การลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า

วุฒิพันธ์ พานิชพงษ์

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ วุฒิพันธ์ พานิชพงษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

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

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

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

.....กรรมการ
(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

.....กรรมการ
(ดร. บัญชา อริยะจรรยา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 29 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการตรวจสอบ ซึ่งได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้ความช่วยเหลือ และแนะนำแนวทาง ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ พร้อมทั้งการตรวจแก้ไขเพื่อให้งานนิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่เสียสละเวลาในการอบรมสั่งสอนให้ความรู้ในด้านวิชาการรวมทั้งแนวความคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน้าที่ประจำวันได้เป็นอย่างดี และขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทคณะวิศวกรรมศาสตร สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ รุ่นที่ 11 และ 12 ที่ร่วมเรียนมาตลอด 2 ปี ได้ช่วยเหลือเกื้อกูลกันระหว่างการเรียน ถ่ายทอดประสบการณ์และเสนอแนะข้อมูลที่มีประโยชน์

ประโยชน์และคุณค่าสูงสุดอันพึงมีจากงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตาบูชาแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนปลูกฝังคุณงามความดี และความมานะอดทนที่ทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

วุฒิพันธ์ พานิชพงษ์

57921133: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: วิศวกรรมคุณค่า/ การลดต้นทุน/ ตู้แอร์รถยนต์

วุฒิพันธ์ พานิชพงษ์: การลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า (COST REDUCTION OF AUTOMOTIVE HVAC SYSTEM BY VALUE ENGINEERING TECHNIQUE.) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: กฤษดา ประสพชัยชนะ, Ph.D., 115 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตของตู้แอร์รถยนต์โดยใช้แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge เมื่อวิเคราะห์คุณค่าแต่ละหน้าที่ของชิ้นส่วนประกอบตู้แอร์รถยนต์ พบว่าหน้าที่หลัก “จับยึดตำแหน่ง” มีคุณค่าน้อยที่สุด 0.41 ซึ่งหน้าที่นี้เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนประกอบที่ผลิตมาจากพลาสติก PP-TD20 ดังนั้น เทคนิคระดมความคิดและตารางแมทตริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุนของหน้าที่นี้ โดยแนวคิดที่ได้เป็นการเปลี่ยนวิธีการผสมเม็ดพลาสติกจากผู้ผลิตเม็ดพลาสติกมาเป็นที่ผู้ฉีดขึ้นรูปเม็ดพลาสติก หลังจากนำแนวคิดที่ได้มาทดลองผลิตตามมาตรฐานของลูกค้าที่กำหนดไว้ พบว่าขนาดของชิ้นส่วนประกอบ ความแข็งแรงของจุดที่ยึดด้วยสกรู และผลการทดสอบการทนความร้อนและการสั่นสะเทือนไม่แตกต่างจากวิธีการผลิตแบบเดิม ดังนั้น แนวคิดใหม่นี้จึงสามารถนำมาใช้แทนวิธีการผลิตแบบเดิมได้ ซึ่งหลังการปรับปรุงวิธีการผลิตส่งผลให้ต้นทุนตู้แอร์รถยนต์ในส่วนที่ผลิตมาจากพลาสติกสามารถลดต้นทุนได้ 25.8 บาทต่อตู้แอร์ หรือคิดเป็น 1,207,440 บาทต่อปี

57921133: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng.
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORD: VALUE ENGINEERING/ COST REDUCTION/ HVAC

WUTTIPAN PANITPONG: COST REDUCTION OF AUTOMOTIVE HVAC SYSTEM BY VALUE ENGINEERING TECHNIQUE. ADVISORY COMMITTEE: KRITSADA PROSOPSUKCHAICHANA, Ph.D., 115 P. 2016.

The objective of this research is to reduce the cost of Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) system by using 7 processes of Value Engineering technique of Arthur E. Mudge. The study has shown that the primary function of "Fix Position" had the lowest value of 0.41 and most of components of this primary function were made from plastic grade PP-TD20. Then, the techniques of brainstorming and TRIZ contradictions matrix were applied to improve and reduce cost. The concept of cost reduction was changing the mixing method from plastic compound maker to injection maker. After new mixing method was implemented according to the customer standard, it was found that the results of component size, fixing point strength, heat cycle and vibration testing were similar to previous mixing method. Therefore, new mixing method could be applied in manufacturing process and cost of HVAC was decreased by 25.8 THB per each or 1,207,440 THB per year.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 4

แผนการดำเนินงาน 4

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า 6

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

3 วิธีดำเนินการวิจัย 38

ลำดับขั้นตอนกระบวนการวิจัย 38

รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย 40

การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า 44

4 ผลการวิจัย 86

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 103

สรุปผลการวิจัย 103

ข้อเสนอแนะ 104

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	106
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก	108
ประวัติย่อของผู้วิจัย	115

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3-1 รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย 40

3-2 ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ 46

3-3 ราคาและผู้ผลิตของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ 53

3-4 การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ 59

3-5 สรุปการประเมินเชิงตัวเลข 67

3-6 การเรียงน้ำหนักของหน้าที่หลักจากมากไปน้อย 67

3-7 สรุปต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลัก (Function) 69

3-8 สรุปการประเมินเชิงตัวเลขของคุณค่า (Value) 70

3-9 การเรียงคุณค่า (Value) จากมากไปหาน้อย 71

3-10 ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์และมูลค่าเฉพาะหน้าที่หลักจับยึดตำแหน่ง 72

3-11 เกรดพลาสติกที่จะนำมาใช้ทดแทนแนวคิดที่ 1 74

3-12 เกรดพลาสติกที่จะนำมาใช้ทดแทนแนวคิดที่ 2 74

3-13 เปลี่ยนรูปแบบการสั่งซื้อเม็ดพลาสติกและเปลี่ยนวิธีการผลิตแนวคิดที่ 3 75

3-14 สรุปแนวคิดที่ได้ 78

3-15 การเปรียบเทียบราคาปัจจุบันกับแนวคิดที่ 1-4 79

3-16 ประเมินความสอดคล้องของแต่ละแนวคิด 80

3-17 ระดับความสำคัญของแต่ละแนวคิด 82

3-18 คะแนนของการประเมินค่าแบบ Evaluation matrix 84

4-1 อัตราส่วนผสมของ Master batch (PD-TD15) ตามน้ำหนักที่ต้องการ 86

4-2 ผลการทดลองค่า Operate torque, Release torque และ Broken torque 95

4-3 ผลการทดลอง Heat cycle & Vibration test 98

4-4 ราคาของพลาสติกปัจจุบัน PP-TD20 เปรียบเทียบกับราคาพลาสติกตามแนวคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15) 100

4-5 มูลค่าที่สามารถลดลงได้ต่อ 1 ปี (เม.ย. 2560-มี.ค. 2561) 101

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 เป้าหมายของลูกค้าเทียบกับกิจกรรมการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายตามสัญญาตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559 2

1-2 เป้าหมายเฉพาะผลิตภัณฑ์ตู้แอร์รถยนต์เทียบกับกิจกรรมการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายตามสัญญาตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559 3

1-3 แผนการดำเนินงาน 5

2-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C 9

2-2 ตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริง 16

2-3 แบบฟอร์มการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานโดยใช้คำกิริยาและคำนาม 21

2-4 แบบฟอร์มการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ 23

2-5 การจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายป้าย 25

2-6 การวิเคราะห์ตามรูปลักษณะ 26

2-7 แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่ 29

2-8 แบบฟอร์มตัวอย่างการประเมินความคิด 30

2-9 แบบฟอร์มตัวอย่างการเสนอแนะ 34

3-1 ลำดับขั้นตอนการวิจัย 39

3-2 ตู้แอร์รถยนต์ที่ใช้ในการวิจัย 45

3-3 ตำแหน่งการประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตู้แอร์รถยนต์ 45

3-4 มูลค่าการซื้อชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์จากผู้ผลิตในประเทศและต่างประเทศ 57

3-5 มูลค่าของชิ้นส่วนที่ซื้อภายในประเทศมากที่สุด 20 อันดับแรกโดยเรียงจากมากไปน้อย 58

3-6 มูลค่าการซื้อในแต่ละ Material ของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์จากมากไปน้อย 58

3-7 การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่หลัก 65

3-8 ต้นทุนของพลาสติกแต่ละเกรดที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ภายในประเทศไทย 73

3-9 ชิ้นงานที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกที่ไม่มี Pigment 75

3-10 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ 76

3-11 ครีบหรือสันแนวเพิ่มความต้านทานการโก่งงอของชิ้นงาน 77

4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผสมเม็ดพลาสติก 87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-2	ขั้นตอนการไหลหลังจากผสมเม็ดพลาสติกเป็น Master batch (PP-TD15)	88
4-3	ผลของการวัดขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามแบบ	89
4-4	ชิ้นส่วนที่ทำการวัดขนาดที่ได้ตามแบบแล้วมาประกอบเพื่อทำการทดสอบความแข็งแรง จุดที่ทำการยึดสกรู	94
4-5	Torque wrench เครื่องมือที่ใช้วัดค่า Torque ของสกรูในการยึดตำแหน่งชิ้นงานเข้า	94
4-6	Heat cycle และ Vibration test	97
4-7	ขนาดของชิ้นงานฝาครอบด้านซ้ายและด้านขวาก่อนและหลัง Heat cycle และ Vibration test	99
4-8	ผลการลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์เปรียบเทียบกับเป้าหมายของลูกค้าในปี 2559	102

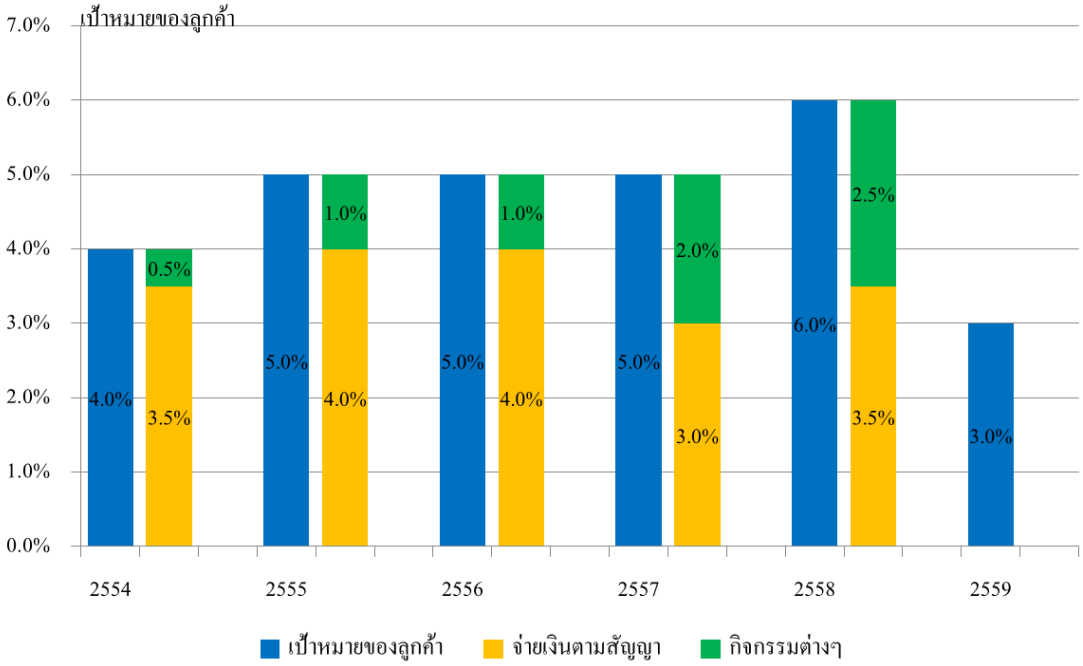
บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมรถยนต์ในปัจจุบันมีค่ายรถยนต์ (Car maker) เกิดขึ้นมากมายภายในประเทศ คือ โตโยต้า (TOYOTA) ฮอนด้า (HONDA) อีซูซุ (ISUZU) นิสสัน (NISSAN) เชฟโรเลต (CHEVROLET) มาสด้า (MAZDA) ฟอร์ด (FORD) ซูซุกิ (SUZUKI) เอ็มจี (MG) ฯลฯ รถยนต์ 1 คัน มีชิ้นส่วนประมาณ 20,000-30,000 ชิ้น ซึ่งโดยทั่วไปแม้บริษัทขนาดใหญ่ก็ไม่สามารถผลิตทุกชิ้นส่วนได้ด้วยตนเอง การแบ่งงานกันทำและการจ้างผลิตจึงเป็นรูปแบบปกติที่เกิดขึ้นทำให้เกิดความต้องการชิ้นส่วนรถยนต์เป็นอย่างมากจากผู้ผลิตรถยนต์ จึงสร้างโอกาสให้กับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ (Supplier) เกิดขึ้นมากมายภายในประเทศ เพื่อที่สามารถตอบสนองความต้องการของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ และบริษัทผู้ผลิตรถยนต์เริ่มหันมาสนใจผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศมากขึ้นด้วย เพราะสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น ด้านแรงงานโดยประเทศไทยมีข้อได้เปรียบทางด้านแรงงานที่มีต้นทุนต่ำกว่าด้านการขนส่งซึ่งไม่จำเป็นต้องมีต้นทุนในการขนส่ง คือ เรือ เครื่องบิน รถบรรทุกใหญ่จากท่าเรือและสนามบิน เพราะชิ้นส่วนรถยนต์ผลิตภายในประเทศจึงไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายหรือเสียเวลาในการขนส่งมากจนเกินความจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมของรัฐบาลที่สนับสนุนผู้ประกอบการสั่งซื้อชิ้นส่วนที่ผลิตภายในประเทศ เช่น เขตปลอดภาษี (Free zone) เป็นต้น ดังนั้น ทางผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องหาวิธีหรือกิจกรรมเพื่อให้สามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าในด้านคุณภาพ ขนส่ง ราคา การจัดการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฯลฯ หรือปฏิบัติตามข้อกำหนดของผู้ผลิตรถยนต์ เพื่อให้ธุรกิจสามารถที่จะดำรงอยู่ต่อไปได้ โดยได้รับคำสั่งซื้อใหม่ ๆ จากผู้ผลิตรถยนต์ค่ายต่าง ๆ

ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตรถยนต์มีการแข่งขันกันค่อนข้างสูง โดยการพยายามคิดค้นนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาเพื่อดึงดูดความต้องการของผู้บริโภค หรือการผลิตรถยนต์รุ่นต่าง ๆ ออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค หรือการลดราคา หรือการแจกของแถมให้กับผู้บริโภค เพื่อที่จะเพิ่มแรงดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคมากขึ้น แต่ในทางกลับกันบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ยังพยามยามเพิ่มผลกำไรนอกจากการเพิ่มยอดขาย นั่นคือ การประกอบรถยนต์ที่มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต การลดของเสียในการผลิต การลดระยะเวลาในการผลิต การลดพื้นที่ในการผลิตและการจัดเก็บ แม้กระทั่งการซื้อชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วนในราคาที่เหมาะสมในปัจจุบันนั้น บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่นั้นเขียนข้อสัญญาใน

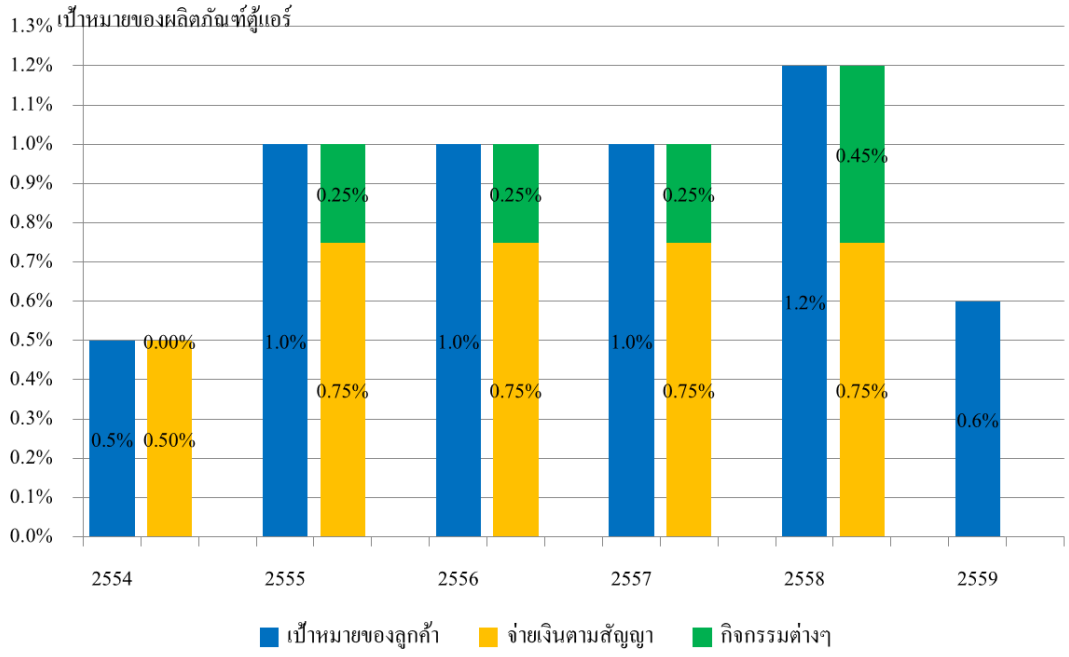
การทำธุรกิจกับผู้ผลิตชิ้นส่วนโดยการระบุลงไปในสัญญาว่าจำเป็นต้องลดราคาของชิ้นส่วนลงในแต่ละปี แต่เป็นจำนวนเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับข้อตกลงของทั้งสองฝ่าย รวมถึงการทำกิจกรรมลดค่าใช้จ่าย หรือของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต



ภาพที่ 1-1 เป้าหมายของลูกค้าเทียบกับกิจกรรมการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายตามสัญญาตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559

จากภาพที่ 1-1 จะเป็นเป้าหมายในการลดต้นทุนจากทางลูกค้า (แท่งสีน้ำเงิน) และค่าใช้จ่ายของบริษัทที่จำเป็นต้องจ่ายคืนให้ลูกค้ารายปีตามสัญญาที่ได้เขียนไว้ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) จ่ายเงินให้กับทางลูกค้าโดยไม่มีกิจกรรมใด ๆ กล่าวได้อีกอย่างหนึ่ง คือ จ่ายเป็นเงินคืนกลับให้ลูกค้า (แท่งสีส้ม) 2) ทางโรงงานงานจัดทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการลดต้นทุนแล้วนำเงินที่ได้จากการทำกิจกรรมคืนกลับให้ลูกค้า (แท่งสีเขียว) ทางบริษัทมีนโยบายเพิ่มกิจกรรมในการลดต้นทุนเพื่อที่จะทำให้การจ่ายเงินแบบไม่มีกิจกรรมใด ๆ ให้กับทางลูกค้านั้นลดน้อยลง (แท่งสีส้ม)

สำหรับการวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาตู้แอร์รถยนต์ เพราะมูลค่าในการซื้อขายของตู้แอร์รถยนต์มีมูลค่าสูงถ้าเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ของบริษัท และผู้วิจัยยังได้รับผิดชอบอยู่ในส่วนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนของตู้แอร์รถยนต์อีกด้วย



ภาพที่ 1-2 เป้าหมายเฉพาะผลิตภัณฑ์ตู้แอร์รถยนต์เทียบกับกิจกรรมการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายตามสัญญาตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559

จากภาพที่ 1-2 เป็นเป้าหมายในการทำกิจกรรมลดต้นทุนของตู้แอร์เท่านั้น โดยหลังจากบริษัทได้รับเป้าหมายรายปีจากทางลูกค้า ตามภาพที่ 1-1 จะทำการกำหนดเป้าหมายการทำกิจกรรมลดต้นทุนในแต่ละผลิตภัณฑ์ภายในบริษัท โดยการศึกษาความเป็นไปได้ของการทำกิจกรรมลดต้นทุนในแต่ละผลิตภัณฑ์และยอดขาย

วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับการลดต้นทุนที่ได้ผลดีมาก เพราะวิศวกรรมคุณค่าสามารถประยุกต์ใช้กับลักษณะงานหลากหลายตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการผลิต ปรับปรุงวิธีการทำงานที่ดีขึ้น ลดการใช้วัสดุลง หรือแม้แต่การปรับปรุงงานด้านบริหารก็ได้ โดยมุ่งหมายที่จะลดต้นทุนลง ขณะเดียวกันยังรักษาประสิทธิภาพหรือแม้กระทั่งเพิ่มประสิทธิภาพของงานได้ด้วย เช่นกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์ให้ได้ตามเป้าหมายที่ลูกค้าตั้งไว้
2. เพื่อหาวัสดุทางเลือกในการทำชิ้นส่วนพลาสติกแบบใหม่
3. เพื่อหาวิธีการผลิตทางเลือกใหม่

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาวัสดุพลาสติกที่ใช้ในการผลิตฝาครอบของตู้แอร์เท่านั้น
2. การเก็บข้อมูลการทดลองอยู่ในช่วงเดือนมกราคม 2559 ถึง ตุลาคม 2559
3. ราคาของวัสดุพลาสติกศึกษาในปี 2559 เท่านั้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ต้นทุนในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกของตู้แอร์รถยนต์ลดลง
2. มีวัสดุทางเลือกที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเพิ่มขึ้น
3. มีแนวทางในการผลิตแบบใหม่เพิ่มขึ้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

Car maker = บริษัทผู้ประกอบรถยนต์

Supplier = บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

HVAC = ตู้แอร์

Free zone = เขตปลอดภาษี

แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานประกอบด้วยขั้นตอนดังภาพที่ 1-3

ลำดับ		กิจกรรม	มกราคม 2559				กุมภาพันธ์ 2559					มีนาคม 2559				เมษายน 2559				พฤษภาคม 2559					มิถุนายน 2559				กรกฎาคม 2559				สิงหาคม 2559					กันยายน 2559				ตุลาคม 2559			
			4	11	18	25	1	8	15	22	29	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	28	3	10	17	25
1		ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง																																											
	1.1	ทำการสอบถามข้อมูลและรวบรวมข้อมูลเก่าของกระบวนการผลิตทั่วไป																																										
	1.2	ศึกษาจากแผนภูมิการไหล (Flow Chart) ของกระบวนการทำงาน																																										
	1.3	ศึกษาจาก แผนภูมิควบคุม (Control Plan) ของกระบวนการทำงาน																																										
	1.4	สำรวจสายการผลิต																																										
	1.5	ศึกษาชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเอง																																										
2		วิเคราะห์ต้นทุนและเลือกชิ้นส่วนประกอบที่ใช้เป็นกรณีศึกษา																																										
	2.1	ทำการสอบถามโครงสร้างราคาและผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบจากแผนกจัดซื้อ																																										
	2.2	แผนภูมิ Pareto เพื่อใช้แสดงถึงสัดส่วนของราคาต้นทุนในแต่ละชิ้นส่วนประกอบ																																										
3		ประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและเทคนิคเพื่อการประดิษฐ์คิดค้นและลดต้นทุน																																										
	3.1	ประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการลดต้นทุนโดยนำข้อมูลชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ มาวิเคราะห์หน้าที่ เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่และนัยสำคัญต่อต้นทุนการผลิต																																										
	3.2	นำความสำคัญของหน้าที่มาทำการประเมินเชิงตัวเลขเพื่อเปรียบเทียบ ความสัมพันธ์ทั้งหมดของชิ้นส่วน																																										
	3.3	สรุปลำดับความสำคัญของหน้าที่ของชิ้นส่วนเรียงจากมากไปน้อย เพื่อแสดงให้เห็นถึงหน้าที่ที่สำคัญที่สุดและรองลงมาตามลำดับ																																										
4		นำเสนอแนวทางปรับปรุงพัฒนา																																										
	4.1	เสนอแนวทางตามผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 เพื่อประเมินผลเบื้องต้น ก่อนนำไปปฏิบัติจริง																																										
	4.2	เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเดิมและต้นทุนใหม่จากแผนการปรับปรุงในขั้นตอนที่ 3																																										
	4.3	เปรียบเทียบดรรชนีคุณค่า Value index และ Evaluation matrix ของชิ้นส่วนเดิมและชิ้นส่วนที่ปรับปรุงแล้ว																																										
5		ดำเนินการปรับปรุงพัฒนาจริง																																										
	5.1	ดำเนินการลดต้นทุนจริงจากแผนที่ผ่านการอนุมัติจากขั้นตอนที่ 4																																										
6		ประเมินผลการดำเนินการ																																										
	6.1	นำผลการดำเนินตามขั้นตอนที่ 5 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมาย																																										

ภาพที่ 1-3 แผนการดำเนินงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า (Value engineering/ Value analysis)\

1. ประวัติความเป็นมา

เทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value engineering, VE) เกิดขึ้นในวงการอุตสาหกรรมในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ. 1938-1945) สืบเนื่องจากการขาดแคลนวัตถุดิบที่สำคัญ ๆ อันเป็นหัวใจของอุตสาหกรรมซึ่ง ได้แก่ เหล็กทุกชนิด ทองแดง บรอนซ์ ดีบุก นิกเกิล บอลล์แบริง รวมทั้งสารพวกตัวนำไฟฟ้าต่าง ๆ นอกจากขาดแคลนแล้วยังมีราคาสูงอีกด้วย

Lawrence D. Miles เป็นวิศวกรจัดซื้อของบริษัท GE (General electric company) สหรัฐอเมริกาได้รับคำสั่งในการจัดหาวัตถุดิบสำคัญ เพื่อใช้ในการผลิตเครื่อง Turbo-supercharge จาก 50 เป็น 1,000 เครื่องต่อสัปดาห์ สำหรับเครื่องบิน B-24 และชิ้นส่วนที่สำคัญในการเพิ่มการผลิตของเครื่องบิน B-29 ในสถานการณ์เช่นนั้นย่อมเป็นไปได้ยากแต่ Miles ก็มิได้ท้อถอย เขาได้ตั้งปณิธานว่า “ถ้าไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ จะต้องหาหน้าที่การทำงาน (Function) ของมันให้ได้ จะทำอย่างไรที่จะให้ได้หน้าที่การทำงานที่เหมือนกัน โดยใช้เครื่องจักร หรือคน หรือวัสดุซึ่งเราสามารถจะหาได้” เมื่อใช้ความพยายามหลายครั้ง ผลการทดสอบทางวิศวกรรมผ่านการพิสูจน์และทันเวลาตามกำหนดการ ดังนั้น คำว่า “หน้าที่การทำงาน” (Function) จึงเป็นคำที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิคทาง VE

ในระหว่างสงครามนี้ Miles พบว่ามีหลายสิ่งหลายอย่างที่นำมาแทนที่ให้สมรรถนะที่เท่าเดิมหรือดีกว่า ในราคาที่ต่ำกว่า การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน จึงพิสูจน์ได้ว่าให้ผลดีมีประสิทธิภาพอย่างที่มิได้คาดคิดมาก่อน

ในปี พ.ศ. 2490 Miles ได้จัดตั้งหน่วยงานวิจัยกิจกรรมฝ่ายจัดซื้อขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจากรองประธานบริษัท GE เพื่อที่จะศึกษาหารายละเอียด และใช้ VE อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในครั้งแรกนั้น เรียกว่า การวิเคราะห์คุณค่า (Value analysis, VA)

เมื่อบริษัท GE ได้รับความสำเร็จอย่างมาก แนวความคิดอันนี้ก็แพร่หลายเข้าสู่วงการอุตสาหกรรมอื่น ๆ อย่างรวดเร็ว สำหรับในภาครัฐบาลนั้น กระทรวงกลาโหมได้นำไปใช้ในโปรแกรมการต่อเรือในปี พ.ศ. 2497 จึงเรียกชื่อใหม่ว่า วิศวกรรมคุณค่า (Value engineer) ชื่อนี้ได้เป็นที่ยอมรับและใช้ในสมาคมวิศวกรรมคุณค่าของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2502 อย่างไรก็ดี

ในปี พ.ศ. 2504 กระทรวงกลาโหมได้นำหลักการของ VE ไปใช้ในทุกหน่วยงาน ก่อนปี พ.ศ. 2504 VE ถูกนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมการผลิตเท่านั้น ต่อมาระหว่าง พ.ศ. 2506-2508 ทั้งสามเหล่าทัพของกลาโหม ได้นำเทคนิคของ VE ไปใช้ในการก่อสร้างรวมทั้งฝึกอบรมให้ผู้รับเหมาได้รับทราบเทคนิคนี้ด้วย

ในประเทศญี่ปุ่นเริ่มรู้จัก VE ประมาณปี พ.ศ. 2498 และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2503 โดย S.F. Heinritz จากสมาคมผู้บริหารด้านการจัดซื้อแห่งสหรัฐอเมริกา ได้เดินทางมาประเทศญี่ปุ่น และได้เปิดให้มีการสัมมนาจัดซื้อทางวิศวกรรม (Purchasing engineering seminar) ขึ้นทั่วประเทศเพื่อแนะนำการนำเทคนิคของ VE ไปประยุกต์ในการบริหารการจัดซื้อ ซึ่งเป็นช่วงที่ญี่ปุ่นมีการลงทุนด้านเครื่องจักรเกินความพอดี เนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และรัฐบาลมีนโยบายเปิดตลาดภายในประเทศมากขึ้น จึงจำเป็นต้องแก้ไขโครงสร้างในอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องจักรไฟฟ้ากำลัง ด้วยการหาทางลดต้นทุนการผลิตอุตสาหกรรมเหล่านี้ให้ความสนใจต่อเทคนิคของ VE ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอื่นที่เคยใช้กันมา ทำให้วิศวกรรมคุณค่าค่อย ๆ พัฒนาถึงปัจจุบันนี้

ในปี พ.ศ. 2506 ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือ ต่อรถตู้ อุตสาหกรรมไฟฟ้า และเครื่องมือสื่อสาร

พ.ศ. 2507 อุตสาหกรรมเครื่องจักรทั่วไป

พ.ศ. 2508 อุตสาหกรรมประกอบ เครื่องจักรกล โลหะ สิ่งทอ อาหาร ผลิตภัณฑ์เคมี และเหล็กกล้า

2. จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมคุณค่า VE

จุดมุ่งหมายหลัก คือ ลดต้นทุนการผลิต หรือขจัดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นออกไป โดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีคุณภาพ และความน่าเชื่อถือได้อยู่ ดังนั้น การที่ลดต้นทุนด้วยการทำให้คุณภาพนั้นลดลงจะไม่ถูกยอมรับว่าเป็นวิศวกรรมคุณค่า (VE) ดังที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้นิยาม VE ไว้ ดังนี้

วิศวกรรมคุณค่า คือ การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบ โดยเน้นการทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์หรือการบริการเป็นหลักใหญ่ ด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด และคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้

ในขณะที่การใช้เทคนิคของ VE แพร่หลายนั้น ได้เกิดศัพท์ใหม่ ๆ ซึ่งเรียกต่างกันไปตามชนิดของธุรกิจ ได้แก่

VC = Value control มุ่งการศึกษาไปที่การควบคุมคุณภาพและต้นทุนการผลิต

VB = Value buying มุ่งไปที่การจัดซื้อวัสดุ

VR = Value research ใช้ในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือทดสอบ

VI = Value improvement เมื่อบริษัทมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และแนะนำเข้าสู่ตลาด จะเรียกว่า การปรับปรุงคุณค่า

VM = Value management ศัพท์คำนี้เริ่มใช้แพร่หลายเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร ไม่ว่าจะใช้คำศัพท์ไหนก็ตามจุดประสงค์คงมุ่งที่หน้าที่การทำงาน (Function)

กล่าวโดยสรุป เมื่อองค์กรใดตั้งโปรแกรม VE วัตถุประสงค์หลักจะประกอบด้วย

เพื่อใช้ทรัพยากร (เงิน กำลังคน และวัสดุ) อย่างเหมาะสม ด้วยการกำจัดต้นทุนไม่จำเป็นออกไป โดยไม่ทำให้คุณภาพหรือสมรรถนะลดลง

เพื่อสร้างคุณภาพที่ดีในการเปลี่ยนแปลงองค์การ

เพื่อพัฒนาพนักงานให้พอใจในงาน ด้วยการฝึกทักษะในการประหยัด มีจิตสำนึกในเรื่องต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

3. คุณค่าของการใช้งาน

โดยทั่วไปแล้วสามารถที่จะทำการแบ่งลักษณะของคุณค่าออกเป็น 3 ประเภท ใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

3.1 คุณค่าในการใช้งาน (Use value) เป็นคุณค่าที่มีผลประโยชน์ต่อการใช้งานหรือการบริการหรือ หมายถึง ความจำเป็น (Need)

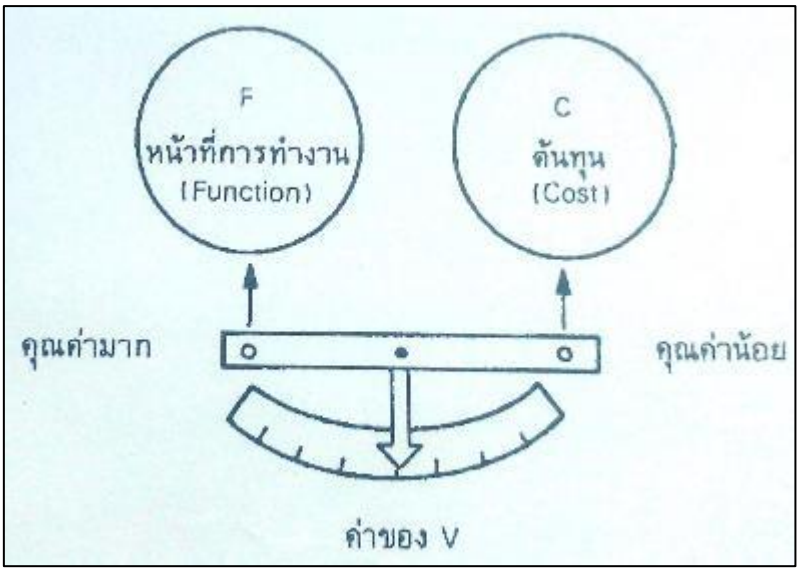
3.2 คุณค่าในจุดเด่น (Esteem value) เป็นคุณค่าที่มีลักษณะเด่นที่ทำให้เกิดความต้องการเป็นเจ้าของหรือ หมายถึง ความต้องการ (Want)

