การพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

Development Efficiency of Cemented Tungsten Carbide Insert for Rough Milling

สรายุทธ จงเทพ
SARAYUT JONGTHEP

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2562

การพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

Development Efficiency of Cemented Tungsten Carbide Insert for Rough Milling

สรายุทธ จงเทพ

SARAYUT JONGTHEP

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

ชื่อ นามสกุล สรายุทธ จงเทพ

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณวริช พลูปราชญ์)

..... กรรมการ
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

..... กรรมการ
(ดร.สรสุธี บัวพูล)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

วันที่ ....4.... เดือน....ตุลาคม.... พ.ศ. ....2562....

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด
ชื่อ นามสกุล สรายุทธ จงเทพ
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่มีขนาดเทียบเท่า SEKN1203AFTN เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน สำหรับการตัดปาดผิวหยาบ (Rough machine) ในงานปาดหน้า (Face milling machine) โดยให้ผิวหลบ (Flank) มีพื้นผิวสัมผัสลดลงเพื่อคงความแข็งแรงของคมตัด เนื่องจากสารหล่อเย็นมีระบบการไหลเปลี่ยนไปส่งผลให้ผิวงานและคมตัดมีความร้อนสะสมลดลง ซึ่งการตัดเฉือนแตกต่างไปจากเดิม ผิวหลบส่งเสริมการไหลของสารหล่อเย็น (Coolant) และลดแรงเสียดทาน (Friction force) ผลปรากฏว่าอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น (Life time) ร้อยละ 26.31 การสั่นสะเทือนลดลง (Vibration) จากผลการวิเคราะห์ความดังเสียงลดลง (Decibel) ร้อยละ 35 และชิ้นงานที่ผลิตมีความหยาบผิวลดลง (Surface Roughness) ร้อยละ 62.79 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาผิวหลบมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น จึงสามารถนำไปใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์, กัดผิวหยาบ, ทังสเตนคาร์ไบด์, อายุการใช้งาน, ความหยาบผิว

Independent Study title	Development Efficiency of Cemented Tungsten Carbide Insert for Rough Milling
Author	Sarayut Jongthep
Degree	Master of Engineering
Major program	Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate School)
Academic Year	2019

ABSTRACT

Carbide Insert efficiency development of this research equivalent to standard insert type : SEKN1203AFTN. For the higher operating efficiency is the machining time by the tool life increased for rough machine of face milling machine. Flank designed to have a flow slot coolant , flow rate of coolant to have a incrased convenient flow as a result, the surface and cutting edges less heat. The machining ability is different compared to the unslot in flank. The flank slot reduces the contact and slot, which to have coolant flow and friction force milling machining. As a result the milling time was 26.31%, the vibration was reduced by 35% and the workpiece surface Roughness was reduced 62.79%. As a result to development the phototype product is performance in using and cutting edge increased. It can be apply in using Cement Tungsten Carbide in sustainable industries.

Keyword: Cemented Tungsten Carbide, Rough Milling, Tungsten Carbide, Tool Life, Surface Roughness.

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กัณวริช พลูปราชญ์ ที่สละเวลามาเป็นประธาน ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และดร.สรสุธี บัวพูล ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

สรายุทธ จงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญภาพ	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 สมมติฐานการวิจัย	4
1.6 นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม	5
2.1 การศึกษาอุตสาหกรรมซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์	5
2.2 การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)	27
บทที่ 3 การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ	29
3.1 แนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual Design)	29
3.2 หลักในการวิเคราะห์ออกแบบ	30
3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด	30
3.4 การผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Production)	31
3.5 การทดลองตัดปาดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ตัวอย่าง และแผ่นมีด แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่	38
3.6 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN ตัวอย่าง A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นใหม่	45
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	47
4.1 ผลการวิจัยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN	47
4.2 การอภิปรายผลการวิจัยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	51
5.1 สรุปผลการวิจัยในการพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ต้นแบบ	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 แผนการนำไปใช้เชิงพาณิชย์ 52
6.1 แผนการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เชิงธุรกิจ (Business Plan) 52
6.2 การทดสอบสมมติฐาน 83
เอกสารอ้างอิง 84
ภาคผนวก 86
ภาคผนวก ก ข้อมูลทางเทคนิค ตามมาตรฐาน ISO 13399 87
ภาคผนวก ข การเขียนโค้ดโปรแกรมกระบวนการกัดสาหรับเครื่องซีเอ็นซี 101
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบแผ่นมีดกัด A-E 103
ภาคผนวก ง บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์และเผยแพร่ 106
ประวัติการศึกษาและการทำงาน 116

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ปริมาณสำรองและการผลิตแร่ทังสเตนของโลก	2
3.1 รายละเอียดข้อมูลจำเพาะ เครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1p-06311018 AKA	41
4.1 การทดสอบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในการกัด โดยใช้แผ่นมีดซีเมนค์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐาน A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นใหม่	47
6.1 ปริมาณการผลิตรถยนต์และจักรยานยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559 จำแนกตามประเภทรถยนต์	64
6.2 ปริมาณการจำหน่ายในประเทศและส่งออกรถยนต์และจักรยานยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559 (ม.ค.-มี.ค.) จำแนกตามประเภทรถยนต์	66
6.3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรถยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559	67
6.4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรถจักรยานยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559	67
6.5 มูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการรับจ้างผลิตของประเทศไทย ปี 2554-2559	68
6.6 มูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการรับจ้างผลิตของประเทศไทย ปี 2555-2558	69
6.7 สรุปการลงทุนด้านวัตถุดิบและแรงงาน	80
6.8 สรุปการลงทุนด้านค่าพลังงานไฟฟ้า	81
6.9 สรุปค่าใช้จ่ายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	81
6.10 การพยากรณ์ ยอดขาย รายจ่าย กำไรสุทธิ และกำไรสุทธิสะสม	82

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

2.1 Tungsten Carbide Powder Market Research Report – Forecast to 2023 5
2.2 Economic classification by the World Bank (1996) for countries where the world's major tungsten deposits and districts Occur 6
2.3 แนวโน้มการผลิตทังสเตนจากทั่วโลก ระหว่าง ปี ค.ศ. 2006-2010 7
2.4 การรีไซเคิลโลหะในสหรัฐอเมริกา 8
2.5 Major world tungsten processing plants, 1919–1989 9
2.6 ปริมาณการผลิตทังสเตนจากการทำเหมืองแร่ ระหว่าง ปี ค.ศ.2003-2010 10
2.7 ปริมาณการบริโภคทังสเตนของแต่ละประเทศ 11
2.8 ปริมาณการนำเข้าทังสเตนของอเมริการะหว่าง ปี 1996-2007 11
2.9 ประเทศผู้ผลิตและผู้นำในอุตสาหกรรมทังสเตนและทังสเตนคาร์ 12
2.10 วงจรชีวิตของโลหะทังสเตนคาร์ไบด์ 13
2.11 ปริมาณทังสเตนสำรองทั่วโลก 13
2.12 แนวโน้มของการส่งออกทังสเตนของประเทศจีน 14
2.13 การผลิตทังสเตนของจีนและโควตาการสกัด 15
2.14 การจำแนกทังสเตนตามประเภทการใช้งานในอุตสาหกรรมโลหะแข็ง 15
2.15 แสดงปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ของแต่ละประเทศ 16
2.16 การใช้งานซีเมนต์คาร์ไบด์แต่ละประเภท 17
2.17 มูลค่าประมาณการซื้อขายของซีเมนต์คาร์ไบด์แต่ละประเภท 17
2.18 แนวโน้มการขายผลิตภัณฑ์ชนิดโลหะความแข็งสูงของบริษัท sandvik, kannamatel, Sumitomo และ Kennametal 18
2.19 แนวโน้มมูลค่าอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งของบริษัทผู้นำระหว่างปี 2007-2011 18
2.20 แนวโน้มรายได้จากการจำหน่ายเฉพาะเครื่องมือตัด ปี 2016-2018 19
2.21 ค่าใช้จ่ายด้าน R&D ต่อยอดขายระหว่างปี 2016-2018 19
2.22 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของบริษัท ยูไนเต็ด ทังสเตน จำกัด 22
2.23 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ บริษัท เอสวี นิททัน จำกัด 23
2.24 ผลิตภัณฑ์โลหะความแข็งสูงชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ 24
2.25 การผลิตชิ้นงานซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของ บริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด 25
2.26 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ประเภท End-Mills 26
2.27 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ประเภท Rod,Blank,Nib และ Carbide Ring 26
2.28 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ประเภท Insert tools และ Tool holder 27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

3.1 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 30
3.2 การออกแบบมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษา 31
3.3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยและผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ 32
3.4 การติดตั้งม่พิมพ์และการอัดขึ้นรูปแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษา 33
3.5 การประสานของผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการอบผนึก 34
3.6 เตาอบผนึกโลหะผงความร้อนสุญญากาศ 34
3.7 เครื่องเจียระไนแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ 2 ด้าน 35
3.8 การตรวจสอบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยไมโครมิเตอร์ 36
3.9 การเจียระไนมุมหลบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องเจียระไนเอนกประสงค์ 36
3.10 เครื่องลบคมแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ 37
3.11 การตรวจสอบขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องวัดขนาดชนิดแสงเงา 38
3.12 ขนาดวัสดุชิ้นงานในการทดลอง 39
3.13 แผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFT 39
3.14 หัวกัดปาดผิว (Face Milling Holder) จำนวน 4 คมตัด 40
3.15 เครื่องมิลลิ่ง CNC Hurco Model: VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA 41
3.13 แผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFT 42
3.16 Dial Gauge ไดอัลเกจ Mitutoyo รุ่น 2109S-10 43
3.18 เวอร์เนียดิจิตอล 44
3.19 เครื่องทดสอบความแข็ง Type 3R 45
3.20 การทดสอบการตัดปาดโดยการกัดด้วยเครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P 46
3.21 การวัดความหยาบผิวด้วยไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร 46
4.1 ผลการทดสอบ ความหยาบผิว อายุการใช้งาน และความดังเสียงของแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์มาตรฐานและแผ่นมีดที่พัฒนาขึ้นใหม่ 48
4.2 พื้นผิวชิ้นงานทดสอบความหยาบผิว (Surface Roughness) ที่ผ่านการตัดปาดผิวจากแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ A-E 48
6.1 แนวโน้มอัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) ปี 2562 53
6.2 อัตราการขยายตัวของดัชนีอุตสาหกรรมเหล็กปี 2561 54
6.3 ปริมาณการจำหน่ายและมูลค่าการนำเข้าปี 2561 55
6.4 อัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิต มูลค่าการนำเข้า และมูลค่าการส่งออกของเครื่องใช้ไฟฟ้า ปี 2561 56
6.5 อัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิต มูลค่าการนำเข้า และมูลค่าการส่งออกของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ปี 2561 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

6.6 อัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิต มูลค่าการนำเข้า และมูลค่าการส่งออกของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ปี 2561 59
6.7 มูลค่าการส่งออกและนำเข้าส่วนประกอบและอุปกรณ์ รถยนต์ ปี 2561 60
6.8 แนวโน้มการผลิตรถจักรยานยนต์ของประเทศไทยในช่วง ปี 2561 61
6.9 มูลค่าการส่งออกและนำเข้า ส่วนประกอบและอุปกรณ์ รถจักรยานยนต์ ปี 2561 62
6.10 สภาวะการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยนับตั้งแต่ปี 2554-2559 64
6.11 ปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ และอัตราการเติบโต ปี 2554-2559 65
6.12 มูลค่านำเข้าและส่งออกแม่พิมพ์ของไทย ปี 2554-2559 (มกราคม-พฤษภาคม) 73
ภาพ 6.13 มูลค่านำเข้าแม่พิมพ์ของไทย จำแนกตามประเภทแม่พิมพ์ ปี 2554-2559 (มกราคม-พฤษภาคม) 73
6.14 มูลค่าส่งออกแม่พิมพ์ของไทย จำแนกตามประเภทแม่พิมพ์ ปี 2554-2559 (มกราคม-พฤษภาคม) 74
6.15 มูลค่านำเข้าแม่พิมพ์ของไทยจากประเทศต่าง ๆ 10 อันดับแรก ปี 2558 75
6.16 มูลค่าส่งออกแม่พิมพ์ของไทยจากประเทศต่าง ๆ 10 อันดับแรก ปี 2558 75
6.17 มูลค่าส่งออก นำเข้า และมูลค่าเกินดุลแม่พิมพ์ของไทย ปี 2558 76
6.18 มูลค่าส่งออก นำเข้า และมูลค่าขาดดุลแม่พิมพ์ของไทย ปี 2558 77
6.19 ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (ตามกิจกรรม) 78
6.20 ปัญหาและอุปสรรคการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย 79
6.21 ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) 82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Cement Tungsten Carbide) เป็นโลหะที่มีความแข็งสูง รองจากเพชร ซึ่งเหมาะสำหรับผลิตเป็นเครื่องมือ หรือวัสดุที่ต้องการความคงทน แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Cutting Tool) ทำขึ้นจากผงโลหะของทังสเตนคาร์ไบด์ และโคบอลต์ ซึ่งถูกอัดให้มีรูปร่างตามต้องการแล้วนำเข้าสู่กระบวนการอบผนึก (Sintering Process) แล้วนำเข้าสู้กระบวนการเจียระไน (Grinding Process) เหมาะสมกับการตัดปาดเหล็กหล่อ ยกเว้นเหล็กกล้า เนื่องจากเศษในกระบวนการตัดปาด (Milling Process) จะยึดติดกับผิวหน้าแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งการใช้งานกับเหล็กกล้านี้อาจแก้ไขได้โดยการเติมไททาเนียม (Ti) และแทนทาลัมคาร์ไบด์ (Ta) เข้าผสมเพิ่ม ซึ่งในเครื่องมือตัดของคาร์ไบด์ที่เหมาะแก่การปฏิบัติสำหรับเหล็กล้าจะประกอบไปด้วยปริมาณทังสเตนคาร์ไบด์ร้อยละ 82 ไททาเนี่ยมคาร์ไบด์ร้อยละ 10 และโคบอลต์ (Co) ร้อยละ 8 มีค่าสัมประสิทธิ์ต่ำเหมาะสมกับการปฏิบัติการทั่วไป

ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถคงทนต่ออุณหภูมิที่สูงกว่า 1200 องศาเซลเซียส เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีความแข็ง สามารถทนแรงอัดสูง แต่มีข้อเสียในด้านความเปราะสูง มีความต้านทานต่อการกระทบกระแทกต่ำ และต้องการฐานรองรับอย่างมั่นคงแข็งแรงเพื่อป้องกันการแตกร้าว แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์จะสามารถทำการตัดปาดด้วยอัตราเร็ว (Speed) 2 – 3 เท่าของแผ่นมีดโลหะผสม แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์จึงมีประสิทธิภาพการทำงานสูง โดยเครื่องจักรสำหรับที่ใช้กับแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์จะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง มีกำลังของเครื่องจักรเพียงพอ มีช่วงของการป้อน (Feed) และอัตราเร็วรอบ (Speed of Spindle) ที่เหมาะสม

ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่มีความละเอียดของเกรนสูง (Micrograin Carbide) มีความแข็งแรงสูง ใช้ในการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ สามารถทานต่อการสึกหรอในการตัดปาดได้ ทั้งนี้ยังมีการเคลือบผิวแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการเคลือบผิว (PVD Coating) ที่ความหนา 0.05-0.08 มิลลิเมตร ของไททาเนี่ยมคาร์ไบด์ อลูมินัมออกไซด์ (Aluminum Oxide) หรือไทเทเนี่ยมไนไตรด์ (Titanium Nitride) เพื่อลดความร้อนจากการตัดปาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์และยังช่วยในการรักษาคมตัดได้ แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ผ่านการเคลือบผิวไม่เหมาะสมกับการตัดปาดชิ้นงานที่มีเศษมากหรือมีทรายเจือปนอยู่

การผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการบริโภคซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในภาคอุตสาหกรรมการเพิ่มก็มีปริมาณการใช้ที่เพิ่มขึ้น โดยประเทศต่างๆในทั่วโลกมีศักยภาพในการผลิตเครื่องมือ ชิ้นส่วนซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงสถานการณ์ทังสเตนของโลก และการสำรองแร่ทังสเตนของโลก เกี่ยวกับด้านการเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สามารถแสดงได้ ดังตาราง 1.1

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสำรองและการผลิตแร่ทังสเตนของโลก

หน่วย: Tons of tungsten content

ประเทศ	ปีการผลิต		ปริมาณสำรอง
	2556	2557	
จีน	68,000	68,000	1,900,000
รัสเซีย	3,600	3,600	250,000
แคนาดา	2,130	2,200	290,000
เวียดนาม	1,660	2,000	87,000
โบลิเวีย	1,250	1,300	53,000
อื่นๆ	4,760	5,300	720,000
รวม	**81,400**	**82,400**	**3,300,000**

ที่มา : USGS (2015)

จากตาราง 1.1 แสดงปริมาณสำรองและการผลิตแร่ทังสเตนของโลก จีนเป็นประเทศที่มีการผลิตและสำรองแร่ทังสเตนมากที่สุดของโลก โดยในปี 2557 มีปริมาณการผลิตทังสเตนประมาณ 68,000 ตันทังสเตน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 86 ของผลการผลิตของโลก และปริมาณสำรองแร่ทังสเตนประมาณ 1.9 ล้านตันทังสเตน หรือประมาณร้อยละ 58 ของปริมาณการสำรองทังสเตนทั่วโลก

การใช้งานผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในประเทศไทยนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงและเป็นผู้นำของอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดเช่น KYOCERA SECO และ SANDVIK ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับใช้งานภายในประเทศและศึกษาประสิทธิภาพการใช้งาน กรณีศึกษา แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFTN โดยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ใช้จากผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงข้อจำกัดที่พบคือมีราคาสูง โดยการพัฒนาขึ้นภายในประเทศนั้นจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อองค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ประกอบการและผู้ใช้งาน ซึ่งจะสามารถพึ่งพาตัวเองได้อย่างยั่งยืน

การวิจัยนี้จึงศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในการกัด โดยพัฒนามุมหลบของแผ่นมีดที่มีพื้นที่การสัมผัสผิวชิ้นงานลดลง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของคมตัด โดยลดแรงเสียดทาน และลดความร้อนบริเวณคมตัด ซึ่งส่งผลให้อายุการใช้งานของคมตัดเพิ่มขึ้น และนำผลการศึกษามาคิดค้นออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่มีประสิทธิภาพในการกัดผิวเพื่อการใช้งานในอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203AFTN สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการตัดปาดของแผ่นมีด รหัส SEKN1203 AFTN ตามแผ่นมีดมาตรฐานตัวอย่างยี่ห้อ A-D ในการทดสอบ จำนวนแผ่นมีดที่ใช้ในการทดสอบ เท่ากับ 5 แผ่นมีด

1.3.2 วิเคราะห์มุมหลบของแผ่นมีด SEKN1203 AFTN

1.3.3 วิเคราะห์การไหลของสารหล่อเย็นในการตัดเฉือน

1.3.4 ออกแบบมุมหลบและกำหนดพื้นผิวสัมผัสของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ใหม่

1.3.5 ผลิตแผ่นมีดทังสเตนคาร์ไบด์ ที่มีส่วนผสมทังสเตน (W) ร้อยละ 80.5 และปริมาณโคบอลต์ (Co) ร้อยละ 9.5 ขนาดอนุภาค (Grain size) เท่ากับ 3.0 ไมครอน

1.3.6 ทดสอบประสิทธิภาพการตัดปาดเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางเกรด S45C ขนาด 45 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร x 124 มิลลิเมตร ด้วยเครื่อง มิลลิ่ง CNC Hurco Model : VM1P ความเร็วรอบ (Speed) 600 รอบต่อนาที อัตราป้อน (Feed) 120 เมตรต่อนาที (Feed) ใช้หัวกัดปาดผิวจำนวน 4 แผ่นมีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Face Milling Holder) 50 มิลลิเมตร กัดชิ้นงานลึก (Depth/Cut) ครั้งละ 2 มิลลิเมตร

1.3.7 ตรวจสอบและวิเคราะห์ผลการพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ คำนวณระยะทางในการกัดชิ้นงาน (เมตร) วัดความดังเสียงในการกัดชิ้นงานด้วย Sound Meter และวัดความหยาบผิวโดยใช้ไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบผลทดสอบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตราฐานของตัวอย่างทดสอบ

1.4.2 ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบ SEKN1203 AFTN ที่ได้ออกแบบใหม่ ที่มีอายุการใช้งานมากขึ้น

1.4.3 เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันด้านคุณภาพของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ที่สามารถใช้งานได้ภายในประเทศ

1.4.4 ผู้บริโภค หรือผู้ใช้งานแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในประเทศ ลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์จากต่างประเทศได้

1.5 สมมติฐานการวิจัย

การพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดไม่ทำให้คุ้มทุนภายในระยะเวลา 1 ปี นับตั้งแต่วันเริ่มผลิต

1.6 นิยามศัพท์

Face millings	หมายถึง งานกัดปาดหน้า
Coolant	หมายถึง สารหล่อเย็น
Flank	หมายถึง ผิวหลบ
Surface Roughness	หมายถึง ความหยาบผิว
Friction force	หมายถึง แรงเสียดทาน
Holder	หมายถึง หัวกัด
Slot	หมายถึง ร่อง
Work piece	หมายถึง ชิ้นงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

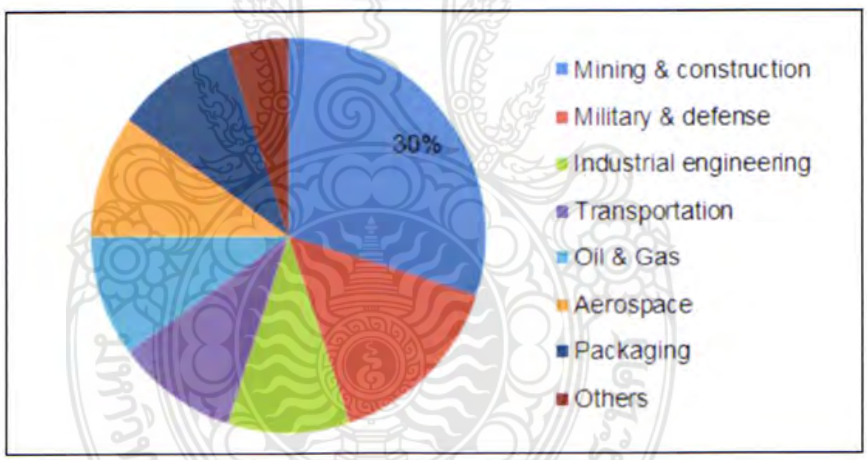
บทที่ 2

การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาอุตสาหกรรมซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดในงานตัดปาดผิวและเพื่อให้ครอบคลุมวงจรชีวิตของซีเมนต์คาร์ไบด์ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษามูลค่าของอุตสาหกรรมทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์อุตสาหกรรมโลหะความแข็งสูง แนวโน้มการตลาด และการทบทวนวรรณกรรมเพื่อศึกษาโอกาสในการพัฒนา

2.1 การศึกษาอุตสาหกรรมซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

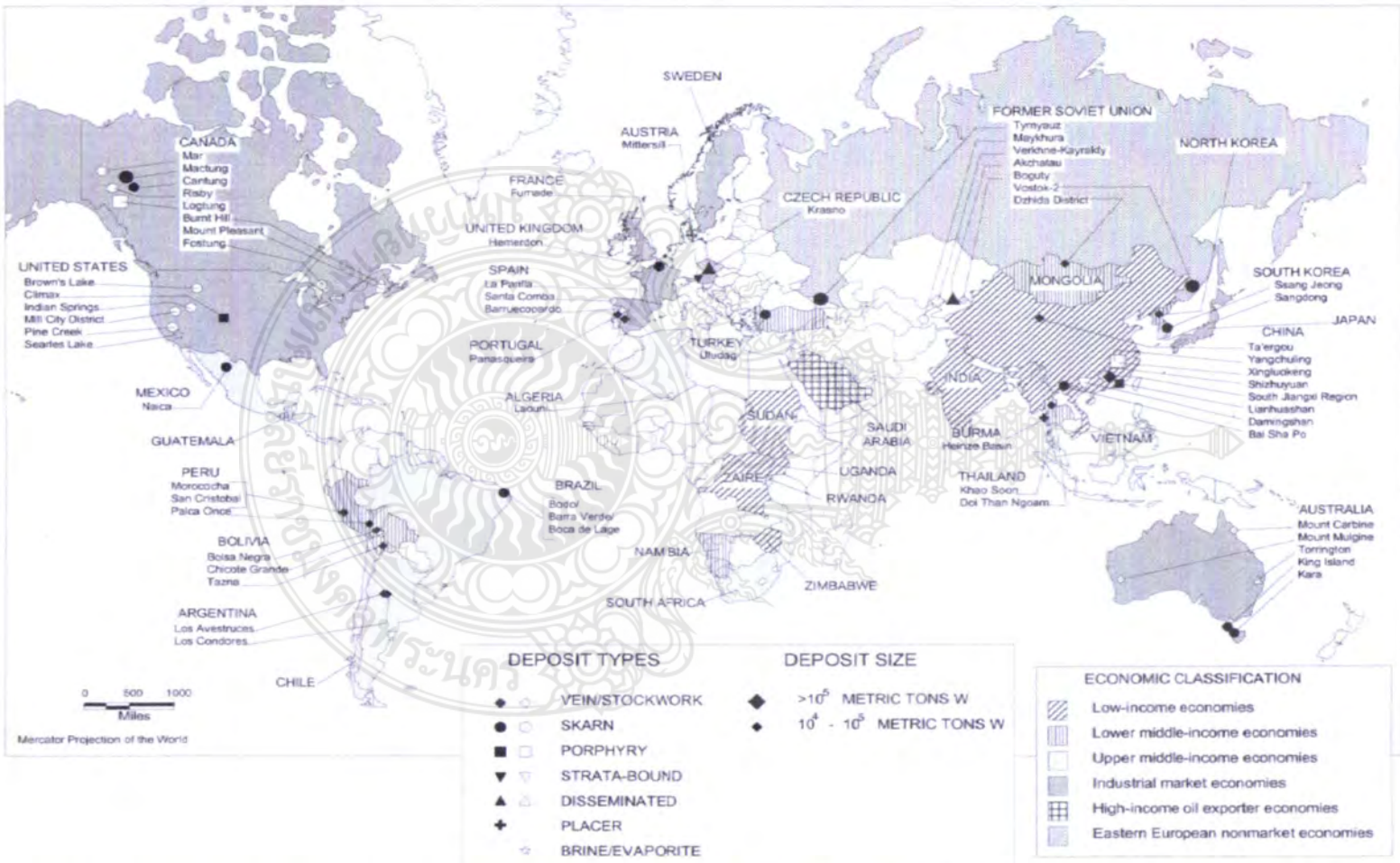
2.1.1 อุตสาหกรรมซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์



ภาพ 2.1 Tungsten Carbide Powder Market Research Report – Forecast to 2023

ที่มา : https://www.marketresearchfuture.com/reports/tungsten-carbide-powder-market-5983 (2019)

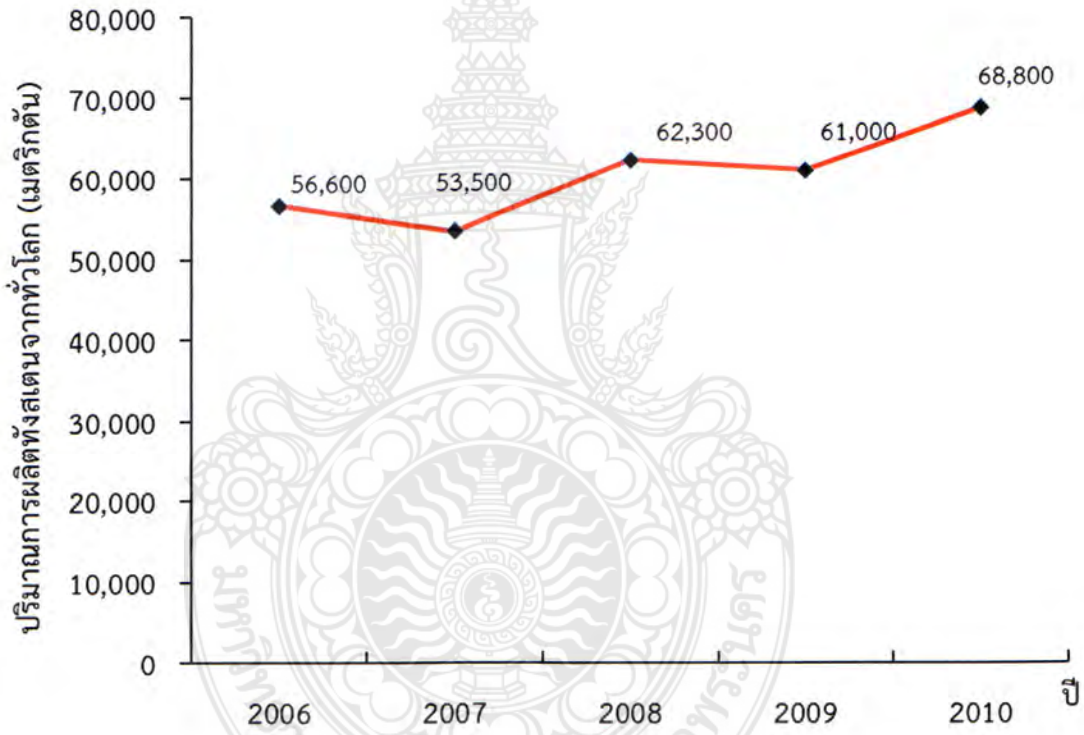
จากภาพ 2.1 แสดงสัดส่วนตามประเภทอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้ผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ อุตสาหกรรมที่ใช้มากที่สุดคือ อุตสาหกรรมเหมืองและการก่อสร้าง(ร้อยละ 30) รองลงมาคืออุตสาหกรรมทางการทหารและการป้องกันประเทศ เนื่องจากซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มีความสามารถในการต้านทานความร้อนสูง จึงถูกใช้ในการผลิตเป็นหัวกระสุนเจาะเกราะที่มีความแข็งสูง



ภาพ 2.2 Economic classification by the World Bank (1996) for countries where the world's major tungsten deposits and districts Occur

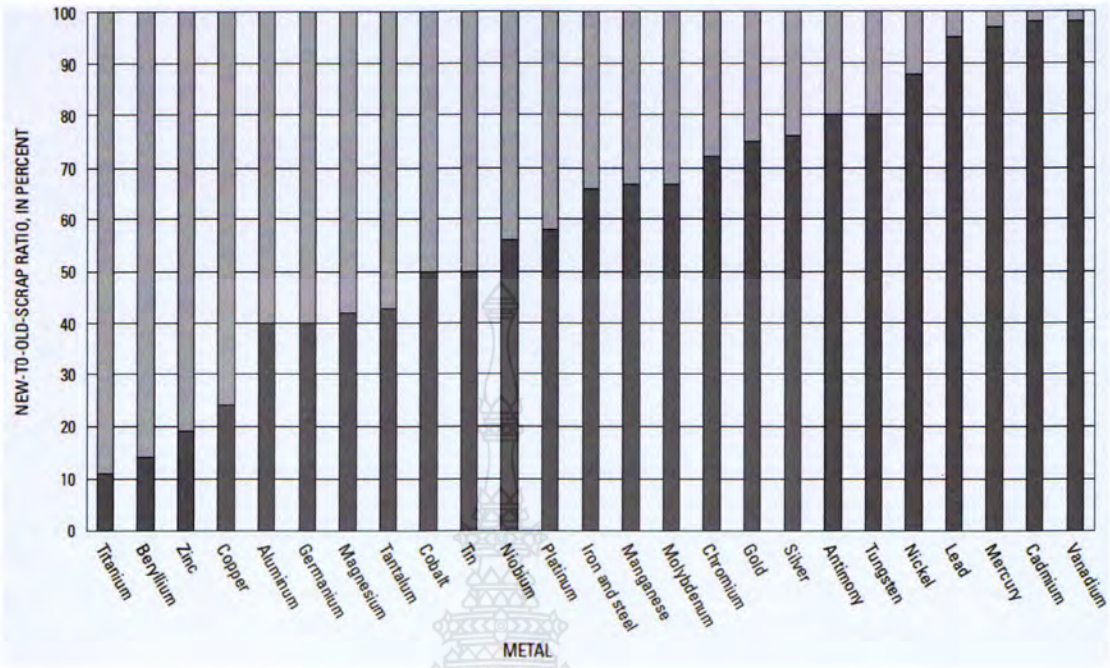
ที่มา: Antony; W. David Sinclair; Earle B. Amey, International Strategic Mineral Issues Summary Report- Tungsten (1998)

จากภาพ 2.2 แสดงการจำแนกแหล่งทังสเตนที่สำคัญทางเศรษฐกิจตามเขตต่างๆ ของโลก เช่นออสเตรีย มีแหล่งแร่ประมาณ 10,000-100,000 เมตริกตัน จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแหล่งแร่แบบหินแร่เนื้อหยาบ (Skarn) เช่น หินปูน เป็นแหล่งแร่เศรษฐกิจตลาดอุตสาหกรรม (Industrial Market Economies) จีนมีแหล่งแร่มากกว่า 100,000 เมตริกตัน จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแหล่งแร่ทังสเตนและดีบุก (Veins/Stock work) เป็นแหล่งแร่เศรษฐกิจที่มีรายได้ต่ำ รัสเซียมีแหล่งแร่ประมาณ 10,000-100,000 เมตริกตัน จัดอยู่ในกลุ่มทีมีแหล่งแร่ทังสเตนและดีบุก เป็นแหล่งแร่เศรษฐกิจที่มีรายได้ต่ำ อเมริกามีแหล่งแร่มากกว่า 100,000 เมตริกตัน จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแหล่งแร่ทังสเตนและดีบุกรวมถึงแหล่งแร่แบบหินปูนจำนวนมาก เป็นแหล่งตลาดอุตสาหกรรม พม่าจัดอยู่ในกลุ่มที่มีแหล่งแร่เศรษฐกิจแบบลานแร่ (Placer) คือแหล่งแร่ที่เกิดจากการสะสมของทองคำ เป็นต้น



ภาพ 2.3 แนวโน้มการผลิตทังสเตนจากทั่วโลก ระหว่าง ปี ค.ศ. 2006-2010
ที่มา: United States Geological Survey Mineral Resources Program (2010)

จากภาพ 2.3 แสดงปริมาณการผลิตทังสเตนจากทั่วโลก ระหว่าง ปี ค.ศ. 2006-2010 ปรากฏว่าปริมาณการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี คือ ปี ค.ศ.2006 มีปริมาณการผลิตอยู่ที่ 56,600 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2007 มีปริมาณการผลิตอยู่ที่ 53,500 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2008 มีปริมาณการผลิตอยู่ที่ 62,300 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2009 มีปริมาณการผลิตอยู่ที่ 61,000 เมตริกตัน และปี ค.ศ. 2010 มีปริมาณการผลิตอยู่ที่ 68,800 เมตริกตัน

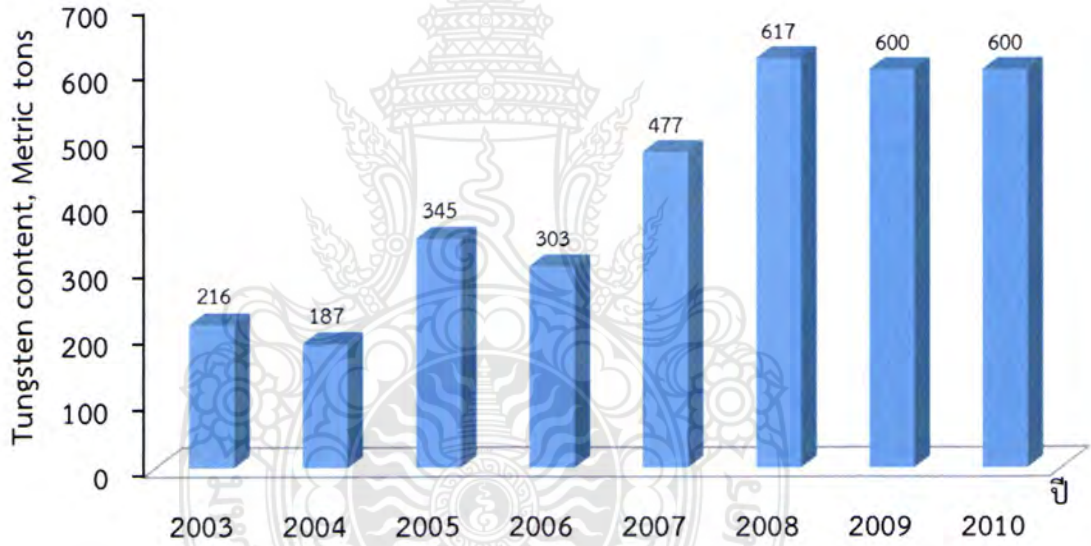


ภาพ 2.4 การรีไซเคิลโลหะในสหรัฐอเมริกา
ที่มา: Scott F. Sibley (2011)

ภาพ 2.4 แสดงภาพรวมการรีไซเคิลโลหะมีค่าในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีโลหะสำคัญชนิดต่าง ๆ เช่น ไทเทเนียม (Titanium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 11% เบอร์รีเลียม (Beryllium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 15% สังกะสี (Zinc) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 18% ทองแดง (Copper) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 25% อะลูมิเนียม (Aluminum) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 40% เจอร์มาเนียม (Germanium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 40% แมงนีเซียม (Magnesium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 42% แทนทาลัม (Tantalum) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 42% โคบอลต์ (Cobalt) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 50% ดีบุก (Tin) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 50% ไนโอเบียม (Niobium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 55% เพลทินัม (Platinum) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 57% เหล็กและเหล็กกล้า(Iron and Steel) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 66% แมงกานีส (Manganese) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 66% โมลิดิเนียม (Molybdenum) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 66% โครเมียม (Chromium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 71% ทอง (Gold) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 75% เงิน (Silver) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 75% แอนติโมนี (Antimony) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 80% ทังสเตน(Tungsten) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 80% นิเกล (Nickel) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 88% ตะกั่ว(Lead) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 95% เมอคิวรี (Mercury) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 97%แคดเมียม (Cadmium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 98% และวานาเดียม (Vanadium) สัดส่วนการรีไซเคิลประมาณ 98%

ภาพ 2.5 Major world tungsten processing plants, 1919–1989.
ที่มา: Scott F. Sibley (2011)

จากภาพ 2.5 แสดงโรงงานผลิตซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่สำคัญของโลก ระหว่างปี ค.ศ. 1919-1989 สามารถจำแนกเป็น4 จำพวก คือ โรงงานผลิตแบบ Ammonium Paratungstate โรงงานผลิตโลหะผสมเหล็ก-ทังสเตน(Ferrotungsten: แหล่งของเฟอร์โรทังสเตนที่สำคัญ คือ ประเทศจีน) โรงงานผลิตทังสเตนแบบครบวงจรและอื่นที่ไม่สามารถระบุได้ ซึ่งตั้งอยู่ตามประเทศต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ อเมริกา 14 แห่ง มีกำลังการผลิต 900 (เมตริกตัน:เฉพาะที่มีข้อมูล) ออสเตรีย 4 แห่ง กำลังการผลิตอยู่ที่ 1,300 เมตริกตัน บราซิล 1 แห่งกำลังการผลิต 1,200 เมตริกตัน ญี่ปุ่น 7 แห่ง มีกำลังการผลิต 4,553 เมตริกตัน จีน 14 แห่ง มีกำลังการผลิต 27,100 เมตริกตัน และยังมีประเทศอื่นๆ เช่น รัสเซีย สวีเดน เยอรมัน เกาหลีใต้ และแคนนาดา เป็นต้น ซึ่งไม่ทราบกำลังการผลิต นอกจากนี้ยังพบว่าในประเทศไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังไม่มีโรงงานผลิตโลหะผงชนิดทังสเตน หรือทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งถือเป็นวัสดุต้นน้ำที่สำคัญต่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมในประเทศให้มีความเข้มแข็ง เนื่องจากโลหะที่ใช้ผลิตเหล็กกล้าเครื่องมือ และเหล็กเครื่องมือรอบสูงชนิดต่าง ๆ



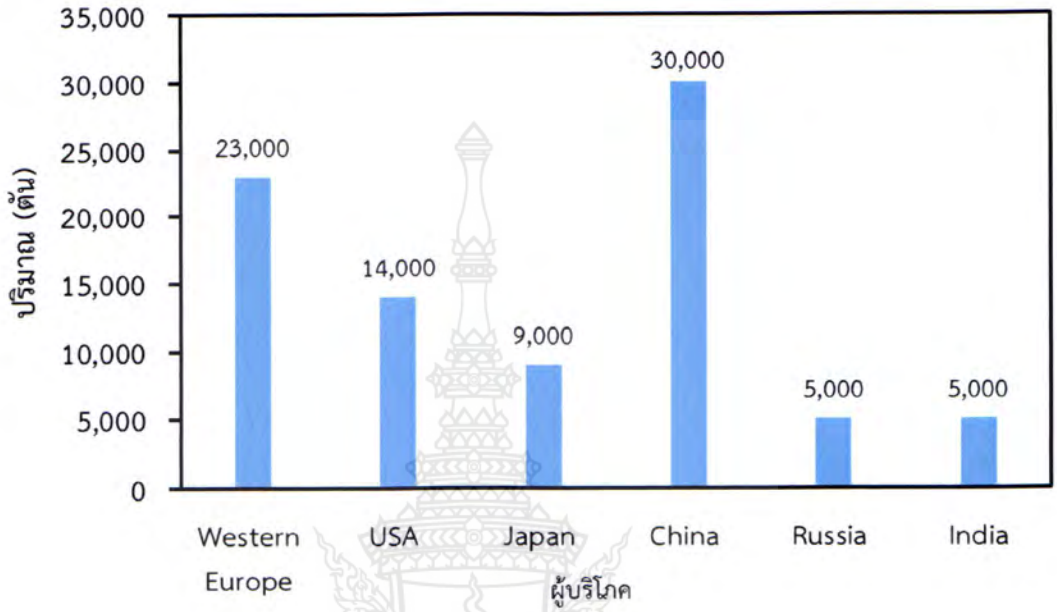
ภาพ 2.6 ปริมาณการผลิตทังสเตนจากการทำเหมืองแร่ ระหว่าง ปี ค.ศ.2003-2010
ที่มา: United States Geological Survey Mineral Resources Program (2010)

จากภาพ 2.6 แสดงปริมาณการผลิตทังสเตนจากการทำเหมืองแร่ ระหว่าง ปี ค.ศ.2003-2010 พบว่า ปริมาณทังสเตน ปี ค.ศ.2003 อยู่ที่ 216 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2004 อยู่ที่ 187 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2005 อยู่ที่ 345 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2006 อยู่ที่ 303 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2007 อยู่ที่ 477 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2008 อยู่ที่ 617 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2009 อยู่ที่ 600 เมตริกตัน ปี ค.ศ.2010 อยู่ที่ 600 เมตริกตัน

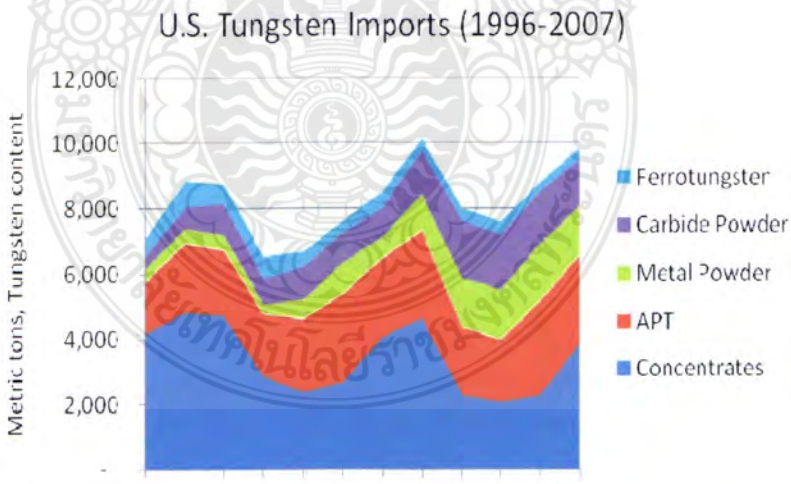
2.1.2 การศึกษามูลค่าของอุตสาหกรรมทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับเครื่องมือตัด

2.1.2.1 สถานการณ์ทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์ ปริมาณการบริโภคทั่วโลกประมาณ 88,000 ตัน ซึ่งทังสเตนสามารถแยกตามประเภทการใช้งานดังภาพ 2.6 ประกอบด้วยประเทศจีนปริมาณการบริโภคทังสเตนประมาณปีละ 30,000 ตัน ยุโรป 23,000 ตัน สหรัฐอเมริกา

