การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า กรณีศึกษา ชิ้นส่วนของระบบปรับอากาศรถยนต์

อรวรรณ สุขวานนท์

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ อรวรรณ สุขวานนท์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

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

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

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

วรัตถา อุทยารัตน์ .....กรรมการ
(ดร.วรัตถา อุทยารัตน์)

ฤกวัล จันทรสา .....กรรมการ
(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 24 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ อาจารย์ควบคุมงานนิพนธ์ ที่ได้ให้แนวคิดในการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ และให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงาน ด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา รวมไปถึงคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

อรวรรณ สุขวานนท์

58920679: สาขาวิชา: การจัดการงานวิศวกรรม; วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม)
คำสำคัญ: ลดต้นทุน/ วิศวกรรมคุณค่า/ ระบบปรับอากาศรถยนต์

อรวรรณ สุขวานนท์: การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า กรณีศึกษาชิ้นส่วนของระบบปรับอากาศรถยนต์ (COST REDUCTION BY USING VALUE ENGINEERING TECHNIQUE: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE CLIMATE CONTROL SYSTEM) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: กฤษดา ประสพชัยชนะ, Ph.D. 116 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

งานนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์ โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า โดยชิ้นส่วนสำคัญที่ถูกคัดเลือกในการลดต้นทุน คือ ตู้แอร์และท่อแอร์ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณค่าและหน้าที่ พบว่าหน้าที่หลักที่ควรปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน คือ “เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบท่อแอร์” “รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์” “รองรับท่อแอร์” และ “จับยึดท่อแอร์” ซึ่งมีคุณค่า 0.11, 0.55, 0.61 และ 1.50 ตามลำดับ เนื่องจากหน้าที่หลักทั้งสี่นี้มีคุณค่าน้อยกว่าสอง ดังนั้น ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่หลักดังกล่าวถูกปรับปรุงโดย 1) ลดความยาวของท่อยางแอร์ 50% และทดแทนด้วยอลูมิเนียม 2) เปลี่ยนผู้ผลิตเม็ดพลาสติกที่นำมาผลิตกล่องตู้แอร์ และ 3) นำตัวจับยึดท่อแอร์ออก ซึ่งหลังการปรับปรุงพบว่า ทุกแนวความคิดผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดทั้งเรื่องการประกอบและคุณภาพ ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนได้ 76 บาทต่อคัน หรือคิดเป็น 3,040,000 บาทต่อปี

58920679: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT; M.Eng. (ENGINEERING MANAGEMENT)
KEYWORDS: COST REDUCTION/ VALUE ENGINEERING/ AUTOMOTIVE CLIMATE CONTROL SYSTEM

ORAWAN SUKWANON: COST REDUCTION BY USING VALUE ENGINEERING TECHNIQUE A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE CLIMATE CONTROL SYSTEM. ADVISORY COMMITTEE: KRITSADA PRASOPCHAICHANA, Ph.D. 116 P. 2017.

The purpose of this research is to reduce the cost of automotive climate control system by using value engineering technique. The parts of Ventilation and Air Conditioning (HVAC) and AC lines were selected in this case study. The primary function of the selected parts namely, “Increase flexibility in AC lines assembly” “Support component parts of HVAC” “Support AC lines” and “Fix AC lines” had the values of 0.11, 0.55, 0.61 and 1.50 respectively. Therefore, the cost of components related to these primary functions had been reduced by 1) reducing the hose length of front auxiliary AC lines from 228 mm. to 114 mm. and replacing with aluminum pipe, 2) changing the supplier of raw material of HVAC plastic case, 3) removing the join block of rear auxiliary AC lines. After the improved designs were implemented, it was found that the results of manufacturing and quality test passed the customer standard. Therefore, the cost of automotive climate control system was decreased by 76 THB per each or 3,040,000 THB per year.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ที่มาของงานวิจัย 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

สมมติฐานของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

แผนการดำเนินงานวิจัย 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 28

บทนำ 28

การดำเนินงาน 30

4 ผลการศึกษาวิจัย 77

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 99

สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 99

สรุปผลที่ได้รับจากการวิจัย 100

ข้อเสนอแนะ 102

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	103
ภาคผนวก	105
ภาคผนวก ก	106
ประวัติย่อของผู้วิจัย	116

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วน 15

2-2 ตัวอย่างตารางการสรุปการประเมินเชิงตัวเลข 18

2-3 ตัวอย่างตารางการลดต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ในแต่ละแนวความคิดสร้างสรรค์ใหม่ของชิ้นส่วนย่อย 19

2-4 ตัวอย่างตารางประเมินผลความคิดของแต่ละแนวความคิดสร้างสรรค์ใหม่ของชิ้นส่วนย่อย 19

2-5 ตัวอย่างตาราการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของแต่ละปัจจัย 20

2-6 ตัวอย่างตารางระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย 21

3-1 ผลคะแนนของการเลือกชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์ 31

3-2 รายการและชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์ 33

3-3 รายการและชิ้นส่วนประกอบของท่อแอร์ 41

3-4 การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนประกอบย่อยของระบบปรับอากาศรถยนต์ 45

3-5 หน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนย่อยในระบบปรับอากาศรถยนต์ 49

3-6 การประเมินผลเชิงเลข 52

3-7 การเรียงหน้าที่หลักจากน้ำหนักมากไปน้อย 53

3-8 สรุปการประเมินเชิงเลข 54

3-9 ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หน้าที่ 57

3-10 คัดเลือกชิ้นส่วนเพื่อนำไปทำการปรับปรุง 60

3-11 Function รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์ และ Function รองรับท่อแอร์ 63

3-12 Function เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ 64

3-13 Function จับยึดท่อแอร์ 64

3-14 ประเมินผลความคิด 65

3-15 เปรียบเทียบเชิงตัวเลขของแต่ละปัจจัย 69

3-16 ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย 70

3-17 แนวความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการคัดเลือก 76

5-1 การประหยัดต้นทุนของชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์ 101

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 แผนการดำเนินงานวิจัย 3

2-1 ระบบปรับอากาศภายในห้องโดยสารรถยนต์ 5

2-2 ตัวอย่างคอมเพรสเซอร์ 6

2-3 ตัวอย่างคอนเดนเซอร์/ แผงคอยล์ร้อน 6

2-4 ตัวอย่างรีซีฟเวอร์/ ดรายเออร์ 7

2-5 ตัวอย่างเอ็กแพนชันวาล์ว/ วาล์วแอร์ 8

2-6 ตัวอย่างอีแว๊ปเปอร์เรเตอร์/ คอยล์เย็น 9

2-7 ตัวอย่างระบบปรับอากาศรถยนต์ 10

2-8 วงจรชีวิตและขีดความสามารถที่จะประหยัดได้ 13

2-9 ตัวอย่างตารางเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของหน้าที่ 17

2-10 ตัวอย่างตารางการทำ Evaluation matrix 22

2-11 แผนภูมิพาเรโตแสดงเวลาที่สูญเสียในการผลิตซึ่งเกิดจากปัญหาคุณภาพ 23

3-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 29

3-2 ขั้นตอนการลดต้นทุนของบริษัทผู้ทำวิจัย 30

3-3 แผนภาพพาเรโต แสดงผลคะแนนโดยจำแนกตามชิ้นส่วนหลักในระบบปรับอากาศรถยนต์ 32

3-4 ตัวอย่างชิ้นส่วนประกอบย่อยของตู้แอร์ 33

3-5 ตัวอย่างชิ้นส่วนประกอบย่อยของท่อแอร์ 41

3-6 การประเมินผลเชิงเลข 51

3-7 กราฟประเมินเชิงเลข 56

3-8 ตัวอย่าง Benchmarking activity สำหรับ ตู้แอร์ 62

3-9 ตัวอย่าง Benchmarking activity สำหรับ ท่อแอร์ 62

3-10 ตัวอย่าง Benchmarking data 63

3-11 ตัวอย่าง Quote One Pager 68

3-12 การประเมินค่าของแนวความคิดของ Function รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์และ Function รองรับท่อแอร์ 71

3-13 การประเมินค่าของแนวความคิดของ Function เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ 72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-14 การประเมินค่าของแนวความคิดของ Function จับยึดท่อแอร์ 74

4-1 แนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block 77

4-2 ดำเนินการทดลองแนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block 78

4-3 แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 79

4-4 การทดลองแบบ Offline แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 80

4-5 ผลการทดลองแบบ Offline แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 81

4-6 ปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 82

4-7 ผลการทดลองแบบ Offline หลังจากปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 82

4-8 ระบุตำแหน่งการวัดชิ้นงานทดลองบน Drawing และ CAD 83

4-9 ข้อมูลการวัดชิ้นงานทดลองโดย CMM 84

4-10 ผลการทดลองแบบ Online หลังจากปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose : reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 85

4-11 การทดสอบพิสูจน์สำหรับแนวคิด HVAC: change supplier of raw material 86

4-12 การทดสอบพิสูจน์สำหรับแนวคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block 91

4-13 การทดสอบพิสูจน์สำหรับแนวคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe 96

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการแข่งขันสูง สิ่งที่อุตสาหกรรมต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก คือ ต้นทุนและราคาขาย ในกรณีของรถยนต์ที่มีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกันหรืออยู่ในระดับเดียวกันมีราคาที่ถูกกว่าย่อมได้เปรียบ แต่เนื่องด้วยการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ก่อนผลิตและนำเข้าสู่ตลาด ผู้ออกแบบจะใส่หน้าที่การทำงานต่าง ๆ เข้าไปในชิ้นส่วนของรถยนต์ในแต่ละส่วนซึ่งอาจจะไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนมากนักทำให้มีต้นทุนการผลิตรถยนต์ที่สูงมาก ดังนั้น ต้องมีการวิเคราะห์ต้นทุนของชิ้นส่วนรถยนต์แต่ละชิ้น เช่น ฟังชันก์การทำงานที่มากเกินความต้องการของลูกค้า วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วน การออกแบบเพื่อการประกอบที่เกินความจำเป็น เป็นต้น หากสามารถปรับเปลี่ยนหรือลดส่วนนี้ลงไปโดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของหน้าที่หลักก็จะสามารถลดต้นทุนลงไปได้อีกเป็นจำนวนมากและสร้างผลกำไรให้กับองค์กรอีกด้วย

วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) เป็นเทคนิคการเพิ่มผลผลิต ซึ่งเน้นที่การลดต้นทุนการผลิตลง โดยทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแบบผลิตภัณฑ์แต่ยังคงหน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้น กล่าวคือ วิศวกรรมคุณค่าจะช่วยวิเคราะห์แบบผลิตภัณฑ์เพื่อทำงานสมดุลระหว่างต้นทุน และหน้าที่การใช้งานนั้นเอง ขั้นตอนการใช้วิศวกรรมคุณค่าเพื่อลดต้นทุนการผลิตสามารถแบ่งได้ 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนทั่วไป (General phase) บริษัทผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่ได้มีการนำเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดต้นทุนในการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนรถยนต์ รวมถึงกระบวนการผลิตและการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ เพราะทั้งสองกลุ่มนี้มีต้นทุนค่อนข้างสูง จึงต้องมีการกำกัดความสูญเปล่าเหล่านี้ เพื่อให้ผลกำไรของบริษัทมีมากขึ้น 2) ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล (Information phase) ได้ศึกษาการจัดการคุณค่าในอุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งเริ่มต้นจากหน้าที่ในการทำงานปัจจุบันและทำการรวบรวมข้อมูลของฟังก์ชันหน้าที่ของชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่ (Function phase) ศึกษาทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า เพื่อพัฒนาในส่วนของการจัดการความรู้ของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการสร้างสรรค์ของวิศวกรรมคุณค่า เพื่อให้กระบวนการคิดสร้างสรรค์มีความเป็นระเบียบและตรงความต้องการ และนำทฤษฎีเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ และเปรียบเทียบกับตลาดหรือคู่แข่ง 4) ขั้นสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (Creation phase) นำเสนอแนวความคิดต่าง ๆ ในการปรับปรุงและ

การเปลี่ยนแปลงออกแบบชิ้นส่วนรถยนต์ เพื่อนำไปสู่ทางเลือกของต้นทุนที่ถูกกว่าแต่ยังคงคุณภาพและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เช่นเดิม 5) ขั้นประเมินความคิด (Evaluation phase) ทำการประเมินผลของแนวความคิดว่าส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือไม่ เช่น ในส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์สามารถผลิตได้โดยไม่ส่งผลกระทบในทางด้านคุณภาพ และฝ่ายประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ยังสามารถประกอบได้สะดวกและปลอดภัยเหมือนเดิมหรือไม่ เป็นต้น 6) ขั้นตอนพิสูจน์ (Investigation phase) ทำการทดสอบชิ้นส่วนของรถยนต์ที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงด้วยข้อกำหนดต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ 7) ข้อเสนอแนะ (Recommendation phase)

การลดต้นทุนเป็นกิจกรรมที่บริษัทส่วนใหญ่ตระหนักถึงความสำคัญและกำหนดเป็นเป้าหมายในแต่ละปี ซึ่งอยู่ในส่วนของ Key business objective ที่พนักงานจะต้องช่วยกันทำหน้าที่ลดต้นทุนในส่วนต่าง ๆ และในส่วนของบริษัทของผู้ทำวิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของการลดต้นทุนเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากยอดการผลิตรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งยอดการผลิตของรถยนต์ทุกรุ่นในปัจจุบันจำนวน 250,000 คันต่อปีโดยประมาณ การลดต้นทุนเพื่อความสามารถในการแข่งขันกับ OEM อื่น ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำทฤษฎีของวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุนของการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการออกแบบชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์ของบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดต้นทุนชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์ (Climate control system) ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value engineering)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดต้นทุนของชิ้นส่วนย่อยต่าง ๆ ที่นำมาประกอบเป็นชิ้นส่วนหลักในระบบปรับอากาศภายในรถยนต์เป็นระยะเวลา 4 ปี
2. เป็นแนวคิดในการพัฒนาชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบปรับอากาศรถยนต์ในอนาคตหรือรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ

สมมติฐานของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีสมมติฐานในการศึกษา คือ

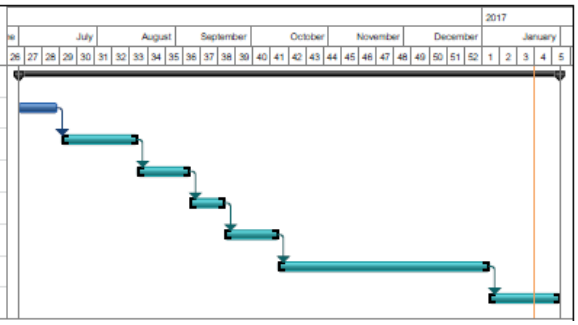
1. สามารถลดต้นทุนของชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบปรับอากาศรถยนต์ได้ตามเป้าหมายของบริษัท คือ 3% ของราคาที่ซื้อทั้งหมด (Purchase amount) จากผู้ผลิตชิ้นส่วน
2. การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบปรับอากาศรถยนต์ไม่ส่งผลกระทบต่อฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ผลิตชิ้นส่วนผู้ประกอบในส่วนของการผลิต เป็นต้น
3. การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบปรับอากาศรถยนต์ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาและวิเคราะห์แนวทางในการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการออกแบบชิ้นส่วนของระบบปรับอากาศรถยนต์ (Climate control system) ซึ่งเป็นรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง เพื่อเป็นการลดต้นทุนให้ได้ตามเป้าหมายของบริษัทคิดเป็น 3% ของราคาซื้อทั้งหมด (Purchase amount) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบปรับอากาศรถยนต์ โดยการพิจารณาจากการออกแบบฟังก์ชั่นหรือหน้าที่การทำงานหลักและชนิดของวัสดุที่นำมาทำชิ้นส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศรถยนต์

แผนการดำเนินงานวิจัย

Task Name	Duration	Start	Finish
แผนการดำเนินงานวิจัยโดยรวม	**153 days**	**Fri 7/1/16**	**Tue 1/31/17**
1. การเลือกโครงการ (General Phase)	11 days	Fri 7/1/16	Fri 7/15/16
2. รวบรวมข้อมูล (Information Phase)	22 days	Mon 7/18/16	Tue 8/16/16
3. วิเคราะห์หน้าที่ (Function Phase)	15 days	Wed 8/17/16	Tue 9/6/16
4. สร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase)	10 days	Wed 9/7/16	Tue 9/20/16
5. ประเมินความคิด (. Evaluation Phase)	15 days	Wed 9/21/16	Tue 10/11/16
6. ทดสอบและพิสูจน์ (Investigation Phase)	60 days	Wed 10/12/16	Tue 1/3/17
7. ประยุกต์ใช้ (Implementation Phase)	20 days	Wed 1/4/17	Tue 1/31/17



ภาพที่ 1-1 แผนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

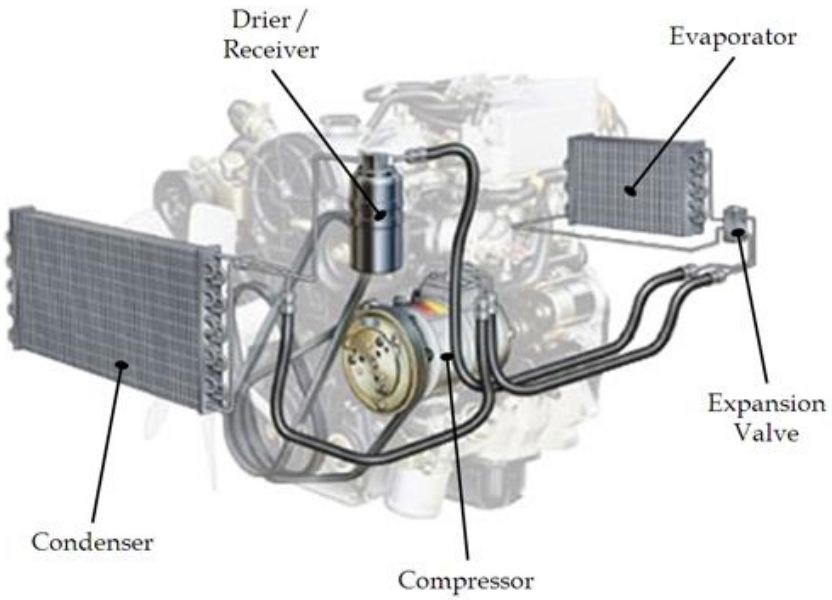
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้นำเอาทฤษฎีและแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่จะเป็นประโยชน์ต่อการลดต้นทุนในส่วนของการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์มาประยุกต์ใช้ ดังนี้ 1) ทฤษฎีระบบปรับอากาศภายในห้องโดยสารรถยนต์ (Climate control system) 2) ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) 3) แผนภาพพาเรโต (Pareto diagram)

1. ทฤษฎีระบบปรับอากาศภายในห้องโดยสารรถยนต์ (Climate control system)

คำนิยามของเครื่องปรับอากาศ คือ เครื่องมือสำหรับ ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมการหมุนเวียนของอากาศควบคุมความชื้นทำให้อากาศสะอาด

เครื่องปรับอากาศ คือ อุปกรณ์สำหรับรักษาอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้นความร้อนจะถูกดึงออกมาเพื่อให้อุณหภูมิลดลง (เรียกว่า การทำความเย็น) และในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิภายในห้องลดลงความร้อนก็จะถูกจ่ายออกมาเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น (เรียกว่า การทำความร้อน) ดังนั้นความชื้นที่อยู่ในอากาศจะถูกเพิ่มหรือลดลงเพื่อควบคุมระดับความชื้นของอากาศให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ดังนั้นเครื่องปรับอากาศจึงเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นประกอบไปด้วยเครื่องทำความเย็น เครื่องทำความร้อนตัวควบคุมความชื้นและเครื่องถ่ายเทอากาศ เครื่องปรับอากาศสำหรับรถยนต์โดยทั่ว ๆ ไป ประกอบด้วย เครื่องทำความร้อน หรือเครื่องทำความเย็นซึ่งมีตัวดูดความชื้นและเครื่องถ่ายเทอากาศ



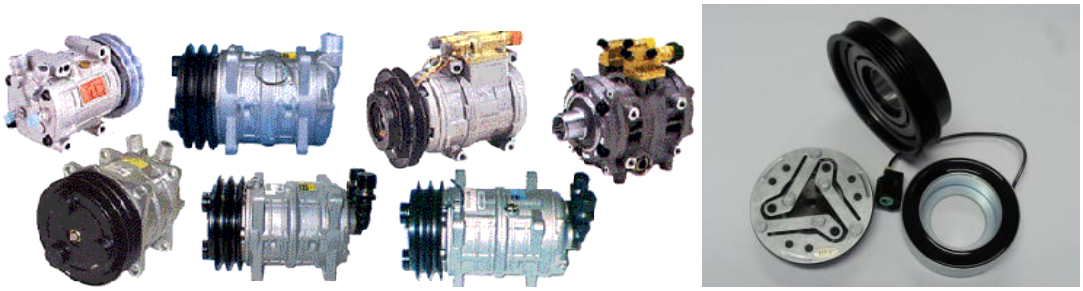
ภาพที่ 2-1 ระบบปรับอากาศภายในห้องโดยสารรถยนต์ (Climate control system)

ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศรถยนต์ ระบบปรับอากาศในรถยนต์จะใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอยล์ร้อน (Condenser) ถังพักน้ำยา-กรองและดูดความชื้น (Filter-driver receiver) วาล์วลดความดัน (Expansion valve) คอยล์เย็น (Evaporator) น้ำยาแอร์ (Refrigerant) ระบบท่ออีก 3 ท่อ คือ ท่อดิสชาร์จ (Discharge line) ท่อลิควิด (Liquid line) ท่อซักชั่น (Suction line)

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ที่ดูดสารทำความเย็นจากคอยล์เย็น และเพิ่มแรงดันให้สารทำความเย็นก่อนส่งไปยังคอยล์ร้อน โดยมีความดันมากกว่า 14.1 กก./ตร.ซม. คอมเพรสเซอร์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) แบบรีซิโพรเคติ้ง (Reciprocating type) 2) แบบสวอชเพลต (Swash plate type) 3) แบบเวนโรตารี (Vane rotary type)

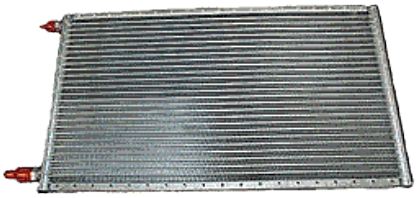
คอมเพรสเซอร์แบบสวอชเพลตจะติดตั้งอยู่บริเวณเครื่องยนต์ ทำงานโดยได้รับแรงหมุนจากเครื่องยนต์ส่งผ่านมาทางสายพานซึ่งคล้องไว้กับพูลเลย์ของอมเพรสเซอร์ โดยที่พูลเลย์ของคอมเพรสเซอร์จะมีคลัทช์แม่เหล็กติดตั้งอยู่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพูลเลย์ พูลเลย์ของคอมเพรสเซอร์จะอยู่บนแกนกลางของเพลาหมุนของคอมเพรสเซอร์ ในกรณีที่เครื่องยนต์หมุนแรงหมุนของเครื่องยนต์ถูกส่งผ่านสายพานมาหมุนพูลเลย์ของคอมเพรสเซอร์ โดยที่คอมเพรสเซอร์จะยังไม่ทำงานขณะที่เราเปิดสวิตช์แอร์ในห้องโดยสารไปที่ตำแหน่ง On กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไปทำให้คลัทช์แม่เหล็กทำงานโดยดูดยึดติดกับพูลเลย์จึงส่งผลให้แกนเพลาหมุนของคอมเพรสเซอร์ยึด

ติดกับพูลเลย์ จากจุดนี้ทำให้คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงาน เมื่ออุณหภูมิในห้องโดยสารเริ่มเย็นลงตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้แล้วเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) จะทำงานโดยตัดกระแสไฟฟ้าที่จะส่งไปยังคลัทช์แม่เหล็ก ทำให้คลัทช์แม่เหล็กกับพูลเลย์แยกออกจากกัน คอมเพรสเซอร์จึงหยุดการทำงานและอีกกรณีที่คลัทช์แม่เหล็กจะหยุดการทำงาน คือ การที่เราปิดสวิทช์ตัวตั้งอุณหภูมิภายในห้องโดยสารนั่นเอง



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างคอมเพรสเซอร์

แผงคอยล์ร้อน (Condenser) มีลักษณะเป็นแผงรับอากาศขนาดพอ ๆ กับหม้อน้ำรถยนต์มีทางเข้าและทางออกของน้ำยาแอร์ ซึ่งถูกออกแบบมาให้มีท่อน้ำยาแอร์ขดไปขดมาบนแผงโดยผ่านครีบระบายความร้อน ซึ่งมีลักษณะคล้ายครีบระบายความร้อนของหม้อน้ำ คอยล์ร้อนจะถูกติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้ารถยนต์คู่กับหม้อน้ำและอาจจะมีพัดลมไฟฟ้าช่วยระบายความร้อน ท่อทางเข้าของคอยล์ร้อนจะต่อท่อร่วมกับรูทางออกของคอมเพรสเซอร์ ส่วนท่อทางออกของคอยล์ร้อนจะต่อเข้ากับถังพักน้ำยา-กรองและตัวดูดความชื้นทำหน้าที่ระบายความร้อน ทำให้สารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำลง เปลี่ยนสถานะจาก แก๊สเป็นของเหลว

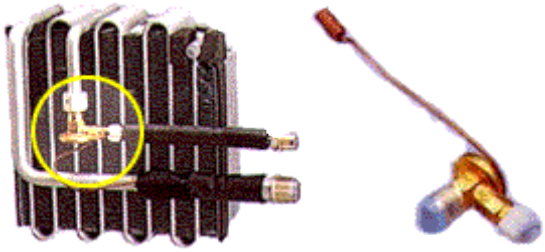


ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างคอนเดนเซอร์/ แผงคอยล์ร้อน

รีซีฟเวอร์/ ดรายเออร์ (Receiver/ Dryer) มีลักษณะเป็นทรงกระบอกไม่ใหญ่มาก ถูกติดตั้งอยู่ใกล้กับแผงคอยล์ร้อนด้านบนของถังพักน้ำยาจะมีกระจกใสสามารถมองเห็นน้ำยาแอร์ได้ และจะมีท่อน้ำยาแอร์ที่มาจากคอยล์ร้อนต่อเข้ากับท่อทางเข้าของพักน้ำยาแอร์นี้และจะต่อท่อน้ำยาแอร์ออกจากถังพักน้ำยาแอร์ไปสู่วาล์วปรับความดัน เราสามารถตรวจสอบระดับน้ำยาแอร์ในระบบได้จากการมองทะลุไปที่กระจกใสด้านบนของถังพักน้ำยาแอร์ในขณะที่คอมเพรสเซอร์ทำงานไปสักพักหนึ่ง หากพบว่ามีฟองอากาศในถังพักน้ำยาแอร์อยู่มาก แสดงว่ามีน้ำยาแอร์อยู่ในระบบน้อยแต่ถ้าไม่เห็นเป็นฟองอากาศและมีลักษณะน้ำหยดอยู่แสดงว่ามีน้ำยาแอร์อยู่ในระบบในปริมาณที่พอดีทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและดูดความชื้นจากระบบถ้าสารทำความเย็นมีความชื้นปนอยู่จะทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ ในระบบและจะกลายเป็นน้ำแข็งในคอยล์เย็น ทำให้สารทำความเย็นในระบบไหลไม่สะดวก

ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างรีซีฟเวอร์/ ดรายเออร์

วาล์วแอร์ (Expansion valve) เป็นลิ้นควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลไปยังคอยล์เย็นให้มากหรือน้อยตามต้องการซึ่งจะควบคุมโดยอุปกรณ์เทอร์โมที่ท่อทางออกของคอยล์เย็นทำหน้าที่ลดความดันของน้ำยาแอร์ให้ต่ำลงมาเมื่อน้ำยาแอร์มีความดันต่ำก็จะทำให้อุณหภูมิของน้ำยาแอร์ต่ำลงมาด้วย จากนั้นก็จะส่งผ่านน้ำยาแอร์เข้าไปสู่คอยล์เย็นต่อไป วาล์วแอร์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) วาล์วแอร์แบบกำลังดันคงที่ (Constant pressure expansion valve) 2) วาล์วแอร์แบบใช้ความร้อน (Thermal expansion valve) 3) วาล์วแอร์แบบลูกลอย (Float valve)



ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างเอ็กแพนชันวาล์ว/ วาล์วแอร์

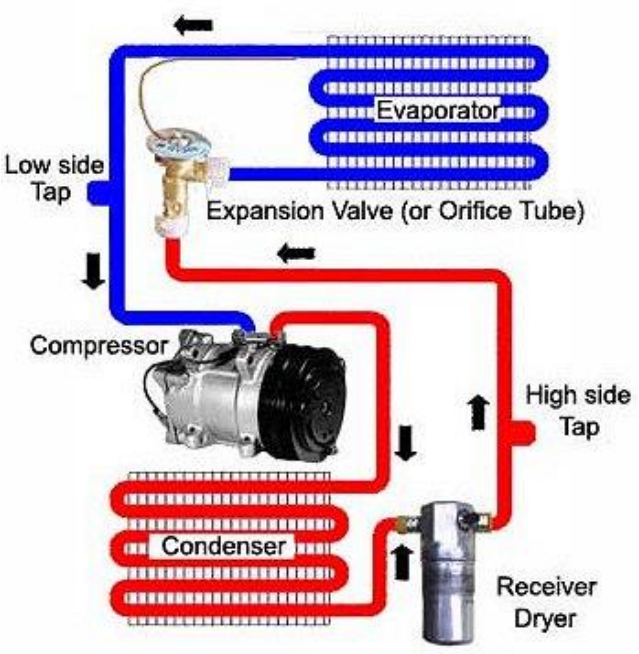
คอลย์เย็น (Evaporator) มีลักษณะเป็นแผงและมีท่อโลหะขดไปขดมาเรียงตัวอยู่ในแผง และมีครีบระบายความเย็นเรียงตัวกันคล้ายกับคอยล์ร้อน แต่ขนาดอาจจะแตกต่างกัน โดยที่ด้านหลังจะมีพัดลม (Blower) ไว้คอยดูดอากาศภายในห้องโดยสารให้ผ่านตัวคอยล์เย็น ซึ่งอากาศที่ผ่านคอยล์เย็นจะวิ่งไปตามทางของท่อแอร์ไปออกที่บริเวณช่องแอร์ที่อยู่บนคอนโซลรถยนต์ และที่คอยล์เย็นจะมีเทอร์โมสตัทติดตั้งอยู่ เพื่อคอยตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิโดยผ่านทางสวิทช์ปรับระดับความเย็นซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนแผงคอนโซลแอร์ (สามารถเลือกอุณหภูมิหรือความเย็นได้หลายระดับ) รวมถึงพัดลมดูดอากาศที่อยู่หลังคอยล์เย็นก็สามารถปรับขนาดของความเร็วในการหมุนได้อีกด้วย โดยผ่านทางสวิทช์ควบคุมความแรงของพัดลมซึ่งติดตั้งอยู่บนแผงคอนโซลแอร์เช่นกัน อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่บริเวณใกล้ ๆ กับคอยล์เย็นจะอยู่ในกล่องที่เรามักเรียกว่า ตู้แอร์ จะเป็นตู้สำเร็จรูปถูกติดตั้งโดยยึดติดกับโครงรถบริเวณใต้คอนโซลหน้าปัทม์พร้อมทั้งยังมีท่อน้ำทิ้ง ซึ่งต่อออกจากตู้แอร์ออกไปนอกตัวรถเพราะบางสถานการณ์ความเย็นที่บริเวณคอยล์เย็นรวมตัวเกาะกันเป็นน้ำแข็งแล้วหยดเป็นน้ำไหลไปตามท่อน้ำทิ้งของตู้แอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นแก๊ส สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากอากาศโดยรอบโดยมีมอเตอร์โบว์เออร์เป็นตัวช่วยเป่าอากาศ ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ถูกเป่าเข้าไปในห้องผู้โดยสารเย็นลง คอยล์เย็นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) แบบแผ่นครีบรอบท่อ (Plate fin type) 2) แบบแผ่นท่อวกวน (Serpentine type)

ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างอีแว๊ปเปอร์เรเตอร์/ คอยล์เย็น

น้ำยาแอร์ (Refrigerant) คือ สารให้ความเย็น ซึ่งสารชนิดนี้มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนรอบ ๆ ข้างเข้ามาอยู่ในตัวของมันแล้วทำให้อากาศบริเวณรอบข้างมีอุณหภูมิต่ำลงน้ำยาแอร์ที่ใช้ในรถยนต์จะใช้สาร CFC-12 (โดยทั่วไปเรียก R-12) โดยสารชนิดนี้ เมื่อผ่านกระบวนการทำให้เป็นของเหลวและทำให้ความดันต่ำแล้วจะดูดซับความร้อนได้ดี ต่อมามีการรณรงค์เรื่องการต่อต้านการใช้สาร CFC เพราะสาร CFC จะไปทำลายชั้นโอโซนของโลก ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อโลกในระยะยาวและน้ำยา CFC-12 ก็เป็นสารประเภทนี้ด้วย ดังนั้นต่อมาผู้ผลิตน้ำยาแอร์ส่วนใหญ่จึงหันมาใช้น้ำยาสูตรใหม่ คือ HFC-134a (หรือทั่วไปเรียกว่า R-134a) โดยจะใช้กับรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ ที่ถูกผลิตออกมาเพราะจะไม่เป็นอันตรายต่อชั้นโอโซนของโลก

การทำงานของระบบปรับอากาศรถยนต์ เริ่มต้นที่สารทำความเย็น (Refrigerants) เพราะว่าถ้าปราศจากสารทำความเย็นแล้วไม่ว่าการทำความเย็นหรือปรับอากาศก็จะไม่เกิดขึ้นที่สำคัญที่สุด คือ คุณสมบัติของสารทำความเย็น คือ สารที่ดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองที่อุณหภูมิต่ำและระบายความร้อนออกที่อุณหภูมิสูง ยกตัวอย่าง เช่น CFC-12 ซึ่งเป็นสารทำความเย็นยอดนิยมมาตั้งแต่ปี คศ. 1930 จนยกเลิกการผลิตไปในปี คศ. 2000 สารทำความเย็น CFC-12 มีจุดเดือดที่ -29.8 องศาเซลเซียส และมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ 39.97 kcal/kg ถ้าเปรียบเทียบจุดเดือดกับน้ำซึ่งมีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส แล้วสารทำความเย็น CFC-12 มีจุดเดือดที่ต่ำกว่า จึงมีความเหมาะสมมากกว่าที่จะนำไปใช้เป็นสารทำความเย็น คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เข้ามาทาง ท่อซักชั่น (Suction line) หรือท่อดูดสารทำความเย็นที่ดูดเข้ามานี้มีสถานะเป็นไอ (ไออิ่มตัว Saturated vapor) มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ แล้วอัดออกไปด้วยกำลังของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ออกมาทางท่อดิสชาร์จ (Discharge line) หรือท่อจ่ายสารทำความเย็นที่ถูกอัดออกไปนี้จะมีสถานะเป็นไอ (ไอยิ่งยวด Superheated vapor) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่ถูกอัดออกมาจาก คอมเพรสเซอร์เข้ามาทางท่อดิสชาร์จ (Discharge line) หรือท่อจ่าย มีสถานะเป็น

ไอ (ไอยิ่งยวด Superheated vapor) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง หลังจากระบายความร้อนออกแล้ว สารทำความเย็นจะมีสถานะเป็นของเหลว (ของเหลงอิ่มตัว Statured liquid) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงคอนเดนเซอร์ (Condenser) ติดตั้งบริเวณส่วนหน้าของรถ หน้าหม้อน้ำรถยนต์มีพัดลมทำหน้าที่ช่วยระบายความร้อน ดรายเออร์และรีซีฟเวอร์ (Drier & Receiver) สารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ จะถูกส่งมาที่ดรายเออร์และรีซีฟเวอร์ เพื่อทำการกรอง ดูดความชื้น และพักสารทำความเย็นเพื่อจะส่งต่อไปยัง แอ็กซแพนชั้นวาลว์ ผ่านทางท่อ ท่อลิควิด (Liquid line) แอ็กซแพนชั้นวาลว์ (Expansion valve) ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็น และควบคุมสารทำความเย็นที่ฉีดเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ให้พอเหมาะที่จะกลายเป็นไอในอีวาโปเรเตอร์ การฉีดนั้นเช่นเดียวกับการฉีดน้ำทางท่อยางที่บีบปลายท่อไว้สารทำความเย็นจะถูกฉีดเข้าไปเป็นฝอยจะมีสถานะเป็นไอเปียกมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) รับสารทำความเย็นที่ฉีดออกมาจาก แอ็กซ์แพนชั้นวาลว์ ซึ่งมีลักษณะเป็นฝอยมีสถานะเป็นไอเปียกมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากคุณสมบัติของสารทำความเย็นที่มีจุดเดือดที่อุณหภูมิต่ำที่อีวาโปเรเตอร์นี้เองที่สารทำความเย็นจะดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองแล้วกลายเป็นไอ (ไออิ่มตัวมีความดันต่ำละอุณหภูมิต่ำ) ออกจากอีวาโปเรเตอร์แล้วถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์เมื่อความร้อนของอากาศโดยรอบอีวาโปเรเตอร์ถูกดูดออกไปที่เหลือ ก็คือ อากาศเย็นที่พัดออกมาทางช่องลมเย็นนั้นเอง



ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างระบบปรับอากาศรถยนต์

การตรวจสอบรอยรั่ว 1) แบบฟองสบู่ เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากเนื่องจากว่า ประหยัดค่าใช้จ่าย ง่ายต่อการตรวจสอบ มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเพราะเพียงแค่เราสังเกตดูลักษณะฟองสบู่ในจุดที่เราทำการตรวจเช็คเราก็จะทราบว่าในจุด ๆ นั้นมีรอยรั่วหรือไม่ 2) แบบตะเกียงตรวจรั่ว มีหลักการคร่าว ๆ คือ ใช้ตะเกียงที่มักต่อกับกระป๋องแก๊สขนาดเล็กที่ถือได้สะดวกและแก๊สที่ใช้มักเป็นแก๊สโพรเพน เมื่อจุดไปให้ตัวตะเกียงจะเกิดเปลวไฟขึ้น ซึ่งสีเปลวไฟจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับสีเปลวไฟของระบบเตาแก๊สในบ้านเรือน เมื่อมีการนำไปตรวจรั่ว ถ้ามีการรั่วของสารทำความเย็นในระบบ เปลวไฟจะเปลี่ยนสีไปจากปกติทันที โดยลักษณะของเปลวไฟจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน 3) แบบอิเล็กทรอนิกส์จัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบรอยรั่วระบบปรับอากาศรถยนต์และระบบปรับอากาศทั่ว ๆ ไปที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถวิเคราะห์จุดรั่วได้แม้จะเป็นจุดรั่วเล็กน้อยก็ตาม โดยปกติแล้วจะมีใช้อยู่ 2 ระบบ คือ ระบบแสงและระบบเสียง โดยจะมีแสงกระพริบหรือเสียงเตือนเมื่อมีการรั่วเกิดขึ้นในบริเวณใด แต่เครื่องตรวจสอบรอยรั่วแบบอิเล็กทรอนิกส์มักมีราคาแพง จึงไม่เป็นที่นิยมในท้องตลาดเท่าใดนัก

2. ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering)

อัมพิกา ไกรฤทธิ์ (2540) กล่าวว่า วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) ที่นำไปใช้ในโครงการต่าง ๆ นั้นเปรียบเสมือนสิ่งมหัศจรรย์ที่ทำให้เกิดความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดต้นทุนให้ต่ำลงได้อย่างมีระบบโดยไม่ลดคุณภาพเลย

เรามักพบว่าในวงการธุรกิจอุตสาหกรรม จะมีจุดมุ่งมายในทำนองเดียวกัน คือ การลดต้นทุนให้ต่ำลงได้ สิ่งเหล่านี้รวมถึงโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้ การเปรียบเทียบราคา (Cost comparison) การวิเคราะห์ระบบการผลิต (Manufacturing system analysis) การวิเคราะห์ความเคลื่อนไหว (Motion analysis) การผลิตหรือซื้อ (Make or Order) การทำมาตรฐาน (Standardization) โปรแกรมเหล่านี้ได้ผลอย่างยิ่งในขอบข่ายของตัวมันเองแต่วิศวกรรมคุณค่า (VE) ได้นำสิ่งเหล่านี้เข้ามาประยุกต์และใช้งานร่วมกันด้วย จึงก่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นไปอีก

2.1 จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมคุณค่า (VE)

จุดมุ่งหมายหลัก คือ การลดต้นทุนการผลิต หรือขจัดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นหรือไม่จำเป็นออกไป โดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังคงคุณภาพ และความน่าเชื่อถือได้อยู่ การลดต้นทุนด้วยการทำให้คุณภาพนั้นลดลง มิใช่ VE ดังที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาได้นิยาม VE ไว้ดังนี้วิศวกรรมคุณค่า คือ การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบ โดยเน้นการทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการเป็นหลักใหญ่ด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดและคงไว้ซึ่งความเชื่อถือได้ ในขณะที่การใช้เทคนิคของ VE แพร่หลายนั้นได้เกิดศัพท์ใหม่ ซึ่งเรียกต่าง ๆ กันไปตามชนิดของธุรกิจอันได้แก่

VC = Value control มุ่งการศึกษาไปที่การควบคุมคุณภาพและต้นทุนการผลิต

VB = Value buying มุ่งไปที่การจัดซื้อวัสดุและผลิตภัณฑ์จากผู้ขาย

VR = Value research ใช้ในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือทดสอบ

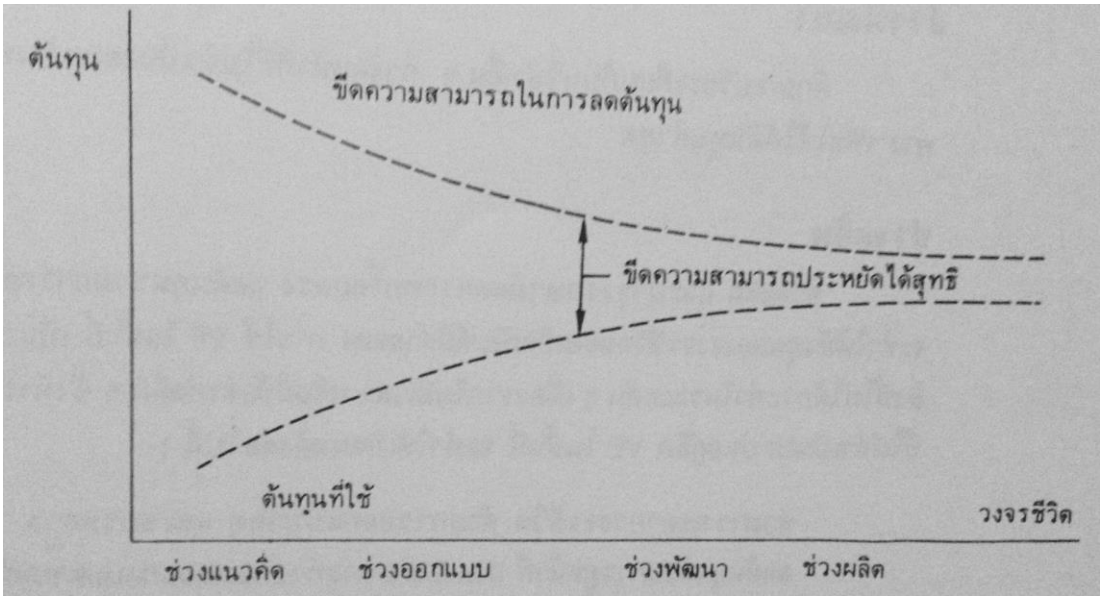
VI = Value improvement เมื่อบริษัทมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และแนะนำเข้าสู่ตลาด จะเรียกว่า การปรับปรุงคุณค่า

VM = Value management ศัพท์คำนี้เริ่มใช้แพร่หลายเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร ไม่ว่าจะใช้ศัพท์คำไหนก็ตาม จุดประสงค์คงมุ่งที่หน้าที่การทำงาน (Function) ของมันไม่ว่าจะประยุกต์ไปที่หน่วยงานใด งานที่มีคุณค่าจะช่วยประหยัดเงินตรา VE ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้ การบำรุงรักษาและสมรรถนะ นอกจากนี้ยังใช้ VE ไปประยุกต์ในโปรแกรมความปลอดภัย การอนุรักษ์พลังงาน การควบคุม และช่วยลดปัญหาที่เกิดจากมนุษย์ (Human factors)

กล่าวโดยสรุป เมื่อองค์การใดตั้งโปรแกรม VE วัตถุประสงค์หลักประกอบด้วย 1) เพื่อใช้ทรัพยากร (เงิน กำลังคน และวัสดุ) อย่างเหมาะสมด้วยการกำจัดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกไปโดยไม่ทำให้คุณภาพหรือสมรรถนะลดลง 2) เพื่อสร้างคุณภาพที่ดีในการเปลี่ยนแปลงในองค์กร 3) เพื่อพัฒนาพนักงานให้พอใจในงาน ด้วยการฝึกทักษะในการประหยัด มีจิตสำนึกในเรื่องต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2.2 ขอบข่าย VAVE

แผนงานวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering job plan) ถูกกำหนดขึ้นมาอย่างมีระบบและระเบียบ แนวทางแต่ละขั้นตอนคล้ายกับเทคนิคการวินิจฉัยโรคของวงการแพทย์ หรือจากทุกแง่ทุกมุมของกิจกรรมทั้งหมดของบริษัท การมองที่หน้าที่ (Function) ที่จำเป็นโดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดชี้ให้เห็นว่า หน้าที่อะไรของผลิตภัณฑ์ หรือระบบที่มีความจำเป็นและหน้าที่อะไรที่ไม่จำเป็น อันจะทำให้สามารถตัดค่าใช้จ่ายของหน้าที่ซึ่งไม่จำเป็นออกได้



ภาพที่ 2-8 วงจรชีวิตและขีดความสามารถที่จะประหยัดได้

VE ได้พิสูจน์แล้วว่าใช้ได้ผลในการลดต้นทุน ไม่ว่าจะเป็นงานในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม การทดสอบเครื่องจักร โครงการก่อสร้าง ขั้นตอนการจัดซื้อ กระบวนการผลิต สิ่งอำนวยความสะดวกในอุตสาหกรรมการผลิต ตลอดจนการบริหารงานทุกระดับขั้น

จากภาพที่ 2-8 สามารอธิบายได้ดังนี้

ช่วงแนวคิด: จุดประสงค์ในช่วงนี้เพื่อจะทำการแปลงความต้องการเข้าสู่แนวความคิดด้วยการทำให้คำอธิบายเกี่ยวกับแนวปฏิบัติในอนาคต สิ่งค้ำจุนความต้องการ และผลกระทบใช้ VE ในขั้นตอนนี้เพื่อการตัดสินใจที่ประหยัดที่สุดและให้ได้รับประสิทธิผลทางด้านหน้าที่ (Function) ของผลิตภัณฑ์ หรือระบบซึ่งในขั้นตอนนี้อาจมีแบบจำลอง หรือความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกัน

ช่วงออกแบบ: เมื่อแนวความคิดได้รับการยอมรับ มีการเขียนแบบอย่างคร่าว ๆ ให้ข้อกำหนด (Specification) รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลในด้านปริมาณและคุณภาพ เทคนิคของ VE ในช่วงนี้ คือ วิเคราะห์หน้าที่ที่สำคัญ ดูความเป็นไปได้ทางเทคนิค ออกแบบงานให้มีคุณค่าเพิ่ม การเปรียบเทียบในช่วงนี้ต้องการทักษะพิเศษ เพื่อให้ได้โครงการที่ให้ประโยชน์สูงสุดทางเศรษฐกิจ โดยดูจากดัชนีของคุณค่า (Value index) ออกแบบขั้นสุดท้าย กำหนดรายละเอียด หมายกำหนดการของการใช้งานใช้ VE ในขั้นนี้ ด้วยการกำจัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น เปรียบเทียบราคารายละเอียดมาตรฐาน กำจัดรายการที่ไม่จำเป็นออกไป

ช่วงพัฒนา: ศึกษาเปรียบเทียบกับบริษัทอื่น ๆ กำจัดหน้าที่ที่ไม่จำเป็นออก สร้างทางเลือกหลาย ๆ ทางเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ต่ำสุด

ช่วงผลิตและบำรุงรักษา: มีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนรวม การลดต้นทุนในช่วงนี้จะทำให้ต้นทุนของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง การใช้ VE ในขั้นนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่ไม่ได้กระทำในระยะต้น ๆ เนื่องจากไม่มีเวลา หรือมีข้อจำกัดอื่น ๆ ซึ่งทำให้ยิ่งมีค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นปะปนอยู่อีก VE ในขั้นนี้ จะทำให้เกิดผลดังต่อไปนี้ 1) สามารถขยายวงจรชีวิต ด้วยการออกแบบวัสดุและขบวนการ 2) ลดต้นทุนด้วยการดูหน้าที่ (Function) การทำงานและออกแบบตามหน้าที่ให้ประหยัดที่สุด 3) การจัดงาน หรือข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับผู้ใช้ 4) ประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 5) ลดจำนวนวัสดุในสต็อกลง

วิศวกรรมคุณค่า คือ กระบวนการที่มีระบบแบบแผน มีการวิเคราะห์ และใช้วิธีการทางวิศวกรรมเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายในการค้นหาจุดที่ดีที่สุดสำหรับ Function การทำงาน คุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ ซึ่งวิศวกรรคุณค่าสามารถที่จะลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพได้โดยการปรับปรุง Function ของผลิตภัณฑ์ และมีหลักการทำงาน ดังนี้ 1) ระบุ Function ของผลิตภัณฑ์ 2) กำหนดมูลค่าของแต่ละ Function 3) คิดค้น Function ที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด

วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการต่าง ๆโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนได้อย่างมีระบบโดยคงคุณค่าไว้ VAVE นี้ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตใหม่ ปัจจุบันได้มีการระบุเทคนิค VAVE นี้ ไว้ในแผนอนุรักษ์พลังงานว่าเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการประหยัดพลังงาน และถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานหนึ่งของการค้นหาปัญหาและแก้ไขปัญหาเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื้อแท้ของแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า คือ การมีจิตสำนึกเกี่ยวกับประโยชน์การใช้งานและต้นทุน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ออกมาในรูปของคุณค่า ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$V = F/C \qquad (2\text{-}1)$$

V หมายถึง คุณค่า (Value)

F หมายถึง ประโยชน์การใช้งาน (Function)

C หมายถึง ต้นทุน (Cost)

2.3 กระบวนการทางวิศวกรรมคุณค่าตามหลักการของ ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.3.1 General phase ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือที่จำเป็นเพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจและทำการตั้งเป้าหมายหลักสำหรับโครงการ ข้อมูลสำคัญที่ต้อง

ทำการศึกษาเริ่มตั้งแต่ การเก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนและทำการคัดเลือกเพื่อนำมาทำการปรับปรุงต้นทุนต่อไป

2.3.2 Information phase เป็นขั้นตอนที่ยากและต้องใช้เวลานาน ซึ่งประกอบไปด้วย 3 เทคนิคหลัก คือ 1) Secure the facts ต้องมั่นใจว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นั้นเป็นข้อมูลจริงทั้งหมด 2) Determine the costs ต้องเป็นต้นทุนที่ครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง 3) Fix costs on specification and requirement ต้นทุนจะต้องเป็นจริงตามรายละเอียดของงานและ requirements

2.3.3 Function phase การวิเคราะห์หน้าที่ ประกอบไปด้วย 2 เทคนิคหลัก ๆ คือ 1) Define the Function คือ การกำหนดหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุง โดยกำหนด Function เป็นกริยา (Verb) และนาม (Noun) 2) Evaluate function relationships เป็นการจำแนกประเภทของ Function ออกเป็น Function หลัก และเป็น Function รอง (Secondary)

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วน

ปริมาณ	ชื่อชิ้นส่วนหลัก	ชื่อชิ้นส่วนย่อย	Function		Function type	
			กริยา	นาม	หลัก	รอง
1	คอมเพรสเซอร์ (Compressor)	-	เพิ่ม	แรงดัน	✓	
1	ตู้แอร์ (HVAC)	คอยล์เย็น (Evaporator)	สร้าง	ความเย็น	✓	
		Heater	สร้าง	ความร้อน	✓	
		Case	ป้องกัน	การกระแทก		✓
			รองรับ	ชิ้นส่วนภายใน	✓	
		Blower	เป่า	ลม	✓	
		Filter	กรอง	อากาศ	✓	

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ปริมาณ	ชื่อชิ้นส่วนหลัก	ชื่อชิ้นส่วนย่อย	Function		Function type	
			กริยา	นาม	หลัก	รอง
1	ถังพักน้ำยา (Driver receiver tank)	-	กรองและดูด	ความชื้น	✓	
1	วาล์ว (Expansion valve)	-	ลด	ความดัน	✓	
1	ท่อแอร์ (A/ C line)	Pipe	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓	
			ป้องกัน	การเสียดสี		✓
		Hose	สร้าง	ความยืดหยุ่นในการประกอบ		✓
		Joint Block	จับยึด	ตำแหน่ง	✓	
1	คอยล์ร้อน (Condenser)	-	ระบาย	ความร้อน	✓	

เมื่อทำการวิเคราะห์หน้าที่แล้ว จะทราบถึงหน้าที่หลักและหน้าที่รองของชิ้นส่วน และทำการประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ โดยจะใช้ตัวอักษรแทนหน้าที่ ตัวอย่างเช่น