3.3 คุณค่าในการแลกเปลี่ยน (Exchange value) ลักษณะการหาคุณค่าของการนำไปใช้ทดแทนหรือแลกเปลี่ยนกันหรือ หมายถึง ความคุ้มค่า (Worth)

โดยความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value) หน้าที่ (Function) และต้นทุน (Cost) สามารถแทนความสัมพันธ์ ดังนี้

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

จากความสัมพันธ์ข้างต้นนั้น มิใช้สูตรการคำนวณ แต่เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C เท่านั้น ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C

ถ้าทั้งหน้าที่การทำงานและต้นทุนเพิ่มขึ้นจะไม่สามารถกล่าวได้ว่า คุณค่า (Value) เพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลของหน้าที่การทำงานเท่ากันและสามารถลด Cost ที่ไม่จำเป็นออกได้ถือว่าเป็นคุณค่า และจากความคุ้มค่า (Worth) นั้นเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์หรือระบบ ไม่เกี่ยวกับการออกแบบของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งสามารถแสดงเป็นดัชนีความคุ้มค่าได้ ดังนี้

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

4. การจำแนกหน้าที่การใช้งาน (Function)

โดยทั่วไปหน้าที่ของการทำงานจำแนกได้ ดังต่อไปนี้

4.1 หน้าที่การใช้งานพื้นฐาน (Basic function) เป็นหน้าที่การใช้งานเพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์หรือสินค้านั้น ๆ บรรลุตามเป้าหมาย

4.1.1 หน้าที่การใช้งานขั้นต้น (Primary function) เป็นการทำงานที่จำเป็นสำหรับการบรรลุผลตามเป้าหมายของหน้าที่การใช้งานพื้นฐาน

4.1.2 หน้าที่การใช้งานขั้นรอง (Secondary function) เป็นหน้าที่การใช้งานซึ่งช่วยเหลือให้หน้าที่การใช้งานพื้นฐานบรรลุผลตามเป้าหมาย เช่น การทำงานที่ทำให้เกิดความดึงดูดใจต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ทำให้เกิดการซื้อขายได้ง่าย

4.2 หน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็น เป็นหน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็นต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

4.2.1 หน้าที่การใช้งานที่มากเกินควร

4.2.2 หน้าที่การใช้งานที่เหลือเฟือ

4.2.3 หน้าที่ที่ซ้ำกัน

5. แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอน ของอาเธอร์ อี มูดจ์ (Arthur E. mudge)

Arthur E. mudge เป็นผู้อำนวยการบริการวิศวกรรมคุณค่าของบริษัท จอยอุตสาหกรรมผลิต (Joy manufacturing company) และเป็นผู้แต่งหนังสือวิศวกรรมคุณค่าการเข้าถึงอย่างมีระบบ (Value engineering a system approach) ได้เสนอแผนงานวิศวกรรมคุณค่าตามขั้นตอนทั้ง 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนเลือกโครงการ หรือขั้นตอนทั่วไป (Selection or General phase)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information phase)

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function phase)

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation phase)

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นทดสอบพิสูจน์ (Investigation phase)

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นเสนอแนะ (Recommendation phase)

5.1 ขั้นตอนเลือกโครงการ หรือขั้นตอนทั่วไป (Selection or General phase)

ขั้นตอนนี้ยึดหลักรากฐานที่แข็งแกร่งเท่านั้นจึงจะสามารถสร้างบ้านที่แข็งแรงได้ เทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้เปรียบเสมือนรากฐานที่แข็งแรงสำหรับการทำแผนงานวิศวกรรมคุณค่า เทคนิคเหล่านี้เน้นให้ตระหนักถึงบุคคลและการพิจารณาอย่างรอบคอบ

การพิจารณาหรือตัดสินใจอย่างรอบคอบนั้น มิใช่พรสวรรค์แต่เป็นความสามารถซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความจริง มิใช่เกิดจากความคิดเฉพาะบุคคล สิ่งซึ่งทำความพอใจอย่างมากในชีวิตเรา ก็คือ การใช้ความรู้ เพื่อให้เกิดความสามารถในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

เทคนิคที่ใช้เป็นรากฐานของวิศวกรรมคุณค่าในขั้นนี้ ได้แก่ การใช้มนุษยสัมพันธ์ที่ดี การทำงานเป็นกลุ่ม ทำงานเฉพาะด้าน ขจัดอุปสรรคและการตัดสินใจที่ดีของธุรกิจ

5.1.1 ใช้หลักมนุษยสัมพันธ์ที่ดี

แผนงานจะได้ผลอย่างมาก จะต้องขึ้นอยู่กับมนุษยสัมพันธ์ที่ดีด้วย การปรับปรุงต้นทุนนั้นนอกจากจะรู้วิธีการแล้วยังต้องเข้าใจการทำงานร่วมกับคนอื่นอีกด้วย ถ้าไม่มีมนุษยสัมพันธ์เป็นพื้นฐานแล้ว ความสำเร็จในโปรแกรมวิศวกรรมคุณค่าเกือบจะเป็นไปไม่ได้

เมื่อมองย้อนหลังไปในอดีตจะพบว่า คนมักจะต้องอยู่ร่วมกันเพื่อความมีชีวิตอยู่รอดเรียนรู้ถึงความเข้าใจซึ่งกันและกัน และทำงานร่วมกัน ดังนั้น ทีมงาน VE ควรใช้ความพยายามในแง่มุม ดังนี้

5.1.1.1 เข้าใจผู้อื่น ในการเกี่ยวข้องกับบุคคลต่าง ๆ นั้น ถ้าเราพยายามฝึกหัดการเข้าใจผู้อื่นโดยสังเกตว่า เขาพูดอะไร หมายความว่าอย่างไร ทำไมเขาถึงแสดงกิริยาอย่างนั้น เขามีความเชื่อในสิ่งต่าง ๆ แค่ไหน ทำไมเขาถึงเชื่อในสิ่งเหล่านี้ ทำไมเขาทำอย่างนั้น และพูดอย่างนั้น ถ้าตอบคำถามเหล่านี้ได้ แสดงว่าเข้าใจผู้อื่นอยู่บ้าง ฝึกหัดต่อไป และหลีกเลี่ยงการใช้อารมณ์

5.1.1.2 ให้เกียรติผู้อื่น ในการที่ทีมงานต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลต่าง ๆ มากมายในองค์การ เพื่อหาข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนงาน ด้วยเหตุผลนี้ทีมงานควรต้องให้เครดิตแก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ด้วยการยกย่องให้เกียรติผู้ที่ให้ข้อมูลหรือช่วยเหลือจนทีมงานประสบผลสำเร็จ

5.1.1.3 ความแตกต่างระหว่างบุคคล พึงระลึกถึงว่า คนทุกคนมีแนวคิดอุปนิสัยต่างกัน แต่ละคนแก้ปัญหา หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ ตามแนวคิดส่วนตัวทั้งนั้น การร่วมมือกัน ขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะชักนำทำให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะผู้ที่ยังยึดแน่นอยู่กับความคิดแบบเก่า ๆ ว่าตนเองนั้นดีเลิศ ทีมงานต้องใช้ความพยายามหาจุดร่วมให้ได้

5.1.1.4 มีความรอบครอบและเห็นใจ เข้าใจถึงความรู้สึกและเห็นอกเห็นใจเป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะทำให้แผนงานบรรลุเป้าหมาย โปรดจำไว้ว่าคนทุกคนมีความภาคภูมิใจในความสามารถของตนเอง มิใช่เป็นของง่ายเลย ในเวลาอันรวดเร็ว ฉะนั้นความอดทนเท่านั้นจึงจะเอาชนะได้

5.1.1.5 ความคิดในทางบวก เป็นยาขนานวิเศษที่สุดสำหรับทีมงาน VE เป็นเทคนิคอันหนึ่งซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความมั่นใจในผลงานของทีม

5.1.1.6 ความยืดหยุ่น ทีมงานจะต้องตระหนักถึงแนวความคิดใหม่ ๆ และความคิดของเขาจะต้องยืดหยุ่นได้ไม่ยึดแน่นอยู่กับสิ่งเก่า เมื่อพิจารณาถึงสิ่งใดต้องมองทุกแง่มุม พร้อมทั้งตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง สำหรับทีมงาน VE นั้นสิ่งที่เราคิดว่าดีเลิศแล้วในวันนี้ จะดียิ่งกว่าในวันพรุ่งนี้

5.1.2 กระตุ้นการทำงานร่วมกัน

ในการร่วมมือทำงานเป็นกลุ่ม ก่อนอื่นต้องเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เปลี่ยนทัศนคติจากต่างคนต่างทำงาน มาร่วมมือกันทำงาน และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน งานคืองานของเรา กลุ่มแบ่งความรับผิดชอบ ผลสำเร็จเป็นของกลุ่ม

งานจะพัฒนาหรือไม่ขึ้นอยู่กับกลุ่มว่ารวมตัวกันอย่างเข็มแข็งหรืออย่างหลวม ๆ ต้องเข้าใจว่า งานจะสำเร็จออกมาอย่างดีที่สุด เมื่อกลุ่มรู้สึกว่าจุดมุ่งหมายอยู่ที่จุดเดียวกัน ความรับผิดชอบร่วมกัน รู้สึกเป็นเจ้าของโครงการร่วมกันมากกว่าส่วนตัว ถ้าเขาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน จะเกิดความคิดใหม่ขึ้น 2 ความคิด ซึ่งดีกว่าความคิดเดียว และถ้าเพิ่มจำนวนความคิดอีกสองสามความคิด ก็จะเกิดพลังความคิดอันใหม่อีกด้วย

เมื่อต้องการพิจารณาสิ่งใด ทุกคนมีความต้องการพื้นฐานเช่นเดียวกัน ส่วนปลีกย่อยของแนวความคิดเป็นไปตามสิ่งแวดล้อม เมื่อได้แบ่งความรับผิดชอบร่วมกัน และช่วยกันแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีระบบ จึงก่อให้เกิดพลัง พลังซึ่งมีส่วนเสียน้อยมาก

5.1.3 การทำงานเฉพาะด้าน

คำว่าเฉพาะด้านคล้ายกับข้อกำหนด ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์กับงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นความรู้เฉพาะด้าน หรือเทคนิคเฉพาะด้านก็ตาม ในการทำ VE โปรแกรมนั้น เราต้องหลีกเลี่ยงการใช้ความรู้ทั่ว ๆ ไป แต่จะใช้ความรู้เฉพาะด้านเข้าแก้ปัญหาเท่านั้น มิฉะนั้นจะทำให้การตัดสินใจผิดพลาดได้ จะเห็นได้จากบางครั้งปัญหาของเราต้องการผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้เกิดความกระจ่าง คมชัดขึ้นนั่นเอง

5.1.4 อุปสรรคการทำ VE

การเปลี่ยนแปลงสิ่งที่ทุกคนต่อต้าน ผู้ที่ไม่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลง เป็นผู้ที่ประเสริฐยิ่ง และหายากมากทีเดียว

การเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งมหัศจรรย์ เมื่อมีความคิดใหม่มาเกี่ยวข้องกับท่านและมีผลกระทบกับงานของท่าน ท่านจะมีปฏิกิริยาโต้ตอบอย่างรวดเร็วหรือว่าท่านจะประเมินและยกย่องการเปลี่ยนแปลงนั้นอย่างใจกว้าง

ข้อความต่อไปนี้เป็นหัวข้อที่ทำให้เกิดอุปสรรคในการทำ VE และถือว่าเป็นการต่อต้านด้วย

5.1.4.1 เราเคยพยายามมาก่อนแล้ว

5.1.4.2 ที่นี่แตกต่างกว่าที่อื่น

5.1.4.3 มันอาจทำให้ต้นทุนสูงเกินไป

5.1.4.4 นั่นอยู่นอกเหนือความรับผิดชอบของเรา

5.1.4.5 นั่นไม่ใช่งานของผม

5.1.4.6 เราไม่มีเวลาที่จะทำ

5.1.4.7 มันเป็นการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงไป

5.1.4.8 เราไม่มีเวลา

5.1.4.9 ไม่มีคนช่วยพอ

5.1.4.10 มันจะทำให้เครื่องจักรอื่น ๆ ล้าสมัย

5.1.4.11 ให้เราทำวิจัยการตลาดก่อน

5.1.4.12 เราตัวเล็กเกินไปสำหรับงานนี้

5.1.4.13 มันไม่เหมาะสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

5.1.4.14 คนจะไม่ซื้อแน่

5.1.4.15 สหภาพคงจะโวยวายแน่

5.1.4.16 เราไม่เคยทำมาก่อน

5.1.4.17 มันต่อต้านนโยบายของบริษัท

5.1.4.18 มันจะทำให้ค่าโสหุ้ยสูงขึ้น

5.1.4.19 เราไม่มีอำนาจ

5.1.4.20 นั่นคือ หอคอย งาช้าง

5.1.4.21 ให้เรากลับไปที่ความจริงกันดีกว่า

5.1.4.22 นั่นไม่ใช่ปัญหาของเรา

5.1.4.23 เปลี่ยนทำไม? แบบนี้ก็ดีแล้วนี่

5.1.4.24 กรรมการบริหารคงไม่เห็นด้วย

5.1.4.25 มันจะทำอะไรคู่แข็งขันเราได้บ้าง

5.1.4.26 ผมไม่ชอบความคิดนั้น

5.1.4.27 เรายังไม่พร้อม

5.1.4.28 ไม่มีงบประมาณ

5.1.4.29 คุณไม่สามารถสอนสุนัขแก่ให้ทำสิ่งใหม่ได้หรอก

5.1.4.30 มันเป็นความคิดที่ดี แต่ปฏิบัติไม่ได้

5.1.4.31 ปล่อยไว้สักพักก่อน

5.1.4.32 ลองกลับไปคิดอีกครั้ง

5.1.4.33 ผู้บริหารคงไม่เอาด้วย

5.1.4.34 ลองเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรซิ

5.1.4.35 เราคงเป็นตัวตลกแน่

5.1.4.36 เราไม่ทำอีกแน่

5.1.4.37 เราจะเสียเงินในระยะยาว

5.1.4.38 คุณจะขุดมันขึ้นมาอีกทำไม

5.1.4.39 เราทำงานได้โดยไม่ต้องใช้มัน

5.1.4.40 นั่นเราสามารถทำได้จากพวกเราเอง

5.1.4.41 เราไม่เคยพยายามมาก่อน

5.1.4.42 เอาขึ้นหิ้งไว้ก่อน

5.1.4.43 ให้เราฟอร์มคณะกรรมการก่อน

5.1.4.44 มีใครเคยลองไหม

5.1.4.45 มันจะทำประโยชน์อะไรได้

5.1.4.46 ลูกค้าต้องไม่ชอบแน่

5.1.4.47 มันคงขายยาก

5.1.4.48 ผมไม่เห็นว่ามันเกี่ยวข้องอะไรกัน

5.1.4.49 มันคงทำไม่ได้ในโรงงานของเรา

5.1.4.50 สิ่งที่คุณจะพูด คือ.....

5.1.4.51 บางทีมันคงทำได้ผลในแผนกของคุณแต่ไม่ใช่แผนกผม

5.1.4.52 คุณคิดไหม เราควรพิจารณาอีกครั้งก่อนลงมือทำ

5.1.4.53 เงียบ ๆ ไว้ดีกว่า

5.1.4.54 คุณถูกต้อง แต่ว่า.....

5.1.4.55 คุณก้าวล้ำหน้าไปสัก 2 ปี ซะแล้ว

5.1.4.56 เราไม่มีเงิน อุปกรณ์ ห้องและคน

วลีเหล่านี้ถือว่าเป็นวลีที่ฆ่าความคิดและทำลายการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าอย่างสิ้นเชิง อุปนิสัย ทัศนคติ และผลจากการปิดกั้นความคิดนี้เป็นสิ่งลึกซึ้งซึ่งต้องศึกษา เพราะมีอิทธิพลต่อผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ เมื่อท่านพบว่าใครคนหนึ่งกำลังปิดกั้นความคิดสร้างสรรค์ของท่าน ลองหยุดและถามตัวเองด้วยคำถามง่าย ๆ นี้

เป็นเหตุผลที่ดีแล้วหรือที่พูดอย่างนี้

เป็นจริงอย่างที่เขาพูดหรือ?

นี่เป็นวิธีการพูดเพื่อที่จะยุติความคิดของเราและหลีกเลี่ยงการกระทำใช่ไหม?

เราท่านไม่สามารถจะหยุดยั้งการเปลี่ยนแปลงได้ สิ่งที่เราสามารถทำได้ คือ หยุดตัวเอง ถ้าใครมีความคิดที่ดีทำไมไม่นำมาใช้ ควรจะยอมรับและหาข้อมูลเพิ่มเติม พร้อมทั้งดำเนินเรื่องต่อไปซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในธุรกิจที่ดี

5.1.5 การใช้วิจารณญาณทางธุรกิจที่ดี

สิ่งสำคัญที่ทำให้เราสามารถพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ได้ดีนั้น ขึ้นอยู่กับความใจกว้างด้วย จะพบว่าวิศวกรที่ประสบความสำเร็จนั้นในครั้งแรก ๆ เขารู้สึกยุ่งยากใจในการที่เขาต้องหันเหออกจากสูตร และวิธีการที่ทำให้เขาประสบความสำเร็จในการทำงาน เมื่อสถานการณ์เปลี่ยนไปเขาจำเป็นต้องใช้วิจารณญาณทางธุรกิจที่ดี ด้วยการประเมินผลข้อเท็จจริงต่าง ๆ ตัดความรังเกียจส่วนตัวและความต้องการที่จะเอาใจผู้อื่น (อย่างผิด ๆ) เปลี่ยนเป็นเปิดใจให้กว้างและอยู่กับความจริง และคำถามที่เฉพาะเจาะจงที่เหมาะสมกับแบบงานและการตัดสินใจด้วย

เมื่อใช้วิจารณญาณที่ดีนั้นต้องนึกถึงความรู้ใหม่ ๆ ความเข้าใจในสิ่งใหม่ ๆ และเข็มแข็งในขณะเดียวกัน เราต้องใช้ความพยายามบังคับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มิใช่ให้มันมาเป็นตัวบังคับเรา ต้องสร้างการเปลี่ยนแปลงมิใช่ต่อต้าน ผสมผสานความนึกคิดข้อเท็จจริงต่าง ๆ และลงมือปฏิบัติ

นอกจากนี้พึงตระหนักถึง 10 ขั้นตอน ต่อไปนี้ ซึ่งจะทำให้เราได้คุณค่าเพิ่ม

5.1.5.1 เป็นนักฟังที่ดี

5.1.5.2 หาสิ่งจูงใจให้เพื่อนร่วมงาน

5.1.5.3 เอาใจเขามาใส่ใจเรา

5.1.5.4 ถกเถียงทุกสิ่งทุกอย่างด้วยความใจกว้าง

5.1.5.5 อธิบายวัตถุประสงค์ของท่าน

5.1.5.6 การตัดสินใจอยู่บนรากฐานของข้อมูลที่เท็จจริง

5.1.5.7 อย่าทำตัวเป็นผู้พิพากษา ซึ่งถือว่าตัวเองไม่เคยผิดพลาด

5.1.5.8 เรียนรู้จากประสบการณ์ของคนอื่น

5.1.5.9 ทำงานอยู่บนรากฐานของการให้และการรับ

5.1.5.10 เน้นผลสำเร็จของกลุ่ม มิใช่ของคนใดคนหนึ่ง

5.2 ขั้นรวบรวมข้อมูล

ในขั้นการรวบรวมข้อมูลนี้ ใช้เทคนิค 3 ประการด้วยกัน คือ ข้อเท็จจริง (Fact) หาต้นทุน (Cost) และกำหนดต้นทุนสำหรับข้อกำหนดและความต้องการ (Fixed cost on specification)

5.2.1 ข้อเท็จจริง

การได้ข้อมูลของความจริงนั้น เปรียบเสมือนกุญแจของความรู้ไปสู่ความสำเร็จในแผนงาน กุญแจของขั้นตอนนี้ ได้แก่ คำถาม 6 คำ คือ ทำไม อะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน อย่างไร และใคร ซึ่งตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริง แสดงไว้ดังภาพที่ 2-2

บริษัท..... เลขที่โครงการ.....
แบบฟอร์มข้อมูล
ผลิตภัณฑ์.....
โครงการ..... เลขที่แบบแปลน.....
ปริมาณที่ต้องการ.....
ภูมิหลังด้านการตลาด.....
ภูมิหลังด้านการผลิตและจัดซื้อ.....
ภูมิหลังด้านวิศวกรรม.....
ทีมงาน..... วันที่.....

ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริง

ภูมิหลังด้านการตลาด หลังจากที่ปรึกษากับบุคคลในสาขานี้แล้ว ควรจะหาข้อมูลเหล่านี้ให้ได้

5.2.2 รายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนด และความต้องการของผู้ใช้ และผู้ผลิต ซึ่งจะประกอบด้วย

5.2.2.1 สภาพโดยทั่วไปก่อนใช้ ระหว่างใช้ และภายหลังที่ใช้ผลิตภัณฑ์

5.2.2.2 ขอบเขตทางด้านกายภาพ มีข้อกำหนดอย่างไร

5.2.2.3 ความต้องการทางด้านความน่าเชื่อถือได้ การบริการ การบำรุงรักษา และการทำงานของมัน

5.2.2.4 ความต้องการด้านอายุการทำงาน

5.2.2.5 ความต้องการด้านคุณลักษณะพิเศษ

5.2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลการปฏิบัติของหน่วยซ่อม

5.2.3.1 ประวัติการทดแทนชิ้นส่วนที่แท้จริงและสำรอง

5.2.3.2 เหตุผลของการเปลี่ยนชิ้นส่วนทดแทน

5.2.3.3 อายุการทำงานจริงของส่วนประกอบต่าง ๆ

5.2.4 รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนความต้องการของสินค้า และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะผลิตได้ทั้งหมด

5.2.4.1 อายุของสินค้าในตลาดเป็นเท่าใด จะสามารถเพิ่มอายุของสินค้าในตลาดได้อย่างไร

5.2.4.2 คู่แข่งขันมีจำนวนเท่าใด ตั้งอยู่ที่ใด และราคาผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งขันเป็นอย่างไร

5.2.4.3 ในโครงการนี้ ถ้ามีการทดสอบ เปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุงจะสามารถใช้งานได้ดีหรือขายเพิ่มขึ้นได้ไหม

ในกรณีปัญหาเฉพาะด้าน ข้อมูลอาจได้จากฝ่ายการจัดการตลาด จะพบว่าเมื่อได้รับข้อมูลเฉพาะด้านแล้ว มักจะมีคำถามเกิดขึ้นอีก ต้องแน่ใจว่าคำถามเหล่านี้ไม่ซ้ำกับคำถามเก่า ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียเวลาแก่ทุกคน

ภูมิหลังด้านวิศวกรรม ปรึกษาและค้นหาข้อมูลจากพวกวิศวกร ผู้ซึ่งออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขบวนการผลิตและวิธีการทำงาน ข้อมูลที่จำเป็น ได้แก่

ข้อ 1 ประวัติทางเทคนิคโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์หรือโครงการ ระยะเวลาที่ออกแบบปัญหาการพัฒนาและอุปสรรค การเปลี่ยนแปลงข้อกำหนด และความต้องการอื่น ๆ

ข้อ 2 ลิขสิทธิ์อะไรที่ควรนำมาวิเคราะห์ในโครงการนี้ และลิขสิทธิ์เหล่านั้นเป็นของผู้ใด

ข้อ 3 ความต้องการทางด้านกายภาพ สมรรถนะ และฝีมือ สำหรับโครงการนี้ สิ่งเหล่านี้รวมถึง

ข้อย่อย 3.1 วัสดุต่าง ๆ

ข้อย่อย 3.2 น้ำหนัก

ข้อย่อย 3.3 มิติ

ข้อย่อย 3.4 การสั่นสะเทือน

ข้อย่อย 3.5 สิ่งแวดล้อม

ข้อย่อย 3.6 อายุการใช้งาน

ข้อย่อย 3.7 สมรรถนะ

ข้อย่อย 3.8 รูปร่าง

ข้อ 4 โครงการนี้สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นได้ไหม ถ้าทำได้ต้องทำอย่างไรและปริมาณเท่าไร

ข้อ 5 การพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงได้พิจารณาหรือไม่ เมื่อไรความคาดหมายจึงจะสำเร็จ

ข้อ 6 โครงการนี้ควรปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพื่อให้เกิดการทำงานดีขึ้นหรือขายได้ดีขึ้น นอกจากนี้หาคำตอบทำอย่างไรโครงการนี้จึงจะลดต้นทุนได้

จากคำถามที่ว่าข้อกำหนดหรือความต้องการใดที่จะก่อให้เกิดความยุ่งยากและมีต้นทุนสูง คำตอบเหล่านี้จะช่วยนำไปสู่ความสำเร็จ อย่ากลัวที่จะค้นหามัน

ภูมิหลังด้านการผลิตและจัดซื้อ บุคคลในแผนกนี้สามารถที่จะให้ข้อมูลที่ต้องการในด้านเหล่านี้

ข้อ 1 ข้อกำหนดกระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ปริมาณการผลิตต่อการเดินเครื่อง (ต่อเดือน ต่อปี) เครื่องมือที่ใช้เป็นพิเศษ หรือมาตรฐาน วิธีการทำงาน เฉพาะอายุการใช้งานของเครื่องมือต่าง ๆ ต้นทุนอยู่ในความดูแลของใคร

ข้อ 2 ถ้าใช้เครื่องมือพิเศษ เป็นชนิดใด และราคาเท่าใด

ข้อ 3 รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้วัตถุ ตั้งแต่วัตถุดิบ จนถึงวัสดุสำเร็จรูป รวมทั้งจำนวนเศษวัสดุด้วย

ข้อ 4 จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องทำใหม่ ชิ้นส่วนที่ไม่ยอมรับจากการประกอบ (เกิดจากปัญหาการผลิตหรือวัตถุดิบไม่ดี)

ข้อ 5 ถ้าชิ้นส่วนนั้นซื้อมาจากภายนอก จะต้องหาข้อมูล ดังนี้

ข้อย่อย 5.1 บริษัทใดเป็นผู้จัดหาชิ้นส่วนในปัจจุบัน

ข้อย่อย 5.2 ก่อนนั้นซื้อจากที่ไหน

ข้อย่อย 5.3 แหล่งที่จะสามารถจะซื้อจากที่อื่น

ข้อย่อย 5.4 จัดการซื้ออย่างไร (สัญญาเป็นรายปี หรือเป็นปริมาณมาก ๆ)

ข้อย่อย 5.5 ปริมาณการสั่งซื้อตามปกติ และปริมาณการสั่งซื้อต่ำสุดเป็นเท่าใด

ข้อย่อย 5.6 ใครเป็นผู้สั่งซื้อ

ข้อย่อย 5.7 การสั่งซื้อกระทำอย่างไร เมื่อไร และจากที่ไหน

ข้อย่อย 5.8 ประวัติการจัดส่งชิ้นส่วนนั้น ๆ

ข้อย่อย 5.9 ราคาของชิ้นส่วน ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ถ้ามี)

5.2.5 ในส่วนที่ต้องการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ควรเขียนเป็นหัวข้อ ในการพิจารณาปัญหาทางด้านลดการผลิต หรือการสั่งซื้อจากภายนอก

เมื่อใดรวบรวมข้อมูลจากบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้องแล้ว จึงทำให้เกิดความสามารถในการปรับปรุงขึ้น ต่อจากนั้นควรบันทึกข้อมูล และขั้นต่อไป คือ พิจารณาต้นทุนซึ่งสัมพันธ์กับข้อเท็จจริงที่รวบรวมมา

5.2.6 การหาต้นทุน

สิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ ก็คือ การหาต้นทุนที่ถูกต้อง ซึ่งจะช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายของโครงการ และเป็นการวัดผลข้อเท็จจริงที่เราได้รับมาอีกด้วย

ในขั้นตอนแรกต้องหาต้นทุนของวัสดุ และแรงงาน (Prime costs) ที่เกี่ยวข้องกับโครงการย่อย รวมทั้งส่วนอื่น ๆ ของโครงการด้วย

ขั้นที่สองหาค่าโสหุ้ยของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุทางอ้อม หรือค่าแรงทางอ้อม เครื่องจับชิ้นงานที่ทำพิเศษขึ้น ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบรรจุและขนส่ง และค่าใช้จ่ายพิเศษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นการประเมินก็ดี หรือค่าใช้จ่ายแท้จริงจะต้องบันทึกไว้ รวมทั้งบันทึกแหล่งที่มาด้วย

กฎเกณฑ์ที่ใช้เกี่ยวกับต้นทุนทางวิศวกรรมคุณค่า ได้แก่ กฎ 20-80 กฎเกณฑ์นี้มีอยู่ 3 แบบด้วยกัน ในโครงสร้างต้นทุน ดังนี้

กฎที่ 1 ต้นทุนสินค้าสำเร็จรูป (Cost of goods manufactured) โครงสร้างต้นทุนโดยทั่วไปมี ดังต่อไปนี้

ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) = 20% ของต้นทุนรวม

ต้นทุนแปรผัน (Variable costs) = 80% ของต้นทุนรวม

ดังนั้นควรมุ่งการใช้ VE ไปที่ต้นทุนผันแปร

กฎที่ 2 ต้นทุนโรงงาน (Factory costs) โครงสร้างที่ปรับปรุงแล้ว โดยที่ 20% ของแต่ละส่วน ประกอบด้วย 80% ของต้นทุนรวม

เมื่อใดค่าใช้จ่ายโรงงานที่สมบูรณ์แบบแล้ว นำมาวิเคราะห์แต่ละส่วนโดยลำดับค่าใช้จ่ายที่ลดลงตามลำดับ (เริ่มต้นด้วยค่าใช้จ่ายสูงสุด ลงท้ายด้วยค่าใช้จ่ายต่ำสุด)

เมื่อทำดังนี้แล้วจะพบว่า 20% ของส่วนแรกที่มีต้นทุนสูงจะประกอบด้วย 80% ของต้นทุนรวมที่วิเคราะห์ ดังนั้น ควรพยายามมุ่งความสนใจไปที่ 20%

กฎข้อที่ 3 หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง โดยที่

หน้าที่พื้นฐาน = 20% ของต้นทุน

หน้าที่รอง = 80% ของต้นทุน

ดังนั้น ควรที่จะทำการมุ่งแก้ไขที่หน้าที่รอง เพราะมีค่าใช้จ่ายมากถึง 80% ของต้นทุนรวม

5.2.7 กำหนดต้นทุนของข้อกำหนดและความต้องการ

เมื่อใดศึกษาข้อกำหนดและความต้องการอย่างละเอียดแล้ว พบว่าต้นทุนของสินค้าสำเร็จรูป กระบวนการผลิตหรือวิธีการ เป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนราคาขาย หรือต้นทุนรวม ดังนั้น จึงควรศึกษาค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ซึ่งรวมอยู่ในราคาของผลิตภัณฑ์

เมื่อจัดแยกรายละเอียดของความต้องการแล้วจึงแบ่งต้นทุนไปตามส่วนต่าง ๆ กำหนดให้ต้นทุนข้างต้น (วัสดุ + แรงงานทางตรง) และต้นทุนโรงงาน แบ่งแยกไปตามข้อกำหนดหรือความต้องการที่ทำไว้ โดยให้มีการเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

การจัดลำดับต้นทุนที่คล้าย ๆ กับกฎข้อ 2 20-80 สามารถช่วยให้กำหนดเขตที่ดีที่สุดสำหรับกำจัดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกไป

5.3 ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงานเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในแผนงานวิศวกรรมคุณค่าซึ่งต่างจากการลดต้นทุนแบบอื่น ๆ การวิเคราะห์หน้าที่นี้ทำได้โดยการอธิบายหน้าที่ ประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่ และพัฒนาทางเลือก ซึ่งเทคนิคเหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไรทางธุรกิจ และการปรับปรุงต้นทุนได้เป็นอย่างดียิ่ง

เนื่องจากกำไรของธุรกิจหรืออุตสาหกรรมเป็นผลเนื่องจากผลิตภัณฑ์ กระบวนการและวิธีปฏิบัติ จะเห็นได้ว่าความรู้เหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไร ดังนั้น การใช้เทคนิควิเคราะห์หน้าที่จึงเป็นการอธิบายปัญหาและสร้างความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิต ด้วยการแยกแยะเพื่อหาข้อสรุปของปัญหารวม

คำจำกัดความของหน้าที่ตามที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าได้เขียนไว้ คือ สิ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นใช้งานได้หรือขายได้

กฎเกณฑ์ของหน้าที่

กฎข้อที่ 1 หน้าที่การทำงานต้องประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ คำกิริยา และคำนาม

กฎข้อที่ 2 สำหรับหน้าที่การใช้งาน และการขายต้องแยกให้คำกริยา และคำนามแตกต่างกัน คือ หน้าที่การทำงานมักจะเป็นกริยาที่แสดงการกระทำ (Action verbs) และคำนามนั้นวัดได้ และส่วนหน้าที่การขายนั้น กริยาอยู่ในรูปไม่มีการกระทำ (Passive verbs) และคำนามนั้นวัดไม่ได้

กฎข้อที่ 3 หน้าที่ทั้งหมดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ หน้าที่พื้นฐาน (Basic function) และหน้าที่รอง (Secondary function) โดยหน้าที่พื้นฐานเป็นหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์หรือบริการ และหน้าที่รองเป็นหน้าที่ช่วยเสริมให้หน้าที่พื้นฐานสมบูรณ์ขึ้น

ซึ่งกฎทั้ง 3 ข้อนี้เป็นส่วนหนึ่งของขบวนการทางความคิด กฎเกณฑ์เหล่านี้ทำให้มองปัญหาต่าง ๆ ง่ายขึ้น มีมาตรฐานขึ้นและเป็นแนวทางที่จะแก้ปัญหาบุคคลในเรื่องอุปนิสัย และทัศนคติ

กฎข้อที่ 1 นั้น ให้จำนวนสถานการณ์และความจริงในขั้นแรก ถ้าไม่สามารถอธิบายหน้าที่เป็น 2 คำนี้ได้แล้ว แสดงว่าไม่มีข้อมูลเพียงพอเกี่ยวกับปัญหา หรือกำลังแก้ปัญหาที่ใหญ่

เกินไป ซึ่งอธิบายไม่ได้ สำหรับในขั้นที่ 2 ด้วยการใช้คำ 2 คำนี้สามารถแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ที่ง่ายขึ้น และในขั้นสุดท้ายจะเห็นว่าเมื่อใช้คำ 2 คำนี้แล้วโอกาสที่จะเข้าใจผิดอันเนื่องจากการสื่อสารกันนั้นน้อยลง

กฎข้อที่ 2 กฎข้อนี้จะทำการแยกการใช้งาน และการขายออกจากกัน ถ้าอธิบายคำกริยาซึ่งไม่ใช่กริยาที่กระทำ หน้าที่นี้ก็ไม่มีประโยชน์ เมื่อใช้คำนามที่วัดได้ ส่วนหน้าที่ที่ทำให้ขายได้นั้น ในส่วนของคำว่า คำนามนั้นวัดได้ค่อนข้างยากหรือแทบจะเป็นไปไม่ได้เลย เช่น ความสวยงาม ความสะดวกสบาย ศักดิ์ศรี ฯลฯ

กฎข้อที่ 3 ตามคำนิยามนั้น หมายถึง ให้ความสำคัญของหน้าที่โดยปกติแล้วพบว่าปัญหาผลิตภัณฑ์ วิธีการปฏิบัติ หรือขบวนการมักมีหน้าที่พื้นฐานเพียงอย่างเดียว มีจำนวนน้อยมากที่มีหน้าที่พื้นฐาน 2 อย่าง ส่วนหน้าที่พื้นฐานมากกว่าหนึ่งหน้าที่มักเกี่ยวพันกับสิ่งอื่น ในกรณีของหน้าที่รองพบว่ามีหน้าที่เฉพาะ (Specific function) และหน้าที่เสริมหน้าที่พื้นฐาน (Dependent function) หน้าที่เฉพาะต้องการการกระทำเฉพาะจึงจะสำเร็จ หน้าที่เสริมจะไม่สำเร็จก่อนหน้าที่พื้นฐาน

การบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ (Function definition) จะทำการบันทึกลงในแบบฟอร์มดังภาพที่ 2-3

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยใช้คำกริยา – นาม โครงงานการ.....					
ปริมาณ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน	
		กริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง

ภาพที่ 2-3 แบบฟอร์มการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานโดยใช้คำกิริยาและคำนาม

การประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ ก่อนอื่นต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ทั้งหมด ซึ่งถูกจัดให้อยู่ในรูปของคำกริยาและคำนาม ระดับของหน้าที่พื้นฐาน และหน้าที่รอง จากนั้นเปรียบเทียบและประเมินหน้าที่การทำงานด้วยการหาลำดับความสำคัญทั้งหมด ซึ่งจะได้ข้อสรุปของปัญหาของหน้าที่ที่ไม่จำเป็น หน้าที่ที่มีความสำคัญน้อยแต่ต้องการต้นทุนสูง เทคนิคนี้เราเรียกว่า “การประเมินเชิงเลข” ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ของหน้าที่ที่จำเป็น หรือหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์ กำหนดลำดับความสัมพันธ์ของหน้าที่รอง ทำให้ทราบว่าหน้าที่เหล่านั้นเกิดจากข้อกำหนดหรือความต้องการ หรือเกิดเพราะการออกแบบในตอนต้น ๆ

โดยที่การประเมินเชิงเลขอยู่ในแบบฟอร์มดังภาพที่ 2-4 ซึ่งประกอบด้วยเลขที่อ้างอิง ชื่อโครงการ เลขที่แปลน

บริษัท..... เลขที่อ้างอิง.....

