใช้อัตราป้อนรอบหยาบจำนวน 8 รอบ รอบละ 0.54 มิลลิเมตรใช้เวลาในการเจียระไน 27.55 นาที/ชิ้น	ได้ โดยการปรับลักษณะการเจียระไนร่องคายเศษโดยโปรแกรม Tool Studio
ใครทำ	**ทำไมต้องคนนั้น**	**คนอื่นทำได้ไหม**
นายสุรพัฒน์ นาชำ อายุ 22 ปี อายุงาน 1 ปี 10 เดือน ความชำนาญการใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี (Walter Grinding) และทักษะการเจียระไนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี	เนื่องจากมีความชำนาญ การใช้เครื่องจักรซี เอ็นซี (Walter Grinding)และทักษะการเจียระไนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี	ได้แต่ต้องเป็นพนักงาน ในแผนก เป็นเครื่องจักรซีเอ็นซี (Walter Grinding) ทั้งหมด
ทำที่ไหน	**ทำไมต้องทำที่นั้น**	**ทำที่อื่นได้ไหม**
ที่แผนก CNC โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี(Walter Grinding) เจียระไนขึ้นรูปอัตโนมัติ ในขั้นตอนการเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษ	เพราะเป็นเครื่องจักร 5 แกนที่สามารถเจียระไนขึ้นรูปอัตโนมัติได้ เป็นการกำหนดไว้ให้ปรับปรุงสายการผลิตเพราะใช้เวลาในกระบวนการผลิตสูง	ได้ เพราะมีเครื่องลักษณะเจียระไนขึ้นรูปที่เหมือนกัน
ทำเมื่อไหร่	**ทำไมต้องทำเวลานั้น/ขั้นตอนนั้น**	**ทำเวลา/ขั้นตอนอื่นได้ไหม**
เมื่อมีการสั่งซื้อจากลูกค้าสั่งผลิตคัตติงทูลประเภทรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์การ 11.98 มิลลิเมตร	เพื่อให้เป็นไปตามแบบสั่งผลิตของงานที่ได้ออกแบบไว้และสถานีงาน อื่นก็สามารทำงานต่อไปได้จน เสร็จสิ้นกระบวนการ	ไม่ได้เพราะการใช้จำนวนรอบแบบเดิมจะทำให้เวลาการเจียระไนร่องคายเศษหยาบช้าลงมาก
ทำอย่างไร	**ทำไมต้องทำอย่างนั้น**	**ทำวิธีอื่นได้ไหม**
นำชิ้นงานมาเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษตามแบบสั่งผลิต 	เพราะต้องทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกันไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้	ได้โดยใช้หลักการจัดใหม่ (Rearrange) ในการเจียระไนขึ้นรูปในสถานีที่ 4 โดยใช้เครื่องจักร (CNC Walter Grinding)

2.5.1.1 ออกแบบการเจียระไนร่องคายเศษด้วยโปรแกรม (Tool Studio)



ภาพที่ 11 แสดงข้อมูลในสถานีเจียระไนร่องคายเศษ

จากภาพที่ 11 เป็นโปรแกรม Tool Studio แสดงการปรับรอบหยาบการเจียระไนร่องคายเศษโดยใช้อัตราป้อนรอบหยาบ 5 รอบ รอบละ 0.8 มิลลิเมตร ความเร็วฟีด (Feed Rate) 30 mm/s ซึ่งมีเวลาอยู่ที่ 17.29 นาที

วิเคราะห์อัตราการผลิต

การผลิตชิ้นงานของกระบวนการผลิตที่ 4 ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงานอยู่ที่ 104.06 นาที และเวลาในการทำการผลิตได้แบ่งออกเป็น 1 กะการทำงาน 460 นาที ต่อวัน

$$\text{อัตราการผลิต} = \frac{(460)}{(104.06)} \text{ (ชิ้นต่อวัน)}$$

$$= 4.42 \text{ ชิ้นต่อวัน} \quad (2)$$

ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนที่ผันแปรตามอัตราการผลิตคำนวณจากค่าแรงพนักงาน 400 บาทต่อวัน ปัจจุบันอัตราการผลิตต่อวันอยู่ที่ 4.42 ชิ้นต่อวัน

$$\text{ค่าแรง} = \frac{(400)}{(4.42)} \text{ (บาทต่อชิ้น)}$$

$$= 90.49 \text{ บาทต่อชิ้น} \quad (3)$$

ต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรคำนวณจากกำลังไฟของเครื่องจักร 9 kW ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันด้วยอัตราค่าไฟ 3.98 บาทต่อหน่วย

$$\text{ค่าเดินเครื่องจักร} = \frac{(9\text{x}8\text{x}3.98)}{(4.42)} \text{ (บาทต่อชิ้น)}$$

$$= 64.83 \text{ บาทต่อชิ้น} \quad (4)$$

3. ผลการวิจัย (Results)

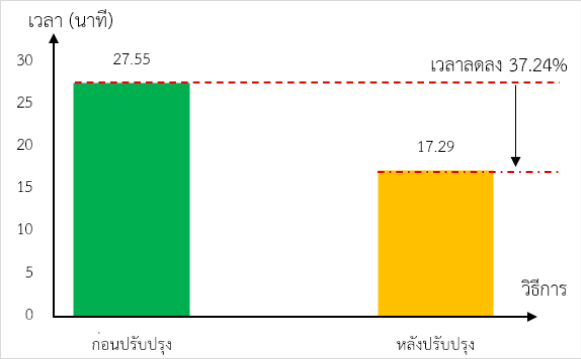
ตารางที่ 6 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลหลังปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)											
คน วัสดุ เครื่องจักร							สรุป				
หมายเลข 01 แผ่นที่ 1							สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง
ชื่อโรงงาน : Halcyon Technology PLC.							ปฏิบัติการ		15	-	-
กรรมวิธี : การผลิตรีมเมอร์ Ø11.98 มิลลิเมตร							เคลื่อนย้าย		3	-	-
ปัจจุบัน เสนอ							รอคอย		25	-	-
ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต							ตรวจสอบ		2	-	-
ผู้บันทึก : นายสุรพัฒน์ นาชำ							เก็บรักษา		0	-	-
							ระยะทาง (เมตร)		17.5	-	-
							เวลา (วินาที)		5,316	-	-
ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์							หมายเหตุ
1. ชิ้นงานถูกวางบนโต๊ะ	10	-	10								สถานีงานเจียระไนร่องคายเศษ
2. ชิ้นงานถูกย้ายใส่แท่นจับ	1	1	7								
3. ชิ้นงานถูกขันล็อค	1	-	20								
4. ชิ้นงานถูกตรวจสอบค่าเบี่ยงเบนการหมุน (Run Out)	1	-	10								หมายเหตุ ได้ทำการลดเวลาการกระบวนเจียระไนร่องคายเศษหยาบในขั้นตอนที่ 6
5. ชุดหินเจียระไนเคลื่อนย้ายเข้าชิ้นงาน	1	-	5								
6. เจียระไนร่องคายเศษหยาบ	1	-	1037.4								
7. ชุดหินเจียระไนเคลื่อนย้ายออกจากชิ้นงาน	1	-	4								

FTI-WAIS-RMUTP-SIME 14th SIIMC Innovation and Management Conference 2025

กระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทงานรีมเมอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร มีทั้งหมด 45 ขั้นตอนงานย่อย หลังการปรับปรุงผู้จัดทำได้ปรับปรุงในขั้นตอนที่ 6 กระบวนเจียระไนร่องคายเศษหยาบ ซึ่งเวลาลดลงอยู่ที่ 1037.4 วินาที หรือ 17.29 นาที และเวลารวมทั้งกระบวนการผลิตอยู่ที่ 5,316 วินาทีหรือ 88.6 นาที

3.1 เปรียบเทียบเวลางานย่อยก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงเวลาก่อนและหลังการปรับปรุง

1) เวลาปกติสถานีงานที่ 4 = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100 ; ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ

= 88.6 x (100) / 100

= 88.6 นาที / ชิ้น

เวลารวมในสถานีงานที่ 4

= 88.6 นาที / ชิ้น

2) การหาเวลามาตรฐานต่องาน 1 ชิ้น สถานีงานที่ 4

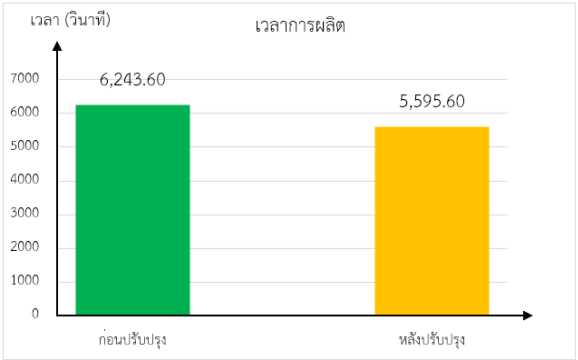
= (เวลาปกติ x 100%) / (100% - % เวลาเผื่อ)

= (88.6 x 100%) / (100% - 5%)

= 93.26 นาที / ชิ้น

เวลามาตรฐานในสถานีงานที่ 4

= 93.26 นาที/ ชิ้นหรือเปลี่ยนจากนาทีเป็นวินาที = 5,595.6 วินาที



ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานการผลิตชิ้นงาน

การลดเวลากระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทรีมเมอร์ขนาด Ø11.98 มิลลิเมตร สามารถสรุปผลลัพธ์ได้คือ เวลามาตรฐานการผลิตก่อนการปรับปรุงจะได้เวลา 6,243.60 วินาที หลังจากผู้จัดทำได้ทำการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมการผลิตจะได้เวลามาตรฐาน 5,595.60 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาได้ 648 วินาทีหรือคิดเป็นเปอร์เซ็น 10.37 %

3.2 ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังปรับปรุง

ตารางที่ 7 การคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิต (หลังการปรับปรุง)

สถานีผลิต	เวลามาตรฐาน (นาที)	เวลาที่เสียต่อหน่วย (นาที)
1. งานตัด (Cut Off Carbide)	11	91.44
2. งานเจียระไนกลมหยาบ (Grinding OP1)	10.53	91.91
3. งานเจียระไนกลมละเอียด (Grinding OP2)	12	90.44
4. งานเจียระไนขึ้นรูปอัตโนมัติ (Walter Grinding)	93.26	-
5. งานมาร์คด้วยเลเซอร์ (Laser Mark)	4.36	98.08
6. งานการตรวจสอบคุณภาพ (QA)	27.63	74.81
รอบเวลาการผลิตของสถานีงานเท่ากับ 93.26 นาที		

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\ (\text{จำนวนสถานี})} \text{X100} \quad \textbf{(5)}$$

$$= \frac{(158.78)}{(93.26)\ (6)} \text{ X 100}$$

= 28.37%

4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการพิจารณาประสิทธิภาพด้านเวลาพบว่าประสิทธิภาพด้านเวลาหลังการปรับปรุงดีกว่าก่อนการปรับปรุงเวลามาตรฐาน มีความแตกต่างจาก 104.06 นาที ลดลงเหลือ 93.26 นาทีคิดเป็น 10.37 % โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS ในการปฏิบัติงานสามารถลดเวลาในการปฏิบัติงานได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ ธนิดา สุนารักษ์ (2556) ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการบรรจุสินค้า โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ร่วมกับการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา พร้อมออกแบบอุปกรณ์ช่วยงาน (jig) ผลการปรับปรุงทำ ให้เวลามาตรฐานต่อกระบวนการลดลง และเพิ่มกำลังการผลิตต่อชั่วโมงได้อย่างมีนัยสำคัญ[6]

FTI WCIS 14th Sustainable Industrial Innovation Conference 2025

ทั้งนี้โครงการวิจัยได้เก็บข้อมูลเฉพาะเวลาในการทำงานของกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ชนิดรีมเมอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.98 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี (Walter Grinding) เท่านั้นเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษากระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ประเภทงานรีมเมอร์ โดยนำเวลามาตรฐานมาคำนวณหาประสิทธิภาพสายการผลิต เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานและลดความสูญเปล่า โดยการออกแบบโปรแกรมเพื่อปรับอัตราป้อนและความเร็วฟีด(Feed Rate) ในขั้นตอนเจียระไนร่องคายเศษหยาบให้ทำงานง่ายขึ้นสามารถลดรอบเวลามาตรฐานในสายการผลิต Walter ได้ถึง 10.37% สามารถลดเวลาการทำงานในขั้นตอนการเจียระไนร่องคายเศษหยาบได้ถึง 37.24% ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ 4.45%ss

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการ และขอขอบคุณ บริษัท แฮลเซี่ยน เทคโนโลยี่ จำกัด (มหาชน) ตลอดทั้งหัวหน้างาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สมนึก กมุทพิมาน. การปรับปรุงกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลส์ความเที่ยงตรงสูง. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต; 2565.

[2] สฤษดิ์ โตโพธิ์กลาง. การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร. [การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2559.

[3] กิตติ วิโรจรัตนาภาพิศาล. การออกแบบและพัฒนาดอกสว่านในการเจาะรูชิ้นงานอลูมิเนียม. [ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี]. ตาก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา; 2565.

[4] จิตราภา รักษา. การปรับปรุงและลดเวลากระบวนการทำงาน กรณีศึกษาเฟอร์นิเจอร์นำเข้าจากต่างประเทศ. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2563.

[5] ณัฐพล เมฆพัฒน์. การเพิ่มผลิตภาพกระบวนผลิตรีมเมอร์ทังสเตนคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.973 มิลลิเมตร. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต; 2567.

[6] ธนิดา สุนารักษ์. ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการบรรจุสินค้าโดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ร่วมกับการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา พร้อมออกแบบอุปกรณ์ช่วยงาน (jig) ผลการปรับปรุงทำให้เวลามาตรฐานต่อกระบวนการลดลง และเพิ่มกำลังการผลิตต่อชั่วโมงได้อย่างมีนัยสำคัญ. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การพัฒนาระบบบริหารสินค้าคงคลังด้วยการวางแผนทรัพยากรองค์กร เพื่อเพิ่มผลิตภาพและการลดต้นทุน:กรณีศึกษาน้ำมันหล่อเย็นในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือตัด

Development of an Inventory Management System Using Enterprise Resource Planning to Increase Productivity and Reduce Costs: A Case Study of Cutting Oil in the Tool Manufacturing Industry

เอกราช สิงห์วิชัย[1], วรวิชพงษ์ วีรภัทรพุฒิพร[1], ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพย์[1], สหรัตน์ วงศ์ศรีษะ[2] และ วิทยา พลพชร[3*]

Aekkarat Singvichai[1], Worawitphong Weerapatphuttiporn [1], Chanon Moonwan[1], Weeraya Kontip[1], Saharat Wongsrisa[2] and Wittaya Ponpet[3*]

[1] โครงการมหาวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถ .ร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[3] บริษัท เอเบิลอินโน จำกัด 65/399หมู่ที่ 13 ซอยกิ่งแก้ว 25/1 ถนนกิ่งแก้ว ตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จ.สมุทรปราการ10540

[1] University Project at an Industrial Establishment, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Minburi Subdistrict, Minburi District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Industrial Management Engineering for Sustainability, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[3] Able Inno Co., Ltd., 399/65 Moo 13, Soi Kingkaew 25/1, Kingkaew Road, Racha Thewa Subdistrict, Bang Phli District, Samut Prakan 10540, Thailand*Coressponding author: Aekkrart Singvichai, e-mail address: Aekkaratbank2545@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังและเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารสินค้าคงคลังด้วยการวางแผนทรัพยากรองค์กร การจัดการคลังสินค้าแบบเดิมมีต้นทุนรวมสูงถึง 248,124 บาทต่อปี เนื่องจากการสั่งซื้อขาดการจัดลำดับความสำคัญของสินค้า ส่งผลให้มีปริมาณสินค้าคงเหลือปลายงวดเกินความจำเป็น การแก้ไขใช้การจัดการแบบ Max-Min ซึ่งใช้การวิเคราะห์ ABC Analysis สามารถลดต้นทุนรวมเหลือเพียง 199,864 บาทต่อปี ลดลงได้ถึง 48,260 บาท คิดเป็นร้อยละ 24 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง ลดต้นทุน และลดความสูญเปล่าอย่างยั่งยืน

Abstract: This project aims to reduce inventory storage costs and increase inventory management efficiency through enterprise resource planning. Traditional warehouse management has a total cost of 248,124 baht per year due to lack of prioritization of products, resulting in more inventory than necessary at the end of the period. The solution is to use Max-Min management using ABC Analysis, which can reduce the total cost to only 199,864 baht per year, a reduction of 48,260 baht or 24 percent. It helps increase inventory management efficiency, reduce costs, and sustainably reduce waste.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

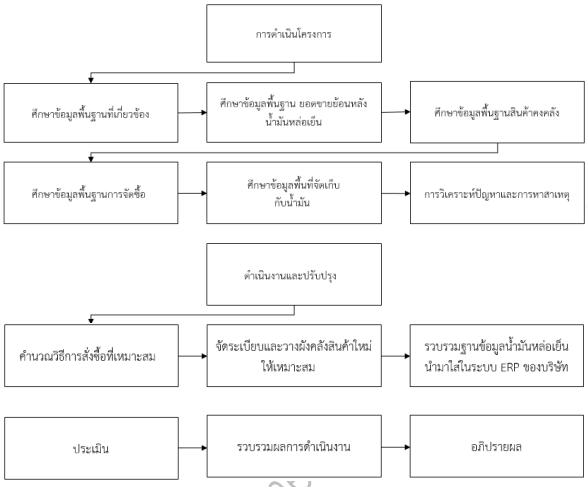
การจัดการคลังสินค้าน้ำมันหล่อเย็นของบริษัทในปัจจุบันยังอาศัยวิธีการติดตามแบบเดิมที่ขาดการเชื่อมโยงระหว่างยอดขาย ยอดการนำเข้า และยอดคงเหลือจริง ส่งผลให้เกิดความไม่สอดคล้องกันในหลายกรณี เช่น สินค้าบางรุ่นมียอดขายลดลง แต่ยังคงมีการนำเข้าเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการสะสมคงเหลือเกินความจำเป็น (Overstock) และต้นทุนการจัดเก็บสูง ขณะที่บางรุ่นกลับประสบปัญหาสินค้าขาดแคลน ไม่สามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าได้ทันเวลาข้อจำกัดเหล่านี้สะท้อนว่าบริษัทจำเป็นต้องพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้เป็นปัจจุบัน งานวิจัยของคุณ เรือนแก้ว อุฬารตินนท์ (2549) พบว่าการพัฒนาระบบ MAX/MIN สามารถลดปัญหาการขาดแคลนสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาที่เด่นชัดคือ ต้นทุนสูง คุณภาพลดลง การขาดประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้าและการวางแผนที่ดี ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันเวลา ซึ่งล้วนส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันขององค์กร จากข้อมูลสถิติพบว่าในปี 2024 น้ำมันรุ่น Coolant E มียอดขาย 44 หน่วย แต่มีการนำเข้า 62 หน่วย ทำให้เหลือสต็อกส่วนเกินสะสมมากขึ้นทุกปี ขณะที่รุ่น Coolant A มียอดขายเพียง 7 หน่วย แต่มีการนำเข้า 25 หน่วย ทำให้เกิดสินค้าค้างสต็อกในปริมาณมากเช่นกัน กราฟแสดงแนวโน้มตลอดปี 2024 ชี้ให้เห็นว่าการนำเข้าส่วนใหญ่มีทิศทางสูงกว่ายอดขายจริง เกิดปัญหาต้นทุนที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ดูกราฟเปรียบเทียบยอดขาย–ยอดนำเข้า)

เราจึงมีการนำระบบ MAX/MIN มาใช้งานเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลด้านการขาย ด้านสินค้า เพื่อนำมาวิเคราะห์และต่อยอดในด้าน อื่นๆ ได้อย่างทันท่วงทีและแม่นยำ โดยงานวิจัยด้านการจัดการสินค้าด้วยระบบ MAX/MIN เคยได้รับการศึกษาโดยนักวิชาการหลายท่าน เช่น เนตรนภา เสียงประเสริฐ (2558) ที่พบว่าระบบ MAX/MIN ช่วยให้การวางแผนทรัพยากรและคลังสินค้ามีความแม่นยำมากขึ้น ลดการสูญเสียต้นทุนจากการคงเหลือ และเพิ่มประสิทธิภาพการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ผลงานเหล่านี้ชี้ว่าการนำ MAX/MIN มาใช้จะช่วยแก้ไขปัญหาที่บริษัทกำลังเผชิญได้โดยตรง

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 1 แผนการดำเนินโครงการ

1 ระบบจุดสูงสุด – ต่ำสุด (Min - Max) ระบบนี้ จะมีการสั่งซื้อต่อเมื่อพัสดุคงคลังมีปริมาณลดลงมาถึงจุด ต่ำสุด (Min) และจะทำการสั่งซื้อเข้ามาจนถึงระดับ ควบคุมสูงสุด (Max) โดยที่ระยะเวลาสั่งซื้อไม่ได้กำหนด แต่จะกำหนดจุดมุ่งหมายในการเก็บน้ำมันนานสุด (Stockage Objective) ตามนโยบายของแต่ละบริษท

สูตร $\text{Min}=(\text{D}\times\text{LT})+\text{SS}$ (1)

$\text{SS}=z\sigma_d\sqrt{\text{LT}}$ (2)

$\text{Max}=\text{D}\times\text{Stockage objective}$ (3)

D = อัตราการใช้เฉลี่ยสินค้าต่อเดือน

LT= ช่วงเวลานำในสั่งซื้อพัสดุคงคลังสำรอง

ss = ระดับพัสดุคงคลังสำรอง

z = ค่าแจกแจงปกติมาตรฐาน

σ_d= ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้องการ

Stockage Objective = ระยะเวลาที่ต้องการให้มีพัสดุอยู่ในคลัง (2เดือน หรือ 3 เดือน ขึ้นอยู่ที่ความ ต้องการของทางบริษัท)

การใช้งานวิธีการควบคุมพัสดุคงคลังแบบรอบเวลาคงที่สามารถศึกษารายละเอียดได้ในการวิเคราะห์สินค้าคงคลังแบบ ABC Analysis เป็นวิธีการจัดกลุ่มสินค้าที่นิยมใช้ โดยให้ความสำคัญกับสินค้าน้อยรายการแต่มูลค่าสูงเพื่อลดภาระในการดูแลและควบคุม หากควบคุมสินค้าทุกรายการอย่างเท่าเทียมจะสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายเกินจำเป็น จึงแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่ม A จำนวน 15–20% ของสินค้า แต่มีมูลค่า 75–80% ของทั้งหมด

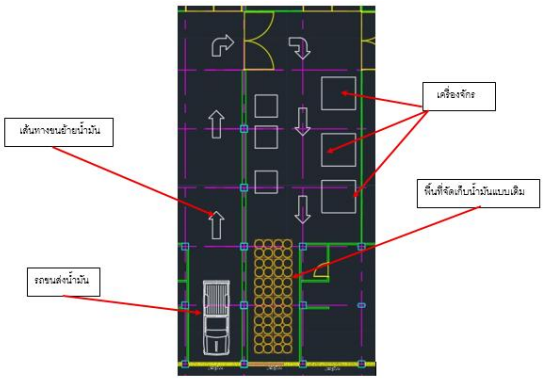
กลุ่ม B จำนวน 30–40% ของสินค้า มีมูลค่าประมาณ 15%

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management

ของทั้งหมด

กลุ่ม C จำนวน 40–50% ของสินค้า แต่มีมูลค่าเพียง5–10% ของทั้งหมด [1]

พื้นที่จัดเก็บไปยังหน่วยงานที่ต้องการใช้งาน การที่มีช่องทางเดินแคบไม่มีพื้นที่หมุนตัวสำหรับอุปกรณ์ลำเลียง เช่น รถเข็นหรือรถยก ทำให้เกิดความล่าช้าในการขนย้าย และเพิ่มภาระให้กับพนักงานที่ต้องดำเนินการด้วยความระมัดระวังมากขึ้น เพื่อป้องกันการกระแทกกับเครื่องจักร น้ำมันรั่วหรือเกิดอุบัติเหตุ [2]



ภาพที่ 2 แผนผังคลังน้ำมันแบบเดิม

ตารางที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลน้ำมันหล่อเย็น

ชนิดน้ำมันหล่อเย็น	จำนวน(ถัง)
Coolant A	25
Coolant B	15
Coolant C	0
Coolant D	0
Coolant E	62

ภาพที่ 3 แผนการจัดกลุ่มแบบ ABC Analysis

ตารางที่ 2 ผลการแบ่งกลุ่มสินค้า ABC Analysis

ยอดขายปี 2024	
ชนิดน้ำมันหล่อเย็น	**จำนวน(ถัง)**
Coolant A	7
Coolant B	14
Coolant C	0
Coolant D	2
Coolant E	44
รวม	67

ตารางที่3 การเก็บข้อมูลการใช้น้ำมันหล่อเย็น ปี2567

รหัส	สถานะ	ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อเย็น(เดือน) ปี 2567											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	คงคลัง	19	19	19	19	15	15	15	25	25	23	23	23
Coolant A	สั่งซื้อ	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
	สต๊อกก่อนเบิก	19	19	19	19	15	15	25	25	25	23	23	23
	เบิก	0	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0
	คงเหลือ	19	19	19	15	15	15	25	25	23	23	23	23
รหัส	สถานะ	ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อเย็น(เดือน) ปี 2567											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2	คงคลัง	11	11	7	7	7	6	1	13	13	12	12	11
Coolant B	สั่งซื้อ	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
	สต๊อกก่อนเบิก	11	11	7	7	7	6	1	13	13	12	12	11
	เบิก	0	4	0	0	1	5	2	0	1	0	1	0
	คงเหลือ	11	7	7	7	6	1	-1	13	12	12	11	11

3	คงคลัง	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	
Coolant C	สั่งซื้อ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	สต๊อกก่อนเบิก	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	
	เบิก	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	คงเหลือ	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	
รหัส	สถานะ	ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อเย็น(เดือน) ปี 2567												
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
4	คงคลัง	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
Coolant D	สั่งซื้อ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	สต๊อกก่อนเบิก	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
	เบิก	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	คงเหลือ	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	6	

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ชนิดน้ำมัน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Coolant A	10.25	4.180582821
Coolant B	22.58333333	11.68105174
Coolant C	16.41666667	4.252450274
Coolant D	16.25	1.815338686
Coolant E	15.41666667	2.778434266

ภาพนี้แสดงขั้นตอนการส่งน้ำมันหล่อเย็นแบบเดิม พร้อมการใช้สัญลักษณ์แสดงกิจกรรม เช่น ปฏิบัติการ, เคลื่อนไหว, ตรวจสอบเป็นต้น ในตารางมีการระบุเวลาและระยะทางของแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจนด้านล่างเปรียบเทียบจำนวนกิจกรรมระหว่าง “แบบเดิม” และ “แบบใหม่” เพื่อปรับลดกิจกรรม จุดประสงค์คือเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้สั้นลงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น. ช่วยลดเวลา ปรับปรุงการจัดการ และเพิ่มความคล่องตัวในการทำงาน.