A แทน หน้าที่ สร้างความเย็น

B แทน หน้าที่ สร้างความร้อน

C แทน หน้าที่ ป้องกันการกระแทก

D แทน หน้าที่ รองรับชิ้นส่วน

E แทน หน้าที่ เป่าลม

F แทน หน้าที่ กรองอากาศ

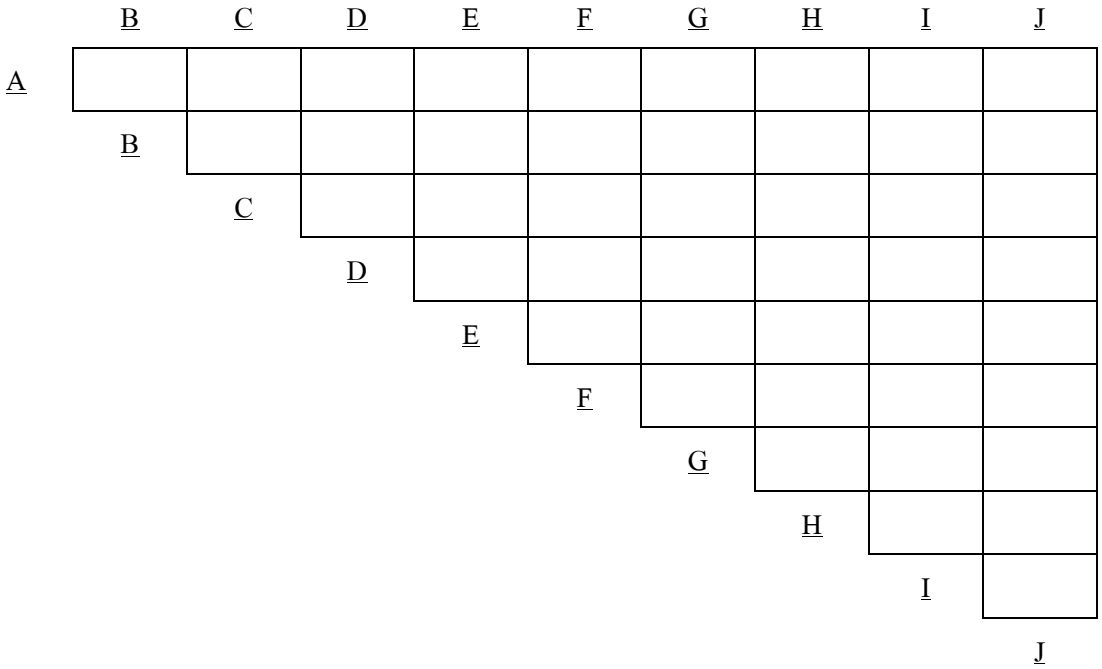
G แทน หน้าที่ ส่งผ่านน้ำยาแอร์

H แทน หน้าที่ ป้องกันการเสียดสี

I แทน หน้าที่ สร้างความยืดหยุ่นในการประกอบ

J แทนหน้าที่ จับหยึดตำแหน่ง

และให้น้ำหนักในการประเมินดังนี้ 1) ระดับความแตกต่างของความสำคัญน้อย 2) ระดับความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง 3) ระดับความแตกต่างของความสำคัญมาก จากนั้นทำการประเมินผลเชิงเลขโดยใช้ตารางดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ตัวอย่างตารางเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของหน้าที่

และจะได้ตัวเลขน้ำหนักของแต่ละหน้าที่หลักเพื่อแสดงความสำคัญของหน้าที่แต่ละตัวในตารางที่ 2-2 ทำการเรียงหน้าที่หลักที่มีน้ำหนักมากไปหาน้อย เพื่อเป็นหลักในการพิจารณาการออกแบบต่อไป

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างตารางการสรุปการประเมินเชิงตัวเลข

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก
A	สร้างความเย็น	
B	สร้างความร้อน	
C	ป้องกันการกระแทก	
D	รองรับชิ้นส่วน	
E	เป่าลม	
F	กรองอากาศ	
G	ส่งผ่านน้ำยาแอร์	
H	ป้องกันการเสียดสี	
I	สร้างความยืดหยุ่นในการประกอบ	
J	จับยึดตำแหน่ง	

2.3.4 Creation phase เป็นขั้นตอนในการสร้างสรรค์ความคิดเพื่อการปรับปรุง หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ถึงหน้าที่หลักของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคการสร้างความคิดของวิศวกรรมคุณค่า โดยใช้การเปรียบเทียบชิ้นส่วนกับคู่แข่ง คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้สำหรับหน้าที่หลัก และรูปแบบลักษณะของชิ้นส่วน ดังตัวอย่างดังนี้ 1) ลดน้ำหนัก หรือลดความหนาแน่น 2) เปลี่ยนชนิดของวัสดุ เช่น เปลี่ยนชนิดของพลาสติก 3) ออกแบบให้ขนาดเล็กลงหรือบางลง เช่น ลดความหนา 4) เปลี่ยนไปซื้อวัตถุดิบจากผู้ผลิตที่ถูกกว่า 5) ลดฟังก์ชันที่ไม่มีความจำเป็นออก จากนั้นทำการเลือกแนวความคิดที่มีแนวโน้มของความเป็นไปได้และยังคงหน้าที่หลักตามวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินในขั้นตอนถัดไป

2.3.5 Evaluation phase เป็นขั้นตอนที่ประเมินความคิดต่าง ๆ โดยคำนึงถึงการลดต้นทุนนั้นต้องไม่ลดคุณภาพและความน่าเชื่อถือได้ เทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้ 1) หาค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ของทุกแนวความคิด 2) ประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบการหาค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ของทุกแนวความคิด ดังตัวอย่างตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ตัวอย่างตารางการลดต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ในแต่ละแนวความคิดสร้างสรรค์ใหม่ของชิ้นส่วนย่อย

ลำดับ	หน้าที่	ต้นทุนที่ประหยัดได้โดยประมาณ
1	ลดน้ำหนัก หรือลดความหนาแน่น	
2	เปลี่ยนชนิดของวัสดุ เช่น เปลี่ยนชนิดของพลาสติก	
3	ออกแบบให้ขนาดเล็กลงหรือบางลง เช่น ลดความหนา	
4	เปลี่ยนไปซื้อวัตถุดิบจากผู้ผลิตที่ถูกกว่า	
5	ลดฟังก์ชันที่ไม่มีความจำเป็นออก	
	Total	

การประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ ดังตัวอย่างตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างตารางประเมินผลความคิดของแต่ละแนวความคิดสร้างสรรค์ใหม่ของชิ้นส่วนย่อย

ความคิดจากการพัฒนาหน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย
ลดน้ำหนัก หรือลดความหนาแน่น		
เปลี่ยนชนิดของวัสดุ เช่น เปลี่ยนชนิดของพลาสติก		
ออกแบบให้ขนาดเล็กลงหรือบางลง เช่น ลดความหนา		
เปลี่ยนไปซื้อวัตถุดิบจากผู้ผลิตที่ถูกกว่า		

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ความคิดจากการพัฒนาหน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย
ลดฟังก์ชันที่ไม่มีความจำเป็นออก		

และเพื่อให้การประเมินผลเป็นไปอย่างละเอียดมากขึ้น จึงต้องทำการประเมินแบบ Evaluation matrix โดยพิจารณาดูจาก Factor ต่าง ๆ ดังนี้ 1) ประหยัดต้นทุน (Cost saving) 2) คุณภาพ (Quality) 3) ความสามารถในการประกอบ (Workability) 4) ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time) โดยให้น้ำหนักการประเมินดังนี้

5 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญมากที่สุด

4 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญมาก

3 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญปานกลาง

2 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญน้อย

1 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญน้อยที่สุด

จากนั้นทำการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขแต่ละปัจจัยโดยใช้ตารางที่ 2-5 และจะได้ตัวเลขน้ำหนัก เพื่อแสดงความสำคัญของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 2-6 เพื่อนำมาทำการประเมินแบบ Evaluation matrix ดังภาพที่ 2-7

ตารางที่ 2-5 ตัวอย่างตาราการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของแต่ละปัจจัย

ตัวแปร	ประหยัดต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	ความสามารถในการประกอบ (Workability)	ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time)
ประหยัดต้นทุน (Cost saving)				
คุณภาพ (Quality)				
ความสามารถในการประกอบ (Workability)				

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

ตัวแปร	ประหยัดต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	ความสามารถในการประกอบ (Workability)	ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time)
ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time)				
รวม				

ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างตารางระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ
ต้นทุน (Cost saving)	
คุณภาพ (Quality)	
ความสามารถในการประกอบ (Workability)	
ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time)	
รวม	

น้ำหนัก		ต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	ความสามารถในการประกอบ (Workability)	ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time)		
		ระดับความสำคัญ					
						รวม	No.
แนวคิดสร้างสรรค์ที่ 1	5						
	4						
	3						
	2						
	1						
	รวม						
แนวคิดสร้างสรรค์ที่ 2	5						
	4						
	3						
	2						
	1						
	รวม						
แนวคิดสร้างสรรค์ที่ 3	5						
	4						
	3						
	2						
	1						
	รวม						

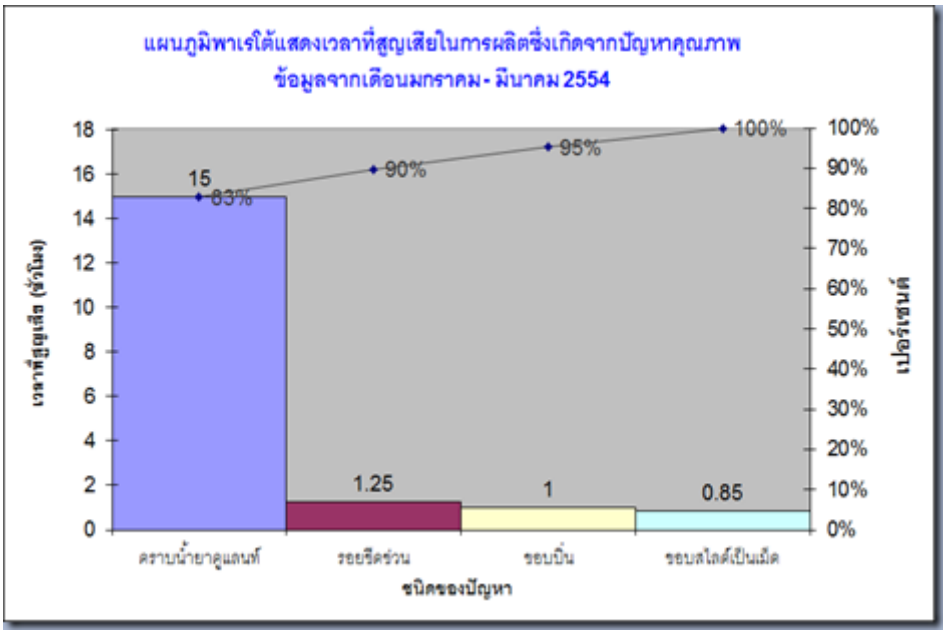
ภาพที่ 2-10 ตัวอย่างตารางการทำ Evaluation matrix

2.3.6 Investigation phase กลั่นกรองทางเลือกของแนวความคิดที่สามารถเป็นไปได้ ไม่กระทบในส่วนของคุณภาพ รวมทั้งให้การลดต้นทุนที่ดีที่สุด ซึ่งทางเลือกนี้ต้องได้รับการอนุมัติจากฝ่ายผลิตและผ่านการทดสอบตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้

2.3.7 Recommendation phase เป็นการสรุปกิจกรรมการทำงาน ซึ่งเป็นการสรุปผลการพิจารณาที่ทำมาอย่างเป็นขั้นตอนและมีหลักการจนได้ผลสรุปที่มีคุณภาพออกมา รวมถึงการเปรียบเทียบต้นทุนแบบเก่าและแบบใหม่ เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลต่างของต้นทุนที่เราสามารถลดได้

3. แผนภาพพาเรโต (Pareto diagram)

แผนภาพพาเรโต เป็นเครื่องมือทางสถิติอีกตัวหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้งานกันมากทั้งในวิศวกรรมการผลิตและการบริการสำหรับการตรวจสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูลแบบหลายพวก ตลอดจนใช้ในการพิจารณาถึงการจำแนกประเภทของข้อมูล (Stratification) เพื่อประกอบการวิเคราะห์โดยมีประเด็นสำคัญ คือ ถ้าหากมีการตรวจสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูลแล้ว จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลในรูปค่าสะสมตามเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเสมอ โดยแผนภาพดังกล่าวนี้จะอาศัยหลักการพาเรโต (Pareto principle) ที่ระบุไว้ถึง สิ่งที่มีความสำคัญมากจำนวนเล็กน้อย (The vital few) และสิ่งที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจำนวนมาก (The trivial many) แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในระยะเวลาต่อมาของ Juran พบว่าไม่มีปัญหาอะไรเลยที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อย ดังนั้น Juran (1992) จึงเรียก สิ่งที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจำนวนมากมาย (Trivial many) นี้เสียใหม่ว่า สิ่งที่มีประโยชน์จำนวนมากมาย (Useful many) ดังแสดงตัวอย่างการประยุกต์หลักการพาเรโตกับเวลาที่สูญเสียในการผลิตซึ่งเกิดจากปัญหาคุณภาพในภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 แผนภูมิพาเรโตแสดงเวลาที่สูญเสียในการผลิตซึ่งเกิดจากปัญหาคุณภาพ

ตัวเลขหยาบ ๆ ที่ Juran (1992) แนะนำให้ใช้กับการตัดสินใจหลักการพาเรโต คือ 80-20 ซึ่งหมายความว่า ปัญหาที่มีความสำคัญมาก จำนวนประมาณ 80% มักจะมีสาเหตุมาจากประมาณ 20% ของสาเหตุทั้งหมด ในขณะที่จำนวนสาเหตุที่เหลือประมาณ 80% จะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวนประมาณ 20% ของปัญหาเท่านั้น โดยในความสำคัญของปัญหานี้ Juran แนะนำให้ใช้ค่าใช้จ่ายในรูปตัวเงินเป็นหน่วยวัด แต่อย่างไรก็ดี ในระยะหลัง อาจจะมีการใช้ค่าอื่น ๆ ในการวัดความสำคัญของปัญหาได้ เช่น การใช้ความถี่ของการเกิดปัญหาแต่ละอาการ เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ กฤษดา ประสพชัยชนะ บัญชา อริยะจรรยา และสันติ นิลสุวรรณ (2559) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาหัวฉีดพลาสติกของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ในอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า การวิเคราะห์พบว่าชิ้นส่วนหัวฉีดพลาสติกเป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่หลักของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์และมีต้นทุนการผลิตมากสุด คือ 64.05 บาทต่อตัน ซึ่งอายุการใช้งานของหัวฉีดพลาสติก 1 ชิ้นสามารถฉีดพลาสติกได้ 1,327 ตัน ดังนั้น หัวฉีดพลาสติกจึงถูกนำมาดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนโดยทำการออกแบบใหม่ด้วยเทคนิคการแก้ไขปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น หลักจากการนำหัวฉีกพลาสติกที่ออกแบบใหม่ไปใช้ในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ พบว่าต้นทุนการผลิตลดลงเหลือ 11.46 บาทต่อตัน และเพิ่มอายุการใช้งานเป็น 2,181 ตันต่อหัวฉีดพลาสติก ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการลดต้นทุน 279,148 บาทต่อปี

ภัทรวรรณ ธราพร และจักพงษ์ พงษ์เพ็ง (2556) งานวิจัยนี้พัฒนาโครงสร้างปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้วิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบอาคาร โดยใช้แบบสอบถามสำรวจทัศนคติของผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ตำแหน่งผู้จัดการโครงการ วิศวกรรมโยธา สถาปนิก และวิศวกรไฟฟ้า โดยมีสเกลวัดแบบลิเคิท ในการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ออกแบบก่อสร้างเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งเสริมการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ข้อมูลถูกวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อยืนยันโครงสร้างปัจจัย คือ 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง ผลการวิจัยพบว่าโครงสร้างปัจจัยถูกแบ่งเป็นสี่กลุ่ม พร้อมน้ำหนักความสำคัญดังนี้ การออกแบบสถาปัตยกรรมและตกแต่งภายใน (ร้อยละ 35) การออกแบบระบบ (ร้อยละ 33) การออกแบบภายนอกอาคาร (ร้อยละ 28) และการออกแบบโครงสร้าง (ร้อยละ 4) ซึ่งโครงสร้างปัจจัยนี้จะเป็นประโยชน์กับอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่จะใช้วิศวกรรมคุณค่าเพื่อช่วยลดต้นทุนก่อสร้าง

อุรุท ศุภคุณ และนัฏฐวิกา จันทร์ศรี (2555) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศเพื่อลดต้นทุน เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการออกแบบเพื่อการประกอบในการออกแบบ และพัฒนาชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศเพื่อลดต้นทุน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การวิเคราะห์หน้าที่ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการประกอบ การปรับปรุงการออกแบบชิ้นส่วนใหม่ การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างและการประมาณต้นทุน ผลการวิเคราะห์หน้าที่นี้พบว่า มูลค่าของชุดขาตั้งมอเตอร์แบบเดิม คือ 0.5 หน้าที่หลัก คือ รักษาระดับแกนของพัดลม และหน้าที่รองคือ ยึดชิ้นส่วน และลดแรงสั่นสะเทือน งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญหน้าที่ การรักษาระดับแกนของพัดลมเป็นลำดับแรก ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการประกอบ ทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพในการประกอบเท่ากับ 2.84% นั่นหมายความว่า ชุดขาตั้งมอเตอร์ควรถูกปรับปรุงแก้ไขการออกแบบ ผลการปรับปรุงการออกแบบชิ้นส่วนใหม่ การปรับปรุงการออกแบบชุดขาตั้งมอเตอร์ยึดหลัก 3 ประการ คือ รวมชิ้นส่วนขาตั้งมอเตอร์และแบล็คเก็ตเข้าด้วยกัน การจัดยางรองมอเตอร์แต่ยังสามารถดูดซับแรงสั่นสะเทือนของมอเตอร์ได้และเปลี่ยนการใช้สกรู เป็นนัทในการยึดขาตั้งมอเตอร์กับฐานเครื่องปรับอากาศเพื่อความง่ายในการยึด ซึ่งยังคงหน้าที่ของชุดขามอเตอร์ไว้เหมือนเดิม ผลการปรับปรุงพบว่าลดเวลาในการประกอบชุดขาตั้งมอเตอร์ลงได้ 35.8 วินาที และเพิ่มประสิทธิภาพในการประกอบเป็น 4.29% ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง โครงสร้างชุดขาตั้งมอเตอร์แบบใหม่ทาจากเหล็ก SGCC (JIS G3321) เป็นแผ่นรีดเย็นเคลือบสังกะสีโดยกรรมวิธีจุ่มร้อน ซึ่งค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 350 เมกะปาสคาล โครงสร้างนี้ใช้รับน้าหนักมอเตอร์ ซึ่งจาเป็นที่ต้องวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง โดยพิจารณาการจาลองแรงที่กระทาคงที่ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างพบว่าความเค้นที่เกิดขึ้นจริงมีค่าไม่เกิน 233.33 เมกะปาสคาล นั่นหมายความว่าชุดขาตั้งมอเตอร์แบบใหม่นี้มีความปลอดภัยความเค้นมากกว่า ผลการประมาณต้นทุนการรวมชิ้นส่วนขาตั้งมอเตอร์และแบล็คเก็ตเข้าด้วยกัน การกาจัดยางรองมอเตอร์แต่ยังสามารถดูดซับแรงสั่นสะเทือนของมอเตอร์ได้และการเปลี่ยนการใช้สกรูเป็นนัทในการยึดขาตั้งมอเตอร์กับฐานเครื่องปรับอากาศเพื่อความง่ายในการยึด ทำให้ต้นทุนชุดขาตั้งมอเตอร์ลดลงจาก 61.38 เป็น 51.21 บาทต่อชิ้น หรือลดลง 7.32 ล้านบาทต่อปี โดยที่กาลังการผลิตเฉลี่ย 60,000 ชิ้นต่อเดือน

เถลิง พลเจริญ และสุรเชษฐ์ บางเมือง (2555) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีลดต้นทุนในการสร้างเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนโดยไม่ทำให้หน้าที่การทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง ขอบเขตของงานนี้จะศึกษาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนของมหาวิทยาลัยธนบุรีการออกแบบชิ้นส่วน

และสร้างขดท่อทำความร้อนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและประเมินผลในด้านต้นทุนและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ขั้นตอนในการดำเนินการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าของ ซึ่งมี 7 ขั้นตอนดังนี้ 1) การเลือกหัวข้อเรื่อง 2) การรวบรวมข้อมูล 3) การกำหนดประโยชน์การใช้งาน 4) การประเมินหน้าที่การใช้งานที่สำคัญ 5) การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ 6) การประเมินผล และ 7) ขั้นเสนอแนะ จากการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการดำเนินงานได้ออกแบบชิ้นส่วนใหม่โดยเปลี่ยนวัสดุที่ใช้จากท่อทองแดงมาเป็นท่ออลูมิเนียม สามารถลดต้นทุนได้ 2,800 บาท และหลังจากได้ทดลองใช้งานจริงเป็นเวลา 28 วัน พบว่าการนำความร้อนของท่ออลูมิเนียมใช้แทนทองแดงได้ จากการทดสอบพบว่าการทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิที่ได้ 50-56 องศาเซลเซียส

Chougule and Kallurkar (2012) บทวิจัยนี้ได้นำเสนอพื้นฐานของวิศวกรรมคุณค่าที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ใด ๆ ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพความคุ้มค่า กรณีศึกษาของเครื่องทดสอบสากล (UTM) จะกล่าวถึงในส่วนของวัสดุและการออกแบบชิ้นส่วนดำเนินไปตามวิธีการวิศวกรรมคุณค่า ในกรณีศึกษานี้เป็นการสังเกตว่าการเพิ่มขึ้นที่ไม่จำเป็นของค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้วัสดุที่มีราคาแพงเพิ่มขึ้นเพื่อความหลากหลายของฮาร์ดแวร์จึงส่งผลต่อการเพิ่มสินค้าคงคลังและอื่น ๆ ดังนั้นเราจึงได้เลือกบางชิ้นส่วนจาก UTM เช่น Hand wheel, Range Selector knob, Top bearing bracket assembly, Dial bracket, Recorder gear ฯลฯ และได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้สำหรับการลดค่าใช้จ่ายของชิ้นส่วนของ UTM ดังนั้นโดยการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าเพื่อการปรับเปลี่ยนการออกแบบแบบ Dial bracket และ Top bearing bracket assembly โดยใช้ทางเลือกวัสดุที่มีราคาถูกลงสำหรับ Recorder gears, Range selector knob and hand wheel เป็นข้อเสนอแนะในกรณีศึกษานี้ จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 20.84%.