การประเมินผลหน้าที่

โครงการ..... เลขที่แบบแปลน.....

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

	B	C	D	E
A				
B				
C				
D				
E				

ชื่อสมาชิกทีม..... วันที่.....

ภาพที่ 2-4 แบบฟอร์มการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่

5.4 ขั้นสร้างสรรค์ความคิด

ความหมายของคำว่า “สร้างสรรค์” คือ 1) การขยายของเขตออกไป 2) ตกแต่งเพิ่มเติมด้วยรูปแบบใหม่ 3) การผลิตด้วยวิธีใหม่

โดย VE (Value engineering) นั้นงานด้านสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ นั้นจะเริ่มมาจากจิตใจมนุษย์ ซึ่งจะถูกฝึกให้รู้จักคิด คำนวณ และเก็บรวบรวมความจริงต่าง ๆ สมมติฐาน จินตนาการ และข้อมูลอื่น ๆ มนุษย์ทุกคนที่มีจิตใจปกติสามารถที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้โดยเรียนรู้และฝึกหัดอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้เรามีความคิดกว้างไกลยิ่งขึ้น

ความสำเร็จของ VE (Value engineering) นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ปัจจัยใหญ่ คือ 1) การแจกแจงหน้าที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ หรือบริการ 2) การประเมินค่าของหน้าที่ เมื่อเราศึกษาค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของการออกแบบ ถ้าเรารู้หน้าที่ที่จำเป็นและค่าใช้จ่ายของงาน เราก็สามารถที่จะพิจารณาถึงคุณค่าของงานนั้นได้ 3) การฝึกหัดการใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งเราจะต้องพิจารณาโดยอาศัยเทคนิคทาง VE (Value engineering) ว่างานใดมีคุณค่าน้อย และเป็นปัญหาที่จะต้องแก้ไขขณะนั้น

ในการแก้ปัญหาของงานที่มีคุณค่าน้อย กรรมวิธีทุกอย่างของการใช้ความคิดสร้างสรรค์จะต้องนำมาใช้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ กรรมวิธีเหล่านี้จะถูกนำมาแบ่งแยกเพื่อเอาชนะการปิดกั้นทางความคิด (Mental blocks) ในการสร้างสรรค์ความคิดใหม่ ๆ

5.4.1 เทคนิคการสร้างความคิดของวิศวกรรมคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่านั้น (Value engineering) การสร้างสรรค์ความคิดเป็นวิธีการที่จะนำมาเพื่อแจกแจงหน้าที่ต่าง ๆ และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดโดยคำนึงถึงผลงาน ชื่อเสียง และความง่ายในการบำรุงรักษา ถึงแม้ว่ามนุษย์ทุกคนจะมีความสามารถในการสร้างสรรค์ความคิดแต่ก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในอดีต และขึ้นอยู่กับความสามารถในการเลือกสรรความคิดเหล่านั้นออกมาจากความรู้ทั้งหมดที่มีอยู่ให้เหมาะสมและรวบรวมให้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่น่าเชื่อถือได้อีกด้วย

ได้มีงานวิจัยถึงการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ และได้พบวิธีการที่จะเพิ่มความสามารถของคนในการสร้างสรรค์ความคิด ซึ่งวิธีการแต่ละอย่างก็จะเหมาะกับสภาพการณ์ของแต่ละปัญหา ซึ่งแต่ละวิธีที่ใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

5.4.1.1 การเปรียบเทียบ (Forced comparison) วิธีนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างงานที่ต้องการศึกษากับหัวข้ออื่น ๆ มาพิจารณา หัวข้ออื่นที่เลือกมานั้น สามารถเลือกมาจากอะไรก็ได้ เช่น อาจเลือกแบบสุ่มจาก Catalog หรือหน้าเหลืองจากสมุดโทรศัพท์ วิธีการเปรียบเทียบ

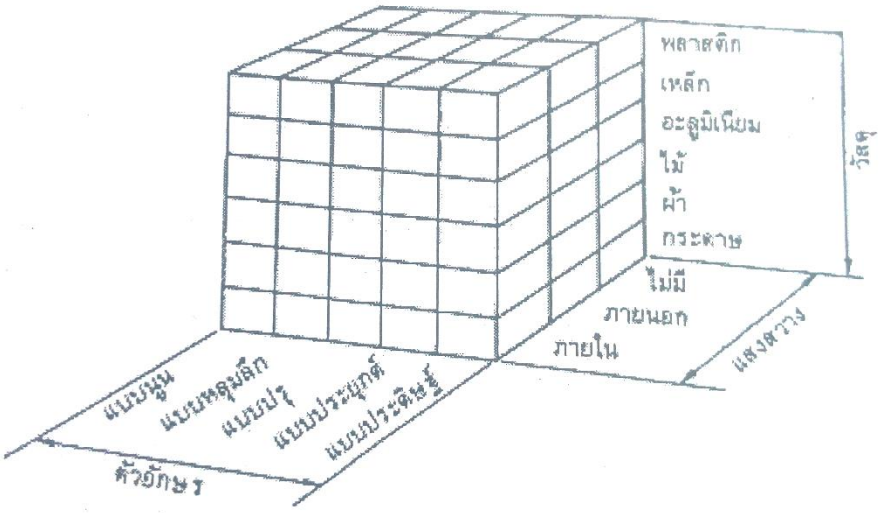
ก็ง่าย ๆ เช่น เราจะนำโทรศัพท์มาบรรจุในกล่องโลหะที่กำลังศึกษาอยู่ หรือจะใช้กล่องพลาสติก หรือจะเลิกใช้กล่องไม้อัดสำหรับขนส่งโทรศัพท์อย่างเช่นปัจจุบัน เป็นต้น

5.4.1.2 การจัดคุณสมบัติ (Attribute listing) วิธีนี้จะทำให้เรามองเห็นถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของหัวข้องานที่จะทำโดยละเอียดยิ่งขึ้น โดยการนำเอาคุณสมบัติต่าง ๆ มาเขียนเป็นรูปแบบของเมตริกซ์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหาคุณสมบัติอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้นทั้งตามแนวตั้งและแนวนอนของเมตริกซ์ และให้จุดตัดของเมตริกซ์เป็นจุดที่แสดงคุณสมบัติรวมทั้ง 2 แกน ซึ่งอาจกระตุ้นให้เกิดความคิดอื่น ๆ ได้อีก เช่น เครื่องหมายในป้าย

ชนิดอักษร / วัสดุ	แบบนูน	แบบหลุมลึก	แบบปรุ	แบบประยุกต์	แบบประดิษฐ์
พลาสติก					
แก้ว					
กระดาษ					
เหล็ก					

ภาพที่ 2-5 การจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายป้าย

5.4.1.3 การวิเคราะห์แบบตามรูปลักษณะ (Morphological analysis) วิธีนี้คล้ายกับวิธีการจัดตามคุณสมบัติ เพียงแต่เพิ่มแกนเป็นรูป 3 มิติของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแต่ละแกน โดยเราให้แต่ละแนวนั้นแสดงคุณสมบัติอย่างอิสระและแยกเป็นหมวดหมู่ที่ต้องการศึกษา ดังนั้นแผนภูมิที่ได้จะเป็นรูปลูกบาศก์ที่ประกอบด้วยลูกบาศก์เล็ก ๆ ซึ่งจะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เป็นตัวแปรบรรจุอยู่ในลูกบาศก์เล็ก ๆ แต่ละรูปนั้น



ภาพที่ 2-6 การวิเคราะห์ตามรูปลักษณะ

เราให้แกนทั้ง 3 แทนด้วย วัสดุ ตัวอักษร และแสงสว่างเราจะสร้างแผนภูมิวิเคราะห์เป็นรูปลูกบาศก์ ขึ้นมาจากคุณสมบัติ เช่น วัสดุ อาจเป็นพลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ ส่วนแสงสว่างจะมีทั้งภายนอก ภายใน และไม่มีตัวแปรที่เป็นตัวอักษรก็มีระบบต่าง ๆ กัน เช่น ตัวตั้ง ตัวหลุม ตัวนูน ฯลฯ เป็นต้น

จากตัวอย่างนี้จะพบว่าเราได้รูปลูกบาศก์เล็ก ๆ ถึง 75 อัน ซึ่งก็ คือ 75 แนวคิด เมื่อจะตัดสินใจในการทำป้ายเราค่อย ๆ ตัดคุณสมบัติที่ไม่ต้องการหรือไม่เหมาะสมออกไปเรื่อย ๆ จนได้แนวคิดที่เหมาะสม

วิธีนี้เป็นวิธีที่จะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้มีโอกาสพิจารณาแนวคิดที่เหมาะสมและกล้าแสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์ที่กว้างไกลออกไป และมีโอกาสจะได้รับการยอมรับเมื่อนำมาประกอบกับสิ่งอื่น ๆ เข้าก็กลายเป็นแนวคิดที่เหมาะสมได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์โดยบุคคลคนเดียว

5.4.1.4 การระดมความคิด (Brainstorming) สำหรับวิธีนี้ควรมีกลุ่มของผู้ร่วมงานประมาณ 6-10 คน ซึ่งเลือกจากผู้ที่มีภูมิหลังต่าง ๆ กันจากตำแหน่งต่าง ๆ กัน ในหน่วยงานเริ่มด้วยผู้นำกลุ่มจะแจ้งให้กลุ่มทราบถึงปัญหา แล้วจึงให้สมาชิกแต่ละคนช่วยกันเสนอวิธีแก้ไขซึ่งทุก ๆ วิธีจะถูกบันทึกเอาไว้จนครบโดยยังไม่ต้องมีการวินิจฉัยหรือตัดสินว่าความคิดใดถูกหรือผิดแต่อย่างไร เพราะจะเป็นการหยุดยั้งความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มหลังจากนั้นจึงจะเริ่มพิจารณาแต่ละวิธีเพื่อจะหาความคิดที่กลุ่มเห็นว่าดีที่สุดมาปรับปรุงให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา

5.4.1.5 การพิจารณาในส่วนที่เข้าและออก (Input-output method) เทคนิคนี้ถูกใช้เมื่อทราบถึงสภาพความเป็นจริงของส่วนที่เข้าและส่วนที่ออกที่มีอยู่ วิธีการนี้เรามุ่งที่จะพิจารณาการใช้ส่วนที่เข้าที่จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อส่วนที่ออก การแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและยังต้องอาศัยการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

หมู่บ้านหนึ่งตั้งอยู่ในเขื่อนกั้นน้ำและมีทะเลสาบอยู่หลังเขื่อนในบางครั้งคราวหิมะจะละลายลงมาเพิ่มระดับน้ำในทะเลสาบจนกระทั่งน้ำไหลล้นเขื่อนหมู่บ้านจึงต้องมีมาตรการเตือนภัยและการควบคุมขึ้นโดยมีวิธีการวิเคราะห์ ดังนี้

ในที่นี้ส่วนที่เข้า คือ ระดับน้ำที่สูง และส่วนที่ออก คือ ระดับน้ำที่ล้นออกมา จึงควรจะใช้เทคนิคในการแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับความสูงของระดับน้ำจึงจำทำให้ส่วนที่ออกนั้นขึ้นโดยตรงต่อส่วนที่เข้า ส่วนที่ออกอาจจะเป็น 1) ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง 2) เฮดของน้ำเปลี่ยนแปลงที่ฐานของเขื่อน 3) บริเวณรอบทะเลสาบจะถูกน้ำท่วม

โดยการพิจารณาที่จะใช้ส่วนที่ออกให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา จึงเสนอวิธีแก้ปัญหาขึ้นมาโดย 1) ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระดับของน้ำในทะเลสาบที่เขื่อนพอจะรับได้เมื่อน้ำขึ้นมาสูงเกินระดับนี้ อุปกรณ์ที่ติดไว้จะส่งสัญญาณเตือน หรือมิฉะนั้นก็จะเปิดทางระบายน้ำอื่นเพื่อจะระบายน้ำล้นที่ออกไปจากทะเลสาบ 2) ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระดับของน้ำที่มองเห็นง่าย ในตำแหน่งที่เหมาะสม 3) ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะ “เปิด” วงจรเสมอไว้บนฝั่งทะเลสาบเมื่อระดับน้ำล้นมาท่วมอุปกรณ์นั้น จะทำให้วงจร “ปิด” และส่งกระแสไปกระตุ้นสัญญาณเตือนหรืออุปกรณ์อื่นแล้วแต่ติดตั้งวิธีการนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ทั้งแบบกลุ่มและเฉพาะบุคคล

5.5 ขั้นประเมินผล

สำหรับขั้นตอนนี้ได้หาพัฒนาทางเลือกหลาย ๆ ทาง ต่อจากขั้นสร้างสรรค์ความคิดด้วยการประเมินความคิดต่าง ๆ และหาทางป้องกันค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นที่เกิดขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่าการจำกัดค่าใช้จ่ายนั้นต้องไม่ลดคุณภาพและความหน้าเชื่อถือได้ สำหรับเทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ การย่อยและรวมแนวความคิดต่าง ๆ หาต้นทุนทุกแนวความคิด พัฒนาทางเลือก และการประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ

5.5.1 การย่อยและรวมแนวความคิด หลังจากที่ได้รับปริมาณความคิดจากขั้นตอนสร้างสรรค์แล้ว ต้องขยายแนวคิดออกไปและประเมินผลด้วยการพิจารณาอย่างรอบครอบก่อนจะนำความคิดเหล่านี้ไปใช้งาน

การประเมินผลแต่ละความคิด หรือรวมความคิดเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้หน้าที่การทำงานที่ต้องการนั้น ก่อนอื่นต้องพิจารณาดูว่าแต่ละความคิดนั้นใช้งานได้หรือไม่ ถ้าใช้งานไม่ได้จึงหาทางรวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

การย่อยและรวมความคิดเหล่านี้ เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและค่อนข้างรวดเร็ว จึงต้องหาว่า อย่างไรแนวคิดจากหน้าที่การทำงานหลาย ๆ อัน จะสามารถหลอมเข้าด้วยกันและสามารถแก้ปัญหารวมได้ทั้งหมด

บ่อยครั้งที่พบว่า ความคิดแต่ละความคิดนั้น ไม่สามารถนำมารวมกันได้โดยตรง เนื่องจากความสมบูรณ์ของข้อมูลในขณะนั้นสำคัญก็ คือ อย่าด่วนละทิ้งความคิดนี้ไปเสีย เก็บสำหรับอนาคต ซึ่งอาจจะเป็นชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือน หรือปี

การที่จะพัฒนาความคิดของแต่ละความคิด หรือของกลุ่มนั้น จะต้องหาทั้งข้อดีและข้อเสีย ถ้าข้อเสียมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับข้อดี อาจสามารถไม่นำมาพิจารณา

5.5.2 หาต้นทุนของทุกแนวความคิด เมื่อมาถึงจุดนี้ในแผนงานทุกคนเชื่อว่า พบลำธารทอง จึงพยายามใช้เครื่องมือทุกชนิดเท่าที่มีอยู่ เช่น กระทะ ท่อน้ำ และความรู้ เพื่อจะขุดเอาทองออกจากดินให้ได้ ไม่ว่าจะต้องใช้ความพยายามมากเท่าใดก็ตาม

ดังนั้น จึงต้องพัฒนาความคิดด้วยการหาต้นทุน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละความคิดหรือความคิดรวม เพื่อประมาณคุณค่าของแต่ละความคิด เมื่อได้คุณค่าออกมาทั้งในด้านต้นทุนและหน้าที่การทำงานของมันแล้ว เราสามารถแบ่งขีดความสามารถในเรื่องคุณค่านี้ออกเป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 ในเรื่อง ขีดความสามารถในการประหยัด โดยการเปรียบเทียบกับต้นทุนในปัจจุบัน และกำลังคนที่จะพัฒนา เพื่อนำไปปฏิบัติในแต่ละความคิด และแนวที่ 2 ต้นทุนที่ประหยัดได้ทั้งโครงการ ในการประเมินผลนี้ เราต้องใช้ความรู้ ความชำนาญ และการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ในการกำหนดต้นทุนอย่างคร่าว ๆ ในทุกแนวคิด เพื่อเป้าหมายในการเพิ่มผลกำไรเมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้ว

ในขั้นตอนนี้จะมีเพียงการพัฒนาและพิจารณาแนวคิด เพื่อให้ทำงานได้เท่านั้น ส่วนขั้นตอนต่อไป จึงจะพิจารณาเพื่อให้ขายได้

หลังจากที่กำหนดต้นทุนของทุกแนวคิดแล้ว นำเอาแนวความคิดที่มีต้นทุนต่ำที่สุดมาพิจารณาก่อน

5.5.2.1 การพัฒนาหน้าที่และทางเลือก โดยที่จุดประสงค์ของทางเลือกนั้น เราต้องมุ่งที่หน้าที่การทำงานของมัน มิใช่มุ่งที่วัสดุชิ้นส่วน หรืออื่น ๆ เทคนิคของการพัฒนาหน้าที่การทำงาน ก็คือ สร้างแนวคิดใหม่ โดยเริ่มจากฐานศูนย์ (Base zero) นั่นคือ การไม่ยึดของเก่า ใช้คำนามและคำกริยากับหน้าที่พื้นฐาน (Basic function) ซึ่งจะสามารถนำเอาไปสู่การแก้ปัญหาได้

การพัฒนาหน้าที่ของทางเลือกจะสำเร็จสมประสงค์ได้ ต้องใช้ข้อมูลข่าวสารและการพัฒนาความคิดที่ได้บันทึกไว้ในแผนการดำเนินงาน ในที่นี้จะเรียกหัวข้อว่า “การพัฒนาหน้าที่” (Functional development) ดังภาพที่ 2-7 แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่ ในขั้นตอน

แรกต้องจำกัดขอบเขตของปัญหาก่อน ต่อจากนั้นเขียนสิ่งที่ต้องการและข้อมูลจำเพาะ การทำเช่นนี้เพื่อจะทำให้การพัฒนาของเราละเอียดขึ้น และป้องกันมิให้การพัฒนาออกนอกขอบเขตที่กำหนด

บริษัท.....		เลขที่อ้างอิง.....
การพัฒนาหน้าที่		
หน้าที่หลัก.....		
หน้าที่	ความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนา	ต้นทุนโดยประมาณ (สะสม)
	รวม	
ต้นทุนปัจจุบัน วัสดุ + วัสดุทางอ้อม..... ค่าแรงทางตรง..... ค่าแรงทางอ้อม..... สมาชิก..... วันที่.....		

ภาพที่ 2-7 แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่

ในแผนพัฒนาที่ประกอบด้วย ข้อมูลที่ต้องการ เลขที่อ้างอิง การประเมินผลหน้าที่นั้น ยึดหน้าที่หลักเป็นสำคัญ โดยดูจากน้ำหนักที่สูงสุด เขียนลงในช่องหน้าที่ ต่อจากนั้นดูช่วงความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการเลือกความคิดเดี่ยว หรือความคิดที่รวมกันแล้ว ในรูปของคำนามและกริยาที่ต้นทุนต่ำสุด ใส่ลงในช่อง “ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา” ซึ่งความคิดเหล่านี้ได้มาจากกลุ่ม รวมทั้งต้นทุนใส่ลงของต้นทุนโดยประมาณ

เมื่อได้บันทึกความคิดสร้างสรรค์ลงในแบบฟอร์ม ซึ่งอยู่ในขอบเขตของการแก้ปัญหาบันทึกข้อมูลจำเพาะและความต้องการเสร็จแล้ว นำไปพิจารณาต่อไป ว่าสมควรจะปรับปรุงแก้ไขต่อไปอย่างไร จากนั้นใส่ลงในช่อง “ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา” รวมถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องเพิ่มขึ้นซึ่งจะกลายเป็นค่าใช้จ่ายเหมาะสม

แบบฟอร์มพัฒนาหน้าที่จะสำเร็จสมบูรณ์ โดยรวมต้นทุนปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุทางตรงและทางอ้อม ค่าแรงทางตรงและค่าแรงทางอ้อม นอกจากนี้ควรมีชื่อของทีมงานและวันที่รวมอยู่ด้วย

การพัฒนาหน้าที่นั้น ในขั้นแรกควรคำนึงเฉพาะหน้าที่ที่จะทำให้งานได้เท่านั้น ยังไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการขายได้ ต่อจากนั้นควรหาทางเลือกอื่น ๆ ด้วย ในการพัฒนาความคิดและประเมินผล ถ้าไม่คิดพัฒนาหาทางเลือกอื่น ๆ จะทำให้ความคิดติดแน่นอยู่กับของเดิม ซึ่งจะเป็นอุปสรรคทำให้ความคิดอุดตัน และไม่เกิดการพัฒนา

5.5.2.2 ประเมินผลด้วยการหาทางเลือกของหน้าที่การทำงานแล้ว รวมทั้งได้พัฒนาทางเลือกนั้นต้องแน่ใจว่ามันทำงานได้ ต่อจากนั้นจึงนำมาประเมินผล ด้วยการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ โดยที่ทางเลือกนั้น ๆ จะต้องเปรียบเทียบกันด้วยข้อดีและข้อเสีย ซึ่งจะใช้แบบฟอร์มดังภาพที่ 2-8 โดยเขียนความคิดในการพัฒนาหน้าที่อย่างสั้น ๆ ลงในช่องความคิดจากการพัฒนาหน้าที่ ส่วนช่องที่ 2 หาข้อดีทุกอย่างตั้งแต่มากจนถึงน้อยที่สุด ช่องที่ 3 หาข้อเสีย จากมากไปหาน้อยที่สุด เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย ประเมินผลด้วยผลต่างของมัน แล้วบันทึกข้อสรุปที่จะนำไปปฏิบัติลงในแบบฟอร์มด้านล่าง

บริษัท.....		เลขที่อ้างอิง.....
การประเมินความคิด		
หน้าที่หลัก.....		
ความคิดจากการพัฒนาหน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย
แผนที่จะนำไปปฏิบัติ สมาชิก.....		วันที่.....

ภาพที่ 2-8 แบบฟอร์มตัวอย่างการประเมินความคิด

และเมื่อขั้นตอนการไปทดสอบนั้น เราจะทำการนำหน้าที่ไปสู่ทางเลือกที่จะทำ “ขายได้” ซึ่งในตอนนั้น จะสมบูรณ์ในแง่ของทางเลือกที่จะได้ทั้งหน้าที่การทำงาน และยังสามารถทำให้ขายได้อีกด้วย

5.6 ขั้นทดสอบพิสูจน์

ผลสำเร็จขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ข้อมูลบวกกับความรู้ในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ เทคนิคการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ข้อมูลและความรู้มากมายเหล่านี้ มิใช่แสวงหาเพื่อเก็บไว้กับตัวเอง แต่จะเสาะแสวงหาเพื่อนำมาใช้

ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการทำงานของทีมงานและผลที่ได้รับเป็นชัยชนะ งานนี้ต้องไม่เหมือนงานอื่นที่เขียนเป็นสูตร หรือคำจำกัดความของปัญหา แล้วก็หาคำตอบ แต่เป็นงานซึ่งต้องใช้ความพยายาม ผลที่ได้รับขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไปในทางสังคม เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคนิคต่าง ๆ ผลงานนี้มิใช่การกระทำและการตอบสนอง (Action and reaction) แต่ต้องอาศัยความรู้และเทคนิคอย่างกว้าง ๆ ในการประยุกต์มานุษยวิทยา เศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์

เทคนิคของขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์นี้สิ่งที่จำเป็นต้องใช้ คือ มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม ปรึกษากับผู้ชำนาญเฉพาะด้าน และการใช้ผลิตภัณฑ์กระบวนการและวัสดุแบบพิเศษ

5.6.1 มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม ตลอดระยะเวลาแห่งการปฏิวัติทางอุตสาหกรรม ได้ค้นพบว่า การใช้มาตรฐานอุตสาหกรรมนั้นได้รับผลประโยชน์มากไม่ว่าจะใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือจะใช้ระบบมาตรฐานก็ตาม ส่วนประกอบที่เป็นมาตรฐานนั้นมีคุณค่ามากทางด้านสงวนค่าใช้จ่าย ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านการพัฒนาและค่าใช้จ่ายของเครื่องมือ ได้คุณภาพดีและเชื่อถือได้ รวมทั้งไม่ต้องเสียเวลาคอยนาน เพราะมีผู้ส่งของซึ่งแข่งขันกันบริการ

การใช้มาตรฐานชิ้นส่วนนั้น จำเป็นต้องเรียนรู้ทั้งวัสดุและกระบวนการ ซึ่งจะนำไปใช้ได้อย่างดีที่สุด และใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุหรือกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้เราต้องใช้มาตรฐานของเราหรือของโรงงานอื่น เราจะต้องตั้งคำถามและหาคำตอบให้ได้ “ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือผลิตภัณฑ์จะหาได้และใช้งานได้ไหม”

5.6.2 การปรึกษาผู้ขายและผู้ชำนาญเฉพาะด้าน ทำให้ได้เรียนรู้ว่าในการผลิตนั้นต้องการผลผลิตในเวลาอันจำกัด ถ้าทำงานร่วมกับผู้ขายหรือผู้ชำนาญเฉพาะด้าน จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่าและประหยัดเวลา เราจึงเน้นที่จะใช้บริการของพวกนอกวงการ ซึ่งอาจจะเป็นผู้ชำนาญอยู่ในบริษัทของเราเอง หรือผู้ชำนาญเฉพาะด้านจากบริษัทอื่น จากความรู้ของพวกนี้ และความคิดเห็นที่แตกต่างกัน จะทำให้เราได้ชิ้นส่วน หรือชิ้นส่วนที่เรากำลังมีปัญหา บ่อยครั้งที่พบว่าความชำนาญในแต่ละสาขาวิชาทำให้ได้รับคำแนะนำที่มีคุณค่าในด้านต้นทุนต่ำและลดเวลาในการวิเคราะห์อีกด้วย

5.6.3 การใช้ผลิตภัณฑ์ ขบวนการ และวัสดุพิเศษ คำว่าพิเศษในวันนี้ อาจเป็นมาตรฐานในวันพรุ่งนี้ เนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และวัสดุใหม่ ๆ วัสดุสมัยก่อนอาจจะเหมาะสมกับหน้าที่บางส่วน ซึ่งในปัจจุบันอาจมีคุณค่าน้อยลง เช่น การปรับปรุงเทคโนโลยีจะทำให้ต้นทุนต่ำลง และทำให้ผลผลิตดีขึ้น เราจะต้องเตรียมพร้อมที่จะเรียกผู้เชี่ยวชาญให้ทันเวลา ในระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือเพื่อวิเคราะห์คุณค่าของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด นอกจากนี้ควรพิจารณาต้นทุนต่ำสุดของผลิตภัณฑ์เมื่อใช้วัสดุมาตรฐานเปรียบเทียบกับต้นทุนต่ำสุด เพื่อใช้วัสดุพิเศษ

5.7 ข้อเสนอแนะ

ผู้ที่เคยใช้วิธีการวิศวกรรม มักจะกล่าวว่า ขั้นเสนอแนะนี้เป็นส่วนที่ลำบากที่สุดในแผนงานของวิศวกรรมคุณค่า เพราะผลที่ทำมาตามขั้นตอนต่าง ๆ จะได้บรรลุผลสำเร็จก็ขึ้นอยู่กับขั้นตอนนี้

จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้ คือ การกระตุ้นให้เกิดการกระทำในทางบวกและป้องกันการกระทำในทางลบ รวมทั้งการเสนอการเปลี่ยนแปลง วัตถุประสงค์ของข้อเสนอนั้นคล้ายกับการขอแต่งงาน ซึ่งต้องการคำตอบในทางบวก ดังนั้น ต้องวางแผนอย่างดี เพื่อให้บรรลุเป้าหมายให้ได้ เราต้องรู้จักที่จะขายความคิด เสนอการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ ผลประโยชน์นี้จะพิสูจน์ได้ด้วยการใช้ความเป็นจริงของข้อมูล ต้นทุนโดยละเอียด และการชี้แจงอย่างมีเหตุผลตลอดเวลาในการวางแผนจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า การยอมรับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกันออกไป บางกลุ่มจะต่อต้านทุกอย่างแบบหัวชนฝา ในขณะที่บางกลุ่มยอมรับโดยง่าย บางกลุ่มต้องการรายละเอียดมากมาย ในขณะบางกลุ่มต้องการแต่แนวคิดและทำให้เป็นฟอร์มที่ใช้งานได้ แต่ละบุคคลนั้นมีแนวโน้มและความสามารถในการยอมรับไม่เหมือนกัน จึงต้องพิจารณาวางแผนเรื่องนี้ไว้ให้ดี โดยที่หน้าที่หลัก ก็คือ ต้องรู้จักจะทำให้แต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องด้วย ยอมรับแนวคิดและการเปลี่ยนแปลง ต้องจัดหาข้อเท็จจริงเพื่อจะขจัดปัญหาที่มีอยู่ให้หมดไป แบบฟอร์มสำหรับเสนอควรมีทั้งข้อเท็จจริงและต้นทุน ทั้ง 2 อย่างนี้จะต้องทำอย่างระมัดระวังและให้เหมาะสม

5.7.1 ข้อเท็จจริงปัจจุบัน ความเป็นจริงนั้นคล้าย ๆ กับความงาม คนที่แนะนำมีความเห็นต่างจิตต่างใจกันไป ดังนั้น ก่อนที่ท่านจะแนะนำโปรดคิดให้ถี่ถ้วนในการเสนอข้อเท็จจริงท่านต้องใช้ข้อเท็จจริงที่มีอยู่ และเสนอพียงครั้งเดียว แต่ให้หนักแน่นและแข็งแรงเหมือนกำแพงเกี่ยวกับการเสนอข้อเท็จจริงของท่านใน ขั้นตอนนี้จะต้องระมัดระวังและแน่ใจว่าเป็นข้อเท็จจริงจากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลด้วย เมื่อท่านรวบรวมข้อมูลข้อเท็จจริงในตอนต้น ต้องแน่ใจว่า ข้อเท็จจริงนั้นไม่หลอกลวงหรือเป็นข้อเท็จจริงเพียงครึ่งเดียว หรือเป็นเพียงความคิดว่า

จะเป็นในการเสนอเรื่องข้อเท็จจริง จึงต้องพยายามให้ฝ่ายบริหารยอมรับทั้งหมด มิใช่ผู้บริหารเห็นเป็นเพียงภาพเงา หรือเพียงบางส่วนเท่านั้น และข้อเท็จจริงนั้นจะปรากฏออกมาและเป็นที่ยอมรับช้า ๆ ท่านต้องตามแกะรอยอย่างระมัดระวัง สำรวจและเลือกอย่างถูกต้อง ผลที่ได้รับจะออกมาอย่างดีต่อเมื่อท่านได้ทบทวนปัญหาทั้งหมด ความคิดและข้อเท็จจริง ผ่านสายตาผู้อื่นด้วย ซึ่งในการเสนอข้อเท็จจริงจะต้องเสนอในรูปแบบของก่อนการแก้ปัญหา ภายหลังการแก้ปัญหา โดยชี้ให้ตรงเป้าหมายพร้อมอธิบายรูปภาพ ส่วนรายละเอียดค่อยแจกแจงภายหลัง