ตารางที่ 5 ขั้นตอนการย้ายน้ำมันแบบเดิม

(แผนภูมิกระบวนการ) Flow Process Chart

☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผ่นที่ 1
ชื่อโรงงาน : W.P.P Engineering
กรรมวิธี : ขนย้ายน้ำหล่อเย็นในคลังสินค้า

☑ ปัจจุบัน ☐ เสนอ
ตำแหน่งที่ตั้ง : สถานีงานขนย้ายน้ำหล่อเย็น
ผู้บันทึก : นายเอกราช สิงห์วิชัย

สรุป			
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	3		
เคลื่อนย้าย ⇨	2		
รอคอย D	0		
ตรวจสอบ □	1		
เก็บรักษา ▽	1		
ระยะทาง (เมตร)	70		
เวลา (นาที)	60		

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน)ถัง(	ระยะทาง (เมตร)	เวลา)นาที(	สัญลักษณ์ ○	⇨	D	□	▽	หมายเหตุ
1	ค้นหาน้ำมันที่ต้องการ	1	-	5						
2	เคลียร์พื้นที่ทางขนย้าย	-	10	5						
3	ย้ายน้ำมันที่อยู่ด้านหน้าออก	8	20	10						
4	นำน้ำมันที่ต้องการออกมา	1	-	10						สถานีงานขนย้ายน้ำหล่อเย็น
5	นำน้ำมันขึ้นรถส่งน้ำมัน	1	-	15						
6	นำน้ำมันที่ไม่ต้องการเก็บที่เดิม	8	-	10						
7	ตรวจเช็คความเรียบร้อยก่อนส่ง	-	-	5						

ตารางที่ 6 ขั้นตอนเคลื่อนย้ายน้ำมันจากคลังสินค้าแบบใหม่(ต่อ)

(แผนภูมิกระบวนการ) Flow Process Chart

☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผ่นที่ 1
ชื่อโรงงาน : W.P.P Engineering
กรรมวิธี : ขนย้ายน้ำหล่อเย็นในคลังสินค้า

☐ ปัจจุบัน ☑ เสนอ
ตำแหน่งที่ตั้ง : สถานีงาน ขนย้ายน้ำหล่อเย็น
ผู้บันทึก : นายเอกราช สิงห์วิชัย

สรุป			
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	3	2	
เคลื่อนย้าย ⇨	2	1	
รอคอย D	0	0	
ตรวจสอบ □	1	1	
เก็บรักษา ▽	1	1	
ระยะทาง (เมตร)	70	10	
เวลา (นาที)	60	35	

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน)ถัง(	ระยะทาง (เมตร)	เวลา)นาที(	สัญลักษณ์ ○	⇨	D	□	▽	หมายเหตุ
1	ค้นหาน้ำมันที่ต้องการ	1	-	5						
2	ย้ายน้ำมันที่ต้องการ	-	10	10						สถานีงานขนย้ายน้ำหล่อเย็น
3	ยกน้ำมันขึ้นรถส่งน้ำมัน	1	-	15						
4	ตรวจเช็คความเรียบร้อยก่อนส่งน้ำมัน	1	-	5						

ตารางที่ 7 คำนวณปริมาณการสั่งซื้อระบบจุดสูงสุด – ต่ำสุด

รายการที่	รหัสสินค้า	ความต้องการเฉลี่ยต่อ(เดือน)	ช่วงเวลาการจัดส่ง (เดือน)	Stockage Objective(เดือน)	น้ำมันสำรองสำรอง (SS)	สูงสุด-ต่ำสุด (Max)	(Min)
1	A	0.5	3	12	2	6	3.5
2	B	1.166666667	3	12	4	14	7.5
3	C	0	3	12	0	0	0
4	D	0.166666667	3	12	1	2	1.5
5	E	3.916666667	3	12	11	47	22.75

ตารางที่ 8 ผลการคำนวณต้นทุนรวมของการบริหารจัดการสินค้าคงคลังแบบเดิม

ลำดับ	ชนิดสินค้า	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณสั่งซื้อต่อปี (ถัง)	สินค้าคงเหลือปลายงวด(ถัง)	จำนวนครั้งสั่งซื้อต่อปี(ครั้ง)	ต้นทุนการสั่งซื้อต่อปี(บาท)	ต้นทุนถือครองสินคงเหลือปลายงวด (บาทต่อปี)	ต้นทุนรวมสินค้าคงคลังต่อปี(บาท/ปี)
1	A	70,000	14	22	1	28,266	15,490	43,756
2	B	80,000	10	11	1	20,190	7,745	27,935
3	C	40,000	-	44	1	-	30,980	30,980
4	D	40,000	-	6	1	-	4,225	4,225
5	E	60,000	56	40	1	113,064	28,164	141,228
รวม	-	290,000	80	123	-	161,520	86,604	248,124

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณต้นทุนรวมของการบริหารจัดการสินค้าคงคลังแบบระบบ จุดสูงสุด – ต่ำ สุด (Max – Min)

ลำดับ	ชนิดสินค้า	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณสั่งซื้อต่อปี (ถัง)	สินค้าคงเหลือปลายงวด(ถัง)	จำนวนครั้งสั่งซื้อต่อปี (ครั้ง)	ต้นทุนการสั่งซื้อต่อปี(บาท)	ต้นทุนถือครองสินค้าคงเหลือปลายงวด (บาทต่อปี)	ต้นทุนรวมสินค้าคงคลังต่อปี(บาท/ปี)
1	A	70,000	6	18	1	12,114	12,674	24,788
2	B	80,000	14	-	1	28,266	-	28,266
3	C	40,000	-	44	1	-	30,980	30,980
4	D	40,000	2	4	1	4,038	2,816	6,854
5	E	60,000	47	20	1	94,893	14,082	108,975
รวม	-	290,000	69	86	-	139,311	60,553	199,864

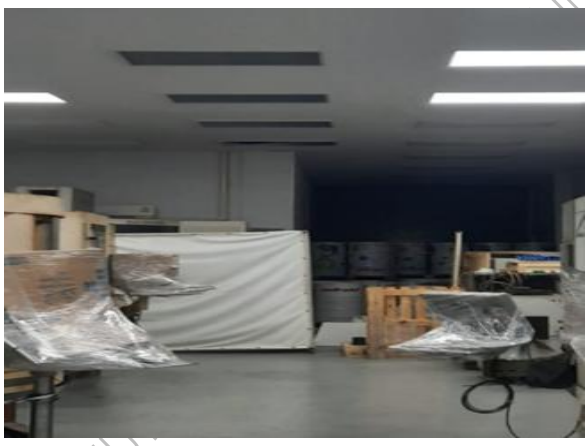
FTI 4th Sustainable Industrial Innovation Management

3. ผลการวิจัย (Results)

การวัดผลหลังการแก้ปัญหาการจัดการสินค้าคงคลัง การปรับปรุงขั้นตอนการขนส่งน้ำมันช่วยลดจำนวนกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เช่นการเคลื่อนย้ายพาเลตที่ขวางทาง ทำให้ขั้นตอนโดยรวมลดลงจาก 3 เหลือ 2 รายการ ระยะทางรวมในการขนย้ายลดลงจาก 70 เมตร เหลือเพียง 10 เมตร และเวลาในการดำเนินการทั้งหมดลดลงจาก 60 นาที เหลือเพียง 35 นาทีแม้ว่าจะลดขั้นตอน แต่ยังคงรักษากระบวนการตรวจสอบและจัดเก็บให้ครบถ้วนผลลัพธ์คือเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 10 ผลขั้นตอนเคลื่อนย้ายน้ำมันจากคลังสินค้า

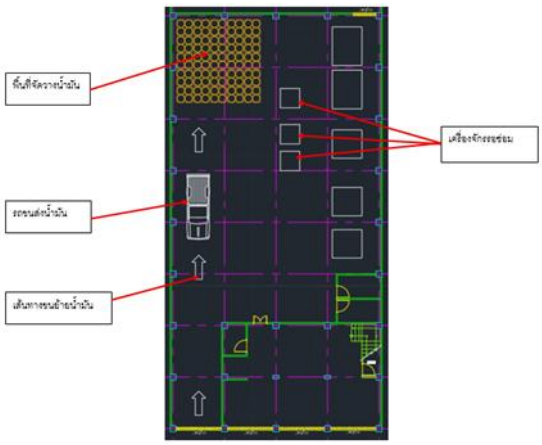
สรุป			
สัญลักษณ์	แบบเดิม	แบบใหม่	ลดลง
ปฏิบัติการ	3	2	1
เคลื่อนย้าย	2	1	1
การรอคอย	0	0	0
การตรวจสอบ	1	1	0
การเก็บรักษา	1	1	0
ระยะทาง (เมตร)	70	10	60
เวลา (นาที)	60	35	25



ภาพที่ 4 พื้นที่คลังสินค้าเดิม

ภาพที่ 5 พื้นที่คลังสินค้าใหม่

การจัดเรียงน้ำมันอย่างเป็นระเบียบ ไม่เพียงช่วยให้พื้นที่จัดเก็บดูเรียบร้อยเท่านั้น แต่ยังเอื้อต่อการขนย้ายที่สะดวกและปลอดภัย ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหรือความเสียหายต่อภาชนะบรรจุอีกทั้งยังช่วยให้สามารถค้นหาและหยิบใช้ได้ง่ายและรวดเร็วเมื่อจำเป็นต้องใช้งานทำให้กระบวนการทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทั้งยังส่งผลดีต่อการควบคุมสต็อกและบริหารจัดการคลังสินค้าโดยรวม



ภาพที่ 6 แผนผังคลังน้ำมันแบบใหม่

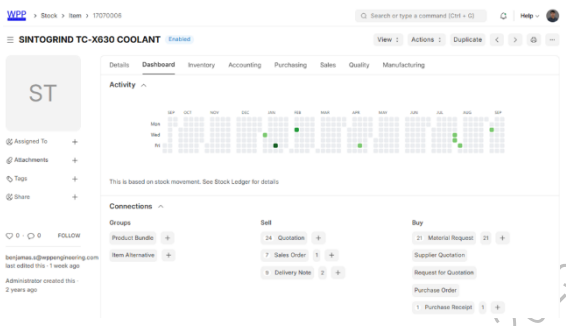
FTI & RMUTP Innovation and Management Conference

การปรับปรุงขั้นตอนการขนส่งน้ำมันช่วยลดจำนวนกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เช่นการเคลื่อนย้ายพาเลตที่ขวางทาง ทำให้ขั้นตอนโดยรวมลดลงจาก 3 เหลือ 2 รายการ. ระยะทางรวมในการขนย้ายลดลงจาก 70 เมตร เหลือเพียง 10 เมตร และเวลาในการดำเนินการทั้งหมดลดลงจาก 60 นาที เหลือเพียง 35 นาที. แม้ว่าจะลดขั้นตอน แต่ยังคงรักษากระบวนการตรวจสอบและจัดเก็บให้ครบถ้วน. ผลลัพธ์คือเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญ สัมพันธ์กับตารางที่ 10

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบการจัดการสินค้าคงคลังระหว่างระบบปัจจุบันและระบบ Max-Min

ลำดับ	รายการเปลี่ยบเทียบ	การจัดก่รสินค้าคงคลังแบบปัจจุบัน	การจัดการคลังสินค้าแบบ Max-Min
1	การให้ความสำคัญกับรายการ	ให้ความสำคัญเท่ากันทุกรายการ	จัดกลุ่มด้วยวิธี ABC Analysis เพื่อให้ ความสำคัญกับน้ำมันแต่ละประเภท
2	ปริมาณที่สั่งซื้อในแต่ละครั้ง	อาศัยประสบการณ์และความชำนาญ ของเจ้าหน้าที่ ซึ่งแต่ละคนมีวิธีการที่ต่างกัน	ใช้วิธีการสั่งซื้อระบบจุดสูงสุด - ต่ำสุด (Max - Min
3	ต้นทุนรวมของการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง (บาท)	248,124	199,864
ผลต่าง		248,124	48,260
ร้อยละ		100	24

การจัดการสินค้าคงคลังแบบปัจจุบันให้ความสำคัญกับทุกรายการสินค้าเท่าเทียมกัน โดยอาศัยประสบการณ์และการคาดการณ์เป็นหลัก ทำให้มีต้นทุนรวมของการบริหารจัดการสูงถึง 248,124 บาท ขณะที่ระบบ Max-Min ใช้หลักการ ABC Analysis เพื่อจัดลำดับความสำคัญของสินค้าและกำหนดระดับสูงสุด–ต่ำสุด (Max-Min) อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การควบคุมปริมาณสินค้ามีความแม่นยำมากขึ้น และลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น เห็นได้จากต้นทุนรวมที่ลดลงเหลือเพียง 48,260 บาท คิดเป็นสัดส่วนเพียง 24% ของต้นทุนเดิม ซึ่งสะท้อนถึงการลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าร้อยละ 74 และแสดงถึงประสิทธิภาพที่เหนือกว่าของระบบ Max-Min ในการจัดการสินค้าคงคลัง.



ภาพที่ 7 หน้าแสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูล

จากภาพที่ 7 แสดงรายละเอียดเอียดเช่น รหัสสินค้า เบิกสินค้า (Material Request) ใบเสนอราคา (Quotation) ข้อมูลขาย (Sales Order) เอกสารการจัดส่งสินค้า (Delivery Note)

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงกระบวนการขนส่งน้ำมันและการจัดการคลังสินค้า ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานลดลงการทำงานจาก 3 เหลือ 2 ขั้นตอน ระยะทางขนย้ายจาก 70 เมตร เหลือ 10 เมตร และเวลาจาก 60 นาที เหลือ 35 นาที ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ Lean Manufacturing ที่มุ่งลดความสูญเปล่า การจัดเรียงพื้นที่ใหม่ช่วยเพิ่มความปลอดภัย ความเป็นระเบียบ และความสะดวก สอดคล้องกับแนวคิด 5S ในด้านการควบคุมสินค้าคงคลัง การนำระบบ Max-Min และ ABC Analysis มาใช้ช่วยลดต้นทุนจาก 248,124 บาท เหลือ 48,260 บาท หรือร้อยละ 74 แสดงถึงประสิทธิภาพเชิงปริมาณที่ชัดเจน การบูรณาการเข้ากับระบบ ERP ยังช่วยเสริมการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ เพิ่มความถูกต้องในการวางแผนและตัดสินใจ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ชี้ว่าการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศร่วมกับเครื่องมือวิเคราะห์ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ.

FTI & RMUTP 19th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการรวบรวมข้อมูลสินค้าคงเหลือและปริมาณการใช้งานของน้ำมันหล่อเย็นทั้ง 5 ชนิด (Coolant A–E) พบว่าสินค้าแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดย Coolant E มีการสั่งซื้อสูงสุด ส่วน Coolant C มีคงเหลือมากที่สุดแต่ไม่มีการสั่งซื้อ ข้อมูลนี้สะท้อนถึงความไม่สมดุลของการหมุนเวียนสินค้า ซึ่งควรนำไปใช้ปรับปรุงการบริหารคลังสินค้าให้เหมาะสม ผลการวิเคราะห์ ABC Analysis พบว่าลูกค้าร้อยละ 86 ใช้ Coolant E และ B ซึ่งเป็นสินค้าหลักของตลาด ขณะที่ Coolant A และ D มีการใช้งานเพียงร้อยละ 14 และ Coolant C ไม่มีการสั่งซื้อ จึงควรให้ความสำคัญกับ Coolant E และ B เป็นอันดับแรก การปรับปรุงขั้นตอนการขนย้ายน้ำมันจากคลังสินค้าช่วยลดขั้นตอนจาก 3 เหลือ 2 ขั้นตอน ระยะทางลดลงจาก 70 เมตร เหลือ 10 เมตร และใช้เวลาในการดำเนินการลดลงจาก 60 นาที เหลือ 35 นาที ส่งผลให้กระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดต้นทุนได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบ รูปแบบการจัดการแบบปัจจุบันกับแบบ Max–Min พบว่าแบบ Max–Min มีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยใช้หลักการกำหนดปริมาณสูงสุด–ต่ำสุด และจัดลำดับความสำคัญของสินค้า ทำให้ต้นทุนรวมลดลงจาก 248,124 บาท เหลือ 199,864 บาท ประหยัดได้ 48,260 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 24 แสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบ Max–Min ร่วมกับการวิเคราะห์ ABC ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการบริหารคลังสินค้าได้อย่างมีประสิทธิผล ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในเชิงธุรกิจเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน มีการบริหารคลังสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง เชิงวิชาการเพื่อเป็นองค์ความรู้ด้านการบริหารสินค้าคงคลังและตัวอย่างในการปรับใช้กับองค์กร และในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงประสทธิภาพการและต่อยอดในดำเนินงานในอนาคตโดยการนำไปปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของอุตสาหกรรมนั้นๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดียิ่งจากหลายฝ่าย ขอบคุณโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ (TCTM) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตวิทยาเขตร่มเกล้า ที่ได้สนับสนุนในด้านต่าง ๆ อย่างเต็มที่ และขอบพระคุณ คุณวิทยา พลเพชร ผู้จัดการทั่วไปบริษัท ดับบลิว. พี. พี. เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อิสริยพร หลวงหาญ1*ภาณุ บูรณาจารุกร2 เกตุจันทร์จำปาไชยศรี3 การกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่พิจารณาจากจุดคุ้มทุน ภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนและความอ่อนไหวของราคาสินค้า สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 530002 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 650003 ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

[2] ซัลมา อินตัน, ศักดิ์ชาย รักการ, อัตถกร กลั่นความดีและธนาคม สกุลไทย์ การบริหารจัดการสินค้าคงคลังและคลังสินค้ากรณีศึกษา บริษัทการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตพัฒนาการ1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร

[3] เรือนแก้ว อุฬารตินนท์ การลดต้นทุนสินค้าคงคลังของอุตสาหกรรมการพิมพ์, การค้นคว้า อิสระ, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2549)

[4] อร่าม พิมพ์ผกา1, ศักดิ์ชายรักการ1, ปพน สีหอมชัย1 และอนัญญา การลดต้นทุนสินค้าคงคลัง: กรณีศึกษาบริษัทติดตั้งและจำหน่ายระบบดับเพลิง จินดาวัฒนะ21 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต การจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต2 หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

[5] จารุวรรณ งามเลิศ สิรเดช ชาตินิยม*การควบคุมพัสดุคงคลังสารหล่อลื่นสำหรับงาน บำรุงรักษาของท่าเรือ สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

[6] ศริกานดา คำภูษา กลยุทธ์การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อเหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่คงคลัง กรณีศึกษา บริษัทผลิตรถจักรยานยนต์ งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา มีนาคม 2559 ลิขสิทธิ์ เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

[7] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ การแก้ไขปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ. กรุงเทพฯสำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). เกศินี วิฑูรชาติ. (2546). การวิเคราะห์หาเชิงปริมาณทางธุรกิจ.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[8] นพรัตน์ ราชจินดา การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง: กรณีศึกษา บริษัท ผลิตเครื่องปรับอากาศ. Journal of Humanities and Social Sciences, Rajapruk University, 8(3), 34-49

[9] เนตรนภา เสียงประเสริฐ การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบในประเทศ กรณีธุรกิจผลิตยางผสม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา (2558).

[10] ศิริลักษณ์ แก้วนวล 1ศักดิ์ชาย รักการ2และ ส าเริง เนตรภู่ การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาบริษัทรับเหมาติดตั้งระบบดับเพลิงภายในอาคาร 3วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตวิทยาเขตพัฒนาการ 1761 ถนนพัฒนาการ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การลดเวลาในกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดทังสเตนคาร์ไบด์ กรณีศึกษา เอ็นมิล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 มิลลิเมตร

Reduction of Production Time in Tungsten Carbide Cutting Tool Manufacturing: A Case Study of 16.0 mm Diameter End Mill

สุชัจจ์ คำยันต์[1*], สหรัตน์ วงศรีษะ[2], ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพท์[1] และ จิรยุทธ เปี่ยมคุ้ม[1]

Suchat Khamyan[1], Saharat Wongsrisa[2], Chanon Moolwan[1], Weeraya Kontip[1] and Jirayut Piamkhum[1]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*]Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Corresponding author: Suchat Khamyan, e-mail address: Khamyan555@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการผลิตเครื่องมือตัด (Cutting tool) ประเภทเอ็นมิล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ปัญหาเกิดที่สถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงานด้วยเงิน (Brazing) ทำให้การประกอบชิ้นงานไม่ตรงจุดศูนย์กลาง ใช้เวลานาน 1,890.5 วินาทีต่อชิ้น การแก้ไขโดยใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) โดยการออกแบบปลั๊กเกจหาจุดศูนย์กลางเพื่อควบคุมคุณภาพด้านก่อนเชื่อม หลังการปรับปรุงแก้ไขทำให้การประกอบชิ้นงานตรงจุดศูนย์กลาง เวลาการผลิตลดลงเหลือ 1,437.3 วินาทีต่อชิ้น

คำสำคัญ: เครื่องมือตัด; การบัดกรี; หลักการ ECRS; เอ็นมิล

Abstract: The objective of this project is to reduce the production time of cutting tools, specifically end mills with a diameter of 16 millimeters. The primary issue was identified at the brazing workstation, where misalignment during the assembly process caused the tool to deviate from the center point, resulting in an extended production time of 1,890.5 seconds per piece. To address this problem, the ECRS principle (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) was applied by designing a plug gauge for center-point alignment to ensure the shank's quality before brazing. After implementing the improvement, the assembly achieved proper central alignment, and the production time was reduced to 1,437.3 seconds per piece.

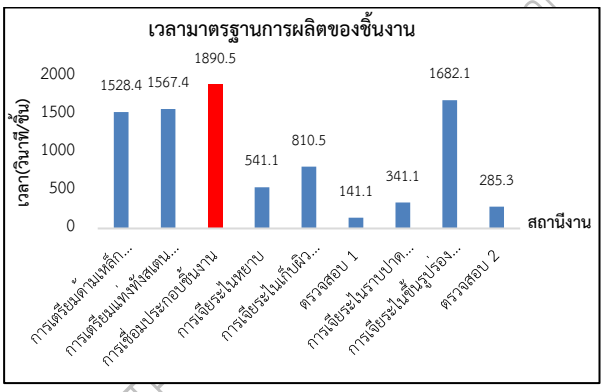
Keywords: Cutting tool; Brazing; ECRS principle; End mill

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

การศึกษาการผลิตเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิล (End Mill) เป็นเครื่องมือตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 มิลลิเมตร ความยาว 80 มิลลิเมตร มีจำนวนคมตัด 2 ฟัน (Teeth) วัสดุที่ใช้ขึ้นเป็น ทังสเตนคาร์ไบด์ เกรด K10 และเหล็ก เกรด SCM4 เชื่อมแบบ V-Cut 120 องศา ดังภาพที่ 1 ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตทั้งหมด 9 ขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การผลิตบอดี้เหล็ก การตัดแท่งทังสเตนคาร์ไบด์ จนถึงการเจียระไนร่องคายเศษและการตรวจสอบครั้งสุดท้าย ใช้เวลาทั้งหมด 8,787.4 วินาที หรือ 146.46 นาที โดยมีสถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน ใช้เวลา 1,890.5 วินาที ซึ่งใช้เวลานานที่สุด

ภาพที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์เอ็นมิลทังสเตนคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร

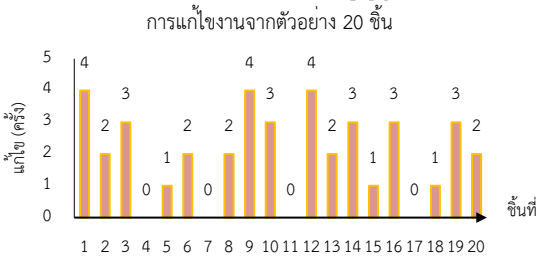


ภาพที่ 2 รอบเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน

จากภาพที่ 2 การศึกษาในกระบวนการผลิตทั้งหมด 9 สถานีงาน พบว่าสถานีงานที่ใช้เวลาการผลิตสูงสุดคือสถานีงานที่ 3 เชื่อมประกอบชิ้นงานด้วยเครื่องอินดักชั่น (Induction Heating) ใช้เวลาในการผลิต 1,890.5 วินาทีต่อชิ้น สาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าคือ ด้ามเหล็กที่กัดรูปวีคัท 120 องศา เยื้องศูนย์ทำให้การเชื่อมประกอบชิ้นเกิดแก้ไขซ้ำซ้อนในสถานีงานเชื่อมโดยเฉลี่ย 2 ครั้งต่อชิ้น

ภาพที่ 3 ชิ้นงานเยื้องจากจุดศูนย์กลาง

จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าการประกอบชิ้นงานระหว่างด้ามเหล็ก SCM4 กับทังสเตนคาร์ไบด์ เกรด K10 ไม่ตรงจุดศูนย์กลางก่อนเชื่อมประกอบชิ้นงาน