Urmila A Mahadik (2015) ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างจุดมุ่งหมายของการควบคุมโครงการ คือ เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการเสร็จภายในเวลาที่กำหนดงบประมาณและบรรลุกิจกรรมของโครงการอื่น ๆ เวลาและค่าใช้จ่ายเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญ เทคนิคการลดต้นทุน การลดลงของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเป็นเป้าหมายอย่างต่อเนื่องสำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง วิธีของการลดต้นทุนในการก่อสร้าง คือ การใช้วิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์อย่างยั่งยืนภายในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทั้งวิศวกรรมคุณค่าและการพัฒนาที่ยั่งยืนมีบทบาทสำคัญมากในเรื่องของคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ ความทนทานเพิ่มประสิทธิภาพตลอดอายุของโครงการโดยไม่รบกวนความต้องการในอนาคต บทวิจัยนี้ครอบคลุมถึงบทบาทของวิศวกรรมคุณค่าเป็นเทคนิคการลดต้นทุนเช่นเดียวกับขั้นตอนของการวิศวกรรมคุณค่าในความสัมพันธ์ของการก่อสร้างที่ยั่งยืน ซึ่งได้รับการกล่าวถึงว่าการใช้เทคนิคการลดต้นทุน เช่น วิศวกรรมคุณค่าโดยหลากหลายสาขาวิชาชีพ

ความคุ้มค่าและเศรษฐกิจที่ดีขึ้นผ่านการศึกษาของแนวคิดวิธีการ การออกแบบทางเลือกวัสดุและการก่อสร้างโดยไม่สูญเสียความต้องการของหน้าที่การทำงานและคุณภาพ ดังนั้นเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายจะมั่นใจได้ว่าเป็นต้นทุนที่ดีที่สุด ซึ่งคุณค่าที่ได้รับจนตลอดอายุการใช้งานของอาคารหรือโครงสร้าง เพื่อการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม และการพัฒนาสังคม วิศวกรรมคุณค่ามอบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเทคนิคเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนำ

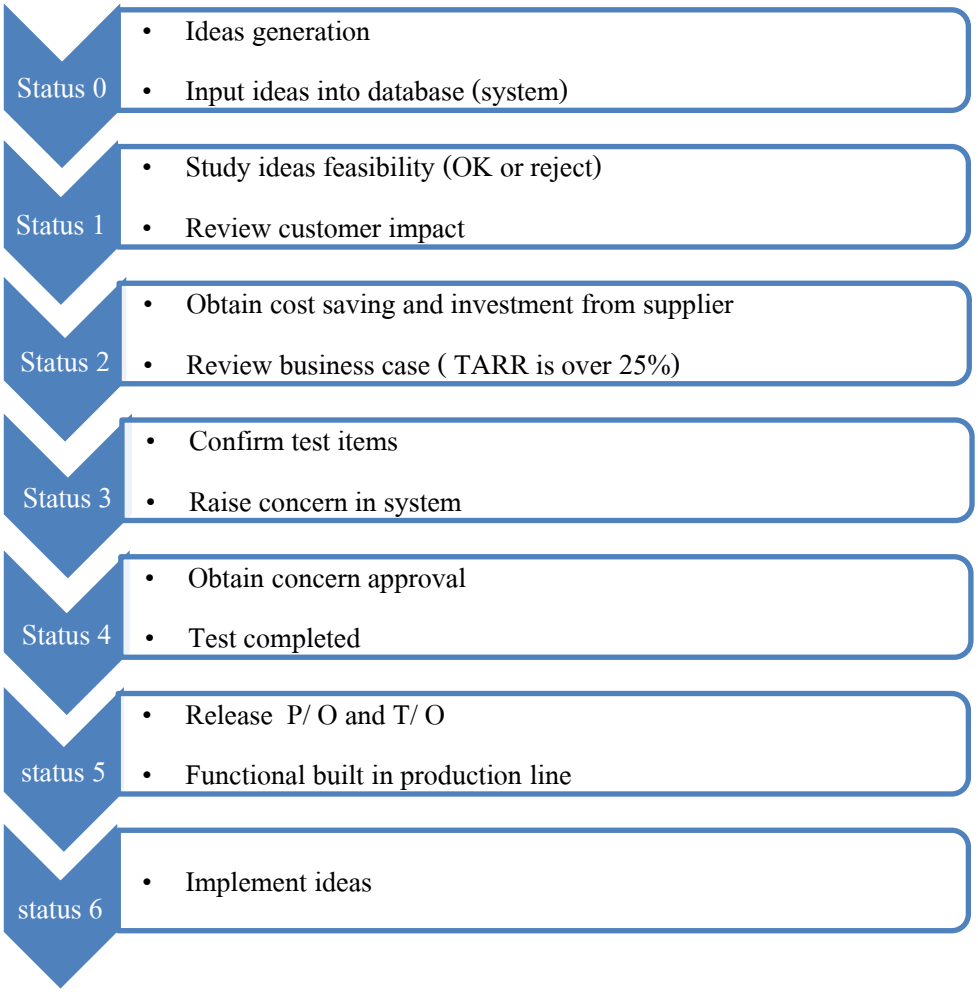
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นส่วนของระบบปรับอากาศรถยนต์ เพื่อวัตถุประสงค์หลักในการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงปัญหาหลัก คือ ต้นทุนที่เป็นมูลค่าของชิ้นส่วนรถยนต์ในระบบปรับอากาศรถยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการผลิตรถยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ปี ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการออกแบบและวัสดุที่นำมาใช้ตลอดจนผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่บริษัททำการซื้อขายในปัจจุบัน ซึ่งมีผู้ร่วมทีมงานในการทำกิจกรรมนี้ประกอบไปด้วย ฝ่ายจัดซื้อ (Buyer) ฝ่ายวิศวกรรมการออกแบบและพัฒนา (Product development) ฝ่ายการประกอบ (Manufacturing) ฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Quality control) และฝ่ายควบคุมการผลิต (Production control) ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ (Supplier) การร่วมมือของส่วนงานต่าง ๆ มีผลต่อความสำเร็จในการทำกิจกรรมลดต้นทุนเป็นอย่างมาก

การปรับปรุงและพัฒนาชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์มีเป้าหมายหลักในการทำให้สามารถลดต้นทุนในระยะยาวได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากโมเดลใหม่ได้ออกขายสู่ตลาดแล้ว อันเนื่องมาจากเวลาที่ไม่เพียงพอในช่วงเริ่มต้นของการออกแบบโดยที่ผู้ออกแบบไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนของวัสดุที่เลือกนำมาใช้ และการใส่ฟังก์ชั่นการทำงานที่มากเกินความต้องการของลูกค้า

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) ดังภาพที่ 3-1 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้ 1) การเลือกโครงการ (General phase) 2) รวบรวมข้อมูล (Information phase) 3) วิเคราะห์หน้าที่ (Function phase) 4) สร้างสรรค์ความคิด (Creation phase) 5) ขั้นประเมินความคิด (Evaluation phase) 6) ขั้นทดสอบและพิสูจน์ (Investigation phase) 7) ขั้นเสนอแนะ (Recommendation phase)

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ปัจจุบันบริษัทของผู้ทำวิจัยได้มีการพัฒนาขั้นตอนการทำงานเพื่อทำการลดต้นทุนในส่วนของการออกแบบ (Design cost reduction) ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการลดต้นทุนของบริษัทผู้ทำวิจัย

ทางผู้ทำการวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิคทางวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) มาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้การทำงานเป็นระบบมากขึ้น

การดำเนินงาน

1. การเลือกโครงการ (General phase)

เนื่องจากว่าชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์มีเป็นจำนวนมาก ทางผู้วิจัยจึงทำการเลือกชิ้นส่วนหลักที่เหมาะสมที่สามาถนำเข้ามาประยุกต์กับเทคนิค วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) โดยใช้แผนภูมิพาเรโตในการเลือกชิ้นส่วนที่มีความสำคัญมาดำเนินการก่อนเพื่อเป็นตัวอย่างในการประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนอื่น ๆ ต่อไป ดังตารางที่ 3-1 โดยที่ผลคะแนนมาจากการประเมิน 3 ตัวแปร

1.1 a ความสามารถในการดำเนินการลดต้นทุน (Capability): ความซับซ้อนของชิ้นส่วนมากจะทำให้ความยากต่อการลดต้นทุนมากขึ้นตามไปด้วยและมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศอีกด้วย

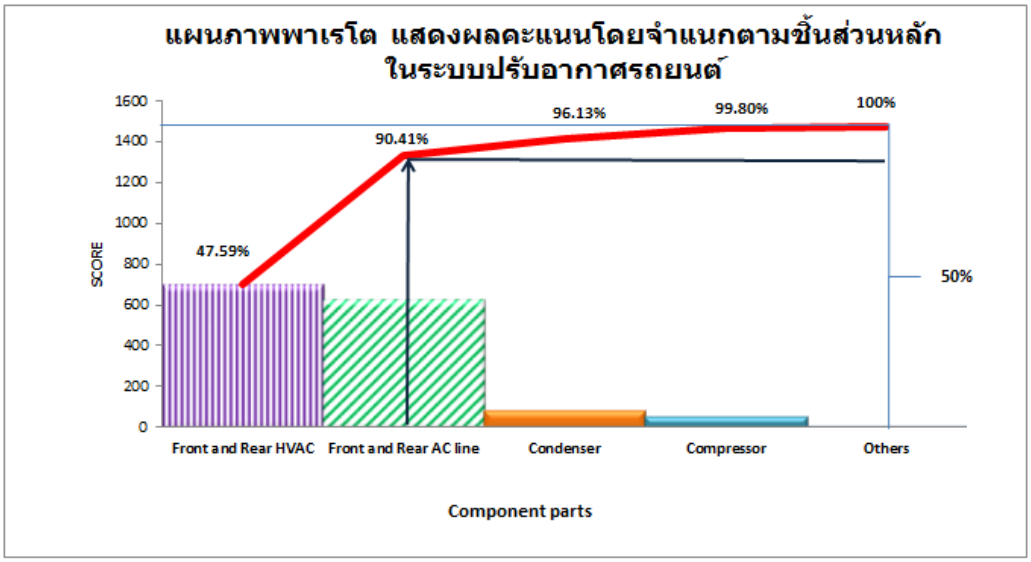
1.2 b ราคาชิ้นส่วน (Price): ยิ่งราคาชิ้นส่วนสูง โอกาสในการดำเนินการลดต้นทุนจะมีมากขึ้น

1.3 c ความรวดเร็วของระยะเวลาในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (Lead time): ชิ้นส่วนที่ซับซ้อนมากจะใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงนานขึ้นโดยให้ความต่างของคะแนนตั้งแต่ 1-10 เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก

ตารางที่ 3-1 ผลคะแนนของการเลือกชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์

ส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศรถยนต์	a ความสามารถในการดำเนินการลดต้นทุน (Capability)	b ราคาชิ้นส่วน (Price)	c ความรวดเร็วของระยะเวลาในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (Lead time)	ผลคะแนน (a x b x c)
Front and Rear HVAC	10	10	7	700
Front and Rear AC line	9	10	7	630
Condenser	3	7	4	84
Compressor	2	9	3	54
Others	1	1	3	3
	Total			1471

หลังจากที่ได้ทำการลงคะแนน โดยให้น้ำหนักตาม 3 ตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ข้างต้นและรวมรวบคะแนนของแต่ละชิ้นส่วนหลักในระบบปรับอากาศรถยนต์ จำนำไปทำการสร้างแผนภูมิพาเรโต เพื่อทำการเลือกชิ้นส่วนหลักมาทำการลดต้นทุน ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 แผนภาพพาเรโต แสดงผลคะแนนโดยจำแนกตามชิ้นส่วนหลักในระบบปรับอากาศรถยนต์

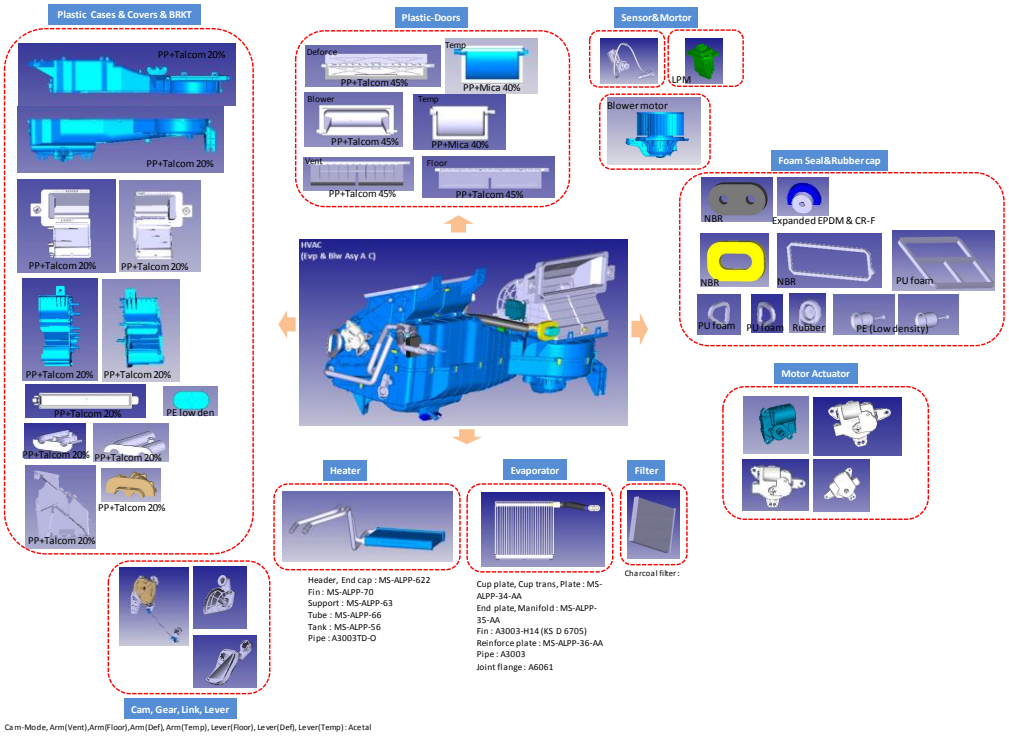
จากแผนภูมิพาเรโต สามารถทำการเลือกชิ้นส่วนหลักตามหลักการ 80-20 ได้ดังนี้ 1) Front and rear HVAC 2) Front and rear AC lines ซึ่งหมายความว่า ชิ้นส่วนที่มีความสำคัญมาก (Front and rear HVAC, front and rear AC lines) ที่สามารถนำมาทำการลดต้นทุน จะมีผลต่อเป้าหมายได้ประมาณ 80%

2. รวบรวมข้อมูล (Information phase)

ทางผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนประกอบย่อยของตู้แอร์และท่อแอร์เพื่อทำการศึกษาชนิดของวัสดุ แหลงที่มาและราคาของชิ้นส่วนทั้งหมด

2.1 ตู้แอร์ (HVAC)

ชิ้นส่วนประกอบย่อยของ HVAC หรือที่เรียกทั่วไปว่า ตู้แอร์ สำหรับรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง ดังภาพที่ 3-4



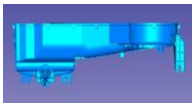
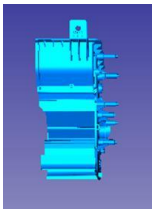
ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างชิ้นส่วนประกอบย่อยของตู้แอร์

ต้นทุนการผลิตตู้แอร์ สำหรับรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง ต่อชิ้นดังแสดงในตารางที่ 3-2

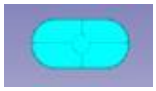
ตารางที่ 3-2 รายการและชิ้นส่วนประกอบของตู้แอร์

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
1	Blower case		PP+Talcom	Local	2	80	160

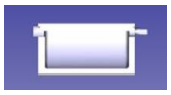
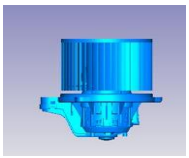
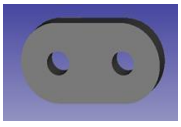
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
2	Evaporator upper case		PP+Talcom	Local	1	100	100
3	Evaporator lower case		PP+Talcom	Local	1	110	110
4	Heater case		PP+Talcom	Local	2	50	100
5	Separate heater case		PP+Talcom	Local	1	20	20
6	Filter cover		PP+Talcom	Local	1	30	30

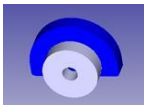
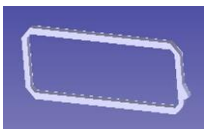
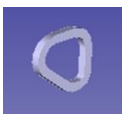
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
7	Evaporator pipe cap		PELD	Local	1	5	5
8	Heater tube BRKT		PP+Talcom	Local	2	10	20
9	Evaporator tube BRKT		PP+Talcom	Local	2	10	20
10	Deforce door		PP+Talcom	Local	1	40	40
11	Blower door		PP+Talcom	Local	2	30	60
12	Vent door		PP+Talcom	Local	1	40	40

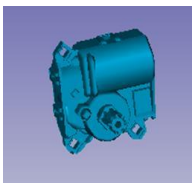
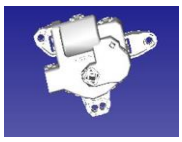
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
13	Temp door		PP+Mica	Local	2	20	40
14	Floor door		PP+Talcom	Local	1	40	40
15	Evaporator sensor (Temp control)		-	Import	1	80	80
16	LPM (RSTR)		-	Local	1	90	90
17	Blower motor		-	Import	1	550	550
18	Heater tube seal		NBR	Local	1	8	8

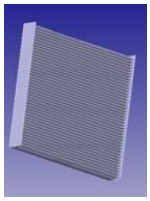
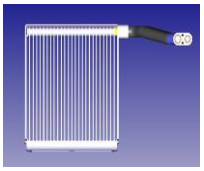
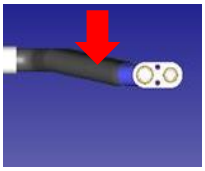
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
19	Evaporator seal		EPDM	Local	1	12	12
20	Evaporator tube seal		NBR	Local	1	8	8
21	Blower duct seal		NBR	Local	1	4	4
22	A/C duct seal		NBR	Local	1	5	5
23	Heater duct seal		PU	Local	2	4	8

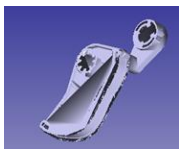
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
24	Rubber grommet		Rubber	Local	1	5	5
25	Heater pipe cap		PELD	Local	2	3	6
26	Blower door actuator		-	Local	1	100	100
27	Door motor actuator A		-	Local	1	120	120
28	Door motor actuator B		-	Local	1	120	120

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

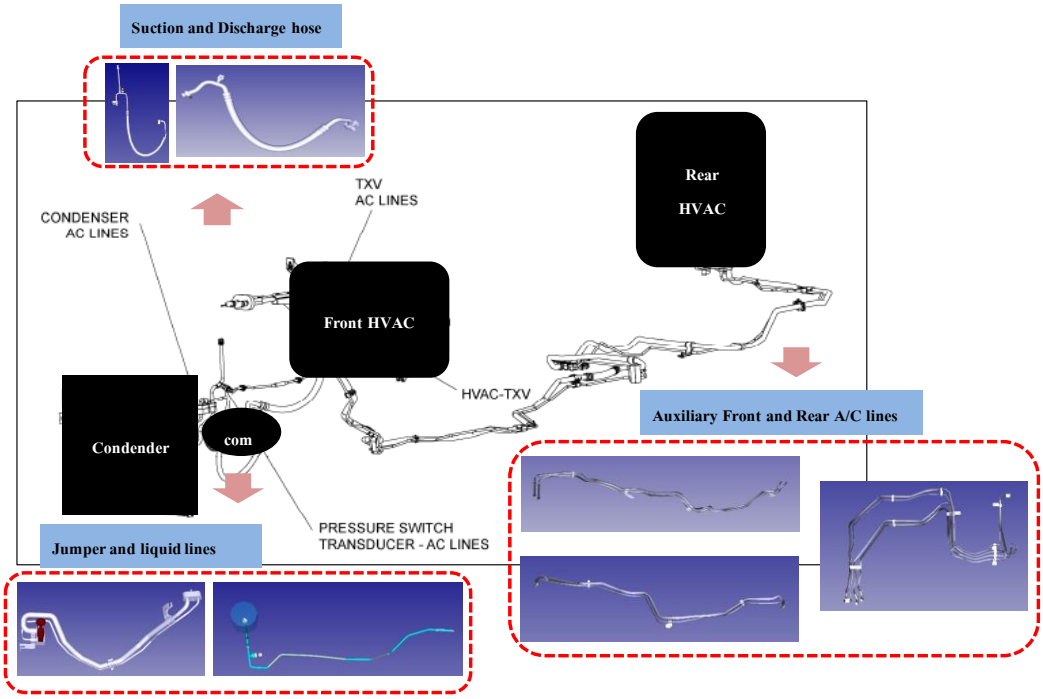
Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
29	Charcoal filter		-	Import	1	180	180
30	Evaporator core		AL	Local	1	500	500
31	Evaporator mastic		Rubber	Local	1	24	24
32	Heater core		AL	Local	1	450	450

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Item	HVAC components	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
33	Gear		-	Local	1	80	80
34	Cam		-	Local	1	60	60
35	Lever		-	Local	1	50	50

2.2 ท่อแอร์ (AC line และ Heater line)

ชิ้นส่วนประกอบย่อยของ AC line และ Heater line หรือที่เรียกทั่วไปว่า ท่อแอร์ สำหรับรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง ดังภาพที่ 3-5



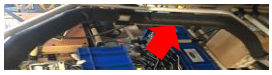
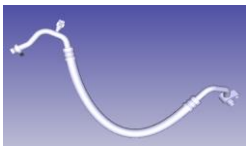
ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างชิ้นส่วนประกอบย่อยของท่อแอร์

ต้นทุนการผลิตท่อแอร์ (AC line และ Heater line) สำหรับรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง ต่อชิ้น ดังแสดงในตารางที่ 3-3

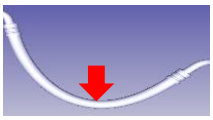
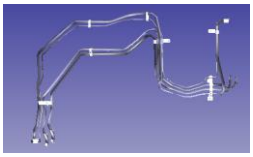
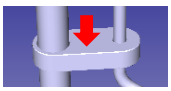
ตารางที่ 3-3 รายการและชิ้นส่วนประกอบของท่อแอร์

Item	Parts	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
1	Discharge pipe		Al	Local	1	250	250

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

Item	Parts	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
2	Discharge hose		Rubber	Local	1	150	150
3	Jumper line		Al	Local	1	600	600
4	Jumper line sleeve		EPDM	Local	2	20	40
5	Liquid line		Al	Local	1	220	220
6	Suction pipe		Al	Local	1	200	200

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

Item	Parts	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
7	Suction hose		Rubber	Local	1	150	150
8	Rear auxiliary AC and heater line		Al	Local	1	1250	1250
9	Rear auxiliary AC and heater line Joint block		Al	Local	1	32.5	32.5
10	Front auxiliary heater pipe		Al	Local	1	500	500

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

Item	Parts	Picture	Material	Source	Q'ty (Pcs)	Cost/ Pc (THB)	Total cost (THB)
11	Front auxiliary heater hose		Rubber	Local	1	80	80
12	Front auxiliary AC line pipe		Al	Local	1	900	900
13	Front auxiliary AC hose		Rubber	Local	1	80	80

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนตู้แอร์และท่อแอร์ ของรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง สามารถนำมาศึกษาวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนประกอบย่อยโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3. วิเคราะห์หน้าที่ (Function phase)

เป็นการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วน เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนประกอบย่อยของระบบปรับอากาศรถยนต์

ปริมาณ (ชิ้น)	ชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	หลัก	รอง	
2	Blower case	รองรับ	ชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
1	Evaporator upper case	รองรับ	ชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
1	Evaporator lower case	รองรับ	ชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
2	Heater case	รองรับ	ชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
1	Separate Heater case	รองรับ	ชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
		แยก	ช่องแอร์	✓		
1	Filter cover	ปิด	ช่องแอร์	✓		
1	Evaporator pipe cap	ปิด	ท่อแอร์	✓		
2	Heater tube BRKT	รองรับ	ท่อแอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
2	Evaporator tube BRKT	รองรับ	ท่อแอร์	✓		
		ป้องกัน	การกระแทก		✓	
1	Deforce door	เปิด/ ปิด	ช่องแอร์	✓		
2	Blower door	เปิด/ ปิด	ช่องแอร์	✓		
1	Vent Door	เปิด/ ปิด	ช่องแอร์	✓		

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ปริมาณ (ชิ้น)	ชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	หลัก	รอง	
2	Temp door	เปิด/ ปิด	ช่องแอร์	✓		
1	Floor door	เปิด/ ปิด	ช่องแอร์	✓		
1	Evaporator sensor (Temp control)	ควบคุม	ระบบในตู้แอร์	✓		
1	LPM (RSTR)	ควบคุม	ระบบในตู้แอร์	✓		
1	Blower motor	ควบคุม	ระบบในตู้แอร์	✓		
		เป่า	ลมแอร์	✓		
1	Heater tube Seal	ป้องกัน	น้ำหยด	✓		
		ป้องกัน	เสียง		✓	
1	Evaporator seal	ป้องกัน	น้ำหยด	✓		
		ป้องกัน	เสียง		✓	
1	Evaporator tube seal	ป้องกัน	น้ำหยด	✓		
		ป้องกัน	เสียง		✓	
1	Blower duct seal	ป้องกัน	แอร์รั่ว	✓		
		ป้องกัน	เสียง		✓	
1	AC duct seal	ป้องกัน	แอร์รั่ว	✓		
		ป้องกัน	เสียง		✓	
2	Heater duct seal	ป้องกัน	แอร์รั่ว	✓		
		ป้องกัน	เสียง		✓	
1	Rubber grommet	ปิด	ช่องแอร์	✓		
2	Heater pipe cap	ปิด	ท่อแอร์	✓		

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ปริมาณ (ชิ้น)	ชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	หลัก	รอง	
1	Blower door actuator	ควบคุม	ระบบในตู้แอร์	✓		
1	Door motor actuator A	ควบคุม	ระบบในตู้แอร์	✓		
1	Door motor actuator B	ควบคุม	ระบบในตู้แอร์	✓		
1	Charcoal filter	กรอง	ฝุ่นละออง	✓		
		ดูด	กลิ่น		✓	
1	Evaporator core	สร้าง	ความเย็น	✓		
1	Evaporator mastic	ป้องกัน	เสียง	✓		
		ป้องกัน	น้ำหยด	✓		
1	Heater core	สร้าง	ความร้อน	✓		
1	Gear	ขับเคลื่อน	การทำงานของตู้แอร์	✓		
1	Cam	ขับเคลื่อน	การทำงานของตู้แอร์	✓		
1	Lever	ขับเคลื่อน	การทำงานของตู้แอร์	✓		
1	Discharge pipe	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
1	Discharge hose	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
		เพิ่ม	ความยืดหยุดในการประกอบ	✓		
1	Jumper line	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
2	Jumper line sleeve	ป้องกัน	ความร้อน	✓		
		ป้องกัน	น้ำหยด		✓	

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ปริมาณ (ชิ้น)	ชิ้นส่วน	หน้าที่		จำแนกหน้าที่		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	หลัก	รอง	
1	Liquid line	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
1	Suction pipe	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
1	Suction hose	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
		เพิ่ม	ความยืดหยุ่นในการประกอบ	✓		
1	Rear auxiliary AC and heater line	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
1	Rear auxiliary AC and heater line joint block	จับยึด	ท่อแอร์	✓		
		สร้าง	ความเป็นระเบียบของท่อแอร์		✓	
1	Front auxiliary heater pipe	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
1	Front auxiliary heater hose	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
		เพิ่ม	ความยืดหยุดในการประกอบ	✓		
1	Front auxiliary AC line pipe	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
1	Front auxiliary AC hose	ส่งผ่าน	น้ำยาแอร์	✓		
		เพิ่ม	ความยืดหยุดในการประกอบ	✓		

จากการวิเคราะห์หน้าที่ดังตารางที่ 3-4 ทำให้ทราบถึงหน้าที่หลักและหน้าที่รองของชิ้นส่วนย่อยของระบบปรับอากาศรถยนต์เพื่อที่จะเป็นข้อมูลในการปรับปรุงชิ้นส่วนโดยรักษาหน้าที่หลักเดิมทุกประการและเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบความสำคัญหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนประกอบย่อย โดยจะใช้ตัวอักษรแทนหน้าที่การทำงาน ดังตารางที่ 3-5

ระดับความแตกต่างของคะแนน

1 ระดับความแตกต่างของความสำคัญน้อย

2 ระดับความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง

3 ระดับความแตกต่างของความสำคัญมาก

ตารางที่ 3-5 หน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนย่อยในระบบปรับอากาศรถยนต์

No.	อักษร	หน้าที่
1	A	รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์
2	B	แยกช่องแอร์
3	C	ปิดช่องแอร์
4	D	รองรับท่อแอร์
5	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์
6	F	ควบคุมระบบในตู้แอร์
7	G	ป้องกันน้ำหยด
8	H	ป้องกันเสียง
9	I	ป้องกันแอร์รั่ว
10	J	ปิดท่อแอร์
11	K	กรองฝุ่นละออง
12	L	สร้างความเย็น
13	M	สร้างความร้อน
14	N	ขับเคลื่อนการทำงานของตู้แอร์
15	O	ส่งผ่านน้ำยาแอร์
16	P	เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

No.	อักษร	หน้าที่
17	Q	ป้องกันความร้อน
18	R	จับยึดท่อแอร์
19	S	เป่าลมแอร์

จากนั้นทำการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขโดยเริ่มต้นจากการเปรียบเทียบหน้าที่ของ A กับ B และดูว่าหน้าที่ไหนสำคัญกว่าแล้วใส่อักษร A1 ลงในช่องตารางการประเมินผลเชิงเลขดังภาพที่ 3-6 ซึ่งแสดงว่า A มีน้ำหนักมากกว่า B เล็กน้อย ในลำดับต่อไปทำการเปรียบเทียบหน้าที่ A กับ C ใส่ตัวอักษร A/C ลงช่องตารางการประเมินผลเชิงเลขในตามภาพที่ 3-6 ซึ่งแสดงว่า Aและ C มีน้ำหนักเท่ากัน และทำการเปรียบเทียบหน้าที่ A กับ D ไปเรื่อย ๆ จนครบ ต่อจากนั้นเริ่มบรรทัดใหม่โดยเปรียบเทียบหน้าที่ B กับ C จนครบทุกหน้าที่

