การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตก้านสูบโดยวิศวกรรมคุณค่า

ศุภมิตร ศักดิ์เสรีกุล

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ศุภมิตร ศักดิ์เสรีกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการ
(ดร. ทนงศักดิ์ เทพสนธิ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 15 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้ความช่วยเหลือแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งการตรวจแก้ไขงานวิจัยด้วยดีเสมอมาตลอดจนคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์และตรวจสอบความถูกต้องของงานนิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้

ท้ายที่สุดนี้ ทางผู้จัดทำขอขอบคุณต่ออาจารย์ บุคลากรและเพื่อนนิสิตปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนสมาชิกของครอบครัวทุกท่านที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำงานวิจัยด้วยดีเสมอมา จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

ศุภมิตร ศักดิ์เสรีกุล

57921134: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: วิศวกรรมคุณค่า/ การลดต้นทุน/ ก้านสูบ

ศุภมิตร ศักดิ์เสรีกุล: การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตก้านสูบโดยวิศวกรรมคุณค่า (COST REDUCTION IN MANUFACTURING PROCESS OF CONNECTING ROD BY VALUE ENGINEERING TECHNIQUE.) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: กฤษดา ประสพชัยชนะ, Ph.D., 127 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

งานนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตก้านสูบรถยนต์โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า เมื่อวิเคราะห์คุณค่าแต่ละหน้าที่ของกระบวนการผลิตก้านสูบรถยนต์พบว่าหน้าที่หลักที่ควรปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน คือ เจาะรูสลักเกลียว ทำเกลียวใน เจาะรูน้ำมัน เซาะร่องลิ่ม คว้านรูบูช และเจียระไนรูใหญ่ ซึ่งมีคุณค่า 0.65, 0.62, 0.89, 0.86, 0.79 และ 0.86 ตามลำดับ เนื่องจากหน้าที่หลักเหล่านี้มีคุณค่าน้อยกว่าหนึ่ง ดังนั้น กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่หลักดังกล่าวถูกปรับปรุงโดยการเปลี่ยนวัสดุและสารเคลือบของเครื่องมือตัด และการควบรวมเครื่องมือตัด หลังจากการนำเครื่องมือตัดใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตพบว่าอายุเครื่องมือตัดเพิ่มมากขึ้นและลดความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดลง ส่งผลให้ต้นทุนเครื่องมือตัดทั้งหมดสามารถลดต้นทุนได้ 9.86 บาทต่อชิ้นหรือลดลง 48.86% และกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 21.86%

57921134: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng.
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORD: VALUE ENGINEERING/ COST REDUCTION/ CONNECTING ROD
SUPHAMITR SAKSEREEKOOL: COST REDUCTION IN MANUFACTURING PROCESS OF CONNECTING ROD BY VALUE ENGINEERING TECHNIQUE. ADVISORY COMMITTEE: KRITSADA PRASOPCHAICHANA, Ph.D., 127 P. 2017.

The objective of this research is to reduce the cost in manufacturing process of connecting rod using value engineering technique. The primary function of manufacturing processes namely, Drill bolt hole, Make internal thread, Drill oil hole, Groove keyway, Bore bush hole and Hone big hole had the values of 0.65, 0.62, 0.89, 0.86, 0.79 and 0.86 respectively. Therefore, the cost of manufacturing processes related to these primary functions had been reduced by changing the substrate and coating materials of cutting tool and applying the tool combination. After the improved designs were implemented, it was found that the tool life has increased and the frequency of tool changing has decreased. Therefore, the cost of cutting tool was decreased by 9.86 THB per each or 48.86% and productivity was increased by 21.86%.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

เป้าหมายของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

แผนการดำเนินการงานวิจัย 4

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

วิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า 6

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

3 วิธีดำเนินการวิจัย 28

การเลือกโครงการ 32

การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 44

การวิเคราะห์หน้าที่ 55

สร้างสรรค์ความคิด 65

ขั้นประเมินแนวคิดในการปรับปรุง 72

4 ผลการวิเคราะห์ 94

ขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์อายุเครื่องมือตัด 94

ข้อเสนอแนะ 100

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 102

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	104
ภาคผนวก	106
ภาคผนวก ก	107
ภาคผนวก ข	122
ประวัติย่อของผู้วิจัย	127

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 แผนการดำเนินการงานวิจัย (GANTT CHART) 5

2-1 แผนงานวิศวกรรมคุณค่าตามขั้นตอนทั้ง 7 ขั้น 11

3-1 รายละเอียดของการดำเนินการวิจัยของโครงการ 28

3-2 รายละเอียดของการเลือกโครงการ 33

3-3 กระบวนการไหลของขั้นตอนการผลิตของก้านสูบ 36

3-4 ต้นทุนของเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการ 44

3-5 ต้นทุนโดยรวม 50

3-6 ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาที่สูญเสีย 51

3-7 การสูญเสียเวลาและต้นทุนในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด 53

3-8 ข้อมูลการผลิตก้านสูบลูกค้า G รุ่น Con-Rod G 55

3-9 หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ 56

3-10 สัญลักษณ์หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ 60

3-11 เปรียบเทียบหน้าที่หลักทีละคู่ 61

3-12 สรุปการประเมินน้ำหนักเรียงจากมากไปน้อย 62

3-13 คุณค่าของเครื่องมือตัด 64

3-14 การวิเคราะห์ 5 Why 67

3-15 หาระดับความสำคัญของเกณฑ์ 70

3-16 ค่า Eigen value 71

3-17 สรุปเป้าหมายในการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัด 71

3-18 ข้อดีข้อเสียในแต่ละแนวคิด 72

3-19 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านกำลังการผลิต 73

3-20 ค่า Eigen value ด้านกำลังการผลิต 74

3-21 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านต้นทุนเครื่องมือตัด 75

3-22 ค่า Eigen value ด้านต้นทุนการผลิต 76

3-23 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด 77

3-24 ค่า Eigen value ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด 78

3-25 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านของเสียในกระบวนการ 78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3-26 ค่า Eigen value ด้านของเสียในกระบวนการ 80

3-27 น้ำหนักความสำคัญรวมโดย AHP ทั้ง 4 แนวคิดของเครื่องมือตัด 80

3-28 วิธีการการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 40 82

3-29 รายละเอียดของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 40 83

3-30 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 70 86

3-31 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 110 88

3-32 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 120 91

3-33 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 130 93

4-1 การพิจารณาใช้การเปรียบเทียบต้นทุนเครื่องมือตัด 94

4-2 เปรียบเทียบความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาที่ลดลง 98

4-3 ขั้นทดสอบและพิสูจน์วัสดุเครื่องมือตัด 99

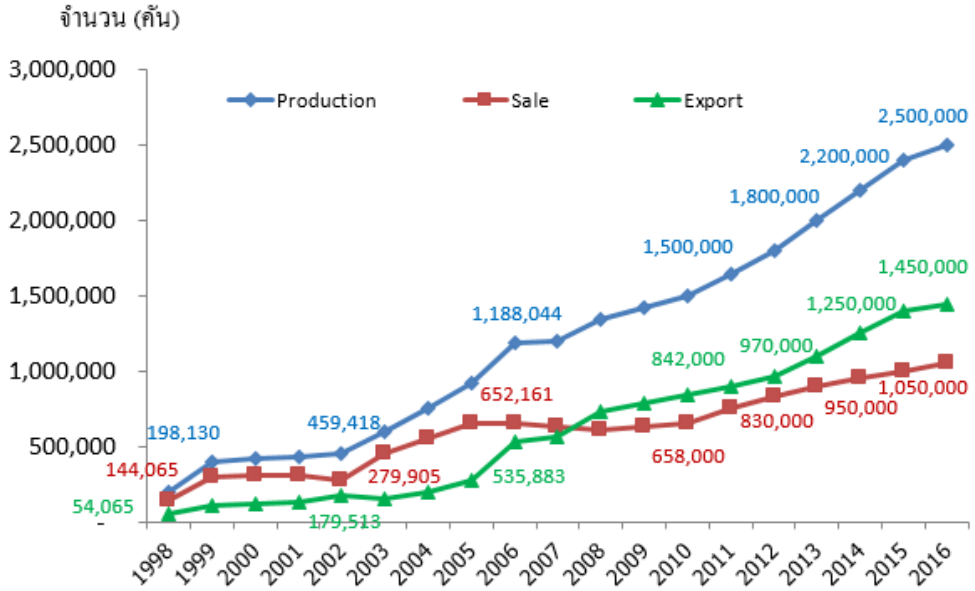
สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	ปริมาณการผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและส่งออกรถยนต์ในประเทศไทยตั้งแต่ปี 1998-2016	1
1-2	ลักษณะการทำงานระหว่างก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยงและลูกสูบ	2
2-1	วงจรชีวิตของสินค้า	8
2-2	ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C	10
2-3	แบบฟอร์มการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานโดยใช้คำกริยา-นาม	15
2-4	แบบฟอร์มการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่	16
2-5	การจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายป้าย	17
2-6	การวิเคราะห์ตามรูปลักษณะ	18
2-7	แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่	20
2-8	แบบฟอร์มตัวอย่างการประเมินความคิด	21
2-9	แบบฟอร์มตัวอย่างการเสนอแนะ	24
3-1	ก้านสูบก่อนการผลิต	34
3-2	ก้านสูบหลังการผลิต	34
3-3	ส่วนประกอบของก้านสูบ	35
3-4	กราฟพาเรโตของต้นทุนเครื่องมือตัดแต่ละกระบวนการ	49
3-5	เวลาที่สูญเสียในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการ	54
3-6	การวิเคราะห์แผนภูมิก้างปลา	66
3-7	กระบวนการที่ 40 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด	81
3-8	กระบวนการที่ 70 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด	85
3-9	กระบวนการที่ 110 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด	87
3-10	กระบวนการที่ 120 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด	90
3-11	กระบวนการที่ 130 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด	92

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

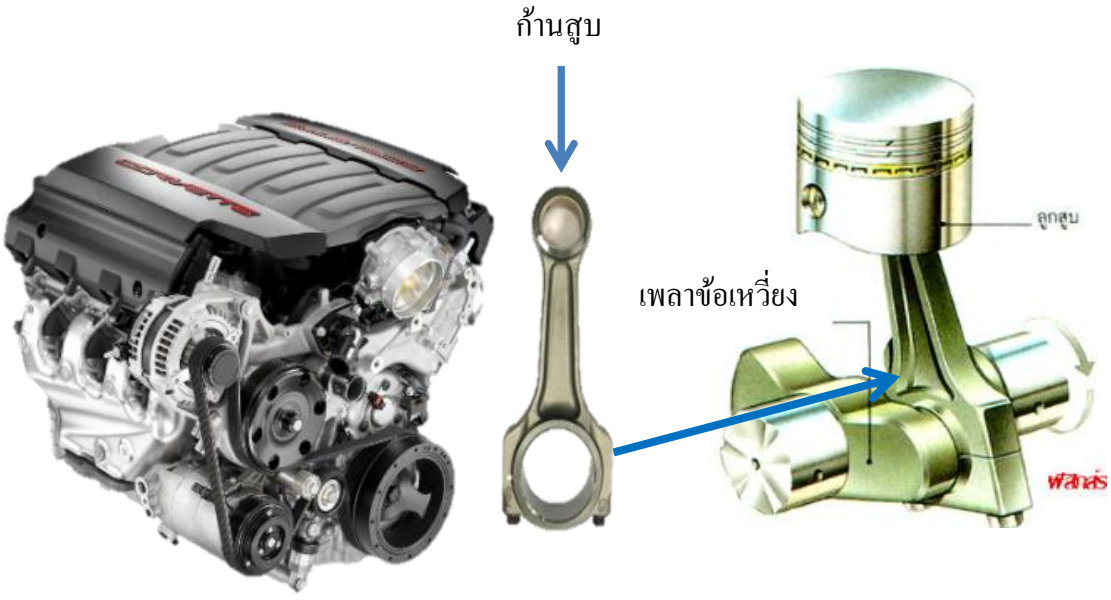
ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (Automotive part) แต่ละบริษัทมีการแข่งขันกันสูงจึงมีการพัฒนาตนเองให้มีความก้าวหน้าเหนือกว่าคู่แข่งมากขึ้นโดยการพัฒนาด้านเทคโนโลยี ด้านศักยภาพของบุคคลากรและด้านการบริการเพื่อให้ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด แต่นั่น หมายถึง ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทุกบริษัทจึงได้พยายามปรับกลยุทธ์ในการทำธุรกิจโดยหาทางในการเพิ่มผลกำไรและลดค่าใช้จ่ายลงให้ได้มากที่สุด ซึ่งในยุคปัจจุบันการลดค่าใช้จ่ายหรือการลดต้นทุนเป็นวิธีการที่นิยมทำกันเพราะไม่กระทบต่อราคาสินค้าและรักษาคุณภาพไว้เหมือนเดิม กลยุทธ์นี้ถูกนำมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการขยายตัวสูงขึ้น นอกจากนั้น การที่รัฐบาลได้มีนโยบายเกี่ยวกับการลดหย่อนภาษีเขตการค้าเสรี (FTA) ทำให้ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายลงได้มากจึงทำให้ตลาดรถยนต์มีอัตราการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 ปริมาณการผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและส่งออกรถยนต์ในประเทศไทยตั้งแต่ปี 1998-2016

จากภาพที่ 1-1 ตั้งแต่ปี 1998 เป็นต้นมามีแนวโน้มของการผลิตรถยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีทั้งการขายในประเทศและส่งออก ปี 1998-2007 ยอดขายในประเทศมากกว่าการส่งออกและตั้งแต่ปี 2008 ถึงปัจจุบันมีการผลิตเพื่อส่งออกมากขึ้น

เมื่ออุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์มีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีการขยายตัวตามไปด้วย ทำให้บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งเป็นผลดีกับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ได้มีทางเลือกเพิ่มมากขึ้นแต่สำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์กลับต้องแข่งขันกันอย่างหนักเพื่อจะเป็นผู้ขายหลัก (Supplier) ให้ได้ ดังนั้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะต้องมีการพัฒนาตนเองตั้งแต่การออกแบบกระบวนการผลิต (ส่วนใหญ่ลูกค้าจะออกแบบชิ้นส่วนหรือ Drawing มาให้แล้ว) การใช้เครื่องจักรหรือเครื่องมือในการผลิตต่าง ๆ ที่ทันสมัย บุคลากรที่มีศักยภาพ วัตถุดิบที่ดีราคาถูก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพ ราคาถูก และส่งสินค้าได้ตรงเวลา ในงานวิจัยนี้ได้นำชิ้นส่วนยานยนต์ชิ้นหนึ่งที่สำคัญกับเครื่องยนต์มากมาทำการวิจัย คือ ก้านสูบ (Connecting rod) ซึ่งผลิตโดยบริษัทชั้นนำของประเทศ ก้านสูบนี้ใช้ประกอบในรถกระบะ (Pick-up) และกระบะดัดแปลง (Pick-up passenger vehicle) มีหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังจากเพลาข้อเหวี่ยงไปลูกสูบ โดยลักษณะการทำงานก้านสูบจะต้องมีความแข็งแรงเคลื่อนที่ได้ดีและมีแรงเสียดทานน้อยเมื่อประกอบเข้ากับเพลาข้อเหวี่ยงและลูกสูบแล้ว ซึ่งในหนึ่งเครื่องยนต์จะใช้ก้านสูบ 4 ตัว เท่ากับรถยนต์ 1 คัน ใช้ก้านสูบ 4 ตัวนั่นเอง



ภาพที่ 1-2 ลักษณะการทำงานระหว่างก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยงและลูกสูบ

จากภาพที่ 1-2 ก้านสูบเป็นชิ้นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการส่งถ่ายกำลังจากเพลาข้อเหวี่ยงไปที่ลูกสูบ บีบอัดอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและทำให้เครื่องยนต์ทำงานเพื่อส่งถ่ายกำลังไปยังชุดเฟือง (Gear) และเพลา (Shaft) ทำให้รถยนต์ขับเคลื่อนได้ ก้านสูบจึงมีกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ความละเอียดและความถูกต้องแม่นยำสูง ต้องควบคุมขนาดต่าง ๆ ให้อยู่ในค่าที่กำหนด ซึ่งต้องใช้เครื่องจักรและเครื่องมือที่ทันสมัยราคาแพงเพราะต้องควบคุมขนาดซึ่งมีหน่วยเป็นไมครอน หรือ 1 ใน 1,000 มิลลิเมตร

ชิ้นส่วนก้านสูบนี้ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มกำลังการผลิตของบริษัทที่ผลิตรถยนต์มีความต้องการเพิ่มขึ้นเป็น 850 ชิ้นต่อวัน ทำให้ตอบสนองผู้ผลิตรถยนต์ไม่ทันและมีต้นทุนเครื่องมือตัดที่สูง คือ 20.18 บาทต่อชิ้น ก้านสูบเป็นชิ้นส่วนที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงจึงต้องใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพสูงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วยจึงนำก้านสูบมาทำการวิเคราะห์คุณค่าของกระบวนการเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ของกระบวนการกับต้นทุนเครื่องมือตัดที่ใช้ในการผลิต ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานและประสิทธิผลของการผลิตที่ดีขึ้น ดังนั้น จึงทำการเพิ่มกำลังในการผลิตและลดต้นทุนเครื่องมือตัดโดยการใช้เทคนิค “วิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า” ซึ่งเทคนิคดังกล่าวเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคที่มีระบบโดยเน้นหน้าที่หลักของกระบวนการ ด้วยต้นทุนที่ต่ำและคงไว้ซึ่งคุณภาพดังเดิม

ทางบริษัท ฯ ได้ทำการเปิดสายการผลิตก้านสูบของลูกค้า G รุ่น Con-Rod G และเป้าหมายการผลิตของบริษัท 100% คือ 960 ชิ้นต่อวัน ซึ่งในปัจจุบันสามารถผลิตงานได้ 73% ของเป้าหมายบริษัทหรือ 700 ชิ้นต่อวัน ลูกค้ามีความต้องการชิ้นงานดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 850 ชิ้นต่อวันหรือ 88.50% ของเป้าหมายบริษัท ทางบริษัทยังไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้น จุดประสงค์ของการทำงานวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมาย คือ ปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มกำลังการผลิตของก้านสูบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดต้นทุนเครื่องมือตัดในการผลิตก้านสูบโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า
2. เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตก้านสูบโดยการปรับปรุงเครื่องมือตัด

เป้าหมายของการวิจัย

1. สามารถลดต้นทุนของเครื่องมือตัดอย่างน้อย 40% ของต้นทุนเครื่องมือตัดทั้งหมด
2. เพิ่มกำลังการผลิตก้านสูบอย่างน้อย 15%
3. สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนและปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกันได้

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลิตภัณฑ์ก้านสูบรุ่น Con-Rod G ของเครื่องยนต์ที่ผลิตเพื่อจำหน่ายให้กับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ G ผลิตรถกระบะและรถกระบะดัดแปลงในประเทศไทยและส่งขายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย อเมริกา บราซิล และทวีปยูโรป เป็นต้น

แผนการดำเนินการงานวิจัย

1. การเลือกโครงการ
2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการทำงานวิจัย
3. วิเคราะห์หน้าที่การทำงาน
4. สร้างสรรค์ความคิด
5. ประเมินผลความคิด
6. ขั้นทดสอบและพิสูจน์
7. สรุปผลการดำเนินการข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินการงานวิจัย (GANTT CHART)

แผนการดำเนินการงานวิจัย (GANTT CHART)												
ลำดับ	หัวข้อในการดำเนินการ	ปี 2559										
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	การเลือกโครงการ	↔											
2	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการทำงานวิจัย	←	—	—	→								
3	วิเคราะห์หน้าที่การทำงาน				↔								
4	สร้างสรรค์ความคิด					←	—	—	→				
5	ประเมินผลความคิด								↔				
6	ขั้นทดสอบและพิสูจน์									↔			
7	สรุปผลการดำเนินการข้อเสนอแนะ										↔		

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า (VALUE NGINEERING/ VALUE ANALYSIS) (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2548)

ประวัติความเป็นมา

เทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value engineering, VE) เกิดขึ้นในวงการอุตสาหกรรมระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ช่วง ค.ศ. 1938-1945 หรือ พ.ศ. 2481-2488 สืบเนื่องมาจากการขาดแคลนวัตถุดิบที่สำคัญอันเป็นหัวใจของอุตสาหกรรมซึ่ง ได้แก่ เหล็กทุกชนิด ทองแดง บรอนซ์ ดีบุก นิกเกิล บอลล์แบริ่งรวมทั้งพวกสารตัวนำไฟฟ้าต่าง ๆ นอกจากจะขาดแคลนแล้วราคาก็สูงอีกด้วย

Lawrence D. Miles เป็นวิศวกรจัดซื้อของบริษัท GE (General electric company) สหรัฐอเมริกาได้รับคำสั่งให้ทำการจัดหาวัตถุดิบที่สำคัญ เพื่อใช้ในการผลิตเครื่อง Turbo-supercharger จาก 50 เครื่องต่อสัปดาห์ ให้ได้ 1,000 เครื่องต่อสัปดาห์ สำหรับเครื่องบิน B-24 และชิ้นส่วนที่สำคัญในการเพิ่มการผลิตของเครื่องบิน B-24 ในสถานการณ์เช่นนั้น ย่อมเป็นไปไม่ได้ในการที่ประสบความสำเร็จแต่ Miles ก็มิได้ท้อถอย เขาได้ตั้งปณิธานว่า “เมื่อได้ใช้ความพยายามอย่างหนักหลาย ๆ ครั้งก็มีหนทางที่จะทำได้” ผลการทดสอบทางวิศวกรรมผ่านการพิสูจน์และทันเวลาตามกำหนดการ ดังนั้น คำว่า หน้าที่การทำงาน (Function) จึงเป็นคำที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

ในระหว่างสงครามนี้ Miles พบว่ามีหลายสิ่งที่นำมาแทนที่ให้สมรรถนะที่เท่าเดิมในราคาที่ต่ำกว่า การวิเคราะห์หน้าที่การทำงานจึงพิสูจน์ได้ว่าให้ผลดีมีประสิทธิภาพอย่างมิได้คาดคิดมาก่อน

ในปี พ.ศ. 2490 Miles ได้จัดตั้งหน่วยงานวิจัยกิจกรรมฝ่ายจัดซื้อขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจากรองประธานบริษัท GE เพื่อที่จะพัฒนา ศึกษารายละเอียด และใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในครั้งแรกนั้น เรียกว่า การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis, VA)

เมื่อบริษัท GE ได้รับความสำเร็จอย่างมาก แนวความคิดนี้ก็แพร่หลายเข้าสู่วงการอุตสาหกรรมอื่น ๆ อย่างรวดเร็ว สำหรับในภาครัฐบาลนั้น กระทรวงกลาโหม ได้นำไปใช้ในโปรแกรมการต่อเรือในปี พ.ศ. 2497 ซึ่งต่อมาใช้คำว่า วิศวกรรมคุณค่า ชื่อนี้ได้เป็นที่ยอมรับและใช้ในสมาคมวิศวกรรมคุณค่าของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2502

อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2504 กระทรวงกลาโหมได้นำหลักการเทคนิควิศวกรรมคุณค่าไปใช้ในทุกหน่วยงานก่อนปี พ.ศ. 2504 เทคนิควิศวกรรมคุณค่า ถูกนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมการผลิตเท่านั้น ต่อมาระหว่าง พ.ศ. 2506-2508 ทั้งสามเหล่าทัพของกลาโหม ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่าไปใช้ในการก่อสร้างรวมทั้งฝึกอบรมให้ผู้รับเหมาได้รับทราบเทคนิคนี้ด้วย

ในประเทศญี่ปุ่นเริ่มเป็นที่รู้จักเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ประมาณปี พ.ศ. 2598 และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2503 นอกจากนั้น S.F. Heinritz จากสมาคมผู้บริหารด้านการจัดซื้อแห่งสหรัฐอเมริกา ได้เปิดให้มีสัมมนาจัดซื้อทางวิศวกรรม (Purchasing engineering seminar) ขึ้นทั่วประเทศ เพื่อแนะนำการทำเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ไปประยุกต์ในการบริหารการจัดซื้อ ในขณะนั้นเป็นช่วงที่ญี่ปุ่นมีการลงทุนด้านเครื่องจักรจนเกินความพอดี เนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้น ทางรัฐบาลจึงมีนโยบายที่จะเปิดตลาดภายในประเทศมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขโครงสร้างอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องจักรไฟฟ้ากำลัง ด้วยการหาทางลดต้นทุนการผลิตอุตสาหกรรมเหล่านี้ให้ความสนใจต่อเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอื่นที่เคยใช้กันมา จึงได้ลองนำไปใช้ในแผนกจัดซื้อเป็นหลักทำให้วิศวกรรมคุณค่า ค่อย ๆ พัฒนาจนถึงปัจจุบันนี้

จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่า (VA/ VE)

จุดมุ่งหมายหลัก คือ การลดต้นทุนการผลิต หรือขจัดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็น หรือไม่จำเป็นออกไปโดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีคุณภาพ และความน่าเชื่อถือได้อยู่ ดังนั้น การที่ลดต้นทุนด้วยการทำให้คุณภาพนั้นลดลงจะไม่ถูกยอมรับว่าเป็นวิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่าดังที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้นิยามวิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่าไว้

วิศวกรรมคุณค่า คือ การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบโดยเน้นการทำงานของผลิตภัณฑ์ หรือการบริการเป็นหลักใหญ่ ด้วยต้นทุนที่ต่ำสุดและคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้

กล่าวโดยสรุปเมื่อองค์การใดตั้งโปรแกรมวิศวกรรมคุณค่า วัตถุประสงค์หลักในการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ ประกอบด้วย

1. การลดต้นทุนโดยมุ่งมั่นต่อการปรับปรุงราคาต้นทุนซึ่งมุ่งที่วัสดุหรือระบบเป็นส่วนใหญ่ และดูว่าหน้าที่การทำงานเป็นอย่างไรสามารถใช้วัสดุ หรือระบบอื่น ๆ ที่มีต้นทุนต่ำกว่าแต่คุณภาพดีกว่าหรือเทียบเทียมกันมาใช้แทนได้หรือไม่

2. มุ่งขจัดกิจกรรมที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า โดยมุ่งไปที่หน้าที่การใช้งานที่แท้จริงในตัวผลิตภัณฑ์และขจัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่เกี่ยวข้องกับหน้าที่ใช้งานนั้น ๆ

3. การปรับปรุงในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในตัวสินค้าว่าคุ้มค่าหรือไม่ หรือการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์แต่ไม่เพิ่มต้นทุนโดยลดต้นทุนในส่วนอื่นลง

4. นโยบายแหล่งวัตถุดิบ เพื่อหาวัตถุทดแทนที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าแต่ราคาต่ำกว่า หรือกล่าวง่าย ๆ ว่าลดต้นทุนด้านวัตถุดิบลงให้ได้

โดยทั่วไปการเพิ่มคุณค่าในสินค้า หรือบริการสามารถกระทำได้ 3 แนวทาง คือ (โกศล ดีศีลธรรม, 2547)

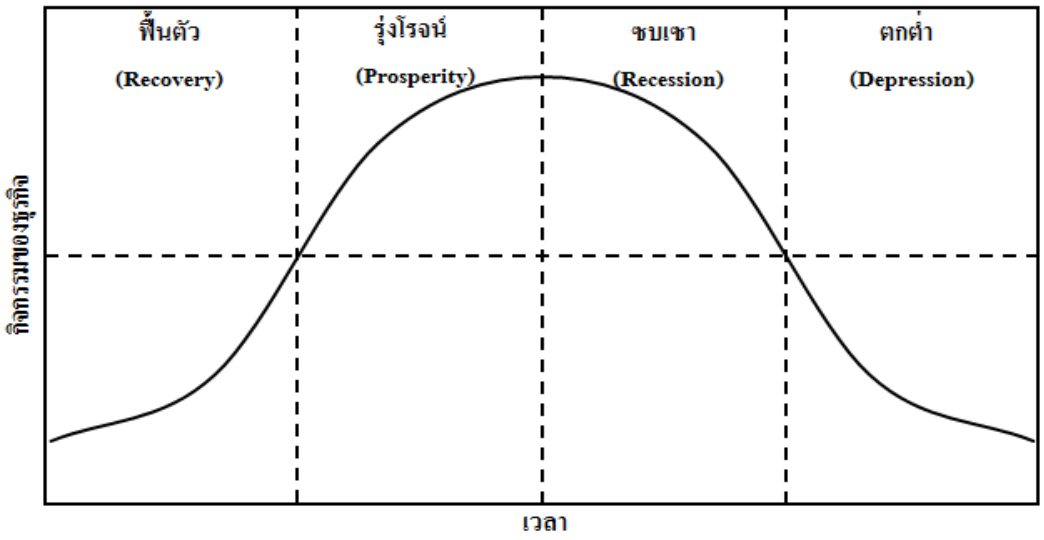
1. การเพิ่มความสามารถในสินค้าหรือบริการให้มากขึ้นกว่าเดิมโดยรักษาต้นทุนไม่ให้สูงกว่าต้นทุนเดิมทำให้คุณค่าเพิ่ม (Value added) และสร้างให้เกิดความแตกต่างจากคู่แข่ง (Differentiate) และเกิดแรงจูงใจให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น

2. การตอบสนองหน้าที่การใช้งานในราคาที่ถูกกว่า หมายถึง การได้มาซึ่งสินค้าและบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการแท้จริง แต่เสียค่าใช้จ่ายเท่าเดิมหรือต่ำกว่า

3. การเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้นและลดต้นทุนการผลิตลง

เหตุผลของการนำวิศวกรรมคุณค่ามาปรับปรุงสินค้า

ได้มีการนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในการเพิ่มคุณค่าสินค้า เนื่องจากสินค้าที่ออกใหม่จะมีวงจรชีวิตของสินค้า (Product life cycle: PLC) ดังนี้



ภาพที่ 2-1 วงจรชีวิตของสินค้า

ช่วงที่ 1. ช่วงฟื้นตัว (Recovery) เป็นช่วงที่เริ่มมีการสั่งซื้อและทำการผลิตมีค่าใช้จ่ายในการแนะนำสินค้าสูง จึงทำให้มีกำไรน้อย

ช่วงที่ 2. ช่วงรุ่งโรจน์ (Prosperity) มียอดการจำหน่ายสูงและกำไรสุทธิมาก เนื่องจากสินค้าเป็นที่นิยมและเริ่มมีคู่แข่งมาแย่งตลาด

ช่วงที่ 3. ช่วงซบเซา (Recession) ยอดขายเริ่มลดลง มีคู่แข่งมากและสินค้าเริ่มไม่เป็นที่ต้องการ กำไรจากการขายสินค้าเริ่มลดลงเนื่องจากไม่สามารถเพิ่มยอดขายได้

ช่วงที่ 4. ช่วงตกต่ำ (Depression) ความต้องการสินค้าลดลงเรื่อย ๆ ทำให้ยอดจำหน่ายและกำไรลดลง

ในอุตสาหกรรมรถยนต์ได้นำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในการพัฒนาเพราะวงจรชีวิตสินค้าสั้นจึงต้องทำการปรับปรุงพัฒนาเริ่มตั้งแต่การออกแบบและการผลิต เพื่อเพิ่มมูลค่าให้เหนือกว่าคู่แข่งโดยใช้วัสดุทดแทนและขจัดกิจกรรมที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าหรืออีกนัยหนึ่ง คือ ลดต้นทุนเพื่อคงกำไรไว้นั่นเอง

คุณค่าของการใช้งาน (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2548)

โดยทั่วไปแล้วสามารถที่จะทำการแบ่งลักษณะของคุณค่าออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. คุณค่าในการใช้งาน (Use value) เป็นคุณค่าที่มีผลประโยชน์ต่อการใช้งานหรือการบริการหรือ หมายถึง ความจำเป็น (Need)

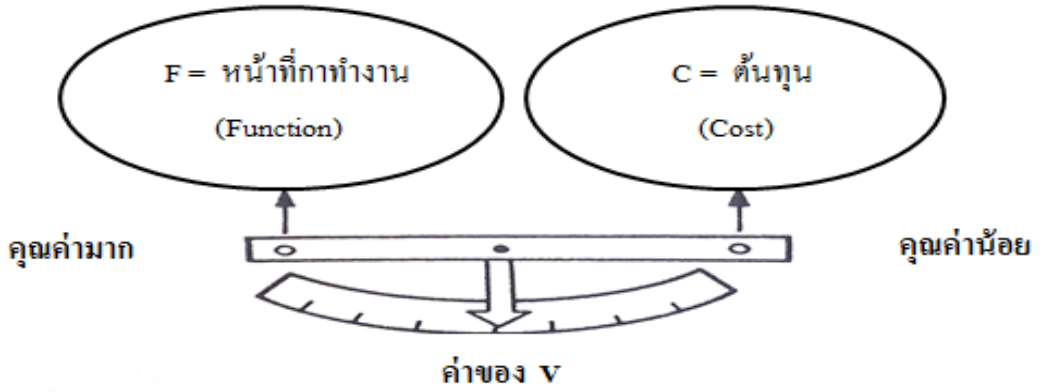
2. คุณค่าในจุดเด่น (Esteem value) เป็นคุณค่าที่มีลักษณะเด่นที่ทำให้เกิดความต้องการเป็นเจ้าของหรือ หมายถึง ความต้องการ (Want)