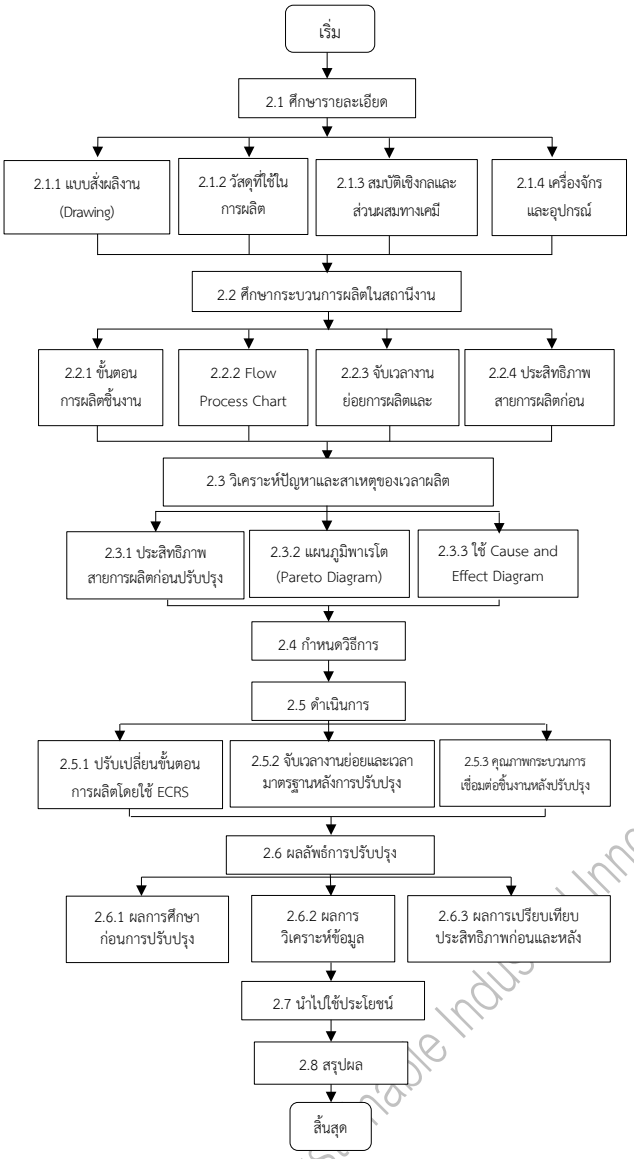
ภาพที่ 4 การแก้ไขชิ้นงานซ้ำซ้อน

จากภาพที่ 4 แสดงการแก้ไขงานซ้ำจำนวน 20 ชิ้นงาน พบว่าเกือบทุกชิ้นมีการแก้ไขซ้ำ โดยบางชิ้นต้องแก้ไขมากถึง 4 ครั้ง สาเหตุเกิดจากการประกอบชิ้นงานระหว่างด้ามเหล็ก กับทังสเตนคาร์ไบด์ ไม่ตรงจุดศูนย์กลางก่อนเชื่อม

สามารถแก้ไขได้โดยวิเคราะห์การทำงานและแสดงขั้นตอนการทำงานในสถานีงานเชื่อมทั้งหมดด้วย แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ระบุสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยของการเชื่อมประกอบชิ้นงาน ด้วยแผนภูมิ Cause and Effect Diagram [1] วิเคราะปัญหาและปรับปรุงคุณภาพด้วยในสถานีงานด้วย พาเรโตไดอาแกรม (Pareto Diagram) [2] ใช้หลักการ ECRS [3,4] ออกแบบปลั๊กเกจหาศูนย์เพื่อควบคุมคุณภาพของด้ามเหล็กก่อนเชื่อมประกอบชิ้นงาน [5,6]

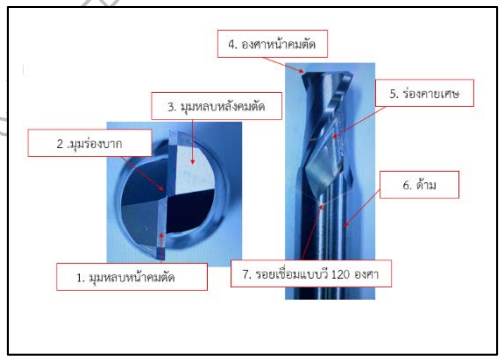
โครงการนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อลดเวลาการผลิตของเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิลทังสเตนคาร์ไบด์ในขั้นตอนเชื่อมประกอบชิ้นงาน และเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต โดยนำเอาหลักการ ECRS มาช่วยในการออกแบบปลั๊กเกจหาศูนย์เพื่อควบคุมคุณภาพด้ามเหล็กก่อนเชื่อม ทำให้ลดจำนวนรอบการแก้ไขของสถานีงานเชื่อมที่เกิดขึ้นได้ ทำให้เวลาการเชื่อมลดลงจาก 1,890.5 วินาที เหลือ 1,421.05 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งลดลงได้ 469.4 นาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 24.83

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 5 แผนการดำเนินโครงการ

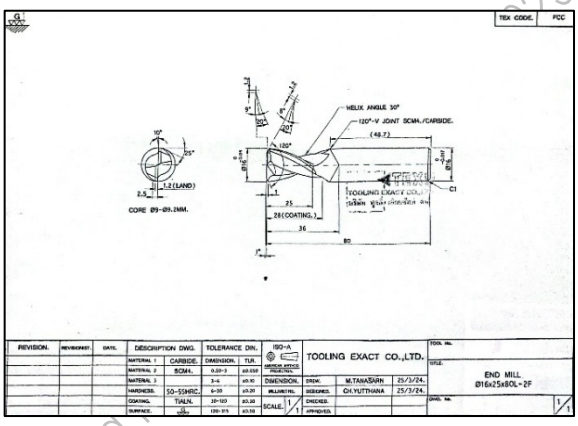
2.1 ศึกษารายละเอียด



ภาพที่ 6 วิเคราะห์รายละเอียดผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ผลิตวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัด เริ่มตั้งแต่รายละเอียดแบบสั่งผลิต วัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานข้อมูลให้มีความเข้าใจก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยมีแบบสั่งผลิตที่ใช้ในการผลิต ดังภาพที่ 7

2.1 แบบสั่งผลิตชิ้นงาน (Drawing)



ภาพที่ 7 แบบสั่งผลิตเอ็นมิล

2.1.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิต

2.1.2.1 วัสดุทังสเตนคาร์ไบด์เกรด K10

ออกแบบสำหรับตัดเฉือน เหล็กหล่อ และวัสดุแข็งปานกลางถึงสูง โดยมีสัดส่วน คาร์บอน–โคบอลต์ ที่ให้ความทนทานต่อการสึกหรอสูง

2.1.2.2 วัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางเกรด SCM4

ออกแบบสำหรับด้ามจับ เนื่องจากแปรรูปได้ง่าย แข็งแรงทนการสึกหรอ ใช้งานได้นาน

2.1.3 สมบัติเชิงกลและส่วนผสมทางเคมี

2.1.3.1 สมบัติเชิงกล Tungsten carbide K10

ตารางที่ 1 สมบัติเชิงกล Tungsten carbide K10

Tungsten carbide	
Grade K10	
สมบัติเชิงกล	
ความหนาแน่น (Density)	14.95 g/cm³
ความแข็ง (Hardness)	92.0 HRA
ความแข็งแรงดัด (TRS)	1,450 MPa
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด	900 °C
การนำความร้อน	95 W/m·K
จุดหลอมเหลว	~2,870 °C (ของ WC)

ตารางที่ 1 สมบัติเชิงกล Tungsten carbide K10 (ต่อ)

ส่วนผสมทางเคมี	
WC	92.0%
Co	8.0%
Other	≤ 0.5%
Grain Size	
Grain Size	~1.0 ไมครอน (μm)
ความพรุน (Porosity - ISO 4505)	ระดับ A02 (≤ 0.2%)

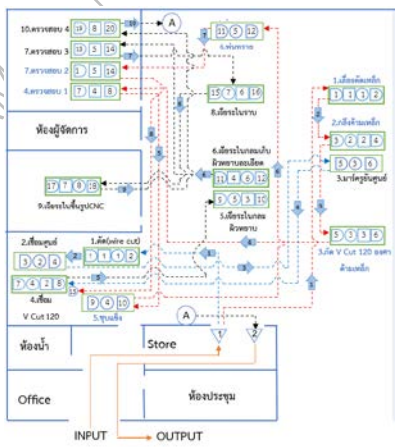
2.1.3.2 สมบัติเชิงกลวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เกรด SCM4

ตารางที่ 2 สมบัติเชิงกลวัสดุเหล็กกล้าเกรด SCM4

เกรดมาตรฐาน	
JIS	SCM4
DIN	42CrMo4
AISI	4140
สมบัติเชิงกล	
ความหนาแน่น (Density)	7.85 g/cm³
ความแข็ง (Hardness)	55 – 60 HRA(ชุบแข็งแล้ว)
ความแข็งแรงดัด (TRS)	2100 MPa
การนำความร้อน	43 W/m·K
จุดหลอมเหลว	1,370 – 1,400 °C
ส่วนผสมทางเคมี	
C (Carbon)	0.35 – 0.45 %
Si (Silicon)	0.15 – 0.35 %
Mn (Manganese)	0.60 – 1.00 %
Cr (Chromium)	0.80 – 1.20 %
Mo (Molybdenum)	0.15 – 0.30 %
P (Phosphorus)	≤ 0.035 %
S (Sulfur)	≤ 0.04 %

2.2 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนก

2.2.1 Flow Diagram ของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 8 Flow Diagram กระบวนการผลิต

จากภาพที่ 8 แสดงวิธีการผลิตเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรโดยจากเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนผลิตชิ้นงานเสร็จ โดยเส้นสีแดงแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามเหล็กก่อนเชื่อมต่อชิ้นงาน เส้นสีน้ำเงินแสดงขั้นตอนการเตรียมแท่งทังสเตนคาร์การก่อนเชื่อม และเส้นสีดำแสดงขั้นตอนการผลิตชิ้นงานในแต่ละสถานีงานหลังจากการเชื่อม โดยมีทั้งหมด 9 กระบวนการ

2.2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ตารางที่ 3 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผ่นที่ 1

ชื่อโรงงาน : ทูลลิ่ง เอ็กแซ็กท์ จำกัด

กรรมวิธี : การผลิตเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร

☑ ปัจจุบัน ☐ เสนอ

ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต

ผู้บันทึก : นายสุชัจจ์ คำยันต์

สรุป

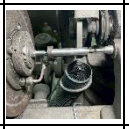
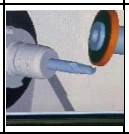
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	8		
เคลื่อนย้าย ⇨	5		
รอคอย D	6		
ตรวจสอบ □	3		
เก็บรักษา ▽	-		
ระยะทาง (เมตร)	20		
เวลา (วินาที)	1,796		

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน (ชิ้น)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
20	ชิ้นงานถูกตรวจสอบด้วยสายตา	40	-	15		สถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน
21	ชิ้นถูกทำความสะอาดด้วยหินเนอร์	1	-	6.1		
22	ชิ้นงานถูกย้ายมารอเชื่อม	40	2	14.4		
23	ชิ้นงานถูกตรวจสอบความยาวด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1	-	8.7		
24	ชิ้นงานถูกมาร์คด้วยสีเมจิ	1	-	25.1		
25	ด้ามถูกจับยึดด้วยหัวจับ	1	-	13.6		
26	ชิ้นงานถูกทาน้ำยาประสานและวางแผ่นเงินลงในร่อง V-Cut	1	-	27.6		
27	แท่งคาร์ไบด์ถูกประกอบกับด้าม	1	-	13.4		
28	ชิ้นงานถูกให้ความร้อน 700 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Induction	1	-	35.1		
29	รอชิ้นงานประสานกัน	1	-	45.8		
30	ชิ้นงานถูกถอดออกจากหัวจับไปตรวจ	1	3.5	14.1		
31	ชิ้นงานถูกตรวจสอบ Run Out ด้วยไดอัลเกจ	1	-	60.1		
	การแก้ไขงานซ้ำซ้อนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเชื่อม (แก้ไขเฉลี่ย 2 ครั้ง)					
1	ชิ้นงานถูกมาร์คจุดการแก้ไข	1	-	6.8		
2	ชิ้นงานถูกย้ายมาจัดยึดกับหัวจับ	1	3.5	15.5		
3	ชิ้นงานถูกทาน้ำยาประสาน	1	-	9.9		
4	ชิ้นงานถูกให้ความร้อน 700 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง Induction	1	-	38.7		
5	ชิ้นงานถูกเคาะปรับตำแหน่งศูนย์	1	-	6.1		
6	รอชิ้นงานประสานกัน	1	-	45.7		
7	ชิ้นงานถูกถอดออกจากหัวจับไปตรวจ	1	3.5	12.8		
8	ชิ้นงานถูกตรวจสอบ Run Out ด้วยไดอัลเกจ	1	-	61.1		
32	ชิ้นงานวางรอคายความร้อน	40	3.5	1020		
33	ชิ้นงานถูกย้ายไปสถานีงานถัดไป	40	4	6.4		

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากตารางที่ 3 กระบวนการผลิตเครื่องมือตัดระเภทเอ็นมิล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรมีทั้งหมด 22 ขั้นตอน และมีขั้นตอนที่เกิดการแก้ไขซ้ำซ้อนในการเชื่อมประกอบชิ้นงาน 8 งานย่อยแก้ไขเฉลี่ย 2 ครั้ง ซึ่งใช้เวลาในการแก้ไข 223 วินาทีต่อครั้ง ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในสถานีงานเชื่อม

ตารางที่ 4 เวลามาตรฐานการผลิต

ตารางที่เวลามาตรฐานการผลิตเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 มม.						
สถานีงาน	รายละเอียดงาน	รายละเอียดรูปภาพ	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเผื่อ (%)	เวลามาตรฐาน	
					นาที	ชั่วโมง
1	การเตรียมด้ามเหล็ก SCM4		24.2	5%	25.47	0.42
2	การเตรียมแท่งทังสเตนคาร์ไบด์		24.82	5%	26.12	0.44
3	สถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน		29.93	5%	31.51	0.53
4	สถานีงานเจียระไนหยาบ		8.57	5%	9.02	0.15
5	สถานีงานเจียระไนเก็บผิวหยาบและเก็บผิวเงา		12.83	5%	13.51	0.23
6	สถานีงานตรวจสอบ 1		2.23	5%	2.35	0.04
7	สถานีงานเจียระไนราบปาดหน้าเรียบ		5.4	5%	5.68	0.09
8	สถานีงานเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษ CNC		26.63	5%	28.04	0.47
9	สถานีงานตรวจสอบ 2		4.52	5%	4.75	0.08
รวมเวลาการผลิตเอ็นมิลขนาดเส้นศูนย์กลาง 16 มม.			139.13	5%	146.5	2.44

1) เวลาปกติสถานีงานที่ 3 = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100; ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ

= 29.93 x (100) / 100

= 29.93 วินาที / ชิ้น

เวลารวมในสถานีเชื่อมประกอบชิ้นงาน

= 29.93 วินาที / ชิ้น

2) การหาเวลามาตรฐานต่องาน 1 ชิ้น สถานีงานที่ 3

= (เวลาปกติ x 100%) / (100% - % เวลาเผื่อ)

= (29.93 x 100%) / (100% - 5%)

= 31.51 วินาที / ชิ้น

2.2.4 ประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุง

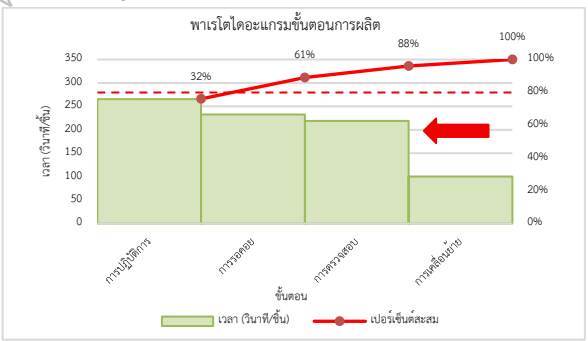
$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\,(\text{จำนวนสถานี})} \text{X100} \quad \textbf{(1)}$$

$$= \frac{(8,787.4)}{(1,890.5)\,(9)} \text{ X 100}$$

ประสิทธิภาพสายการผลิต (ปัจจุบัน) = 51.6%

2.3 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของเวลาผลิต

2.3.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

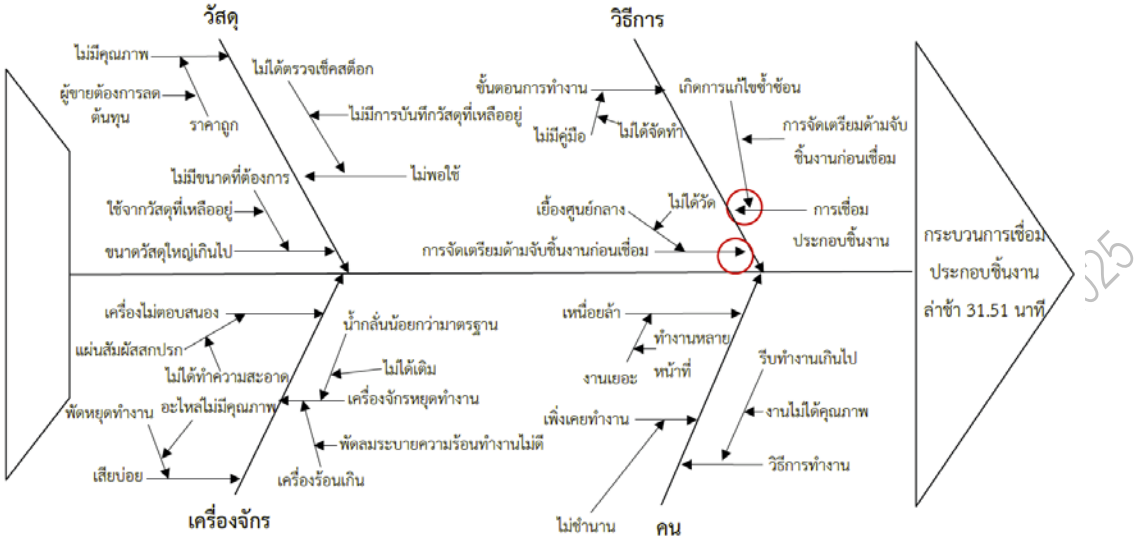


ภาพที่ 9 แผนภูมิเพราโต (Pareto Diagram)

จากภาพที่ 9 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) แสดงเวลาของกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรในสถานีงานที่ 3 การเชื่อมประกอบชิ้นงาน ซึ่งแบ่งตามสัญลักษณ์เป็น การปฏิบัติการ การตรวจสอบ การรอคอยและการเคลื่อนย้าย กระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้คือ การปฏิบัติการ ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 32 % ของสถานีงานการปรับปรุงครั้งนี้ใช้หลักการ 80 : 20 ของการใช้ผังพาเรโตไดอะแกรมเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

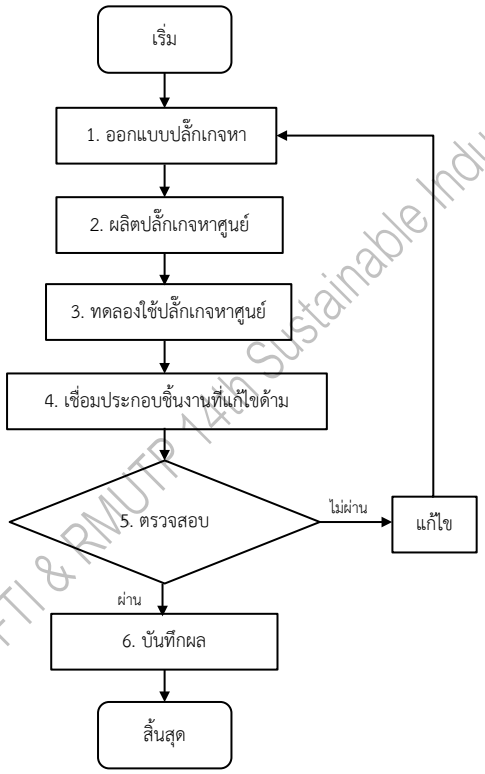
2.3.2 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)



ภาพที่ 10 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

จากภาพที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ด้วยแผนก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากวิธีการ โดยสาเหตุคือ การจัดเตรียมด้ามเหล็กก่อนเชื่อม มีผลทำให้เกิดการแก้ไขซ้ำในขั้นตอนการเชื่อม 8 ขั้นตอน จึงทำให้เกิดความล่าช้า

2.4 กำหนดวิธีการปรับปรุง

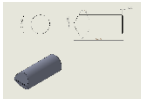


ภาพที่ 11 แผนผังกำหนดวิธีการปรับปรุง

2.5 ดำเนินการปรับปรุง

2.5.1 ใช้หลักการ ECRS เพื่อสร้างวิธีการผลิตใหม่

ตารางที่ 5 วิเคราะห์การแก้ไขงานซ้ำซ้อน

ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างอื่นทำได้ไหม
แก้ไขงานซ้ำซ้อนในสถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงานระหว่างเหล็กและทังสเตนคาร์ไบด์ เชื่อมประกอบแบบรูปทรงวีคัท 120 องศา ด้วยเครื่องให้ความร้อนเหนี่ยวนำ Induction Heating	เนื่องจากสถานีงานเชื่อมประกอบด้ามชิ้นงานมีงานย่อยในการการแก้ไขเพิ่มขึ้นในสถานีงานทั้งหมด 7 ขั้นตอนทำให้เวลาในการผลิตมากถึง 1,873.7 วินาที หรือ 31.23 นาที ซึ่งมากกว่าสถานีงานอื่นและต้องทำให้ตรงกับแบบสั่งผลิต	ได้โดยออกแบบปลั๊กเกจหาศูนย์และผลิตที่สถานีเจียระไนปาดหน้ามาเพื่อใช้เปรียบเทียบให้ได้จุดกึ่งกลางของด้ามเหล็กของชิ้นงานก่อนเชื่อมในขั้นตอนการกัดรูปทรง 120 องศา ทำให้การประกอบชิ้นงานศูนย์ก่อนเชื่อม 
ใครทำ	ทำไมต้องเป็นคนนั้น	คนอื่นทำได้ไหม
นาย พยุง เจนจบ อายุ 47 ปี อายุงานมาก 20 ปี ชำนาญการใช้เครื่องเจียระไนราบปาดหน้าและเจียระไนขึ้นคม	เนื่องประจำตำแหน่ง ช่างเจียระไนราบปาดหน้าแบบ Manual ซึ่งมีความชำนาญในเจียระไนราบปาดหน้าในเกณฑ์ดีมาก	ได้เพราะพนักงานในแผนกเจียระไนราบปาดหน้าแบบ Manual สามารถใช้งานเครื่องเจียระไนราบได้ และเป็นเครื่องรุ่นเดียวกันทั้งหมด
ทำที่ไหน	ทำไมต้องทำที่นั่น	ทำที่อื่นได้ไหม
แผนกเจียระไนราบปาดหน้า ใช้เครื่องจักรแบบ Manual ยี่ห้อ Jack mail รุ่น J-40	เนื่องจากการเจียระไนราบทำรูปทรงวีด้วยหัวแบ่งจึงทำให้ควบคุมขนาดขององศาและผิวได้ดี	ไม่ได้เนื่องจากต้องกลับมาเจียระไนราบปาดหน้าองศาชิ้นที่แผนกเจียระไนราบ

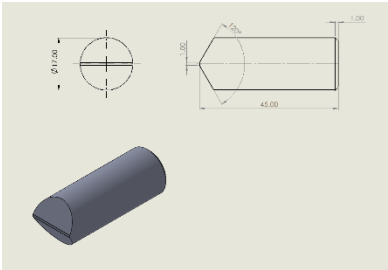
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management

ตารางที่ 5 วิเคราะห์การแก้ไขงานซ้ำซ้อน (ต่อ)

ทำอย่างไร	ทำไมต้องทำอย่างนั้น	ทำวิธีอื่นได้ไหม
นำเหล็กเกรด SCM4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.0 มิลิเมตรมาเจียระไนราบขึ้นรูปทรงวี 120 องศา	เพื่อทำเป็นปลั๊กเกจหาศูนย์ควบคุมของด้ามเหล็กก่อนนำไปเชื่อมประกอบชิ้นงานและช่วยให้ลดการแก้ไขในขั้นตอนการเชื่อมประกอบด้าม	ได้ทำเป็นจิ๊กจับงานแต่อาจจะเกิดความร้อนสะสมที่จิ๊กจับงานยเนื่องจากระยะความยาวของชิ้นงานเท่ากับ 80 มม.
ทำเมื่อไหร่	ทำไมต้องเวลานั้น/ขั้นตอนนั้น	ทำเวลา/ขั้นตอนอื่นได้ไหม
เมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2568	เพราะต้องใช้ควบคุมคุณภาพของด้ามเหล็กในขั้นตอนงานกัดรูปทรงวี 120 องศา ก่อนนำไปเชื่อมประกอบชิ้นงาน	ไม่ได้เพราะจะต้องใช้ควบคุมคุณภาพของด้ามเหล็กก่อนเชื่อมประกอบ

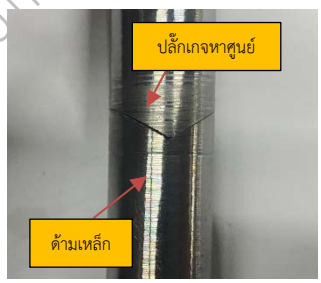
วิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS พบว่ามีความจำเป็นต้องออกแบบปลั๊กเกจหาศูนย์ควบคุมตำแหน่งศูนย์กลางของด้ามเหล็กก่อนเชื่อมประกอบงานเพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงในการประกอบ

2.5.1.1 ออกแบบปลั๊กเกจหาศูนย์



ภาพที่ 12 แบบสั่งผลิตปลั๊กเกจหาศูนย์

ภาพที่ 12 แสดงแบบสั่งผลิตชิ้นงาน ปลั๊กเกจหาศูนย์ (Centering Plug) ทำจากเหล็กกล้า SCM4 ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร ยาว 45 มิลลิเมตร ปลายทำมุม 120° ใช้สำหรับ ควบคุมตำแหน่งศูนย์กลางของด้ามเหล็กก่อนเชื่อมประกอบงาน เพื่อป้องกันการเยื้องศูนย์ ลดการแก้ไขงานและเพิ่มความเที่ยงตรงในการประกอบ



ภาพที่ 13 ทดลองใช้ปลั๊กหาศูนย์

จากภาพที่ 13 แสดงการทดลองใช้ ปลั๊กเกจหาศูนย์กับ ด้ามเหล็ก โดยสอดปลั๊กเข้าไปที่ร่องของชิ้นงาน เพื่อช่วยจัดตำแหน่งให้ด้ามเหล็กอยู่ในแนวศูนย์กลางที่ถูกต้องก่อนการเชื่อมประกอบ จุดประสงค์คือเพื่อควบคุมไม่ให้ชิ้นงานเอียงหรือเยื้องศูนย์ ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อน ลดขั้นตอนการแก้ไขงาน