(USA) 14,000ตัน ญี่ปุ่น 9,000 ตัน รัสเซีย 5,000 ตัน และประเทศอินเดียมีการบริโภคทังสเตนปีละ 5,000 ตัน ดังภาพ 2.7 และภาพ 2.8



ภาพ 2.7 ปริมาณการบริโภคทังสเตนของแต่ละประเทศ
ที่มา: Wolf-W.Albrecht, (2008)



ภาพ 2.8 ปริมาณการนำเข้าทังสเตนของอเมริการะหว่าง ปี ค.ศ.1996-2007
ที่มา: Reconfiguration of the National Defense Stockpile (NDS) Report to Congress, April (2009)

จากภาพ 2.15 แสดงแนวโน้มการนำเข้าทังสเตนของอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 1996-2007 ปรากฏว่า เหล็กทังสเตน (Ferrotungsten) มีปริมารการนำเข้าระหว่าง 6,000-9,900 เมตริกตัน ผงทังสเตนคาร์ไบด์(Carbide Powder) ปริมาณการนำเข้าระหว่าง 5,000-9,700 เมตริกตัน โลหะผง (Metal Powder)ปริมาณการนำเข้าระหว่าง 4,000-8,100 เมตริกตัน แอมโมเนียมพาราทังสเตน (APT) ปริมาณการนำเข้าระหว่าง 3,000-7,000 เมตริกตัน และเนื้อแร่ (Concentrates) ปริมาณการนำเข้าระหว่าง 2,000-4,000เมตริกตัน การค้าต่างประเทศของสหรัฐเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ ปี 1996 ซึ่งในปี 2007 การนำเข้าสูงขึ้นกว่า 3 เท่า

จากการศึกษาโครงสร้างอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดพบว่ากลุ่มผู้นำของอุตสาหกรรมนี้ให้ความสำคัญกับการนำซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กลับมาใช้ใหม่ ดังนี้ บริษัท Sumitomo Electric industries, Ltd มีกระบวนการพัฒนาระบบรีไซเคิลซีเมนต์คาร์ไบด์กลับมาใช้ใหม่ โดยอาศัยความร่วมมือกับ Nagoya University ญี่ปุ่นนำเข้าซีเมนต์คาร์ไบด์เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะวัตถุดิบเช่น ทังสเตน โคบอลต์ และโลหะหายากอื่น ๆ ด้วยปริมาณการใช้มีมากแต่อุปทานของทังสเตนถูกจำกัดทำให้ต้องมีการรีไซเคิล อัตราการรีไซเคิลทังสเตนของประเทศญี่ปุ่นในปัจจุบันมีเพียง 25% ซึ่งตามหลังประเทศผู้นำที่รีไซเคิลโลหะทังสเตนตัวอย่างเช่น ประเทศอเมริการีไซเคิล 50% ขณะที่ยุโรปรีไซเคิล 40% (Newsletter "SEI NEWS" Vol.403 :http://global-sei.com 2013)

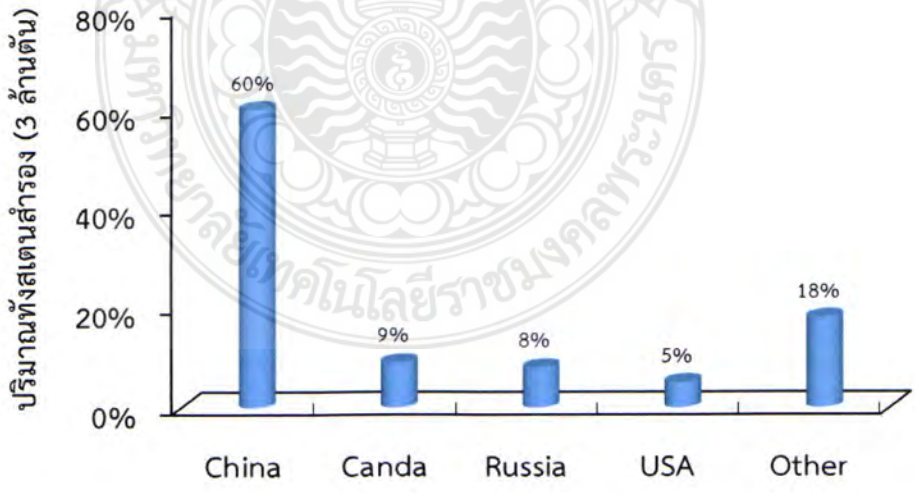
ภาพ 2.9 ประเทศผู้ผลิตและผู้นำในอุตสาหกรรมทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์
ที่มา: Sumitomo Electric to Start Tungsten Refining and Scrap Recycling Operations in the United States from March (2014)

บริษัท Sumitomo ไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำกัด และบริษท นิวยอร์กทังสเตน LLC ซึ่งเป็นบริษัท ในเครือของบัฟฟาโล Tungsten Inc. (BTI) ผู้ผลิตผงทังสเตนในประเทศสหรัฐอเมริกามีการจัดตั้ง บริษัท ร่วมทุนไนแอการากลั่น LLC (NIRE) เพื่อผลิตทังสเตนออกไซด์ (WO_3) จากแร่ดิบ

เช่นเดียวกับเศษวัสดุรีไซเคิลการดำเนินงานมีการเริ่มต้นเมื่อเดือนมีนาคม 2014 ผู้ผลิตทังสเตนและทังสเตนคาร์ไบด์ เช่น จีน 1,900,000 ตัน/ปี รัสเซีย 250,000 ตัน/ปี สหรัฐอเมริกา 140,000 ตัน/ปี แคนนาดา 120,000 ตัน/ปีและอื่น ๆ ประมาณ 760,000 ตัน/ปี ดังภาพ 2.10

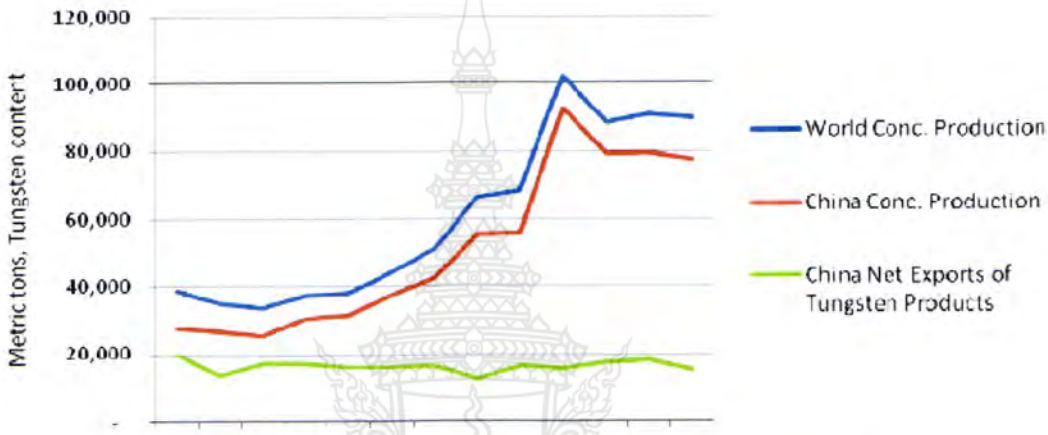
ภาพ 2.10 วงจรชีวิตของโลหะซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์
ที่มา: http://global-sei.com (2013), มกราคม 2562

จากภาพ 2.10 แสดงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ เริ่มต้นจากวัสดุตั้งต้นคือโลหะผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ส่งต่อให้ลูกค้าเมื่อผ่านการใช้งานแล้ว ตัวแทนจำหน่ายรับซื้อคืนและขายกลับไปยังผู้ผลิตเพื่อรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่



ภาพ 2.11 ปริมาณทังสเตนสำรองทั่วโลก
ที่มา: http://global-sei.com (2013), มกราคม 2562

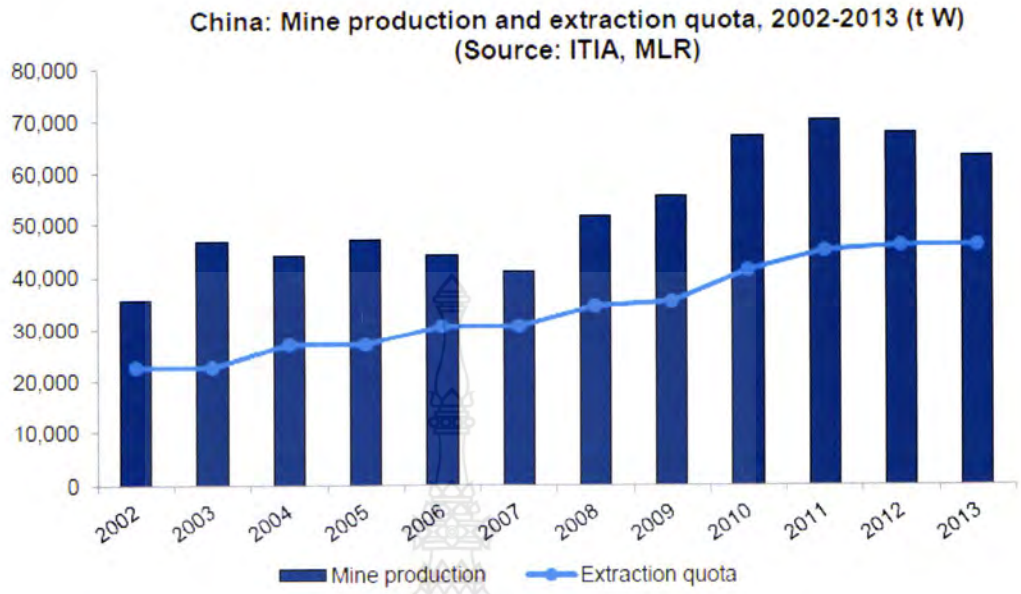
จากภาพ 2.11 แสดงปริมาณซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำรองผู้ประเทศต่างๆ ประกอบด้วย จีน 60% (95,305ล้านบาท) แคนนาดา 9% (14,295 ล้านบาท) รัสเซีย 8% (12,707 ล้านบาท) สหรัฐอเมริกา 5% (7,942 ล้านบาท) อื่น ๆ 18% (28,591 ล้านบาท) โดยข้อมูลจากหน่วย Department of Defense United Statesof America ณ ปี 2013 พบว่า สหรัฐอเมริกามีปริมาณซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สะสมอยู่ที่ 2,155,356.29 กิโลกรัม และมีทังสเตนออกไซด์สะสมอยู่ที่ 2,717,977.66 กิโลกรัม



ภาพ 2.12 แนวโน้มของการส่งออกทังสเตนของประเทศจีน
ที่มา: Reconfiguration of the National Defense Stockpile Report to Congress, Department of Commerce Analysis of Tungsten (2009)

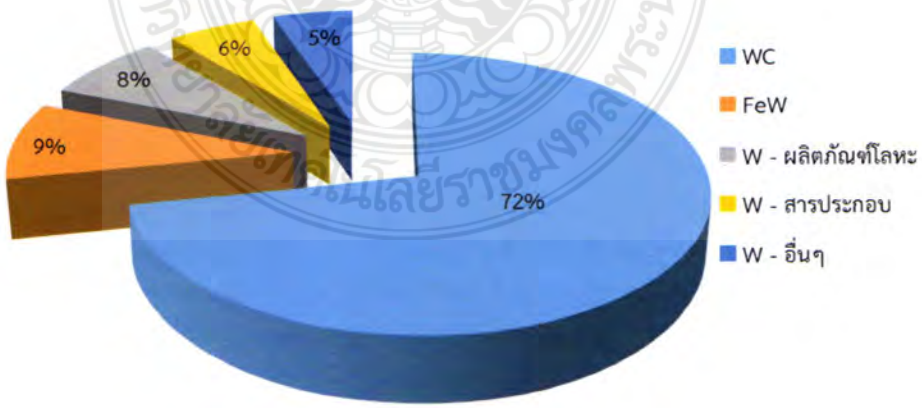
ประเทศจีนได้รับการยอมรับว่ามีบทบาทสำคัญระดับโลกเกี่ยวกับทังสเตนครอบโดยมีซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำรองประมาณสองในสามของซีเมนต์ทังสเตนคราร์ไบด์ทั่วโลก มีการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคิดเป็นประมาณสามเท่านับตั้งแต่กลางปี 1990 จีนเป็นผู้ส่งออกหลักมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 130 ในการส่งออกทั่วโลกตั้งแต่ปี 1995 เพิ่มส่วนแบ่งของการผลิตทังสเตนเข้มข้นทั่วโลกจากประมาณร้อยละ 75 ในปี 1995 และ 85% ในปี 2007

David Merriman–Roskill (2013) รายงานว่าอุปทานของซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten supply) ปี2012 อุปทานทังสเตนทั่วโลกสูงกว่า 117,000 ตัน เป็นทังสเตนออกไซด์ 75% (WO_3) ซึ่งได้รับมาจากแหล่งเหมืองเป็นหลักและส่วนที่เหลือมาจากการรีไซเคิลและนำมาใช้ใหม่ของวัสดุทังสเตน เหมืองที่ใหญ่ที่สุดของทังสเตนอยู่ในประเทศจีนคิดเป็น 82% ของการผลิตจากเหมืองทั่วโลกในปี 2012 รัสเซียเป็นผู้ผลิตใหญ่เป็นอันดับสองที่ประมาณ 5% และแคนาดาในอันดับที่สามที่ประมาณ 3.5%



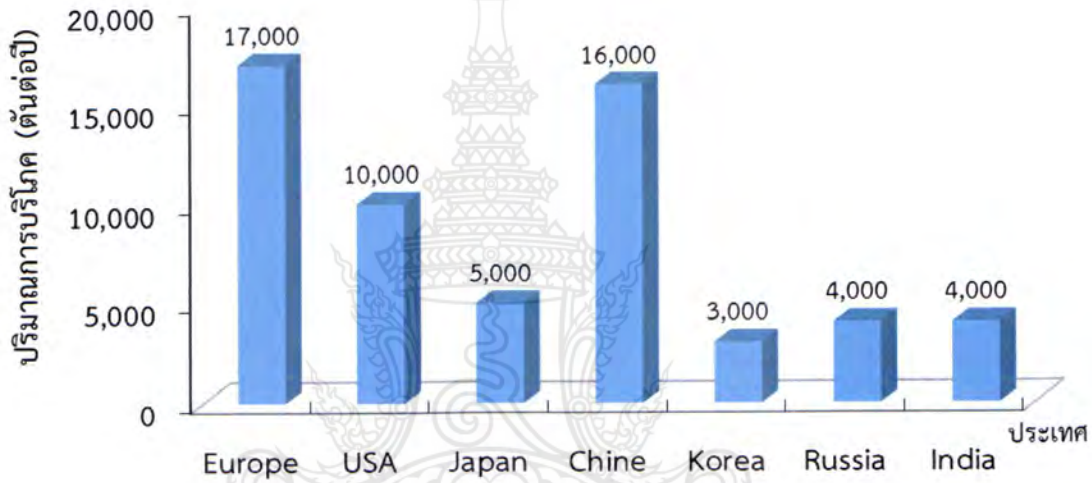
ภาพ 2.13 การผลิตทังสเตนของจีนและโควตาการสกัด
ที่มา: Merriman–Roskill Senior (2013)

การผลิตของเหมืองในประเทศจีนถูกตรวจสอบโดย กระทรวงทรัพยากรและ (MLR) ซึ่งออกโควตาการสกัดประจำปี เฉลี่ยอยู่ที่ 3.7% ต่อปี ประมาณ 57,800 ตัน (WO^3) โดยที่การผลิตจริงจะเกินโควตาของการสกัดประมาณ 30-50 % จากภาพ 2.20 แสดงปริมาณการผลิตทังสเตนของจีนระหว่าง 36,000-70,000 ตัน ปี 2002-2013 สูงสุดในปี 2012 ประมาณ 70,000 ตัน โดยที่โควตาการสกัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



ภาพ 2.14 การจำแนกทังสเตนตามประเภทการใช้งานในอุตสาหกรรมโลหะแข็ง

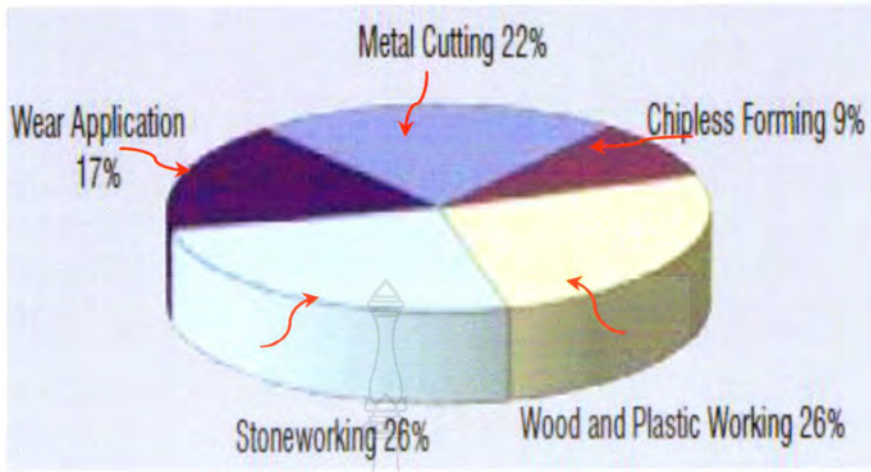
จากภาพ 2.14 แสดงการจำแนกทังสเตนตามประเภทการใช้งาน ทังสเตนโดยส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตสารประกอบตั้งต้นชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งประกอบด้วย ทังสเตนร้อยละ 93.87 และคาร์บอนร้อยละ 6.13 จากการศึกษาการพบว่าทังสเตนที่นำไปผลิตเป็นสารประกอบต้นนำสามารถจำแนกได้ดังภาพ2.21 ผลิตชิ้นส่วนประเภททังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ประมาณ 63,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 72 ชิ้นส่วนประเภทเหล็กผสมทังสเตนประมาณ 8,000 ตัน คิดป็นร้อยละ 9 ชิ้นส่วนประเภทผลิตภัณฑ์โลหะทังสเตนประมาณ 7,000 ตัน ร้อยละ 8 นอกนั้นเป็นสารประกอบ และอื่น ๆ ประมาณ 4,500-5,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 5 และ 6 ตามลำดับ (Wolf-W.Albrecht, 2008)



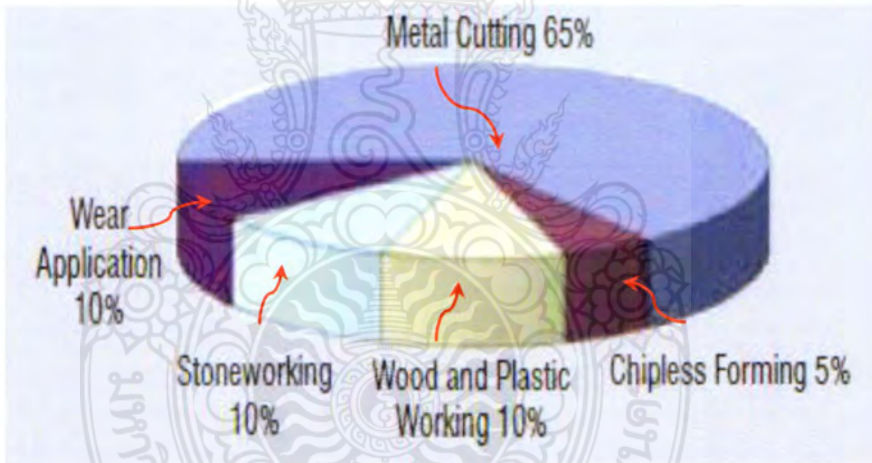
ภาพ 2.15 แสดงปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ของแต่ละประเทศ

ภาพ 2.15 แสดงปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) รวมของทั่วโลกประมาณ 54,000 ตันต่อปี ประกอบด้วย ยุโรปบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 17,000 ตันต่อปี จีนบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 16,000 ตันต่อปี (ผู้ผลิตและผู้บริโภครายใหญ่ที่สุดของโลก) สหรัฐอเมริกา (USA) บริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ประมาณ 10,000 ตันต่อปี ญี่ปุ่นบิโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 5,000 ตันต่อปี รัฐเซียและอินเดียบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 4,000 ตันต่อปี และเกาหลีใต้บริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 3,000 ตันต่อปี (Wolf-W.Albrecht, 2008)

การใช้งานซีเมนต์คาร์ไบด์สามารถจำแนกประเภทได้ ได้แก่ Stoneworking, Wood and PlasticWorking, Metal Cutting, Wear Application, Chipless Forming



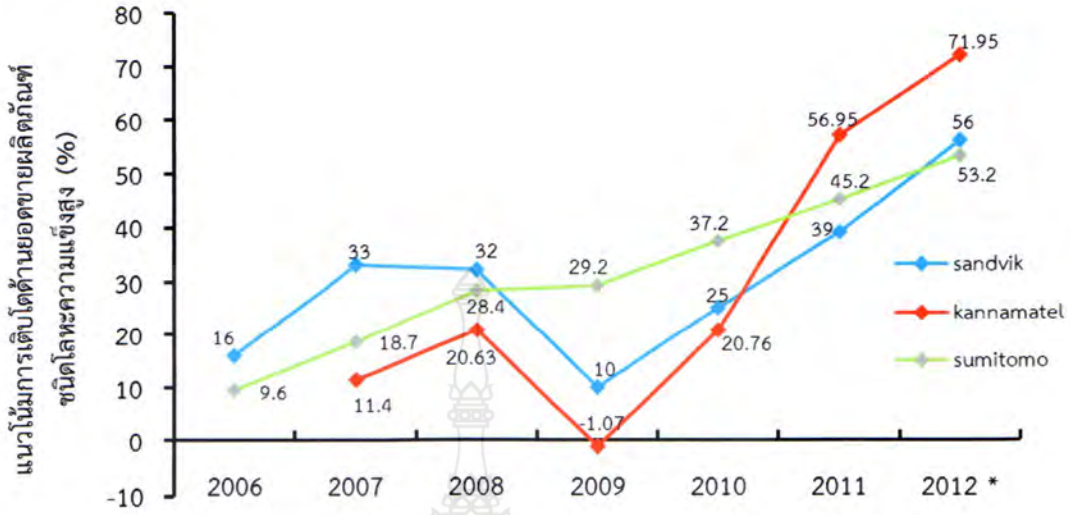
ภาพ 2.16 การใช้งานซีเมนต์คาร์ไบด์แต่ละประเภท
ที่มา: Wolf-Dieter Schubert, Erik Lassener Wolf-Dieter Schubert, Erik Lassner and Wolfgang Bohlke (2010)



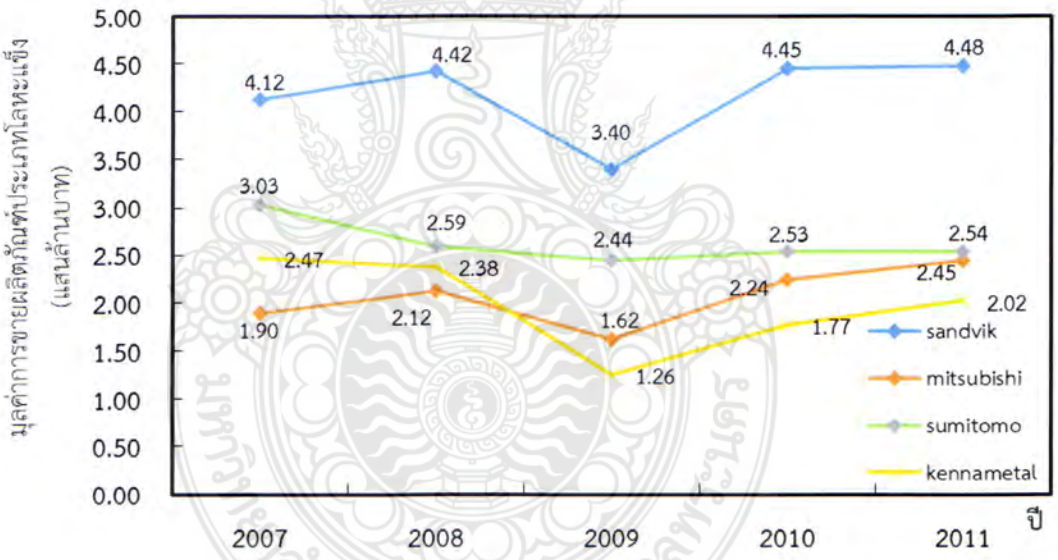
ภาพ 2.17 มูลค่าประมาณการซื้อขายของซีเมนต์คาร์ไบด์แต่ละประเภท
ที่มา: Wolf-Dieter Schubert, Erik Lassener Wolf-Dieter Schubert, Erik Lassner and Wolfgang Bohlke (2010)

ภาพ 2.17 แสดงมูลค่าประมาณการซื้อขายซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ทั่วโลกประกอบด้วย Metal Cutting 65% Stoneworking 10%, Wood and Plastic Working 10%, Wear Application 10%, Chipless Forming 5%

2.1.2.2 มูลค่าการแข่งขันในอุตสาหกรรมโลหะแข็ง จากการศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งชนิดโลหะความแข็งสูงพบว่าบริษัทผู้นำด้านอุตสาหกรรมประเภทนี้มีมูลค่าทางการตลาดสูงขึ้น อย่างต่อเนื่อง ดังภาพ 2.18



ภาพ 2.18 แนวโน้มการขายผลิตภัณฑ์ชนิดโลหะความแข็งสูงของบริษัท Sandvik, Kannamatel, และ Sumitomo

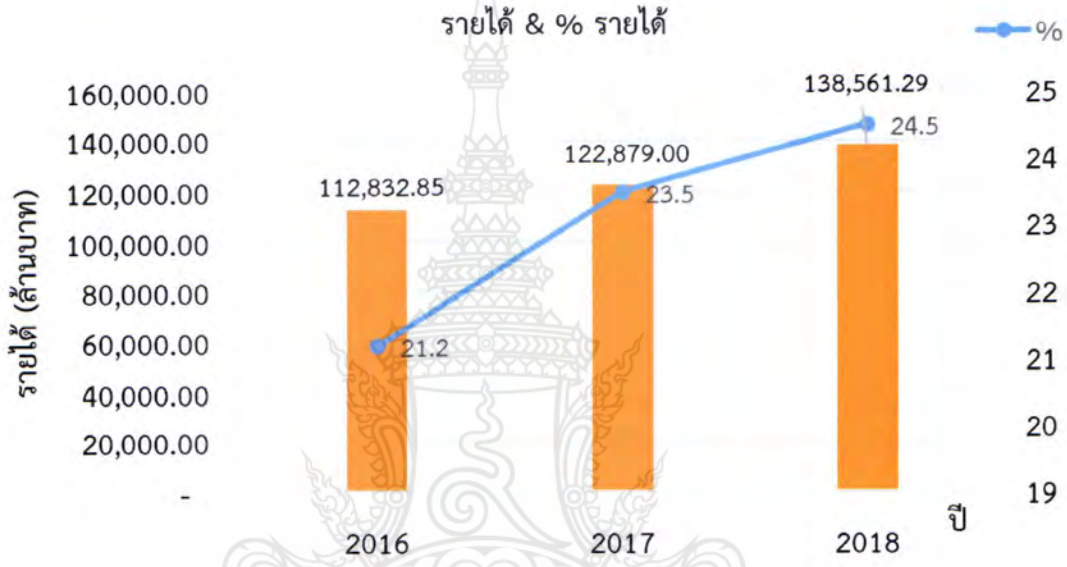


ภาพ 2.19 แนวโน้มมูลค่าอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็งของบริษัทผู้นำระหว่างปี 2007-2011

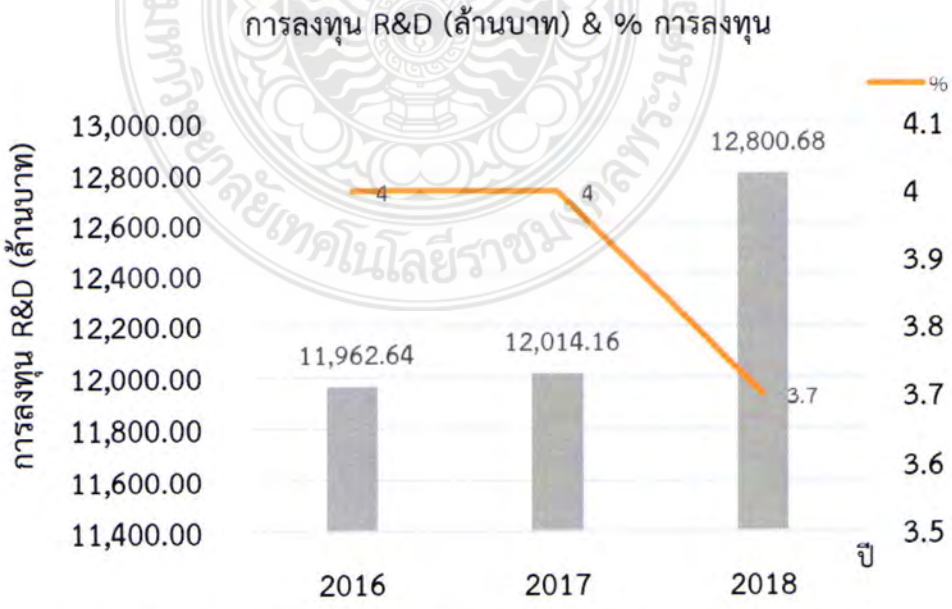
จากภาพ 2.19 พบว่าระหว่าง ปี 2007-2011 บริษัทผู้นำด้านชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูง ได้แก่ Sandvik Kannamatal และ Sumitomo มีอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัท Sandvik มีมูลค่า ระหว่าง 4.12-4.48 แสนล้านบาท คิดเป็นอัตราเฉลี่ย 33.5% ต่อปี Mitsubishi มีมูลค่าระหว่าง 1.89-2.44 แสนล้านบาท Sumitomo มีมูลค่าระหว่าง 3.03-2.54 แสนล้านบาท และ Kennametal มูลค่าระหว่าง 1.26-2.47 แสนล้านบาท มูลค่ารวมในอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดมากกว่า 10 แสนล้านบาทต่อปี

2.1.2.3 ปัจจัยความสำเร็จในการพัฒนาชิ้นส่วนโลหะแข็ง การศึกษาแนวโน้มการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะแข็ง จากการศึกษาผู้นำของอุตสาหกรรมนี้สามารถอธิบายได้ ดังนี้

บริษัทผู้นำการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือตัดและอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูง มีส่วนแบ่งรายได้เฉพาะเครื่องมือตัด มีรายได้จากการจำหน่าย 112832.58-138561.29 ล้านบาท ระหว่างปี 2016-2018 (Sandvik Annual Report, 2016-2018.)



ภาพ 2.20 แนวโน้มรายได้จากการจำหน่ายเฉพาะเครื่องมือตัด ปี ค.ศ. 2016-2018



ภาพ 2.21 ค่าใช้จ่ายด้าน R&D ต่อยอดขายระหว่างปี ค.ศ. 2016-2018

จากภาพ 2.21 แสดงถึงอัตราส่วนการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาต่อยอดการขายของผู้นำด้านผลิตภัณฑ์ประเภทโลหะแข็งประกอบด้วย บริษัท Sandvik มีการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนามีมูลค่า ระหว่าง 11,962-12,800 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนส่วนระหว่าง 3.70-4.0% ของยอดขายต่อปี เป็นเจ้าของสิทธิบัตรใหม่กว่า 800 สิทธิบัตรต่อปี (Sandvik Annual Report, 2016-2018.)

2.1.3 ภาวะอุตสาหกรรมและสภาพการแข่งขัน

2.1.3.1 อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ อุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการแข่งขันด้านราคาและเทคโนโลยีที่สูง ซึ่งผู้ประกอบการมีการปรับตัวรับการแข่งขันด้วยการบริหารต้นทุนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อคงความสามารถทางการแข่งขัน ดังนั้น ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการเคลื่อนย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำทั่วโลก โดยเฉพาะภูมิภาคเอเชีย การลงทุนจากต่างประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทิศทางของอุตสาหกรรม ทั้งนี้ ประเทศไทยมีนโยบายการส่งเสริมการลงทุนจากต่างประเทศ โดยอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ถูกจัดให้เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ และได้รับการส่งเสริมโดยสานักงานส่งเสริมการลงทุน (BOI) ซึ่งผู้ประกอบการที่เข้ามาลงทุนในธุรกิจจะได้รับสิทธิประโยชน์ต่างๆ เช่น ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักร ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล เป็นต้น หลังจากที่อุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HDD) หดตัวลงอย่างต่อเนื่องตั้ง แต่เหตุอุทกภัยในประเทศไทยเมื่อปลายปี 2554 ในปี 2557 ที่ผ่านมานี้เริ่มเห็นการฟื้นตัว โดยดัชนีผลผลิตในประเทศของปี 2557 ปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.98 เมื่อเทียบกับปี ก่อนเนื่องจากตั้ง แต่ไตรมาสที่ 2/2557 มีการปรับตัวเพิ่มขึ้น เพราะมีการย้ายคำสั่งซื้อ กลับมาผลิตในประเทศไทยมากขึ้นหลังจากสถานการณ์ในประเทศเข้าสู่ภาวะปกติแล้ว (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2557) ส่งผลให้ยอดการจำหน่ายไปยังลูกค้ากลุ่ม HDD มีการเติบโตในปี 2557 ไปในทิศทางเดียวกัน

ทั้งนี้ ตัวเลขการเติบโตของดัชนีอุตสาหกรรม HDD ในประเทศไทย ยังสอดคล้องกับปริมาณการจาหน่าย HDD ในตลาดโลกในปี 2557 ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 564 ล้านหน่วย โดยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 2.2 จากปี ก่อน (HDD Annual Unit Shipments Increase, 2014)

สำหรับแนวโน้มอุตสาหกรรมในปี 2558 และต่อไป ยังคงเห็นความต้องการ HDD เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยเป็นเวลา 5 ปี ((HDD Annual Unit Shipments Increase, 2014) เป็นผลมาจากการใช้งานในกลุ่ม Cloud Storage ศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่ด้านวีดีทัศน์ ภาพ/เสียง Content Generation), External HDD และกลุ่มผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ (Consumer Electronics) มากขึ้น และเนื่องจากประเทศไทยยังคงเป็นแหล่งผลิต HDD แหล่งใหญ่ของโลกจึงมีแนวโน้มที่อุตสาหกรรม HDD จะปรับตัวในทิศทางที่ดีตามลำดับ ในแง่ของการแข่งขัน บริษัทเป็นผู้นำตลาดของการใช้เครื่องมือตัดประเภท PCD สำหรับกลุ่มผู้ผลิต HDD ในประเทศไทย เนื่องจากมีผู้ผลิตน้อยเพราะขั้นตอนการผลิตที่ซับซ้อนและต้องการความรู้เฉพาะทางสูง ส่วนแบ่งตลาดจากผู้ขายรายอื่นๆ จึงเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ทำให้บริษัทได้เปรียบทั้ง ในด้านต้นทุน และความรวดเร็วในการจัดส่งสินค้า รวมไปถึงการบริการด้านอื่นๆ เช่น การออกแบบตามความต้องการของลูกค้า หรือการช่วยแก้ไขปัญหาหน้างานให้กับลูกค้า

2.1.3.2 อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้น ส่วนยานยนต์ของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพโดดเด่นในภูมิภาคอาเซียน เนื่องจากประเทศไทยมีฐานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่แข็งแกร่ง และประเทศไทยยังได้เปรียบในเรื่องที่ตั้ง ภูมิศาสตร์เพราะเป็นศูนย์กลาง

ของภูมิภาคอาเซียนรวมทั้ง มีโครงสร้างสาธารณูปโภคที่ดีทำให้จูงใจผู้ผลิตยานยนต์ระดับโลกที่สำคัญมาตั้ง โรงงานประกอบรถยนต์ในประเทศ ทั้งนี้ ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยให้เป็นฐานการผลิตยานยนต์แห่งเอเชีย (Detroit of Asia) จึงส่งผลให้อุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องอย่างอุตสาหกรรมผลิตชิ้น ส่วนยานยนต์สามารถขยายตัวได้ตามอุตสาหกรรมยานยนต์ด้วย โดยทั่วไปแล้วผู้ผลิตชิ้น ส่วนยานยนต์จะมีตลาดในการจัดจาหน่ายชิ้น ส่วนอยู่ 2 ตลาดหลัก ได้แก่

ก) ตลาดชิ้นส่วนเพื่อนาไปใช้ประกอบยานยนต์ (Original Equipment manufacturer: OEM) โดยผู้ผลิตต้องผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ป้อนให้กับรถยนต์และจักรยานยนต์รุ่นใหม่ๆ สำหรับค่ายยานยนต์ที่เข้ามาตั้งฐานการผลิตในไทยเพื่อประกอบยานยนต์ส่งออกและจาหน่าย ในประเทศ ซึ่งเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อ

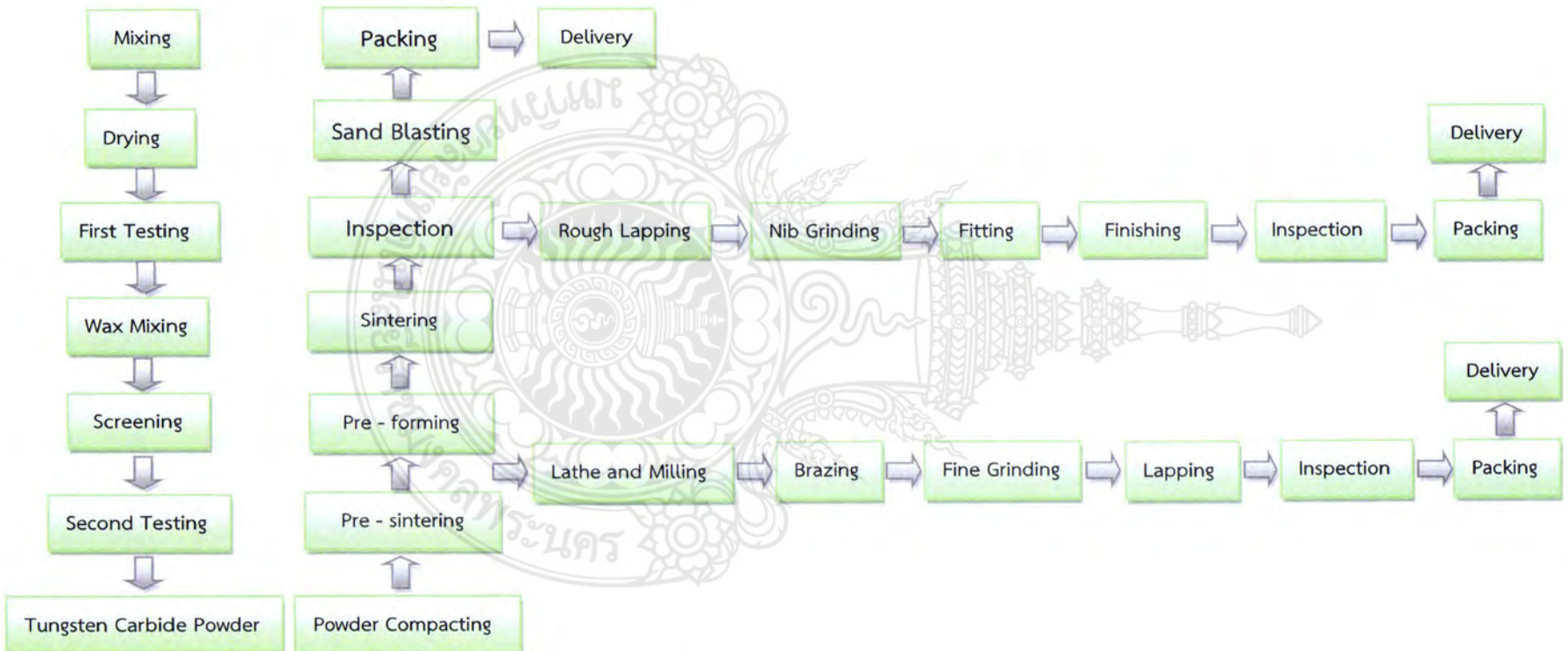
ข) ตลาดชิ้นส่วนทดแทนหรืออะไหล่ทดแทน (Replacement Equipment Manufacturer: REM) เป็นตลาดชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อการทดแทนชิ้นส่วนเดิมที่เสียหรือสึกหรอตามสภาพการใช้งาน

ในปี 2557 มีปริมาณการผลิตรถยนต์ 1.88 ล้านคัน เทียบกับปีก่อน 2.46 ล้านคัน (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2558) ลดลงร้อยละ 23.49 โดยมีสถิติการจาหน่ายรถยนต์ 0.88 ล้านคัน เทียบกับปีก่อน 1.33 ล้านคัน (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2558) ลดลงร้อยละ 33.73 โดยปริมาณการผลิตและการจาหน่ายรถยนต์ในประเทศลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากได้มีการส่งมอบรถยนต์จากโครงการนโยบายรถคันแรกเป็นที่เรียบ ร้อยแล้ว ประกอบกับสภาพเศรษฐกิจภายในประเทศโดยรวมชะลอตัวลงด้วย ในส่วนของการส่งออก ในปี 2557 มีสถิติการส่งออกรถยนต์ 1.13 ล้านคัน ใกล้เคียงกับปี 2556 เท่ากับ 1.13 ล้านคัน ทั้งนี้ มูลค่าการส่งออกรถยนต์และชิ้นส่วนรวม783,339 ล้านบาท เทียบกับปี 2557 เท่ากับ 754,226 ล้านบาท6 เพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.86 โดยเพิ่มขึ้น ในอัตราที่ลดลงเทียบกับปี 2557 เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.26 โดยมีตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ ประเทศ ออสเตรเลีย ฟิลิปปินส์และอินโดนีเซีย ในอุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทย บริษัทยังมีส่วนแบ่งการตลาดเป็นส่วนน้อย เนื่องจากผู้ผลิตส่วนใหญ่ยังเน้นใช้เครื่องมือตัดแบบมาตรฐาน และนำเข้าจากต่างประเทศมากกว่า ทั้งประเภทคาร์ไบด์, PCD, PCBN และ Monocrystal Diamond เข้าถึงลูกค้าในกลุ่มอุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เหล่านี้ช่วยผู้ผลิตลดต้นทุน หรือลดเวลาในการผลิตของลูกค้าได้

2.1.4 บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนซีเมนต์คาร์ไบด์ในประเทศไทย

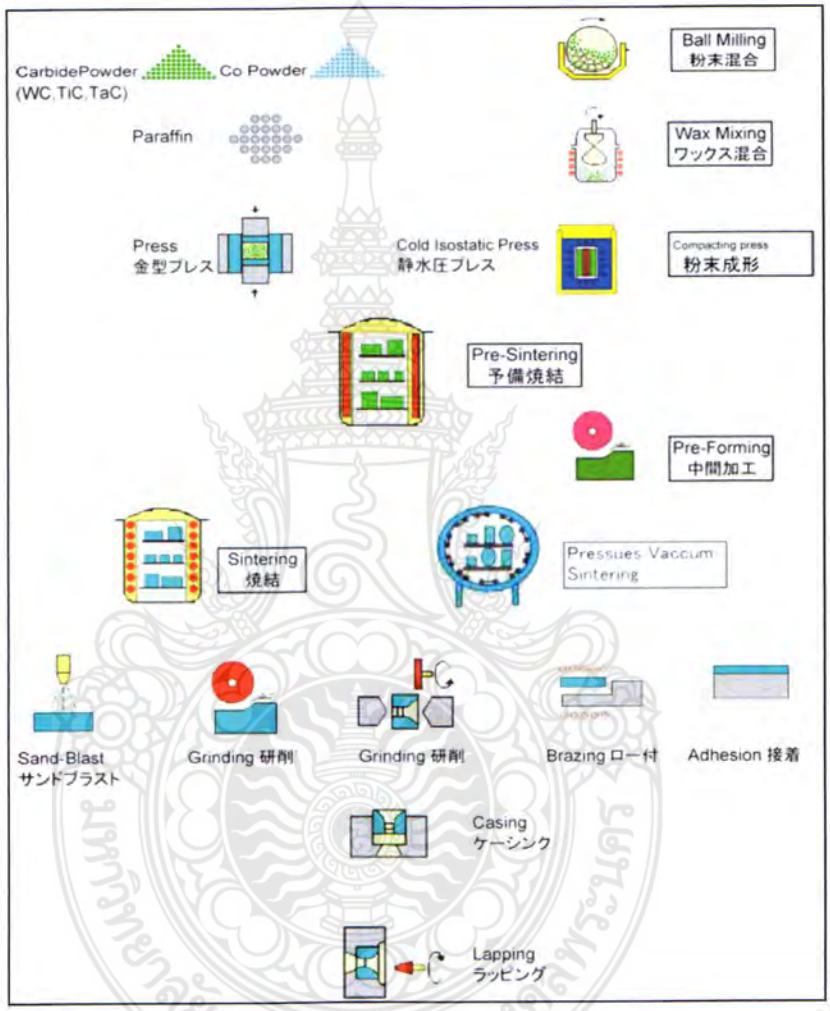
1) บริษัท ยูไนเต็ด ทังสเตน จำกัด เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์ชิ้นส่วนซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ เช่น ใบตัดมีดกลึง Carbide Tip แม่พิมพ์สำหรับงานกระป๋อง Wear Parts หัวรีดลวด Mechanical Seal และอื่นๆ ดังภาพ 2.22

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของบริษัท UNITED TUNGSTEN CO., LTD.