3. คุณค่าในการแลกเปลี่ยน (Exchange value) ลักษณะของการหาคุณค่าของการนำไปใช้ทดแทนหรือการแลกเปลี่ยนกันหรือ หมายถึง ความคุมค่า (Worth)

โดยความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า หน้าที่และต้นทุน สามารถแทนความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

V (Value) = F (Function)/ C (Cost)

จากความสัมพันธ์ข้างต้นนั้น มิใช่สูตรการคำนวณแต่เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C เท่านั้น ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C

ถ้าหน้าที่การทำงานและต้นทุนเพิ่มขึ้นจะไม่สามารถกล่าวได้ว่าคุณค่าเพิ่มขึ้นแต่ถ้าผลของหน้าที่การทำงานเท่ากันและสามารถลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกได้ถือว่าเป็นคุณค่า และจากความคุ้มค่านั้นเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์หรือระบบไม่เกี่ยวกับการออกแบบของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งสามารถแสดงเป็นดัชนีความคุ้มค่าได้ ดังนี้

VI = Cost/ Worth หรือ ต้นทุนปัจจุบัน (Cost)/ ต้นทุนใหม่ (Worth)

การจำแนกหน้าที่การใช้งาน (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2548)

โดยทั่วไปหน้าที่ของการทำงานจำแนกได้ ดังต่อไปนี้

1. หน้าที่การใช้งานพื้นฐาน (Basic function) เป็นหน้าที่การใช้งานเพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์หรือสินค้านั้น ๆ บรรลุตามเป้าหมาย

1.1 หน้าที่การใช้งานขั้นต้น (Primary function) เป็นการทำงานที่จำเป็นสำหรับการบรรลุตามเป้าหมายของหน้าที่การใช้งานพื้นฐาน

1.2 หน้าที่การใช้งานขั้นรอง (Secondary function) เป็นหน้าที่การใช้งานซึ่งช่วยเหลือในหน้าที่การใช้งานพื้นฐานบรรลุตามเป้าหมาย เช่น การทำงานที่จะทำให้เกิดความดึงดูดใจต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ทำให้เกิดการซื้อขายได้ง่าย

2. หน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็น เป็นหน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็นต่อสินค้านั้น ๆ

2.1 หน้าที่การใช้งานที่มากเกินควร

2.2 หน้าที่การใช้งานที่เหลือเฟือ

2.3 หน้าที่ที่ซ้ำกัน

แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของอาเธอร์ อี มูดจ์ (Arthur E. Mudge)

Arthur E. Mudge เป็นผู้อำนวยการบริการวิศวกรรมคุณค่าของบริษัท จอย อุตสาหกรรม ผลิตและเป็นผู้แต่งหนังสือวิศวกรรมคุณค่าการเข้าถึงอย่างมีระบบ (Value engineering system approved) ได้เสนอแผนงานวิศวกรรมคุณค่าตามขั้นตอนทั้ง 7 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นตอนเลือกโครงการ หรือขั้นตอนทั่วไป (Selection or general phase)
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information phase)
3. ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function phase)
4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation phase)
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)
6. ขั้นทดสอบพิสูจน์ (Investigation phase)
7. ขั้นเสนอแนะ (Recommendation phase)

ตารางที่ 2-1 แผนงานวิศวกรรมคุณค่าตามขั้นตอนทั้ง 7 ขั้น

ลำดับขั้น / ผู้เขียน	Miles	Mudge	Folkon	Dell'isola	GSA
1	รวบรวมข้อมูล (Information)	เลือกโครงการ (Selection)	รวบรวมข้อมูล (Information)	รวบรวมข้อมูล (Information)	แนะนำ (Orientation)
2	วิเคราะห์ (Analysis)	รวบรวมข้อมูล (Information)	วิเคราะห์ (Analysis)	การนึกคิด (Speculative)	รวบรวมข้อมูล (Information)
3	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)	หน้าที่การทำงาน (Function)	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)	วิเคราะห์ (Analysis)	หน้าที่การทำงาน (Function)
4	การพิจารณาตัดสินใจ (Judgment)	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)	ประเมินผล (Evaluation)	ข้อเสนอแนะ (Proposal)	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับขั้น / ผู้เขียน	Miles	Mudge	Folkon	Dell'isola	GSA
5	พัฒนา (Development)	ประเมินผล (Evaluation)	การนำเสนอ (Presentation)	_	การพิจารณาตัดสินใจ (Judgment)
6	_	ทดสอบพิสูจน์ (Investigation)	นำไปปฏิบัติ (Implement)	_	พัฒนา (Development)
7	_	เสนอแนะ (Recommendatio)	_	_	การนำเสนอ (Presentation)
8	_	_	_	_	นำไปปฏิบัติ (Implement)
9	_	_	_	_	ติดตามผล (Follow-up)

ขั้นตอนเลือกโครงการ

โครงการวิศวกรรมคุณค่านั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน คือ

1. โครงการที่เกี่ยวกับวัตถุ (Hardware project) เป็นโครงการที่เกี่ยวกับทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก รูปทรง วัตถุดิบ และพลังงานที่ใช้ในการผลิตรวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการผลิตจนถึงลูกค้า

2. โครงการที่ไม่เกี่ยวกับวัตถุ (Software project) เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานมากกว่าลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การวางแผน การขนส่ง การจัดจำหน่าย เป็นต้น

การเลือกโครงการที่จะทำวิศวกรรมคุณค่าโครงการนั้นจะประกอบด้วยส่วนทั้งหมด และส่วนโครงการเฉพาะส่วนทั้งหมด

1. โครงการส่วนทั้งหมดมีลักษณะของโครงการ ดังนี้

1.1 จะต้องมีความแตกต่างของส่วนประกอบอย่างน้อย 3 แบบ ที่จะใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า

1.2 จะต้องมีองค์ประกอบ 8-16 อย่างด้วยกัน

1.3 โครงการนั้นจะต้องดำเนินต่อไปได้ (มิใช่เป็นโครงการซึ่งใช้ในการศึกษาเท่านั้น) หรือจะเป็นโครงการวิจัยและพัฒนาก็ได้

1.4 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลักใหญ่ ในขณะที่กำลังทำวิศวกรรมคุณค่า

1.5 การเปลี่ยนแปลงควรเกิดภายหลังจากที่ได้แนะนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

1.6 จุดประสงค์จะต้องแน่นอนและเข้าใจง่าย

2. โครงการเฉพาะส่วนมีลักษณะของโครงการ ดังนี้

2.1 มีข้อยุ่งยากในการใช้งาน หรือในการผลิตเกินความจำเป็น

2.2 ส่วนประกอบซึ่งไม่ได้มาตรฐานทั้งขนาดและรูปร่าง

2.3 ลูกค้าร้องเรียนและต่อว่ามา

2.4 ส่วนประกอบซึ่งเหมือนกับมาตรฐานของบริษัทอื่น ๆ และมิได้ปรับปรุงมานาน

2.5 ขั้นตอนการทำงานมากและซับซ้อน

2.6 ส่วนประกอบที่มีจุดอ่อน หรือต้องการบำรุงรักษามาก

ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลนั้น ใช้เทคนิค 3 ประการด้วยกัน คือ

ประการที่ 1. ข้อเท็จจริง (Fact)

ประการที่ 2. หาต้นทุน (Cost)

ประการที่ 3. กำหนดต้นทุนสำหรับข้อกำหนดและความต้องการ (Fixed cost on specification)

1. ข้อเท็จจริง

การได้ข้อมูลของความจริงนั้น เปรียบเสมือนกุญแจของความรู้ ซึ่งจะไขประตูไปสู่ความสำเร็จในแผนงาน กุญแจของขั้นตอนนี้ ได้แก่ คำถาม 6 คำ คือ ทำไม อะไร เมื่อไร ที่ไหน อย่างไร

1.1 รายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดและความต้องการของผู้ใช้และผู้ผลิต ซึ่งจะประกอบด้วย

1.1.1 สภาพโดยทั่วไปก่อนใช้ ระหว่างใช้ และภายหลังที่ใช้ผลิตภัณฑ์

1.1.2 ขอบเขตทางด้านคุณภาพ มีข้อกำหนดอย่างไร

1.1.3 ความต้องการทางด้านความน่าเชื่อถือได้ การบริการ การบำรุงรักษาและการทำงานของมัน

1.1.4 ความต้องการด้านอายุการทำงาน

1.1.5 ความต้องการด้านคุณลักษณะพิเศษ

1.2 รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนความต้องการของสินค้า และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะผลิตได้ทั้งหมด

1.2.1 อายุสินค้าในตลาดเป็นเท่าใดจะสามารถเพิ่มอายุของสินค้าในตลาดได้อย่างไร

1.2.2 คู่แข่งขันมีจำนวนเท่าใดและราคาผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งขันเป็นอย่างไร

1.2.3 ถ้ามีการทดสอบเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงจะสามารถใช้งานได้ดีหรือขายเพิ่มขึ้นไหม

2. การหาต้นทุน

สิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ ก็คือ การหาต้นทุนที่ถูกต้องซึ่งจะช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายของโครงการและเป็นการวัดผล ข้อเท็จจริงที่เราได้รับอีกด้วย

ในขั้นแรกต้องหาต้นทุนของวัสดุและแรงงาน (Prime costs) ที่เกี่ยวข้องกับโครงการย่อยรวมทั้งส่วนอื่น ๆ ของโครงการด้วย

ขั้นที่สองหาค่าโสหุ้ยของโครงการซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุทางอ้อม หรือค่าแรงทางอ้อม เครื่องจับชิ้นงานที่ทำพิเศษขึ้น ค่าใช้จ่ายในการบรรจุขนส่งและค่าใช้จ่ายพิเศษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นการประเมินก็ดี หรือค่าใช้จ่ายแท้จริงจะต้องบันทึกไว้รวมทั้งบันทึกแหล่งที่มาด้วย

3. กำหนดต้นทุนของข้อกำหนดและความต้องการ

เมื่อใดศึกษาข้อกำหนดและความต้องการอย่างละเอียดแล้ว พบว่าต้นทุนของสินค้าสำเร็จรูป กระบวนการผลิตหรือวิธีการ เป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนราคาขายหรือต้นทุนรวม ดังนั้น จึงควรศึกษาค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นซึ่งรวมอยู่ในราคาของผลิตภัณฑ์

เมื่อจัดแยกรายละเอียดของความต้องการแล้วจึงแบ่งต้นทุนไปตามส่วนต่าง ๆ กำหนดให้ต้นทุนขั้นต้น (วัสดุ+แรงงานทางตรง) และต้นทุนโรงงาน แบ่งแยกไปตามข้อกำหนดหรือความต้องการที่ทำไว้ โดยให้มีการเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงานเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในแผนงานวิศวกรรมคุณค่าซึ่งต่างจากการลดต้นทุนแบบอื่น ๆ การวิเคราะห์หน้าที่นี้ทำได้โดยการอธิบายหน้าที่ ประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่และพัฒนา ซึ่งเทคนิคเหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไรทางธุรกิจ และการปรับปรุงต้นทุนได้เป็นอย่างดียิ่ง เนื่องจากกำไรของธุรกิจหรืออุตสาหกรรมเป็นผลเนื่องมาจาก

ผลิตภัณฑ์ กระบวนการและวิธีปฏิบัติจะเห็นได้ว่าความรู้เหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไร ดังนั้น การใช้เทคนิควิเคราะห์หน้าที่จึงเป็นการอธิบายปัญหาและสร้างความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตด้วยการแยกแยะเพื่อหาข้อสรุปปัญหารวม คำจำกัดความของหน้าที่ตามที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าได้เขียนไว้ คือ สิ่งซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นใช้งานได้หรือขายได้

ความสำคัญของหน้าที่โดยปกติแล้วพบว่าปัญหาผลิตภัณฑ์ วิธีการปฏิบัติ หรือขบวนการมักมีหน้าที่พื้นฐานเพียงอย่างเดียว มีจำนวนน้อยมากที่มีหน้าที่พื้นฐาน 2 อย่าง ส่วนหน้าที่พื้นฐานมากกว่าหนึ่งหน้าที่มักเกี่ยวพันกับสิ่งอื่น ในกรณีของหน้าที่รองพบว่ามีหน้าที่เฉพาะ (Specific function) และหน้าที่เสริมหน้าที่พื้นฐาน (Dependent function) หน้าที่เฉพาะต้องการการกระทำเฉพาะจึงจะสำเร็จ หน้าที่เสริมจะไม่สำเร็จก่อนหน้าที่พื้นฐานการบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ (Function definition) จะทำการบันทึกลงในแบบฟอร์มดังภาพที่ 2-3

การวิเคราะห์หน้าที่โดยใช้คำกิริยา-นาม					
โครงงานการ……..					
กระบวนการที่	ชื่อกระบวนการ	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน	
		กิริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง

ภาพที่ 2-3 แบบฟอร์มการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานโดยใช้คำกริยา-นาม

การประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ ก่อนอื่นต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ทั้งหมด ซึ่งถูกจัดให้อยู่ในรูปของคำกริยาและคำนาม ระดับของหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง จากนั้นเปรียบเทียบและประเมินหน้าที่การทำงานด้วยการหาลำดับความสำคัญทั้งหมด ซึ่งจะได้ข้อสรุปของปัญหาของหน้าที่ที่ไม่จำเป็น หน้าที่ที่มีความสำคัญน้อยแต่ต้องการต้นทุนสูง เทคนิคนี้เราเรียกว่า “การประเมินเชิงเลข” ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ของหน้าที่ที่จำเป็น หรือหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์ กำหนดลำดับความสำคัญของหน้าที่รองทำให้ทราบว่าหน้าที่เหล่านั้น เกิดจากข้อกำหนดหรือความต้องการหรือเกิดเพราะการออกแบบในตอนต้น ๆ

โดยที่การประเมินเชิงเลขอยู่ในฟอร์มดังภาพที่ 2-4 ซึ่งประกอบด้วยเลขที่อ้างอิง ชื่อโครงการ เลขที่แบบแปรน

บริษัท…… เลขที่อ้างอิง……

การประเมินผลหน้าที่

โครงการ…….. เลขที่แบบแปรน……

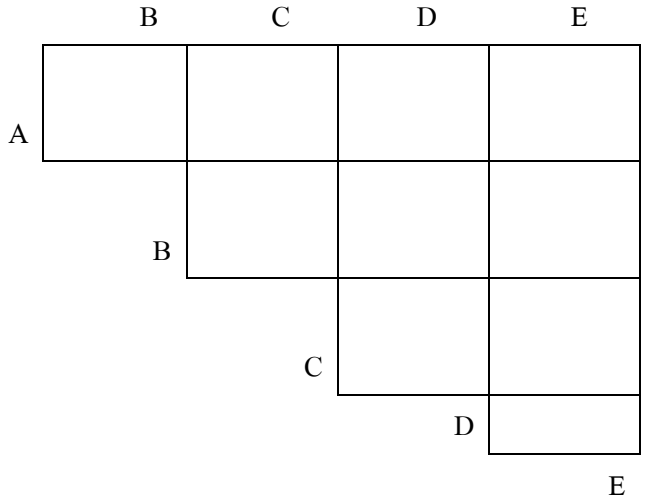
สรุปการประเมินผล

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก
A		
B		
C		
D		
E		

การประเมินเชิงตัวเลข

หมายเหตุ ประเมินด้วยน้ำหนัก

1. ระดับความแตกต่างความสำคัญน้อย เท่ากับ 1 คะแนน
2. ระดับความแตกต่างความสำคัญปานกลาง เท่ากับ 2 คะแนน
3. ระดับความแตกต่างความสำคัญมาก เท่ากับ 3 คะแนน



ชื่อสมาชิกทีม…… วันที่……

ภาพที่ 2-4 แบบฟอร์มการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่

ขั้นสร้างสรรค์ความคิด

ในทางวิศวกรรมคุณค่านั้น การสร้างสรรค์ความคิดเป็นวิธีการที่จะนำมาเพื่อแจกแจงหน้าที่ต่าง ๆ และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดถึงแม้ว่ามนุษย์ทุกคนจะมีความสามารถในการสร้างสรรค์ความคิดแต่ก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความสามารถในการสร้างสรรค์ความคิดเหล่านั้นโดยกลั่นกรองมาจากความรู้ทั้งหมดที่มีอยู่ให้เหมาะสมและรวบรวมให้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่น่าเชื่อถือได้อีกด้วย วิธีที่ใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มี ดังนี้

1. การเปรียบเทียบ (Forced comparison) วิธีนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างงานที่ต้องศึกษากับหัวข้ออื่น ๆ มาพิจารณา หัวข้ออื่นที่เลือกมานั้นสามารถเลือกจากอะไรก็ได้ วิธีการเปรียบเทียบก็ง่าย ๆ ดังเช่น เราจะนำโทรศัพท์มาบรรจุในกล่องโลหะที่กำลังศึกษาอยู่หรือจะใช้กล่องพลาสติกหรือจะเลือกใช้กล่องไม้อัดสำหรับขนส่งโทรศัพท์อย่างเช่นปัจจุบัน เป็นต้น

2. การจัดการคุณสมบัติ (Attribute listing) วิธีนี้จะทำให้เรามองเห็นถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของหัวข้องานที่จะทำโดยละเอียดยิ่งขึ้น โดยการนำเอาคุณสมบัติต่าง ๆ มาเขียนเป็นรูปของเมตริกซ์เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหาคุณสมบัติอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้นทั้งตามแนวนอนของเมตริกซ์และให้จุดตัดของเมตริกซ์ เป็นจุดที่แสดงคุณสมบัติรวมทั้ง 2 แกนซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดความคิดอื่น ๆ ขึ้นได้อีก

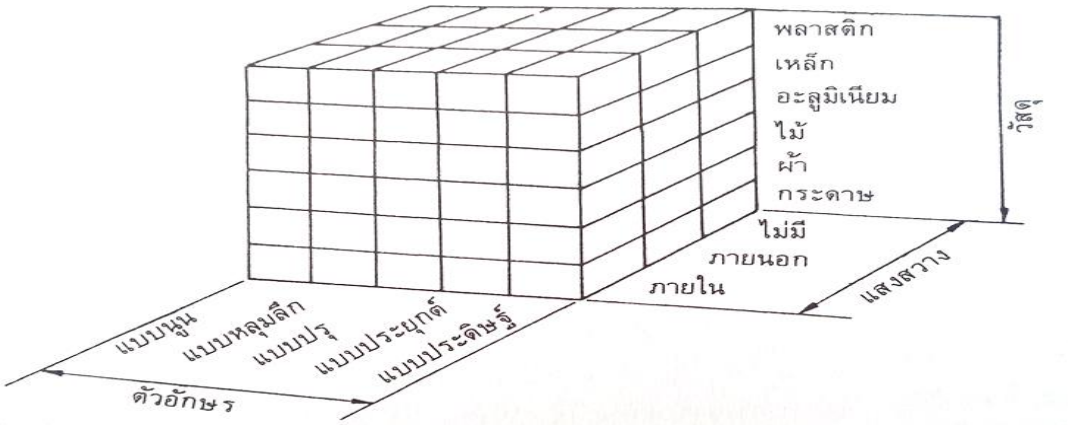
ชนิด / อักษร วัสดุ	แบบนูน	แบบหลุมลึก	แบบปรุ	แบบประยุกต์	แบบประดิษฐ์
พลาสติก					
แก้ว					
กระดาษ					
เหล็ก					

ภาพที่ 2-5 การจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายป้าย

จากภาพที่ 2-5 แกนตั้งเป็นตัวเลือกวัสดุ แกนนอนเป็นแบบชนิดอักษร ทำการเลือกและหาจุดตัดก็จะได้คุณสมบัติและตรวจสอบว่าใช่ตามที่ต้องการหรือไม่ หรือจะเลือกจากคุณสมบัติและหาจุดตัดย้อนหาวัสดุและแบบอักษรได้เหมือนกัน

3. การวิเคราะห์แบบตามรูปลักษณะ (Morphological analysis) วิธีนี้คล้ายกับวิธีการจัดตามคุณสมบัติเพียงแต่เพิ่มแกนเป็นรูป 3 มิติ เชิงคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแต่ละแกน โดยเราให้

แต่ละแนวนั้นแสดงคุณสมบัติอย่างอิสระและแยกเป็นหมวดหมู่ที่ต้องศึกษา ดังนั้น แผนภูมิที่จะได้จะเป็นรูปลูกบาศก์เล็ก ๆ ซึ่งจะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เป็นตัวแปรบรรจุอยู่ในรูปลูกบาศก์เล็ก ๆ แต่ละรูปนั้น



ภาพที่ 2-6 การวิเคราะห์ตามรูปลักษณะ

จากภาพที่ 2-6 เราให้แกนทั้ง 3 แทนด้วย วัสดุ ตัวอักษรและแสงสว่างเราจะสร้างแผนภูมิวิเคราะห์เป็นรูปลูกบาศก์ขึ้นมาจากคุณสมบัติ เช่น วัสดุ อาจเป็นพลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ เป็นต้น จากตัวอย่างจะพบว่าเราได้รูปลูกบาศก์เล็ก ๆ ถึง 75 อัน ซึ่งก็คือ 75 แนวคิดเมื่อจะตัดสินใจในการทำป้ายเราค่อย ๆ ตัดคุณสมบัติที่ไม่ต้องการหรือไม่เหมาะสมออกไปเรื่อย ๆ จนได้แนวคิดที่เหมาะสม วิธีนี้จะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้มีโอกาสพิจารณาแนวคิดที่เหมาะสมและกล้าแสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์ที่กว้างไกลออกไปและมีโอกาสจะได้รับการยอมรับเมื่อนำมาประกอบกับสิ่งอื่น ๆ เข้าก็กลายเป็นแนวคิดที่เหมาะสมได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์โดยบุคคลเดียว

4. การระดมความคิด (Brain storming) สำหรับวิธีนี้ ควรมีกลุ่มของผู้ร่วมงานประมาณ 6-10 คน ซึ่งเลือกจากผู้ที่มีภูมิหลังต่าง ๆ กันจากตำแหน่งต่าง ๆ กัน ในหน่วยงานเริ่มด้วยผู้นำกลุ่มจะแจ้งให้กลุ่มทราบถึงปัญหาแล้วจึงให้สมาชิกแต่ละคนช่วยกันเสนอวิธีแก้ไข ซึ่งทุก ๆ วิธีจะถูกบันทึกเอาไว้จนครบโดยยังไม่ต้องมีการวินิจฉัยหรือตัดสินว่า ความคิดใดถูกหรือผิดแต่อย่างไร เพราะจะเป็นการหยุดยั้งความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มหลังจากนั้น จึงจะเริ่มพิจารณาแต่ละวิธีเพื่อจะหาความคิดที่กลุ่มเห็นว่าดีที่สุดมาปรับปรุงให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา

5. การพิจารณาส่วนที่เข้าและออก (Input-Output method) เทคนิคนี้ถูกใช้เมื่อทราบถึงสภาพความเป็นจริงของส่วนที่เข้าและออกที่มีอยู่ วิธีการนี้เรามุ่งที่จะพิจารณาการใช้ส่วนที่เข้า

ที่จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อส่วนที่ออก การแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและยังต้องอาศัยการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วย

ขั้นประเมินผล

สำหรับขั้นตอนนี้ได้หาทางพัฒนาทางเลือกหลาย ๆ ทาง ต่อจากขั้นสร้างสรรค์ ความคิดด้วยการประเมินความคิดต่าง ๆ และหาทางป้องกันค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นที่เกิดขึ้นแต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่าการจำกัดค่าใช้จ่ายนั้นต้องไม่ลดคุณภาพและความน่าเชื่อถือได้ สำหรับเทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ การย่อยและรวมแนวความคิดต่าง ๆ หาต้นทุนของทุกแนวความคิดพัฒนาทางเลือกและการประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ

การประเมินแต่ละความคิดหรือรวมความคิดเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้หน้าที่การทำงานที่ต้องการนั้น ก่อนอื่นต้องพิจารณาดูว่า แต่ละความคิดนั้นใช้งานได้หรือไม่ ถ้าใช้งานไม่ได้จึงหาทางรวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป การย่อยและรวมความคิดเหล่านี้เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและค่อนข้างรวดเร็วจึงต้องหาว่าทำอย่างไรแนวคิดจากหน้าที่การทำงานหลาย ๆ อัน จะสามารถหลอมเข้าด้วยกันและสามารถแก้ปัญหารวมได้ทั้งหมด บ่อยครั้งที่พบว่าความคิดแต่ละความคิดนั้นไม่สามารถนำมารวมกันได้โดยตรง เนื่องจากขาดความสมบูรณ์ของข้อมูลในขณะนั้นสิ่งสำคัญ ก็คือ อย่าด่วนละทิ้งความคิดเหล่านี้ไปเสีย เก็บไว้สำหรับอนาคต ซึ่งอาจจะเป็นชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือนหรือปี ดังนั้น จึงต้องพัฒนาความคิดด้วยการหาต้นทุนโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละความคิดหรือความคิดรวม เพื่อประมาณคุณค่าของแต่ละความคิด เมื่อได้คุณค่าออกมา ทั้งในด้านต้นทุนและหน้าที่การทำงานของมันแล้ว เราสามารถแบ่งขีดความสามารถในเรื่องคุณค่านี้ออกเป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 ในเรื่องขีดความสามารถในการประหยัด โดยการเปรียบเทียบกับต้นทุนในปัจจุบันและกำลังคนที่จะพัฒนา เพื่อนำไปปฏิบัติในแต่ละความคิด และแนวที่ 2 ต้นทุนที่ประหยัดได้ทั้งโครงการ ในการประเมินผลนี้ เราต้องใช้ความรู้ ความชำนาญและการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ในการกำหนดต้นทุนอย่างคร่าว ๆ ในทุกแนวคิด เพื่อเป้าหมายในการเพิ่มผลกำไรเมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้ว

การพัฒนาหน้าที่ของทางเลือกจะสำเร็จสมประสงค์ ต้องใช้ข้อมูลข่าวสาร และการพัฒนาความคิดที่ได้บันทึกไว้ในแผนการดำเนินงาน ในที่นี้จะเรียกหัวข้อว่า “การพัฒนาหน้าที่” (Functional development) ดังภาพที่ 2-7 แสดงแบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่ในขั้นแรกต้องจำกัดขอบเขตของปัญหาก่อน ต่อจากนั้นเขียนสิ่งที่ต้องการและข้อมูลจำเพาะการทำเช่นนี้เพื่อจะทำให้การพัฒนาของเราละเอียดขึ้นและป้องกันมิให้การพัฒนาออกนอกขอบเขตที่กำหนด

<table>
<tr><td colspan="3">บริษัท…… เลขที่อ้างอิง……..
การพัฒนาหน้าที่
หน้าที่หลัก……</td></tr>
<tr><td>หน้าที่</td><td>ความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนา</td><td>ต้นทุนโดยประมาณ(สะสม)</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">รวม</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">ต้นทุนปัจจุบัน
วัสดุ+วัสดุทางอ้อม……..
ค่าแรงทางตรง…...……..
ค่าแรงทางอ้อม…...……..
สมาชิก……
วันที่……..</td></tr>
</table>

ภาพที่ 2-7 แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่

ในแผนพัฒนาที่จะประกอบด้วย ข้อมูลที่ต้องการ เลขที่อ้างอิง การประเมินผลหน้าที่นั้น ยึดหน้าที่หลักเป็นสำคัญ โดยดูจากน้ำหนักที่สูงสุด เขียนลงในช่องหน้าที่ต่อจากนั้นดูช่วงความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการเลือกความคิดเดี่ยวหรือความคิดที่รวมกันแล้ว ในรูปของคำนามและกริยาที่ต้นทุนต่ำที่สุดใส่ลงในช่อง “ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา” ซึ่งความคิดเหล่านี้ได้มาจากกลุ่มรวมทั้งต้นทุนโดยประมาณเมื่อได้ความคิดสร้างสรรค์ลงในแบบฟอร์ม ซึ่งอยู่ในขอบเขตของการแก้ปัญหาบันทึกข้อมูลจำเพาะและต้องการเสร็จแล้ว นำไปพิจารณาต่อไปว่าสมควรจะปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จากนั้นใส่ลงในช่อง “ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา” รวมถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องเพิ่มขึ้นซึ่งจะกลายเป็นค่าใช้จ่ายสะสม

การพัฒนาหน้าที่นั้น ในขั้นแรกควรคำนึงเฉพาะหน้าที่ที่ทำให้ทำงานได้เท่านั้น ยังไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการขยายได้ต่อจากนั้นควรหาทางเลือกอื่น ๆ ด้วยในการพัฒนาความคิดและประเมินผล ถ้าไม่คิดพัฒนาหาทางเลือกอื่น ๆ จะทำให้ความคิดติดแน่นอยู่กับของเดิมซึ่งจะเป็นอุปสรรคทำให้ความคิดอุดตันและไม่เกิดการพัฒนา

ประเมินผลด้วยการหาทางเลือกของหน้าที่การทำงานแล้วรวมทั้งได้พัฒนาทางเลือกนั้นต้องแน่ใจว่ามันทำงานได้ ต่อจากนั้นจึงจะนำมาประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ โดยที่

ทางเลือกนั้น ๆ จะต้องเปรียบเทียบกันด้วย ข้อดีและข้อเสีย ซึ่งจะใช้แบบฟอร์มดังภาพที่ 2-8 โดยเขียนความคิดในการพัฒนาหน้าที่อย่างสั้น ๆ ลงในช่องความคิดจากมากไปหาน้อยที่สุด เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย ประเมินผลด้วยผลต่างของมันแล้วบันทึกข้อสรุปที่จะนำไปปฏิบัติลงในแบบฟอร์มด้านล่าง

บริษัท…… เลขที่อ้างอิง……..

การประเมินความคิด

หน้าที่หลัก……

หน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย

แผนที่จะนำไปปฏิบัติ

สมาชิก……

วันที่……..