การผลิตชิ้นงานของกระบวนการผลิตที่ 3 ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงาน 31.51 นาที และเวลาในการทำการผลิตได้แบ่งออกเป็น 1 กะการทำงาน 460 นาที ต่อวัน

$$\text{อัตราการผลิต} = \frac{(460)}{(31.51)} \text{ (ชิ้นต่อวัน)} \quad \textbf{(2)}$$

$$= 14.6 \text{ ชิ้นต่อวัน}$$

ต้นทุนการผลิต

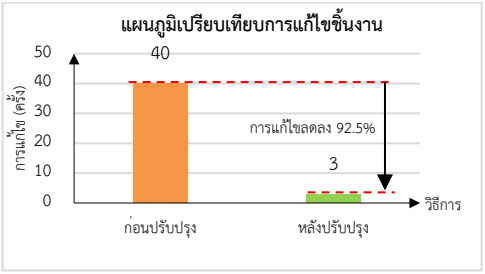
ต้นทุนที่ผันแปรตามอัตราการผลิตคำนวณจากค่าแรงพนักงาน 400 บาทต่อวัน ปัจจุบันอัตราการผลิตต่อวันอยู่ที่ 4.42 ชิ้นต่อวัน

$$\text{ค่าแรง} = \frac{(400)}{(14.6)} \text{ (บาทต่อชิ้น)} \quad \textbf{(3)}$$

$$= 27.4 \text{ บาทต่อชิ้น}$$

3. ผลการวิจัย (Results)

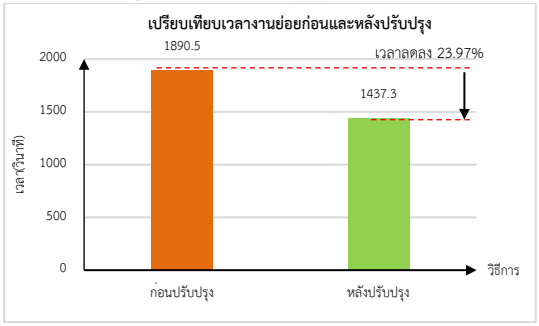
3.1 เปรียบเทียบเวลางานย่อยก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 14 แผนภูมิการเปรียบเทียบการแก้ไขชิ้นงาน

จากภาพที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบการแก้ไขชิ้นงานในสถานีงานเชื่อประกอบชิ้นงาน จากแก้ไข 40 ครั้ง ลดลงเหลือ 3 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 92.5 โดยการใช้ปลั๊กเกจหาศูนย์ควบคุมด้ามเหล็กก่อนเชื่อมทำให้การเชื่อมประกอบด้ามง่ายขึ้น ส่งผลให้เวลาในขั้นตอนการเชื่อมประกอบชิ้นงานลดลงจากเดิม 1,890.5 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเหลือ 1,437.3 วินาทีต่อชิ้น ลดได้ 453.2 วินาที ดังภาพที่ 15

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025



ภาพที่ 15 แผนภูมิแสดงเวลาก่อนและหลังการปรับปรุง

1) เวลาปกติสถานีงานที่ 3 = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100; ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ

= 1,365.45 x (100) / 100

= 1,365.45 วินาที / ชิ้น

เวลารวมในสถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน

= 1,365.45 นาที / ชิ้น

2) การหาเวลามาตรฐานต่องาน 1 ชิ้น สถานีงานที่ 3

=(เวลาปกติ x 100%) / (100% - % เวลาเผื่อ)

= (1,365.45 x 100%) / (100% - 5%)

= 1,437.3 วินาที / ชิ้น

เวลามาตรฐานในสถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน

= 1,437.3 วินาที/ ชิ้นหรือเปลี่ยนจากวินาทีเป็นนาที = 29.96 นาที

3.2 ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังการปรับปรุง

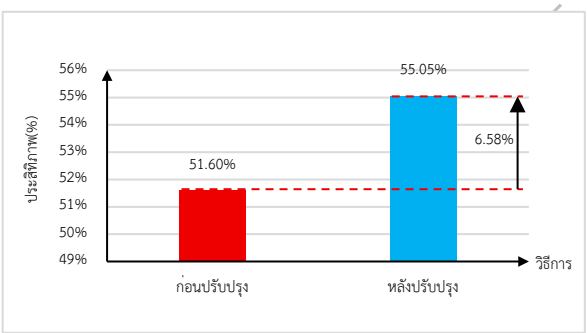
ตารางที่ 6 เวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง

สถานีผลิต	เวลามาตรฐาน	เวลาที่เสียต่อหน่วย
1. การเตรียมด้ามเหล็ก	1,528.4	153.7
2. เตรียมแท่งทังสเตนคาร์ไบด์	1,567.4	114.7
3. สถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน	1,437.3	244.8
4. สถานีเจียระไนหยาบ	541.1	1,141.1
5. สถานีงานเจียระไนเก็บผิวหยาบและเก็บผิวเงา	810.5	871.6
6. สถานีงานตรวจสอบ 1	141.1	1,541.1
7. สถานีงานเจียระไนราบปาดหน้า	341.1	1,341.1
8. สานีงานเจียระไนขึ้นรูปร่องคายเศษ CNC	1,682.1	-
9. สถานีงานตรวจสอบ 2	285.3	1396.8
รอบเวลาการผลิตของสถานีงานเท่ากับ 1,682.1 หรือ 28.04 นาที		

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\,(\text{จำนวนสถานี})} \text{X100}$$

$$= \frac{(8{,}334.2)}{(1{,}682.1)\,(9)} \text{ X 100}$$

= 55.05%



ภาพที่ 16 ประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 16 แสดงผลปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม 51.6% เป็น 55.05% เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.58

4. อภิปรายผล (Discussion)

พิจารณาประสิทธิภาพด้านเวลาพบว่าประสิทธิภาพด้านเวลาหลังปรับปรุงดีกว่าก่อนการปรับปรุงเวลามาตรฐานการผลิตในสถานีการเชื่อมประกอบชิ้นงานจากเดิม 1,890.5 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเหลือ 1,437.3 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 23.97 โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS [7] ในการออกแบบปลั๊กหาศูนย์เพื่อทำให้ลดเวลางานเชื่อมประกอบชิ้นงานได้จริง ทั้งนี้โครงการวิจัยได้ปรับปรุงเฉพาะเวลาในการทำงานของกระบวนการผลิตเครื่องมือตัดประเภทเอ็นมิลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ในสถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงานเท่านั้นเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย

5. สรุปผล (Conclusion)

ผลการศึกษากระบวนผลิตได้แก้ไขปัญหาในสถานีงานเชื่อมประกอบชิ้นงานโดยการทำปลั๊กเกจหาศูนย์เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพก่อนเชื่อมประกอบชิ้นงาน สามารถลดรอบเวลามาตรฐานในสายการผลิตสถานีงานที่ 3 ได้ 23.97% สามารถลดอัตราการแก้ไขได้ถึง 92.5% ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ร้อยละ 6.58

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการ และขอขอบคุณ บริษัท ทูลลิ่ง เอ็กแซ็กท์ จำกัด คุณยุธนา เชาวนพานิช ประธานบริษัท ตลอดทั้งหัวหน้างาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จและเกิดประโยชน์ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว เพื่อน พี่ น้อง หรือบุคคลที่ให้คำปรึกษา พร้อมกับเป็นกำลังใจเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ธิดารัตน์ พูนณรงค์, นัทนรี ดำรงค์อนุกูล, นนทวัฒน์ ประสงค์, สิรวิชญ์ สุขสุด และ อังคณา เผ่าพิบูล การปรับปรุงผลิตภาพและการเพิ่มผลผลิตด้วยหลักแผนภูมิแสดงเหตุและผล การฝึกอบพนักงานและ 5 ส กรณีศึกษา: บริษัท กรีนสปอต จำกัด.2020

[2] สดศรี กันทะอินทร์ วิเคราะห์การใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ด้วยแนวคิดพาเรโต (80/20) สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2020

[3] อำนาจ มีแสง การออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการตัดท่อยาง กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการประยุกต์หลักการ ECRS คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2011

[4] ศุภกาล ตุ้ยเต็มวงศ์, อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล, วรพจน์ ศิริรักษ์, ณัฐพล ศิริรักษ์, และ กิตติชัย จินะไชย การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเตาอั้งโล่โดยการลดความสูญเปล่า ตามหลักการ ECRS สาขาเตรียมอุดมศึกษาเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 2024

[5] Starý, M., Novotný, F., Horák, M., Stará, M., and Vít, Z. Experimental optimization of tab and slot plug welding method suitable for unique lightweight frame structures. Technical University of Liberec, Czech Republic 2018

[6] ชนาดา นักษรี, สมชาย ชูชม, และ สุภาภรณ์ ชัยประภาส. การออกแบบฟิกซ์เจอร์ สำหรับงานเชื่อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, จังหวัดสงขลา. 2021

[7] ปริญ นาชัยสิทธิ์., พัชร์ธวิทย์ ศิริไพบูลย์ทรัพย์, วรรณนิศา นุชคุ้ม, จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร., ภูมิบุญ พลต้าง และวรพงศ์ พงศ์ภัทรวุฒิ. การนำลีนมาประยุกต์ใช้ในการลดเวลาการจัดทำหลักสูตรโดยใช้เทคนิค ECRS กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 2024

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

แนวทางการจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกเชิงยั่งยืน : กรณีศึกษาพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ในย่านรังสิต

Sustainable Engineering and Facilities Management Approaches : A Case Study of a Large Commercial Area in Rang-sit

เกษมสันต์ รื่นกลิ่น[1] และ สุวิทย์ แพงกันยา[2]

Kasemsan Ruenklin[1] and Suwit Phangkan-ya[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1,2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Coressponding author: Kasemsan Ruenklin, e-mail address: kasemsan-r@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ: การจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกในพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่เป็นความท้าทายสำคัญ เนื่องจากการใช้พลังงาน น้ำ และทรัพยากรจำนวนมาก การศึกษานี้นำเสนอแนวทางการบริหารจัดการเชิงยั่งยืน โดยใช้กรณีศึกษาเป็นพื้นที่พาณิชย์ในย่านรังสิต ครอบคลุมปัจจัยด้านพลังงาน น้ำ ของเสีย เทคโนโลยีดิจิทัล และการมีส่วนร่วมของผู้เช่าพื้นที่ ผลการวิเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรมชี้ให้เห็นว่า การบูรณาการแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกอัจฉริยะ (Smart FM) สามารถลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แนวทางที่นำเสนอจึงเป็นประโยชน์ต่อทั้งนักวิชาการและผู้ปฏิบัติ และสามารถต่อยอดสู่การพัฒนากรอบแนวคิดเชิงลึกในอนาคตได้

คำสำคัญ: การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก ; วิศวกรรมอาคาร ; ความยั่งยืน ; พื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ ; เศรษฐกิจหมุนเวียน

Abstract: Engineering and facilities management in large-scale commercial areas presents significant challenges due to the intensive consumption of energy, water, and other resources. This study introduces a sustainable management approach through a case study of a commercial district in Rangsit, encompassing factors such as energy, water, waste, digital technologies, and tenant participation. Findings from the literature review indicate that integrating the concepts of the circular economy and smart facilities management (Smart FM) can reduce costs, enhance efficiency, and mitigate environmental impacts. The proposed approach provides valuable insights for both academics and practitioners and can be further developed into a comprehensive conceptual framework in future research.

Keywords: Facilities Management ; Building Engineering ; Sustainability ; Large-Scale Commercial Areas ; Circular Economy

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

พื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ เช่น ศูนย์การค้าและคอมเพล็กซ์เชิงพาณิชย์ มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคม แต่ก็เป็นแหล่งที่ใช้พลังงาน น้ำ และทรัพยากรในปริมาณสูง ส่งผลให้เกิดทั้งต้นทุนทางเศรษฐกิจและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวก (Facilities Management: FM) จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนความยั่งยืนของพื้นที่เหล่านี้ [1] โดยเฉพาะในบริบทประเทศไทยที่มีการขยายตัวของพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง

การศึกษาวรรณกรรมในต่างประเทศพบว่า Sustainable Facilities Management (SFM) ได้รับความสนใจมากขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยมีการพัฒนาแนวคิดเชิงกลยุทธ์และตัวชี้วัดความยั่งยืน [2] [3] ขณะที่แนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เริ่มถูกบูรณาการเข้ากับ FM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและลดของเสีย [4] นอกจากนี้ เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น IoT และ AI ก็มีบทบาทสำคัญในการยกระดับ Smart FM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและการตัดสินใจ [5] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในประเทศไทยยังมีข้อจำกัด โดยส่วนใหญ่เน้นการจัดการเชิงปฏิบัติหรือในอุตสาหกรรมเฉพาะ แต่ยังขาดกรอบแนวคิดแบบบูรณาการสำหรับพื้นที่เช่าเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่

ดังนั้น บทความนี้จึงมีความสำคัญในการนำเสนอ แนวทางการจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกเชิงยั่งยืน โดยใช้กรณีศึกษาพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ในย่านรังสิต (ประมาณ 600 ไร่) เพื่อเป็นต้นแบบในการบูรณาการการจัดการพลังงาน น้ำ ของเสีย และเทคโนโลยีอัจฉริยะเข้ากับกลยุทธ์ด้านความยั่งยืน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ FM เชิงยั่งยืน (2) นำเสนอแนวทางการบริหารจัดการที่ตอบโจทย์ด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม และ (3) สร้างฐานสำหรับการพัฒนากรอบแนวคิดเชิงลึกต่อไป

ขอบเขตการศึกษามุ่งเน้นการวิเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรมเชิงลึกและกรณีศึกษาเชิงบริบท โดยไม่เน้นการเก็บข้อมูลภาคสนามเชิงปริมาณในขั้นตอนนี้ ผลลัพธ์ที่คาดหวังคือการนำเสนอ แนวทางที่แตกต่างจากงานวิจัยเดิมซึ่งมักมุ่งเน้นเฉพาะด้านพลังงานหรือสิ่งแวดล้อม แต่ยังไม่เชื่อมโยงกับการบริหารจัดการพื้นที่เช่าเชิงพาณิชย์ที่ซับซ้อน บทความนี้จึงถือเป็น Contribution ในการเสนอแนวทางที่บูรณาการและเหมาะสมกับบริบทไทย พร้อมต่อยอดสู่การสร้าง Conceptual Framework ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในอนาคต

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยครั้งนี้ใช้แนวทาง การวิจัยเชิงคุณภาพร่วมกับการสังเคราะห์เชิงแนวคิด (Qualitative & Conceptual Research) โดยมุ่งเน้นการทบทวนวรรณกรรมเชิงลึก (Systematic Literature Review) และการประยุกต์เชื่อมโยงกับกรณีศึกษาพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ในย่านรังสิต กระบวนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดกรอบการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์กรณีศึกษา

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาแนวทาง/กรอบแนวคิด

โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

สมการที่ (1) Energy Intensity (EI)

$$EI_m = \frac{E_m}{A} \quad (1)$$

สมการที่ (2) Water Intensity (WI)

$$WI_m = \frac{W_m}{A} \quad (2)$$

สมการที่ (3) Energy / Tenant / Water / Tenant

$$\frac{E}{T} = \frac{E_m}{N}, \qquad \frac{W}{T} = \frac{W_m}{N} \quad (3)$$

สมการที่ (4) Carbon Emission

$$CO_{2,m} = E_m \times EF_{\text{grid}} \quad (4)$$

สมการที่ (5) Water Reuse Saving

$$W_m^{\text{saved}} = r \cdot W_m,$$
$$Saving_m = W_m^{\text{saved}} \times Tariff_W \quad (5)$$

3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้า

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในช่วง มกราคม–มิถุนายน 2568 พบว่ามีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1,220,000 kWh/เดือน คิดเป็นค่าไฟเฉลี่ย 4.88 ล้านบาท/เดือน โดยช่วงมีนาคม–พฤษภาคม ซึ่งตรงกับฤดูร้อน มีการใช้ไฟฟ้าสูงกว่าช่วงอื่นราว 15–20% สาเหตุหลักมาจากการใช้ระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า

เดือน 2568	การใช้ไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟ (บาท)	Peak Load (MW)
ม.ค.	1,150,000	4,600,000	3.8
ก.พ.	1,180,000	4,720,000	3.9
มี.ค.	1,250,000	5,000,000	4.1
เม.ย.	1,320,000	5,280,000	4.3
พ.ค.	1,300,000	5,200,000	4.2
มิ.ย.	1,120,000	4,480,000	3.7
เฉลี่ย/เดือน	**1,220,000**	**4,880,000**	**4.0**

ช่วงเมษายนมีการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุด (1.32 ล้าน kWh) สะท้อนความต้องการปรับอากาศที่มากขึ้นในฤดูร้อน

3.2 การใช้น้ำประปา

การใช้น้ำเฉลี่ยในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2568 อยู่ที่ 85,000 m³/เดือน คิดเป็นค่าน้ำเฉลี่ย 850,000 บาท/เดือน โดยเดือนพฤษภาคมสูงสุดที่ 95,000 m³ ซึ่งสัมพันธ์กับการใช้พื้นที่ร้านอาหารและกิจกรรมในห้าง

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำ

เดือน 2568	การใช้น้ำ (m³)	ค่าน้ำ (บาท)
ม.ค.	82,000	820,000
ก.พ.	80,000	800,000
มี.ค.	85,000	850,000
เม.ย.	88,000	880,000
พ.ค.	95,000	950,000
มิ.ย.	90,000	900,000
เฉลี่ย/เดือน	**85,000**	**850,000**

หากสามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ซ้ำได้เพียง 20% จะช่วยลดการใช้น้ำประปาลงเฉลี่ย 17,000 m³/เดือน หรือประหยัดได้ประมาณ 170,000 บาท/เดือน

3.3 คาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 3 คาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า

เดือน 2568	การใช้ไฟฟ้า (kWh)	EF_grid ($kgCO_2/kWh$)	CO_2 ($kgCO_2$)
ม.ค.	1,150,000	0.50	575,000
ก.พ.	1,180,000	0.50	590,000
มี.ค.	1,250,000	0.50	625,000
เม.ย.	1,320,000	0.50	660,000
พ.ค.	1,300,000	0.50	650,000
มิ.ย.	1,120,000	0.50	560,000
รวม	**7,320,000**		**3,660,000**

3.4 ศักยภาพการประหยัดน้ำจากการ Reuse

ตารางที่ 4 ศักยภาพการประหยัดน้ำจากการ Reuse

เดือน 2568	การใช้น้ำ (m³)	อัตรา Reuse r	น้ำที่ประหยัดได้ (m³)	ค่าน้ำ (บาท/ม³)	เงินที่ประหยัด (บาท)
ม.ค.	82,000	20%	16,400	10	164,000
ก.พ.	80,000	20%	16,000	10	160,000
มี.ค.	85,000	20%	17,000	10	170,000
เม.ย.	88,000	20%	17,600	10	176,000
พ.ค.	95,000	20%	19,000	10	190,000
มิ.ย.	90,000	20%	18,000	10	180,000
รวม	**520,000**		**104,000**		**1,040,000**

3.5 จำนวนอาคารและผู้เช่า

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 12 อาคารหลัก รวมพื้นที่ใช้สอยประมาณ 750,000 m² และมีผู้เช่าเฉลี่ย 520 ราย แบ่งเป็น ค้าปลีกทั่วไป 40% อาหารและเครื่องดื่ม 25% บริการและสำนักงาน 15% อื่น ๆ 20% เมื่อเทียบการใช้ทรัพยากรต่อผู้เช่า พบว่า กลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม ใช้น้ำเฉลี่ย 220 m³/tenant/เดือน สูงกว่ากลุ่มอื่นกลุ่ม ค้าปลีก ใช้ไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 3,000 kWh/tenant/เดือน

3.6 ตัวชี้วัดเชิงเปรียบเทียบ (Indicators)

ตารางที่ 5 ตัวชี้วัดเชิงเปรียบเทียบ

ตัวชี้วัด	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
Energy Intensity	18.7 kWh/m²/เดือน	การใช้พลังงานต่อพื้นที่
Water Intensity	0.11 m³/m²/เดือน	การใช้น้ำต่อพื้นที่
Energy per Tenant	2,950 kWh/tenant/เดือน	การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อผู้เช่า
Water per Tenant	160 m³/tenant/เดือน	การใช้น้ำเฉลี่ยต่อผู้เช่า

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3.7 การตีความผลลัพธ์

3.7.1 ระบบปรับอากาศเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของการใช้ไฟฟ้า ต้องพิจารณา Smart FM และ AI-based Predictive Maintenance

3.7.2 ร้านอาหารเป็นกลุ่มผู้เช่าที่ใช้น้ำสูงสุด มีศักยภาพในการพัฒนา Water Reuse & Recycling System

3.7.3 ตัวชี้วัด normalized ช่วยสร้างความสามารถในการเปรียบเทียบกับงานวิจัยและมาตรฐานต่างประเทศ [2] [3]

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิจัยที่ได้จากการเก็บข้อมูลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำประปา จำนวนผู้เช่า และการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ รวมถึงศักยภาพการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ แสดงให้เห็นถึงประเด็นที่สำคัญต่อการจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวก (Engineering & Facilities Management) ในพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ดังนี้

4.1. การใช้พลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพพลังงาน

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าช่วงฤดูร้อน (มี.ค.–พ.ค.) มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด โดยเฉพาะเดือนเมษายน (1.32 ล้าน kWh) ซึ่งสอดคล้องกับการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคารขนาดใหญ่ การที่ Energy Intensity เฉลี่ยอยู่ที่ 18.7 kWh/m²·เดือน ถือว่ายังมีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยใช้ระบบ Smart FM และ Predictive Maintenance ผ่าน IoT/AI

4.2 การใช้น้ำประปาและการจัดการทรัพยากรน้ำ

การใช้น้ำเฉลี่ย 85,000 m³/เดือน โดยพฤษภาคมสูงสุดถึง 95,000 m³ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้เช่าประเภทอาหารและเครื่องดื่มมีบทบาทสำคัญต่อการใช้น้ำ [4] การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) เพียง 20% สามารถลดการใช้น้ำประปาได้ถึง 104,000 m³ ภายใน 6 เดือน คิดเป็นมูลค่าประหยัด 1.04 ล้านบาท แสดงถึงความเป็นไปได้ของการพัฒนา Water Circular Economy ในพื้นที่เชิงพาณิชย์

4.3 ผู้เช่าและผลกระทบเชิงพฤติกรรม

การวิเคราะห์ Energy per Tenant (≈2,950 kWh/tenant/เดือน) และ Water per Tenant (≈160 m³/tenant/เดือน) สะท้อนความแตกต่างของการใช้ทรัพยากรในแต่ละกลุ่มผู้เช่า โดยร้านอาหารใช้น้ำสูงที่สุด ขณะที่ค้าปลีกใช้ไฟฟ้าสูงที่สุด ซึ่งสนับสนุนแนวคิด Multi-tenant Facilities Management ที่ต้องมีมาตรการเฉพาะกลุ่ม [3]

4.4 คาร์บอนฟุตพริ้นต์และความเชื่อมโยงกับ ESG

การปล่อยคาร์บอนจากไฟฟ้าในช่วง 6 เดือนรวมกว่า 3.66 ล้านกิโลกรัม CO_2 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่พาณิชย์มีส่วนสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเมือง หากมีการปรับปรุงระบบพลังงานให้มีประสิทธิภาพขึ้นเพียง 10% จะสามารถลดการปล่อยได้มากกว่า 360,000 kgCO_2 ในครึ่งปี ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมาย Net Zero และ ESG ที่กำลังได้รับความสำคัญในระดับองค์กร [5]

4.5 การบูรณาการสู่กรอบแนวคิด (Framework)

ผลลัพธ์ทั้งหมดจากตารางและการคำนวณสมการ (EI, WI, E/T, W/T, CO_2, Reuse Saving) ชี้ว่าข้อมูลหน้างานจริงสามารถแปลงเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เปรียบเทียบกับมาตรฐานสากล เช่น LEED และ TREES ได้ นอกจากนี้ยังเป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนา Conceptual Framework for Sustainable FM ที่มีลักษณะใหม่ (Novelty) คือการผสาน Smart Facilities, Circular Water Management และ Carbon Reduction ในพื้นที่เช่าเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ในประเทศไทย

5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากรอบแนวคิดการจัดการวิศวกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกเชิงยั่งยืน (Sustainable Engineering and Facilities Management) ในพื้นที่พาณิชย์ขนาดใหญ่ โดยใช้กรณีศึกษาพื้นที่เช่าเชิงพาณิชย์ 600 ไร่ ย่านรังสิต ผ่านการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า น้ำประปา จำนวนผู้เช่า และการคำนวณตัวชี้วัดความยั่งยืนที่เกี่ยวข้อง

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านพื้นที่พาณิชย์แห่งหนึ่งย่านรังสิต

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Chotipanich, S., & Lertariyanun, V. (2011). A study of facility management strategy: the case of

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

commercial banks in Thailand. Journal of Facilities Management, 9(4), 282–299.

[2] Nielsen, S. B., Jensen, J. O., & Jensen, P. A. (2015). Sustainability in facilities management: an overview of current research. DTU Technical University of Denmark, Center for Facilities Management – Realdania Research.

[3] Alfalah, G., et al. (2020). A review of sustainable facility management research. Journal of Cleaner Production,276,123143.

[4] Baniya, R., Thapa, S., & Poudyal, R. (2023). Circularity in Facility Management: Conceptualisation and Practice. Sustainability, 15(11), 8460.

[5] Ozyılmaz, B., Kaya, S., & Yılmaz, M. (2025). Developing Performance Measurement Framework for Sustainable Facility Management. Sustainability, 17(14), 6639.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้

The Constructing an Ozone Generator Using the Corona Discharge Principle to Extend the Shelf life of Fruits and Vegetables

ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว[1] พูนศรี วรรณการ[1] นาวิน รอดเรือง[1] และ ภควัต เกอะประสิทธิ์[2]

Supawud Nedphokaew [1], Poonsri Wannakarn[1], Nawin Rodrueang[1] and Pakawat Kerpasit[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800.

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300. โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4150 Email:supawud.n@rmutp.ac.th.

