บทบาทและศักยภาพของทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

The role and potential of tungsten and tungsten carbide to the sustainable development of the industry.

ปฐมพงษ์ จำนงค์พันธ์, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ, ปริญญ์ บุญกนิษฐ
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนพิบูลย์สงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
jumnongphan@gmail.com

บทคัดย่อ
ผลการศึกษาพบว่าในปี ค.ศ. 2010 มีปริมาณการบริโภควัสดุทังสเตน (W) เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเครื่องมือตัด (Cutting tools) ประมาณ 88,000 ตันต่อปี ที่สัดส่วนของประเทศจีน 34.88% ยุโรปตะวันตก 26.74% สหรัฐอเมริกา 16.27% และอื่นๆ เพียงส่วนน้อย โดยมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยสมบัติด้านการต้านทานต่อการสึกหรอสูงรวมถึงการนำไปผลิตในอุตสาหกรรมด้านเครื่องมือทางการแพทย์ อุปกรณ์และเครื่องมือทางการทหาร ทังสเตนกว่าร้อยละ 70 ผลิตเป็นทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) โดยผสมคาร์บอน แทนทาลัม และซิลิกอนคาร์ไบด์ เป็นชิ้นส่วนโลหะแข็ง (Hard metal) ที่มีความแข็งในช่วง 1,500-2,200 Hv พบว่าผู้นำในอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ สร้างรายได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องที่อัตราการเติบโตกว่า 33.5% ต่อปี โดยมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยงบลงทุนด้านการวิจัยกว่า 1,000 ล้านบาทต่อปี และมีมูลค่ารวมในอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดมากกว่า 9.47 แสนล้านบาทต่อปี รวมถึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลทังสเตนกลับมาใช้ใหม่ตามแนวทางการพัฒนาวัสดุเพื่อการใช้งานอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ทังสเตน ทังสเตนคาร์ไบด์ การพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ผู้นำในอุตสาหกรรม การรีไซเคิล

Abstract.
The study found that in 2010 the consumption of materials, tungsten (W) for the production of cutting tools (Cutting tools) is about 88,000 tons per year. The proportion of China's 34.88% Western European 26.74% United States 16.27%, and only a minority. The trend is increasing continuously. With high wear resistance properties as well as to the medical device manufacturing industry. Military equipment and supplies. Then, 70 percent is made of tungsten, tungsten carbide (WC) and tantalum with carbon, silicon carbide, hard metal parts (Hard metal), the hardness in the range of 1,500-2,200Hv. Leaders cement manufacturing tungsten carbide. Revenue has increased steadily at a rate of average 33.5% growth per year, with the development of new products with investment research with over one billion per word and the total value of industrial cutting tools for more than 9.47 billion per year. Including the development of recycling tungsten recycled materials to develop guidelines for sustainable use.

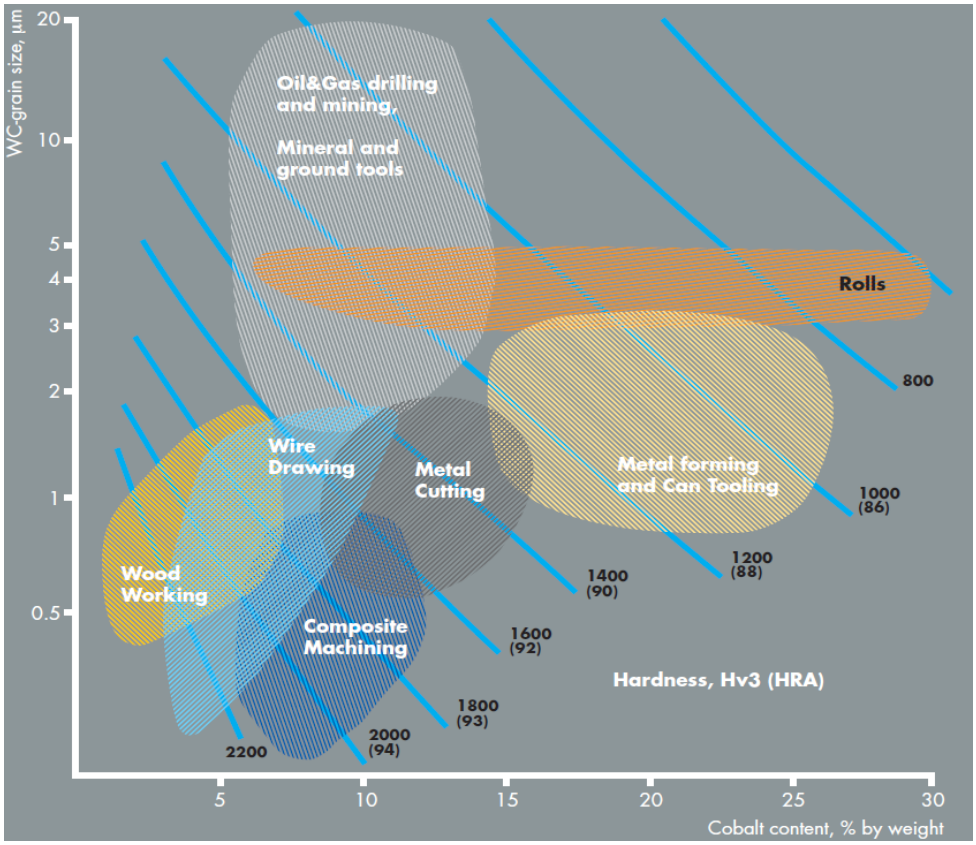
Keyword: Tungsten, Tungsten carbide, Sustainable industrial development, Key player