ภาพที่ 2-8 แบบฟอร์มตัวอย่างการประเมินความคิด

และเมื่อขั้นตอนการนำไปทดสอบนั้นเราจะทำการนำหน้าที่ไปสู่ทางเลือกที่จะทำ “ขายได้” ซึ่งในตอนนั้นจะสมบูรณ์ในแง่ของทางเลือกที่จะได้ทั้งหน้าที่การทำงานและยังสามารถทำให้ขายได้อีกด้วย

ขั้นทดสอบพิสูจน์

ผลสำเร็จขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ข้อมูลบวกกับความรู้ในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ วัสดุ เทคนิคการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ข้อมูลและความรู้มากมายเหล่านี้มิใช่แสวงหาเพื่อเก็บไว้กับตัวเอง แต่จะเสาะแสวงหาเพื่อนำมาใช้ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการทำงานของทีมงาน และผลที่ได้รับเป็นชัยชนะ งานนี้ต้องไม่เหมือนงานอื่นที่เขียนเป็นสูตรหรือคำจำกัดของปัญหาแล้วก็หาคำตอบ แต่เป็นงานซึ่งต้องใช้ความพยายาม ผลที่ได้รับขั้นตอนนี้อยู่กับความสามารถในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไป ในทางสังคม เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคนิคต่าง ๆ ผลงานนี้มิใช่การกระทำและการตอบสนอง (Action and reaction) แต่ต้องอาศัย

ความรู้และเทคนิคอย่างกว้าง ๆ ในการประยุกต์ มนุษวิทยา เศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ เทคนิคของขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์นี้สิ่งที่จำเป็นต้องใช้ คือ มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม ปรึกษากับผู้ชำนาญเฉพาะด้านและการใช้ผลิตภัณฑ์ขบวนการและวัสดุแบบพิเศษ

มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม ตลอดระยะเวลาแห่งการปฏิวัติทางอุตสาหกรรม ได้ค้นพบว่าการใช้มาตรฐานอุตสาหกรรมนั้นได้รับผลประโยชน์มากไม่ว่าจะใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือจะใช้ระบบมาตรฐานก็ตามส่วนประกอบที่เป็นมาตรฐานนั้นมีคุณค่ามากทางด้านสงวนค่าใช้จ่ายไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านการพัฒนาและค่าใช้จ่ายของเครื่องมือได้คุณภาพดีและเชื่อถือได้ รวมทั้งไม่ต้องเสียเวลาคอยนาน การใช้มาตรฐานชิ้นส่วนนั้นจำเป็นต้องเรียนรู้ทั้งวัสดุและกระบวนการ ซึ่งจะนำไปใช้ได้อย่างดีที่สุดและใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุหรือกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้เราต้องใช้มาตรฐานของเราหรือของโรงงานอื่นเราจะต้องตั้งคำถามและหาคำตอบให้ได้ “ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือผลิตภัณฑ์จะหาได้และใช้งานได้ไหม”

การปรึกษาผู้ขายและผู้ชำนาญเฉพาะด้านทำให้ได้เรียนรู้ว่าในการผลิตนั้นต้องการผลผลิตในเวลาอันจำกัดถ้าทำงานร่วมกับผู้ขายหรือผู้ชำนาญเฉพาะด้านจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีค่าและประหยัดเวลา เราจึงเน้นที่จะใช้บริการของพวกนอกวงการซึ่งอาจจะเป็นผู้ชำนาญอยู่ในบริษัทของเราเอง หรือผู้ชำนาญเฉพาะด้านจากบริษัทอื่น จากความรู้ของพวกนี้และความคิดเห็นที่แตกต่างกันจะทำให้เราได้ชิ้นส่วนที่เรากำลังมีปัญหา บ่อยครั้งที่พบว่าความชำนาญในแต่ละสาขาวิชา ทำให้ได้รับคำแนะนำที่มีคุณค่าในด้านต้นทุนต่ำและลดเวลาในการวิเคราะห์อีกด้วย

การใช้ผลิตภัณฑ์ ขบวนการและวัสดุพิเศษ คำว่า พิเศษในวันนี้ อาจเป็นมาตรฐานในวันพรุ่งนี้ เนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และวัสดุใหม่ ๆ วัสดุสมัยก่อนอาจจะเหมาะสมกับหน้าที่บางส่วนซึ่งในปัจจุบันอาจมีคุณค่าน้อยลง เช่น การปรับปรุงเทคโนโลยีและทำให้ต้นทุนต่ำลงและทำให้ผลผลิตดีขึ้นเราจะต้องเตรียมพร้อมที่จะเรียกผู้เชี่ยวชาญให้ทันเวลาในระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือเพื่อวิเคราะห์คุณค่าของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด นอกจากนี้ควรพิจารณาต้นทุนต่ำสุดของผลิตภัณฑ์เมื่อใช้วัสดุมาตรฐานเปรียบเทียบกับต้นทุนต่ำสุด เพื่อใช้วัสดุพิเศษ

ข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้ คือ การกระตุ้นให้เกิดการกระทำในทางบวกและป้องกันการกระทำในทางลบ รวมทั้งการเสนอการเปลี่ยนแปลง วัตถุประสงค์ของข้อเสนอนั้นคล้ายกับการขอแต่งงาน ซึ่งต้องการคำตอบในทางบวก ดังนั้น ต้องวางแผนอย่างดี เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

ให้ได้เราต้องรู้จักที่จะขายความคิด เสนอการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ผลประโยชน์นี้จะพิสูจน์ได้ด้วยการใช้ความเป็นจริงของข้อมูล ต้นทุนโดยละเอียดและการชี้แจงอย่างมีเหตุผล แบบฟอร์มสำหรับเสนอควรมีทั้งข้อเท็จจริงและต้นทุน ทั้ง 2 อย่างนี้ จะต้องทำอย่างระมัดระวังและทำให้เหมาะสม

ข้อเท็จจริงปัจจุบันก่อนที่ท่านจะแนะนำโปรดคิดให้ถี่ถ้วนในการเสนอข้อเท็จจริง ท่านต้องใช้ข้อเท็จจริงที่มีอยู่และเสนอเพียงครั้งเดียวแต่ให้หนักแน่นและแข็งแรง ข้อเท็จจริงของท่านในขั้นตอนนี้จะต้องระมัดระวังและแน่ใจว่า เป็นข้อเท็จจริงจากขั้นตอนรวบรวมข้อมูลด้วย เมื่อท่านรวบรวมข้อเท็จจริงในการเสนอเรื่องข้อเท็จจริงจึงต้องพยายามให้ฝ่ายบริหารยอมรับทั้งหมด

ต้นทุนปัจจุบัน ต้นทุน คือ โฉมหน้าของข้อเท็จจริงในการเสนอเกี่ยวกับต้นทุนต้องแน่ใจว่าเป็นสิ่งที่เป็นจริงได้ นำไปปฏิบัติได้ โดยที่ต้นทุนที่เป็นไปได้เป็นข้อเท็จจริงที่ต้องการเสนอแนะจะต้องวางแผนอย่างระมัดระวัง ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนที่เสนอแนะต้นทุนที่นำไปปฏิบัติและต้นทุนที่ประหยัดได้และจะต้องเสนอแนะเหมือนกับว่าเป็นเงินทองของท่าน

แบบฟอร์มที่สำคัญที่สุดในแผนงานทั้งหมดควรจะเป็นแผ่นเดียวและประกอบด้วยข้อเท็จจริงทั้งหมดและปัญหาที่เกี่ยวข้อง ข้อเท็จจริงนี้จะต้องเข้าใจง่ายและชัดเจนกะทัดรัด ถ้าเป็นไปได้ควรมีรูปสเกตซ์ง่าย ๆ ทั้งแบบปัจจุบันและแบบเสนอแนะเปลี่ยนแปลงและข้อเสนอแนะของทีมงานจะต้องสั้น เพื่อผู้ที่ตัดสินจะได้อ่านได้อย่างรวดเร็วรูปสเกตซ์นั้นก็แทนคำอธิบายได้อย่างดีถ้าการเสนอแนะยาวเกินไปและโดยจุดประสงค์หลักของการเสนอนั้นเป็น 2 ประการ คือ ส่งข้อมูลให้ผู้บริหารตัดสินใจและการตัดสินใจของผู้บริหารก่อให้เกิดการปฏิบัติขึ้นและการปฏิบัติควรเป็นชนิดบวก

<table>
<tr><td colspan="5">บริษัท……. เสนอแนะปรับปรุงต้นทุน
วันที่…….. เลขที่อ้างอิง…….
ผลิตภัณฑ์…….. การประกอบหรือชิ้นส่วน……
ชิ้นส่วนเลขที่……. ปริมาณ/ผลิตภัณฑ์……
ปริมาณ/ปี……..</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความสามารถที่ประหยัดได้ปีแรก (บาท)</td><td colspan="3">คาดคะเนการขาย (ปีต่อปี)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ปัจจุบัน</td><td colspan="3">เสนอแนะ</td></tr>
<tr><td>คำนวณการประหยัดได้</td><td>วัสดุ (บาท)</td><td>แรงงาน (บาท)</td><td>ผลประโยชน์ (บาท)</td><td>รวม (บาท)</td></tr>
<tr><td>ปัจจุบัน</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>เสนอแนะ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>ผลต่าง</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง……...ฝ่ายผลิต……...บาท……...ฝ่ายวิศวกรรม…….บาท</td></tr>
<tr><td colspan="5">เสนอแนะ

อนุมัติ……... ไม่อนุมัติ…… วันที่ ……..
การเปลี่ยนแปลงคำสั่งทางวิศวกรรมเลขที่……
สมาชิกทีม……..</td></tr>
</table>

ภาพที่ 2-9 แบบฟอร์มตัวอย่างการเสนอแนะ

ดังภาพที่ 2-9 แบบฟอร์มนี้ควรประกอบด้วยความต้องการพื้นฐานและความต้องการรองลงมาผลประโยชน์ที่วัดไม่ได้จะอยู่ในรูปของคุณภาพ ความน่าเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา ความปลอดภัยและลดเวลาการทำงาน ต่อจากนั้นควรจะทำแผนงานที่จะนำไปปฏิบัติซึ่งควรจะทำไว้ก่อนการเสนอโครงการถ้าทำอย่างนี้แล้วเมื่อข้อเสนอแนะได้รับการยอมรับก็เริ่มดำเนินการได้เลย แผนปฏิบัติงานควรจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลในองค์การซึ่งต้อง

ปฏิบัติอย่างถูกต้องในเรื่องของวิธีปฏิบัติ วัสดุที่ต้องซื้อ สิ่งที่จะต้องผลิตเครื่องมือที่จะต้องทำหรือซื้อ รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะต้องรับผิดชอบสำหรับแผนงานนี้ นอกจากนี้ควรมีกำหนดเวลาว่างานใดเริ่มก่อนและเสร็จเมื่อใดอีกด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันทางด้านอุตสาหกรรมมีการแข่งขันกันเป็นอย่างมาก ในเรื่องของต้นทุนทางด้านผลิตภัณฑ์ ต้นทุนทางด้านการผลิต ต้นทุนทางด้านการจัดการต่าง ๆ ในระบบการดำเนินงานและยังมีด้านอื่น ๆ อีกหลายด้าน เทคนิควิเคราะห์คุณค่าและวิศวกรรมคุณค่า คือ เทคนิคที่ว่าด้วยการประยุกต์เทคนิคที่มีระบบโดยเน้นหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์หรือการบริการเป็นหลักใหญ่ ต้นทุนที่ต่ำที่สุดและคงไว้ซึ่งคุณภาพไม่ถูกทำให้ลดลงไป ต้องเท่าเดิมเหมือนก่อนการเปลี่ยนแปลงดังงานวิจัยตัวอย่างที่ยกมานี้

กิตติ วิบูลย์เสรีกุล (2542) ได้นำเอาเทคนิคดังกล่าวมาลดต้นทุนในโรงงานผลิตชุดสายไฟรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้แผนวิศวกรรมคุณค่าทั้ง 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge มาใช้ในการลดต้นทุนของชุดสายไฟรถยนต์ โดยหลักการและขั้นตอนมี ดังนี้

1. เลือกชุดสายไฟ จากชุดสายไฟที่มีต้นทุนและจำนวนที่ขายให้ลูกค้าต่อเดือนสูงที่สุด
2. รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของชุดสายไฟ
3. วิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนเพื่อหาหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง
4. ระดมความคิดจากกลุ่มผู้ร่วมงาน
5. ทำให้ความคิดแคบเข้ามา
6. สรุปหาข้อดีและข้อเสีย
7. จัดทำใบเสนอและการลดต้นทุน

ซึ่งผลที่ได้ในการนำหลักการครั้งนี้มาลดต้นทุนสามารถลดต้นทุนลงได้ 8,469,510 บาทต่อปี และยังได้รับความพึงพอใจจากลูกค้าในด้านราคาและการจัดการให้กับลูกค้า ซึ่งวัดผลจากดัชนีวัดความสำเร็จจากลูกค้า (KPI: Key performance indication)

ธีรศักดิ์ ชมประดิษฐ์ (2546) ได้นำหลักการของวิศวกรรมคุณค่าในการดีไซน์ถังบรรจุน้ำมันแบบใหม่ สาเหตุที่เกิดการทำก็เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในส่วนของค่าใช้จ่ายในการทำผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ใหม่ซึ่งผลจากการนำหลักการนี้มาลดต้นทุนทำให้บริษัทประหยัดได้ถึง 1,986,687 บาทต่อปี

ประทีป ช่วยเกิด (2546) ได้มีการนำเอาเทคนิคดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตและงานอื่น ๆ เช่น ในงานประหยัดพลังงานซึ่งที่ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้กับคู่เทคนิค DSM by HAT (Demand side management by human aware approach technique) มาใช้ในการประหยัดพลังงานและลดต้นทุน โดยในเชิงวิศวกรรมคุณค่าได้เน้นการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานเพื่อค้นหาปัญหาหรือความสูญเปล่าอันเกิดจาก 5M's ส่วนเทคนิค DSM by HAT ใช้ในการพัฒนาคน โดยการสร้าวงจิตสำนึกและพัฒนาคนซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญของความสูญเสียพลังงาน ซึ่งผลที่ได้รับจากการดำเนินการวิจัยนี้สามารถทำให้เกิดการประหยัดได้ถึง 48,309,004 บาท โดยที่ลงทุน 2,788,901 บาท และมีระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่ 21 วัน

อดิศักดิ์ นาวเหนียว (2550) ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่ามาใช้วิเคราะห์ชิ้นส่วนของเบาะรถยนต์เพื่อทำการลดต้นทุน ซึ่งทำให้พบว่าส่วนประกอบของผ้าคลุมเบาะมีหน้าที่ คือ การทำให้สวยงามมีน้ำหนักความสำคัญสูงสุดเท่ากับ 8 มีต้นทุน 1,132.97 บาทต่อชิ้น จากนั้นกำหนดแนวทางการปรับปรุงโดยใช้เทคนิควิธีการหาอย่างละเอียด (Exhaustive search) และเลือกแนวทางการปรับปรุงด้วยการประเมินค่าปัจจัย (Factor rating) จากการดำเนินการปรับปรุงพบว่าสามารถลดต้นทุนลงประมาณ 17,673,304.11 บาทต่อปี จากการปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำเบาะรถยนต์

สรวุฒิ บุราณศรี (2550) ได้นำวิธีการเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มคุณค่าและลดต้นทุนสำหรับเครื่องกดขดลวดให้เข้ากับร่อง (Slot) ของทุ่นอาร์เมเจอร์ (Armature) ซึ่งจากเดิมราคาเครื่องจักรอยู่ที่ 83,515 บาท เมื่อได้ดำเนินการประยุกต์ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่าสามารถจัดสร้างเครื่องจักรได้ในราคา 75,779 บาท ซึ่งสามารถประหยัดได้ 7,736 บาท คิดเป็น 9.26%

ธวัช สวนนันท์ (2553) ได้ทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุนวิทยุติดรถยนต์ โดยการมุ่งเน้นไปที่ต้นทุนวัสดุซึ่งมีสัดส่วนถึง 77.73% ของต้นทุนรวมทั้งหมด การคิดการปรับปรุงชิ้นส่วนแนวทางทั้งหมด 9 แนวทางที่เป็นไปได้ จากทั้งหมด 128 แนวทาง โดยได้นำแนวคิดวิเคราะห์ตัดสินใจแบบหลายตัวแปร ได้แก่ ดัชนีคุณค่า คุณภาพ ประสิทธิภาพและรูปลักษณ์ ภายใต้งบประมาณที่จำกัดไม่เกิน 400,000 บาท และระยะเวลาไม่เกิน 9 เดือน

ผลการวิเคราะห์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่า บ่งชี้ว่าแนวทางในการปรับปรุง 5 แนวทาง คือ การลดกระบวนการทำเกลียวของสกรู เปลี่ยนชนิดของสีพ่นหน้ากา เปลี่ยนชนิดสกรู เปลี่ยนชนิดวัสดุภายในของชิ้นส่วน Cover และลดกระบวนการพ่นสีด้านในของชิ้นส่วน Kaob โดยคาดว่าจะสามารถลดต้นทุนได้ 2,424,000 บาทต่อปี และใช้เงินลงทุน 247,000 บาท คิดเป็น 16.16 บาท

ต่อเครื่อง

ก้องฤทธิ์ บุญเลี้ยง (2554) ได้นำหลักการทางเทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) มาวิจัยและประยุกต์ใช้พัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุชิ้นส่วนยานยนต์ ในบริษัทผู้ผลิตรถยนต์แห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยมุ่งปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ชนิดหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เพื่อการลดต้นทุน โดยได้เลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณการใช้งานมากที่สุดจากบริษัทแม่ที่ประเทศญี่ปุ่นมาเป็นต้นแบบในการพัฒนา

จากผลการวิจัยพัฒนาปรับปรุงด้วยหลักการทางวิศวกรรมคุณค่า บรรจุภัณฑ์แบบหมุนเวียนใหม่จะมีต้นทุนในการผลิตลดลง 759.84 บาทต่อหน่วย และถ้าคิดต่อหน่วยที่ต้องผลิตขึ้นมาทั้งหมด 24,884 หน่วย จะสามารถประหยัดต้นทุนได้ 18,907,858.56 บาท หรือคิดเป็น 11% ของต้นทุนโดยประมาณ สำหรับอายุการใช้งานของบรรจุภัณฑ์แบบหมุนเวียนที่จะพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ได้กำหนดเป้าหมายอายุการใช้งานไว้ที่ 6 ปี เท่ากับตัวต้นแบบที่ประเทศญี่ปุ่น โดยมีการใช้วัตถุดิบที่หาได้ในประเทศไทยทั้งหมดและสามารถคงคุณภาพการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ได้เทียบเท่ากับตัวต้นแบบ

มีเชาวน์ จันทร์ศิริวัฒนา (2552) ได้ศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการลดต้นทุนกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน NKA-1 ในขั้นตอนสุดท้าย โดยการนำเอาแผนขั้นตอนการดำเนินงาน 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge มาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการ ESCR ช่วยให้ลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตและทำให้การผลิตอย่างต่อเนื่อง

ผลการศึกษาวิจัยพบว่าสามารถลดต้นทุนแรงงานในการผลิตแผงวงจรในขั้นตอนสุดท้าย จาก 8.1028 บาทต่อชิ้น เป็น 4.2515 บาทต่อชิ้น หรือลดลง 47.53% ในด้านต้นทุนทรัพยากรการผลิตสามารถลดการใช้เครื่องจักรลงได้ 40% และสามารถลดต้นทุนด้านแรงงานลงได้ 60%

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงงานนี้ประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่าเพื่อลดต้นทุนเครื่องมือตัดและเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการผลิตก้านสูบ โดยวิเคราะห์อายุใช้งาน (Tool life) ของเครื่องมือตัดที่ใช้ในการผลิตก้านสูบซึ่งมีอายุการใช้งานที่น้อยทำให้ต้นทุนสูงและเสียเวลาการผลิตเนื่องจากต้องเปลี่ยนเครื่องมือตัดบ่อยและดำเนินการเพื่อปรับปรุงให้บรรลุเป้าหมาย จากการเลือกก้านสูบที่ต้องการนำมาปรับปรุง คือ ก้านสูบรุ่น Con-Rod G ของลูกค้า G ซึ่งจะถูกประกอบอยู่ในเครื่องยนต์ของรถกระบะและรถกระบะดัดแปลงมาเป็นตัวอย่างและเป็นกรณีศึกษาที่จะพัฒนา บทนี้กล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยโดยมีแนวทางการปฏิบัติและเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด ดังแสดงข้อมูลตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของการดำเนินการวิจัยของโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	แนวทางปฏิบัติ	เครื่องมือหรือเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
1. การเลือกโครงการ	1. เพื่อรู้ถึงการเลือกโครงการที่จะนำมาปรับปรุง 2. เพื่อทราบถึงกระบวนการผลิตของสายการผลิตก้านสูบและการควบคุม	1. ทำการเก็บข้อมูลทุกสายการผลิตและนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบและเลือกโครงการ 2. ทำการรวบรวมข้อมูล	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ในขั้นที่ 1 ขั้นตอนทั่วไป
2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัย	1. เพื่อทราบถึงต้นทุนการผลิตของเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการ	1. ทำการเรียบเรียงข้อมูลของต้นทุนการผลิตเครื่องมือตัดในแต่ลกระบวนการ	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ในขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	แนวทางปฏิบัติ	เครื่องมือหรือเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
	2. รวบรวมปัญหาที่เกิดจากอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดรวมทั้งหาความถี่ของการเปลี่ยนเม็ดมีด เพื่อดำเนินการหาเวลาที่สูญเสียจากการเปลี่ยนเม็ดมีด 3. เพื่อให้ทราบถึงจำนวนที่ลูกค้าต้องการ	2. ตารางเปรียบเทียบอายุของเครื่องมือตัดและตารางเปรียบเทียบเวลาการเปลี่ยนเครื่องมือตัดของแต่ละกระบวนการ 3. เก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของลูกค้าที่ผ่านมาเพื่อหาแนวทางรองรับความต้องการนั้นให้ได้	
3. วิเคราะห์หน้าที่การทำงาน	1. เพื่อให้รู้หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ 2. ทำการเปรียบเทียบหน้าที่หลักทีละคู่และให้คะแนนลำดับความสำคัญ (Function) 3. เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มมูลค่าเครื่องมือตัด	1. ประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าโดยนำข้อมูลของขั้นตอนการผลิตมาวิเคราะห์หน้าที่เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่และนัยสำคัญต่อต้นทุนการผลิต 2. นำความสำคัญของหน้าที่มาทำการประเมินเชิงตัวเลขเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทั้งหมดของกระบวนการ 3. เพื่อหากระบวนการที่มีมูลค่าของเครื่องมือตัดที่ < 1.0	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ในขั้นที่ 3 วิเคราะห์หน้าที่

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	แนวทางปฏิบัติ	เครื่องมือหรือเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
4. สร้างสรรค์ความคิด	1. เพื่อระดมความคิดโดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ปัญหา 2. เพื่อแก้ไขปัญหาให้ถูกต้องถึงรากเหตุของปัญหา 3. เพื่อสร้างสรรค์แนวคิดในการปรับปรุงเครื่องมือตัด (Idea) 4. เพื่อให้รู้เป้าหมายในการปรับปรุงในส่วนของกระบวนการและวิเคราะห์ AHP เพื่อที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมกับปัจจัยของกระบวนการ	1. ระดมความคิดโดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลา 2. ทำการวิเคราะห์ 5 Why หารากเหตุของปัญหา 3. เสนอแนวทางปรับปรุงเครื่องมือตัด 4. การกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงในส่วนของกระบวนการและเปรียบเทียบระดับความสำคัญโดยตาราง AHP	1. วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ขั้นตอนที่ 4 สร้างสรรค์ความคิด 2. แผนภูมิก้างปลาและ 5 Why analysis 3. นำเสนอแนวคิด 4. เทคนิคการพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP
5. ประเมินผลความคิด	1. เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกทำการปรับปรุง 2. เพื่อวิเคราะห์ AHP เพื่อที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมกับปัจจัยของอายุเครื่องมือตัด 3. เพื่อให้รู้รายละเอียดต่าง ๆ ในการปรับปรุงเครื่องมือตัด	1. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียในแต่ละแนวคิด 2. เปรียบเทียบระดับความสำคัญโดยตารางAHP ของเครื่องมือตัด 3. รวบรวมข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือตัด 4. สรุปแนวคิดที่จะทดสอบพิสูจน์	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ในขั้นที่ 5 ประเมินผลความคิด

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	แนวทางปฏิบัติ	เครื่องมือหรือเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
	4. เพื่อเป็นเป้าหมายในการทำการทดสอบพิสูจน์		
6. ขั้นทดสอบและพิสูจน์	1. เพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดว่าสามารถพัฒนาปรับปรุง ลดของเสียได้จริงหรือไม่ 2. เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงครั้งต่อไป	1. นำผลการดำเนินการตามขั้นตอนที่ 5 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายหรือกับความต้องการที่กำหนดไว้ 2. ทำการเสนอแนะแนวทางปรับปรุงครั้งต่อไป	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ในขั้นที่ 6 ทดสอบและพิสูจน์
7. สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ	1. เพื่อสรุปผลการดำเนินงานตามกระบวนการวิจัยว่าถูกต้อง 2. เพื่อสรุปผลการดำเนินการวิจัยว่าประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใด 3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยและค้นคว้าทำงานวิจัย	1. นำผลการดำเนินการวิจัยมาประเมินผลมาสรุปผล 2. นำผลที่ได้มาเขียนเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ 3. นำเสนอแนะเพิ่มเติมหรือข้อคิดเห็นที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยและผลที่คาดว่าจะได้รับ	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ขั้นที่ 7 สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

จากตารางที่ 3-1 การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่ารายละเอียดในการดำเนินการวิจัย เป็นการประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าของ Arthur E. Mudge ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

การเลือกโครงการ (PROJECT SELECTION)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทฯ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนเครื่องมือตัดและเพิ่มกำลังการผลิต โดยรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ คือ กำลังการผลิต ต้นทุนของเครื่องมือตัด และได้เลือกกระบวนการผลิตก้านสูบซึ่งผู้วิจัยเองทำงานในโรงงานแห่งนี้มีความรู้ทุกกระบวนการ ทุกปัญหา มีข้อมูลในเรื่องราคาเครื่องมือตัดต่าง ๆ เวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและยังมีปัญหาเกิดขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่อง ทางผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาเลือกโครงการที่มีประโยชน์กับบริษัท ฯ มีรายละเอียดดังนี้

1. รายละเอียดการเลือกโครงการ

เนื่องจากทางบริษัทฯ เปิดสายการผลิต (Production line) ชิ้นส่วนยานยนต์หลายชนิด เช่น Ring-gear, Pinion-drive, Hub-front wheel, Bracket R-L, Spindle, Connecting-rod และอื่น ๆ อีกหลายชนิด ส่วนใหญ่ชิ้นส่วนดังกล่าวจะเป็นสายการผลิตแบบหุ่นยนต์ (Auto-robot) ซึ่งสามารถผลิตงานได้ตามความต้องการของลูกค้า ต้นทุนเครื่องมือตัดไม่สูง อายุการใช้งานและความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดค่อนข้างคงที่และอยู่ในมาตรฐานเพราะถูกควบคุมโดยโปรแกรมอยู่แล้ว ทางบริษัทจึงเริ่มค่อย ๆ เปลี่ยนระบบการผลิตแบบใช้คนผลิต (Manual) มาเป็นระบบการผลิตแบบหุ่นยนต์ในบริษัทมีสายการผลิตก้านสูบทั้งหมด 5 สายการผลิตและเปลี่ยนเป็นสายการผลิตแบบหุ่นยนต์แล้ว 2 สายการผลิตมี 3 สายการผลิตที่ยังไม่ได้เปลี่ยนเพราะลูกค้าไม่ต้องการลงทุนเพิ่มและอายุของผลิตภัณฑ์ใกล้จะหมดแล้วลูกค้าจึงให้ทางบริษัทหาทางลดต้นทุนเอง ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 รายละเอียดของการเลือกโครงการ

ข้อมูลสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ (ข้อมูล มิ.ย.- ธ.ค. 2015)							
ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์	สายการผลิต	ชนิดสายการผลิต	จำนวนของกระบวนการ (ขั้นตอน)	ต้นทุนเครื่องมือตัด (บาทต่อชิ้น)	% ต้นทุน	ความสามารถในการผลิต
G	ก้านสูบ	Con-rod G	คน	21	20.18	6.66	73%
F	ก้านสูบ	Con-rod F	คน	15	17.50	5.75	85%
S	ก้านสูบ	Con-rod S	คน	7	10.56	3.95	88%
F	ก้านสูบ	Con-rod F2	หุ่นยนต์	8	15.55	4.75	95%
M	ก้านสูบ	Con-rod M	หุ่นยนต์	8	15.48	4.24	95%
M	Ring-gear	Ring-gear	หุ่นยนต์	4	10.24	5.25	95%
M	Pinion drive	Pinion drive	หุ่นยนต์	4	9.95	5.55	95%
M	Spindle	Spindle	หุ่นยนต์	2	9.15	3.75	95%
M	Hub wheel	Hub wheel	หุ่นยนต์	2	3.58	3.35	95%
M	Hub SU	Hub SU	หุ่นยนต์	4	12.56	5.00	95%
H	Bracket	Bracket	หุ่นยนต์	6	11.98	4.54	95%

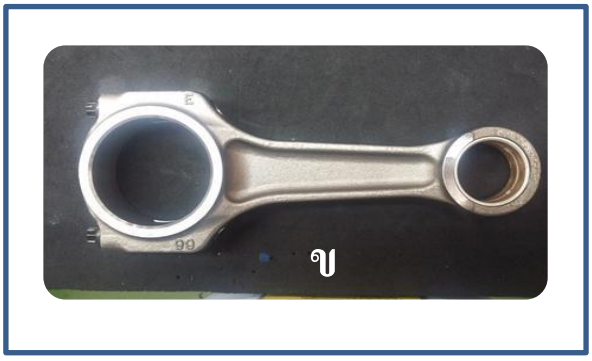
จากตารางที่ 3-2 กระบวนการที่ทำการผลิตก้านสูบมีลูกค้า F รุ่น Con-rod F2 และลูกค้า M รุ่น Con-rod M เป็นการผลิตโดยหุ่นยนต์ซึ่งกำลังการผลิตและต้นทุนเครื่องมือตัดอยู่ในเกณฑ์ที่บริษัทรับเนื่องจากมีการเปลี่ยนการผลิตจากคนเป็นหุ่นยนต์ไปไม่นานได้ ส่วนสายการผลิตที่ใช้คนและมีกำลังการผลิตที่พอต่อความต้องการของลูกค้าและต้นทุนเครื่องมือตัดที่ยอมรับได้เนื่องจากจำนวนกระบวนการที่น้อยเครื่องจักรและเครื่องมือค่อนข้างทันสมัย เช่น ลูกค้า F รุ่น Con-rod F และลูกค้า S รุ่น Con-rod S ส่วนสายการผลิตของลูกค้า G รุ่น Con-rod G มีต้นทุนเครื่องมือตัดที่สูง 20.18 บาทต่อชิ้น และกำลังการผลิตที่ต่ำกว่าเป้าหมายมาก

บริษัทได้เลือกสายการผลิตก้านสูบลูกค้า G รุ่นงาน Con-rod G มาปรับปรุงเนื่องจากเป้าหมายการผลิตของบริษัท คือ 100% เท่ากับ 960 ชิ้นต่อวัน ซึ่งในปัจจุบันสามารถผลิตงานอยู่ได้ประมาณ 73.00% เท่ากับ 700 ชิ้นต่อวัน เพราะอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดน้อย จึงมีความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดบ่อย ทำให้ไม่สามารถผลิตงานตามเป้าหมายและลูกค้ามีความต้องการชิ้นส่วนดังกล่าวเพิ่มขึ้นอีกเป็น 850 ชิ้นต่อวัน หรือทางบริษัท ฯ ต้องปรับปรุงความสามารถในการผลิตให้ได้ 88.50%

หมายเหตุ: ลูกค้า F รุ่นงาน Con-rod F ทางบริษัทมีเป้าหมายในการปรับปรุงเช่นกัน เพราะต้นทุนเครื่องมือตัดที่ค่อนข้างสูงและบริษัทต้องลดราคาขายให้ลูกค้าทุกปี

ลักษณะของชิ้นงาน ก้านสูบ CNDI 4N15T

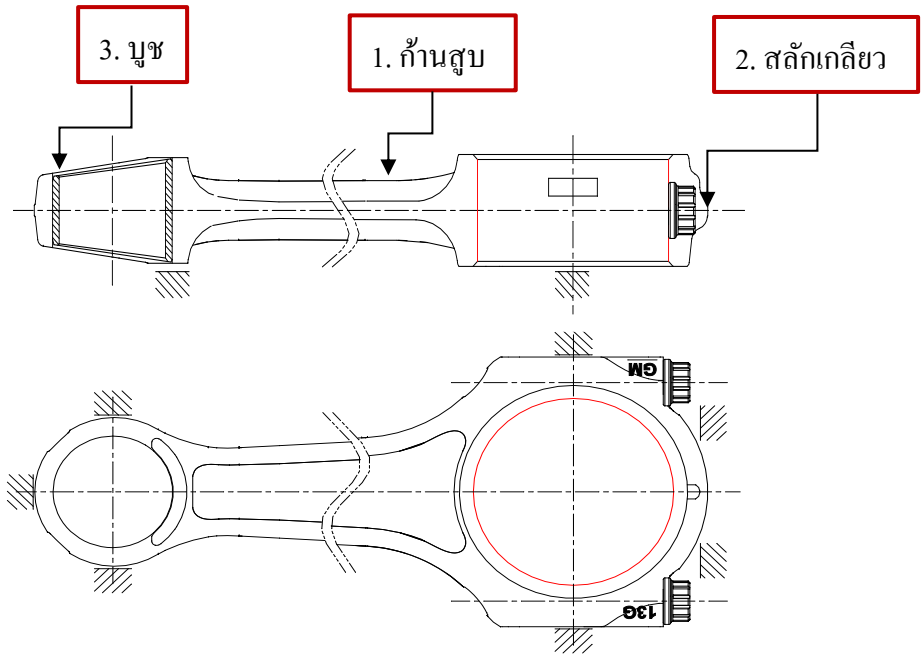
ภาพที่ 3-1 ก้านสูบก่อนการผลิต



ภาพที่ 3-2 ก้านสูบหลังการผลิต

จากภาพที่ 3-1 เป็นลักษณะของก้านสูบที่เป็นวัตถุดิบยังไม่ผ่านกระบวนการผลิตและภาพที่ 3-2 เป็นก้านสูบที่ผ่านกระบวนการผลิตและประกอบสลักเกลียว (Bolt) และบูช (Bush)

ก้านสูบ G มีส่วนประกอบ 3 ชิ้นส่วนหลัก ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ส่วนประกอบของก้านสูบ

จากภาพที่ 3-3 ก้านสูบมีชิ้นส่วนประกอบหลัก ดังนี้

ชิ้นส่วนที่ 1 วัตถุดิบหลัก (Material) คือ ก้านสูบ

ชิ้นส่วนที่ 2 ชิ้นส่วนประกอบ (Sub-material) คือ สลักเกลียว

ชิ้นส่วนที่ 3 ชิ้นส่วนประกอบ (Sub-material) คือ บูช

ดังนั้น จุดประสงค์ของการทำกิจกรรมครั้งนี้ก็เพื่อที่จะปรับปรุงตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

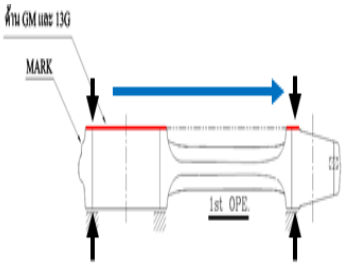
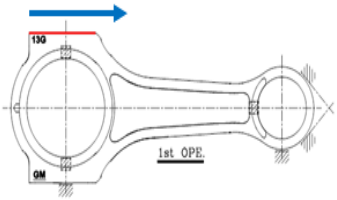
หัวข้อที่ 1 เพิ่มอายุเครื่องมือตัดเพื่อลดต้นทุนของเครื่องมือตัดในการผลิต

หัวข้อที่ 2 เพิ่มอายุเครื่องมือตัดเพื่อลดความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเพิ่มกำลังการผลิต

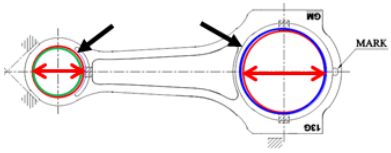
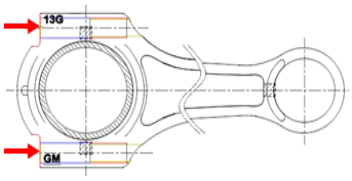
2. การไหลของกระบวนการผลิตก้านสูบ (Process flow)