ภาพ 2.22 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของ บริษัท ยูไนเต็ด ทังสเตน จำกัด
ที่มา: http://www.utd.co.th/index.php. (มกราคม 2562)

2) บริษัท เอสวี นิททัน จำกัด บริษัทร่วมทุนระหว่าง เครือสหวิริยากรุ๊ป (ไทย) 51.5%และบริษัท นิปปอน ทังสเตน จำกัด (ญี่ปุ่น) 48.5% ตั้งแต่ปี 2523 ในการผลิตทังสเตนคาร์ไบด์ ผลิตภัณฑ์หลัก Drawing dies & plug, Cutting tip, Seal ring, Nozzle, Wire guide Stamping punch &mold, Roller, Cutter, Die set, Can-tool, Jig & fixture กระบวนการผลิตชิ้นงานซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ บริษัท เอสวี นิททัน จำกัด สามารถแสดงได้ ดังภาพ 2.23



ภาพ 2.23 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนซีเมนต์คาร์ไบด์ บริษัท เอสวี นิททัน จำกัด
ที่มา: http://www.svnt.co.th/processcharts_th.htm (มกราคม 2562)

จากภาพ 2.23 แสดงขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูงชนิดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของ บริษัทเอสวี นิททัน จำกัด กระบวนการผลิตเริ่มจาก การเตรียมวัตถุดิบซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) และโคบอลต์ (Co) โดยวิธีการบดแบบ (Ball Milling) ผสม Wax (Paraffin Wax) ขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัด (Compacting Press) หรือ Cold Isostatic Press นำไปผ่านกระบวนการอบผนึก (Sintering) หลังจากนั้นตกแต่งชิ้นงานด้วยกระบวนการ Grinding และไปผ่านกระบวนการ Lapping ให้ชิ้นงานมีความเงาก่อนนำไปจำหน่ายให้ลูกค้า ดังภาพ 2.24

ภาพ 2.24 ผลิตภัณฑ์โลหะความแข็งสูงชนิดทังสเตนคาร์ไบด์
ที่มา: http://www.svnt.co.th/processcharts_th.htm (มกราคม 2562)

3) บริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายทังสเตนคาร์ไบด์ มีดกลึง มีดเล็บ มีการจำแนกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนี้ End-mill Product, Tungsten Carbide Product, Insert Carbide Product กระบวนการผลิตชิ้นงานซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ของบริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด สามารถแสดงได้ ดังภาพ 2.25 และภาพ 2.26

ภาพ 2.25 การผลิตชิ้นงานซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของ บริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด

ภาพ 2.26 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ประเภท End-Mills
ที่มา: http://www.rs-carbide-product.com, มกราคม 2562

จากภาพ 2.26 แสดงผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ประเภท End-Mills ของ บริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด ซึ่งผลิตภายในประเทศแบ่งตามลักษณะการใช้งาน เช่น 4 คมตัด 3 คมตัด และ 2 คมตัดเป็นต้น

ภาพ 2.27 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ ประเภท Rod, Blank, Nib และ Ring Carbide
ที่มา: http://www.rs-carbide-product.com, มกราคม 2562

จากภาพ 2.27 แสดงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ของ บริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด ประกอบด้วย Carbide Rod, Carbide Blank, Carbide Nib, Carbide Ring

ภาพ 2.28 ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ประเภท Insert tools และ Tool holder
ที่มา: http://www.rs-carbide-product.com, มกราคม 2562

ภาพ 2.28 แสดงผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ของ บริษัท อาร์ เอส คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด ประเภท Insert tools และ Tool holder ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานประเภทต่าง ๆ เช่น งานกัดผิวหน้า (Face Milling) งานใสสำหรับเครื่องตัด (Insert for Slide Milling Cutter) งานเซาะร่อง (Insert for External grooving) เป็นต้น

2.2 การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

2.2.1 สุรศิษฐ์ โรจนนันต์, (2550)

ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการใช้งานของแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ ได้แก่ ชนิดของตัวประสาน ปริมาณโคบอลต์ ขนาดของเกรน การกระจายของขนาดเกรน ปริมาณการผสมกันของชนิดคาร์ไบด์ และเทคนิคกระบวนการผลิตคาร์ไบด์ของผู้ผลิต ปริมาณของโคบอลต์ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการแบ่งเกรดของคาร์ไบด์ หากใช้ปริมาณของโคบอลต์สูงขึ้นจะได้ซีเมนต์คาร์ไบด์อ่อนลง ทำให้ทนการสึกหรอได้น้อย ขนาดเกรน ส่งผลต่อความแข็งโดยตรง เกรนยิ่งเล็กความแข็งยิ่งสูง ในขณะที่เกรนของคาร์ไบด์ขนาดใหญ่ช่วยให้ทนแรงกระแทกได้ดีกว่า

2.2.2 อภิชาติ และ อุษณีย์ (2554)

เหล็กแม่พิมพ์เกรด S45C เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมหลัก มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้าน ทั้งความแข็งแรง ความเหนียว ความแกร่ง และมีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้ ตัวอย่างส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า

2.2.3 จักรนรินทร์ และคณะ (2555)

อธิบายการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระผิวในการกัดปาดผิวหน้าเหล็กแม่พิมพ์ด้วยมีดคาร์ไบด์ เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์พลาสติกและอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง วัสดุทดลองเป็นเหล็กทำแม่พิมพ์ เกรด S50C ความแข็งอยู่ระหว่าง 280-325 HB ใช้เครื่องกัดกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Obraeci Stroje รุ่น FGV 32 ใช้เม็ดมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ Iscar แบบ SEKT 1204AFR-HM ปัจจัยในการทดลองประกอบด้วย ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการกัด จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าความลึก ไม่มีผลต่อค่ากำหนดความลึกในการกัดคงที่ไว้ 0.5 มม. จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความขรุขระผิว คือ อัตราป้อน และความเร็วรอบ โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อใช้อัตราป้อนต่ำและการเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความขรุขระผิวลดลง

2.2.4 เกษร หล่อบุญสม (2554)

อิทธิพลของตัวแปรในการกัดด้วยเม็ดมีดคาร์ไบด์เคลือบผิวไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์บนเหล็กหล่อสีขาว พบว่า ความเร็วตัดมีผลต่อการสึกหรอของเม็ดมีดมากที่สุด รองลงมาคือ อัตราป้อน และความลึกในการกัด ค่าที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาด้านการสึกหรอของเม็ดมีดคือ ความเร็วตัด 100 เมตร/นาที อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร/ฟัน และความลึกในการกัด 0.6 มิลลิเมตร สำหรับต้นทุนการผลิต ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ ความเร็วตัด 100 เมตร/นาที อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร/ฟัน และความลึกในการกัด 1.0 มิลลิเมตร ให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด

2.2.5 อาทร แสงทับทิม และกรรณชัย กัลยาศิริ (2557)

อิทธิพลของตัวแปรในการแล่นประสานที่มีผลต่อความต้านทานแรงเฉือนในรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเกรด SS400 กับทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) โดยใช้โลหะเติมชนิด Si CD1050-5M ซึ่งตัวแปรที่พิจารณาประกอบด้วยอุณหภูมิและเวลาทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 32 ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงเฉือนระหว่างการแล่นประสานในเตาภายใต้บรรยากาศปกติกับการแล่นประสานในเตาภายใต้บรรยากาศ [9] เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 ผลพบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงเฉือน โดยการแล่นประสานที่อุณหภูมิ 790°C ภายใต้บรรยากาศอาร์กอนให้ค่าความต้านทานแรงเฉือนสูงสุด

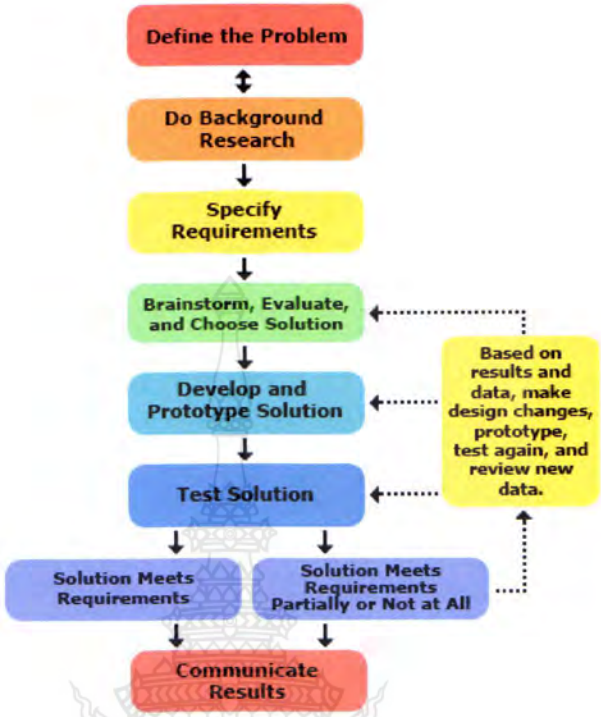
บทที่ 3

การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ

3.1 แนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual Design)

กระบวนการกัดโลหะต้องอาศัยเครื่องมือตัดหรือแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในการกำจัดเนื้อโลหะออกจากชิ้นงานแรงในการตัดและอุณหภูมิการตัดที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการตัดที่มีค่าสูงเป็นผลต่อความสามารถในการใช้งานของเครื่องมือตัด โดยถ้าค่าแรงตัดมีค่าสูงมากเกินไปจะทำให้เกิดการแตกหักของแผ่นมีดตัดและถ้าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการตัดมีค่าสูงเกินไปจะมีผลให้มีดตัดอ่อนตัวลงและไม่สามารถใช้งานได้หรือถึงแม้สภาวะทั้งสองไม่เกิดขึ้นแต่การสึกหรอลงของมีดตัดเนื่องจากการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานานก็เป็นผลให้มีดตัดนั้นใช้งานไม่ได้เช่นกัน การพิจารณาเทคโนโลยีการตัดจะให้ความสนใจหลักพื้นฐาน 2 เรื่อง คือ 1) มุมหลบของแผ่นมีดตัด (Flank) และ 2) การไหลของสารหล่อเย็นในการตัดเฉือน (Flow rate) ซึ่งทั้งสองพื้นฐานที่นำมาวิเคราะห์มีต่อการสึกหรอ(Tool Life) ในการกัดขึ้นรูปชิ้นงาน (Work piece)

ในการพิจารณาออกแบบทางวิศวกรรมของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดกรณีศึกษานี้เป็นการนำข้อมูลเชิงสถิติด้านอายุการใช้งาน (Tool Life) ความหยาบผิว (Surface Roughness) และ ความดังเสีย (Sound) เพื่อเพิ่มศักยภาพของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ให้สูงขึ้นและแตกต่างไปจากเดิมอย่างยั่งยืน



ภาพ 3.1 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
ที่มา: https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/engineering-design-process/engineering-design-process-steps /,(2019)

จากภาพ 3.1 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เริ่มจากการค้นหาปัญหา ทำการวิจัยเบื้องหลัง ระบุความต้องการ ระดมสมอง ประเมิน เลือกวิธีการ พัฒนาต้นแบบ ทดสอบ และอภิปรายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในการออกแบบปรับปรุง

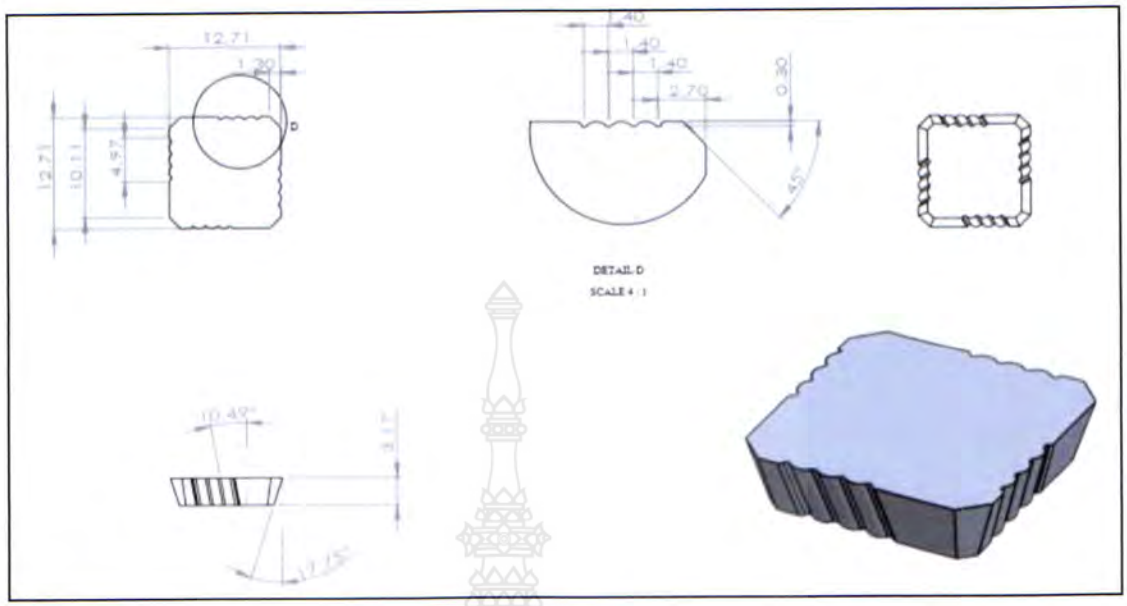
3.2 หลักในการวิเคราะห์ออกแบบ (Principles of analysis)

หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์เพื่อทำการออกแบบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ให้มีความทนทานต่อการสึกหรอสำหรับการตัดปาดผิวหยาบ

3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด (Design to define detail)

3.3.1 การออกแบบมุมหลบ (Flank)

การออกแบบมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษา เป็นการออกแบบเพื่อให้เกิดการไหลของสารหล่อเย็นเพิ่มขึ้น ลดการสะสมความร้อนของแผ่นมีดในขณะตัดปาดชิ้นงาน ดังภาพ 3.2



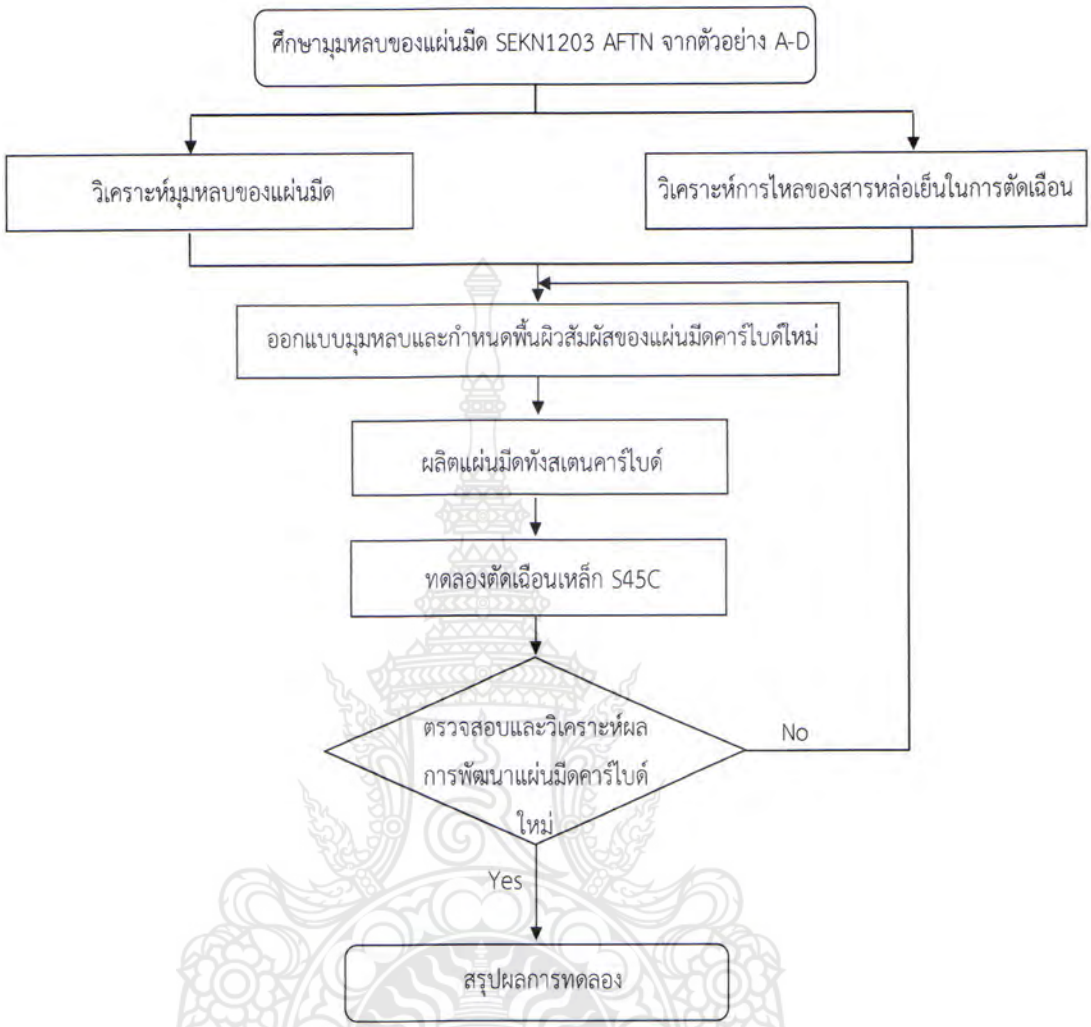
ภาพ 3.2 การออกแบบมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษา

จากภาพ 3.2 แสดงการออกแบบมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษาที่มีการออกแบบเป็นร่อง (Slot) มีความลึก 0.30 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 1.40 มิลลิเมตร ความยาวรวม 4.97 มิลลิเมตร และมีจำนวนข้างละ 4 ร่อง การออกแบบนี้เพื่อลดความร้อนที่เกิดระหว่างการตัดปาดชิ้นงาน โดยกำหนดให้มีร่องระบายความร้อนของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์เมื่อสารหล่อเย็นไหลผ่านมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

3.4 การผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Production)

ขั้นตอนการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

การผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษานี้ เป็นการผลิตตั้งแต่ Raw material ในรูปแบบผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำเร็จรูป (Ready to Press , RTP) ขึ้นรูปด้วยการอัด (Press) อบผนึกด้วยเครื่องอบสุญญากาศ (Sintering Furnace) และเจียระไน (Grinding) โดยขั้นตอนการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในแต่ละขั้นตอนจะมีการตรวจสอบคุณภาพ ดังภาพ 3.3



ภาพ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยและผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

จากภาพ 3.3 แสดงขั้นตอนการศึกษาวิจัยและผลิตแผ่นมีดทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษา ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาและวิเคราะห์มุมหลบ การไหลของสารหล่อเย็นของการตัดปาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFTN มาตรฐานจากแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ตัวอย่าง A-D ทำการออกแบบมุมหลบและกำหนดพื้นที่ผิวสัมผัสใหม่ ผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์และปรับปรุงในส่วนของการออกแบบมุมหลบใหม่ ทดลองตัดปาดชิ้นงานทดสอบ ตรวจสอบและวิเคราะห์ผลจากการปรับปรุง และสรุปผลการทดลองที่ได้จากการปรับปรุงแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ใหม่

3.4.1 การอัดขึ้นรูปแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Pressing)

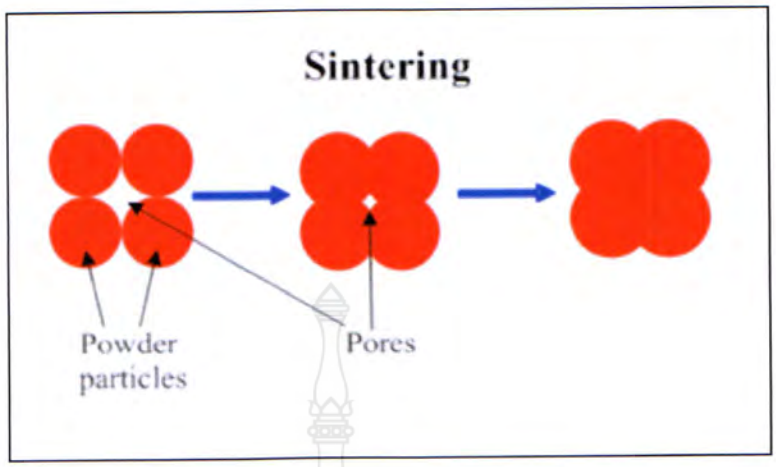
การผลิตด้วยการอัดขึ้นรูปแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์เริ่มจากการติดตั้งแม่พิมพ์ (Mold) เข้าเครื่องอัดไฮดรอลิค ขนาด 15 ตัน นำผงทังซีเมนต์สเตนคาร์ไบด์สำเร็จรูปเทลงแม่พิมพ์ แล้วทำการกดสวิตช์เคลื่อนที่กระบอกสูบไฮดรอลิคให้กดลงบนผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่อยู่ในแม่พิมพ์ เมื่อทำการอัดสมบรูณ์แล้ว นำแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ออกจากแม่พิมพ์ ดังภาพ 3.4

ภาพ 3.4 การติดตั้งแม่พิมพ์และการอัดขึ้นรูปแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษา

จากภาพ 3.4 แสดงแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษาที่ผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค โดยแม่พิมพ์สามารถอัดขึ้นรูปได้ครั้งละ 1 แผ่นมีดต่อครั้ง

3.4.2 การอบผนึกด้วยเตาอบผนึกความร้อนสุญญากาศ (Sintering Furnace)

การอบผนึกแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว เข้ากระบวนการอบผนึกเพื่อให้ความร้อนของธาตุประสานที่ผสมอยู่ในผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำเร็จรูป เพื่อให้เกิดการประสานตัวของซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่สมบรูณ์ ดังภาพ 3.5



ภาพ 3.5 การประสานของผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการอบผนึก
ที่มา:https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=sintering_of_ceramics,(2019)

จากภาพ 3.5 แสดงการประสานของผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการอบผนึก เมื่อผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ผ่านการอัดขึ้นรูปแล้ว จะมีอนุภาคของช่องว่าง (Pore) อยู่ในรูปโมเลกุลที่มีช่องว่าง และเมื่อผงซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ผ่านกระบวนการอบผนึกแล้ว จะพบว่าอนุภาคเกิดการรวมตัวกันในรูปแบบการผนึก และไม่เกิดเป็นช่องว่าง เตาอบผนึกโลหะความร้อนสุญญากาศ มีหน้าที่ให้ความร้อนที่สม่ำเสมอกับชิ้นงานแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ด้วยอุณภูมิสูง สามารถแสดงได้ดังภาพ 3.6

ภาพ 3.6 เตาอบผนึกโลหะผงความร้อนสุญญากาศ

จากภาพ 3.6 แสดงเตาอบผนึกโลหะผงความร้อนสุญญากาศ ใช้สำหรับอบผนึกแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า ความร้อนในการอบผนึกเท่ากับ 1,450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง และลดอุณหภูมิลงด้วยก๊าซอาร์กอนจนถึงอุณภูมิห้องปกติ ใช้เวลารวม 13 ถึง 14 ชั่วโมง

3.4.3 การเจียระไนแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Grinding)

เมื่อการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ได้ผ่านกระบวนการอบผนึก การอบผนึกแล้ว จะทำการเจียระไนด้วยเครื่องเจียระไน 2 ด้าน เพื่อให้พื้นสัมผัสบนและล่างของแผ่นมีดมีความขนาน และควบคุมความหนาของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ดังภาพ 3.7

ภาพ 3.7 เครื่องเจียระไนแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ 2 ด้าน

จากภาพ 3.7 แสดงเครื่องเจียระไนแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ 2 ด้าน ทำงานโดยจะวางแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ไว้ในจานเฟือง (Jig) หินเจียรด้านบนและด่านล่างของเครื่องจะหมุนสลับกันเพื่อให้เกิดการเจียระไนพร้อมกันทั้งสองด้านของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

3.4.4 การตรวจสอบขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ (Checking)

การตรวจสอบขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ขั้นตอนนี้ต้องทำการตรวจสอบขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์โดยละเอียด คือ ความหนา ขนาเส้นผ่าศูนย์กลางของรู มุมองศาคมกัด มุมหลบ และอื่นๆที่มีผลต่อคุณภาพของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ดังภาพ 3.8

ภาพ 3.8 การตรวจสอบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยไมโครมิเตอร์

จากภาพ 3.8 แสดงการตรวจสอบความหนาของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยไมโครมิเตอร์ ค่าความระเอียดของไมโครมิเตอร์ เท่ากับ 0.001 มิลิเมตร

3.4.5 การเจียระไนมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

การเจียระไนมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ SEKN1203 AFTN กรณีศึกษา ภายหลังจากการออกแบบมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ทำการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ ด้วยเครื่องเจียระไนเอนกประสงค์ (Universal Grinding Machine) เพื่อเจียรมุมหลบของแผ่นมีดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์กรณีศึกษาให้เกิดเป็นร่อง (Slot) จำนวน 3 ร่องต่อหนึ่งด้าน แผ่นมีด โดยทำการเจียระไนทุกด้านของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ดังภาพ 3.9

ภาพ 3.9 การเจียระไนมุมหลบของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องเจียระไนเอนกประสงค์

3.4.6 การลบคมแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องลบคม (Honing Machine)

การลบคมแผ่นมีดด้วยเครื่องลบคม ต้องทำการลบคมของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ผ่านกระบวนการเจียระไน เพื่อลบคมบริเวณคมตัดของแผ่นมีด ทำให้คมกัดของแผ่นมีดไม่คมเกินไป เมื่อนำไปใช้ตัดปาดชิ้นงาน หากคมกัดของแผ่นมีดมีความคมเกินไปจะทำให้คมกัดของแผ่นมีดแตกหัก อายุการใช้งานสั้นลง การลบคมแผ่นมีดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องลบคม โดยใช้ขนแปรงวัสดุไนล่อนผสมซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide) แปรงปัดจะหมุนสลับด้านกับแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ เพื่อทำการขัดลบคมแผ่นมีดสามารถแสดงได้ ดังภาพ 3.10

ภาพ 3.10 เครื่องลบคมแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

3.4.7 การตรวจสอบขนาดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องวัดขนาดชนิดแสงเงา (Profile Projector)

การตรวจสอบขนาดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องวัดขนาดชนิดแสงเงา ใช้ในการตรวจสอบขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งสามารถวัดมิติได้ 2 ลักษณะ คือ การวัดขนาดทั่วไป และการวัดมุมองศาของชิ้นงาน การตรวจสอบด้วยเครื่องวัดขนาดชนิดแสงเงา เป็นการวัดโดยละเอียด เป็นขั้นตอนตรวจสอบขนาดขั้นสุดท้ายในกระบวนการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ สามารถแสดงได้ ดังภาพ 3.11

ภาพ 3.11 การตรวจสอบขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องวัดขนาดชนิดแสงเงา

3.5 การทดลองตัดปาดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ตัวอย่าง และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่

การดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดจากตัวอย่าง A-D ของแต่ละยี่ห้อที่มีการจัดจำหน่ายในประเทศ และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด จากการออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่ตัวอย่าง E สามารถอธิบายขั้นตอนการวิจัยได้ ดังนี้

3.5.1 การกำหนดชื่อแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในการทดลองการกัด

3.5.1.1 ตัวอย่าง A แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ จากบริษัท Kyocera

3.5.1.2 ตัวอย่าง B แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ จากบริษัท Seco

3.5.1.3 ตัวอย่าง C แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ จากบริษัท Sandvik

3.5.1.4 ตัวอย่าง D แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ จากบริษัท R.S.Carbide Product

3.5.1.5 ตัวอย่าง E แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ จากบริษัท R.S.Carbide Product ที่ออกแบบพัฒนาขึ้นใหม่

3.5.2 การกำหนดวัสดุชิ้นงานในการทดลอง

3.5.2.1 การกำหนดวัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง คือ เหล็กเกรด S45C มีค่าความแข็ง 115.22 HV มีขนาดวัสดุชิ้นงานในการทดลองขนาดเท่ากับ 45 มิลิเมตร x 300 มิลลิเมตร x 124 มิลลิเมตร สามารถแสดงได้ ดังภาพ 3.12

ภาพ 3.12 ขนาดวัสดุชิ้นงานในการทดลอง

3.5.2.2 เครื่องมือตัด คือ แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFT พร้อมหัวกัดปาดผิว (Face Milling Holder) จำนวน 5 คมตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร

ภาพ 3.13 แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFT มาตราฐาน

ภาพ 3.14 หัวกัดปาดผิว (Face Milling Holder) จำนวน 5 คมตัด

3.5.3 อุปกรณ์ในการวิจัย

3.5.3.1 เครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อHurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA

เครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA เป็นเครื่อง CNC แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ใช้ในการทดลองตัดปาดชิ้นงานเหล็ก S45C โดยใส่แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่จะทดสอบใส่หัวกัดและติดตั้งเข้าที่เครื่อง CNC กำหนดการทำงานของเครื่องด้วยโปรแกรมการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต คือการนำความพิวเตอร์มาช่วยในการสร้าง G-Code เพื่อควบคุมเครื่อง CNC ในการกัดขึ้นรูปชิ้นงาน (Computer Aided Manufacturing, CAM) ดังภาพ 3.15

ภาพ 3.15 เครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA

จากภาพ 3.15 แสดงเครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA ที่ใช้ในการทดลองแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดจากตัวอย่าง A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด จากการออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่ตัวอย่าง E รายละเอียดข้อมูลจำเพาะของเครื่อง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA สามารถแสดงได้ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 รายละเอียดข้อมูลจำเพาะ เครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA

ข้อมูลจำเพาะ (Specification)	รายละเอียด (Description)
X-Axis Travel	26"
Y-Axis Travel	14"
Z-Axis Travel	18"
Table Size	30" x 14"
Maximum Weight on Table	750 LBS
Spindle Speeds	8000 RPM
Spindle Motor	15 HP
Maximum Spindle Torque	54 ft lbs @ 1450 RPM
Rapid Traverse Rate - X/Y/Z-Axes	945/945/750 IPM

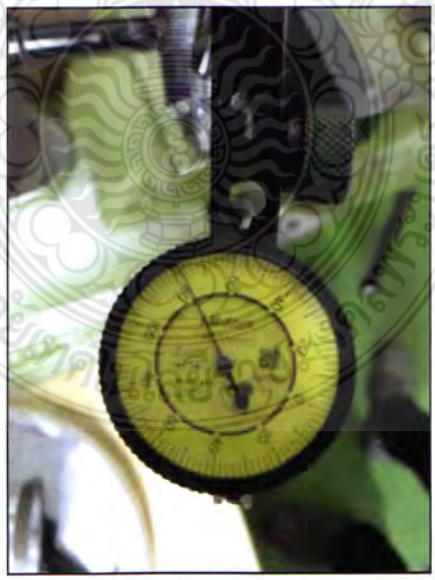
ตาราง 3.1 (ต่อ) รายละเอียดข้อมูลจำเพาะ เครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA

Automatic Tool Changer Capacity	20 ATC
Spindle Taper	BT 30
Electrics	240V/3/60
Approximate Machine Weight	6200 LBS

ที่มา: https://www.precisionmachinerysales.com/cncmach/2177.htm. มีนาคม, 2562

3.5.3.2 ไดอัลเกจ (Dial Gauge) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 2109S-10

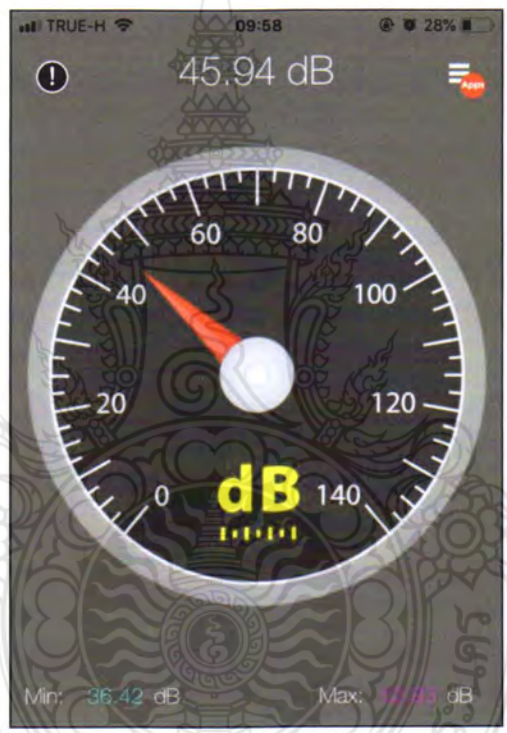
ไดอัลเกจ (Dial Gauge) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 2109S-10 มีความละเอียด 0.001 มิลิเมตร ที่มีขนาดหน้าปัด 57 มม. มีตัวหนีบแสดงลิมิตและตัวล็อกหน้าปัด มีตัวล็อกหน้าปัดและกระเดื่องช่วยวัด สามารถติดตั้งและถอดประกอบได้ทั้งด้านขวาและซ้ายของหน้าปัดโดยง่าย ตัวหน้าปัดในการประกอบจะมีโอริงเพื่อป้องน้ำหรือน้ำมันเข้าไปหน้าสัมผัสเป็นคาร์ไบด์ ตัวเฟืองทำด้วยวัสดุผสมชนิดพิเศษเพื่อเพิ่มความคงทนต่อการสึกหรอ ตัววัดใช้ตลับลูกปืนแบบ JEWELED ทำให้การแสดงผลรวดเร็วและทนทานต่อการสึกหรอ จากการโค้ดติ้งทำให้ผิวตัวไดอัลเกจทนต่อรอยขีดข่วนและผลกระทบด้านเคมี ใช้ในการทดสอบความหยาบผิวภายหลังการกัดผิวชิ้นงานเหล็ก S45C ของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ A-D และ E



ภาพ 3.16 ไดอัลเกจ (Dial Gauge) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 2109S-10
ที่มา: https://www.mitutoyo.co.jp/eng/products/. มีนาคม, 2562

3.5.3.3 เครื่องวัดเสียง (Sound Meter)

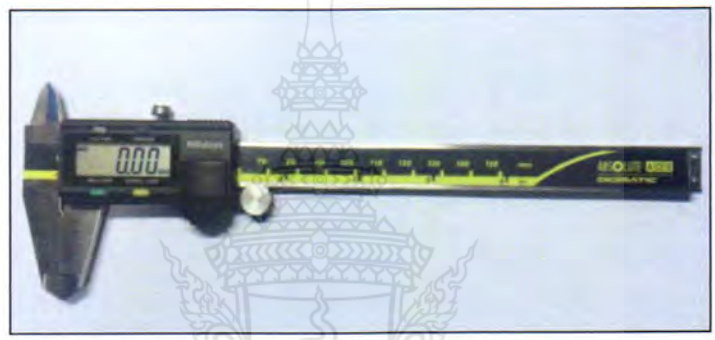
เครื่องวัดเสียง (Sound Meter) เป็นแอพพลิเคชัน Sound Meter มาตรวัดระดับเสียง (หรือ SPL) แสดงค่าเดซิเบลโดยการวัดเสียงรบกวนจากสิ่งแวดล้อมแสดงค่า dB ที่วัดได้ในรูปแบบต่างๆ คุณสามารถสัมผัสการออกแบบกราฟิกที่ดูมีระเบียบด้วยเฟรมที่สูงโดยแอพพลิเคมิเตอร์เสียงคุณสมบัติ: ระบุเดซิเบลโดยการวัด แสดงการอ้างอิงสัญญาณรบกวนในปัจจุบัน แสดงค่าเดซิเบล min / avg / max แสดงเดซิเบลโดยกราฟเส้น ดังภาพ 3.17



ภาพ 3.17 เครื่องวัดเสียง (Sound Meter)
ที่มา: https://play.google.com/store/apps/details?id=com. มีนาคม, 2562

3.5.3.4 เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์แบบดิจิตอล (Digital Vernier Cariper)

เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์แบบดิจิตอล สมบัติ: ช่วงการวัด: 0-300 มม. (12 ") ความละเอียด: 0.01 มิลลิเมตร / 0.0005 นิ้ว ความแม่นยำ: ± 0.03 ความเร็วในการวัด: ≤1.5m / วินาที แบตเตอรี่: 1.5V อุณหภูมิในการทำงาน: 0 ° C ~ + 40 ° C อุณหภูมิในการเก็บ: -10 ° C ~ + 70 ° c ความชื้นในการทำงาน: < 80% จอแสดงผลขนาดใหญ่อ่านง่าย อ่านและแปลงหน่วยเป็นนิ้ว เมตริก การวัด ABS (แบบสัมบูรณ์ / แบบเพิ่มหน่วย) วัสดุของโครงเป็นสแตนเลส ใช้ในการวัดขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในการทดสอบ ดังภาพ 3.18



ภาพ 3.18 เวอร์เนียดิจิตอล

จากภาพ 3.18 แสดงเวอร์เนียคาร์ลิเปอร์แบบดิจิตอลที่ใช้ในการวัดขนาดของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ในการทดสอบ

3.5.3.5 เครื่องวัดค่าความแข็ง (Hardness Tester)

เครื่องวัดค่าความแข็ง (Hardness Tester) ยี่ห้อ Taichong รุ่น R3 ทำการทดสอบค่าความแข็งของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ A-D และ E โดยใช้หัวกดเพชร (Dimond Cone) กดลงไปที่แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ทดสอบ อ่านค่าแบบ Rockwell Hardness Scale A และใช้ Load in Kilos เท่ากับ 60 เครื่องค่าความแข็ง (Hardness Tester) ยี่ห้อ Taichong รุ่น R3 ดังภาพ 3.19

ภาพ 3.19 เครื่องทดสอบความแข็ง Type 3R

3.6 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN ตัวอย่าง A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นใหม่

ขั้นตอนการทดสอบแผ่นมีดคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFTN ทดสอบตัวอย่าง A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นใหม่ด้วยเครื่องมิลลิ่ง CNC Hurco Model: VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA โดยกำหนดวิธีดังต่อไปนี้

3.6.1 การทดสอบการตัดปาดโดยการกัดด้วยเครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P

กำหนดการทดสอบโดยใช้ชิ้นงานเหล็ก S45C ขนาด 45 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร x 124 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที (Speed) อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที (Feed) ทดสอบการกัดชิ้นงานโดยใช้หัวกัดปาดผิวจำนวน 4 แผ่นมีด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (Face Milling Holder) กัดชิ้นงานลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร (Depth/Cut) เก็บข้อมูลการทดลองด้านอายุการใช้งาน วัดจากระยะทางในการกัดชิ้นงานทั้งหมดตั้งแต่เริ่มการกัดจนแผ่นมีดเกิดความเสียหายคำนวณเป็นระยะทาง (เมตร) ดังภาพ 3.20

ภาพ 3.20 การทดสอบการตัดปาดโดยการกัดด้วยเครื่องด้วยเครื่องมิลลิ่ง CNC ยี่ห้อ Hurco รุ่น VM1P

3.6.2 วัดความดังเสียง

วัดความดังเสียในการกัดจากความดังเสียง ณ ตำแหน่งเดียวกันในการกัดชิ้นงานจากเริ่มต้นการกัดจนแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ทดสอบเกิดความเสียหายแล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย (เดซิเบล)

3.6.3 วัดความหยาบผิว

วัดความหยาบผิวด้วยการใช้ไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ลากผ่านผิวชิ้นงานแล้วอ่านค่า (µm)

ภาพ 3.22 การวัดความหยาบผิวด้วยไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร

เมื่อทำการทดสอบและบันทึกวัดผลเป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้ว จึงทำการรวบรวมผลการทดลองของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตราฐาน A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ E แล้วทำการวิเคราะห์และสรุปผลในบท 4 ต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิจัยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN

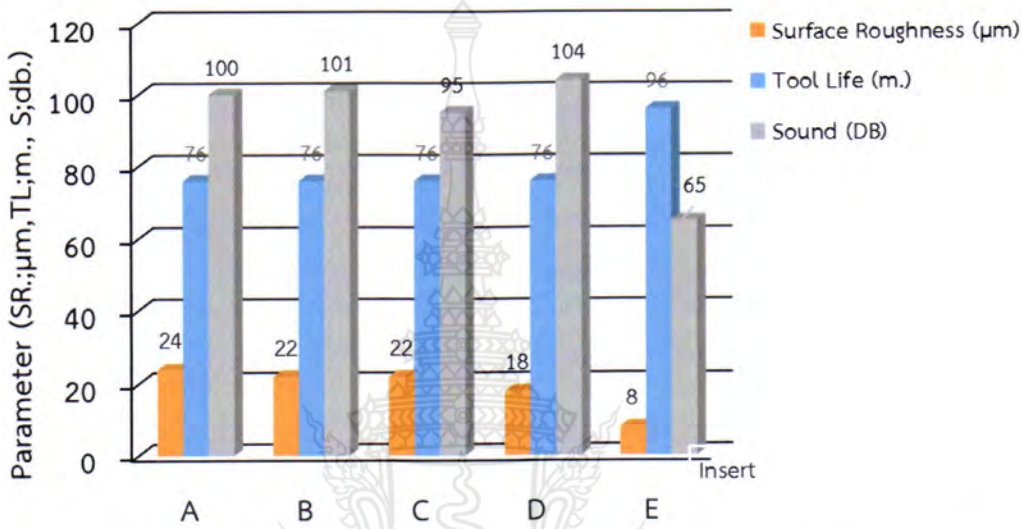
การทดสอบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์จากกลุ่มตัวอย่าง A-E จำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFT สามารถอธิบายได้ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 การทดสอบแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในการกัด โดยใช้แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐาน A-D และแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นใหม่

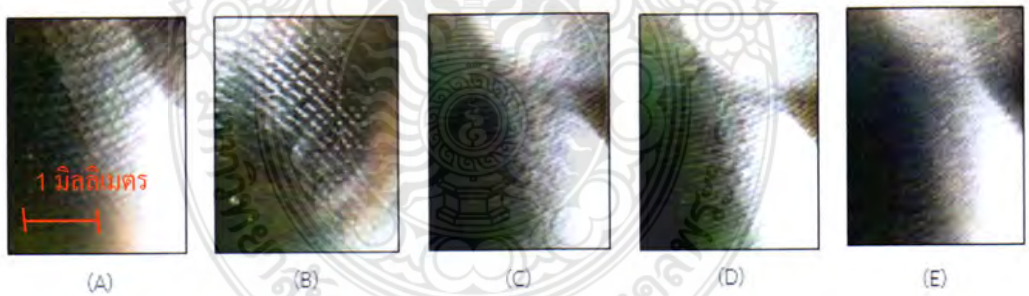
Insert	Speed (RPM)	Feed (m/min)	Life Time (min)	Sound (DB)	Tool Life (m.)	Surface Roughness (μm)	Hardness (HRA)
A	600	120	95 min	100	76	24	90
B	600	120	95 min	101	76	22	91
C	600	120	95 min	95	76	22	88.5
D	600	120	95 min	104	76	18	90
E	600	120	120 min	65	96	8	90.6

จากตาราง 4.1 แสดงผลการทดสอบแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดมาตรฐาน A-D ที่เป็นแผ่นมีดมาตรฐานที่ผลิตขึ้นจากต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศสวีเดน ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น และแผ่นมีดที่ผ่านการพัฒนาใหม่เพื่อใช้งานภายในประเทศ ผลการศึกษาพบว่า แผ่นมีคาร์ไบด์ A ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 24 ไมครอน ความแข็ง 90 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 100 เดซิเบล แผ่นมีคาร์ไบด์ B ที่ความเร็วรอบ 600 rpm อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 22 ไมครอน ความแข็ง 91 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 101 เดซิเบล แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ C ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 22 ไมครอน ความแข็ง 88.5 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 95 เดซิเบล แผ่นมีคาร์ไบด์ D ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 18 ไมครอน ความ

แข็ง 90 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 104 เดซิเบล และ แผ่นมีดคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 14.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 8 ไมครอน ความแข็ง 90.6 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 65 เดซิเบล



ภาพ 4.1 ผลการทดสอบ ความหยาบผิว อายุการใช้งาน และความดังเสียงของแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐานและแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่



ภาพ 4.2 พื้นผิวชิ้นงานทดสอบความหยาบผิว (Surface Roughness) ที่ผ่านการตัดปาดผิวหยาบจากแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ A-E