1. บทนำ

สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ การเมือง และสังคมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว และมีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างไปจากเดิมทำให้ภาคอุตสาหรรมมีการแข่งขันกันรุนแรงมากขึ้น ทั้งด้านการค้าในภาพแบบทวิภาคีและพหุภาคี การพัฒนาอุตสาหกรรมจึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในยุคการค้าเสรี ส่งผลกี่ยวข้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรม จากสภาพการณ์ดังกล่าว การเตรียมความพร้อมของภาคอุตสาหกรรมเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ต้องพิจารณารอบด้านทั้งปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลในการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขัน ประการหนึ่งก็คือ ปัจจัยด้านเทคโนโลยีและกำลังคน การพัฒนาต้องสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาในอนาคต การพัฒนาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งและเครื่องมือตัดจึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจอย่างยิ่งทั้งในภาคการเพิ่มผลิต ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้น ทั้งยังช่วยลดปริมาณการนำเข้าชิ้นส่วนโลหะแข็ง (มูลค่านำเข้าชุดชิ้นส่วนโลหะแข็งสูงถึง 6, 598 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2550 ที่มา: กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง) และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถด้านการพัฒนาของอุตสากรรมเครื่องมือ ชิ้นส่วนเครื่องจักร แม่พิมพ์ ยานยนต์ เป็นต้น

การพัฒนาเครื่องมือสำคัญ [8] สำหรับใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทุกอุตสาหกรรมคือเครื่องจักรกลโลหะซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนหลากหลายชนิด เช่น Rings, Can tools, Rollers, และ Other เป็นต้น ซึ่งทังสเตนคาร์ไบด์เป็นวัตถุดิบหลักคิดเป็นร้อยละ 70 [1] สำหรับการผลิตชิ้นส่วนประเภทโลหะความแข็งสูง (hardmetal) และเป็นที่รู้กันดีว่าโลหะกลุ่มนี้สามารถสร้างผลตอบแทนได้ดี โดยขึ้นอยู่กับความซับซ้อน ในกระบวนการผลิต อุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งเป็นอุตสาหกรรมที่สนับสนุนการสร้างผลิตภัณฑ์สำคัญๆ หลายประเภทเช่น metalcutting tools and tool inserts, molds dies ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และอื่นๆ ปัจจุบันมุ่งความสำคัญกับการสังเคราะห์เพชรและโบรอนไนไตรด์เพื่อเพิ่มสมบัติด้านความแข็งของชิ้นส่วนประเภทโลหะแข็งที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การศึกษาวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตจึงมีสำคัญ เนื่องจากทังสเตนคาร์ไบด์เป็นวัสดุต้นน้ำของอุตสาหกรรมการผลิตสิ้นค้าเกือบทุกชนิด ทังยังเป็นการตระหนักถึงการใช้นำวัสดุสำคัญในกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ จึงได้ทำการศึกษาบทบาทและความสำคัญของทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์เพื่อความเป็นพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตสู่ความอย่างยั่งยืน

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ประเภทโลหะความแข็งสูง [9]



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ประเภทโลหะความแข็งสูง [10]

จากภาพที่ 2 พิจารณาแล้วปรากฏว่า สัดส่วนของทังสเตนคาร์ไบด์ในการผสมอยู่ระหว่าง 70-97% โดยน้ำหนัก ขนาดเกรนอยู่ระหว่าง 0.2 -20 ไมโครเมตร มีความแข็งระหว่าง 600-2,200 Hv ทังสเตนคาร์ไบด์ส่วนมากพบในวัสดุโลหะแข็งและมีโคบอลต์เป็นวัสดุประสาน (binder) วัสดุชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ถูกประยุกต์ใช้งานและแยกประเภทตามลักษณะการใช้งาน เช่น ประเภทงานไม้ เส้นลวด (wire drawing) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (composite machining) งานตัดโลหะ (metal cutting) เป็นต้น