กระบวนการผลิตก้านสูบมีการวางกระบวนการผลิตตั้งแต่ต้นจนได้ชิ้นงาน 1 ชิ้น ดังตารางที่ 3-3

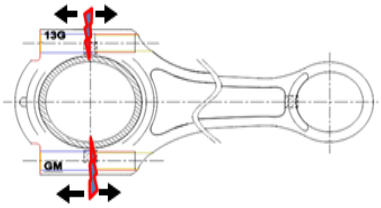
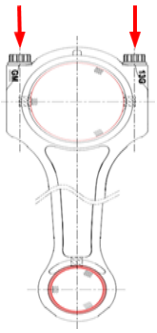
ตารางที่ 3-3 กระบวนการไหลของขั้นตอนการผลิตของก้านสูบ

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)						
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญลักษณ์	การตรวจสอบ	
10	ปาดหน้า (Facing)	 ทำการปาดผิวของก้านสูบที่เป็นผิวดิบออกทั้ง 2 ด้าน โดยทำทีละด้านเพื่อให้ผิวเรียบและให้ได้ขนาดความหนาตามกำหนดและทำการตรวจสอบโดยพนักงานเอง (Operator)	Rotary milling machine		เครื่องมือวัดเวอร์เนียคาลิปเปอร์	
20	ปาดข้าง (Side milling)	 ทำการปาดผิวด้านข้างของก้านสูบที่เป็นผิวดิบออกทั้ง 2 ด้านโดยทำทีละด้านเพื่อให้ผิวเรียบและให้ได้ขนาดความหนาตามกำหนดและทำการตรวจสอบโดยพนักงานเอง (Operator)	Machining Center machine		เครื่องมือวัดเวอร์เนียคาลิปเปอร์	

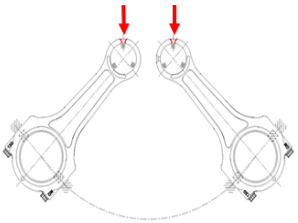
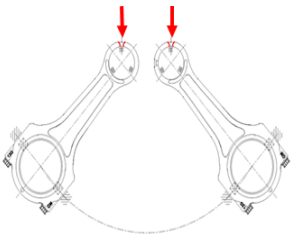
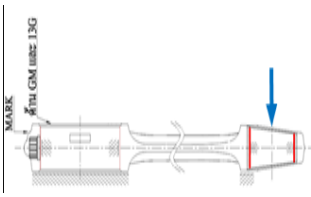
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)						
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญลักษณ์	การตรวจสอบ	
30	คว้านรู (Boring) & ลบคม (Chamfering)	 ทำการคว้านรูก้านสูบที่เป็นผิวดิบออกทั้ง 2 รูโดยทำพร้อมกันเพื่อให้ผิวเรียบและให้ได้ขนาดของรู (Diameter) ตามกำหนดและทำการลบคมขอบรูด้วย จากนั้นทำการตรวจสอบ	Machining center machine		เครื่องมือวัด Bore gauge	
40	เจาะรู (Drilling) & ทำเกลียว (Tapping)	 ทำการเจาะรูก้านสูบทั้ง 2 รู โดยทำพร้อมกันและทำเกลียวในทั้ง 2 รู	CNC tapping center		สายตา	

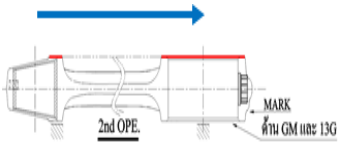
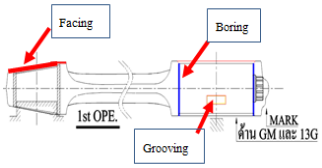
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)						
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร/ชนิดเครื่องจักร/การผลิต	สัญลักษณ์		การตรวจสอบ
50	ตัดเลเซอร์ (Laser notch) & แยกชิ้นงาน Cracking & ร้อยสลักเกลียว (Pre-bolt)	 ทำการยิงเลเซอร์ให้เป็นรอยบากและเครื่องจะทำการกะเทาะให้แตกออกจากกัน จากนั้นทำการใส่สลักเกลียวในรูทั้ง 2 ข้างและขันเข้าเบา ๆ เพื่อเตรียมขันแน่น	Cracking machine		สายตา	
60	ขันสลักเกลียว (Bolt tightenin)	 ทำการขัน Bolt ให้แน่นทั้ง 2 ข้าง	Nut runner machine		เคาะฟังเสียง	

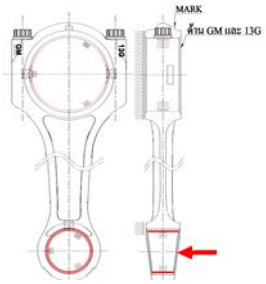
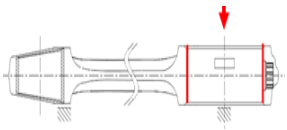
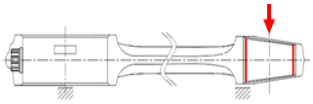
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)						
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญญลักษณ์	การตรวจสอบ	
70	เจาะรูน้ำมัน (Drilling oil hole)	 เจาะรูน้ำมันสำหรับให้น้ำมันเข้าไปหล่อลื่นได้	Up right drilling machine		สายตา	
80	ลบคม (Chamferin)	 ทำการลบคมที่ขอบรูเจาะ Oil hole	Up right drilling machine		สายตา	
90	อัดบูช (Press bush)	 ทำการอัดบูชทองเหลืองใส่ที่รู Small end	Hydraulic press machine		สายตา	

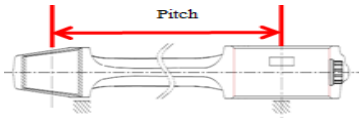
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)						
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญลักษณ์	การตรวจสอบ	
100	เจียระไนผิว (Grinding)	 ทำการเจียระไนผิวเรียบทั้ง 2 ด้าน ให้ได้ขนาดความหนาและความเรียบผิว	Rotary surface grinding machine		เครื่องมือวัดไมโครคาลิปเปอร์	
110	ปาดหน้า (Facing) & เซาะร่องลิ่ม (Grooving) & คว้านรู (Boring)	 ทำการปาดผิวให้เอียงตามขนาดที่กำหนดและทำร่องลิ่ม (Groove) จากนั้นก็ทำการเจียระไนผิวระเอียด ในรูใหญ่ให้ได้ขนาดและความเรียบที่กำหนด	Machining center machine		- เครื่องมือวัด Bore gauge -สายตา	

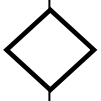
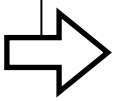
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)						
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญลักษณ์	การตรวจสอบ
120	คว้านรูบูช (Special boring)	 เจียระไนผิวบูช ทองเหลืองให้ได้ขนาด ความโตตามกำหนด	Special boring machine		เครื่องมือวัด Bore gauge
130	เจียระไนผิวละเอียดรูใหญ่ (Honing)	 ทำการเจียระไนผิวละเอียดที่รูใหญ่ครั้งสุดท้ายให้ได้ขนาดและความเรียบผิวที่ต้องการ	Honing machine		เครื่องมือวัด Bore gauge
140	เจียระไนผิวละเอียดรูบูช (Honing)	 ทำการเจียระไนผิวละเอียดที่รูบูช ครั้งสุดท้ายให้ได้ขนาดและความเรียบผิวที่ต้องการ	Honing machine		เครื่องมือวัด Bore gauge

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)					
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญลักษณ์	การตรวจสอบ
150	ล้างทำความสะอาด (Washing)	เอาชิ้นงานเข้าเครื่องล้างอัตโนมัติเพื่อล้างคราบน้ำมันและสิ่งสกปรก Washing machine	Washing machine	◇	สายตา
160	ตรวจสอบระยะ Pitch (Check pitch)	 ระหว่างรูบูชกับรูใหญ่และแบ่ง เป็น Rank ออกมา ซึ่งเครื่องทำโดยอัตโนมัติ	Pitch rank machine	◇	เครื่องจักร Pitch rank machine
170	ชั่งน้ำหนัก (Weight scale)	ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานโดยเครื่องจักร	Electric weight scale machine	◇	เครื่องจักร Electric weight scale machine

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

การไหลของกระบวนการ (PROCESS FLOW)					
ขั้นตอนที่	ชื่อกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ภาพเครื่องจักร ชนิดเครื่องจักร/ การผลิต	สัญลักษณ์	การตรวจสอบ
180	กำหนดกลุ่ม (Rank marking)	ทำการมาร์ค Rank ตามที่เครื่องกำหนดไว้ โดยใช้ปากกา Electronic pen	Operator/ Electric pen		สายตา
190	ตรวจสอบทั่วไป (Final inspection)	ทำการตรวจสอบสภาพชิ้นงานทั่ว ๆ ไป	Operator		สายตา
200	แยกกลุ่มอัตโนมัติ (Automatic ranking)	ทำการเข้าเครื่องแยก Rank โดย Automatic ranking	Operator/ Automatic ranking		สายตา
210	บรรจุ (Packing)	บรรจุลงกล่องเพื่อเตรียมจัดส่ง	Operator/ Package, Folk lift, Truck		สายตา

จากตารางที่ 3-3 เป็นการจัดเรียงกระบวนการและการไหลของงานไปยังกระบวนการต่าง ๆ และให้เห็นจุดปฏิบัติงานและจุดตรวจสอบหรือจุดควบคุมคุณภาพของแต่ละกระบวนการ ซึ่งสายการผลิตก้านสูบนี้มีทั้งหมด 21 กระบวนการและต้องใช้เครื่องจักรทั้งหมด 17 กระบวนการ

การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมาของกระบวนการผลิตเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานการตัดสินใจในการที่จะทำการวิเคราะห์ปรับปรุงแก้ไขปัญหาและเป็นการทำความเข้าใจในปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

1. ต้นทุนการผลิต

ในงานวิจัยนี้จะเน้นรายละเอียดของต้นทุนเครื่องมือตัดส่วนต้นทุนด้านอื่นจะสรุปเป็นตัวเลขออกมาเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ครบถ้วน

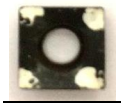
1.1 ต้นทุนเครื่องมือตัด

เครื่องมือตัดเป็นตัวแปรสำคัญของต้นทุนการผลิตและกำลังการผลิต ซึ่งทางทีมงานได้แยกต้นทุนเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการออกมา ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ต้นทุนของเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการ

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	ภาพเครื่องมือตัด	รหัสเครื่องมือตัด	จำนวนที่ใช้ต่อชุด (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)	ราคาต่อชุด (บาทต่อชุด)	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนแต่ละกระบวนการ (บาท)
10.1	ปาดหน้า		WF444R	8	90	720	5,600	0.13	0.32
10.2			WF444R	12	90	1,080	5,600	0.19	
20.1	ปาดข้าง		ACP200/ SEMT0903AGSN-G	6	156	935	4,000	0.23	0.23

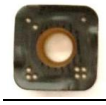
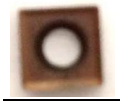
ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	ภาพเครื่องมือตัด	รหัสเครื่องมือตัด	จำนวนที่ใช้ต่อชุด (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)	ราคาต่อชุด (บาทต่อชุด)	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	สึกหน่อ (มม.)	ต้นทุนแต่ละกระบวนการ (บาท)
30.1	ควักนรู + ลบคม		ACP2000/ TCMT16T308N-SU	2	159	317	2,700	0.12	0.68
30.2			T9125/ SPMT090304-24	2	165	330	4,000	0.08	
30.3			WKP35S/ P4S40P-6R-E57	2	410	821	2,400	0.34	
30.4			T9125/ SPMT090304-24	2	165	330	4,000	0.08	
30.5			AC630M/ TPMT080204 N-LU	1	96	96	1,800	0.05	
40.1	เจาะรู+ ทำเกลียว		PM 4230/ 490R-08T316M	3	581	1,743	1,718	1.01	8.93
40.2			KCP15/ KTIP1130HPM	1	2,567	2,567	1,970	1.30	
40.3			04WNSB0960-TH	1	3,608	3,608	3,500	1.03	
40.4			04WNSB0960-TH/ Re-grind	1	1,280	1,280	2,156	0.59	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	ภาพเครื่องมือตัด	รหัสเครื่องมือตัด	จำนวนที่ใช้ต่อชุด (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)	ราคาต่อชุด (บาทต่อชุด)	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนแต่ละกระบวนการ (บาท)
40.5			IC910/ SOMT060204 TR-HQ	1	360	360	4,000	0.09	
40.6			T0808010A (VP-LT-RFT M11 X 1.5)	1	1,700	1,700	347	4.90	
50	ตัดเลเซอร์ + แยกชิ้นงาน + ร้อยสลัก	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)							
60	ขันสลักเกลียว								
70	เจาะรูน้ำมัน		KS-66680 (Ø4.2 X 90 X M6)	1	250	250	150	1.7	1.7
80	ลบคม	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)							
90	อัดบูช								

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	ภาพเครื่องมือตัด	รหัสเครื่องมือตัด	จำนวนที่ใช้ต่อชุด (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)	ราคาต่อชุด (บาทต่อชุด)	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนเครื่องมือต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท)
100	เจียระไนผิว		71419KCN01/ 83A120K+12B5W1 (N)	1	17,700	17,700	12,000	1.5	1.5
110.1	ปาดหน้า+เซาะร่องลิ่ม+ คว้านรู		PM 4220/ 490-08T316M	5	581	2,905	2,400	1.2	2.5
110.2			PF 4215/ TCMT090204	1	208	208	900	0.2	
110.3			MM GRIT 22K-4.7-0.1*528	1	96	96	900	0.1	
110.4			CM0502 ACP200	1	2,470	2,470	3,000	0.8	
110.5			WK30S/ P4S30P-3R-E45	1	320	320	4,000	0.1	
110.6			T9125/ SPMT090304-24	1	165	165	2,000	0.1	
120.1	คว้านรูปูช		PV7020/TPMT110308XQ	1	98	98	900	0.1	1.1
120.2			KPD001/TPMH090208NE	1	1,970	1,970	2,000	1.0	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	ภาพเครื่องมือตัด	รหัสเครื่องมือตัด	จำนวนที่ใช้ต่อชุด (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)	ราคาต่อชุด (บาทต่อชุด)	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ตัวคูณ (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนกระบวนการ (บาท)
130	เจียระไนผิวละเอียดรูใหญ่		SDB 600 MB-9 P-5/ (3.0W x 3.0T x 25L)	1	14,840	14,840	6,000	2.5	2.5
140	เจียระไนผิวละเอียดรูปูช		SDB 600 MB-13 P-3/ (2.5W x 2.5T x 24.5L)	1	11,130	11,130	15,000	0.7	0.7
150-210	ล้าง - บรรจุ	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)							
								รวมต้นทุนเครื่องมือตัด	20.18

หมายเหตุ: ราคาและมาตรฐานอายุเครื่องมือตัดได้จากการกำหนดโดยผู้ขายเครื่องมือ (Supplier)

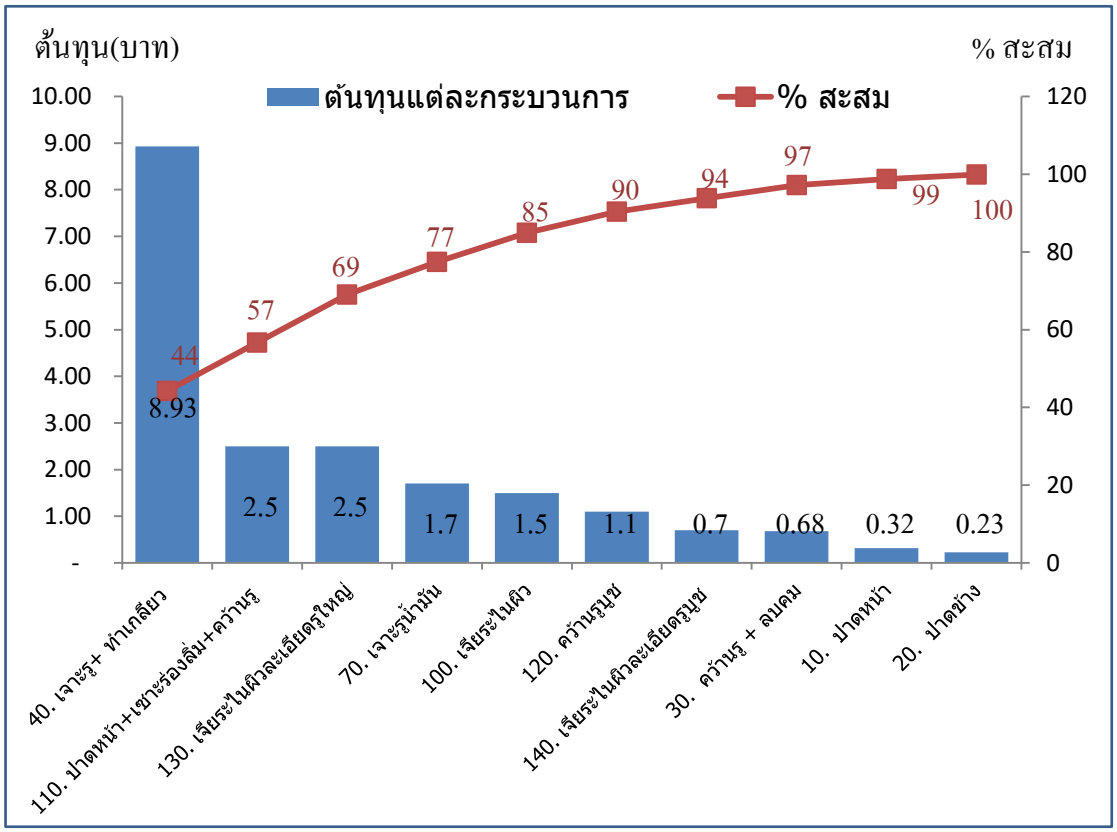
จากตารางที่ 3-4 สามารถคำนวณหาต้นทุนแต่ละกระบวนการ ดังนี้

ต้นทุนเครื่องมือตัด = ราคาต่อชุด/ มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด

เช่น ต้นทุนเครื่องมือตัด (ขั้นตอนที่ 10.1) = 720/ 5,600

= 0.13 บาทต่อชิ้น

จากตารางที่ 3-4 ต้นทุนของเครื่องมือตัดในกระบวนการทั้งหมด 20.18 บาทต่อชิ้น ซึ่งสูงมากในแต่ละกระบวนการมีต้นทุนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับราคาและอายุของเครื่องมือตัด บางกระบวนการไม่ได้ใช้เครื่องมือตัดและเพื่อให้ชัดเจนจึงทำเป็นกราฟพาเรโตแสดงถึงต้นทุนแต่ละกระบวนการ โดยเรียงจากมากไปน้อย ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 กราฟพาเรโตของต้นทุนเครื่องมือตัดแต่ละกระบวนการ

จากภาพที่ 3-4 เป็นการเรียงลำดับต้นทุนเครื่องมือตัดจากมากไปน้อย ขั้นตอนที่ 40 มีต้นทุนมากที่สุด คือ 8.93 บาท ซึ่งคิดเป็น 44% ของต้นทุนเครื่องมือตัดทั้งหมด จากนั้นเป็นขั้นตอนที่ 110, 130, 70 ลดลงมาจนถึงขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นตอนที่ 20 ซึ่งในการเรียงลำดับไม่สามารถตัดสินใจให้กระบวนการที่มีต้นทุนสูงที่สุดไปปรับปรุงได้เพราะต้องนำไปวิเคราะห์หน้าที่และหาคุณค่าของเครื่องมือตัดแต่ละกระบวนการก่อนจึงสามารถกำหนดได้ว่าจะปรับปรุงกระบวนการใดบ้าง เนื่องจากขั้นตอนที่มีต้นทุนเครื่องมือตัดที่สูงไม่จำเป็นต้องมีคุณค่าต่ำเสมอไป

1.2 ต้นทุนโดยรวมของการผลิตงาน 1 ชิ้น

ต้นทุนโดยรวมเป็นต้นทุนของการผลิตงานให้ได้ 1 ชิ้น รวมตั้งแต่ค่าวัตถุดิบ ค่าเครื่องมืออุปกรณ์ ค่าแรง ค่าขนส่ง และอื่น ๆ ที่บริษัทกำหนด ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ต้นทุนโดยรวม

ต้นทุนรวมของชิ้นงาน						
อันดับที่	รายการต้นทุน	ชื่อวัตถุดิบ	บาทต่อชิ้น	สัดส่วน (%)	ประเภทของต้นทุน	หมายเหตุ
1	1. ค่าวัตถุดิบ	1. วัตถุดิบก้านสูบ	189.60	62.61	ต้นทุนแปรผัน	ไม่สามารถปรับราคาได้
2	2. ค่าชิ้นส่วนประกอบ	1. สลักเกลียว (2 ตัว)	10.00	3.30	ต้นทุนแปรผัน	ไม่สามารถปรับราคาได้
		2. บูช	64.50	21.30	ต้นทุนแปรผัน	ไม่สามารถปรับราคาได้
3	3. ค่าเครื่องมือตัด	1. เครื่องมือตัด	20.18	6.66	ต้นทุนแปรผัน	สามารถแก้ไขได้
4	4. ค่าแรง	1. พนักงาน	5.09	1.68	ต้นทุนคงที่	ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตต่อวัน
5	5. ค่า Overhead	ค่าโสหุ้ย, ค่าน้ำ, ค่าไฟ, ค่าขนส่ง, ค่าเสื่อม, น้ำหล่อเย็น ฯลฯ	13.47	4.45	ต้นทุนคงที่	คิดที่คำสั่งซื้อ 20,000 ชิ้นต่อเดือน
6	ต้นทุนรวม		302.84	100		

จากตารางที่ 3-5 ค่าเครื่องมือตัดมีสัดส่วนของต้นทุนอยู่ที่ 6.66% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงและ Overhead ถือว่าสูงพอสมควรและสามารถนำมาทำการปรับปรุงแก้ไขได้

2. อายุและความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัด

2.1 ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาที่สูญเสีย

โดยการนำข้อมูลจริงของอายุเครื่องมือตัดไปเปรียบเทียบกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือนเพื่อตรวจสอบว่าทางบริษัทสูญเสียเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่าใดและเป็นข้อมูลที่ใช้ในการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัด ผู้วิจัยให้ทีมงานเก็บข้อมูลอายุเครื่องมือตัดเดือนกันยายน 2015 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2016 และความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดตั้งแต่เดือนกันยายน 2015 ถึงเดือนสิงหาคม 2016

<u>หมายเหตุ</u>:

ลำดับที่ 1 รายละเอียดของข้อมูลอายุเครื่องมือตัดดูได้จากตารางภาคผนวก ก-2

ลำดับที่ 2 รายละเอียดของข้อมูลความถี่มาตรฐานเปลี่ยนเครื่องมือตัดดูได้จากตารางภาคผนวก ก-4

ลำดับที่ 3 รายละเอียดของข้อมูลความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริงดูได้จากตารางภาคผนวก ก-5

ตารางที่ 3-6 ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาที่สูญเสีย

ขั้นตอน	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	อายุใช้งานที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย (ชิ้น)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ครั้งต่อปี)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริง (ครั้งต่อปี)	ความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ครั้งต่อปี)	เวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อครั้ง (นาที)	เวลาที่สูญเสีย (นาทีต่อปี)
10.1	5,600	5,320	33	35	2	5	10
10.2	5,600	5,040	33	37	4	5	20
20	4,000	4,000	46	46	0	5	0
30.1	2,700	2,698	68	68	0	5	0
30.2	4,000	3,998	46	46	0	5	0
30.3	2,400	2,400	77	77	0	5	0
30.4	4,000	4,000	46	46	0	5	0
30.5	1,800	1,800	103	103	0	5	0
40.1	1,718	1,717	108	108	0	5	0

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

ขั้นตอน	มาตรฐานอยู่ใช้งาน (ชิ้น)	อายุใช้งานที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย (ชิ้น)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ครั้งต่อปี)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริง (ครั้งต่อปี)	ความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ครั้งต่อปี)	เวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อครั้ง (นาที)	เวลาที่สูญเสีย (นาทีต่อปี)
40.2	1,970	1,970	94	94	0	5	0
40.3	3,500	3,000	53	62	9	5	45
40.4	2,156	1,017	86	182	96	5	480
40.5	4,000	3,990	46	46	0	5	0
40.6	347	347	533	533	0	5	0
50	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)						
60							
70.0	150	71	1,233	2,606	1,373	5	6,865
80	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)						
90							
100.0	12,000	12,000	15	15	0	5	0
110.1	2,400	2,400	77	77	0	5	0
110.2	900	900	205	205	0	5	0
110.3	900	828	205	223	18	5	90
110.4	3,000	3,000	62	62	0	0	0
110.5	4,000	4,000	46	46	0	5	0
110.6	2,000	2,000	92	92	0	5	0
120.1	900	812	205	228	22	5	110
120.2	2,000	2,000	92	92	0	5	0
130	6,000	6,000	31	31	0	5	0
140	15,000	15,000	12	12	0	5	0
150-210	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด(TOOLING)						
	รวม		3,724	5,248	1,524		7,620

จากตารางที่ 3-6 ขั้นตอนที่ 10, 40, 70, 110 และ 120 มีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดมากกว่าความถี่มาตรฐานในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเท่ากับ 1,524 ครั้งต่อปีและสูญเสียเวลาไปเท่ากับ 7,620 นาทีต่อปี การคำนวณหาเวลาสูญเสียในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดมี ดังนี้

เวลาที่สูญเสีย (นาทีต่อปี) = ความถี่ที่เพิ่มขึ้น x เวลาการเปลี่ยนเครื่องมือต่อครั้ง (นาที)

เช่น เวลาสูญเสีย (ขั้นตอนที่ 10.1) = 2 x 5 = 10 นาทีต่อปี

ความถี่ที่เพิ่มขึ้น = อายุเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย – อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน

<u>หมายเหตุ</u>:

ลำดับที่ 1 อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น) กำหนดโดยผู้ขาย

ลำดับที่ 2 เวลาการเปลี่ยนเครื่องมือต่อครั้ง (นาที) = 5 นาที กำหนดโดยทีมวิศวกรรมการผลิตคำนวณหาเวลาที่สูญเสียไปตามตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 การสูญเสียเวลาและต้นทุนในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

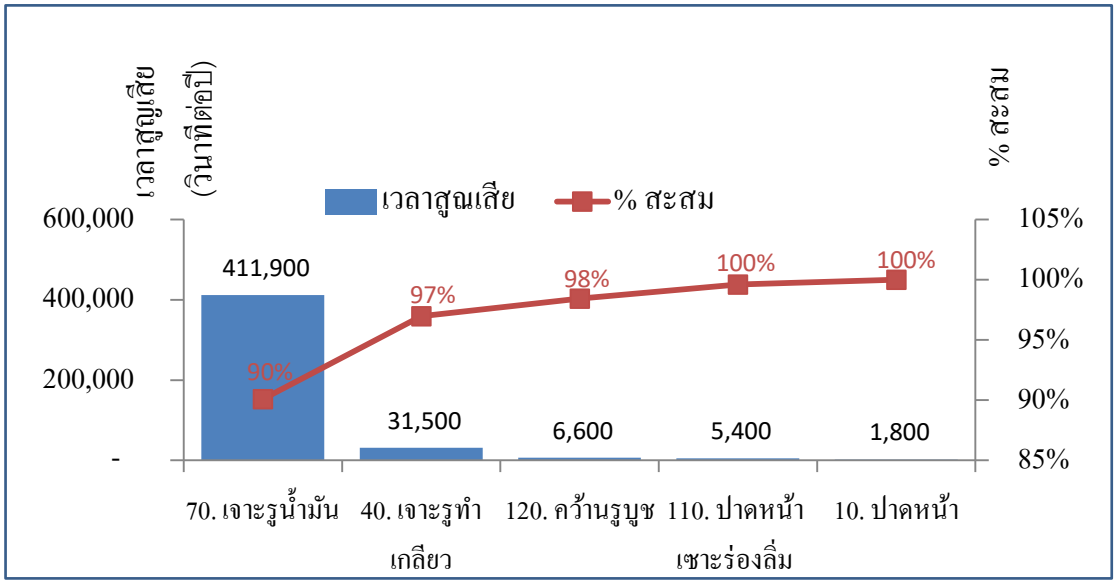
ขั้นตอน	เวลาที่สูญเสีย (นาทีต่อปี)	รวมเวลาในกระบวนการ (วินาทีต่อปี)	ค่าแรง (บาทต่อปี)
			0.01
10	30	1,800	18
40	525	31,500	315
70	6,865	411,900	4,119
110	90	5,400	54
120	110	6,600	66
รวม	7,620	457,200	4,572

เวลาที่สูญเสียไปทำให้เป็นหน่วยวินาที เท่ากับ 7,620 x 60 = 457,200 วินาทีต่อปี

สูญเสียค่าแรง เท่ากับ 457,200 x 0.01 = 4,572 บาทต่อปี

ค่าแรง = 0.01 บาทต่อวินาที (จากตารางภาคผนวก ก-1)

จากตารางที่ 3-7 เมื่อนำมาทำเป็นกราฟพาเรโตเรียงค่าเวลาที่สูญเสียจากมากไปหาน้อยตามภาพที่ 3-5 ทำให้เห็นถึงปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



ภาพที่ 3-5 เวลาที่สูญเสียในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการ

จากภาพที่ 3-5 ขั้นตอนที่ 70 กระบวนการเจาะรูน้ำมันทำให้เสียเวลามากที่สุด 411,900 วินาทีต่อปี หรือ 90% ของเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดทั้งหมด

2.2 พิจารณาความสูญเสียเปรียบเทียบกับผลที่คาดว่าจะได้

กำลังการผลิตที่เสียไป = เวลาที่สูญเสียทั้งหมด/ รอบการผลิต

= 457,200/ 28 = 16,328 ชิ้นต่อปี หรือ 1,360 ชิ้นต่อเดือนหรือ 65 ชิ้นต่อวัน

เวลาผลิต (Cycle time) = 28 วินาที (ใช้เวลาที่ช้าที่สุดในกระบวนการ) (จากตารางภาคผนวก ก-1)

ซึ่งความต้องการของลูกค้า คือ 850 ชิ้นต่อวัน การผลิตจริงเท่ากับ 700 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหากทำการปรับปรุงเฉพาะเครื่องมือตัดที่มีความถี่ให้ได้ตามมาตรฐานจะได้กำลังการผลิตเพิ่มเป็น 765 ชิ้นต่อวันซึ่งก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้จึงประชุมกับทีมงานในบริษัทว่าในการลดความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดนั้นให้พิจารณาทุกเครื่องมือตัดและปรับปรุงให้มีความถี่น้อยกว่าความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือมาตรฐานเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า

3. ปริมาณการสั่งซื้อ (Order) และการผลิตจริง

ทางผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบความต้องการของลูกค้ากับการผลิตจริงของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2015 ดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลการผลิตก้านสูบลูกค้า G รุ่น Con-Rod G

ข้อมูลการผลิตก้านสูบลูกค้า G ปี พ.ศ. 2558													
รายละเอียด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
จำนวนวันทำงาน (วัน)	21.0	21.0	23.0	16.0	21.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	24.0	20.0	22.0
คำสั่งซื้อ (1,000 ชิ้น)	16.8	16.5	17.3	17.7	17.4	17.6	17.2	18.1	17.8	17.9	16.7	16.3	17.3
ผลิตได้จริง (1,000 ชิ้น)	15.2	15.3	15.9	14.8	15.8	15.4	15.0	15.1	15.8	15.6	16.2	16.0	15.5
ความต้องการต่อวัน (1,000 ชิ้น)	0.80	0.79	0.75	1.10	0.83	0.80	0.78	0.82	0.81	0.81	0.70	0.82	0.79
ผลิตได้จริง ต่อวัน (1,000ชิ้น)	0.72	0.73	0.69	0.93	0.75	0.70	0.68	0.69	0.72	0.71	0.68	0.80	0.70

จากตารางที่ 3-8 คำสั่งซื้อของลูกค้ามีมากกว่ากำลังการผลิตของบริษัท ซึ่งต้องแก้ไขโดยต่อรองกับลูกค้าและต้องทำงานล่วงเวลา (Over time) ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายมากขึ้นส่งผลให้กำไรลดลง

4. กำหนดเป้าหมายของโครงการโดยผู้บริหารของบริษัท

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดทางผู้บริหารได้เห็นสิ่งที่ต้องปรับปรุงมี 2 อย่าง คือ ต้นทุนเครื่องมือตัดเพราะต้นทุนเครื่องมือตัดสูงจะทำให้ต้นทุนกระบวนการสูงด้วยและลูกค้ามีนโยบายขอลดราคาทุก ๆ ปีอยู่แล้วเป็นโอกาสที่จะทำการปรับปรุงอีกอย่าง คือ ด้านกำลังการผลิตซึ่งยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ผู้บริหารจึงมีการตั้งเป้าหมาย ดังนี้