จากภาพ 4.2 แสดงภาพพื้นผิวชิ้นงาน A ผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐาน A ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่น ไม่ราบเรียบ มีลักษณะเป็นรอยแบบมีการสะท้านของเครื่องมือ (Tool) (Surface Roughness 24 µm)

จากพื้นผิวชิ้นงาน B แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐาน B ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่นสะท้านตัดกันเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบน้อย (Surface Roughness 22 μm)

จากพื้นผิวชิ้นงาน C แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐาน C ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่นสะท้านตัดกันเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบน้อย (Surface Roughness 22 μm)

จากพื้นผิวชิ้น D แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐาน D ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่นสะท้านตัดกันเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบปานกลาง (Surface Roughness 18 μm)

จากพื้นผิวชิ้นงาน E แสดงผิวชิ้นงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ E ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานมีรอยเล็กน้อยเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบมาก (Surface Roughness 8 μm)

4.2 การอภิปรายผลการวิจัยแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ E ที่มีการออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่นั้น มีประสิทธิภาพในด้านอายุการใช้งานในการกัดชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้น มีความดังเสียงลดลง และผิวชิ้นงานในการตัดปาดทำได้มีความหยาบผิวลดลง กว่าแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ A-D ที่ใช้ทดสอบ เมื่อทำการทดสอบในเงื่อนไขเดียวกัน จึงทำให้แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่มีประสิทธิภาพการตัดปาดในงานกัดสูงกว่าแผ่นมีมาตราฐานตัวอย่างทดสอบ

การตัดเฉือนชิ้นงานแบบกัดหยาบสำหรับงานปาดหน้ามุ่งเน้นปริมาตรการตัดหรืออัตราการตัดต่อเวลาเพิ่มขึ้นโดยการลดการถอดเปลี่ยนแผ่นมีดดังนั้นจึงขึ้นกับอายุการใช้งานที่มากขึ้นเป็นหลัก ผลจากการออกแบบแผ่นมีดโดยลดพื้นที่บริเวณผิวหลบของแผ่นมีดให้สัมผัสกับผิวชิ้นงาน (Work piece) น้อยลงแต่ยังคงความแข็งแรงเหมือนเดิมได้นั้น โดยการทำให้ผิวหลบมีลักษณะเป็นร่อง (Slot) แบบฟันปลาสอดคล้องกับการทำร่องฟันปลาเพื่อลดแรงเสียดทาน ซึ่งลักษณะของร่องเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ส่วนการออกแบบใหม่ของงานวิจัยนี้แตกต่างที่ร่อง (Slot) มีรัศมีโค้ง 0.77 มิลลิเมตร ตลอดความยาวร่อง 4.97 มิลลิเมตร ระยะห่าง (Pitch) 1.40 มิลลิเมตร ความสูง 0.30 มิลลิเมตร ร่องฟันปลาห่างจากคมตัด (Cutting edge) 2.70 มิลลิเมตร และรัศมีของร่องฟันปลา 10.49 มิลลิเมตร ลดผิวสัมผัสระหว่างแผ่นมีดและชิ้นงานลงร้อยละ 49.15

การวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาต่อยอดที่มีความแตกต่างด้านการออกแบบร่องฟันปลา จากผลการทดลองการใช้งานของแผ่นมีดมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ประกอบด้วย การสั่นสะเทือนลดลง (Reduce of Vibration) พิจารณาได้จากการตรวจสอบความดังเสียงลดลงร้อยละ 35 ขณะที่อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น สาเหตุจากบริเวณคมตัดมีความร้อนลดลง

ดังนั้น ความร้อนที่ลดลงมีสาเหตุมาจากระบบสัมผัส (พื้นผิวสัมผัสน้อยลง การไหลและความร้อนของสารหล่อเย็น) น้อยลงและการไหล (Flow rate) ของ Coolant สะดวกมากกว่าแบบร่องสี่เหลี่ยม จึงมีผลต่อการเสียดทาน (Friction) บริเวณการตัดลดลง เป็นผลที่เกิดจากลักษณะของร่องที่

มีรัศมีโค้ง ดังนั้น ทั้งการสัมผัสน้อยลง การไหลของสารหล่อเย็นไหลดีขึ้นและการเสียดทานความร้อนจะเกิดช้าหรือความร้อนน้อยลงที่มีความสัมพันธ์กับระดับเสียงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้การตัดเฉือนมีประสิทธิภาพมากขึ้น อัตราการตัดเป็นไปตามเงื่อนไข (Condition) แต่อายุการใช้งานเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการออกแบบ การใช้เครื่องมือเฉพาะทาง (Special tool) ในการเจียระไนร่อง (Slot) จึงเป็นการวิจัยที่สามารถพัฒนาเครื่องมือตัดให้อายุการใช้งานยาวนานมากขึ้น อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้เป็นการตัดเฉือนเหล็กกล้าชนิด S45C ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการตัดเฉือนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับงานกัด (milling) กรณีศึกษาแผ่นมีดรหัส SEKN1203AFTN โดยแผ่นมีดมาตรฐานใช้เวลาในการกัดอยู่ที่ 95 นาที ได้ระยะทางในการกัดผิวที่ 11.40 เมตร ความดังของเสียงที่เกิดจากการตัดเฉือนระหว่าง 95-104 เดซิเบล มีความแข็งระหว่าง 88.5 - 91 HRA ผิวชิ้นงานมีความหยาบผิวอยู่ระหว่าง 18-24 μm สรุปได้ว่าแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่มีประสิทธิภาพมากกว่าแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์มาตรฐานที่อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น (Life Time) ร้อยละ 26.31 การสั่นสะเทือนลดลง (Vibration) จากผลการวิเคราะห์ความดังเสียงลดลง (Decibel) ร้อยละ 35 และชิ้นงานที่ผลิตมีความหยาบผิวลดลง (Surface Roughness) ร้อยละ 62.79 สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการนำเข้าแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์จากต่างประเทศที่มีราคาสูง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ต่อความหยาบผิวและการสึกหรอของเครื่องมือตัด สามารถนำไปศึกษาต่อในส่วนของอิทธิพลร่วม โดยการทำการทดลองแบบ 2k แฟรคตอเรียล (2k Full Factorial Design)

5.2.2 สามารถนำสภาวะการตัดเฉือนที่ได้ผลความหยาบผิวต่ำ ไปใช้จริงในกระบวนการกัดปาดหน้าเหล็กกล้าคาร์บอน S45C

5.2.3 ตัวแปรอิสระอื่นๆ เช่น สารหล่อเย็น ความลึกในการป้อน ชนิดองมีดกัด การชุบแข็ง และอุณหภูมิในการอบผนึกแผ่นมีดกัด เป็นต้น จะส่งผลต่อค่าความเรียบของผิชิ้นงาน ซึ่งควรจะได้รับการศึกษาในอนาคตต่อไป

5.2.4 ตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น ค่าความผิดพลาดของชิ้นงาน การสึกหรอของมีดกัด เป็นต้น ควรได้รับความสนใจในการศึกษาต่อไป

5.2.5 การกำหนดลักษณะของเครื่องมือตัดที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มุมคมตัด มุมหลบ เป็นต้น ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะส่งผลต่อความเรียบผิว ซึ่งควรจะได้รับการศึกษาต่อไป

5.2.6 ผู้ที่สนใจจะศึกษางานวิจัยทางด้านนี้ สามารถนำข้อมูลจากค้นคว้าอิสระเรื่องนี้ไปศึกษาวิจัยต่อเพื่อหาสมการพยากรณ์สภาวะที่เหมาะสมของความหยาบผิวและการสึกหรอของเครื่องมือตัดสำหรับกระบวนการกัดปาดหน้าเหล็กกล้าคาร์บอน S45C

บทที่ 6

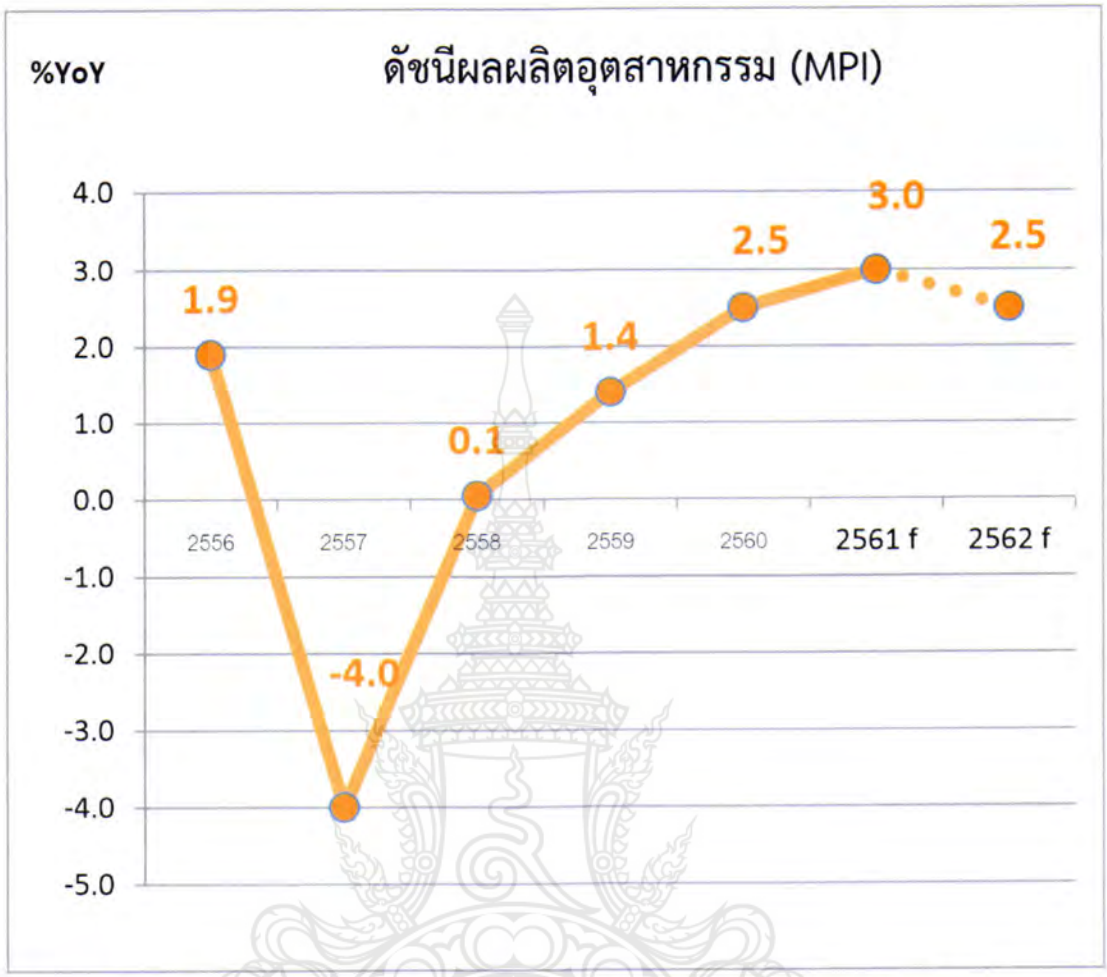
แผนการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

การออกแบบพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือตัดแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือตัด เพื่อใช้งานในเชิงพาณิชย์เป็นการพัฒนากระบวนการผลิตที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องมือตัด ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวนี้มีจุดเด่นที่สำคัญดังนี้

1. พัฒนาเทคโนโลยีแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศ
2. เป็นเทคโนโลยีการออกแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ในอุตสาหกรรมเครื่องมือตัด ตามประเภทการนำไปใช้งานเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานในอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญ เช่น อุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น
3. เทคโนโลยีการออกแบบดังกล่าวสามารถเป็นต้นแบบในการนำไปประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีปัญหาในลักษณะเดียวกัน

6.1 แผนการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เชิงธุรกิจ (Business Plan)

6.1.1 ภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไทยปี 2561 และแนวโน้ม ปี 2562 ภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมในปี 2561 เมื่อพิจารณาจากดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) คาดว่าจะขยายตัว ร้อยละ 3.0 จากปี 2560 ที่ MPI ขยายตัวร้อยละ 2.5 โดย อุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวดีในปี 2561 อาทิ รถยนต์และเครื่องยนต์ เป็น การขยายตัวของตลาดใน ประเทศ เนื่องจากสภาพ เศรษฐกิจภายในประเทศ ขยายตัวดี อุตสาหกรรม น้ำตาล ด้วยสภาพอากาศที่เอื้ออำนวยทำให้มีวัตถุดิบอ้อยเข้าหีบมากกว่าปี 2560 ค่อนข้างมาก อีกทั้งโรงงานส่วนใหญ่ได้ปรับเพิ่มประสิทธิภาพ การหีบอ้อยที่สามารถรองรับ ผลผลิตได้สูงขึ้น การกลั่น ปิโตรเลียม ตามความต้องการ ใช้ที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการขนส่งเดินทางที่ขยายตัว



ภาพ 6.1 แนวโน้มอัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) ปี 2562
ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2562

ประมาณการอัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) ปี 2562 คาดว่าจะขยายตัวในช่วงร้อยละ 2.0–3.0 โดยมีปัจจัยบวกจากความชัดเจนของการเลือกตั้ง ซึ่งจะสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักลงทุนค่อนข้างมาก แรงขับเคลื่อนจากการลงทุนภาครัฐจากความคืบหน้าของโครงการลงทุนที่สำคัญ ๆ รวมถึงการดำเนินงานภายใต้ แผนงานพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) ที่โครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสำคัญภายใต้แผนงาน พัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกมีความคืบหน้ามากขึ้นตามลำดับ

6.1.2 กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

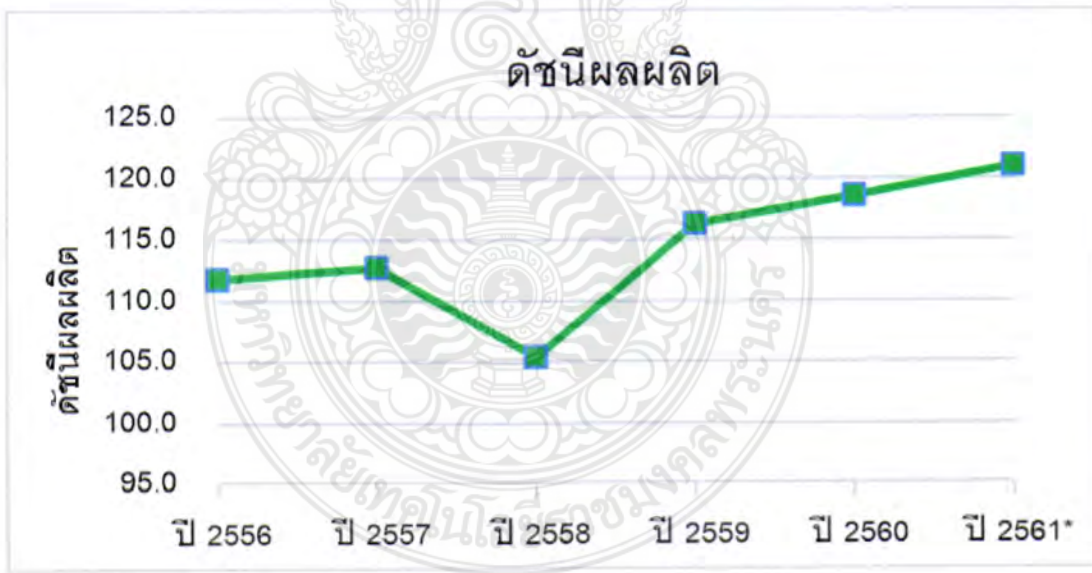
อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าคาดการณ์ว่า การผลิตปรับตัวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 1.0-2.0 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยปรับเพิ่มขึ้นทั้งผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเหล็กทรงยาว และกลุ่มเหล็ก ทรงแบน จากการขยายตัวของการบริโภคภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งส่งผลให้การผลิตของอุตสาหกรรมต่อเนื่องขยายตัว เช่น อุตสาหกรรม ผลิตยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมก่อสร้าง ส่วนการจำหน่ายเหล็กปี 2562 คาดว่าจะมีปริมาณ 17.9 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7

เครื่องใช้ไฟฟ้า คาดว่า จะมีการผลิตและการส่งออกที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีก่อน จากปัจจัยบวกทั้งภายในและภายนอกประเทศ เช่น มาตรการกระตุ้นความต้องการซื้อสินค้าของภาครัฐในช่วงปลายปี 2561 และการจัดเลือกตั้งในปี 2562 ซึ่งคาดว่ารัฐบาลใหม่จะมีมาตรการอัดฉีดทำให้เศรษฐกิจขยายตัวต่อเนื่อง

อิเล็กทรอนิกส์ คาดว่าจะมีการผลิตและการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.0 และ 7.5 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีก่อน เนื่องจากความต้องการส่วนประกอบและอุปกรณ์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มขึ้น รวมถึงตามความต้องการของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์โลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

รถยนต์ ประมาณการอุตสาหกรรมรถยนต์ในปี 2562 คาดว่าจะมีการผลิตรถยนต์ประมาณ 2,200,000 คัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 4.76 โดยเป็นการจำหน่ายในประเทศประมาณ 1,050,000 คัน เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.00 และเป็นการส่งออกประมาณ 1,150,000 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.55

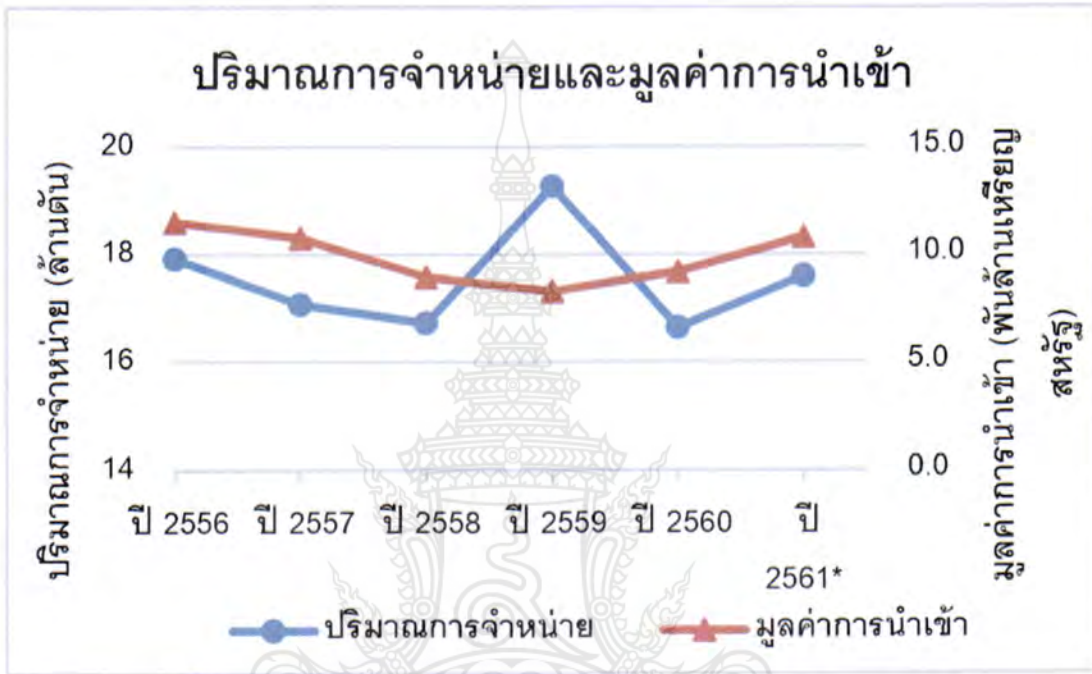
6.1.2.1 อุตสาหกรรมเหล็ก ดัชนีอุตสาหกรรมเหล็กปี 2561 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2560โดยเหล็กทรงแบนมีดัชนีผลผลิตปี 2561 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2560 โดยเหล็กทรงแบนมีดัชนีผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมผลิตยานยนต์สำหรับเหล็กทรงยาวมีดัชนีผลผลิตทรงตัว



ภาพ 6.2 อัตราการขยายตัวของดัชนีอุตสาหกรรมเหล็กปี 2561
ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย, 2562

การผลิต ปี 2561 คาดว่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปีก่อน โดยมีดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมอยู่ที่ 120.6 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7 (%YoY) โดยการผลิตเหล็กทรงแบนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 4.8 ผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตเพิ่มขึ้น อาทิ เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนและเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ประเภท

เหล็กกัลวานีล (GA) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยานยนต์ แต่เหล็กทรงยาวมีดัชนีผลผลิตทรงตัว ลดลงร้อยละ 1.5 อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเหล็กทรงยาวที่มีการผลิตเพิ่มขึ้น คือ เหล็กลวด และลวดเหล็กแรง ดึงสูง เนื่องจากได้รับแรงหนุนจากอุตสาหกรรมก่อสร้างทั้งการก่อสร้าง โครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐ และการก่อสร้างที่อยู่อาศัยของภาคเอกชน



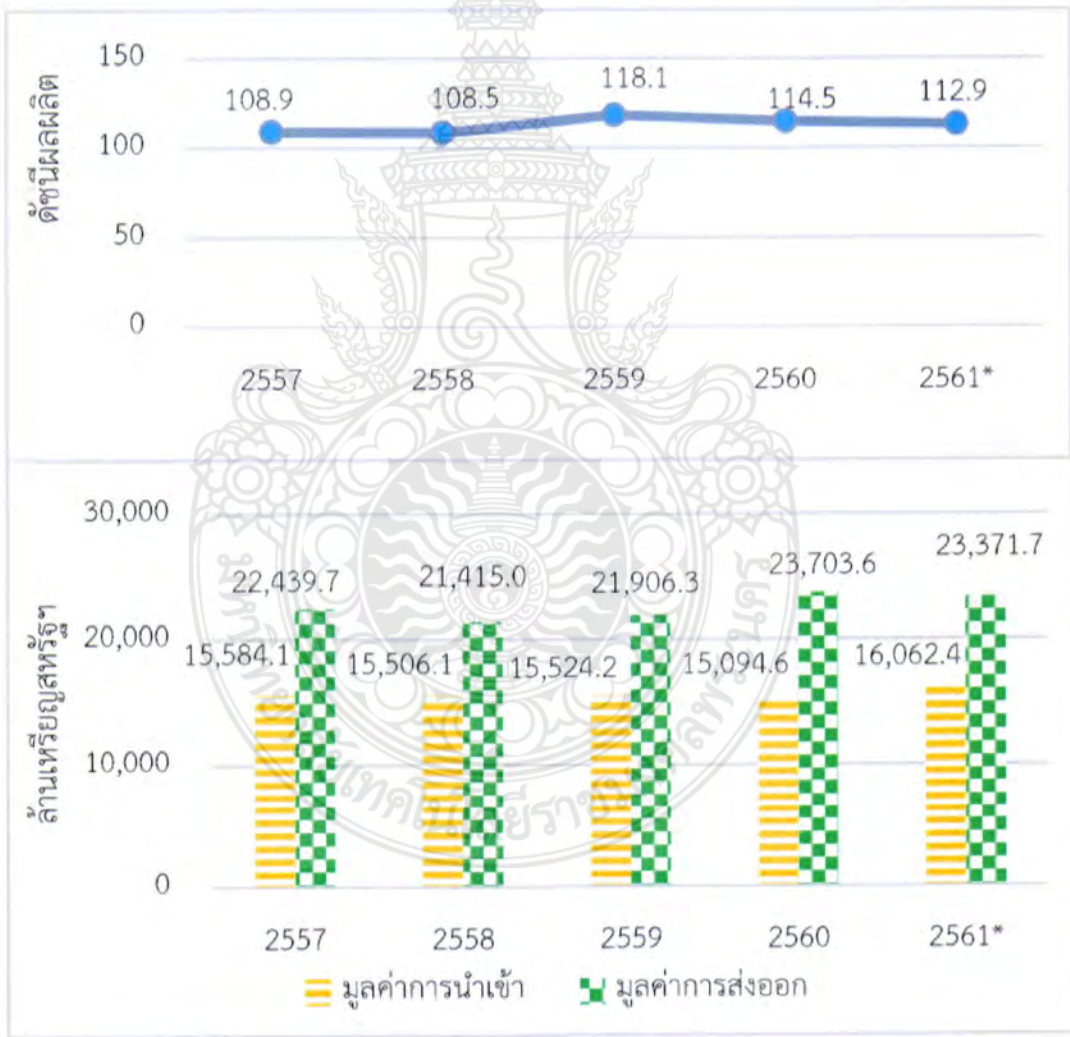
* ตัวเลขคาดการณ์

ภาพ 6.3 ปริมาณการจำหน่ายและมูลค่าการนำเข้าปี 2561
ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย, 2562

การจำหน่าย ปี 2561 คาดว่ามีปริมาณ 17.6 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.0 (%YoY) เพิ่มขึ้นทั้งผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม เหล็กทรงยาวและเหล็กทรงแบน โดยผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม เหล็กทรงยาวที่มีการจำหน่ายเพิ่มขึ้น อาทิ เหล็กเส้นและเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ซึ่งเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมก่อสร้าง สำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเหล็ก ทรงแบนที่มีการจำหน่ายเพิ่มขึ้น อาทิ เหล็กแผ่นบาง รีดร้อน เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี และเหล็กแผ่นบางรีดเย็น การนำเข้า ปี 2561 คาดว่ามีมูลค่า 10.8 พันล้านเหรียญ สหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 18.7 (%YoY) เพิ่มขึ้นทั้งผลิตภัณฑ์ ในกลุ่มเหล็กทรงยาว และเหล็กทรงแบน โดยการนำเข้า เหล็กทรงยาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.6 จากการนำเข้าเหล็กเส้น คุณภาพสูง (นำเข้าเพิ่มขึ้นจากญี่ปุ่น และจีน) เหล็ก โครงสร้างรูปพรรณ (นำเข้าเพิ่มขึ้นจากจีน และอินเดีย) และเหล็กลวด (นำเข้าเพิ่มขึ้นจากเวียดนาม และไต้หวัน) สำหรับการนำเข้าเหล็กทรงแบนเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเข้าเพิ่มขึ้น เช่น คือ เหล็กแผ่นบางรีด เย็น (นำเข้าเพิ่มขึ้นจาก ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้) เหล็กแผ่น บางรีดร้อน (นำเข้าเพิ่มขึ้นจากญี่ปุ่น) และเหล็กแผ่นเคลือบโครเมียม (นำเข้าเพิ่มขึ้นจากจีน)

แนวโน้มอุตสาหกรรมเหล็กในปี 2562 คาดการณ์ว่า การผลิตปรับตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 1.0-2.0 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยปรับเพิ่มขึ้นทั้งผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเหล็กทรงยาว และกลุ่มเหล็ก ทรงแบน จากการขยายตัวของการบริโภคภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งส่งผลให้การผลิตของอุตสาหกรรมต่อเนื่องขยายตัว เช่น อุตสาหกรรมผลิตยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมก่อสร้าง ส่วนการจำหน่ายเหล็กปี 2562 คาดว่าจะมีปริมาณ 17.9 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7

6.1.2.2 อุตสาหกรรมไฟฟ้า การผลิตสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าในปี 2561 ทรงตัวเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2560 โดยลดลงเล็กน้อยร้อยละ 1.6 จากสินค้าเครื่องซักผ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็นที่ปรับตัวลดลง ในขณะที่เครื่องปรับอากาศมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นใน ตลาดอาเซียน สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น



* ตัวเลขคาดการณ์

ภาพ 6.4 อัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิต มูลค่าการนำเข้า และมูลค่าการส่งออกของเครื่องใช้ไฟฟ้า ปี 2561

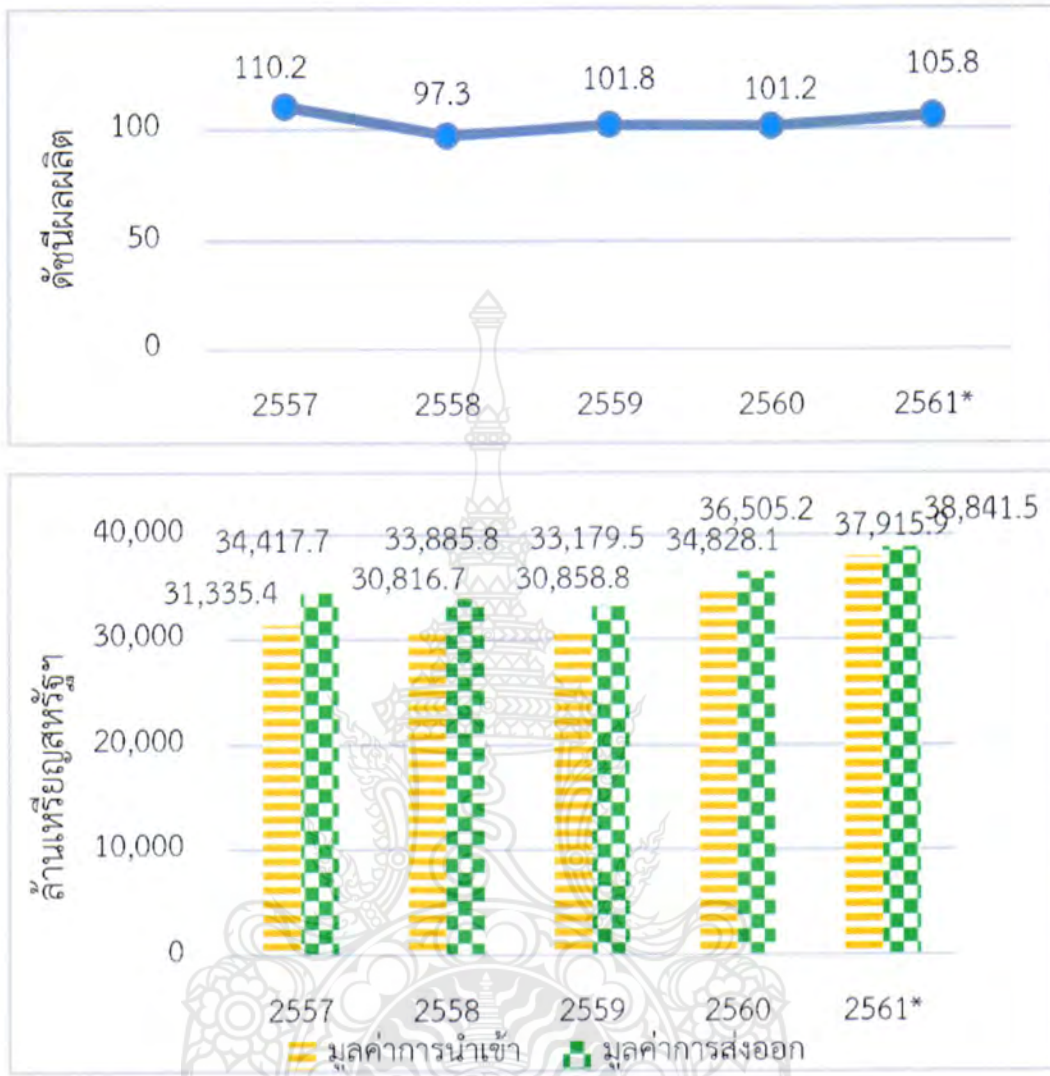
ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2562

การนำเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า ในปี 2561 มีมูลค่า 16,062.4 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 6.4 (%YoY) จากการ นำเข้าของตลาดหลักปรับตัวเพิ่มขึ้น ได้แก่ จีน สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น จากการนำเข้าสินค้าแผงสวิตช์และแผงควบคุมกระแสไฟฟ้า เครื่องอุปกรณ์สำหรับป้องกันวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบเพิ่มขึ้น

การผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าปี 2561 ทรงตัวเมื่อเทียบกับปีก่อน โดยมีดัชนีผลผลิตอยู่ที่ 112.9 ลดลงเล็กน้อยร้อยละ 1.6 (%YoY) ทั้งนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ปรับตัวลดลง ได้แก่ เครื่องซักผ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็น ลดลงร้อยละ 17.5, 13.7 และ 10.1 ตามลำดับ โดยเครื่องซักผ้าและตู้เย็นเป็นผลจากคำสั่งซื้อจาก ต่างประเทศลดลง โดยเฉพาะตลาดสหรัฐอเมริกา ส่วนมอเตอร์ ไฟฟ้าผลิตลดลงจากผู้ผลิตมีการเปลี่ยนแปลงรุ่นและโมเดล ในขณะที่สินค้าที่มีการปรับตัวเพิ่มขึ้น ได้แก่ พัดลมตามบ้าน กระติกน้ำร้อน เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแฟนคอยล์ยูนิต เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนคอนเดนซิ่งยูนิต เตาไมโครเวฟ คอมเพรสเซอร์ หม้อหุงข้าว และสายไฟฟ้า เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.2, 6.0, 4.4, 3.5, 3.2, 1.5, 1.4 และ 0.1 ตามลำดับ เนื่องจากการจำหน่ายในประเทศเพิ่มขึ้น ประกอบกับคำสั่งซื้อจากต่างประเทศเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศมีการ ส่งออกไปตลาดอาเซียน สหภาพยุโรป และญี่ปุ่นมากขึ้น การส่งออกเครื่องใช้ไฟฟ้า ในปี 2561 มีมูลค่า 23,371.7 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ลดลงจากปีก่อนเล็กน้อย ร้อยละ 1.4 (%YoY) จากการส่งออกสินค้าไปตลาดสหรัฐอเมริกาลดลง ได้แก่ เครื่องซักผ้า และแผงโซล่าร์เซลล์ เนื่องจากมาตรการ Safeguard เครื่องซักผ้าและแผงโซล่าร์เซลล์ที่สหรัฐอเมริกา มีต่อไทย ในขณะที่สินค้าเครื่องปรับอากาศมีมูลค่าการส่งออก เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 เมื่อเทียบกับปีก่อน จากการส่งออกไป ตลาดญี่ปุ่น อาเซียน และสหภาพยุโรปเพิ่มขึ้น

แนวโน้มอุตสาหกรรมไฟฟ้าของปี 2562 ในปี 2562 คาดว่า จะมีการผลิตและการส่งออกที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีก่อน จากปัจจัยบวก ทั้งภายในและภายนอกประเทศ เช่น มาตรการกระตุ้นความต้องการซื้อสินค้าของภาครัฐในช่วงปลายปี 2561 การจัดเลือกตั้งในปี 2562 ซึ่งคาดว่ารัฐบาลใหม่จะมีมาตรการอัดฉีดทำให้เศรษฐกิจฟื้นตัว ประกอบกับแนวโน้มความตึงเครียดสงครามทางการค้าระหว่างจีนและ สหรัฐอเมริกามีท่าทีที่ผ่อนคลายลง

6.1.1.3 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในปี 2561 ปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2560 โดยปรับตัว เพิ่มขึ้นในสินค้า HDD, IC, Semiconductor และ PCBA เป็นผลจากการขยายตัวของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของโลกที่มี ความต้องการใช้เพิ่มขึ้น รวมถึงมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นในตลาดญี่ปุ่น อาเซียน จีน สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา



* ตัวเลขคาดการณ์

ภาพ 6.5 อัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิต มูลค่าการนำเข้า และมูลค่าการส่งออกของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ปี 2561

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2562

การนำเข้าสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในปี 2561 มีมูลค่า 33,719.86 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 8.9 (%YoY) โดยนำเข้าเพิ่มขึ้นในตลาดหลัก ได้แก่ จีน สหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น โดยสินค้าที่มีการนำเข้าเพิ่มขึ้น ได้แก่ วงจรรวมปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.7 และเครื่องโทรศัพท์และอุปกรณ์ ปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 60.1 เมื่อเทียบกับปีก่อน

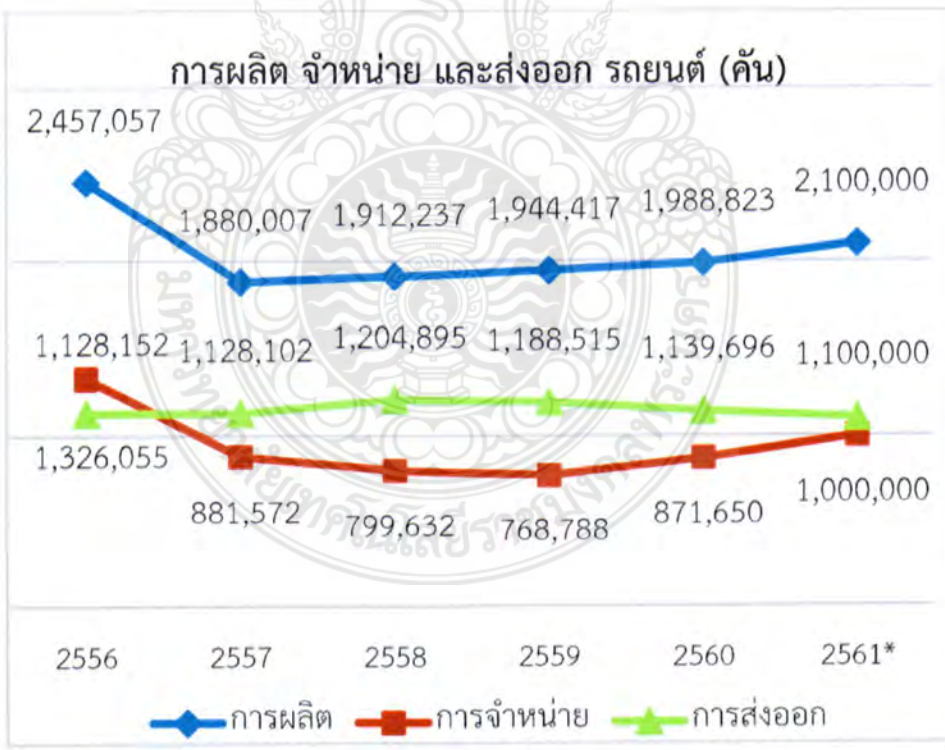
การผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ในปี 2561 มีดัชนีผลผลิตอยู่ที่ ระดับ 105.8 เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 4.5 (%YoY) โดย สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการปรับตัวเพิ่มขึ้น ได้แก่ HDD, Monolithic IC, Semiconductor, PCBA และ Other IC เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.1, 6.8, 4.5, 4.3 และ 0.3 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีก่อน จากการขยายตัวของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของโลกที่มีความต้องการใช้เพิ่มขึ้น โดย IC ใช้เป็นชิ้นส่วนสำคัญในการพัฒนาสินค้าที่มีการใช้เทคโนโลยีสูง รวมถึงนำไปใช้เป็นชิ้นส่วน Smart

phone, Tablet และในตลาดมีการพัฒนา Semiconductor มากขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์สมาร์ทต่าง ๆ และ HDD มีการพัฒนาให้มีความจุมากขึ้นเพื่อใช้ใน Cloud Storage

การส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ใน ปี 2561 มีมูลค่า 38,841.5 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 6.4 (%YoY) โดยตลาดส่งออกหลักทั้งหมดปรับตัวเพิ่มขึ้น ทั้งญี่ปุ่น จีน อาเซียน สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา โดยส่วนประกอบและอุปกรณ์ประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 10.1 วงจรรวม (IC) เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2 และเครื่องโทรศัพท์และอุปกรณ์ ปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.0 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพิ่มขึ้นในตลาดญี่ปุ่น เนื่องจากผู้ผลิต บางรายมีการผลิตเพื่อส่งออกสินค้ากลับไปที่บริษัทแม่ ในประเทศญี่ปุ่น

แนวโน้มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปี 2562 คาดว่าจะมีการผลิตและการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.0 และ 7.5 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีก่อน เนื่องจากความต้องการส่วนประกอบและอุปกรณ์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มขึ้น รวมถึงตามความต้องการของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์โลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

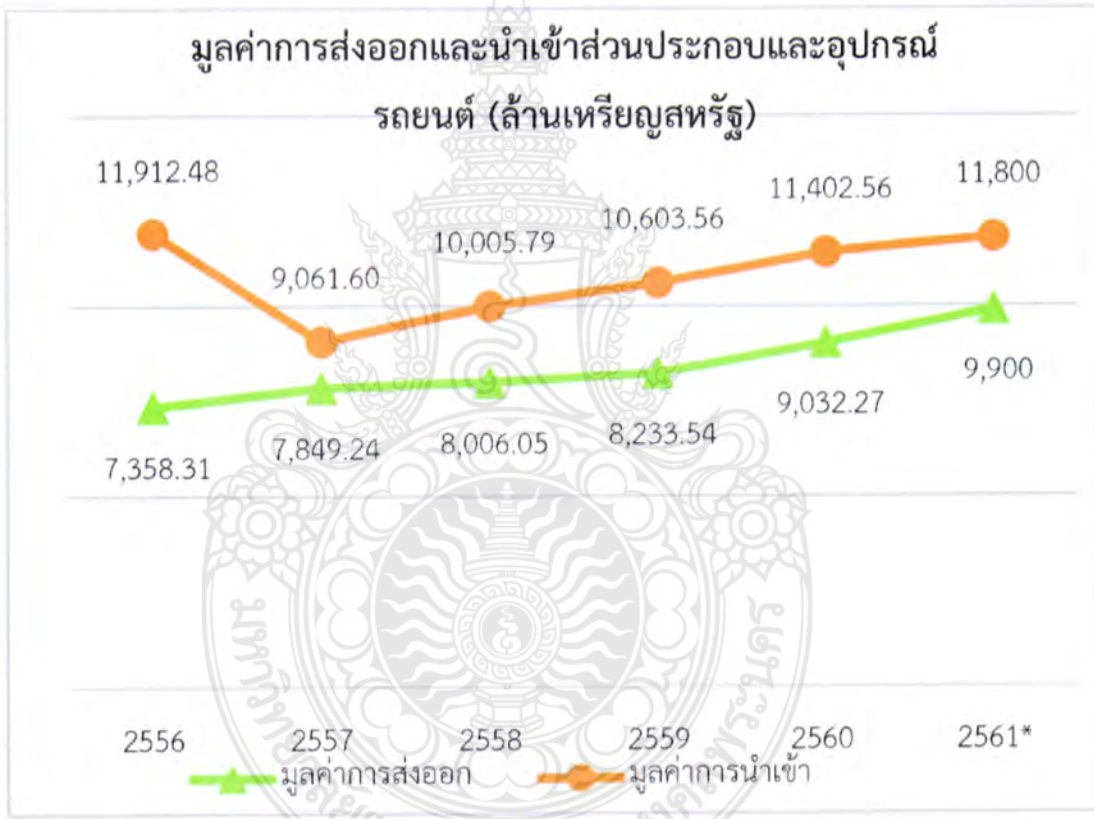
6.1.2.4 อุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนรถยนต์ ในปี 2561 คาดว่าปริมาณการผลิตขยายตัวเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยเป็นการขยายตัวของตลาดในประเทศ อันเนื่องมาจากการลงทุนของภาครัฐและเอกชนรวมทั้งผลผลิตทางการเกษตรที่เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ดี การส่งออกคาดว่าจะมีการชะลอตัว



ภาพ 6.6 อัตราการขยายตัวของดัชนีผลผลิต มูลค่าการนำเข้า และมูลค่าการส่งออกของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ปี 2561

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม รวบรวมจากกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์, 2562

การผลิตรถยนต์ ปี 2561 คาดว่า มีปริมาณการผลิตรถยนต์ 2,100,000 คัน เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีปริมาณการผลิต 1,988,823 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.59 โดยแบ่งเป็นการผลิต รถยนต์นั่ง ร้อยละ 42 รถกระบะ 1 ตันและอนุพันธ์ ร้อยละ 56 และรถยนต์เพื่อการพาณิชย์อื่น ๆ ร้อยละ 2 การจำหน่ายรถยนต์ในประเทศ ปี 2561 คาดว่า มีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ในประเทศ 1,000,000 คัน เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีปริมาณ การจำหน่าย 871,650 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.72 โดยแบ่งเป็น การจำหน่ายรถยนต์นั่ง ร้อยละ 40 รถกระบะ 1 ตัน ร้อยละ 41 รถ PPV และ SUV ร้อยละ 14 และรถยนต์เพื่อการพาณิชย์อื่น ๆ ร้อยละ 5 การส่งออกรถยนต์ ปี 2561 คาดว่า มีปริมาณการส่งออกรถยนต์ (CBU) จำนวน 1,100,000 คัน เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีปริมาณ การส่งออก 1,139,696 คัน ลดลงร้อยละ 3.48