	B	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**	**Q**	**R**	**S**
A	A 1	A/ C	A/ D	A/ E	F 3	A/ G	A/ H	A/ I	A/ J	K1	L3	M3	N3	O3	A1	A/ Q	A1	S3
	B	B/ C	B1	B/ E	F 3	B/ G	B/ H	B/ I	B/ J	K1	L3	M3	N3	O3	B1	B/ Q	B1	S3
		C	C1	C/ E	F 2	C/ G	C/ H	A/ I	C/ J	C/ K	L2	M2	N2	O3	C1	C/ Q	C1	S2
			D	E1	F 3	G2	H2	I2	J2	K2	L3	M3	N3	O3	P1	Q1	R1	S3
				E	F 2	E/G	E/H	E/I	E/J	E/K	L2	M2	N2	O3	E1	E/Q	F1	S2
					F	F1	F1	F1	F2	F2	F/ L	F/ M	F/N	F/O	F3	F2	F3	F/S
						G	G/ H	G/ I	G/ J	G/ K	L3	M3	N3	O3	G2	G/ Q	G1	S3
							H	H/ I	H/ J	H/ K	L3	M3	N3	O3	H2	H/ Q	H1	S3
								I	I/J	I/K	L3	M3	N3	O3	I1	I/Q	I1	S3
									J	J/K	L3	M3	N3	O3	J1	J/Q	J1	S3
										K	L3	M3	N3	O3	K1	K/ Q	K1	S3
											L	L/ M	L/N	L/O	L3	L2	L2	L/S
												M	M/ N	M/ O	M 3	M2	M2	M/ S
													N	N/O	N3	N2	N2	N/S
														O	O3	O2	O2	O/S
															P	Q2	P/ R	S2
																Q	Q2	S2
																	R	S2
																		S

ภาพที่ 3-6 การประเมินผลเชิงเลข

หลังจากนั้นทำการสรุปการประเมินผลเชิงเลขตามน้ำหนัก การประเมินสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

อักษร A ให้ตำแหน่ง = ผลรวมการประเมินหน้าที่ของ A เมื่อเปรียบเทียบกับ B, C, D จนถึง S

= A1+A+A+A+A+A+A+A+A1+A+A1

= 11

ซึ่งสรุปได้ว่า A มีค่าน้ำหนักจากการประเมินเชิงเลขเท่ากับ 11 โดยสามารถสรุปการประเมินเชิงเลขได้ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การประเมินผลเชิงเลข

No.	อักษร	หน้าที่	คะแนน
1	A	รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	11
2	B	แยกช่องแอร์	10
3	C	ปิดช่องแอร์	11
4	D	รองรับท่อแอร์	1
5	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์	11
6	F	ควบคุมระบบในตู้แอร์	33
7	G	ป้องกันน้ำหยด	14
8	H	ป้องกันเสียง	14
9	I	ป้องกันแอร์รั่ว	13
10	J	ปิดท่อแอร์	13
11	K	กรองฝุ่นละออง	13
12	L	สร้างความเย็น	40
13	M	สร้างความร้อน	40
14	N	ขับเคลื่อนการทำงานของตู้แอร์	40
15	O	ส่งผ่านน้ำยาแอร์	42
16	P	เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	2

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

No.	อักษร	หน้าที่	คะแนน
17	Q	ป้องกันความร้อน	14
18	R	จับยึดท่อแอร์	2
19	S	เป่าลมแอร์	39

จากนั้นทำการเรียงหน้าที่หลักที่มีน้ำหนักจากมากไปหาน้อย เพื่อเป็นหลักในการพิจารณาในการออกแบบดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 การเรียงหน้าที่หลักจากน้ำหนักมากไปน้อย

No.	อักษร	หน้าที่	คะแนน
1	O	ส่งผ่านน้ำยาแอร์	42
2	L	สร้างความเย็น	40
3	M	สร้างความร้อน	40
4	N	ขับเคลื่อนการทำงานของตู้แอร์	40
5	S	เป่าลมแอร์	39
6	F	ควบคุมระบบในตู้แอร์	33
7	G	ป้องกันน้ำหยด	14
8	H	ป้องกันเสียง	14
9	Q	ป้องกันความร้อน	14
10	I	ป้องกันแอร์รั่ว	13
11	J	ปิดท่อแอร์	13
12	K	กรองฝุ่นละออง	13
13	A	รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	11
14	C	ปิดช่องแอร์	11
15	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์	11

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

No.	อักษร	หน้าที่	คะแนน
16	B	แยกช่องแอร์	10
17	P	เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	2
18	R	จับยึดท่อแอร์	2
19	D	รองรับท่อแอร์	1

เมื่อทำการเรียงหน้าที่หลักที่มีน้ำหนักมากไปน้อยทางผู้วิจัยได้ทำการคำนวณคุณค่า (Value) ตามตารางที่ 3-8 แล้วนำไปสร้างกราฟประเมินเชิงเลขดังภาพที่ 3-7 เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าค่าน้ำหนักของฟังก์ชั่น (F) และค่า Value มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

ตารางที่ 3-8 สรุปการประเมินเชิงเลข

No.	อักษร	หน้าที่	คะแนนน้ำหนัก	% น้ำหนักฟังก์ชั่น (F)	ต้นทุน (บาท)	% ต้นทุน (C)	Value V = F/ C
1	O	ส่งผ่านน้ำยาแอร์	42	11.57%	4380	49.57%	0.23
2	L	สร้างความเย็น	40	11.02%	500	5.66%	1.95
3	M	สร้างความร้อน	40	11.02%	450	5.09%	2.16
4	N	ขับเคลื่อนการทำงานของตู้แอร์	40	11.02%	190	2.15%	5.12
5	S	เป่าลมแอร์	39	10.74%	550	6.22%	1.73
6	F	ควบคุมระบบในตู้แอร์	33	9.09%	1060	12.00%	0.76
7	G	ป้องกันน้ำหยด	14	3.86%	92	1.04%	3.70
8	H	ป้องกันเสียง	14	3.86%	69	0.78%	4.94

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

No.	อักษร	หน้าที่	คะแนนน้ำหนัก	% น้ำหนักฟังก์ชั่น (F)	ต้นทุน (บาท)	% ต้นทุน (C)	Value V = F/ C
9	Q	ป้องกันความร้อน	14	3.86%	40	0.45%	8.52
10	I	ป้องกันแอร์รั่ว	13	3.58%	17	0.19%	18.62
11	J	ปิดท่อแอร์	13	3.58%	11	0.12%	28.77
12	K	กรองฝุ่นละออง	13	3.58%	180	2.04%	1.76
13	A	รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	11	3.03%	490	5.55%	0.55
14	C	ปิดช่องแอร์	11	3.03%	35	0.40%	7.65
15	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์	11	3.03%	220	2.49%	1.22
16	B	แยกช่องแอร์	10	2.75%	20	0.23%	12.17
17	P	เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	2	0.55%	460	5.21%	0.11
18	R	จับยึดท่อแอร์	2	0.55%	32.5	0.37%	1.50
19	D	รองรับท่อแอร์	1	0.28%	40	0.45%	0.61
		รวม	363	100%	8836.5	100%	102.06

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและคุณค่าของหน้าที่

ภาพที่ 3-7 กราฟประเมินเชิงเลข

จากการเขียนกราฟเราจะพบว่าน้ำหนักของหน้าที่และ Value ไปในทิศทางเดียวกันในบางส่วนยกเว้นหน้าที่หลักที่เป็นข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งมีน้ำหนักสูงมาก แต่ชิ้นส่วนก็มีราคาแพงด้วยเช่นกัน ทำให้ค่า Value น้อย

เส้นกราฟของน้ำหนักมีแนวโน้มในทางเดียวกันอยู่ 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 หน้าที่หลักจะมีน้ำหนักมาก เนื่องจากเป็นหน้าที่ที่จำเป็นของระบบปรับอากาศในรถยนต์ เพื่อสร้างความเย็นและความร้อน ประกอบไปด้วย O, L, M, N, S, F ช่วงที่ 2 หน้าที่หลักที่มีน้ำหนักรองลงมาจากช่วงที่ 1 เป็นหน้าที่ที่ช่วยในเรื่องของคุณภาพ เช่น เรื่องการดูดซับเสียง ป้องกันน้ำหยดหรือแอร์รั่ว ประกอบไปด้วย G, H, Q, I, J, K, A, C, E, B ช่วงที่ 3 หน้าที่หลักที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด เป็นหน้าที่เสริม เช่น จับยึดหรือรองรับท่อแอร์ประกอบไปด้วย P, R, D

การวิเคราะห์น้ำหนักหน้าที่ของฟังก์ชั่น (F) และต้นทุน (C) พบว่าผลของคุณค่า (V) มีทั้งค่ามากกว่าและน้อยกว่า 1 ตามเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) ค่า Value ควรมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า หน้าที่และต้นทุนมีความสมเหตุสมผล แต่เนื่องด้วยเป้าหมายของบริษัทที่สูงมาก ทางผู้ทำวิจัยจึงกำหนดเกณฑ์ในการเลือกค่า Value ที่ต่ำกว่า 2 มาทำการปรับปรุง โดยจัดกลุ่มหน้าที่และชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปปรับปรุงในขั้นตอนถัดไป ดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หน้าที่

No.	อักษร	หน้าที่	ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง	Value V = F/ C	หมายเหตุ
1	O	ส่งผ่านน้ำยาแอร์	Discharge pipe, Discharge hose, Jumper line, Liquid line, Suction pipe, Suction hose, Rear auxiliary AC and heater line, Front auxiliary heater (pipe), Front auxiliary heater (hose), Front auxiliary AC line (pipe), Front auxiliary AC (hose)	0.23	ข้อกำหนด
2	L	สร้างความเย็น	Evaporator core	1.95	ข้อกำหนด
3	M	สร้างความร้อน	Heater core	2.16	ข้อกำหนด
4	N	ขับเคลื่อนการทำงานของตู้แอร์	Gear, Cam, Lever	5.12	ข้อกำหนด
5	S	เป่าลมแอร์	Blower motor	1.73	ข้อกำหนด
6	F	ควบคุมระบบในตู้แอร์	Evaporator sensor (Temp control), LPM (RSTR), Blower door actuator, Blower door actuator, Door motor actuator A, Door motor actuator B	0.76	ข้อกำหนด
7	G	ป้องกันน้ำหยด	Heater tube seal, Evaporator seal, Evaporator tube seal, Evaporator mastic, Jumper line sleeve	3.70	ค่า Value มากกว่า 2

ตารางที่ 3-9 (ต่อ)

No.	อักษร	หน้าที่	ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง	Value V = F/ C	หมายเหตุ
7	G	ป้องกันน้ำหยด	Heater tube seal, Evaporator seal, Evaporator tube seal, Evaporator mastic, Jumper line sleeve	3.70	ค่า Value มากกว่า 2
8	H	ป้องกันเสียง	Heater tube seal, Evaporator seal, Evaporator tube seal, Blower Duct seal, AC duct seal, Heater duct seal, Evaporator mastic	4.94	ค่า Value มากกว่า 2
9	Q	ป้องกันความร้อน	Jumper line sleeve	8.52	ค่า Value มากกว่า 2
10	I	ป้องกันแอร์รั่ว	Door foam seal A, Door foam seal B, Duct seal	18.62	ค่า Value มากกว่า 2
11	J	ปิดท่อแอร์	Cap heater-rubber	28.77	ค่า Value มากกว่า 2
12	K	กรองฝุ่นละออง	Charcoal filter	1.76	
13	A	รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	Blower case, Evaporator upper case, Evaporator lower case, heater case, Separate heater case	0.55	
14	C	ปิดช่องแอร์	Filter cover, Rubber grommet	7.65	ค่า Value มากกว่า 2
15	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์	Deforce door, Blower door, Vent door, Temp door, Floor door	1.22	

ตารางที่ 3-9 (ต่อ)

No.	อักษร	หน้าที่	ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง	Value V = F/ C	หมายเหตุ
15	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์	Deforce door, Blower door, Vent door, Temp door, Floor door	1.22	
16	B	แยกช่องแอร์	Separate heater case	12.17	ค่า Value มากกว่า 2
17	P	เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	Discharge hose, Suction hose, Front auxiliary heater (hose), Front auxiliary AC (hose)	0.11	
18	R	จับยึดท่อแอร์	Rear auxiliary AC and heater line joint block	1.50	
19	D	รองรับท่อแอร์	Heater tube BRKT , Evaporator tube BRKT	0.61	

หมายเหตุ: 1) ข้อกำหนด คือ ข้อกำหนดของลูกค้าและการออกแบบ ถ้ามีการปรับเปลี่ยนจะส่งผลกระทบเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพการทำงานในระบบปรับอากาศรถยนต์ จึงไม่นำไปทำการปรับปรุง 2) ค่า Value มากกว่า 2 คือ ไม่นำไปทำการปรับปรุงเพราะมีค่า Value ที่สูงมากอยู่แล้ว

เนื่องจากว่าชิ้นส่วนประกอบย่อยในระบบปรับอากาศรถยนต์มีเป็นจำนวนมากทางผู้ทำวิจัยจึงต้องทำการคัดกรองชิ้นส่วนที่สามารถนำไปหาแนวคิดสร้างสรรค์ ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 คัดเลือกชิ้นส่วนเพื่อนำไปทำการปรับปรุง

No.	อักษร	หน้าที่	ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง	นำไปปรับปรุง	ไม่นำไปปรับปรุง
1	K	กรองฝุ่นละออง	Charcoal filter		✓
2	A	รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์	Blower case	✓	
			Evaporator upper case	✓	
			Evaporator lower case	✓	
			Heater case	✓	
			Separate heater case	✓	
3	E	เปิด/ ปิดช่องแอร์	Deforce door		✓
			Blower door		✓
			Vent door		✓
			Temp door		✓
			Floor door		✓
4	P	เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	Discharge hose		✓
			Suction hose		✓
			Front auxiliary heater hose		✓
			Front auxiliary AC hose	✓	
5	R	จับยึดท่อแอร์	Rear auxiliary AC and Heater line joint block	✓	
6	D	รองรับท่อแอร์	Heater tube BRKT	✓	
			Evaporator tube BRKT	✓	

หมายเหตุ: 1) นำไปปรับปรุง คือ ชิ้นส่วนที่ทางผู้วิจัยเลือกไปทำการปรับปรุงต้นทุน เนื่องจากไม่ส่งผลต่อคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญและมีต้นทุนหน้าที่ค่อนข้างสูงซึ่งมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง 2) ไม่นำไปปรับปรุง คือ ชิ้นส่วนที่ทางผู้วิจัยไม่นำไปทำการปรับปรุง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านคุณภาพที่ต้องส่งมอบให้ลูกค้า เช่น ป้องกันแอร์รั่ว อายุและความทนทานต่อการใช้งาน รวมไปถึงความ สามารถในการประกอบเพื่อป้องกัน (No-build condition)

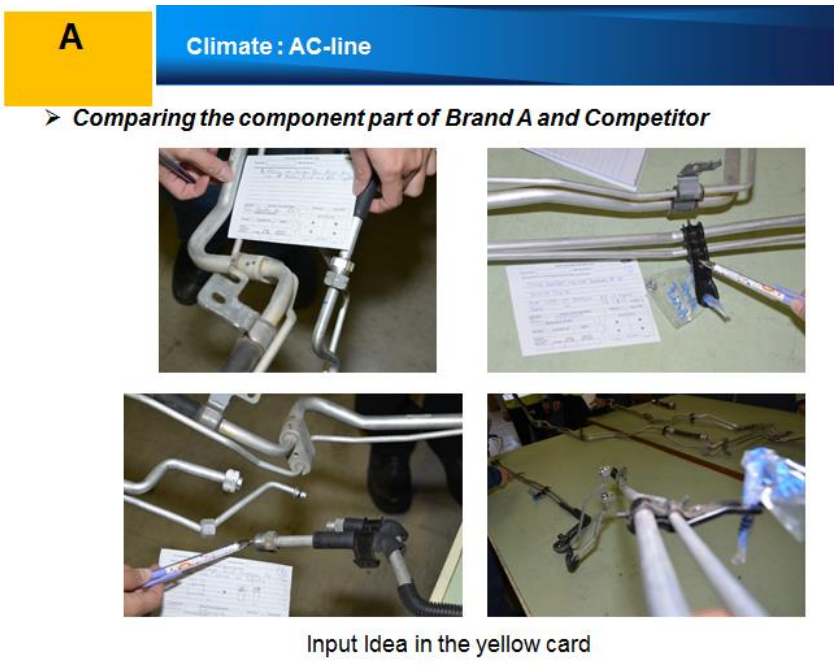
เพราะฉะนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้นำเสนอการสร้างสรรค์ความคิดอยู่ 9 ชิ้นส่วน คือ 1) Blower case 2) Evaporator upper case 3) Evaporator lower case 4) Heater case 5) Separate heater case 6) Front auxiliary AC hose 7) Rear auxiliary AC and heater line joint block 8) Heater tube BRKT 9) Evaporator tube BRKT

ซึ่งชิ้นส่วนทั้งหมดข้างต้นเกี่ยวข้อง 4 ฟังก์ชั่น คือ 1) รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์ 2) เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ 3) จับยึดท่อแอร์ 4) รองรับท่อแอร์

4. สร้างสรรค์ความคิด (Creation phase)

เป็นขั้นตอนในการสร้างสรรค์ความคิดหลังจากที่ได้วิเคราะห์หน้าที่หลักของชิ้นส่วนประกอบในระบบปรับอากาศรถยนต์ ตู้แอร์และท่อแอร์ ที่ได้ทำการเลือกดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยคำนึงถึงผลของคุณค่าของชิ้นส่วนต่าง ๆ และนำมาทำการปรับปรุง ซึ่งขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิดนี้จะตรงกับขั้นตอนการทำงานขั้นที่ 0 ถึง 2 ของบริษัทผู้ทำวิจัย โดยปกติแล้วทางบริษัทจะมีการจัดกิจกรรมในการเปรียบเทียบการออกแบบชิ้นส่วนกับ OEM อื่น ๆ หรือเรียกว่า Benchmarking activity เพื่อทำการหาแนวความคิดในการลดต้นทุนใหม่ ๆ ของแต่ละฟังก์ชั่น ดังตัวอย่างภาพที่ 3-8, 3-9, 3-10 ตามลำดับ

ภาพที่ 3-8 ตัวอย่าง Benchmarking activity สำหรับ ตู้แอร์ (HVAC)



ภาพที่ 3-9 ตัวอย่าง Benchmarking activity สำหรับ ท่อแอร์ (AC line และ Heater line)

		Material and options			
		AC-Line		HVAC	
Vehicle	Major Competitors	Hose	Joint Block	Plastic case	BRKT
SUV	Brand A	Rubber	AL	TD-20	TD-20
	Competitor	N/A	N/A	TD-15	TD-15

ภาพที่ 3-10 ตัวอย่าง Benchmarking data

หลังจากนั้นแนวความคิดต่าง ๆ จะถูกรวบรวมนำไปคัดกรองและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ต่อไป

การสร้างสรรค์ความคิด (Ideas generation) เพื่อพิจารณาปรับปรุง ดังตารางที่ 3-11, ตารางที่ 3-12, ตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-11 Function รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์ และ Function รองรับท่อแอร์

การออกแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	การออกแบบที่นำมาใช้ทดแทน
Blower case, Evaporator upper case, Evaporator lower case, Heater case, Separate heater case, Heater tube BRKT, Evaporator tube BRKT (PP+Talcom 20%)	Idea1: Change supplier of raw material
	Idea2: Change material specification from PP+Talcom 20% to PP+Talcom 15%

หมายเหตุ: เนื่องจาก Function รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์ และ Function รองรับท่อแอร์ เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแหล่งผลิตวัสดุชนิดเดียวกัน จึงทำการรวมการสร้างสรรค์ความคิด

ตารางที่ 3-12 Function เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ

การออกแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	การออกแบบที่นำมาใช้ทดแทน
Front auxiliary AC hose (Hose length 228 mm.)	Idea1: Remove hose and replace with Al pipe
	Idea2: Reduce hose length from 228 mm. to 160 mm. and replace with Al pipe
	Idea3: Reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

หมายเหตุ: เนื่องจากแนวความคิดนี้เกี่ยวข้องกับการตัดชิ้นส่วนที่เพิ่มความยืดหยุดในการประกอบ ส่งผลต่อความยาวของท่อแอร์ จึงต้องมีการเพิ่มความยาวของท่ออลูมิเนียมมาแทนในส่วนท่อยางที่ถูกตัดออกไป

ตารางที่ 3-13 Function จับยึดท่อแอร์

การออกแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	การออกแบบที่นำมาใช้ทดแทน
Rear auxiliary AC and Heater line joint block (Thickness 13 mm.)	Idea1: Remove join block
	Idea2: Reduce joint block thickness from 13 mm. to 6.5 mm.

5. ขั้นประเมินผลความคิด (Evaluation phase)

ทำการประเมินผลด้วยการพิจารณาต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของทุกแนวความคิดและเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อจำกัด เพื่อหาความเป็นไปได้ของแนวความคิด โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณภาพ ความน่าเชื่อถือ การขายได้ ความสามารถในการผลิตของผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) และการประกอบในไลน์ดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 ประเมินผลความคิด

หน้าที่	ชิ้นส่วนที่นำมาทำ VAVE	ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา	ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงโดยประมาณ (บาท)	ข้อดี	ข้อจำกัด
รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์และรองรับท่อแอร์	Blower case, Evaporator upper case, Evaporator lower case, Heater case, Separate heater case, Heater tube BRKT, Evaporator tube BRKT (PP+Talcom 20%)	Idea1: Change supplier of raw material	ลดลง 3.5	ประหยัดต้นทุนสูงที่สุด	ต้องปรับพารามิเตอร์ของ Tooling เช่น Temperature, Pressure, Speed, Coolant flow rate, Holding pressure, Holding time, Cooling time
		Idea2: Change material specification from PP+Talcom1 20% to PP+Talcom 15%	เพิ่มขึ้น 2	สารประกอบ Talcum ทำให้วัสดุมีความแข็งขึ้น ซึ่งคุณสมบัติของ Talcum 20% มีความแข็งแต่เปราะกว่า Talcum 15%	- ต้องปรับพารามิเตอร์ของ tooling - ต้นทุนมีราคาเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณในการซื้อของวัสดุ

ตารางที่ 3-14 (ต่อ)

หน้าที่	ชิ้นส่วนที่นำมาทำ VAVE	ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา	ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงโดยประมาณ (บาท)	ข้อดี	ข้อจำกัด
เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	Front auxiliary AC hose (Hose length 228 mm.)	Idea1: Remove hose and replace with Al pipe	ลดลง 80	- ประหยัดต้นทุนสูงที่สุด - ลดขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่ Supplier	-ไม่มีความยืดหยุ่นของชิ้นงานที่มีขนาดยาวมาก ทำให้ประกอบยาก - เกิด Misalignment บริเวณข้อต่อ
		Idea2: Reduce hose length from 228 mm. to 160 mm. and replace with Al pipe	ลดลง 56	ประหยัดต้นทุน	- ความยืดหยุ่นในการประกอบลดลง - อาจเกิด Misalignment บริเวณข้อต่อ
		Idea3: Reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe	ลดลง 40	ประหยัดต้นทุน	- ความยืดหยุ่นในการประกอบลดลง - อาจเกิด Misalignment บริเวณข้อต่อ

ตารางที่ 3-14 (ต่อ)

หน้าที่	ชิ้นส่วนที่นำมาทำ VAVE	ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา	ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงโดยประมาณ (บาท)	ข้อดี	ข้อจำกัด
จับยึดท่อแอร์	Rear auxiliary AC and heater line joint block	Idea1: Remove join block	ลดลง 32.5	- ประหยัดต้นทุนสูงที่สุด - ลดขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนย่อยที่ Supplier	อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการประกอบ
		Idea2: Reduce joint block thickness from 13 mm. to 6.5 mm.	ลดลง 16.25	ประหยัดต้นทุน	- มีค่าใช้จ่ายสูงในการปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์ อาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะชิ้นงานมีขนาดเล็กและประหยัดต้นทุนน้อย - ข้อกำหนดในการผลิตชิ้นงานขนาดเล็กที่ Supplier ด้วยกระบวนการผลิตปัจจุบัน

หมายเหตุ: 1) ต้นทุนเพิ่มขึ้น คือ โดยปกติราคาวัสดุ PP สูงกว่าวัสดุ Talcum เมื่อลดปริมาณการใช้วัสดุ Talcum ต้องทำการเพิ่มปริมาณการใช้วัสดุ PP อาจส่งผลต่อราคาวัสดุ PP+Talcum 15% สูงขึ้น

แต่ในกรณีนี้วัสดุ PP+Talcum 15% มีราคาสูงกว่า PP+Talcum 20% เนื่องจากปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าที่มีผลต่อราคาซื้อขาย ซึ่งปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตวัสดุของผู้ทำวิจัยมีปริมาณการสั่งซื้อวัสดุ PP+Talcom 20% มากกว่าวัสดุ PP+Talcom 15% เมื่อคิดรวมกับ OEM อื่น ๆ ทำให้มีราคาที่ถูกกว่า 2) Rubber hose มีราคาแพงมากกว่า Al pipe เนื่องจาก Hose มีหลาย Layer และผ่านกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน 3) บางแนวความคิดส่งผลต่อการประกอบ ต้องทำการทดลองเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในเรื่องความสามารถของการประกอบในกระบวนการผลิตรถยนต์

การยืนยันต้นทุนที่เปลี่ยนแปลง ทางบริษัทของผู้ทำวิจัยจะใช้เอกสารที่เรียกว่า Quote one pager เพื่อเป็นหลักฐานที่ยืนยันว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์จะให้ Cost saving ตามที่ระบุไว้และถูกตรวจสอบและอนุมัติโดยฝ่ายจัดซื้อ ดังภาพที่ 3-11

Supplier Information							
Supplier Name:		Country:	Thailand		Technical Contact:		
GSDB Code:		Currency	THB		Commercial Contact:		
Part Details		Part 1			Part 2		
		PREFIX	BASE	SUFFIX	PREFIX	BASE	SUFFIX
Old Part Number (Prefix-Base-Suffix)		**ABXX**	**AAAAA**	**BB**			
Vehicle/Usage							
Quantity Affected Vehicle/Engine							
Current Annual Volume Assumption							
New Part Number (Prefix-Base-Suffix)		**ABXX**	**AAAAA**	**BB**			
* Vehicle/Usage							
* Quantity Affected Vehicle/Engine							
* New Annual Volume Assumption							
Variable Cost Breakdown							
Old ED&T in piece price. (If applicable)							
Old Part Cost							
Variance - material							
Variance - labour							
Variance - O/head							
Variance - other (specify below)							
Variance ED&T							
Total Variance		- 3.5			0		

ภาพที่ 3-11 ตัวอย่าง Quote one pager

เพื่อให้การประเมินผลเป็นไปอย่างละเอียดมากขึ้น จึงต้องทำการประเมินแบบ Evaluation matrix โดยพิจารณาดูจากปัจจัยต่าง ๆ คือ 1) ประหยัดต้นทุน (Cost saving): ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ของแนวความคิด 2) คุณภาพ (Quality): แนวความคิดสามารถรักษามาตรฐาน