5.7.2 ต้นทุนปัจจุบัน ต้นทุน คือ โฉมหน้าของข้อเท็จจริง ในการเสนอเกี่ยวกับต้นทุนต้องแน่ใจว่าเป็นสิ่งที่เป็นจริงได้ นำไปปฏิบัติได้ มิใช่เป็นเพียงการมองโลกในแง่ดีเท่านั้น โดยที่ต้นทุนที่เป็นไปได้ เป็นข้อเท็จจริง ที่ต้องการเสนอแนะ จะต้องวางแผนอย่างระมัดระวัง ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนที่เสนอแนะ ต้นทุนที่นำมาปฏิบัติ และต้นทุนที่ประหยัดได้และจะต้องเสนอแนะเหมือนกับว่าเป็นเงินทองของท่านเอง

5.7.3 การเสนอแนะจากทีมงาน แบบฟอร์มเสนอแนะจากทีมดังภาพที่ 2-9 เป็นแบบฟอร์มที่สำคัญที่สุดในแผนงานทั้งหมด ควรจะเป็นแผ่นเดียว และประกอบด้วยข้อเท็จจริงทั้งหมด และปัญหาที่เกี่ยวข้องข้อเท็จจริงนี้จะต้องเข้าใจง่ายและชัดเจนกะทัดรัด ถ้าเป็นไปได้ควรมีรูปสเกตซ์ง่าย ๆ ทั้งแบบปัจจุบัน และแบบที่เสนอแนะเปลี่ยนแปลง และข้อเสนอแนะของทีมงานจะต้องสั้น เพื่อผู้ที่ตัดสินใจจะได้อ่านได้อย่างรวดเร็ว รูปสเกตซ์นั้นก็แทนคำอธิบายได้อย่างดี ถ้าการเสนอแนะยาวเกินไป โอกาสที่จะอ่านก็น้อยลง เมื่อเขียนเสนอแนะต้องพยายามขจัดสิ่งกีดขวางที่คิดว่าจะทำให้ผู้ตัดสินใจไม่เห็นด้วย จึงต้องใช้วิธีการยกตัวอย่าง และเปรียบเทียบ เพื่อจะดึงเข้าสู่จุดหมายของท่าน และจุดประสงค์หลักของการเสนอนั้นเป็น 2 ประการ คือ ส่งข้อมูลให้ผู้บริหารตัดสินใจ และหารตัดสินใจของผู้บริหารก่อให้เกิดการปฏิบัติขึ้นและการปฏิบัติควรเป็นชนิดบวก

การที่ให้ทีมงานทำฟอร์มเสนอนั้น เป็นการให้ความสำคัญทุก ๆ คน ทำให้มีความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน และการยอมรับจากผู้บริหารร่วมกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทางด้านจิตใจในงานต่อ ๆ ไปด้วย

ในแบบฟอร์มนี้ ควรประกอบด้วยความต้องการพื้นฐานและความต้องการรองลงมาผลประโยชน์ที่วัดไม่ได้จะอยู่ในรูปของคุณภาพ ความน่าเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา ความปลอดภัยและลดเวลาการทำงาน ต่อจากนั้นควรจะทำแผนงานที่จะนำไปปฏิบัติ ซึ่งควรจะทำไว้ก่อนการนำเสนอโครงการ ถ้าทำอย่างนี้แล้ว เมื่อข้อเสนอแนะได้การยอมรับ ก็เริ่มดำเนินการได้เลยแผนปฏิบัติงานควรจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลในองค์การ ซึ่งต้องปฏิบัติอย่างถูกต้องในเรื่องของวิธีปฏิบัติ วัสดุที่จะต้องซื้อ สิ่งที่จะต้องผลิตเครื่องมือที่จะต้องทำหรือซื้อ รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะต้องรับผิดชอบสำหรับแผนงานนี้ นอกจากนี้ควรมีกำหนดเวลา

ว่างานใดเริ่มก่อน และเสร็จเมื่อใดอีกด้วย

<table>
<tr><td colspan="5">บริษัท.....
วันที่.....
ผลิตภัณฑ์.....
ชิ้นส่วนเลขที่.....</td><td colspan="5">เสนอแนะปรับปรุงต้นทุน
เลขที่อ้างอิง.....
การประกอบหรือชิ้นส่วน.....
ปริมาณ/ผลิตภัณฑ์.....
ปริมาณ/ปี.....</td></tr>
<tr><td colspan="5">ความสามารถที่ประหยัดได้ปีแรก (บาท)</td><td colspan="5">คาดคะเนการขาย (ปีต่อไป)</td></tr>
<tr><td colspan="5">ปัจจุบัน</td><td colspan="5">เสนอแนะ</td></tr>
<tr><td>คำนวณการประหยัดได้</td><td>วัสดุ (บาท)</td><td colspan="2">แรงงาน (บาท)</td><td>ผลประโยชน์ (บาท)</td><td>รวม (บาท)</td></tr>
<tr><td>ปัจจุบัน</td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>เสนอแนะ</td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>ผลต่าง</td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="10">ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง.....ฝ่ายผลิต.....บาท.....ฝ่ายวิศวกรรม.....บาท</td></tr>
<tr><td colspan="10">เสนอแนะ

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

ภาพที่ 2-9 แบบฟอร์มตัวอย่างการเสนอแนะ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธวัช สวนนันท์ (2553) ได้ทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุนวิทยุติดรถยนต์ โดยมุ่งเน้นที่การลดต้นทุนวัสดุซึ่งมีสัดส่วนสูงถึง 77.33% ของต้นทุนรวมทั้งหมด การผสมผสานแนวคิดการปรับปรุงแยกตามชิ้นส่วนและหน้าที่นำไปสู่ทางเลือกการปรับปรุงที่เป็นไปได้ 9 แนวทางจากทั้งหมด 128 แนวทาง การเลือกแนวทางเพื่อปรับปรุงจริงใช้การวิเคราะห์ตัดสินใจแบบหลายตัวแปร ได้แก่ ดัชนีคุณค่า คุณภาพ ประสิทธิภาพในการผลิตและรูปลักษณ์ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณไม่เกิน 400,000 บาท และระยะเวลาดำเนินการไม่เกิน 9 เดือน และผลการวิเคราะห์บ่งชี้แนวทางการปรับปรุง 5 แนวทาง คือ 1) กระบวนการทำเกลียวของสกรู 2) เปลี่ยนชนิดของสีที่ใช้พ่นหน้ากากของวิทยุ 3) เปลี่ยนชนิดของสกรู 4) เปลี่ยนชนิดวัสดุภายในของชิ้นส่วน Cover 5) ลดกระบวนการพ่นสีด้านในของชิ้นส่วน Knob โดยคาดว่าจะสามารถลดต้นทุนได้ 2,424,000 บาทต่อปี และใช้เงินลงทุน 247,000 บาท

นฤนาถ กาญจนคลอด (2552) ได้นำเทคนิค VA/ VE ไปประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุนของโครงสร้างชิ้นส่วนช่วงล่าง (Chassis) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนประกอบหลักของช่วงล่างในอุตสาหกรรมรถยนต์ เนื่องด้วยปัญหาด้านต้นทุนวัสดุที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น เหล็ก ทองแดง จึงเป็นที่มาของการศึกษาลดต้นทุน ลักษณะของงานวิจัยนั้นมุ่งเน้นที่การวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนเพื่อหาหน้าที่พื้นฐาน และทำการหาแนวคิดใหม่ เช่น ปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต ลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นออก หรือเปลี่ยนรูปแบบการออกแบบให้เกิดประโยชน์มากขึ้น โดยที่ยังคงรักษาหน้าที่การทำงานได้เหมือนเดิมและคุณภาพคงเดิม ซึ่งผลจากการทำ VA/ VE สามารถลดต้นทุนของชิ้นส่วน Chassis ได้ถึง 1.2 ล้านบาทต่อปี และเกิดประโยชน์สูงสุดกับบริษัทที่สามารถลดต้นทุนจากการสั่งซื้อวัตถุดิบได้ ข้อดีของงานวิจัยนี้ คือ การที่ผู้วิจัยเลือกใช้แผนงาน 7 ขั้นตอน ตามวิธีของ Authur E. mudge ซึ่งสามารถดำเนินกระบวนการตามขั้นตอนวิศวกรรมคุณค่าได้อย่างละเอียดครบถ้วนและให้ข้อมูลที่ละเอียดเข้าใจง่ายในทุกขั้นตอน ในส่วนหัวข้อที่ควรพิจารณาเพิ่มนั้นในขั้นตอนวิเคราะห์ จะทำการเลือกชิ้นส่วนที่มีลำดับความสำคัญมากไปทำการวิเคราะห์คุณค่าโดยที่ไม่ได้ตรวจสอบถึงความสัมพันธ์กับต้นทุนจริงสูงแต่ความสำคัญน้อย ซึ่งค่อนข้างง่ายในการหาวิธีลดต้นทุน อาจไม่ได้ถูกนำไปพิจารณา

พูลศักดิ์ บวบทอง (2558) การศึกษางานอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนกระบวนการประกอบชิ้นงานสปอยเลอร์รถยนต์โดยใช้วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอย่างเป็นขั้นตอนสำหรับแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถลดต้นทุนได้มากที่สุด สามารถลดต้นทุนจาก 1,116 บาทต่อชิ้น ลดลงมาเป็น 1,090 บาทต่อชิ้น คิดเป็น 2.33% ซึ่งยังต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้จึงทำการศึกษาเวลาเพิ่มเติมทำให้ทราบว่าสามารถลดเวลาลงได้ 28.94 วินาที

ซึ่งสามารถลดต้นทุนการประกอบชิ้นงานลงได้อีก 2.31 บทต่อชิ้น คิดเป็น 2.53% เมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายยังมีผลต่างอีก 5.18 บาทต่อชิ้น หรือ 0.47% ผู้ทำการวิจัยจึงได้นำเสนอการหาค่าใช้จ่ายรวมของพัสดุคงเหลือพบว่าค่าใช้จ่ายรวมลดลงจากเดิม 26,420.50 บาท ลดลงมาเป็น 1,909.24 บาท คิดเป็น 92.77% หรือลดลง 0.76 บาทต่อชิ้น โดยภาพรวมสามารถต้นทุนกระบวนการประกอบชิ้นงานสปอยเลอร์ 29.06 บาทต่อชิ้น หรือคิดเป็นต้นทุนที่ลดลง 2.6% โดยวัสดุที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงเป็นวัสดุที่จัดหาได้ภายในประเทศโดยที่คุณภาพของการใช้งานยังคงเดิม

อดิศักดิ์ หนาวเหนียว (2550) การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุน กรณีศึกษาอุตสาหกรรมประกอบเบาะรถยนต์ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าชิ้นส่วนประกอบที่มีต้นทุนสูง คือ ผ้าคลุมเบาะ (Trim cover) ชิ้นส่วนการปรับระยะของเบาะ (Seat tracks, Adjusters) โฟม (Foam) โครงสร้าง (Frame) และพลาสติก (Plastic part) คิดเป็น 982.62, 944.63, 674.70, 416.27 และ 150.35 บาทต่อชิ้น ตามลำดับ โดยเฉพาะผ้าคลุมเบาะคิดเป็น 31.01% จากต้นทุนของชิ้นส่วนประกอบเบาะรถยนต์ทั้งหมด และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่าพบว่าหน้าที่การทำให้สวยงามมีน้ำหนักความสำคัญสูงสุดเท่ากับ 8 มีต้นทุน 1,132.97 บาทต่อชิ้น งานวิจัยนี้จึงทำการลดต้นทุนที่มาจากชิ้นส่วนประกอบของผ้าคลุมเบาะด้วยการวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงโดยใช้เทคนิควิธีการหาอย่างละเอียด (Exhaustive search) และการเลือกแนวทางการปรับปรุงด้วยการประเมินค่าปัจจัย (Factor rating) จากการดำเนินการปรับปรุงที่แนวทางพบว่าสามารถลดต้นทุนลงประมาณ 17,673.304.11 บาทต่อปี จากการปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุจาก U044A ของตำแหน่ง Bolster และ Side ของเบาะรถยนต์รุ่นที่เลือกมาทำการศึกษาเป็น U039A ซึ่งต้นทุนที่ลดลงได้นี้ส่งผลให้ราคาที่ส่งให้กับลูกค้าลดลงในขณะที่บริษัทมีกำไรเพิ่มขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่าสามารถช่วยลดต้นทุนลงและส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของลูกค้าได้อย่างมีนัยสำคัญ

สรวุฒิ บุราณศรี (2550) การประยุกต์วิธีทางวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบเครื่องกดขดลวดเข้าทุ่นอาเมเจอร์ นำวิธีการเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) มาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มคุณค่าและลดต้นทุนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ สำหรับเครื่องกดขดลวดให้เข้ากับร่อง (Slot) ของทุ่นอาเมเจอร์ (Armature) จากความต้องการใช้งานเครื่องจักรนี้ที่เพิ่มขึ้นซึ่งจากเดิมการออกแบบไม่มีการนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาใช้ มีราคาในการจัดสร้างอยู่ที่ 83,515 บาท เมื่อนำเทคนิควิธีการทางวิศวกรรมคุณค่า ทำให้การออกแบบเครื่องจักรมีราคาในการจัดสร้างที่ 75,779 บาท ซึ่งประหยัดได้ 7,736 บาท หรือ 9.26% นั่นแสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถลดต้นทุนได้และทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้

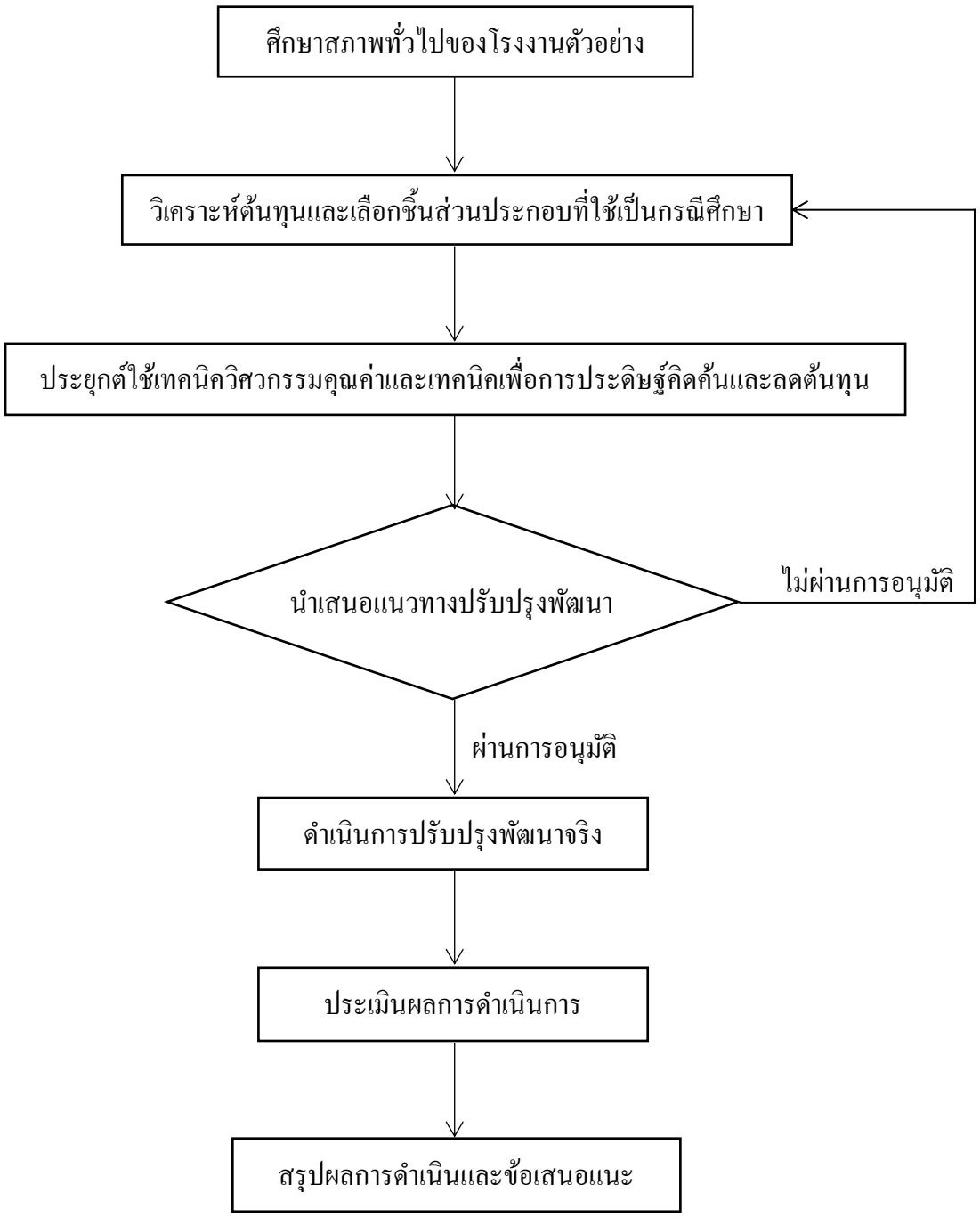
เถลิง พลเจริญ และสุรเชษฐ์ บางเมือง (2555) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอวิธีการลดต้นทุนในการสร้างเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนโดยไม่ทำให้หน้าที่การทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง ขอบเขตของงานนี้จะศึกษาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนของมหาวิทยาลัยธนบุรีการออกแบบชิ้นส่วนและการสร้างขดท่อทำความร้อนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและประเมินผลในด้านต้นทุนและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ขั้นตอนในการดำเนินการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าซึ่งมี 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเลือกหัวข้อเรื่อง 2) การรวบรวมข้อมูล 3) การกำหนดประโยชน์การใช้งาน 4) การประเมินหน้าที่การใช้งานที่สำคัญ 5) การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ 6) การประเมินผล และ 7) ขั้นเสนอแนะ จากการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการดำเนินงานได้ออกแบบชิ้นส่วนใหม่โดยเปลี่ยนวัสดุที่ใช้จากท่อทองแดงมาเป็นท่ออลูมิเนียม สามารถลดต้นทุนได้ 2,800 บาท และหลังจากได้ทดลองใช้งานจริงเป็นเวลา 28 วัน พบว่าการทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิที่ได้ 50-60 องศาเซลเซียส

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยสำหรับโครงการวิจัยนี้เป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินงานซึ่งเป็นไปตามหลักการวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) เพื่อเป้าหมายในการลดต้นทุนตู้แอร์ในรถยนต์นั่งขนาดเล็ก เนื่องจากลูกค้ามีการร้องขอให้มีการลดราคาของสินค้าลงในแต่ละปี โดยทางผู้จัดทำได้ร้องขอให้ทางบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนตู้แอร์ร่วมเสนอแนวคิดในการลดต้นทุนของตู้แอร์รถยนต์ด้วย โดยแนวคิดที่น่าสนใจ คือ บริษัทผู้ฉีดฝาครอบของตู้แอร์รถยนต์นำเสนอการเปลี่ยนวัสดุซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกันที่ใช้เป็นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ที่ใช้มากที่สุด โดยเริ่มจากศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ผู้ผลิตฝาครอบตู้แอร์รถยนต์นำมาเสนอในแต่ละชนิดที่รวมทั้งราคาต่อหน่วยที่ส่งผลกระทบกับต้นทุน และทำการวิเคราะห์ลดต้นทุนโดยใช้แนวทางการวิเคราะห์ของฝาครอบ ลดต้นทุนในส่วนต่าง ๆ โดยขั้นตอนตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

ลำดับขั้นตอนกระบวนการวิจัย

ลำดับขั้นตอนในแต่ละกระบวนการของงานวิจัย แสดงในภาพที่ 3-1 เพื่อให้สามารถดำเนินโครงการวิจัยได้อย่างเป็นระบบตามลำดับขั้นตอนที่ถูกต้องก่อนที่จะลงรายละเอียดในแต่ละกิจกรรม



ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการวิจัย

รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย

รายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัยของโครงงานมีเนื้อหาประกอบด้วย

1. ขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนภูมิการไหลดังภาพที่ 3-1
2. วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานในแต่ละขั้น
3. แนวทางการปฏิบัติและเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด ดังแสดงข้อมูลตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอน การดำเนินงาน	วัตถุประสงค์ ของขั้นตอน	แนวทางการปฏิบัติ และเครื่องมือที่ใช้	เครื่องมือหรือ เทคนิคที่เกี่ยวข้อง
1. ศึกษาสภาพทั่วไป ของโรงงานตัวอย่าง	1. เพื่อทราบถึง กระบวนการ โซ่อุปทานในการ ดำเนินธุรกิจระหว่าง โรงงาน 2. เพื่อทราบถึง กระบวนการผลิตของ โรงงานตัวอย่างตั้งแต่ รับวัตถุดิบจนถึงผลิต ชิ้นงานสำเร็จ 3. เพื่อทราบถึง การควบคุมคุณภาพ ในกระบวนการผลิต 4. เพื่อทำให้ทราบ หน้าที่ของชิ้น ส่วนประกอบของ ผลิตภัณฑ์	1. ทำการสอบถาม ข้อมูลและรวบรวม ข้อมูลเก่าของ กระบวนการผลิต ทั่วไป 2. ศึกษาจากแผนภูมิ การไหล (Flow chart) ของกระบวนการ ทำงาน 3. ศึกษาจากแผนภูมิ ควบคุม (Control plan) ของ กระบวนการทำงาน 4. สำรวจ สายการผลิต 5. ศึกษาชิ้นส่วนของ ผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเอง	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 1 ขั้นตอน ทั่วไป

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอน การดำเนินงาน	วัตถุประสงค์ ของขั้นตอน	แนวทางการปฏิบัติ และเครื่องมือที่ใช้	เครื่องมือหรือ เทคนิคที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์ต้นทุน และเลือกชิ้นส่วน ประกอบที่ใช้เป็น กรณีศึกษา	1. เพื่อทราบถึง ต้นทุนแต่ละชิ้นของ ชิ้นส่วนประกอบ 2. เพื่อทราบว่า ชิ้นส่วนนั้นใคร คือ ผู้ผลิต 3. เพื่อทราบว่า ชิ้นส่วนประกอบใดมี ต้นทุนสูงที่สุด และ เลือกใช้กรณีตัวอย่าง ในการทำโครงงาน	1. ทำการสอบถาม โครงสร้างราคาและ ผู้ผลิตชิ้นส่วน ประกอบจากแผนก จัดซื้อ 2. แผนภูมิ Pareto เพื่อใช้แสดงถึง สัดส่วนของราคา ต้นทุนในแต่ละ ชิ้นส่วนประกอบ	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 2 รวบรวม ข้อมูล
3. ประยุกต์ใช้เทคนิค วิศวกรรมคุณค่าและ เทคนิค เพื่อการประดิษฐ์ คิดค้นและลดต้นทุน	1. เพื่อเป็นแนวทาง ลดต้นทุนการผลิต โดยการประยุกต์ ใช้เทคนิควิศวกรรม คุณค่า 2. เพื่อเป็นแนวทาง ในการแก้ไขปรับปรุง ชิ้นส่วนโดยใช้เทคนิค การแก้ปัญหาเชิง ประดิษฐ์คิดค้น	1. ประยุกต์ใช้เทคนิค วิศวกรรมคุณค่าใน การลดต้นทุนโดยนำ ข้อมูลชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ หน้าที่ เพื่อประเมิน ความสัมพันธ์ของ หน้าที่ และนัยสำคัญ ต่อต้นทุนการผลิต 2. นำความสำคัญของ หน้าที่มาทำการ ประเมินเชิงตัวเลข เพื่อเปรียบเทียบ ความสัมพันธ์ ทั้งหมดของชิ้นส่วน	1. วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 3 วิเคราะห์ หน้าที่ และขั้นตอน ที่ 4 สร้างสรรค์ ความคิด 2. ใช้เครื่องมือ เทคนิค AHP

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอน การดำเนินงาน	วัตถุประสงค์ ของขั้นตอน	แนวทางการปฏิบัติ และเครื่องมือที่ใช้	เครื่องมือหรือ เทคนิคที่เกี่ยวข้อง
		3. สรุปลำดับ ความสำคัญของ หน้าที่ของชิ้นส่วน เรียงจากมากไปน้อย เพื่อแสดงให้เห็นถึง หน้าที่ที่สำคัญที่สุด และรองลงมา ตามลำดับ	
4. นำเสนอแนวทาง ปรับปรุงพัฒนา	1. เพื่อนำเสนอ แนวคิดไปพิจารณา ในการลดต้นทุนจริง 2. เพื่อประเมินผล เบื้องต้นในการนำผล ที่ได้จากการปรับปรุง ไปพัฒนาปฏิบัติจริง	1. เสนอแนวทางตาม ผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 เพื่อประเมินผล เบื้องต้น ก่อนนำไป ปฏิบัติจริง 2. เปรียบเทียบต้นทุน การผลิตเดิมและ ต้นทุนใหม่จาก แผนการปรับปรุงใน ขั้นตอนที่ 3 3. เปรียบเทียบ ดรรชนีคุณค่า Value index และ Evaluation matrix ของชิ้นส่วน เดิมและชิ้นส่วนที่ ปรับปรุงแล้ว	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 5 ประเมินผล ความคิด

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอน การดำเนินงาน	วัตถุประสงค์ ของขั้นตอน	แนวทางการปฏิบัติ และเครื่องมือที่ใช้	เครื่องมือหรือ เทคนิคที่เกี่ยวข้อง
5. ดำเนิน การปรับปรุงพัฒนา จริง	1. เพื่อนำแนวคิดไป ทดสอบ 2. เพื่อแสดงผลถึง แนวคิดที่นำเสนอว่า เป็นวิธีที่สามารถลด ต้นทุนได้จริง	1. ดำเนินการลด ต้นทุนจริงจากแผนที่ ผ่านการอนุมัติจาก ขั้นตอนที่ 4	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 6 ทดลอง และพิสูจน์
6. ประเมินผลการ ดำเนินการ	1. เพื่อเปรียบเทียบ ผลการดำเนินงานว่า สามารถพัฒนา ปรับปรุงลดต้นทุน การผลิต ได้จริงหรือไม่	1. นำผลการดำเนิน ตามขั้นตอนที่ 5 มาเปรียบเทียบกับ เป้าหมาย	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 6 ทดสอบ และพิสูจน์
7. สรุปผลการดำเนิน และข้อเสนอแนะ	1. เพื่อสรุปผล การดำเนินงานวิจัยว่า ประสบผลสำเร็จมาก น้อยเพียงใด 2. เพื่อเป็นแนวทาง ในการศึกษาวิจัย และค้นคว้าทำงาน วิจัย 3. เพื่อเสนอแนะ แนวทางแนวโน้ม ที่จะเกิดขึ้นตาม ผลการวิจัย	1. นำผลการดำเนิน ที่ผ่านการประเมินผล มาสรุปผล และนำผล ที่ได้มาเขียน เปรียบเทียบ กับต้นทุนที่ลดลง 2. นำเสนอแนะ แนวทางหรือ ข้อคิดเห็นที่น่าจะเป็น ประโยชน์ต่อการ ศึกษาวิจัยและผลที่ คาดว่าจะได้รับ	วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge ในขั้นที่ 6 ทดสอบ และพิสูจน์ และขั้นที่ 7 ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า

รายละเอียดในการดำเนินงานการวิจัยดังตารางที่ 3-1 เป็นการประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าของ Arthur E. mudge ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนทั่วไป หรือขั้นเลือกโครงการ (General phase)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานตัวอย่าง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนการผลิต ดังต่อไปนี้

1.1 สภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานตัวอย่างก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2547 ประกอบธุรกิจประเภทชิ้นส่วนยานยนต์ เช่น ท่อไอเสีย อุปกรณ์ภายใน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระบบระบายความร้อน และระบบปรับอากาศ โดยได้รับการลงทุนจากประเทศญี่ปุ่น 100% โดยตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร มีลูกค้ากลุ่มธุรกิจรถยนต์ OEMs (Original equipment manufacturers) โดยสายการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นการประกอบชิ้นส่วนเพื่อส่งให้กับทางลูกค้า ซึ่งชิ้นส่วนต่าง ๆ จะซื้อเข้ามาจากทางผู้ผลิต (Suppliers) โดยนโยบายของบริษัทที่สำคัญ ก็คือ ตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพต้องดี ราคาต้องถูก และส่งมอบได้ตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ

1.2 ลักษณะของการผลิตผลิตภัณฑ์

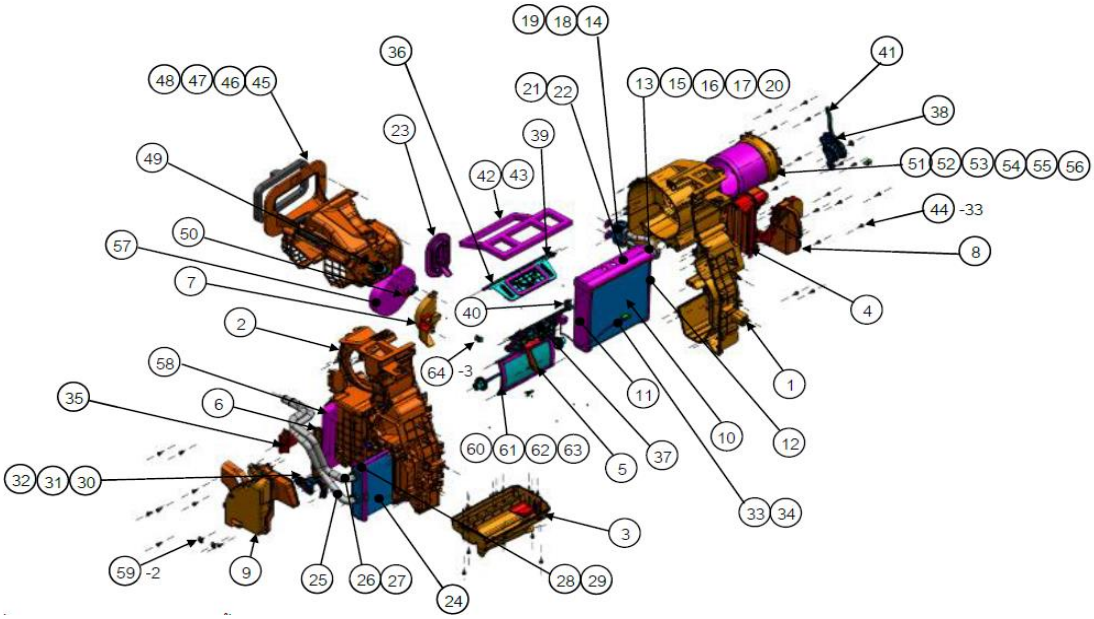
เนื่องจากผู้ที่ทำการศึกษารับผิดชอบในส่วนของระบบปรับอากาศ คือ ตู้แอร์รถยนต์ ดังนั้น ลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้นจะกล่าวถึงตู้แอร์รถยนต์เท่านั้น

โรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานประกอบตู้แอร์รถยนต์ โดยชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบส่วนใหญ่นั้นจะซื้อมาจากผู้ผลิต (Suppliers) แล้วนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเป็นตู้แอร์รถยนต์เพื่อที่จะส่งมอบให้กับทางลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง โดยสายการผลิตจะใช้เป็นแบบผสม คือ สามารถผลิตตู้แอร์รถยนต์ได้หลายรุ่น โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์จับยึดตามรุ่นนั้น ๆ และใช้พนักงานชุดเดิมที่ผ่านการอบรมแล้วสามารถที่จะผลิตได้หลายรุ่น

1.3 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตู้แอร์รถยนต์

เพื่อให้การศึกษาในการปรับปรุงพัฒนา และลดต้นทุนเป็นไปอย่างดี จึงจำเป็นต้องมีการถอด ประกอบ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตู้แอร์ เพื่อให้เห็นหน้าที่และวัตถุประสงค์ของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นของตู้แอร์รถยนต์ เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะสามารถปรับปรุงพัฒนาและลดต้นทุนได้มากขึ้นดังภาพที่ 3-2 และ 3-3

ภาพที่ 3-2 ตู้แอร์รถยนต์ที่ใช้ในการวิจัย



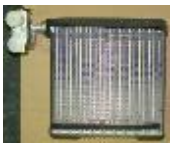
ภาพที่ 3-3 ตำแหน่งการประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตู้แอร์รถยนต์

ชื่อชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ของตู้แอร์รถยนต์ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
1	ฝาครอบด้านขวา	
2	ฝาครอบด้านซ้าย	
3	ฝาครอบด้านล่าง	
4	ฝาครอบด้านข้าง	
5	แผ่นแบ่งลมกลาง	
6	ฝาครอบกรองอากาศ	
7	ฝาครอบท่อร้อน	
8	ช่องลมช่องเท้าด้านคนขับ	
9	ช่องลมช่องเท้าด้านคนนั่ง	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
10	คอยล์เย็น	
11	ฉนวนคอยล์เย็น 1	
12	ฉนวนคอยล์เย็น 2	
13	แผ่นโฟมกันรั่ว	
14	โบลต์วาล์วลดแรงดัน	
15	โบลต์	
16	ซีล 1	
17	ซีล 2	
18	ฝากันฝุ่นคอยล์เย็น	
19	วาล์วลดแรงดัน	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
20	ท่อเข้า-ออกคอยล์เย็น และหน้าแปลนยึด	
21	แผ่นโฟมคอยล์เย็นด้านบน	
22	ฉนวนคอยล์เย็นด้านบน	
23	ยางกันรั่ว	
24	ฮีตเตอร์	
25	ท่อน้ำร้อนเข้า	
26	ท่อน้ำร้อนออก	
27	ซีล 3	
28	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 1	
29	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 2	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
30	เฟืองมิ๊กซ์ 1	
31	ลิ้งค์มิกซ์ 1	
32	ลิ้งค์มิกซ์ 2	
33	ตัวตรวจจับอุณหภูมิ	
34	คลิปยึดตัวตรวจจับอุณหภูมิ	
35	ตัวต้านทานมอเตอร์พัดลม	
36	ประตูลมเป่าหน้า	
37	ประตูลมเป่าเท้า	
38	ลิ้งค์ควบคุมหลัก	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
39	คันโยก-เป่าหน้า	
40	คันโยก-เป่าเท้า	
41	ก้านต่อ-เป่าหน้า	
42	โฟมช่องเป่าหน้า	
43	โฟมช่องเป่ากระจก	
44	สกรูแทป	
45	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหน้า	
46	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหลัง	
47	ประตูลมเข้า	
48	โฟมประตูลมเข้า	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
49	ลิ้งค์ช่องลมเข้า	
50	คันโยก-ช่องลมเข้า	
51	ใบพัดลม	
52	มอเตอร์พัดลม	
53	แหวนมอเตอร์	
54	น๊อตยึดใบพัดลม	
55	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	
56	สกรูแทปยึดฝาครอบมอเตอร์	
57	โฟมกันกระแทก	
58	กรองอากาศ	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	รูป
59	สกรูแทปพร้อมแหวน	
60	ปลอกแขนประตูผสมอากาศ	
61	เพลาประตูผสมอากาศ	
62	ประตูผสมอากาศ	
63	เฟืองประตูผสมอากาศ	
64	แคลมป์ยึดเคเบิล	