* ตัวเลขคาดการณ์

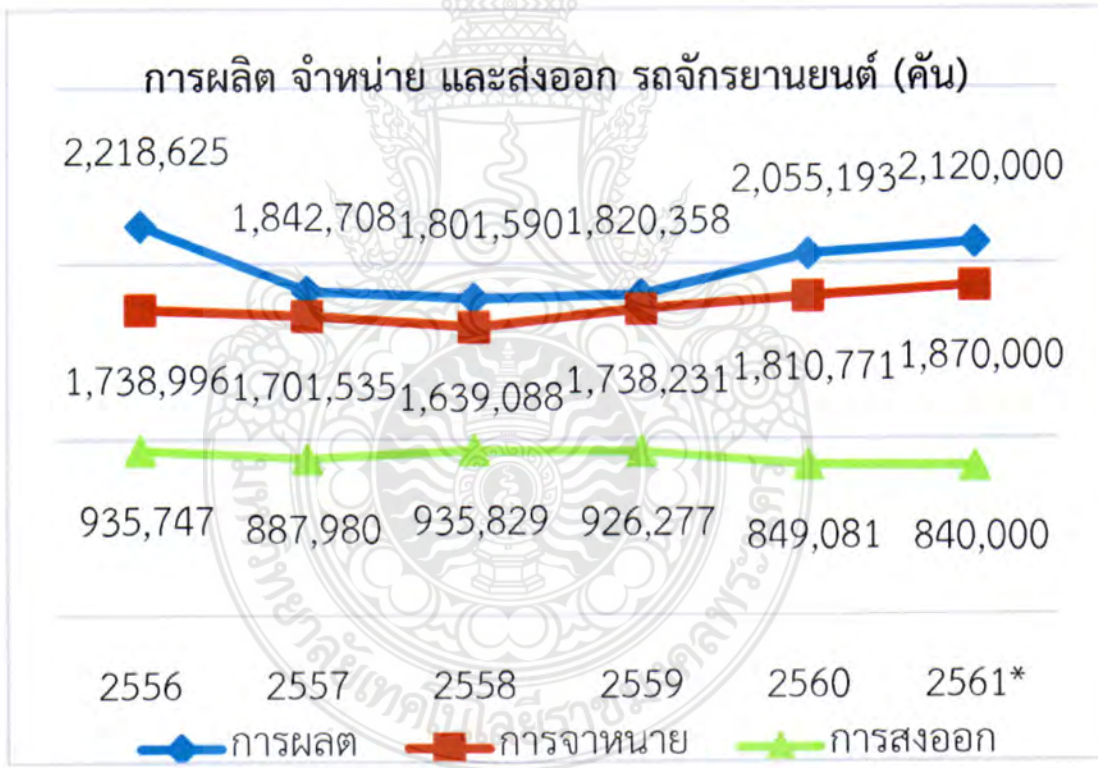
ภาพ 6.7 มูลค่าการส่งออกและนำเข้าส่วนประกอบและอุปกรณ์ รถยนต์ ปี 2561
ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร, 2562

มูลค่าการส่งออกของส่วนประกอบและอุปกรณ์รถยนต์ ปี 2561 คาดว่า มีมูลค่า 9,900 ล้านเหรียญสหรัฐ เมื่อเทียบกับ ช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีมูลค่า 9,032.27 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.61 ตลาดส่งออกที่สำคัญของส่วนประกอบและ อุปกรณ์รถยนต์ ได้แก่ ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย

และมาเลเซีย มูลค่าการนำเข้าของส่วนประกอบและอุปกรณ์ยานยนต์ ปี 2561 คาดว่า มีมูลค่า 11,800 ล้านเหรียญสหรัฐ เมื่อเทียบ กับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีมูลค่า 11,402.56 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.49 ตลาดนำเข้าที่สำคัญของส่วนประกอบและอุปกรณ์ยานยนต์ ได้แก่ ญี่ปุ่น จีน และ เยอรมนี

แนวโน้มอุตสาหกรรมรถยนต์ ปี 2562 ประมาณการอุตสาหกรรมรถยนต์ในปี 2562 จากการคาดการณ์ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม คาดว่า จะมีการผลิตรถยนต์ ประมาณ 2,200,000 คัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 4.76 โดยเป็นการจำหน่ายในประเทศประมาณ 1,050,000 คัน เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.00 และเป็นการส่งออกประมาณ 1,150,000 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.55

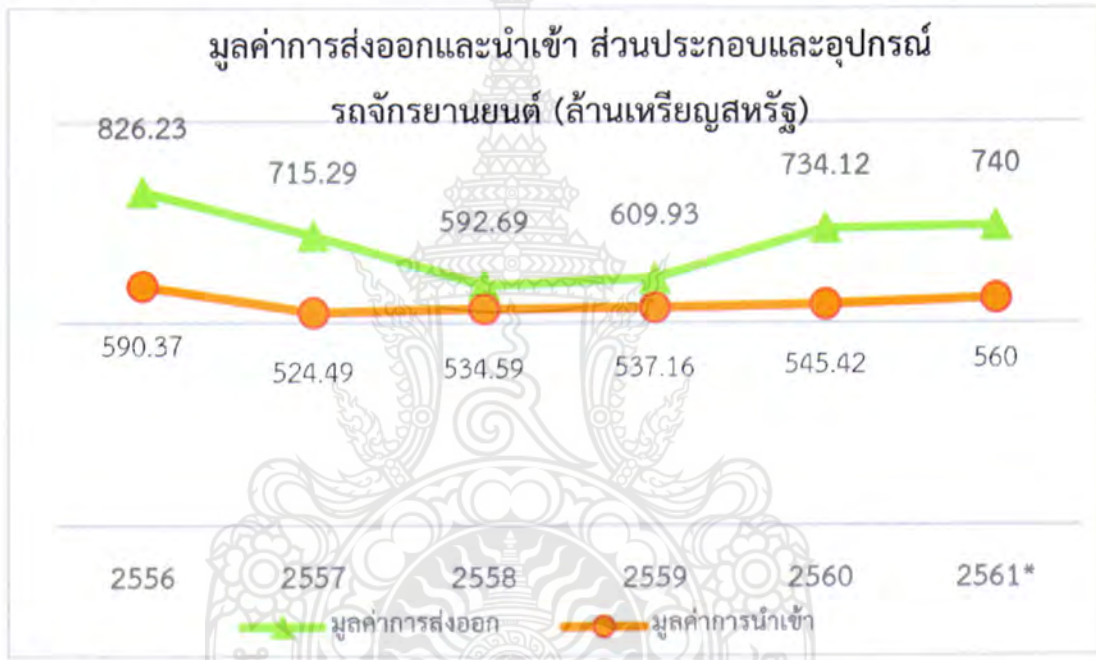
6.1.2.5 อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์และชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ปี 2561 คาดว่า การผลิตรถจักรยานยนต์จะขยายตัว เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากความต้องการของตลาดในประเทศ อย่างไรก็ตาม ตลาดส่งออกชะลอตัว



* ตัวเลขคาดการณ์

ภาพ 6.8 แนวโน้มการผลิตรถจักรยานยนต์ของประเทศไทยในช่วง ปี 2561
ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม รวบรวมจากกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2562

การผลิตรถจักรยานยนต์ ปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ของประเทศไทยในช่วง ปี 2561 คาดว่า มีจำนวน 2,120,000 คัน เมื่อเทียบกับช่วง เดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีการผลิตจำนวน 2,055,193 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.15 การจำหน่ายรถจักรยานยนต์ในประเทศ ปริมาณการจำหน่ายรถจักรยานยนต์ของประเทศไทยปี 2561 คาดว่า มีจำนวน 1,870,000 คัน เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีการจำหน่ายจำนวน 1,810,771 คัน เพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.27 การส่งออกรถจักรยานยนต์ (CBU&CKD) ปริมาณการส่งออกรถจักรยานยนต์ (CBU&CKD) ของ ประเทศไทยปี 2561 คาดว่า มีจำนวน 840,000 คัน (เป็น การส่งออก CBU จำนวน 370,000 คัน และ CKD จำนวน 470,000 ชุด) เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีการ ส่งออก จำนวน 849,081 คัน ลดลงร้อยละ 1.07



* ตัวเลขคาดการณ์

ภาพ 6.9 มูลค่าการส่งออกและนำเข้า ส่วนประกอบและอุปกรณ์ รถจักรยานยนต์ ปี 2561
ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร, 2562

มูลค่าการส่งออกของส่วนประกอบรถจักรยานยนต์ปี 2561 คาดว่า มีมูลค่า 740 ล้านเหรียญสหรัฐ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีมูลค่า 734.12 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.80 ตลาดส่งออกที่สำคัญของส่วนประกอบรถจักรยานยนต์ ได้แก่ กัมพูชา อินโดนีเซีย และญี่ปุ่น มูลค่าการนำเข้าของส่วนประกอบและอุปกรณ์ รถจักรยานยนต์และรถจักรยาน ปี 2561 คาดว่ามีมูลค่า 560 ล้านเหรียญสหรัฐ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งมีมูลค่า 545.42 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.67 ตลาดนำเข้าที่สำคัญของส่วนประกอบและอุปกรณ์รถจักรยานยนต์และรถจักรยาน ได้แก่ ญี่ปุ่น จีน และเวียดนาม

แนวโน้มอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ ปี 2562 สำหรับประมาณการอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ของปี 2562 คาดว่าการผลิตจะทรงตัว คิดเป็นปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ประมาณ 2,000,000 คัน ทั้งนี้ จากปริมาณการผลิตที่คาดการณ์ไว้ข้างต้นจะเป็นการผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศประมาณร้อยละ 85-90 และการผลิตเพื่อการส่งออก ร้อยละ 10-15

6.1.3 อุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

6.1.3.1 สถานการณ์การผลิตยานยนต์ ด้านสภาวะการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยนับตั้งแต่ปี 2554-2559 (ม.ค.-มี.ค.) มีแนวโน้มการเจริญเติบโตลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลกระทบจากเศรษฐกิจโลกชะลอตัว ส่งผลให้ภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์โลกมีปริมาณการจำหน่ายยานยนต์โลกลดลงในเกือบทุกภูมิภาคของโลก บริษัทผู้ประกอบการยานยนต์มีปริมาณการผลิตยานยนต์ส่วนเกินเหลืออยู่มาก แม้ในปี 2558 (http://www.thaiautoparts.or.th/download/A001.doc. (วันที่ค้นข้อมูล: 30 พฤษภาคม 2558) มีปริมาณการผลิตรถยนต์รวม 1,912,516 คัน มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.66 แบ่งเป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car) จำนวน 763,812 คัน รถยนต์เชิงพาณิชย์ไม่รวมรถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน (Commercial Car) จำนวน 32,886 คัน และรถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน (One ton pick up) จำนวน 1,115,818 คัน (ภาพ 6.11)

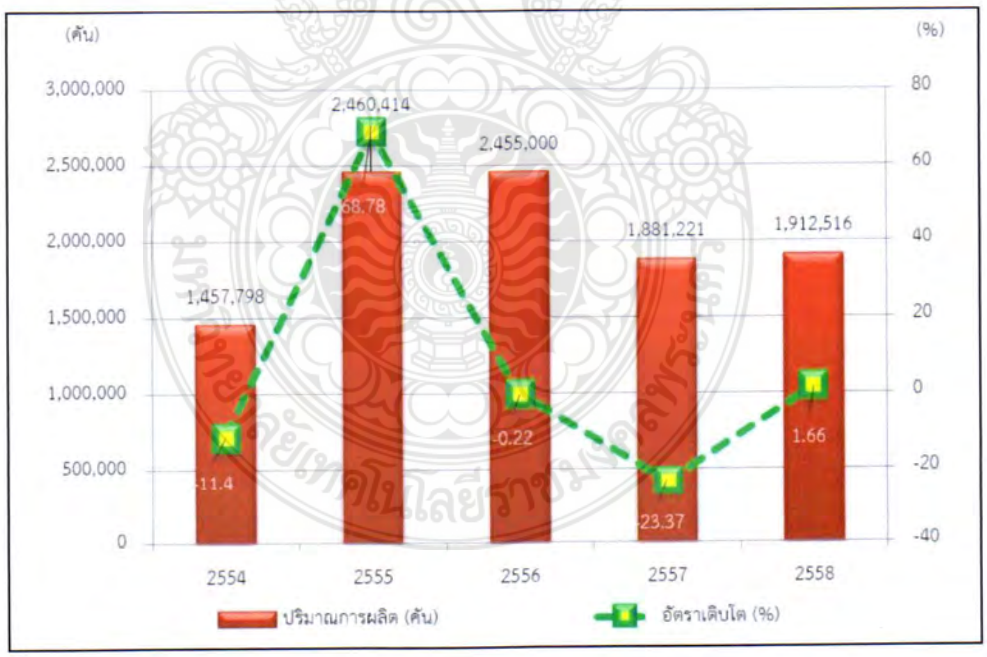
แต่สำหรับภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยในเดือนมกราคม-มีนาคม 2559 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2558 มีปริมาณการผลิตรถยนต์รวม 506,874 คัน ลดลงร้อยละ 3.22 แบ่งเป็นปริมาณการผลิตรถยนต์นั่งส่วนบุคคล จำนวน 188,064 คัน รถยนต์เชิงพาณิชย์ไม่รวมรถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน จำนวน 6,843 คัน และรถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน จำนวน 311,967 คัน โดยการผลิตรถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน มีอัตราเพิ่มขึ้นมากที่สุดร้อยละ 1.75 (ตาราง 6.1 และภาพ 6.11)

ตาราง 6.1 ปริมาณการผลิตรถยนต์และรถจักรยานยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559 จำแนกตามประเภทรถยนต์

หน่วย : คัน

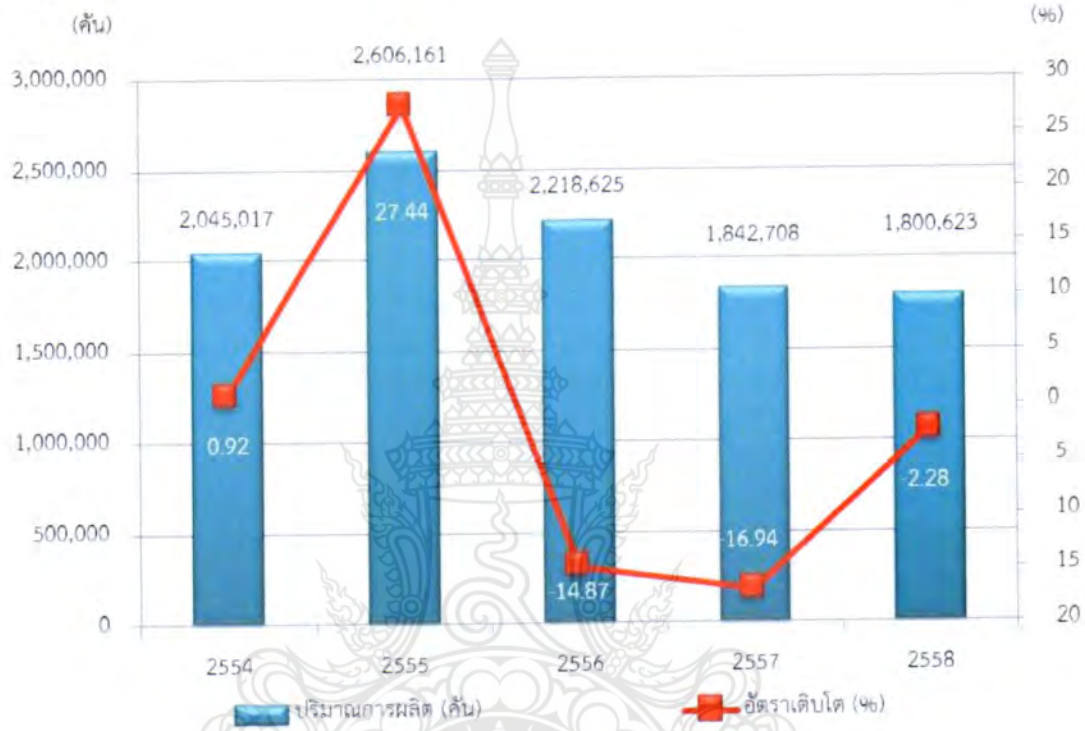
ประเภท	2554	2555	2556	2557	2558	2558 (ม.ค.-มี.ค.)	2559 (ม.ค.-มี.ค.)	อัตราเติบโต (%)
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	537,987	964,344	1,066,647	742,748	763,812	209,387	188,064	-10.18
รถยนต์เชิงพาณิชย์ไม่รวมรถปิกอัพขนาด 1 ตัน	20,611	43,816	55,440	23,695	32,886	7,750	6,843	-11.7
รถปิกอัพขนาด 1 ตัน	899,200	1,452,254	1,332,913	1,114,778	1,115,818	306,596	311,967	1.75
รวม	1,457,798	2,460,414	2,455,000	1,881,221	1,912,516	523,733	506,874	-3.22
อัตราเติบโต (%)	-11.4	68.78	-0.22	-23.37	1.66			
รถจักรยานยนต์	2,045,017	2,606,161	2,218,625	1,842,708	1,800,623	536,903	461,350	-14.07
อัตราเติบโต (%)	0.92	27.44	-14.87	-16.94	-2.28			

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2558



ภาพ 6.10 สภาวะการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยนับตั้งแต่ปี 2554-2559
ที่มา: http://www.thaiautoparts.or.th/download/A001.doc. (วันที่ค้นข้อมูล: 30 พฤษภาคม 2558)

สถานการณ์การผลิตรถจักรยานยนต์มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับการผลิตรถยนต์ โดยมีปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ปี 2558 จำนวน 1,800,623 คัน ลดลงร้อยละ 2.28 สำหรับภาพรวมการผลิตรถจักรยานยนต์ในเดือนมกราคม-มีนาคม 2559 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2558 มีปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์รวม 461,350 คัน ลดลงร้อยละ 14.07 (ตาราง 6.1 และแผนภาพ 6.12)



ภาพ 6.11 ปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ และอัตราการเติบโต ปี 2554-2559
ที่มา: http://www.thaiautoparts.or.th/download/A001.doc. (วันที่ค้นข้อมูล: 30 พฤษภาคม 2558)

6.1.3.2 สถานการณ์การจำหน่ายและส่งออกยานยนต์ สำหรับสถานการณ์การจำหน่ายรถยนต์ในประเทศ ปี 2558 มีปริมาณจำหน่ายรถยนต์รวมทั้งสิ้น 799,636 คัน ลดลงร้อยละ 9.33 โดยรถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน มีปริมาณการจำหน่ายมากที่สุด คือ 401,672 คัน รองลงมาคือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล จำนวน 356,113 คัน และรถยนต์เชิงพาณิชย์ จำนวน 41,851 คัน (ตาราง 6.2)

ส่วนปริมาณการจำหน่ายรถจักรยานยนต์ในประเทศปี 2558 มีจำนวน 1,639,085 คัน ลดลงร้อยละ 3.67 ขณะที่ภาพรวมปริมาณการจำหน่ายรถจักรยานยนต์ในเดือนมกราคม-มีนาคม 2559 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2558 มีปริมาณการจำหน่าย 435,700 คัน ลดลงร้อยละ 9.03 (ตาราง 6.2)

สถานการณ์ของการส่งออกรถยนต์มีการขยายตัวเล็กน้อย โดยปี 2558 มีปริมาณการส่งออกรถยนต์ จำนวน 1,204,895 คัน มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.18 คิดเป็นมูลค่า 592,574 ล้านบาท มีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปี 2557 ร้อยละ 12.39 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาภาพรวม

ปริมาณการส่งออกรถยนต์ในเดือนมกราคม-มีนาคม 2559 โดยเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2558 จะเห็นได้ว่า มีปริมาณการส่งออกจำนวน 307,760 คัน ลดลงร้อยละ 6.24 (ตาราง 6.2) คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 163,553 ล้านบาท มีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปี 2558 ร้อยละ 11.35 (ตาราง 6.3)

ตาราง 6.2 ปริมาณการจำหน่ายในประเทศและส่งออกรถยนต์และรถจักรยานยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559 (ม.ค.-มี.ค.) จำแนกตามประเภทรถยนต์

หน่วย : คัน

ประเภท	2554	2555	2556	2557	2558	2558 (ม.ค.-มี.ค.)	2559 (ม.ค.-มี.ค.)	อัตราเติบโต (%)
รถยนต์								
จำหน่ายในประเทศ								
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	377,621	692,771	656,412	411,413	356,113	92,978	71,226	-23.39
รถยนต์เพื่อการพาณิชย์	46,336	66,027	69,319	43,842	41,851	10,722	9,813	-8.48
รถปิ๊กอัพขนาด 1 ตัน	372,123	675,822	597,524	426,628	401,672	94,091	100,521	6.83
รวม	1,457,798	2,460,414	2,455,000	1,881,221	1,912,516	523,733	506,874	-3.22
อัตราเติบโต (%)	-11.4	68.78	-0.22	-23.37	1.66			
ส่งออก								
รวม	735,627	1,020,059	1,119,205	1,128,102	1,204,895	328,232	307,760	-6.24
อัตราเติบโต (%)	-18.02	38.67	9.72	0.79	6.81			
รถจักรยานยนต์								
จำหน่ายในประเทศ								
รวม	2,007,080	2,130,041	2,004,498	1,701,525	1,639,085	478,942	435,700	-9.03
อัตราเติบโต (%)	8.73	6.13	-5.89	-15.11	-3.67			
ส่งออก								
CBU (Units)	221,164	313,991	333,780	288,527	344,892	105,637	82,705	-21.71
CKD (Sets)	911,838	542,944	601,967	599,453	590,102	158,639	163,768	3.23
รวม	1,133,002	856,935	935,747	887,980	934,994	264,276	246,473	-6.74
อัตราเติบโต (%)	38.78	-24.37	9.2	-5.1	5.29			

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2559

ตาราง 6.3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรถยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559

หน่วย : คัน

ประเภท	2554	2555	2556	2557	2558	2558 (ม.ค.-มี.ค.)	2559 (ม.ค.-มี.ค.)	อัตราเติบโต (%)
ปริมาณ (คัน)	735,627	1,020,059	1,119,205	1,128,102	1,204,895	328,232	307,760	-6.24
อัตราเติบโต (%)	-18.02	38.67	9.72	0.79	6.81			
มูลค่า (ล้านบาท)	345,860	484,023	509,108	527,238	592,574	146,885	163,553	11.35
อัตราเติบโต (%)	-14.53	39.95	5.18	3.56	12.39			

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2559

ตาราง 6.4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรถจักรยานยนต์ของประเทศไทย ปี 2554-2559

หน่วย : คัน

ประเภท	2554	2555	2556	2557	2558	2558 (ม.ค.-มี.ค.)	2559 (ม.ค.-มี.ค.)	อัตราเติบโต (%)
CBU (Units)	221,164	313,991	333,780	288,527	344,892	105,637	82,705	-21.71
CKD (Sets)	911,838	542,944	601,967	599,453	590,102	158,639	163,768	3.23
CBU + CKD (Sets)	1,133,002	856,935	935,747	887,980	934,994	264,276	246,473	-6.74
อัตราเติบโต (%)	38.78	-24.37	9.2	-5.1	5.29			
มูลค่า (ล้านบาท)	39,291	41,317	57,860	51,662	49,955	15,420	17,994	16.69
อัตราเติบโต (%)	1.28	5.16	40.04	-10.71	-3.31			

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2559

6.1.4 อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไทย อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยสร้างงานให้กับแรงงานจำนวนกว่า 100,000 คน มีผู้ผลิต 1,657 ราย และโรงงานรวม 2,237 แห่ง ซึ่งส่วนมากผู้ผลิตดังกล่าวเป็น SMEs และจะกระจุกตัวอยู่ในเขตอุตสาหกรรมในกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง เช่น สมุทรปราการ ซึ่งพบว่ามีจำนวนของผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบตั้งโรงงานอยู่มากที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดระยองและจังหวัดอื่น ๆ เช่น ฉะเชิงเทรา ชลบุรี เป็นต้น โดยโรงงานดังกล่าวมักตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานผลิตยานยนต์ โดยทั่วไปผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จะมีตลาดในการจัดจำหน่ายชิ้นส่วนอยู่ 2 ตลาดหลัก (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.). สรุปสถานการณ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ของ SMEs ไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.sme.go.th (วันที่ค้นข้อมูล : 30 พฤษภาคม 2558). ได้แก่

ก) ตลาดชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อนำไปใช้ประกอบยานยนต์ (Original Equipment Market: OEM) โดยผู้ผลิตต้องผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ป้อนให้กับรถยนต์และจักรยานยนต์รุ่นใหม่ๆ สำหรับค่ายยานยนต์ที่เข้ามาตั้งฐานการผลิตในไทยเพื่อประกอบยานยนต์ส่งออกและจำหน่ายในประเทศ ทั้งนี้ความต้องการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์ในกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตรถยนต์และรถจักรยานยนต์

ข) ตลาดชิ้นส่วนยานยนต์ทดแทน หรืออะไหล่ทดแทน (Replacement Equipment Market : REM) เป็นตลาดชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อการทดแทนชิ้นส่วนเดิมที่เสีย หรือสึกหรอตามสภาพการ

ใช้งาน ซึ่งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ผู้ผลิตที่ทำการผลิตเพื่อป้อนให้กับตลาดทดแทนนี้มีทั้งผู้ประกอบการขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก จึงทำให้ชิ้นส่วนยานยนต์ที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพที่หลากหลายทั้งอะไหล่แท้ อะไหล่ปลอม และอะไหล่เทียม ซึ่งจะทำการจัดจำหน่ายให้กับศูนย์บริการอะไหล่ของค่ายยานยนต์ต่าง ๆ โดยปกติศูนย์บริการจะมีการจัดเก็บสต็อกอะไหล่ทดแทนไม่มากนัก จะเน้นเก็บเฉพาะอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมยานยนต์บ่อยครั้งเท่านั้น

จากข้อมูลศูนย์สารสนเทศยานยนต์ 29) (ตาราง 6.5) ในปี 2558 การส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ของไทย คิดเป็นมูลค่า 245,888.88 ล้านบาท ลดลงร้อยละ 2.34 แบ่งเป็นการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ประเภท Engine คิดเป็นมูลค่า 32,481.69 ล้านบาท Spare parts คิดเป็นมูลค่า 23,468.51 ล้านบาท OEM parts คิดเป็นมูลค่า 188,761.25 ล้านบาท และชิ้นส่วนอื่นๆ คิดเป็นมูลค่า 1,177.43 ล้านบาท เมื่อพิจารณามูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ในเดือนมกราคม-มีนาคม 2559 โดยเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2558 จะเห็นได้ว่า มีมูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ 61,533.93 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9 ซึ่งหากพิจารณาตามประเภทของชิ้นส่วนยานยนต์ พบว่า ชิ้นส่วนยานยนต์ประเภท Engine มีมูลค่าการส่งออกมากที่สุด คิดเป็นมูลค่า 11,424.19 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 58.67

ตาราง 6.5 มูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการรับจ้างผลิตของประเทศไทย ปี 2554-2559

มูลค่า : ล้านบาท

ประเภท	2554	2555	2556	2557	2558	2558 (ม.ค.-มี.ค.)	2559 (ม.ค.-มี.ค.)	อัตราการเติบโต (%)
Engine	26,671.46	26,990.17	28,353.85	31,590.48	32,481.69	7,199.75	11,424.19	58.67
Spare parts	16,537.85	20,017.43	19,705.21	20,236.44	23,468.51	5,294.08	6,048.62	14.25
Jig & Die	0	0	0	0	0	0	0	0
OEM Parts	137,245.59	167,746.68	189,525.21	198,300.34	188,761.25	48,271.64	43,813.32	-9.24
Others	2,546.87	2,202.71	947.49	1,642.76	1,177.43	219.53	247.8	12.88
มูลค่า (ล้านบาท)	183,001.77	216,956.99	238,531.76	251,770.03	245,888.88	60,984.99	61,533.93	0.9
อัตราการเติบโต (%)	2.78	18.55	9.94	5.55	-2.34			

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2559

จากข้อมูลสถาบันยานยนต์ (ตาราง 6.6) ในปี 2558 ไทยมีมูลค่าการนำเข้าชิ้นส่วนยานยนต์จากต่างประเทศ คิดเป็นมูลค่า 14,472.18 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นจากปี 2557 ร้อยละ 3.81 โดยจำแนกเป็นการนำเข้าชิ้นส่วนรถยนต์ คิดเป็นมูลค่า 13,937.59 ล้านเหรียญสหรัฐ และนำเข้าชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ คิดเป็นมูลค่า 534.59 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยประเภทของชิ้นส่วนรถยนต์ที่นำเข้า คิดเป็นมูลค่ามากที่สุดคือ ส่วนประกอบและอุปกรณ์รถยนต์ รวมทั้งโครงรถและตัวถัง คิดเป็นมูลค่า 8,487.94 ล้านเหรียญสหรัฐ

ตาราง 6.6 มูลค่านำเข้าและส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการรับจ้างผลิตของประเทศไทย ปี 2555-2558

มูลค่า : ล้านเหรียญสหรัฐ / อัตราเติบโต [%

Code	Items	2012	2013	2014	2015	2014	2015
	Export: Automotive & Auto Parts (1-3)	**32,708.73**	**34,943.11**	**35,042.67**	**35,303.76**	**0.28**	**0.75**
321010100	(1.1) Passenger car	4,961.48	6,028.67	6,001.72	9,180.05	-0.45	52.96
321010200	(1.2) Bus, Truck and 1 Ton pick-up truck	10,460.16	10,525.70	10,294.57	8,179.87	-2.20	-20.54
321010300	(1.3) Van	585.28	488.37	402.62	225.88	-17.56	-43.90
	(1) Total Number of Export Vehicle	**16,006.92**	**17,042.74**	**16,698.91**	**17,585.80**	**-2.02**	**5.31**
321020100	(2.1) Motorcycle	980.02	1,247.73	1,063.14	1,100.87	-14.79	3.55
321020200	(2.2) CDK for Motorcycle	169.68	181.84	118.89	87.90	-34.61	-26.07
	(2) Total Number of Export Motorcycle	**1,149.70**	**1,429.57**	**1,182.03**	**1,188.78**	**-17.32**	**0.57**
321040000	(3.1) Spark-ignition reciprocating internal combustion piston engines and parts thereof	3,204.94	3,347.60	3,386.63	3,176.37	1.17	-6.21
343100000	(3.2) Transmission shaffs and cranks	324.40	321.05	328.56	327.88	2.34	-0.21
321050000	(3.3) Electrical equipment for spark-ignition internal combustion engines and parts thereof	378.90	400.95	400.26	325.52	-0.17	-18.67
321010404	(3.4) Ignition wiring sets used in vehicles	471.56	434.29	435.70	487.34	0.32	11.85
303160000	(3.5) Electric accumulators and parts thereof	709.83	782.63	913.65	652.68	16.74	-28.56
317010000	(3.6) Pneumatic tyres and innertubes of rubber	3,482.98	3,625.36	3,697.75	3,639.15	2.00	-1.58
336030000	(3.7) Safety glass and glass mirrors	174.70	188.40	191.50	161.75	1.64	-15.53
321010405	(3.8) Other parts and accessories for motor vehicles	6,207.18	6,726.12	7,208.20	7,253.70	7.17	0.63
321020202	(3.9) Other parts and accessories for motorcycle	597.63	644.39	599.48	504.79	-6.97	-15.80
	(3) Total Number of Export Auto Parts	**15,552.11**	**16,470.80**	**17,161.73**	**16,529.18**	**4.19**	**-3.69**

Code	Items	2012	2013	2014	2015	2014	2015
	Export: Automotive & Auto Parts (1-3)	**21,157.82**	**20,010.12**	**15,792.97**	**16,007.59**	**-21.08**	**1.36**
501000000	(1.1) Passenger car	1,400.92	1,268.38	1,209.45	929.85	-4.65	-23.13
502010000	(1.2) Bus & Truck	940.61	634.82	493.36	391.35	-22.28	-20.68
	(1) Total Number of Import Vehicle	**2,341.53**	**1,903.20**	**1,702.80**	**1,321.20**	**-10.53**	**-22.41**
505000000	**(2) Motorcycle**	**128.40**	**168.54**	**148.65**	**214.21**	**-11.80**	**-44.11**
204030100	(3.1) Engine, Transmission shafts and Other parts	5,560.29	5,435.53	4,355.42	3,931.80	-19.87	-9.73
504020000	(3.2) Parts and accessories including chassis and bodies	10,476.58	9,942.88	7,515.62	8,487.94	-24.41	12.94
504010000	(3.3) Tyres	490.83	463.89	407.34	403.75	-12.19	-0.88
504030000	(3.4) Other parts and accessories	1,610.88	1,505.71	1,138.65	1,114.10	-24.38	-2.16
507000000	(3.5) Parts and accessories of motorcycles and bicycles	549.30	590.37	524.49	534.59	-11.16	1.93
	(3) Total Number of Import Auto Parts	**18,687.89**	**17,938.38**	**13,941.51**	**14,472.18**	**-22.28**	**3.81**

Export - Import	**11,550.91**	**14,932.99**	**19,249.71**	**19,296.17**	**29.28**	**0.24**

6.1.5 สถานภาพอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์เป็นอุตสาหกรรมสนับสนุน (Supporting Industry) หรืออุตสาหกรรมกลางน้ำที่รองรับอุตสาหกรรมการผลิตที่สำคัญเกือบทุกประเภท เนื่องจากการผลิตสินค้าหลายสาขาจำเป็นต้องอาศัยแม่พิมพ์ (Mould) ในการขึ้นรูปและกำหนดรูปร่างผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและขนาดตาม ความต้องการทั้งสิ้น จึงอาจกล่าวได้ว่า อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เป็นอุตสาหกรรมที่เชื่อมโยงอุตสาหกรรมอื่น ๆ หรืออาจเรียกได้ว่า Mould and Die Mother of Industry โดยแม่พิมพ์ที่ดีจะส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตสามารถผลิตชิ้นส่วนได้อย่างรวดเร็วเป็นจำนวนมาก มีรูปร่างและขนาดได้มาตรฐาน รวมทั้งลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตส่งผลต่อความได้เปรียบในการแข่งขันของอุตสาหกรรมการผลิตที่เกี่ยวข้องอีกด้วย ประเทศไทยมีการยกระดับการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในช่วงปี 2547 เริ่มมีโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ โดยคณะรัฐมนตรีในยุคนั้นได้มอบหมายให้สถาบันไทย-เยอรมัน เป็นหน่วยงานหลักในการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรม พัฒนา และบริหารจัดการองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับแม่พิมพ์แบบครบวงจร โดยโครงการแบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะแรกปี 2548 - 2552 เป็นช่วงการสร้างองค์ความรู้ พัฒนาบุคลากร ในระยะที่สอง ปี 2553 - 2557 เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ต่อเนื่องจากระยะแรก ผลิตผู้ที่มีทักษะขั้นสูง พัฒนาผู้ประกอบการ และมุ่งขับเคลื่อนอุตสาหกรรมในประเทศ นอกจากนี้ ยังมีการจัดตั้งคลัสเตอร์ด้านงานพิมพ์ 4 คลัสเตอร์ (อุตสาหกรรมการผลิตเกี่ยวเนื่อง) เพื่อใช้เป็นแหล่งเชื่อมโยงกันระหว่างคลัสเตอร์ให้เข้มแข็ง ประกอบด้วย สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย กลุ่มพันธมิตรอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย กลุ่มนาโน โกลบอล พรีซิชั่น คลัสเตอร์ และกลุ่มพันธมิตรอุตสาหกรรมชิ้นส่วนและแม่พิมพ์ไทย และการจัดทำแผนการตลาดเปิดตัวแนะนำการผลิตกับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าได้ทำความรู้จักแหล่งผลิตและเทคโนโลยีจากไทยด้วยการออกโรดโชว์แสดงนวัตกรรมการผลิตแม่พิมพ์และเชื่อมโยงการตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเริ่มต้นจากกรอบ ๆ อาเซียนคือ ประเทศเวียดนาม และประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์ต่อมาได้ขยายไปสู่ประเทศญี่ปุ่นต่อไป (กรุงเทพธุรกิจ. อุตสาหกรรมแม่พิมพ์มุ่งการผลิตชั้นสูง, 2557)

จากการที่อุตสาหกรรมแม่พิมพ์เป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำที่เชื่อมโยงการผลิตชิ้นส่วนในทุกอุตสาหกรรม ซึ่งที่ผ่านมาประเทศไทยมีการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์อย่างต่อเนื่องทั้งในด้านเทคโนโลยีการผลิตและบุคลากร เพื่อรองรับการขยายตัวด้านการลงทุนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อเป็นศูนย์กลางการผลิตในอาเซียนโดยปัจจุบันอุตสาหกรรมของไทยได้สร้างความโดดเด่นทั้งในภูมิภาคและของโลก อาทิ อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ประกอบการหรือโรงงานแม่พิมพ์ประมาณ 1,061 ราย (บริษัท อัลตร้า-คอมเพรสเซอร์ จำกัด. อุตสาหกรรมแม่พิมพ์โลก VS แม่พิมพ์ไทย, 2559) ส่วนใหญ่เป็นการผลิตแม่พิมพ์โลหะและพลาสติก และส่วนใหญ่เป็นสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กคิดเป็นร้อยละ 96 3) ส่วนสถานประกอบการขนาดใหญ่จะมีจำนวนน้อยรายซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริษัทต่างชาติหรือบริษัทร่วมทุน

6.1.5.1 ประเภทของแม่พิมพ์

แม่พิมพ์ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภทดังนี้ (สถาบันไทย-เยอรมัน. โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์. เมษายน 2547.)

ก) แม่พิมพ์พลาสติก เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งการที่จะสร้างแม่พิมพ์ชนิดใดจะขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ ชนิดพลาสติกและความสะดวกรวดเร็วในการผลิต โดยทั่วไปสามารถจำแนกดังต่อไปนี้

1) แม่พิมพ์ฉีด (Injection moulding) เป็นกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเพราะสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดีและมีหลายลักษณะงาน เช่น ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องใช้ในครัวเรือน บรรจุภัณฑ์ ของเด็กเล่น เครื่องสำอาง เป็นต้น

2) แม่พิมพ์อัดและอัดฉีด (Compression and Transfer moulding)) แม่พิมพ์อัดเป็นการผลิตชิ้นงานโดยใช้พลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้งลงในแม่พิมพ์แล้วทำการปิดแม่พิมพ์โดยใช้ความดันสูงพร้อมกับให้ความร้อนทำให้พลาสติกหลอมละลายเข้าแทรกยังโพรงของแม่พิมพ์ จากนั้นหล่อเย็นให้พลาสติกแข็งตัวจึงปลดชิ้นงานออก

3) แม่พิมพ์เป่า (Blow moulding) เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตภาชนะกลวงโดยการทำให้พลาสติกเป็นสายท่อหรือหลอดแก้ว (Parison) แล้วใช้ลมเป่าให้เกิดรูปร่างตามแม่พิมพ์ แล้วจึงทำการปลดชิ้นงาน

4) แม่พิมพ์งานรีด (Extrusion) เพื่อผลิตชิ้นงานรูปพรรณต่าง ๆ ทั้งกลวงและตันยาวต่อเนื่องไม่รู้จบ เช่น ท่อสายยาง กรอบประตู หน้าต่าง เป็นต้น โดยเครื่อง Extrusion จะอัดและหลอมละลายพลาสติก จากนั้นจะถูกฉีดไปยังเครื่องมือสร้างรูปทรง (หัวฉีด) ต่างๆ แล้วแต่ลักษณะงาน

5) แม่พิมพ์งานเทอร์โมฟอร์มมิ่ง (Thermoforming) ใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกด้วยวิธีนำพลาสติกแผ่นบางมาอบให้ความร้อน จากนั้นจะใช้สุญญากาศดูดแผ่นพลาสติกให้ยุบลงมาจนมีรูปร่างตามแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์ในงานเทอร์โมฟอร์มิ่ง เช่น กล่องบรรจุไข่ ถ้วยไอศกรีม ถ้วยโยเกิร์ต เป็นต้น

ข) แม่พิมพ์โลหะ เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์โลหะ แม่พิมพ์โลหะสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1) แม่พิมพ์ปั๊ม (Stamping) เป็นวิธีการนำแผ่นเหล็ก (Strip) เข้ามาสู่ยังเครื่องปั๊มที่มีแม่พิมพ์ประกอบติดอยู่กับแท่นปั๊ม เมื่อแผ่นสตริปเข้ามายังแท่นปั๊มในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว แท่นปั๊มจะกดลงมายังแผ่นสตริปเพื่อให้ได้ชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์ ชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ปั๊ม เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

2) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Forming) เป็นการเปลี่ยนรูปทรงของแผ่นเหล็กให้เป็นไปตามรูปทรงของพั้นช์และดายโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาของเหล็ก แม่พิมพ์ขึ้นรูปมักจะนำใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

3) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (Deep draw die) เป็นการควบคุมการใช้แรงกดดันหรือแรงที่กดลงบนแผ่นงาน (Blank) หรือชิ้นงาน (Work piece) ดันผ่านแม่พิมพ์ ด้วยพั้นช์ (Punch) ให้มีรูปร่างเป็นหลุมหรือโพรงลงไป โดยที่ความหนาของชิ้นงานมีความหนาเท่าวัสดุเดิม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

4) แม่พิมพ์ตีขึ้นรูป (Forging) เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในการแปรรูปโลหะให้ได้รูปร่างตามที่กำหนดเป็นจำนวนมาก เช่น น๊อต สกรู เพลา เครื่องมือช่าง ชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น

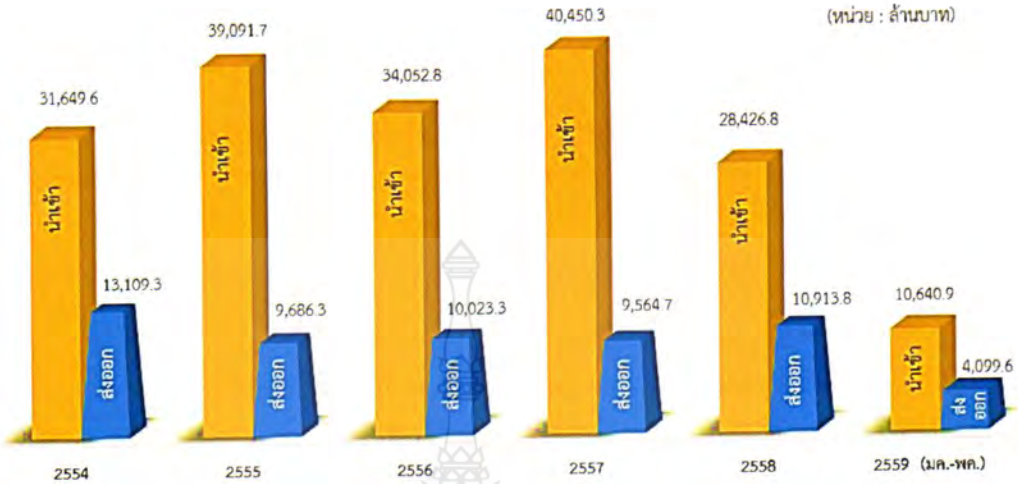
5) แม่พิมพ์ฉีดหล่อ (Die casting) เป็นวิธีการหล่อที่ใช้ความดันสูงอัดน้ำโลหะเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยน้ำโลหะนั้นจะนำเอาวัตถุดิบ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น ผ่านเข้าเตาหล่อเพื่อหลอมโลหะให้กลายเป็นน้ำโลหะ จากนั้นน้ำโลหะจะวิ่งเข้าสู่แม่พิมพ์โดยผ่านทางรูเข้าของแม่พิมพ์ รูเข้าจะต้องออกแบบให้อยู่ในลักษณะที่ทำให้น้ำโลหะวิ่งเข้าแม่พิมพ์ได้สะดวก โดยอาศัยความดันเข้าช่วย ทิ้งไว้สักครู่แล้วจึงทำการแกะชิ้นงานออกจากแบบ

ค) แม่พิมพ์แก้ว เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก้วซึ่งจะนำแก้วมาหลอมละลาย เมื่อแก้วถูกหลอมละลายแล้วจะนำไปผ่านเครื่องขึ้นรูปให้แก้วมีลักษณะเป็นท่อ (Parison) แล้วจึงนำเข้าสู่แม่พิมพ์เพื่อทำการเป่าให้ได้รูปทรงตามแบบ แล้วจึงปลดชิ้นงานออก แม่พิมพ์แก้วจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับแม่พิมพ์เป่าพลาสติกโดยทั่วไปแม่พิมพ์แก้วจะนำมาใช้ในการผลิตขวด แก้วน้ำ เป็นต้น

ง) แม่พิมพ์เซรามิกส์ เซรามิกส์เป็นวัสดุอนินทรีย์ที่ไม่ใช่โลหะ อาศัยการนำวัสดุที่แตกต่างกันมารวมเข้าด้วยกัน เช่น ดิน หิน แร่ ยิบซั่ม ซีเมนต์ เป็นต้น จากการประสานกันของวัสดุต่าง ๆ ทำให้เซรามิกส์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว การกัดกร่อน สภาวะเปราะต่อภาระทางกล เป็นต้น ด้วยเหตุที่เซรามิกส์มีโครงสร้างที่แตกต่างกันทำให้การทำผลิตภัณฑ์จากเซรามิกส์มีอยู่หลายวิธี เช่น การอัดขึ้นรูปในสภาพอัดแห้ง การอัดขึ้นรูปในสภาพเปียก การอัดรีดขึ้นรูป การเผา และการเจียระไน