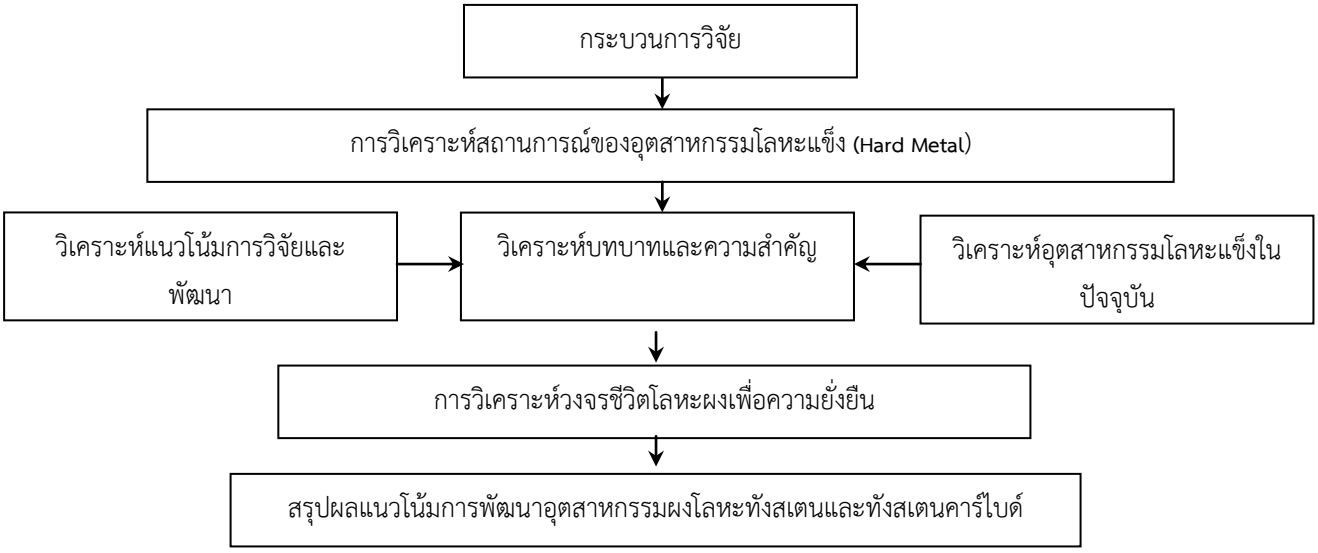
2. วิธีการศึกษา

วิธีการดำเนินการวิจัยจะใช้กรอบความคิด วิธีการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็ง มูลค่าของอุตสาหกรรม ปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ แนวโน้มการวิจัยและพัฒนา การวิเคราะห์วงจรชีวิตผงโลหะทังสเตนคาร์ไบด์เพื่อใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

2.2 การกระบวนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1 การวิเคราะห์แนวโน้มอุตสาหกรรมทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์

2.2.2 การศึกษาวงจรชีวิตผงโลหะเพื่อความยั่งยืน

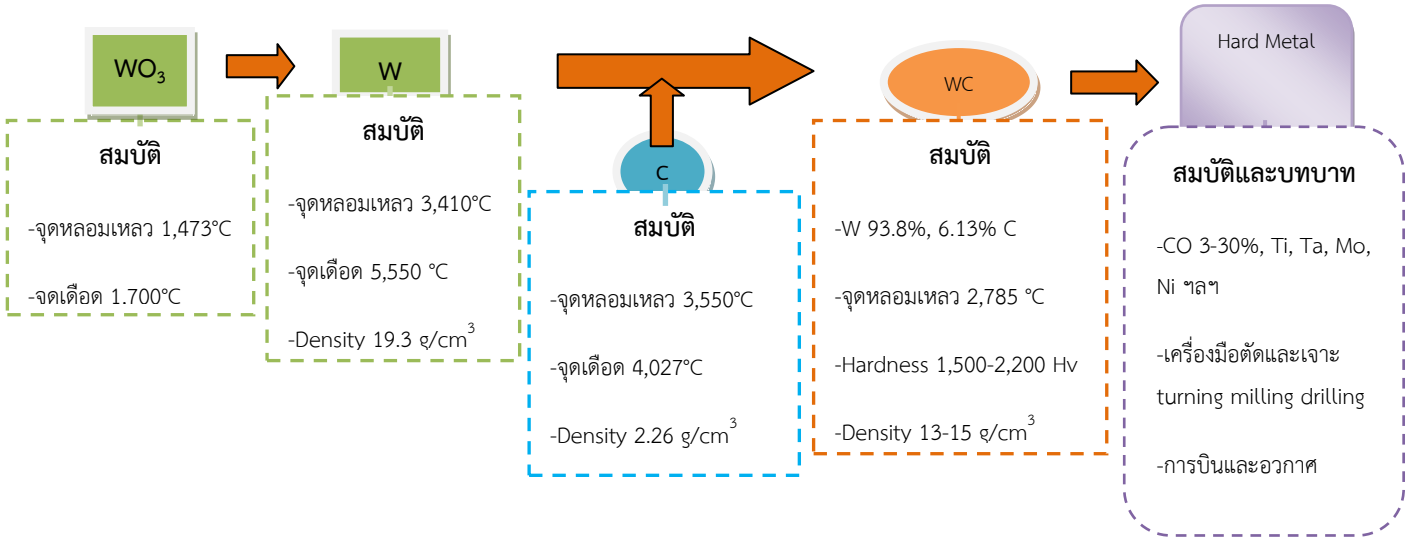


ภาพที่ 3 กระบวนการวิจัย

3. ผลการศึกษา

3.1 บทบาทและความสำคัญของทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์

ทังสเตนเป็นส่วนหนึ่งของโลหะแข็งประเภททนความร้อนสูง นอกจากนี้ยังผ่านกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันเช่น การหลอม ละลาย การเผา และเคมี เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ทังสเตนถูกนำไปใช้องค์ประกอบในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนโลหะแข็งประเภทต่างๆ เช่น ทังสเตนคาร์ไบด์ เหล็กผสมทังสเตน ผลิตภัณฑ์โลหะทังสเตน สารประกอบทังสเตน