4.1 ลดต้นทุนของเครื่องมือตัดอย่างน้อย 40% ของต้นทุนเครื่องมือตัดทั้งหมด

4.2 ลดความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้อย่างน้อย 15%

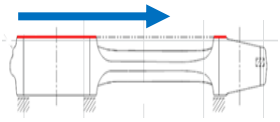
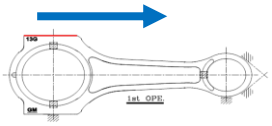
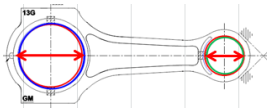
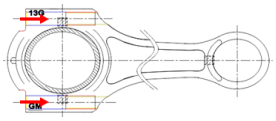
การวิเคราะห์หน้าที่

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ ทำการแยกหน้าที่หลัก หน้าที่รอง และนำหน้าที่หลักไปพิจารณาเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

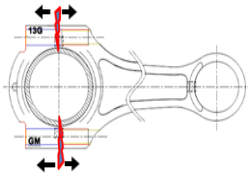
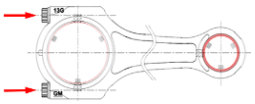
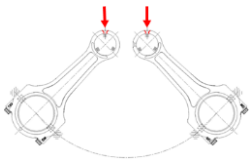
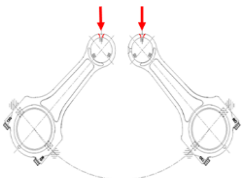
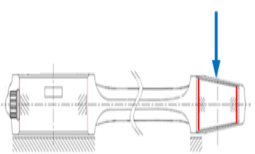
1. หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ

ตารางอธิบายหน้าที่ของแต่ละกระบวนการตั้งแต่ขั้นตอนที่ 10 ถึงขั้นตอนที่ 210 เพื่อให้รู้ว่าแต่ละกระบวนการทำงานอย่างไรและทำให้เกิดผลอะไร

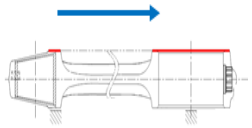
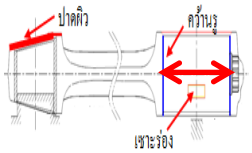
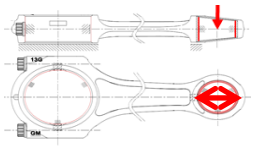
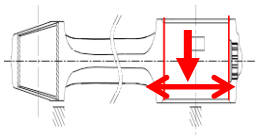
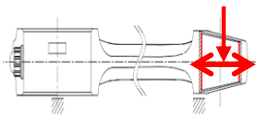
ตารางที่ 3-9 หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ

ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ภาพชิ้นงานและกระบวนการ	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
			กิริยา	นาม	หลัก	รอง	
10	ปาดหน้า (Facing)		ปาด	ผิวด้านบน	/		เป็นการปาดผิวเพื่อให้ได้ขนาดคร่าว ๆ
20	ปาดข้าง (Side Milling)		ปาด	ผิวด้านข้าง	/		เป็นการปาดผิวเพื่อให้ได้ขนาดคร่าว ๆ
30	คว้านรู (Boring)		คว้าน	รูด้านใน	/		เป็นการคว้านเพื่อให้ได้ขนาดคร่าว ๆ
	ลบคม (Chamfering)		ลบ	ขอบรู		/	เป็นการลบมุมตัดของขอบรู
40	เจาะรู (Drilling)		เจาะ	รูสลักเกลียว	/		เป็นการเจาะเพื่อทำให้เป็นรู
	ทำเกลียว (Tapping)		ทำ	เกลียวใน	/		ทำร่องเกลียวสำหรับใส่สลักเกลียว

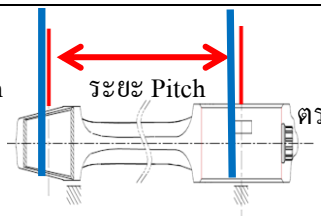
ตารางที่ 3-9 (ต่อ)

ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ภาพชิ้นงานและเครื่องมือตัด	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
			กิริยา	นาม	หลัก	รอง	
50	ตัดเลเซอร์ (Laser notch)		ตัด	ร่องบาก	/		ทำให้เป็นแนวหรือเป็นร่องบาก
	แยกชิ้นงาน Cracking		กะเทาะ	ชิ้นงาน		/	แยกงานออกจากกัน
	ร้อยสลักเกลียว (Pre-bolt)		ใส่	สลักเกลียว		/	ร้อยสลักเกลียวจับคู่งานไว้เหมือนเดิม
60	ขันสลักเกลียว (Bolt tightening)		ขัน	สลักเกลียว		/	ยึดงาน 2 ชิ้นให้แน่น
70	เจาะรูน้ำมัน (Drilling oil hole)		เจาะ	รูน้ำมัน	/		เพื่อระบายและหล่อลื่นน้ำมัน
80	ลบคม (Chamferin)		ลบ	ขอบรู		/	เป็นการลบมุมตัดของขอบรู
90	อัดบูช (Press Bush)		อัด	บูช	/		อัดบูชรองรับ Piston กับก้านสูบ

ตารางที่ 3-9 (ต่อ)

ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ภาพชิ้นงานและเครื่องมือตัด	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
			กิริยา	นาม	หลัก	รอง	
100	เจียระไนผิว (Grinding)		เจียระไน	ผิวด้านบน	/		ทำให้ผิวเรียบและได้ขนาด
110	ปาดหน้า (Facing)		ปาด	ผิวเอียง		/	ปาดหลบไม่ให้สัมผัสกัน
	เซาะร่องลิ่ม (Grooving)		เซาะ	ร่องลิ่ม	/		ล็อกแกนเพลา
	คว้านรู (Boring)		คว้าน	รูใหญ่		/	เป็นการปาดผิวเพื่อให้ได้ขนาด
120	คว้านรูบูช (Special boring)		คว้าน	รูบูช	/		ทำให้ผิวเรียบและได้ขนาด
130	เจียระไนผิวละเอียดรูใหญ่ (Honing)		เจียระไน	รูใหญ่	/		ทำให้ผิวเรียบมันและได้ขนาด
140	เจียระไนผิวละเอียดรูบูช (Honing)		เจียระไน	รูบูช	/		ทำให้ผิวเรียบมันและได้ขนาด

ตารางที่ 3-9 (ต่อ)

ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ภาพชิ้นงานและเครื่องมือตัด	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
			กิริยา	นาม	หลัก	รอง	
150	ล้างทำความสะอาด (Washing)		ล้าง	ชิ้นงาน		/	ล้างผิวชิ้นงานให้งานสะอาด
160	ตรวจสอบระยะ Pitch (Check pitch)		ตรวจสอบ	ระยะ Pitch		/	ตรวจสอบระยะ Pitch
170	ชั่งน้ำหนัก (Weight scale)		ชั่ง	น้ำหนัก		/	ตรวจสอบน้ำหนัก
180	กำหนดกลุ่ม (Rank marking)		ตอก	สัญลักษณ์		/	ตรวจสอบสัญลักษณ์
190	ตรวจสอบทั่วไป (Final inspection)		ตรวจสอบ	ชิ้นงาน		/	ตรวจสอบทั่วไป
200	แยกกลุ่มอัตโนมัติ (Automatic ranking)		ตรวจสอบ	ชิ้นงาน		/	ตรวจสอบสัญลักษณ์
210	บรรจุ (Packing)		บรรจุ	ชิ้นงาน		/	พร้อมส่ง

จากการวิเคราะห์หน้าที่ตามตารางที่ 3-9 ทำให้ทราบถึงหน้าที่หลักและหน้าที่รองของชิ้นส่วนเพื่อที่จะเป็นข้อมูลในการปรับปรุงชิ้นงาน โดยรักษาหน้าที่หลักไว้ทุกประการ

2. ทำการเปรียบเทียบหน้าที่หลักทีละคู่ และให้คะแนนลำดับความสำคัญ (Function)

เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบความสำคัญหน้าที่หลัก โดยจะใช้อักษรแทนหน้าที่หลักดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 สัญลักษณ์หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ

หน้าที่หลักของกระบวนการ	สัญลักษณ์
ปาดผิวด้านบน	A
ปาดผิวด้านข้าง	B
คว้านรูด้านใน	C
เจาะรูสลักเกลียว	D
ทำเกลียวใน	E
ตัดร่องบาก	F
เจาะรูน้ำมัน	G
อัดบูช	H
เจียระไนผิวด้านบน	I
เซาะร่องลิ่ม	J
คว้านรูบูช	K
เจียระไนรูใหญ่	L
เจียระไนรูบูช	M

น้ำหนักการประเมิน
1. ระดับความแตกต่างของความสำคัญ เท่ากัน
2. ระดับความแตกต่างของความสำคัญ น้อย
3. ระดับความแตกต่างของความสำคัญ ปานกลาง
4. ระดับความแตกต่างของความสำคัญ มาก

ทำการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขโดยเริ่มต้นจากการเปรียบเทียบหน้าที่ของ A กับ B และดูว่าอันไหนสำคัญกว่ากันแล้วใส่อักษร A/ B ลงในช่องตารางการประเมินตัวเลขในตารางที่ 3-11 ซึ่งแสดงว่า A กับ B มีน้ำหนักเท่ากัน ในลำดับต่อไปทำการเปรียบเทียบหน้าที่ A กับ C ใส่อักษร 2C ลงช่องตารางการประเมินซึ่ง 2 อยู่หน้า C แสดงว่า C มีความสำคัญน้อยและเปรียบเทียบหน้าที่ A กับ D ไปเรื่อย ๆ จนครบต่อจากนั้นเริ่มบรรทัดใหม่โดยเปรียบเทียบหน้าที่ B กับ C จนครบทุกหน้าที่

ตารางที่ 3-11 เปรียบเทียบหน้าที่หลักทีละคู่

สัญลักษณ์	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
A	-	A/ B	2C	4D	4E	A/ F	2G	2A	2I	3J	A/ K	3L	3M	
B	-	-	2C	4D	4E	B/ F	2G	B/ H	2I	3J	2K	3L	3M	
C	-	-	-	C/ D	4E	C/ F	C/ G	2C	2I	2J	C/ K	3L	3M	
D	-	-	-	-	D/ E	3D	D/ G	3D	3D	D/ J	D/ K	D/ L	D/ M	
E	-	-	-	-	-	3E	E/ G	3E	3E	E/ J	2E	E/ L	E/ M	
F	-	-	-	-	-	-	F/ G	3F	F/ I	F/ J	2F	2L	4M	
G	-	-	-	-	-	-	-	G/ H	G/ I	G/ J	2G	G/ L	2M	
H	-	-	-	-	-	-	-	-	H/ I	2J	H/ K	2L	4M	
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2J	I/ K	I/ L	I/ M	
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2J	J/ L	J/ M	
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K/ L	2M	
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L/ M	
M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
คะแนนรวม	5	3	10	24	28	11	14	5	12	20	8	20	26	186
% น้ำหนัก	2.69	1.61	5.38	12.90	15.05	5.91	7.53	2.69	6.45	10.75	4.30	10.75	13.98	100

จากตารางที่ 3-11 หลังจากทำการสรุปตัวเลขตามน้ำหนักการประเมินสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณได้ ดังนี้ อักษร A = ผลรวมการประเมินหน้าที่ของ A เปรียบเทียบกับ B, C, D จนถึง M

= A + A + 2A + A

= 5

ซึ่งสรุปได้ว่า A มีค่าน้ำหนักจากการประเมินเท่ากับ 5 จากนั้นดำเนินการเรียงลำดับน้ำหนักจากมากไปหาน้อยเพื่อเป็นหลักในการพิจารณาที่จะปรับปรุงแก้ไข ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 สรุปการประเมินน้ำหนักเรียงจากมากไปน้อย

หน้าที่หลักของกระบวนการ	สัญลักษณ์	คะแนน	น้ำหนัก (%)
ทำเกลียวใน	E	28	15.05
เจียระไนรูบูช	M	26	13.98
เจาะรูสลักเกลียว	D	24	12.90
เซาะร่องลิ่ม	J	20	10.75
เจียระไนรูใหญ่	L	20	10.75
เจาะรูน้ำมัน	G	14	7.53
เจียระไนผิวด้านบน	I	12	6.45
ตัดร่องบาก	F	11	5.91
คว้านรูด้านใน	C	10	5.38
คว้านรูบูช	K	8	4.30
ปาดผิวด้านบน	A	5	2.69
อัดบูช	H	5	2.69
ปาดผิวด้านข้าง	B	3	1.61
รวม		186	100

จากตารางที่ 3-12 กระบวนการที่มีน้ำหนักความสำคัญมาก คือ กระบวนการทำเกลียว ขั้นตอนที่ 40.2 เท่ากับน้ำหนัก 28 กระบวนการเจียระไนผิวละเอียดบูชขั้นตอนที่ 140 เท่ากับน้ำหนัก 26 เรียงลงมาจนถึงขั้นตอนที่ 20 = น้ำหนัก 3

3. คำนวณหาคุณค่าเครื่องมือตัด

ทำการคำนวณคุณค่าของเครื่องมือตัดเพื่อหากระบวนการที่มีคุณค่าที่น้อยกว่า 1.0 เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนในการสร้างสรรค์ความคิดต่อไปดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 คุณค่าของเครื่องมือตัด

ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	หน้าที่หลักของกระบวนการ	ราคาเครื่องมือตัด (บาทต่อชิ้น)	สัดส่วนราคาเครื่องมือตัด (%)	Function (%)	คุณค่าเครื่องมือตัด	หมายเหตุ
10	ปาดหน้า	ปาดผิวด้านบน	0.32	1.59	2.69	1.70	
20	ปาดข้าง	ปาดผิวด้านข้าง	0.23	1.14	1.61	1.42	
30	คว้านรู	คว้านรูด้านใน	0.68	3.37	5.38	1.60	
40.1	เจาะรู	เจาะรูสลักเกลียว	4.03	19.97	12.90	0.65	
40.2	ทำเกลียว	ทำเกลียวใน	4.90	24.28	15.05	0.62	
50	ตัดเลเซอร์	ตัดร่องบาก	0.002	0.01	5.91	596.81	ไม่ใช้เครื่องมือตัด
70	เจาะรูน้ำมัน	เจาะรูน้ำมัน	1.70	8.42	7.53	0.89	
90	อัดบูช	อัดบูช	0.001	0.005	2.69	542.55	ไม่ใช้เครื่องมือตัด
100	เจียระไนผิว	เจียระไนผิวด้านบน	1.50	7.43	6.45	0.87	
110	เซาะร่องลิ่ม	เซาะร่องลิ่ม	2.51	12.44	10.75	0.86	
120	คว้านรูบูช	คว้านรูบูช	1.10	5.45	4.30	0.79	
130	เจียระไนผิวละเอียดรูใหญ่	เจียระไนรูใหญ่	2.51	12.44	10.75	0.86	
140	เจียระไนผิวละเอียดรูบูช	เจียระไนรูบูช	0.70	3.47	13.98	4.03	
	รวม		20.18	100	100		

จากตารางที่ 3-13 คำนวณหาคุณค่าเครื่องมือตัดโดย

คุณค่าเครื่องมือตัด V (Value) = F/ C

F = Function คือ หน้าที่คิดเป็น % ลำดับสำคัญของกระบวนการ

C = Cost คือ ต้นทุน ใช้สัดส่วน % ของต้นทุน

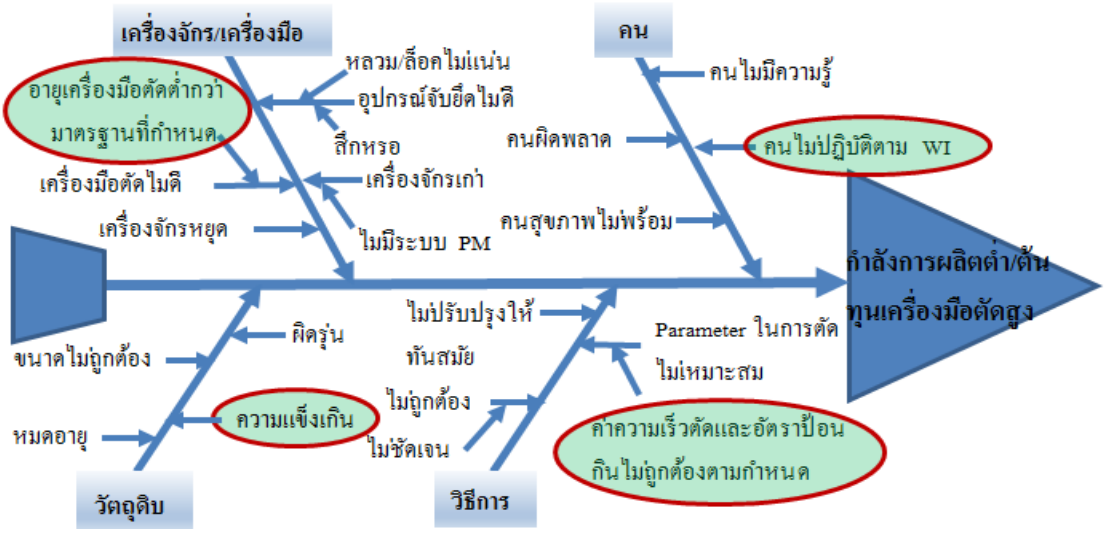
เช่น คุณค่าเครื่องมือตัด ขั้นตอนที่ 10 = 2.69/ 1.59 = 1.70 คำนวณจนจบถึงขั้นตอนที่ 140 ขั้นตอนที่ 50 และขั้นตอนที่ 90 มีต้นทุนน้อยมากเพราะเป็นเครื่องจักรที่ใช้มานานแล้วและมีค่าเสื่อมราคาเหลือน้อยมากจึงมีผลให้มีคุณค่าสูง ส่วนขั้นตอนที่มีคูณค่าเครื่องมือตัด <1.0 คือ ขั้นตอนที่ 40.1, 40.2, 70, 100, 110, 120 และขั้นตอนที่ 130 ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสรรค์แนวคิดในการปรับปรุงต่อไป แต่ขั้นตอนที่ 100 ยังไม่ทำการปรับปรุงเนื่องจากต้องสั่งซื้อหินเจียระไนจากต่างประเทศซึ่งต้องใช้เวลาในการดำเนินการนานและราคาสูงเพราะต้องสั่งทำหินเจียระไนชนิดพิเศษ ถ้าทดลองไม่ผ่านต้องเสียเวลาสั่งซื้อใหม่เพิ่มอีก ทางทีมงานจึงสรุปว่าให้ปรับปรุงขั้นตอนอื่น ๆ ก่อนและหลังจากนี้ให้ฝ่ายจัดซื้อดำเนินการติดต่อประสานงานกับผู้ขายทางต่างประเทศหากวัสดุอุปกรณ์พร้อมก็จะทำการทดลองต่อไป

สร้างสรรค์ความคิด

ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยและทีมงานทำการประชุมเพื่อระดมความคิดในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางหรือแนวคิดในการนำเสนอปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่อไป

1. ระดมความคิดวิเคราะห์ปัญหาด้านกำลังการผลิตต่ำและต้นทุนเครื่องมือตัดสูง

ทางผู้วิจัยได้ระดมทีมงานระดับวิศวกรโรงงานเพื่อวิเคราะห์ถึงรากเหตุ (Root cause) ของปัญหาต้นทุนในกระบวนการสูงและกำลังการผลิตต่ำโดยใช้แผนภูมิก้างปลา (Ichikawa diagram) เพื่อวิเคราะห์หาปัญหาเมื่อได้ปัญหาแล้วก็เอาไปวิเคราะห์ 5 Why เพื่อหารากเหตุของปัญหาต่อไป



ภาพที่ 3-6 การวิเคราะห์แผนภูมิก้างปลา

จากภาพที่ 3-6 ทำการวิเคราะห์สาเหตุได้ ดังนี้

สาเหตุที่ 1. ด้านคนหรือพนักงาน (Man) กำหนดปัจจัยที่จะทำให้เกิดสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากคน เช่น ด้านความรู้ ความผิดพลาด ความไม่พร้อมด้านสุขภาพและการไม่ปฏิบัติตาม เป็นต้น ให้วงกลมในข้อที่คิดว่ามีความเป็นไปได้มากที่สุด คือ คนไม่ปฏิบัติตาม WI จากนั้นให้วิเคราะห์หน้างานจริงซึ่งพนักงานได้ปฏิบัติตามและเป็นช่วงการหยิบงานเข้า กดปุ่มและหยิบงานออก ไม่มีผลต่อกำลังการผลิตและต้นทุนเครื่องมือตัด ประเด็นนี้ไม่เกี่ยวข้อง

สาเหตุที่ 2. ด้านเครื่องจักร (Machine) หรือเครื่องมือ (Tooling) กำหนดปัจจัยที่จะทำให้เกิดสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรหรือเครื่องมือ เช่น เครื่องจักรเก่า เครื่องมือตัดไม่ดี อุปกรณ์จับยึดไม่ดีและการหยุดการทำงานของเครื่องจักร ถ้าในแต่ละหัวข้อมีข้อย่อยให้แตกเป็นกิ่งออกมาจากหัวข้อนั้น เช่น อุปกรณ์จับยึดไม่ดีแตกย่อยได้เป็นสึกหรอและล็อกไม่แน่น เป็นต้น ในด้านเครื่องจักรนี้สรุปสาเหตุที่ทำให้มีผลต่อกำลังการผลิตและต้นทุนเครื่องมือตัด คือ ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดสูงและจากการเช็คหน้างานจริงมีความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดสูงและการใช้งานไม่ได้ตามมาตรฐานอายุเครื่องมือตัดที่กำหนดไว้ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่นอน จึงต้องวิเคราะห์หารากเหตุโดยใช้ 5 Why อีกครั้ง

สาเหตุที่ 3. ด้านวัตถุดิบ (Material) กำหนดปัจจัยที่จะทำให้เกิดสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากวัตถุดิบ เช่น ด้านขนาด อายุใช้งาน ความแข็ง เป็นต้น ซึ่งทางทีมงานมีความเห็นว่าความแข็งของวัตถุดิบเป็นสาเหตุ จึงเช็คหน้างานจริงพบว่า แผนกควบคุมคุณภาพจะทำการทดสอบความแข็ง

ก่อนรับวัตถุดิบเข้าคลังและค่าความแข็งอยู่ในขนาด (Spec) ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่าวัตถุดิบไม่ใช่สาเหตุของปัญหา

สาเหตุที่ 4. ด้านวิธีการ (Method) กำหนดปัจจัยที่จะทำให้เกิดสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากวิธีการ เช่น ความไม่ถูกต้อง ไม่ปรับปรุงให้ทันสมัย ค่า Parameter ในการตัดไม่เหมาะสม ซึ่งทีมงานมีความเห็นว่าเป็นเรื่องของค่า Parameter ในการตัดไม่เหมาะสมจึงเช็คหน้างานจริงพบว่าที่เครื่องจักรมีการตั้งค่า Parameter ในการตัด เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อนตัดและความลึก อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้ใน WI และมีการปรับปรุงใหม่ผ่านมาแล้ว 3 เดือน สรุปว่าวิธีการไม่ใช่สาเหตุของปัญหา

เมื่อได้สาเหตุของปัญหาที่มีผลต่อกำลังการผลิตและต้นทุนเครื่องมือตัด คือ ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดสูง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ 5 Why เพื่อค้นหารากเหตุของปัญหาต่อไป

2. วิเคราะห์ 5 Why

จากนั้นนำสาเหตุของปัญหาไปทำการวิเคราะห์ 5 Why ดังตารางที่ 3-14 เพื่อหารากเหตุต่อไปและทำการแก้ไขต่อไป

ตารางที่ 3-14 การวิเคราะห์ 5 Why

การวิเคราะห์ 5 Why และแนวทางแก้ไข					
หัวข้อ: อายุเครื่องมือตัดต่ำกว่ามาตรฐาน					
สาเหตุ	WHY 1	WHY 2	WHY 3	WHY 4	WHY 5
อายุเครื่องมือตัดต่ำกว่ามาตรฐาน	เครื่องมือตัดไม่ได้คุณภาพ	คุณสมบัติเครื่องมือตัดไม่เหมาะสม	ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เครื่องมือตัด	วิศวกรขาดความรู้ในการดำเนินการ	ไม่ได้กำหนดในขั้นตอนทำชิ้นส่วนใหม่ (New model)
การแก้ไขชั่วคราว				ระยะเวลาดำเนินการ	
1. เพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันหล่อเย็น				เริ่มได้ทันที	แก้ไขแบบถาวรได้
การแก้ไขแบบถาวร				ระยะเวลาดำเนินการ	
1. ทดสอบค้นหาเครื่องมือตัดที่มีความแข็งแรง ทนการสึกหรอได้ดีและมีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้นโดยปรึกษาผู้ขาย				มิ.ย.-59	
2. ปรับปรุงขั้นตอนการทำชิ้นส่วนใหม่ ให้ชัดเจนและทำการอบรมให้วิศวกรที่เกี่ยวข้อง				1-มิ.ย.-59	31-ส.ค.-59

หมายเหตุ: ขั้นตอนการทำชิ้นส่วนใหม่เป็นขั้นตอนของหน่วยงานวิศวกรรมในการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตจึงไม่มีผลกระทบกับการผลิต

จากตารางที่ 3-14 เมื่อเราได้สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยการวิเคราะห์จากแผนภูมิก้างปลาแล้วนั้น ก็นำปัญหาที่ได้มาวิเคราะห์หารากเหตุต่อไป ปัญหาที่ได้ คือ อายุเครื่องมือตัดต่ำ นำมาตั้งเป็นหัวข้อในการวิเคราะห์ 5 Why

Why 1 = ทำไมจึงมีความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเพราะเครื่องมือตัดไม่ได้คุณภาพ

Why 2 = ทำไมเครื่องมือตัดไม่ได้คุณภาพเพราะคุณสมบัติเครื่องมือตัดไม่เหมาะสม

Why 3 = ทำไมคุณสมบัติเครื่องมือตัดไม่เหมาะสมเพราะไม่ได้ทำการวิเคราะห์เครื่องมือตัด

Why 4 = ทำไมไม่ได้ทำการวิเคราะห์เครื่องมือตัด วิศวกรขาดความรู้ในการดำเนินการ

Why 5 = ทำไมวิศวกรขาดความรู้ในการดำเนินการไม่ได้กำหนดในขั้นตอนทำชิ้นส่วนใหม่ (New model)

เมื่อได้รากเหตุของปัญหาให้ทำการกำหนดการแก้ไขชั่วคราวและการแก้ไขแบบถาวร ดังตารางที่ 3-14

3. การเสนอแนวคิดในการปรับปรุงแก้ไข

ผู้วิจัยได้รวบรวมทีมวิศวกรของบริษัทเพื่อทำการวิเคราะห์และหาปัจจัยที่มีผลทำให้มีความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดสูงหรืออายุเครื่องมือตัดสั้นเพื่อนำเสนอในการปรับปรุงแก้ไข และได้สรุปออกมาได้ 4 แนวคิด ดังนี้

3.1 เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด ทำการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือคมตัดและเปลี่ยนสารเคลือบเครื่องมือตัด เช่น เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดจาก High speed steel (HSS) เป็น Cobalt-high speed steel (HSS-Co) หรือใช้วัสดุคมตัดเดิมแต่เปลี่ยนสารเคลือบผิวเครื่องมือตัดจาก Titanium nitride (TiN) เป็น Titanium carbon nitride (TiCN) เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้ทนความร้อน ทนต่อการสึกหรอ ลดแรงเสียดทานได้ดีกว่าวัสดุคมตัดเดิมที่ยังไม่มีการปรับปรุงหรือการควบรวมเครื่องมือตัดจากหลาย ๆ เครื่องมือตัดเป็นเครื่องมือตัดเดียวในแต่ละกรณีต้องติดต่อผู้ขายให้หาเครื่องมือตัดโดยเปลี่ยนใช้วัสดุเครื่องมือตัดแบบใหม่ ๆ มาทดลองเพื่อหาเครื่องมือตัดที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและราคาที่เหมาะสมจะมีผลทำให้ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่ำลงมีเวลาในการผลิตมากขึ้นและต้นทุนของเครื่องมือตัดจะลดลงด้วย

3.2 เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น หลักการของแนวคิดนี้ คือ การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น โดยมาตรฐานอัตราส่วนการผสมน้ำมันหล่อเย็นกับน้ำ คือ 1 : 10 เพิ่มความเข้มข้นเป็น 2 : 10 มีผลทำให้ยืดอายุเครื่องมือตัดออกไปได้แต่ทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นหรืออีกแนวคิด

การเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น คือ การเพิ่มความถี่ในการเปลี่ยนน้ำมันหล่อเย็นจาก 1 ครั้งต่อเดือนเป็น 2 ครั้งต่อเดือนทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่แนวคิดการสรรหาหรือทดลองน้ำมันหล่อเย็นแบบใหม่ไม่สามารถทำได้เนื่องจากต้องใช้เวลานานในการทดลองและผู้วิจัยมีเวลาจำกัด

3.3 ปรับลดอัตราป้อน ทำการปรับลดอัตราป้อนกินจาก 0.5 มิลลิเมตรเป็น 0.25 มิลลิเมตร ทำให้งานเสร็จช้าลง มีผลทำให้อายุเครื่องมือตัดยาวขึ้นเป็นการลดความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดแต่กำลังการผลิตจะลดลงด้วย

3.4 กำหนดความเร็วรอบใหม่ ทำการทดลองหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในแต่ละกระบวนการเพราะถ้าความเร็วรอบต่ำอาจทำให้อายุเครื่องมือตัดยาวขึ้นแต่มีผลกับกำลังการผลิตต่ำลงแต่ถ้าความเร็วรอบสูงอายุเครื่องมือตัดจะสั้นและเกิดความเสียหายต่อเครื่องมือตัดได้ (ละลายหรือสึกหรอเร็วขึ้น) ซึ่งการกำหนดความเร็วรอบของรอบที่เหมาะสมต้องสอดคล้องกับอัตราป้อนด้วย

4. การกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงในส่วนของเครื่องมือตัด

ผู้วิจัยได้ทำการระดมความคิดถึงเรื่องของกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงในส่วนของอายุเครื่องมือตัด โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาถึงหัวข้อปัจจัย 4 อย่าง คือ

4.1 ด้านกำลังการผลิต

4.2 ด้านต้นทุนเครื่องมือตัด

4.3 ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

4.4 ด้านของเสียในกระบวนการ

การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ดังนี้

น้อยที่สุด = 1

น้อย = 2

ปานกลาง = 3

มาก = 4

มากที่สุด = 5

ซึ่งสามารถคำนวณลำดับความสำคัญได้ ดังนี้

ตารางที่ 3-15 หาระดับความสำคัญของเกณฑ์

ปัจจัย	กำลังการผลิต	ต้นทุน เครื่องมือตัด	ความถี่ในการ เปลี่ยนเครื่องมือตัด	ของเสีย ในกระบวนการ
กำลังการผลิต	1	4	4	5
ต้นทุนเครื่องมือตัด	0.25	1	5	4
ความถี่ในการ เปลี่ยนเครื่องมือตัด	0.25	0.2	1	2
ของเสีย ในกระบวนการ	0.2	0.25	0.50	1
รวม	1.70	5.45	10.50	12

จากตารางที่ 3-15 ทำการเปรียบเทียบ ดังนี้

1. ทำการเปรียบเทียบปัจจัยกำลังการผลิตกับกำลังการผลิตจะมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบในปัจจัยเดียวกันแล้วบันทึกลงในตาราง

2. ทำการเปรียบเทียบปัจจัยกำลังการผลิตกับต้นทุนเครื่องมือตัดจะมีค่าเท่ากับ 4 แสดงว่ากำลังการผลิตมีระดับความสำคัญกว่าต้นทุนเครื่องมือตัดมากแล้วบันทึกลงในตาราง

3. ทำการเปรียบเทียบปัจจัยกำลังการผลิตกับความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดจะมีค่าเท่ากับ 4 แสดงว่ากำลังการผลิตมีระดับความสำคัญกว่าความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดมากแล้วบันทึกลงในตาราง

4. ทำการเปรียบเทียบปัจจัยกำลังการผลิตกับของเสียในกระบวนการจะมีค่าเท่ากับ 5 แสดงว่าอายุกำลังการผลิตมีระดับความสำคัญกว่าของเสียในกระบวนการมากที่สุดแล้วบันทึกลงในตาราง

5. เมื่อทำปัจจัยด้านกำลังการผลิตครบทั้งหมดแล้วให้ทำการเปรียบเทียบปัจจัยต้นทุนเครื่องมือตัดต่อไปจนครบทุกปัจจัย ซึ่งก็สรุปผลการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ได้ดังตาราง

หลังจากทำการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า Eigen value โดยมีรายละเอียดการคำนวณตามข้อมูลด้านล่างนี้ และสามารถสรุปข้อมูลการคำนวณได้ดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 ค่า Eigen value

ปัจจัย	กำลังการผลิต	ต้นทุนเครื่องมือตัด	ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	ของเสียในกระบวนการ	รวม	ลำดับสำคัญ
กำลังการผลิต	0.59	0.73	0.38	0.42	2.12	0.53
ต้นทุนเครื่องมือตัด	0.15	0.18	0.48	0.33	1.14	0.29
ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	0.15	0.04	0.10	0.17	0.45	0.11
ของเสียในกระบวนการ	0.12	0.05	0.05	0.08	0.29	0.07
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00

จากตารางที่ 3-16 ทำการคำนวณ ดังนี้

1. นำตัวเลขในแต่ละคอลัมน์ในตารางที่ 3-16 หารด้วยผลรวมของทุกคอลัมน์นั้น ๆ เช่น คอลัมน์กำลังการผลิต = 1/ 1.70 = 0.59 ต้นทุนเครื่องมือตัด = 0.25/ 1.70 = 0.15 เป็นต้น