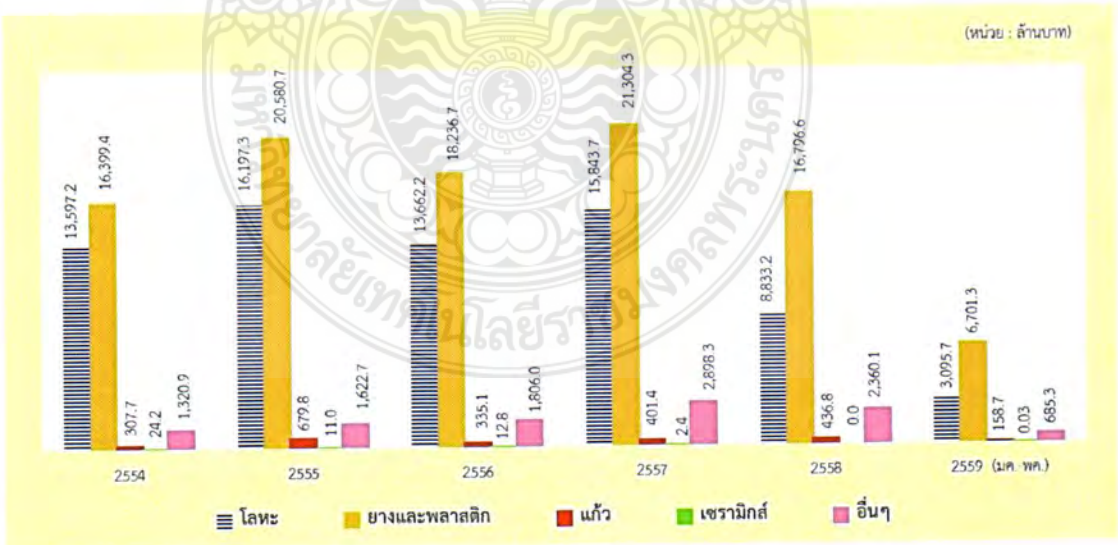
จ) แม่พิมพ์ยาง หมายถึงแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่เป็นยาง เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จะนำยางแท่งที่แข็งตัวมาผ่านความร้อนเพื่อให้ยางอยู่ในสภาพหลอมเหลวและจึงทำการฉีดหรืออัดยางที่อยู่ในสภาพหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์แล้วจะปล่อยให้ยางเย็นตัวเพื่อให้เกิดการแข็งตัวเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามแบบแม่พิมพ์

6.1.5.2 มูลค่านำเข้าและส่งออกแม่พิมพ์ของไทย แม้ว่าประเทศไทยจะส่งออกแม่พิมพ์ไปยังประเทศต่าง ๆ แต่เมื่อเทียบกับมูลค่าที่ประเทศไทยต้องนำเข้าแม่พิมพ์จะเห็นได้ว่า ในแต่ละปีประเทศไทยมีมูลค่านำเข้าแม่พิมพ์สูงมาก โดยในปี 2557 มีมูลค่านำเข้าแม่พิมพ์มากที่สุด คิดเป็น 4.2 เท่าของมูลค่าส่งออก หรือมีมูลค่านำเข้า 40,450.3 ล้านบาท และมูลค่าส่งออก 9,564.7 ล้านบาท ซึ่งอุตสาหกรรมหลักที่มีการนำเข้าแม่พิมพ์ที่มีมูลค่าสูงคือ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมพลาสติก และอุตสาหกรรมยาง อย่างไรก็ตาม ในปี 2558 ไทยนำเข้าแม่พิมพ์ในสัดส่วนที่ลดลงเมื่อเทียบกับปี 2557 ซึ่งมีการนำเข้าคิดเป็นมูลค่า 28,426.8 ล้านบาท หรือลดลงร้อยละ 29.7 ในขณะที่มูลค่าส่งออกแม่พิมพ์จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.1 หรือ คิดเป็นมูลค่า 10,913.8 ล้านบาท (ภาพ 6.12)



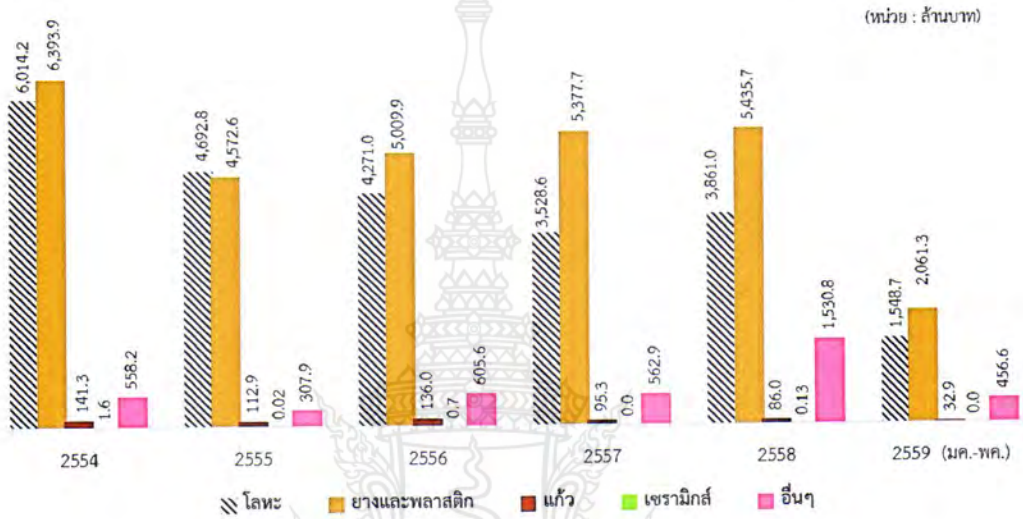
ภาพ 6.12 มูลค่านำเข้าและส่งออกแม่พิมพ์ของไทย ปี 2554-2559 (มกราคม-พฤษภาคม)
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

สำหรับแม่พิมพ์ที่ประเทศไทยนำเข้ามากที่สุดคือ แม่พิมพ์ยางและพลาสติก โดยในปี 2557 มีมูลค่านำเข้าแม่พิมพ์ยางและพลาสติกสูงถึง 21,304.3 ล้านบาท รองลงมาคือ แม่พิมพ์โลหะ มีมูลค่า 15,843.7 ล้านบาท และในปี 2558 ประเทศไทยมีการนำเข้าแม่พิมพ์ในสัดส่วนที่ลดลงเมื่อเทียบกับปี 2557 โดยแม่พิมพ์ยางและพลาสติก ลดลงร้อยละ 21.1 แม่พิมพ์โลหะ ลดลงร้อยละ 44.2 ส่วนแม่พิมพ์แก้วมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.8 (ภาพ 6.13)



ภาพ 6.13 มูลค่านำเข้าแม่พิมพ์ของไทย จำแนกตามประเภทแม่พิมพ์ ปี 2554-2559 (มกราคม-พฤษภาคม)
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

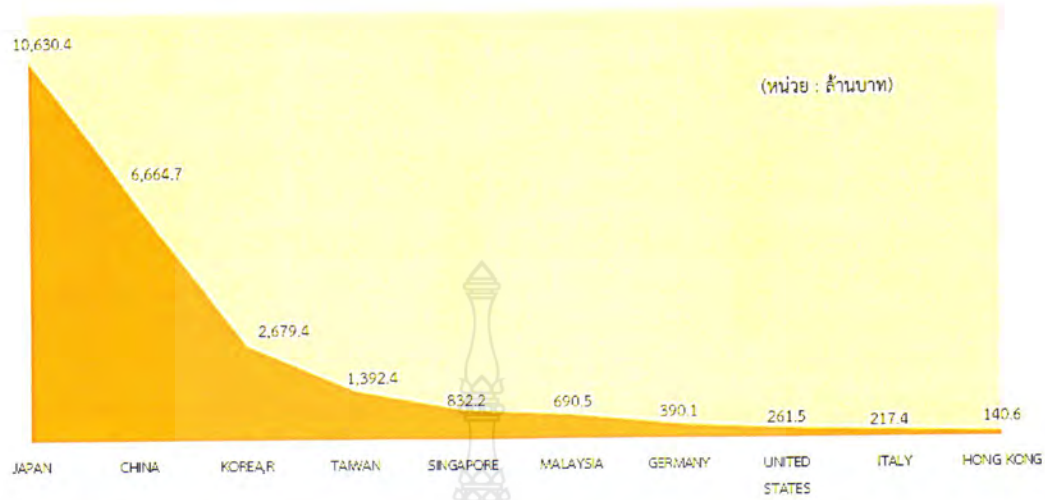
ส่วนแม่พิมพ์ที่มีการส่งออกมากที่สุดคือ แม่พิมพ์ยางและพลาสติก แม่พิมพ์โลหะ แม่พิมพ์แก้ว และแม่พิมพ์เซรามิกส์ ตามลำดับ โดยในปี 2554 มีการส่งออกแม่พิมพ์ยางและพลาสติกมูลค่าสูงสุด 6,393.9 ล้านบาท รองลงมาแม่พิมพ์โลหะ 6,014.2 ล้านบาท และในปี 2558 พบว่าไทยส่งออกแม่พิมพ์ยางและพลาสติก รวมทั้งแม่พิมพ์โลหะมีมูลค่าลดลงเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา (ภาพ 6.14)



ภาพ 6.14 มูลค่าส่งออกแม่พิมพ์ของไทย จำแนกตามประเภทแม่พิมพ์ ปี 2554-2559 (มกราคม-พฤษภาคม)

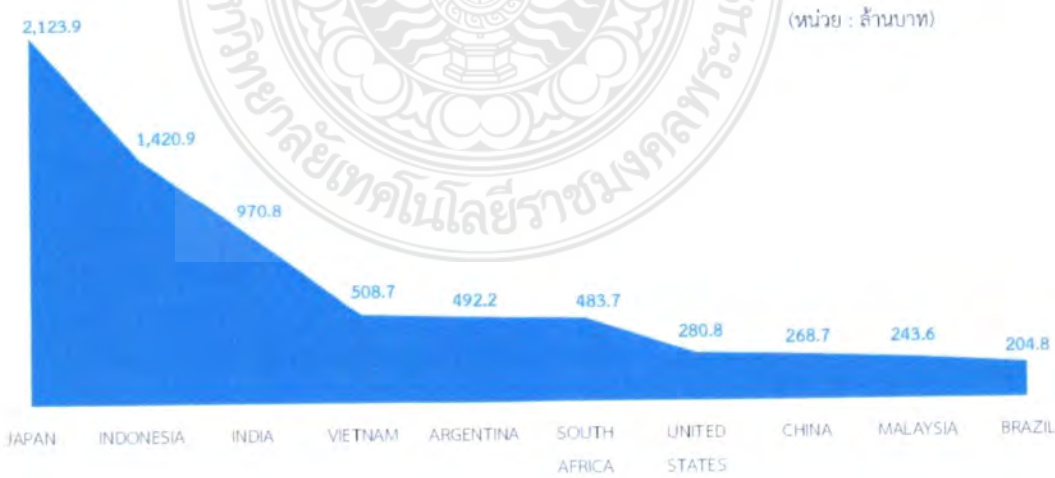
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

ทั้งนี้ ในปี 2558 ประเทศไทยนำเข้าแม่พิมพ์ส่วนใหญ่จากประเทศญี่ปุ่น คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 10,630.35 ล้านบาท (จำนวน 8.64 ล้านชิ้น) รองลงมา ได้แก่ สาธารณะรัฐประชาชนจีน 6,664.71 ล้านบาท (จำนวน 16.64 ล้านชิ้น) และประเทศเกาหลี 2,679.43 ล้านบาท (จำนวน 4.04 ล้านชิ้น) ตามลำดับ (ภาพ 6.15)



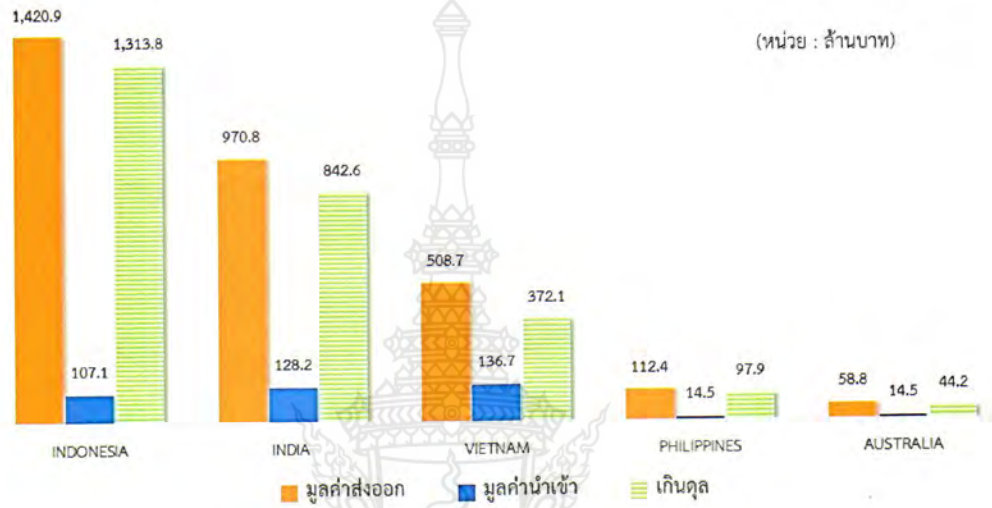
ภาพ 6.15 มูลค่านำเข้าแม่พิมพ์ของไทยจากประเทศต่าง ๆ 10 อันดับแรก ปี 2558
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

และในปี 2558 ประเทศไทยได้ส่งออกแม่พิมพ์ไปยังประเทศต่างๆ โดยประเทศส่งออกที่สำคัญของไทย คือ ประเทศญี่ปุ่น อินโดนีเซีย อินเดีย เวียดนาม อาเจนตินา อเมริกาใต้ สหรัฐอเมริกา จีน มาเลเซีย และบราซิล เป็นต้น โดยได้มีการส่งออกแม่พิมพ์ไปยังประเทศญี่ปุ่นมากที่สุด คิดเป็นมูลค่า 2,123.87 ล้านบาท (จำนวน 2,085.08 ล้านชิ้น) รองลงมาได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศอินเดีย คิดเป็นมูลค่า 1,420.90 ล้านบาท(จำนวน 2,545.49 ล้านชิ้น) และ 970.84 ล้านบาท (จำนวน 1,552.13 ล้านชิ้น) ตามลำดับ (ภาพ 6.16)



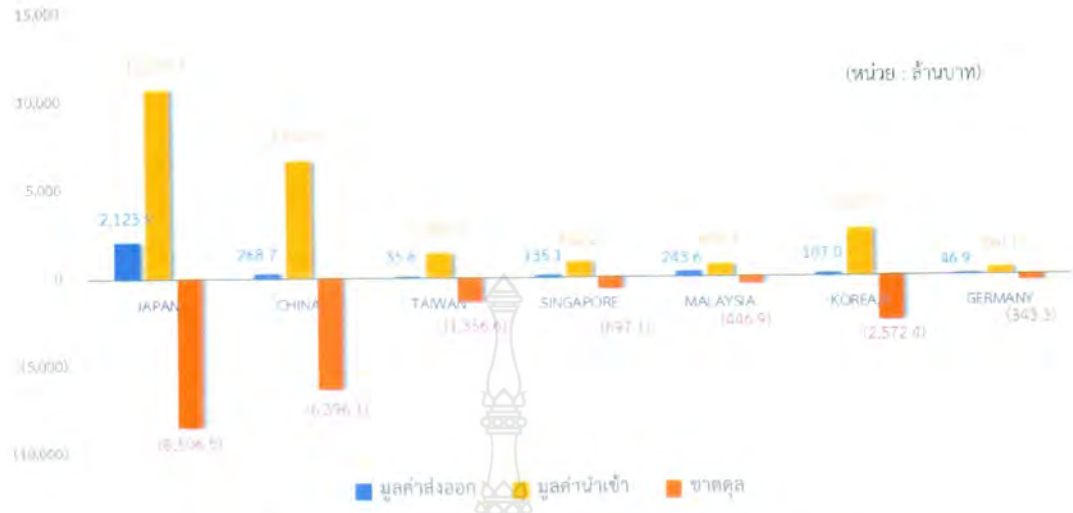
ภาพ 6.16 มูลค่าส่งออกแม่พิมพ์ของไทยจากประเทศต่าง ๆ 10 อันดับแรก ปี 2558
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

การส่งออกแม่พิมพ์ของไทยไปยังประเทศต่าง ๆ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นการส่งออกไปยังประเทศในแถบภูมิภาคอาเซียนหรือประเทศกำลังพัฒนามากกว่านำเข้า ทำให้ไทยเกินดุลสินค้ากับประเทศเหล่านั้น ซึ่งประเทศที่มีมูลค่าเกินดุลมากที่สุดคือ ประเทศอินโดนีเซีย คิดเป็นมูลค่า 1,313.81 ล้านบาท รองลงมาคือ ประเทศอินเดีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และออสเตรเลีย ตามลำดับ (ภาพ 6.17)



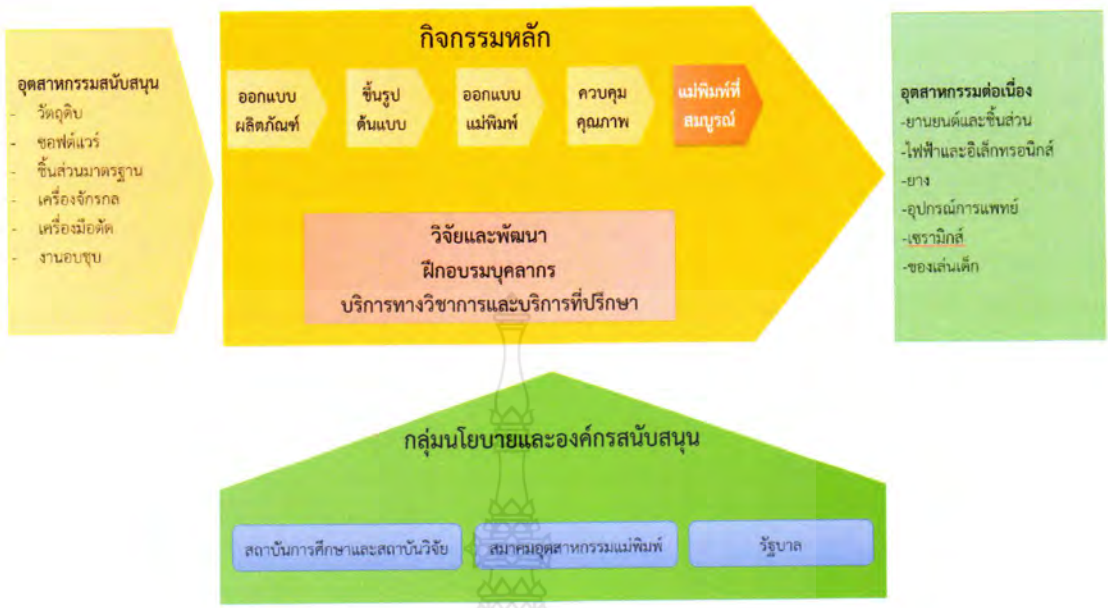
ภาพ 6.17 มูลค่าส่งออก นำเข้า และมูลค่าเกินดุลแม่พิมพ์ของไทย ปี 2558
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีการนำเข้าแม่พิมพ์ที่มีมูลค่าสูงกว่าการส่งออก ทำให้ไทยขาดดุลการค้ามาตลอด โดยในปี 2558 ไทยขาดดุลให้กับประเทศญี่ปุ่นมากที่สุดคิดเป็นมูลค่า 8,506.48 ล้านบาท รองลงมาขาดดุลให้กับประเทศจีน 6,396.05 ล้านบาท ไต้หวัน 1,356.60 ล้านบาท นอกจากนี้ยังขาดดุลให้กับประเทศสิงคโปร์ มาเลเซีย เกาหลี และเยอรมนี ตามลำดับ (ภาพ 6.18)



ภาพ 6.18 มูลค่าส่งออก นำเข้า และมูลค่าขาดดุลแม่พิมพ์ของไทย ปี 2558
ที่มา: กรมศุลกากร. สถิตินำเข้า-ส่งออก. (วันที่ค้นข้อมูล: 1 กรกฎาคม 2559)

6.1.5.3 ห่วงโซ่อุปทาน อุตสาหกรรมแม่พิมพ์มีสถานภาพเสมือนอุตสาหกรรมกลางน้ำในการผลิตสินค้าทั่วไป เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่รองรับวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมต้นน้ำหรืออุตสาหกรรมสนับสนุน เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร เครื่องมือกลต่าง ๆ เพื่อนำเข้ามาใช้ในการผลิต/สร้างแม่พิมพ์ประเภทต่าง ๆ เช่น แม่พิมพ์ขึ้นรูปพลาสติก แม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะ แม่พิมพ์ขึ้นรูปยาง แม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้ว แม่พิมพ์ขึ้นรูปเซรามิกส์ เป็นต้น โดยกระบวนการสร้างแม่พิมพ์เริ่มต้นจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ จากนั้นสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นเพื่อให้เห็นรูปร่าง ขนาด สีสัน ประเภทของวัสดุที่ใช้แล้วจึงเป็นขั้นตอนของการสร้างแม่พิมพ์ ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบแม่พิมพ์ สร้างแม่พิมพ์ การตรวจสอบคุณภาพของแม่พิมพ์ ปรับปรุงแม่พิมพ์จนได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ ทั้งนี้ ในขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์นี้จะมีปัจจัยสนับสนุนอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญ กับการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ได้แก่ (1) การวิจัยและพัฒนา (2) การฝึกอบรมหรือการพัฒนาบุคลากร และ (3)บริการ ด้านวิชาการและบริการที่ปรึกษา โดยกิจกรรมสนับสนุนเหล่านี้เป็นบทบาทของกลุ่มนโยบายและองค์กรสนับสนุน ได้แก่ สถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัย สมาคมแม่พิมพ์ และภาครัฐ

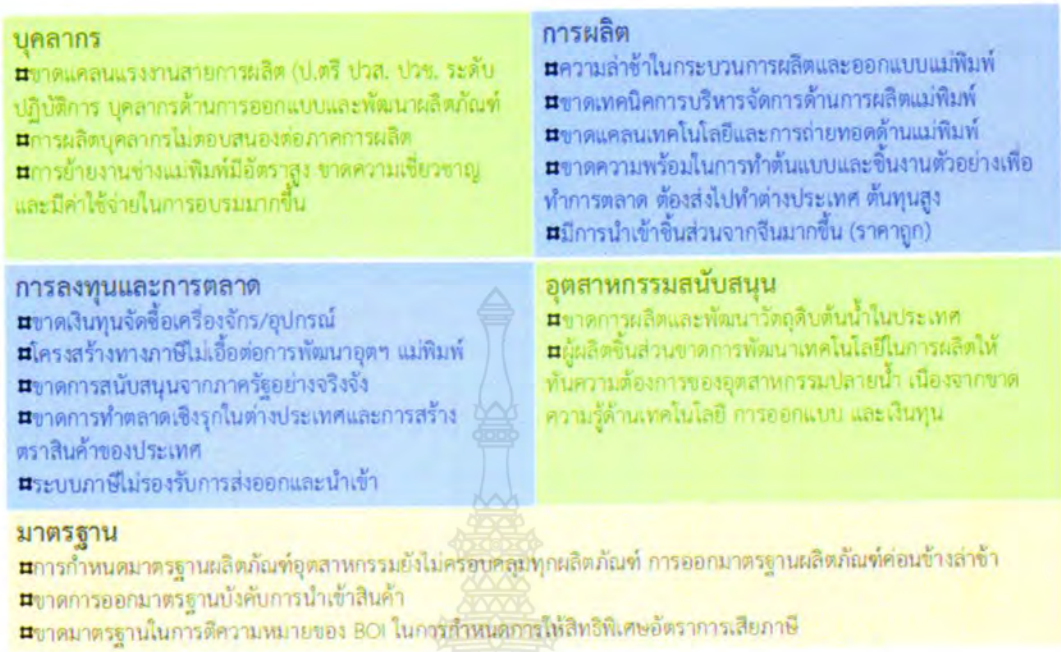


ภาพ 6.19 ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (ตามกิจกรรม)
ที่มา: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556.

แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์แล้วจะถูกส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่อง หรืออุตสาหกรรมปลายน้ำ เพื่อนำไปผลิตสินค้าตามกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้ จากการศึกษาของสถาบันไทย-เยอรมัน พบว่า อุตสาหกรรมที่มีการใช้แม่พิมพ์เข้ามาช่วยในการผลิตจำนวนมาก คือ อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ขณะที่อุตสาหกรรมพลาสติกและภาชนะบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอากาศยาน เป็นเป้าหมายใหม่ของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มการเติบโตที่ดี นักลงทุนต่างชาติมาลงทุนในประเทศไทยมากขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอากาศยานที่เริ่มมีนักลงทุนเยอรมันและสหรัฐ อเมริกาเข้ามาผลิตในประเทศไทยมากขึ้น

6.1.5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนา

ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ของประเทศไทย แบ่งเป็น 5 ด้าน คือ ด้านบุคลากร ด้านการผลิต ด้านการลงทุนและการตลาด ด้านอุตสาหกรรมสนับสนุน รวมถึงด้านมาตรฐาน ดังแสดงในภาพ 6.20



ภาพ 6.20 ปัญหาและอุปสรรคการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
ที่มา: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556.

จากข้อมูลอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ของประเทศไทยยังไม่สามารถพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้แม่พิมพ์เป็นหลักได้ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งนี้ ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย แบ่งออกเป็น 5 ด้าน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556.) คือ ด้านบุคลากร ด้านการผลิต ด้านการลงทุนและการตลาด ด้านอุตสาหกรรมสนับสนุน และด้านมาตรฐาน สรุปได้ดังนี้

ก) ด้านบุคลากร
   1) ขาดแคลนแรงงานในสายการผลิตทั้งระดับปริญญาตรี ปวช. ปวส. และระดับปฏิบัติการ ขาดการพัฒนาบุคลากรด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญ ด้านการออกแบบและแม่พิมพ์
   2) ระบบการเรียนการสอนไม่สามารถผลิตบุคลากรที่มีคุณภาพเพื่อตอบสนองภาคการผลิตได้
   3) การย้ายงานของช่างแม่พิมพ์มีอัตราสูง ทำให้ขาดความเชี่ยวชาญ และต้องมีค่าใช้จ่ายในการอบรมและฝึกฝนมากขึ้น

ข) ด้านการผลิต
   1) ความล่าช้าในกระบวนการผลิตและออกแบบแม่พิมพ์
   2) ขาดเทคนิคการบริหารจัดการด้านการผลิตแม่พิมพ์
   3) ขาดแคลนเทคโนโลยีและการถ่ายทอดด้านแม่พิมพ์

4) ขาดความพร้อมในการทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบและชิ้นงานตัวอย่างเพื่อทำการตลาด ต้องส่งไปทำที่ต่างประเทศ เนื่องจากขาดเครื่องมือที่ทันสมัยและขาดการบริหารที่ดี ทำให้ต้นทุนสูง ใช้เวลานาน และเสี่ยงต่อการโดนละเมิดลิขสิทธิ์
5) การใช้ชิ้นส่วนในประเทศลดลงในการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากนำเข้าชิ้นส่วนจากประเทศจีนมีราคาถูกกว่า

ค) ด้านการลงทุนและการตลาด
1) ขาดเงินลงทุนในการจัดซื้อเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
2) โครงสร้างทางภาษีไม่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์
3) ขาดการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างจริงจัง
4) ขาดการทำการตลาดเชิงรุกในต่างประเทศ และขาดการสร้างตราสินค้าของประเทศ
5) ระบบภาษีไม่รองรับการส่งออกและนำเข้าด้วยระบบ Consignment

ง) ด้านอุตสาหกรรมสนับสนุน
1) ขาดการผลิตและพัฒนาวัตถุดิบต้นน้ำในประเทศ ต้องนำเข้าวัตถุดิบ-เครื่องจักรจากต่างประเทศ เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร เครื่องทดสอบ และ software ซึ่งมีราคาแพง ทำให้มีโอกาสในการย้ายฐานการผลิต
2) ผู้ผลิตชิ้นส่วนขาดการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตให้ทันตามความต้องการของอุตสาหกรรมปลายน้ำ เนื่องจากขาดความรู้ด้านเทคโนโลยี การออกแบบ และเงินทุนไม่เพียงพอ

จ) ด้านมาตรฐาน
1) การกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ยังไม่ครอบคลุมทุกผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และการออกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ค่อนข้างล่าช้า
2) การกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ยังไม่ครอบคลุมทุกผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และการออกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ค่อนข้างล่าช้า
3) ขาดมาตรฐานในการตีความหมายของ BOI ในการกำหนดการให้สิทธิพิเศษอัตราการเสียภาษี

6.1.6 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์

6.1.6.1 การลงทุนด้านวัตถุดิบและแรงงาน

ตาราง 6.7 สรุปการลงทุนด้านวัตถุดิบและแรงงาน

รายการ	จำนวน (Qty)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
โลหะผงทังสเตนคาร์ไบด์สำเร็จรูป	720 g	3,289.00
ค่าวัสดุสำหรับทดสอบประสิทธิภาพแผ่นมีด	10 ชิ้น	1,129.95
ค่าแรงงาน	2 คน	1,225.33
อื่น ๆ	-	325.00

6.1.6.2 การลงทุนด้านค่าพลังงานไฟฟ้า

ตาราง 6.8 สรุปการลงทุนด้านค่าพลังงานไฟฟ้า

รายการ	จำนวน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับกระบวนการผลิตแผ่นมีดต้นแบบ	1084.95 kW	4,736.91

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ต่อครั้งการผลิต

คิดเป็นจำนวนเงิน = 3,289+1,129.95+1,225.33+325+4,736.91 บาท

= 10,706.16 บาท

6.1.7 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ตาราง 6.9 สรุปค่าใช้จ่ายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

รายการ	จำนวน (Qty)	ค่าใช้จ่าย/ครั้ง (บาท)
ค่าวัตถุดิบและแรงงานงาน	1	5,969.28
ค่าพลังงานไฟฟ้า	1	4,736.91

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาณ์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ที่จำนวน 100 ชิ้น มีต้นทุนในการผลิตรวมเท่ากับ 10,706.19 บาท หรือเท่ากับ 107.06 บาทต่อ 1 แผ่นมีด

6.1.8 ราคาขาย (Price)

ราคาขายของผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ราคาเท่ากับ 125 บาทต่อ 1 แผ่นมีด โดยบรรจุใน 1 กล่อง มีจำนวนเท่ากับ 10 แผ่นมีด

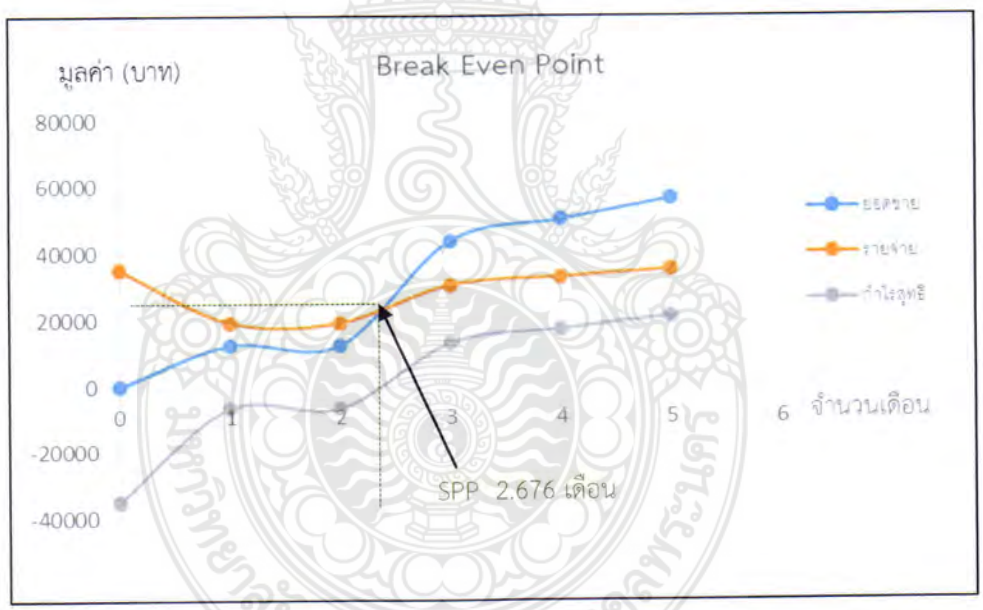
6.1.9 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period (PB)

จากการพยากรณ์ ยอดขาย รายจ่าย และกำไรสุทธิ ของการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN ที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 6.10

ตาราง 6.10 การพยากรณ์ ยอดขาย รายจ่าย กำไรสุทธิ และกำไรสุทธิสะสม

เดือนที่	หน่วยขาย	ยอดขาย	รายจ่าย	กำไรสุทธิ	กำไรสุทธิสะสม
0	0	0	35,000	- 35,000	- 35,000
1	100	12,500	19,251	- 6,751	- 41,751
2	100	12,500	19,251	- 6,751	- 13,502
3	350	43,750	30,537	13,213	6,462
4	400	50,000	32,794	17,206	30,419
5	450	56,250	35,051	21,199	38,404

จากตาราง 6.10 แสดงข้อมูลการพยากรณ์ รายจ่าย ยอดขาย กำไรสุทธิ และกำไรสะสม ของการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN ตั้งแต่เดือนที่ 0 ถึงเดือนที่ 5 โดยจุดคุ้มทุนของการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ สามารถแสดงได้ ดังภาพ 6.21



ภาพ 6.21 ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period)

จากภาพ 7.3 แสดงระยะเวลาคืนทุนของการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN อยู่ที่ 2.708 เดือน สามารถแสดงสมการได้ ดังนี้

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

$$\frac{X-2}{X-3} = \frac{0-(-13,502)}{(6,462-(-13,502))}$$

$$X = 13,502 / 19,964$$

$$X = 2.676 \text{ เดือน}$$

ดังนั้น จุระยะเวลาคืนทุนของการผลิตแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์ รหัส SEKN1203 AFTN อยู่ที่ 2.676 เดือน

6.2 การทดสอบสมมติฐาน

จากสมมติฐานการพัฒนาประสิทธิภาพแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัดไม่ทำให้คุ้มทุนภายในระยะเวลา 1 ปี นับตั้งแต่วันเริ่มผลิตดังกล่าว ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนในระยะเวลาเพียง 2.676 เดือน จึงเสมือนเทียบได้กับการทดสอบสมมติฐานว่าไม่คุ้มทุนภายในระยะเวลา 1 ปี นั้นไม่เป็นที่ยอมรับสมมติฐาน

เอกสารอ้างอิง

Sandvik Annual Report, 2011.

Wolf-W.Albrecht.2008. **"Hard Metal (WC-Co)**, retired Director of H.C. Starck,Germany, and November."

U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2016.

Yuan et al., 2016; Liu et al., 2010; Hu et al., 2016.

สุรศิษฐ์ โรจนนันต์, 2550. **คาร์ไบด์และซีเมนต์เต็ดคาร์ไบด์**, MTEC มกราคม-มีนาคม 2550.

อภิชาติ และ อุษณีย์. 2554. **การอบชุบทางความร้อนของโลหะ**, หน่วยวิจัยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางโลหะวิทยาสำหรับการขึ้นรูปโลหะ (IMIARU) สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จักรนรินทร์และคณะ. 2555. **อิทธิพลของตัวแปรที่เหมาะสมในการกัดปาดผิวหน้าเหล็กแม่พิมพ์เกรด S50C ด้วยมีดคาร์ไบด์**, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

เกษร หล่อบุญสม. 2554. **อิทธิพลของตัวแปรในการกัดด้วยเม็ดมีดคาร์ไบด์เคลือบผิวไททาเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์บนเหล็กหล่อสีขาว**, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อาทร แสงทับทิม และ กรรณชัย กัลยาศิริ. 2557. **การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการแล่นประสานที่มีต่อความต้านทานแรงเฉือนในรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เกรด SS400 และทังสเตนคาร์ไบด์**,สาขาวิชวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภูบดี กรุดสายสะอาด, 2562. CUTTING TOOL TECHNOLOGY, https://www.scribd.com/document/381787404/CUTTING-TOOL-TECHNOLOGY.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2557.

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2558.

อำนาจ ทองแสน, 2559. **งานเครื่องมือกลเบื้องต้น**, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2559..

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2562. **รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2561 และแนวโน้มปี 2562**.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2562.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2562. **รวบรวมจากกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์**, สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2562.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร, 2562.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, **ข้อมูลสถิติ.** เข้าถึงได้จาก : http://data.thaiauto.or.th/iu3/. (3 พฤษภาคม 2559)

กรุงเทพธุรกิจ, 2559. **อุตสาหกรรมแม่พิมพ์มุ่งการผลิตชั้นสูง.** เข้าถึงได้จาก : http://www.bangkokbiznews.com/. (วันที่ค้นข้อมูล: 16 ธันวาคม พ.ศ.2557)

บริษัท อัลตร้า-คอมเพรสเซอร์ จำกัด,2559. **อุตสาหกรรมแม่พิมพ์โลก VS แม่พิมพ์ไทย.** เข้าถึงได้จาก : http://industrydevelop.blogspot.com/2015/10/vs.html. (7 กรกฎาคม 2559)

กรมศุลกากร, 2559. **สถิตินำเข้า-ส่งออก**. (1 กรกฎาคม 2559)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556.

Scott F. Sibley. 2011. **Overview of Flow Studies for Recycling Metal Commodities in the United States**.

Antony; W. David Sinclair; Earle B. Amey. 1998. **International Strategic Mineral Issues Summary Report- Tungsten.**

United States Geological Survey Mineral Resources Program, 2010.

Reconfiguration of the National Defense Stockpile Report to Congress, **Department of Commerce Analysis of Tungsten**, 2009.

David Merriman – Roskill Senior Analyst, **Mining Journal**, on October 25, 2013, เข้าถึงจาก: http://www.mining-journal.com/reports/tungsten-keeping-up-with-demand.

Wolf-W.Albrecht. 2008. **Hard Metal (WC-Co), retired Director of H.C. Starck.** Germany, and November.

Wolf-Dieter Schubert, Erik Lassener Wolf-Dieter Schubert, Erik Lassner and Wolfgang Bohlke. 2010. "**cemented carbides–a success story.**" June

World Tungsten Report September. 2012. **International Tungsten Industry Association**: ITIA (2012) [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://blog.metal-pages.com/wp-content/uploads/2012/09/WorldTungsten_201209.pdf.

Ken Salazar, Secretary U.S. Department of the Interior, Marcia K. McNutt, Director, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2013.