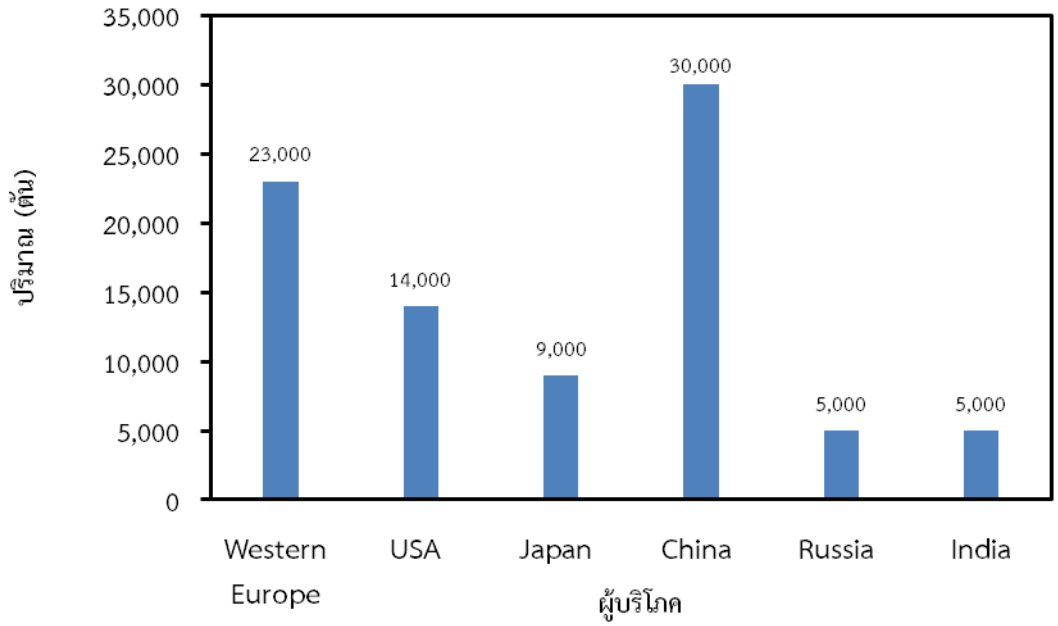


ภาพที่ 4 แสดงสมบัติและความสำคัญของวัตถุดิบตั้งต้นของชิ้นส่วนโลหะแข็ง

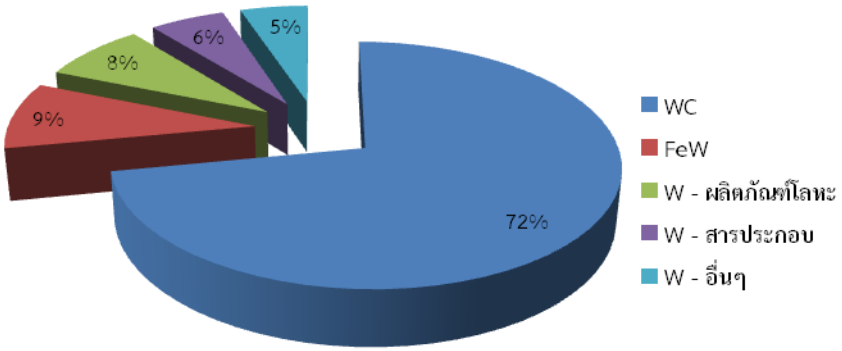
จากภาพที่ 4 แสดงสมบัติและสำคัญของวัสดุทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์ จากแร่ทังสเตนออกไซด์ (WO_3) ผ่านกระบวนการสกัดให้บริสุทธิ์และมีสมบัตินำไฟฟ้าได้ดี ลักษณะโครงสร้างแบบ body-centered cubic (BCC) ทนอุณหภูมิสูง มีจุดหลอมเหลว 3,410 °C ที่ความหนาแน่น 19 g/cm^3 นำไปใช้ประโยชน์โดยผลิตเป็นสารตั้งต้นผสมกับคาร์บอน (C) ซึ่งมีสมบัติทนอุณหภูมิสูง 3,550 °C การผลิตสารตั้งต้นชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ในสัดส่วน 93.87% ทังสเตน และ 6.13% คาร์บอน ทำให้มีสมบัติทนความอุณหภูมิสูง 2,870 °C มีความแข็ง 1,500-2,200 Hv ที่ความหนาแน่นระหว่าง 13-15.63 g/cm^3 การ

สำหรับผลิตเป็นชิ้นส่วนโลหะแข็งเป็นส่วนใหญ่โดยการผสม โคบอลต์ระหว่าง 3-30% ไทเทเนียม แทนทาลัม โมลิบดินัม นิเกิล เพื่อให้มีสมบัติทนทานต่อการสึกเหรอและเพิ่มความแข็งแรง ณ การใช้งานที่อุณหภูมิสูง ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ผลิตเป็นเครื่องมือกล เครื่องมือแพทย์ เครื่องมือขุดเจาะ ชิ้นส่วนเครื่องบินและอาวุธสงคราม ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรในอุตสาหกรรมยานยนต์ ผลิตชิ้นส่วนประเภทเครื่องมือตัด (Cutting Tools) เช่น turning milling drilling สำหรับขึ้นรูปในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เป็นต้น

โดยมีปริมาณการบริโภคทั่วโลกประมาณ 88,000 ตัน ซึ่งทังสเตนสามารถแยกตามประเภทการใช้งานดังภาพที่ 5 ประกอบด้วยประเทศจีนปริมาณการบริโภคทังสเตนประมาณปีละ 30,000 ตัน ยุโรปตะวันออกมีการบริโภคทังสเตนปีละ 23,000 ตัน สหรัฐอเมริกา (USA) บริโภคทังสเตนปีละ 14,000 ตัน ญี่ปุ่นมีการบริโภคทังสเตนปีละ 9,000 ตัน รัฐเซียมีการบริโภคทังสเตนปีละ 5,000 ตัน และประเทศอินเดียมีการบริโภคทังสเตนปีละ 5,000 ตันเช่นเดียวกัน