2. หาผลรวมในแต่ละแถวของปัจจัย เช่น ผลรวมปัจจัยกำลังการผลิตมีค่าเท่ากับ 0.59+0.73+0.38+0.42 = 2.12

3. หาระดับความสำคัญโดยหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแต่ละแถว เช่น ระดับความสำคัญปัจจัยกำลังการผลิต = (2.12/ 4)*100% = 53%

4. หาระดับความสำคัญในคอลัมน์ต้นทุนเครื่องมือตัด ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด และของเสียในกระบวนการเช่นเดียวกันจนจบ

หลังจากการคำนวณหาค่า Eigen value สามารถสรุปเป้าหมายได้ดังตารางที่ 3-17

ตารางที่ 3-17 สรุปเป้าหมายในการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัด

เป้าหมายในการปรับปรุง	คะแนนที่ได้	กำหนดเป้าหมาย
กำลังการผลิต	53%	กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 15%
ต้นทุนเครื่องมือตัด	29%	ลดต้นทุนเครื่องมือตัดลงมากกว่า 40%
ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	11%	ลดความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัด
ของเสียในกระบวนการ	7%	ลดของเสียที่เกิดจากเครื่องมือตัด

จากตารางที่ 3-17 น้ำหนักคะแนน 53% เพิ่มกำลังการผลิตขึ้นอย่างน้อย 15% น้ำหนักคะแนน 29% ลดต้นทุนเครื่องมือตัดลงมากกว่า 40% น้ำหนักคะแนน 11% ลดความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดลงและน้ำหนักคะแนน 7% ลดของเสียที่เกิดจากเครื่องมือตัด ซึ่งทางผู้วิจัยและทีมงานเน้นสรุปผล 2 ลำดับแรก คือ ด้านกำลังการผลิตและด้านต้นทุนเครื่องมือตัด

ขั้นประเมินแนวคิดในการปรับปรุง

เมื่อได้เป้าหมายที่จะทำการปรับปรุงแล้วต้องทำการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียในแต่ละแนวคิดและทำการทดสอบพิสูจน์ต่อไปว่าสอดคล้องกันหรือไม่

1. การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียในแต่ละแนวคิด

เป็นการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละแนวคิดกับปัจจัยในแต่ละด้าน คือ ด้านการเพิ่มกำลังการผลิต ด้านการลดต้นทุนเครื่องมือตัด ด้านการลดความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดและด้านการลดของเสียในกระบวนการ ว่าสมควรที่จะดำเนินการหรือไม่ ดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-18 ข้อดีข้อเสียในแต่ละแนวคิด

แนวคิดในการปรับปรุง	เพิ่มกำลังการผลิต	ลดต้นทุนเครื่องมือตัด	ลดความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	ลดของเสียในกระบวนการ
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ปานกลาง
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ดี	น้อย	ดี	ปานกลาง
ปรับลดอัตราป้อน	น้อย	น้อย	ดี	ปานกลาง
กำหนดความเร็วรอบใหม่	ปานกลาง	ดี	ดี	ปานกลาง

จากตารางที่ 3-18 ทางทีมงานยืนยันเลือกการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดเพราะสามารถเพิ่มกำลังการผลิต ลดต้นทุนเครื่องมือตัด ลดการเปลี่ยนเครื่องมือตัดได้ดีมากและลดของเสียในกระบวนการได้ปานกลาง ส่วนการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นนั้นเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต การปรับลดอัตราป้อนทำให้กำลังการผลิตลดลงแต่และเพิ่มต้นทุนในการผลิต การกำหนดความเร็ว

รอบใหม่ต้องหาความเร็วรอบให้เหมาะสมจะลดต้นทุนการผลิตและลดความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดได้ดี

2. การพิจารณา AHP เพื่อที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมกับปัจจัยด้านเครื่องมือตัด

ผู้วิจัยใช้หลักการ AHP ในการพิจารณาให้เห็นความสอดคล้องของปัญหาให้ชัดเจนและเข้าใจมากขึ้นอีกครั้ง จากตารางที่ 3-4 แสดงให้เห็นต้นทุนของเครื่องมือตัดในแต่ละกระบวนการ ตารางที่ 3-6 แสดงถึงความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเปรียบเทียบกับความต้องการของลูกค้า และตารางที่ 3-7 แสดงเวลาที่สูญเสียไปในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยทีมงานได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาของข้อมูลทั้ง 3 ตาราง โดยมีแนวคิดที่จะทำการประเมิน ดังนี้

2.1 เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด

2.2 เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น

2.3 ปรับลดอัตราป้อน

2.4 กำหนดความเร็วรอบใหม่

ตารางที่ 3-19 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านกำลังการผลิต

กำลังการผลิต	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	1	3	4	5
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	0.33	1	3	4
ปรับลดอัตราป้อน	0.25	0.33	1	3
กำหนดความเร็วรอบใหม่	0.2	0.25	0.33	1
รวม	1.78	4.58	8.33	13

จากตารางที่ 3-19 อธิบายได้ ดังนี้

1. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดจะมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบในปัจจัยเดียวกันแล้วบันทึกลงในตาราง

2. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นจะมีค่าเท่ากับ 3 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อกำลังการผลิตมากกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นในระดับปานกลางแล้วบันทึกลงในตาราง

3. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการปรับลดอัตราป้อนจะมีค่าเท่ากับ 4 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อกำลังการผลิตมากกว่าการปรับลดอัตราป้อนมากแล้วบันทึกลงในตาราง

4. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการกำหนดความเร็วรอบใหม่จะมีค่าเท่ากับ 5 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อกำลังการผลิตมากกว่าการกำหนดความเร็วรอบใหม่มากที่สุดแล้วบันทึกลงในตาราง

5. เมื่อเปรียบเทียบด้านการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดครบทั้งหมดแล้วให้ทำการเปรียบเทียบด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น ปรับลดอัตราป้อนและด้านกำหนดความเร็วรอบใหม่ต่อไปจนครบทุกแนวคิด ซึ่งก็สรุปผลการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ได้ดังตาราง

หลังจากทำการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า Eigen value ของกำลังการผลิต โดยมีรายละเอียดการคำนวณตามข้อมูลด้านล่างนี้ และสามารถสรุปข้อมูลการคำนวณได้ดังตารางที่ 3-20

ตารางที่ 3-20 ค่า Eigen value ด้านกำลังการผลิต

กำลังการผลิต	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่	รวม	ลำดับความสำคัญ
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	0.56	0.66	0.48	0.38	2.08	0.52
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	0.19	0.22	0.36	0.31	1.07	0.27
ปรับลดอัตราป้อน	0.14	0.07	0.12	0.23	0.56	0.14
กำหนดความเร็วรอบใหม่	0.11	0.05	0.04	0.08	0.28	0.07
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00

จากตารางที่ 3-20 การเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีความสำคัญกับกำลังการผลิตเนื่องจากวัสดุเครื่องมือตัดที่แข็งแรงทำให้ผลิตงานได้ต่อเนื่องเพิ่มกำลังการผลิต (วิธีการคำนวณอ้างอิงได้จากตารางที่ 3-16)

ตารางที่ 3-21 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านต้นทุนเครื่องมือตัด

ต้นทุนเครื่องมือตัด	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	1	3	5	5
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	0.33	1	5	5
ปรับลดอัตราป้อน	0.2	0.2	1	3
กำหนดความเร็วรอบใหม่	0.2	0.2	0.33	1
รวม	1.73	4.40	11.33	14

จากตารางที่ 3-21 อธิบายได้ ดังนี้

1. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดจะมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบในปัจจัยเดียวกันแล้วบันทึกลงในตาราง

2. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นจะมีค่าเท่ากับ 3 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อต้นทุนเครื่องมือตัดมากกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นในระดับปานกลางแล้วบันทึกลงในตาราง

3. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการปรับลดอัตราป้อนจะมีค่าเท่ากับ 5 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อต้นทุนเครื่องมือตัดมากกว่าการปรับลดอัตราป้อนมากที่สุดแล้วบันทึกลงในตาราง

4. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับกำหนดการกำหนดความเร็วรอบใหม่จะมีค่าเท่ากับ 5 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อต้นทุนเครื่องมือตัดมากกว่าการกำหนดความเร็วรอบใหม่มากที่สุดแล้วบันทึกลงในตาราง

5. เมื่อเปรียบเทียบด้านการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดครบทั้งหมดแล้วให้ทำการเปรียบเทียบด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น การปรับลดอัตราป้อนและด้านกำหนดความเร็วรอบใหม่ต่อไปจนครบทุกแนวคิด ซึ่งก็สรุปผลการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ได้ดังตารางที่ 3-21

หลังจากทำการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า Eigen value ของต้นทุนเครื่องมือตัด โดยมีรายละเอียดการคำนวณตามข้อมูลด้านล่างนี้ และสามารถสรุปข้อมูลการคำนวณได้ดังตารางที่ 3-22

ตารางที่ 3-22 ค่า Eigen value ด้านต้นทุนการผลิต

ต้นทุนเครื่องมือตัด	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่	รวม	ลำดับความสำคัญ
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	0.58	0.68	0.44	0.36	2.06	0.51
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	0.19	0.23	0.44	0.36	1.22	0.30
ปรับลดอัตราป้อน	0.12	0.05	0.09	0.21	0.46	0.12
กำหนดความเร็วรอบใหม่	0.12	0.05	0.03	0.07	0.26	0.07
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00

จากตารางที่ 3-22 การเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีความสำคัญกับต้นทุนเครื่องมือตัด วัสดุเครื่องมือตัดที่แข็งแรงมีผลทำให้ต้นทุนเครื่องมือตัดลดลง (วิธีการคำนวณอ้างอิงได้จากตารางที่ 3-16)

ตารางที่ 3-23 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	1	3	4	5
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	0.2	1	3	4
ปรับลดอัตราป้อน	0.25	0.25	1	3
กำหนดความเร็วรอบใหม่	0.33	0.25	0.25	1
รวม	1.78	4.50	8.25	13

จากตารางที่ 3-23 อธิบายได้ ดังนี้

1. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดจะมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบในปัจจัยเดียวกันแล้วบันทึกลงในตารางที่ 3-23

2. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นจะมีค่าเท่ากับ 3 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดมากกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นในระดับปานกลางแล้วบันทึกลงในตาราง

3. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการปรับลดอัตราป้อนจะมีค่าเท่ากับ 4 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดมากกว่าการปรับลดอัตราป้อนมากแล้วบันทึกลงในตาราง

4. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการกำหนดความเร็วรอบใหม่จะมีค่าเท่ากับ 5 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดมากกว่าการกำหนดความเร็วรอบใหม่มากที่สุดแล้วบันทึกลงในตาราง

5. เมื่อเปรียบเทียบด้านการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดครบทั้งหมดแล้วให้ทำการเปรียบเทียบด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น การปรับลดอัตราป้อนและด้านกำหนดความเร็วรอบใหม่ ต่อไปจนครบทุกปัจจัย ซึ่งก็สรุปผลการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ได้ดังตาราง

หลังจากทำการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า Eigen value ของความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด โดยมีการคำนวณตามข้อมูลด้านล่างนี้ และสามารถสรุปข้อมูลการคำนวณได้ดังตารางที่ 3-24

ตารางที่ 3-24 ค่า Eigen value ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่	รวม	ลำดับความสำคัญ
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	0.56	0.67	0.48	0.38	2.10	0.52
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	0.11	0.22	0.36	0.31	1.01	0.25
ปรับลดอัตราป้อน	0.14	0.06	0.12	0.23	0.55	0.14
กำหนดความเร็วรอบใหม่	0.19	0.06	0.03	0.08	0.35	0.09
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00

จากตารางที่ 3-24 การเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีความสำคัญกับความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด วัสดุเครื่องมือตัดที่แข็งแรงมีผลทำให้ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดลดลงเพราะอายุเครื่องมือตัดเพิ่มขึ้นด้วย (วิธีการคำนวณอ้างอิงได้จากตารางที่ 3-16)

ตารางที่ 3-25 การพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านของเสียในกระบวนการ

ของเสียในกระบวนการ	เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	ปรับลดอัตราป้อน	กำหนดความเร็วรอบใหม่
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	1	0.33	0.25	0.25
เพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น	3	1	0.33	0.25
ปรับลดอัตราป้อน	4	3	1	0.33
กำหนดความเร็วรอบใหม่	4	4	3	1
รวม	12.00	8.33	4.58	1.83

จากตารางที่ 3-25 อธิบายได้ ดังนี้

1. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดจะมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบในปัจจัยเดียวกันแล้วบันทึกลงในตาราง

2. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นจะมีค่าเท่ากับ 1/ 3 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อของเสียในกระบวนการน้อยกว่าเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น 3 เท่าแล้วบันทึกลงในตาราง

3. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการปรับลดอัตราป้อนจะมีค่าเท่ากับ 1/ 4 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อของเสียในกระบวนการน้อยกว่าการปรับลดอัตราป้อน 4 เท่าแล้วบันทึกลงในตาราง

4. ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดกับการกำหนดความเร็วรอบใหม่จะมีค่าเท่ากับ 1/ 4 แสดงว่าการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีระดับความสำคัญต่อของเสียในกระบวนการน้อยกว่าการกำหนดความเร็วรอบใหม่ 4 เท่าแล้วบันทึกลงในตาราง

5. เมื่อเปรียบเทียบด้านการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดครบทั้งหมดแล้วให้ทำการเปรียบเทียบด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็น การปรับลดอัตราป้อนและด้านกำหนดความเร็วรอบใหม่ต่อไปจนครบทุกปัจจัย ซึ่งก็สรุปผลการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ได้ดังตารางที่ 3-25

หลังจากทำการหาระดับความสำคัญของเกณฑ์ ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า Eigen value ด้านของเสียในกระบวนการ โดยมีรายละเอียดการคำนวณตามข้อมูลด้านล่างนี้ และสามารถสรุปข้อมูลการคำนวณได้ดังตารางที่ 3-26

ตารางที่ 3-26 ค่า Eigen value ด้านของเสียในกระบวนการ

ของเสีย ในกระบวนการ	เปลี่ยนวัสดุ เครื่องมือตัด	เพิ่ม ประสิทธิภาพ การหล่อเย็น	ปรับลด อัตราป้อน	กำหนด ความเร็ว รอบใหม่	รวม	ลำดับ ความสำคัญ
เปลี่ยนวัสดุ เครื่องมือตัด	0.08	0.04	0.05	0.14	0.31	0.08
เพิ่มประสิทธิภาพ การหล่อเย็น	0.25	0.12	0.07	0.14	0.58	0.14
ปรับลด อัตราป้อน	0.33	0.36	0.22	0.18	1.09	0.27
กำหนดความเร็ว รอบใหม่	0.33	0.48	0.66	0.55	2.01	0.50
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00

จากตารางที่ 3-26 วัสดุเครื่องมือตัดมีความสำคัญกับของเสียในกระบวนการน้อย แต่ความเร็วรอบมีความสำคัญต่อของเสียในกระบวนการ (วิธีการคำนวณอ้างอิงได้จากตารางที่ 3-16)

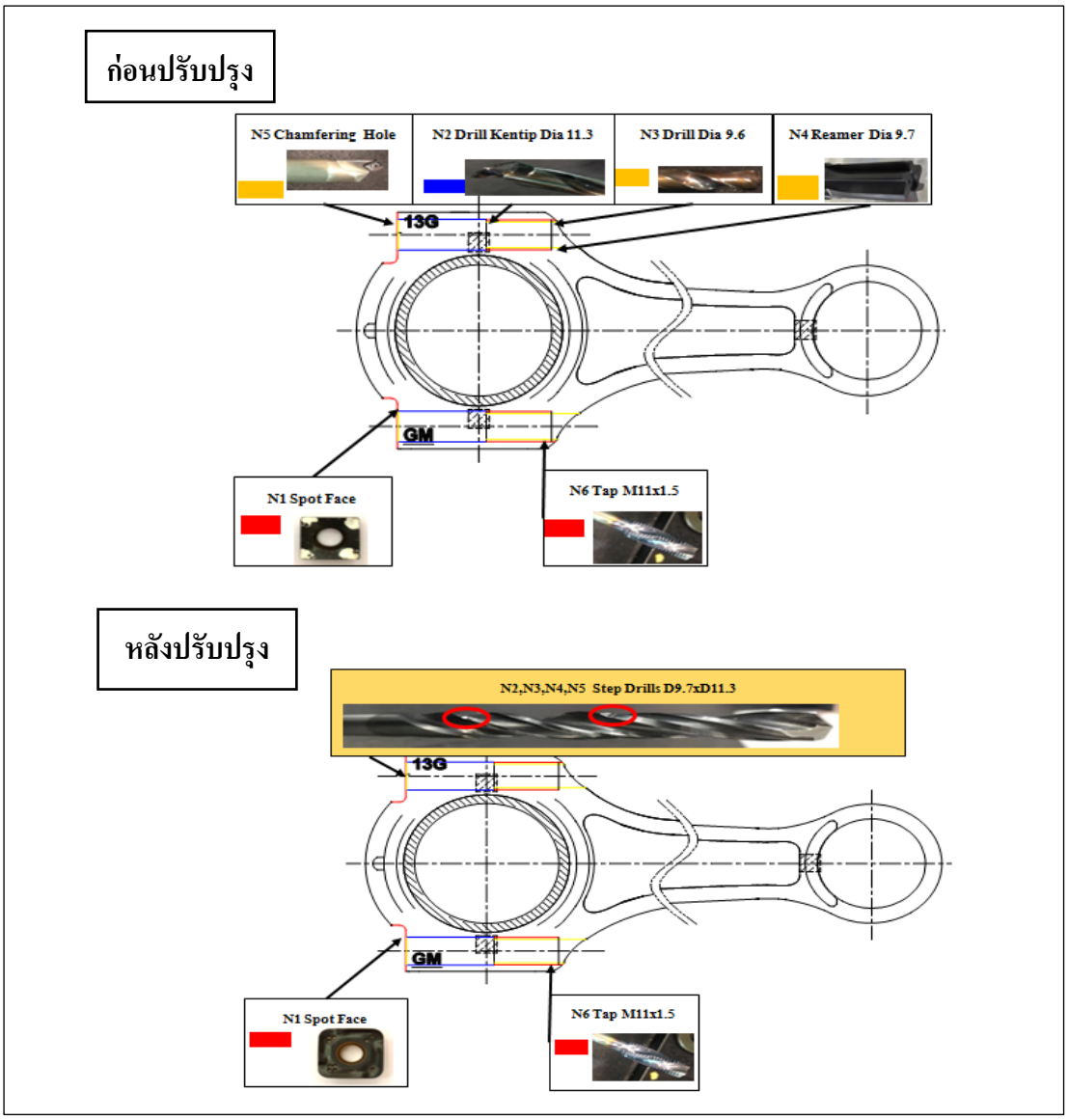
ตารางที่ 3-27 น้ำหนักความสำคัญรวมโดย AHP ทั้ง 4 แนวคิดของเครื่องมือตัด

แนวคิดการปรับปรุง	รายละเอียดการคำนวณ	น้ำหนักที่ได้
เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด	(0.53*0.52)+(0.29*0.51)+(0.11*0.52)+(0.07*0.08)	0.49
เพิ่มประสิทธิ์ภาพการหล่อเย็น	(0.53*0.27)+(0.29*0.30)+(0.11*0.25)+(0.07*0.14)	0.27
ปรับลดอัตราป้อน	(0.53*0.14)+(0.29*0.12)+(0.11*0.14)+(0.07*0.27)	0.14
กำหนดความเร็วรอบใหม่	(0.53*0.07)+(0.29*0.07)+(0.11*0.09)+(0.07*0.50)	0.10

จากตารางที่ 3-27 พบว่าแนวคิดการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดมีน้ำหนักความสำคัญรวมมากที่สุด คือ 0.49 หรือ 49% ดังนั้น แนวคิดนี้จึงถูกนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและลดต้นทุนเครื่องมือตัด

3. รายละเอียดการปรับปรุง

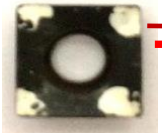
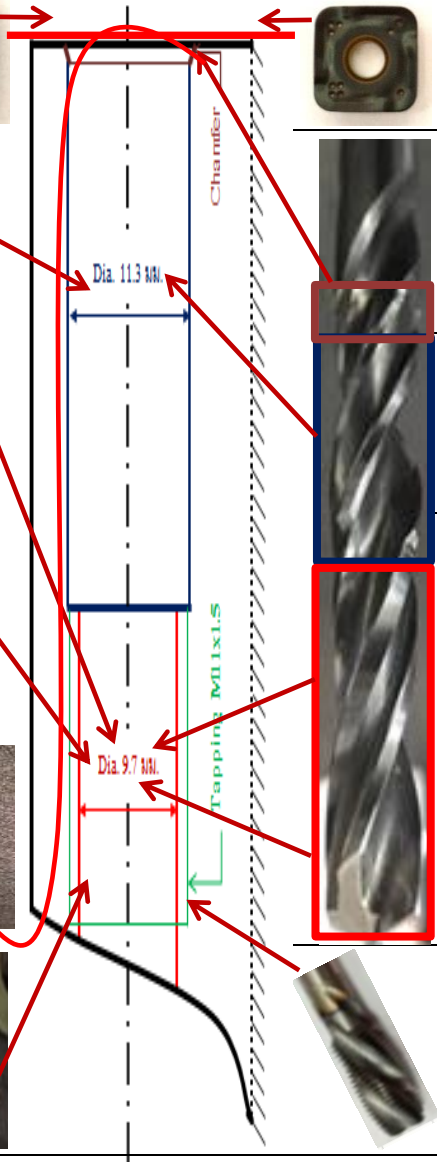
ทางทีมวิศวกรของบริษัทได้ประชุมและสรุปผลในการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดกระบวนการที่ 40, 70, 110, 120 และ 130 ทางทีมงานและผู้ขายคิดวิธีปรับปรุงโดยใช้หลักการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดและการควบรวมเครื่องมือตัดจากหลาย ๆ เครื่องมือตัดให้เหลือเพียงเครื่องมือตัดเดียว เป็นต้น ทางผู้วิจัยได้ทำรายละเอียดของการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด ตามภาพที่ 3-6 ถึง ภาพที่ 3-10 ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงเครื่องมือตัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง



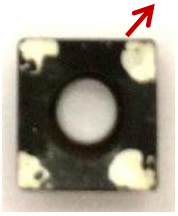
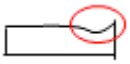
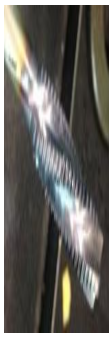
ภาพที่ 3-7 กระบวนการที่ 40 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด

จากภาพที่ 3-7 เครื่องมือตัด N1 และ N6 มีการเปลี่ยนชนิดของเครื่องมือตัด ส่วน N2, N3, N4 และ N5 มีการปรับปรุงเครื่องมือตัดโดยรวมทั้ง 4 กระบวนการ 4 เครื่องมือตัด ให้เหลือ 1 กระบวนการ 1 เครื่องมือตัด ดังตารางที่ 3-28

ตารางที่ 3-28 วิธีการการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 40

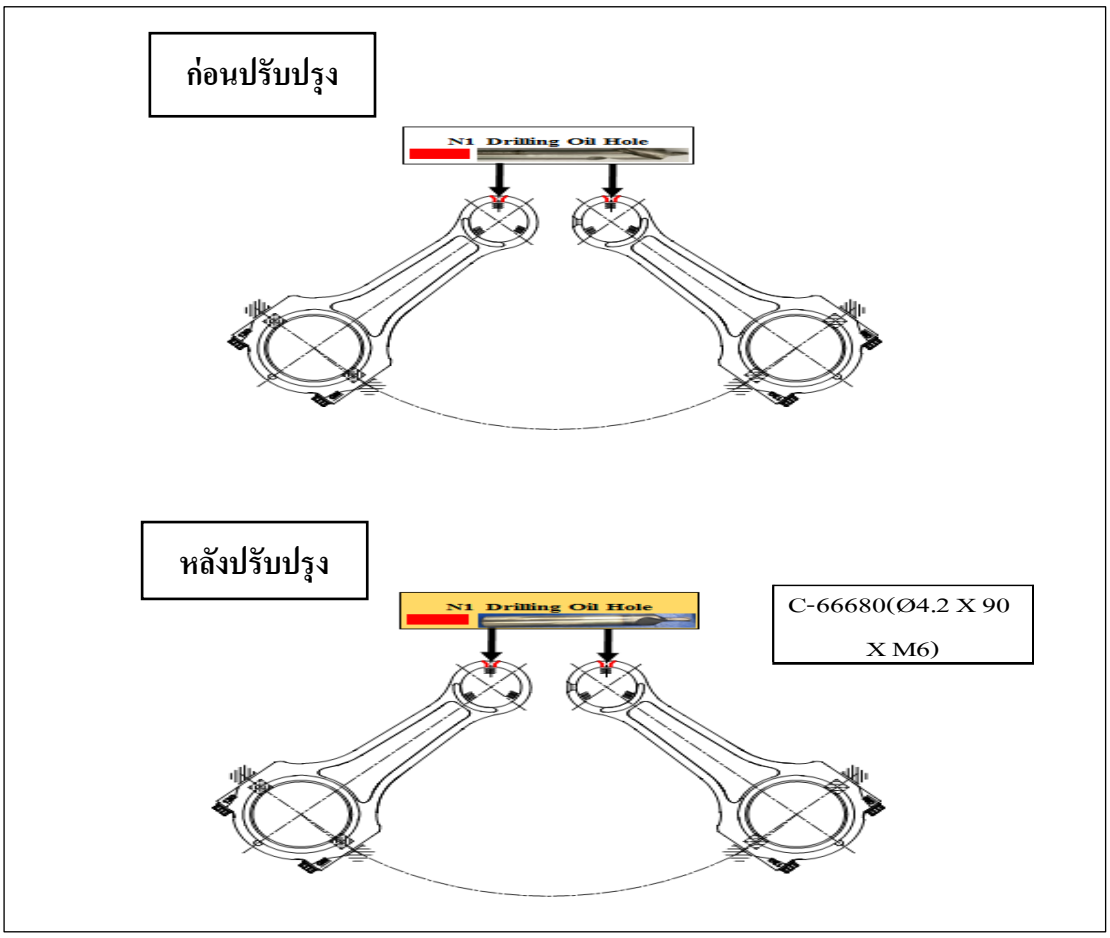
เครื่องมือตัด	ชื่อกระบวนการ	เครื่องมือเดิม	แบบชิ้นงาน	เครื่องมือใหม่	หมายเหตุ
N1-OP40.1	ปาดผิวบ่า				แทน N1
N2-OP40.2	เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.3 ม.ม.				แทนN5
N3-OP40.3	เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.6 ม.ม.				แทนN2
N4-OP40.4	Reamer ล้างผิวรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.7 ม.ม.				แทนN3 และN4
N5-OP40.5	ลบคมรูเจาะ				
N6-OP40.6	ทำเกลียว M11 X 1.5				แทนN6

ตารางที่ 3-29 รายละเอียดของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 40

เครื่องมือตัด	ชื่อ กระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N1-OP40.1	ปาดผิวบ่า	T6145/ SPMT06033-45 r =0.4  Material: carbide มุมคาย : 1.0	PM 4230/ 490R-08T316M r =0.8 Material: carbide  มุมคาย : 1.0	1. เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดใหม่ ให้มีรัศมีมุมตัดมากขึ้นเพื่อให้กินได้ราบเรียบ 2. มุมเว้าที่มากคายเศษได้ง่าย เศษไม่ม้วนตัวเป็นขดและลดการเสียดสี 3. เปลี่ยนสารเคลือบผิวเครื่องมือตัดจาก Titanium aluminum nitride (TiAlN) เป็นฟิล์ม Diamond-like carbon (DLC) เพื่อให้เครื่องมือตัดมีความแข็งแรง ทนความร้อนและป้องกันการสึกหรอได้ดีขึ้น
N6-OP40.6	ทำเกลียว M11 X 1.5	T0808010A (VP-LT-RFT M11 X 1.5) 	T0808010ACO (VP-LT-RFT M11 X 1.5	เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดใหม่ เปลี่ยนดอกต๊าปที่เป็น High speed steel (HSS) เป็นดอกต๊าปที่ทำจาก Cobalt high speed steel (HSS-CO) ซึ่งมีความคงทนแข็งแรงและทนแรงเสียดสีได้ดีกว่า รายละเอียดดูได้จาก ภาพภาคผนวก ข-1 และ ภาพภาคผนวก ข-2

ตารางที่ 3-29 (ต่อ)

เครื่องมือตัด	ชื่อกระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N2-OP40.2	เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.3 ม.ม.	KCP15/KTIP1130HPM	Special tool / step drill	มีการรวมฟังก์ชั่นเครื่องมือตัด N2, N3, N4, N5 โดยทำการ ลด ฟังก์ชั่นของเครื่องมือตัดที่มีหลายขั้นตอนในการทำงานและมีหลายเครื่องมือตัด ทำการเปลี่ยนเครื่องมือตัดให้เหลือชิ้นเดียวแต่ฟังก์ชั่นการทำงานยังเหมือนเดิม คือ Step drill ซึ่งทำให้ลดขั้นตอนการทำงานและลดต้นทุนลงในส่วนของเครื่องมือ Step drill เป็นคาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งมีความแข็งแรงทนทาน ทนความร้อน ทนการสึกหรอ เพราะเป็นทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten carbide)
N3-OP40.3	เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.6 ม.ม.	04WNSB0960-TH		
N4-OP40.4	Reamer เส้นผ่าศูนย์กลาง 9.7 ม.ม.	Reamer Dai. 9.7 mm		
N5-OP40.5	ลบคมรูเจาะ	IC910/ SOMT060204TR-HQ		



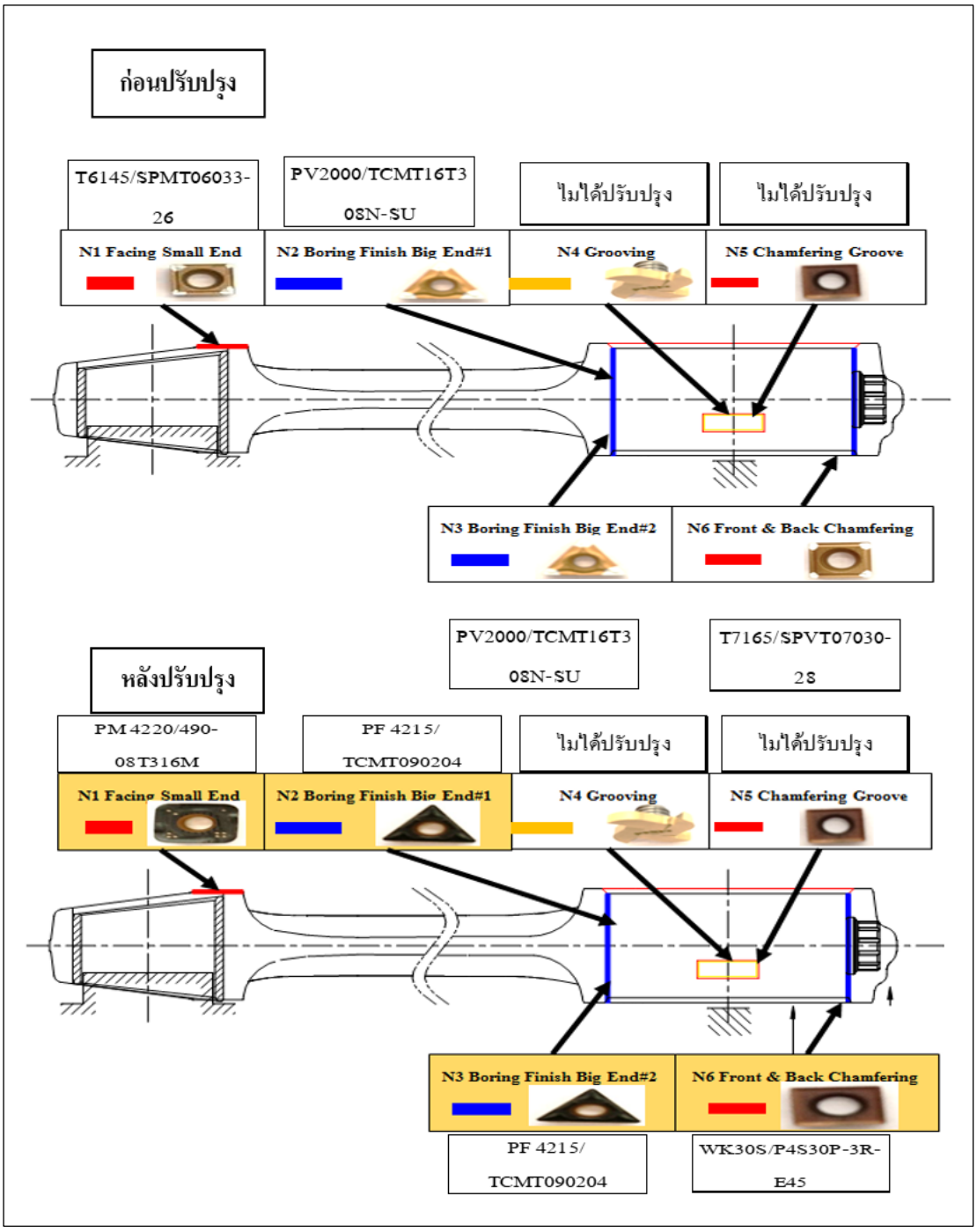
ภาพที่ 3-8 กระบวนการที่ 70 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด

จากภาพที่ 3-8 เครื่องมือ N1 ดอกสว่านเจาะรูน้ำมันมีการเปลี่ยนชนิดของเครื่องมือตัดเพื่อปรับปรุงเครื่องมือตัดดังตารางที่ 3-29

ตารางที่ 3-30 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 70

เครื่องมือตัด	ชื่อ กระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N1	เจาะรูน้ำมัน C-66680 (Ø4.2 X 90 X M6)	KS-66680 (Ø4.2 X 90 X M6)	C-66680 (Ø4.2 X 90 X M6)	เครื่องมือ N1 ดอกสว่านเจาะรูน้ำมันมีการเปลี่ยนชนิดของเครื่องมือตัดจากดอกสว่าน High speed steel เปลี่ยนเป็นดอกสว่านที่เป็นคาร์ไบด์ชนิดทังสเตน คาร์ไบด์เป็นโลหะที่มีแข็งกว่า High speed steel คงทน เงาวาว ทนความร้อนสูง และทนต่อรอยขีดข่วน ทำให้อายุเครื่องมือตัดเพิ่มขึ้น

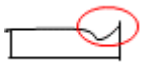
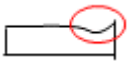
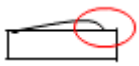
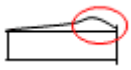
หมายเหตุ: ดูรายละเอียด HSS กับ Carbide เพิ่มเติมที่ภาพภาคผนวก ข-1 และ ข-3



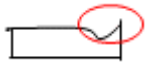
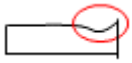
ภาพที่ 3-9 กระบวนการที่ 110 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด

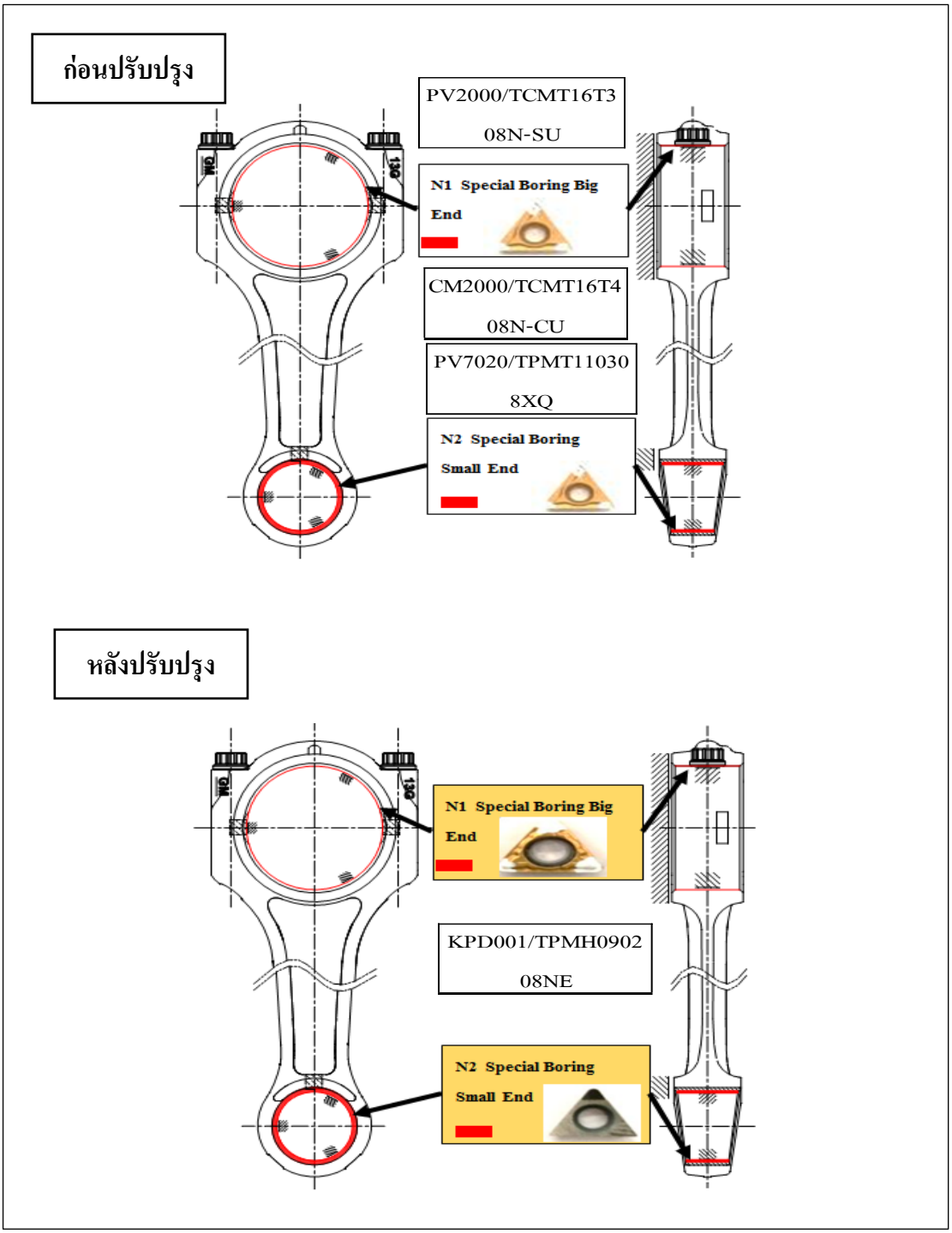
จากภาพที่ 3-9 เครื่องมือ N1, N2, N3 และ N6 มีการเปลี่ยนชนิดและกระบวนการเคลือบผิวของเครื่องมือตัดเพื่อปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดให้ยาวมากขึ้นดังตารางที่ 3-31

ตารางที่ 3-31 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 110

เครื่องมือตัด	ชื่อกระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N1	ปาดหน้าผิวด้านในรูบูช	T6145/ SPMT06033-26 r=0.4 Meaterial: carbide  มุมคาย: 0.3	PM4220/ 490-08T316M r=0.8 Meaterial: carbide  มุมคาย: 1.0	1. เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดใหม่ให้มีรัศมีมุมตัดมากขึ้นเพื่อให้กินได้ราบเรียบ 2. มุมเว้าที่มากคายเศษได้ง่ายเศษไม่ม้วนตัวเป็นขดและลดการเสียดสี 3. เปลี่ยนสารเคลือบผิวเครื่องมือตัดจาก Titanium nitride (TiN) เป็นฟิล์ม DLC เพื่อให้เครื่องมือตัดมีความแข็งแรง ทนความร้อนและป้องกันการสึกหรอได้ดีขึ้น
N2	คว้านผิวด้านในรูใหญ่ครั้งที่ 1	PV2000/ TCMT16T308 N-SU Meaterial: carbide	PF 4215/ TCMT090204 Meaterial: carbide	1. เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดใหม่ให้มีรัศมีมุมตัดมีเนื้อนูนตรงกลางเพื่อให้เศษตัดหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่ให้เป็นเส้นเพราะเศษจะพันเครื่องมือตัดทำให้เสียดสีกับชิ้นงานอายุเครื่องมือตัดจะหมดเร็วและผิวด้านในรูใหญ่ จะไม่ได้ขนาดด้วย 2. เปลี่ยนสารเคลือบผิวเครื่องมือตัดจาก TiN เป็นฟิล์ม DLC เพื่อให้เครื่องมือตัดมีความแข็งแรง ทนความร้อนและป้องกันการสึกหรอได้ดีขึ้น
N3	คว้านผิวด้านในรูใหญ่ครั้งที่ 2	 มุมคาย: นูนหดสั้นเข้าใน	 มุมคาย: นูนจากมุมตัด	

ตารางที่ 3-31 (ต่อ)

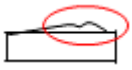
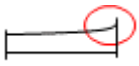
เครื่องมือตัด	ชื่อกระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N6	ลบคมรูใหญ่	T7165/ SPVT07030-28 Meaterial: carbide  มุมคาย: 0.3	WK30S/ P4S30P-3R-E45 Meaterial: carbide  มุมคาย: 1.0	1. เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดให้มีมุมเว้าเป็นร่องโค้งกว้าง (เหมือน N1) เพื่อคายเศษได้ง่าย ลดการเสียดสี 2. เปลี่ยนสารเคลือบผิวเครื่องมือตัดจาก TiN เป็น Titanium carbon nitride (TiCN) เพื่อให้เครื่องมือตัดมีความแข็งแรง ทนความร้อนและป้องกันการสึกหรอได้ดีขึ้น

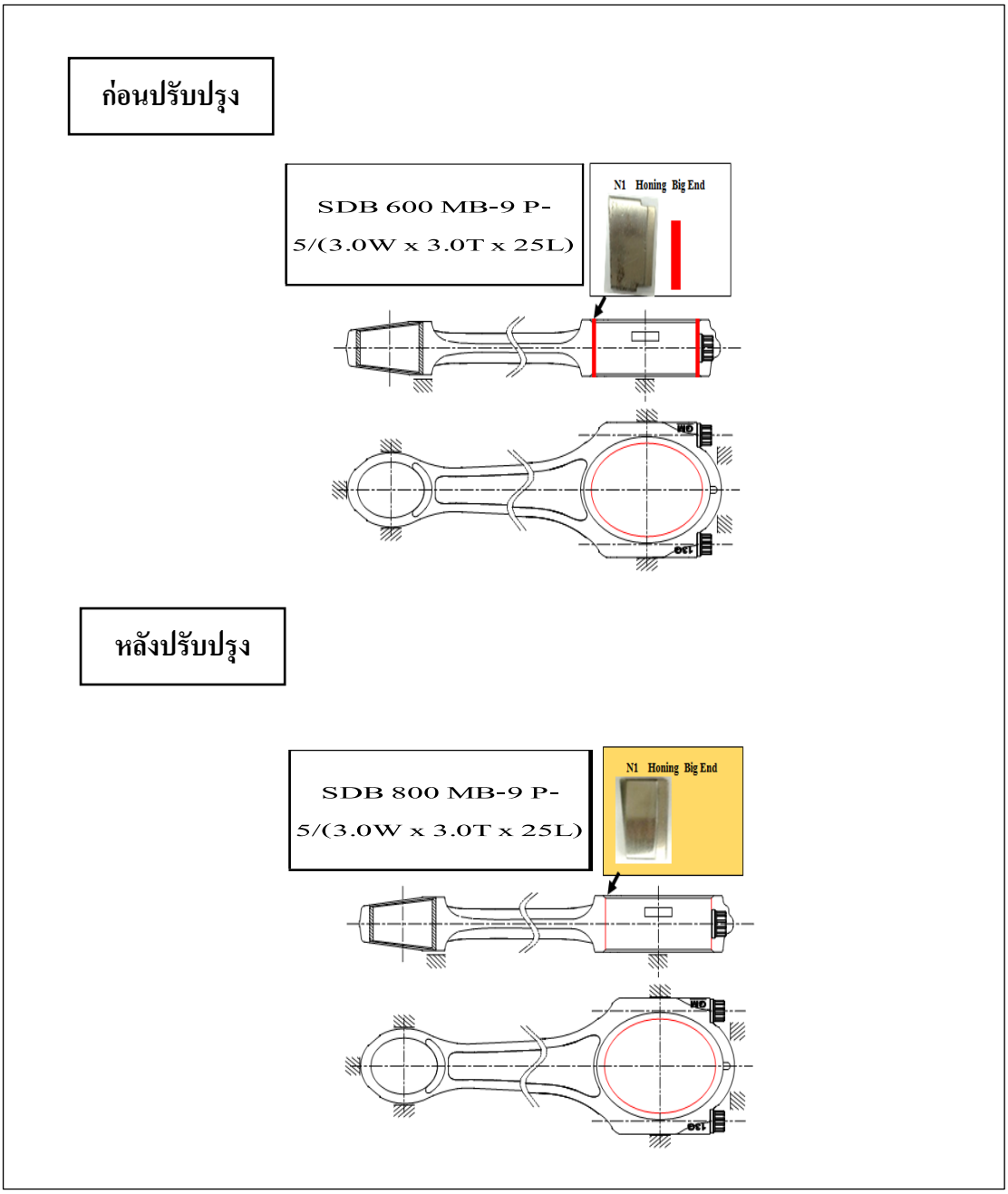


ภาพที่ 3-10 กระบวนการที่ 120 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด

จากภาพที่ 3-10 เครื่องมือ N1 และ N2 มีการเปลี่ยนชนิดของเครื่องมือตัดและรายละเอียดของมุมตัดดังตารางที่ 3-32

ตารางที่ 3-32 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 120

เครื่องมือตัด	ชื่อ กระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N1	คว้านผิว ละเอียดรูใหญ่	PV2000/ TCMT16T308N- Material: carbide มุมคาย: นูน หดสั้นเข้าใน	PV7020/ TPMT110308XQ Material: carbide  มุมคาย: หดสั้น เข้าในหยาบ	เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดที่มุมตัดให้มีผิวนูนหยาบเพื่อการคายเศษตัดเป็นชิ้น ๆ (เศษเหล็ก)
N2	คว้านผิว ละเอียดรูบูช	CM2000/ TCMT16T408N- CU Material: carbide มุมคาย: นูน หดสั้นเข้าใน	KPD001/ TPMH090208NE Material: carbide  มุมคาย: เว้าเรียบ	เปลี่ยนชนิดเครื่องมือตัดและเปลี่ยนผิวเป็นเจียรนัยเพื่อการคายเศษตัด (เศษบูชทองเหลือง) ให้เป็นเศษยาวออกมาไม่ม้วนโค้ง



ภาพที่ 3-11 กระบวนการที่ 130 ก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องมือตัด

จากภาพที่ 3-10 เครื่องมือ N1 มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเครื่องมือตัด โดยเปลี่ยนหินเจียระไนจากเนื้อหินหยาบให้เป็นเนื้อหินละเอียด ดังตารางที่ 3-33

ตารางที่ 3-33 รายละเอียดและเหตุผลของการปรับปรุงเครื่องมือตัดของกระบวนการที่ 130

เครื่องมือตัด	ชื่อกระบวนการ	เครื่องมือเดิม	เครื่องมือใหม่	รายละเอียดและเหตุผล
N1	เจียระไนผิวละเอียดรูใหญ่	SDB 600 MB-9 P-5/ (3.0W x 3.0T x 25L)	SDB 800 MB-9 P-5/ (3.0W x 3.0T x 25L)	เปลี่ยนความละเอียดหินจาก No. 600 เป็น No. 800 เนื่องจากหินหยาบจะสึกหรอเร็วกว่าหินที่ละเอียดกว่าและเพื่อไม่ให้มีผลกับเวลาการผลิตจึงเพิ่มความเร็วรอบขึ้นมา

4. สรุปแนวคิดที่นำไปทดสอบพิสูจน์

สรุปแนวคิดที่จะนำไปทดสอบพิสูจน์ คือ การเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด ซึ่งมี 3 หลักการดังนี้

4.1 การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด

4.2 การเปลี่ยนสารเคลือบเครื่องมือตัด

4.3 การควบรวมเครื่องมือตัดที่มีจำนวนหลายเครื่องมือตัดให้เหลือเครื่องมือตัดเดียวแต่สามารถทำงานได้เหมือนเดิม

โดยทั้ง 3 หลักการนี้ผู้ขายจะเป็นผู้ปรับปรุงตัวเครื่องมือตัดและส่งมาทำการทดลอง

หมายเหตุ: รายละเอียดของการแก้ไขปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุเครื่องมือตัดเพื่อให้อายุเครื่องมือตัดเพิ่มขึ้นนั้นทางผู้ขายขอเก็บข้อมูลบางส่วนซึ่งเป็นความลับของผู้ขายและเป็นสูตรเฉพาะไม่สามารถเปิดเผยได้ครบถ้วน ผู้วิจัยจึงได้แค่ข้อมูลที่จำเป็นต่องานวิจัยเท่านั้น

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

ขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์อายุเครื่องมือตัด (TOOL LIFE)

จากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจึงได้นำเครื่องมือตัดใหม่ที่ได้ตกลงกับผู้ขายนำมาทดลองและเก็บข้อมูลจริงตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ผลที่ได้ดังตารางที่ 4-1 (รายละเอียดของข้อมูลดูที่ตารางภาคผนวก ก-3)

ตารางที่ 4-1 การพิจารณาใช้การเปรียบเทียบต้นทุนเครื่องมือตัด

ก่อนปรับปรุง						หลังปรับปรุง				
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	รูปเครื่องมือตัด	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนต่อกระบวนการ (บาทต่อชิ้น)	รูปเครื่องมือตัด	ราคา	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนต่อกระบวนการ (บาทต่อชิ้น)
10.1	ปาดหน้า		5,600	0.13	0.32	ไม่มีการปรับปรุง		5,600	0.13	0.32
10.2			5,600	0.19				5,600	0.19	
20	ปาดข้าง		4,000	0.23	0.23			4,000	0.23	0.23
30.1	คว้านรู + ลบคม		2,700	0.12	0.68			2,700	0.12	0.68
30.2			4,000	0.08				4,000	0.08	
30.3			2,400	0.34				2,400	0.34	
30.4			4,000	0.08				4,000	0.08	
30.5			1,800	0.05				1,800	0.05	

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ก่อนปรับปรุง				หลังปรับปรุง				
		รูปเครื่องมือตัด	มาตรฐานอยู่ใช้งาน (ชิ้น)	ตั้งหน้า (นาทีต่อชิ้น)	รวมเวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาทีต่อชิ้น)	รูปเครื่องมือตัด	ราคา	มาตรฐานอยู่ใช้งาน (ชิ้น)	ตั้งหน้า (นาทีต่อชิ้น)	รวมเวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาทีต่อชิ้น)
40.1	เจาะรู+ทำเกลียว		1,718	1.01	8.93		495	4,000	0.12	3.87
40.2			1,970	1.30			2,500	2,000	1.25	
40.3			3,500	1.03						
40.4			2,156	0.59						
40.5			4,000	0.09						
40.6			347	4.90			2,500	1,000	2.5	
50		ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)								
60										
70	เจาะรู้ขนาด		150	1.7	1.7		300	1,000	0.3	0.3
80		ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)								
90										

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ก่อนปรับปรุง						หลังปรับปรุง				
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	รูปเครื่องมือตัด	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนต่อกระบวนการ (บาทต่อชิ้น)	รูปเครื่องมือตัด	ราคา	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนต่อกระบวนการ (บาทต่อชิ้น)
100	เจียระไนผิว		12,000	1.5	1.5	ไม่มีการปรับปรุง		12,000	1.5	1.5
110.1	ปาดหน้า+เซาะร่องลึม+ คว้านรู		2,400	1.2	2.5		825	4,000	0.21	1.27
110.2			900	0.2			158.65	2,700	0.06	
110.3			900	0.1			158.65	2,700	0.06	
110.4			3,000	0.8		ไม่มีการปรับปรุง		3,000	0.8	
110.5			4,000	0.1				4,000	0.1	
110.6			2,000	0.1			165	4,000	0.04	
120.1	คว้านรูใช		900	0.1	1.1		158.65	2,700	0.06	0.12
120.2			2,000	1.0			158.65	2,700	0.06	
130	เจียระไนผิวและเอียดรูใหญ่		6,000	2.5	2.5		20,000	15,000	1.33	1.33

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ก่อนปรับปรุง						หลังปรับปรุง			
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	รูปเครื่องมือตัด	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนแต่ละกระบวนการ (บาทต่อชิ้น)	รูปเครื่องมือตัด	ราคา	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	ต้นทุน (บาทต่อชิ้น)	ต้นทุนแต่ละกระบวนการ (บาทต่อชิ้น)
140	เจียระไนผิวละเอียดรูปร่าง		15,000	0.7	0.7	ไม่มีการปรับปรุง		15,000	0.7	0.7
150-210	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)									
รวมต้นทุนเครื่องมือตัด					20.18	รวมต้นทุนเครื่องมือตัด				10.32

จากตารางที่ 4-1 ขั้นตอนที่ 40 ขั้นตอนที่ 70 ขั้นตอนที่ 110 ขั้นตอนที่ 120 และขั้นตอนที่ 130 มีการหาเครื่องมือตัดใหม่ ๆ มาทดลองและเปรียบเทียบจะเห็นว่าก่อนเปลี่ยน ต้นทุนรวมแล้วเท่ากับ 20.18 บาท เมื่อเปลี่ยนใหม่ก็ลดลงเท่ากับ 10.32 บาท สามารถลดลงได้เท่ากับ 9.86 บาทหรือเท่ากับ 48.86%

จากนั้นทำการคำนวณเปรียบเทียบความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดโดยอ้างอิงข้อมูลการผลิตของเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 เพื่อเปรียบเทียบให้รู้ผลที่ชัดเจนและได้ผลดังตารางที่ 4-2 (รายละเอียดของความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดหลังปรับปรุงดูได้จากตารางภาคผนวก ก-6)

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดและเวลาที่ลดลง

ก่อนปรับปรุง					หลังปรับปรุง						
ขั้น ตอน	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	อายุใช้งานที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย (ชิ้น)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ครั้งต่อปี)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริง (ครั้งต่อปี)	มาตรฐานอายุใช้งาน (ชิ้น)	อายุใช้งานที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย (ชิ้น)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ครั้งต่อปี)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริง (ครั้งต่อปี)	ความถี่ที่ลดลง	เวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อครั้ง (นาที)	เวลาที่ลดลง (นาทีต่อปี)
40.1	1,718	1,717	108	108	4,000	3,500	46	53	55	5	274
40.2	1,970	1,970	94	94	2,000	1,950	92	95	289	5	1,446
40.3	3,500	3,000	53	62							
40.4	2,156	1,017	86	182							
40.5	4,000	3,990	46	46							
40.6	347	347	533	533	1,000	890	185	208	325	5	1,626
70	150	71	1,233	2,606	1,000	750	185	247	2,359	5	11,797
110.1	2,400	2,400	77	77	4,000	3,500	46	53	24	5	121
110.2	900	900	205	205	2,700	2,500	68	74	132	5	658
110.3	900	828	205	223	2,700	2,500	68	74	149	5	747
120.1	900	812	205	228	2,700	2,500	68	74	154	5	769
120.2	2,000	2,000	92	92	2,700	2,500	68	74	18	5	92
130	6,000	6,000	31	31	15,000	15,000	12	12	19	5	94
รวม			2,969	4,511	รวม		841	912	3,599	5	17,993

จากตารางที่ 4-2 เมื่อมีการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดโดยการเปลี่ยนคุณสมบัติของเครื่องมือตัด สามารถลดจำนวนการเปลี่ยนเครื่องมือตัดจาก 4,511 ครั้งเหลือ 912 ครั้ง ซึ่งเท่ากับลดลง 3,599 ครั้งต่อปีหรือเท่ากับลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือเท่ากับ 17,993 นาทีต่อปี

กำลังการผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น = 17,993 x 60 วินาที = 1,079,580 วินาทีต่อปี

รอบการผลิตของกระบวนการ (Cycle time) = 28 วินาทีต่อชิ้น (จากตารางภาคผนวก ก-3)

กำลังการผลิตเพิ่ม = 1,079,580/ 28 = 38,556 ชิ้นต่อปี

= 38,556/ 12 = 3,213 ชิ้นต่อเดือน

= 3,213/ 21 = 153 ชิ้นต่อวัน

<u>หมายเหตุ</u>: ดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่ภาคผนวก

1. ตารางภาคผนวก ก-3 ข้อมูลเปรียบเทียบอายุเครื่องมือตัดก่อนและหลังปรับปรุงเดือนเมษายน ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

2. ตารางภาคผนวก ก-6 รายละเอียดของความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดหลังปรับปรุงโดยอ้างอิงข้อมูลการผลิตของเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559

หลังจากการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดลดลงและต้นทุนเครื่องมือตัดลดลงด้วยดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ขั้นทดสอบและพิสูจน์วัสดุเครื่องมือตัด

ลำดับที่	หัวข้อที่ปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เป้าหมายที่ตั้ง	ทำได้จริง (%)	หมายเหตุ
1	กำลังการผลิต	700 ชิ้นต่อวัน	853 ชิ้นต่อวัน	เพิ่มอย่างน้อย 15%	เพิ่มขึ้นจริง 21.8%	คิดที่การทำงานปกติ 8 ชั่วโมง
2	ต้นทุนเครื่องมือตัดต่อชิ้น	20.18 บาทต่อชิ้น	10.32 บาทต่อชิ้น	ลดลงมากกว่า 40%	ลดได้จริง 48.86%	แปรผันตามอายุเครื่องมือตัด
3	ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด	4,511 ครั้งต่อปี	912 ครั้งต่อปี	ลดลง	ลดได้จริง 79.78%	เน้นการควบคุมน้ำมันหล่อเย็น อัตราป้อนและความเร็วรอบ

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ลำดับที่	หัวข้อที่ปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เป้าหมายที่ตั้ง	ทำได้จริง (%)	หมายเหตุ
4	ของเสียในกระบวนการ	เฉลี่ย 145 ชิ้นต่อเดือน (ประมาณ 1%)	เฉลี่ย 140 ชิ้นต่อเดือน (ประมาณ 1%)	ลดลง	ลดได้จริง 3.45%	อยู่ในเกณฑ์รับได้และของเสียส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์จับยึดสภาพเครื่องจักรและการไม่ปฏิบัติตาม Working instruction

จากตารางที่ 4-3 สรุปการปรับปรุงโดยเปลี่ยนใช้เครื่องมือตัดที่มีอายุการใช้งานให้นานขึ้นและราคาถูกถึงแม้ว่าจะแพงกว่าแบบเก่าแต่เมื่อเทียบกับผลที่ได้ออกมาจากการทดลองแล้วก็คุ้มค่าและทำให้ความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดลดลง ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นและตอบสนองความต้องการของลูกค้าทำให้ลูกค้าพึงพอใจ

ข้อเสนอแนะ

จากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงอายุเครื่องมือตัดยังมีสิ่งที่ต้องคอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดเพราะสิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่ออายุเครื่องมือตัดเช่นกันจึงมีข้อเสนอแนะไว้ ดังนี้

1. ด้านอายุเครื่องมือตัด ควรตรวจสอบการล็อกเครื่องมือตัดก่อนเริ่มการผลิตทุกครั้งเพราะเป็นปัญหาส่วนหนึ่งที่ทำให้อายุเครื่องมือตัดสั้นลง

2. ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

   2.1 ให้ควบคุมความเข้มข้นของน้ำมันหล่อเย็นให้ได้ตามมาตรฐาน

   2.2 ตรวจสอบอัตราป้อนกินให้อยู่ในค่าที่กำหนด

   2.3 ตรวจสอบความเร็วรอบ (ความเร็วตัด) ให้อยู่ในค่าที่กำหนด

3. ด้านกำลังการผลิต ทางบริษัทฯ ต้องปรับปรุงเรื่องเครื่องจักรหยุดการทำงานเนื่องจากตัวเครื่องจักรที่ถูกใช้มานาน

4. ต้นทุนของเครื่องมือตัดต่อชิ้นงานให้ติดต่อและเลือกผู้ขายที่เข้ามาบริการ โดยตั้งตู้เครื่องมือและให้กดเลือกเครื่องมือมาใช้ได้และถ้าอายุเครื่องมือตัดไม่ได้ตามเป้าหมายทางผู้ขายจะลดราคาของเครื่องมือชุดนั้นลง

5. ของเสียในกระบวนการ ทางบริษัทฯ ต้องทำการแก้ไขปรับปรุงด้านกระบวนการเพื่อหารากเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขให้หมดปัญหาต่อไป

หมายเหตุ: ข้อที่ 1-3 ทางบริษัท ฯ ต้องควบคุมเฝ้าระวังตามข้อเสนอแนะไว้ซึ่งจำเป็นอย่างมากโดยเฉพาะพนักงานที่ไม่ค่อยทำตามระเบียบที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นปัญหาที่มีอยู่และต้องทำการแก้ไขต่อไป ส่วนข้อที่ 4 ด้านต้นทุนเครื่องมือตัดให้ติดต่อและเลือกผู้ขายและบริการด้านเครื่องมือตัดโดยตั้งตู้เครื่องมือและให้กดเลือกเครื่องมือมาใช้ได้และถ้าอายุเครื่องมือตัดไม่ได้ตามเป้าหมายทางผู้ขายจะลดราคาของเครื่องมือชุดนั้นลงซึ่งขณะนี้ในโรงงานก็มีตู้ประเภทนี้ให้ใช้บริการอยู่ที่สายการผลิตแบบหุ่นยนต์ ซึ่งทางสายการผลิตก้านสูบยังไม่มีใช้จึงได้แนะนำบริษัทให้พิจารณาขั้นต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทำงานวิจัยการลดต้นทุนการผลิตก้านสูบด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่าโดยดำเนินการตามวิธีการของ Arthur E. Mudge ซึ่งมี 7 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การเลือกโครงการ ผู้วิจัยได้เช็คข้อมูลของฝ่ายผลิตจากตารางรายละเอียดเปรียบเทียบสายการผลิตและได้พบว่าสายการผลิตก้านสูบของลูกค้า G รุ่น Con-Rod G มีปัญหาด้านต้นทุนเครื่องมือตัดสูง 20.18 บาทต่อชิ้น และกำลังการผลิตที่ต่ำลงอยู่ที่ 73.00% สายการผลิตเป็นแบบใช้คนในการผลิตและได้แสดงการไหลของกระบวนการซึ่งมีทั้งหมด 21 กระบวนการ

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตจริง สังเกตหน้างานจริง และสอบถามหัวหน้างานที่ปฏิบัติงานอยู่ ในด้านของต้นทุนเครื่องมือตัด เวลาที่สูญเสีย 457,200 วินาทีต่อปี หรือความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด 5,248 ครั้งต่อปี และคำสั่งซื้อของลูกค้าเฉลี่ย 17,271 ชิ้นต่อเดือน ทำการคำนวณความสูญเสียและนำเสนอให้ผู้บริหารเพื่อกำหนดเป้าหมายโครงการ

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์หน้าที่ของแต่ละกระบวนการ ทำการเปรียบเทียบหน้าที่แต่ละกระบวนการและหาระดับความสำคัญออกมาและคำนวณหาคุณค่าของเครื่องมือตัด ซึ่งขั้นตอนที่นำมาพิจารณาในการปรับปรุงต้องมีคุณค่าเครื่องมือตัดน้อยกว่า 1 และขั้นตอนที่มีคุณค่าน้อยกว่า 1 ขั้นตอนเจาะรูสลักเกลียว 0.65 ขั้นตอนทำเกลียวใน 0.62 ขั้นตอนเจาะรูน้ำมัน 0.89 ขั้นตอนเซาะร่องลิ่ม 0.86 ขั้นตอนคว้านรูบูช 0.79 และขั้นตอนเจียระไนรูใหญ่ 0.86 ดังนั้น ขั้นตอนเหล่านี้จึงถูกนำมาปรับปรุง

ขั้นที่ 4 ความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยและทีมงานระดมความคิดวิเคราะห์ปัญหาของเครื่องมือตัดโดยใช้แผนภูมิก้างปลาและตามด้วย 5 Why จากนั้นเสนอแนวคิดปรับปรุงมี 4 แนวคิด คือ 1) เปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัด 2) เพิ่มประสิทธิภาพน้ำหล่อเย็น 3) ปรับลดอัตราป้อน 4) กำหนดความเร็วรอบใหม่ และกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงซึ่งมีอยู่ 4 ปัจจัย 1) ด้านกำลังการผลิต 2) ด้านต้นทุนเครื่องมือตัด 3) ด้านความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด 4) ด้านของเสียในกระบวนการและเป้าหมายที่ได้ คือ เพิ่มกำลังการผลิตขึ้นอย่างน้อย 15% ซึ่งมีน้ำหนักคะแนน 53% และลดต้นทุนเครื่องมือตัดลงมากกว่า 40% ซึ่งมีน้ำหนักคะแนน 29%

ขั้นที่ 5 ประเมินความคิด ทำการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียแต่ละแนวคิด กำหนดปัจจัยและพิจารณาให้น้ำหนักความสำคัญโดย AHP ด้านของอายุเครื่องมือตัดซึ่งได้วิธีการที่เหมาะสมกับปัจจัย คือ แนวคิดด้านการเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดโดยมีน้ำหนักสำคัญ 0.49 หรือ 49% จากนั้น

ทำการรวบรวมรายละเอียดการปรับปรุงและสรุปแนวคิดที่จะนำไปทดสอบพิสูจน์ซึ่งมี 3 หลักการ คือ 1) การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด 2) การเปลี่ยนสารเคลือบเครื่องมือตัด 3) การควบรวมเครื่องมือตัดที่มีจำนวนหลายเครื่องมือตัดให้เหลือเครื่องมือตัดเดียวแต่สามารถทำงานได้เหมือนเดิม

ขั้นที่ 6 ขั้นทดสอบพิสูจน์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบพิสูจน์อายุเครื่องมือตัดโดยให้ผู้ขายเปลี่ยนวัสดุเครื่องมือตัดและเปรียบเทียบความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดโดยเก็บข้อมูลหน้างานและกลั่นกรองออกมาให้ได้ทั้งการลดต้นทุนและเพิ่มกำลังการผลิตสามารถสรุปได้ ดังนี้ 1) เพิ่มกำลังการผลิตก้านสูบจากปัจจุบัน 700 ชิ้นต่อวัน ลูกค้ามีความต้องการ 850 ชิ้นต่อวัน หลังจากทำการปรับปรุงกำลังการผลิตเพิ่มเป็น 853 ชิ้นต่อวันหรือเพิ่มขึ้น 21.86% 2) สามารถลดต้นทุนของเครื่องมือตัดอย่างน้อย 40% ของต้นทุนเครื่องมือทั้งหมด จาก 20.18 บาทเหลือ 10.32 บาท เท่ากับลดต้นทุนเครื่องมือตัดลง 48.86% 3) สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนและปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกันได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยแบบง่าย ๆ เพื่อความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้จริง

ขั้นที่ 7 เสนอแนะ เป็นการสรุปผลทางด้านต้นทุนและกำลังการผลิตและเสนอแนวทางเพื่อเป็นการศึกษาพัฒนากระบวนการอื่นต่อไป 1) ในการที่จะทำการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ซึ่งเกี่ยวกับคุณภาพและกำลังการผลิตควรทำให้ถูกระบบ ISO/ TS16949 เพื่อให้ลูกค้าอนุมัติ 2) ด้านการลงทุนควรแจ้งลูกค้าให้รับทราบเพื่อช่วยรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทำให้บริษัทมีค่าใช้จ่ายน้อยลง 3) ควรที่จะนำเอาแผนงานวิศวคุณค่าไปทำกับกิจกรรมการลดต้นทุนกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ของบริษัท ฯ 4) ก่อนเริ่มดำเนินงานการลดต้นทุนในชิ้นส่วนใด ๆ ควรที่จะมีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการสิ่งที่ทำการศึกษา เช่น ระยะเวลาในการดำเนินงาน การลงทุนต่าง ๆ และผลตอบแทนที่คุ้มค่า

บรรณานุกรม

กิตติ วิบูลย์เสรีกุล. (2542). *การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า/ การวิเคราะห์คุณค่า: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชุดสายไฟรถยนต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โกศล ดีศีลธรรม. (2547). *การวิเคราะห์คุณค่าการผลิต*. Industrial technology review, 10(72), 141-144.