HDD Annual Unit Shipments Increase, 2014.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลทางเทคนิค ตามมาตรฐาน ISO 13399

ภาคผนวก ข การเขียนโค้ดโปรแกรมกระบวนการกัดสำหรับเครื่องซีเอ็นซี

ภาคผนวก ค ผลการทดสอบแผ่นมีดกัด A-E

ภาคผนวก ง บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์และเผยแพร่

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทางเทคนิค ตามมาตรฐาน ISO 13399

ตามมาตรฐาน ISO13399 1966
การสึกหรอและความเสียหายของเครื่องมือ 1970
การแก้ปัญหางานกลึง 1971
การควบคุมเศษสำหรับการกลึง 1973
ผลของสภาพการตัดสำหรับงานกลึง 1974
ลักษณะการทำงานของเครื่องมือกลึง 1976
สมการคำนวนกำลังการตัด 1980
การแก้ปัญหางานกลึงเกลียว 1981
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูก่อนทำเกลียว 1982
งานกลึงเกลียว 1983
การแก้ปัญหางานปาด 1987
ศัพท์เฉพาะการปาด 1988
สูตรสำหรับการปาดผิวหน้า 1991
การแก้ปัญหาการกัด 1993
ศัพท์เฉพาะเอ็นด์มิลล์ 1994
แบบและรูปทรงของเอ็นด์มิลล์ 1995
การเลือกพิทช์สำหรับ Pick feed 1996
การแก้ปัญหาของงานเจาะ 1997
การสึกหรอของสว่านและการเสียหายของคมตัด 1999
ศัพท์เฉพาะสว่านและลักษณะเฉพาะการตัด 2000
สูตรคำนวณสำหรับงานเจาะ 2003
ตารางเทียบเกรดวัสดุ 2004
เหล็กแม่พิมพ์ 2008
ความเรียบผิว 2010
ตารางเปรียบเทียบความแข็ง 2011
ค่าทอลอแลนซ์ของรูมาตรฐาน JIS FIT 2012
ค่าทอลอแลนซ์ของค่านมาตรฐาน JIS FIT 2014
ขนาดรูน็อตหกเหลี่ยม 2016
มาตรฐานเตเปอร์ 2017
หน่วยวัดสากล 2018
วัสดุเครื่องมือตัด 2019
แผนผังเกรดเครื่องมือตัด 2020
ตารางเปรียบเทียบเกรด 2021
ตารางเปรียบเทียบร่องคายเศษของใบมีด 2027

รายการสัญลักษณ์ และคุณสมบัติยึดตาม "ISO13399"

ตามลำดับตัวอักษร

แหล่งที่มา : มาตรฐาน ISO13399
URL : https://www.iso.org/search/x/query/13399

สัญลักษณ์และคุณสมบัติ ISO13399	เนื้อหา	ชื่อภาษาอังกฤษ
ADJLX	ขีดจำกัดการปรับสูงสุด	adjustment limit maximum
ADJRG	ขอบเขตการปรับ	adjustment range
ALF	มุมหลบทิศทางเส้นผ่าศูนย์กลาง	clearance angle radial
ALP	มุมหลบทิศทางแกน	clearance angle axial
AN	มุมหลบคอมมิลหลัก	clearance angle major
ANN	มุมหลบคอมมิลรอง	clearance angle minor
APMX	ระยะกินลึกสูงสุด	depth of cut maximum
AS	มุมลาดคมตัดไวเปอร์	clearance angle wiper edge
ASP	สกรูปรับของสกรูแบบปรับได้	adjusting screw protrusion
AZ	ความลึกสูงสุดของ plunge	plunge depth maximum
B	ความกว้างก้าน	shank width
BBD	การออกแบบที่สมดุล	balanced by design
BCH	ความยาวขอบเฟสด้านมุม	corner chamfer length
BD	เส้นผ่าศูนย์กลางบอดี้	body diameter
BDX	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดด้านบอดี้	body diameter maximum
BHCC	จำนวนเส้นผ่าศูนย์กลางระยะพิทรูโบลต์	bolt hole circle count
BHTA	มุมครึ่งเทเปอร์ด้านบอดี้	body half taper angle
BMC	รหัสวัสดุด้านบอดี้	body material code
BS	ความยาวคมตัดไวเปอร์	wiper edge length
BSR	รัศมีมิดไวเปอร์	wiper edge radius
CASC	รหัสขนาดคาร์ทริดจ์	cartridge size code
CB	จำนวนหน้าแบรกเกอร์ตัดเศษ	chip breaker face count
CBDP	ความลึกรูยึดตั้ง	connection bore depth
CBMD	ยี่ห้อผู้ผลิตแบรนด์แบบแบรกเกอร์ตัดเศษ	chip breaker manufacturers designation
CBP	คุณสมบัติแบรกเกอร์ตัดเศษ	chip breaker property
CCMS	รหัสเชื่อมต่อด้านเครื่องจักร	connection code machine side
CCWS	รหัสเชื่อมต่อด้านชิ้นงาน	connection code workpiece side
CCP	คุณสมบัติมุมแชมเฟอร์	chamfer corner property
CDI	เส้นผ่าศูนย์กลางคมตัดเม็ดมีดอินเสิร์ทยนิดเจาะ	insert cutting diameter
CDX	ความลึกรองสูงสุด	cutting depth maximum
CEATC	รหัสชนิดมุมตัดเข้า	tool cutting edge angle type code
CECC	รหัสงานตัดผิวรู (Honing) แบบมิดมตัด	cutting edge condition code
CEDC	จำนวนคมตัด	cutting edge count
CF	จุดแชมเฟอร์	spot chamfer
CHW	ความกว้างมุมแชมเฟอร์	corner chamfer width
CICT	จำนวนคมตัด	cutting item count
CNC	จำนวนมุม	corner count
CND	เส้นผ่าศูนย์กลางช่องเข้าน้ำหล่อเย็น	coolant entry diameter
CNSC	รหัสรูปแบบช่องใส่น้ำหล่อเย็น	coolant entry style code
CNT	ขนาดเกลียวช่องเข้าน้ำหล่อเย็น	coolant entry thread size
CP	แรงดันน้ำหล่อเย็น	coolant pressure
CRE	รัศมีจุด	spot radius
CRKS	ขนาดเกลียวน็อตล็อค	connection retention knob thread size
CSP	คุณสมบัติการป้อนน้ำหล่อเย็น	coolant supply property
CTP	คุณสมบัติการเคลือบ	coating property
CTX	ขนาดมิติ CTX ทิศทาง X	cutting point translation X-direction
CTY	ขนาดมิติ CTX ทิศทาง Y	cutting point translation Y-direction
CUTDIA	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตัดออกสูงสุด	work piece parting diameter maximum
CUB	ฐานการเชื่อมต่อยูนิต	connection unit basis
CW	ความกว้างการตัด	cutting width
CWX	ความกว้างการกดลึงสูงสุด	cutting width maximum
CXD	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางช่องออกน้ำหล่อเย็น	coolant exit diameter

สัญลักษณ์และคุณสมบัติ ISO13399	เนื้อหา	ชื่อภาษาอังกฤษ
CXSC	รหัสรูปแบบของออกน้ำหล่อเย็น	coolant exit style code
CZC	ขนาดการเชื่อมต่อ	connection size code
D1	เส้นผ่าศูนย์กลางรูยึด	fixing hole diameter
DAH	เส้นผ่าศูนย์กลางรูที่ทำไว้	diameter access hole
DAXN	เส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของการเซาะร่องแนวแกนด้านนอก	axial groove outside diameter minimum
DAXX	เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดของการเซาะร่องแนวแกนด้านนอก	axial groove outside diameter maximum
DBC	เส้นรอบวงของโบลท์	diameter bolt circle
DC	เส้นผ่าศูนย์กลางคมตัด	cutting diameter
DCB	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูยึดตั้ง	connection bore diameter
DCBN	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูยึดตั้งต่ำสุด	connection bore diameter minimum
DCBX	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูยึดตั้งสูงสุด	connection bore diameter maximum
DCC	รหัสรูปแบบการตั้งค่าการออกแบบ	design configuration style code
DCCB	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบ่าปรับโบลท์ยึดตั้ง	counterbore diameter connection bore
DCIN	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในการกลึง	cutting diameter internal
DCINN	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในการกลึงน้อยที่สุด	cutting diameter internal minimum
DCINX	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในการกลึงมากที่สุด	cutting diameter internal maximum
DCN	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางการกลึงน้อยที่สุด	cutting diameter minimum
DCON	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชื่อมต่อ	connection diameter
DCONMS	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชื่อมต่อด้านเครื่องจักร	connection diameter machine side
DCONWS	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชื่อมต่อด้านชิ้นงาน	connection diameter workpiece side
DCSC	รหัสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางการตัด	cutting diameter size code
DCSFMS	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นผิวสัมผัส, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าแปลน	contact surface diameter machine side
DCX	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางการกลึงมากสุด	cutting diameter maximum
DF	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าแปลน	flange diameter
DHUB	เส้นผ่าศูนย์กลางฮับ	hub diameter
DMIN	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางการเจาะต่ำสุด	minimum bore diameter
DMM	เส้นผ่าศูนย์กลางก้าน	shank diameter
DN	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอ	neck diameter
DRVA	มุมขับเคลื่อน	drive angle
EPSR	มุมรวมของเม็ดมีด	insert included angle
FHA	มุมบิดร่องขลุ่ย	flute helix angle
FHCSA	มุมcountersinkของรูยึด	fixing hole countersunk angle
FHCSD	เส้นผ่าศูนย์กลางส่วนบนรูยึดตั้ง	fixing hole countersunk diameter
FLGT	ความหนาหน้าแปลน	flange thickness
FMT	ชนิดรูปทรง	form type
FXHLP	คุณสมบัติรูยึดตั้ง	fixing hole property
GAMF	มุมคายเศษทิศทางเส้นผ่าศูนย์กลาง	rake angle radial
GAMN	มุมคายเศษมุมฉาก	rake angle normal
GAMO	มุมคายเศษทิศทางแนวตั้ง	rake angle orthogonal
GAMP	มุมเอียงวัดปี	rake angle axial
GAN	มุมเอียงเม็ดมีด	insert rake angle
H	ความสูงก้าน	shank height
HA	ความสูงเกลียวทางทฤษฎี	thread height theoretical
HAND	ใช้จับ	hand
HBH	ความสูงของระยะออฟเซ็ทหัวท้าย	head bottom offset height
HBKL	ความยาวออฟเซ็ตด้านหลังหัว	head back offset length
HBKW	ความกว้างของระยะออฟเซ็ทหัวด้านหลัง	head back offset width
HBL	ความยาวออฟเซ็ตด้านล่างหัว	head bottom offset length
HC	ความสูงเกลียวจริง	thread height actual
HF	ความสูงปลายคมมีด	functional height
HHUB	ความสูงฮับ	hub height
HTB	ความสูงของบอดี้	body height
IC	วงกลมสัมผัสด้านใน	inscribed circle diameter
IFS	รหัสรูปแบบเม็ดมีดมีเธิร์ทขึ้นรูป	insert mounting style code
IIC	รหัสเม็ดมีดมีเธิร์ทอินเตอร์เฟส	insert interface code
INSL	ความยาวเม็ดมีด	insert length
KAPR	มุมระยะเก็นอีก	tool cutting edge angle
KCH	มุมสามแนวมีมีด์	corner chamfer angle

สัญลักษณ์และคุณสมบัติ ISO13399	เนื้อหา	ชื่อภาษาอังกฤษ
KRINS	มุมคมตัดหลัก	cutting edge angle major
KWW	ความกว้างของคีย์เวย์	keyway width
KYP	คุณสมบัติร่องคีย์	keyway property
L	ระยะคมตัด	cutting edge length
LAMS	มุมเอียงคมตัด	inclination angle
LB	ความยาวของบอดี้	body length
LBB	ความกว้างบริเวณเกอร์ตัดเศษ	chip breaker width
LBX	ความยาวตัวบอดี้สูงสุด	body length maximum
LCCB	ความลึกหน้าปากรับโบลต์ยึดตัว	counterbore depth connection bore
LCF	ความยาวร่องคายเศษ	length chip flute
LDRED	ความยาวส่วนคอ	reduced body diameter length
LE	ระยะคมตัดที่มีประสิทธิภาพ	cutting edge effective length
LF	ความยาวฟังก์ชั่น	functional length
LFA	ความยาว LFA	a dimension on lf
LH	ความยาวหัว	head length
LPR	ความยาวกระทุ่งเครื่องมือ	protruding length
LS	ความยาวก้าน	shank length
LSC	ความยาวแคลมป์	clamping length
LSCN	ความยาวแคลมป์ต่ำสุด	clamping length minimum
LSCX	ความยาวสูงสุดในการจับยึด	clamping length maximum
LTA	ความยาว LTA (ความยาวจาก MCS ไปยัง CRP)	LTA length (length from MCS to CRP)
LU	ระยะที่ใช้ได้	usable length
LUX	ความยาวที่ใช้สูงสุด	usable length maximum
M	ความโตระยะ M	m-dimension
M2	ขนาดมิติ M2	m2-dimension
MHA	มุมรูยึด	mounting hole angle
MHD	ระยะรูยึด	mounting hole distance
MHH	ความสูงรูยึด	mounting hole height
MIID	สัญลักษณ์เม็ดมีดเสริมมาสเตอร์	master insert identification
MTP	รหัสชนิดแคลมป์	clamping type code
NCE	จำนวนคมตัดปลาย	cutting end count
NOF	จำนวนร่องขี้เหล็กกัด	flute count
NOI	จำนวนอินเด็กซ์เม็ดมีดเสริม	insert index count
NT	จำนวนฟันเม็ดมีดเสริมตัดเกลียว	tooth count
OAH	ความสูงทั้งหมด	overall height
OAL	ความยาวทั้งหมด	overall length
OAW	ความกว้างทั้งหมด	overall width
PDPT	ความลึกคมตัดเม็ดมีดเสริม	profile depth insert
PDX	ระยะโปรไฟล์แกน ex	profile distance ex
PDY	ระยะโปรไฟล์แกน ey	profile distance ey
PFS	รหัสรูปแบบโปรไฟล์	profile style code
PL	ความยาวจุด	point length
PNA	มุมรวมโปรไฟล์	profile included angle
PRFRAD	รัศมีโปรไฟล์	profile radius
PSIR	องศาคมตัดข้าง องศามุม และ องศาปา	tool lead angle
PSIRL	มุมคมตัดหลักด้านซ้าย	cutting edge angle major left hand
PSIRR	มุมคมตัดหลักด้านขวา	cutting edge angle major right hand
RAL	มุมหลบด้านซ้ายมือ	relief angle left hand
RAR	มุมหลบด้านขวามือ	relief angle right hand
RCP	คุณสมบัติมุมมน	rounded corner property
RE	มุมรัศมีบอดเอ็นด์มิลล์	corner radius
REL	มุมรัศมีด้านซ้าย	corner radius left hand
RER	มุมรัศมีด้านขวา	corner radius right hand
RMPX	มุมกัดวงกลม (Ramping) สูงสุด	ramping angle maximum
RPMX	ความเร็วรอบที่สามารถรับได้สูงสุด	rotational speed maximum
S	ความหนาเม็ดมีดเสริม	insert thickness
S1	ความหนารวมเม็ดมีดเสริม	insert thickness total
SC	รหัสรูปทรงเม็ดมีดเสริม	insert shape code
SDL	ความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของสเต็ป	step diameter length
SIG	องศาด้านปลาย	point angle

สัญลักษณ์และคุณสมบัติ ISO13399	เนื้อหา	ชื่อภาษาอังกฤษ
SSC	รหัสขนาดบ่าเม็ดมีดอินเสิร์ท	insert seat size code
SX	รหัสของรูปทรงหน้าตัด	shank cross section shape code
TC	ระดับความคลาดเคลื่อนเม็ดมีดอินเสิร์ท	tolerance class insert
TCE	รหัสคมตัดเศษ	tipped cutting edge code
TCTR	ระดับค่าความคลาดเคลื่อนเกลียว	thread tolerance class
TD	เส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว	thread diameter
THFT	ชนิดรูปทรงเกลียว	thread form type
THL	ความยาวส่วนเกลียว	threading length
THLGTH	ความยาวเกลียว	thread length
THSC	รหัสรูปทรงหัวจับยึดเครื่องมือ	tool holder shape code
THUB	ความหนาฮับ	hub thickness
TP	ระยะพิชเกลียว	thread pitch
TPI	จำนวนสันเกลียว/นิ้ว	threads per inch
TPIN	จำนวนสันเกลียวต่ำสุด/นิ้ว	threads per inch minimum
TPIX	จำนวนสันเกลียวสูงสุด/นิ้ว	threads per inch maximum
TPN	ระยะพิชเกลียวต่ำสุด	thread pitch minimum
TPT	ชนิดรูปร่างโปรไฟล์เกลียว	thread profile type
TPX	ระยะพิชเกลียวสูงสุด	thread pitch maximum
TQ	ทอร์กขันยึด	torque
TSYC	รหัสรูปแบบเครื่องมือ	tool style code
TTP	ชนิดเกลียว	thread type
ULDR	สัดส่วนความยาวที่สามารถใช้ได้/เส้นผ่าศูนย์กลางการกลึง	usable length diameter ratio
UST	ระบบอุปิด	unit system
W1	ความกว้างเม็ดมีด	insert width
WEP	คุณสมบัติมีดไวเปอร์	wiper edge property
WF	ความกว้างของฟังก์ชัน	functional width
WFS	ความกว้างฟังก์ชันที่สอง	functional width secondary
WT	น้ำหนัก	weight of item
ZEFF	จำนวนคมตัดที่สามารถใช้ได้ด้านหน้า	face effective cutting edge count
ZEFP	จำนวนคมตัดนอกที่ใช้	peripheral effective cutting edge count
ZNC	จำนวนคมตัดกลาง	cutting edge center count
ZNF	จำนวนเม็ดมีดอินเสิร์ทที่ติดตั้งด้านหน้า	face mounted insert count
ZNP	จำนวนเม็ดมีดอินเสิร์ทที่ติดตั้งรอบนอก	peripheral mounted insert count

รายการสัญลักษณ์ระบบมาตรฐานยึดตาม "ISO13399"

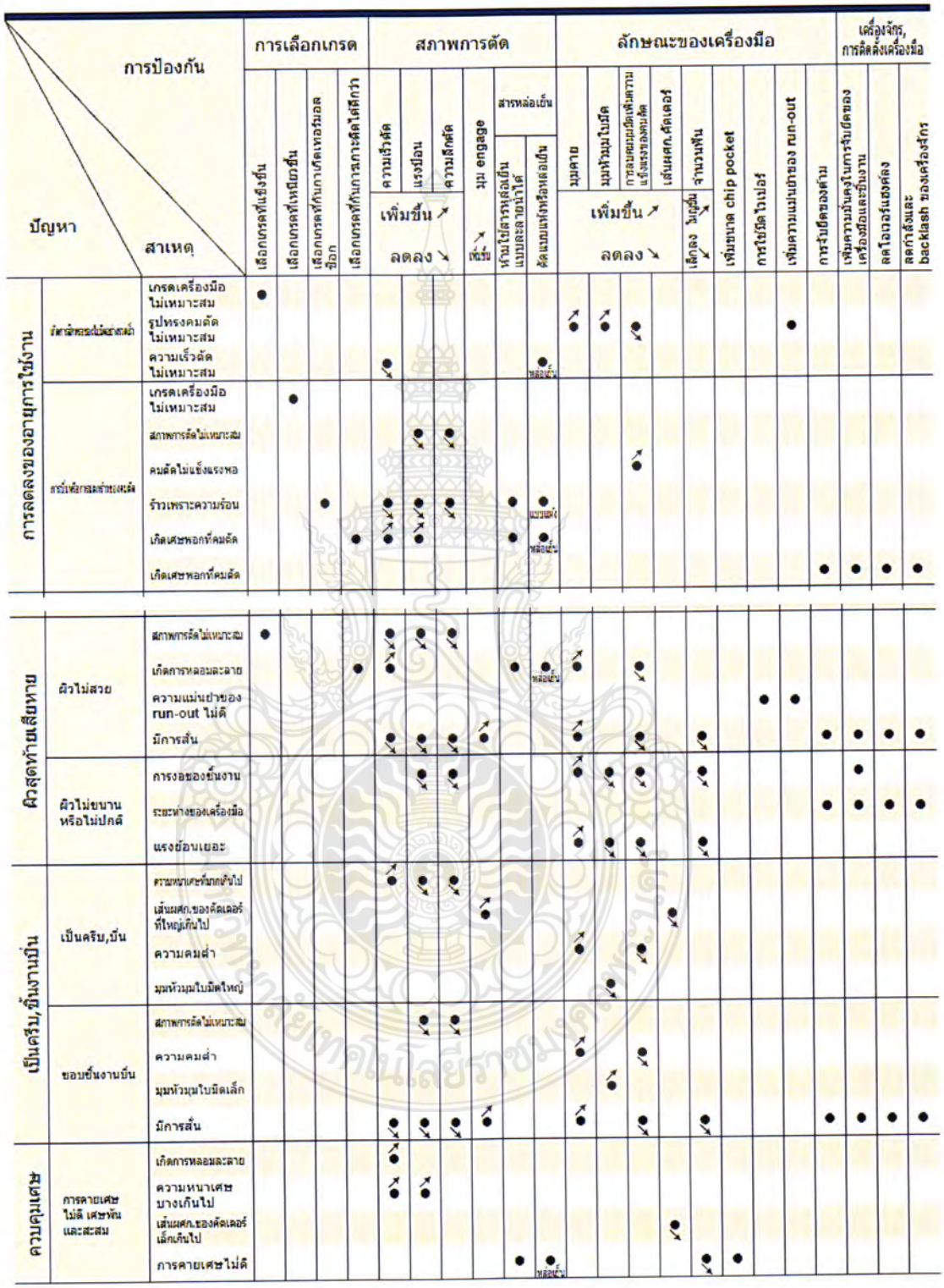
สัญลักษณ์ระบบมาตรฐาน ISO13399	เนื้อหา	ชื่อภาษาอังกฤษ
CIP	ระบบพิกัด CIP	Coordinate system in Process
CRP	จุด CRP	Cutting Reference Point
CSW	ระบบพิกัด CSW	Coordinate System Workpiece side
MCS	ระบบพิกัด MCS	Mounting Coordinate System
PCS	ระบบพิกัด PCS	Primary Coordinate System

การสึกหรอและความเสียหายของเครื่องมือ

สาเหตุและแนวทางแก้ไข

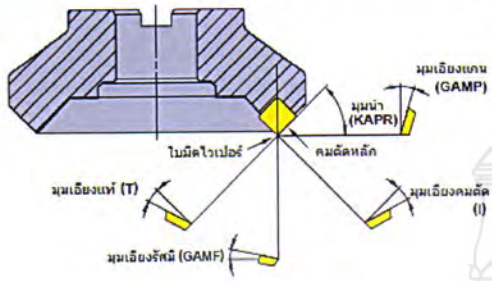
รูปแบบความเสียหายของเครื่องมือ		สาเหตุ	การป้องกัน
สึกหรอด้านข้าง		•เกรดเครื่องมืออ่อนเกินไป •ความเร็วตัดสูงเกินไป •มุมด้านข้างเล็กเกินไป •แรงป้อนต่ำมาก	•เลือกเกรดที่ทนต่อการสึกหรอ •ลดความเร็วตัด •เพิ่มมุมด้านข้าง •เพิ่มแรงป้อน
เป็นหลุม		•เกรดเครื่องมืออ่อนเกินไป •ความเร็วตัดสูงเกินไป •แรงป้อนสูงเกินไป	•เลือกเกรดที่ทนต่อการสึกหรอ •ลดความเร็วตัด •ลดแรงป้อน
บิ่น		•เกรดเครื่องมือแข็งเกินไป •แรงป้อนสูงเกินไป •คมตัดไม่แข็งแรงพอ •ก้านหรือด้ามไม่กระชับมั่นคง	•เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง •ลดแรงป้อน •เพิ่มการลับ (เปลี่ยนจากการลับมลเป็น ลับแชมเฟอร์) •ใช้ก้านใหญ่
แตกร้าว		•เกรดเครื่องมือแข็งเกินไป •แรงป้อนสูงเกินไป •คมตัดไม่แข็งแรงพอ •ก้านหรือด้ามไม่กระชับมั่นคง	•เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง •ลดแรงป้อน •เพิ่มการลับ (เปลี่ยนจากการลับมลเป็น ลับแชมเฟอร์) •ใช้ก้านใหญ่
เสียรูป		•เกรดเครื่องมืออ่อนเกินไป •ความเร็วตัดสูงเกินไป •ความลึกตัดและแรงป้อนสูงเกินไป •อุณหภูมิการตัดสูง	•เลือกเกรดที่ทนต่อการสึกหรอ •ลดความเร็วตัด •ลดความลึกตัดและแรงป้อน •เลือกเกรดที่ทนต่อความร้อนสูง
หลอมละลาย		•ความเร็วตัดต่ำ •ความคมไม่พอ •ใช้เกรดไม่เหมาะสม	•เพิ่มความเร็วตัด (สำหรับ JIS S45C ความเร็วตัด 80ม./นาที) •เพิ่มมุมคาย •เลือกเกรดที่มีแรงสัมพรรคต่ำ (เช่น เกรดเคลือบ เซอร์เม็ท)
ร้าวเพราะความร้อน		•ขยายตัวหรือหดตัวเนื่องมาจากอุณหภูมิ •เกรดเครื่องมือแข็งเกินไป *โดยเฉพาะในงานปาด	•ตัดแบบแห้ง (ถ้าตัดแบบเปียกให้ใช้น้ำหล่อเย็นท่วมชิ้นงาน) •เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง
เป็นรอยบาก		•ผิวหน้าแข็งเกินไป เช่นงานที่ยังไม่ลอกผิวส่วนที่แข็งผิวปกติ •การแตกจากเศษที่ขรุขระ(เกิดจากการสับ)	•เลือกเกรดที่ทนต่อการสึกหรอ •เพิ่มมุมคาย เพื่อให้มีความคมมากขึ้น
เป็นสะเก็ด		•คมมีดหลอมละลายและมีเศษเกาะติด •การคายเศษไม่ดี	•เพิ่มมุมคาย เพื่อให้มีความคมมากขึ้น •ขยายชิพ พ็อคเก็ต
สึกหรอด้านข้าง แตกร้าว *โพลีคริสตัลไลน์เสียหาย		•ความเสียหายอันเนื่องมาจาก คมมีดโค้งไม่แข็งแรง	•เพิ่มการลับมุมมีด •เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง
เป็นหลุม แตกร้าว *โพลีคริสตัลไลน์เสียหาย		•เกรดเครื่องมืออ่อนเกินไป •แรงด้านการตัดสูงเกินไป ทำให้เกิดความร้อนสูง	•ลดการลับมุมมีด •เลือกเกรดที่ทนต่อการสึกหรอ

การแก้ปัญหางานปาด



ศัพท์เฉพาะการปาด

ลักษณะการทำงานของแต่ละคมตัด สำหรับงานปาดหน้า

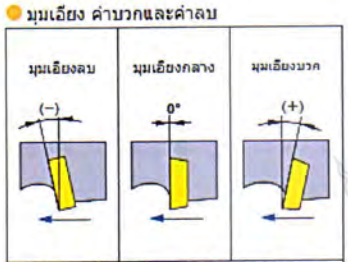


คมตัดแต่ละคมในงานปาดด้านหน้าตัด

ชนิดมุม	สัญลักษณ์	หน้าที่	ผล
มุมเอียงแกน	GAMP	การหาทิศทางการคายเศษ	ค่าบวก : การเดินงานดี
มุมเอียงรัศมี	GAMF	การหาค่าความคม	ค่าลบ : การคายเศษดี
มุมนำ	KAPR	การหาค่าความหนาของเศษ	เล็ก : เศษบาง ไม่กระทบการตัด แรงย้อนเยอะ
มุมเอียงแท้	T	การหาค่าความคมที่แท้จริง	ค่าบวก (ใหญ่) : การเดินงานดี การหลอมติดของเศษน้อย ค่าลบ (ใหญ่) : การเดินงานไม่ดี แต่คมตัดแข็งแรง
มุมเอียงคมตัด	I	การหาทิศทางการคายเศษ	ค่าบวก (ใหญ่) : การคายเศษดี แต่คมตัดไม่แข็งแรง

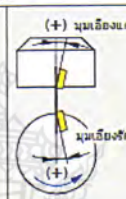
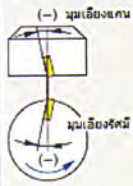
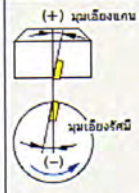
ใบมีดมาตรฐาน

มุมเอียง ค่าบวกและค่าลบ



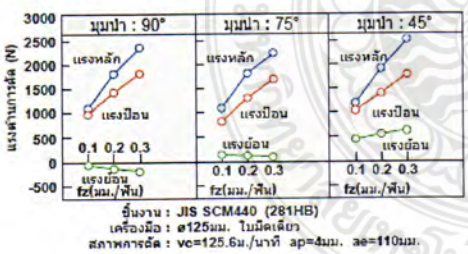
- ใบมีดแบบที่คมตัดยื่นออกมาใช้มุมเอียงบวก
- ใบมีดแบบที่คมตัดอยู่ด้านหลังใช้มุมเอียงลบ

รูปทรงคมตัดมาตรฐาน

รูปทรงคมตัดทั่วไป			
	มุมบวกคู่ (แบบ DP)	มุมลบคู่ (แบบ DN)	มุมลบ/มุมบวก (แบบ NP)
มุมเอียงแกน (GAMP)	มุมบวก (+)	มุมลบ (−)	มุมบวก (+)
มุมเอียงรัศมี (GAMF)	มุมบวก (+)	มุมลบ (−)	มุมลบ (−)

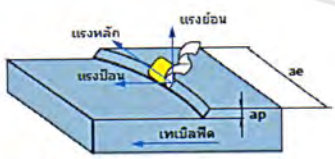
ใบมีดที่ใช้		ใบมีดมุมบวก (ด้านเดียว)	ใบมีดมุมลบ (สองด้าน)	ใบมีดมุมบวก (ด้านเดียว)
ชิ้นงาน	เหล็ก	●	–	●
	เหล็กหล่อ	–	●	●
	อลูมิเนียม อัลลอย	●	–	–
	วัสดุตัดยาก	●	–	●

มุมนำ (KAPR)และลักษณะเฉพาะการตัด



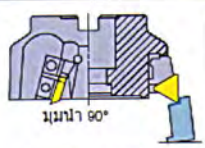
ชิ้นงาน : JIS SCM440 (281HB)
เครื่องมือ : ø125มม. ใบมีดเดียว
สภาพการตัด : vc=125.6ม./นาที ap=4มม. ae=110มม.

การเปรียบเทียบแรงด้านการตัดระหว่างใบมีดแต่ละรูปทรง

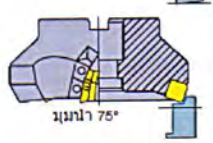


แรงด้านการตัด 3 ชนิดในงานปาด

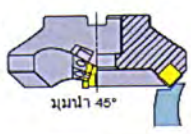
มุมนำ 90° แรงย้อนมีค่าลบทำให้ชิ้นงานยกขึ้น ถ้าการจับยึดไม่ดี



มุมนำ 75° มุมนำ 75° นี้เป็นขนาดมุมที่แนะนำสำหรับการปาดชิ้นงานที่การจับยึดไม่ดี เช่น ชิ้นงานที่บาง



มุมนำ 45° มีแรงย้อนมากสุด ชิ้นงานที่บางอาจงอได้และมีความแม่นยำต่ำ
★ กันการบิ่นของคมตัดในการตัดกลึงเหล็กหล่อ

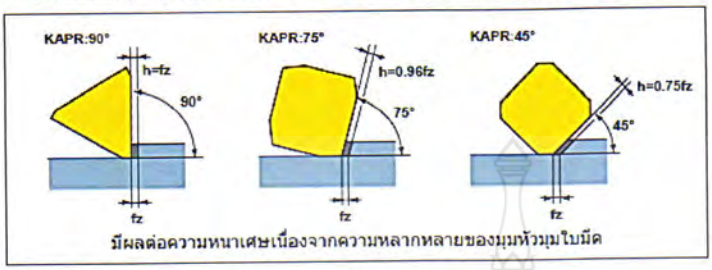


★ แรงหลัก : แรงตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของงานปาดหน้า
★ แรงย้อน : แรงผลักในทิศทางเดียวกับแกน
★ แรงป้อน : ทิศทางแรงป้อนซึ่งเกิดจากเทเบิล ฟีด

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตัดและอายุการใช้งาน

มุมตัดกับความหนาของเศษ

เมื่อความลึกตัดและแรงป้อนต่อฟัน fz, ถูกกำหนดคายตัว มุมหัวมุมใบมีดที่ใหญ่ขึ้น (KAPR), ความหนาเศษ(h)ที่บางลง (สำหรับ 45° KAPR, ความหนาเศษจะประมาณ 75% ของ 90° KAPR) ดังนั้นเมื่อ KAPR เพิ่มขึ้น, ความต้านทานในการตัดลงลดเป็นผลให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น แต่ในกรณีที่เศษหนาจะเกิดแรงต้านทานในการตัดสูงและนำไปสู่การสะท้านซึ่งจะลดอายุการใช้งานของทูลส์



มีผลต่อความหนาเศษเนื่องจากความหลากหลายของมุมหัวมุมใบมีด

มุมตัดกับการสึกหรอ

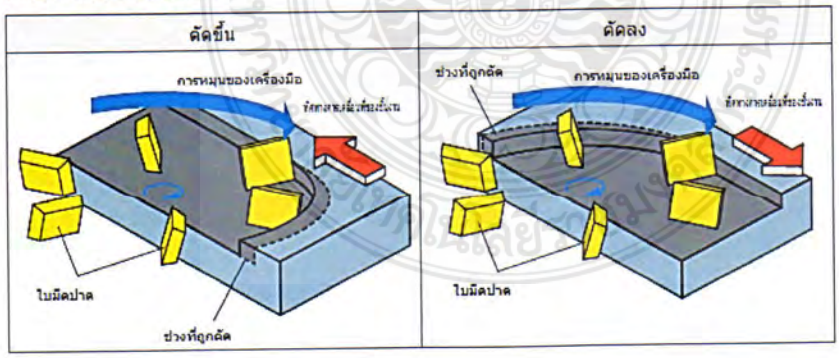
ตารางด้านล่างนี้แสดงถึงรูปแบบของการสึกหรอของมุมน่าที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบการสึกหรอแบบเป็นหลุมของมุมน่า 90° และ 45° แล้วเห็นได้ชัดเจนว่าการสึกหรอแบบเป็นหลุมสำหรับมุมน่า 90° จะมากกว่า

	มุมน่า 90°	มุมน่า 75°	มุมน่า 45°
vc=100ม./นาที Tc=69นาที			
vc=125ม./นาที Tc=55นาที			
vc=160ม./นาที Tc=31นาที			

ชิ้นงาน : JIS SNCM439 287HB
ระบบ : DC=125มม.
ใบมีด : M20ซีเมนต์คาร์ไบด์
สภาพการตัด : ap=3.0มม.
ae=110มม.
fz=0.2มม./ฟัน
ตัดแบบแห้ง

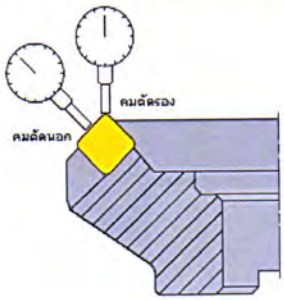
มิลลิ่งแบบอัพคัดและดาวน์คัด

เมื่อเลือกวิธีการตัดอัพคัดหรือดาวน์คัดมิลลิ่ง ให้ตัดสินใจโดยยึดสภาพของเครื่องมือ, คัดเตอร์งานมิลลิ่งและการใช้งาน อย่างไรก็ตามในแง่ของอายุการใช้งาน, ดาวน์คัดมิลลิ่งมีประโยชน์ที่มากกว่า



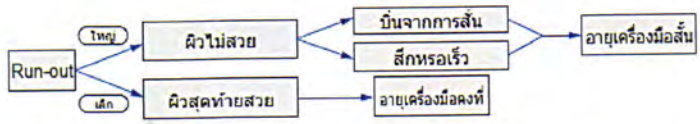
ผิวสุดท้าย

ความถูกต้อง แม่นยำของ Run-Out ของคมตัด

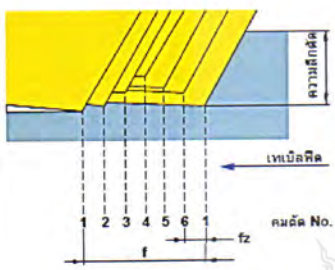


Run-Out คมตัดกับความแม่นยำในงานปาด

ค่า Run-Out ของใบมีดบนตัดเตอร์มีผลต่อความละเอียดผิวและอายุการใช้งานมาก



การปรับปรุงผิวสุดท้าย

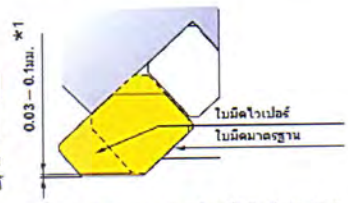


คมตัดรอง,Run-Out,และสำเร็จ

ความกว้างของคมตัดรองปกติของ Mitsubishi Materials คือ 1.4มม. เวลาติดตั้งให้คมตัดรองขนานกับหัวปาด ความแม่นยำของผิวสำเร็จดี ถ้าค่า Run-Out ต่ำ

ปัญหาที่แท้จริง	การป้องกัน
• ค่า Run-Out ของคมตัด • การเอียงคมตัดรอง • ความแม่นยำของตัวมีด • ความแม่นยำของอะไหล่ • การหลอมรวม, การสะท้าน,การสั่น	ใบมีดไวเปอร์

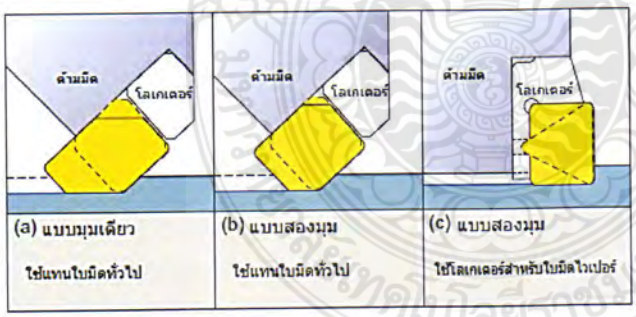
★ ใช้ตัดงานที่มีการตัดรอบแรกแล้ว เพื่อให้ได้ผิวที่สวยงาม



- เปลี่ยนใบมีดธรรมดา 1–2 ใบ เป็นใบมีดไวเปอร์
- เวลาติดตั้งใบมีดไวเปอร์ให้ยื่นคมมีดออกมา 0.03–0.1มม. จากคมมีดทั่วไป

*1.ค่าต่างๆ ขึ้นอยู่กับคมตัดและเม็ดมีดที่เลือกใช้

วิธีการติดตั้งใบมีดไวเปอร์



- ความยาวของคมตัดรองต้องยาวกว่าแรงป้อนต่อรอบ

★ ถ้าคมตัดรองยาวเกินไปจะทำให้เกิดการสั่น

- เมื่อเส้นผศก.ของด้ามมีดมีขนาดใหญ่และแรงป้อนต่อรอบ มากกว่าคมตัดรองของใบมีดไวเปอร์ ให้ใช้ใบมีดไวเปอร์ 2–3 ใบมีด
- ถ้าใช้ใบมีดไวเปอร์มากกว่า 1 ใบมีด จะช่วยป้องกันการสั่นของคมตัด
- ให้ใช้ใบมีดไวเปอร์เกรดที่แข็ง (กันการสึกหรอ)

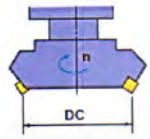
สูตรสำหรับการปาดผิวหน้า

ความเร็วตัด (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} \text{ (ม./นาที)}$$

vc (ม./นาที): ความเร็วตัด
π (3.14) : Pi
DC (มม.) : เส้นผศก.คัตเตอร์
n (นาที$^{-1}$) : ความเร็วของแกนหลัก

★หาร 1,000 เพื่อเปลี่ยนจาก ม.เป็น มม.



(ปัญหา) จงหาความเร็วตัด เมื่อความเร็วแกนหลักคือ 350นาที$^{-1}$ และ เส้นผศก. ด้ามคือ ϕ125มม.

(คำตอบ) แทนค่า π=3.14, DC=125, n=350 ลงไปในสูตร

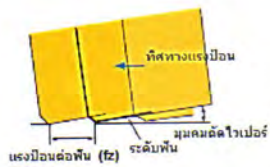
$$vc = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 350}{1000} = 137.4 \text{ม./นาที}$$

ความเร็วตัดคือ 137.4ม./นาที

แรงป้อนต่อฟัน (fz)

$$fz = \frac{vf}{z \cdot n} \text{ (มม./ฟัน)}$$

fz (มม./ฟัน) : แรงป้อนต่อฟัน
vf (มม./นาที) : เทเบิลฟีดต่อนาที
n (นาที$^{-1}$) : ความเร็วของแกนหลัก (แรงป้อนต่อรอบ f=z×fz)
z : จำนวนฟัน



(ปัญหา) จงหาแรงป้อนต่อฟัน เมื่อความเร็วแกนหลักคือ 500นาที$^{-1}$ จำนวนใบมีด 10 ใบมีด และเทเบิลฟีด คือ 500มม./นาที?

(คำตอบ) แทนค่าตัวเลขข้างบนลงไปในสูตร

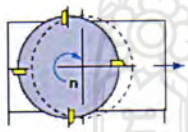
$$fz = \frac{vf}{z \times n} = \frac{500}{10 \times 500} = 0.1 \text{มม./ฟัน}$$

คำตอบคือ 0.1มม./ฟัน

เทเบิลฟีด (vf)

$$vf = fz \cdot z \cdot n \text{ (มม./นาที)}$$

vf (มม./นาที) : เทเบิลฟีดต่อนาที
fz (มม./ฟัน) : แรงป้อนต่อฟัน
n (นาที$^{-1}$) : ความเร็วของแกนหลัก
z : จำนวนฟัน



(ปัญหา) จงหาค่าเทเบิลฟีด เมื่อแรงป้อนต่อฟันคือ 0.1มม./ฟัน จำนวนใบมีด 10 ใบมีดและความเร็วแกนหลักคือ 500นาที$^{-1}$?

(คำตอบ) แทนค่าตัวเลขข้างบนลงไปในสูตร

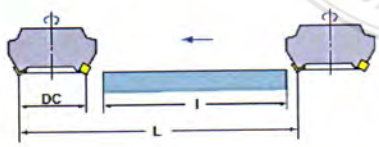
$$vf = fz \times z \times n = 0.1 \times 10 \times 500 = 500 \text{มม./นาที}$$

เทเบิลฟีด คือ 500มม./นาที

เวลาในการตัด (Tc)

$$Tc = \frac{L}{vf} \text{ (นาที)}$$

Tc (นาที) : เวลาในการตัด
vf (มม./นาที) : เทเบิลฟีดต่อนาที
L (มม.) : ความยาวเทเบิลฟีดรวม (ความยาวชิ้นงาน (l) + เส้นผศก.ด้าม (DC))



(ปัญหา) จงหาเวลาในที่ใช้ในการปาดละเอียดเหล็กหล่อ (JIS FC200) ขนาดกว้าง 100มม. ยาว 300มม.ด้ามมีขนาด ϕ200มม. จำนวนใบมีด 16 ใบมีดและความเร็วตัด 125ม./นาที และ แรงป้อนต่อฟันคือ 0.25มม. (ความเร็วรอบคือ 200นาที$^{-1}$)

(คำตอบ) คำนวณ เทเบิลฟีดต่อนาที vf=0.25×16×200=800มม./นาที
คำนวณหาความยาวรวมของเทเบิลฟีด L=300+200=500มม.
แทนค่าในสูตรข้างบน

$$Tc = \frac{500}{800} = 0.625 \text{ (นาที)}$$

0.625×60=37.5 (วินาที)ค่าตอบคือ 37.5วินาที

กำลังตัด (Pc)

$$Pc = \frac{ap \cdot ae \cdot vf \cdot Kc}{60 \times 10^6 \times \eta}$$

Pc (kW) : กำลังตัดจริง
ae (มม.) : ความกว้างการตัด
Kc (MPa) : แรงตัดจำเพาะ
ap (มม.) : ความลึกตัด
vf (มม./นาที) : เทเบิลฟีดต่อนาที
η : (ค่าสัมประสิทธิ์เครื่องจักร)

(ปัญหา) จงหากำลังตัดที่ต้องการสำหรับงานปาดเหล็กด้วยความเร็ว 80ม./นาที ความลึกตัด 2มม.ความกว้างการตัด 80มม. และเทเบิลฟีด 280มม./นาที ด้าม ϕ250มม. ใบมีด 12 ใบมีด และค่าสัมประสิทธิ์เครื่อง 80%

(คำตอบ) อันดับแรกให้คำนวณหาความเร็วรอบเพื่อหาแรงป้อนต่อฟัน

$$n = \frac{1000vc}{\pi DC} = \frac{1000 \times 80}{3.14 \times 250} = 101.91 \text{นาที}^{-1}$$

แรงป้อนต่อฟัน $fz = \frac{vf}{z \times n} = \frac{280}{12 \times 101.9} = 0.228 \text{มม./ฟัน}$

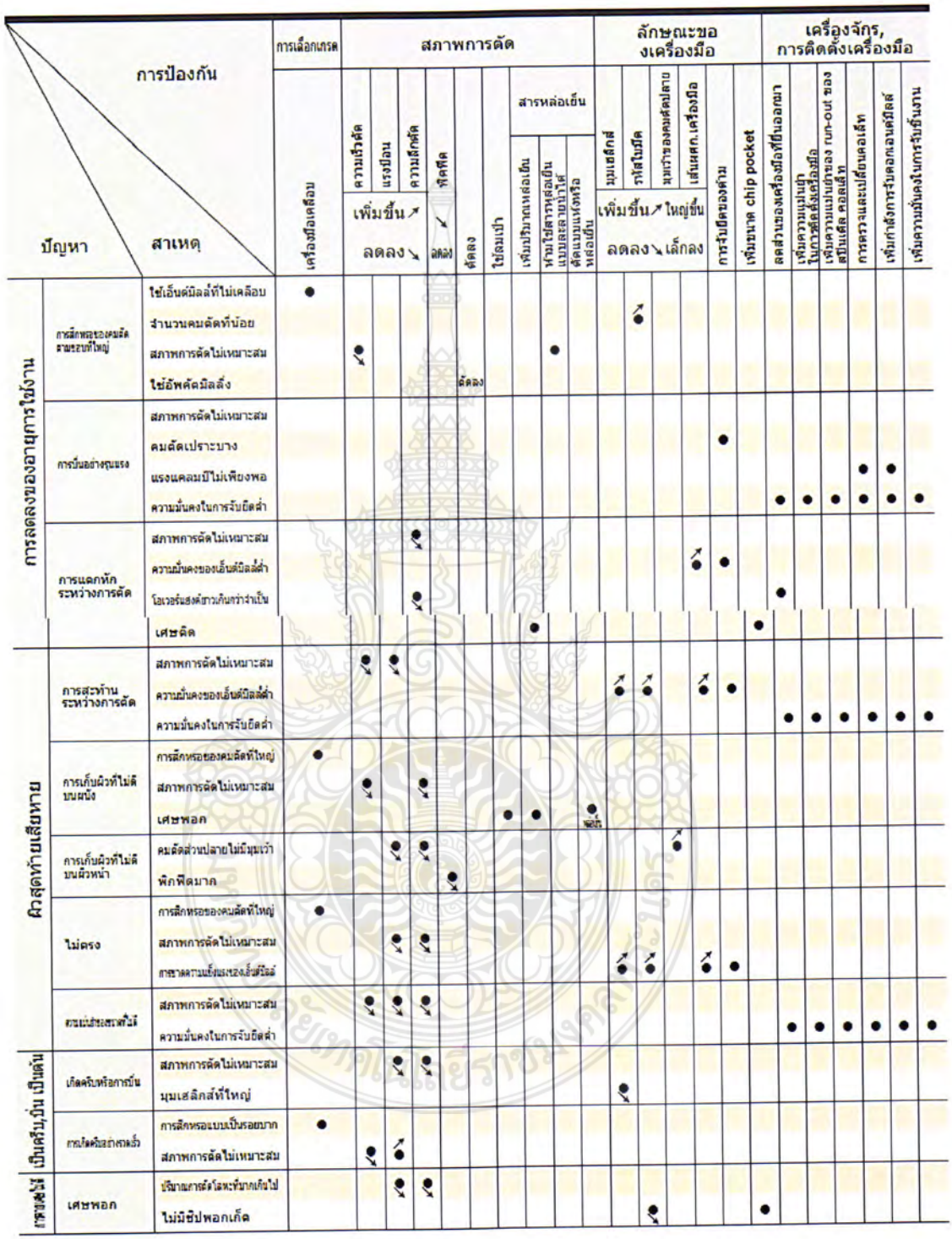
แทนค่าแรงตัดจำเพาะ ลงในสูตร

$$Pc = \frac{2 \times 80 \times 280 \times 1800}{60 \times 10^6 \times 0.8} = 1.68 \text{ kW}$$

Kc

ชิ้นงาน	แรงดึง (MPa) และความแข็ง	แรงตัดจำเพาะ Kc (MPa)				
		0.1มม./ฟัน	0.2มม./ฟัน	0.3มม./ฟัน	0.4มม./ฟัน	0.6มม./ฟัน
เหล็กเหนียว	520	2200	1950	1820	1700	1580
เหล็กแข็งปานกลาง	620	1980	1800	1730	1600	1570
เหล็กแข็ง	720	2520	2200	2040	1850	1740
เหล็กที่ใช้ทำเครื่องมือ	670	1980	1800	1730	1700	1600
เหล็กที่ใช้ทำเครื่องมือ	770	2030	1800	1750	1700	1580
โครเมียมแมงกานีส	770	2300	2000	1880	1750	1660
โครเมียมแมงกานีส	630	2750	2300	2060	1800	1780
โครเมียมโมลิดินั่ม	730	2540	2250	2140	2000	1800
โครเมียมโมลิดินั่ม	600	2180	2000	1860	1800	1670
นิคเกิลโครเมียมโมลิดินั่ม	940	2000	1800	1680	1600	1500
นิคเกิลโครเมียมโมลิดินั่ม	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
นิคเกิลโครเมียมโมลิดินั่ม	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
สเตนเลส austenitic	155HB	2030	1970	1900	1770	1710
เหล็กหล่อ	520	2800	2500	2320	2200	2040
เหล็กหล่อแบบแข็ง	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
เหล็กหล่อมีสาไนท์	360	2180	2000	1750	1600	1470
เหล็กหล่อสีเทา	200HB	1750	1400	1240	1050	970
ทองเหลือง	500	1150	950	800	700	630
อัลลอยเบา (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
อัลลอยเบา (Al-Si)	200	700	600	490	450	390
อัลลอยเบา (Al-Zn-Mg-Cu)	570	880	840	840	810	720