จากตารางที่ 3-2 รูปชิ้นส่วนของตู้แอร์รถยนต์มีทั้งหมด 64 รายการ และตำแหน่งของชิ้นส่วนของตู้แอร์รถยนต์สามารถดูได้จากภาพที่ 3-3 ตามที่กล่าวมาข้างต้น

2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information phase)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยรวบรวมต้นทุนการผลิตของชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตตู้แอร์รถยนต์ และแหล่งที่ผลิตของชิ้นส่วนต่าง ๆ และวัสดุที่ใช้ในการผลิตแต่ละชิ้นส่วน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงพัฒนา และลดต้นทุน โดยจะต้องอาศัยความร่วมมือต่างสายงาน คือ แผนกจัดซื้อ เพื่อที่จะได้ข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ราคาและผู้ผลิตของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	วัสดุ	ผู้ผลิต	ประเทศ	ราคา/ ตู้แอร์ (บาท)
1	ฝาครอบด้านขวา	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	83.69
2	ฝาครอบด้านซ้าย	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	80.42
3	ฝาครอบด้านล่าง	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	19.36
4	ฝาครอบด้านข้าง	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	19.96
5	แผ่นแบ่งลมกลาง	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	2.41
6	ฝาครอบกรองอากาศ	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	3.43
7	ฝาครอบท่อร้อน	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	12.67
8	ช่องลมช่องเท้าด้านคนขับ	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	21.72
9	ช่องลมช่องเท้าด้านคนนั่ง	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	22.71
10	คอยล์เย็น	Aluminum	SX	ไทย	175.22
11	ฉนวนคอยล์เย็น 1	Foam	SB	ไทย	5.14
12	ฉนวนคอยล์เย็น 2	Foam	SB	ไทย	3.79
13	แผ่นโฟมกันรั่ว	Foam	SC	ไทย	0.53
14	โบลต์วาล์วลดแรงดัน	Steel	SD	ไทย	3.58
15	โบลต์	Steel	SD	ไทย	1.96
16	ซีล 1	Rubber	SE	ไทย	1.50
17	ซีล 2	Rubber	SE	ไทย	1.50

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	วัสดุ	ผู้ผลิต	ประเทศ	ราคา/ ตู้แอร์ (บาท)
18	ฝากันฝุ่นคอยล์เย็น	Plastic PE	SF	ไทย	0.90
19	วาล์วลดแรงดัน	Aluminum	SG	จีน	120.55
20	ท่อเข้า-ออกคอยล์เย็นและหน้าแปลนยึด	Aluminum	SH	ไทย	62.46
21	แผ่นโฟมคอยล์เย็นด้านบน	Foam	SB	ไทย	4.63
22	ฉนวนคอยล์เย็นด้านบน	Foam	SI	ไทย	5.17
23	ยางกันรั่ว	Rubber	SJ	ไทย	13.00
24	ฮีตเตอร์	Aluminum	SX	ไทย	77.27
25	ท่อน้ำร้อนเข้า	Aluminum	SH	ไทย	31.05
26	ท่อน้ำร้อนออก	Aluminum	SH	ไทย	29.35
27	ซีล 3	Rubber	SK	ญี่ปุ่น	3.81
28	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 1	Foam	SC	ไทย	1.65
29	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 2	Foam	SC	ไทย	2.20
30	เฟืองมิ๊กซ์ 1	Plastic POM	SF	ไทย	2.14
31	ลิ้งค์มิกซ์ 1	Plastic M90-44	SA	ไทย	2.14
32	ลิ้งค์มิกซ์ 2	Plastic OL-TA BL-2	SA	ไทย	2.23
33	ตัวตรวจจับอุณหภูมิ	Electronic	SL	ไทย	86.74
34	คลิปยึดตัวตรวจจับอุณหภูมิ	Plastic PP(Natural)	SF	ไทย	0.89
35	ตัวต้านทานมอเตอร์พัดลม	Electronic	SM	ไทย	56.71
36	ประตูลมเป่าหน้า	Plastic OL-TA BL-2	SA	ไทย	9.94

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

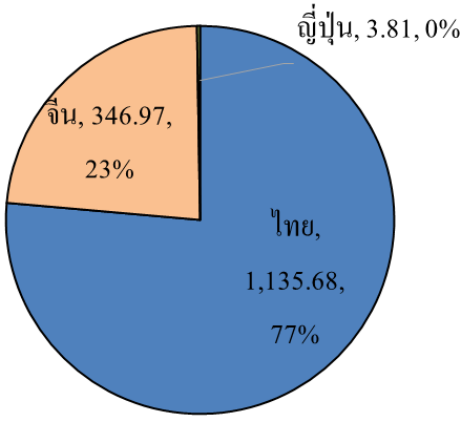
ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	วัสดุ	ผู้ผลิต	ประเทศ	ราคา/ ตู้แอร์ (บาท)
37	ประตูลมเป่าเท้า	Plastic OL-TA BL-2	SA	ไทย	10.49
38	ลิ้งค์ควบคุมหลัก	Plastic OL-TA BL-2	SA	ไทย	3.96
39	คันโยก-เป่าหน้า	Plastic M90-44	SA	ไทย	2.14
40	คันโยก-เป่าเท้า	Plastic M90-44	SA	ไทย	2.14
41	ก้านต่อ-เป่าหน้า	Plastic M90-44	SA	ไทย	2.63
42	โฟมช่องเป่าหน้า	Foam	SB	ไทย	4.02
43	โฟมช่องเป่ากระจก	Foam	SB	ไทย	2.65
44	สกรูแทป	Steel	SD	ไทย	1.77
45	ฝาครอบช่องลมเข้า -ส่วนหน้า	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	23.28
46	ฝาครอบช่องลมเข้า -ส่วนหลัง	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	23.46
47	ประตูลมเข้า	Plastic OL-TA BL-2	SA	ไทย	15.35
48	โฟมประตูลมเข้า	Foam	SB	ไทย	2.48
49	ลิ้งค์ช่องลมเข้า	Plastic M90-44	SA	ไทย	4.64
50	คันโยก-ช่องลมเข้า	Plastic OL-TA BL-2	SA	ไทย	1.63

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	วัสดุ	ผู้ผลิต	ประเทศ	ราคา/ ตู้แอร์ (บาท)
51	ใบพัดลม	Plastic PP+GF15% +MF10%	SN	ไทย	35.51
52	มอเตอร์พัดลม	Electronic	SO	จีน	226.43
53	แหวนมอเตอร์	Steel	SP	ไทย	0.80
54	น๊อตยึดใบพัดลม	Steel	SK	ไทย	0.87
55	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	Plastic PP-TD20	SA	ไทย	18.71
56	สกรูแทปยึดฝาครอบมอเตอร์	Steel	SQ	ไทย	0.57
57	โฟมกันกระแทก	Foam	SB	ไทย	25.00
58	กรองอากาศ	Fabric	SR	ไทย	69.44
59	สกรูแทปพร้อมแหวน	Steel	SD	ไทย	8.58
60	ปลอกแขนประตูผสมอากาศ	Plastic M90-44	SS	ไทย	1.76
61	เพลาประตูผสมอากาศ	Aluminum	ST	ไทย	3.35
62	ประตูผสมอากาศ	Plastic EMS	SS	ไทย	10.99
63	เฟืองประตูผสมอากาศ	Plastic POM	SU	ไทย	4.56
64	แคลมป์ยึดเคเบิล	Steel	SW	ไทย	6.84
รวม	1,486.47				

ตารางที่ 3-3 ราคาและผู้ผลิตของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์แยกตามประเทศของผู้ผลิต (Suppliers) โดยจะมุ่งเน้นไปที่ผู้ผลิต (Suppliers) ที่อยู่ภายในประเทศไทย เพื่อที่จะง่ายในการทำกิจกรรม หลังจากนั้นจะแบ่งตามมูลค่าของ

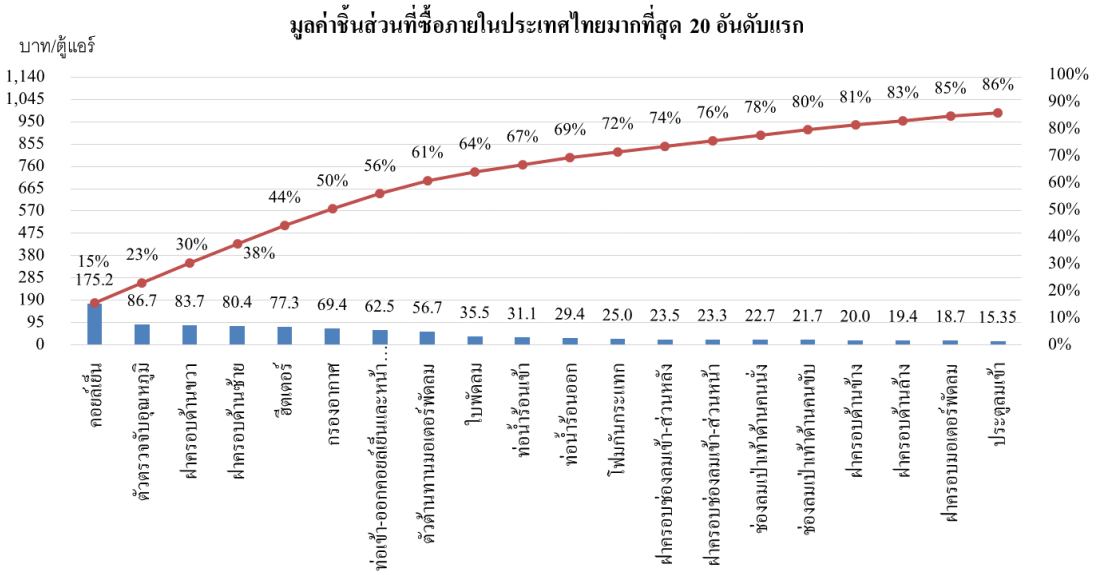
ชิ้นส่วนประกอบ และตามมูลค่าของแต่ละวัสดุ (Suppliers) ดังภาพที่ 3-4 ภาพที่ 3-5 และภาพที่ 3-6 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-4 มูลค่าการซื้อชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์จากผู้ผลิตในประเทศและต่างประเทศ

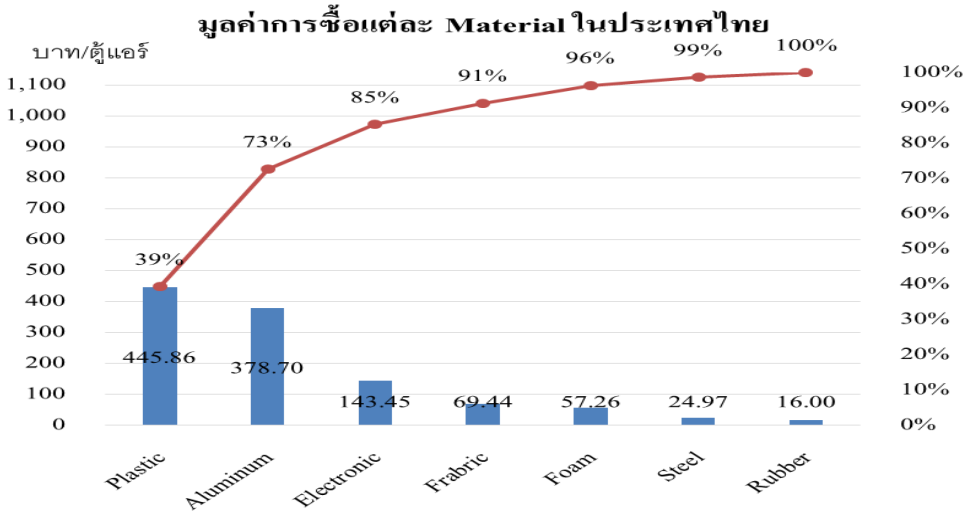
จากภาพที่ 3-4 เป็นการแสดงมูลค่าการซื้อชิ้นส่วนของตู้แอร์รถยนต์ต่อหนึ่งหน่วย โดยประเทศไทย มูลค่าการซื้อ 1,135.68 บาท คิดเป็น 77% ต่อหนึ่งหน่วย ประเทศจีนมูลค่าการซื้อ 346.97 บาท คิดเป็น 23% ต่อหนึ่งหน่วย และประเทศญี่ปุ่นมูลค่าการซื้อ 3.81 บาท คิดเป็น 0% ต่อหนึ่งหน่วย

โดยประเทศไทยมีมูลค่าการซื้อมากที่สุด ดังนั้น ชิ้นส่วนที่ผลิตภายในประเทศไทยเป็นเป้าหมายเบื้องต้นในการปรับปรุงและลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถที่จะติดต่อสื่อสารและร่วมมือในการทำกิจกรรม ผู้วิจัยสรุปข้อมูลต้นทุนแยกเป็นชื่อชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์และวัสดุที่นำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ ดังภาพที่ 3-5 และภาพที่ 3-6 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-5 มูลค่าของชิ้นส่วนที่ซื้อภายในประเทศมากที่สุด 20 อันดับแรกโดยเรียงจากมากไปน้อย

จากภาพที่ 3-5 นำมูลค่าของชิ้นส่วนที่ซื้อภายในประเทศไทยมาเรียงจากมากไปน้อย จะเห็นว่าชิ้นส่วนที่มีมูลค่ามากที่สุด คือ คอยล์เย็น อันดับสอง ตัวตรวจจับอุณหภูมิ และอันดับสาม ฝาครอบด้านขวา



ภาพที่ 3-6 มูลค่าการซื้อในแต่ละ Material ของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์จากมากไปน้อย

จากภาพที่ 3-6 จากที่ได้นำต้นทุน (Cost) ของชิ้นส่วนที่ซื้อภายในประเทศไทยมาเรียงจากมากไปน้อยจะเห็นว่าวัสดุที่มีต้นทุนมากที่สุด คือ Plastic 445.86 บาท อันดับสอง คือ Aluminum 378.70 บาท และอันดับที่สาม Electronic 143.45 บาท ตามลำดับ

3. ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function phase)

การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
1	ฝาครอบด้านขวา	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
		- เกิด	- การต่อเชื่อม		√
		- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
2	ฝาครอบด้านซ้าย	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
		- เกิด	- การต่อเชื่อม		√
		- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
3	ฝาครอบด้านล่าง	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
		- เกิด	- การต่อเชื่อม		√
		- ป้องกัน	- น้ำล้น	√	
		- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
4	ฝาครอบด้านข้าง	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
		- ป้องกัน	- การกระแทก	√	
		- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
5	แผ่นแบ่งลมกลาง	- ป้องกัน	- ลมผสมกัน	√	
		- เกิด	- การต่อเชื่อม		√
6	ฝาครอบกรองอากาศ	- ป้องกัน	- หลุดตำแหน่ง	√	
			- ให้เห็น		
		- ช่วย	ตำแหน่ง		√

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
7	ฝาครอบท่อร้อน	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
8	ช่องลมเป่าเท้าด้านคนขับ	- ลำเลียง	- อากาศ	√	
9	ช่องลมเป่าเท้าด้านคนนั่ง	- ลำเลียง	- อากาศ	√	
10	คอยล์เย็น	- สร้าง	- อากาศเย็น	√	
11	ฉนวนคอยล์เย็น 1	- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√	
12	ฉนวนคอยล์เย็น 2	- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√	
13	แผ่นโฟมกันรั่ว	- ป้องกัน - ป้องกัน	- อากาศรั่ว - เสียงดัง	√	√
14	โบลต์วาล์วลดแรงดัน	- จับยึด	- วาล์วลดแรงดัน	√	
15	โบลต์	- จับยึด	- ท่อเครื่องระเหย	√	
16	ซีล 1	- ป้องกัน - ป้องกัน	- น้ำยาทำความเย็นรั่ว - ฝุ่นละออง	√ √	
17	ซีล 2	- ป้องกัน - ป้องกัน	- น้ำยาทำความเย็นรั่ว - ฝุ่นละออง	√ √	
18	ฝากันฝุ่นคอยล์เย็น	- ป้องกัน - ช่วย	- ฝุ่นละออง - ให้ดึงออกง่าย	√	√
19	วาล์วลดแรงดัน	- ฉีด	- น้ำยาทำความเย็น	√	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
20	ท่อเข้า-ออกคอยล์เย็นและหน้าแปลนยึด	- ลำเลียง	- น้ำยาทำความเย็น	√	
21	แผ่นโฟมคอยล์เย็นด้านบน	- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√	
		- ป้องกัน	- ฝุ่นละออง	√	
22	ฉนวนคอยล์เย็นด้านบน	- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√	
		- ป้องกัน	- ฝุ่นละออง	√	
23	ยางกันรั่ว	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
		- ป้องกัน	- ฝุ่นละออง	√	
		- ป้องกัน	- เสียงดัง		√
24	ฮีตเตอร์	- สร้าง	- อากาศร้อน	√	
25	ท่อน้ำร้อนเข้า	- ลำเลียง	- น้ำร้อนเข้า	√	
26	ท่อน้ำร้อนออก	- ลำเลียง	- น้ำร้อนออก	√	
27	ซีล 3	- ป้องกัน	- น้ำร้อนรั่ว	√	
		- ป้องกัน	- ฝุ่นละออง	√	
28	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 1	- ป้องกัน	- เสียงดัง		√
		- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√	
29	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 2	- ป้องกัน	- เสียงดัง		√
		- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√	
30	เฟืองมิ๊กซ์ 1	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
31	ลิ้งค์มิกซ์ 1	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
32	ลิ้งค์มิกซ์ 2	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
33	ตัวตรวจจับอุณหภูมิ	- ตรวจสอบ	- อุณหภูมิ	√	
34	คลิปยึดตัวตรวจจับอุณหภูมิ	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
35	ตัวต้านทานมอเตอร์พัดลม	- ต้านทาน - ระบาย	- กระแสไฟฟ้า - ความร้อน	√	√
36	ประตูลมเป่าหน้า	- ลำเลียง - ป้องกัน	- อากาศ - อากาศรั่ว	√ √	
37	ประตูลมเป่าเท้า	- ลำเลียง - ป้องกัน	- อากาศ - อากาศรั่ว	√ √	
38	ลิ้งค์ควบคุมหลัก	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
39	คันโยก-เป่าหน้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
40	คันโยก-เป่าเท้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
41	ก้านต่อ-เป่าหน้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
42	โฟมช่องเป่าหน้า	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
43	โฟมช่องเป่ากระจก	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
44	สกรูแทป	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
45	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหน้า	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
		- ลำเลียง	- อากาศ	√	
46	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหลัง	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
		- ลำเลียง	- อากาศ	√	
47	ประตูลมเข้า	- ลำเลียง	- อากาศ	√	
		- ป้องกัน	- อากาศรั่ว		√
		- ป้องกัน	- กลิ่นไม่พึงประสงค์	√	
48	โฟมประตูลมเข้า	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√	
49	ลิ้งค์ช่องลมเข้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
50	คันโยก-ช่องลมเข้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
51	ใบพัดลม	- สร้าง	- แรงลม	√	
52	มอเตอร์พัดลม	- สร้าง	- พลังงานกล	√	
53	แหวนมอเตอร์	- ป้องกัน	- รอยขีดข่วน	√	
		- รองรับ	- แรง	√	
54	น๊อตยึดใบพัดลม	- ป้องกัน	- ใบพัดลมหลุดออก	√	
55	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
56	สกรูแทปยึดฝาครอบมอเตอร์	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
57	โฟมกันกระแทก	- ป้องกัน	- น้ำเข้าตัวรถ	√	
		- ป้องกัน	- กลิ่นไม่พึงประสงค์	√	
		- ป้องกัน	- เสียงดัง	√	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน	
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง
58	กรองอากาศ	- ป้องกัน	- ฝุ่นละออง	√	
59	สกรูแทปและแหวน	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
60	ปลอกแขนประตูผสมอากาศ	- ป้องกัน - ป้องกัน	- เสียงดัง - การติดขัด	√ √	
61	เพลาประตูผสมอากาศ	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	
62	ประตูผสมอากาศ	- สร้าง	- อากาศให้เหมาะสม	√	
63	เฟืองประตูผสมอากาศ	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√	
64	แคลมป์ยึดเคเบิล	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√	

จากตารางที่ 3-4 ทีมงานที่มีประสบการณ์ด้านตู้แอร์รถยนต์ช่วยกันสรุปหน้าที่หลักตู้แอร์รถยนต์และหน้าที่หลักของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ โดยผู้วิจัยจะเลือกหน้าที่หลักของตู้แอร์รถยนต์ที่เหมือนกันรวมกลุ่มกันและทำการใช้ตัวอักษรแทนหน้าที่หลักของในแต่ละชิ้นส่วนประกอบ ดังนี้

1. หน้าที่จับยึดตำแหน่ง ใช้ตัวอักษร A
2. หน้าที่ป้องกันสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ ใช้ตัวอักษร B
3. หน้าที่ลำเลียงอากาศ ใช้ตัวอักษร C
4. หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน ใช้ตัวอักษร D
5. หน้าที่ฉีดของเหลว ใช้ตัวอักษร E
6. หน้าที่ส่งถ่ายกำลัง ใช้ตัวอักษร F
7. หน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิ ใช้ตัวอักษร G
8. หน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า ใช้ตัวอักษร H

การเปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่

ในส่วนของงานวิจัยนี้ใช้เปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่จากเทคนิค “การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่” จากหนังสือวิศวกรรมคุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2548) โดยใช้การเปรียบเทียบหน้าที่หนึ่งกับอีกหน้าที่หนึ่งและทำการให้คะแนนว่าหน้าที่ที่สำคัญมากกว่ากันในแต่ละขั้นจนกว่าจะทำจนครบ และทำการรวบรวมออกเป็นคะแนน โดยที่คะแนน (น้ำหนักการประเมิน) คะแนนน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ได้มาจากทีมงานในการศึกษาดำเนินงานในการลดต้นทุน จากภาพที่ 3-7 โดยที่ระดับความแตกต่างของน้ำหนักการประเมินสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

1. ระดับความสำคัญเท่ากัน เท่ากับ 1 คะแนน
2. ระดับความแตกต่างของความสำคัญน้อย เท่ากับ 2 คะแนน
3. ระดับความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน
4. ระดับความแตกต่างของความสำคัญมาก เท่ากับ 4 คะแนน

	B	C	D	E	F	G	H
A	A-2	C-3	D-4	E-3	F-2	G-2	1
	B	C-2	D-2	1	1	B-2	B-2
		C	D-2	E-3	C-3	1	1
			D	1	1	1	1
				E	1	1	E-2
					F	1	F-2
						G	G-2
							H

ภาพที่ 3-7 การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่หลัก

จากภาพที่ 3-7 การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ โดยมีเทคนิคการดำเนินงานเริ่มจากการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ของ A กับ B โดยดูว่าในหน้าที่ใดที่มีความสำคัญมากกว่ากัน ซึ่งระดับความสำคัญนั้นจะมีน้ำหนักความสำคัญที่แตกต่างกัน คือ 1, 2, 3 และ 4 โดยน้ำหนักความสำคัญของเลข 1 นั้นให้ระดับความสำคัญเท่ากัน เลข 2 ให้ระดับความแตกต่างของความสำคัญน้อย เลข 3 ให้ระดับความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง และเลข

4 ให้ระดับความแตกต่างของความสำคัญมาก ในการให้ระดับความสำคัญนั้นจะทำจากการระดมความคิดจากทีมงานดำเนินงานในการลดต้นทุนว่าหน้าที่ใดที่มีความสำคัญมากกว่ากัน

จากการเปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่าง A และ B เสร็จแล้วนั้น จะต้องทำการเปรียบเทียบระดับความสำคัญกับหน้าที่อื่นต่อไป โดยที่อยู่แถวเดียวกัน เช่น A กับ C, A กับ D ไปจนถึง A กับ H แล้วจึงทำการเปรียบเทียบในแถวต่อไป คือ B กับ C, B กับ D, B กับ E ไปจนถึง B กับ H ทำเช่นนี้จนถึง G กับ H ถือเป็นอันจบ โดยแหล่งที่มาของข้อมูลในส่วนนี้ได้จากการที่ทางทีมงานช่วยกันออกเสียงให้คะแนนความสำคัญของหน้าที่ต่าง ๆ

เมื่อทำการเปรียบเทียบหน้าที่ระดับความสำคัญจนครบแล้วนั้น จะทำการสรุปออกมาเป็นคะแนนตามระดับความสำคัญโดยการรวมน้ำหนักของระดับความสำคัญของหน้าที่ในแนวนอน ซึ่งสามารถทราบผลการรวมคะแนนระดับความสำคัญดังตารางที่ 3-5

ตัวอย่างการคำนวณ ดังนี้

อักษร A ให้ตำแหน่ง = ผลรวมการประเมินหน้าที่ของ A เปรียบเทียบกับ B, C, D จนถึง H

= A-2 + 1

= 3

อักษร B ให้ตำแหน่ง = ผลรวมการประเมินหน้าที่ของ B เปรียบเทียบกับ C, D, E จนถึง H

= 1 + 1 + B-2 + B-2

= 6

อักษร C ให้ตำแหน่ง = ผลรวมการประเมินหน้าที่ของ C เปรียบเทียบกับ D, E, F จนถึง H

= C-3 + C-2 + C-3 + 1 + 1

= 10 เป็นต้น

ตารางที่ 3-5 สรุปการประเมินเชิงตัวเลข

อักษรแทน	หน้าที่ (Function)	น้ำหนัก (Weight)	เปอร์เซ็นต์ (%)
A	หน้าที่จับยึดตำแหน่ง	3	4.8%
B	หน้าที่ป้องกันสิ่งที่ไม่พึงประสงค์	6	9.7%
C	หน้าที่ลำเลียงอากาศ	10	16.1%
D	หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน	12	19.4%
E	หน้าที่ฉีดของเหลว	12	19.4%
F	หน้าที่ส่งถ่ายกำลัง	8	12.9%
G	หน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิ	8	12.9%
H	หน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า	3	4.8%
รวม	62	100.0%	

จากตารางที่ 3-5 สรุปหน้าที่จับยึดตำแหน่งของชิ้นส่วน และหน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า มีน้ำหนักน้อยที่สุดที่ 3 คะแนน หรือ 4.8% หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน และหน้าที่ฉีดของเหลว มีน้ำหนักมากที่สุดที่ 12 คะแนน หรือ 19.4%

ตารางที่ 3-6 การเรียงน้ำหนักของหน้าที่หลักจากมากไปน้อย

อักษรแทน	หน้าที่ (Function)	น้ำหนัก (Weight)	เปอร์เซ็นต์ (%)
D	หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน	12	19.4%
E	หน้าที่ฉีดของเหลว	12	19.4%
C	หน้าที่ลำเลียงอากาศ	10	16.1%
F	หน้าที่ส่งถ่ายกำลัง	8	12.9%
G	หน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิ	8	12.9%
B	หน้าที่ป้องกันสิ่งที่ไม่พึงประสงค์	6	9.7%
A	หน้าที่จับยึดตำแหน่ง	3	4.8%
H	หน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า	3	4.8%

จากตารางที่ 3-6 ทำการเรียงหน้าที่หลักที่มีน้ำหนักมากไปหาน้อย เพื่อง่ายต่อการสังเกต และนำไปพิจารณาการปรับปรุงและลดต้นทุน

จากทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (VE) การที่จะรู้คุณค่า (Value) ของหน้าที่นั้น ๆ จากสมการ

คุณค่า (Value) = หน้าที่% (Function)/ ต้นทุน% (Cost)

ดังนั้น ต้องเปลี่ยนต้นทุนให้เป็นเปอร์เซ็นต์ให้เป็นหน่วยเดียวกัน เพื่อที่จะทำการหาคุณค่า (Value) ของหน้าที่หลัก (Function) นั้น ๆ ได้

แต่เนื่องด้วยชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์หลาย ๆ ชิ้นส่วนมีหน้าที่หลัก (Function) มากกว่า 1 หน้าที่ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการกระจายต้นทุน (Cost) ตามจำนวนหน้าที่หลักของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ เช่น

1. ชิ้นส่วน “ฝาครอบด้านขวา” มีหน้าที่หลัก (Function) 2 หน้าที่ คือ จับยึดตำแหน่งและป้องกันอากาศรั่ว และมีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 83.69 บาท ดังนั้น ต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลัก (Function) นี้ เท่ากับ 83.69/ 2 = 41.84 บาท

2. ชิ้นส่วน “ฝาครอบด้านล่าง” มีหน้าที่หลัก (Function) 3 หน้าที่ คือ จับยึดตำแหน่ง ป้องกันอากาศรั่ว และป้องกันน้ำล้น และมีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 19.36 บาท แต่สำหรับ “ฝาครอบด้านล่าง” มีหน้าที่หลัก (Function) ป้องกันอยู่ 2 หน้าที่ ดังนั้น ต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลักทั้งหมด (Function) เท่ากับ 19.36/ 3 = 6.45 บาท แบ่งเป็นจับยึดตำแหน่ง 6.45 x 1 = 6.45 บาท และป้องกันอากาศรั่วและน้ำล้น 6.45 x 2 = 12.9 บาท เป็นต้น การคำนวณต้นทุนหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบตู้แอร์รถยนต์แสดงอยู่ในภาคผนวก ก

สรุปต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลัก (Function) ของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ โดยไม่นำชิ้นส่วนที่มีเฉพาะหน้าที่รองมาคำนวณด้วยดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 สรุปต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลัก (Function)

อักษรแทน	หน้าที่ (Function)	ต้นทุน (Cost) (บาท)	ต้นทุน (Cost) เปอร์เซ็นต์
A	หน้าที่จับยึดตำแหน่ง	177.45	11.9%
B	หน้าที่ป้องกันสิ่งที่ไม่พึงประสงค์	282.84	19.0%
C	หน้าที่ลำเลียงอากาศ	208.55	14.0%
D	หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน	525.42	35.3%
E	หน้าที่ฉีดของเหลว	120.55	8.1%
F	หน้าที่ส่งถ่ายกำลัง	28.21	1.9%
G	หน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิ	86.74	5.8%
H	หน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า	56.71	3.8%
รวม	1,458.47	100%	

จากตารางที่ 3-7 ต้นทุน (Cost) ของหน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงานมีต้นทุน (Cost) สูงสุดเท่ากับ 525.42 บาท หรือ 35.3% และหน้าที่ส่งถ่ายกำลังมีต้นทุนต่ำสุดเท่ากับ 28.21 บาท หรือ 1.9% โดยคำนวณจากราคาต้นทุนทั้งหมดของตู้แอร์รถยนต์ คือ 1,486.47 บาท

เมื่อคำนวณต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลัก (Function) ให้เป็นเปอร์เซ็นต์ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณคุณค่า (Value) ตามตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 สรุปการประเมินเชิงตัวเลขของคุณค่า (Value)

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก	น้ำหนัก (%) หน้าที่ (F = Function)	ต้นทุน (บาท) (C = Cost)	ต้นทุน (%) (C = Cost)	คุณค่า (Value) V=F(%)/ C(%)
A	หน้าที่จับยึดตำแหน่ง	3	4.8%	177.45	11.9%	0.41
B	หน้าที่ป้องกันสิ่งที่ไม่พึงประสงค์	6	9.7%	282.84	19.0%	0.51
C	หน้าที่ลำเลียงอากาศ	10	16.1%	208.55	14.0%	1.15
D	หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน	12	19.4%	525.42	35.3%	0.55
E	หน้าที่ฉีดของเหลว	12	19.4%	120.55	8.1%	2.39
F	หน้าที่ส่งถ่ายกำลัง	8	12.9%	28.21	1.9%	6.80
G	หน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิ	8	12.9%	86.74	5.8%	2.21
H	หน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า	3	4.8%	56.71	3.8%	1.27
	รวม	62	100.0%	1486.5	100%	15.28

จากตารางที่ 3-8 คุณค่า (Value) ของหน้าที่ส่งถ่ายกำลังมีค่ามากที่ 6.80 และคุณค่า (Value) ของหน้าที่จับยึดตำแหน่งน้อยที่สุดที่ 0.41

ตารางที่ 3-9 การเรียงคุณค่า (Value) จากมากไปหาน้อย

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก	น้ำหนัก (%) หน้าที่ (F = Function)	ต้นทุน (บาท) (C = Cost)	ต้นทุน (%) (C = Cost)	คุณค่า (Value) V=F(%)/ C(%)
F	หน้าที่ส่งถ่ายกำลัง	8	12.9%	28.21	1.9%	6.80
E	หน้าที่ฉีดของเหลว	12	19.4%	120.55	8.1%	2.39
G	หน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิ	8	12.9%	86.74	5.8%	2.21
H	หน้าที่ต้านทานกระแสไฟฟ้า	3	4.8%	56.71	3.8%	1.27
C	หน้าที่ลำเลียงอากาศ	10	16.1%	208.55	14.0%	1.15
D	หน้าที่สร้างอุณหภูมิและพลังงาน	12	19.4%	525.42	35.3%	0.55
B	หน้าที่ป้องกันสิ่งที่ไม่พึงประสงค์	6	9.7%	282.84	19.0%	0.51
A	หน้าที่จับยึดตำแหน่ง	3	4.8%	177.45	11.9%	0.41
	รวม	46	100.0%	1486.47	100.0%	15.69