[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

*Coressponding author: Supawud Nedphokaew, e-mail address: def@diw.go.th

บทคัดย่อ: บทความนี้นำเสนอการสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ โดยมีการออกแบบสร้างเครื่องผลิตโอโซนความเข้มข้นสูง ดำเนินการทดลอง 3 กรณีศึกษา พบว่าองุ่นที่ไม่โดนโอโซนเก็บที่ตู้เย็น ผลองุ่นเริ่มเหี่ยวและมีความนิ่ม มีการเน่า 70% องุ่นที่โดนโอโซนปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็นเริ่มมีความเหี่ยวย่นแต่ผิวยังตึงและยังมีสีที่สด มีองุ่นที่เน่าเสีย 30% โดยมีการเน่าบริเวณขั้วเป็นส่วนใหญ่มีส่วนน้อยที่เน่าบริเวณผล เกิดเชื้อรา 10% เริ่มมีเชื้อราเกิดขึ้นที่บริเวณขั้ว แบบที่แช่โอโซนผสมน้ำ มีองุ่นที่เน่าเสีย 10% โดยมีการเน่าบริเวณขั้วทั้งหมด ดังนั้นควรหาปริมาณความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม

คำสำคัญ: ก๊าซโอโซน โอโซน โคโรน่าดิสชาร์จ

Abstract: This article presents the constructing an ozone generator using the corona discharge principle to extend the shelf life of fruits and vegetables. A high-concentration ozone generator was designed and constructed, and experiments were conducted in three case studies. It was found that grapes not exposed to ozone and stored in a refrigerator began to shrivel, soften, and exhibited 70% decay. Grapes exposed to 0.75 g of ozone and stored in a refrigerator showed slight shriveling but maintained firm skin and fresh color, with 30% decay, mostly at the stem area and to a lesser extent on the fruit surface. Mold growth occurred in 10%, mainly at the stem. In the case of grapes treated with ozone mixed in water, 10% decay was observed, entirely at the stem. Therefore, the appropriate ozone concentration and exposure duration should be determined.

Keywords: Gas Ozone, Corona Discharge

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

ในอดีตจนถึงปัจจุบันแมลงศัตรูพืชเป็นตัวทำลายผลผลิตของเกษรตรกรรม เกิดผลเสีย ซึ่งทำให้เสียทรัพย์ เวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสืบค้นบทความในอดีตจนถึงปัจจุบันดังนี้

จากการศึกษางานวิจัยของ (Jodpimai et al., 2015) [1] เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตโอโซนชนิด Dielectric Barrier Discharge (DBD) โดยในระบบมีส่วนประกอบหลักได้แก่ หลอดผลิตโอโซน ชุดหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง ถังออกซิเจน ระบบ หล่อเย็น และเครื่องวัดความเข้มข้นโอโซน ซึ่งงานวิจัยนี้สดงให้เห็นว่าการผลิตโอโซนโดยสนามไฟฟ้าชนิด Dielectric Barrier Discharge (DBD) สามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิ ในท่อผลิตโอโซนที่มีผลโดยตรงกับปริมาณและความเข้มข้นของโอโซนจากการศึกษา โดยงานวิจัยของ (Hollingsworth & Armstrong, 2005) [2] เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำโอโซนมากำจัดแมลงศัตรูพืชที่ อยู่ในกล้วยไม้ โดยการนำก๊าซ 3 ชนิดคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนและอากาศที่ใช้หายใจ มาทดลองผลิต โอโซน พบว่า ไนโตรเจน ไม่สามารถ ผลิตโอโซนได้ ในส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์สามารถผลิตโอโซนได้สูงถึงประมาณ 400 โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกล้วยไม้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้งานวิจัยนี้เป็นฉบับอ้างอิงว่า ควรออกแบบระบบผลิตโอโซนให้มีความเข้มข้นให้มากกว่า 650 ppm เพื่อให้ สามารถกำจัดแมลงศัตรูพืชในกล้วยไม้ได้

ดังนั้นจากงานวิจัยที่ทำการศึกษา เป็นแนวทางในการวิจัยบทความการสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ โดยมี ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผลการวิจัย อภิปรายผล และสรุปผล

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโอโซน

การเกิดโอโซนสามารถอธิบายได้จากหลักการนั้นเกิดจากก๊าซที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นส่วนประกอบเคลื่อนที่ผ่านสนามไฟฟ้า ระหว่างที่เคลื่อนที่ผ่านสามารถเกิดปรากฏการณ์หลายรูปแบบและได้รับพลังงานที่เหมาะสมต่อการการเกิดโอโซนซึ่งปัจจัยเหล่านี้ขึ้นอยู่ กับลักษณะของสนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ

2.1.1 การเกิดโอโซน

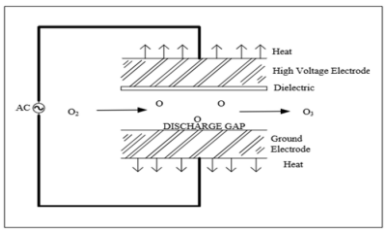
มีหลักการให้ออกซิเจนไหลผ่านช่องว่างในการดิสชาร์จระหว่างแก้วในทรงกระบอก 2 ชั้น แล้วปล่อย กระแสไฟฟ้าแรงดันสูงบริเวณผนังแก้ว ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า “การดิสชาร์จแบบไซเรนท์” เป็นโมเลกุลกึ่งเสถียรที่เกิดจากองค์ประกอบของออกซิเจน ปฏิกิริยาการเกิดโอโซนสามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังสมการที่ (1)

$$3O_2 \leftrightarrow 2O_2 \; \Delta H° \; atm, +284.5 \; kJ/mol \qquad (1)$$

ดังนั้นพลังงานความร้อนจะทำให้โอโซนสลายตัวได้การออกแบบเครื่องผลิตโอโซนต้องคำนึงถึงระบบความร้อนเป็นสำคัญ [3]

2.1.2 การสร้างโอโซนโดยกระบวนการดิสชาร์จไฟฟ้า

การผลิตโอโซนทำได้โดยการให้ออกซิเจนหรืออากาศบริสุทธิ์ไหลผ่านสนามไฟฟ้าแรงสูงที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1 – 20 กิโลโวลต์ ดังแสดงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงถึงหลักการกำเนิดโอโซนโดยใช้สนามไฟฟ้าในรูปแบบ (DBD)

2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูง

การศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูงเป็นส่วนที่สำคัญต่อการสร้าง สนามไฟฟ้าเพื่อผลิตโอโซน เนื่องจากการผลิตโอโซนในปัจจุบันนั้นใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับวงจรจรทวีแรงดันไฟฟ้าในระบบสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย สามารถควบคุมความถี่และแรงดันไฟฟ้าได้

2.3 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนของการออกแบบสร้างห้องรมโอโซน

การออกแบบสร้างห้องสำหรับรมโอโซนนั้นต้องศึกษาทฤษฎีเกี่ยวรูปแบบการไหลของอากาศที่อยู่ภายในห้อง เพื่อ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

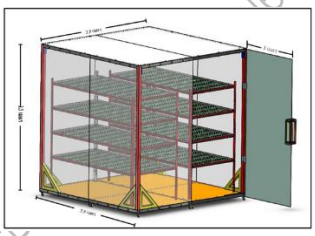
วิเคราะห์ตำแหน่งของการจ่ายโอโซนเข้าไปในห้องและระบายอากาศออกเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการกระจายตัวของโอโซนที่จ่ายเข้าไปในห้องให้สามารถนำไปกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการศึกษางานงานวิจัยทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดและหลักการสำหรับ ออกแบบระบบกำเนิดโอโซนให้สามารถผลิตโอโซนออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพและศึกษาการนำโอโซนมากำจัดแมลงเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของโอโซนที่มีผลต่ออัตราการตายของแมลง ศัตรูพืช

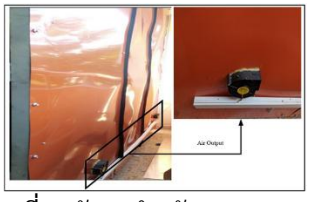
3.1 การออกแบบและสร้างห้องสำหรับรมโอโซน

ออกแบบห้องให้มีขนาด 2.5x2.5x2.5 ลูกบาศก์เมตร ยาว 200 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 มีช่องสำหรับจ่ายโอโซนเข้าไปในห้อง (Ozone Input) จำนวน 4 ช่อง ติดตั้งที่ตำแหน่งด้านบนของห้องดังแสดงในภาพที่ 3 และช่องสำหรับระบายโอโซนออกจำนวน 2 ช่อง มีพัดลมระบายอากาศติดตั้งอยู่ด้านหลังของห้องเพื่อช่วยในการกระจายตัวของโอโซนให้คงที่และช่วยดูดโอโซนออกจากห้องดังแสดงในภาพที่ 4 สำหรับโครงสร้างจะเป็นเหล็กที่ถูกทาสี ป้องกันการ เกิดสนิมจากการกัดกร่อนของโอโซน และด้านในจะติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนชนิด PE สำหรับป้องกันความร้อนจากภายนอก ดังแสดงภาพที่ 5

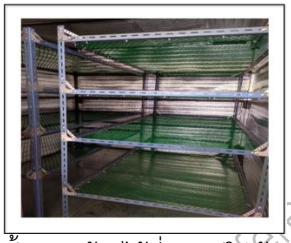


ภาพที่ 2 ออกแบบโครงสร้างห้องรมโอโซนและชั้นวางกล้วยไม้

ภาพที่ 3 ห้องรมโอโซนขนาด 15.625 ลูกบาศก์เมตรและแสดงตำแหน่งการจ่ายโอโซนเข้า



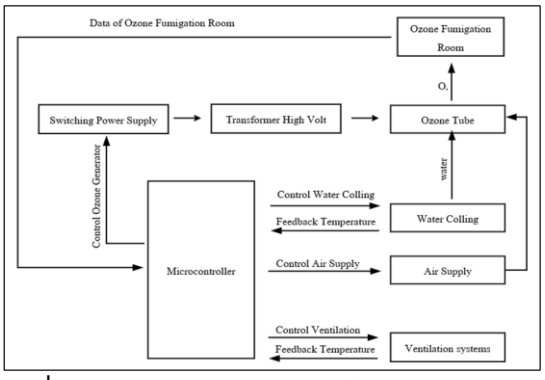
ภาพที่ 4 พัดลมสำหรับระบายอากาศ



ภาพที่ 5 ชั้นวางกล้วยไม้ที่วางอยู่ในห้องรมโอโซน

3.2 การออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานระบบผลิตโอโซน

การออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้จากนั้นจะสั่งให้ระบบผลิตอากาศ (Air supply) เริ่มทำงานเพื่อจ่ายอากาศไปที่ท่อผลิตโอโซนเมื่อในท่อผลิตโอโซนเกิดความร้อนขึ้นระบบหล่อเย็น (Water Colling) โดยจะนำค่าอุณภูมิและความชื้นมาแสดงในที่หน้าจอแสดงผลเพื่อนำไปเก็บบันทึกข้อมูลสำหรับการทดลอง แผนผังการทำงานดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานระบบ

4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 กรณีศึกษา

บทความนี้ศึกษาการสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ แบ่งออกเป็น 3 กรณีศึกษา ดังนี้

FTI & RMUTP ... Industrial Innovation and Management Conference 2025

กรณีที่ 1 : ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวองุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน

กรณีที่ 2 : ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวองุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน

กรณีที่ 3 : ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวองุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 17 วัน

4.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวองุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน

จากการสังเกตเป็นเวลา 3 วันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเก็บรักษาองุ่นเป็นเวลา 3 วัน

ที่	ประเภทการทดลอง	ภาพขององุ่น	ผลการสังเกตเห็น
1	องุ่นที่ไม่ผ่านโอโซนเก็บที่อุณหภูมิห้อง		สีองุ่นมีความสด ผิวขององุ่นมีความแห้ง ผิวเริ่มเหี่ยวย่น คิดเป็น 20 % ไม่เกิดเชื้อรา
2	องุ่นที่ไม่ผ่านโอโซนเก็บที่ตู้เย็น		ผิวองุ่นดูสด ผิวมีความตึงไม่นิ่มเหลว ไม่เกิดเชื้อรา
3	องุ่นที่ผ่านโอโซนในอากาศปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็น		ผิวองุ่นมีสีม่วงอมแดงมีสีที่สด ผิวมีความตึง ไม่เกิดเชื้อรา
4	องุ่นที่แช่โอโซนผสมน้ำปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็น		ผิวองุ่นมีสีม่วงเข้มมีสีที่สด ผิวมีความตึง ไม่เกิดเชื้อรา
5	องุ่นที่ผ่านโอโซนปริมาณ 0.375 g เก็บที่อุณหภูมิห้อง		ผิวองุ่นมีสีม่วงอมเขียว ผิวมีความตึง มีเชื้อราเกิดขึ้นคิดเป็น 2%
6	องุ่นที่แช่โอโซนผสมน้ำปริมาณ 0.375 g เก็บที่อุณหภูมิห้อง		องุ่นมีสีม่วงอมแดงสด ผิวมีความตึง ไม่เกิดเชื้อรา

ตารางที่ 1 ผลการเก็บรักษาองุ่นเป็นเวลา 3 วัน (ต่อ)

7	องุ่นที่ผ่านโอโซนปริมาณ 2,340 g เก็บที่ตู้เย็น		ผิวองุ่นมีสีม่วงออกสีแดงเข้ม ผิวองุ่นยังมีความตึงไม่เกิดเชื้อรา มีสีอ่อนบริเวณขั้ว
8	องุ่นที่แช่โอโซนผสมน้ำปริมาณ 2,340 g เก็บที่ตู้เย็น		ผิวองุ่นมีสีม่วงเข้ม ผิวองุ่นยังมีความตึงไม่เกิดเชื้อราแต่มีสีอ่อนบริเวณขั้ว

4.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวองุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน

จากการสังเกตเป็นเวลา 3 วันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเก็บรักษาองุ่นเป็นเวลา 7 วัน

ที่	ประเภทการทดลอง	ภาพขององุ่น	ผลการสังเกตเห็น
1	องุ่นที่ไม่ผ่านโอโซนเก็บที่อุณหภูมิห้อง		ผลองุ่นมีความแห้ง และเหี่ยวย่น เกิดการเน่าเสีย 80%
2	องุ่นที่ไม่ผ่านโอโซนเก็บที่ตู้เย็น		ผลองุ่นมีสีที่สด ผิวยังมีความตึง ผิวขององุ่นเริ่มมีความนิ่ม และเหี่ยวย่น 10%
3	องุ่นที่ผ่านโอโซนในอากาศปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็น		ผลองุ่นมีสีที่สด ผิวยังมีความตึง มีผิวขององุ่นที่เริ่มมีความเหี่ยวย่น 10%
4	องุ่นที่แช่โอโซนผสมน้ำปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็น		ผลองุ่นมีสีที่สด ผิวยังมีความตึง ผิวขององุ่นเริ่มมีความเหี่ยวย่น 20%
5	องุ่นที่ผ่านโอโซน ปริมาณ 0.375 g เก็บที่อุณหภูมิห้อง		ผลองุ่นมีสีที่อ่อน ผิวมีความนิ่ม ผิวขององุ่นเริ่มมีความเหี่ยวย่น 30%

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ตารางที่ 2 ผลการเก็บรักษาองุ่นเป็นเวลา 7 วัน (ต่อ)

ที่	ประเภทการทดลอง	ภาพขององุ่น	ผลการสังเกตเห็น
6	องุ่นที่แช่โอโซนผสมน้ำปริมาณ 0.375 g เก็บที่อุณหภูมิห้อง		ผลองุ่นมีสีเข้ม ผิวมีความนิ่ม เกิดเชื้อราขึ้นเป็นใยที่องุ่น 30%
7	องุ่นที่ผ่านโอโซนปริมาณ 2,340 g เก็บที่ตู้เย็น		ผิวองุ่นมีสีม่วงเข้ม ผิวองุ่นยังมีความตึง มีสีอ่อนบริเวณขั้ว
8	องุ่นที่แช่โอโซนผสมน้ำปริมาณ 2,340 g เก็บที่ตู้เย็น		องุ่นมีสีม่วงเข้ม มีสีอ่อนบริเวณขั้ว ผิวมีความตึง และแข็ง เกิดรอยบากบริเวณผิวขององุ่น 30%

4.4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 17 วัน

จากการสังเกตเป็นเวลา 17 วันดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเก็บรักษาองุ่นเป็นเวลา 17 วัน

ที่	ประเภทการทดลอง	ภาพขององุ่น	ผลการสังเกตเห็น
1	องุ่นที่ไม่โดนโอโซนเก็บที่ตู้เย็น		มีองุ่นที่เน่าเสีย 70% โดยมีการเน่าบริเวณขั้ว
2	องุ่นที่โดนโอโซนปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็น		มีองุ่นที่เน่าเสีย 30% โดยมีการเน่าบริเวณขั้วเป็นส่วนใหญ่มีส่วนน้อยที่เน่าบริเวณผล เกิดเชื้อรา ≈ 10%
3	องุ่นที่โดนโอโซนผสมน้ำ ปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็น		มีองุ่นที่เน่าเสีย 10% โดยมีการเน่าบริเวณขั้ว

5. สรุปผล (Conclusion)

บทความนี้นำเสนอการสร้างเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนด้วยหลักการโคโรน่าดิสชาร์จเพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ โดยใช้องุ่นไข่ปลาในการดำเนินการทดลอง 3 กรณีศึกษา กรณีที่ 1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน กรณีที่ 2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน กรณีที่ 3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอุ่นหลังจากเก็บรักษานาน 17 วัน พบว่าในการเก็บรักษาองุ่นที่ไม่โดนโอโซนเก็บที่ตู้เย็น ผลองุ่นเริ่มเหี่ยวและมีความนิ่ม มีการเน่า 70% องุ่นที่โดนโอโซนปริมาณ 0.75 g เก็บที่ตู้เย็นเริ่มมีความเหี่ยวย่นแต่ผิวยังตึงและยังมีสีที่สด มีองุ่นที่เน่าเสีย 30% โดยมีการเน่าบริเวณขั้วเป็นส่วนใหญ่มีส่วนน้อยที่เน่าบริเวณผล เกิดเชื้อรา 10% เริ่มมีเชื้อราเกิดขึ้นที่บริเวณขั้ว แบบที่แช่โอโซนผสมน้ำมีองุ่นที่เน่าเสีย 10% โดยมีการเน่าทั้งหมด ดังนั้นควรหาปริมาณความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดลอง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในการจัดทำบทความนี้ ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Jodpimai, S. Boonduang, and P. Limsuwan. Dielectric Barrier Discharge Ozone Generator Using Aluminum Granules Electrodes. Journnal of Electrostatics. 2015,74:108-114.

[2] R. G. Hollingsworth and J. W. Armstrong. Potential of temperature, controlled atmospheres, and ozone fumigation to control thrips and mealybugs on ornamental plants for export. Journal of Economic Entomology. 2005,98(2):289–298

[3] Ketkaew, S. (2549). Ozone Gas Generation Using High Voltage at High Frequency Electric Field.

FTI & RMUTP 14th International Conference on Industrial Innovation and Management (Conference 2025)

การศึกษาเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะ : กรณีศึกษาชิ้นส่วนเครื่องบิน
A Study on Time Reduction in the Manufacturing Process of Drill Guide Tools: A Case Study of Aircraft Components

กิตติพงษ์ คำมี[1], นพดล รุ่งรัศมี[1*],ชานนท์ มูลวรรณ[1], วีรญา กรทิพย์[1], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2] และ ยรรยง ศรีสม[1]
Kittipong Kummee[1], Napadol Rungratsami[1*], Chanon Moolwan[1], Weeraya Kornthip[1], Saharath Wongsrisa[2] and Yanyong Srisom[1]

[1*] โครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Work-Integrated Learning Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand
[2] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand
*Corresponding author: Kittipong Kummee,Napadol Rungratsami
e-mail address: bestkofc01@gmail.com, napadol.rtm2002@gmail.com

บทคัดย่อ: บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาการลดเวลาการผลิตการทำงานอุปกรณ์นำเจาะดอกสว่านขนาด 6.375 มิลลิเมตร โดยเปลี่ยนกระบวนการผลิตจากเครื่อง Wire Cut เป็นเครื่อง CNC Milling ด้วยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ Flow Process Chart และการกำหนดเวลามาตรฐาน พบว่าก่อนปรับปรุงการผลิตจุดที่ล่าช้าที่สุดอยู่ที่ขั้นตอนที่ 7 ของแผนก Wire Cut 1 จึงได้ปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักการ ECRS และเปลี่ยนการขึ้นรูปรูจาก Wire Cut เป็น CNC milling จากผลการทดลองสามารถลดเวลาการผลิตจาก 43.61 นาที เหลือเพียง 16.11 นาทีต่อชิ้น คิดเป็นการลดลงของเวลาในการผลิตถึง 63.1%
คำสำคัญ : เวลามาตรฐาน; กระบวนการผลิต; ลดเวลาการผลิต; ECRS

Abstract: The objective of this study is to reduce the production time in manufacturing a 6.375 millimeter drill guide by shifting the process from Wire Cut to CNC Milling. The production process was analyzed using a Flow Process Chart and standard time measurement. The analysis revealed that the major delay occurred at Step 7 in Wire Cut Department 1. To address this issue, the process was improved by applying the ECRS principle and replacing the hole machining method with CNC Milling. The experimental results show that production time was reduced from 43.61 minutes to 16.11 minutes per piece, representing a 63.1% reduction.
Keywords: Standard Time; Production Process; Production Time Reduction; ECRS

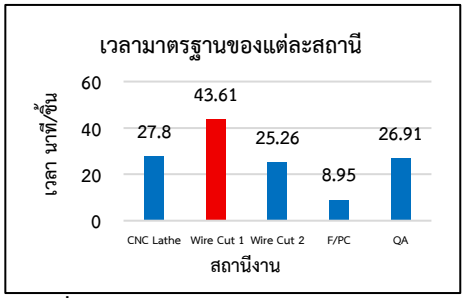
FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

การลดเวลากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน โดยเฉพาะในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องมือและชิ้นส่วนโลหะที่ต้องการความแม่นยำสูง กระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะดอกสว่านมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมอากาศยานการบินซึ่งต้องการการเจาะที่แม่นยำ การปรับปรุงกระบวนการผลิตนี้จะช่วยเพิ่มความแม่นยำ ลดเวลาในการผลิต และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาด การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์กระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะดอกสว่านในปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบหาวิธีการปรับปรุงที่สามารถลดเวลา ลดต้นทุน และยกระดับคุณภาพการผลิต เช่น การออกแบบกระบวนการใหม่ เพื่อให้การผลิตมีความยั่งยืนและสามารถแข่งขันได้ในระยะยาว หนึ่งในปัญหาหลักที่พบคือ ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตในสถานี Wire Cut1 ถึง 43.61 นาที กระบวนการเตรียมการและขั้นตอนต่างๆ ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความล่าช้าซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวม และลดความสามารถในการส่งมอบสินค้าให้ทันตามกำหนด การผลิตที่ช้าไม่เพียงแต่เพิ่มต้นทุนจากการใช้เวลามากเกินไป แต่ยังทำให้เกิดผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าและภาพลักษณ์ของบริษัท

ภาพที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์ผลิตอุปกรณ์นำเจาะ

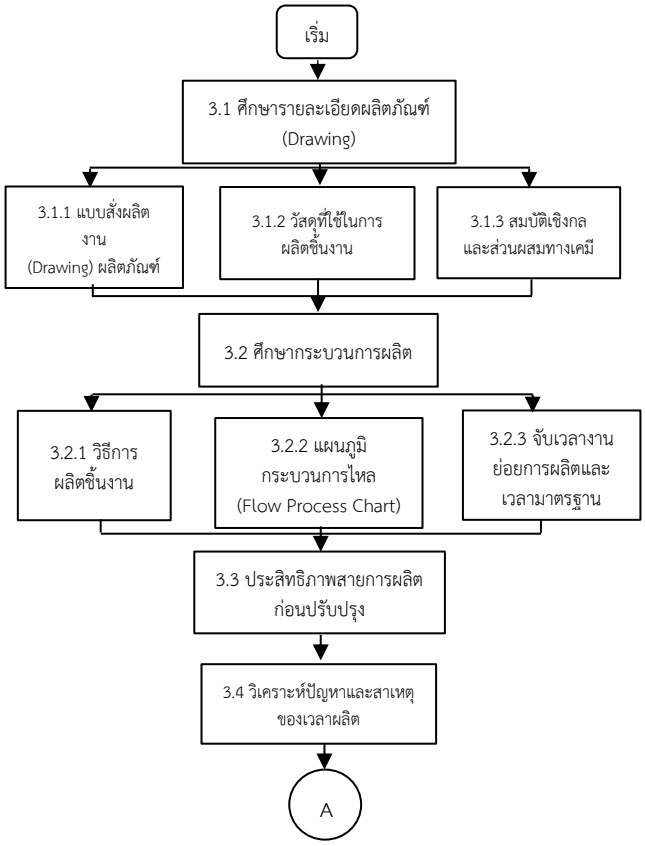
จากกระบวนการผลิตพบว่าใช้เวลารวมทั้งหมด 152.47 นาทีต่อหน่วย โดยสถานีงานที่ใช้รอบเวลามากที่สุดคือสถานีงาน Wire Cut 1 สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตคือขั้นตอนที่ 7 คือกระบวนการตัดขึ้นรูปรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.375 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องจักร Wire Cut1 โดยใช้รอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 28.68 นาที คิดเป็น 65.9% ของขั้นตอนงานย่อยในสถานีงาน และใช้รอบเวลาทั้งหมดในกระบวนการเท่ากับ 43.61 นาทีต่อชิ้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รอบเวลามาตรฐานในแต่ละสถานีงาน