คุณภาพตามที่กำหนดไว้ 3) ความสามารถในการประกอบ (Workability): แนวความคิดไม่ส่งผลกระทบต่อการประกอบ 4) ระยะเวลาทำการปรับปรุง (Lead time): ความรวดเร็วในการปรับเปลี่ยน Tooling โดยให้น้ำหนักการประเมินดังนี้

5 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญมากที่สุด

4 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญมาก

3 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญปานกลาง

2 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญน้อย

1 คะแนน หมายความว่า ให้ความสำคัญน้อยที่สุด

จากนั้นทำการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขแต่ละปัจจัย โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบปัจจัยประหยัดต้นทุนกับประหยัดต้นทุน ได้เท่ากับ 1 เนื่องจากเปรียบเทียบปัจจัยเดียวกันและทำการเปรียบเทียบปัจจัยประหยัดต้นทุนกับคุณภาพ ได้เท่ากับ 4/5 เนื่องจากผู้วิจัยให้ความสำคัญมากกับการประหยัดต้นทุน 4 คะแนน แต่ให้ความสำคัญมากที่สุดกับคุณภาพ 5 คะแนน จากนั้นทำการเปรียบเทียบจนครบทุกปัจจัยดังตารางที่ 3-15

ตารางที่ 3-15 เปรียบเทียบเชิงตัวเลขของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ประหยัดต้นทุน	คุณภาพ	ความสามารถในการประกอบ	ระยะเวลาทำการปรับปรุง
ประหยัดต้นทุน	1	4/5	4/3	4/2
คุณภาพ	5/4	1	5/3	5/2
ความสามารถในการประกอบ	3/4	3/5	1	3/1
ระยะเวลาทำการปรับปรุง	2/4	2/5	1/3	1
รวม	3.50	2.80	4.33	8.50

หลังจากนั้นทำการคำนวณต่อเนื่องเพื่อหาระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยนำคะแนนการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของแต่ละปัจจัยมาหารด้วยผลรวมของแต่ละปัจจัย เช่น คะแนนเปรียบเทียบประหยัดต้นทุนกับคุณภาพ หารกับผลรวมของปัจจัยในแนวตั้ง

ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบปัจจัยประหยัดต้นทุนกับคุณภาพ $\frac{4/5}{2.8} = 0.29$

นำผลการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของแต่ละปัจจัยมารวมกันในแนวนอนและนำผลรวมของแต่ละปัจจัยในแนวนอนหารด้วยผลรวมทั้งหมด จะได้เป็นระดับความสำคัญดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ประหยัดต้นทุน	คุณภาพ	ความสามารถในการประกอบ	ระยะเวลาทำการปรับปรุง	รวม	ระดับความสำคัญ
ประหยัดต้นทุน	0.29	0.29	0.31	0.24	1.11	0.28
คุณภาพ	0.36	0.36	0.38	0.29	1.39	0.35
ความสามารถในการประกอบ	0.21	0.21	0.23	0.35	1.01	0.25
ระยะเวลาทำการปรับปรุง	0.14	0.14	0.08	0.12	0.48	0.12
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00

จากผลระดับความสำคัญจะเห็นได้ว่าบริษัทของผู้ทำวิจัยให้ความสำคัญกับคุณภาพมากที่สุด รองลงมาคือ ประหยัดต้นทุน ความสามารถในการประกอบและระยะเวลาทำการปรับปรุงตามลำดับ

การประเมินค่าแบบ Evaluation matrix จะมีระดับและหลักเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละแนวความคิด ดังต่อไปนี้

5 คะแนน หมายความว่า มากที่สุด

4 คะแนน หมายความว่า มาก

3 คะแนน หมายความว่า กลาง

2 คะแนน หมายความว่า น้อย

1 คะแนน หมายความว่า น้อยที่สุด

การประเมินค่าของแต่ละแนวความคิดเป็นการลงความเห็นจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง คือ จัดซื้อ (Buyer) ประกอบรถยนต์ (Manufacturing) ผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) ปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product development) และคุณภาพ (Quality) ซึ่งทำการประเมินตาม Function ที่ได้ทำการคัดเลือกมาแล้วข้างต้น ดังภาพที่ 3-12 ภาพที่ 3-13 ภาพที่ 3-14

ตาราง Evaluation matrix							
น้ำหนัก	คะแนน	ต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	การประกอบ (Workability)	ระยะเวลา (Lead time)		
		ระดับความสำคัญ					
		0.28	0.35	0.25	0.12	รวม	ตำแหน่ง
แนวความคิดที่ 1: Change supplier of raw material	5	X	X	X		4.76	1
	4						
	3				X		
	2						
	1						
รวม (ตั้งxนอน)		1.4	1.75	1.25	0.36		
แนวความคิดที่ 2: Change material specification from PP+Talcom1 20% to PP+Talcom15%	5			X		3.29	2
	4		X				
	3				X		
	2						
	1	X					
รวม (ตั้งxนอน)		0.28	1.40	1.25	0.36		

ภาพที่ 3-12 การประเมินค่าของแนวความคิดของ Function รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์และ Function รองรับท่อแอร์

Function รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์และ Function รองรับท่อแอร์ เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน Plastic case ต่าง ๆ

1. ประหยัดต้นทุน: แนวความคิดที่ 1 ให้การประหยัดต้นทุนสูงที่สุดจึงได้ 5 คะแนน แนวความคิดที่ 2 ราคาวัสดุเพิ่มจึงได้คะแนนน้อยที่สุด

2. คุณภาพ: แนวความคิดที่ 1 ให้ผลคุณภาพที่ดีที่สุดเพราะยังคงเป็นวัสดุเดิมแค่เปลี่ยนแหล่งที่มาเท่านั้น จึงได้ 5 คะแนน ส่วนแนวความคิดที่ 2 มีการปรับลด Talcom ลง 5% หรือประมาณ 1 ใน 4 ทำให้ความแข็งแรงของพลาสติกลดลง จึงให้ 4 คะแนน

3. ความสามารถในการประกอบ: ทุกแนวความคิดไม่ส่งผลกระทบต่อการประกอบตู้แอร์ในรถยนต์ เพราะเป็นเรื่องของวัสดุ การออกแบบยังเหมือนเดิม จึงได้ 5 คะแนน

4. ระยะเวลาทำการปรับปรุง: แนวความคิดที่ 1 และ 2 ต้องใช้เวลาในการปรับปรุงเกี่ยวข้องกับการปรับพารามิเตอร์ของ Tooling ถึงแม้ว่าวัสดุเป็นชนิดเดิมแต่เปอร์เซ็นส่วนผสมภายใน (Compounding) อาจไม่เหมือนกัน ต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จึงให้ 3 คะแนน

หลังจากทำการประเมิน ผลรวมคะแนนของแนวความคิดที่ 1 (Change supplier of raw material) มากที่สุด จึงถูกเลือกไปทำการทดสอบพิสูจน์ในบทที่ 4 ต่อไป

ตาราง Evaluation matrix

น้ำหนัก	คะแนน	ต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	การประกอบ (Workability)	ระยะเวลา (Lead time)		
		ระดับความสำคัญ					
		0.28	0.35	0.25	0.12	รวม	ตำแหน่ง
แนวความคิดที่ 1: Remove Hose and replace with Al pipe	5	X				2.82	3
	4						
	3		X				
	2						
	1			X	X		
รวม (ตั้งxนอน)		1.40	1.05	0.25	0.12		

ภาพที่ 3-13 การประเมินค่าของแนวความคิดของ Function เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ

ตาราง Evaluation matrix							
น้ำหนัก	คะแนน	ต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	การประกอบ (Workability)	ระยะเวลา (Lead time)		
		ระดับความสำคัญ					
		0.28	0.35	0.25	0.12	รวม	ตำแหน่ง
แนวความคิดที่ 2: Reduce Hose length from 228 mm. to 160 mm. and replace with Al pipe	5		X			3.18	2
	4						
	3			X			
	2	X					
	1				X		
รวม (ตั้งxนอน)		0.56	1.75	0.75	0.12		
แนวความคิดที่ 3: Reduce Hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe	5		X			3.46	1
	4						
	3	X		X			
	2						
	1				X		
รวม (ตั้งxนอน)		0.84	1.75	0.75	0.12		

ภาพที่ 3-13 (ต่อ)

Function เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน Front auxiliary AC hose

1. ประหยัดต้นทุน: แนวความคิดที่ 1 ให้การประหยัดต้นทุนสูงที่สุดเพราะนำ Rubber hose ออกทั้งหมด จึงได้ 5 คะแนน แนวความคิดที่ 3 ลดความยาว Rubber hose ออกไป 50% เทียบสัดส่วนเป็นครึ่งหนึ่งของความคิดแรก จึงให้ 3 คะแนน และความคิดที่ 2 ลดความยาวของ Hose ออกไป 30% จึงให้ 2 คะแนน

2. คุณภาพ: แนวความคิดที่ 1 อาจส่งผลต่อคุณภาพเพราะหากไม่มีความยืดหยุ่นช่วยในการประกอบ พนักงานอาจจะประกอบบริเวณข้อต่อของท่อแอร์ได้ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดแอร์รั่วตรงข้อต่อได้ จึงให้คะแนน 3 คะแนน แต่แนวความคิดที่ 2 และ 3 ยังสามารถให้ความยืดหยุ่นต่อการประกอบได้จึงไม่ส่งผลต่อการรั่วบริเวณข้อต่อ จึงให้ 5 คะแนน

3. ความสามารถในการประกอบ: แนวความคิดที่ 1 ส่งผลกระทบต่อการประกอบท่อแอร์เพราะนำ Hose ออกทั้งหมดทำให้ไม่มีความยืดหยุ่นในการประกอบ จึงให้ 1 คะแนน แนวความคิดที่ 2 และ 3 อาจจะส่งผลกระทบต่อการประกอบท่อแอร์เล็กน้อยเพราะแค่ลดความยาวของ Rubber Hose จึงให้คะแนน 3 คะแนนเท่ากัน

4. ระยะเวลาทำการปรับปรุง: ทุกแนวความคิดต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยน Tooling ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 เดือนเหมือนกันจึงให้ 1 คะแนนเท่ากัน

หลังจากทำการประเมิน ผลรวมคะแนนของแนวความคิดที่ 3 (Reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe) มากที่สุด จึงถูกเลือกไปทำการทดสอบพิสูจน์ในบทที่ 4 ต่อไป

ตาราง Evaluation matrix							
น้ำหนัก	คะแนน	ต้นทุน (Cost saving)	คุณภาพ (Quality)	การประกอบ (Workability)	ระยะเวลา (Lead time)		
		ระดับความสำคัญ					
		0.28	0.35	0.25	0.12	รวม	ตำแหน่ง
แนวความคิดที่ 1: Remove join block	5	X			X	4.40	1
	4		X	X			
	3						
	2						
	1						
รวม (ตั้งxนอน)		1.40	1.40	1.00	0.60		

ภาพที่ 3-14 การประเมินค่าของแนวความคิดของ Function จับยึดท่อแอร์

ตาราง Evaluation matrix							
น้ำหนัก	คะแนน	ต้นทุน (Cost saving	คุณภาพ (Quality)	การประกอบ (Workability)	ระยะเวลา (Lead time)		
		ระดับความสำคัญ					
		0.28	0.35	0.25	0.12	รวม	ตำแหน่ง
แนวความคิดที่ 2: Reduce joint block thickness from 13 mm. to 6.5 mm.	5		X	X		3.96	2
	4						
	3	X					
	2						
	1				X		
รวม (ตั้งxนอน)		0.84	1.75	1.25	0.12		

ภาพที่ 3-14 (ต่อ)

Function จับยึดท่อแอร์ เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน Rear auxiliary AC and heater line joint block

1. ประหยัดต้นทุน: แนวความคิดที่ 1 ให้การประหยัดต้นทุนสูงที่สุดเพราะนำ Joint block ออกทั้งหมด จึงได้ 5 คะแนน แนวความคิดที่ 2 ลดความความหนาของ Joint block 50% ประหยัดต้นทุนได้ครึ่งหนึ่งของแนวความคิดที่ 1 จึงให้ 3 คะแนน

2. คุณภาพ: แนวความคิดที่ 1 นำ Joint block ออกอาจส่งผลต่อการเกิดเสียงเนื่องจากการสั่นและกระทบกันของท่อแอร์เวลารถยนต์ทำงาน จึงให้ 4 คะแนน แนวความคิดที่ 2 ยังคงมี Joint Block จับยึดท่อแอร์อยู่แต่พียงแค่ลดความหนาลง 50% จึงไม่ส่งผลต่อการสั่นของท่อแอร์ จึงให้ 5 คะแนน

3. ความสามารถในการประกอบ: แนวความคิดที่ 1 ส่งผลต่อการประกอบท่อแอร์เล็กน้อยเพราะแอร์ยังคงมี Bracket ตัวอื่นที่จับยึดด้วยเช่นกัน จึงให้ 4 คะแนน แนวความคิดที่ 2 ยังคงมี Joint block อยู่แต่ขนาดความหนาลดลงจึงไม่ส่งผลต่อการประกอบ จึงให้ 5 คะแนน

4. ระยะเวลาทำการปรับปรุง: แนวความคิดที่ 1 ไม่ต้องใช้เวลาในการปรับปรุงเพราะแค่ไม่ต้องประกอบ Joint block จึงให้ 5 คะแนน แต่แนวความคิดที่ 2 ต้องทำการปรับเปลี่ยน Tooling ของ Joint block ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 1 เดือน จึงให้ 1 คะแนน

หลังจากทำการประเมิน ผลรวมคะแนนของแนวความคิดที่ 1 (Remove join block) มากที่สุด จึงถูกเลือกไปทำการทดสอบพิสูจน์ในบทที่ 4 ต่อไป

หมายเหตุ: การให้คะแนนระยะเวลาทำการปรับปรุง

5 คะแนน: ไม่ต้องทำการปรับปรุง tooling

4 คะแนน: ทำการปรับปรุง tooling 1 สัปดาห์

3 คะแนน: ทำการปรับปรุง tooling 2 สัปดาห์

2 คะแนน: ทำการปรับปรุง tooling 3 สัปดาห์

1 คะแนน: ทำการปรับปรุง tooling 1 เดือนขึ้นไป

สรุปแนวความคิดสร้างสรรค์ที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปทดสอบพิสูจน์ในบทที่ 4 ดังตารางที่ 3-17

ตารางที่ 3-17 แนวความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการคัดเลือก

หน้าที่	ชิ้นส่วนที่นำมาทำ VAVE	ความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการคัดเลือก
รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์ และรองรับท่อแอร์	Blower case, Evaporator upper case, Evaporator lower case, Heater case, Separate heater case, Heater tube BRKT, Evaporator tube BRKT (PP+Talcom 20%)	Idea1: Change supplier of raw material
เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	Front auxiliary AC hose (Hose length 228 mm.)	Idea3: Reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe
จับยึดท่อแอร์	Rear auxiliary AC and heater line joint block (Thickness 13 mm.)	Idea1: Remove join block

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

จากการนำเสนอและคัดเลือกแนวความคิดสร้างสรรค์ในบทที่ 3 จึงนำมาสู่ขั้นทดสอบและพิสูจน์ (Investigation phase) เพื่อเป็นการยืนยันการประกอบและคุณภาพของชิ้นงานเมื่อทำการประกอบไปกับรถยนต์แล้วจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในด้านต่าง ๆ ซึ่งขั้นตอนนี้จะตรงกับขั้นตอนการทำงานขั้นที่ 3 ถึง 5 ของบริษัทผู้ทำวิจัย

ขั้นทดสอบและพิสูจน์ (Investigation phase) ประกอบด้วย การยืนยันการประกอบในไลน์การผลิต (Workability) และการทดสอบตามข้อกำหนด (Test requirements)

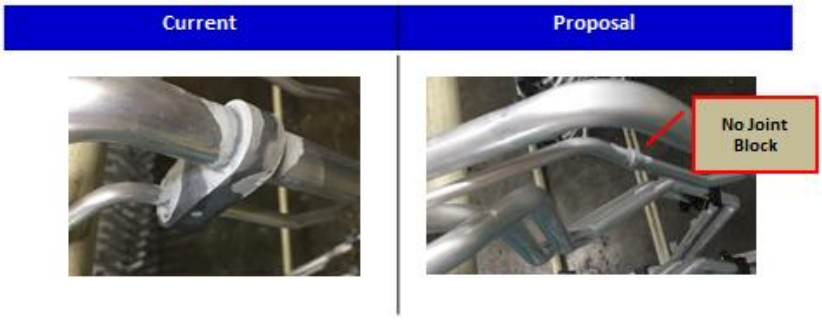
1. การยืนยันการประกอบในไลน์การผลิต (Workability)

สำหรับแนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block และ Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe เกี่ยวข้องกับความสามารถในการประกอบรถยนต์เพราะมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจึงต้องมีการทดลองในไลน์การผลิต ดังนี้

1.1 แนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความถูกต้องของแนวความคิด

ก่อนดำเนินการทดลองทางผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดเมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างมาทดลอง ซึ่งแนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block ชิ้นงานต้องไม่มี Joint block ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 แนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบความพร้อมก่อนทำการทดลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการประชุมกับทีมงานเพื่อทำการเตรียมพร้อมและแจ้งให้ฝ่ายที่เกี่ยวข้องทราบว่าจะมีการทำการทดลองแนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block ในไลน์การผลิต

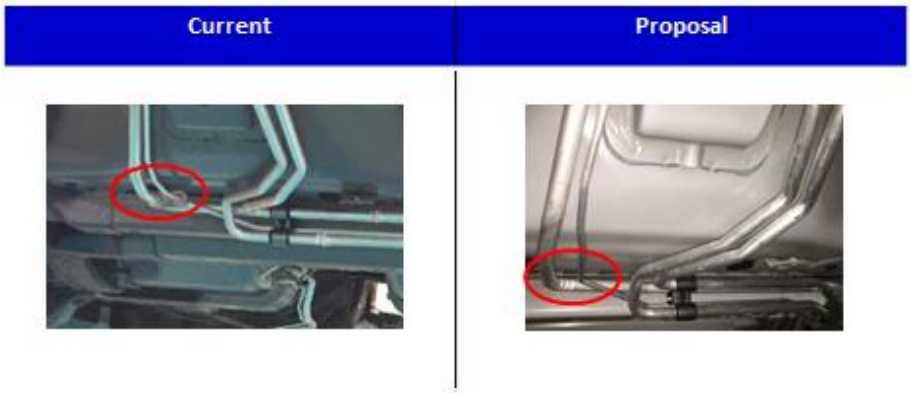
อธิบายรายละเอียดของแนวความคิดนี้ให้ทีมงานได้เข้าใจตรงตามวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบการทดลองและกำหนดจุดที่ต้องทำการตรวจสอบ

ขั้นที่ 3 ออกแบบการทดลอง

1. ชิ้นงานทดลองจะถูกเตรียมโดย Supplier และผ่านการทดสอบตามข้อกำหนด
2. วิศวกรฝ่ายออกแบบจะนำชิ้นงานมาให้ทางวิศวกรฝ่ายผลิต และพลังงานในไลน์การผลิตเพื่อทำการประกอบ และตรวจสอบว่าพนักงานมีความยากลำบากในการประกอบหรือไม่
3. ทำการ Hold รถยนต์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพ
4. หลังจากที่รถยนต์ถูกทำการประกอบและทดสอบตามขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ทางวิศวกรฝ่ายออกแบบจะเข้าไปทำการตรวจสอบอีกครั้ง ตรงบริเวณที่ทำการเปลี่ยนแปลงว่าส่งผลต่อคุณภาพหรือไม่
5. ทำการ Un-hold หรือปล่อยรถยนต์ที่ใช้ทำการทดลองเพื่อส่งมอบไปยัง Dealer

ขั้นที่ 4 ดำเนินการทดลอง

การทดลองจะถูกดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 เพื่อทำการประกอบชิ้นงานตัวอย่างเข้าไปในรถยนต์ แต่ก่อนทำการทดลองต้องมีการตรวจสอบชิ้นงานว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ดำเนินการทดลองแนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลการทดลอง

แนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block ไม่ส่งผลกระทบต่อความยากในการประกอบ จึงผ่านตามข้อกำหนดในการประกอบ

1.2 แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

เนื่องจากว่าแนวความคิดนี้มีการออกแบบขนาดความยาวและตำแหน่งของ Rubber hose ใหม่อาจจะส่งผลต่อการประกอบอย่างมาก จึงต้องแบ่งการทดลองเป็น 2 แบบ คือ Offline trial และ Online trial

<u>หมายเหตุ</u>: 1) Offline trial คือ การทดลองที่ทำกับรถยนต์ที่ไม่ได้อยู่ในสายการผลิต และไม่มีการส่งมอบไปยัง Dealer 2) Online trial คือ การทดลองที่ทำกับรถยนต์ที่อยู่ในสายการผลิตจริง และมีการส่งมอบไปยัง Dealer

Offline trial แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความถูกต้องของแนวความคิด

ก่อนดำเนินการทดลองทางผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดเมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างมาทดลอง ซึ่งแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe ชิ้นงานต้องมีขนาดความยาวของ Rubber hose ที่สั้นลง 50% จากชิ้นงานปัจจุบัน ดังภาพที่ 4-3

ภาพที่ 4-3 แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบความพร้อมการทำการทดลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการประชุมกับทีมงานเพื่อทำการเตรียมพร้อมและแจ้งให้ฝ่ายที่เกี่ยวข้องทราบว่าจะมีการทำการทดลองแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe ในไลน์การผลิต

อธิบายรายละเอียดของแนวความคิดนี้ให้ทีมงานได้เข้าใจตรงตามวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบการทดลองและกำหนดจุดที่ต้องทำการตรวจสอบ

ขั้นที่ 3 ออกแบบการทดลอง

เนื่องจากเป็นการทดลองแบบ Offline ชิ้นงานจะไม่ถูกปล่อยไปกับรถยนต์ที่ต้องส่งมอบให้กับ Dealer จึงเป็นชิ้นงานที่ยังไม่ได้ผ่านการทดสอบ

1. ชิ้นงานทดลองจะถูกเตรียมโดย Supplier
2. วิศวกรฝ่ายออกแบบจะนำชิ้นงานมาให้ทางวิศวกรฝ่ายผลิต และพลังงานในไลน์การผลิตเพื่อทำการประกอบ และตรวจสอบว่าพนักงานมีความยากลำบากในการประกอบหรือไม่
3. หลังจากทำการทดลองเสร็จต้องนำชิ้นงานออกจากรถยนต์

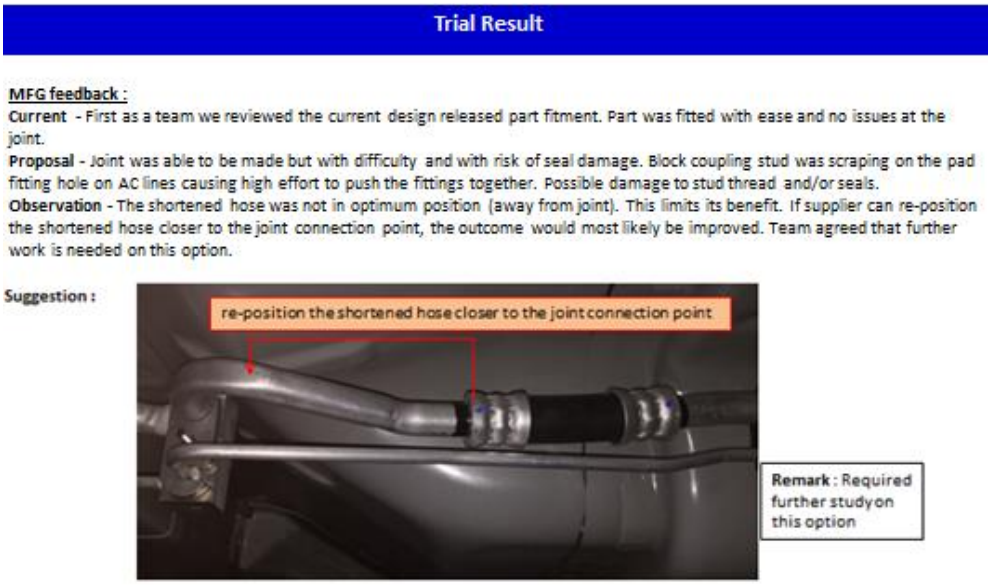
ขั้นที่ 4 ดำเนินการทดลอง

การทดลองจะถูกดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 เพื่อทำการประกอบชิ้นงานตัวอย่างเข้าไปในรถยนต์ แต่ก่อนทำการทดลองต้องมีการตรวจสอบชิ้นงานว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ ดังภาพที่ 4-4

ภาพที่ 4-4 การทดลองแบบ Offline แนวความคิด Front auxiliary AC hose: Reduce Hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลการทดลอง

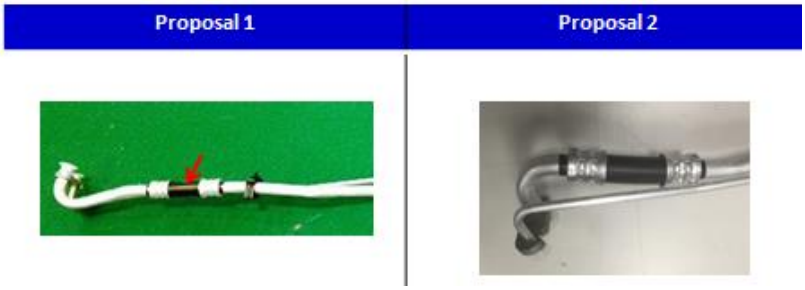
Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe สร้างความยากต่อการประกอบ ซึ่งไม่ผ่านตามข้อกำหนดของความสามารถในการประกอบรถยนต์ (Workability) พนักงานต้องใช้เวลานานในการประกอบตรงบริเวณข้อต่อของท่อแอร์เนื่องจากการออกแบบของตำแหน่ง Hose อยู่ไกลจากบริเวณข้อต่อของท่อแอร์ ซึ่งไม่สามารถช่วยในเรื่องของความยืดหยุ่นในการประกอบได้มากนัก อาจจะส่งผลให้เกิดแอร์รั่ว เนื่องจากการประกอบไม่สนิทตรงบริเวณข้อต่อของท่องแอร์ จึงได้รับคำแนะนำจากวิศวกรที่ดูแลในส่วนของไลน์การผลิตให้มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของ Hose ให้ใกล้กับข้อต่อมากขึ้นดังภาพที่ 4-5 และทำการทดลองอีกครั้ง



ภาพที่ 4-5 ผลการทดลองแบบ Offline แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงแนวความคิด

ทางทีมผู้ออกแบบจึงนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแนวความคิดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นดังภาพที่ 4-6