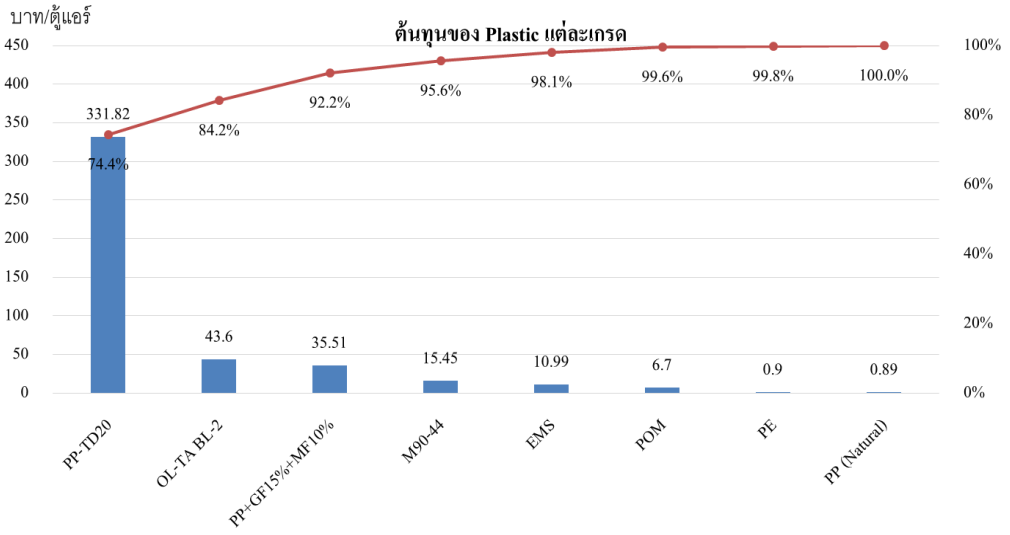
จากตารางที่ 3-9 เรียงลำดับคุณค่าจากมากไปหาน้อย เราจะพบว่าคุณค่า (Value) ของหน้าที่หลัก (Function) ที่มีคุณค่าน้อยที่สุด คือ หน้าที่ จับยึดตำแหน่ง (A) ทางผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ลงความเห็นว่าจะปรับปรุงคุณค่า (Value) ของหน้าที่จับยึดตำแหน่ง (A) ซึ่งมีคุณค่าน้อยที่สุด คือ 0.41 โดยชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ที่มีหน้าที่หลัก (Function) ในการจับยึดตำแหน่งของชิ้นส่วนมีต้นทุนตามตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์และมูลค่าเฉพาะหน้าที่หลักจับยึดตำแหน่ง

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	ต้นทุนหน้าที่จับยึด (บาท)	วัสดุ
1	ฝาครอบด้านขวา	41.8	Plastic
2	ฝาครอบด้านซ้าย	40.2	Plastic
3	ฝาครอบด้านล่าง	6.5	Plastic
4	ฝาครอบด้านข้าง	6.7	Plastic
5	ฝาครอบท่อร้อน	12.7	Plastic
6	โบลต์วาล์วลดแรงดัน	3.6	Steel
7	โบลต์	2.0	Steel
8	คลิปยึดตัวตรวจจับอุณหภูมิ	0.9	Plastic
9	สกรูแทป	1.8	Steel
10	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหน้า	11.6	Plastic
11	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหลัง	11.7	Plastic
12	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	18.7	Plastic
13	สกรูแทปยึดฝาครอบมอเตอร์	0.6	Steel
14	สกรูแทปพร้อมแหวน	8.6	Steel
15	เพลาประตูผสมอากาศ	3.4	Aluminum
16	แคลมป์ยึดเคเบิล	6.8	Steel
	รวม	177.5 บาท	

จากตารางที่ 3-10 ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์ที่มีหน้าที่จับยึดตำแหน่ง ต้นทุนส่วนใหญ่แล้วผลิตมาจากวัสดุที่เป็น Plastic มีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 150.8 บาท ส่วนวัสดุที่ผลิตมาจาก Steel มีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 23.3 บาท และวัสดุที่ผลิตมาจาก Aluminum มีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 3.4 บาท การคำนวณสามารถดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก

ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาข้อมูลของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ที่ผลิตมาจากวัสดุ Plastic สอดคล้องกับภาพที่ 3-6 Plastic เป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์มีต้นทุนมากที่สุด 445.86 บาท เป็นอันดับที่ 1 ของวัสดุที่ใช้ภายในประเทศ ดังนั้น เป้าหมายที่ใช้ในการปรับปรุงและลดต้นทุน คือ วัสดุที่ทำมาจาก Plastic และยังมีคุณค่า (Value) น้อยที่สุดอีกด้วย



ภาพที่ 3-8 ต้นทุนของพลาสติกแต่ละเกรดที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ภายในประเทศไทย

จากภาพที่ 3-8 พลาสติกที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ โดยแบ่งเป็นเกรดของพลาสติก เกรดที่มีใช้มากที่สุดอันดับหนึ่ง PP-TD20 มีต้นทุนเท่ากับ 331.82 บาท และเกรดนี้มาจากผู้ผลิต (Supplier) SA ทั้งหมด การทำกิจกรรมปรับปรุงและลดต้นทุนสามารถที่จะติดต่อไปที่ผู้ผลิต SA (Supplier) รายเดียว

4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation phase)

การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุงและลดต้นทุนของตู้แอร์ ได้ใช้เทคนิคการระดมความคิด (Brainstorming) และเทคนิค TRIZ

เมื่อได้แนวความคิดทั้งหมดแล้ว หลังจากนั้นจะต้องมีการประเมินความคิดว่า แนวคิดไหนที่จะเป็นวิธีการปรับปรุงและลดต้นทุนการผลิตของตู้แอร์ได้ดีที่สุด โดยจะใช้เทคนิค AHP ในการหาน้ำหนักในแต่ละปัจจัยและการใช้ Value matrix ในการประเมินแนวคิด และเลือกแนวคิดนั้นมาทำการทดสอบ

4.1 เทคนิคการระดมความคิด (Brainstorming) จากการศึกษาข้อกำหนดทางลูกค้าระบุว่าวัสดุพลาสติกที่จะนำมาใช้ผลิตโครงสร้างของตู้แอร์จะต้องเป็นเกรด PP-TD15 ถึง PP-TD20 เพราะความแข็งของพลาสติกเกรดระดับนี้ง่ายต่อการประกอบ และน้ำหนักไม่หนักจนเกินไป จากการระดมความคิดของทีมงานและบริษัทตัวแทนผลิตเม็ดพลาสติกได้แนวคิด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3-11 เกรดพลาสติกที่จะนำมาใช้ทดแทนแนวคิดที่ 1

	เกรดของพลาสติกเดิม PP-TD20	เกรดของพลาสติกใหม่ PP-TD15
ราคาต่อกิโลกรัม	62 บาท	59 บาท

จากตารางที่ 3-11 แนวคิดที่ 1 จากการระดมความคิด (Brainstorming) ของทีมงาน โดยการศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าจากที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว จึงได้ทำการค้นหาวัสดุที่มีใช้อยู่ในโรงงานอยู่แล้วที่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า คือ เกรดพลาสติก PP-TD15 ซึ่งมีใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์อยู่แล้วแต่เป็นลูกค้าอื่น

ตารางที่ 3-12 เกรดพลาสติกที่จะนำมาใช้ทดแทนแนวคิดที่ 2

	แบบเดิม	แบบใหม่
เกรดพลาสติก PP-TD20	มี Pigment	ไม่มี Pigment
ราคาต่อกิโลกรัม	62 บาท	58 บาท

จากตารางที่ 3-12 แนวคิดที่ 2 จากการระดมความคิด (Brainstorming) กับตัวแทนผู้ผลิตเม็ดพลาสติก ซึ่งเม็ดพลาสติกที่ใช้ในปัจจุบันจะมีดำ เนื่องจากมีการเติมเม็ดสีหรือที่เรียกว่า Pigment ลงไปด้วย เมื่อฉีดขึ้นรูปแล้วชิ้นงานที่ออกมานั้นก็จะมีสีดำ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับผู้ผลิตตู้แอร์อื่น ๆ บางผู้ผลิตตู้แอร์ได้เลือกใช้เม็ดพลาสติกที่ไม่มีการเติมเม็ดสีหรือ Pigment ลงไป ทำให้เมื่อฉีดขึ้นรูปชิ้นงานออกมาก็จะได้เป็นสีขาว ดังภาพที่ 3-9

ภาพที่ 3-9 ชิ้นงานที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกที่ไม่มี Pigment

ตารางที่ 3-13 เปลี่ยนรูปแบบการสั่งซื้อเม็ดพลาสติกและเปลี่ยนวิธีการผลิตแนวคิดที่ 3

	เกรด พลาสติก	รูปแบบการผลิต ของผู้ผลิตฉีด ขึ้นรูปพลาสติก	ราคาต่อ กิโลกรัม	ค่าผสม เม็ดพลาสติก ต่อกิโลกรัม	ราคาต่อ กิโลกรัม รวมค่าผสม
แบบเดิม	PP-TD20	ไม่มีการผสม ก่อนฉีดขึ้นรูป	62 บาท	-	62 บาท
แบบใหม่	PP-TD60	ต้องมีการผสม ก่อนฉีดขึ้นรูป	55 บาท	1	54.5 บาท

จากตารางที่ 3-13 แนวคิดที่ 3 จากการระดมความคิด (Brainstorming) กับตัวแทนผู้ผลิตเม็ดพลาสติกและผู้ฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน จากการศึกษาวิธีการผลิตเม็ดพลาสติก PP-TD เกรดต่าง ๆ จะมีส่วนผสมหลัก คือ Pure PP และ Talcum powder ซึ่งอัตราส่วนในการผสมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า เช่น ลูกค้าต้องการพลาสติกเกรด PP-TD15 น้ำหนัก อัตราส่วนคือ Pure PP เท่ากับ 85% และ Talcum powder 15%

ปัจจุบันผู้ผลิตเม็ดพลาสติกผลิตเม็ดพลาสติกเกรด PP-TD60 ส่งให้กับลูกค้าเป็นจำนวนมาก ถ้าผู้ผลิตเม็ดพลาสติกสามารถเปลี่ยนความต้องการของลูกค้าจาก PP-TD20 เป็น PP-TD60 ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิต การควบคุม การจัดการได้

อีกทั้งผู้ผลิตฉีดขึ้นรูปชิ้นงานก็มีประสบการณ์ในการผสมเม็ดพลาสติก PP-TD ที่ถังบรรจุเม็ดพลาสติกก่อนที่จะฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน โดยแนวคิดนี้จะเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของ Talcum

powder จาก TD20 เป็น TD15 ด้วย เพื่อทำให้ได้น้ำหนักที่เบามากขึ้นกว่าเดิม แต่จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มจากกระบวนการผสมเม็ดพลาสติก 1 บาทต่อกิโลกรัม

การคำนวณราคาต่อกิโลกรัมของแนวความคิด 3 โดยผู้วิจัยต้องการพลาสติกเกรด PP-TD15 ดังนั้น เราต้องผสมพลาสติกเกรด PP-TD60 กับ Pure PP ให้เป็น PP-TD15

ดังนั้น เม็ดพลาสติก PP-TD15 จำนวน 1 กิโลกรัม ใส่ PP-TD60 = 0.25 กิโลกรัม (%) ใส่ Pure PP = 0.75 กิโลกรัม (%)

เพราะฉะนั้น ราคาต่อกิโลกรัม

1. PP-TD60 = 55 บาท x 0.25 = 13.75 บาท
2. Pure PP = 53 บาท x 0.75 = 39.75 บาท
3. ราคาการผสมต่อ 1 กิโลกรัม = 1 บาท

ดังนั้นราคาของการผลิตแบบใหม่จะเท่ากับ 13.75 + 39.75 + 1 = 54.5 บาทต่อกิโลกรัมดังตารางที่ 3-13

4.2 เทคนิค TRIZ (Theory of inventive problem solving) เป็นแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีตรรกะหรือมีเหตุมีผลที่ได้รับการพิสูจน์แล้ว

ผู้วิจัยมีเป้าหมาย คือ การลดราคาเม็ดพลาสติกที่ใช้ในปัจจุบัน เมื่อนำเทคนิค TRIZ เขามาใช้โดยศึกษาจากตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง ดังภาพที่ 3-10

ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง / ลักษณะสมบัติที่จะปรับปรุง		1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2 น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	3 ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	4 ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	5 พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	6 พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	7 ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	8 ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	9 ความเร็ว	10 แรง	11 แรงดึง แรงดัน	12 รูปร่าง	13 เสถียรภาพของวัตถุ	14 ความแข็งแรง	15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	16 ความทนทานของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	17 อุณหภูมิ	18 ความสว่าง	19 พลังงานที่ใช้โดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	20 พลังงานที่ใช้โดยวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่
1	น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่		–	15, 8, 29, 34	–	29, 17, 38, 34	–	29, 2, 40, 28	–	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	–	6, 20, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	–
2	น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–		–	10, 1, 29, 35	–	35, 30, 13, 2	–	5, 35, 14, 2	–	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	–	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	–	18, 19, 28, 1
3	ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	8, 15, 29, 34	–		–	15, 17, 4	–	7, 17, 4, 35	–	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	–	10, 15, 19	32	8, 35, 24	–
4	ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–	35, 28, 40, 29	–		–	17, 7, 10, 40	–	35, 8, 2, 14	–	28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	–	1, 40, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	–	–
5	พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 17, 29, 4	–	14, 15, 18, 4	–		–	7, 14, 17, 4	–	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6,3	–	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	–
6	พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–	30, 2, 14, 18	–	26, 7, 9, 39	–		–	–	–	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	–	2, 38	40	–	2,10, 19,30	35, 39, 38	–	–	–
7	ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 26, 29, 40	–	1, 7, 4, 35	–	1, 7, 4, 17	–		–	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	–	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	–
8	ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	–	–	–		–	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	–	35, 34, 38	35, 6, 4	–	–	–

ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ

จากภาพที่ 3-10 ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ ผู้วิจัยต้องการลดค่าใช้จ่ายการใช้เม็ดพลาสติก เมื่อดูจากตารางเมตริกซ์แล้ว สามารถเลือกที่คอลัมน์ “ลักษณะสมบัติที่จะปรับปรุง” จะสอดคล้องกับน้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่ ในข้อที่ 2 ของตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ โดยการลดความหนาของชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปแต่ “ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง” คือ ความสามารถในการผลิต เมื่อมีการลดความหนาของชิ้นงานลงทำให้เวลาในการผลิตฉีดขึ้นรูปชิ้นงานลักษณะการหดตัวหรือโก่งงอย่อมเป็นไปได้ง่าย และเมื่อศึกษาจากตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ มีวิธีการแก้ปัญหาอยู่ 3 วิธี

ข้อที่ 28 แทนที่ระบบเชิงกล (Replacement of mechanical system)

ข้อที่ 1 แบ่งเป็นส่วน (Segmentation)

และข้อที่ 9 กระทำการต้านทานก่อน (Prior counter-action)

ทั้ง 3 วิธีนี้ ข้อที่ 9 เป็นแนวคิดที่สามารถที่จะนำไปปรับปรุงความสามารถในการผลิตที่ด้อยลงได้ คือ การเพิ่มความแข็งแรงหรือความต้านทานในการหดตัวหรือโก่งงอของชิ้นงาน โดยเพิ่มครีบหรือสันแนวไปบนชิ้นงาน ดังภาพที่ 3-11

ภาพที่ 3-11 ครีบหรือสันแนวเพิ่มความต้านทานการโก่งงอของชิ้นงาน

จากภาพที่ 3-11 เป็นผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตอื่นที่ฉีดขึ้นรูปชิ้นงานที่ความหนา 1.0 มิลลิเมตร ลักษณะชิ้นงานจะมีสันแนวบนชิ้นงานมากกว่าชิ้นงานที่มีความหนามากกว่า โดยปัจจุบันความหนาของชิ้นงานที่ผู้วิจัยต้องการปรับปรุงและลดต้นทุน คือ 1.4 มิลลิเมตร เมื่อศึกษาความเป็นไปได้จะสามารถลดความหนาไปเป็น 1.0 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ผลิตอื่น ๆ ที่ผลิตตู้แอร์รถยนต์เหมือนกัน

วิธีการคำนวณราคาของแนวคิดที่ 4 เนื่องจากการลดความหนาของชิ้นงานจำเป็นที่จะต้องเพิ่มครีบหรือสันแนวจากการสอบถามไปยังผู้เชี่ยวชาญ ปริมาณพลาสติกที่ต้องใช้ทำครีบหรือสันแนวอยู่ประมาณ 7% ของความหนาเดิม ดังนั้น ความหนาเดิมเท่ากับ 1.4 mm. x 7% เท่ากับ 0.098 หรือความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เพราะฉะนั้นการคำนวณเท่ากับ

1.1 ÷ 1.4 = 0.785 หมายความว่า เมื่อเปลี่ยนความหนาจาก 1.4 มิลลิเมตร เป็น 1.1 มิลลิเมตร จะทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงเหลือเพียง 0.785 หรือ 78.5% ของราคาปัจจุบัน

การคำนวณ เช่น ฝาครอบด้านขวา ราคาการใช้พลาสติกต่อชิ้น = 58.9 บาทต่อชิ้น เมื่อทำการลดความหนาจาก 1.4 มิลลิเมตร เป็น 1.0 มิลลิเมตร

เพราะฉะนั้น (1.1 ÷ 1.4) x 58.9 = 46.28 บาทต่อชิ้น

ตารางที่ 3-14 สรุปแนวคิดที่ได้

แนวคิด	รายละเอียด	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)
ปัจจุบัน	PP-TD20	62.0
ที่ 1	PP-TD15	59.0
ที่ 2	PP-TD20 ไม่มี Pigment	58.0
ที่ 3	Master Batch (PP-TD15 = Pure PP+PP-TD60)	54.5
ที่ 4	PP-TD20 (t 1.4 → t 1.0)	62.0

เมื่อได้แนวคิด 4 แนวคิดแล้วนำมาทำการเปรียบเทียบดังตารางที่ 3-15

4.3 การประเมินค่าแบบ Value index

ตารางที่ 3-15 การเปรียบเทียบราคาปัจจุบันกับแนวคิดที่ 1-4

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ต้นทุน บาท ต่อ ชิ้น				
			แบบปัจจุบัน (62 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 1 (59 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 2 (58 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 3 (54.5 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 4 (62 บาท/กิโลกรัม)
1	ฝาครอบด้านขวา	0.95	58.9	56.1	55.1	51.8	46.28
2	ฝาครอบด้านซ้าย	0.9	55.8	53.1	52.2	49.05	43.84
3	ฝาครอบด้านล่าง	0.2	12.4	11.8	11.6	10.9	9.74
4	ฝาครอบด้านข้าง	0.17	10.54	10.03	9.86	9.265	8.28
5	แผ่นกลาง	0.02	1.24	1.18	1.16	1.09	0.97
6	ฝาครอบกรองอากาศ	0.03	1.86	1.77	1.74	1.635	1.46
7	ฝาครอบท่อร้อน	0.17	10.54	10.03	9.86	9.265	8.28
8	ช่องลมเป่าเท้าด้านคนขับ	0.17	10.54	10.03	9.86	9.265	8.28
9	ช่องลมเป่าเท้าด้านคนนั่ง	0.19	11.78	11.21	11.02	10.355	9.26
10	ฝาครอบช่องลมเข้า-หน้า	0.2	12.4	11.8	11.6	10.9	9.74

ตารางที่ 3-15 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ต้นทุน บาท ต่อ ชิ้น				
			แบบปัจจุบัน (62 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 1 (59 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 2 (58 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 3 (54.5 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 4 (62 บาท/กิโลกรัม)
11	ฝาครอบช่องลมเข้า-หลัง	0.21	13.02	12.39	12.18	11.445	10.23
12	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	0.23	14.26	13.57	13.34	12.535	11.20
		รวมบาทต่อตู้แอร์	213.3	203.0	199.5	187.5	167.6

จากตารางที่ 3-15 เป็นการเปรียบเทียบราคาของพลาสติกที่ใช้อยู่ปัจจุบันกับแนวคิดทั้ง 4 แนวคิด พลาสติกที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีราคา 213.3 บาทต่อตู้แอร์ และแนวคิดที่ 4 มีราคาต่ำที่สุด 167.6 บาทต่อตู้แอร์

4.4 การประเมินผลปัจจัยของแนวความคิดที่ 1-4

ตารางที่ 3-16 ประเมินความสอดคล้องของแต่ละแนวคิด

ปัจจัย	ราคา	สวยงาม	การผลิต	คุณภาพ	น้ำหนัก	ระยะเวลา
ราคา	1	4/1	3/1	1	5/1	3/2
สวยงาม	1/4	1	1/3	1/4	1/3	2/4
การผลิต	1/3	3/1	1	2/3	1	4/3
คุณภาพ	1	4/1	3/2	1	5/2	3/1
น้ำหนัก	1/5	3/1	1	2/5	1	1
ระยะเวลา	2/3	4/2	3/4	1/3	1	1
รวม	3.45	17.00	7.58	3.65	10.83	8.33

จากตารางที่ 3-16 เป็นการหาความสอดคล้องของปัจจัยโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านตู้แอร์รถยนต์ช่วยกันประเมินคะแนนความสอดคล้อง โดยก่อนที่จะเริ่มหาความสอดคล้องจะต้องมีการทำความเข้าใจในกลุ่มทีมงานเพื่อหาหัวข้อในการประเมิน ดังนี้

1. ราคา: ราคาต่อกิโลกรัมต่ำ เพราะการวิจัยนี้มุ่งเน้นการลดต้นทุนและตอบสนองความต้องการของลูกค้า

2. สวยงาม: เมื่อฉีดขึ้นรูปออกมายากต่อการมองเห็นแนวประสานสุดท้าย ของพลาสติก (Weld line) เพราะในการขออนุมัติจากทางลูกค้า ถ้ารูปลักษณ์ภายนอกออกมาเห็นเป็นแนวประสาน (Weld line) ของพลาสติกได้ง่ายจะทำให้เกิดความลังเลในการอนุมัติจากลูกค้า

3. การผลิต: การผลิตไม่ซับซ้อนและไม่ยุ่งยาก เพราะในกระบวนการผลิตถ้ามีการเปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่ซับซ้อนมากเกินไปจะทำให้เกิดต้นทุนที่สูงขึ้น หรือมีปัจจัยเสี่ยงในการทำงานเพิ่มขึ้น

4. คุณภาพ: เมื่อฉีดขึ้นรูป ขนาด และรูปร่างได้ตามข้อกำหนด เพราะในการขออนุมัติจากทางฝ่ายต่าง ๆ จำเป็นต้องรักษามาตรฐานตามหัวข้อที่กำหนดไว้

5. น้ำหนัก: น้ำหนักเบา เพราะข้อเรียกร้องของลูกค้าถ้าเป็นไปได้ในการผลิตจะต้องทำให้ชิ้นส่วนมีน้ำหนักเบาเพื่อการประหยัดน้ำมันของรถยนต์

6. ระยะเวลา: ระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละแนวคิด ถ้าสามารถเริ่มผลิตตามแนวคิดใหม่ได้เร็วเท่าไหร่ ก็จะสามารถลดต้นทุนได้มากเท่านั้น

ระดับการให้คะแนน

5 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญมากที่สุด

4 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญมาก

3 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญปานกลาง

2 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญน้อย

1 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญน้อยที่สุด

ตารางที่ 3-17 ระดับความสำคัญของแต่ละแนวคิด

ปัจจัย	ราคา	สวยงาม	การผลิต	คุณภาพ	น้ำหนัก	ระยะเวลา	รวม	ระดับความสำคัญ
ราคา	0.29	0.24	0.40	0.27	0.46	0.18	1.84	0.31
สวยงาม	0.07	0.06	0.04	0.07	0.03	0.06	0.33	0.06
การผลิต	0.10	0.18	0.13	0.18	0.09	0.16	0.84	0.14
คุณภาพ	0.29	0.24	0.20	0.27	0.23	0.36	1.59	0.26
น้ำหนัก	0.06	0.18	0.13	0.11	0.09	0.12	0.69	0.11
ระยะเวลา	0.19	0.12	0.10	0.09	0.09	0.12	0.71	0.12
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	1.00

จากตารางที่ 3-17 เป็นการคำนวณต่อเนื่องมาจากตารางที่ 3-16 เพื่อหาระดับความสำคัญแต่ละแนวคิด โดยนำคะแนนของการประเมินความสอดคล้องมาหารกับผลรวมของแต่ละแนวคิด เช่น คะแนนประเมินความสอดคล้อง

ราคา เทียบกับ ราคา หาร กับผลรวมของแนวคิดในแนวตั้ง (ตารางที่ 3-16)

$1 \div 3.45 = 0.29$

ราคา เทียบกับ สวยงาม หาร กับผลรวมของแนวคิดในแนวตั้ง (ตารางที่ 3-16)

$(4 \div 1) \div 17 = 0.24$

ราคา เทียบกับ การผลิต หาร กับผลรวมของแนวคิดในแนวตั้ง (ตารางที่ 3-16)

$(3 \div 1) \div 7.58 = 0.40$

ทำแบบนี้ต่อไปจนครบ

ระยะเวลา เทียบกับ ระยะเวลา หาร กับผลรวมของแนวคิดในแนวตั้ง (ตารางที่ 3-16)

$1 \div 9.83 = 0.10$

นำผลของการประเมินของแต่ละแนวคิดมารวมกันในแนวนอน หารด้วยคะแนนรวมทั้งหมดของแนวคิดจะได้เท่ากับ 6 ผลที่ได้จะเป็นตามตารางที่ 3-17

4.5 การประเมินค่าแบบ Evaluation matrix เมื่อมีการประเมินราคาต้นทุนและการให้ระดับความสำคัญไปแล้วก็พอเห็นแนวโน้มการปรับปรุงและลดต้นทุนคร่าว ๆ เพื่อความแน่นอนในแนวทางการประเมินจะนำ Evaluation matrix เข้ามาประยุกต์ร่วมด้วย โดยมีระดับการให้คะแนนและหลักเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละแนวคิด ดังนี้

ระดับการให้คะแนน

5 คะแนน หมายความว่า ดีที่สุด

4 คะแนน หมายความว่า ดี

3 คะแนน หมายความว่า ปานกลาง

2 คะแนน หมายความว่า น้อย

1 คะแนน หมายความว่า น้อยที่สุด

ด้านราคา แนวคิดที่ 4 เมื่อนำราคาพลาสติกต่อกิโลกรัมไปคูณกับน้ำหนักของชิ้นส่วนประกอบแล้วจะมีราคาถูกที่สุด ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยให้ 5 คะแนน แนวคิดที่ 3, 2, และ 1 จะมีราคาที่สูงกว่าแนวคิดที่ 1 ตามลำดับ ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยให้คะแนน 4, 3 และ 2 ตามลำดับ

ด้านสวยงาม แนวคิดที่ 1 และ 3 พลาสติกที่ใช้ยังคงมีสีดำเหมือนเดิม เหมือนกับปัจจุบันที่มีผลิตอยู่ ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยให้คะแนนเท่ากันที่ 4 คะแนน ส่วนแนวคิดที่ 4 ถึงแม้ชิ้นส่วนประกอบยังคงมีสีดำแต่จะเป็นต้องเพิ่มครีบเข้าไป ทำให้บางจุดเกิดรอย Shrink ได้ ทีมงานผู้วิจัยให้ 3 คะแนน และแนวคิดที่ 2 มีการยกเลิก Pigment สีดำทำให้เมื่อฉีดขึ้นรูปชิ้นส่วนประกอบแล้วจะทำให้ง่ายต่อการมองเห็น Weld line ทำให้ลูกค้าเกิดการลังเลหรือไม่สามารถอนุมัติได้ ทีมงานผู้วิจัยให้ 2 คะแนน

ด้านการผลิต แนวคิดที่ 1 ไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงในระบบผลิตเลย ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยให้ 4 คะแนน แนวคิดที่ 2 เมื่อชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปออกมาเป็นสีขาว ดังนั้น การใช้เครื่องฉีดควรที่จะแยกเฉพาะหรือต้องทำการล้างแม่พิมพ์ก่อนทำการฉีดขึ้นรูปทุกครั้ง ทีมงานผู้วิจัยให้ 3 คะแนน แนวคิดที่ 3 มีกระบวนการผสมเม็ดพลาสติกก่อนนำเข้าไปที่เครื่องฉีดที่เพิ่มเข้ามาทำให้ต้องเสียเวลา และการควบคุมเพิ่มขึ้น ทีมงานผู้วิจัยให้ 2 คะแนน แนวคิดที่ 4 จำเป็นที่จะต้องมีการแก้ไขแม่พิมพ์ซึ่งเป็นงานที่ยุ่งยากมากและใช้เงินลงทุนเยอะทีมงานผู้วิจัยให้ 1 คะแนน

ด้านคุณภาพ แนวคิดที่ 1 และแนวคิดที่ 3 เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกค่อนข้างใกล้เคียงเหมือนเดิม ดังนั้น เมื่อทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานออกมาแล้วทำให้ขนาดของชิ้นงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนักเมื่อเทียบกับวัสดุปัจจุบัน ดังนั้น ผู้วิจัยให้ 4 คะแนนเท่ากัน แนวคิดที่ 2 เมื่อไม่มี Pigment แล้วทำให้คุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนแปลงไปทำให้ขนาดของชิ้นงานบางจุดเปลี่ยนแปลงไปจากวัสดุปัจจุบัน ทีมงานผู้วิจัยให้ 3 คะแนน และแนวคิดที่ 4 เมื่อมีการลดความหนาและเพิ่มครีบเข้าไปบนชิ้นส่วนประกอบทำให้เกิดการโก่งงอ หรือบิดได้ง่าย ทีมงานผู้วิจัยให้ 2 คะแนน

ด้านน้ำหนัก แนวคิดที่ 1, 2 และ 3 ความหนาแน่นของพลาสติกเมื่อเทียบกับพลาสติกที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อนำไปฉีดขึ้นรูปแล้ว น้ำหนักของชิ้นส่วนประกอบจะไม่แตกต่าง

กันมากนัก ทีมงานผู้วิจัยให้ 3 คะแนน เท่ากัน และแนวคิดที่ 4 ถึงแม้จะเป็นพลาสติกที่ใช้อยู่ปัจจุบัน แต่เมื่อทำการลดความหาจาก 1.4 มิลลิเมตร เป็น 1.0 มิลลิเมตร ทำให้น้ำหนักของชิ้นส่วนประกอบลดลงมากด้วย ทีมงานผู้วิจัยให้ 4 คะแนน

ด้านระยะเวลา แนวคิดที่ 1, 2 และ 3 สามารถที่จะสั่งซื้อเม็ดพลาสติกจากผู้ผลิตได้เลย โดยไม่ต้องรอเวลา และเครื่องจักรที่ใช้ผสมเม็ดพลาสติกสำหรับแนวคิดที่ 3 ก็มีอยู่แล้ว ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมการมากนัก ทีมงานผู้วิจัยให้ 4 เท่ากัน แต่แนวคิดที่ 4 จำเป็นต้องใช้เวลาในการขออนุมัติเงินลงทุนในการทำแม่พิมพ์ และระยะเวลาในการทำแม่พิมพ์ที่ค่อนข้างนาน ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยให้ 1 คะแนน

นำคะแนนที่ได้จากการประเมินไปใส่ตามตารางที่ 3-18 เพื่อหาลำดับในการปรับปรุงและลดต้นทุน

ตารางที่ 3-18 คะแนนของการประเมินค่าแบบ Evaluation matrix

ตาราง Evaluation matrix									
น้ำหนัก		ราคา	สวยงาม	การผลิต	คุณภาพ	น้ำหนัก	ระยะเวลา		
		ระดับความสำคัญ							
		0.31	0.06	0.14	0.26	0.11	0.12	รวม	ตำแหน่ง
แนวคิด 1 PP-TD15	5							3.27	2
	4		X	X	X		X		
	3					X			
	2	X							
	1								
รวม (ตั้ง x นอน)		0.61	0.22	0.56	1.06	0.34	0.48		
แนวคิด 2 PP-TD20 ไม่มี Pigment	5							3.06	3
	4						X		
	3	X		X	X	X			
	2		X						
	1								

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

ตาราง Evaluation matrix									
น้ำหนัก		ราคา	สวยงาม	การผลิต	คุณภาพ	น้ำหนัก	ระยะเวลา		
		ระดับความสำคัญ							
		0.31	0.06	0.14	0.26	0.11	0.12	รวม	ตำแหน่ง
รวม (ตั้ง x นอน)		0.92	0.11	0.42	0.79	0.34	0.48		
แนวคิด 3 Master batch	5							3.61	1
	4	X	X		X		X		
	3					X			
	2			X					
	1								
รวม (ตั้ง x นอน)		1.22	0.22	0.28	1.06	0.34	0.48		
แนวคิด 4 PP-TD20 t1.4 --> t1.0	5	X						2.94	4
	4					X			
	3		X						
	2				X				
	1			X			X		
รวม (ตั้ง x นอน)		1.53	0.17	0.14	0.53	0.46	0.12		

จากตารางที่ 3-18 ผลคะแนนที่ออกมาเป็นแนวคิดที่ 3 ได้คะแนนมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 คือ 3.61 คะแนน มีความน่าจะเป็นไปได้ในการปรับปรุงและลดต้นทุนมากที่สุด และแนวคิดอื่น ๆ รองลงมา คือ แนวคิดที่ 1 ได้อันดับที่ 2 ที่ 3.27 คะแนน แนวคิดที่ 2 ได้อันดับที่ 3 ที่ 3.06 คะแนน และแนวคิดที่ 4 ได้อันดับที่ 4 ที่ 2.94 คะแนน ข้อมูลจากการประเมินนี้ได้มาจากทีมงานในการดำเนินงานทำการลงคะแนนเสียงในการเลือกแนวทางการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทที่ 3 ทำให้ทราบว่าแนวคิดที่ 3 จะเป็นแนวคิดที่จะนำมาปรับปรุงและลดต้นทุนการผลิต ในบทที่ 4 จะเข้าสู่กระบวนการทดสอบและพิสูจน์เพื่อยืนยันคุณภาพของชิ้นส่วนเมื่อนำไปใช้จะไม่เกิดปัญหาด้านคุณภาพโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. กำหนดมาตรฐานและข้อกำหนดการผสมเม็ดพลาสติกระหว่าง PP-TD60 กับ Pure PP (Master batch)