ก้องฤทธิ์ บุญเลี้ยง. (2554). *การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แบบหมุนเวียนสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธัชกร ธนาศัพท์ และเกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย. (2556). *การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์พิมพ์ลายบนเวเฟอร์สติ๊กด้วย TRIZ และวิศวกรรมคุณค่า*. ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2556 16-18 ตุลาคม 2556. ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธวัช สวนนันท์. (2553). *การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ในการลดต้นทุนวิทยุติดรถยนต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธีรศักดิ์ ชมประดิษฐ์. (2546). *Application of value engineering techniques: A case study of benzene sample container*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขา Engineering management program, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ประทีป ช่วยเกิด. (2546). *วิศวกรรมคุณค่าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน*. วารสารพลังงาน, 4 (2546), 40-50.

มีเชาวน์ จันทร์ศิริวัฒนา. (2552). *การลดต้นทุนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักวิศวกรรมคุณค่า กรณีศึกษา การผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แผงวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สรวุฒิ บุราณศรี. (2550). *การประยุกต์วิธีทางวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบเครื่องกดขดลวดเข้าทุ่นอาร์เมเจอร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2548). *วิศวกรรมคุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2548). *การวิเคราะห์คุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนในธุรกิจยุคสหัสวรรษ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อดิศักดิ์ นาวเนียว. (2550). *การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุน กรณีศึกษาอุตสาหกรรมประกอบเบาะรถยนต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Mudge, Arthur E. (1971). Value engineering: A Systematic approach (n.p).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีคำนวณค่าแรง (บาทต่อวินาที)

ค่าแรงต่อวัน (8 ชั่วโมง) = 300 บาทต่อวัน

8 ชั่วโมง = 480 นาที

ดังนั้น 1 วัน = 480 x 60 = 28,800 วินาที

สรุป ค่าแรง = 300/ 28,800 = 0.01 บาทต่อวินาที

ตารางภาคผนวก ก-1 การคำนวณค่าแรงและต้นทุนค่าแรงในกระบวนการ

ขั้นตอน	รอบการผลิต (วินาที)	ค่าแรง (บาทต่อวินาที)	ค่าแรงของกระบวนการ (บาท)
10	24	0.01	0.24
20	24	0.01	0.24
30	28	0.01	0.28
40	23	0.01	0.23
50	27	0.01	0.27
60	23	0.01	0.23
70	24	0.01	0.24
80	24	0.01	0.24
90	24	0.01	0.24
100	22	0.01	0.22
110	24	0.01	0.24
120	23	0.01	0.23
130	22	0.01	0.22
140	22	0.01	0.22
150	22	0.01	0.22
160	27	0.01	0.27
170	27	0.01	0.27
180	27	0.01	0.27
190	24	0.01	0.24
200	24	0.01	0.24

ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ขั้นตอน	รอบการผลิต (วินาที)	ค่าแรง (บาทต่อวินาที)	ค่าแรงของกระบวนการ (บาท)
210	24	0.01	0.24
เวลารวมต่อชิ้นงาน (Net time)	509	วินาที	5.09
รอบผลิตต่อกระบวนการ(Cycle time)	28	วินาที	0.28

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลอายุเครื่องมือตัดแต่ละกระบวนการเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	รูปเครื่องมือ	มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	ปี พ.ศ. 2558			ปี พ.ศ. 2559			ผลที่ได้จริงเฉลี่ย (ชิ้น)	สัดส่วนมาตรฐาน (%)
				ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.		
10.1	ปาดหน้า		5,600	5,450	5,385	5,250	5,360	5,125	5,350	5,320	95.00
10.2			5,600	5,100	5,055	4,950	4,960	5,125	5,050	5,040	90.00
20	ปาดข้าง		4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	100.00
30.1	คว้าน + ลบคม		2,700	2,697	2,699	2,697	2,700	2,697	2,698	2,698	99.93
30.2			4,000	3,999	3,997	3,998	3,997	3,997	3,998	3,998	99.94
30.3			2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	100.00
30.4			4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	100.00
30.5			1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	100.00

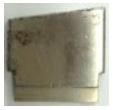
ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	รูปเครื่องมือ	มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	ปี พ.ศ. 2558			ปี พ.ศ. 2559			ผลที่ได้จริงเฉลี่ย (ชิ้น)	สัดส่วนมาตรฐาน (%)
				ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.		
40.1	เจาะรู+ ทำเกลียว		1,718	1,716	1,718	1,716	1,716	1,718	1,718	1,717	99.94
40.2			1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	100.00
40.3			3,500	3,000	3,050	2,936	3,100	3,010	2,905	3,000	85.72
40.4			2,156	1,090	1,045	935	950	980	1,100	1,017	47.16
40.5			4,000	3,980	3,990	3,985	3,995	3,995	3,995	3,990	99.75
40.6			347	347	347	347	347	347	347	347	100.00
50	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)										
60											
70			150	70	76	75	71	68	65	71	47.22

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	รูปเครื่องมือ	มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	ปี พ.ศ. 2558				ปี พ.ศ. 2559		ผลของเครื่องมือตัดที่ได้จริงเฉลี่ย (ชิ้น)	สัดส่วนมาตรฐาน (%)
				ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.		
80	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)										
90											
100	เจียระไนผิว		12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	100
110.1	ปาดหน้า+ทำร่องลิ่ม+ คว้านรู		2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	100
110.2			900	900	900	900	900	900	900	900	100
110.3			900	850	800	845	835	825	815	828	92
110.4			3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	100
110.5			4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	100
110.6			2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	100

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการหลัก	รูปเครื่องมือ	มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	ปี พ.ศ. 2558			ปี พ.ศ. 2559			ผลของเครื่องมือตัดที่ได้จริงเฉลี่ย (ชิ้น)	สัดส่วนมาตรฐาน (%)
				ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.		
120.1	คว้านละเอียด		900	845	825	805	775	785	835	812	90
120.2			2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	100
130	เจียระไนรูใหญ่		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	100
140	เจียระไนรูปูชน		15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	100
150-210			ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)								

ตารางภาคผนวก ก-3 ข้อมูลเปรียบเทียบอายุเครื่องมือตัดก่อนและหลังปรับปรุงเดือนเมษายน ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

ก่อนปรับปรุง		(กันยายน พ.ศ. 2558 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559)		หลังปรับปรุง (พ.ศ. 2559)							
ขั้นตอน		มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	ผลของเครื่องมือตัดที่ได้จริง (ชิ้น)	มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ผลของเครื่องมือตัดที่ได้จริงเฉลี่ย (ชิ้น)
10	10.1	5,600	5,320	5,600	5,450	5,245	5,429	5,354	5,234	5,210	5,320
	10.2	5,600	5,040	5,600	5,100	5,130	5,002	5,005	5,001	4,999	5,040
20	20	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
30	30.1	2,700	2,698	2,700	2,700	2,700	2,696	2,698	2,696	2,698	2,698
	30.2	4,000	3,998	4,000	4,000	3,996	4,000	3,994	3,998	3,998	3,998
	30.3	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
	30.4	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	30.5	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
40	40.1	1,718	1,717	4,000	3,550	3,380	3,580	3,490	3,650	3,350	3,500
	40.2	1,970	1,970	2,000	2,000	1,900	1,900	2,000	1,950	1,950	1,950
	40.3	3,500	3,000								
	40.4	2,156	1,017								
	40.5	4,000	3,990								
	40.6	347	347	1,000	900	880	950	870	860	880	890
50	50	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)									
60	60										

ตารางภาคผนวก ก-3 (ต่อ)

ก่อนปรับปรุง		(กันยายน พ.ศ. 2558 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559)		หลังปรับปรุง (พ.ศ. 2559)							
ขั้นตอน		มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	ผลของเครื่องมือตัดที่ได้จริง (ชิ้น)	มาตรฐานอายุเครื่องมือตัด (ชิ้น)	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ผลของเครื่องมือตัดที่ได้จริงเฉลี่ย (ชิ้น)
70	70	150	71	1,000	760	700	840	765	705	730	750
80	80	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)									
90	90										
100	100	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
110	110.1	2,400	2,400	4,000	3,750	3,650	3,400	3,400	3,400	3,400	3,500
	110.2	900	900	2,700	2,600	2,400	2,550	2,450	2,600	2,400	2,500
	110.3	900	828	2,700	2,550	2,400	2,450	2,500	2,550	2,550	2,500
	110.4	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
	110.5	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	110.6	2,000	2,000	4,000	2,000	2,100	2,200	2,050	1,850	1,800	2,000
120	120.1	900	812	2,700	2,600	2,650	2,400	2,350	2,550	2,450	2,500
	120.2	2,000	2,000	2,700	2,650	2,350	2,450	2,550	2,500	2,500	2,500
130	130	6,000	6,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
140	140	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
150 - 210		ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)									

ตารางภาคผนวก ก-4 รายละเอียดของความถี่มาตรฐานการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

ขั้นตอน	อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น)	ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเทียบกับความต้องการของลูกค้า ปี พ.ศ. 2559 - พ.ศ. 2560 (มาตรฐาน)												รวม
		ปี พ.ศ. 2558				ปี พ.ศ. 2559								
		ความต้องการลูกค้า (1,000 ชิ้น)												
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
		17.3	18.0	15.0	17.3	15.7	18.2	14.4	16.4	13.0	13.8	12.8	12.8	184.7
10.1	5,600	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	33
10.2	5,600	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	33
20.1	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
30.1	2,700	6	7	6	6	6	7	5	6	5	5	5	5	68
30.2	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
30.3	2,400	7	8	6	7	7	8	6	7	5	6	5	5	77
30.4	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
30.5	1,800	10	10	8	10	9	10	8	9	7	8	7	7	103
40.1	1,718	10	11	9	10	9	11	8	10	8	8	7	7	108
40.2	1,970	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	7	6	94
40.3	3,500	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	53
40.4	2,156	8	8	7	8	7	8	7	8	6	6	6	6	86
40.5	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
40.6	347	50	52	43	50	45	53	41	47	37	40	37	37	533
50	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)													
60														

ตารางภาคผนวก ก-4 (ต่อ)

ขั้นตอน	อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น)	ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเทียบกับความต้องการของลูกค้า ปี พ.ศ. 2559 - พ.ศ. 2560 (มาตรฐาน)												รวม
		ปี พ.ศ. 2558				ปี พ.ศ. 2559								
		ความต้องการลูกค้า (1,000 ชิ้น)												
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
		17.3	18.0	15.0	17.3	15.7	18.2	14.4	16.4	13.0	13.8	12.8	12.8	184.7
70.1	2,500	7	7	6	7	6	7	6	7	5	6	5	5	74
70.2	150	115	121	100	115	105	122	96	109	87	92	86	85	1,233
80	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)													
90														
100	12,000	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	15
110.1	2,400	7	8	6	7	7	8	6	7	5	6	5	5	77
110.2	900	19	20	17	19	17	20	16	18	14	15	14	14	205
110.3	900	19	20	17	19	17	20	16	18	14	15	14	14	205
110.4	3,000	6	6	5	6	5	6	5	5	4	5	4	4	62
110.5	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
110.6	2,000	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	6	6	92
120.1	900	19	20	17	19	17	20	16	18	14	15	14	14	205
120.2	2000	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	6	6	92
130	6,000	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	31
140	15,000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
150-210	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)													
รวม		348	365	303	348	317	367	290	330	262	278	259	258	3,724

ตารางภาคผนวก ก-5 รายละเอียดของความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559

ขั้นตอน	อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น)	ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเทียบกับความต้องการของลูกค้า ปี พ.ศ. 2559 - พ.ศ. 2560 (มาตรฐาน)												รวม
		ปี พ.ศ. 2558				ปี พ.ศ. 2559								
		ความต้องการลูกค้า (1,000 ชิ้น)												
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
		17.3	18.0	15.0	17.3	15.7	18.2	14.4	16.4	13.0	13.8	12.8	12.8	184.7
10.1	5,320	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	35
10.2	5,040	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	37
20	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
30.1	2,698	6	7	6	6	6	7	5	6	5	5	5	5	69
30.2	3,998	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
30.3	2,400	7	8	6	7	7	8	6	7	5	6	5	5	77
30.4	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
30.5	1,800	10	10	8	10	9	10	8	9	7	8	7	7	103
40.1	1,717	10	11	9	10	9	11	8	10	8	8	7	7	108
40.2	1,970	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	7	6	94
40.3	3,000	6	6	5	6	5	6	5	5	4	5	4	4	62
40.4	1,017	17	18	15	17	15	18	14	16	13	14	13	13	182
40.5	3,990	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
40.6	347	50	52	43	50	45	53	41	47	37	40	37	37	533
50	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)													
60														

ตารางภาคผนวก ก-5 (ต่อ)

ขั้นตอน	อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น)	ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเทียบกับความต้องการของลูกค้า ปี พ.ศ. 2559 - พ.ศ. 2560 (มาตรฐาน)												รวม
		ปี พ.ศ. 2558				ปี พ.ศ. 2559								
		ความต้องการลูกค้า (1,000 ชิ้น)												
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
		17.3	18.0	15.0	17.3	15.7	18.2	14.4	16.4	13.0	13.8	12.8	12.8	184.7
70.1	2,480	7	7	6	7	6	7	6	7	5	6	5	5	75
70.2	71	243	255	212	243	221	257	203	231	183	194	181	180	2,605
80	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)													
90														
100	12,000	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	15
110.1	2,400	7	8	6	7	7	8	6	7	5	6	5	5	77
110.2	900	19	20	17	19	17	20	16	18	14	15	14	14	205
110.3	828	21	22	18	21	19	22	17	20	16	17	16	15	223
110.4	3,000	6	6	5	6	5	6	5	5	4	5	4	4	62
110.5	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46
110.6	2,000	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	6	6	92
120.1	812	21	22	19	21	19	22	18	20	16	17	16	16	228
120.2	2000	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	6	6	92
130	6,000	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	31
140	15,000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
150-210	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)													
รวม		508	532	442	508	462	536	423	482	382	405	377	376	5,432

ตารางภาคผนวก ก-6 รายละเอียดของความถี่ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดหลังปรับปรุงโดยอ้างอิงข้อมูลการผลิตของเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559

ขั้นตอน	หลังปรับปรุง														
	อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น)	อายุเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย (ชิ้น)	ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเทียบกับความต้องการของลูกค้าปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2559 (อ้างอิงข้อมูลเดิม)												มาตรฐานความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือ (ครั้งต่อปี)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือที่เกิดขึ้นจริง (ครั้งต่อปี)
			ปี พ.ศ. 2558	ปี พ.ศ. 2559												
			ความต้องการลูกค้า (1,000 ชิ้น)													
			ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.		
			17.3	18.0	15.0	17.3	15.7	18.2	14.4	16.4	13.0	13.8	12.8	12.8		
10.1	5,600	5,320	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	33	35
10.2	5,600	5,040	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	33	37
20	4,000	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46	46
30.1	2,700	2,698	6	7	6	6	6	7	5	6	5	5	5	5	68	69
30.2	4,000	3,998	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46	46
30.3	2,400	2,400	7	8	6	7	7	8	6	7	5	6	5	5	77	77
30.4	4,000	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46	46
30.5	1,800	1,800	10	10	8	10	9	10	8	9	7	8	7	7	103	103
40.1	4,000	3,500	10	11	9	10	9	11	8	10	8	8	7	7	46	53
40.2	2,000	1,950	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	7	6	92	95
40.3			6	6	5	6	5	6	5	5	4	5	4	4		
40.4			17	18	15	17	15	18	14	16	13	14	13	13		
40.5			4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3		
40.6	1,000	890	50	52	43	50	45	53	41	47	37	40	37	37	185	208
50	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)															
60																

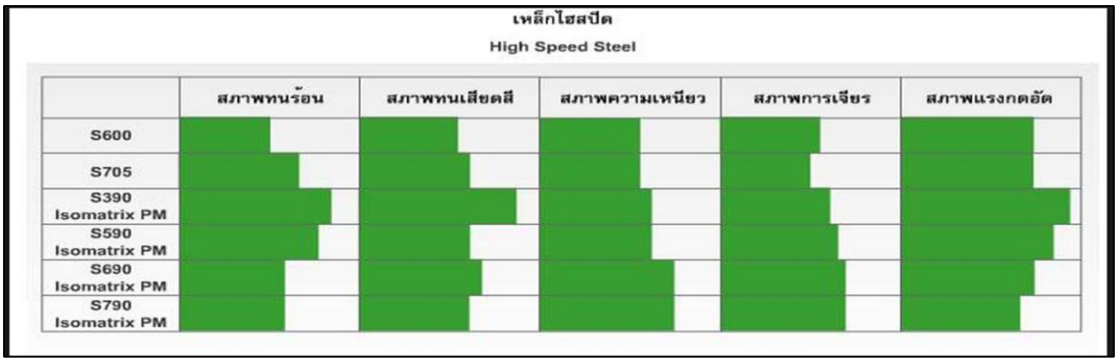
ตารางภาคผนวก ก-6 (ต่อ)

ขั้นตอน	หลังปรับปรุง															
	อายุเครื่องมือตัดมาตรฐาน (ชิ้น)	อายุเครื่องมือตัดที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ย (ชิ้น)	ความถี่ของการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเทียบกับความต้องการของลูกค้าปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2559 (อ้างอิงข้อมูลเดิม)												มาตรฐานความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือ (ครั้งต่อปี)	ความถี่การเปลี่ยนเครื่องมือที่เกิดขึ้นจริง (ครั้งต่อปี)
			ปี พ.ศ. 2558				ปี พ.ศ. 2559									
			ความต้องการลูกค้า (1,000 ชิ้น)													
			ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.		
			17.3	18.0	15.0	17.3	15.7	18.2	14.4	16.4	13.0	13.8	12.8	12.8		
70	1,000	750	243	255	212	243	221	257	203	231	183	194	181	180	185	247
80	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)															
90																
100	12,000	12,000	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	15	15
110.1	4,000	3,500	7	8	6	7	7	8	6	7	5	6	5	5	46	53
110.2	2,700	2,500	19	20	17	19	17	20	16	18	14	15	14	14	68	74
110.3	2,700	2,500	21	22	18	21	19	22	17	20	16	17	16	15	68	74
110.4	3,000	3,000	6	6	5	6	5	6	5	5	4	5	4	4	62	62
110.5	4,000	4,000	4	5	4	4	4	5	4	4	3	3	3	3	46	46
110.6	4,000	2,000	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	6	6	46	92
120.1	2700	2,500	21	22	19	21	19	22	18	20	16	17	16	16	68	74
120.2	2700	2,500	9	9	8	9	8	9	7	8	7	7	6	6	68	74
130	15,000	15,000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	12
140	15,000	15,000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	12
150-210	ไม่ได้ใช้เครื่องมือตัด (TOOLING)															
	รวม														1,476	1,649

ภาคผนวก ข

High speed steel (HSS)

เป็นวัสดุใช้ทำเครื่องมือตัดที่เป็นเหล็กกล้าที่มีธาตุอื่น ๆ นอกจากคาร์บอน (C) ผสมอยู่ ดังเช่น ทังสะเตน (W) วานาเดียม (V) โครเมียม (Cr) และโมลิบดินั่ม (Mo) ธาตุอื่น ๆ ที่มาผสม ทำให้เหล็กกล้ามีคุณสมบัติเป็นเครื่องมือตัดได้อย่างดี ธาตุหลัก ๆ ที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กกล้า มีทังสเตน (Tungsten) ตัวอย่าง เช่น เหล็กกล้า High speed steel 18-4-1 คือ เหล็กกล้าที่ใช้ทำ เครื่องมือตัด โดยมีทังสเตน 18% โครเมียม 4% และ Cast non-Ferrous alloy cast non-Ferrous alloy หรือ เรียกว่า Super high speed tool เป็นวัสดุที่ใช้เครื่องมือตัดที่มีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ทังสเตน โครเมียม และโคบอลท์ ทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อไม่ต้องชุบแข็ง อุณหภูมิใช้งานสูงถึง 600 °C Cemented carbides cemented carbides ซีเมนต์คาร์ไบด์ที่จะนำมาทำเครื่องมือตัด เป็น คาร์ไบด์ของทังสเตน (WC), ไททาเนียม หรือแทนทาลัมผสมกับธาตุอื่น ๆ พร้อมสารที่ทำหน้าที่ ยึดเหนี่ยวหรือประสานที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมละลาย ธาตุที่ผสมกับคาร์บอนไบต์มี ดังนี้ โคบอลท์ เหล็ก นิคเกิล วานาเดียม โคลัมเบียม โครเมียม เซอร์โคเนียม การขึ้นรูปหรือการผลิต มีกระบวนการ คือ ทำการบดส่วนผสมทุกอย่างทำให้เป็นผง (Powder) แล้วนำไปอบทำให้แห้ง แล้วนำไปอัดเข้าแม่พิมพ์และอัดด้วยแรงรวดอัดประมาณ 5-30 Ksi (» 4 kN/ m2) แล้วนำไปอบ ที่อุณหภูมิประมาณ 2500-2700 ^{o}F (1200-1500 ^{o}C) เป็นเวลา 30-60 นาที กระบวนการดังกล่าว เรียกว่า “Sintering” เครื่องมือตัดที่ทำจากคาร์ไบด์ จะมีความแข็งประมาณ 60 HRC หรือ มากกว่า ซึ่งสามารถนำใช้ตัดเฉือนโลหะที่มีความแข็งมากได้ดี ดังเช่น เหล็กหล่อ เหล็กกล้า เหล็กเครื่องมือ Ceramic เซรามิค หรือเซรามิคออกไซด์ เป็นวัสดุเครื่องมือตัดที่ผลิตจากอลูมิเนียมออกไซด์ บอกไซด์ (Bauxide) ซึ่งเป็นสารอลูมิเนียมออกไซด์ที่มีน้ำผสมอยู่ “ผลิตจากกระบวนการทางเคมี จนเปลี่ยนเป็นสารที่ยึดตัวกันอย่างเหนียวแน่น โดยจับตัวเป็นผลึกเรียกว่า “Alpha alumina” ส่วนผสมหลักของเซรามิค คือ Alumina oxide (Al2O3) การขึ้นรูปเซรามิคให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ โดยการทำเป็นผงและนำไปอัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการ “Sintering” มีความแข็งประมาณ 60 HRC ใช้งานจนถึงอุณหภูมิ 1200 ^{o}C Cermet

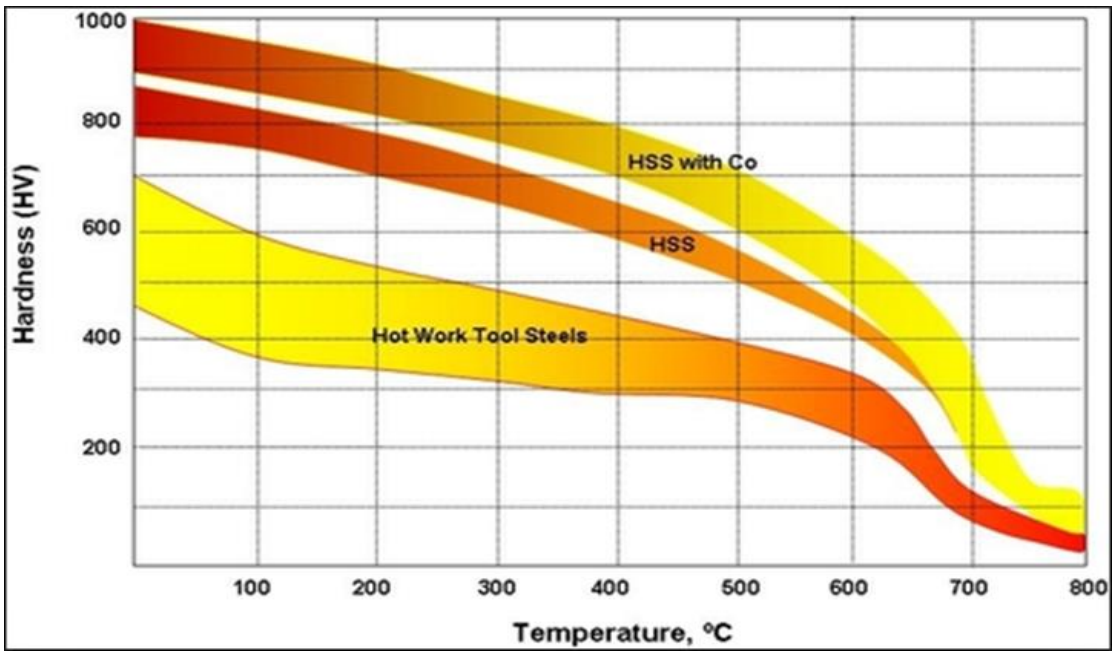


ภาพภาคผนวก ข-1 รายละเอียดของ High speed steel (HSS)

Cobalt high speed steel (HSS-Co)

เป็นการพัฒนาจาก HSS เดิมด้วยการเติมโคบอลท์เข้าไป ทำให้ทนอุณหภูมิสูงขึ้น ใช้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นได้และยังทนต่อการสึกกร่อนดีกว่า จึงนิยมใช้ในงานผลิตที่ต้องเจาะจำนวนมาก ๆ งานเจาะเหล็กแข็งซึ่ง HSS เจาะไม่ทน เช่น สแตนเลส เหล็กเกรด ฯลฯ และยังนิยมนำไปทำเอ็นมิลและต๊าปเพราะประโยชน์ที่ได้รับสูงกว่าต้นทุนที่จ่ายเพิ่มหลายเท่า

Cobalt high speed steel เหมาะสำหรับเหล็กกล้าทั้งชนิดอัลลอยและไม่อัลลอยที่มีความต้านทานแรงดึงไม่เกิน 1000 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร สแตนเลส V2A/V4A เหล็กหล่อ เหล็กกล้าหล่อ เหล็กกล้าทนกรดและความร้อนสูง ใช้ผลิตเครื่องมือ เช่น ดอกสว่านความเที่ยงตรงสูง ทนต่อความร้อนและการสึกหรอ หรือเครื่องมือสำหรับใช้ในแท่นเจาะหรือหรือในเรื่องเจาะแบบมีเสาตั้ง



ASP® and High Speed Steel Guide

	Grades		Analysis, %						Hardness, HB		Characteristics and Applications
	ERASTEEL	Equivalent	C	Cr	Mo	W	Co	V	Annealed	Drawn	
HSS, non Cobalt-grades	E T1	T1	0.75	4.1	-	18.0	-	1.1	270	320	W-alloyed grade for knives.
	E M1	M1	0.83	3.8	8.5	1.8	-	1.2	260	310	Mo-grade for taps, twist drills, dies and rolls.
	E M50	M50	0.84	4.0	4.2	-	-	1.1	260	300	Low alloyed grade for "do-it-yourself" drills.
	E M2	M2	0.90	4.2	5.0	6.4	-	1.8	260	310	Grade for general applications.
	ABC III	-	0.99	4.1	2.7	2.8	-	2.4	250	320	Grade for metal saws and wear parts.
	E M7	M7	1.02	3.8	8.6	1.8	-	1.9	260	310	Grade for twist drills, taps, end mills, etc.
	E M3:1	M3:1	1.05	4.0	6.3	6.3	-	2.5	280	320	Grade for bi-metal and hole saws.
	E M3:2	M3:2	1.20	4.1	5.0	6.2	-	3.0	270	320	M2 upgraded for higher wear resistance.
	Grindamax™ V3	-	1.20	3.9	5.2	7.0	-	2.7	270	320	Grade with excellent grindability, ideal for taps.
	E M4	M4	1.30	4.2	4.5	5.6	-	4.0	280	320	Excellent wear resistance, for cold forming and rolls.
HSS, Cobalt-grades	E M35	M35	0.93	4.2	5.0	6.4	4.8	1.8	270	320	Grade for taps and general applications.
	C8	-	1.05	4.0	6.0	5.0	7.8	1.6	280	320	8% Co-grade with improved hot hardness for end millls.
	E MAT II	-	0.72	4.0	5.0	1.0	8.0	1.0	270	300	Grade for bi-metal saws with good toughness.
	E M42	M42	1.08	3.8	9.4	1.5	8.0	1.2	280	320	Co-grade for cutting tools and bi-metal bandsaws.
	BiMax42+	-	1.08	3.8	9.4	1.6	8.0	1.2	280	320	For bi-metal bandsaws, with good weldability.

ภาพภาคผนวก ข-2 รายละเอียดของ Cobalt high speed steel (HSS-Co)

รายละเอียดของ Carbide

ชื่อทางเคมีจริง ๆ แล้ว คือ ทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) เพราะเกิดจากการผสมกันของแร่ทังสเตนกับคาร์บอน เราจึงเรียกกันสั้น ๆ ว่า “คาร์ไบด์” จะว่าไป Carbide ถือเป็นวัสดุที่เป็นพระเอกในวงการเครื่องมือตัดหลากหลายประเภทเลย เพราะมีคุณสมบัติที่มีความแข็งสูงกว่า HSS (ค่าความแข็งประมาณ HV 2600) และทนความร้อนได้สูง (จุดหลอมเหลวสูงถึง 2,870 องศา)

ทังสเตน คาร์ไบด์ เป็นโลหะที่มีความคงทนและแข็งกว่าโลหะอื่น เมื่อเทียบกับโลหะอื่น โลหะทังสเตนจะแข็งกว่าเหล็ก Steel 2 เท่า แข็งกว่าไทเทเนียม 4 เท่า แข็งกว่าเงินและทอง 7 เท่า ทังสเตน เป็นโลหะที่ทนต่อรอยขีดข่วนเป็นผลเนื่องจากความแข็งทำให้ไม่เป็นรอยได้ง่าย มีความเงา วาว เหมือนใหม่อยู่ตลอดเวลา ไม่ลอกไม่ดำ

ประวัติของ Carbide หรือ Cemented tungsten carbide นั้นเริ่มพัฒนาขึ้นที่ประเทศเยอรมนี ประมาณปี ค.ศ.1920 โดยบริษัท Osram มีจุดประสงค์ที่ต้องการสร้างวัสดุใหม่ที่คล้ายเพชร เพื่อมาใช้ตัดขึ้นรูปอุปกรณ์เครื่องจักรต่าง ๆ หลังจากนั้นทาง Osram ก็ขายลิขสิทธิ์ให้ Krupp ในปี 1925 ต่อมา Krupp ก็ได้พัฒนาต่อยอดและเปิดตัววัสดุนี้ในปีถัดมา โดยใช้ชื่อวัสดุในตอนนั้นว่า Widia (WIe DIAmant = Like diamond = เหมือนเพชร) แต่ปัจจุบันถูกเรียกกันว่าคาร์ไบด์แทน เพราะบรรดาผู้ผลิตเจ้าอื่น ๆ ที่ทำคาร์ไบด์หลังหมดลิขสิทธิ์ของ Krupp ก็คงไม่อยากให้ชื่อนี้ เนื่องจาก WIDIA ก็เป็น Brand หนึ่งของผู้ผลิตเครื่องมือตัด

ความแตกต่างระหว่าง HSS กับ Carbide

รายละเอียด	HSS	Carbide
น้ำหนัก	เบา	หนัก
ผิว	หยาบ	ละเอียด
การเคลือบผิว	TIN และ TICN	TIALN และ DLC
ทนความร้อน	ต่ำกว่า	สูงกว่า

ภาพภาคผนวก ข-3 รายละเอียดของ Carbide