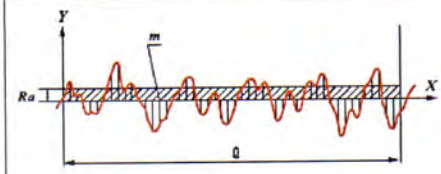
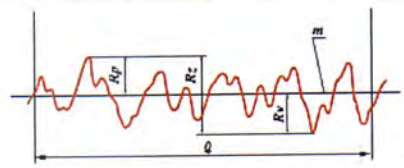
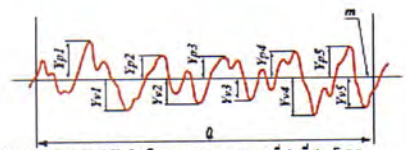
การแก้ปัญหาการกัด



ความเรียบผิว

ความละเอียดผิว

(จาก JIS B 0601-1994)

แบบ	สัญลักษณ์	การหาค่า	ตัวอย่างการหาค่า
ค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต	Ra	Ra คือค่าที่ได้จากสูตรด้านล่าง มีหน่วยเป็นไมครอน (ไมครอน) หาได้โดยสุ่มเลือกความยาวอ้างอิงจากเส้นโค้งหยักในทิศทางของเส้นค่ากลาง ตั้งแกน X ในทิศทางของเส้นค่าเฉลี่ยและ แกน Y ในทิศทางตามยาว สมการความหยาบคือ y = f(x): $Ra=\frac{1}{\ell}\int_0^{\ell}\lvert f(x)\rvert dx$	
ความสูงมากสุด	Rz	Rz คือค่าที่ได้มาจากช่วงความยาวอ้างอิงที่สุ่มเลือกมาจากกราฟความหยาบในทิศทางของเส้นค่ากลางดูตามแนวนอนหรือตามแนวกราฟความหยาบ ระยะระหว่างจุดสูงสุดและต่ำสุด ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมครอน (ไมครอน) (หมายเหตุ)เมื่อหา Rz ส่วนที่ปราศจากการยกเว้น ยอดที่สูงที่สุดและจุดที่ต่ำที่สุด $Rz=R_P+Rv$	
ค่าเฉลี่ยความหยาบ 10 จุด	RzJIS	RzJIS ได้มาจากช่วงความยาวอ้างอิงที่สุ่มเลือกมาจากกราฟความหยาบในทิศทางของเส้นค่ากลาง ผลรวมของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของความสูง จากยอดที่สูงที่สุด 5 จุด (Yp) และจุดที่ต่ำที่สุด (Yv) วัดในทิศทางตามแนวตั้งจากเส้นค่ากลาง ซึ่งค่า ผลรวมที่ได้มีหน่วย เป็นไมครอน (ไมครอน) $Rz_{JIS}=\frac{(Yp1+Yp2+Yp3+Yp4+Yp5)+(Yv1+Yv2+Yv3+Yv4+Yv5)}{5}$	 Yp1, Yp2, Yp3, Yp4, Yp5 : คือ ความสูงของยอดที่สูงที่สุด 5 จุด ภายในระยะอ้างอิง l Yv1, Yv2, Yv3, Yv4, Yv5 : คือ ความลึกของห้องคลื่นที่ลึกที่สุด 5 จุด ภายในระยะอ้างอิง l

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต(Ra) และการออกแบบแบบเดิม (ข้อมูลอ้างอิง)

ค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต Ra		ความสูงมากสุด Rz	ค่าเฉลี่ยความหยาบ 10 จุด RzJIS	ความยาวสุ่มสำหรับ Rz • RzJIS l (มม.)	สัญลักษณ์แบบเดิม
ชุดมาตรฐาน	ค่าคัดออฟ λc (มม.)	ชุดมาตรฐาน			
0.012 a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025 a	0.25	0.1 s	0.1 z		
0.05 a		0.2 s	0.2 z	0.25	
0.1 a	0.8	0.4 s	0.4 z		
0.2 a		0.8 s	0.8 z	0.8	▽▽▽
0.4 a		1.6 s	1.6 z		
0.8 a		3.2 s	3.2 z		
1.6 a		6.3 s	6.3 z		
3.2 a	2.5	12.5 s	12.5 z	2.5	▽▽
6.3 a		25 s	25 z		
12.5 a	8	50 s	50 z		▽
25 a		100 s	100 z	8	
50 a		200 s	200 z		—
100 a	—	400 s	400 z	—	

*ค่าตัวเลขทั้ง 3 ไม่ใช่ค่าสมบูรณ์ แต่ทำการปัดเพื่อให้ดูง่ายขึ้น
*ค่า Ra คำนวณจากความยาว Rz และ RzJIS ได้จากการรวมค่าคัดออฟและความยาวสุ่ม แล้วหารด้วย 5

ภาคผนวก ข

การเขียนโค้ดโปรแกรมกระบวนการกัดสำหรับเครื่องซีเอ็นซี

ในการทดลองงานวิจัยนี้ ทาการเขียนโค้ดโปรแกรมกระบวนการกัดเหล็กกล้าคาร์บอน S45C ขนาด 45x300x124 มิลลิเมตร ให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเดินกัดตามทิศทางที่ต้องการ การทดลองได้เขียนโค้ดไว้ดังนี้

```
%
O0000(T2)
(DATE=DD-MM-YY - 23-03-19 TIME=HH:MM - 15:58)
(MCX FILE - C:\USERS\MAR_555\DESKTOP\RSCB123.MCX-5)
(NC FILE - C:\USERS\MAR_555\DESKTOP\T2.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
( T1 | | H1 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T1 M6
N106 G0 G90 G54 X-205. Y61.998 A0. S1300 M3
N108 G43 H1 Z25. M8
N110 Z10.
N112 G1 Z-2. F1000.
N114 X180. F600.
N116 Y37.199
N118 X-180.
N120 Y12.4
N122 X180.
N124 Y-12.4
N126 X-180.
N128 Y-37.199
N130 X180.
N132 Y-61.998
N134 X-205.
N136 G0 Z23.
N138 Y61.998
```

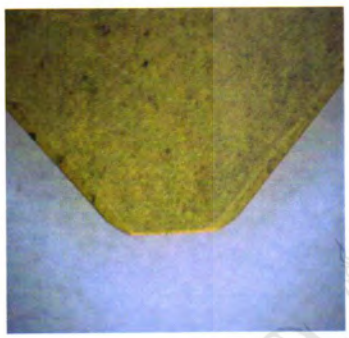
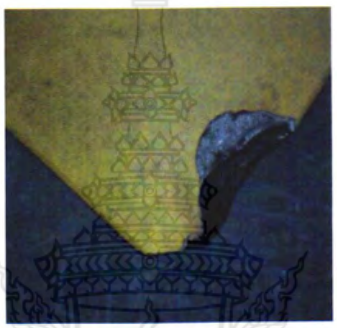
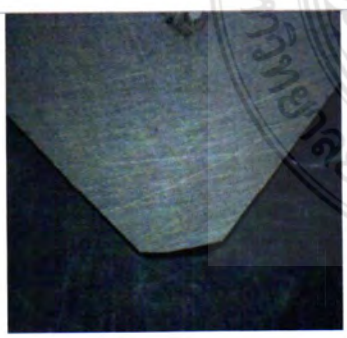
N140 Z8.
N142 G1 Z-4. F1000.
N144 X180. F600.
N146 Y37.199
N148 X-180.
N150 Y12.4
N152 X180.
N154 Y-12.4
N156 X-180.
N158 Y-37.199
N160 X180.
N162 Y-61.998
N164 X-205.
N166 G0 Z21.
N168 M5
N170 G91 G28 Z0. M9
N172 G28 X0. Y0. A0.
N174 M30
%

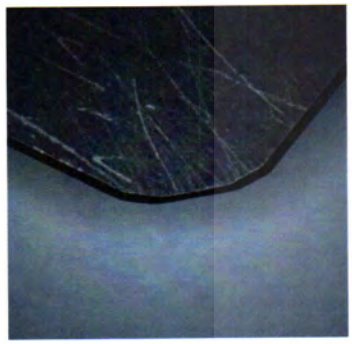
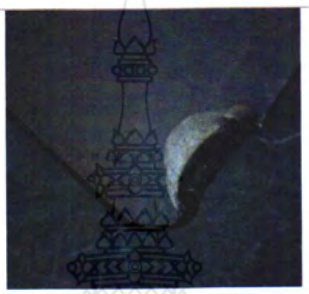
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

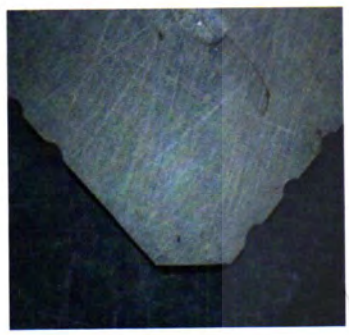
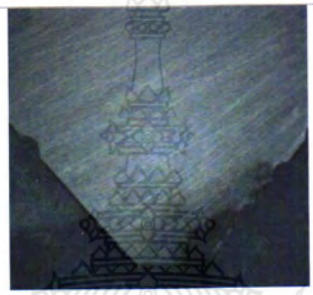
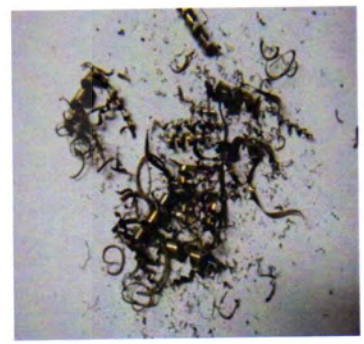
ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบแผ่นมีดกัด A-E

ตาราง ค 1 แสดงผลการทดสอบแผ่นมีดกัด A-E

แผ่นมีดก่อนทดสอบ	แผ่นมีดหลังทดสอบ	ลักษณะเศษ
 แผ่นมีด A		
 แผ่นมีด B		

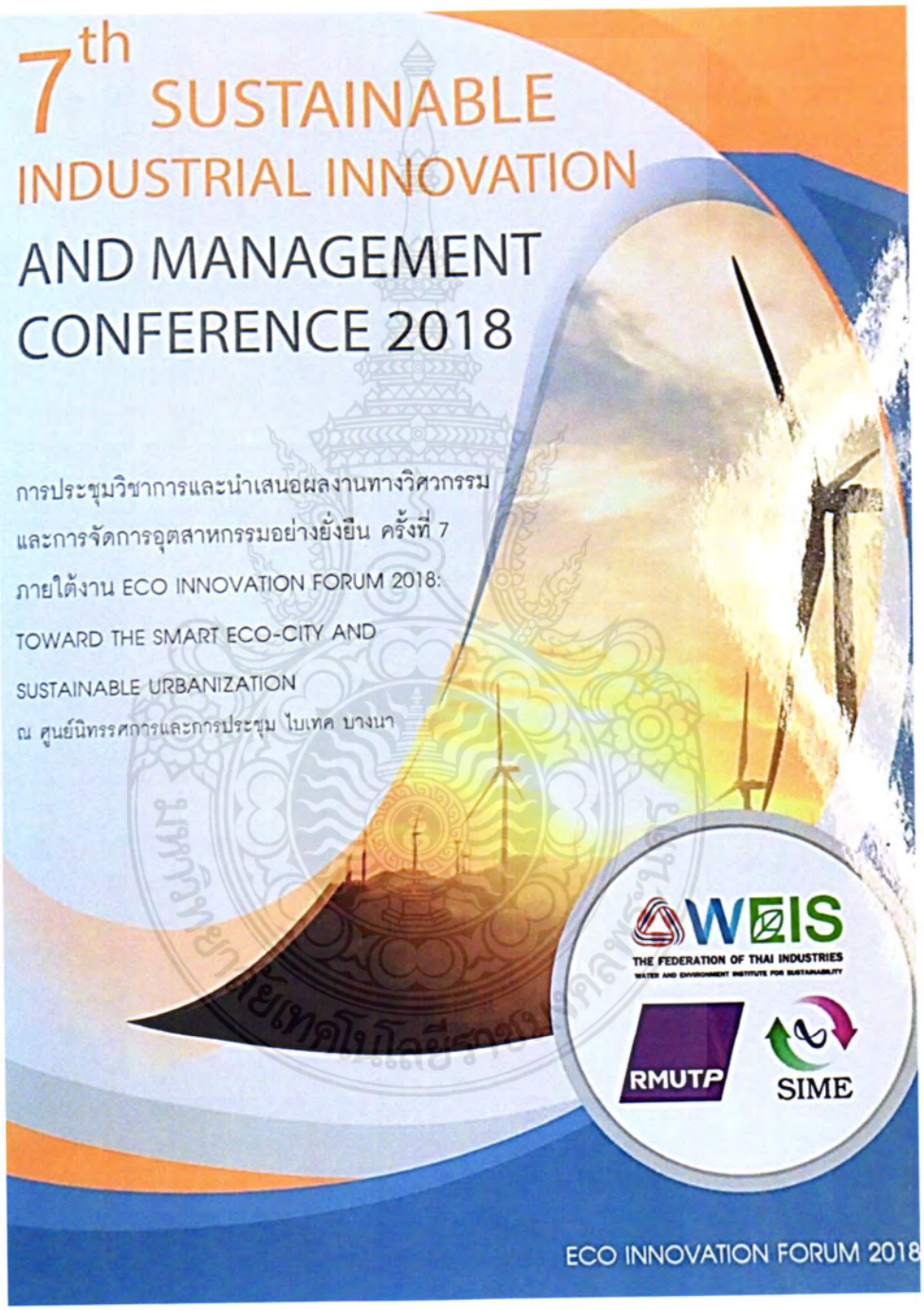
แผ่นมีดก่อนทดสอบ	แผ่นมีดหลังทดสอบ	ลักษณะเศษ
 แผ่นมีด C		
แผ่นมีด D		

แผ่นมีดก่อนทดสอบ	แผ่นมีดหลังทดสอบ	ลักษณะเศษ
 แผ่นมีด E		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคผนวก ง

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์และเผยแพร่



SIIMC 2018

WEIS THE FEDERATION OF THAI INDUSTRIES WATER AND ENVIRONMENT INSTITUTE FOR SUSTAINABILITY

RMUTP

SIME

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เกียรติบัตรฉบับนี้มอบให้เพื่อแสดงว่า

สรายุทธ จงเทพ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และ ปริญญ์ บุญกนิษฐ

ได้เข้าร่วมการนำเสนอ และเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย

เรื่อง การพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

ในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน
ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร

วันที่ 28 กันยายน 2561

นางสาวพรรรัตน์ เพชรภักดี
ผู้อำนวยการอาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล
รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นายสุวัสส์ แพ่งธีระสุขมัย
หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561

การพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด
Development of cemented tungsten carbide for rough milling machine

สรายุทธ จงเทพ , สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ , ปริญญ์ บุญกนิษฐ
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
rscb.sarayut@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่มีขนาดเทียบเท่า SEKN1203AFTN เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน สำหรับการตัดปาดผิวหยาบ (Rough machine) ในงานปาดหน้า (Face milling machine) โดยให้ผิวหลบ (Flank) มีพื้นผิวสัมผัสลดลงเพื่อคงความแข็งแรงของคมตัด เนื่องจากสารหล่อเย็นมีระบบการไหลเปลี่ยนไปส่งผลให้ผิวงานและคมตัดมีความร้อนสะสมลดลง ซึ่งการตัดเฉือนแตกต่างไปจากเดิม ผิวหลบส่งเสริมการไหลของสารหล่อเย็น (Coolant) และลดแรงเสียดทาน (Friction force) ผลปรากฏว่าอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น (Life Time) ร้อยละ 26.31 การสั่นสะเทือนลดลง (Vibration) จากผลการวิเคราะห์ความดังเสียงลดลง (Decibel) ร้อยละ 35 และชิ้นงานที่ผลิตมีความหยาบผิวลดลง (Surface Roughness) ร้อยละ 62.79 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาผิวหลบมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น จึงสามารถนำไปใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ (Key word): ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์; กัดผิวหยาบ; ทังสเตนคาร์ไบด์; อายุการใช้งาน; ความหยาบผิว

Abstract

Carbide Insert product development of this research equivalent to standard insert type : SEKN1203AFTN. For the higher operating efficiency is the machining time by the tool life increased for rough machine of face milling machine. Flank designed to have a flow slot coolant , flow rate of coolant to have a incrased convenient flow as a result, the surface and cutting edges less heat. The machining ability is different compared to the unslot in flank. The flank slot reduces the contact and slot, which to have coolant flow and friction force milling machining. As a result the milling time was 26.31%, the vibration was reduced by 35% and the workpiece surface Roughness was reduced 62.79%. As a result to development the phototype product is perfomance in using and cutting edge increased. It can be apply in using Cement Tungsten Carbide in sustainable industries.

Key word: Cementcarbide; Rough machine; Tungsten Carbide; Tool Life; Surface Roughness

การพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

Development of cemented tungsten carbide for rough milling machine

สรายุทธ จงเทพ , สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ , ปริญญ์ บุญกนิษฐ
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
rscb.sarayut@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่มีขนาดเทียบเท่า SEKN1203AFTN เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน สำหรับการตัดปาดผิวหยาบ (Rough machine) ในงานปาดหน้า (Face milling machine) โดยให้ผิวหลบ (Flank) มีพื้นผิวสัมผัสลดลงเพื่อคงความแข็งแรงของคมตัด เนื่องจากสารหล่อเย็นมีระบบการไหลเปลี่ยนไปส่งผลให้ผิวงานและคมตัดมีความร้อนสะสมลดลง ซึ่งการตัดเฉือนแตกต่างไปจากเดิม ผิวหลบส่งเสริมการไหลของสารหล่อเย็น (Coolant) และลดแรงเสียดทาน (Friction force) ผลปรากฏว่าอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น (Life Time) ร้อยละ 26.31 การสั่นสะเทือนลดลง (Vibration) จากผลการวิเคราะห์ความดังเสียงลดลง (Decibel) ร้อยละ 35 และชิ้นงานที่ผลิตมีความหยาบผิวลดลง (Surface Roughness) ร้อยละ 62.79 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาผิวหลบมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น จึงสามารถนำไปใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ (Keyword): ซีเมนต์ทังสเตนคาร์ไบด์; กัดผิวหยาบ; ทังสเตนคาร์ไบด์; อายุการใช้งาน; ความหยาบผิว

Abstract

Carbide Insert product development of this research equivalent to standard insert type : SEKN1203AFTN. For the higher operating efficiency is the machining time by the tool life increased for rough machine of face milling machine. Flank designed to have a flow slot coolant , flow rate of coolant to have a incrased convenient flow as a result, the surface and cutting edges less heat. The machining ability is different compared to the unslot in flank. The flank slot reduces the contact and slot, which to have coolant flow and friction force milling machining. As a result the milling time was 26.31%, the vibration was reduced by 35% and the workpiece surface Roughness was reduced 62.79%. As a result to development the phototype product is performance in using and cutting edge increased. It can be apply in using Cement Tungsten Carbide in sustainable industries.

Key word: Cementcarbide; Rough machine; Tungsten Carbide; Tool Life; Surface Roughness

1. บทนำ (Introduction)

การพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูง (Hard metals) จำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการรีไซเคิลวัสดุต้นน้ำชนิดทังสเตนคาร์ไบด์เพื่อผลิตโลหะผงให้มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน โดยเฉพาะคุณลักษณะผงโลหะในด้าน ขนาด รูปร่าง การกระจายและความบริสุทธิ์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อสมบัติของชิ้นส่วนซีเมนต์คาร์ไบด์โดยเฉพาะ ความแข็ง (Hardness) ความต้านทานการสึกหรอ เป็นต้น ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูงมีการรีไซเคิลโลหะผงทังสเตนคาร์ไบด์จากเศษซีเมนต์คาร์ไบด์กลับมาใช้ใหม่มากขึ้น [1] ซึ่งโลหะผงทังสเตนคาร์ไบด์รีไซเคิลส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตชิ้นส่วนโลหะความแข็งสูง (Hard metals) คิดเป็นร้อยละ 72 ปริมาณการบริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ทั่วโลกประมาณ 59,000 ตันต่อปีประกอบด้วย ยุโรปบริโภค 17,000 ตันต่อปี จีนบริโภค 16,000 ตันต่อปี สหรัฐอเมริกาประมาณ 10,000 ตันต่อปี ญี่ปุ่น 5,000 ตันต่อปี รัฐเซียและอินเดีย 4,000 ตันต่อปี และเกาหลีใต้บริโภคทังสเตนคาร์ไบด์ 3,000 ตันต่อปี [2] ปัจจุบันการเติบโตในด้านอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนและแม่พิมพ์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานสำคัญ ซึ่งเครื่องมือตัดที่ใช้นั้นส่วนใหญ่จะนำเข้าจากต่างประเทศใช้เป็นจำนวนมาก และมีราคาสูง ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวจะทำให้ผู้ประกอบการหรือผู้ใช้งานภายในประเทศไม่สามารถที่จะผลิตใช้งานเองได้ จะทำให้สูญเสียต้นทุนในการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เกิดความล่าช้า มีราคาสูง ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับผู้ประกอบการเป็นอย่างยิ่ง แผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์เป็นที่ต้องการสำหรับการตัดเฉือน เนื่องจากมีความแข็งและความต้านทานการสึกหรอได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าวัสดุประเภทอื่น โดยประสิทธิภาพการทำงานเหล่านี้สัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือและชิ้นงาน ทังสเตนเป็นโลหะที่หาได้ยากโดยใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการบินและอวกาศและอุตสาหกรรมทางทหารประมาณครึ่งหนึ่งของทังสเตนที่ใช้ในการผลิตซีเมนต์คาร์ไบด์หรือทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ผงและคาร์ไบด์ซีเมนต์นี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเครื่องมือตัดและเครื่องมือในการทำเหมือง เครื่องมือผ่าตัด ชิ้นส่วนที่สึกหรอและกระสุนเพราะความแข็งสูงและต้านทานการสึกหรอ จุดหลอมเหลวสูงและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี แม้ว่าทังสเตนจะผลิตจากเหมืองในประเทศจีนเป็นอันดับแรกของโลกคิดเป็น 81.61% ของยอดส่งออกทั่วโลก รวม 87,000 ตันในปี 2015 [3] การส่งออกซีเมนต์คาร์ไบด์, วัสดุทังสเตน, เส้นใยทังสเตนและผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงอื่น ๆ ในประเทศจีนมีเพียง 38.32% ของมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ทังสเตนทั้งหมดในปี 2015 สัดส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่งเนื่องจากคุณภาพ (เช่น ความบริสุทธิ์, ความละเอียด) ของวัตถุดิบ (เช่น WC) มีคุณภาพต่ำ [4] ความต้องการสำหรับทังสเตนได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่การเจริญเติบโตประจำปีโดยเฉลี่ยอัตราการผลิตแร่ทังสเตนมีน้อยกว่า 5% ในปี 2553-2558 [3] ภายใต้สถานการณ์นี้การรีไซเคิลเศษของทังสเตนกลายเป็นแหล่งสำคัญของอุปทานทังสเตนของโลก ปริมาณของการรีไซเคิลทังสเตนของอเมริกันประมาณเป็นที่ยอมรับ คิดเป็น 59% ของการบริโภคทั้งหมด และ 24% ของค่าเฉลี่ยของโลก[3] อย่างไรก็ตามในประเทศจีนมีเพียง 10% ของข้อมูลทั้งหมด (AM, 2016) เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตทังสเตนของโลกที่สูง อุตสาหกรรมการรีไซเคิลในประเทศจีนเป็นอุตสาหกรรมที่ยังไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งประสบกับภาวะมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ทำให้การรีไซเคิลอยู่ในระดับต่ำ [4]

ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการใช้งานของแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ ได้แก่ ชนิดของตัวประสาน ปริมาณโคบอลต์ ขนาดของเกรน การกระจายของขนาดเกรน ปริมาณการผสมกันของชนิดคาร์ไบด์ และเทคนิคกระบวนการผลิตคาร์ไบด์ของผู้ผลิต ปริมาณของโคบอลต์ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการแบ่งเกรดของคาร์ไบด์ หากใช้ปริมาณของโคบอลต์สูงขึ้นจะได้ซีเมต์คาร์ไบด์อ่อนลง ทำให้ทนการสึกหรอได้น้อย ขนาดเกรนส่งผลต่อความแข็งโดยตรง เกรนยิ่งเล็กความแข็งยิ่งสูง ในขณะที่เกรนของคาร์ไบด์ขนาดใหญ่ช่วนให้ทนแรงกระแทกได้ดีกว่า (ดร.สุรศิษฐ์ โรจนนันต์.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือ

และวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) [5]

เหล็กแม่พิมพ์เกรด S45C เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมหลัก มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้าน ทั้งความแข็งแรง ความเหนียว ความแกร่ง และมีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้ ตัวอย่างส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า [6]

อธิบายการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระผิวในการกัดปาดผิวหน้าเหล็กแม่พิมพ์ด้วยมีดคาร์ไบด์ เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์พลาสติกและอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง วัสดุทดลองเป็นเหล็กทำแม่พิมพ์ เกรด S50C ความแข็งอยู่ระหว่าง 280-325 HB ใช้เครื่องกัดกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Obraeci Strojie รุ่น FGV 32 ใช้เม็ดมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ Iscar แบบ SEKT 1204AFR-HM ปัจจัยในการทดลองประกอบด้วย ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการกัด จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าความลึก ไม่มีผลต่อค่ากำหนดความลึกในการกัดคงที่ไว้ 0.5 มม. จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความขรุขระผิว คือ อัตราป้อน และความเร็วรอบ โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อใช้อัตราป้อนต่ำและการเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความขรุขระผิวลดลง [7]

อิทธิพลของตัวแปรในการกัดด้วยเม็ดมีดคาร์ไบด์เคลือบผิวไททาเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์บนเหล็กหล่อสีขาว พบว่า ความเร็วตัดมีผลต่อการสึกเหรอของเม็ดมีดมากที่สุด รองลงมาคือ อัตราป้อน และความลึกในการกัด ค่าที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาด้านการสึกเหรอของเม็ดมีดคือ ความเร็วตัด 100 เมตร/นาที อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร/ฟัน และความลึกในการกัด 0.6 มิลลิเมตร สำหรับต้นทุนการผลิต ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ ความเร็วตัด 100 เมตร/นาที อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร/ฟัน และความลึกในการกัด 1.0 มิลลิเมตร ให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด [8]

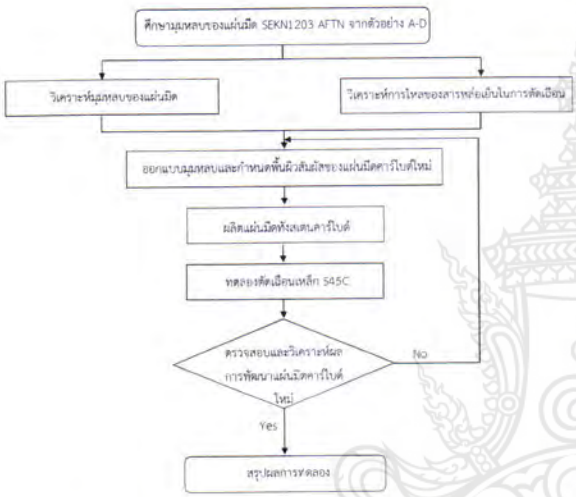
อิทธิพลของตัวแปรในการแล่นประสานที่มีผลต่อความต้านทานแรงเฉือนในรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเกรด SS400 กับทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) โดยใช้โลหะเติมชนิด Si CD1050-5M ซึ่งตัวแปรที่พิจารณาประกอบด้วย อุณหภูมิและเวลาทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 32 ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงเฉือนระหว่างการแล่นประสานในเตาภายใต้บรรยากาศปกติกับการแล่นประสานในเตาภายใต้บรรยากาศ [9] เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 ผลพบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงเฉือน โดยการแล่นประสานที่อุณหภูมิ 790°C ภายใต้บรรยากาศอาร์กอนให้ค่าความต้านทานแรงเฉือนสูงสุด [10]

การใช้งานผลิตภัณฑ์ทังสเตนคาร์ไบด์ในประเทศไทยนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงและเป็นผู้นำของอุตสาหกรรมเครื่องมือตัดเช่น KYOCERA SECO และ SANDVIK ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์สำหรับใช้งานภายในประเทศและศึกษาประสิทธิภาพการใช้งาน กรณีศึกษา แผ่นมีดคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFTN โดยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่ใช้จากผู้ผลิตที่มีชื่อเสียง ข้อจำกัดที่พบคือมีราคาสูง โดยการพัฒนาขึ้นภายในประเทศนั้นจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อองค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ประกอบการและผู้ใช้งาน ซึ่งจะสามารถพึ่งพาตัวเองได้อย่างยั่งยืน

การวิจัยนี้จึงศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในการกัด โดยพัฒนามุมหลบของแผ่นมีดที่มีพื้นที่การสัมผัสผิวชิ้นงานลดลง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของคมตัด โดยลดแรงเสียดทาน และลดความร้อนบริเวณคมตัด ซึ่งส่งผลให้อายุการใช้งานของคมตัดเพิ่มขึ้น และนำผลการศึกษามาคิดค้นออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่มีประสิทธิภาพในการกัดผิวเพื่อการใช้งานในอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการวิจัย (Research Methodology)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดคาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFTN [11] ทดสอบด้วยเครื่องมิลลิ่ง CNC Hurco Model: VM1P Serial No.VM1P-06311018 AKA สามารถอธิบายขั้นตอนการวิจัยได้ ดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบวิจัยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์

ศึกษามุมหลบของแผ่นมีดทังสเตนคาร์ไบด์ SEKN1203 AFTN ตามแผ่นมีดมาตรฐานตัวอย่าง A-D โดยการศึกษามุมตัดเฉือนและมุมหลบของแผ่นมีดที่มีอิทธิพล และตัวแปรในการกัดชิ้นงานเหล็ก S45C เพื่อนำผลและขีดจำกัดตามแผ่นมีดมาตรฐานมาออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบใหม่ สำหรับการออกแบบมุมหลบให้เป็นร่อง (Slot) เพื่อลดการสัมผัสแผ่นมีดกับผิวชิ้นงานและสารหล่อเย็นไหลผ่านดีขึ้น สามารถลดความร้อนระหว่างการตัดเฉือนชิ้นงาน ส่งผลให้อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น

การผลิตแผ่นมีดทังสเตนคาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ จากการออกแบบมุมหลบที่เป็นร่อง โดยจะนำทังสเตนคาร์ไบด์ในรูปของผง (RTP : Ready To Press) ที่มีปริมาณทังสเตน (W) ร้อยละ 80.5 และปริมาณโคบอลต์ (Co) ร้อยละ 9.5 (Grain size 3.0 μm) นำมาอัดขึ้นรูปตามรูปร่างของแม่พิมพ์ด้วยเครื่องอัด (Press) แล้วนำชิ้นงานที่ได้อบผนึก ด้วยเครื่องอบผนึกสุญญากาศ (Sintering) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อได้ชิ้นงานที่อบผนึกแล้วนำมาวัดค่าความหนาแน่น (Spec. 13.00 g/cm^3) วัดขนาดชิ้นงาน และวัดค่าความแข็ง (Spec.90.4 HRA) จากนั้นทำการเจียรระไนผิวหน้าและร่อง Slot ตามขนาดที่ได้ทำการออกแบบไว้ด้วยหินเพชร การทดสอบการตัดเฉือน กำหนดการทดสอบโดยใช้ชิ้นงานเหล็ก S45C ขนาด 45x300x124 มิลลิเมตร ด้วยเครื่อง มิลลิ่ง CNC Hurco Model : VM1P ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที (Speed) , อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที (Feed) ทดสอบการกัดชิ้นงานโดยใช้หัวกัดปาดผิวจำนวน 4 แผ่นมีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (Face Milling Holder) กัดชิ้นงานลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร (Depth/Cut) เก็บข้อมูลการทดลองด้านอายุการใช้งาน วัดจากระยะทางในการกัดชิ้นงานทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มการกัดจนแผ่นมีดเกิดความเสียหายคำนวณเป็นระยะทาง (เมตร) , ความดังเสียงวัดจากความดังเสียง ณ ตำแหน่งเดียวกันในการกัดชิ้นงาน จากเริ่มการกัดจนแผ่นมีดเกิดความเสียหายแล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย (เดซิเบล) และความหยาบผิว วัดจากการใช้ไดอัลเกจค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ลากผ่านผิวชิ้นงานแล้วอ่านค่า (μm) เมื่อการทดสอบและการวัดผลเป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้วจึงทำการรวบรวมผลการทดลองของแผ่นมีดมาตรฐานและแผ่นมีดที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ทำการวิเคราะห์ผลและสรุปผลต่อไป

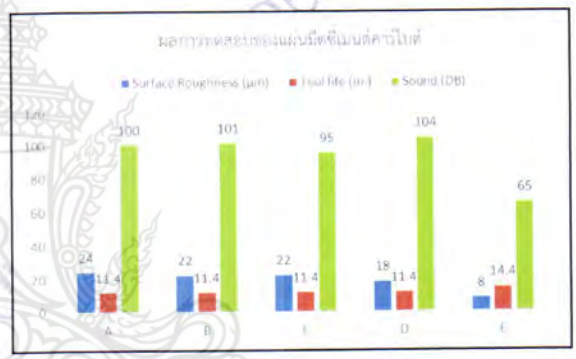
3. ผลการวิจัย (Results)

ทดสอบจากแผ่นมีดคาร์ไบด์จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์รหัส SEKN1203 AFT ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นใหม่ มีค่าอายุและประสิทธิภาพการมิลลิ่งชิ้นงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.31 มีความดังเสียงลดลงร้อยละ 35 และมีความหยาบผิวลดลงร้อยละ 62.79 ซึ่งเป็น
ผลการทดสอบที่มีผลลัพธ์และประสิทธิมากกว่าแผ่นมีดมาตรฐาน

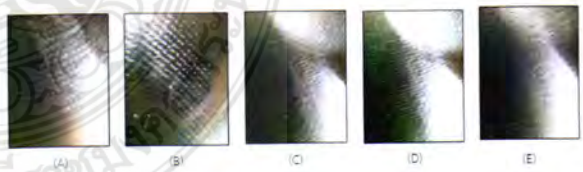
Insert	Speed (RPM)	Feed (m/min)	Life Time (min)	Sound (DB)	Tool Life (m.)	Surface Roughness (µm)	Hardness (HRA)
A	600	120	95 min	100	11.40	24	90
B	600	120	95 min	101	11.40	22	91
C	600	120	95 min	95	11.40	22	88.5
D	600	120	95 min	104	11.40	18	90
E	600	120	120 min	65	14.40	8	90.6

ตารางที่ 1 การทดสอบแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์สำหรับงานกัดผิว โดยใช้แผ่นมีดมาตรฐานและแผ่นมีดที่พัฒนาขึ้นใหม่

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบแผ่นมีดสำหรับงานกัดผิวหน้าคาร์ไบด์มาตรฐาน A-D ที่เป็นแผ่นมีดมาตราฐานที่ผลิตขึ้นจากต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศสวีเดน ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น และแผ่นมีดที่ผ่านการพัฒนาใหม่เพื่อใช้งานภายในประเทศ ผลการศึกษาพบว่า แผ่นมีคาร์ไบด์ A ที่ความเร็วรอบ 600 rpm อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 24 ไมครอน ความแข็ง 90 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 100 เดซิเบล แผ่นมีคาร์ไบด์ B ที่ความเร็วรอบ 600 rpm อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 22 ไมครอน ความแข็ง 91 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 101 เดซิเบล แผ่นมีคาร์ไบด์ C ที่ความเร็วรอบ 600 rpm อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 22 ไมครอน ความแข็ง 88.5 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 95 เดซิเบล แผ่นมีคาร์ไบด์ D ที่ความเร็วรอบ 600 rpm อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 11.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 18 ไมครอน ความแข็ง 90 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 104 เดซิเบล และ แผ่นมีดคาร์ไบด์ E ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ที่ความเร็วรอบ 600 rpm อัตราป้อน 120 เมตรต่อนาที ใช้เวลากัด 95 นาที กัดได้ระยะทาง 14.40 เมตร ผิวชิ้นงานมีความเรียบ 8 ไมครอน ความแข็ง 90.6 HRA ความดังของเสียงขณะทดสอบ 65 เดซิเบล



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบ ความหยาบผิว อายุการใช้งาน และความดังเสียง ของแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์มาตรฐานและแผ่นมีดที่พัฒนาขึ้นใหม่



ภาพที่ 3 พื้นผิวชิ้นงานทดสอบความหยาบผิว (Surface Roughness) ที่ผ่านการตัดปาดจากแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์

จากพื้นผิวชิ้นงาน A แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์มาตรฐาน A ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่น ไม่ราบเรียบ มีลักษณะเป็นรอยแบบมีการสะท้านของเครื่องมือ (Tool) (Surface Roughness 24 µm)

จากพื้นผิวชิ้นงาน B แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์มาตรฐาน B ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่นสะท้านตัดกันเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบน้อย (Surface Roughness 22 µm)

จากพื้นผิวชิ้นงาน C แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์มาตรฐาน C ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่นสะท้านตัดกันเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบน้อย (Surface Roughness 22 µm)

จากพื้นผิวชิ้น D แสดงผิวงานงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์มาตรฐาน D ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเป็นคลื่นสะท้านตัดกันเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบปานกลาง (Surface Roughness 18 µm) จากพื้นผิวชิ้น E แสดงผิวชิ้นงานที่ผ่านการกัดผิวหน้าด้วยแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ E ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานมีรอยเล็กน้อยเป็นเส้นโค้ง มีความราบเรียบมาก (Surface Roughness 8 µm)

4. อภิปรายผล (Discussion)

การตัดเฉือนชิ้นงานแบบกัดหยาบสำหรับงานปาดหน้ามุ่งเน้นปริมาตรการตัดหรืออัตราการตัดต่อเวลาเพิ่มขึ้นโดยการลดการถอดเปลี่ยนแผ่นมีด ดังนั้นจึงขึ้นกับอายุการใช้งานที่มากขึ้นเป็นหลัก ผลจากการออกแบบแผ่นมีดโดยลดพื้นที่บริเวณผิวหลบของแผ่นมีดให้สัมผัสกับผิวชิ้นงาน (Work piece) น้อยลงแต่ยังคงความแข็งแรงเหมือนเดิมได้นั้น โดยการทำให้ผิวหลบมีลักษณะเป็นร่อง (Slot) แบบฟันปลาสอดคล้องกับการทำร่องฟันปลาเพื่อลดแรงเสียดทาน ซึ่งลักษณะของร่องเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ส่วนการออกแบบใหม่ของงานวิจัยนี้แตกต่างที่ร่อง (Slot) มีรัศมีโค้ง 0.77 มิลลิเมตร ตลอดความยาวร่อง 4.97 มิลลิเมตร ระยะห่าง (Pitch) 1.40 มิลลิเมตร ความสูง 0.30 มิลลิเมตร ร่องฟันปลาห่างจากคมตัด (Cutting adge) 2.70 มิลลิเมตร และรัศมีของร่องฟันปลา 10.49 มิลลิเมตร ลดผิวสัมผัสระหว่างแผ่นมีดและชิ้นงานลงร้อยละ 49.15

การวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาต่อยอดที่มีความแตกต่างด้านการออกแบบร่องฟันปลา จากผลการทดลองการใช้งานของแผ่นมีดมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ประกอบด้วย การสั่นสะเทือนลดลง (Reduce of Vibration) พิจารณาได้จากการตรวจสอบความดังเสียงลดลงร้อยละ 35 ขณะที่อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น สาเหตุจากบริเวณคมตัดมีความร้อนลดลง

ดังนั้น ความร้อนที่ลดลงมีสาเหตุมาจากระบบสัมผัส (พื้นผิวสัมผัสน้อยลง การไหลและความร้อนของสารหล่อเย็น) น้อยลงและการไหล (Flow rate) ของ Coolant สะดวกมากกว่าแบบร่องสี่เหลี่ยม [12] จึงมีผลต่อการเสียดทาน (Friction) บริเวณการตัดลดลง เป็นผลที่เกิดจากลักษณะของร่องที่มีรัศมีโค้ง ดังนั้น ทั้งการสัมผัสน้อยลง การไหลของสารหล่อเย็นไหลดีขึ้นและการเสียดทานความร้อนจะเกิดช้าหรือความร้อนน้อยลงที่มีความสัมพันธ์กับระดับเสียงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้การตัดเฉือนมีประสิทธิภาพมากขึ้น อัตราการตัดเป็นไปตามเงื่อนไข (Condition) แต่อายุการใช้งานเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการออกแบบ การใช้เครื่องมือเฉพาะทาง(Special tool)ในการเจียระไนร่อง (Slot) จึงเป็นการวิจัยที่สามารถพัฒนาเครื่องมือตัดให้อายุการใช้งานยาวนานมากขึ้น อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้เป็นการตัดเฉือนเหล็กกล้าชนิด S45C ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการตัดเฉือนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

5 สรุปผล (Conclusion)

ผลการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์สำหรับงานกัด (milling) กรณีศึกษาแผ่นมีดรหัส SEKN1203AFTN โดยแผ่นมีดมาตรฐานใช้เวลาในการกัดอยู่ที่ 95 นาที ได้ระยะทางในการกัดผิวที่ 11.40 เมตร ความดังของเสียงที่เกิดจากการตัดเฉือนระหว่าง 95-104 เดซิเบล มีความแข็งระหว่าง 88.5 - 91 HRA ผิวชิ้นงานมีความหยาบผิวอยู่ระหว่าง 18-24 µm สรุปได้ว่าแผ่นมีดซีเมนต์คาร์ไบด์ที่พัฒนาขึ้นใหม่มีประสิทธิภาพมากกว่าแผ่นมีดมาตารฐานที่อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น (Life Time) ร้อยละ 26.31 การสั่นสะเทือนลดลง (Vibration) จากผลการวิเคราะห์ความดังเสียงลดลง (Decibel) ร้อยละ 35 และชิ้นงานที่ผลิตมีความหยาบผิวลดลง (Surface Roughness) ร้อยละ 62.79 สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการนำเข้าแผ่น

มีดซีเมนต์คาร์ไบด์จากต่างประเทศที่มีราคาสูง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ์ และผู้ช่วยศาตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำ การพัฒนาแผ่นมีดซีเมนต์ทังสเตนคาไบด์สำหรับการตัดปาดผิวหยาบในงานกัด

7. เอกสารอ้างอิง (Reference)

[1] Sandvik Annual Report 2011.

[2] Wolf-W.Albrecht. 2008. "Hard Metal (WC-Co), retired Director of H.C. Starck,Germany, and November."

[3] U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2016.

[4] Yuan et al., 2016; Liu et al., 2010; Hu et al., 2016.

[5] สุรศิษฐ์ โรจนนันต์.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] อภิชาติ และ อุษณีย์. 2554. การอบชุบทางความร้อนของโลหะ, หน่วยวิจัยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางโลหะวิทยาสำหรับการขึ้นรูปโลหะ (IMIARU) สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[7] จักรนรินทร์และคณะ. 2555. อิทธิพลของตัวแปรที่เหมาะสมในการกัดปาดผิวหน้าเหล็กแม่พิมพ์เกรด S50C ด้วยมีดคาร์ไบด์, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[8] เกษร หล่อบุญสม. 2554. อิทธิพลของตัวแปรในการกัดด้วยเม็ดมีดคาร์ไบด์เคลือบผิวไททาเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์บนเหล็กหล่อสีขาว, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[9] อาทร แสงทับทิม และ กรรณชัย กัลยาศิริ. 2557. การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการแล่นประสานที่มีต่อความต้านทานแรงเฉือนในรอยต่อระหว่ างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเกรด SS400 และทังสเตนคาร์ไบด์,สาขาวิชวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[10] สุรศิษฐ์ โรจนนันต์.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[11] MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION. Function of tool features for turning.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นาย สรายุทธ จงเทพ
วัน เดือน ปีเกิด 17 ตุลาคม 2525
ภูมิลำเนา เลขที่ 58/5 หมู่ 9 ตำบล ไร่ขิง อำเภอ สามพราน จังหวัดนครปฐม 73210
โทรศัพท์ 085-131-4884
Email: rscb.sarayut@gmail.com

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	เทคโนโลยีสยาม	2543
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	2552
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2562

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

กรรมการผู้จัดการ บริษัท อาร์.เอส.คาร์ไบด์ โปรดักท์ จำกัด

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ (ถ้ามี)

-

ทุนการศึกษา (ถ้ามี)

-