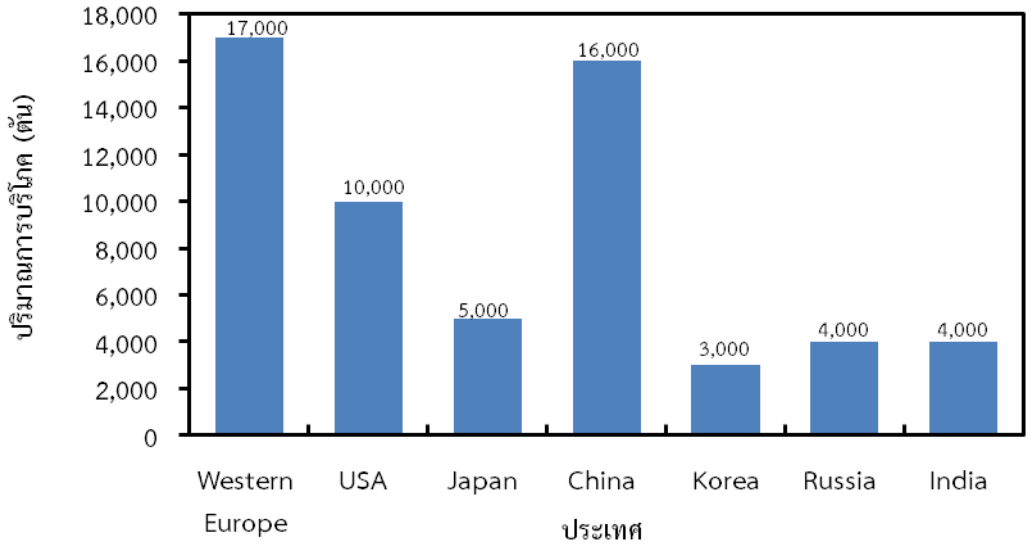


ภาพที่ 5 ปริมาณการบริโภคทังสเตนของแต่ละประเทศ



ภาพที่ 6 การจำแนกทังสเตนตามประเภทการใช้งานในอุตสาหกรรมโลหะแข็ง

จากภาพที่ 6 แสดงการจำแนกทังสเตนตามประเภทการใช้งาน ทังสเตนโดยส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตสารประกอบตั้งต้นชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งประกอบด้วย ทังสเตนร้อยละ 93.87 และคาร์บอนร้อยละ 6.13 จากการศึกษาการพบว่าทังสเตนที่นำไปผลิตเป็นสารประกอบต้นนำสามารถจำแนกได้ดังภาพที่ 6 ผลิตชิ้นส่วนประเภททังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ประมาณ 63,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 72 ชิ้นส่วนประเภทเหล็กผสมทังสเตนประมาณ 8,000 ตัน คิดป็นร้อยละ 9 ชิ้นส่วนประเภท ผลิตภัณฑ์โลหะทังสเตนประมาณ 7,000 ตัน ร้อยละ 8 นอกนั้นเป็นสารประกอบ และอื่นๆ ประมาณ 4,500-5,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 5 และ 6 ตามลำดับ

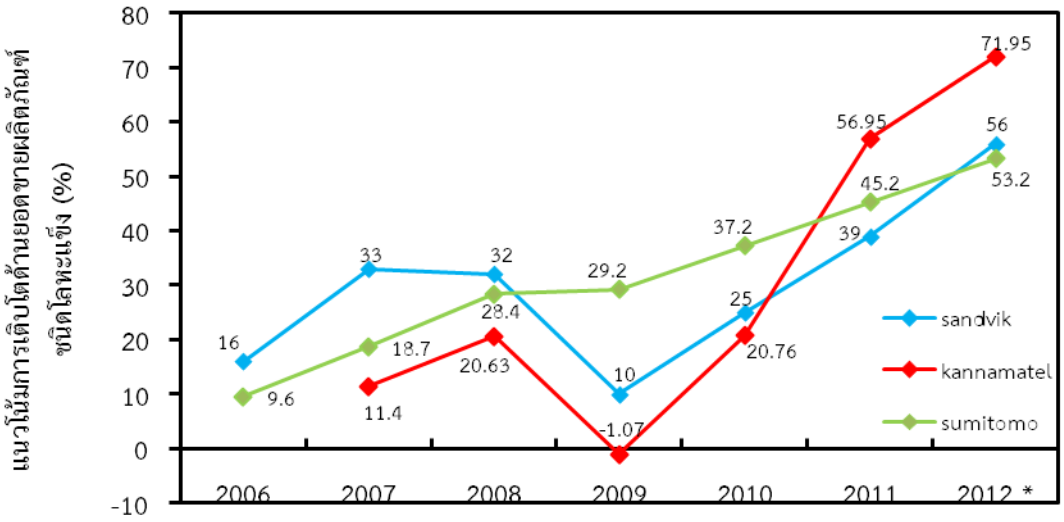


ภาพที่ 7 แสดงปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ของแต่ละประเทศ