การผสมเม็ดพลาสติกระหว่าง PP-TD60 กับ Pure PP (Master batch) ที่โรงงานผู้ฉีดขึ้นรูปชิ้นงานจะใช้พนักงานในการเทเม็ดพลาสติกเข้าไปในเครื่องผสมเม็ดพลาสติก ดังนั้นการผสมเม็ดพลาสติกจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรฐานอัตราส่วนให้ชัดเจน เพื่อป้องกันพนักงานเกิดการสับสน ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 อัตราส่วนผสมของ Master batch (PD-TD15) ตามน้ำหนักที่ต้องการ

Master Batch (PP-TD15) น้ำหนักที่ต้องการ (กิโลกรัม)	Pure PP (กิโลกรัม)	PP-TD60 (กิโลกรัม)
50	37.5	12.5
100	75	25

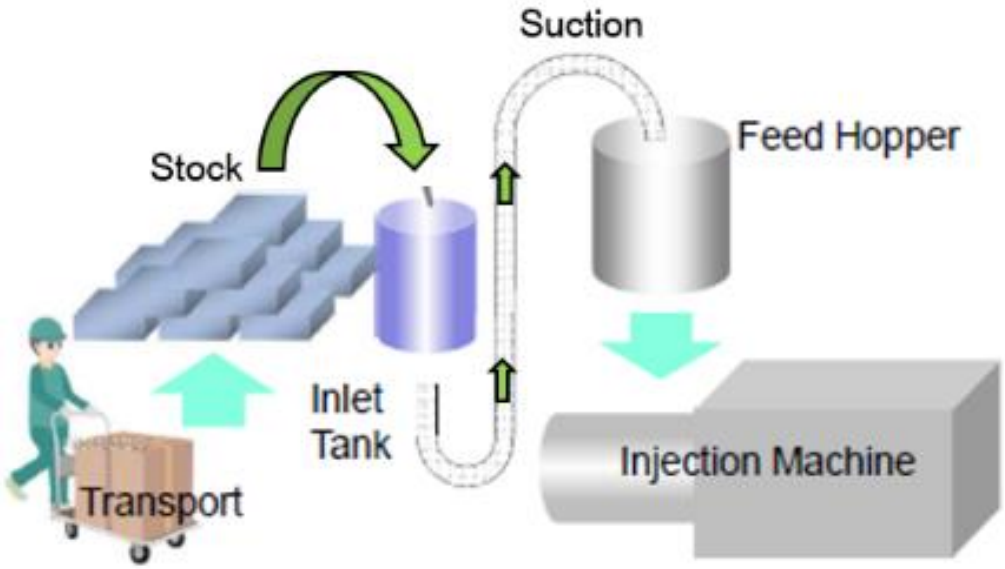
จากตารางที่ 4-1 อัตราส่วนผสมของปริมาณ Pure PP และ PP-TD60 (Master batch) ให้กับพนักงานในการผสม โดยข้อจำกัดของเครื่องผสมจะบรรจุได้สูงสุด 100 กิโลกรัม ดังนั้นกำหนดมาตรฐานได้ออกมาเป็น 2 ระดับ คือ 50 กิโลกรัม หรือ 100 กิโลกรัม พนักงานจะเลือก 50 กิโลกรัม หรือ 100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับคำสั่งในการผลิต

ภาพที่ 4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผสมเม็ดพลาสติก

จากภาพที่ 4-1 เป็นเครื่องผสมเม็ดพลาสติก (Tumbler) โดยพนักงานจะนำเม็ดพลาสติกที่ได้ชั่งไว้ตามปริมาณที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานในตารางที่ 4-1 มาใส่ลงในถังของเครื่องผสมเม็ดพลาสติก

ผู้ฉีดขึ้นรูปชิ้นงานทำการทดสอบการผสมเม็ดพลาสติกให้เข้ากันได้ดี โดยผลทดสอบที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบในการผสมเม็ดพลาสติก 24 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการผสม 15 นาทีต่อการผสม 1 ครั้ง ดังนั้น ผู้ฉีดขึ้นรูปชิ้นงานจึงนำไปกำหนดเป็นมาตรฐานในการตั้งค่าในการผสมเม็ดพลาสติก

เมื่อผสมเม็ดพลาสติกแล้ว พนักงานจะนำเม็ดพลาสติกที่ผสมแล้วเป็น Master batch (PP-TD15) ไปใส่ถังบรรจุเพื่อรอการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานตามภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ขั้นตอนการไหลหลังจากผสมเม็ดพลาสติกเป็น Master batch (PP-TD15)

จากภาพที่ 4-2 หลังจากที่ผสมเม็ดพลาสติกเป็น Master batch (PP-TD15) เรียบร้อยแล้ว ตามภาพที่ 4-1 พนักงานจะนำเม็ดพลาสติก Master batch (PP-TD15) มาเก็บไว้ในพื้นที่ Stock เพื่อรอการเทลงไปในถังพัก (Inlet tank) โดยระหว่างถังพัก (Inlet tank) กับถังบรรจุเม็ดพลาสติกของเครื่องฉีด (Feed hopper) จะมีสายยางลำเลียงเม็ดพลาสติกโดยใช้หลักการดูด ถังบรรจุเม็ดพลาสติกของเครื่องฉีดจะทำหน้าที่เก็บเม็ดพลาสติก อบเม็ดพลาสติกเพื่อไล่ความชื้นออกก่อนที่จะฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน เมื่อทำการกำหนดมาตรฐานขั้นตอนการลำเลียงและจัดเก็บจนถึงใส่เข้าไปในเครื่องฉีดพลาสติกแล้วจึงทำการทดลองฉีดขึ้นรูปชิ้นงานในแต่ละชิ้นส่วนจำนวน 30 ชิ้นเพื่อสุ่มในการตรวจวัดขนาด

กระบวนการผลิตที่เพิ่มขึ้นมาที่ผู้ผลิตฉีดขึ้นรูปชิ้นงานนั้น ปัจจุบันมีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกับชิ้นส่วนที่ส่งขายให้กับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อยู่แล้ว ค่าใช้จ่ายส่วนนี้จึงไม่ถูกนำมาคำนวณมูลค่าที่สามารถลดต้นทุนได้

2. การตรวจวัดขนาดของชิ้นงาน

เมื่อทำการทดลองการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานตามมาตรฐานที่กำหนดแล้ว นำชิ้นงานที่ได้มาทำการตรวจวัดขนาดเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามแบบ ผลลัพธ์ดังในภาพที่ 4-3

				งานสุ่มเช็ค						
ชิ้นส่วน	Spec.	Tolerance		1	2	3	4	5	Aver.	Judgment
ฝาครอบด้านขวา	2.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	2.16	2.14	2.15	2.16	2.14	2.15	OK
			แนวคิดที่ 3	2.14	2.16	2.14	2.15	2.14	2.15	OK
	4.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.16	4.15	4.14	4.14	4.15	4.15	OK
			แนวคิดที่ 3	4.15	4.13	4.13	4.14	4.13	4.14	OK
	10.5	+0.1/-0	แบบปัจจุบัน	10.52	10.53	10.54	10.54	10.53	10.53	OK
			แนวคิดที่ 3	10.53	10.53	10.5	10.54	10.53	10.53	OK
	2.9	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	2.95	2.94	2.94	2.93	2.94	2.94	OK
			แนวคิดที่ 3	2.92	2.93	2.94	2.93	2.93	2.93	OK
	8.05	+0.1/-0	แบบปัจจุบัน	8.06	8.07	8.07	8.06	8.06	8.06	OK
			แนวคิดที่ 3	8.07	8.07	8.09	8.07	8.09	8.08	OK
	7.9	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	8.05	8.04	8.04	8.05	8.06	8.05	NG
			แนวคิดที่ 3	8.07	8.06	8.06	8.07	8.07	8.07	NG
	108.25	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	108.34	108.35	108.34	108.34	108.33	108.34	OK
			แนวคิดที่ 3	108.32	108.33	108.34	108.32	108.33	108.33	OK
	94.25	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	94.15	94.13	94.14	94.14	94.14	94.14	OK
			แนวคิดที่ 3	94.15	94.13	94.13	94.14	94.15	94.14	OK
	241.4	+1.0/-1.0	แบบปัจจุบัน	241.36	241.37	241.36	241.35	241.37	241.36	OK
			แนวคิดที่ 3	241.37	241.35	241.38	241.37	241.38	241.37	OK
	103.7	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	103.76	103.77	103.75	103.76	103.75	103.76	OK
			แนวคิดที่ 3	103.78	103.75	103.77	103.76	103.76	103.76	OK
	6.15	+0.05/-0.05	แบบปัจจุบัน	6.17	6.15	6.16	6.16	6.16	6.16	OK
			แนวคิดที่ 3	6.17	6.16	6.16	6.17	6.17	6.17	OK
	199.4	+0.4/-0.4	แบบปัจจุบัน	199.26	199.25	199.26	199.25	199.26	199.26	OK
			แนวคิดที่ 3	199.25	199.24	199.26	199.25	199.25	199.25	OK
	20.2	+0.2/-0	แบบปัจจุบัน	20.33	20.34	20.32	20.33	20.34	20.33	OK
			แนวคิดที่ 3	20.31	20.32	20.33	20.33	20.31	20.32	OK
	43.3	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	43.17	43.18	43.17	43.18	43.18	43.18	OK
			แนวคิดที่ 3	43.17	43.18	43.17	43.17	43.17	43.17	OK
	99.7	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	99.47	99.5	99.48	99.49	99.48	99.48	NG
			แนวคิดที่ 3	99.5	99.49	99.48	99.5	99.49	99.49	NG
	53.9	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	54.04	54.03	54.04	54.03	54.03	54.03	OK
			แนวคิดที่ 3	54.01	54.02	54	54	54.01	54.01	OK
	∅ 9	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	8.95	8.94	8.95	8.96	8.95	8.95	OK
			แนวคิดที่ 3	8.94	8.93	8.95	8.93	8.94	8.94	OK
	∅ 10.05	+0.1/-0	แบบปัจจุบัน	10.14	10.13	10.13	10.14	10.13	10.13	OK
			แนวคิดที่ 3	10.12	10.1	10.13	10.13	10.12	10.12	OK

ภาพที่ 4-3 ผลของการวัดขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามแบบ

				งานสุ่มเช็ค						
ชิ้นส่วน	Spec.	Tolerance		1	2	3	4	5	Aver.	Judgment
ฝาครอบด้านซ้าย	2.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	2.16	2.15	2.14	2.15	2.15	2.15	OK
			แนวคิดที่ 3	2.15	2.13	2.14	2.15	2.15	2.14	OK
	4.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.17	4.16	4.17	4.17	4.16	4.17	OK
			แนวคิดที่ 3	4.16	4.15	4.17	4.15	4.16	4.16	OK
	8.05	+0.1/-0	แบบปัจจุบัน	8.09	8.07	8.07	8.07	8.08	8.08	OK
			แนวคิดที่ 3	8.07	8.08	8.08	8.07	8.07	8.07	OK
	7.9	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	7.94	7.95	7.94	7.94	7.95	7.94	OK
			แนวคิดที่ 3	7.92	7.93	7.91	7.93	7.91	7.92	OK
	108.25	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	108.35	108.34	108.35	108.34	108.35	108.35	OK
			แนวคิดที่ 3	108.32	108.31	108.33	108.31	108.33	108.32	OK
	94.25	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	94.19	94.18	94.19	94.17	94.18	94.18	OK
			แนวคิดที่ 3	94.17	94.15	94.18	94.17	94.17	94.17	OK
	111.9	+0.6/-0.6	แบบปัจจุบัน	113.25	112.26	112.26	112.24	112.26	112.45	OK
			แนวคิดที่ 3	112.24	112.21	112.22	112.23	112.23	112.23	OK
	241.4	+1.0/-1.0	แบบปัจจุบัน	241.79	241.8	241.78	241.79	241.78	241.79	OK
			แนวคิดที่ 3	241.75	241.73	241.74	241.74	241.73	241.74	OK
	103.7	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	103.67	103.65	103.66	103.66	103.65	103.66	OK
			แนวคิดที่ 3	103.63	103.64	103.61	103.64	103.63	103.63	OK
	6.15	+0.05/-0.05	แบบปัจจุบัน	6.17	6.16	6.15	6.16	6.15	6.16	OK
			แนวคิดที่ 3	6.15	6.16	6.16	6.15	6.16	6.16	OK
	199.4	+0.4/-0.4	แบบปัจจุบัน	199.53	199.55	199.54	199.54	199.55	199.54	OK
			แนวคิดที่ 3	199.52	199.51	199.52	199.53	199.51	199.52	OK
	20.2	+0.2/-0	แบบปัจจุบัน	20.32	20.31	20.32	20.31	20.3	20.31	OK
			แนวคิดที่ 3	20.25	20.24	20.24	20.26	20.26	20.25	OK
	43.3	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	43.37	43.35	43.35	43.37	43.36	43.36	OK
			แนวคิดที่ 3	43.32	43.31	43.32	43.31	43.32	43.32	OK
	99.7	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	99.64	99.65	99.63	99.64	99.64	99.64	OK
			แนวคิดที่ 3	99.61	99.59	99.62	99.6	99.61	99.61	OK
	41.3	+0.4/-0.4	แบบปัจจุบัน	41.17	41.16	41.16	41.17	41.15	41.16	OK
			แนวคิดที่ 3	41.12	41.15	41.13	41.13	41.15	41.14	OK
	140.9	+0.6/-0.6	แบบปัจจุบัน	140.79	140.78	140.77	140.79	140.78	140.78	OK
			แนวคิดที่ 3	140.72	140.72	140.73	140.71	140.74	140.72	OK

ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

				งานสุ่มเช็ค						
ชิ้นส่วน	Spec.	Tolerance		1	2	3	4	5	Aver.	Judgment
ฝาครอบด้านล่าง	2.0	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	1.97	1.98	1.97	1.98	1.98	1.98	OK
			แนวคิดที่ 3	1.93	1.92	1.94	1.93	1.92	1.93	OK
	4.0	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	3.75	3.74	3.75	3.74	3.75	3.75	NG
			แนวคิดที่ 3	3.72	3.73	3.71	3.73	3.73	3.72	NG
	∅ 12.6	+0.4/-0.4	แบบปัจจุบัน	12.7	12.69	12.69	12.7	12.7	12.7	OK
			แนวคิดที่ 3	12.65	12.64	12.64	12.63	12.65	12.64	OK
ฝาครอบด้านข้าง	2.0	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	1.94	1.97	1.96	1.96	1.95	1.96	OK
			แนวคิดที่ 3	1.95	1.93	1.92	1.93	1.94	1.93	OK
	4.0	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.05	4.06	4.06	4.07	4.05	4.06	OK
			แนวคิดที่ 3	4.02	4.03	4.02	4.02	4.03	4.02	OK
	111.9	+0.6/-0.6	แบบปัจจุบัน	112.35	112.34	112.32	112.33	112.33	112.33	OK
			แนวคิดที่ 3	112.3	112.29	112.28	112.3	112.29	112.29	OK
	26.3	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	26.4	26.41	26.42	26.4	26.41	26.41	OK
			แนวคิดที่ 3	26.42	26.4	26.43	26.43	26.42	26.42	OK
	93.6	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	93.6	93.59	93.58	93.6	93.59	93.59	OK
			แนวคิดที่ 3	93.57	93.58	93.56	93.57	93.57	93.57	OK
	∅ 7	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	6.95	6.94	6.94	6.95	6.95	6.95	OK
			แนวคิดที่ 3	6.92	6.93	6.94	6.94	6.93	6.93	OK
แผ่นแบ่งลมกลาง	∅ 11.30	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	11.25	11.26	11.25	11.25	11.26	11.25	OK
			แนวคิดที่ 3	11.29	11.27	11.27	11.28	11.27	11.28	OK
	∅ 5.70	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	5.72	5.71	5.73	5.72	5.71	5.72	OK
			แนวคิดที่ 3	5.73	5.74	5.74	5.73	5.73	5.73	OK
	109.3	+0.6/-0.6	แบบปัจจุบัน	109.47	109.76	109.48	109.48	109.47	109.53	OK
			แนวคิดที่ 3	109.42	109.45	109.44	109.45	109.45	109.44	OK
ฝาครอบกรองอากาศ	17.1	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	17.05	17.04	17.03	17.04	17.04	17.04	OK
			แนวคิดที่ 3	17.1	17.09	17.09	17.1	17.08	17.09	OK
	27	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	26.92	26.93	29.92	26.94	26.94	27.53	NG
			แนวคิดที่ 3	26.95	26.94	26.95	26.94	29.94	27.54	NG
	132.1	+0.6/-0.6	แบบปัจจุบัน	132.4	132.41	132.42	132.41	132.43	132.41	OK
			แนวคิดที่ 3	132.49	132.47	132.48	132.47	132.48	132.48	OK
ฝาครอบท่อร้อน	50.6	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	50.72	50.71	50.72	50.73	50.73	50.72	OK
			แนวคิดที่ 3	50.75	50.76	50.77	50.76	50.77	50.76	OK
	70.1	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	70.2	70.19	70.18	70.2	70.18	70.19	OK
			แนวคิดที่ 3	70.23	70.22	70.23	70.24	70.24	70.23	OK
	∅ 21	+0.6/-0.6	แบบปัจจุบัน	21.25	21.24	21.25	21.26	21.25	21.25	OK
			แนวคิดที่ 3	21.28	21.29	21.29	21.3	21.3	21.29	OK

ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

				งานสุ่มเช็ค						
ชิ้นส่วน	Spec.	Tolerance		1	2	3	4	5	Aver.	Judgment
ช่องลมเป่าเท้าด้านคนขับ	2.0	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	1.92	1.93	1.93	1.92	1.93	1.93	OK
			แนวคิดที่ 3	1.95	1.94	1.94	1.92	1.95	1.94	OK
	4.0	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.07	4.07	4.06	4.08	4.06	4.07	OK
			แนวคิดที่ 3	4.02	4.05	4.03	4.05	4.04	4.04	OK
ช่องลมเป่าเท้าด้านคนนั่ง	2.0	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	1.97	1.96	1.96	1.97	1.96	1.96	OK
			แนวคิดที่ 3	1.95	1.96	1.96	1.97	1.95	1.96	OK
	4.0	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.06	4.05	4.06	4.06	4.05	4.06	OK
			แนวคิดที่ 3	4.07	4.08	4.07	4.08	4.08	4.08	OK
ฝาครอบช่องลมเข้าส่วนหน้า	2.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	2.14	2.13	2.14	2.13	2.13	2.13	OK
			แนวคิดที่ 3	2.14	2.13	2.12	2.12	2.13	2.13	OK
	4.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.15	4.16	4.16	4.15	4.16	4.16	OK
			แนวคิดที่ 3	4.17	4.18	4.17	4.18	4.17	4.17	OK
	7.5	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	7.36	7.36	7.35	7.34	7.36	7.35	OK
			แนวคิดที่ 3	7.35	7.36	7.35	7.34	7.34	7.35	OK
	12.1	+0.05/-0.05	แบบปัจจุบัน	12.14	12.13	12.13	12.12	12.13	12.13	OK
			แนวคิดที่ 3	12.12	12.13	12.12	12.13	12.13	12.13	OK
	11.8	+0.05/-0.05	แบบปัจจุบัน	11.78	11.77	11.78	11.78	11.77	11.78	OK
			แนวคิดที่ 3	11.76	11.75	11.76	11.76	11.77	11.76	OK
	39.6	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	39.5	39.49	39.48	39.5	39.49	39.49	OK
			แนวคิดที่ 3	39.47	39.48	39.47	39.47	39.48	39.47	OK
ฝาครอบช่องลมเข้าส่วนหลัง	2.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	2.15	2.14	2.15	2.16	2.15	2.15	OK
			แนวคิดที่ 3	2.15	2.17	2.17	2.16	2.16	2.16	OK
	4.2	+0/-0.1	แบบปัจจุบัน	4.15	4.16	4.15	4.15	4.16	4.15	OK
			แนวคิดที่ 3	4.17	4.18	4.17	4.17	4.18	4.17	OK
	7.5	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	7.45	7.46	7.45	7.44	7.45	7.45	OK
			แนวคิดที่ 3	7.42	7.43	7.43	7.42	7.43	7.43	OK
	66.2	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	66.07	66.08	66.07	66.06	66.07	66.07	OK
			แนวคิดที่ 3	66.04	66.03	66.04	66.04	66.05	66.04	OK
	∅12.05	+0.1/-0	แบบปัจจุบัน	12.1	12.09	12.11	12.1	12.09	12.1	OK
			แนวคิดที่ 3	12.07	12.07	12.08	12.08	12.08	12.08	OK
	11.9	+0.1/-0.1	แบบปัจจุบัน	11.85	11.86	11.87	11.86	11.86	11.86	OK
			แนวคิดที่ 3	11.87	11.88	11.87	11.86	11.87	11.87	OK

ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

				งานสุ่มเช็ค						
ชิ้นส่วน	Spec.	Tolerance		1	2	3	4	5	Aver.	Judgment
ฝาครอบช่องลมเข้าส่วนหลัง	63.9	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	63.65	63.67	63.68	63.66	63.67	63.67	NG
			แนวคิดที่ 3	63.69	63.7	63.68	63.69	63.7	63.69	NG
	∅12.05	+1.0/-0	แบบปัจจุบัน	12.08	12.09	12.08	12.09	12.08	12.08	OK
			แนวคิดที่ 3	12.1	12.12	12.11	12.1	12.11	12.11	OK
	14	+1.0/-0	แบบปัจจุบัน	14.1	14.09	14.09	14.08	14.1	14.09	OK
			แนวคิดที่ 3	14.07	14.06	14.07	14.06	14.07	14.07	OK
	48.5	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	48.4	48.41	48.4	48.39	48.4	48.4	OK
			แนวคิดที่ 3	48.39	48.4	48.38	48.39	48.4	48.39	OK
	12.1	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	12.13	12.14	12.13	12.14	12.14	12.14	OK
			แนวคิดที่ 3	12.15	12.14	12.14	12.15	12.14	12.14	OK
ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	∅ 66.0	+1.0/-0	แบบปัจจุบัน	66.25	66.24	66.23	66.24	66.23	66.24	OK
			แนวคิดที่ 3	66.25	66.24	66.24	66.25	66.24	66.24	OK
	∅ 170.0	+0.5/-0.5	แบบปัจจุบัน	170.15	170.16	170.17	170.15	170.16	170.16	OK
			แนวคิดที่ 3	170.2	170.21	170.19	170.2	170.19	170.2	OK
	60.0	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	60.1	60.12	60.11	60.1	60.12	60.11	OK
			แนวคิดที่ 3	60.17	60.18	60.17	60.18	60.18	60.18	OK
	∅ 6.5	+0.2/-0.2	แบบปัจจุบัน	6.45	6.42	6.44	6.45	6.43	6.44	OK
			แนวคิดที่ 3	6.49	6.5	6.48	6.49	6.49	6.49	OK

ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

จากภาพที่ 4-3 ผลการวัดของชิ้นงานโดยเปรียบเทียบขนาดของพลาสติกที่ใช้แบบปัจจุบัน PP-TD20 และตามแนวคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15) มีบางตำแหน่งที่ไม่ได้ขนาดตามแบบที่กำหนดไว้แต่ถือว่ายอมรับได้เนื่องจากพลาสติกที่ใช้แบบปัจจุบันก็ไม่ได้ตามแบบที่กำหนดไว้เช่นกัน อาจจะเกิดมาจากแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ อีกทั้งหลังจากที่มีการวัดขนาดตามแบบเรียบแล้ว จำเป็นต้องมีการทดสอบการทนทานของตู้แอร์อีกครั้ง ตามหัวข้อที่ 3 และ 4

3. การตรวจสอบความแข็งแรงจุดที่ทำการยึดสกรู

เมื่อวัดขนาดของชิ้นงานได้ตามหัวข้อที่ 2 เสร็จสิ้นนำชิ้นส่วนที่มีจุดประกอบในการยึดสกรูมาทำการประกอบ เพื่อทดสอบความแข็งแรงของจุดที่ยึดสกรู เปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ผลิตอยู่กับปัจจุบัน

ภาพที่ 4-4 ชิ้นส่วนที่ทำการวัดขนาดที่ได้ตามแบบแล้วมาประกอบเพื่อทำการทดสอบความแข็งแรงจุดที่ทำการยึดสกรู

จากภาพที่ 4-4 นำชิ้นส่วนที่ฉีดขึ้นรูปโดยใช้วิธีการผลิตเม็ดพลาสติกตามแนวความคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15) และทำการวัดขนาดและได้ตามแบบแล้ว มาประกอบกันเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงจุดที่มีการยึดสกรูเปรียบเทียบกับงานที่ผลิตแบบปัจจุบัน โดยใช้ Torque wrench ในการตรวจสอบ ดังภาพที่ 4-5

ภาพที่ 4-5 Torque wrench เครื่องมือที่ใช้วัดค่า Torque ของสกรูในการยึดตำแหน่งชิ้นงานเข้า

จากภาพที่ 4-5 เป็นภาพ Torque wrench เครื่องมือที่ใช้วัดค่า Torque เพื่อทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกตามแนวคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15) มีค่า Torque ที่ต้องการวัดจะมีด้วยกัน 3 ค่า คือ

1. ค่า Operate torque คือ ค่า Torque ในการขันสกรูเข้าจนผิวด้านล่างของหัวสกรูสัมผัสกับผิวของชิ้นงานแล้วทำการบันทึกค่า โดยมาตรฐานกำหนด ≤ 1.35 N เพราะถ้าค่า Torque มากกว่านี้จะทำให้กระบวนการผลิตล่าช้าและมีปัญหาเพราะขันยาก

2. ค่า Release torque คือ ค่า Torque ในการคลายสกรูกลับจากขั้นตอนที่ 1 จนสกรูหลุดจากชิ้นงานแล้วทำการบันทึกค่า โดยมาตรฐานกำหนด ≥ 0.6 N เพราะถ้าค่า Torque น้อยกว่านี้จะ

ทำให้สกรูเกิดการคลายตัวเมื่อเกิดการสั่นสะเทือน

3. ค่า Broken torque คือ ค่า Torque ในการขันสกรูเข้าไปในชิ้นงานอีกครั้งจากขั้นตอนที่ 2 จนชิ้นงานนั้นเกิดการแตกหักแล้วทำการบันทึกค่า โดยมาตรฐานกำหนด $\geq$ 2.3 N เพราะยิ่งค่า Torque มาก หมายถึง ชิ้นงานนั่นมีความแข็งแรงมากด้วย

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองค่า Operate torque, Release torque และ Broken torque

ชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงาน	Operate Torque STD $\leq$ 1.35 N		Release Torque STD $\geq$ 0.6 N		Broken Torque STD $\geq$ 2.3 N	
		แบบปัจจุบัน PP-TD20	แนวคิดที่ 3 Master Batch	แบบปัจจุบัน PP-TD20	แนวคิดที่ 3 Master Batch	แบบปัจจุบัน PP-TD20	แนวคิดที่ 3 Master Batch
ฝาครอบด้านขวาและฝาครอบด้านซ้าย	1	1.00	0.95	0.76	0.90	2.35	2.95
	2	1.10	0.92	1.00	0.75	2.72	2.60
	3	0.98	0.97	1.20	0.68	2.86	2.50
	4	0.94	1.00	0.74	0.80	2.50	2.60
	5	1.03	1.10	0.85	1.05	2.40	2.40
	Aver.	1.01	0.99	0.91	0.84	2.57	2.61
	MAX	1.10	1.10	1.20	1.05	2.86	2.95
	MIN	0.94	0.92	0.74	0.68	2.35	2.40
ฝาครอบด้านขวา-ซ้ายและฝาครอบด้านล่าง	1	0.92	0.95	1.00	0.90	2.55	3.00
	2	0.98	0.90	0.95	0.88	2.80	2.60
	3	1.05	1.00	0.76	0.75	2.50	2.55
	4	0.90	0.95	0.80	0.70	2.74	2.80
	5	1.00	1.00	0.84	1.00	2.60	2.80
	Aver.	0.97	0.96	0.87	0.85	2.64	2.75
	MAX	1.05	1.00	1.00	1.00	2.80	3.00
	MIN	0.90	0.90	0.76	0.70	2.50	2.55

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงาน	Operate Torque STD $\leq$ 1.35 N		Release Torque STD $\geq$ 0.6 N		Broken Torque STD $\geq$ 2.3 N	
		แบบปัจจุบัน PP-TD20	แนวคิดที่ 3 Master Batch	แบบปัจจุบัน PP-TD20	แนวคิดที่ 3 Master Batch	แบบปัจจุบัน PP-TD20	แนวคิดที่ 3 Master Batch
ฝาครอบช่องลมเข้า-หน้าและฝาครอบช่องลมเข้า-หลัง	1	0.96	1.00	0.75	0.82	2.55	2.55
	2	1.00	1.10	0.90	1.10	2.80	2.80
	3	1.04	0.98	1.10	0.75	2.95	2.74
	4	1.10	1.00	0.72	0.95	2.60	2.60
	5	1.00	1.10	1.00	0.90	2.74	2.55
	Aver.	1.02	1.04	0.89	0.90	2.73	2.65
	MAX	1.10	1.10	1.10	1.10	2.95	2.80
	MIN	0.96	0.98	0.72	0.75	2.55	2.55
ฝาครอบด้านซ้ายลิงค์ควบคุมหลัก	1	1.10	1.25	0.85	0.65	2.55	2.95
	2	1.00	1.00	0.70	0.80	2.75	2.68
	3	1.30	0.95	0.95	0.68	2.60	2.45
	4	1.00	1.00	1.10	0.90	2.35	2.54
	5	0.95	1.05	0.80	1.10	2.60	2.82
	Aver.	1.07	1.05	0.88	0.83	2.57	2.69
	MAX	1.30	1.25	1.10	1.10	2.75	2.95
	MIN	0.95	0.95	0.70	0.65	2.35	2.45

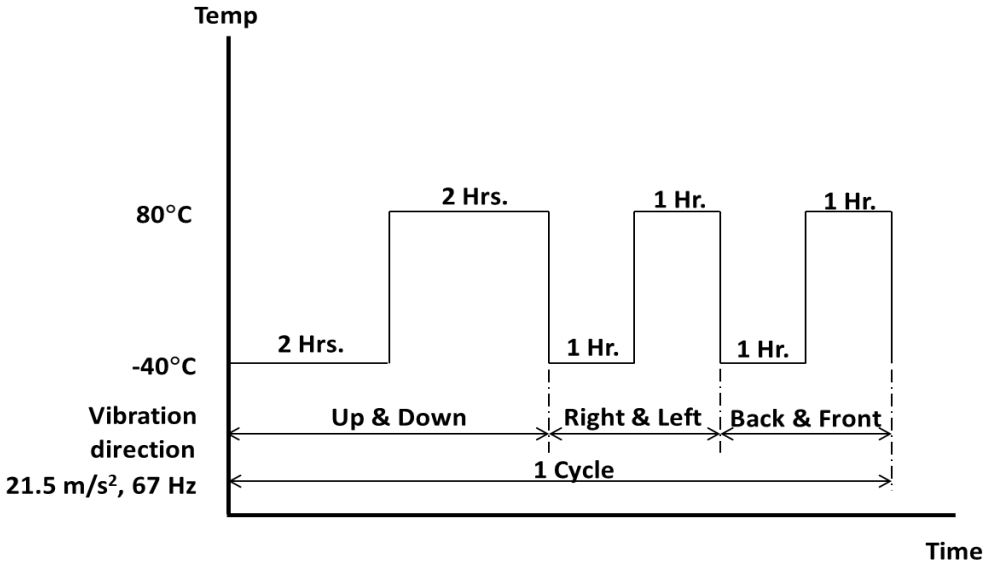
จากตารางที่ 4-2 ผลการทดลอง Operate torque, Release torque และ Broken torque โดยการใช้ชิ้นงานทั้งหมด 5 ชิ้น และค่าที่ทำการบันทึกในตารางที่ 4-2 เป็นค่าเฉลี่ยเพราะชิ้นงานแต่ละชิ้นมีจุดยึดสกรูจำนวนไม่เท่ากัน

สังเกตได้ว่า Operate torque และ Release torque ชิ้นงานแบบปัจจุบันที่ใช้พลาสติก PP-TD20 ผลการทดลองจะได้ค่า Torque ที่สูงกว่า Master batch (PP-TD15) หรือแนวคิดที่ 3 เพราะค่าความหนาแน่นของ PP-TD20 สูงกว่าเล็กน้อย คือ PP-TD20 มีความหนาแน่น 1.04 g/cm^3 และ

Master batch (PP-TD15) มีความหนาแน่น 1.02 g/cm^3 แต่ถือว่าน้อยมากแต่ Broken torque ของ Master batch (PP-TD15) จะสูงกว่า PP-TD20 เล็กน้อยเพราะเนื่องด้วยความหนาแน่นที่น้อยกว่า ทำให้มีการยืดหยุ่นก่อนที่จะแตกหักที่มากกว่า PP-TD20 โดยผลการวัดค่า Torque ทั้งหมดอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้

4. Heat cycle & Vibration test

ซึ่งการทดสอบนี้เป็นการจำลองอุณหภูมิการใช้งานของรถยนต์ว่าจะมีผลต่อการทำงาน การหดตัว และการทนต่อการสั่นสะเทือนของชิ้นงานหรือไม่



ภาพที่ 4-6 Heat cycle และ Vibration test

จากภาพที่ 4-6 เป็นมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดมาใช้ในการทดสอบพลาสติกที่ใช้ในการผลิตของตู้แอร์โดยจะกำหนดอุณหภูมิในการทดสอบตั้งแต่ -40°C ถึง 80°C และทิศทางการสั่นสะเทือนตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อตรวจสอบการหดตัวของพลาสติกและความทนทานของตู้แอร์ โดยนำตู้แอร์เข้าไปติดตั้งใน Jig ลักษณะเหมือนกับในรถยนต์ แล้วตั้งค่าอุณหภูมิ และการสั่นสะเทือน ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนี้

1. ตั้งค่าห้องทดลองที่อุณหภูมิ -40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80°C เป็นเวลาอีก 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการทดสอบการสั่นสะเทือนที่ Condition 21.5 m/s^2, 67 Hz ทิศทาง Up & Down

2. ลดอุณหภูมิจาก 80°C ลงมาเป็น -40°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเพิ่มกลับไปเป็น 80°C อีก 1 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการทดสอบการสั่นสะเทือนที่ Condition 21.5 m/s^2, 67 Hz ทิศทาง Right & Left

3. ทำเหมือนข้อที่ 2 แต่เปลี่ยนทิศทางการสั่นสะเทือนเป็น Back & Front ทำการตรวจวัดและบันทึกผลตามตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-7