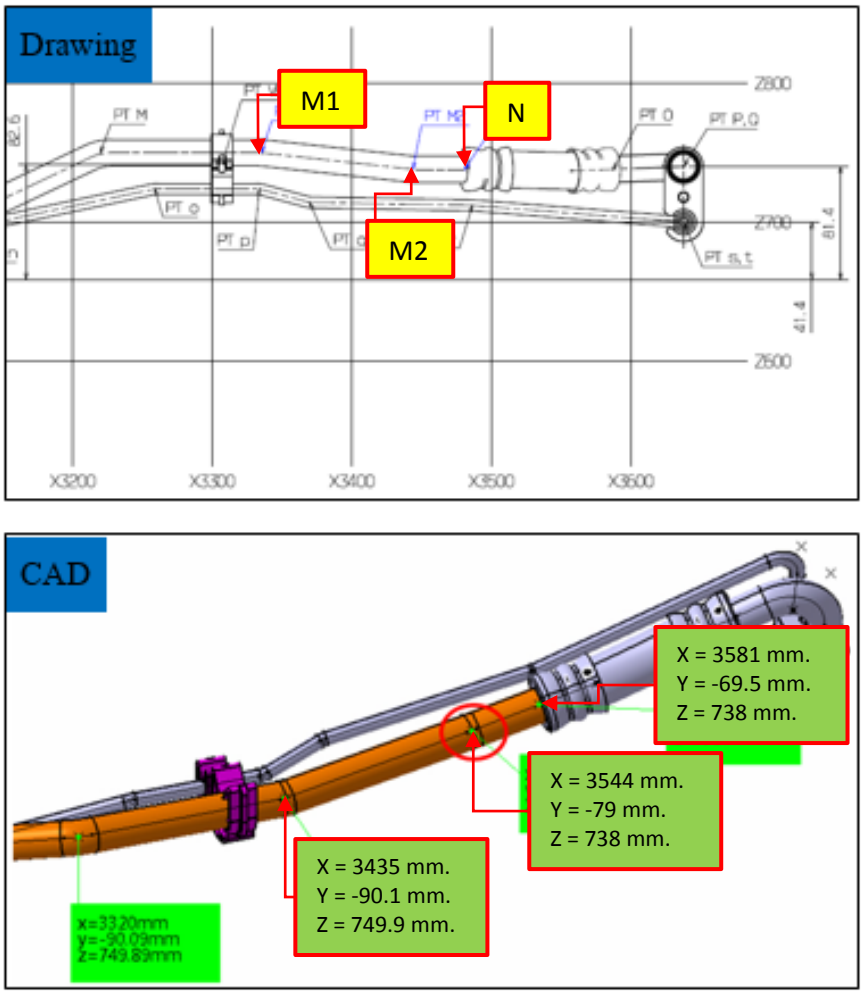
ภาพที่ 4-6 ปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

ทางทีมงานได้จัดทำการทดลองแบบ Offline หลังปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe ตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น ผลการทดลองหลังจากปรับปรุงแนวความคิด ไม่ส่งผลกระทบต่อความยากในการประกอบ จึงผ่านตามข้อกำหนดในการประกอบ ดังภาพที่ 4-7

ภาพที่ 4-7 ผลการทดลองแบบ Offline หลังจากปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

Online trial แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

ขั้นตอนการทดลองจะเหมือนกับแนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: Remove join block แต่จะเพิ่มการตรวจสอบชิ้นงานที่นำมาทำการทดสอบอย่างละเอียดมากขึ้นโดยใช้เครื่องมือ CMM ในการวัดชิ้นงานตัวอย่าง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของ Rubber hose และเพิ่มความยาวของ Al pipe ที่มาทดแทนในส่วนของ Rubber hose ที่ถูกตัดออกไป ดังภาพที่ 4-8 และภาพที่ 4-9 เพราะชิ้นงานทดลองต้องถูกประกอบไปกับรถยนต์และส่งมอบไปยัง Dealer



ภาพที่ 4-8 ระบุตำแหน่งการวัดชิ้นงานทดลองบน Drawing และ CAD

	Sample	X	Y	Z	Radius
	Spec	3435.0	-90.1	749.9	
	Min	3430.0	-92.1	744.9	
	Max	3440.0	-88.1	754.9	
M1	1	3432.450	-90.224	749.187	30
	2	3437.831	-88.509	749.037	30
	3	3432.380	-89.420	750.231	30
	4	3431.941	-88.245	748.992	30
	5	3435.400	-88.393	749.252	30
	6	3432.051	-89.546	749.695	30
	7	3434.321	-88.412	747.917	30
	8	3430.388	-90.598	749.042	30
	9	3432.547	-88.108	748.753	30
	10	3437.262	-91.061	747.670	30

	Sample	X	Y	Z	Radius
	Spec	3544.0	-79.0	738.0	
	Min	3539.0	-81.0	733.0	
	Max	3549.0	-77.0	743.0	
M2	1	3542.802	-78.127	738.299	30
	2	3548.466	-78.919	738.487	30
	3	3541.020	-78.130	738.271	30
	4	3547.789	-79.078	739.424	30
	5	3548.668	-79.598	738.502	30
	6	3541.898	-77.454	737.872	30
	7	3548.667	-78.641	739.036	30
	8	3541.399	-79.259	738.938	30
	9	3548.514	-77.789	736.588	30
	10	3544.153	-80.141	737.136	30

	Sample	X	Y	Z	Radius
	Spec	3581.0	-69.5	738.0	
	Min	3576.0	-71.5	733.0	
	Max	3586.0	-67.5	743.0	
N	1	3576.825	-67.910	739.302	30
	2	3576.513	-69.864	738.889	30
	3	3576.155	-67.895	738.735	30
	4	3576.749	-70.188	739.927	30
	5	3576.121	-70.287	738.923	30
	6	3576.681	-67.993	738.758	30
	7	3576.359	-69.730	740.018	30
	8	3576.605	-68.824	740.318	30
	9	3576.372	-68.582	736.973	30
	10	3576.567	-71.130	737.884	30

หมายเหตุ: การวัด Route ของชิ้นงานโดยปกติถูกวัดโดย Checking fixture แต่เนื่องจากว่าต้องการความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นสำหรับชิ้นงานตัวอย่างที่จะทำการทดลอง จึงทำการวัดด้วยเครื่อง CMM เฉพาะบริเวณที่นำเอา Hose ออกและแทนที่ด้วยอลูมิเนียม (M1, M2, N)

ภาพที่ 4-9 ข้อมูลการวัดชิ้นงานทดลองโดย CMM

ผลการทดลองแบบ Online หลังจากปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe ไม่ส่งผลกระทบต่อความยากในการประกอบ จึงผ่านตามข้อกำหนดในการประกอบ ดังภาพที่ 4-10

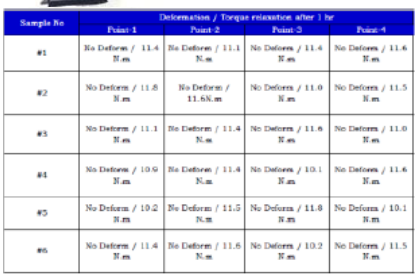
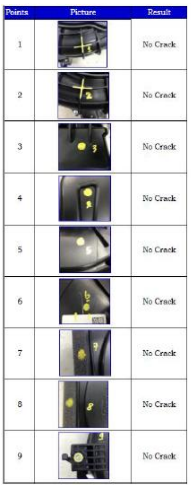
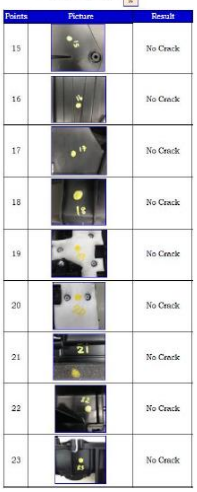
ภาพที่ 4-10 ผลการทดลองแบบ Online หลังจากปรับปรุงแนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

2. การทดสอบตามข้อกำหนด (Test requirements)

ทางผู้ออกแบบและผู้ผลิตชิ้นส่วนต้องทำการตรวจสอบข้อกำหนดหรือหัวข้อทดสอบสำหรับชิ้นงานที่จะทำการออกแบบตามแนวความคิดใหม่เพื่อการลดต้นทุน และดำเนินการทดสอบพิสูจน์ดังต่อไปนี้

2.1 หัวข้อและผลการทดสอบพิสูจน์ของตู้แอร์ (HVAC)

ผลการทดสอบพิสูจน์แนวความคิด Change supplier of raw material

No.	Test name	Sample size	Evaluation standard	Test data	Result
1	Mounting boss torque test การทดสอบแรงในการขันบริเวณจุดเชื่อมต่อชิ้นงานนั้น ๆ กับชิ้นงานอื่นด้วยการขัน Nut และตรวจสอบรอยแตก	6	No deformation	Test point 	Pass
2	Impact resistance การทดสอบแรงกระแทกบนชิ้นงานด้วยลูกตุ้มหลังจากนั้นตรวจสอบรอยแตก	6	No cracking	Test point  	Pass

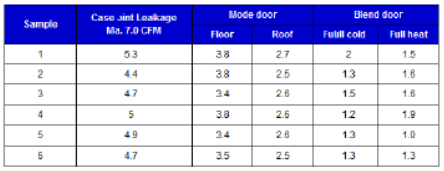
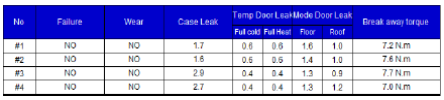
ภาพที่ 4-11 การทดสอบพิสูจน์สำหรับแนวคิด HVAC: change supplier of raw material

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>3</td><td>Temperature blend door & mode door actuation
การทดสอบประตูเปิดปิดช่องลมของระบบแอร์โดยการนำชิ้นงานเข้าไปอบแล้วนำชิ้นงานมาทำการตรวจสอบการหมุนเปิดปิดเพื่อตรวจหาข้อขัดข้อง</td><td>6</td><td>- Temp (Cold to warm): 5.0 sec
- Mode (Roof to Floor): 10.0 sec.</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">Actuator</th><th rowspan="2">Direction</th><th colspan="6">Result (sec)</th></tr>
<tr><th>#1</th><th>#2</th><th>#3</th><th>#4</th><th>#5</th><th>#6</th></tr>
<tr><td>Temp Door</td><td>Cold ==>Warm</td><td>3.90</td><td>3.60</td><td>3.80</td><td>3.90</td><td>3.60</td><td>3.60</td></tr>
<tr><td>Temp Door</td><td>Warm ==> Cold</td><td>3.40</td><td>3.20</td><td>3.40</td><td>3.50</td><td>3.40</td><td>3.20</td></tr>
<tr><td>Mode</td><td>Roof ==> Floor</td><td>3.50</td><td>3.20</td><td>3.40</td><td>3.30</td><td>3.50</td><td>3.50</td></tr>
</table>
</td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Functional Mounting checks.
การทดสอบการทำงานของประตูของตู้แอร์ตามที่ปรับตั้งตัวควบคุม</td><td>6</td><td>No interference</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>Interference</th><th>Effort</th><th>Judgement</th></tr>
<tr><td>#1</td><td>No</td><td>No</td><td>Passedsed</td></tr>
<tr><td>#2</td><td>No</td><td>No</td><td>Passedsed</td></tr>
<tr><td>#3</td><td>No</td><td>No</td><td>Passedsed</td></tr>
<tr><td>#4</td><td>No</td><td>No</td><td>Passedsed</td></tr>
<tr><td>#5</td><td>No</td><td>No</td><td>Passedsed</td></tr>
<tr><td>#6</td><td>No</td><td>No</td><td>Passedsed</td></tr>
</table>
</td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-11 (ต่อ)

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>5</td><td>Vibration test
การทดสอบโดยการสั่นทะเทือนชิ้นงานและหลังจากนั้นนำไปตรวจหารอยรั่วหรือรอยแตก</td><td>6</td><td>No deterioration of its function.</td><td>
3.1 Resonance Point
<table>
<tr><th>No</th><th>Resonance (Hz)</th></tr>
<tr><td>#1</td><td>146.1</td></tr>
<tr><td>#2</td><td>143.8</td></tr>
<tr><td>#3</td><td>144.2</td></tr>
<tr><td>#4</td><td>146.1</td></tr>
<tr><td>#5</td><td>148.0</td></tr>
<tr><td>#6</td><td>145.9</td></tr>
</table>
3.2 Remaining tightening Torque (N.m)
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th colspan="4">Point</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr>
<tr><td>#1</td><td>6.2</td><td>7.2</td><td>5.7</td><td>6.0</td></tr>
<tr><td>#2</td><td>7.1</td><td>7.3</td><td>7.7</td><td>5.9</td></tr>
<tr><td>#3</td><td>6.8</td><td>6.3</td><td>7.0</td><td>6.7</td></tr>
<tr><td>#4</td><td>6.5</td><td>7.1</td><td>6.9</td><td>6.2</td></tr>
<tr><td>#5</td><td>7.3</td><td>7.0</td><td>7.1</td><td>6.8</td></tr>
<tr><td>#6</td><td>6.4</td><td>6.2</td><td>6.4</td><td>6.1</td></tr>
</table>
3.3 Evaluation Test
<table>
<tr><th>No</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Looseness</th><th>Air-leakage</th><th>Core tightness</th><th>Effort</th><th>Noise</th></tr>
<tr><td>#1</td><td>NO</td><td>NO</td><td>NO</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>NO</td><td>NO</td></tr>
<tr><td>#2</td><td>NO</td><td>NO</td><td>NO</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>NO</td><td>NO</td></tr>
<tr><td>#3</td><td>NO</td><td>NO</td><td>NO</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>NO</td><td>NO</td></tr>
<tr><td>#4</td><td>NO</td><td>NO</td><td>NO</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>NO</td><td>NO</td></tr>
<tr><td>#5</td><td>NO</td><td>NO</td><td>NO</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>NO</td><td>NO</td></tr>
<tr><td>#6</td><td>NO</td><td>NO</td><td>NO</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>NO</td><td>NO</td></tr>
</table>
</td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Thermal shock
การทดสอบชิ้นงานที่อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดหลังจากนั้นนำชิ้นงานมาตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ</td><td>4</td><td>HVAC unit should be disassembled.
No damage, deformation
After test, need to check leakage/ door effort/ operating noise/ core tightness</td><td>
<table>
<tr><th>Sample</th><th>Dis-assy</th><th>Damage</th><th>Deform</th><th>Leakage</th><th>Core tightness</th><th>Effort</th><th>Noise</th></tr>
<tr><td>#1</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td></tr>
<tr><td>#2</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td></tr>
<tr><td>#3</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td></tr>
<tr><td>#4</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td><td>No.</td></tr>
</table>
</td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-11 (ต่อ)

No.	Test name	Sample size	Evaluation standard	Test data	Result
7	Humidity test การทดสอบชิ้นงานโดยนำชิ้นงานเข้าไปในตู้อบ หลังจากนั้นนำชิ้นงานมาตรวจสอบการหลอมละลายหรือเสียรูป	4	After executing the test, 6 samples are to be used for compliance with requirements III. A and III. B III. A Case Joint Leakage to less than 7.0 CFM @ 249 Pa III.B Blend door and mode door leakage to less than 5.0 CFM @ 248 Pa		Pass
8	Thermal vibration การทดสอบโดยการนำชิ้นงานเข้าไปในตู้อบพร้อมกับสั่นสะเทือน หลังจากนั้นนำมาตรวจสอบหารอยรั่วหรือรอยแตก	4	No failure and excessive wear motor imbalance 12gm-mm/ plane case joint leak: 4.71 l/s (10CFM) temp mode door leakage : 3.78 l/s (8 CFM) measure the break away torque (must be greater than 0.5 times)		Pass

Sample	Case Joint Leakage Mx. 7.0 CFM	Mode door		Blend door	
		Floor	Roof	Full cold	Full heat
1	5.3	3.8	2.7	2	1.5
2	4.4	3.8	2.5	1.3	1.6
3	4.7	3.4	2.6	1.5	1.6
4	5	3.8	2.6	1.2	1.9
5	4.9	3.4	2.6	1.3	1.0
6	4.7	3.5	2.5	1.3	1.3

No	Failure	Wear	Case Leak	Temp Door Leak		Mode Door Leak		Break away torque
				Full cold	Full Heat	Floor	Roof	
#1	NO	NO	1.7	0.6	0.6	1.6	1.0	7.2 N.m
#2	NO	NO	1.6	0.5	0.5	1.4	1.0	7.6 N.m
#3	NO	NO	2.9	0.4	0.4	1.3	0.9	7.7 N.m
#4	NO	NO	2.7	0.4	0.4	1.3	1.2	7.6 N.m

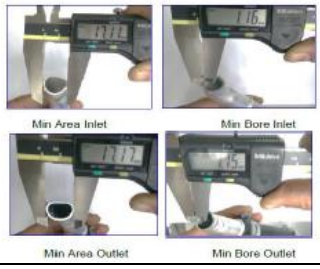
ภาพที่ 4-11 (ต่อ)

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>9</td><td>Air leak-mode door leakage การทดสอบเพื่อตรวจหาลมรั่วบริเวณประตูตู้แอร์ ตำแหน่งเป่ากระจก เป่าหน้า เป่าเท้า ซึ่งต้องไม่เกินข้อกำหนดที่ระบุไว้</td><td>6</td><td>Less than 2.36 l/s @ 250 Pa</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th colspan="2">Air leakage (l/s)</th></tr>
<tr><th>Roof</th><th>Floor</th></tr>
<tr><td>#1</td><td>1.6</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>#2</td><td>1.4</td><td>1.1</td></tr>
<tr><td>#3</td><td>1.4</td><td>1.0</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th colspan="2">Air leakage (l/s)</th></tr>
<tr><th>Roof</th><th>Floor</th></tr>
<tr><td>#4</td><td>1.7</td><td>1.1</td></tr>
<tr><td>#5</td><td>1.8</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>#6</td><td>1.6</td><td>1.0</td></tr>
</table>
</td><td>Pass</td></tr>
</table>

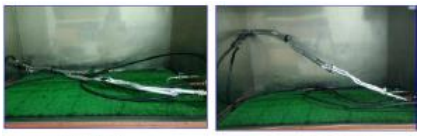
ภาพที่ 4-11 (ต่อ)

2.2 หัวข้อและผลการทดสอบพิสูจน์ของท่อแอร์ (Rear AC & Heater lines)

ผลการทดสอบพิสูจน์แนวความคิด Reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Dimensional check (min. bore) การตรวจสอบขนาดของตำแหน่งที่นำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่น</td><td>3</td><td>Must be greater than 80%. Hose crimps on high side must be > 75%</td><td>Rear section
Inlet Pipe
<table><tr><th colspan="2">Sample</th><th>Min bore (mm)</th><th>Min area (mm²)</th></tr><tr><td rowspan="3">1.24T</td><td>OD17 #1</td><td>11.90</td><td>111.15</td></tr><tr><td>OD17 #2</td><td>11.89</td><td>111.00</td></tr><tr><td>OD17 #3</td><td>11.91</td><td>111.44</td></tr></table>Outlet Pipe
<table><tr><th colspan="2">Sample</th><th>Min bore (mm)</th><th>Min area (mm²)</th></tr><tr><td rowspan="3">1.24T</td><td>OD17 #1</td><td>11.86</td><td>110.55</td></tr><tr><td>OD17 #2</td><td>11.94</td><td>111.89</td></tr><tr><td>OD17 #3</td><td>11.83</td><td>109.95</td></tr></table>  </td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Dimensional check (End item) การตรวจสอบขนาดของชิ้นงานด้วยเครื่องมือตรวจสอบ</td><td>All</td><td>Hose assemblies must conform to all tolerances as specified on the part drawing.</td><td>Rear section
<table><tr><th>No. of Sample</th><th>No. of sampple measure by CMM</th><th>Result</th><th>No. of sampple measure by Fixture</th><th>Result</th></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>Paaed</td><td>5</td><td>Passed</td></tr></table></td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-12 การทดสอบพิสูจน์สำหรับแนวคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>3</td><td>Proof pressure
การตรวจสอบหารอยรั่วของชิ้นงานด้วยการอัดแรงลม (He) เข้าไปในชิ้นงาน</td><td>6</td><td>Hose assemblies shall show no sign of pressure drop, Signifying a leak or failure. Assemblies must meet the requirement of 3A. 6 after test</td><td>Rear section
Pipe inlet
<table><tr><th>Sample</th><th>Pressure drop</th><th>Leak</th><th>Result</th></tr><tr><td>1</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr></table>Pipe outlet
<table><tr><th>Sample</th><th>Pressure drop</th><th>Leak</th><th>Result</th></tr><tr><td>1</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No pressure drop</td><td>No leak</td><td>Passed</td></tr></table> 
Pipe inlet Pipe outlet</td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Burst pressure (new assemblies)
การทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานด้วยการอัดแรงลมเข้าไปในชิ้นงานเพื่อให้ทราบว่าชิ้นงานผ่านตามข้อกำหนด</td><td>6</td><td>Each assembly must be capable of holding the internal hydraulic pressure</td><td>Rear section
Liquid pipe Unit:Kgf.cm^2
<table><tr><th>Sample</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Burst point</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No</td><td>No</td><td>>182.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td><td>No</td><td>>181.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No</td><td>No</td><td>>176.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No</td><td>No</td><td>>179.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No</td><td>No</td><td>>179.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No</td><td>No</td><td>>179.8</td><td>Passed</td></tr></table>Suction pipe Unit:Kgf.cm^2
<table><tr><th>Sample</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Burst point</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No</td><td>No</td><td>>180.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td><td>No</td><td>>184.1</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No</td><td>No</td><td>>178.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No</td><td>No</td><td>>182.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No</td><td>No</td><td>>179.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No</td><td>No</td><td>>185.2</td><td>Passed</td></tr></table>Heater pipe inlet Unit:Kgf.cm^2
<table><tr><th>Sample</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Burst point</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No</td><td>No</td><td>>182.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td><td>No</td><td>>182.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No</td><td>No</td><td>>180.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No</td><td>No</td><td>>181.2</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No</td><td>No</td><td>>183.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No</td><td>No</td><td>>184.6</td><td>Passed</td></tr></table>Heater pipe outlet Unit:Kgf.cm^2
<table><tr><th>Sample</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Burst point</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No</td><td>No</td><td>>180.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td><td>No</td><td>>181.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No</td><td>No</td><td>>184.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No</td><td>No</td><td>>180.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No</td><td>No</td><td>>183.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No</td><td>No</td><td>>180.6</td><td>Passed</td></tr></table></td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-12 (ต่อ)

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>5</td><td>Corrosion leak (pre-test)
การทดสอบรอยรั่วก่อนนำไปทดสอบการกัดกร่อน
Corrosion

Proof (post-test)
Leak (post-test)
Burst (post-test)
การตรวจสอบการกัดกร่อนของชิ้นงานเพื่อให้ทราบว่าชิ้นงานผ่านตามข้อกำหนดโดยการนำชิ้นงานใส่เข้าในเครื่องพ่นเกลือ (Salt spray)</td><td>6</td><td>1. Joint must not leak more than 7 grams/year at 2MPa
2. No permanent corrosive damage, resulting is non-functioning of component part & pass post-tests.</td><td>Rear section
Inlet Pipe Unit:kgf/cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>168.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>162.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>175.2</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>170.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>168.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>162.8</td><td>Passed</td></tr></table>Outlet Pipe Unit:kgf/cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>172.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>162.8</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>170.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>176.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>165.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No leak</td><td>No leak</td><td>>180.2</td><td>Passed</td></tr></table>
Salt spay Tester

Leak test

Proof Pressure&Burst Test</td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-12 (ต่อ)

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>6</td><td>Vibration test
leak (pre-test)

Vibration test

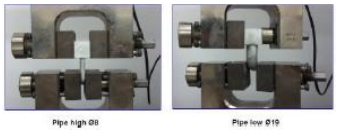
Proof (post-test)
Leak (post-test)
Burst (post-test)
การทดสอบชิ้นงานโดยการสั่นสะเทือนหลังจากนั้นตรวจสอบรอยรั่วหรือรอยแตกบนชิ้นงาน</td><td>6</td><td>1. Joint must not leak more than 7 grams/year at 2MPa
2. The hose assembly, including all mounting and support brackets, must not give any evidence of structural fatigue either during the test or when testing is completed and be able to maintain positive pressure (pressure loss to be recorded) inside the hose assembly and pass post-tests.</td><td>Rear section

A/C pipe-Suction Unit:Kgf.cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak (g/year)</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No leak</td><td>0.66</td><td>>178.1</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No leak</td><td>0.73</td><td>>177.2</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No leak</td><td>0.81</td><td>>184.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No leak</td><td>0.87</td><td>>185.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No leak</td><td>0.86</td><td>>179.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No leak</td><td>0.68</td><td>>175.8</td><td>Passed</td></tr></table>A/C pipe-Liquid Unit:Kgf.cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak (g/year)</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No leak</td><td>0.75</td><td>>178.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No leak</td><td>0.93</td><td>>164.8</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No leak</td><td>0.88</td><td>>178.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No leak</td><td>0.85</td><td>>171.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>174.2</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No leak</td><td>0.91</td><td>>179.9</td><td>Passed</td></tr></table>Heater pipe-Inlet Unit:Kgf.cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>182.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>188.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>184.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>186.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>187.4</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>188.1</td><td>Passed</td></tr></table>Heater pipe-Outlet Unit:Kgf.cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>184.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>180.9</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>184.2</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>182.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>184.7</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No leak</td><td>No</td><td>>186.3</td><td>Passed</td></tr></table>
Vibration tester

Leak test

Burst test & Proof</td><td>Pass</td></tr>
</table>

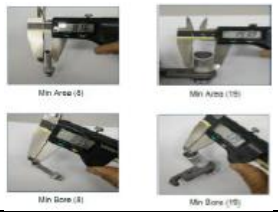
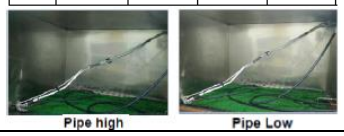
ภาพที่ 4-12 (ต่อ)

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>7</td><td>End fitting joint strength
การทดสอบจุดเชื่อมต่อของชิ้นงานโดยการใช้ Nut ขันอัดแล้วจึงนำไปตรวจสอบหารอยรั่ว</td><td>6</td><td>The minimum load required to disconnect the end fitting from its mating part should not be less than 2kN. record tensile force and mode of failure</td><td>Rear section
Unit : kN
<table><tr><th>Sample</th><th>pipe Ø8</th><th>Result</th><th>Pipe Ø19</th><th>Result</th></tr><tr><td>1</td><td>2.38</td><td>Passed</td><td>>4.44</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>2.26</td><td>Passed</td><td>>4.39</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>2.42</td><td>Passed</td><td>>4.48</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>2.56</td><td>Passed</td><td>>4.52</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>2.6</td><td>Passed</td><td>>4.46</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>2.52</td><td>Passed</td><td>>4.50</td><td>Passed</td></tr></table>  </td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Shipping cap rendition
การตรวจสอบความแน่นหรือหลวมของฝา Cap ตามข้อกำหนด โดยใช้เครื่อง Push-pull gage</td><td>6</td><td>- No falling of the caps during the test
- Removal force of shipping cap must be between 18 to 67N</td><td>Rear section
Unit:N
<table><tr><th>Sample</th><th>Force (a)</th><th>Picutre</th><th>Result</th></tr><tr><td>1</td><td>24.0</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>2</td><td>23.2</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>3</td><td>24.8</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>4</td><td>26.3</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>5</td><td>24.8</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>6</td><td>26.3</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>Sample</td><td>Force (b)</td><td>Picutre</td><td>Result</td></tr><tr><td>1</td><td>22.2</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>2</td><td>23.8</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>3</td><td>22.4</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>4</td><td>23.5</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>5</td><td>22.3</td><td></td><td>PASS</td></tr><tr><td>6</td><td>24.1</td><td></td><td>PASS</td></tr></table>