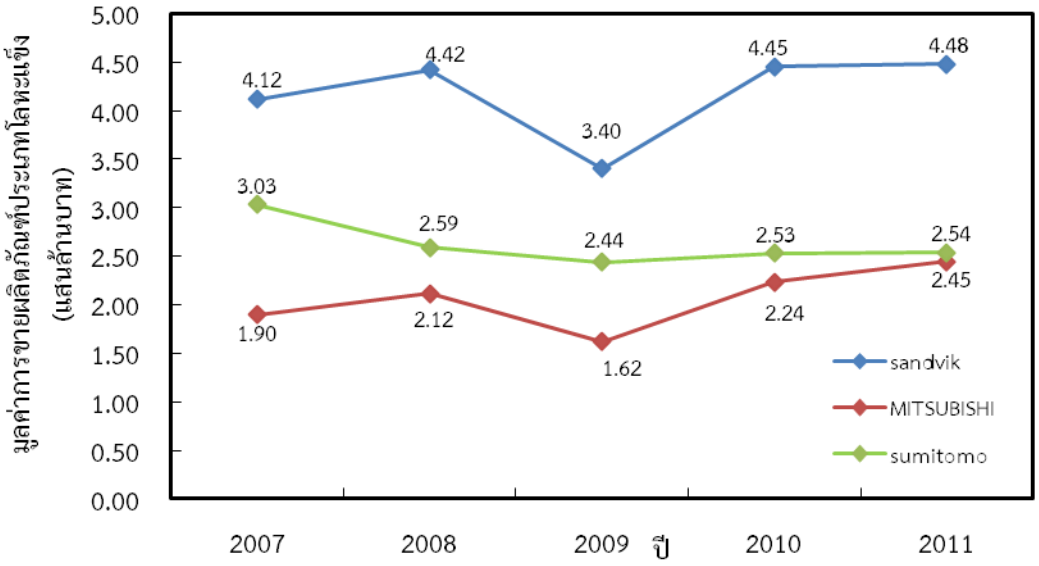
ภาพที่ 7 แสดงปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ของแต่ละประเทศ ประกอบด้วย ยุโรปตะวันตกบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 17,000 ตันต่อปี จีนบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 16,000 ตันต่อปี (ผู้ผลิตและผู้บริโภครายใหญ่ที่สุดของโลก) สหรัฐอเมริกา (USA) บริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ประมาณ 10,000 ตันต่อปี รัฐเซียและอินเดียบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 4,000 ตันต่อปี และเกาหลีบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 3,000 ตันต่อปี ซึ่งทั่วโลกแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการประยุกต์ใช้งานส่วนใหญ่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมตัวอย่างเช่น อุตสากรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมพลังงาน และเหมืองแร่ อุตสาหกรรมการบินและอาวกาศ อุตสาหกรรมการแพทย์และทหาร โดยเป็นวัตถุดิบตั้งต้นทำหน้าที่เป็นส่วนประโลหะผสม เช่น เหล็กเครื่องมือ Superalloys ชิ้นงานโลหะแข็งประเภทตัดเจาะ

3.2 สภาวการณ์อุตสาหกรรมโลหะแข็ง (Hardmetal)
การศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งชนิดโลหะความแข็งสูงพบว่าบริษัทผู้นำด้านอุตสาหกรรมประเภทนี้มีมูลค่าทางการตลาดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องดังนี้



ภาพที่ 8 แนวโน้มการขายผลิตภัณฑ์ชนิดโลหะความแข็งสูงของบริษัท sandvik, kannamatel, sumitomo

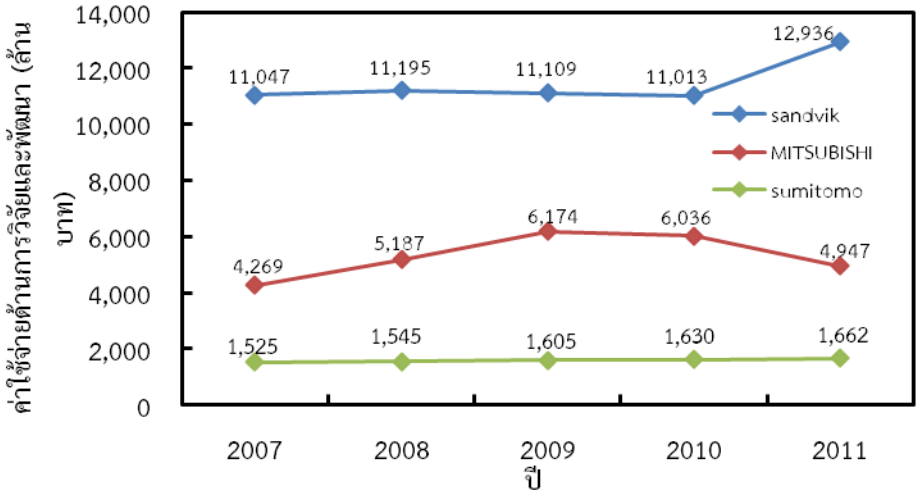


ภาพที่ 9 แนวโน้มมูลค่าอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งของบริษัทผู้นำระหว่างปี 2009-2011

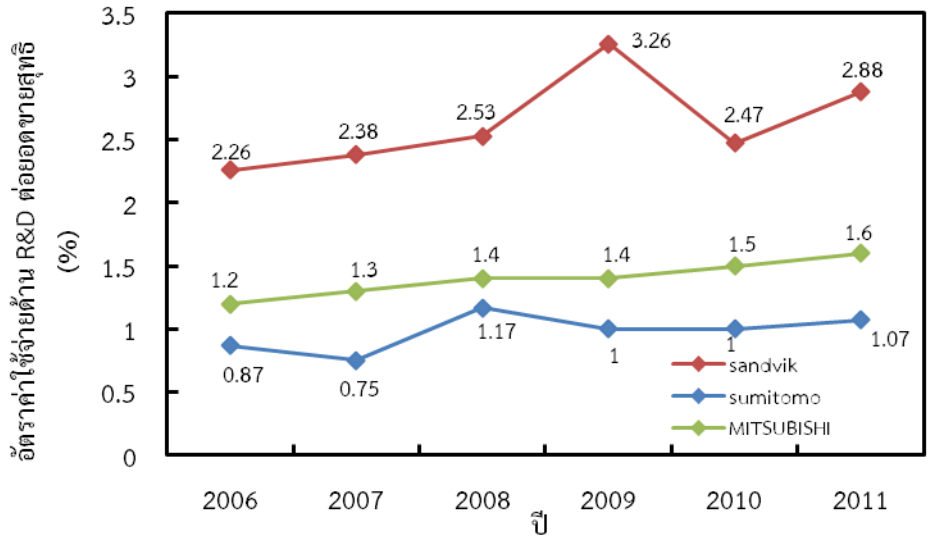
จากภาพที่ 9 พบว่าระหว่าง ปี 2007-2011 บริษัทผู้นำด้านอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็ง ได้แก่ sandvik kannamatal และ sumitomo มีอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัท sandvik มีมูลค่า ระหว่าง 4.11-4.47 แสนล้านบาท คิดเป็นอัตราเฉลี่ย 33.5% ต่อปี บริษัท Mitsubishi มีมูลค่า ระหว่าง 1.89-2.44 แสนล้านบาท และ sumitomo มีมูลค่า ระหว่าง 3.03-2.54 แสนล้านบาท โดยมีมูลค่ารวมในอุตสหกรรมเครื่องมือตัดมากกว่า 9.47 แสนล้านบาทต่อปี