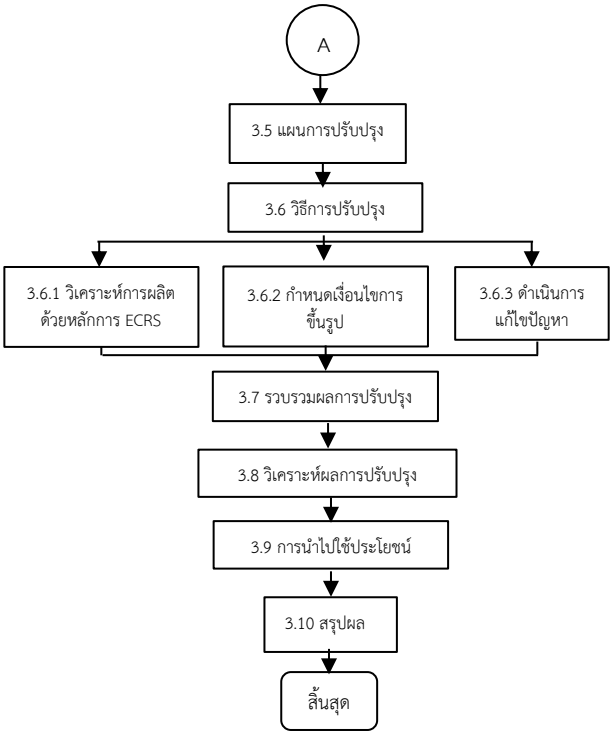
ขั้นตอนที่ 7 เป็นกระบวนการตัดขึ้นรูปรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.375 มิลลิเมตร ชิ้นงานแต่ละชิ้นใช้เงื่อนไขการตัดขึ้นรูป4รอบคือ E17 ไฟหยาบ E10ไฟกลาง E8 ไฟละเอียดกลาง E2 ไฟละเอียด ที่Seed 1.2 mm/min จำเป็นต้องทำการปรับปรุงวิธีการและเงื่อนไขในการผลิตใหม่ โดยใช้หลักการ ECRS และ การเปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิตและการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาในการผลิตปรับเงื่อนไขการผลิตใหม่จะส่งผลทำให้เวลาในกระบวนการผลิตลดลง ต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรลดลงงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน [1] การเก็บข้อมูลการศึกษางานด้วยแบบบันทึกขั้นตอนวิธีการทำงาน (Flow process chart) [2] การศึกษาเวลา (Time study) แบบฟอร์มการศึกษาเวลาและบันทึกการจับเวลา แบบฟอร์มการวิเคราะห์ และเทคนิคการปรับปรุงงานมาใช้เก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สายการผลิต เทคนิคการเปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิต [3] ดังนั้นโครงการนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อลดเวลาการผลิตอุปกรณ์นำเจาะในการผลิต โดยนำหลังการ ECRS มาใช้ในการวางแผนการผลิตและเทคนิคการเปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิตจากเครื่องจักร Wire Cut เป็น เครื่องจักร CNC milling

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 3 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินโครงการ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

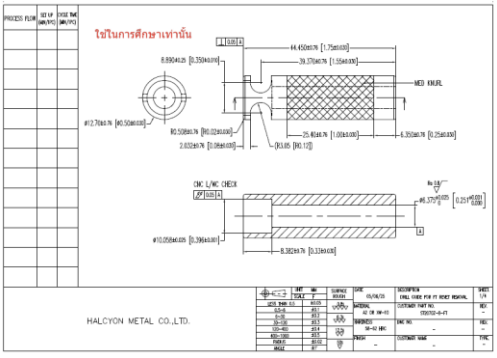


ภาพที่ 3 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินโครงการ (ต่อ)

2.1 ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์

2.1.1 แบบสั่งผลิตงาน (Drawing)

วิเคราะห์การตัดขึ้นรูปชิ้นงานของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุปกรณ์นำเจาะ เริ่มตั้งแต่รายละเอียดแบบสั่งผลิตวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานข้อมูลให้มีความเข้าใจก่อนทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยมีแบบสั่งผลิตที่ใช้ในการผลิต ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบสั่งผลิตชิ้นงาน

ศึกษารายละเอียดผลิตภัณฑ์ เพื่อการพิจารณาการใช้เครื่องจักร และจิ๊กจับยึดชิ้นงานให้เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน โดยโครงการนี้มีแนวทางในการปรับปรุงแผนการผลิตชิ้นงานอุปกรณ์นำเจาะดอกสว่าน มีรายละเอียด ดังภาพที่5

ภาพที่ 5 วิเคราะห์รายละเอียดผลิตภัณฑ์

2.1.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน

วัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือ เกรดมาตรฐาน AISI A2

ตารางที่ 1คุณสมบัติเชิงกลของ เหล็กกล้าเครื่องมือ เกรดมาตรฐาน AISI A2

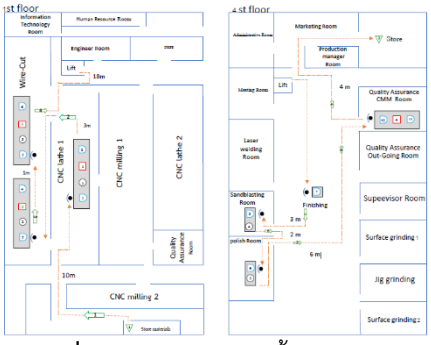
ความแข็ง (Hardness)	57-62 HRC
ความหนาแน่น (Density)	7.7 – 7.9 g/cm^3
ความต้านแรงดึง (Tensile Strength)	1550 – 1860 MPa
ความแข็งแรงคราก (Yield Strength)	1400 – 1600 MPa
การนำความร้อน	20–25 W/m·k
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (CTE)	10.5 ×10^{-6} /°C
ความต้านทานการสึกหรอ	ปานกลางถึงสูง

ตารางที่2 ส่วนผสมทางเคมี เหล็กกล้าเครื่องมือ เกรดมาตรฐาน AISI A2

ส่วนผสมทางเคมี	ปริมาณ (%) ส่วนผสมทางเคมี
C (Carbon)	0.95 – 1.05
Cr (Chromium)	4.75 – 5.50
Mo (Molybdenum)	0.90 – 1.40
Mn (Manganese)	0.60 – 1.00
V (Vanadium)	0.15 – 0.50
Si (Silicon)	0.50 – 1.00
Ni (Nickel)	≤ 0.30

2.2 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนก

2.2.1 วิธีการผลิตชิ้นงาน



ภาพที่ 6 แสดงวิธีการผลิตชิ้นงานในโรงงาน

FTI Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปฏิบัติงานเริ่มจากเวลา 07:00-16:00 น. และมี 5 สถานีงาน พนักงานรวมทั้งหมด 6 คน กระบวนการกลึงขึ้นรูป (CNC Lathe) กระบวนการตัดขึ้นรูปรู (Wire cut 1) กระบวนการตัดขึ้นรูป ร่องจับยึด (Wire cut 2) กระบวนการขัดทำความสะอาด (Finishing)กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Assurance)

2.2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process

ตารางที่ 3 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

☐คน ☑วัสดุ ☐เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผนที่ 1

ชื่อโรงงาน : HALCYON METAL co.ltd

กรรมวิธี : การผลิตจิ๊กนำเจาะดอกสว่าน

☑ปัจจุบัน ☐เสนอ

ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต

ผู้บันทึก : นาย กิตติพงษ์ คำมี

สรุป

สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	4		
เคลื่อนย้าย ⇨	4		
รอคอย D	5		
ตรวจสอบ □	1		
เก็บรักษา ▽	-		
ระยะทาง (เมตร)	15		
เวลา (วินาที)	2486		

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	ชิ้นงานถูกวางบนชิ้นรับงาน	156	1	60	○	
2	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้าย	156	5	60	⇨	
3	เปิดประตู	-	-	12	D	
4	ชิ้นงานถูกจับใส่อุปกรณ์จับงาน	2	-	58	□	
5	ชิ้นงานปรับตั้ง	2	-	60	□	สถานีงาน Wire-Cut 1
6	ปิดประตู	-	-	12	□	
7	ชิ้นงานถูกตัดขึ้นรูป	2	-	1721	□	
8	เปิดประตู	-	-	12	□	
9	ชิ้นงานถูกถอด ออกจากอุปกรณ์จับงาน	2	-	54	□	
10	ชิ้นงานถูกย้ายออกจากเครื่อง	2	1	25	□	
11	ชิ้นงานถูกตรวจสอบตามแบบสั่งผลิต	40	4	358	□	
12	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายลงถาด	156	1	26	□	
13	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	156	3	28	□	

สรุปขั้นตอนการตัดขึ้นรูปร่องคายเศษ มีทั้งหมด 13 ขั้นตอน ใช้เวลา 2486 วินาที

2.2.3 ศึกษาเวลามาตรฐาน

ตารางที่ 4 เวลามาตรฐานสายการผลิตก่อนปรับปรุง

สถานีงาน	รายละเอียดงาน	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเผื่อ (%)	เวลามาตรฐาน	
				นาที	ชั่วโมง
1	สถานีงานกลึง (CNC Lathe)	26.41	5%	27.8	0.46
2	สถานีงานตัด(Wire Cut) 1	41.43	5%	43.61	0.73
3	สถานีงานตัด(Wire Cut) 2	24.0	5%	25.26	0.42
4	สถานีงาน (Finishing)	8.5	5%	8.95	0.15
5	สถานีงานตรวจสอบชิ้นงาน (Quality Assurance)	25.57	5%	26.91	0.45
รวมเวลามาตรฐานสายการผลิต 152.47 นาที					

1) เวลาปกติสถานีงานที่ 2 = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100; ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ

= 41.43 x (100) / 100

= 41.43 นาที / ชิ้น

เวลารวมในสถานีงานตัดขึ้นรูป (Wire cut 1)

= 41.43 นาที / ชิ้น

2) การหาเวลามาตรฐานต่องาน 1 ชิ้น สถานีงานที่ 2 = (เวลาปกติ x 100%) / (100% - % เวลาเผื่อ)

= (41.37 x 100%) / (100% - 5%)

= 43.61 นาที / ชิ้น

2.2.4 ประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนปรับปรุง

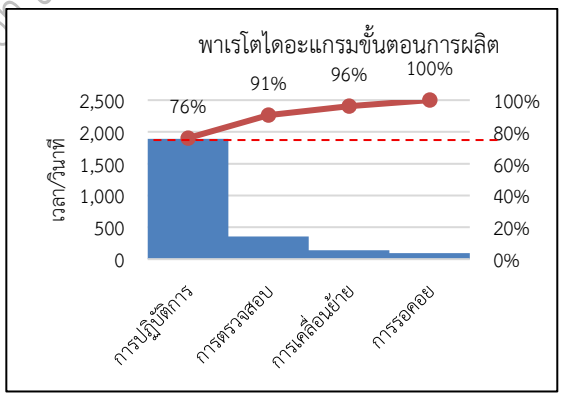
$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{ผลรวมของเวลามาตรฐานสายการผลิต})}{(\text{รอบเวลาการผลิต})\,(\text{จำนวนสถานี})} \text{X100} \quad \textbf{(1)}$$

$$= \frac{(132.53)}{(43.61)\,(5)} \text{X } 100$$

ประสิทธิภาพสายการผลิต (ปัจจุบัน) = 60.78%

2.3 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของเวลาผลิต

2.3.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

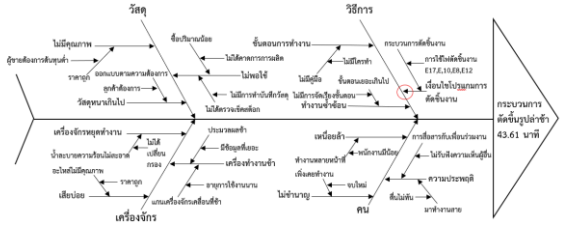


ภาพที่ 7 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโต แสดงเวลาของกระบวนการผลิตขึ้นรูปชิ้นงาน ผลิตอุปกรณ์นำเจาะ ในสถานีงานที่ 2 การตัดขึ้นรูปรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.375 (Wier Cut 1) ซึ่งแบ่งตามสัญลักษณ์เป็น การปฏิบัติงาน การจัดเก็บ การรอคอย การเคลื่อนย้ายและการตรวจสอบ กระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้คือ การปฏิบัติงาน ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 76.09 % ของสถานีงาน การปรับปรุงครั้งนี้ใช้หลักการ 80 : 20 ของการใช้ผังพาเรโตไดอะแกรมเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

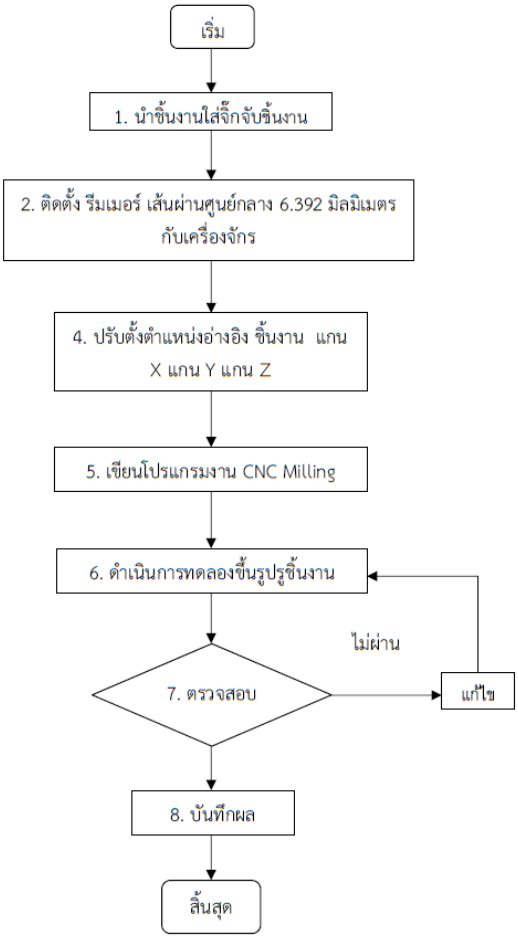
2.3.2 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)



ภาพที่ 8 ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

การวิเคราะห์ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) พบว่าสาเหตุเกิดจากเครื่องจักร โดยมีสาเหตุรองคือวิธีการ และมีสาเหตุย่อยที่เกิดจากการการตัดขึ้นรูปที่ใช้เงื่อนไขการตัด4รอบ คือ E17 ไฟหยาบ E10ไฟกลาง E8 ไฟละเอียดกลาง E2 ไฟละเอียด ที่ Seed 1.2 mm/min เคลื่อนที่ช้าในการตัดชิ้นงาน ซึ่งส่งผลให้กระบวนการตัดขึ้นรูปล่าช้า 28.68 นาที

2.4 กำหนดวิธีการปรับปรุง



ภาพที่ 9 แผนผังกำหนดวิธีการปรับปรุง

2.5 ดำเนินการปรับปรุง

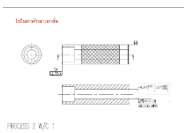
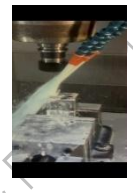
2.5.1 ใช้หลักการ ECRS เพื่อสร้างวิธีการผลิตใหม่

ตารางที่ 5 หลักการ ECRS สร้างวิธีการผลิตใหม่

ทำอะไร	ทำไมต้องทำ	มีอย่างอื่นทำได้ไหม
ทำรู ด้วยดอกรีมเมอร์ คาร์ไบด์ ใช้ดอกรีมเมอร์ คาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.329มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร เกรด K10 ความเร็วฟีด (Feed Rate) 132 mm โดยใช้รอบ 2650 RPM ใช้เวลาในการรีมเมอร์ 4.2 นาที/ชิ้น	เนื่องจาก เป็นการทำให้รูชิ้นงานให้ได้ตามแบบสั่งผลิต โดยจากเดิมจะใช้Wire Cutในการตัดขึ้นรูป เวลาในการขึ้นตัดรูป 43.61 นาที/ชิ้น	ได้ โดยการปรับลักษณะการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร CNC Lathe และเครื่องจักรที่มีการขึ้นรูปในรูปที่คล้ายกัน
ใครทำ	**ทำไมต้องคนนั้น**	**คนอื่นทำได้ไหม**
นาย จักรกริช แตงทอง อายุ 35 ปีอายุงาน 9 ปี ความชำนาญการใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี (MILLING)และทักษะการใช้เครื่องจักรอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก	เนื่องจากมีความชำนาญ การใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี (MILLING)และทักษะการใช้เครื่องจักรอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก	ได้แต่ต้องเป็นพนักงาน ในแผนก เป็นเครื่องจักรซีเอ็นซี(MILLING) ทั้งหมด

Innovation and Management Conference 2025

ตารางที่ 5 หลักการ ECRS สร้างวิธีการผลิตใหม่ (ต่อ)

ทำที่ไหน	ทำไมต้องทำที่นั้น	ทำที่อื่นได้ไหม
ที่แผนก CNC โดยใช้เป็นเครื่องจักรซีเอ็นซี(MILLING) ขึ้นรูปอัตโนมัติ ในขั้นตอนการการขึ้นรูปรูให้ได้ขนาด	เพราะเป็นเครื่องจักร 3 แกน ที่สามารถขึ้นรูปอัตโนมัติได้ เป็นการกำหนดไว้ให้ปรับปรุงสายการผลิตเพราะใช้เวลาในกระบวนการผลิตสูง	ได้ เพราะมีเครื่องจักรที่ขึ้นรูปที่คล้ายกัน
ทำเมื่อไหร่	**ทำไมต้องทำเวลานั้น/ขั้นตอนนั้น**	**ทำเวลา/ขั้นตอนอื่นได้ไหม**
นำชิ้นงานมารีมเมอร์ขึ้นรูปเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.375 ตามแบบสั่งผลิต 	เพื่อให้เป็นไปตามแบบสั่งผลิตของงานที่ได้ออกแบบไว้และสถานีงานอื่นก็สามารทำงานต่อไปได้จน เสร็จสิ้นกระบวนการ	ได้โดยใช้หลักการจัดใหม่ (Rearrange) ในการรีมเมอร์ขึ้นรูป ในสถานีที่ 1 โดยใช้เครื่องจักร (CNC Lathe)
ทำอย่างไร	**ทำไมต้องทำอย่างนั้น**	**ทำวิธีอื่นได้ไหม**
นำชิ้นงานมารีมเมอร์ขึ้นรูปตามแบบสั่งผลิต 	เพราะต้องทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกัน ไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้	ได้โดยใช้หลักการจัดใหม่ (Rearrange) ในการรีมเมอร์ขึ้นรูป ในสถานีที่ 1 โดยใช้เครื่องจักร (CNC Lathe)

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการทดลอง รีมเมอร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.392 มิลลิเมตร โดยมีเงื่อนไข Feed Rate 132 มิลลิเมตร/นาที Spindle หมุนด้วยความเร็วรอบ 2650 รอบ/นาที ความลึก 46 มิลลิเมตร ในการขึ้นรูปรูอุปกรณ์นำเจาะ เวลาจากเดิม 41.43 นาที เหลือ 15.3 นาทีต่อชิ้น

ตารางที่ 6 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลหลังปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิต (FROW PROCESS CHART)

☐คน ☐วัสดุ ☑เครื่องจักร

หมายเลข 001 แผนที่ 1

ชื่อโรงงาน : HALCYON METAL co.ltd

กรรมวิธี : การผลิตจิ๊กนำเจาะตอกสว่าน

☐ปัจจุบัน ☑เสนอ

ตำแหน่งที่ตั้ง : สายการผลิต

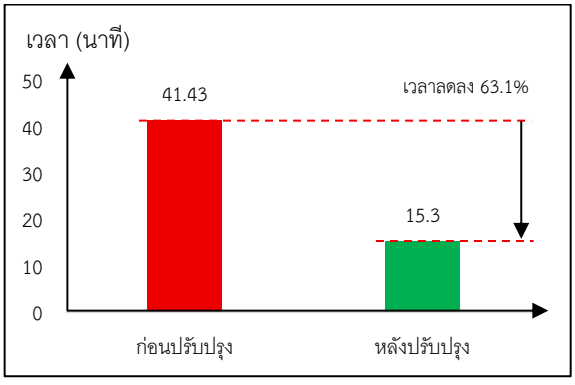
ผู้บันทึก : นาย นพดล รุ่งรัศมี

สรุป

สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	เสนอ	ลด
ปฏิบัติการ ○	3		
เคลื่อนย้าย ⇨	3		
รอคอย D	4		
ตรวจสอบ □	1		
เก็บรักษา ▽	-		
ระยะทาง (เมตร)	17		
เวลา (วินาที)	918		

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	
1	ชิ้นงานถูกวางบนชั้นวางงาน	10	1	20		
2	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้าย	2	1	30		
3	เปิดประตู	-	-	10		
4	จับยึดชิ้นงานกับจิ๊กรับชิ้นงาน	2	-	60		
5	ปิดประตู	-	-	10		
6	ขึ้นรูปชิ้นงาน	2	-	432		สถานีงาน CNC milling
7	เปิดประตู	-	-	10		
8	ชิ้นงานถูกออกจากจิ๊กจับงาน	-	-	40		
10	ชิ้นงานถูกตรวจสอบตามแบบสั่งผลิต	2	6	221		
11	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายลงถาด	2	1	25		
12	ชิ้นงานถูกเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป	200	8	60		

3.1 เปรียบเทียบเวลางานย่อยก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงเวลาก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 10 เปรียบเทียบเวลาเครื่องจักร Wier Cut 1 ก่อนและเครื่องจักรCNC milling หลังปรับปรุง เวลาการผลิตเดิม 41.43 นาทีต่อชิ้น ลดเหลือ 15.3 นาทีต่อชิ้นซึ่งสามารถลดลงได้ 63.1%

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innov... 2025

1) เวลาปกติสถานีงานที่ 2 = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100;
ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ

= 15.3 x (100) / 100

= 15.3 นาที / ชิ้น

เวลารวมในสถานีงานขึ้นรูปอัตโนมัติ (CNC milling)

= 15.3 นาที / ชิ้น

2) การหาเวลามาตรฐานต่องาน 1 ชิ้น สถานีงานที่ 2

= (เวลาปกติx100%) / (100% - %เวลาเผื่อ)

= (15.3 x 100%) / (100% - 5%)

= 16.11 นาที / ชิ้น

เวลามาตรฐานในสถานีงานขึ้นรูปอัตโนมัติ(CNC milling)

= 16.11 นาที/ ชิ้นหรือ = 966.6 วินาที

3.2 เวลาเฉลี่ยการผลิตหลังปรับปรุง

ตารางที่ 7 เวลามาตรฐานการผลิตหลังปรับปรุง

สถานีงาน	รายละเอียดงาน	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเผื่อ (%)	เวลามาตรฐาน	
				นาที	ชั่วโมง
1	สถานีงานกลึง (CNC Lathe)	26.41	5%	27.8	0.46
2	สถานีงานกัด CNC milling	15.3	5%	16.11	0.27
3	สถานีงานตัด(Wire Cut) 2	24.0	5%	25.26	0.42
4	สถานีงาน (Finishing)	8.5	5%	8.95	0.15
5	สถานีงาน ตรวจสอบชิ้นงาน (Quality Assurance)	25.57	5%	26.91	0.45
รวมเวลาเฉลี่ยสายการผลิต 105.03 นาที					

3.3 แผนภูมิการไหลของการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 8 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิการไหลของการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง

สัญลักษณ์	ความหมาย	เวลา(วินาที)		เวลาที่ลดลง	
		ก่อน	หลัง	เวลา (วินาที)	ร้อยละ (%)
○	ปฏิบัติการ	1893	532	1355	71.81%
⇨	เคลื่อนย้าย	139	115	24	17.27%
D	รอคอย	96	50	46	47.92%
□	ตรวจสอบ	358	221	137	38.27%
▽	เก็บรักษา	-	-	-	-
เวลาทั้งหมด		2486	918	1568	63.1%

4. อภิปรายผล (Discsussion)

จากการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะในชิ้นส่วนเครื่องบิน โดย การเปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิต [3] จากเดิมที่ใช้แผนก Wire Cut มาเป็นการใช้เครื่อง CNC milling และ ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS เพื่อปรับปรุงและเพิ่มผลิตภาพการผลิตกระบวนการผลิต [4,5] พบว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตนี้ส่งผลในเชิงบวกอย่างชัดเจนในด้านของประสิทธิภาพด้านเวลาก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ Wire Cut มีเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 43.61 นาที ต่อชิ้น แต่หลังจากเปลี่ยนมาใช้เครื่องจักรCNC milling เวลาผลิตลดลงเหลือ 16.11 นาที ต่อชิ้น คิดเป็นการลดลงของเวลาในการผลิตถึง 63.1% [6]

5. สรุปผล(Conclusion)

จากการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตอุปกรณ์นำเจาะในชิ้นส่วนเครื่องบิน โดยเปลี่ยนกระบวนการจากเดิมที่ใช้แผนก Wire Cut มาเป็นการใช้เครื่อง CNC milling แทน พบว่าการปรับเปลี่ยนดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านเวลาในการผลิตได้อย่างชัดเจนก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีเวลามาตรฐานเฉลี่ยอยู่ที่ 43.61 นาที ต่อชิ้นงาน แต่หลังจากปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่อง CNC milling เวลาในการผลิตลดลงเหลือ 16.11 นาที ต่อชิ้น คิดเป็นการลดลงของระยะเวลาในการผลิต 63.1% ต้นทุนค่าเดินเครื่องจักรจากเดิม 654.15 บาทต่อชิ้น สามารถลดลงเหลือ 168.3 บาทต่อชิ้น คิดเป็นลดลงของต้นทุนค่าเดินเครื่องจักร 72.9% และประสิทธิภาพการผลิต ก่อนปรับปรุง 60.78% ประสิทธิภาพการผลิต หลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 75.56% ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเลือกใช้กระบวนการผลิตที่เหมาะสมสามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตในส่วนอื่น ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กรได้ในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการมหาวิทยลัยในสถานประกอบการ ภาควิชาวิศวกรรมอตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาการทำงานวิจัย และขอขอบคุณ บริษัท แฮลเซี่ยน เมทอล จำกัด ตลอดทั้ง ผู้จัดการ หัวหน้างาน ที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วันชัย วิจิรวณิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. 2550.

[2] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. การศึกษางานอุตสาหกรรม. (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย; 2552.

[3] มงคล กิตติญาณขจร, มณีมณฑ์ วงหาจัก, มัทนาสุ สมบูรณ์. การประยุกต์ใช้เทคนิค การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว และ ECRS เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตหัวเชื้อเครื่องดื่มชนิดผง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2020;27(1):1-11

[4] อรรถชัย ชาญศิลป์. การปรับปรุงกระบวนการผลิตคัตติ้งทูลความเที่ยงตรงสูง. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต. 2565.

[5] ศุภฤกษ์ กลิ่นหม่น. การปรับปรุงโดยการใช้หลักการ ECRS. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2568 จาก: https://www.gotoknow.org/posts/541165.