Note
-Function not change, to refer PV test result.</td><td>Pass</td></tr>
</table>

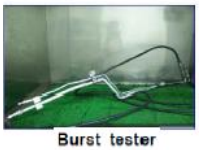
ภาพที่ 4-12 (ต่อ)

ผลการทดสอบพิสูจน์แนวความคิด Remove join block

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Dimensional check (min. bore)</td><td>3</td><td>Must be greater than 80%. Hose crimps on high side must be > 75%</td><td>Rear section
<table><tr><th colspan="2">Sample</th><th>Min bore (mm)</th><th>Min area (mm²)</th></tr><tr><td rowspan="3">1.0T</td><td>OD8 #1</td><td>5.05</td><td>20.08</td></tr><tr><td>OD8 #2</td><td>5.04</td><td>19.95</td></tr><tr><td>OD8 #3</td><td>5.04</td><td>19.95</td></tr><tr><td rowspan="3">1.6T</td><td>OD19 #1</td><td>13.18</td><td>136.50</td></tr><tr><td>OD19 #2</td><td>13.31</td><td>139.20</td></tr><tr><td>OD19 #3</td><td>13.22</td><td>137.20</td></tr></table>  </td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Dimensional check</td><td>All</td><td>Hose assemblies must conform to all tolerances as specified on the part drawing</td><td>Rear section
<table><tr><th>No. of Sample</th><th>No. of sampple measure by CMM</th><th>Result</th><th>No. of sampple measure by Fixture</th><th>Result</th></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>Paaed</td><td>5</td><td>Passed</td></tr></table></td><td>Pass</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Burst pressure (New assemblies)</td><td>6</td><td>Each assembly must be capable of holding the internal hydraulic pressure</td><td>Liquid pipe Unit:Kgf.cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Burst point</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No</td><td>No</td><td>>197.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td><td>No</td><td>>198.3</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No</td><td>No</td><td>>196.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No</td><td>No</td><td>>197.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No</td><td>No</td><td>>195.8</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No</td><td>No</td><td>>197.2</td><td>Passed</td></tr></table>Suction pipe Unit:Kgf.cm²
<table><tr><th>Sample</th><th>Breakage</th><th>Deformation</th><th>Burst point</th><th>Judgement</th></tr><tr><td>1</td><td>No</td><td>No</td><td>>193.5</td><td>Passed</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td><td>No</td><td>>197.2</td><td>Passed</td></tr><tr><td>3</td><td>No</td><td>No</td><td>>196.8</td><td>Passed</td></tr><tr><td>4</td><td>No</td><td>No</td><td>>197.6</td><td>Passed</td></tr><tr><td>5</td><td>No</td><td>No</td><td>>198.1</td><td>Passed</td></tr><tr><td>6</td><td>No</td><td>No</td><td>>195.7</td><td>Passed</td></tr></table> 
Pipe high Pipe Low</td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-13 การทดสอบพิสูจน์สำหรับแนวคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>4</td><td>Temperature leak (Pre-test)
Temperature การทดสอบโดยการนำชิ้นงานไปอบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วหลังจากนั้นจึงนำชิ้นงานมาตรวจสอบการรั่ว
Proof (Post-test)
Leak (Post-test)
Burst (Post-test)
การทดสอบชิ้นงานโดยการสั่นสะเทือนหลังจากนั้นตรวจสอบรอยรั่วหรือรอยแตกบนชิ้นงาน</td><td>6</td><td>No leaks and pass post testing.</td><td>Rear section
Liquid pipe Unit:Kgf.cm^2
<table>
<tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak(g/Year)</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr>
<tr><td>1</td><td>No leak</td><td>0.75</td><td>>198.4</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>2</td><td>No leak</td><td>0.76</td><td>>197.5</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>3</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>196.2</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>4</td><td>No leak</td><td>0.77</td><td>>197.6</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>5</td><td>No leak</td><td>0.79</td><td>>194.6</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>6</td><td>No leak</td><td>0.77</td><td>>197.4</td><td>Passed</td></tr>
</table>
Suction pipe Unit:Kgf.cm^2
<table>
<tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr>
<tr><td>1</td><td>No leak</td><td>0.79</td><td>>197.3</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>2</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>198.4</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>3</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>198.6</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>4</td><td>No leak</td><td>0.79</td><td>>197.5</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>5</td><td>No leak</td><td>0.79</td><td>>198.4</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>6</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>196.8</td><td>Passed</td></tr>
</table>



Burst tester Helium Leak</td><td>Pass</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-13 (ต่อ)

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test name</th><th>Sample size</th><th>Evaluation standard</th><th>Test data</th><th>Result</th></tr>
<tr><td>5</td><td>Vibration test
Leak (Pre-test)
Vibration test</td><td>6</td><td>1. Joint must not leak more than 7 grams/year at 2MPa
2. The hose assembly, including all mounting and support brackets, must not give any evidence of structural fatigue either during the test or when testing is completed and be able to maintain positive pressure (Pressure loss to be recorded) ide the hose assembly and pass post-tests.</td><td>
Unit:Kgf.cm^2
<table>
<tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak (g/year)</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr>
<tr><td>1</td><td>No leak</td><td>0.75</td><td>>194.7</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>2</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>198.5</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>3</td><td>No leak</td><td>0.79</td><td>>197.5</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>4</td><td>No leak</td><td>0.76</td><td>>195.7</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>5</td><td>No leak</td><td>0.75</td><td>>197.4</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>6</td><td>No leak</td><td>0.77</td><td>>198.3</td><td>Passed</td></tr>
</table>
Unit:Kgf.cm^2
<table>
<tr><th>Sample</th><th>Proof Pressure</th><th>Leak (g/year)</th><th>Burst</th><th>Judgement</th></tr>
<tr><td>1</td><td>No leak</td><td>0.79</td><td>>187.6</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>2</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>181.4</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>3</td><td>No leak</td><td>0.77</td><td>>187.4</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>4</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>175.6</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>5</td><td>No leak</td><td>0.78</td><td>>182.3</td><td>Passed</td></tr>
<tr><td>6</td><td>No leak</td><td>0.77</td><td>>178.2</td><td>Passed</td></tr>
</table>

Vibration

Leak tester

Burst & Proof
</td><td>Pass</td></tr>
</table>

หมายเหตุ: ขั้นตอนการทดสอบสามารถอ้างอิงในภาคผนวก ก

ภาพที่ 4-13 (ต่อ)

ผลการทดสอบและพิสูจน์ผ่านทั้งการยืนยันการประกอบในไลน์การผลิต (Workability) และการทดสอบตามข้อกำหนด (Test requirements) ดังนั้นแนวความคิดทั้งหมดนี้จึงถูกนำไปดำเนินการใช้จริง (Implement) ในชิ้นส่วนที่ทำการปรับปรุงและติดตามผลในขั้นตอนต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการเลือกโครงการ (General phase) เนื่องจากว่าชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์มีเป็นจำนวนมาก ทางผู้วิจัยจึงทำการเลือกชิ้นส่วนหลักที่เหมาะสมที่สามาถนำเข้ามาประยุกต์กับเทคนิค วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) โดยใช้แผนภูมิพาเรโต ชิ้นส่วนหลักที่ได้รับการคัดเลือก คือ ตู้แอร์ (HVAC) และท่อแอร์ (AC & Heater lines)

ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล (Information phase) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนประกอบย่อยของตู้แอร์และท่อแอร์เพื่อทำการศึกษาชนิดของวัสดุ แหล่งที่มาและราคาของชิ้นส่วนทั้งหมด

ขั้นตอนวิเคราะห์หน้าที่ (Function phase) เป็นการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบย่อยของตู้แอร์และท่อแอร์ทำให้ทราบถึงหน้าที่หลักและหน้าที่รองเพื่อที่จะเป็นข้อมูลในการปรับปรุง และทำการเปรียบเทียบความสำคัญหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนประกอบย่อยโดยการประเมินผลเชิงเลข หลังจากนั้นนำไปคำนวณหาคุณค่า (Value) แต่ละหน้าที่ซึ่งนำไปสู่การคัดเลือกชิ้นส่วนและหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปทำการปรับปรุง

ชิ้นส่วนประกอบย่อยที่ถูกคัดเลือกเพื่อสร้างสรรค์ความคิดมีทั้งหมด 9 ชิ้นส่วน คือ 1) Blower case 2) Evaporator upper case 3) Evaporator lower case 4) Heater case 5) Separate heater case 6) Front auxiliary AC hose 7) Rear auxiliary AC and heater line joint block 8) Heater tube BRKT 9) Evaporator tube BRKT

ชิ้นส่วนทั้งหมดข้างต้นเกี่ยวข้อง 4 ฟังก์ชั่น คือ 1) รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์ 2) เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ 3) จับยึดท่อแอร์ 4) รองรับท่อแอร์

ขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิด (Creation phase) เป็นขั้นตอนในการสร้างสรรค์ความคิดหลังจากที่ได้วิเคราะห์หน้าที่หลักของชิ้นส่วนประกอบย่อยของตู้แอร์และท่อแอร์ ที่ได้ทำการเลือกโดยคำนึงถึงผลของคุณค่าของชิ้นส่วนต่าง ๆ และนำมาทำการปรับปรุง โดยใช้หลักการเปรียบเทียบการออกแบบชิ้นส่วนกับ OEM อื่น ๆ หรือเรียกว่า Benchmarking activity เพื่อทำการหาแนวความคิดในการลดต้นทุนใหม่ ๆ ของแต่ละฟังก์ชั่น

ขั้นตอนการประเมินความคิด (Evaluation phase) ทำการประเมินผลด้วยการพิจารณาต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของทุกแนวความคิด เปรียบเทียบ ข้อดี ข้อจำกัด และทำการประเมินแบบ

Evaluation matrix เพื่อหาความเป็นไปได้ของแนวความคิด โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณภาพ ความน่าเชื่อถือ การขายได้ ความสามารถในการผลิตของผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) และการประกอบในไลน์การผลิต

สรุปแนวความคิดสร้างสรรค์ที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปทำการปรับปรุง ดังนี้

1. แนวความคิด HVAC: change supplier of raw material

2. แนวความคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

3. แนวความคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: remove join block

ขั้นตอนการทดสอบและพิสูจน์ (Investigation phase) เพื่อเป็นการยืนยันการประกอบและคุณภาพของชิ้นงานเมื่อทำการประกอบไปกับรถยนต์แล้วจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในด้านต่าง ๆ ซึ่งจะถูกแบ่งการทดสอบเป็น 2 แบบ คือ 1) การยืนยันการประกอบในไลน์การผลิต 2) การทดสอบตามข้อกำหนด ซึ่งทุกแนวความคิดสามารถผ่านข้อทดสอบได้ทั้งหมด

สรุปผลที่ได้รับจากการวิจัย

จากขั้นทดสอบพิสูจน์แนวความคิดที่ได้รับคัดเลือก ทุกแนวความคิดผ่านทั้งในด้านการประกอบและการทดสอบตามข้อกำหนด นำไปสู่การใช้งานจริงในไลน์การผลิต ซึ่งขั้นตอนนี้จะตรงกับขั้นตอนการทำงานขั้นที่ 6 ของบริษัทผู้ทำวิจัย (Implementation) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำกาสรุปผลการประหยัดต้นทุนให้กับฝ่ายการเงินของบริษัทเพื่อปิดการทำงานของโครงการตามเป้าหมายของบริษัท

การคำนวณต้นทุนที่สามารถประหยัดได้จะนำประหยัดต้นทุนต่อคัน (Cost saving/ unit) คูณกับยอดการผลิตต่อปี ซึ่งประมาณการยอดการผลิตรถยนต์ SUV 7 ที่นั่งอยู่ที่ 40,000 คันต่อปี

ตารางที่ 5-1 การประหยัดต้นทุนของชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์

หน้าที่	ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา	ประหยัดต้นทุนต่อคัน (บาท)	ประหยัดต้นทุนต่อปี (บาท)	ประหยัดต้นทุน 4 ปี (บาท)
รองรับชิ้นส่วนภายในตู้แอร์และรองรับท่อแอร์	HVAC: Change supplier of raw material	3.50	140,000.00	560,000.00
เพิ่มความยืดหยุ่นในการประกอบ	Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe	40.00	1,600,000.00	6,400,000.00
จับยึดท่อแอร์	Rear auxiliary AC and heater line Joint block: remove join block	32.50	1,300,000.00	5,200,000.00
ประหยัดต้นทุนทั้งหมด		76.00	3,040,000.00	12,160,000.00

การประหยัดต้นทุนของชิ้นส่วนในระบบปรับอากาศรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวความคิดสร้างสรรค์และพัฒนาไม่สามารถลดต้นทุนได้ตามเป้าหมายของบริษัท คือ 3% ของราคาที่ซื้อทั้งหมด (Purchase amount) จากผู้ผลิตชิ้นส่วน เนื่องจากว่าเป้าหมายของบริษัทเป็นเป้าหมายรวมของชิ้นส่วนทั้งหมดของรถยนต์ SUV 7 ที่นั่ง ซึ่งการดำเนินการลดต้นทุนต้องมาจากชิ้นส่วนอื่น ๆ ประกอบด้วย ทางผู้วิจัยจึงนำแนวความคิดวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) มาประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนอื่น ๆ ต่อไป เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของบริษัท

ข้อเสนอแนะ

ขั้นเสนอแนะ (Recommendation phase)

เนื่องจากชิ้นส่วนที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาเป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งในชิ้นส่วนทั้งหมดที่ใช้ในรถยนต์ ซึ่งยังมีชิ้นส่วนประกอบอื่นอีกหลายส่วนด้วยกัน สามารถที่จะนำมาศึกษาค้นคว้าในการลดต้นทุนด้วยแนวความคิดวิศวกรรมคุณค่า (Value engineering) เพื่อเพิ่มผลกำไรให้กับบริษัท

การลดต้นทุนที่จะประสบผลสำเร็จได้นั้นต้องได้รับความร่วมมือจากหลาย ๆ ส่วนในองค์กรรวมไปถึงผู้ผลิตชิ้นส่วนอีกด้วย ดังนั้นทัศนคติที่ดีต่อการลดต้นทุนจึงมีความสำคัญมากที่ผู้บริหารของหน่วยงานนั้น ๆ จะปลูกฝังให้กับทุกคน เพื่อให้เกิดความร่วมมือกันและการสนับสนุนเป็นอย่างดี

การลดต้นทุนทุกครั้งต้องคำนึงถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น เช่น คุณภาพ การประกอบความเป็นไปได้ที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนจะสามารถทำได้ และลูกค้าผู้ที่ใช้งานผลิตภัณฑ์ จึงต้องมีขั้นตอนการลดต้นทุนอย่างเป็นระบบ

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551). *หลักการควบคุมคุณภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เถลิง พลเจริญ และสุรเชษฐ์ บางเมือง (2555). *การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า: กรณีศึกษาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยธนบุรี.* สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพมหานคร.

ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ, กฤษดา ประสพชัยชนะ, บัญชา อริยะจรรยา และสันติ นิลสุวรรณ (2559). *การออกแบบและพัฒนาหัวฉีดเส้นพลาสติกของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์โดยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า.* ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภัทรวรรณ ธราพร และจักรพงษ์ พงษ์เพ็ง (2556). *โครงสร้างปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้วิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบอาคาร โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน.* สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

ระบบปรับอากาศในรถยนต์ (2560). *เข้าถึงได้จาก* http://www.techniccar.com/air-conditioning/

อุรุท ศุภคุณ และนัฏฐวิกา จันทร์ศรี (2555). *การออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศเพื่อลดต้นทุน.* สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์ (2540). *วิศวกรรมคุณค่า: เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Chougule Mahadeo Annappa & Kallurkar Shrikant Panditrao (2012). *APPLICATION OF VALUE ENGINEERING FOR COST REDUCTION-A CASE STUDY OF UNIVERSAL TESTING MACHINE.* Principal, A.G. Patil Institute of Technology, Vijapur Road, Solapur (Maharashtra), India.

Fundamentals of the automotive cabin climate control system (2017). Retrieved from *http://www.edn.com/design/automotive/4403883/Fundamentals-of-the-automotive-cabin-climate-control-system*

Juran J. M. (1992). Juran on Quality by Design, *The Free Press, New York.*

Urmila A Mahadik (2015). *Value Engineering For Cost Reduction and Sustainability in Construction Projects. Assistant Professor*, Rajarshi Shahu College of Engineering, Tathawade, Pune, Maharashtra, India.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการทดสอบทางวิศวกรรม

ตารางภาคผนวกที่ ก-1 ขั้นตอนการทดสอบแนวคิด HVAC: Change supplier of raw material

No.	Test Name	Test Requirement
1	Mounting boss torque test	Condition Mount the assembly to a fixture and tighten the mounting nuts to the maximum specified value. (10.5+/-1.6 Nm.>8.9-12.1 Nm.) Measure the relaxation (remaining) torque after 1 Hr.
2	Impact resistance	Condition Based on HVAC module condition apply the force on the specified and agreed points by FoA The force will be the amount of 3 times of HVAC weight.
3	Temperature blend door & mode door actuation	Condition Load 8 VDC to control and check the full travel time of all doors.
4	Functional mounting checks.	Condition Provide checking gage which simulates the attachments and holes at vehicle assembly per the appropriate layout (mounting stud locations, evaporator core tubes/TXV, heater core tubes, and drain tube mounting locations.) The minimum stiffness of the gage must be adequate to final assembly condition.
5	Vibration test	Condition Test A: resonance point detection: Frequency: 8.3-200 Hz, cycle<=20 min; Vibration acceleration: 9.8 m/s^2 (1G), vibration direction: vertical. Test B-1: Vibration Test-test procedure to be provided Frequency: 8.3-200 Hz, Vibration acceleration: 28.4 m/s^2 (2.9G) vibration direction: Apply the 10.5 Nm. to every mounting bolt & nut prior to test, and then measure & record the remaining torque after test completion.

ตารางภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

No.	Test Name	Test Requirement
6	Thermal shock	Condition The HVAC has to be mounted in vehicle position on a test rig using the vehicle fixing points. 1) Temp: 80 degC, 2hr --> -40 degC 2 hr (*min temp change 20 sec) 2) 10 Cycles
7	Humidity test	Condition Refer: ITEM III.K
8	Thermal vibration	Condition Refer to ES-AG13-8.4
9	Air leak-mode door leakage	Condition Based on ES-AG13-4.3

ตารางภาคผนวกที่ ก-2 ขั้นตอนการทดสอบแนวคิด Rear auxiliary AC and heater line joint block: Remove join block

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test Name</th><th>Test Requirement</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Dimensional check (min. bore)</td><td>Condition
Measure and record the smallest bore dimension and fitting type, includes bends.
Minimum Bore (tube ID) = (Tube OD-(2 x wall thickness) x 80%
Minimum cross section area = (3.1415926 x Min Bore^2)/4
<table><tr><th>Size</th><th>Wall thickness</th><th>Min bore</th><th>Min area</th></tr><tr><td>17.0 mm</td><td>1.24 mm wall thickness</td><td>11.6 mm</td><td>106.0 mm^2</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Dimensional check</td><td>Condition
End item lay out. If production gage exists, CMM only 2 assembly and gage the remainder. If gage has not been built all assemblies must measured using CMM.</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Proof pressure</td><td>Condition
Low pressure assembly shall be internally pressure 4.25±0.2 MPa (43.34 kgf/cm^2) for 5 minutes. High pressure assembly shall be internally pressure 6±0.2 MPa (61.18 kgf/cm^2) for 5 minutes.</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Burst Pressure (new assemblies)</td><td>Condition
Apply a hydraulic pressure at a rate of 10.3 MPa (1500 psig) per minute +/-0.07 MPa until target value (Low 8.5 MPa/High 12 MPa) is reached then hold for 60 sec. then proceed until failure.</td></tr>
</table>

ตารางภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

No.	Test Name	Test Requirement
5	Corrosion Leak (pre-test) Corrosion Proof (post-test) Leak (post-test) Burst (post-test)	Condition 1. Internally pressurize the hose assembly with an approved leak check medium to 2±0.2 MPa (290 psig). 2. Salt fog at 35°C at 480 hr. Not required for DV if corrosion vehicle is being run, post-tests still required. 3. Apply 4.25 MPa (low side) for 5 minutes. 4. Conduct room temperature leak test at 2+/-0.2 MPa. 5. Apply a hydraulic pressure until target value (Low 8.5 MPa/High 12 MPa), hold for 60 sec. then proceed until failure.

ตารางภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

No.	Test Name	Test Requirement
6	Vibration test Leak (pre-test) Vibration test Proof (post-test) Leak (post-test) Burst (post-test)	Condition 1.1 Internally pressurize the hose assembly with an approved leak check medium to 2±0.2 MPa (290 psig). 1.2a The hose assembly should be mounted the in-vibration rig to simulate the in vehicle position. All mounting and support brackets and end fittings should be attached to connectors representative of in-vehicle mating part. 1.2b For engine to body mounted hose assembles, the "compressor manifold" end should be attached to a fixture to be vibrated. The other end (s) should be attached to a rigid support. 1.2c For body-to-body mounted hose assemblies, both ends of the hose assembly should be attached to a common fixture to be vibrated. 1.2d Charge the hose assembly with R134a refrigerant to 0.6 g/cm3 of internal volume. Boost pressure to 3.2 MPa with nitrogen 1.2e PV vibration shall be conducted for 100 hours in the vertical direction with a peak-to peak displacement of 3.5mm at a cycle rate of 30 to 32 Hz. 3A.5: 1.3 Apply 4.25 MPa (low side) for 5 minutes. 3A.6: 1.4 Conduct room temperature leak test at 2+/-0.2 MPa. 3A.7: 1.5 Apply a hydraulic pressure until target value (Low 8.5 MPa/High 12MPa), hold for 60 sec. then proceed until failure.

ตารางภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

No.	Test Name	Test Requirement
7	End fitting joint strength	Condition Attach a sample end fitting to a connector representative of the in-vehicle mating part and apply a tensile load along its axis until failure.
8	Shipping cap rendition	Condition During prototype phased M1 and VP determine the number of parts in shipping container. Count the number of parts with missing shipping caps in dunnage as received. Add in the number of shipping caps that fall off as the parts are being removed from the dunnage. Determine the percentage of caps that meet design intent and are being removed intentionally at the correct time on the Assembly line.

ตารางภาคผนวกที่ ก-3 ขั้นตอนการทดสอบแนวคิด Front auxiliary AC hose: reduce hose length from 228 mm. to 114 mm. and replace with Al pipe

<table>
<tr><th>No.</th><th>Test Name</th><th>Test Requirement</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Dimensional check
(min. bore)</td><td>Condition
Measure and record the smallest bore dimension and fitting type, includes bends.
Minimum Bore (tube ID) = (Tube OD-(2 x wall thickness) x 80%
Minimum cross section area = (3.1415926 x Min Bore^2)/4
<table><tr><th>Size</th><th>Wall thickness</th><th>Min bore</th><th>Min area</th></tr><tr><td>8.0 mm</td><td>1.0 mm wall thickness</td><td>4.8 mm</td><td>18.1 mm^2</td></tr><tr><td>19.0 mm</td><td>1.6 mm wall thickness</td><td>12.6 mm</td><td>124.66 mm^2</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Dimensional check</td><td>Condition
End item lay out. If production gage exists, CMM only 2 assembly and gage the remainder. If gage has not been built all assemblies must measured using CMM.</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Burst pressure
(new assemblies)</td><td>Condition
Apply a hydraulic pressure at a rate of 10.3 MPa (1500 psig) per minute +/-0.07 MPa until target value (Low 8.5 MPa/High 12 MPa) is reached then hold for 60 sec. then proceed until failure.</td></tr>
</table>

ตารางภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

No.	Test Name	Test Requirement
4	Temperature leak (pre-test) temperature	Condition 1. Internally pressurize the hose assembly with an approved leak check medium to 2±0.2 MPa (290 psig). 2a. Couple one end of the hose assembly to a connector presentative of the in-vehicle mating part sealed at its end. Fill 3% of volume with approved R134a refrigerant and comp. oil (PAG). Couple the other end to a connector representative of the in-vehicle mating part equipped with a charging adapter and sealed at its end. 2b. Charge the assembly to ensure mixing of the R134a and compressor oil and wetting of all internal surface. 2c. In an environmental chamber subject the assembly to the following air temperature cycles: - Ambient to 125°C within 1 hr - Maintain at 125°C for 2 hr (resulting internal pressure 2 MPa) - 125°C to ambient within 1 hr - Ambient to -40°C within 1 hr - Maintain at -40°Cfor 2 hr - (-40°C) to ambient within 1 hr Repeat cycle 11 times for a total of 12 cycles. 2d. Discharge refrigerant from hose assemblies and dis-connect end-fitting adapters. 3. Apply 4.25 MPa (low side) for 5 minutes. 4. Conduct room temperature leak test at 2 +/-0.2 MPa. 5. Apply a hydraulic pressure until target value (Low 8.5 MPa/High 12 MPa), hold for 60 sec. then proceed until failure.

ตารางภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

No.	Test Name	Test Requirement
5	Vibration test leak (pre-test) vibration test Proof (post-test) Leak (post-test) Burst (post-test)	Condition 1. Internally pressurize the hose assembly with an approved leak check medium to 2±0.2 MPa (290 psig). 2a. The hose assembly should be mounted the in-vibration rig to simulate the in vehicle position. All mounting and support brackets and end fittings should be attached to connectors representative of in-vehicle mating part. 2b. For engine to body mounted hose assembles, the "compressor manifold" end should be attached to a fixture to be vibrated. The other end (s) should be attached to a rigid support. 2c. For body-to-body mounted hose assemblies, both ends of the hose assembly should be attached to a common fixture to be vibrated. 2d. Charge the hose assembly with R134a refrigerant to 0.6 g/cm3 of internal volume. Boost pressure to 3.2 MPa with nitrogen. 2e. PV vibration shall be conducted for 100 hours in the vertical direction with a peak-to peak displacement of 3.5 mm. at a cycle rate of 30 to 32 Hz. 3A.5: 1.3 Apply 4.25 MPa (low side) for 5 minutes. 3A.6: 1.4 Conduct room temperature leak test at 2+/-0.2 MPa hold for 60 sec. then proceed until failure. 3A.7: 1.5 Apply a hydraulic pressure until target value (Low 8.5 MPa/High 12 MPa), hold for 60 sec. then proceed until failure.