3.3 แนวโน้มการวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนโลหะแข็ง

การศึกษาแนวโน้มการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็ง จากการศึกษาผู้นำของอุตสาหกรรมนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 10 แสดงแนวโน้มค่าใช้จ่ายด้าน R&D กับมูลค่าการขายสุทธิระหว่าง ปี 2007-2011



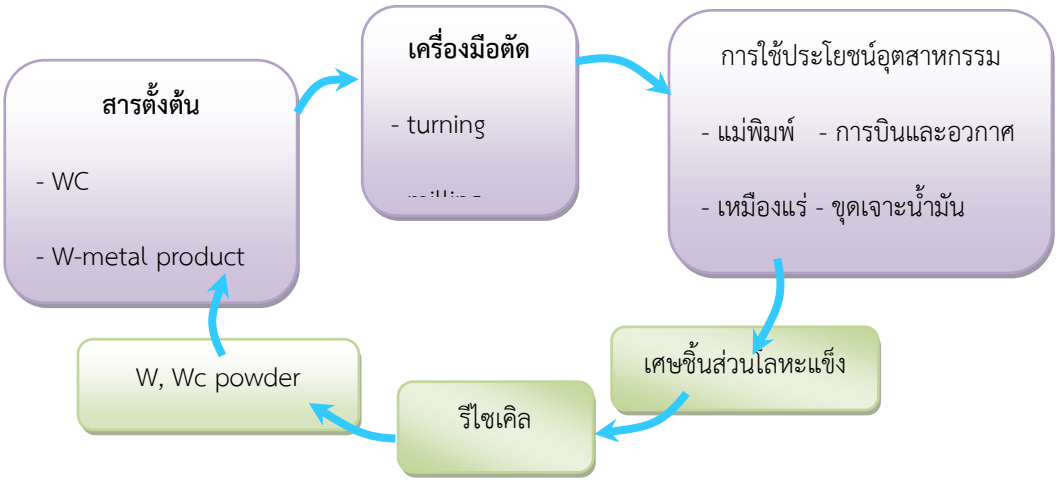
ภาพที่ 11 ค่าใช้จ่ายด้าน R&D ต่อยอดขายระหว่างปี 2006-2011

ภาพที่ 11 แสดงถึงอัตราส่วนการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาต่อยอดการขายของผู้นำด้านผลิตภัณฑ์ประเภทโลหะแข็ง ประกอบด้วย บริษัท Sandvik มีการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนามีมูลค่าระหว่าง 11,047-12,936 ล้านบาท

คิดเป็นสัดส่วนส่วนระหว่าง 2.36-3.36 % ของยอดขาย สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุและการเคลือบผิวด้วยกระบวนการ PVD-coated รวมทั้งการพัฒนาสารพ่นเคลือบประเภทอลูมิเนียม ด้านบริษัท Sumitomo สนับสนุนการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนาคิดเป็นสัดส่วนระหว่าง 0.75-1.17% ของยอดขาย โดยเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภท สว่านเจาะที่ประกอบด้วยหลายๆ คมตัด (MULTI-DRILL) และบริษัท Mitsubishi มีอัตราการลงทุนคิดเป็นสัดส่วนระหว่าง 1.2-1.6% ของยอดขาย

3.4 การวิเคราะห์วงจรชีวิตทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์เพื่อความยั่งยืน

จากการศึกษาทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์ตลอดการใช้งานพบว่า วัสดุชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตทุกชนิด ซึ่ง เมื่อผ่านการใช้งานแล้วจะเกิดเป็นของเสียซึ่งอยู่ในรูปของแข็งที่เราเรียกว่า เศษโลหะแข็ง (Scraps) ซึ้งสามารถอธิบายวงจรชีวิตได้ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 วงจรชีวิตวัสดุทังสเตน ทังสเตนคาร์ไบด์

4. อภิปรายผล

ทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์มีบทบาทและความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็ง โดยเฉพาะเครื่องมือประเภทตัดเจาะ ผลการวิจัยปรากฏว่าวัตถุดิบต้นน้ำสำคัญคือทังสเตนที่มีลักษณะโครงสร้างแบบ BCC [6] มีจุดหลอมเหลวสูงและสามารถผสมโลหะประสานโคบอลต์ระหว่าง 3-30% [10] รวมทั้ง ไทเทเนียม แทนทาลัม โมลิบดินัม ฯลฯ โดยพบว่าวัตถุดิบตั้งต้นชนิดทังสเตนมีปริมาณการบริโภคสูง 88,000 ตัน ซึ่งผู้บริโภคสำคัญคือ ยุโรปตะวันตก จีน อเมริกา ทังสเตนส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบในรูปของทังสเตนคาร์ไบด์โดยผสมคาร์บอนซึ่งเป็นธาตุที่มีจุดหลอมเหลว (Melting point) 3,550 °C [3] ในสัดส่วน 6.13% [7] และทังสเตน 93.87% [5] จากสมบัติของสารตั้งต้นแข็งและจุดหลอมเหลวสูงทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่มีความแข็งระหว่าง 1,500-2,200 Hv [4, 5] ที่ความหนาแน่นระหว่าง 13-15 g/cm^3 ทังสเตนคาร์ไบด์ถูกประยุกต์ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนประเภทโลหะความแข็งสูง (Hardmetals) คิดเป็นร้อยละ 72% โดยส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ แม่พิมพ์ พลังงาน เหมืองแร่ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมประเภทเครื่องมือตัด (Cutting Tools) ซึ่งบริษัท sandvik สามารถสร้างรายได้สูง 4.47 แสนล้านบาทต่อปี จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องมือตัดและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง แม้สภานการณ์ในปี 2009 การเติบโตด้านยอดขายจะลดลง เนื่องด้วยกลุ่มลูกค้าในสหภาพยุโรปเกิดวิกฤตเศรษฐกิจร้ายแรงที่เรียกว่า Hamburger Crisis [11] อย่างไรก็ตามหลังจากปี 2009 ความต้องการใช้ผลิตชนิดเครื่องมือตัดมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง คาดว่าอัตราการเติบโตของยอดขายจะสูงถึง 56% ในปี 2012 อัตราเฉลี่ยเท่ากับ 33.5% ต่อปี คิดเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายด้านวิจัยกับยอดขายอยู่ที่ 2.88% โดยปัจจัยสำคัญคือ กระบวนการวิจัยและพัฒนาใหม่ๆ