[6] ประเสริฐ อัครประถมพงษ์. การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม; 2552.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

ผลกระทบของกระบวนการทอร์รีแฟคชันต่อการเกิดความร้อนด้วยตัวเองของสนที่ผ่านกระบวนการทอร์รีแฟคชัน

Effect of torrefaction process on self-heating of torrefied pine

ฐณพล เวียงทอง

Thanaphon Wiangthong[1*]

[1*] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1*] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District, Bangkok 10800, Thailand

[*]Coressponding author: Thanaphon Wiangthong, e-mail address: thanaphon.w@rmutp.ac.th

Abstract: This study investigates the effects of temperature and torrefaction severity on the self-heating behavior of torrefied pine. It aims to explain how these factors influence self-heating phenomena during the torrefaction process. The findings reveal that at a cooling temperature of 60 °C, mass stability was maintained during air oxidation for both 10% and 30% mass loss, indicating minimal oxidation activity. At 120 °C, a slight mass increase was observed, attributed to oxygen chemisorption. In contrast, at 180 °C, an initial mass increase was followed by a significant decline due to the decomposition of oxygen surface complexes and direct carbon oxidation. These results indicate that higher cooling temperatures enhance the likelihood of self-heating, suggesting that cooling temperatures should remain below 120 °C to mitigate this risk. Additionally, the study highlights that torrefaction severity impacts self-heating susceptibility. Higher torrefaction temperatures increase the tendency for oxidation reactions, making the biomass more prone to self-heating. This research underscores the complex interplay between temperature, torrefaction severity, and self-heating behavior, providing insights for safer handling and processing of torrefied biomass.

Keywords: Torrefaction; Self-heating; Air oxidation; Cooling temperature; Pine

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. Introduction

The utilization of biomass as a renewable energy source is on the rise in Thailand, with the Thai government promoting the bio-circular-green (BCG) economic model. The BCG model capitalizes on the country's strengths in biological diversity and cultural wealth while leveraging technology and innovation to transform Thailand into an economy centered on value and driven by innovation. This BCG model is implemented with a focus on promoting four key industries. Particularly in the bioenergy, biomaterials, and biochemistry sector, this sector holds significant growth potential due to the government's policy aimed at making renewable energies represent 30% of the total final energy consumption by 2036.

However, certain properties of biomass still fall below those of fossil fuels. The high moisture content of biomass is one of the main drawbacks, resulting in low energy density, low bulk density, and a low calorific value. Therefore, biomass requires a pretreatment process to overcome these issues and achieve higher energy densities than fossil fuels. Torrefaction is one of the pretreatment methods used to enhance the properties of biomass.

Torrefaction is carried out within a temperature range of 200 to 300°C under an inert atmosphere [1]. After torrefaction, the biomass acquires new energy, mechanical, and physico-chemical properties, such as higher energy density, hydrophobicity, increased friability, and more.

Cooling, a critical step in any thermal treatment, involves bringing the torrefied biomass to a temperature below 200°C before releasing it into the air, as 200°C is considered the ignition temperature of wood [2]. After cooling, self-heating can occur, leading to spontaneous combustion of the torrefied biomass.

This risk of self-ignition is encountered during the production, storage, and transportation of torrefied biomass. Although limited regarding torrefied biomass, the literature has shown that this process increases the susceptibility to self-heating in torrefied products compared to untreated biomass [3], [4].

Spontaneous combustion is a thermal runaway caused by the self-heating of materials, leading to a transition from a slow internal exothermic reaction to rapid oxidation without an external heat source, such as a spark or flame. Self-heating is part of the spontaneous combustion process that occurs before the material ignites. It results from an imbalance between the heat generated by the internal exothermic reaction and the heat dissipated into the environment. The heat source for self-heating is classified into three phenomena: biological reaction, chemical oxidation, and physical reactions like hydro-thermal migration of moisture [5]. These three processes can occur independently or in combination. This study focuses on the heat generated by chemical.

Chemical oxidation, also known as low-temperature oxidation (below 200°C), is the main source of heat for the self-heating of carbonaceous materials. Low-temperature oxidation involves an interaction between the cellulosic components and oxygen molecules, resulting in an exothermic reaction that generates heat. This reaction takes place on the surface of the materials. It produces carbon dioxide (CO2), carbon monoxide (CO), methane (CH4), and aldehydes [6].

The objective of this study is to examine the impact of temperature on the chemical oxidation of

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

torrefied pine, which is the main cause for self-heating. The aim is to gain a deeper understanding of this process and, furthermore, to implement measures that can prevent self-heating and spontaneous combustion while storing torrefied biomass.

2. Research Methodology

This study was conducted in three main steps.

2.1 Preparation of Pine Samples

Pine biomass was first ground using a ball mill (Retsch PM100) to obtain fine particles. The resulting material was then sieved to collect fractions smaller than 100 µm. These finely ground particles were subsequently used in the torrefaction process and in the chemical oxidation experiments.

2.2 Torrefaction and Chemical Oxidation Experiments

The experimental procedures were designed to investigate isothermal oxidation behavior related to self-heating and spontaneous combustion under dry air conditions (Figure 1).

Torrefaction: Pine biomass was subjected to torrefaction at 280 °C until two target mass loss levels were achieved: 10% and 30%.

TGA/DSC Setup: Torrefaction was performed using a TGA/DSC 1 (Mettler-Toledo) instrument, with nitrogen flowing continuously at 50 ml/min to prevent combustion.

Cooling: After torrefaction, the samples were cooled to predetermined temperatures (60 °C, 120 °C, or 180 °C) at a rate of 20 °C/min until stabilization.

Isothermal Analysis: The stabilized, torrefied biomass was then exposed to dry air at the selected cooling temperature (60 °C, 120 °C, or 180 °C). Heat release and mass change during oxidation were monitored and recorded.

These procedures enabled the systematic investigation of heat generation associated with self-heating and spontaneous combustion. Each condition was tested in triplicate for reliability.

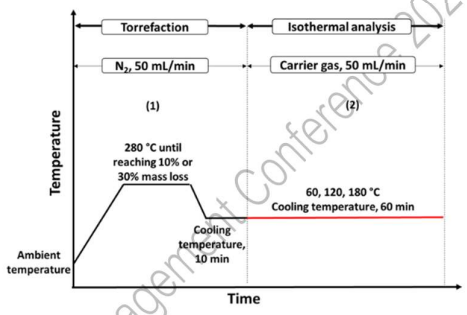


Figure 1 Isothermal analysis procedure using TGA/DSC

2.3 Data Analysis

Following the experiments, the collected data were analyzed to evaluate the influence of cooling temperature and torrefaction severity on the chemical oxidation of torrefied pine. The analysis focused on identifying the heat sources responsible for self-heating.

The findings provide insights into how different levels of mass loss and cooling temperatures affect self-heating and spontaneous combustion. This knowledge contributes to developing preventive measures against biomass-related fire hazards.

3. Results

This study examines the impact of temperature on the self-heating of torrefied pine and the influence of torrefaction severity on self-heating, aiming to understand how the torrefaction process affects self-heating behaviour.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

3.1 Effect of temperature on self-heating of torrefied pine

Hotová et al. [7] proposed that the carbon oxidation process involves three interactions between the solid (C or CO_x) and oxygen: (i) oxygen chemisorption, which forms oxygen surface complexes (CO_x) (reaction 1), (ii) the breakdown of these oxygen surface complexes (reaction 2), and (iii) oxidation or direct burn-off, leading to CO_2 release.

reaction 1

$$C + \left(\frac{x}{2}\right) O_2 \longrightarrow CO_x + \text{HEAT}$$

reaction 2

$$CO_x + \left(\frac{2-x}{2}\right) O_2 \longrightarrow CO_2 + \text{HEAT}$$

reaction 3

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + \text{HEAT}$$

Figure 2 and 3 presents various mass trends produced by torrefied pine at different cooling temperatures when the gas stream was switched from nitrogen to dry air for 10% and 30% mass loss respectively.

For torrefied pine cooled at 60 °C, the mass remained stable during air oxidation for both 10% and 30% mass loss. This suggests that, if any oxidation mechanisms were present, they occurred at a very slow rate. Oxygen-carbon interactions are typically minimal at ambient temperatures and may take several days to months to initiate self-heating or spontaneous combustion.

At a cooling temperature of 120 °C, a slight increase in mass was observed at the end of the dry air exposure for both 10% and 30% mass loss. This mass increase resulted from the oxygen chemisorption reaction, which led to the formation of oxygen surface complexes.

At 180 °C, the sample's mass initially increased upon exposure to dry air, followed by a sharp decline. Early in the exposure, the oxygen chemisorption reaction (reaction 1) was still active. However, the subsequent mass decrease was due to the decomposition of the oxygen surface complexes (reaction 2) and direct burn-off (reaction 3), which became the dominant processes, causing the downward mass trend.

In conclusion, higher cooling temperatures increase the likelihood of self-heating. To prevent self-heating, the cooling temperature should be kept below 120 °C.

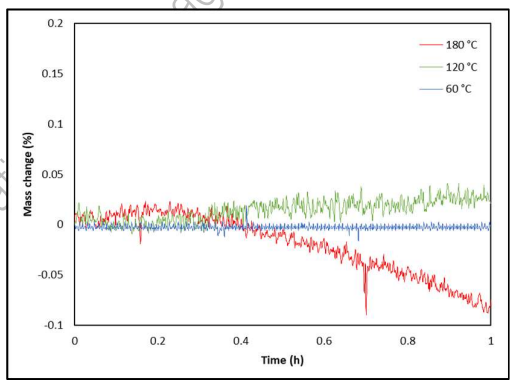


Figure 2 Mass change during chemical oxidation process of torrefied pine with 10 % mass loss

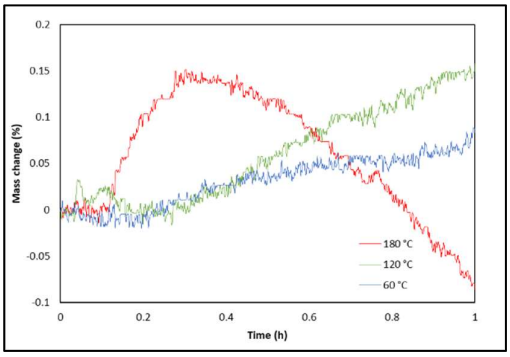


Figure 3 Mass change during chemical oxidation process of torrefied pine with 30 % mass loss

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation Management Conference 2025

4.2 Effect of torrefaction severity on self-heating

Rousset et al. [8] investigated the self-ignition of biochar treated at 500 ℃ and found that its mass increased rapidly after exposure to dry air at 60 ℃, accompanied by heat generation. This finding suggests that the severity of thermal treatment influences the likelihood of self-heating. Candelier et al. [9] noted that the more wood is thermally degraded, the more susceptible it becomes to oxidation reactions. This implies that biochar treated at higher temperatures is more prone to air oxidation than torrefied biomass.

Figures 4, 5 and 6 compare the mass trends of torrefied pine with 10% and 30% mass loss when the gas stream was switched from nitrogen to dry air at cooling temperatures of 60 ℃, 120 ℃, and 180 ℃, respectively.

At 60 ℃, the mass remained stable during air oxidation for both 10% and 30% mass loss. However, a slight mass increase was observed for the 30% mass loss. At 120 ℃, a slight mass increase occurred toward the end of the dry air exposure for both 10% and 30% mass loss, with the mass increase for 30% being greater than that for 10%, similar to the pattern at 60 ℃. At 180 ℃, the mass initially increased upon exposure to dry air, followed by a sharp decline for both 10% and 30% mass loss. However, the initial mass increase for 30% was higher than that for 10%, confirming that the more severe the torrefaction, the more sensitive the torrefied pine becomes to oxidation reactions, increasing the risk of self-heating.

Low-temperature oxidation of coal typically progresses through three stages: (i) slow oxidation, (ii) a transition stage, and (iii) rapid oxidation. Slow oxidation occurs at temperatures below 65 ℃. The transition stage, involving oxygen chemisorption (reaction 1), takes place during the early phase of coal oxidation (65 ℃ – 80 ℃). At temperatures above 80 ℃, the rapid oxidation stage, referred to as direct burn-off (reaction 3), dominates [10], [11]. In the current study, the slow oxidation stage was clearly evident at 60 ℃, where air oxidation reactions were very slow. The transition stage occurred at 120 ℃, indicated by the mass increase and heat generation due to oxygen chemisorption. The rapid oxidation stage was observed at 180 ℃, with mass decrease and significant heat generation resulting from the three carbon oxidation reactions [12].

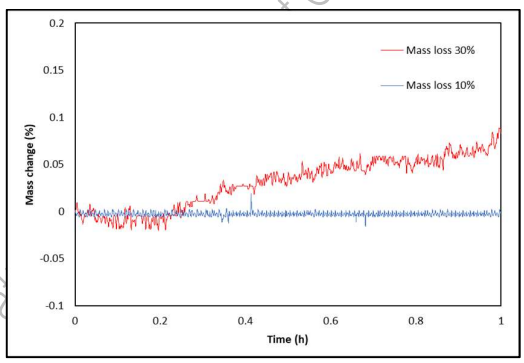


Figure 4 Mass change during chemical oxidation process of torrefied pine at 60 ℃ cooling temperature

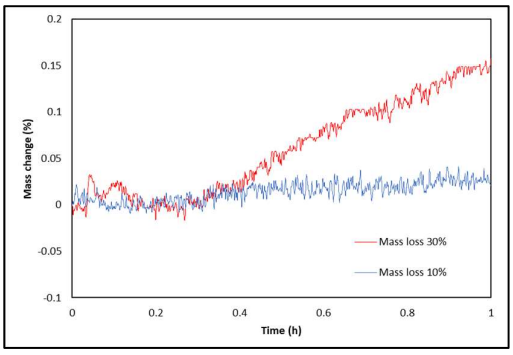


Figure 5 Mass change during chemical oxidation process of torrefied pine at 120 ℃ cooling temperature

FTI & RMUTP 4th Sustainable Industrial Innovation Conference 2025

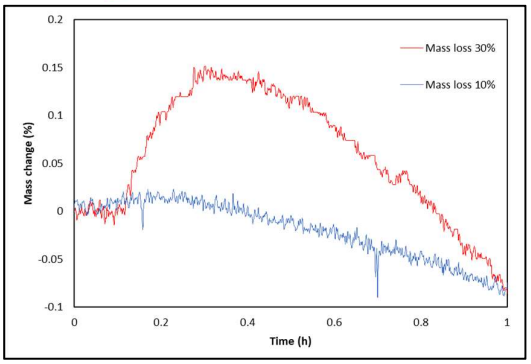


Figure 6 Mass change during chemical oxidation process of torrefied pine at 180 ℃ cooling temperature

4. Discussion

This study demonstrated that both cooling temperature and torrefaction severity strongly influence the self-heating behavior of torrefied pine. The findings are discussed below.

4.1 Effect of Temperature on Self-Heating

At 60 ℃, the mass of torrefied pine remained stable under dry air, indicating very slow oxidation. This agrees with the low-temperature oxidation theory of solid fuels, which states that oxidation below 65 ℃ progresses very slowly and poses little immediate hazard [10,11]. The absence of mass loss suggests that oxygen–carbon chemisorption was minimal, confirming that cooling below this threshold effectively prevents self-heating.

At 120 ℃, a slight mass increase was observed, likely due to oxygen chemisorption (reaction 1). This behavior corresponds with earlier studies by Hotová et al. [7] and with coal oxidation research, which report pronounced oxygen uptake and surface complex formation in the 65–80 ℃ range. While this process does not directly reduce mass, it accumulates heat that can promote self-heating during storage.

At 180 ℃, mass initially increased but then decreased sharply. The initial phase reflects oxygen chemisorption, whereas the subsequent decline is linked to decomposition of surface complexes (reaction 2) and direct burn-off (reaction 3). These processes released significant heat and mass loss, consistent with Rousset et al. [8], who found that elevated temperatures accelerate oxidation and may trigger self-ignition.

Overall, the results show that higher cooling temperatures increase the risk of self-heating. Maintaining torrefied biomass below 120 ℃ is therefore critical for safe storage..

4.2 Effect of Torrefaction Severity on Self-Heating

Increasing torrefaction severity (30% mass loss compared with 10%) intensified the response to oxygen at all cooling temperatures. At 60 ℃ and 120 ℃, samples with 30% mass loss exhibited greater mass increases than those with 10%, while at 180 ℃ the initial mass increase followed by rapid decline was also more pronounced. These observations support Candelier et al. [9], who reported that thermally degraded wood becomes more susceptible to oxidation.

The behavior of severely torrefied pine resembles that of high-temperature biochar, which progresses quickly into rapid oxidation. This can be explained by the removal of volatile matter and alteration of oxygen-containing structures, which expose more reactive sites for oxygen uptake. Consequently, biomass subjected to harsher torrefaction is at a greater risk of self-heating.

Table 1 Effect of cooling temperature and torrefaction severity on self-heating tendency and risk level

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

Cooling Temperature (°C)	Mass Loss (%)	Self-Heating Tendency	Risk Level
60	10	Stable mass, minimal oxidation	Low
60	30	Slight mass increase (oxygen uptake)	Low–Moderate
120	10	Slight mass increase (chemisorption, heat accumulation)	Moderate
120	30	Greater mass increase, stronger oxygen uptake	Moderate–High
180	10	Initial mass increase, followed by sharp decline	High
180	30	Pronounced mass increase, then rapid decline	Very High

The summary in Table 1 highlights the combined effect of cooling temperature and torrefaction severity on self-heating risk. At 60 °C, oxidation was minimal and risk remained low, whereas at 120 °C oxygen chemisorption led to heat accumulation, especially in samples with 30% mass loss, resulting in a moderate to high risk. At 180 °C, both lightly and severely torrefied samples progressed quickly from oxygen uptake to decomposition and burn-off, producing significant heat release and a very high risk of self-heating. This classification provides a clear link between laboratory observations and practical safety considerations.

From an industrial perspective, the results emphasize that torrefied biomass should be cooled below 120 °C before exposure to air, since higher temperatures promote heat build-up and self-heating. Effective cooling systems, such as rapid inert-gas or controlled air cooling, are therefore essential in production facilities. In storage, severely torrefied material requires stricter precautions, including good ventilation, limited pile size, and regular monitoring to prevent localized hot spots. Maintaining storage environments at low temperatures and minimizing oxygen exposure further reduces the likelihood of spontaneous combustion.

Overall, the table not only summarizes the experimental outcomes but also provides a framework for safe handling. By aligning cooling strategies and storage protocols with the identified risk levels, industries can minimize the danger of self-heating and ensure safer large-scale use of torrefied biomass.

5. Conclusion

This study examined how temperature and torrefaction severity affect the self-heating of torrefied pine. At 60 °C, oxidation was minimal and mass remained stable, while at 120 °C slight mass gains indicated oxygen chemisorption and surface complex formation. At 180 °C, mass first increased then declined sharply due to decomposition and direct burn-off, producing significant heat and mass loss.

Torrefaction severity further amplified these effects. Samples with 30% mass loss showed greater sensitivity to oxidation than those with 10%, particularly at higher temperatures. These findings align with the recognized stages of coal oxidation—slow, transition, and rapid oxidation—demonstrating similar pathways in torrefied

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

biomass.

Overall, higher cooling temperatures and greater torrefaction severity markedly increase self-heating risk, highlighting the importance of strict control over cooling and treatment conditions to ensure safe biomass storage

6. Acknowledgement

The researcher would like to express sincere gratitude to the Research Fund of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon for providing financial support for this study

7. Reference

[1] Moya R, Rodríguez-Zúñiga A, Puente-Urbina A, Gaitán-Álvarez J. Study of light, middle and severe torrefaction and effects of extractives and chemical compositions on torrefaction process by thermogravimetric analysis in five fast-growing plantations of Costa Rica. Energy. 2018;149:1-10.

[2] Ribeiro JMC, Godina R, de O. Matias JC, Nunes LJR. Future perspectives of biomass torrefaction: Review of the current state-of-the-art and research development. Sustainability. 2018;10(7).

[3] Speight JG. Handbook of industrial hydrocarbon processes. 1st ed. Amsterdam: Elsevier/GPP; 2011.

[4] Krigstin S, Wetzel S, Kitzler H, Bernier P, Sidders D. Comparative analysis of bark and woodchip biomass piles for enhancing predictability of self-heating. Fuel. 2019;242:699-709.

[5] Larsson I, Lönnermark A, Blomqvist P, Persson H. Measurement of self-heating potential of biomass pellets with isothermal calorimetry. Fire Mater. 2017;41(8):1007-15.

[6] Wang H, Dlugogorski BZ, Kennedy EM. Coal oxidation at low temperatures: Oxygen consumption, oxidation products, reaction mechanism and kinetic modelling. Prog Energy Combust Sci. 2003;29(6):487-513.

[7] Hotová G, Slovák V. Optimization of oxygen chemisorption on the carbon surface based on kinetic analysis of isothermal thermogravimetry. Thermochim Acta. 2018;666:82-90.

[8] Rousset P, Mondher B, Candellier K, Volle G, Dibdiakova J, Humbert G. Comparing four bio-reducers self-ignition propensity by applying heat-based methods derived from coal. Thermochim Acta. 2017;655:13-20.

[9] Candelier K, Dibdiakova J, Volle G, Rousset P. Study on chemical oxidation of heat treated lignocellulosic biomass under oxygen exposure by STA-DSC-FTIR analysis. Thermochim Acta. 2016;644:33-42.

[10] Su H, Zhou F, Li J, Qi H. Effects of oxygen supply on low-temperature oxidation of coal: A case study of Jurassic coal in Yima, China. Fuel. 2017;202:446-54.

[11] Qi G, Wang D, Zheng K, Xu J, Qi X, Zhong X. Kinetics characteristics of coal low-temperature oxidation in oxygen-depleted air. J Loss Prev Process Ind. 2015;35:224-31.

[12] Hotová G, Slovák V, Soares OSGP, Figueiredo JL, Pereira MFR. Oxygen surface groups analysis of carbonaceous samples pyrolysed at low temperature. Carbon. 2018;134:255-63. doi:10.1016/j.carbon.2018.03.067.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

การปรับปรุงเครื่องกลึงอัตโนมัติควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนความเที่ยงตรงสูง

Improvement of Computer Numerical Control (CNC) Lathes for Use in High-Precision Component Manufacturing Industries.

จักรพงษ์ บังสูงเนิน[1*],ชานนท์ มูลวรรณ[1],วีรญา กรทิพย์[1],สหรัตน์ วงศ์ศรีษะ[2],นนทพร มูลวรรณ[3] และสรรเสริญ ภู่ไพบูรณ์[4]

Jakkaphong Bangsunnoen[1],Chanon Moonwan[1],Weeraya Kontip[1],Saharat Wongsrisa[2], Nontaporn Moolwan[3] and Sansern Phupaiboon [4*]

[1] โครงการมหาวิทยาลัยในสถานประกอบการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 60 ถ. ร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[3] บริษัท สยาม เด็นโซ่ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัดอมตะ ซิตี้ ชลบุรี 700/618 หมู่ 4 ถ.บางนา-ตราด กม.57 ต.บ้านเก่า อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160

[4] บริษัท ซีเอ็นซี เซลล์ แอนด์ เซอร์วิส(2002) จำกัด 446, หมู่ 2, แพรกษาใหม่, เมือง, สมุทรปราการ 10280

[1] University-Industry Cooperative Education Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 60 Romklao Road, Min Buri Subdistrict, Min Buri District, Bangkok 10510, Thailand

[2] Department of Industrial Management Engineering for Sustainability, Faculty of Engineering,Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,1381 Pracharat 1 Road, Bang Sue District,Bangkok 10800, Thailand

[3] Siam Denso Manufacturing Co., Ltd. (Amata City Chonburi)700/618 Moo 4, Bangna-Trad Road, Km. 57,Ban Kao Subdistrict, Phan Thong District,Chonburi 20160, Thailand

[4] CNC SALE AND SERVICE (2002) COMPANY LIMITED446, Moo 2, Phraeksa Mai, Mueang, Samut Prakan 10280, Thailand

*Corresponding author: Jakkaphong Bangsungnoen e-mail address: flukcom0611429724@gmail.com

บทคัดย่อ: โครงการนี้นำเสนอการโอเวอร์ฮอล(Overhaul) ชุดแกนบอลสกรูของเครื่องจักร CNC Lathe TAKISAWA รุ่น FS-21T ปัญหาเกิดจากการควบคุมขนาดของชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำหนดขนาดไว้เท่ากับ 20.140 ± 0.005 มิลลิเมตร จากการกลึงวัดขนาดได้ 17.977 มิลลิเมตร การตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่าแกนบอลสกรูแกน Z สึกหรอ ค่าความเที่ยงตรงมาตรฐานของแกนเท่ากับ 0.001 ± 0.002 มิลลิเมตร การแก้ไขโดยทำโอเวอร์ฮอลชุดแกนบอลสกรูใช้หลักการวิศวกรรมความแม่นยำและการบำรุงรักษา ผลการแก้ไขวัดค่าความเที่ยงตรงได้ตามกำหนดคือ 20.140 ± 0.005 มิลลิเมตร และได้จัดทำแผนการตรวจสอบแกนบอลสกรู รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี

คำสำคัญ: โอเวอร์ฮอล ; บอลสกรู ; เครื่อง CNC Lathe ; วิศวกรรมความแม่นยำ ; การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Abstract This project presents the overhaul of the Z-axis ball screw assembly of the CNC Lathe TAKISAWA FS-21T to resolve dimensional inaccuracy, where the workpiece measured 17.977 mm instead of the specified 20.140 ± 0.005 mm due to wear. The overhaul, based on precision engineering and maintenance principles, successfully restored the accuracy to specification, and a regular inspection plan was established for sustained performance

Keywords: Overhaul ; Ball Screw ; CNC Lathe Machine ; Precision Engineering ; Preventive Maintenance

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

1. บทนำ (Introduction)

บริบริษัท CNC SALE AND SERVICE (2002) ได้รับแจ้งปัญหาเครื่องกลึงอัตโนมัติ TAKISAWA FS21T-T20 ไม่สามารถควบคุมขนาดงานแกน Z ตามมาตรฐาน ±0.002 µm โดยตรวจพบความคลาดเคลื่อนสูงถึง -0.080 µm ทีมวิศวกรตรวจสอบพบสาเหตุจากความหลวมของบอลสกรูแกน Z ทำให้การเคลื่อนที่ไม่แม่นยำ ทีมงานได้วิเคราะห์และจัดทำแผนซ่อมบำรุงเพื่อแก้ไขปัญหา ฟื้นฟูสมรรถนะและความเที่ยงตรงของแกน Z ให้กลับสู่มาตรฐาน 0.002 มิลลิเมตร ผลลัพธ์ช่วยเพิ่มคุณภาพ ลดงานเสีย ยืดอายุการใช้งานเครื่องจักร ตามภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แกนบอลสกรูแกน Z ก่อนปรับปรุง [1]