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลอง Heat cycle & Vibration test

ลักษณะการทดสอบ	Spec.	ชิ้นส่วน	Result	Judge
ใส่ความดันเข้าไปในตู้แอร์ที่ 392 Pa	ลมรั่ว ≤ 0.1 m^3/min	ประตูลมเป่าหน้า	0.05 m^3/ min	OK
		ประตูลมเป่าเท้า	0.04 m^3/ min	OK
ใส่ความดันเข้าไปในตู้แอร์ที่ 98 Pa เลื่อนตำแหน่งของประตูผสมอากาศไปที่เย็นสุดและร้อนสุด	ลมรั่ว ≤ 0.1 m^3/min	ประตูผสมอากาศ	0.04 m^3/ min	OK
ใส่ความดันเข้าไปในตู้แอร์ที่ 392 Pa	ลมรั่ว ≤ 0.3 m^3/min	รอยต่อของฝาครอบด้านนอก	0.05 m^3/ min	OK

จากตารางที่ 4-3 เป็นผลการทดสอบประสิทธิภาพการซีลของชิ้นส่วนตู้แอร์หลังจาก Heat cycle และ Vibration test ตามหัวข้อที่ 4 โดยจะทำการใส่ความความดันเข้าไปในตู้แอร์ตามลักษณะการทดสอบและมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดมาในตารางที่ 4-3 เพื่อทดสอบการซีลของประตูลมเป่าหน้า ประตูลมเป่าเท้า ประตูผสมอากาศ และรอยต่อของฝาครอบด้านนอกจะต้องไม่มีลมรั่วออกมาตามมาตรฐานที่กำหนด โดยผลออกมาอยู่ภายในมาตรฐานทั้งหมด

				จำนวนชิ้นงาน						
ชิ้นส่วน	Spec.	Tolerance	ก่อน/ หลัง	1	2	3	4	5	Aver.	Judge
ฝาครอบด้านขวา	103.7	+0.2/-0.2	ก่อน	103.78	103.75	103.77	103.76	103.76	103.76	OK
			หลัง	103.72	103.69	103.73	103.71	103.72	103.71	OK
	6.15	+0.05/-0.05	ก่อน	6.17	6.16	6.16	6.17	6.17	6.17	OK
			หลัง	6.12	6.13	6.12	6.13	6.13	6.13	OK
	199.4	+0.4/-0.4	ก่อน	199.25	199.24	199.26	199.25	199.25	199.25	OK
			หลัง	199.19	199.2	199.2	199.19	199.19	199.19	OK
	20.2	+0.2/-0	ก่อน	20.31	20.32	20.33	20.33	20.31	20.32	OK
			หลัง	20.27	20.27	20.26	20.27	20.25	20.26	OK
	43.3	+0.2/-0.2	ก่อน	43.17	43.18	43.17	43.17	43.17	43.17	OK
			หลัง	43.12	43.14	43.13	43.13	43.13	43.13	OK
ฝาครอบด้านซ้าย	103.7	+0.2/-0.2	Before	103.63	103.64	103.61	103.64	103.63	103.63	OK
			After	103.58	103.59	103.58	103.6	103.58	103.59	OK
	6.15	+0.05/-0.05	Before	6.15	6.16	6.16	6.15	6.16	6.16	OK
			After	6.11	6.13	6.13	6.12	6.12	6.12	OK
	199.4	+0.4/-0.4	Before	199.52	199.51	199.52	199.53	199.51	199.52	OK
			After	199.47	199.47	199.47	199.48	199.48	199.47	OK
	20.2	+0.2/-0	Before	20.25	20.24	20.24	20.26	20.26	20.25	OK
			After	20.21	20.21	20.21	20.22	20.22	20.21	OK
	43.3	+0.2/-0.2	Before	43.32	43.31	43.32	43.31	43.32	43.32	OK
			After	43.28	43.29	43.29	43.28	43.28	43.28	OK

ภาพที่ 4-7 ขนาดของชิ้นงานฝาครอบด้านซ้ายและด้านขวาก่อนและหลัง Heat cycle และ Vibration test

จากภาพที่ 4-7 เป็นผลการตรวจวัดขนาดตามแบบของชิ้นงานที่ผลิตตามแนวคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15) ก่อนและหลัง Heat cycle และ Vibration test ชิ้นส่วนที่นำมาตรวจวัดขนาดจะไม่เลือกทั้งหมด โดยเลือกฝาครอบด้านขวาและซ้ายเพราะมีขนาดใหญ่ที่สุด และมีผลต่อ Heat cycle มากที่สุด

ขนาดที่ใช้ในการตรวจวัดจะไม่เลือกมาวัดขนาดทั้งหมดเช่นกัน จะเลือกเฉพาะขนาดที่ส่งผลต่อการทำงานของตู้แอร์ และสังเกตว่าผลของชิ้นงานหลังจากการทดสอบ Heat cycle และ Vibration test จะเกิดการหดตัวเล็กน้อยแต่ขนาดยังอยู่ในมาตรฐานตามแบบที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4-4 ราคาของพลาสติกปัจจุบัน PP-TD20 เปรียบเทียบกับราคาพลาสติกตามแนวคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	แบบปัจจุบัน (62 บาท/กิโลกรัม)	แนวคิดที่ 3 (54.5 บาท/กิโลกรัม)	ราคาแตกต่างกัน (บาท) (ปัจจุบัน-แนวคิดที่ 3)
1	ฝาครอบด้านขวา	0.95	58.9	51.78	7.13
2	ฝาครอบด้านซ้าย	0.9	55.8	49.05	6.75
3	ฝาครอบด้านล่าง	0.2	12.4	10.90	1.50
4	ฝาครอบด้านข้าง	0.17	10.54	9.27	1.28
5	แผ่นกลาง	0.02	1.24	1.09	0.15
6	ฝาครอบกรองอากาศ	0.03	1.86	1.64	0.23
7	ฝาครอบท่อร้อน	0.17	10.54	9.27	1.28
8	ช่องลมเป่าเท้าด้านคนขับ	0.17	10.54	9.27	1.28
9	ช่องลมเป่าเท้าด้านคนนั่ง	0.19	11.78	10.36	1.43
10	ฝาครอบช่องลมเข้า-หน้า	0.2	12.4	10.90	1.50
11	ฝาครอบช่องลมเข้า-หลัง	0.21	13.02	11.45	1.58
12	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	0.23	14.26	12.54	1.73
		รวม	213.28	187.48	25.80

จากตารางที่ 4-4 ราคาที่ลดลงของพลาสติกที่ใช้อยู่ปัจจุบัน PP-TD20 กับราคาของพลาสติกตามแนวคิดที่ 3 Master batch (PP-TD15) โดยการศึกษางานวิจัยนี้นำไปประยุกต์ใช้ทั้งหมด 12 ชิ้นงาน สามารถลดค่าใช้จ่ายของพลาสติกลงได้ 25.80 บาทต่อตู้แอร์ หรือเท่ากับ 25.80 ÷ 1,486.47 = 1.7%

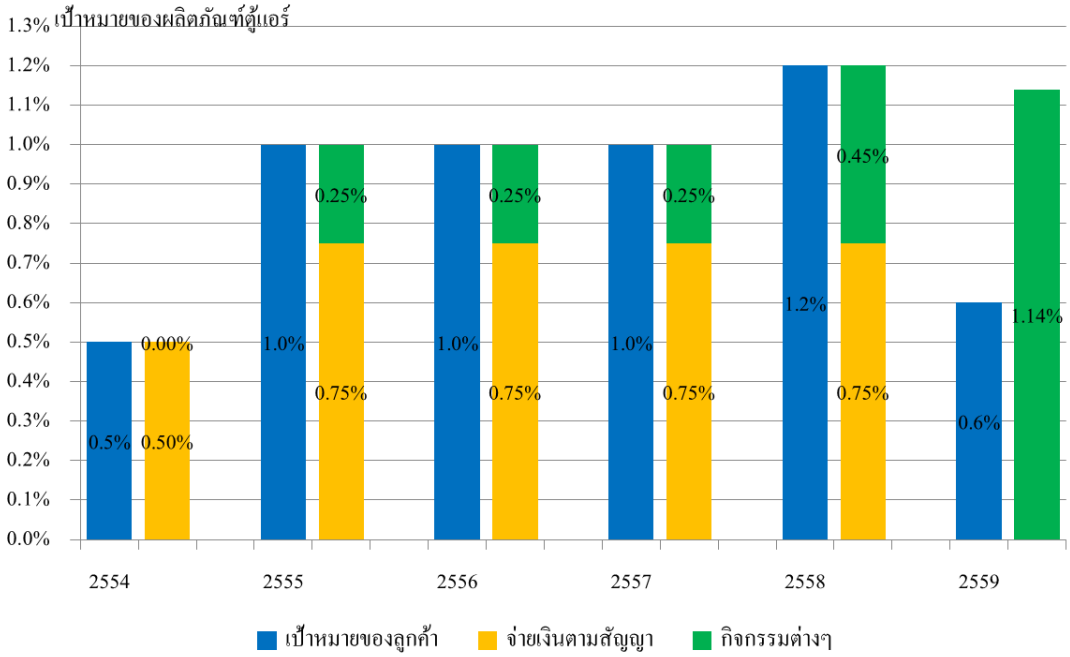
ตารางที่ 4-5 มูลค่าที่สามารถลดลงได้ต่อ 1 ปี (เม.ย. 2560-มี.ค. 2561)

เดือน	แผนการสั่งซื้อตู้แอร์ของลูกค้า	ลดต้นทุนได้ 25.8 บาทต่อตู้แอร์
เม.ย.-2560	4,150	107,070
พ.ค.-2560	3,850	99,330
มิ.ย.-2560	3,900	100,620
ก.ค.-2560	3,750	96,750
ส.ค.-2560	3,400	87,720
ก.ย.-2560	4,100	105,780
ต.ค.-2560	4,050	104,490
พ.ย.-2560	3,750	96,750
ธ.ค.-2560	3,900	100,620
ม.ค.-2561	4,100	105,780
ก.พ.-2561	3,900	100,620
มี.ค.-2561	3,950	101,910
รวม	46,800 ชิ้น (ตู้แอร์)	1,207,440 บาท

จากตารางที่ 4-5 เป็นต้นทุนที่สามารถลดลงได้ต่อ 1 ปี โดยการคำนวณมากจากแผนการสั่งซื้อของลูกค้าคูณกับต้นทุนที่สามารถลดลงได้ต่อ 1 ตู้แอร์ ลดลงได้ 1,207,440 บาทต่อปี

ในปี 2559 (ปฏิทินทางบัญชี) มูลค่าในการซื้อขายตู้แอร์ของลูกค้าอยู่ที่ 46,800 ชิ้น x ราคาในการซื้อขายของตู้แอร์ 2,250 บาท จะเท่ากับ 105,300,000 บาท และเป้าหมายของลูกค้าในการลดต้นทุนทางวิศวกรรมที่ 0.6% ของยอดขาย ดังนั้น เป้าหมายในการลดต้นทุน คือ 105,300,000 x 0.6% เท่ากับ 631,800 บาท

ดังนั้น กิจกรรมในการลดต้นทุนในการเปลี่ยนเกรดพลาสติกและวิธีการผลิตของตู้แอร์รถยนต์สามารถคิดเปอร์เซ็นต์เทียบกับเป้าหมายของลูกค้า (1,207,440% ÷ 105,300,00) x 100 เท่ากับ 1.14% ได้เกินเป้าหมาย 0.544% ตามที่ลูกค้าตั้งไว้



ภาพที่ 4-8 ผลการลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์เปรียบเทียบกับเป้าหมายของลูกค้าในปี 2559

ภาพที่ 4-8 ผลการลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์สามารถลดต้นทุนลงได้ 1.14% ของยอดขาย และมากกว่าเป้าหมายของลูกค้าที่ตั้งไว้ที่ 0.6% อยู่ที่ 0.54% ในปี 2559

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการลดต้นทุนการผลิตของตู้แอร์รถยนต์โดยใช้แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. mudge เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางการผลิตตู้แอร์รถยนต์ต้นทุนจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ซื้อมาจากต่างประเทศ และภายในประเทศ ในงานวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่ชิ้นส่วนที่ซื้อภายในประเทศเพราะมีอัตราส่วนที่มากถึง 77% ของราคาตู้แอร์รถยนต์ทั้งหมดและยังง่ายต่อการทำกิจกรรมด้วย และส่วนใหญ่จะมาจากชิ้นส่วนประกอบที่ผลิตมาจาก Plastic มีมูลค่าทั้งหมด 445.86 บาท เมื่อนำมาวิเคราะห์หน้าที่แล้ว คุณค่า (Value) ของหน้าที่จับยึดตำแหน่งจะน้อยที่สุดที่ 0.41 ซึ่งชิ้นส่วนประกอบที่มีหน้าที่จับยึดตำแหน่งของชิ้นส่วนเกือบจะทั้งหมดผลิตมาจาก Plastic อีกด้วย ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าใช้จ่ายในการซื้อพลาสติกที่สูงอีกด้วย ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยเลือกที่จะปรับปรุง ลดต้นทุนชิ้นส่วนประกอบที่ผลิตมาจาก Plastic PP-TD20

โดยเทคนิคในการหาวิธีและแนวทางในการลดต้นทุนมี 2 แบบ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ แบบระดมสมอง (Brainstorming) และตารางความขัดแย้ง (TRIZ) แนวคิดที่ได้จากเทคนิคทั้ง 2 แบบมี 4 แนวคิด แนวคิดที่ 1 เปลี่ยนเกรดพลาสติกจาก PP-TD20 เป็น PP-TD15 แนวคิดที่ 2 ใช้พลาสติก PP-TD20 แต่ไม่ใส่ Pigment ผสมลงไป ชิ้นส่วนประกอบที่ได้จากแนวคิดที่ 2 จะออกมาเป็นสีขาว แนวคิดที่ 3 เป็นการเปลี่ยนที่ผสมเม็ดพลาสติกจากผู้ผลิตเม็ดพลาสติกมาผสมที่ผู้ฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน หรือเรียกว่า Master batch และแนวคิดที่ 4 ใช้พลาสติก PP-TD20 เหมือนปัจจุบันแต่ลดความหนาของชิ้นส่วนประกอบลง จุดประสงค์เพื่อปริมาณการใช้พลาสติกลง แต่แนวคิดนี้จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนมากและใช้เวลานานในการทำแม่พิมพ์

จากทั้ง 4 แนวคิดนี้ทำการประเมินผลจากตารางประเมินความสอดคล้อง และตาราง Evaluation matrix โดยมีปัจจัยในการตัดสิน 6 ปัจจัย คือ ด้านราคา ความสวยงาม การผลิต คุณภาพ น้ำหนัก และระยะเวลา โดยแนวคิดที่ได้ถูกประเมินเพื่อตัดสินใจในการปรับปรุง คือ แนวคิดที่ 3 หรือ Master batch โดยคะแนนที่ได้จากจากตาราง Evaluation matrix 3.61 คะแนน

จากการทดลองตามแนวคิดที่ 3 Master batch ตามมาตรฐานของบริษัทและลูกค้าที่กำหนดไว้ ดังนี้ ขนาดของชิ้นส่วนประกอบ ความแข็งแรงของจุดที่ยึดด้วยสกรู การทดสอบ Heat cycle & Vibration test โดยผลจากการทดสอบไม่แตกต่างจากวัสดุที่อยู่ปัจจุบัน ดังนั้น ทีมงานผู้วิจัยสรุปว่า แนวคิดที่ 3 Master batch สามารถใช้แทน PP-TD20 ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้

โดยเมื่อคำนวณจากราคา Plastic ที่ลดลงได้จาก 213.28 บาท เป็น 187.48 บาท เท่ากับ 25.8 บาทต่อตู้แอร์ หรือคำนวณจากราคาตู้แอร์รถยนต์ทั้งหมดสามารถลดต้นทุนได้จาก 1,486.47 บาทต่อชิ้น เหลือเป็น 1,460.47 บาทต่อชิ้น หรือคิดเป็น 1.7%

เป้าหมายของทางลูกค้ากำหนดให้ต้องสามารถลดต้นทุนให้ได้ 0.6% ของยอดขาย 1 ปี โดยยอดขายประมาณการณ์ของตู้แอร์รถยนต์ในปี 2560 อยู่ที่ 105,300,000 บาทต่อจำนวนตู้แอร์รถยนต์ 46,800 ชิ้น และราคาขายปัจจุบัน 2,250 บาทต่อชิ้น ดังนั้น เป้าหมายของลูกค้า 105,300,000 บาท x 0.6% เท่ากับ 631,800 บาทต่อปี

การศึกษาวิจัยการลดต้นทุนตู้แอร์รถยนต์ครั้งนี้สามารถลดต้นทุนได้ 25.8 บาทต่อชิ้น x 46,800 ชิ้น ดังนั้น สามารถลดต้นทุนลงได้ 1,207,440 บาทต่อปี ได้เกินเป้าหมายที่ลูกค้าตั้งไว้ 575,640 บาท

ข้อเสนอแนะ

1. กิจกรรมการปรับปรุงใด ๆ ลำดับแรก คือ การรวบรวมข้อมูลและศึกษาความเป็นไปได้ของกิจกรรมนั้นก่อนที่จะเสนอให้กับผู้บริหารและบุคคลที่เกี่ยวข้องเพื่อมีข้อมูลในการโน้มน้าวและได้การยอมรับในการทำกิจกรรมนั้น ๆ

2. การดำเนินงานปรับปรุงที่ล่าช้าไปอาจจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับมาตอนแรกเกิดการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว เช่น ข้อมูลด้านราคาซื้อขายอาจจะมีการเคลื่อนไหวตาม เงื่อนไขต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อัตราการแลกเปลี่ยน สัญญาการปรับเปลี่ยนราคาราย 3 เดือนครั้ง (พลาสติก) หรือตามปริมาณการซื้อขายในแต่ละครั้ง

3. การทำกิจกรรมปรับปรุงใด ๆ ควรได้การยอมรับจากแผนกที่เกี่ยวข้องก่อน เพราะบางครั้งกิจกรรมการปรับปรุงนี้อาจจะส่งผลเสียมากกว่าในภาพรวม เช่น การเปลี่ยนผู้ผลิต (Supplier) เพื่อได้ราคาที่ต่ำกว่า แต่ผู้ผลิตใหม่นี้มีเงื่อนไขในการส่งของจำเป็นต้องส่งทีละมาก ๆ เนื่องจากอยู่ไกล ดังนั้น ส่งผลเสียกับแผนกจัดเก็บชิ้นส่วน ทำให้ต้องแบกภาระค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและเสี่ยงต่อคุณภาพในการจัดเก็บเป็นเวลานาน หรือการปรับปรุงหรือลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อความสามารถในการผลิตของพนักงานลดลงหรือลำบากขึ้น

4. การเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนประกอบชิ้นใดก็ตาม ต้องทำการทดสอบในเรื่องคุณภาพของวัสดุและตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อยืนยันด้านคุณภาพ เพื่อเป็นไปตามมาตรฐานและความต้องการของลูกค้า

5. ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงใด ๆ ควรคิดให้ออกมาในรูปของเงินเพื่อทำให้เกิดแรงจูงใจและง่ายต่อการตัดสินใจว่าควรจะทำหรือไม่

6. การนำวิศวกรรมคุณค่านำไปประยุกต์ตั้งแต่ระยะการออกแบบ จะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในบางครั้งแนวคิดจากวิศวกรรมคุณค่าหลังจากที่มีการผลิตไปแล้วจะมีข้อจำกัดในเรื่องการลงทุน Tooling ใหม่แต่ถ้าเราประยุกต์ใช้ตั้งแต่เริ่มออกแบบจะสามารถลดต้นทุนได้ทันที

7. การสื่อสารให้เข้าใจและทันเวลาระหว่างสายงานหรือระหว่างประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจนั้นสำคัญมาก เพราะด้วยสถานที่ทำงานที่อยู่ต่างกัน เวลาที่ต่างกันทำให้คนตัดสินใจอาจผิดพลาดหรือเสียโอกาสในการปรับปรุงนั้นไป

8. การเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงกระบวนการผลิต หรือขนส่งที่เกี่ยวข้องกับ Supplier จำเป็นต้องทำข้อตกลงหรือสัญญาก่อนที่จะดำเนินการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง เช่น ราคา วิธีการขนส่ง ระยะเวลาในการส่งงาน ฯลฯ

บรรณานุกรม

เถลิง พลเจริญ และสุรเชษฐ์ บางเมือง. (2555). *การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า กรณีศึกษาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยธนบุรี*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธนบุรี.

ธวัช สวนนันท์. (2553). *การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุนวิทยุติดรถยนต์*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นฤนาถ กาญจนคลอด. (2552). *การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการลดต้นทุนกรณีศึกษาอุปกรณ์ Shaft energy absorber*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พูลศักดิ์ บวบทอง. (2558). *การลดต้นทุนกระบวนการประกอบชิ้นงานสปอยเลอร์รถยนต์โดยใช้วิศวกรรมคุณค่า*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สรวุฒิ บุราณศรี. (2550). *การประยุกต์วิธีทางวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบเครื่องกดขดลวดเข้าทุ่นอาร์เมเจอร์*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

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

อดิศักดิ์ นาวเหนียว. (2550). *การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุนกรณีศึกษาอุตสาหกรรมประกอบเบาะรถยนต์*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การคำนวณต้นทุนหน้าที่จับยึด

การคำนวณต้นทุนหน้าที่จับยึด

ชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์หลาย ๆ ชิ้นส่วนมีหน้าที่หลัก (Function) มากกว่า 1 หน้าที่ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการกระจายต้นทุน (Cost) ตามจำนวนหน้าที่หลักของชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์รถยนต์ เช่น

1. ชิ้นส่วน “ฝาครอบด้านขวา” มีหน้าที่หลัก (Function) 2 หน้าที่ คือ จับยึดตำแหน่งและป้องกันอากาศรั่ว และมีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 83.69 บาท ดังนั้น ต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลัก (Function) นี้ เท่ากับ 83.69 ÷ 2 = 41.84 บาท

2. ชิ้นส่วน “ฝาครอบด้านล่าง” มีหน้าที่หลัก (Function) 3 หน้าที่ คือ จับยึดตำแหน่ง ป้องกันอากาศรั่ว และป้องกันน้ำล้น และมีต้นทุน (Cost) เท่ากับ 19.36 บาท แต่สำหรับ “ฝาครอบด้านล่าง” มีหน้าที่หลัก (Function) ป้องกัน อยู่ 2 หน้าที่ ดังนั้น ต้นทุน (Cost) ของแต่ละหน้าที่หลักทั้งหมด (Function) เท่ากับ 19.36 ÷ 3 = 6.45 บาท แบ่งเป็น จับยึดตำแหน่ง 6.45 x 1 = 6.45 บาท และป้องกันอากาศรั่วและน้ำล้น 6.45 x 2 = 12.9 บาท เป็นต้น

ต้นทุนของหน้าที่จับยึดและหน้าที่หลักอื่น ๆ ถูกคำนวณไว้ในภาพภาคผนวก ก-1 จะสัมพันธ์กับตารางที่ 3-7, 3-8, 3-9 และ 3-10

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน		ราคา/ตู้แอร์ (บาท)	จำนวนหน้าที่หลัก	ต้นทุนแต่ละหน้าที่	หน้าที่หลัก								ต้นทุนแต่ละหน้าที่หลัก							
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง				สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ยึด	ป้องกัน	จับยึด	สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ยึด	ป้องกัน	จับยึด
1	ฝาครอบด้านขวา	- จับยึด - เกิด - ป้องกัน	- ตำแหน่ง - การต่อเชื่อม - อากาศรั่ว	√ √	√	83.69	2	41.85							1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	41.8
2	ฝาครอบด้านซ้าย	- จับยึด - เกิด - ป้องกัน	- ตำแหน่ง - การต่อเชื่อม - อากาศรั่ว	√ √	√	80.42	2	40.21							1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	40.2
3	ฝาครอบด้านล่าง	- จับยึด - เกิด - ป้องกัน - ป้องกัน	- ตำแหน่ง - การต่อเชื่อม - น้ำล้น - อากาศรั่ว	√ √ √	√	19.36	3	6.45							2	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	6.5
4	ฝาครอบด้านข้าง	- จับยึด - ป้องกัน - ป้องกัน	- ตำแหน่ง - การกระแทก - อากาศรั่ว	√ √ √		19.96	3	6.65							2	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	6.7
5	แผ่นแบ่งลมกลาง	- ป้องกัน - เกิด	- ลมผสมกัน - การต่อเชื่อม	√	√	2.41	1	2.41							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0
6	ฝาครอบกรองอากาศ	- ป้องกัน - ช่วย	- หลุดตำแหน่ง - ให้เห็นตำแหน่ง	√	√	3.43	1	3.43							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0
7	ฝาครอบท่อร้อน	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		12.67	1	12.67								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7
8	ช่องลมช่องเท้าด้านคนขับ	- ลำเลียง	- อากาศ	√		21.72	1	21.72		1							0.0	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	ช่องลมช่องเท้าด้านคนนั่ง	- ลำเลียง	- อากาศ	√		22.71	1	22.71		1							0.0	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	คอยล์เย็น	- สร้าง	- อากาศเย็น	√		175.22	1	175.22	1								175.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	ฉนวนคอยล์เย็น 1	- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√		5.14	1	5.14							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0
12	ฉนวนคอยล์เย็น 2	- ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน	√		3.79	1	3.79							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0

ภาพภาคผนวก ก-1 การคำนวณต้นทุนหน้าที่จับยึดในตารางที่ 3-10

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน		ราคา/ตู้แอร์ (บาท)	จำนวนหน้าที่หลัก	ต้นทุนแต่ละหน้าที่	หน้าที่หลัก								ต้นทุนแต่ละหน้าที่หลัก							
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง				สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งจ่าย	ต้านทาน	ฉีด	ป้องกัน	จับยึด	สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งจ่าย	ต้านทาน	ฉีด	ป้องกัน	จับยึด
13	แผ่นโฟมกันรั่ว	- ป้องกัน - ป้องกัน	- อากาศรั่ว - เสียงดัง	√	√	0.53	1	0.53							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
14	โบลต์วาล์วลดแรงดัน	- จับยึด	- วาล์วลดแรงดัน	√		3.58	1	3.58								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
15	โบลต์	- จับยึด	- ท่อเครื่องระเหย	√		1.96	1	1.96								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
16	ซีล 1	- ป้องกัน - ป้องกัน	- น้ำยาทำความเย็นรั่ว - ฝุ่นละออง	√ √		1.50	2	0.75							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0
17	ซีล 2	- ป้องกัน - ป้องกัน	- น้ำยาทำความเย็นรั่ว - ฝุ่นละออง	√ √		1.50	2	0.75							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0
18	ฝากันฝุ่นคอยล์เย็น 2	- ป้องกัน - ช่วย	- ฝุ่นละออง - ให้ดึงออกง่าย	√	√	0.90	1	0.90							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0
19	วาล์วลดแรงดัน	- ฉีด	- น้ำยาทำความเย็น	√		120.55	1	120.55						1			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.5	0.0	0.0
20	ท่อเข้า-ออกคอยล์เย็นและหน้าแปลนยึด	- ลำเลียง	- น้ำยาทำความเย็น	√		62.46	1	62.46		1							0.0	62.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	แผ่นโฟมคอยล์เย็นด้านบน	- ป้องกัน - ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน - ฝุ่นละออง	√ √		4.63	2	2.32							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0
22	ฉนวนคอยล์เย็นด้านบน	- ป้องกัน - ป้องกัน	- การสั่นสะเทือน - ฝุ่นละออง	√ √		5.17	2	2.59							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0
23	ยางกันรั่ว	- ป้องกัน - ป้องกัน - ป้องกัน	- อากาศรั่ว - ฝุ่นละออง - เสียงดัง	√ √	√	13.00	2	6.50							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0
24	ฮีตเตอร์	- สร้าง	- อากาศร้อน	√		77.27	1	77.27	1								77.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน		ราคา/ตู้แอร์ (บาท)	จำนวนหน้าที่หลัก	ต้นทุนแต่ละหน้าที่	หน้าที่หลัก								ต้นทุนแต่ละหน้าที่หลัก							
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง				สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ผลิต	ป้องกัน	จับยึด	สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ผลิต	ป้องกัน	จับยึด
25	ท่อน้ำร้อนเข้า	- ลำเลียง	- น้ำร้อนเข้า	√		31.05	1	31.05		1							0.0	31.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	ท่อน้ำร้อนออก	- ลำเลียง	- น้ำร้อนออก	√		29.35	1	29.35		1							0.0	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	ซีล 3	- ป้องกัน - ป้องกัน	- น้ำร้อนรั่ว - ฝุ่นละออง	√ √		3.81	2	1.91							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0
28	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 1	- ป้องกัน - ป้องกัน	- เสียงดัง - การสั่นสะเทือน	√	√	1.65	1	1.65							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
29	โฟมเส้นฮีตเตอร์ 2	- ป้องกัน - ป้องกัน	- เสียงดัง - การสั่นสะเทือน	√	√	2.20	1	2.20							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0
30	เฟืองมิ๊กซ์1	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		2.14	1	2.14				1					0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
31	ลิ้งค์มิกซ์1	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		2.14	1	2.14				1					0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
32	ลิ้งค์มิกซ์2	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		2.23	1	2.23				1					0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
33	ตัวตรวจจับอุณหภูมิ	- ตรวจสอบ	- อุณหภูมิ	√		86.74	1	86.74			1						0.0	0.0	86.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34	คลิปยึดตัวตรวจจับอุณหภูมิ	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		0.89	1	0.89								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
35	ตัวต้านทานมอเตอร์พัดลม	- ต้านทาน - ระบาย	- กระแสไฟฟ้า - ความร้อน	√	√	56.71	1	56.71					1				0.0	0.0	0.0	0.0	56.7	0.0	0.0	0.0
36	ประตูลมเป่าหน้า	- ลำเลียง - ป้องกัน	- อากาศ - อากาศรั่ว	√ √		9.94	2	4.97		1					1		0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
37	ประตูลมเป่าเท้า	- ลำเลียง - ป้องกัน	- อากาศ - อากาศรั่ว	√ √		10.49	2	5.25		1					1		0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0
38	ลิ้งค์ควบคุมหลัก	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		3.96	1	3.96				1					0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน		ราคา/ตู้แอร์ (บาท)	จำนวนหน้าที่หลัก	ต้นทุนแต่ละหน้าที่	หน้าที่หลัก								ต้นทุนแต่ละหน้าที่หลัก							
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง				สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ผสม	ปิ้องกัน	จับยึด	สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ผสม	ปิ้องกัน	จับยึด
39	คันโยก-เป่าหน้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		2.14	1	2.14				1					0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	คันโยก-เป่าเท้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		2.14	1	2.14				1					0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
41	ก้านต่อ-เป่าหน้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		2.63	1	2.63				1					0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
42	โฟมช่องเป่าหน้า	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√		4.02	1	4.02							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0
43	โฟมช่องเป่ากระจก	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√		2.65	1	2.65							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0
44	สกรูแทป	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		1.77	1	1.77								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
45	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหน้า	- จับยึด - ลำเลียง	- ตำแหน่ง - อากาศ	√ √		23.28	2	11.64		1						1	0.0	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
46	ฝาครอบช่องลมเข้า-ส่วนหลัง	- จับยึด - ลำเลียง	- ตำแหน่ง - อากาศ	√ √		23.46	2	11.73		1						1	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7
47	ประตูลมเข้า	- ลำเลียง - ป้องกัน - ป้องกัน	- อากาศ - อากาศรั่ว - กลิ่นไม่พึงประสงค์	√ √	√	15.35	2	7.68		1					1		0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0
48	โฟมประตูลมเข้า	- ป้องกัน	- อากาศรั่ว	√		2.48	1	2.48							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
49	ลิ้งค์ช่องลมเข้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		4.64	1	4.64				1					0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
50	คันโยก-ช่องลมเข้า	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		1.63	1	1.63				1					0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
51	ใบพัดลม	- สร้าง	- แรงลม	√		35.51	1	35.51	1								35.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	มอเตอร์พัดลม	- สร้าง	- พลังงานกล	√		226.43	1	226.43	1								226.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่แต่ละชิ้นส่วน		ราคา/ตู้แอร์ (บาท)	จำนวนหน้าที่หลัก	ต้นทุนแต่ละหน้าที่	หน้าที่หลัก								ต้นทุนแต่ละหน้าที่หลัก							
		คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง				สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ยึด	ป้องกัน	จับยึด	สร้าง	ลำเลียง	ตรวจสอบ	ส่งถ่าย	ต้านทาน	ยึด	ป้องกัน	จับยึด
53	แหวนมอเตอร์	- ป้องกัน - รองรับ	- รอยขีดข่วน - แรง	√ √		0.80	2	0.40							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
54	น็อตยึดใบพัดลม	- ป้องกัน	- ใบพัดลมหลุดออก	√		0.87	1	0.87							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0
55	ฝาครอบมอเตอร์พัดลม	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		18.71	1	18.71								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.7
56	สกรูแทปยึดฝาครอบมอเตอร์	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		0.57	1	0.57								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
57	โฟมกันกระแทก	- ป้องกัน - ป้องกัน - ป้องกัน	- น้ำเข้าตัวรถ - กลิ่นไม่พึงประสงค์ - เสียงดัง	√ √ √		25.00	3	8.33							3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0
58	กรองอากาศ	- ป้องกัน	- ฝุ่นละออง	√		69.44	1	69.44							1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.4	0.0
59	สกรูแทปพร้อมแหวน	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		8.58	1	8.58								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
60	ปลอกแขนประตูผสมอากาศ	- ป้องกัน - ป้องกัน	- เสียงดัง - การติดขัด	√ √		1.76	2	0.88							2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0
61	เพลาประตูผสมอากาศ	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		3.35	1	3.35								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
62	ประตูผสมอากาศ	- สร้าง	- อากาศให้เหมาะสม	√		10.99	1	10.99	1								11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
63	เฟืองประตูผสมอากาศ	- ส่งถ่าย	- กำลัง	√		4.56	1	4.56				1					0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
64	แคลมป์ยึดเคเบิล	- จับยึด	- ตำแหน่ง	√		6.84	1	6.84								1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
						1486.47			5.0	10.0	1.0	10.0	1.0	1.0	41.0	16.0	525.4	208.6	86.7	28.2	56.7	120.5	282.8	177.5

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)