เพื่อการดำเนินธุรกิจสู่ความยั่งยืนของผู้นำอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดคือ การนำทังสเตนกลับมาใช้ใหม่โดยมีปริมาณสูงถึง 80 [10] ตันต่อปี จากการวิเคราะห์ผู้นำของอุตสาหกรรมชนิดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์พบว่ากระบวนการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีระบบส่งผลดีต่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้นถึง 40% ค่าใช้จ่ายลดลง 20% [10] ต่อปี

5. สรุปผล

จากงานวิจัยนี้พบว่า ทังสเตนมีปริมาณการบริโภคทั่วโลกไม่ต่ำกว่า 88,000 ตันต่อปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วประกอบด้วย จีน 34.88% ยุโรปตะวันออก 26.74% สหรัฐอเมรกา 16.27% และอื่นๆ ทังสเตนนำไปใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับผลิตทังสเตนคาร์ไบด์ซึ่งปรอกอบด้วย ทังสเตน 93.87% คาร์บอน 6.13% จากสมบัติของคาร์บอนที่มีจุดหลอมเหลวสูง 3,550 °C ใช้ผลิตเป็นสารตั้งต้นชนิดทังสเตนคาร์ไบด์จึงมีสมบัติที่ดีสำหรับด้านทนการสึกหรอที่อุณหภูมสูง ทังสเตนกว่าร้อยละ 70 ผลิตชิ้นส่วนโลหะแข็งที่มีจุดหลอมเหลวสูง 2,870 °C มีความแข็ง 1,500-2,200 Hv ที่ความหนาแน่นระหว่าง 13-15.63 g/cm^3 ปริมาณการใช้ทั่วโลกคือ 63,000 ตันต่อปี ด้วยสมบัติที่ดีด้านความแข็งและทนทานการสึกหรอ ผู้นำของอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สร้างรายได้สูงกว่า 4.47แสนล้านบาทต่อปี มูลค่าโดยรวมเท่ากับ 9.47 แสนล้านบาท ซึ่งชิ้นส่วนประเภท

ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์หลังผ่านการใช้งานแล้วสามารถนำมาผ่านกระบวนการรีไซเคิลและเวียนใช้ซ้ำได้ โดยพบว่าเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการสร้างความยั่งยืนให้กับผู้นำในอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ โดยรีไซเคิลทังสเตนบริสุทธิ์มาใช้ใหม่เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตโลหะความแข็งสูงได้อย่างต่อเนื่อง และเป็นการใช้วัสดุชนิดทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์ได้อย่างคุ้มค่า ช่วยยกระดับผลผลิต ลดค่าใช้จ่าย เป็นการพัฒนาองค์กรสู่ความสำเร็จที่ความยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการใช้สถานที่เพื่อการดำเนินการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Dr.Wolf-W.Albrecht, Hard Metal (WC-Co), retired Director of H.C. Starck, Germany, and November 2008.
[2] A. S. Kurlov and A. I. Gusev, Tungsten Carbides and W–C Phase Diagram, ISSN 0020-1685, Inorganic Materials, 2006, Vol. 42, No. 2, pp. 121–127.
[3] H. Okamoto, C-W (Carbon-Tungsten), Journal of Phase Equilibria and Diffusion Vol. 29 No.6 2008.
[4] Kuo-Ming Tsai “The effect of consolidation parameters on the mechanical properties of binderless tungsten carbide” National Chin-Yi University of Technology, 2010.
[5] X.Q. Ou, D.H. Xiao, T.T. Shen, M. Song, Y.H. He, Characterization and preparation of ultra-fine grained WC–Co alloys with minor La-additions, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials 31 (2012) 266–273.
[6] A.S. Bolokang a, M.J. Phasha b, , D.E. Motaung c, S. Bhero, Metastable phases in the Co–W system traced from elemental Co and W powders, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials 31 (2012) 274–280.
[7] M. Mohammadpour a, P. Abachi a, N. Parvin b, K. Pourazrang a, Study of cemented carbonitrides with nickel as binder: Experimental investigations and computer calculations Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials 31 (2012) 164–170
[8] www.metal-powder.net, January 2009.
[9] http://tungsten-cemented-carbide.com/
[10] www.hardmatrials.sandvik.com.
[11] Surut Petchsakunwong, World Economic Crisis 2008-2009: Cause & Effect, January-June 2011