ภาพที่ 1 แสดงถึงการตรวจสอบโดยทีมวิศวกรของบริษัท CNC SALE AND SERVICE (2002) พบว่าความคลาดเคลื่อนในแกน Z มีค่าอยู่ระหว่าง 0.080–0.090 µm ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ลูกค้ารายงาน สาเหตุสำคัญของปัญหานี้มาจากความหลวมของบอลสกรูแกน Z ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไม่แม่นยำ ส่งผลให้เครื่องจักรไม่สามารถควบคุมขนาดชิ้นงานได้ตามที่กำหนด

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบสถานะของแกนบอลสกรู

ลำดับ	รายละเอียด	ผลการตรวจสอบ
1	แกนบอลสกรู	ชำรุด
2	เม็ดลูกปืนกลม	ชำรุด
3	แบริ่ง	ชำรุด
ผลการตรวจสอบโดยรวมของชิ้นส่วนอะไหล่บอลสกรู		ไม่สามารถใช้งานได้

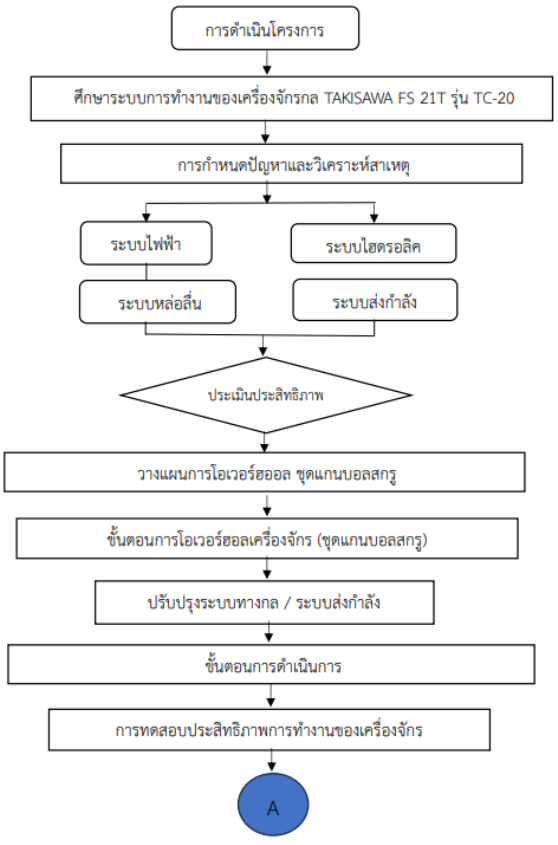
จากตารางที่ 1 แสดงถึงวัตถุประสงค์เพื่อฟื้นฟูสมรรถนะของเครื่องจักร CNC ให้กลับมามีความแม่นยำในการผลิตชิ้นงาน ลดความคลาดเคลื่อนของแกน Z ให้เหลือ 0.002 มิลลิเมตร และสร้างความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดการสูญเสียจากงานเสีย และส่งเสริมความน่าเชื่อถือในบริการหลังการขายของบริษัท [1]

การวิเคราะห์สาเหตุพบว่าเกิดจาก ความหลวมของบอลสกรูในแกน Z ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของแกนขาดความแม่นยำและไม่สามารถควบคุมขนาดชิ้นงานได้ตามมาตรฐาน [2-4] ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และทำให้เกิดอัตรางานเสียสูง ทีมวิศวกรจึงได้ดำเนินการวิเคราะห์และจัดทำ แผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน เพื่อแก้ไขปัญหาและดำเนินการ โอเวอร์ฮอล (Overhaul) แกนบอลสกรู เพื่อฟื้นฟูสมรรถนะและความเที่ยงตรงของเครื่องจักรให้กลับคืนสู่สภาวะมาตรฐาน [3,4]

แนวทางดังกล่าวถือเป็นการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นการยกระดับประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ลดความคลาดเคลื่อน เพิ่มคุณภาพของชิ้นงาน และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร [2,4] ซึ่งจะช่วยให้องค์กรสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างยั่งยืนและบรรลุวัตถุประสงค์ด้านคุณภาพที่กำหนดไว้

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

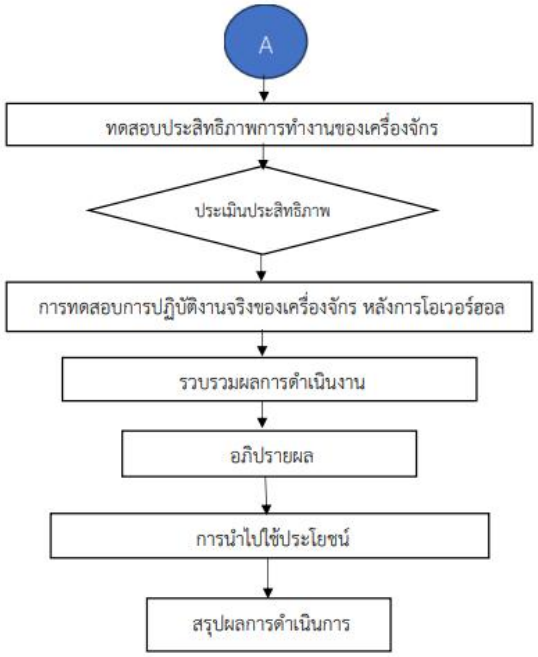
ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



ภาพที่ 2 แผนการดำเนินโครงการ

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation Management Conference 2025

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ(ต่อ)



ภาพที่ 2 แผนการดำเนินโครงการ (ต่อ)

จากภาพที่ 2 แสดงถึงดำเนินโครงการพบว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยเครื่องจักรกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงขึ้นลดการสึกหรอและยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนสำคัญได้อย่างชัดเจน

2.1 การกำหนดปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ

2.2.1 แกน Z มีความคลาดเคลื่อน ทำงานไม่ตรงขนาด

2.2.2 การเคลื่อนที่ติดขัดหรือกระตุก ส่งผลต่อความแม่นยำ

2.2.3 มีเสียงผิดปกติและแรงสั่นสะเทือนสูง

2.2.4 ประสิทธิภาพลดลง ความเร็วแกนไม่เสถียร

2.2.5 การหล่อลื่นไม่เพียงพอ หรือมีสิ่งสกปรกติดร่องบอลสกรู

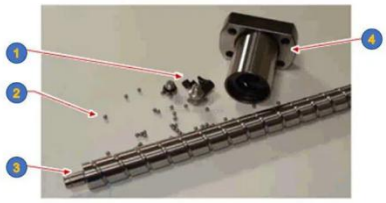
2.2.6 ลูกปืนและบอลสกรูสึกหรอจากการใช้งานต่อเนื่อง

2.2.7 การติดตั้งแกน Z ไม่ตรงแนวหรือยึดหลวม

2.2.8 สภาพแวดล้อมเช่น ความร้อนสูงฝุ่นและความชื้นส่งผลต่อประสิทธิภาพ

2.2.9 การบำรุงรักษาไม่สม่ำเสมอขาดการปรับตั้งและตรวจเช็คตามคู่มือ

2.2.10 จำเป็นต้องตรวจวัดความคลาดเคลื่อนสภาพลูกปืนและระบบหล่อลื่นก่อนโอเวอร์ฮอล



1.ท่อส่งกลับ
2.เม็ดลูกปืนกลม
3.เพลาสกรู
4.นัท

ภาพที่ 3 ชิ้นส่วนแกนบอลสกรู [1]

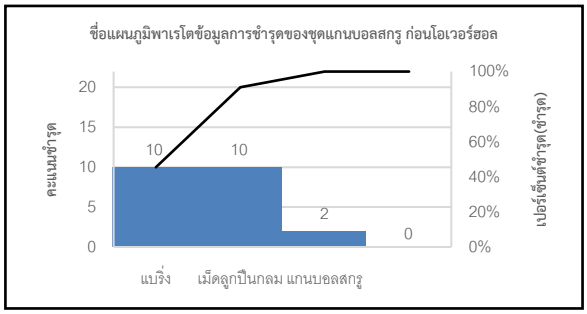
ภาพที่ 3 แสดงแกนบอลสกรู (Ball Screw) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในระบบส่งกำลังของเครื่องจักร CNC ทำหน้าที่แปลงการหมุนของมอเตอร์ให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นด้วยความแม่นยำสูง โดยมีสกรู นัท ลูกปืน และท่อส่งกลับเป็นองค์ประกอบหลัก ช่วยลดแรงเสียดทานและเพิ่มความลื่นไหลในการเคลื่อนที่

2.2.2 การตรวจสอบแกนบอลสกรู

ตารางที่ 2.1 การตรวจสอบแกนบอลสกรู

ลำดับ	รายการ	คะแนน	สภาพก่อนการปรับปรุง		หมายเหตุ
			ใช้ได้	ชำรุด	
4	ระบบส่งกำลังแกน Z				
	แกนบอลสกรู	10	8	2	คราบสกปรก
	แบริ่ง	10	0	0	แบริ่งเสื่อมสภาพ
	เม็ดลูกปืนกลม	10	0	0	เม็ดลูกปืนเสื่อมสภาพ
	สภาพที่ใช้งานได้	30	8	22	
	สภาพใช้ได้ชำรุด (เปอร์เซ็นต์)	100%	27%	73%	

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงการตรวจสอบแกนบอลสกรู, แบริ่ง และเม็ดลูกปืนกลม พบว่าแกนแกนบอลสกรู มีคราบสกปรกเล็กน้อย แต่ยังคงใช้งานได้ ในขณะที่ แบริ่ง และเม็ดลูกปืนกลมอยู่ในสภาพชำรุด เนื่องจากลูกปืนหลวม ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ ส่งผลให้คะแนนรวมทั้งหมด 30 คะแนน พบว่าส่วนที่ใช้งานได้เพียง 8 คะแนน และชำรุด 22 คะแนน



ภาพที่ 4 แผนผังพาเรโตข้อมูลการชำรุดของแกนบอลสกรู ก่อนการโอเวอร์ฮอล [1]

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

จากภาพที่ 4 แสดงถึงการตรวจสอบจากการวิเคราะห์กราฟพาเรโตของระบบส่งกำลังก่อนการปรับปรุง พบว่าปัญหาหลักเกิดจาก แบริ่ง และ เม็ดลูกปืนกลม ซึ่งมีจำนวนความเสียหายสูงสุดเท่ากันที่ 10 ครั้ง โดยทั้งสองปัญหานี้รวมกันคิดเป็นสัดส่วนกว่า 90% ของความเสียหายทั้งหมด ขณะที่ แกนบอลสกรูพบการชำรุดเพียง 2 ครั้ง หรือประมาณ 9% เท่านั้น เมื่อพิจารณาจากกราฟสะสมแสดงให้เห็นว่าสาเหตุหลักเพียงสองประการแรกเป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาส่วนใหญ่ของระบบ

2.2 การวางแผนและการตรวจสอบสภาพชุดแกนบอลก่อนการโอเวอร์ฮอล

การวางแผนการซ่อมบำรุงเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อเตรียมเครื่องให้พร้อมทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวางแผนจะกำหนดลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ภายใต้การประยุกต์ใช้ หลักการวิศวกรรมความแม่นยำและบำรุงรักษาเพื่อให้การตรวจสอบมีความถูกต้อง แม่นยำ สามารถระบุปัญหาเชิงลึกของเครื่องจักรได้อย่างครบถ้วน และวางแนวทางการปรับปรุงซ่อมแซมให้เหมาะสม ส่งผลให้เครื่องจักรมีสมรรถนะสูงสุดและยืดอายุการใช้งาน [1]

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 2.2 การแยกแยะงาน (Job breakdown)

กิจกรรม	รายละเอียด	แผนระยะเวลาการโอเวอร์ฮอลชิ้นส่วนอะไหล่ แกนบอลสกรู แกน Z							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ถอดชิ้นส่วนออกจากเครื่องจักร	ทำการถอดแกนบอลสกรู แกน Z และชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง	◄- - - ►							
		◄——►							
ทำความสะอาด จัดหาอะไหล่	ทำความสะอาดชิ้นส่วนหลัก ตรวจสอบสภาพ และหาซื้ออะไหล่ที่ต้องเปลี่ยน		◄- - - ►						
			◄——►						
เตรียมงาน	ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือและอะไหล่ (วัน Buffer)				◄- - - ►				
					◄——►				
ประกอบชิ้นส่วนแบริ่ง (Off-site)	ประกอบชิ้นส่วนแบริ่งที่บริษัท ก่อนนำไปติดตั้งที่หน้างานลูกค้า					◄- - - ►			
						◄——►			
ประกอบ + Alignment	นำชิ้นส่วนกลับไปติดตั้งที่เครื่องจักร ปรับตั้ง Alignment และทดสอบกลึงชิ้นงานจริง						◄- - - ►		
							◄——►		
ทดสอบเสถียรภาพ	ตรวจสอบความแม่นยำและประสิทธิภาพของการกลึงเพิ่มเติม							◄- - - ►	
								◄——►	
สรุปผลและรายงาน	จัดทำสรุปรายละเอียดและเขียนรายงาน (Report)								◄- - - ►
									◄——►

แผนการดำเนินการ ◄- - -►

วันปฏิบัติงานจริง ◄——►

2.3.1 ขั้นตอนการถอดบอลสกรู

1).ปิดเครื่องจักรตัดไฟและเตรียมเครื่องมือ
2).ถอดฝาครอบและซีลกันฝุ่น
3).คลายนอตคัปปลิ้งและถอดบล็อกแบริ่ง
4).ถอดบอลนัทออกจากโต๊ะเลื่อน
5).ดึงบอลสกรูออกจากเครื่องอย่างระมัดระวัง

2.3.2 ขั้นตอนการประกอบบอลสกรูกลับ

1).ตรวจสอบและทำความสะอาดบอลสกรู
2).ใส่บอลสกรูและยึดบอลนัทเข้ากับโต๊ะ
3).ประกอบบล็อกแบริ่งและบล็อกปลาย
4).ต่อคัปปลิ้งเข้ากับมอเตอร์
5).ใส่ฝาครอบ–ซีลเติมสารหล่อลื่น
6). ทดสอบการทำงานและปรับตั้งค่า

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของแกนบอลสกรู หลังการโอเวอร์ฮอล

การทดสอบการทำงานจริง เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการประเมินประสิทธิของแกนบอลสกรูหลังการโอเวอร์เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนด และสามารถผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง ซึ่งการทดสอบนี้ครอบคลุม คือ ความแม่นยำของขนาดชิ้นงาน

ภาพที่ 5 ชิ้นงานผลิตหลังการปรุงปรับ

จากภาพที่ 5 แสดงถึงหลังการโอเวอร์ฮอลแกนบอลสกรู ได้ทำการตรวจวัดขนาดชิ้นงานอีกครั้ง พบว่าค่าขนาดชิ้นงานที่วัดได้เท่ากับ 20.140 µm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (20.140 µm ± 0.005 µm)

ผลการตรวจวัดดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการโอเวอร์ฮอลแกนบอลสกรูมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานได้อย่างชัดเจน โดยขนาดที่ได้หลังการปรับปรุงอยู่ในช่วงค่าที่ กำหนดและเป็นไปตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพการผลิตอย่างต่อเนื่องควรมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องจักรเป็นระยะ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนซ้ำในอนาคต [1]

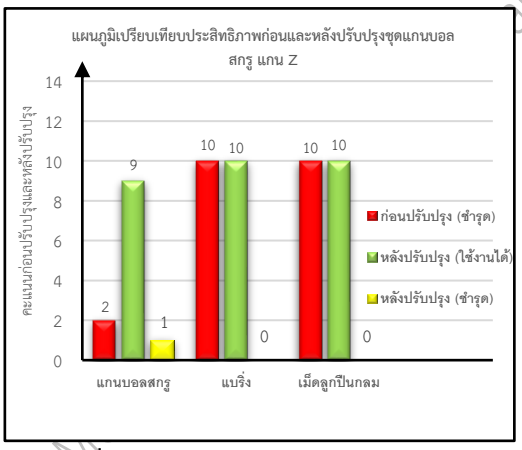
FTI Technological Innovation and Management Conference 2025

3. ผลการวิจัย (Results)

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง (ISO1986:1985) [1]

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีตรวจสอบ	เครื่องมือวัด	ผลการตรวจสอบ	
				ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	แกนบอลสกรู	ตรวจสอบด้วยสายตา	-	มีสนิมคราบสกปรก	ไม่มีสนิมไม่มีคราบสกปรก
2	เม็ดลูกปืนกลม	ตรวจสอบค่า Backlash	ไดเอลเกจ 0.002 mm.	3.959 mm. (เสื่อมสภาพจากขนาดมาตรฐาน)	3.968 mm.(เปลี่ยนใหม่เป็นขนาดตามมาตรฐาน)
3	แบริ่ง	วัดการขยับด้วย Dial Indicator	ไดเอลเกจ 0.002 mm.	มีการคลอนของแบริ่ง 1.000 mm	เปลี่ยนใหม่เป็นขนาดตามมาตรฐาน 0.002 mm.

จากตารางที่ 3 แสดงถึงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่าเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงมีค่าความเที่ยงตรงอยู่ในช่วงขั้นพิกัดค่าความเผื่อจำนวน 0 จุด หรือไม่มีจุดใดเลยที่อยู่ในช่วงขั้นพิกัดค่าความเผื่อ ซึ่งภายหลังการปรับปรุงชุดแกนบอลสกรูนี้มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ในขั้นพิกัดค่าความเผื่อตามมาตรฐาน ISO 1986:1985ทุกจุดทั้งหมดจำนวน 3 จุด

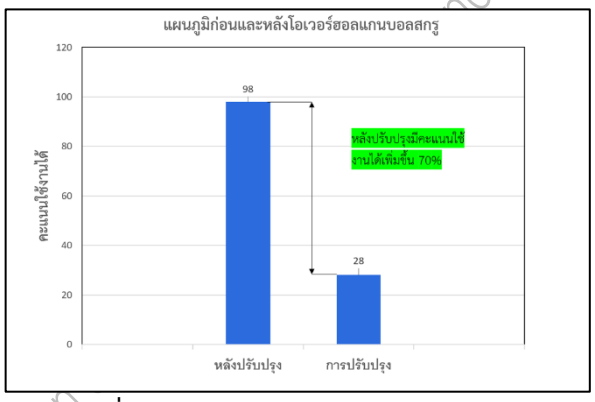


ภาพที่ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและ หลังโอเวอร์ฮอล

จากภาพที่ 6 แสดงถึงแผนภูมิแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างก่อนและหลังการปรับปรุงอย่างชัดเจน โดยแกน BALL SCREW มีการชำรดลดลงจาก 2 หน่วย เหลือ 1 หน่วย สะท้อนถึงการซ่อมที่มีประสิทธิภาพ ส่วน BEARING SUPPORT และ เม็ดลูกปืนกลม จากเดิมชำรุด 10 หน่วย ลดลงเหลือศูนย์ แสดงว่าซ่อมบำรุงได้สมบูรณ์ ผลลัพธ์โดยรวมชี้ว่าการปรับปรุงครั้งนี้ประสบความสำเร็จ สามารถลดการชำรุดของชิ้นส่วนหลัก และเพิ่มประสิทธิภาพรวมของเครื่องจักรได้อย่างชัดเจน [1]

3.1 ผลการทดสอบการปฏิบัติงานจริง

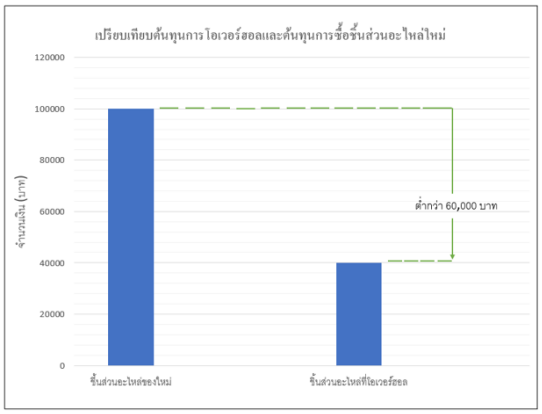
จากการทดสอบพบว่า บอลสกรูหลังการโอเวอร์ฮอลสามารถขับเคลื่อนแกนได้อย่างราบรื่น ไม่มีเสียงหรือการสะดุด ค่าความคลาดเคลื่อน (Backlash) ลดลงอย่างชัดเจน การตอบสนองต่อเซอร์โวมอเตอร์แม่นยำขึ้น และชิ้นงานที่กลึงได้มีขนาดตรงตามมาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและเสถียรภาพที่ดีหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 7 แผนภูมิก่อนและหลังโอเวอร์ฮอล

ภาพที่ 7 แสดงถึงผลการเปรียบเทียบคะแนนปฏิบัติได้ของระบบแกนบอลสกรูก่อนและหลังการโอเวอร์ฮอล พบว่าคะแนนก่อนปรับปรุงอยู่ที่ 28 คะแนน ขณะที่หลังกาปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 98 คะแนน แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนการโอเวอร์ฮอลช่วยลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความแม่นยำของระบบส่งผลให้เครื่องจักรกลับมาทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมของการโอเวอร์ฮอล



ภาพที่ 8 การเปียบเทียบต้นทุนการโอเวอร์ฮอลและต้นทุนการซื้อชิ้นส่วนอะไหล่ใหม่

FTI & RMUTP Industrial Innovation Conference 2025

จากภาพที่ 8 แสดงถึงการจัดการต้นทุนด้านการซ่อมบำรุงเครื่องจักรมีความสำคัญต่อความสามารถในการแข่งขันขององค์กร โดยจากการเปรียบเทียบพบว่า การซื้ออะไหล่ใหม่มีต้นทุนประมาณ 100,000 บาท ในขณะที่การใช้อะไหล่โอเวอร์ฮอลมีต้นทุนเพียง 40,000 บาท ส่งผลให้องค์กรสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 60,000 บาท หรือคิดเป็นกว่า 60% อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกใช้อะไหล่โอเวอร์ฮอลไม่สามารถทำได้กับทุกชิ้นส่วน แต่ขึ้นอยู่กับว่า อะไหล่นั้นสามารถนำมาโอเวอร์ฮอลได้หรือไม่ และต้องพิจารณาควบคู่กับการบำรุงรักษาเครื่องจักรว่าได้รับการดูแลตามมาตรฐานที่โรงงานผู้ผลิตกำหนดหรือไม่ หากชิ้นส่วนและเครื่องจักรผ่านเกณฑ์ดังกล่าว การใช้อะไหล่โอเวอร์ฮอลจะช่วยลดต้นทุนได้อย่างคุ้มค่าและยังคงประสิทธิภาพในการใช้งาน แต่หากเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ไม่สามารถโอเวอร์ฮอลได้หรือเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยสูงการเลือกใช้อะไหล่ใหม่ก็ยังคงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยในการผลิต

4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการโอเวอร์ฮอลชุดแกนบอลสกรูสามารถลดต้นทุนจาก 100,000 บาท เหลือเพียง 40,000 บาท คิดเป็นการประหยัดกว่า 60% และช่วยยืดอายุการใช้งานเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัย [4] ที่ระบุว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสามารถลดการหยุดเครื่องได้กว่า 25% และลดต้นทุนการซ่อมบำรุงลงถึง 30% ซึ่งช่วยเพิ่มความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้งานวิจัย [5] พบว่าการเสื่อมของบอลสกรูส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในแกน Z สูงกว่า ±0.02 มิลลิเมตร ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ และแนะนำให้เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่เพื่อคงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร ผลการศึกษาครั้งนี้จึงยืนยันว่าการโอเวอร์ฮอลเป็นแนวทางที่คุ้มค่าในด้านต้นทุนและเทคนิค แต่ควรมีการติดตามค่าความคลาดเคลื่อนและเปลี่ยนอะไหล่เมื่อเกินเกณฑ์ เพื่อรักษาความปลอดภัย คุณภาพ และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตในระยะยาว

5. สรุปผล (Conclusion)

โครงการนี้การโอเวอร์ฮอลเครื่องกลึง TAKISAWA FS 21T รุ่น TC-20 ประสบความสำเร็จสามารถฟื้นฟูประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงของเครื่องจักรให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ลดต้นทุนการซ่อมบำรุงและยืดอายุการใช้งาน ลูกค้าได้รับประโยชน์จากคุณภาพและความเสถียรที่เพิ่มขึ้น ส่วนบริษัทผู้ดำเนินงานได้รับความเชื่อมั่นจากลูกค้าและสามารถใช้เป็นต้นแบบในการปรับปรุงเครื่องจักรรุ่นอื่น โครงการนี้แสดงให้เห็นแนวทางบำรุงรักษาเชิงวิศวกรรมที่ใช้ได้จริงในอุตสาหกรรม

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและคำแนะนำอันดียิ่งจากหลายฝ่ายขอบคุณโครงการวิทยาลัยในสถานประกอบการ (TCTM) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตวิทยาเขตร่มเกล้า ที่ได้สนับสนุนในด้านต่าง ๆ อย่างเต็มที่ และขอบพระคุณ คุณ สรรเสริญ ภูไพบูลย์ ประธานบริษัท ซีเอ็นซี เซลล์ แอนด์ เซอร์วิส (2002) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินการจัดทำโครงการครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สรรเสริญ ภูไพบูลย์ ซีเอ็นซี เซลล์ แอนด์ เซอร์วิส; 2002.

[2] สุภัทรา วัฒนกูล การตรวจสอบและวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของเครื่อง CNC. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2561 : 1–120.

[3] ธนกฤต สุวรรณรักษ์ การตรวจสอบความแม่นยำของเครื่อง CNC ด้วย Laser Interferometer และ Ball Bar Test. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2563 : 1–118.

[4] กิตติพิชญ์ มนต์ขลัง การพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องกลึง CNC อัตโนมัติ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2563 : 1–120.

[5] ปริญญา วิชัยเจริญ การวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของแบริ่งและบอลสกรูในเครื่อง CNC เพื่อกำหนดรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2560 : 1–120.

FTI & RMUTP 14th Sustainable Industrial Innovation and Management Conference 2025

จัดดำเนินการโดย

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ร่วมกับ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร