

การปรับปรุงคุณภาพในการประกอบและการปรับปรุงการออกแบบ
เครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊ส



นายรัชชัย โยมญาติ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

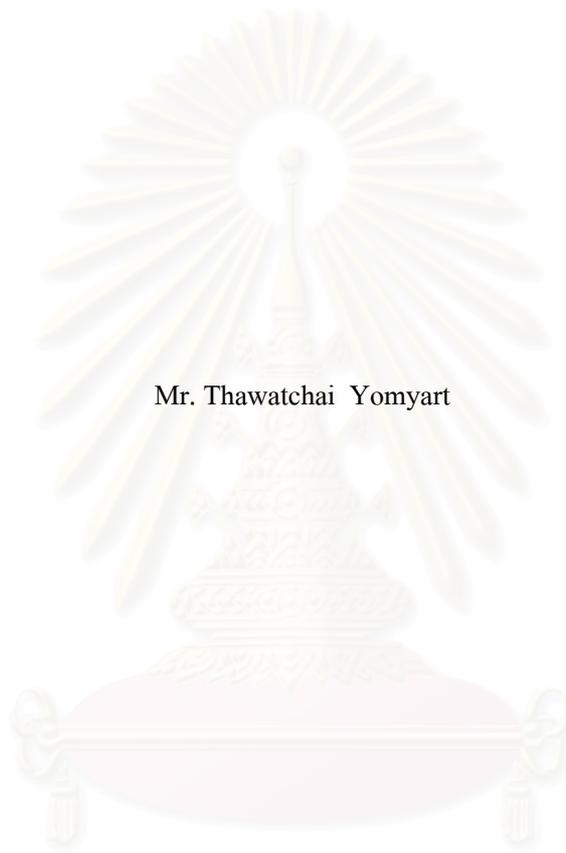
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QUALITY IMPROVEMENT OF ASSEMBLY PROCESS AND DESIGN IMPROVEMENT
OF A VACUUM AND GAS FLUSHING SEAL MACHINE



Mr. Thawatchai Yomyart

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

รวิชัย โยมญาติ : การปรับปรุงคุณภาพในการประกอบและการปรับปรุงการออกแบบเครื่อง
 ผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส.(QUALITY IMPROVEMENT OF ASSEMBLY PROCESS
 AND DESIGN IMPROVEMENT OF A VACUUM AND GAS FLUSHING SEAL)

อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสวงศ์ โอสดิลปี, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วย
 ศาสตราจารย์ ชนะ เขียงกมลสิงห์ , 244 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบ สร้างแผนคุณภาพที่
 ใช้ในการป้องกันปัญหาที่เกิดจากกระบวนการประกอบ และปรับปรุงกระบวนการออกแบบเพื่อพัฒนา
 เครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สให้ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันใน
 ตลาดได้ โดยการปรับปรุงกระบวนการประกอบนั้นจะเริ่มจากการรวบรวมปัญหาจากการประกอบ
 ค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis ทำการแก้ปัญหาจากสาเหตุด้วยวิธีต่างๆ
 และสร้างแผนคุณภาพเพื่อใช้ในกระบวนการประกอบ โดยหลังจากมีการแก้ปัญหาจากการประกอบ ผู้
 ประกอบเครื่องสามารถทำการประกอบ ได้ง่าย รวดเร็วขึ้น และไม่พบข้อผิดพลาดจากการประกอบ

สำหรับการปรับปรุงการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สนั้น
 งานวิจัยนี้ได้นำเสนอหลักการในการปรับปรุงการออกแบบ โดยเริ่มจากสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บ
 ข้อมูลระดับคุณภาพที่ลูกค้าคาดหวังและระดับคุณภาพที่ลูกค้าได้รับจากเครื่องแบบปัจจุบัน ในแต่ละ
 คุณสมบัติเครื่อง แล้วประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพเพื่อค้นหาคุณสมบัติ
 ของเครื่องที่ควรได้รับการปรับปรุง โดยเลือกจากอัตราส่วนสูงๆ ระหว่างระดับคุณภาพที่ลูกค้าคาดหวัง
 กับระดับคุณภาพที่ลูกค้าได้รับ และคุณสมบัติของเครื่องที่มีความสามารถในการแข่งขันต่ำ หลังจากนั้น
 ทำการเลือกชิ้นส่วนของเครื่องที่ควร ได้รับการปรับปรุง แล้วสร้างแนวทางในการปรับปรุงเครื่องในแต่
 ละคุณสมบัติ และเลือกแนวทาง โดยใช้ข้อกำหนดที่พัฒนาขึ้น แล้วจึงทำการสร้างแบบ หลังจากนั้นจะมี
 การทวนสอบแบบที่สร้างและปรับปรุงแบบอีกครั้ง สุดท้ายจะทำการสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูล
 ระดับคุณภาพของเครื่องที่พัฒนา ผลการปรับปรุงเครื่อง โดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติในแต่ละคุณสมบัติ
 เครื่องที่พัฒนา พบว่ามีการพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 โดยระดับคุณภาพเฉลี่ยที่ลูกค้าได้รับคาดว่า
 จะเพิ่มขึ้น 29 เปอร์เซ็นต์

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต..... *รวิชัย โยมญาติ*
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *น.ส. อ. นภัสวงศ์*
 ปีการศึกษา 2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *น.ส. อ. เขียงกมลสิงห์*

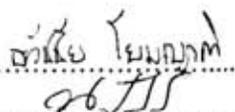
4670691821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

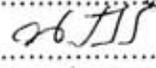
KEY WORD: IMPROVEMENT OF ASSEMBLY PROCESS/ DESIGN IMPROVEMENT/
PRODUCT DESIGN

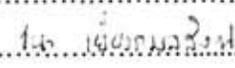
THAWATCHAI YOMYART: QUALITY IMPROVEMENT OF ASSEMBLY
PROCESS AND DESIGN IMPROVEMENT OF A VACUUM AND GAS FLUSHING
SEAL MACHINE. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. NAPASSAVONG OSOTHSILP,
PH.D. , THESIS CO-ADVISOR: ASST.PROF.CHANA YIANGKAMOLSING, 244 pp.

This thesis has two purposes. The first objective is to improve an assembly process by preventing assembly errors. The second objective is to improve the design of a vacuum and gas flushing seal machine in order to meet customer requirements and be competitive in the market. Regarding the improvement of the assembly process, the problems in the assembly process were first gathered. Then the root causes were determined using Why-Why Analysis and the solutions for solving problems were developed accordingly. Then, the quality plan was developed for the assembly process. After solving the assembly problems, the workers can assemble the part more easily and faster, with no error in the assembly.

Regarding the design improvement, this research proposes the following methodology to improve the design. First, a questionnaire was developed to measure both the expectation and perception of the quality level of each quality characteristic. Then, the Quality Function Deployment (QFD) technique was adapted and applied to select the quality characteristics to be improved. The quality characteristics with larger ratio between the expectation and perception levels, and the ones that have relatively low competitive capability were selected to be improved. Then, related machine parts were selected to be improved. The design improvement alternatives were next generated and selected using the developed criteria. Then, the design verification was performed and the design was modified further. After obtaining the final design, the questionnaires were re-launched. The results from statistical tests have shown that the perception score for each of the improved quality characteristics was significantly improved with the significance level of 0.01. The perception of quality level was expected to be improved by 29% on average.

Department.....INDUSTRIAL ENGINEERING..... Student's signature 

Field of study ...INDUSTRIAL ENGINEERING... Advisor's signature..... 

Academic year.....2006..... Co-advisor's signature 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.นภัสดวงศี โอสถศิลป์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ผศ.ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย รศ.จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ และผศ.ประเสริฐ อัครประดมพงศ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามทุกท่าน ที่สละเวลาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงเพื่อนๆ ที่คอยติดตาม ให้กำลังใจเสมอมา และที่ขาดไม่ได้คือ คุณสุพัฒนา ชินเดช ที่ช่วยงานต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ที่คอยให้กำลังใจและกำลังใจทรัพย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำว่า “สู้” จากพ่อ ที่เป็นแรงผลักดันทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงลงได้ และขอขอบคุณญาติพี่น้องที่เป็นส่วนร่วม คอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. ทฤษฎีพื้นฐานและการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีการวางแผนคุณภาพ	5
2.2 เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ	8
2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ	14
2.4 ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม	23
2.5 การออกแบบเพื่อการประกอบ	32
2.6 Why-Why Analysis	32
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
3. ข้อมูลบริบทกรณีศึกษา	42
3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของบริบทกรณีศึกษา	42
3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์	48
3.3 ปัญหาเบื้องต้น	61

บทที่

4. การแก้ปัญหาในการประกอบ	63
4.1 การเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ	63
4.2 การแก้ปัญหาคาการประกอบ	64
4.3 แผนคุณภาพสำหรับการประกอบ	85
4.4 สรุปผลการแก้ปัญหาในการประกอบ	99
5. การปรับปรุงกระบวนการออกแบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส	100
5.1 แนวคิดและขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส	100
5.2 การสร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้าน ต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน	102
5.3 การหาคุณสมบัติของเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการ พัฒนา	108
5.4 การหาชิ้นส่วนของเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการ พัฒนา	118
5.5 การหาแนวคิดในการออกแบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส	122
5.6 การเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส	127
5.7 การสร้างแบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สจากแนวคิดที่เลือก	131
5.8 การวิเคราะห์แบบและการปรับปรุงแบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติม แก๊สจากข้อบกพร่อง	143
5.9 สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้าน ต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา	160
5.10 สรุปผลแบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนา	161
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	173
6.1 สรุปผลการวิจัย	173
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย	198
6.3 ข้อเสนอแนะ	198

รายการอ้างอิง	199
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	202
ภาคผนวก ข.	210
ภาคผนวก ค.	225
ภาคผนวก ง.	242
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	244



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	Input / Output และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ ..	12
ตารางที่ 2.2	ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาใน FMEA	20
ตารางที่ 2.3	ระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากลักษณะบกพร่อง	21
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบการให้คะแนน โอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่องระดับ 1 ถึง 10	22
ตารางที่ 2.5	ระดับคะแนน โอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องจากกระบวนการควบคุม ปัจจุบัน	22
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบอายุอาหารเมื่อผนึกด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศและเติมแก๊ส	47
ตารางที่ 3.2	อธิบาย Drawing Number ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส	59
ตารางที่ 4.1	แสดงปัญหาต่างๆที่พบในขั้นตอนการประกอบ	64
ตารางที่ 4.2	การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis	65
ตารางที่ 4.3	แสดงแผนควบคุมคุณภาพ	86
ตารางที่ 5.1	ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของการสำรวจวิธีต่างๆ	103
ตารางที่ 5.2	วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจจากลูกค้า รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของ แต่ละวิธีการ	104
ตารางที่ 5.3	แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับในแต่ละ คุณสมบัติ.....	107
ตารางที่ 5.4	Input / Output และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ ..	109
ตารางที่ 5.5	ตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนา ปรับปรุง.....	112
ตารางที่ 5.6	เปรียบเทียบการวัดระดับคุณภาพโดยใช้วิธีความแตกต่างของคะแนนกับวิธี แบบอัตราส่วน.....	114
ตารางที่ 5.7	เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง.....	119
ตารางที่ 5.8	ตารางเปรียบเทียบแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติม แก๊สในแต่ละคุณสมบัติ.....	129
ตารางที่ 5.9	การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด	146
ตารางที่ 5.10	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการผนึก แนวอื่นๆ.....	163

ตารางที่ 5.11	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องปลอดภัยขณะใช้งาน	164
ตารางที่ 5.12	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวาง ผลิตภัณฑ์	166
ตารางที่ 5.13	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสูงของเครื่อง	167
ตารางที่ 5.14	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งาน	168
ตารางที่ 5.15	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของ รอยพนัก	170
ตารางที่ 5.16	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน	171
ตารางที่ 5.17	สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติ	172
ตารางที่ 6.1	แสดงปัญหาต่างๆที่พบในขั้นตอนการประกอบ	173
ตารางที่ 6.2	การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด	188
ตารางที่ 6.3	เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติ	197

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงบ้านแห่งคุณภาพ	13
รูปที่ 2.2	วิธีการคิดของ Why – Why Analysis	33
รูปที่ 3.1	แสดงโครงสร้างการบริหารงานของบริษัทกรณีศึกษา	43
รูปที่ 3.2	เครื่องพ่นกแบบห้องสุญญากาศ	44
รูปที่ 3.3	แสดงเครื่องพ่นกแบบสอดถุงเข้าลิ้นคูดอากาศ	45
รูปที่ 3.4	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ	46
รูปที่ 3.5	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุภัณฑ์แบบเติมแก๊ส	47
รูปที่ 3.6	แสดงโครงสร้างภายนอกและภายในของเครื่อง	51
รูปที่ 3.7	แสดงปุ่มควบคุมสำหรับเลือกการทำงานของเครื่อง	52
รูปที่ 3.8	แสดง Timer ตั้งเวลาสำหรับคูดอากาศและเติมแก๊ส (ด้านขวา) และระยะเวลาให้ความร้อน (ด้านซ้าย)	52
รูปที่ 3.9	แสดงชุดควบคุมอุณหภูมิ	53
รูปที่ 3.10	แสดงระบบให้ความร้อน	53
รูปที่ 3.11	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส	54
รูปที่ 3.12	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	55
รูปที่ 3.13	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	56
รูปที่ 3.14	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	57
รูปที่ 3.15	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	58
รูปที่ 3.16	แสดงส่วนแบ่งทางการตลาดของบริษัทฯ และบริษัทคู่แข่งในปี 2548	62
รูปที่ 4.1	แสดงการติดตั้ง Timer กลับทิศทาง	71
รูปที่ 4.2	แสดงการติดตั้ง Breaker กลับทิศทาง	71
รูปที่ 4.3	แสดงฝาบนของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส	72
รูปที่ 4.4	แสดงภาพปากพ่นกของเครื่องพ่นกสุญญากาศและเติมแก๊ส	73
รูปที่ 4.5	แสดงภาพการรองแหวนเพื่อปรับปากพ่นกให้ประกบกันสนิท	74
รูปที่ 4.6	แสดงนอตของชุด Top Piston	75
รูปที่ 4.7	แสดงน้ำยาไล้อกเคลือบ	76
รูปที่ 4.8	แสดงภาพการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น	76

รูปที่ 4.9	แสดงคีมย้ำหางปลาและปกสายไฟ	77
รูปที่ 4.10	แสดงภาพสายไฟที่อาจทำให้เกิดการลัดวงจร	78
รูปที่ 4.11	แสดงแผงอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับติดตั้งสายไฟ	79
รูปที่ 4.12	แสดงรูปการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์โดยหันหางปลาไปทางเดียวกัน	80
รูปที่ 4.13	แสดงการประกอบหางปลาเข้ากับอุปกรณ์โดยหันหลังชนกัน	81
รูปที่ 4.14	แสดงการหลุดของปลาแบบเสียบที่ติดตั้งกับสวิตซ์ไฟ	81
รูปที่ 4.15	แสดงการใช้คีมที่มีขนาดไม่เหมาะสมในการประกอบหางปลาแบบเสียบ	82
รูปที่ 4.16	แสดงคีมที่เหมาะสมในการประกอบหางปลาแบบเสียบ	83
รูปที่ 5.1	แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม	118
รูปที่ 5.2	แสดงจุดหมุนในการปรับองศาปากฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด	131
รูปที่ 5.3	แสดงตัวช่วยในการปรับองศาปากฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด	132
รูปที่ 5.4	แสดงภาพด้านข้างของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด	133
รูปที่ 5.5	แสดงการปรับความสูงของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด	133
รูปที่ 5.6	แสดงคานฉีกด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด	134
รูปที่ 5.7	แสดงฝาบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด	135
รูปที่ 5.8	แสดงช่องว่างระหว่างปากฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด	135
รูปที่ 5.9	แสดงถาดวางผลิตภัณฑ์ของแบบที่สร้างจากแนวคิด	136
รูปที่ 5.10	แสดงการปรับความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ ตัวช่วยค้ำยันและตัวช่วยปรับ ความสูงของแบบที่สร้างจากแนวคิด	137
รูปที่ 5.11	แสดงแบบเครื่องด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด	138
รูปที่ 5.12	แสดงตัวกำหนดระยะในการฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด	139
รูปที่ 5.13	แสดงปากฉีกด้านหลังของแบบที่สร้างจากแนวคิด	140
รูปที่ 5.14	แสดงปากฉีกด้านหน้าของแบบที่สร้างจากแนวคิด	140
รูปที่ 5.15	แสดงภาพด้านข้างของปากฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด	140
รูปที่ 5.16	แสดงภาพเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด	141
รูปที่ 5.17	แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด	142
รูปที่ 5.18	แสดงภาพด้านข้างของเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด	142

รูปที่ 5.19	แสดงภาพด้านบนของเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด	143
รูปที่ 5.20	แสดงภาพฝานก่อนทำการปรับปรุงแบบก่อนการวิเคราะห์แบบ	149
รูปที่ 5.21	แสดงรูปฝาคอรอบด้านบนจากการปรับปรุงแบบหลังการวิเคราะห์แบบ	149
รูปที่ 5.22	แสดงช่องด้านหลังเพื่อใช้แก้ไขข้อบกพร่องในการประกอบและการบำรุงรักษาหลังการปรับปรุงแบบจากการวิเคราะห์แบบ	150
รูปที่ 5.23	แสดงข้อบกพร่องของตัวช่วยปรับระดับความสูงถาดก่อนการวิเคราะห์แบบ	151
รูปที่ 5.24	แสดงข้อบกพร่องเรื่องความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ก่อนการวิเคราะห์แบบ	152
รูปที่ 5.25	แสดงภาพด้านข้างการปรับปรุงแบบถาดในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ	152
รูปที่ 5.26	แสดงการปรับปรุงแบบถาดในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ	153
รูปที่ 5.27	แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัยของผู้ส่วนบนก่อนการวิเคราะห์แบบ	153
รูปที่ 5.28	แสดงการปรับปรุงผู้ส่วนบนในข้อบกพร่องเรื่องความปลอดภัยหลังการวิเคราะห์แบบ	154
รูปที่ 5.29	แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานพนักก่อนการวิเคราะห์แบบ	155
รูปที่ 5.30	แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานพนักหลังการวิเคราะห์แบบ	155
รูปที่ 5.31	แสดงข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการพนักก่อนการวิเคราะห์แบบ	156
รูปที่ 5.32	แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการพนักหลังการวิเคราะห์แบบ	157
รูปที่ 5.33	แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	158
รูปที่ 5.34	แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	158
รูปที่ 5.35	แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	159
รูปที่ 5.36	แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	159
รูปที่ 5.37	แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	160
รูปที่ 6.1	แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม	178
รูปที่ 6.2	แสดงภาพเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด	184

รูปที่ 6.3	แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องพนักสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด	185
รูปที่ 6.4	แสดงภาพด้านข้างของเครื่องพนักสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด	185
รูปที่ 6.5	แสดงภาพด้านบนของเครื่องพนักสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด	186
รูปที่ 6.6	แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	193
รูปที่ 6.7	แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	193
รูปที่ 6.8	แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ ...	194
รูปที่ 6.9	แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ	194
รูปที่ 6.10	แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการ วิเคราะห์แบบ	195

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก และยังเป็นประเทศที่เป็นแหล่งผลิตอาหารที่มีคุณภาพดีและมีชื่อเสียง แต่จากการที่ผลผลิตทางการเกษตรที่มากทำให้ไม่สามารถบริโภคและส่งออกได้ทัน ถึงแม้ว่าจะทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรแล้วก็ตาม ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยืดอายุผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อลดการเน่าเสีย เพราะสินค้าทางการเกษตรโดยทั่วไปเป็นสินค้าที่เน่าเสียง่าย อายุผลิตภัณฑ์ต่ำ และไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เมื่อเกิดการเน่าเสีย

ประกอบกับในขณะที่ประเทศชาติ กำลังเผชิญปัญหาวิกฤตทางเศรษฐกิจ และประชาชนประสบปัญหาต่างๆ ปัญหาหนึ่งคือปัญหาความยากจน รัฐบาลจึงจัดให้มีโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tambon One Product : OTOP) เพื่อให้แต่ละชุมชนได้นำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาสินค้า เพิ่มมูลค่าของสินค้า ให้มีคุณภาพ และเป็นที่ต้องการของตลาด ทั้งในและต่างประเทศ โดยผลิตภัณฑ์ของโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์นั้นแบ่งได้หลายกลุ่ม ซึ่งผลิตภัณฑ์กลุ่มหนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร อันได้แก่ผลผลิตทางการเกษตรที่บริโภคสด ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป ทั้งอาหารแปรรูปพร้อมบริโภค หรืออาหารแปรรูปกึ่งสำเร็จรูป รวมถึงอาหารแปรรูปที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ซึ่งเป็นกลุ่มหลักที่มีความจำเป็นในการยืดอายุผลิตภัณฑ์ ไม่เพียงแต่ปัญหาในเรื่องของการยืดอายุผลิตภัณฑ์เท่านั้น รัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 คือ มีข้อกำหนด ในเรื่องของการใช้ภาชนะบรรจุและการเก็บรักษา อีกทั้งการรณรงค์ของรัฐบาลในโครงการอาหารปลอดภัย หรือ Food Safety Year รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหารยังต้องมีการควบคุมให้ผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย มีการดำเนินการอยู่ภายใต้หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practices: GMP) และระบบ HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)

การถนอมอาหารด้วยเครื่องพ่นสุญญากาศและเติมแก๊สเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมและใช้งานได้ง่าย สามารถช่วยแก้ปัญหาหลักในเรื่องการยืดอายุผลิตภัณฑ์ และการสนองนโยบายของรัฐบาลตามในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่องของการใช้ภาชนะบรรจุและการเก็บรักษา โดยเฉพาะสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์หมวดอาหารมีทั้งหมด 8,557 รายการ มีผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถ ใช้เครื่องพ่นสุญญากาศและเติมแก๊สเป็นจำนวนถึง 2,403 รายการ คิดเป็น 28.08% และในส่วนของ

อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) มีสินค้าในหมวดอาหารทั้งหมด 1,030 รายการ ผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้เครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สเป็นจำนวน 208 รายการ คิดเป็น 20.19% และจากการที่แนวโน้มเรื่องการเติบโตของผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหารมีมากขึ้น ดังนั้น เครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สก็มีความจำเป็นหรือมีความต้องการมากยิ่งขึ้น คุณภาพของเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยในสภาวะปัจจุบันเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สมีการแข่งขันกันแต่ยังไม่มากนัก เนื่องจากมีจำหน่ายน้อยรายและเครื่องพ่นิกสุญญากาศเกือบทั้งหมดจะนำเข้ามาจากต่างประเทศแถบเอเชีย เช่น จีน ไต้หวัน ฯลฯ และประเทศแถบยุโรป เช่น เยอรมัน อิตาลี เป็นต้น ทำให้ราคาของเครื่องพ่นิกสุญญากาศมีราคาสูงและอะไหล่หายาก ส่วนผู้ผลิตภายในประเทศก็มีอยู่บ้างแต่ยังไม่สามารถพัฒนาสินค้าให้มีคุณภาพระดับที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหรือเทียบเท่ากับทางต่างประเทศได้ พบว่าปัญหาที่มีอยู่ของบริษัทที่ผลิตเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สภายในประเทศ มีสาเหตุมาจากการขาดประสบการณ์เนื่องจากเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ยังขาดมาตรฐานการผลิต การควบคุมการผลิต และการตรวจสอบที่มีคุณภาพ เช่น ในขั้นตอนการประกอบปากพ่นิก ยังขาดมาตรฐานในการประกอบ และควบคุมการประกอบให้มีคุณภาพ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเครื่องทำให้ถุงที่ผ่านการพ่นิกจะมีรอยพ่นิกไม่สวย ไม่สม่ำเสมอ มีฟองอากาศตรงรอยพ่นิก หรือข้อบกพร่องในขั้นตอนการประกอบสายไฟเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ยังขาดมาตรฐานทำให้สายไฟหลุดออกจากอุปกรณ์ได้ง่ายมีผลทำให้เครื่องทำงานขัดข้องหรือไม่ทำงาน เป็นต้น นอกจากนี้ในสภาพการแข่งขันทางธุรกิจกลยุทธ์ที่สำคัญในการแข่งขันคือ คุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยให้ความสำคัญกับลูกค้า มุ่งค้นหาความต้องการที่ลูกค้าต้องการและดำเนินการตอบสนองความต้องการนั้น มีการกำหนดลักษณะทางคุณภาพและทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า เช่น ความต้องการของลูกค้าในเรื่องความสามารถของเครื่องในการพ่นิก ให้สามารถพ่นิกได้หลายแนว ทั้งแนวตั้งและแนวนอน รวมไปถึงความต้องการอุปกรณ์ช่วยรองรับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพ่นิก ซึ่งมีผลทำให้สามารถพ่นิกได้สะดวกและสวยงามมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนามาตรฐานในการผลิต การควบคุมการผลิต และการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้เครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สที่มีคุณภาพเพื่อใช้แก้ปัญหาจากสภาวะข้างต้น รวมไปถึงการมุ่งพัฒนาเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าและผู้ใช้งานในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้ได้แผนคุณภาพที่สามารถใช้ในการป้องกันปัญหาคุณภาพที่เกิดจากกระบวนการประกอบเครื่องพ่นกึ่งสุญญากาศและเติมแก๊สในปัจจุบัน
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสนองความต้องการของลูกค้าในอนาคต

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการประกอบ

1. ศึกษาทฤษฎี บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการวางแผนคุณภาพและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เช่น QFD , FMEA , Triz เป็นต้น
2. ศึกษาความเป็นมา และสภาพการดำเนินงานในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง โดยศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโรงงานที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนกระบวนการผลิต การประกอบ การควบคุม เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ สภาพในการควบคุมการผลิต วิธีการปฏิบัติงาน วัสดุและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ปัญหาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์
3. การเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ
4. ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ Why-Why Analysis
5. ปรับปรุงกระบวนการประกอบภายใต้แบบเครื่องปัจจุบันเพื่อแก้ปัญหาจากการประกอบ
6. จัดทำแผนคุณภาพในกระบวนการประกอบ
7. นำแผนคุณภาพไปใช้กับโรงงานตัวอย่าง
8. สรุปผลการแก้ปัญหาในการประกอบ

การปรับปรุงการออกแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์

9. สร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน
10. หาคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา
11. หาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา
12. หาแนวคิดในการออกแบบเครื่อง
13. เลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่อง
14. สร้างแบบจากแนวคิดที่เลือก
15. วิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง

16. สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบ
เครื่องที่พัฒนา

17. สรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนา ข้อจำกัดของงานวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่ม
วิทยานิพนธ์

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาพัฒนาเครื่องพ่นกัญชุกาสาและเติมแก๊สเฉพาะจุดที่มีคะแนนความสำคัญสูง
และในระยะเวลาตามแผนการวิจัย

2. การพัฒนาเครื่องพ่นกัญชุกาสาและเติมแก๊สในรุ่นต่อไป จะทำเฉพาะส่วนของการ
ออกแบบเท่านั้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีมาตรฐานการควบคุมการประกอบเครื่องพ่นกัญชุกาสาและเติมแก๊สที่มีคุณภาพใน
ปัจจุบัน

2. สามารถพัฒนาเครื่องพ่นกัญชุกาสาและเติมแก๊สที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า
และสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ในอนาคต

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แผนคุณภาพที่สามารถใช้ป้องกันปัญหาคุณภาพที่เกิดจากกระบวนการประกอบใน
ปัจจุบัน

2. ได้แบบเครื่องพ่นกัญชุกาสาและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนาแล้ว

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานและการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการวางแผนคุณภาพ

Juran (1986) ได้กล่าวไว้ว่ากระบวนการในการบริหารด้านคุณภาพ ประกอบด้วยกระบวนการ 3 กระบวนการ (Juran Trilogy) อันได้แก่

1. การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning)

คือกิจกรรมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เพื่อให้บรรลุตามความต้องการของลูกค้า ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งเป้าหมายทางคุณภาพ
2. ระบุลูกค้าขององค์กรซึ่งได้รับผลกระทบจากเป้าหมายทางคุณภาพที่สร้างไว้
3. ค้นหาความต้องการของลูกค้า
4. พัฒนาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เพื่อสนองความต้องการของลูกค้า
5. พัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในข้อ 4
6. จัดตั้งระบบควบคุมกระบวนการและนำแผนที่ได้วางไว้ไปบังคับใช้กับ

กระบวนการ

2. ควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินประสิทธิภาพทางคุณภาพของสถานะกระบวนการปัจจุบัน
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางคุณภาพที่เป็นจริงในสภาพปัจจุบันกับเป้าหมายทางคุณภาพที่ได้ตั้งไว้
3. ดำเนินการเพื่อให้สถานะการทำงานจริงมีสภาพตรงกับเป้าหมายที่วางไว้

3. การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement)

เป็นกระบวนการในการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพทางคุณภาพไปสู่ระดับที่ดีกว่าและแตกต่างไปจากเดิม ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1. จัดตั้งโครงสร้างสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ
2. ระบุลักษณะเฉพาะที่ต้องการปรับปรุง โดยพิจารณาปรับปรุงเป็นลักษณะโครงการแต่ละโครงการไป
3. สำหรับแต่ละโครงการ จะมีการจัดตั้ง Project team ทำหน้าที่ในการรับผิดชอบดำเนินการให้โครงการสำเร็จลุล่วง
4. มีการจัดสรรทรัพยากร การฝึกอบรม และการกระตุ้นขวัญกำลังใจให้กับทีมเพื่อการดำเนินการ วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดำเนินการแก้ไข และการควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ

2.1.1 ข้อแตกต่างระหว่างการวางแผนคุณภาพ การควบคุมคุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพ

การวางแผนคุณภาพ เป็นการวางแผนเป้าหมายที่เหมาะสมกับขบวนการผลิตและพยายามค้นหาแนวทางหรือวิธีการให้บรรลุเป้าหมายนั้นๆ ซึ่งผลจากการวางแผนมี 2 ทางคือ

1. แผนนั้นสามารถใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ
2. จากแผนที่ได้วางไว้เมื่อนำไปใช้งานอาจทำให้เกิดผิดพลาดขึ้นในขบวนการผลิตได้เช่นกัน ดังนั้นจึงต้องดำเนินการหาวิธีการแก้ไขโดยการทบทวน และทำการวางแผนใหม่

การควบคุมคุณภาพ เป็นการดำเนินการผลิตให้ตรงกับเป้าหมายที่ได้ตั้งปรากฏไว้อยู่แล้ว รวมไปถึงการตรวจติดตามขบวนการผลิต เพื่อตรวจจับความแตกต่างระหว่างขบวนการผลิตจริงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมถึงการแก้ไขเพื่อรักษาสถานะของระบบไว้ไม่ให้เกิดความเปลี่ยนแปลงไปจากเป้าหมายที่ตั้งไว้

การปรับปรุงคุณภาพ เป็นการพิจารณาปรับปรุงขบวนการผลิตที่มีอยู่เดิม โดยมุ่งความสนใจไปยังปัญหาของความบกพร่อง ขณะที่การวางแผนคุณภาพมุ่งเป้าหมายความสนใจไปยังการค้นหาความต้องการของลูกค้าและดำเนินการโดยมุ่งตอบสนองความต้องการนั้นๆ การปรับปรุงคุณภาพ มีการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุ และหาแนวทางในการกำจัดสาเหตุของปัญหาที่ปรากฏอยู่ในขบวนการผลิตเดิม ในบางครั้งการปรับปรุงคุณภาพอาจต้องมีการดำเนินการวางแผนคุณภาพใหม่ด้วย

2.1.2 ความหมายของการวางแผนคุณภาพ

การวางแผน (Planning) คือกิจกรรมของการกำหนดเป้าหมาย แนวทาง และวิธีการในการดำเนินการ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning) คือกิจกรรมของการกำหนดเป้าหมายทางคุณภาพและทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เพื่อให้ดำเนินไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยให้ความสำคัญกับการป้องกันข้อบกพร่อง ซึ่งต่างจากโปรแกรมทางคุณภาพแบบดั้งเดิม ซึ่งเน้นที่การตรวจสอบหาข้อผิดพลาดเนื่องจากข้อบกพร่องเนื่องจากข้อบกพร่องทางคุณภาพ โดยรูปแบบโปรแกรมทางคุณภาพแบบดั้งเดิมจะไม่สามารถกำจัดข้อผิดพลาดได้หมด 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการที่จะแก้ไขปัญหาทำได้โดยการใช้การควบคุมคุณภาพ ในการควบคุมปัญหาเหล่านี้ โดยปริมาณของเสียจะมีค่าอยู่ในขอบเขตความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ส่วนแนวคิดของโปรแกรมทางคุณภาพแบบใหม่ พบว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถลดลงต่ำได้ด้วยการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องทั้งในระยะสั้นและมีเป้าหมายในการกำจัดข้อบกพร่อง 100 เปอร์เซ็นต์หรือของเสียเท่ากับศูนย์ในระยะยาว

แผนคุณภาพ (Quality Plan) คือระบบเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อระบุลักษณะข้อกำหนดการดำเนินการทางคุณภาพ การบริหารทรัพยากร และลำดับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ

จากความหมายข้างต้น การวางแผนคุณภาพ มีความจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปไม่เพียงเฉพาะสินค้าและบริการที่ขายให้กับลูกค้าเท่านั้น แต่รวมถึงผลิตภัณฑ์ภายในองค์กร อันได้แก่ ใบสั่งซื้อ รายงานภายในบริษัท เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร เช่น การจัดหาพนักงานใหม่ การพยากรณ์ยอดขาย การผลิต เป็นต้น

2.1.3 วัตถุประสงค์ของการวางแผนคุณภาพ

2.1.3.1 เน้นการแก้ไข ปรับปรุง และป้องกันข้อผิดพลาดในระยะสั้น โดยมุ่งความสนใจในการหาทางลดอัตราของเสียในกระบวนการผลิต

2.1.3.2 ภายหลังจากการดำเนินการในระยะสั้นแล้ว ทำการพิจารณาปรับปรุงในระยะยาวโดยมุ่งความสนใจไปยังการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าโดยไม่ให้มีข้อบกพร่อง (Zero defects) คำว่า Zero defects ถูกนิยามขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Crosby ในปี ค.ศ. 1961 ซึ่งในยุคแรกๆ คำว่า Zero defects ได้ถูกนำมาพัฒนาใช้งานจนได้รับความสำเร็จอย่างสูงในประเทศญี่ปุ่น โดย Shingo ซึ่งกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งอิงอยู่กับการใช้เทคนิคทางสถิติควบคุม

กระบวนการ โดยให้การควบคุมกระบวนการผลิตทั้งหมดโดยรวมมาเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ทำให้มีการผลิตของเสียอยู่ในระดับหนึ่งเสมอ ส่วนกลยุทธ์ในการป้องกันความผิดพลาดจะเน้นที่การพัฒนาเครื่องมือในการตรวจจับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อเตือนระหว่างการปฏิบัติงานจริง โดยวิธีการนี้ให้ความสำคัญอย่างสูงต่อการพัฒนา การประดิษฐ์อุปกรณ์ และส่วนประกอบใหม่ การใช้อุปกรณ์เตือนความผิดพลาดในกระบวนการผลิตเพื่อช่วยทำให้มั่นใจว่าของเสียเป็นศูนย์ นอกจากนี้ยังมีแนวคิดในการตรวจสอบคุณภาพต่างจากการตรวจสอบแบบเดิม กล่าวคือ การให้การตรวจสอบถูกรวมอยู่ในกระบวนการผลิต โดยการให้พนักงานที่ทำงานแต่ละขั้นตอนทำการตรวจสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาและออกไปจากขั้นตอนของตนมีคุณลักษณะตรงกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต ซึ่งการตรวจสอบแบบดั้งเดิมนั้นการตรวจสอบจะถูกแยกออกจากกระบวนการผลิต

ความผิดพลาดโดยทั่วไปเป็นผลมาจากมนุษย์และปัจจัยทางกายภาพ การป้องกันความผิดพลาดที่เหมาะสมคือ การกำหนดผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และการออกแบบเพื่อป้องกันความผิดพลาด

กระบวนการในการป้องกันความผิดพลาด 4 วิธีพื้นฐาน

1. กำจัด เป็นวิธีที่ดีที่สุด กล่าวคือ ความผิดพลาดจะถูกกำจัดโดยสมบูรณ์
2. ป้องกัน เป็นการหลีกเลี่ยงความผิดพลาด โดยการคาดการณ์ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นล่วงหน้า แล้วหาทางแก้ไขเช่นการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ
3. เตือน โดยอาศัยเทคโนโลยีในการตรวจจับ เพื่อระบุ ตรวจติดตาม เตือน และทำการแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาด
4. การควบคุมความสูญเสีย เป็นวิธีในการจำกัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเกิดความผิดพลาด

2.2 เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD)

การแปรหน้าที่ด้านคุณภาพเป็นกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต ที่มีมีการพิจารณารวมไปถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของลูกค้า โดยมีการทำการวิจัยตลาดเพื่อศึกษาถึงความต้องการของลูกค้า และนำเอาความต้องการของลูกค้ามาแปรให้เป็นข้อกำหนดทางวิศวกรรม และกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมในการวิเคราะห์เพื่อทำการออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้ทั้งมาตรฐานทางวิศวกรรม และตรงตามความต้องการของลูกค้าเพื่อสร้าง

ความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ถูกออกแบบ และผ่านกระบวนการผลิต โดยการค้นหาวิธีการที่ดีที่สุดในการผลิต ภายใต้ต้นทุนที่เหมาะสม

การแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ เป็นเทคนิควิธีที่นายโยชิ อากาโอะ แห่งมหาวิทยาลัยทามาเกาวา และนายฟูกาซาร่า แห่งสมาคมควบคุมคุณภาพกลางแห่งญี่ปุ่น เป็นผู้พัฒนาขึ้นจากแนวคิดในการควบคุมคุณภาพที่นักวิชาการชาวอเมริกันหลายท่านได้เสนอไว้ มีการนำเอาเทคนิคนี้ไปใช้เป็นการครั้งแรกที่ อู่ต่อเรือ โทเบ ของมิตซูบิชิ ประเทศญี่ปุ่น ในปี 2515 ต่อมา มีการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง และแพร่หลายในเวลาต่อมา QFD ได้ถูกนำไปใช้ในสหรัฐอเมริกาในปี 2526 โดยเคมบริดจ์คอร์ปอเรชั่น ที่ชิคาโก และต่อมาโดยบริษัทรถยนต์ฟอร์ดซึ่งเป็นผู้ผลักดันให้เทคนิควิธีนี้แพร่หลายในอุตสาหกรรมของอเมริกัน โดยการแนะนำให้ผู้ส่งมอบที่ขายชิ้นส่วน และผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบให้บริษัทนำเทคนิควิธีนี้ไปใช้ ปัจจุบันมีหน่วยงานหลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ที่ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษาแนะนำ และฝึกอบรมในเรื่องนี้

2.2.1 ความหมายของการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ หรือ QFD

ได้มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

- Juran (1988) กล่าวว่า Quality Function หมายถึง หน้าที่ที่ฟอร์มเป็นคุณภาพ
- Akao (1990) กล่าวว่า Quality Function Deployment หมายถึงการเปลี่ยนอุปสงค์ของลูกค้าให้อยู่ในรูปคุณลักษณะทางคุณภาพ และพัฒนาคุณภาพให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ด้วยวิธีการเชิงระบบที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์กับคุณลักษณะ โดยเริ่มต้นจากคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของหน้าที่แล้วขยายผล ด้วยการแปรเข้าสู่คุณภาพของแต่ละชิ้นส่วน และของแต่ละกระบวนการตามลำดับ โดยอาจกล่าวได้อย่างง่ายๆ ว่า QFD คือ การแปรคุณภาพโดยการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ (Deployment of Quality through deployment of quality function)

2.2.2 วัตถุประสงค์ของการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ

(Quality Function Deployment : QFD)

- เน้นความสำคัญที่ลูกค้า (Focus on the customer)
- QFD จะทำให้เกิดความพยายาม ในการค้นหาความต้องการอย่างแท้จริงของลูกค้า และกำหนดวิธีการในการที่จะทำให้บรรลุความต้องการดังกล่าวอย่างเหมาะสม ทำให้ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ใหม่ มีคุณภาพไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า ลดลง

- การลดเวลาการออกสู่ตลาดของผลิตภัณฑ์ (Reduce time to market)
 QFD จะช่วยจัดการเกี่ยวกับความไม่แน่นอน (Level of uncertainty) ในการออกแบบ ทำให้ปัญหาความล่าช้าในการออกผลิตภัณฑ์ใหม่ลดลง อันเนื่องมาจากจำนวนการเปลี่ยนแปลงแบบและการทบทวนแบบลดลง
- การจัดการสารสนเทศ (Information Management)
 QFD ช่วยทำให้องค์กรจัดโครงสร้างเกี่ยวกับสารสนเทศที่เกี่ยวข้องได้โดยลักษณะเป็นการเขียนข้อมูลจำนวนมากลงบนกระดาษแผ่นเดียวในการทำการวิเคราะห์
- การพัฒนาความร่วมมือกันระหว่างฝ่ายการตลาดกับฝ่ายวิจัยและพัฒนา
 การใช้เทคนิค QFD จะทำให้มีการร่วมมือกันระหว่างบุคลากรทั้งสองฝ่ายในการร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นการประสานความร่วมมือทำให้เกิดความราบรื่น และความถูกต้องชัดเจนในการดำเนินการออกแบบและผลิต

2.2.3 หลักการและวิธีการของการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ

การแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ หรือ QFD เป็นกระบวนการในการบริหารการออกแบบวางแผนการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยจะช่วยลดภาระด้านเอกสารคือ พยายามที่จะบันทึกข้อมูลจำนวนมากลงในกระดาษแผ่นเดียว เพื่อให้พนักงานสามารถเปรียบเทียบ และมองเห็นภาพรวมของระบบได้ดี โดย QFD จะประกอบด้วย อะไร (What) ที่เป็นความต้องการของลูกค้า และจะทำอย่างไร (How) ที่จะตอบสนองสิ่งเหล่านั้นให้สำเร็จลุล่วงไปได้ จุดไหนที่มีความสัมพันธ์หรือขัดแย้ง พิจารณาหาจุดอ่อน และจุดแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ความยากง่ายในทางเทคนิคที่ใช้ในการทำการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ เครื่องมือที่ช่วยในการทำ QFD คือ New 7 tools

กระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ

พัฒนาการและเงื่อนไขที่เป็นข้อแตกต่างของผลิตภัณฑ์ทำให้กระบวนการในการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพมีความแตกต่างกันไปตามแต่หน่วยงาน รูปแบบที่ค่อนข้างแพร่หลาย ซึ่งเสนอโดยสถาบันผู้ส่งมอบ อเมริกัน ได้เสนอกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. การวางแผนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (Product planning)

เป็นขั้นตอนที่จะแปรความต้องการหรือเสียงของลูกค้า (Customers' Voice) ให้เป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Product characteristics) โดยใช้เครื่องมือที่ถือว่าเป็นหัวใจของการทำ QFD ที่เรียกว่า บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality, HOQ) มีลักษณะเป็น matrix ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับคุณลักษณะที่สามารถตอบสนองความต้องการนั้นได้ จากขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ข้อกำหนดของผู้ผลิต

2. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับชิ้นส่วน

(Part deployment หรือ Component planning)

เป็นขั้นตอนที่จะนำเอาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มาแปรเป็นข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน โดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ตารางเชื่อมโยงแบบ (Design Matrix)

3. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการ (Process planning)

เป็นขั้นตอนที่จะนำเอาข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนมาแปรเป็นข้อกำหนดทางด้านกระบวนการผลิต โดยเครื่องมือที่เรียกว่า ตารางเชื่อมโยงปฏิบัติการ (Operating Matrix)

4. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับการผลิต (Production planning)

เป็นขั้นตอนที่แปรข้อกำหนดทางด้านกระบวนการผลิตให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติการและทำการควบคุมโดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ตารางเชื่อมโยงการควบคุม (Control Matrix)

สำหรับรายละเอียดของลักษณะการทำงานในแต่ละระยะดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 Input / Output และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ

ขั้นตอน	Input	Output	เครื่องมือ
ระยะที่ 1	ความต้องการ	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์	HOUSE OF QUALITY
ระยะที่ 2	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน	DESIGN MATRIX
ระยะที่ 3	ข้อกำหนด	กระบวนการ	OPERATING MATRIX
ระยะที่ 4	กระบวนการ	มาตรฐานการควบคุม	CONTROL MATRIX

แหล่งข้อมูล : หนังสือ Quality Function Deployment How to Make QFD Work for you
โดย Lou Cohen ,1995

บ้านแห่งคุณภาพ (House Of Quality, HOQ)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแปลงความต้องการหรือเสียงของลูกค้าให้เป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เป็นหัวใจของการทำ QFD บ้านแห่งคุณภาพมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 8 ส่วน

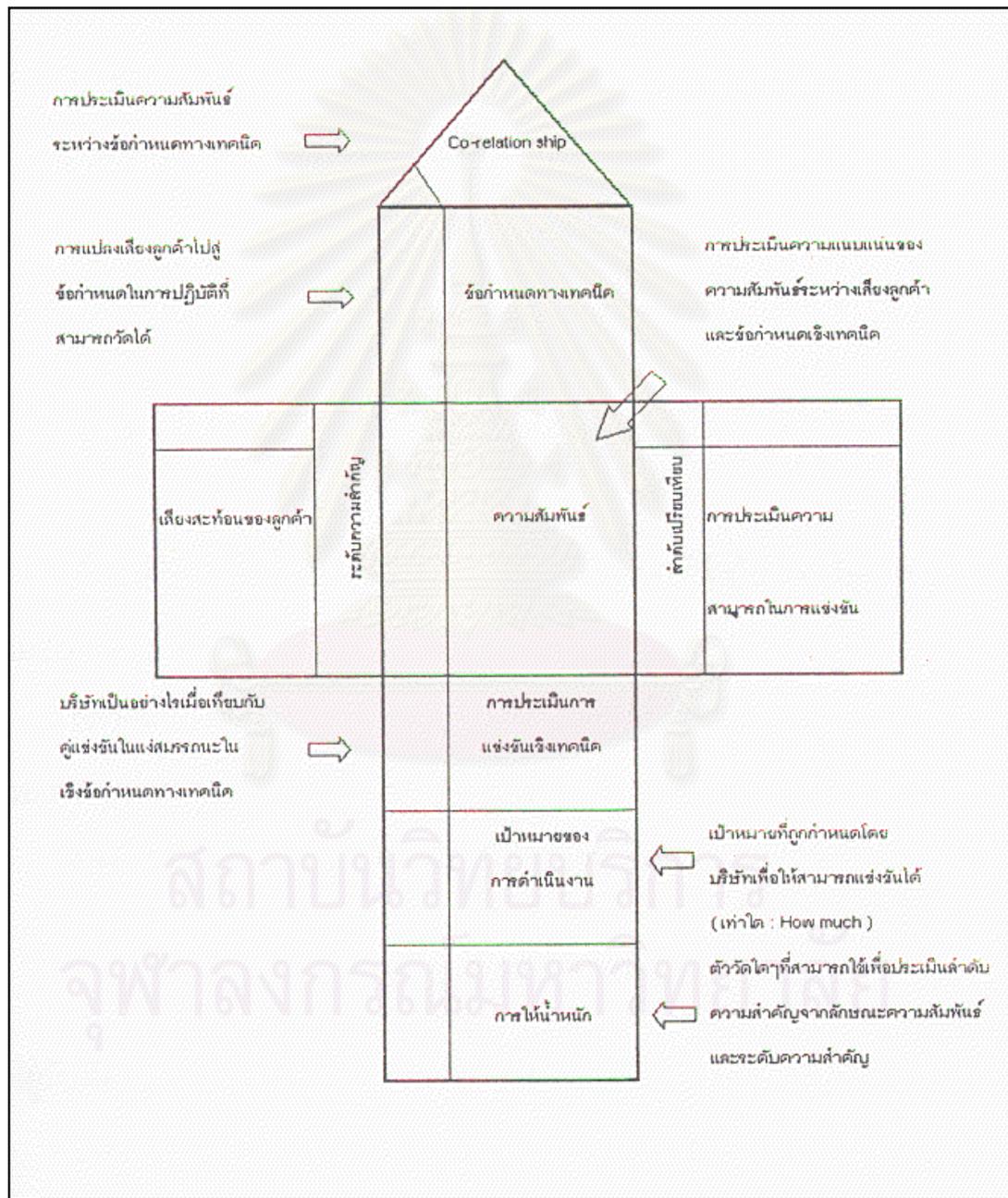
- เสียงของลูกค้า (Voice of Customer)
- การให้อัตราความสำคัญ (Importance Rating)
- คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Product Characteristics)
- ตารางเชื่อมโยงความสัมพันธ์ (Relationship Matrix)
- ตารางเชื่อมโยงความเกี่ยวพัน (Correlation Matrix)
- การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning) โดยการประเมินการแข่งขัน (Competitive Evaluation) และการวางตำแหน่ง (Strategic Positioning)
- การประเมินทางเทคนิค (Technical Evaluation)
- การกำหนดค่าเป้าหมาย (Target Value Determination)

ตัวอย่างบ้านแห่งคุณภาพดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.2.4 ประโยชน์ที่ได้จากการทำ QFD

1. เพิ่มหลักประกันให้กับลูกค้าในการที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่บรรลุตาม voice of customer
2. เพื่อให้ได้มาอย่างมีระบบถึงพื้นที่เป้าหมายที่จะใช้เป็นประโยชน์ต่อการแข่งขันในการเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด
3. ลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนแปลงแบบทางวิศวกรรม อันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านความรู้ทางด้านวิศวกรรม ความผิดพลาด หรือ ความคลาดเคลื่อน

4. ช่วยในการพัฒนาการฝึกอบรม ความรู้ด้านวิศวกรรมตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างฝ่ายต่างๆ แก่ผู้รับผิดชอบด้านการวางแผน
5. ช่วยลดความขัดแย้งเกี่ยวกับความต้องการของการออกแบบได้
6. ช่วยลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์
7. ช่วยลดต้นทุนในด้านวิศวกรรม การผลิต และการบริการ
8. ช่วยในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการบริการ



รูปที่ 2.1 แสดงบ้านแห่งคุณภาพ

2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ

(Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) เป็นวิธีการในการประเมินระบบ การออกแบบ กระบวนการผลิต การบริหาร โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน(Preventive approach) ที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต โดยพิจารณาความเป็นไปในการเกิดข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์หาข้อขัดแย้งที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ค้นหาสาเหตุและผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้นๆ กำหนดวิธีในการตรวจสอบและชี้ข้อบกพร่อง ประเมินโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องนั้นๆ ทั้งนี้เพื่อสร้างความมั่นใจว่า วัตถุประสงค์ของการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตเป็นไปเพื่อสนองความต้องการของลูกค้า โดยคำว่า “ลูกค้า” หมายถึง ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย สายงานผลิตและประกอบ แผนกบริการและแผนกอื่นๆ

ลักษณะของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ หรือ การทำ FMEA มีวัตถุประสงค์คือ การป้องกันข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น โดยทำการแยกแยะ และบ่งชี้ลักษณะความเสี่ยงของการออกแบบ และกระบวนการผลิต มีการพยายามลดโอกาสการเกิดลักษณะบกพร่อง ลดความรุนแรงของผลอันเกิดจากลักษณะบกพร่อง และนำผลจากการวิเคราะห์ที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการออกแบบและกระบวนการผลิต ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการทำการวิเคราะห์คือ แผนปฏิบัติเพื่อกำจัดหรือลดข้อบกพร่องทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต โดยคำนึงถึงลำดับก่อนหลังของความสัมพันธ์ของปัญหาเพื่อพิจารณาในการแก้ไขข้อบกพร่องของการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิต การทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ มีลักษณะเป็นกระบวนการแบบเป็นระบบ หรือ Systematic technique มีการทำงานเป็นทีมและใช้ความรู้จากทุกฝ่ายขององค์กร

ลักษณะของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.3.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ

(Design Failure Mode and Effect Analysis : DFMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ หรือ DFMEA เป็นวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องจากการออกแบบ ด้วยการชี้บ่งและหาทางป้องกันปัญหา ด้านศักยภาพที่เกิดจากการออกแบบ โดยการทบทวนการออกแบบ ประวัติความบกพร่องในอดีต และข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการร้องเรียนจากลูกค้า ผู้ออกแบบจะใช้ข้อมูลช่วยในการ

จัดลำดับความเสี่ยงในการออกแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป การวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่าชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนได้รับการผลิตที่ถูกต้องไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิต

2.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต

(Process Failure Mode and Effects Analysis : PFMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิตต่างจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ กล่าวคือ จะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่องอันเนื่องมาจาก เครื่องมือ เครื่องจักร กระบวนการประกอบและขั้นตอนการผลิตของบริษัทในการผลิตสินค้า การวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่า ชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนได้รับการออกแบบมาอย่างถูกต้อง ไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

ลักษณะการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิตประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. มีการบ่งชี้ผลผลิตอันเป็นผลเกี่ยวเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต
2. ประเมินผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่อง
3. บ่งชี้สาเหตุที่เป็นไปได้ในกระบวนการผลิตหรือประกอบ และบ่งชี้ตัวแปรของกระบวนการ โดยให้ความสำคัญต่อการควบคุมเพื่อลดการเกิดขึ้นหรือการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง
4. พัฒนาลำดับของลักษณะข้อบกพร่องที่ได้จัดอันดับไว้ จากนั้นจัดตั้งระบบเบื้องต้นสำหรับการพิจารณาปฏิบัติการเชิงแก้ไข
5. จัดทำเอกสารแสดงผลของกระบวนการผลิตและการประกอบ

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องผลกระทบด้านการออกแบบหรือ DFMEA และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องผลกระทบด้านกระบวนการผลิตหรือ PFMEA มีขั้นตอนในการวิเคราะห์แบบเดียวกัน โดยแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์เป็น 17 ขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกหัวข้อที่สนใจจะทำการวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากลักษณะปัญหาที่เมื่อเกิดแล้วมีผลกระทบต่อบริษัทสูง หรือ อาจเป็นหัวข้อปัญหาที่มักเกิดขึ้นบ่อยๆ และทำการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ให้ชัดเจน

2. ระบุวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยมี 4 วิธีดังนี้

- การวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-down Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบโดยรวม และจึงแยกพิจารณาในส่วนของย่อยของระบบ

- การวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-up Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบส่วนย่อยแต่ละส่วน จากนั้นจึงพิจารณาระบบโดยรวม

- การวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วน (Component Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน จากนั้นนำข้อกำหนดของแต่ละชิ้นส่วน (Component Specification) มาเป็นตัวกำหนดระดับข้อบกพร่อง

- การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis) โดยทำการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบ พิจารณาข้อบกพร่องอันเกิดกับผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์(Product Specification) มาเป็นตัวกำหนดระดับข้อบกพร่อง

ในขั้นตอนนี้จะมีการพิจารณาการวิเคราะห์ความวิกฤติ ซึ่งเป็นการจัดลำดับผลกระทบของข้อบกพร่อง โดยทำการเปรียบเทียบกับผลกระทบข้ออื่นๆ โดยจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าเชิงปริมาณเพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญในการแก้ไขข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่อง การคำนวณจะใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ระบบ ระบบย่อย หรืออุปกรณ์ที่มีผลกระทบของข้อบกพร่องรุนแรงที่สุดจะถูกเลือกมาเป็นอันดับแรกในการนำมาวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3. หลังจากได้ระบบที่ต้องพิจารณาจากการวิเคราะห์ความวิกฤติในขั้นตอนที่ 2 แล้ว จากนั้นต้องกำหนดขอบเขตของข้อบกพร่องที่จะวิเคราะห์ เพื่อเป็นขอบเขตในการตรวจสอบ

4. ออกแบบตารางที่เหมาะสมเพื่อทำการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ระบุหัวข้อ อุปกรณ์ หรือ ระบบย่อยที่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ในขอบเขตที่กำหนดไว้ในข้อ 3 โดยการใช้คำถามว่า “ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดใดมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ้าง”

6. สำหรับการวิเคราะห์ความวิกฤติ ให้กำหนดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของแต่ละหัวข้ออุปกรณ์ หรือ ระบบย่อยตามที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 5

7. สำหรับการวิเคราะห์ความวิกฤติให้เขียนรายการข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งหาได้โดยการตั้งคำถามว่า “ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง”

8. กำหนดคะแนน โอกาสที่ข้อบกพร่องที่ระบุในข้อ 7 จะมีโอกาสเกิดขึ้น (O=Occurrence) โดยผลรวมของโอกาสการเกิดข้อบกพร่องจะเป็น 100 เปอร์เซนต์
9. วิเคราะห์หาผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นในข้อ 7
10. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงจากผลกระทบของข้อบกพร่อง (S=Severity) และทำการให้คะแนนความรุนแรงสำหรับผลกระทบของข้อบกพร่องที่ได้จากข้อ 9
11. วิเคราะห์หาวิธีการในการตรวจสอบหาข้อบกพร่อง
12. กำหนดเกณฑ์ให้คะแนนโอกาสในการตรวจพบข้อบกพร่องเหล่านั้น (D=Detect)
13. ให้คะแนนโอกาสที่วิธีการตรวจพบข้อบกพร่องที่กำหนดจากข้อ 11 ว่ามีโอกาสสามารถตรวจพบข้อบกพร่องได้มากน้อยเพียงไร โดยใช้หลักการให้คะแนนจากเกณฑ์ในข้อ 12
14. หาคะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่อง โดย

$$\text{คะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่อง} = S \times O \times D$$

15. เลือกจุดที่จะต้องทำการแก้ไขตามลำดับความสำคัญก่อนและหลัง โดยพิจารณาจากค่าคะแนนความวิกฤต โดยเลือกจุดที่มีค่าคะแนนความวิกฤตสูงสุดมาทำการแก้ไขก่อน
16. ดำเนินการหาวิธีการป้องกันเพื่อลดความวิกฤตลง
17. ติดตามผลปฏิบัติการเพื่อลดความวิกฤต และทำการทบทวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

2.3.3 ลักษณะของแบบฟอร์มที่ใช้ประกอบการทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต

การพัฒนากระบวนการ FMEA ควรเริ่มต้นด้วยการทำแผนภูมิการไหลของกระบวนการประเมินผลความเสี่ยงของกระบวนการต่างๆไป แผนภูมินี้ควรบ่งชี้ลักษณะของผลิตภัณฑ์และกระบวนการซึ่งรวมกันกับการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกต่อการจัดทำเอกสารในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลที่ได้ แบบฟอร์มกระบวนการ FMEA จึงได้รับการพัฒนาขึ้น ดังรูปที่ 2.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. หมายเลข FMEA - กรอกหมายเลขเอกสาร FMEA เพื่อนำไปใช้ในการติดตามต่อไปภายหลัง
2. ชื่อชิ้นส่วนหรือกระบวนการ - กรอกชื่อและหมายเลขของระบบ ระบบย่อย หรือส่วนประกอบของกระบวนการซึ่งทำการวิเคราะห์

3. ความรับผิดชอบด้านกระบวนการ - ใ้ชื่อของหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์
4. วันที่เริ่มศึกษา - ระบุวันที่เริ่มต้นทำการวิเคราะห์ FMEA ซึ่งไม่ควรช้ากว่าวันที่เริ่มต้นการผลิต
5. วันที่จัดทำตาราง FMEA - ระบุวันที่จัดทำฉบับ รวมทั้งวันที่ได้รับการทบทวนครั้งล่าสุด
6. หน้าที่ของกระบวนการ - กรอกรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการหรือการปฏิบัติที่ทำการวิเคราะห์
7. จุดบกพร่อง(Failure Mode) - โดยทีมงานจะต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอนจะเกิดความผิดพลาดไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่กำหนดไว้ได้อย่างไร อาจเป็นสาเหตุหนึ่งร่วมกับอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในการปฏิบัติงานอันดับก่อนหน้า ทั้งนี้โดยกำหนดสมมติฐานว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ได้กำหนดขึ้นอย่างถูกต้องเหมาะสมทั้งในขั้นตอนการออกแบบ การจัดซื้อวัสดุ และกระบวนการอื่นๆ ก่อนหน้านี้ได้ถูกจัดทำอย่างถูกต้องมาตั้งแต่เบื้องต้นแล้ว
8. ผลกระทบของข้อบกพร่อง - ทีมงานต้องทำการหาคำตอบว่าจะเกิดผลกระทบอย่างไรบ้างหากจุดบกพร่องที่ทีมงานได้ระบุไว้ในข้อ 2 ได้เกิดขึ้น โดยจุดบกพร่องหรือลักษณะบกพร่องอย่างหนึ่ง อาจเกิดผลกระทบได้หลายรูปแบบ สิ่งที่สำคัญคือ ทีมงานจะต้องพยายามใช้จินตนาการหรือความคิดในการค้นหารูปแบบของผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องที่มีผลต่อคุณภาพให้ได้มากและครอบคลุมทั้งหมด
9. ภาวะความรุนแรง(S=Severity) - ภาวะความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of Effects) ทีมงานจะต้องประเมินความรุนแรงของผลที่เกิดจากลักษณะข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า การจัดระดับคะแนนดังรายละเอียด ดังตารางที่ 2.3
10. สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง - ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการทำ FMEA เนื่องจากการหาสาเหตุได้อย่างถูกต้องตรงประเด็น จะสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างตรงประเด็นเช่นกัน ในขั้นตอนนี้จะต้องมีความระมัดระวังไม่ให้เกิดความสับสนระหว่างสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง อาจมีสาเหตุมาจากคน เครื่องจักร วัตถุดิบ หรือขั้นตอนวิธีการทำงาน
11. โอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น(O=Occurrence) - ภายหลังจากหาสาเหตุแลผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องแล้ว ทีมงานจะต้องทำการประเมิน โอกาสที่ข้อบกพร่องของลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละข้อ ในขั้นตอนนี้ทีมงานจะต้องจัดทำสเกลขึ้นมาเพื่อจัดระดับความเสี่ยง โดยปกติแล้วการกำหนดสเกลที่มีจำนวนระดับมากๆ สมาชิกในทีมงานจะต้องใช้เวลามากในการแบ่ง

ระดับให้กับลักษณะข้อบกพร่องแต่ละข้อ ทำให้กระบวนการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพลดลง โดยส่วนใหญ่ในการใช้งานจะใช้แบบ สเกล 1-10 ดังแสดงรายละเอียดในตาราง 2.4

12. การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน - การควบคุมกระบวนการปัจจุบันเป็นการระบุรายละเอียดที่ต้องการควบคุม เพื่อป้องกันมิให้เกิดข้อบกพร่องหรือการตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่

13. การตรวจพบลักษณะบกพร่อง (D=Detect) - ทีมงานจะต้องทำการประเมินว่า ถ้าลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต กระบวนการควบคุมปัจจุบันจะสามารถตรวจพบลักษณะบกพร่องได้มากน้อยเพียงใด โดยการจัดลำดับของโอกาสในการตรวจพบจะอยู่ในลักษณะตรงข้ามกับโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง และความรุนแรงของผลกระทบจากลักษณะบกพร่อง กล่าวคือ ถ้าโอกาสในการตรวจพบมีน้อย ค่าคะแนนหรือระดับจะมีค่ามาก ดังแสดงในตารางที่ 2.5

14. ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (RPN) - บางครั้งเรียกว่า Criticality index ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยงนี้ช่วยให้ทีมงานทราบลักษณะข้อบกพร่องใดที่จะทำให้กระบวนการผลิตประสบความล้มเหลวได้ การเปรียบเทียบค่า RPN ของลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละข้อสามารถทำให้ทีมงานจัดลำดับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญจากมากไปหาน้อย ในการพิจารณาดำเนินการเลือกลำดับก่อนหลังในการปฏิบัติแก้ไขได้ ค่า RPN มีค่าระหว่าง 1- 1000 โดยค่า $RPN = S \times O \times D$

15. ปฏิบัติการเสนอแนะ - จากการพิจารณาค่า RPN เราจะทำการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน ซึ่งการดำเนินการนี้จะสามารถช่วยในการกำจัดลักษณะข้อบกพร่องหรือ สามารถลดคะแนน ตัวเลข RPN ลงได้ การแก้ไขควรพิจารณาจากสาเหตุข้อบกพร่องที่มีค่า RPN อันดับสูงสุดก่อน โดยมุ่งหมายที่จะลดภาวะความรุนแรงที่เกิดขึ้นและโอกาสการตรวจพบของข้อบกพร่องโดยทีมงานจะพัฒนาทางเลือกในการแก้ไขได้มากกว่าหนึ่งทางเลือก สำหรับแต่ละสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง โดยปฏิบัติการแก้ไขป้องกันที่จัดทำขึ้นเพื่อกำจัดสาเหตุของการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง จะทำให้ลักษณะข้อบกพร่องถูกกำจัดไปด้วยทันทีเช่นกัน หากไม่สามารถคิดปฏิบัติการป้องกันได้ เราจะพิจารณาหาวิธีในการลดค่า RPN ด้วยการอาจจะลดโอกาสที่ลักษณะข้อบกพร่องจะเกิดขึ้น ลดความรุนแรงของผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่อง และเพิ่มโอกาสในการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง

16. ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ - หลังจากแก้ไขสาเหตุของข้อบกพร่องแล้ว ให้ระบุรายละเอียดโดยย่อของปฏิบัติการที่ดำเนินการแก้ไขจริง

17. ทวนการคำนวณค่า RPN - หลังการปฏิบัติการเชิงแก้ไขได้รับการดำเนินการแล้ว ให้ประเมินผลด้านภาวะความรุนแรง การเกิดขึ้น และการตรวจพบ อีกครั้ง หลังจากนั้นคำนวณและบันทึกผลของค่า RPN ใหม่

(2) ชื่อชิ้นส่วนหรือกระบวนการ.....
 ปีรุ่น.....
 คณะผู้ทำงาน.....

(3) ความรับผิดชอบด้านกระบวนการ.....
 (4) วันที่เริ่มศึกษา.....

(1) FMEA.....
 หน้าที่.....ของหน้า.....
 จัดทำโดย.....
 (5) วันที่จัดทำตาราง FMEA.....

(6) หน้าที่ กระบวนการ	(7) ลักษณะ ข้อบกพร่อง	(8) ผลกระทบของ ข้อบกพร่อง	(9) S	(10) สาเหตุของ ข้อบกพร่อง	(11) O	(12) การควบคุม กระบวนการปัจจุบัน	(13) D	(14) RPN	(15) ปฏิบัติการ เสนอแนะ	(17) ผลการปฏิบัติการ				
										(16) ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S	O	D	RPN

แหล่งข้อมูล : หนังสือ Failure Mode And Effects Analysis โดย Stanatis D.H.

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาใน FMEA

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากลักษณะบกพร่อง

ระดับความรุนแรง	ระดับคะแนน	ภาวะความรุนแรงของผลกระทบ
สูงมาก	10 , 9	เป็นภาวะความรุนแรงสูงมาก โดยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีผลต่อความปลอดภัยในการใช้งานอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตผู้ใช้งานหรือลูกค้า
สูง	8 , 7	เป็นกรณีที่ลูกค้าไม่พอใจมาก เนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องหรือชนิดของเสียนั้นๆ โดยลักษณะข้อบกพร่องนั้นๆ ไม่มีผลกระทบต่อปัญหาด้านความปลอดภัยในการใช้งาน
ปานกลาง	6 , 5 , 4	ระดับคะแนนปานกลาง เนื่องจากข้อบกพร่องนั้นๆ ทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจบางประการ ลูกค้าได้รับความไม่สะดวกสบายหรือได้รับความรบกวนจากลักษณะข้อบกพร่องนั้นๆ
ต่ำ	3 , 2	จัดให้เป็นระดับต่ำ เนื่องจากธรรมชาติของลักษณะข้อบกพร่องนั้นๆ สร้างความรำคาญให้กับลูกค้าเพียงเล็กน้อย เช่น ต้องทำการปฏิบัติการแก้ไขเล็กน้อยๆ
น้อย	1	ลักษณะข้อบกพร่องมีผลกระทบเล็กน้อยต่อลูกค้า ลูกค้าส่วนใหญ่ไม่สังเกตเห็นข้อบกพร่อง หรือลักษณะของเสียนี้ก็ได้

แหล่งข้อมูล : หนังสือ Failure Mode And Effects Analysis โดย Stamatis D.H.,1995

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบการให้คะแนนโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่องระดับ 1 ถึง 10

ระดับ	ความน่าจะเป็นของการเกิดข้อบกพร่อง	โอกาสการเกิด
1	ห่างไกล - ไม่มีข้อบกพร่องใดเคยสัมพันธ์กับกระบวนการ	1 ใน 1.5 ล้าน
2	ต่ำมาก - มีเฉพาะลักษณะข้อบกพร่องเอกเทศเท่านั้นที่สัมพันธ์กับกระบวนการที่เหมือนกัน	1 ใน 1.5 แสน
3	ต่ำ - ลักษณะข้อบกพร่องเอกเทศสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน	1 ใน 1.5 หมื่น
4	ปานกลาง - โดยทั่วไปแล้วสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกับ	1 ใน 2000
5	กระบวนการก่อนหน้านี้ที่เคยมีข้อบกพร่องเกิดบางโอกาส แต่ไม่ใช่ในส่วนใหญ่	1 ใน 400
6		1 ใน 800
7	สูง โดยทั่วไปแล้วสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกับ	1 ใน 20
8	กระบวนการก่อนหน้านี้ซึ่งมักขัดข้องบ่อย ๆ	1 ใน 8
9	สูงมาก ไม่สามารถหลีกเลี่ยงลักษณะข้อบกพร่องได้เป็นส่วนใหญ่	1 ใน 3
10		> 1 ใน 2

แหล่งข้อมูล : หนังสือ Failure Mode And Effects Analysis โดย Stamatis D.H.,1995

ตารางที่ 2.5 ระดับคะแนนโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องจากกระบวนการควบคุมปัจจุบัน (D)

ระดับการตรวจพบ	ค่าคะแนน	แนวโน้มการตรวจพบ
ไม่สามารถตรวจพบได้	10	การควบคุมปัจจุบันไม่สามารถตรวจพบข้อบกพร่องได้
ต่ำมาก	9	การควบคุมอาจไม่ตรวจพบการเกิดข้อบกพร่อง
ต่ำ	8-7	การควบคุมมีโอกาสตรวจพบการเกิดข้อบกพร่องน้อย
ปานกลาง	6-5	การควบคุมมีโอกาสตรวจพบการเกิดข้อบกพร่อง
สูง	4-3	การควบคุมมีโอกาสตรวจพบข้อบกพร่องสูง
สูงมาก	2-1	การควบคุมปัจจุบันตรวจพบข้อบกพร่องได้ส่วนใหญ่

แหล่งข้อมูล : หนังสือ Failure Mode And Effects Analysis โดย Stamatis D.H.,1995

2.3.4 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

1. ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้ของการออกแบบและกระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้
2. ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการคุณภาพ เพื่อระบุความเสี่ยงในแต่ละแผน และช่วยในการเตรียมการค้นหาวิธีในการหลีกเลี่ยงปัญหาต่างๆ
3. มีประโยชน์สำหรับกรณีที่มีการออกแบบสินค้า หรือ กระบวนการผลิตใหม่ๆ โดยช่วยบ่งชี้และระบุข้อหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องอันมีโอกาสดังเกิดขึ้นได้จากการออกแบบและกระบวนการผลิต
4. ช่วยลดอันตราย และช่วยในการวางแผน ค้นหาวิธีการในการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อยืนยันว่ากระบวนการผลิตมีความน่าเชื่อถือและสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด
5. ช่วยในการกำหนดข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต
6. ช่วยในการชี้จุดหรือบริเวณที่มีปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งในการปฏิบัติงานจะต้องใช้ความระมัดระวังและให้ความสนใจเป็นพิเศษ
7. นำเสนอวิธีการในการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังสำหรับปฏิบัติการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต
8. ช่วยในการรวบรวมข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวางแผนกำหนดคุณลักษณะของกระบวนการ

2.4 ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม

(Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch : TRIZ)

Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch หรือ TRIZ แปลเป็นภาษาอังกฤษว่า Theory of the Solution of Inventive Problem หรือ Theory of Inventive Problem Solving ซึ่ง TRIZ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม แก้ไขความขัดแย้งทางเทคนิค โดยมีหลักการเป็นคำแนะนำสามัญทั่วไปเพื่อให้กระทำต่อระบบทางเทคนิคโดยยังอยู่ในตัวระบบนั้น ซึ่ง TRIZ มีหลักการทั้งหมด 40 หลักการที่สามารถพัฒนาแนวคิดในการแก้ปัญหาทางเทคนิคทุกปัญหาได้มากมายโดยไม่ต้องมีการรวมขอมกัน แต่การดำเนินการตามแนวคิดหรือมโนทัศน์ที่เลือกไว้ยังคงเป็นงานของวิศวกร

2.4.1 หลักการ 40 ข้อ

จะใช้คำว่า วัตถุ ในหลักการต่างๆ หมายถึง วัตถุคิปป อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ชิ้นส่วน สาร สสาร ฯลฯ ที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบ

1. การแบ่งออกเป็นส่วนๆ
 - ก. แบ่งวัตถุออกเป็นส่วนแยกอิสระต่างๆ
 - ข. ทำให้วัตถุแบ่งย่อยออกไป (เพื่อให้ง่ายต่อการประกอบหรือถอดประกอบ)
 - ค. เพิ่มระดับขั้นของการแบ่งวัตถุ

2. การสกัดออก(สกัดออก คั่นคั้น เคลื่อนย้ายออก)
 - ก. สกัดส่วนหรือลักษณะสมบัติที่ “รบกวน” ออก
 - ข. สกัดออกเฉพาะส่วนหรือลักษณะสมบัติที่จำเป็นเท่านั้น

3. ลักษณะสมบัติประจำตัว
 - ก. เปลี่ยนวัตถุหรือสภาพแวดล้อมภายนอก (การกระทำ) จากโครงสร้างเอกพันธ์เป็น โครงสร้างวิวิธพันธ์
 - ข. ส่วนต่างๆของวัตถุควรจะทำหน้าที่การทำงานต่างกัน
 - ค. แต่ละส่วนของวัตถุควรอยู่ภายใต้เงื่อนไขซึ่งเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งาน

4. ความไม่สมมาตร
 - ก. แทนที่รูปแบบสมมาตรด้วยรูปแบบไม่สมมาตร
 - ข. ถ้าวัตถุไม่สมมาตรอยู่แล้ว ให้เพิ่มระดับขั้นของความไม่สมมาตร

5. การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน
 - ก. เชื่อมต่อวัตถุที่เหมือนกันหรือที่ทำงานต่อเนื่องกัน หรือรวมวัตถุเอกพันธ์ หรือวัตถุที่จะถูกนำไปใช้งานใกล้เคียงกับเข้าเป็นหน่วยเดียวกันในสถานที่เดียวกัน
 - ข. รวมการใช้งานชนิดเอกพันธ์หรือชนิดที่อยู่ใกล้เคียงกันเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน

6. การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์ หรือใช้ความเป็นอนเนกประสงค์
 - ก. เสริม/ใส่/สร้างสมรรถนะหลากหลายเข้าไปในวัตถุเดียวกัน จนสามารถตัดส่วนอื่นที่ไม่จำเป็นออกไปได้

7. การช้อนกัน

ก. ใส่วัตถุอันหนึ่งเข้าไปในวัตถุอีกอันหนึ่ง ใส่วัตถุนั้นเข้าไปอยู่ในวัตถุอันที่สาม และต่อไปเรื่อยๆ

ข. วัตถุอันหนึ่งผ่านลอดโพรงในวัตถุอีกอันหนึ่ง

8. การคานน้ำหนักกัน

ก. ชดเชยน้ำหนักของวัตถุโดยรวมวัตถุนั้นเข้ากับวัตถุอีกชิ้นหนึ่งซึ่งทำให้เกิดแรงยกขึ้น

ข. ชดเชยน้ำหนักของวัตถุด้วยแรงอากาศพลศาสตร์หรือแรงชลพลศาสตร์ซึ่งได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอก

9. กระทำด้านทานก่อน

ก. วางน้ำหนักแรงดึงด้านทานใส่วัตถุไว้ก่อน เพื่อชดเชยความเค้นที่มากเกินไปและไม่พึงประสงค์

10. การกระทำก่อน

ก. ทำการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการกับวัตถุล่วงหน้าทั้งหมดหรือบางส่วน

ข. จัดวาง/ติดตั้งวัตถุไว้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทันทีจากตำแหน่งที่สะดวกที่สุด

11. การป้องกันไว้ล่วงหน้า

ก. เตรียมมาตรการฉุกเฉินไว้ล่วงหน้า เพื่อชดเชยความหนาเชื่อถือที่ตัววัตถุ

12. ถ่วงดุล หรือ ศักยภาพเท่ากัน(ใช้ความสมดุลแห่งพลังงานศักย์)

ก. เปลี่ยนเงื่อนไขในการทำงาน เพื่อให้ไม่ต้องยกวัตถุขึ้น ๆ ลง ๆ

13. กลับหัวกลับหาง-กลับทิศทาง

ก. แทนที่จะกระทำโดยตรงตามที่ปัญหากำหนด ให้กระทำในทางตรงข้าม

ข. ทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวของวัตถุหรือของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นิ่งกับที่ และให้ส่วนที่อยู่นิ่งกับที่เคลื่อนไหว

ค. จับพลิกกลับหัวกลับหาง

14. ความเป็นทรงกลม

ก. เปลี่ยนส่วนที่เป็นเส้นตรงเป็นส่วนที่เป็นเส้นโค้ง เปลี่ยนผิวแบนเป็นผิวทรงกลม เปลี่ยนรูปลูกบาศก์ให้เป็นลูกบอล

ข. ใช้ลูกกลิ้ง ลูกป้อน(ลูกบอลเล็กๆ) เกลียว

ค. เปลี่ยนการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน ใช้ประโยชน์จากแรงหนีศูนย์กลาง

15. ความเป็นพลวัต

ก. ต้องเปลี่ยนลักษณะสมบัติของวัตถุหรือสภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อให้ให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละขั้นตอนการทำงาน

ข. ถ้าวัตถุไม่เคลื่อนที่ ให้ทำให้เคลื่อนที่ ทำให้เปลี่ยนกลับไปกลับมาได้

ค. แบ่งวัตถุเป็นส่วนย่อยๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนตำแหน่งให้สัมพันธ์กันได้

16. การกระทำบางส่วนหรือมากเกินไป

ก. ถ้าเป็นการยากที่จะสร้างผลที่ต้องการให้ได้ 100% พยายามทำให้ได้ผลใกล้เคียง

17. เปลี่ยนไปสู่มิติใหม่

ก. เปลี่ยนการเคลื่อนไหวหรือการจัดหนึ่งมิติของวัตถุเป็นสองมิติ จากสองมิติเป็นสามมิติ

ข. ใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบหลายระดับของวัตถุ

ค. วางเอียงวัตถุหรือวางตะแคง

ง. ใช้ประโยชน์จากด้านตรงข้ามของพื้นผิวที่กำหนดให้มา

จ. เล็งแนวสายตาไปยังพื้นที่ใกล้เคียง หรือลงบนด้านกลับข้างของวัตถุ

18. การสั่นสะเทือน

ก. ใช้ประโยชน์จากการแกว่ง

ข. ถ้ามีการแกว่งอยู่ ให้เพิ่มความถี่ให้สูงขึ้นจนถึงขั้นความถี่เหนือเสียง

(ultrasonic)

ค. ใช้ความถี่สั่นพ้อง(resonance)

ง. เปลี่ยนความสั่นสะเทือนเชิงกลเป็นความสั่นสะเทือนจากความดัน

จ. ใช้การสั่นสะเทือนความถี่เหนือเสียงร่วมกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

19. การกระทำเป็นจังหวัด(หรือเป็นช่วงๆ)
- เปลี่ยนการกระทำต่อเนื่องเป็นการกระทำเป็นจังหวัดหรือแทนที่ด้วยการกระทำเป็นช่วงเป็นตอน
 - ถ้าการกระทำเป็นจังหวัดอยู่แล้ว ให้เปลี่ยนความถี่
 - ใช้ช่วงหยุดพักระหว่างจังหวัดให้เป็นประโยชน์
20. ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์
- ชิ้นส่วนของวัตถุทุกชิ้นจะต้องทำงานอย่างต่อเนื่องเต็มกำลัง
 - ย้ายการเคลื่อนที่ซึ่งไม่เกิดการทำงานและอยู่ระหว่างกลางออกไป
 - เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบ “กลับไปกลับมา” เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน
21. เร่งรัดงาน/เสร็จอย่างฉับพลัน
- ทำงานที่อันตรายให้แล้วเสร็จอย่างรวดเร็ว(ด้วยความเร็วสูงมาก)
22. เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์-เปลี่ยนวิกฤติให้เป็นโอกาส
- ใช้ประโยชน์จากปัจจัยอันตรายโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือปัจจัยสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดผลในเชิงบวก
 - ใช้ปัจจัยอันตรายรวม / ควบเข้ากับปัจจัยอันตรายอีกอย่างหนึ่งเพื่อหักล้างกัน
 - เพิ่มระดับขึ้นของการกระทำที่อันตรายให้ถึงจุดหมดอันตราย
23. การป้อนกลับ
- นำการป้อนกลับเข้ามาใช้
 - ถ้ามีการป้อนกลับอยู่แล้ว ให้ลองปรับเปลี่ยนดู
24. ตัวประสาน / ตัวกลาง
- ใช้วัตถุตัวกลางเพื่อส่งผ่านหรือก่อให้เกิดการกระทำ
 - ต่อ / เชื่อม / โยงวัตถุเดิมกับวัตถุซึ่งเคลื่อนย้ายออกได้ง่ายเป็นการชั่วคราว
25. บริการตัวเอง / ช่วยตัวเอง
- วัตถุต้องให้บริการ / ทำงานเสริม / ซ่อมแซมตัวเองของมันได้
 - ใช้ประโยชน์จากวัสดุและพลังงานที่เป็นของเสีย

26. การลอกแบบ / เลียนแบบ

- ก. ควรใช้วัสดุที่ง่ายและราคาไม่แพง แทนที่จะใช้ของเดิมที่เปราะบาง หรือวัสดุที่ใช้งานยาก
- ข. ถ้าใช้ภาพถ่ายที่มองเห็นได้ด้วยสายตา ให้เปลี่ยนเป็นภาพจากรังสีอินฟราเรดหรืออัลตราไวโอเล็ต
- ค. แทนที่วัสดุด้วยภาพถ่าย จะทำให้มารถย่อหรือขยายภาพลักษณะของวัสดุนั้นได้

27. เปลี่ยนออกไป / ใช้แล้วทิ้ง

- ก. ใช้วัสดุราคาถูกแทนวัสดุราคาแพง โดยยอมเสียลักษณะสมบัติบางประการไป

28. การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น

- ก. แทนระบบเชิงกลด้วยระบบแสง (ทัศนศาสตร์-optical) ระบบเสียง (ศราวศาสตร์-acoustic) ระบบความร้อน(อุณหศาสตร์-thermal) หรือระบบสัมผัสโดยกลิ่น (ฆานประสาท-olfactory)
- ข. ใช้สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ
- ค. เปลี่ยนสภาพแวดล้อม(กรอบ)
- 1) จากสภาพหนึ่งเป็นสภาพเคลื่อนไหว
 - 2) จากสภาพคงที่เป็นสภาพที่เปลี่ยนไปตามกาลเวลา
 - 3) จากสภาพไร้กฎเกณฑ์ไปสู่สภาพที่มีกฎเกณฑ์หรือ โครงสร้างแน่นอน
- ง. ใช้สนามร่วมกับอนุภาคแม่เหล็กเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic)

29. โครงสร้างควบคุมด้วยลมหรือของไหล (Pneumatic or Hydraulic)

- ก. เปลี่ยนส่วนของแข็งของวัตถุเป็นแก๊สหรือของเหลว แล้วส่วนเหล่านี้ก็จะสามารถใช้อากาศหรือน้ำสำหรับการขยายตัว หรือสามารถใช้เบาะลมหรือของไหลเป็นตัวกันกระแทก

30. เชื้อยึดหยุ่นได้หรือฟิล์มบาง

- ก. เปลี่ยนโครงสร้างปกติทั่วไปเป็นเชื้อยึดหยุ่นได้หรือฟิล์มบาง
- ข. แยกวัตถุออกจากสภาพแวดล้อมภายนอกด้วยเชื้อยึดหยุ่นหรือฟิล์มบาง

31. วัสดุเป็นรูปพรุน

- ก. ทำให้วัสดุเป็นรูปพรุน หรือใช้ส่วนประกอบย่อยเป็นรูปพรุนเสริมเข้าไป
- ข. ถ้าวัสดุเป็นรูปพรุนอยู่แล้ว ให้ใส่สารบางอย่างลงในรูปพรุนล่วงหน้า

32. เปลี่ยนสี

- ก. เปลี่ยนสีหรือสภาพแวดล้อมของวัตถุ
- ข. เปลี่ยนระดับความโปร่งแสงของวัตถุให้มองเห็นได้ง่ายขึ้น
- ค. ใช้สารมีสีเติมแต่งเพื่อใช้สังเกตวัตถุหรือกระบวนการซึ่งมองเห็นได้ยาก
- ง. ใช้สารเรืองแสงหรือสารที่ทิ้งร่องรอยมาช่วย

33. ความเป็นเอกพันธ์

- ก. วัตถุซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุหลักควรจะทำจากวัสดุอย่างเดียวกัน (หรือวัตถุที่มีลักษณะสมบัติคล้ายกัน)

34. ชิ้นส่วนที่ถูกคัดออกหรือเสื่อมสภาพลง

- ก. หลังจากชิ้นส่วนทำหน้าที่เสร็จแล้วหรือกลายเป็นสิ่งไร้ประโยชน์ ชิ้นส่วนของวัตถุจะถูกคัดออก (ทิ้ง ละลาย ระเหย ฯลฯ) หรือถูกตัดแปลงในระหว่างกระบวนการทำงาน
- ข. ชิ้นส่วนของวัตถุที่ถูกใช้หมดไปในระหว่างการทำงานควรถูกนำกลับมาใช้ใหม่

35. การเปล่งลักษณะสมบัติ

- ก. เปลี่ยนสถานะทางกายภาพของระบบ
- ข. เปลี่ยนความเข้มข้นหรือความหนาแน่น
- ค. เปลี่ยนระดับขั้นของความยืดหยุ่น
- ง. เปลี่ยนอุณหภูมิหรือปริมาตร

36. การเปลี่ยนสถานะ

- ก. ใช้ปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การปลดปล่อยหรือการดูดซับความร้อน ฯลฯ)

37. การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- ก. ใช้การขยายตัวหรือการหดตัวของวัตถุโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
- ข. ใช้วัสดุต่างชนิดซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่อเนื่องจากความร้อน

ต่างกัน

38. การเติมออกซิเจน(oxidation) อย่างเร่งรัด

- ก. เปลี่ยนการเติมออกซิเจนจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงขึ้นอีกขั้นหนึ่ง

- 1) เปลี่ยนอากาศโดยรอบเป็นอากาศเติมออกซิเจน(oxygenated)
- 2) เปลี่ยนอากาศเติมออกซิเจนเป็นออกซิเจน
- 3) เปลี่ยนออกซิเจนเป็นออกซิเจนที่ถูกเติมไอออน(ionized oxygen)
- 4) เปลี่ยนออกซิเจนซึ่งถูกเติมไอออนเป็นออกซิเจนที่ถูกเติม โอโซน (ozoned oxygen)
- 5) เปลี่ยนออกซิเจนซึ่งถูกเติมโอโซนเป็นโอโซน
- 6) เปลี่ยนโอโซนเป็นออกซิเจนอะตอมเดี่ยว(singlet oxygen)

39. สภาพแวดล้อมเฉื่อย

- ก. เปลี่ยนสภาพแวดล้อมปกติเป็นสภาพแวดล้อมเฉื่อย
- ข. เติมสารเป็นกลางหรือสารปรุงแต่งใส่ลงไปในวัตถุ
- ค. ดำเนินการในสุญญากาศ

40. วัสดุผสม

- ก. เปลี่ยนวัสดุเอกพันธ์(เนื้อเดียวกัน) เป็นวัสดุผสม

2.4.2 ขั้นตอนในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ระบบทางเทคนิค เป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดลักษณะสมบัติของระบบที่จะเป็นต้องมีการปรับปรุง โดย

1. หาค่าประกอบของระบบ
2. ระบุต้นตอของสาเหตุให้ชัดเจน
3. กำหนดลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุง

แบบฟอร์มที่ 1 (ภาคผนวก ก) ใช้ช่วยระบุลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 2 ระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิค ระบุลักษณะสมบัติของวัตถุ บางอย่างจะ ถดถอยลงในขณะทำการปรับปรุงลักษณะสมบัติอีกอย่างหนึ่ง ให้ระบุข้อขัดแย้งให้ชัดเจน แบบฟอร์มที่ 2 (ภาคผนวก ก) ช่วยระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิค

ขั้นตอนที่ 3 แก้ไขข้อขัดแย้งทางเทคนิค หลังจากที่ได้ระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิคแล้ว หลักการ 40 ข้อของการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์และตารางข้อขัดแย้ง (ภาคผนวก ก) จะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาข้อขัดแย้งทางเทคนิค โดยระบบทางเทคนิคใดๆ แล้ว จะมีลักษณะสมบัติโดยตัวไปอยู่ 39 ลักษณะ ลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจะนำมาเรียงไว้ในช่องซ้ายมือสุดของ ตารางความขัดแย้ง ส่วนลักษณะที่เสื่อมถอยเนื่องจากการปรับปรุงจะนำมาเรียงไว้ในแนวนอนสุดซึ่ง จะเหมือนกับช่องทางด้านซ้ายสุดแต่เขียนเลขกำกับแทน มี 2 แนวทางในการแก้ปัญหาข้อขัดแย้ง ทางเทคนิคคือ

1. ใช้ตารางข้อขัดแย้งในการหาหลักการสำหรับการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด
2. อ่านหลักการสำหรับการแก้ปัญหาทุกข้อ แล้วเลือกข้อที่เหมาะสมที่สุด

การใช้ตารางข้อขัดแย้ง

1. ใช้หัวข้อ 1 ก. หรือ 2 ก. ในแบบฟอร์มที่ 2 เป็นลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุงหรือกำจัดให้หมดไป เลือกข้อที่มีความหมายใกล้เคียงที่สุดจากช่องทางซ้ายมือสุดของ ตาราง
2. ใช้หัวข้อ 1 ค. หรือ 2 ค. เป็นลักษณะที่เสื่อมถอย เลือกข้อที่มีความหมาย ใกล้เคียงที่สุดจากแนวนอนสุดของตาราง
3. ที่จุดตัดระหว่างแถวกับคอลัมน์จะเป็นตัวเลขที่แสดงถึงหลักการข้อต่างๆ แต่ เนื่องจากลักษณะสมบัตินั้นเป็นลักษณะต่างๆ ไป จึงควรเลือกข้อที่มีความหมายใกล้เคียงที่สุดแล้วหา จุดตัดซัก 2-3 ตำแหน่ง อ่านรายละเอียดของหลักการข้อที่ได้ แล้วพยายามใช้เป็นแนวทางในการ แก้ปัญหา อย่าปฏิเสธข้อเสนอแนะใดๆ ลองพยายามประยุกต์ใช้ในหลายๆ ทาง ถ้าหากว่า ข้อเสนอแนะทั้งหมดไม่สามารถนำไปประยุกต์ได้ ให้จัดความสัมพันธ์ของข้อขัดแย้งทางเทคนิค ใหม่ แล้วเริ่มต้นอีกครั้งจนกว่าจะได้คำตอบที่สามารถนำไปปฏิบัติได้

2.5 การออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly: DFA)

การออกแบบเพื่อการประกอบ หรือ Design For Assembly ใช้สำหรับการแก้ไขปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนให้ง่ายต่อการประกอบ เป็นการปรับปรุงคุณภาพและความเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์ ช่วยลดจำนวนของเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบและจำนวนการสำรองของวัตถุดิบ และยังช่วยในการลดต้นทุนในการประกอบอีกด้วย โดยการออกแบบเพื่อการประกอบจะตระหนักถึงความจำเป็นในการวิเคราะห์ ทั้งการออกแบบชิ้นส่วนและปัญหาจากการประกอบทั้งหมดก่อนที่จะทำการออกแบบกระบวนการผลิต สำหรับแนวทางการออกแบบเพื่อการประกอบ เช่น ใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานลดความหลากหลายของชิ้นส่วน ลดจำนวนชิ้นส่วนให้น้อยที่สุด ทำชิ้นส่วนให้ง่ายต่อการจับและประกอบ ใช้รหัสสีที่แตกต่างกันในกรณีที่รูปร่างเหมือนกัน เป็นต้น การประเมินค่ากระบวนการออกแบบเพื่อการประกอบก็มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น Boothroyd-Dewhurst Method (USA) , Lucus (UK) และ Hitachi (Japan) โดยการประเมินของ Lucus จะเป็นการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานกับการจับหรือการป้อนชิ้นส่วนและการประกอบร่วมกัน ส่วนสำหรับวิธีของ Hitachi จะเป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่และการทำงานในแต่ละชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ และสำหรับ Boothroyd-Dewhurst Method จะเป็นการประเมินค่ากระบวนการออกแบบเพื่อการประกอบบนพื้นฐานของต้นทุนของการจับและการใส่ชิ้นส่วน โดยมีสองกระบวนการด้วยกันคือ

ขั้นตอนที่ 1 ประเมินค่าในแต่ละชิ้นส่วนว่าง่ายต่อการประกอบหรือไม่

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าชิ้นส่วนที่น้อยที่สุดที่จะอยู่ในผลิตภัณฑ์

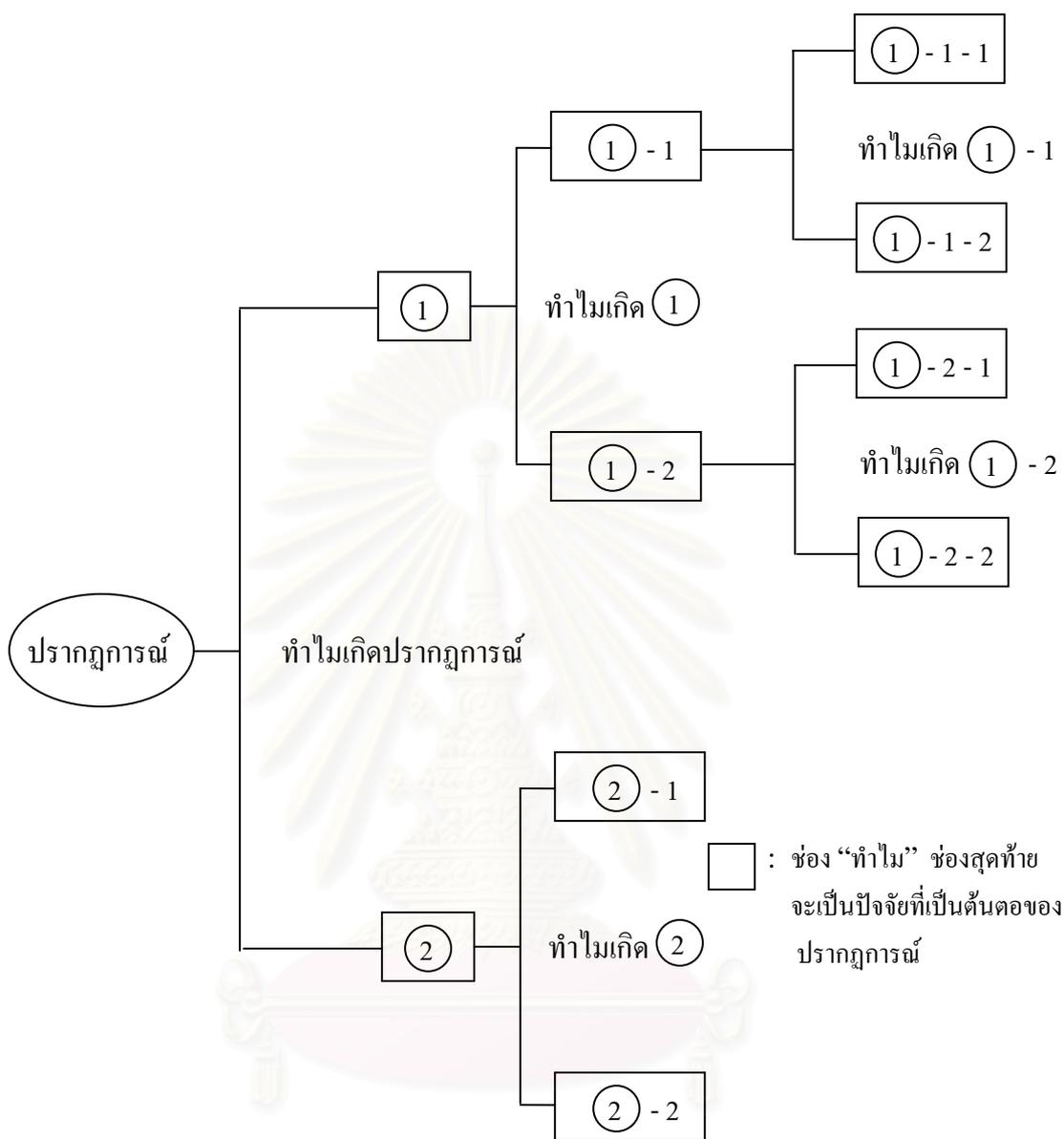
สำหรับในขั้นตอนที่ 1 ผู้ออกแบบควรประเมินค่าในแต่ละชิ้นส่วนดังนี้

1. ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนง่ายต่อการจับถือหรือไม่
2. ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนง่ายต่อการทำให้เข้าใจในการประกอบหรือไม่
3. ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนง่ายต่อการเคลื่อนย้ายหรือไม่
4. ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนง่ายต่อการใส่ให้ถูกตำแหน่งหรือไม่
5. ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนมีความหนาแน่น ปลอดภัยหรือไม่หลังทำการประกอบ

2.6 Why – Why Analysis

Why – Why Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน ไม่เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่การคิดแบบคาดเดาหรือนั่งเทียน ดังรูปที่

2.2 ซึ่งเป็นการอธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์หาค้นหาสาเหตุ



รูปที่ 2.2 วิธีการคิดของ Why – Why Analysis

ตามรูปที่ 2.2 เมื่อมีปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น เราจะมาคิดกันว่าอะไรเป็นปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้มันเกิด โดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” สมมติว่าเราได้ปัจจัยมา 2 ข้อ คือ ① และ ② เราต้องมาคิดต่อไปอีกว่าทำไม ① และ ② ถึงเกิดขึ้นมาได้ ในที่นี้เราได้พบว่าปัจจัยที่ทำให้ ① เกิดขึ้นคือ ① - 1 และ ① - 2 ส่วนปัจจัยที่ทำให้ ② เกิดขึ้นคือ ② - 1 ซึ่งเหมือนกับภาพยนตร์แนวสืบสวนสอบสวนในโทรทัศน์ เวลาที่มีคดีฆาตกรรมเกิดขึ้น นักสืบจะพยายามค้นหาคำตอบของปริศนาต่างๆ โดยการถามว่า “ทำไม ทำไม ทำไม” ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะสาวถึงตัวฆาตกร

และแล้วในช่อง “ทำไม” ช่องสุดท้าย (ตามรูปคือส่วนของ□) จะเป็นต้นตอของปัจจัยต่างๆ ที่นำไปสู่การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ ซึ่งเราสามารถระบุได้ว่าอะไรเป็นต้นตอของปัญหาจากปัจจัยที่เป็นต้นตอของปัญหานี้ ถ้าเราคิดพลิกกลับไป เราก็จะสามารถหามาตรการและการแก้ไขได้

แต่ปัจจัยที่อยู่หลังสุด (ประโยคที่เขียนในช่อง “ทำไม” ช่องสุดท้าย) จะต้องเป็นปัจจัยสามารถพลิกกลับกลายเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ (เป็นมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำอีก) อาจกล่าวได้ว่า มาตรการตัวจริงในสถานที่ทำงานของพวกเขาไม่ใช่อะไรอื่นนอกจากเครื่องมือ หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่ดี แต่ส่วนใหญ่แล้ว จะเป็นเรื่องแนวคิด วิธีปฏิบัติ หรือวิธีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง เช่น แนวคิดในการออกแบบหรือผลิต วิธีการติดตั้ง วิธีการใช้ ขั้นตอน และวิธีการบำรุงรักษา (ทำความสะอาด เติมน้ำมัน ชัน โบลท์ ตรวจสอบ) ดังนั้น ถ้าเราไม่ถามคำว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ เพื่อค้นหาปัจจัยที่เป็นต้นตอของปัญหาเราจะไม่สามารถค้นพบมาตรการป้องกันการเกิดของปัญหาที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพได้

2.6.1 Why – Why Analysis แตกต่างกับ QC Tools อย่างไร

ปัจจุบันในวงการอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น เทคนิคของ QC ได้แพร่หลายไปอย่างกว้างขวาง ซึ่งในเทคนิคเหล่านี้ มีเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก เช่น ผังก้างปลา หรือผังความสัมพันธ์ เมื่อดูจากวิธีการใช้เทคนิคทั้ง 2 ในบริษัทต่างๆ แล้วมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

ข้อดีคือ เทคนิคทั้ง 2 ใช้ในการระดมสมองซึ่งสามารถแสดงความคิดได้ง่าย ไม่มีข้อจำกัด แต่ข้อเสียนั้น สามารถเห็นได้จากบริษัทต่างๆ ที่นำเทคนิคเหล่านี้ไปใช้คือ

- ผังก้างปลา เป็นวิธีการที่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวหรือประสบการณ์ของผู้ร่วมวิเคราะห์หาค้นหาสาเหตุและกำหนดมาตรการซึ่งไม่ครอบคลุมทุกหัวข้อที่ได้มีการระดมสมองกัน มีลักษณะเป็นการใช้เพื่อค้นหาสาเหตุใหญ่ๆ เพื่อกำหนดแนวทางคร่าวๆ ในการแก้ปัญหา แต่มีหลายคนที่เข้าใจผิดว่าการวิเคราะห์ได้จบสิ้นสมบูรณ์แล้ว
- ผังความสัมพันธ์ เป็นวิธีการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ แต่มีปัญหาว่าไม่สามารถวิเคราะห์เจาะลึกลงไปถึงต้นตอของปัญหาเพื่อที่จะหามาตรการป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำได้

วิธีการทั้ง 2 แบบข้างต้นมีความง่ายต่อการที่จะให้ทุกคนมาร่วมพิจารณาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ในการค้นหาสาเหตุที่เป็นต้นตอของปัญหาดังที่กล่าวไว้แล้วในการรับมือกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือธุรกิจใหม่ ๆ นั้น จำเป็นที่จะต้องสร้างความเข้มแข็งให้กับ

บริษัทโดยวิธีการวิเคราะห์แบบ Why – Why Analysis เพื่อค้นหาต้นตอของปัญหาแล้วกำหนดมาตรการป้องกันไม่ให้ปัญหานั้นเกิดขึ้นอีก

2.6.2 ก่อนจะทำกรวิเคราะห์ Why – Why Analysis

- สะสางปัญหาให้ชัดเจน ยึดกุมข้อเท็จจริงให้มั่น

บางคนดูรูปที่ 2.2 แล้วอาจจะด่วนสรุปว่า “อะไรกัน แค่นี้เองหรือ เข้าใจแล้วละ” แต่ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์มีเรื่องที่จะต้องดำเนินการให้ถูกต้อง นั่นคือจะต้องสะสางปัญหาหรือเรื่องราวต่างให้ชัดเจน เพื่อให้รับทราบข้อเท็จจริงได้อย่างถูกต้อง กล่าวคือ ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why – Why Analysis จะต้องไปตรวจสอบสถานที่จริง (Genba) และคุณภาพของจริง (Genbutsu) อันเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องและชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นภาพยนตร์สืบสวนสอบสวนในโทรทัศน์ นักสืบจะดำเนินการสำรวจค้นหาข้อเท็จจริงอย่างเป็นรูปธรรม เช่น เสียชีวิตเมื่อไร สภาพที่เกิดเหตุเป็นอย่างไร มีความสัมพันธ์กับผู้อื่นอย่างไร เป็นต้น ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องดำเนินการ “ยึดกุมสภาพปัจจุบัน” ของปัญหาด้วยวิธีการเดียวกันกับนักสืบ

ในที่ทำงานของพวกเรา มีบ่อยครั้งที่มีการถกเถียงกันอย่างเลื่อนลอยว่า ทำไมเครื่องจักรจึงหยุดบ่อย ทำไมยอดขายไม่เพิ่มขึ้น ทำไมประสิทธิภาพการผลิตไม่ดีขึ้น ทำไมมีของเสียออกมาจากสายการผลิต เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้จะต้องเริ่มต้นจากการสะสางข้อเท็จจริงให้ชัดเจนว่า รูปธรรมของปัญหาเป็นอย่างไร สามารถแยกแยะเป็นประเภทต่างๆ ได้กี่ประเภท แล้วจึงดำเนินการค้นหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหา (หาผู้ต้องสงสัยออกมา)

- ทำความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา

ในการทำ Why – Why Analysis ให้ได้ผลอย่างถูกต้องนั้น จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา ยกตัวอย่างเช่น ในการค้นหาสาเหตุความขัดข้องของรถยนต์ จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจในโครงสร้างของส่วนที่เกี่ยวข้องกับความขัดข้องกัน ในทำนองเดียวกัน ถ้าเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานทุกๆ ไปที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับเครื่องจักร เราจะเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจเนื้อหาและขั้นตอนปฏิบัติงานนั้นๆ ให้ถ่องแท้

ในกรณีของเครื่องจักรนั้น ให้ลองเขียนภาพสเกตช์ ของส่วนที่เป็นปัญหารวมทั้งส่วนที่เกี่ยวข้อง ณ บริเวณหน่วยงานที่เกิดปัญหาขึ้น และศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง และหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆ โดยดูจากแบบและคู่มือการใช้งาน

ในกรณีของงานต่างๆ ไปนั้น ถ้าให้ลองเขียนภาพขั้นตอนหรือการไหลของงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ของงานนั้นๆ ถ้าเกี่ยวข้องกับเอกสารใบสำคัญต่างๆ ให้ตรวจสอบเอกสารของจริง (Genbutsu) นั้นด้วย

2.6.3 วิธีการมองปัญหาของ Why – Why Analysis

- การมองจากสภาพที่ควรจะเป็น

แนวทางแรกนั้นเป็นการค้นหาสาเหตุโดยการนึกภาพขึ้นมาในหัวว่าการทำให้ดีนั้น จะต้องมียุรูปแบบ ลักษณะและเงื่อนไขอย่างไร ในกรณีของกอล์ฟนั้น เราจะนึกถึงการจับไม้และการสวิงว่าจะต้องจับอย่างไรหรือสวิงอย่างไรถึงจะตีได้ดี พวกเราพยายามแก้ไขปัญหาโดยการเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับสิ่งที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป วิธีการมองปัญหาแบบนี้เราเรียกว่ามองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น

ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ “โบล์ทไม่หมุน” พวกเราจะคิดอย่างไร ในกรณีนี้เราคงจะคิดดังนี้คือ “หัวโบล์ทกลิ้งหรือไม่” “เกิดสนิมที่โบล์ทกับแผ่นเหล็กหรือไม่” “โบล์ทหลอมติดกับแผ่นเหล็กหรือไม่” “ขนาดของประแจไม่เหมาะสมกับขนาดของโบล์ทหรือไม่” ความคิดเหล่านี้ได้มาจากประสบการณ์ของตนเองแล้วนึกภาพขึ้นมาในหัวว่า “โบล์ทควรมีสภาพเป็นเช่นนี้” “ประแจควรมีสภาพเป็นเช่นนี้” เราจะเปรียบเทียบของที่เห็นกับสภาพที่มันควรจะเป็น

- การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

ต่อไปจะอธิบายถึงวิธีการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี แต่ก่อนอื่น ให้ลองคิดปัญหานี้ดูก่อน ทำไมเด็กจึงกำลังร้องไห้ เป็นอย่างไรบ้าง ส่วนใหญ่แล้วพวกเรามักจะค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยดูจากสภาพแวดล้อม และมักจะใช้ประสบการณ์ในอดีตของตนเองในการพิจารณาปัญหา ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีนี้มักจะคิดว่า “เด็กร้องไห้เพราะดื่มน้ำหก ทำให้ปลาทองที่แสนรักตายไป” หรือ “เด็กพยายามให้ประแจเปิดลิ้นไม้ที่บรรจุสั้ม และเปิดผิดวิธี ทำให้เจ็บมือ” จะเห็นได้ว่าถ้าเราเริ่มต้นคำว่า “ทำไม” โดยมีอคติหรือใช้ประสบการณ์ตนเอง อาจทำให้มองปัญหาผิดไป ทำให้มาตรการตัวจริงหนีหลุดรอดไปได้ เพื่อให้สามารถมองเห็นปัญหาได้อย่างถูกต้อง อันดับแรกอย่าเพิ่งมองปัญหากว้างเกินไป ให้คิดถึงหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นั้นๆ ในกรณีนี้ให้เริ่มมองจากปรากฏการณ์ว่า “ทำไมเด็กร้องไห้” โดยคิดถึงหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีเป็นอันดับแรก หลักเกณฑ์หรือทฤษฎีของ “การร้องไห้” จะประกอบด้วย “ร้องไห้เพราะเจ็บ” หรือ “ร้องไห้เพราะเศร้า” “ร้องไห้เพราะเป็นทุกข์” “ร้องไห้เพราะกลัว” “ร้องไห้เพราะตกใจ” หรือ “ร้องไห้เพราะดีใจ” ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ให้เป็น “ทำไม 1” แล้วลองหาปัจจัยตัวถัดไป “ทำไม 2” โดยการคาดการณ์จากการตรวจสอบสถานที่จริง จะให้คำตอบ

- การแยกใช้วิธีการมองปัญหาทั้ง 2 แบบ

ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น Why – Why Analysis สามารถแยกวิธีการมองปัญหาได้เป็น 2 แบบ “การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น” เป็นการมองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถึถ้วนแล้วกำหนดหัวข้อเงื่อนไขที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ปรากฏการณ์นั้นไม่เกิดขึ้น หลังจากนั้น ลองสำรวจหัวข้อเงื่อนไขแต่ละอัน โดยดูจากของจริง แล้วทำการวิเคราะห์ต่อไปเฉพาะหัวข้อที่คิดว่าผิดปกติ

วิธีการนี้เป็นการไขปริศนาโดยการบีบประเด็นของปัญหาให้แคบลงตั้งแต่ต้น ดังนั้นในหัวข้อที่หยิบยกขึ้นมา ถ้ามีอะไรตกหล่น หรือมีความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อกับหัวข้อก็อาจจะทำให้มาตรการตัวจริงหนีเล็ดลอดไปได้ แน่นอนในกรณีของ “วิธีการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี” ก็อาจมีโอกาที่หัวข้อสำคัญจะตกหล่นไประหว่างการวิเคราะห์ก็ได้ แต่ความเป็นไปได้ที่จะพบมาตรการตัวจริงจะมีสูงกว่า ยังมีการตกหล่นในช่วงต้นของการวิเคราะห์ห้มากเท่าไร โอกาสที่จะพบมาตรการตัวจริงก็มีน้อยเท่านั้น

ดังนั้น ในการวิเคราะห์โดยใช้วิธีมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นนั้น จะต้องศึกษาส่วนที่เกิดปัญหาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ว่าสภาพที่ควรจะเป็นนั้นคืออะไร เพื่อไม่ให้มีการตกหล่น กล่าวคือ จะต้องไปดูของจริง เพื่อตรวจสอบให้ชัดเจนว่า แต่ละส่วนของบทบาทหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกันอย่างไร จากนั้นจึงทำการสำรวจเพื่อการเปรียบเทียบกับสภาพที่ควรจะเป็น แล้วจึงทำการวิเคราะห์ส่วนที่ต่างไปจากสภาพที่ควรจะเป็น

เราแยกใช้วิธีการทั้งสองแบบนี้อย่างไร ในเรื่องนี้ไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจน แต่ถ้าจะลองกล่าวดูอาจจะพูดได้ว่าในกรณีที่ปรากฏการณ์ค่อนข้างจะเข้าใจได้ไม่ยากนัก และในกรณีที่มาตรการค่อนข้างชัดเจนว่ามีคนเดียว วิธีการมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นนี้น่าจะเหมาะกว่า ในทางตรงกันข้าม ในกรณีที่กลไกการเกิดของปรากฏการณ์ค่อนข้างเข้าใจยาก หรือกรณีที่มีมาตรการอยู่หลายคน วิธีการแบบมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีจะเหมาะกว่า ดังนั้น ในตอนเริ่มต้น ควรหัดวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ด้วยวิธีการมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นหลังจากคุ้นเคยกับวิธีการวิเคราะห์แล้ว จึงหันมาวิเคราะห์ปัญหาที่ยากขึ้นด้วย วิธีการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์ หรือทฤษฎี ก็จะทำงานง่ายขึ้น

ข้อควรระวังในการทำ Why-Why Analysis

จุดที่ 1 ข้อความที่ใช้เขียนตรงช่อง “ปรากฏการณ์” และช่อง “ทำไม” ต้องให้สั้นและกระชับ ยกตัวอย่างเช่น ตรงช่อง “ปรากฏการณ์” หรือช่อง “ทำไม” ถ้าเราเขียนว่า “ถ่านไฟฉายหมดอายุทำให้ไฟฉายไม่ติด” ถ้าเขียนเช่นนี้แล้วละก็ ตรงช่อง “ทำไม” ที่ตามหลังมาจะเป็นไปในทิศทางที่ว่า “ถ่านไฟฉายหมดอายุ” เพียงอย่างเดียว ยิ่งถ้าเรื่อง “ถ่านไฟฉายหมดอายุ” เป็นเพียงเรื่องที่เกิดกะเนิ่นขึ้นโดยยังไม่มีมีการตรวจสอบ จะกลายเป็นการขัดเหี้ยมความผิดให้ผู้อื่นโดยไม่ถูกต้อง จะทำให้จับผิดคน หรือปล่อยให้ขาดการตรวจสอบ เพื่อไม่ให้เกิดเรื่องเช่นนี้ จะต้องพยายามเขียนประโยคให้สั้นและกระชับ เช่น “ใครทำอะไร”

จุดที่ 2 หลังจากที่ทำ Why-Why Analysis แล้ว จะต้องยืนยันความถูกต้องตามหลักตรรกวิทยา โดยอ่านย้อนจาก “ทำไม” ช่องสุดท้ายกลับมายัง “ปรากฏการณ์” ยกตัวอย่างเช่น เราทำการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่ “เด็กร้องไห้” โดยถามคำว่า “ทำไม” ต่อเนื่องกัน 3 ครั้ง หลังจากนั้นจะดูว่าการวิเคราะห์ถูกต้องหรือไม่ ให้อ่านย้อนหลังจาก “ทำไม” มีการกระโดดข้ามในเชิงตรรกวิทยาหรือไม่ ถ้าไม่มีการกระโดดข้าม ก็ถือว่าเป็นการวิเคราะห์นั้นมีความถูกต้อง

จุดที่ 3 ให้ตรวจสอบว่าปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ก่อนหน้านั้น ได้มีการหยิบยกขึ้นมาอย่างครบถ้วนหรือยัง โดยพิจารณาย้อนกลับว่า ถ้าปัจจัยนั้นไม่เกิดขึ้นแล้ว เหตุการณ์ก่อนหน้านั้นจะเกิดขึ้นหรือไม่

จุดที่ 4 ให้ถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบปัจจัยหรือสาเหตุที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การวางมาตรการการป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำอีก

จุดที่ 5 ให้เขียนเฉพาะส่วนที่คิดว่าคลาดเคลื่อนไปจากสภาพปกติ (ผิดปกติ) เท่านั้น

จุดที่ 6 ให้หลีกเลี่ยงการค้นหาสาเหตุที่มาจากสภาพจิตใจของคน เช่น “ใจลอย เหนื่อย”

จุดที่ 7 อย่าใช้คำว่า “ไม่ดี” ในประโยค

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Abd. Rahman Abdul Rahim et al. (2003)

งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) เพื่อช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงความต้องการของลูกค้ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Pultrusion เป็นกรณีศึกษา มีการนำเสนอขั้นตอนการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD) อย่างเป็นขั้นตอน เริ่มจากการเก็บข้อมูลความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยได้แบ่งความต้องการของลูกค้าออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มทางด้านการจัดการ, กลุ่มทางด้านการใช้งานและกลุ่มทางด้านการ

บำรุงรักษา หลังจากนั้นได้สร้างบ้านแห่งคุณภาพขึ้นตามกลุ่มของความต้องการ และได้นำเสนอความคิดในการออกแบบ(Concept design)จากการทำQFD

H.Yamashina et al.(2002)

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการพัฒนานวัตกรรมของผลิตภัณฑ์ โดยบูรณาการเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD) ซึ่งสะท้อนความต้องการของลูกค้าในผลิตภัณฑ์ กับ TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยวิศวกรในการแก้ปัญหาทางนวัตกรรมของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้จะนำเสนอกระบวนการใหม่ที่มีชื่อว่า “Innovative Product Developed Process, IPDP” ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดสำหรับการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ โดย IPDP จะเริ่มจากการเก็บความต้องการของลูกค้าและจัดทำ QFD สร้างโครงสร้างของหน้าที่ของผลิตภัณฑ์(Function)กับกลไกของผลิตภัณฑ์ควบคู่กันไป กลไก(Mechanism)ที่สนองความต้องการของลูกค้ามากที่สุดหาโดยการคำนวณจากน้ำหนักของกลไก และปัญหาทางเทคนิคของกลไกของผลิตภัณฑ์จะถูกแก้ปัญหโดยใช้ TRIZ

X.X. Shen et al.(2000)

ผู้วิจัยได้ทำเสนอขั้นตอนและวิธีการ Benchmarking เพื่อปรับปรุงคุณภาพการใช้งานบนเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD) ในส่วน Planning matrix ของบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) โดยจะใช้กระบวนการ Benchmarking ความพึงพอใจของลูกค้าเพื่อใช้ในการเลือกคู่แข่งทางกลยุทธ์และการตัดสินใจในการดำเนินการทำ QFD ทำให้เข้าใจความต้องการของลูกค้าในผลิตภัณฑ์และเป็นการเปรียบเทียบกับคู่แข่ง

โดยขั้นตอนการ Benchmarking จะแบ่งบริษัทคู่แข่งออกเป็น 3 กลุ่ม 1) ระดับท้องถิ่น 2) ระดับประเทศ 3) ระดับโลก แล้วทำการให้น้ำหนักความสำคัญในแต่ละบริษัทคู่แข่ง สำหรับการหาเป้าหมายจะตั้งจากการรวมของผลคูณของน้ำหนักความสำคัญของคู่แข่งกับความพึงพอใจของลูกค้า

J.Lore (1998)

บทความนี้เป็นการนำเสนอแนวคิดในการใช้ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) โดยใช้กับบริษัท Harry major Machine ซึ่งพัฒนาจากการทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อการออกแบบ และกระบวนการผลิต โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งทีม FMEA ที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์
2. ระบุถึงระบบหลัก ระบบย่อย และส่วนประกอบ

3. ใช้สัญลักษณ์ D-M-A-I-O (D=Design, M=Manufacturing, A=Assembly, I=Installation และ O=Operation) ระบุจุดที่เป็นต้นกำเนิดของข้อบกพร่อง

4. หาค่า S , O และ D พร้อมทั้งหาค่า RPN การปฏิบัติเพื่อแก้ไข และ RPN หลังการแก้ไข

ซึ่งการทำตามขั้นตอนดังกล่าวช่วยประหยัดเวลากว่าการทำ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่ออาการออกแบบ และกระบวนการผลิตแยกกันและยังสามารถนำสัญลักษณ์ D-M-A-I-O ไปใช้ต่อเนื่องในแผนคุณภาพเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้งานได้ง่ายอีกด้วย

Yong-pil Kim et al. (2004)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษการเปรียบเทียบระดับคุณภาพของการให้บริการ นำเสนอวิธีการจัดลำดับเพื่อเลือกงานบริการที่ควรได้รับการปรับปรุง โดยใช้หลักการ เซิร์ฟควอล (SERQUAL) ซึ่งมีการวัดระดับคุณภาพของการให้บริการในสิ่งที่ลูกค้ารับรู้ได้ และระดับคุณภาพของการบริการในสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง แล้วนำระดับคุณภาพทั้งสองที่ได้มาจัดลำดับแบบอัตราส่วน หลังจากนั้นจะใช้หลักการเอนโทรปี (Entropy) มาวิเคราะห์และสรุประดับคุณภาพของการบริการด้วยการนำการจัดลำดับแบบอัตราส่วนและการวิเคราะห์โดยใช้เอนโทรปีรวมเข้าด้วยกัน

สุภาวดี บุญชนะวิวัฒน์ (2541)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาและจัดทำแผนคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิตโดยขั้นตอนของระบบแผนคุณภาพล่วงหน้า (Advanced Product Quality Planning) 5 ระยะ ในระยะที่ 1 ใช้เทคนิคการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ (Quality Function Deployment) เพื่อกำหนดความต้องการของลูกค้า ระยะที่ 2 ในเรื่องการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ไม่มีการศึกษาเพราะรับแบบจากลูกค้า ระยะที่ 3 การออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) ร่วมกับแผนภาพแสดงเหตุผล แผนภาพต้นไม้ และแผนภาพความสัมพันธ์ ทำการประเมินค่า ดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number) และแก้ลักษณะข้อบกพร่องจากค่าความเสี่ยงที่เกิน 100 ในระยะที่ 4 เป็นการทำให้แผนควบคุมลักษณะข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดจากกระบวนการผลิต ส่วนในระยะที่ 5 ทำการประเมินผลการวางแผนคุณภาพที่วางไว้ พบว่าของเสียลดลง และค่า RPN ลดลง

เฉลิมพล ลีลาพาติกุล (2540)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ศึกษาเพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพยางรถยนต์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) เริ่มการการศึกษาและค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่อง โดยใช้แผนภาพ

และผลแผนภาพความสัมพันธ์ และแผนภาพต้นไม้ช่วยในการวิเคราะห์ จากนั้นหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) และแก้ไขข้อบกพร่องที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงตั้งแต่ 100 ขึ้นไป พบว่าของเสียลดลง และค่า RPN ลดลง หลังจากนั้นได้จัดทำแผนการควบคุม (Control Plan) เพื่อป้องกันข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นซ้ำอีก

อัจฉราวดี แก้ววรรณคดี (2545)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาปัญหาด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องหนังและเสนอแนวทางการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD) โดยรวบรวมความต้องการของลูกค้า เปรียบเทียบกับบริษัทคู่แข่ง 2 ราย และเลือกแนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดจาก 5 ทางเลือก สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากขึ้น

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล (2545)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ และลดของเสียโดยใช้เทคนิค FMEA ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในด้านคุณภาพของสินค้าและกระบวนการผลิต พบว่าจากการใช้เทคนิค FMEA ของเสียหลังการปรับปรุงลดลง

ชญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ (2546)

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ ได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์และลดของเสีย จากกระบวนการผลิต กระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ โดยค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่อง และใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) ทำการหาค่า RPN และปรับปรุงลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 ขึ้นไป โดยทำการปรับปรุง 2 ครั้ง ทำให้ของเสียจากกระบวนการผลิตลดลง

บทที่ 3

ข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่ผลิตและจัดจำหน่ายเครื่องพ่นฝอยสุญญากาศและเติมแก๊ส เพื่อใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์ในธุรกิจอาหารสดและอาหารสำเร็จรูป เนื่องจากการพ่นฝอยเพื่อเก็บรักษาอาหารนั้นมีความสำคัญต่อการยืดอายุของอาหาร อีกทั้งโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์มีผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหารซึ่งยังขาดการบรรจุภัณฑ์ที่ดีทำให้อายุของผลิตภัณฑ์อาหารของโครงการมีอายุสั้น ขาดความสด กรอบ และคุณภาพอาหารลดลง ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา เป็นเครื่องพ่นฝอยสุญญากาศและเติมแก๊ส ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับการบรรจุภัณฑ์สินค้าประเภทอาหาร โดยสามารถทำงานได้ทั้งพ่นฝอยสุญญากาศและเติมแก๊ส ซึ่งทางด้านเทคโนโลยีทางบริษัทฯ ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยสิทธิที่ได้เป็นแบบให้สิทธิเฉพาะ (Exclusive-right)

3.1.1 วิสัยทัศน์ (Vision)

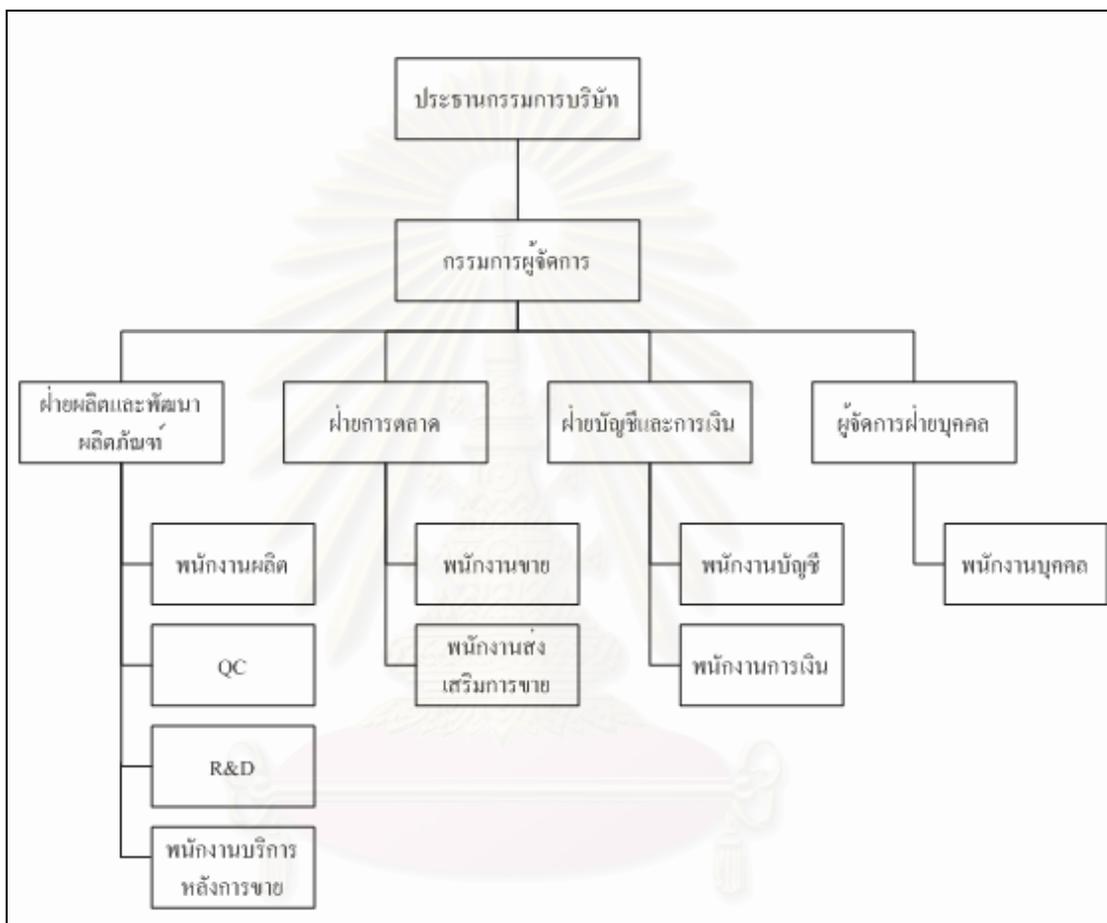
ส่งเสริมคุณภาพอุตสาหกรรมอาหารทางด้านการบรรจุภัณฑ์ให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก

3.1.2 พันธกิจ (Mission)

1. ดูแลให้ลูกค้าได้รับประโยชน์สูงสุดจากผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯ
2. สร้างนวัตกรรมและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสร้างความเป็นผู้นำในธุรกิจบรรจุภัณฑ์
3. พัฒนาบุคลากรให้มีความสามารถทางด้านวิชาชีพและการบริหาร เพื่อให้บริษัทมีความสามารถในการแข่งขันเพิ่มสูงขึ้น
4. ผลิตสินค้าที่มีคุณภาพแก่ลูกค้าโดยยึดหลักของการจัดการเป็นผู้นำด้านต้นทุน (Cost leadership)

3.1.3 โครงสร้างการบริหารงานของบริษัทกรณีศึกษา (Organization Chart)

บริษัทกรณีศึกษา มีประธานกรรมการบริษัท 1 คน กรรมการผู้จัดการ 1 คน ผู้จัดการฝ่ายผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ 1 คน ผู้จัดการฝ่ายการตลาด 1 คน ผู้จัดการฝ่ายบัญชีและการเงิน 1 คน ผู้จัดการฝ่ายบุคคล 1 คน และพนักงานตำแหน่งต่างๆ ในบริษัท 9 คน แสดงโครงสร้างการบริหารงาน ดังรูปภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการบริหารงานของบริษัทกรณีศึกษา

3.1.4 ผลิตภัณฑ์ (Product)

เครื่องพ่นีสัญญาณและเติมแก๊ส

3.1.5 ประเภทของเครื่องพ่นีสัญญาณ

สามารถแบ่งตามประเภทคุณลักษณะได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะการทำงาน เช่น

- **เครื่องพ่นีสัญญาณแบบห้องสัญญาณ (Chamber Type)** โดยทั่วไปจะเป็นห้องทึบ มีฝาปิดที่อาจทำด้วย แก้ว พลาสติกใส หรือ สแตนเลส แสดงดังรูปภาพที่ 3.2 เครื่องพ่นีสัญญาณนี้ เวลาใช้งานผู้ใช้จะต้องนำถุงใส่เข้าไปในห้องทึบนั้น โดยเอาลิ้นดูดอากาศใส่เข้าไปในถุง ด้วย จากนั้นจะต้องใช้ปั๊มสัญญาณดูดอากาศที่อยู่ในห้องทึบนั้นออกให้หมด ข้อดีของเครื่องพ่นีสัญญาณประเภทนี้คือสามารถดูดอากาศออกได้ในปริมาณมาก แต่ก็ยังมีข้อเสียเช่นกัน คือใช้เวลาพ่นีสัญญาณนาน และมีวัสดุที่ผลิตมาจากยาง ซึ่งมีอายุการใช้งานค่อนข้างสั้นเป็นส่วนประกอบหลักของตัวเครื่อง เช่น ขอบยาง จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษามากขึ้น



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องพ่นีสัญญาณแบบห้องสัญญาณ

- **เครื่องพ่นีสัญญาณแบบสอดถุงเข้าลิ้นดูดอากาศ (Nozzle Type)** ลักษณะการทำงานของเครื่องพ่นีสัญญาณประเภทนี้ ผู้ใช้จะต้องสอดถุงเข้าไปในลิ้นแล้วปล่อยให้เครื่องดูดอากาศออกจากถุงบรรจุภัณฑ์ หรือใช้วิธีเติมแก๊สไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในถุงแทนการดูดอากาศออก จากนั้นเครื่องจะทำการพ่นีสัญญาณด้วยความร้อนเพื่อให้ถุงติดกัน แสดงดังรูปภาพที่ 3.3 เครื่องประเภทนี้ มีข้อดีคือสามารถทำงานได้รวดเร็ว เครื่องบางชนิดสามารถพ่นีสัญญาณได้ 10 วินาทีต่อหน่วย และผู้ใช้สามารถตรวจสอบคุณภาพของของถุงที่ทำการพ่นีสัญญาณได้ทันทีว่ามีอากาศรั่วหรือไม่



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องพ่นิกแบบสอดถุงเข้าลิ้นดูดอากาศ

เครื่องพ่นิกของบริษัทกรณศึกษา เป็นเครื่องพ่นิกแบบสอดถุงเข้าลิ้นดูดอากาศ โดยจะทำการทำสุญญากาศและเติมแก๊สเข้าบรรจุภัณฑ์โดยใช้ นอซเซิล (Nozzle) ดังรูปภาพที่ 3.3

เครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส สามารถนำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภท เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ อาหาร ยา และเสื้อผ้า เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ความชื้น แรงสั่นสะเทือน ไฟฟ้าสถิต ฯลฯ

3.1.6 ลักษณะเด่นของเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส

1. สามารถใช้งานพ่นิกได้หลายลักษณะในเครื่องเดียวกัน ดังนี้
 - แบบดูดอากาศออก (Vacuum)
 - แบบเติมแก๊ส (Gas Injection)
 - แบบธรรมดา
2. สามารถใช้ได้กับทั้งถุงพลาสติกและถุงอลูมิเนียมฟอยล์
3. สามารถใช้ได้กับถุงที่มีความหนาตั้งแต่ 80-200 ไมครอน และมีความกว้างตั้งแต่ 10-45 เซนติเมตร
4. สามารถทำงานแบบอัตโนมัติ และตั้งเวลาในการทำงานทุกขั้นตอนได้

5. ตัวเครื่องใช้ระบบชุดสร้างสุญญากาศ (Vacuum Generator) แทนปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้า และลดเสียงดังลงได้มาก
6. ตัวเครื่องมีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย
7. ประหยัดเวลาและพลังงาน เพราะเวลาสุญญากาศออกจะใช้วิธีดูดอากาศออก เฉพาะในถุงบรรจุเท่านั้น
8. ทนทาน สะดวกต่อการใช้งาน และง่ายต่อการบำรุงรักษา

3.1.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่อง

- ขนาดเครื่อง : กว้าง 45 cm.
- กำลังไฟฟ้า : 1 เฟส 220 V. 50 Hz 2.0 kw.
- กำลังการผลิตโดยประมาณ : 5 ชิ้น/นาที
- ซองอลูมิเนียมฟอยล์หนา 80-200 ไมครอน
- ซองพลาสติกหนา 80-200 ไมครอน

3.1.8 ลักษณะการประยุกต์ใช้งาน

- สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ได้
- การฉีกในห้องปลอดเชื้อ (Clean Room)
- การฉีกเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน
- การฉีกเพื่อป้องกันความชื้น
- การฉีกที่ปราศจากไฟฟ้าสถิต



รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ



รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุภัณฑ์แบบเติมแก๊ส

3.1.9 ข้อดีของผนึกด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

- ช่วยยืดอายุอาหารถึง 3-5 เท่า จากการเก็บปกติ
- ช่วยรักษาสภาพ เนื้อ และสีส้มของอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตในสถานะสุญญากาศได้
- ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร
- ช่วยป้องกันการดูดซึมความชื้นจากอากาศ
- ช่วยป้องกันการเกิดมอด และแมลงในอาหารหรือเมล็ดพันธุ์พืช
- ช่วยทำให้ซอสที่ใช้หมักเนื้อและปลาสามารถซึมซับเข้าเนื้อได้ดียิ่งขึ้น
- ช่วยชะลอการเน่าเสียของอาหาร
- ช่วยป้องกันการเกิดสนิมจากความชื้น เมื่อนำไปใช้บรรจุสิ่งของที่มิใช่อาหาร

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบอายุอาหารเมื่อผนึกด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศและเติมแก๊ส

ประเภทอาหาร	การเก็บรักษา	อายุอาหารปกติ	อายุอาหารบรรจุสุญญากาศ
เนื้อวัว หมู เป็ด ไก่ แกะชิ้นใหญ่	แช่แข็งในตู้เย็น	6 เดือน	2-3 ปี
เนื้อหมู เป็ด ไก่ แกะบด	แช่แข็งในตู้เย็น	4 เดือน	1 ปี
ปลา	แช่แข็งในตู้เย็น	6 เดือน	2 ปี
ไส้กรอก	ตู้เย็น	3-5 วัน	1 เดือน
ลูกชิ้น	ตู้เย็น	3-5 วัน	1 เดือน
ผักกะหล่ำ	ตู้เย็น	3-6 วัน	2 สัปดาห์
ถั่วต่างๆ	อุณหภูมิห้อง	6 เดือน	2 ปี

ประเภทอาหาร	การเก็บรักษา	อายุอาหารปกติ	อายุอาหารบรรจุ สุญญากาศ
เมล็ดกาแฟ	แช่แข็งในตู้เย็น	6-9 เดือน	2-3 ปี
ผลเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่	ตู้เย็น	1-3 วัน	1 สัปดาห์
คุกกี้ ขนมปังกรอบ	อุณหภูมิห้อง	3-6 วัน	3-6 สัปดาห์
แป้ง น้ำตาล ข้าว	อุณหภูมิห้อง	6 เดือน	1-2 ปี

ที่มา : ตารางคัดแปลงมาจาก ดร. จีเค ยอร์ค ม.แคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

3.2.1 ขั้นตอนการผลิตเครื่องพ่นก๊าซสุญญากาศและเติมแก๊ส

สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 4 ขั้นตอนใหญ่ดังนี้

ขั้นตอน A เป็นขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์บนแผงอุปกรณ์หลัก

ขั้นตอน B เป็นขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ด้านข้างและในตู้

ขั้นตอน C เป็นขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ด้านบนตู้

ขั้นตอน D เป็นขั้นตอนการติดตั้งสายไฟและสายลม

ขั้นตอน A : การติดตั้งอุปกรณ์บนแผงอุปกรณ์หลัก

A1 : เจาะรูที่ Inside Plate

A2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Safety Breaker

A3 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Magnetic Switch

A4 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Relay

A5 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Terminal 12 Channel

A6: ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Valve 5/2

A7 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Ejector

A8 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Valve 3/2

ขั้นตอน B : การติดตั้งอุปกรณ์ด้านข้างและในตู้

B1 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Filter

B2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Regulator

B3 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Meter

B4 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Timer+ ขารอง Timer

B5 : ติดตั้งลูกยาง + ท่อแก๊ส

ขั้นตอน C : การติดตั้งอุปกรณ์ด้านบนตู้

C1 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝาล่าง SEAL

C2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด U Line (ชุดกระบอกสูบ)

C3 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝาด้าน SEAL

C4 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Plate Switch (แผงวงจรสวิตช์สีฟ้า + สวิตช์สีแดงและสีเขียว)

C5 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Top Piston

C6 : เตรียมสายไฟ , สายยาง , ใส่หางปลา , ใส่ตัวเสียบตัวเมีย , ท่อย่นสีดำ และใส่ไก่

ขั้นตอน D : การติดตั้งสายไฟและสายลม

D1 : ติดตั้งปลั๊ก 220V

D2 : การติดตั้งสายไฟจาก ปลั๊ก 220V ไป Breaker

D3 : การติดตั้งสายไฟจาก Air Pipe ไป Filter

D4 : การติดตั้งสายไฟจาก Breaker ไป Magnetic Switch

D5 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไป Thermocouple

D6 : การติดตั้งสายไฟจากขารอง Timer ไปขารอง Timer

D7 : การติดตั้งสายไฟจาก Foot Switch ไป Terminal 12 Channel

D8 : การติดตั้งสายไฟจาก Valve 5/2 ไป Terminal 12 Channel

D9 : การติดตั้งสายไฟจาก Limit Switch ไป Terminal 12 Channel

D10 : ติดตั้งสายไฟจากฮีตเตอร์แห้ง ไป Magnetic Switch

D11 : การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Limit Switch (Micro Switch)

D12 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไป Limit Switch (Micro Switch)

D13 : การติดตั้งสายไฟจากแผงสวิตช์ (Plate Switch) ไปแผงสวิตช์ (Plate Switch)

D14 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไป Meter

D15 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไปขารอง Timer

D16 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไป Relay

D17 : การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Meter

D18 : การติดตั้งสายไฟจาก Valve 3/2 ไป Terminal 12 Channels

D19 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไป Terminal 12 Channels

D20 : การติดตั้งสายไฟจาก Magnetic Switch ไป Magnetic Switch

- D21 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไป Magnetic Switch
- D22 : การติดตั้งสายไฟจาก Magnetic Switch ไป Plate Switch
- D23 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไปขารอง Timer
- D24 : การติดตั้งสายไฟจาก Terminal 12 Channels ไปขารอง Timer
- D25 : การติดตั้งสายไฟจาก Magnetic Switch ไปขารอง Timer
- D26 : การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Terminal 12 Channels
- D27 : การติดตั้งอุปกรณ์ Foot Switch
- D28 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Top Piston
- D29 : การติดตั้งสายลมจากจาก Valve 3/2 ไปท่อแก๊ส
- D30 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Regulator
- D31 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Piston
- D32 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 3/2 ไป Filter
- D33 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Ejector
- D34 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 3/2 ไป Ejector

3.2.2 ระบบ การใช้งาน และส่วนประกอบของเครื่อง

ระบบทำงานของเครื่อง สามารถใช้งานได้ 3 แบบคือ

1. ฝนึกสูญญากาศ : เป็นการดูดอากาศออกจนเป็นสุญญากาศและทำการปิดฝนึก
2. ฝนึกและเติมแก๊ส : เป็นการเติมแก๊ส ชนิดและปริมาณที่พอเหมาะกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แล้วทำการฝนึก
3. ฝนึกปิดปากถุง : ฝนึกปิดปากถุง โดยปราศจากการดูดอากาศออกหรือเติมแก๊ส

ส่วนประกอบหลักของเครื่องฝนึกสูญญากาศ มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนได้แก่

1. โครงสร้างของเครื่อง
2. ระบบการทำสุญญากาศและเติมแก๊ส
3. ระบบการฝนึกปากถุง
4. ระบบหนีบ

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องพ่นก๊าซสุญญากาศและเติมแก๊ส

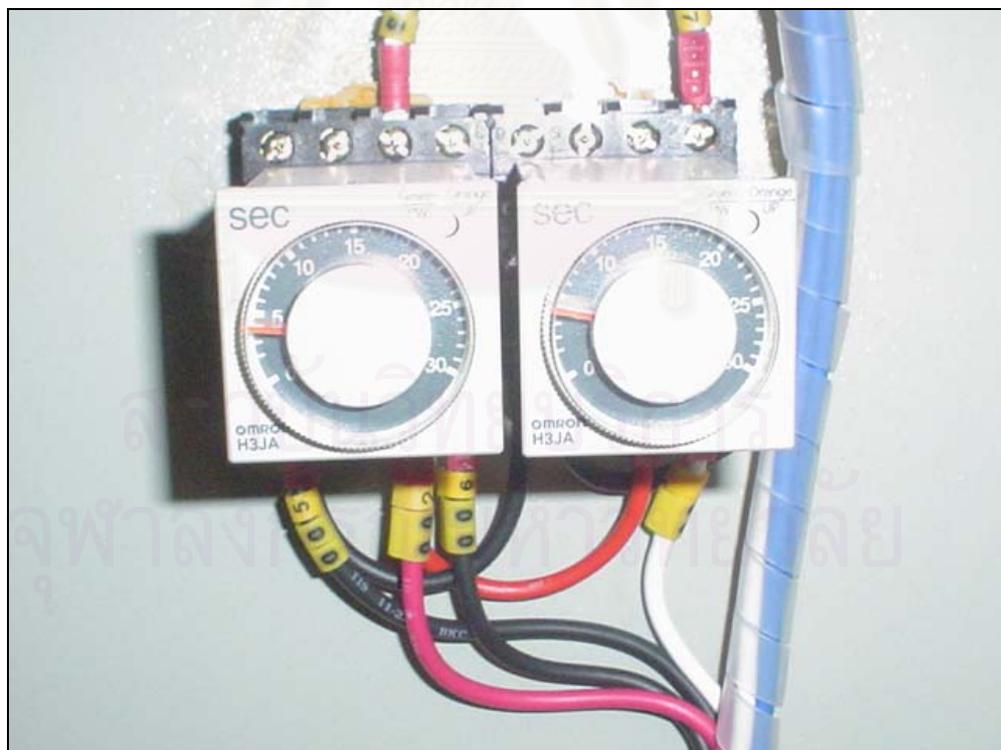
1. เปิดสวิทช์การทำงานของเครื่อง (ด้านในและด้านบนเครื่อง)
2. ปรับ Timer ตั้งเวลาในการดูดอากาศหรือเติมแก๊ส และระยะเวลาการให้ความร้อนในการพ่นปากถุง (ด้านในเครื่อง)
3. ปรับอุณหภูมิที่ใช้ในการพ่นให้เหมาะสม (ด้านหน้าเครื่อง)
4. เลือกการทำงานของเครื่อง (ด้านบนเครื่อง)
 - เติมแก๊สหรือดูดอากาศออก
 - เก็บลีนคูดหรือใช้ลีนคูด
 - ใช้ลดความร้อนหรือไม่ใช้ลดความร้อน
5. นำถุงที่ต้องการพ่นใส่ระหว่างปากพ่นและจัดแนวในการพ่นให้เรียบร้อย
6. ใช้เท้าเหยียบสวิทช์ที่เท้าเพื่อให้เครื่องทำการพ่น



รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างภายนอกและภายในของเครื่อง



รูปที่ 3.7 แสดงปุ่มควบคุมสำหรับเลือกการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 3.8 แสดง Timer ตั้งเวลาสำหรับดูดอากาศและเติมแก๊ส (ด้านขวา) และระยะเวลาให้ความร้อน (ด้านซ้าย)



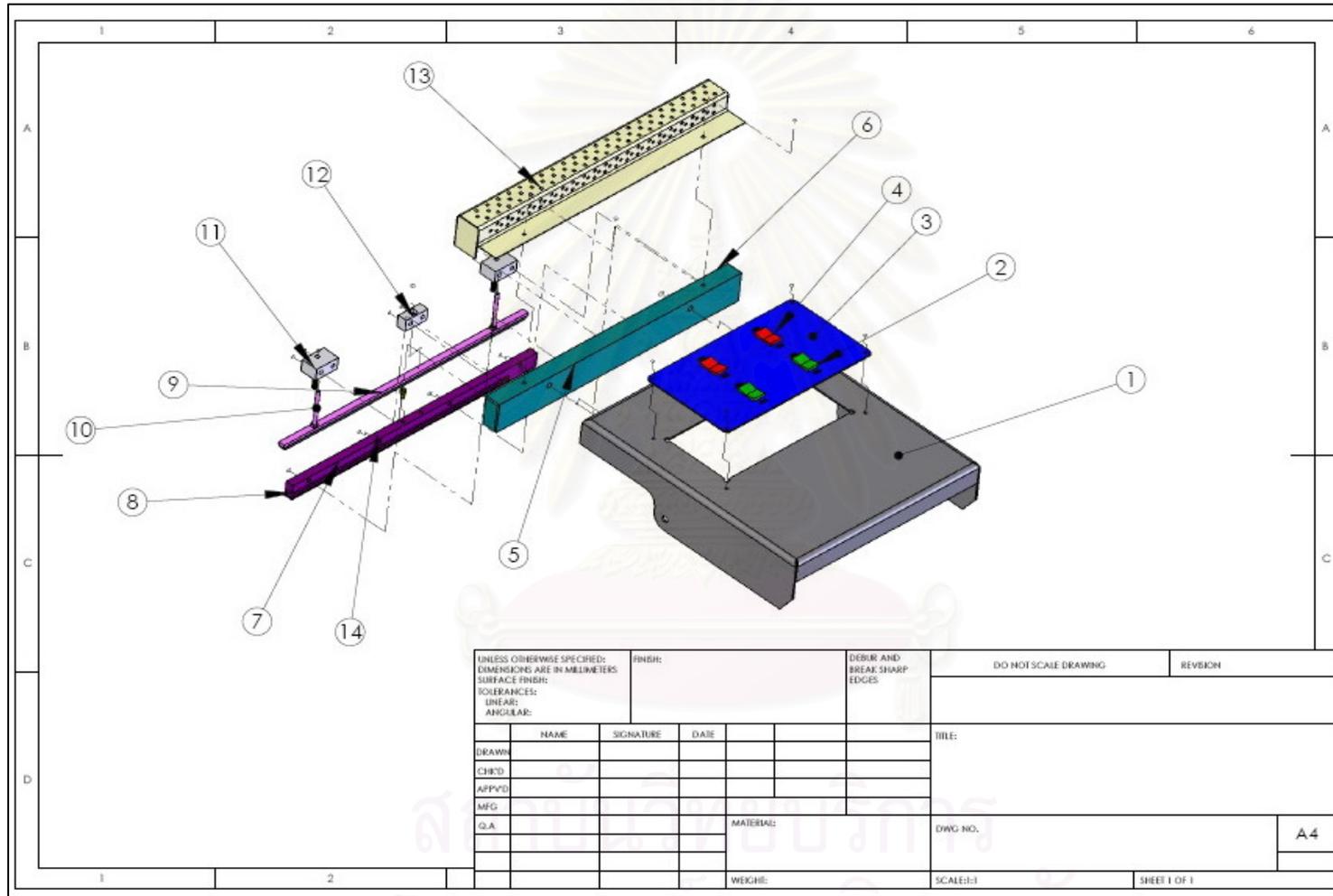
รูปที่ 3.9 แสดงชุดควบคุมอุณหภูมิ



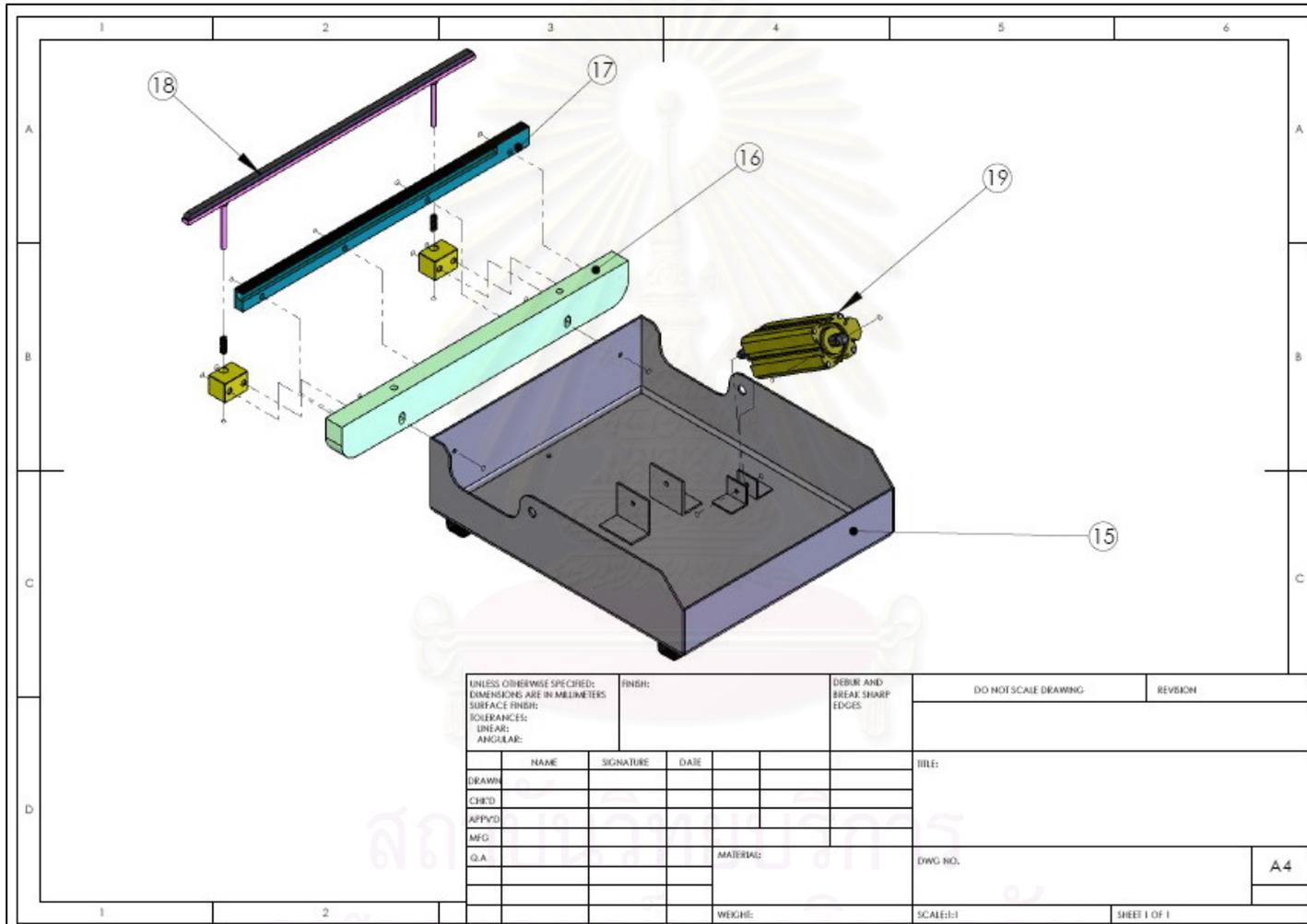
รูปที่ 3.10 แสดงระบบให้ความร้อน

3.2.3 อุปกรณ์และชิ้นส่วนของเครื่องพ่นีสุญญากาศและเติมแก๊ส

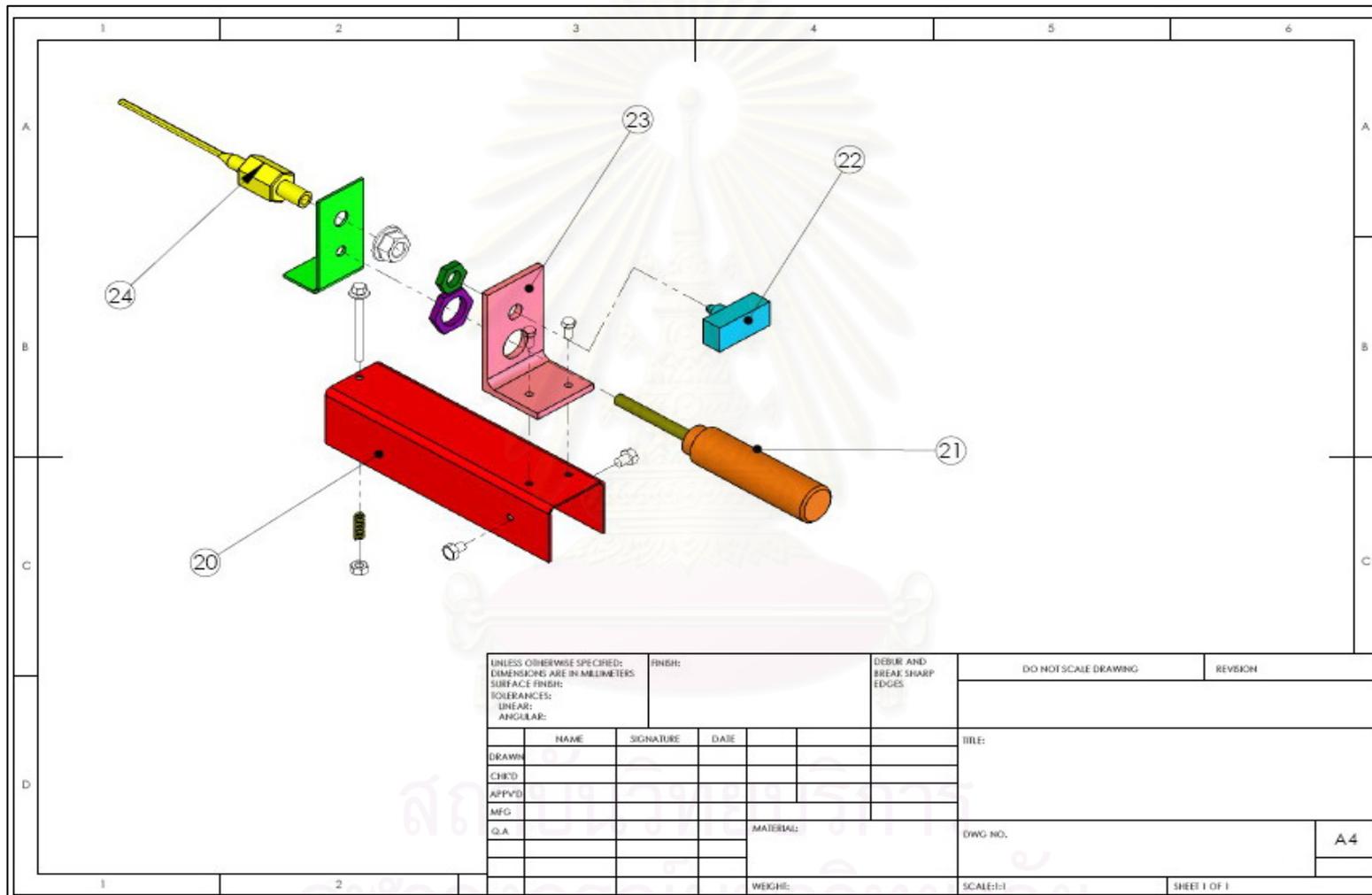
อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องพ่นีสุญญากาศและเติมแก๊สแสดงได้ดังรูปที่ 3.11 , 3.12 , 3.13 , 3.14 และ 3.15



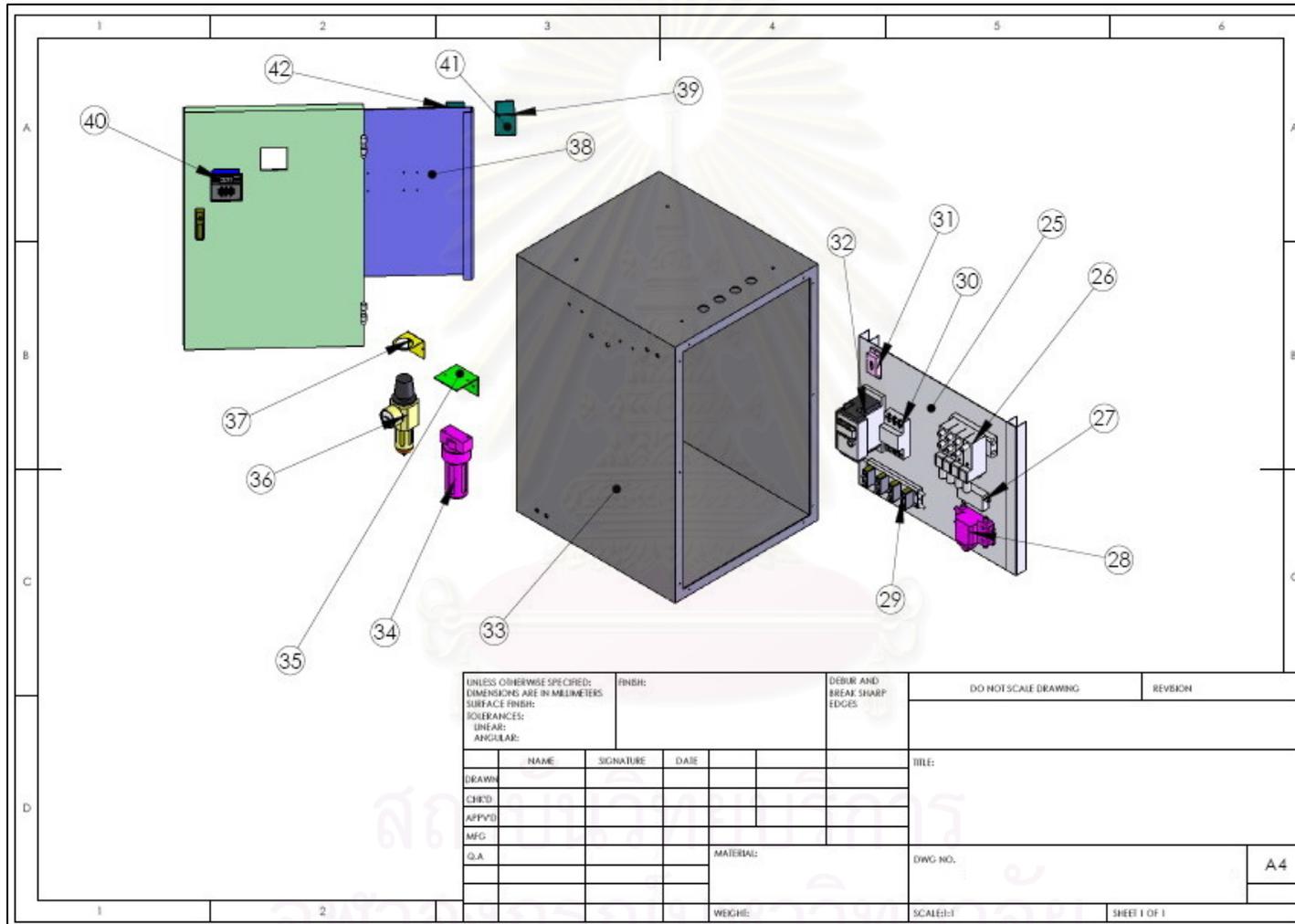
รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นก๊าซอัดและเติมแก๊ส



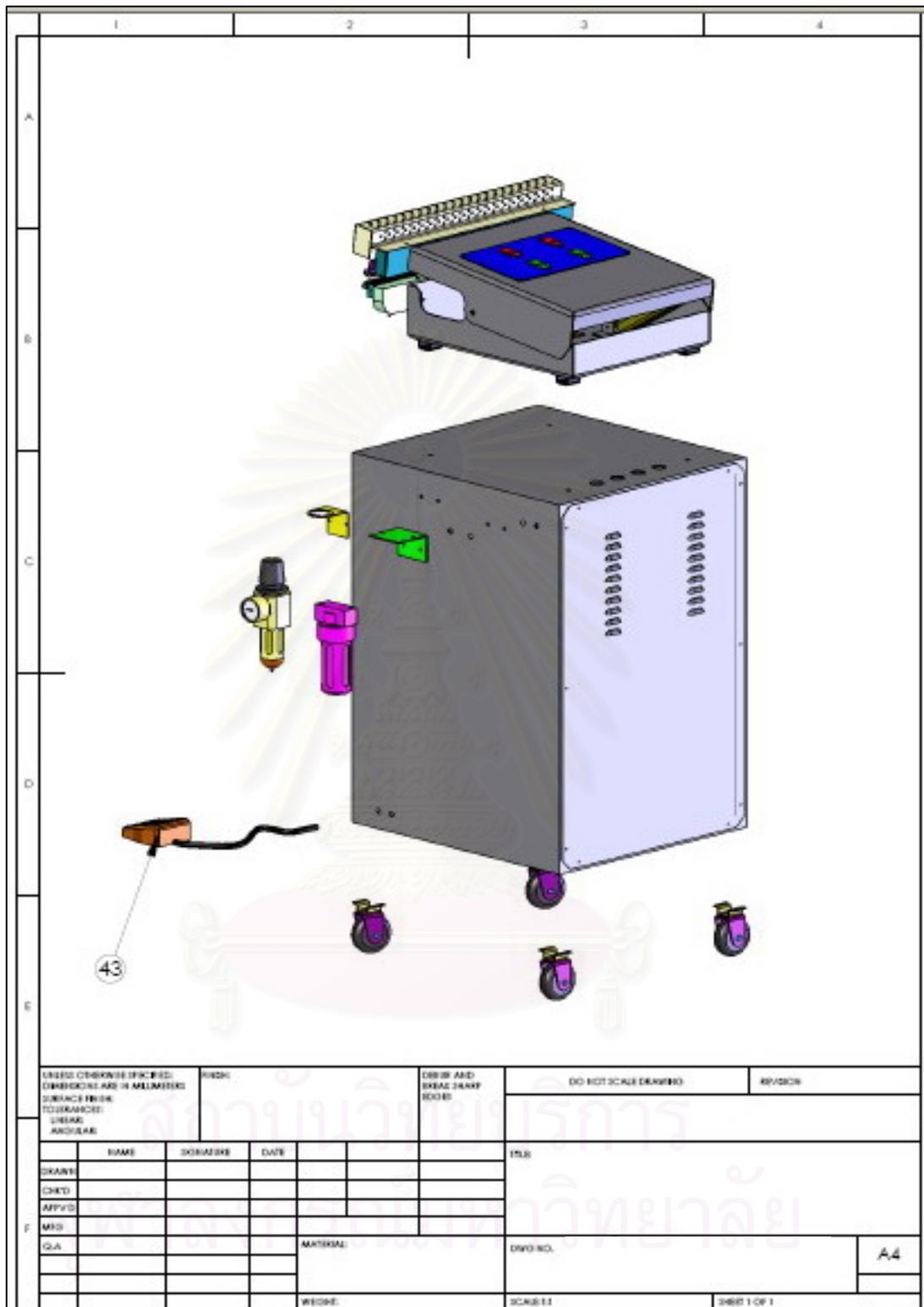
รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฟืนิกสุญญากาศและเติมแก๊ส (ต่อ)



รูปที่ 3.13 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฝึกสูดอากาศและเติมแก๊ส (ต่อ)



รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฟนีกสุมุญญากาศและเติมแก๊ส (ต่อ)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: UNLESS SPECIFIED AS SHOWN		FINISH		DRILL AND SHEAR DRILL BORES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		DATE		TITLE		DWO NO.		A4	
CHKD									
APP'D									
MFG									
Q.A.				MATERIAL					
				WEIGHT		SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1	

รูปที่ 3.15 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพ่นก๊าซและเติมแก๊ส (ต่อ)

ตารางที่ 3.2 อธิบาย Drawing Number ของเครื่องพ่นก๊าซและเติมแก๊ส

Drawing Number	ชื่ออุปกรณ์
1	ชุดฝาบนตู้ SEAL (Upper Clamp)
2	สวิตช์พร้อมหลอด 4 ขาสีเขียว
3	Plate Switch (แผงวงจรสำหรับใส่ตัวสวิตช์พร้อมหลอด 4 ขาสีเขียว และ สวิตช์พร้อมหลอด 6 ขาสีแดง)
4	สวิตช์พร้อมหลอด 6 ขาสีแดง
5	Sealed Bar Upper
6	แผ่นกันความร้อน
7	Upper Heater Container
8	ฮีสเตอร์แท่ง
9	Upper Clip
10	Spring (สปริง)
11	Heater Guide
12	Guide Support
13	Cover Bar (ที่ครอบกันความร้อน)
14	ชุดป้องกันภาระเกิน 7-11 แอมป์ (Thermocouple)
15	ชุดฝาล่างตู้ SEAL (Lower Clamp)
16	Sealed Bar Lower
17	Lower Heater Container
18	Lower Clip
19	Multi position air cylinder Dia.40 x 15 x 10 (Top Piston)
20	U Line (ฐานรองตัวกระบอกสูบ , ไมโครสวิตช์ และ Air Pipe)
21	กระบอกสูบ ขนาด 20 มม. ช่วงชัก 70 มม. (Piston)
22	ไมโครสวิตช์ (Limit Switch)

ตารางที่ 3.2 อธิบาย Drawing Number ของเครื่องพ่นก๊าซและเติมแก๊ส (ต่อ)

Drawing Number	คำอธิบาย
23	Slice Bar (L)
24	Air Pipe
25	Inside Plate (แผงวงจรด้านในสำหรับใส่อุปกรณ์หลัก)
26	วาล์วควบคุมบังคับทิศทางแบบ 5/2 ขนาด 1 นิ้ว ท่อ 8 มม. (Valve 5/2)
27	วาล์วสร้างสุญญากาศ ขนาด 2 นิ้ว (Ejector)
28	วาล์วบังคับทิศทางแบบ 3/2 ขนาด 1 (Valve 3/2)
29	เทอร์มินอล 12 ช่อง 25 แอมป์ (Terminal 12 Channel)
30	ชุดรีเลย์ 220 โวลต์ พร้อมขา (Relay)
31	เซอร์กิตเบรกเกอร์ 30A (Safety Breaker)
32	สวิตช์ตัดต่อด้วยแม่เหล็ก 10 แอมป์ (Magnetic Switch)
33	ตู้ SEAL (BOX)
34	กรองอากาศ ขนาด 3 นิ้ว (Filter)
35	แผ่นยึดกรองอากาศ (Clamp Filter)
36	แผ่นยึดชุดปรับลดความดัน 2 นิ้ว พร้อมกรองอากาศ (Clamp Regulator)
37	ชุดปรับลดความดัน 2 นิ้ว พร้อมกรองอากาศ (Regulator)
38	Front Plate (แผงวงจรสำหรับติดตั้ง Timer และขารอง)
39	สวิตช์ตัดต่อด้วยเวลา 0-30 วินาที 220V. (Timer)
40	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ 0-400 องศา พร้อมสาย (Meter)
41	ขารอง Timer
42	รางอลูมิเนียม
43	ฟุตสวิตช์ (Foot Switch)

3.3 ปัญหาเบื้องต้น

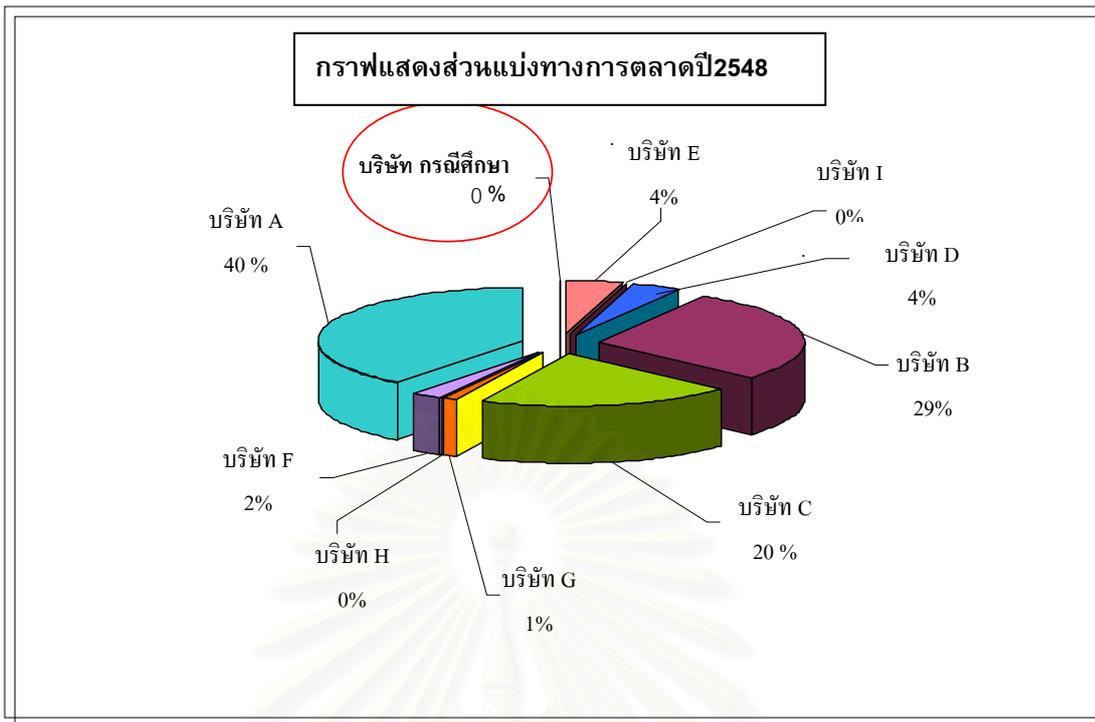
3.3.1 ปัญหาในการประกอบเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊ส

เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทใหม่ ทำให้ยังขาดประสบการณ์ในการผลิตเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊ส มาตรฐานการผลิต การควบคุมการผลิต และการตรวจสอบที่มีคุณภาพ เช่น ในขั้นตอนการประกอบปากพ่นิก ยังขาดมาตรฐานในการประกอบ และควบคุมการประกอบให้มีคุณภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเครื่องทำให้ถุงที่ผ่านการพ่นิกจะมีรอยพ่นิกไม่สวย ไม่สม่ำเสมอ มีฟองอากาศตรงรอยพ่นิก หรือในขั้นตอนการประกอบสายไฟเข้ากับตัวอุปกรณ์ ที่ขาดมาตรฐานทำให้สายไฟหลุดออกจากอุปกรณ์ได้ง่ายมีผลทำให้เครื่องทำงานขัดข้องหรือไม่ทำงาน รวมทั้งการประกอบอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนบางอย่างได้ไม่ดีพอทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ได้ง่ายเมื่อมีการส่งมอบให้กับลูกค้าเพียงไม่กี่วัน และยังมีปัญหาจากการวางแผนขั้นตอนการประกอบไม่เหมาะสมทำให้อาจเกิดอันตรายต่อคนงานประกอบได้ รวมถึงการใช้เวลาการประกอบในบางชิ้นส่วนนาน เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพการประกอบเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊สใหม่เพื่อให้เครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊สที่ได้มีคุณภาพ

3.3.2 ปัญหาเรื่องคุณภาพในการแข่งขันกับคู่แข่ง

จากสภาพการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน ผู้ประกอบการล้วนต้องการครอบครองส่วนแบ่งทางการตลาดให้ได้มากที่สุดเพื่อสร้างยอดขายและกำไรให้กับองค์กรของตนเอง ซึ่งปัจจุบันอัตราการเจริญเติบโตของบริษัทต่างๆ ได้มีส่วนที่เพิ่มขึ้น และมีจำนวนคู่แข่งที่เข้ามาในตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยบริษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาเกี่ยวกับการแข่งขันค่อนข้างมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของบริษัทไม่ค่อยได้รับความสนใจจากลูกค้า ทำให้บริษัทกรณีศึกษา มีส่วนครองตลาดอันดับสุดท้าย

ปัญหาดังกล่าวเกิดเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ยังไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้าเท่าที่ควร เพราะเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊สในปัจจุบันยังมีความสามารถน้อยกว่าคู่แข่งในบางเรื่อง เช่น เช่น ความต้องการของลูกค้าในเรื่องสามารถของเครื่องในการพ่นิก ให้สามารถพ่นิกได้หลายแนว รวมไปถึงความต้องการอุปกรณ์ช่วยรองรับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพ่นิก ซึ่งมีผลทำให้สามารถพ่นิกได้สะดวกและสวยงามมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นจึงควรปรับปรุงเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊ส เพื่อให้ได้เครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊สที่มีคุณภาพและตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้งานในปัจจุบันและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.16 แสดงส่วนแบ่งทางการตลาดของบริษัทฯ และบริษัทคู่แข่งในปี 2548

บทที่ 4

การแก้ปัญหาในการประกอบ

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาพบปัญหาด้านคุณภาพของเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สที่ผลิต โดยมักจะพบภายหลังจากการประกอบเครื่องแล้ว และส่วนหนึ่งมาจากลูกค้าซึ่งมีการใช้งานเครื่องในระยะแรก ซึ่งปัญหาที่พบนั้นเกิดจากบริษัทกรณีศึกษายังขาดประสบการณ์ในการประกอบ มาตรฐานการประกอบ การควบคุมการประกอบและการตรวจสอบที่มีคุณภาพ ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องทำการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการประกอบ โดยควรมีการตรวจสอบตั้งแต่การรับชิ้นส่วนต่างๆ ที่เป็นงานสั่งทำ มีการทำแผนคุณภาพในการประกอบ ทำการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการประกอบ เพื่อให้เครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สมีคุณภาพก่อนส่งมอบถึงมือลูกค้า โดยขั้นตอนการแก้ปัญหาในการประกอบเครื่องนี้ จะเริ่มจาก

1. การเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ โดยเก็บปัญหาการประกอบจากการสอบถามพนักงานประกอบ การสังเกตการทำงาน of พนักงานประกอบ และจากปัญหาที่เกิดจากข้อร้องเรียนของลูกค้า

2. การแก้ปัญหาการประกอบ โดยใช้หลักการ Why-Why Analysis เข้ามาช่วยหาสาเหตุของปัญหา และพิจารณาสาเหตุเพื่อกำหนดวิธีการแก้ปัญหาในการประกอบ แล้วทำการแก้ปัญหาคด้วยวิธีต่างๆ เช่น ใ้บตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ เป็นต้น

3. จัดทำแผนคุณภาพ โดยมีข้อกำหนดในการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบ และการแก้ไขปัญหามือเบื้องต้น ในแต่ละขั้นตอนในการประกอบ เพื่อป้องกันปัญหาจากการประกอบที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

ซึ่งสามารถอธิบายลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาการประกอบได้ดังนี้

4.1 การเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ

การเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊ส จะใช้วิธีสอบถามจากพนักงานที่ทำหน้าที่ประกอบในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการประกอบและสังเกตจากการทำงาน of พนักงาน รวมไปถึงข้อมูลจากการร้องเรียนของลูกค้า ซึ่งปัญหาต่างๆ ที่พบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงปัญหาต่างๆที่พบในขั้นตอนการประกอบ

ขั้นตอนในการประกอบ	ปัญหาที่พบ
A2 (การติดตั้ง Breaker),B4 (การติดตั้ง Timer)	การประกอบอุปกรณ์ต่างๆ กลับทิศทาง
C1,C3 (การติดตั้งอุปกรณ์ด้านบนตู้)	ฝานเคลื่อนที่ยาก
C1,C3 (การติดตั้งอุปกรณ์ด้านบนตู้)	ประกอบปากฉนิกนาน
C5 (การติดตั้งอุปกรณ์ชุด Top Piston)	นอตหลวมหรือคลายตัว
C6 (การเตรียมสายไฟ)	ประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น
C6 (การเตรียมสายไฟ)	การลัดวงจร
D (การติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก)	การติดตั้งสายไฟใช้เวลานาน
D (การติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก)	ติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์จุดละ 2 ตัว ยาก
D (การติดตั้งสายไฟเข้ากับอุปกรณ์)	หางปลาแบบเสียบหลุดจากขาสวิตช์ไฟง่าย
การแก้ปัญหาทางอื่นๆ	ไฟลุด
การแก้ปัญหาทางอื่นๆ	ติดตั้งหรือใส่อุปกรณ์ต่างๆ ได้ยาก

4.2 การแก้ปัญหาการประกอบ

การแก้ปัญหาการประกอบจะนำหลักการ Why-Why Analysis เข้ามาช่วยในการหาสาเหตุของปัญหาที่ควรทำการแก้ไข โดยมีการศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน หลังจากนั้นก็จะทำการกำหนดสาเหตุและวิธีในการแก้ปัญหาโดยการระดมสมองเพื่อหาทางในแก้ไขปัญหา ซึ่งหลักการ Why-Why Analysis นั้นจะเป็นการถามคำถามว่า “ทำไม” ต่อเนื่องไปจนกว่าจะได้ต้นเหตุหรือสาเหตุของปัญหา จากนั้นจะพิจารณาในแต่ละสาเหตุของปัญหาว่า ปัญหาไหนควรได้รับการแก้ไข และสามารถแก้ไขปัญหากจากสาเหตุนั้นๆ ได้หรือไม่ ดังแสดงได้จากตารางดังตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis

ขั้นตอน	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	ทำไม (1)	ทำไม (2)	ทำไม (3)	ทำไม (4)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข (มาตรการป้องกัน)
A2) ติดตั้ง Breaker B4) ติดตั้ง Timer	การประกอบอุปกรณ์ต่างๆ กลับทิศทาง	1. แบบไม่ชัดเจน	1.1 ไม่ได้บอกทิศทางการใส่ อุปกรณ์			แก้ไข	จัดทำแบบให้ชัดเจน และจุดสังเกตในการ ประกอบ
		2. อุปกรณ์มีด้านซ้าย ขวา หรือบนล่าง คล้ายกัน				แก้ไข	
C1), C3) ติดตั้งอุปกรณ์ ด้านบนตู้	ฝาบนเคลื่อนที่ยาก	1. ฝาบนและฝาล่าง อยู่ชิดกันเกินไป	1.1 ฝาบนและล่างไม่ได้ขนาด			แก้ไข	มีการตรวจสอบขนาด ให้ตรงตามแบบก่อนรับ ชิ้นงาน
			1.2 ความหนาของสีมากเกินไป			แก้ไข	
		2. บูทแน่นเกินไป	2.1 บูทไม่ได้ขนาด			แก้ไข	
C1), C3) ติดตั้งอุปกรณ์ ด้านบนตู้	การประกอบปากฉนิกาน	1. ปากฝาบนและฝาล่าง ไม่ตรงกัน	1.1 ขนาดฝาบนและฝาล่างไม่ ตรงตามแบบ			แก้ไข	มีการตรวจสอบขนาด ให้ตรงตามแบบก่อนรับ ชิ้นงาน

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis (ต่อ)

ขั้นตอน	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	ทำไม (1)	ทำไม (2)	ทำไม (3)	ทำไม (4)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข (มาตรการป้องกัน)
C5) ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Top Piston	นอตหลวมหรือคลายตัว	1. ชั้นนอตไม่แน่น	1.1 แรงขันมีน้อย	1.1.1 พื้นที่ในการขันมี น้อย		ไม่แก้ไข	
		2. นอตไม่เหมาะสม	2.1 ใช้นอตธรรมดาทุก ตำแหน่ง			แก้ไข	เปลี่ยนชนิดของนอตให้ เหมาะสมกับตำแหน่ง หรือน้ำยาหล่อลื่น
C6) การเตรียมสายไฟ	ใส่หางปลาเข้ากับสายไฟ ไม่แน่น	1. ไม่บีบให้แน่น	1.1 แรงบีบมีน้อย			ไม่แก้ไข	
			1.2 บีบหางปลาไม่ถูก วิธี			แก้ไข	ตรวจสอบลักษณะหาง ปลาหลังบีบทุกครั้ง
		2. ลวดทองแดงเข้าไป ในรูของหาง ปลาน้อยไป	2.1 ปอกสายไฟเหลือ ลวดทองแดงน้อย ไป	2.1.1 ใช้เครื่องมือไม่ เหมาะสม		แก้ไข	ใช้คีมปอกสายไฟ โดยเฉพาะและเลือก ขนาดการปอกที่ เหมาะสม
			2.2 สายไฟเคลื่อนออก ขณะบีบ	2.2.1 จับสายไฟไม่แน่น		ไม่แก้ไข	

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis (ต่อ)

ขั้นตอน	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	ทำไม (1)	ทำไม (2)	ทำไม (3)	ทำไม (4)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข (มาตรการป้องกัน)
C6) การเตรียมสายไฟ (ต่อ)	ใส่หางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น	3. ลวดทองแดงเข้าไปในรูของหางปลาสั้นเกินไป	3.1 ปอกสายไฟสั้นเกินไป	3.1.1 ไม่มีข้อกำหนดระยะที่เหมาะสมในการปอกสายไฟ		แก้ไข	ใช้คีมปอกสายไฟโดยเฉพาะและเลือกขนาดการปอกที่เหมาะสม
			3.2 สายไฟเคลื่อนออกขณะบีบ	3.2.1 จับสายไฟไม่แน่น		ไม่แก้ไข	
C6) การเตรียมสายไฟ	การลัดวงจร	1. มีสายทองแดงโผล่ออกมาจากด้านหลังหางปลา	1.1 สายทองแดงยาวเกินไป	1.1.1 ปอกสายไฟยาวเกินไป	1.1.1.1 ไม่มีระยะในการปอกที่แน่นอน	แก้ไข	กำหนดระยะในการปอกสายไฟให้มีขนาดพอเหมาะกับหางปลา
			1.2 สายไฟเคลื่อนตัวออกมาขณะใส่หางปลา	1.2.1 จับสายไฟไม่แน่น	1.2.1.1 กังวลในการบีบหางปลา	ไม่แก้ไข	
			1.3 บีบหางปลาไม่แน่นทำให้เคลื่อนออกมา	1.3.1 ใส่หางปลาผิดวิธี		ไม่แก้ไข	
				1.3.2 แรงในการบีบน้อย		ไม่แก้ไข	

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis (ต่อ)

ขั้นตอน	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	ทำไม (1)	ทำไม (2)	ทำไม (3)	ทำไม (4)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข (มาตรการป้องกัน)
D) ติดตั้งสายไฟเข้ากับ แผงอุปกรณ์หลัก	การติดตั้งสายไฟใช้ เวลานาน	1. ต้องดูแบบบ่อย	1.1 แบบซับซ้อน			แก้ไข	จัดทำแบบและขั้นตอนใน การประกอบใหม่โดยใช้ รูปและจุดสังเกต
			1.2 แบบอ่านยาก			แก้ไข	
			1.3 แบบไม่เป็น มาตรฐาน			แก้ไข	
		2. แยกแยะสายไฟได้ ยาก	2.1 มีสีเหมือนกัน			ไม่แก้ไข	
			2.2 มีขนาดเท่ากัน			ไม่แก้ไข	
		3. ใสสายไฟผิดหรือ สลับกัน	3.1 ไม่มีมาตรฐาน หรือลำดับในการ ใส่			แก้ไข	จัดทำขั้นตอนการใส่ สายไฟให้เป็นมาตรฐาน
				4. สายไฟจำนวนมาก			

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis (ต่อ)

ขั้นตอน	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	ทำไม (1)	ทำไม (2)	ทำไม (3)	ทำไม (4)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข (มาตรการป้องกัน)	
D) ติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก	ติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์จุดละ 2-3 เส้น ขาก	1. หางปลาเบียดกัน	1.1 หางปลามีขนาดใหญ่			แก้ไข	กำหนดขนาดหางปลาและวิธีในการใส่หางปลาให้เหมาะสม	
		2. พื้นที่ในการติดตั้งไม่เพียงพอ	2.1 หางปลาหันหน้าไปทางเดียวกัน			แก้ไข		
			2.2 ช่องติดตั้งหางปลามีขนาดเล็ก			ไม่แก้ไข		
D) การติดตั้งสายไฟเข้ากับอุปกรณ์	หางปลาแบบเสียบหลุดจากขาสวิตช์ไฟ	1. บีบหางปลาไม่แน่น	1.1 คีมปากใหญ่เกินไป	1.1.1 เลือกใช้เครื่องมือไม่เหมาะสมกับการประกอบ		แก้ไข	เลือกใช้คีมที่มีขนาดเหมาะสมกับการทำงาน	
			1.2 แรงกดค้ำน้อยไป					ไม่แก้ไข
			1.3 บีบหางปลาไม่ถูกวิธี	1.3.1 ตำแหน่งไม่เหมาะสม				ไม่แก้ไข
			2. ไม่ได้บีบหางปลาทุกตัว	2.1 ไม่มีลำดับในการบีบ				แก้ไข

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการประกอบโดยใช้ Why-Why Analysis (ต่อ)

ขั้นตอน	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	ทำไม (1)	ทำไม (2)	ทำไม (3)	ทำไม (4)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข (มาตรการป้องกัน)
การแก้ปัญหางานอื่นๆ	ไฟลุด	1. มีกระแสไฟเข้ามา ก่อนประกอบเสร็จ	1.1 ไม่ได้ประกอบ สายไฟหลักเข้ากับBreaker	1.1.1 ข้ามขั้นตอน ไปประกอบ ส่วนอื่น ก่อน		แก้ไข	จัดทำขั้นตอนโดยให้ ติดตั้งสายไฟหลักเข้ากับ Breaker เป็นลำดับ สุดท้าย
			1.2 พนักงานอื่นไม่ ทราบว่าจะยังไม่ได้ ประกอบสายไฟ	1.2.1 เข้ามาทำงาน ต่อจาก พนักงานคน ก่อน		แก้ไข	ไปตรวจสอบขั้นตอนใน ประกอบ
การแก้ปัญหางานอื่นๆ	ติดตั้งหรือใส่อุปกรณ์ต่างๆ ได้ยาก	1. พื้นที่ในการใส่ อุปกรณ์มีน้อย				ไม่แก้ไข	
		2. รูเจาะต่างๆ ไม่ ตรงกันและไม่ได้ ขนาด	2.1 ไม่มีการ ตรวจสอบก่อน รับอุปกรณ์			แก้ไข	จัดทำคู่มือการ ตรวจสอบก่อนรับงาน สั่งทำ
		3. มีสีเกาะที่รูเจาะต่างๆ	3.1 ไม่มีการ ตรวจสอบก่อน รับอุปกรณ์			แก้ไข	

จากตารางที่ 4.2 Why-Why Analysis ข้างต้น สามารถอธิบายถึงสภาพปัญหาในขั้นตอนต่างๆ รวมไปถึง ลักษณะของงาน วิธีการทำงาน การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาได้ดังนี้

เรื่องที่ 1 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน A2 (ติดตั้ง Breaker), B4 (ติดตั้ง Timer)

1.1 สภาพของปัญหา : การประกอบอุปกรณ์ต่างๆกลับทิศทาง



รูปที่ 4.1 แสดงการติดตั้ง Timer กลับทิศทาง



รูป 4.2 แสดงการติดตั้ง Breaker กลับทิศทาง

1.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

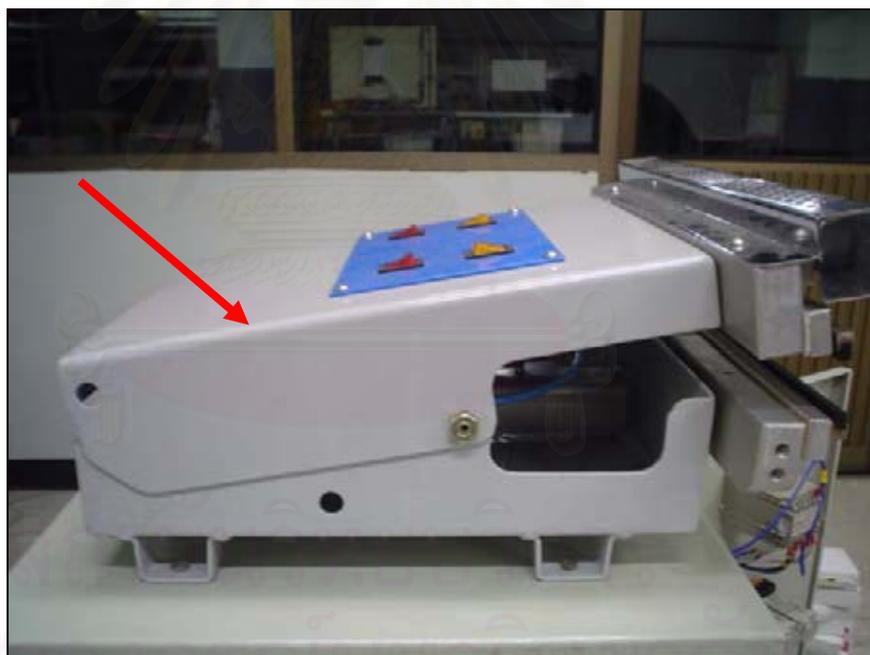
ในขั้นตอน B4 จะต้องนำรางอลูมิเนียมที่ตัดได้ขนาดตามแบบมาติดตั้งบนฝาตู้ด้านในทำการขันนอต นำฐานรอง Timer เข้ามาติดตั้ง แล้วนำตัว Timer ติดตั้งบนฐานรองอีกที่ ส่วนขั้นตอน D1 จะนำ Breaker มาติดตั้งบนแผงอุปกรณ์หลักในตำแหน่งตามแบบ แล้วทำการขันนอต

1.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าปัญหาจากการประกอบอุปกรณ์กลับทิศทางเกิดจากแบบไม่ได้บอกทิศทางในการประกอบ บอกเพียงแต่ตำแหน่งในการประกอบอย่างเดียว ทำให้ประกอบอุปกรณ์กลับทิศทาง วิธีการแก้ปัญหาคือ จัดทำแบบให้ชัดเจนและจุดสังเกตในการประกอบ ในแต่ละอุปกรณ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการประกอบ

เรื่องที่ 2 การแก้ปัญหางานในขั้นตอน C1,C3 (ติดตั้งอุปกรณ์ด้านบนตู้)

2.1 สภาพของปัญหา : ฝาดบนเคลื่อนที่ยาก



รูปที่ 4.3 แสดงฝาดบนของเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊ส

2.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

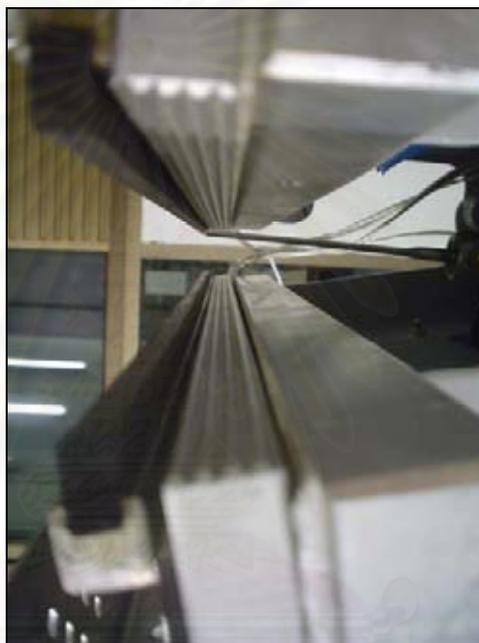
จะนำฝาดบนมาประกอบเข้ากับตัวเครื่อง โดยนำฝาดบนขึ้นมาประกอบกับฝาดล่างของเครื่อง ใส่เบ็ดทองเหลืองทั้งสองข้าง แล้วขันนอต

2.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากวัสดุที่เป็นงานสั่งทำที่ใช้ในการประกอบไม่ตรงตามแบบ ไม่ว่าจะเกิดจากความหนาเกินไป ฝาบนและฝาล่างไม่ได้ขนาด และ ไม้ไม่ได้ขนาด วิธีการแก้ไขคือ ทำคู่มือในการตรวจสอบงานสั่งทำ ให้มีความชัดเจนในการตรวจสอบและมีการตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนรับทุกครั้ง

เรื่องที่ 3 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน C1,C3 (ติดตั้งอุปกรณ์ด้านบนตู้)

3.1 สภาพของปัญหา : ประกอบปากผืนิกนาน



รูปที่ 4.4 แสดงภาพปากผืนิกของเครื่องผืนิกสุญญากาศและเดิมแก๊ส



รูปที่ 4.5 แสดงภาพการรองแหวนเพื่อปรับปากฉนิกให้ประกบกันสนิท

3.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

ทำการติดตั้งปากฉนิกส่วนบนและส่วนล่างเข้าด้วยกัน โดยปากทั้งสองด้านต้องประกบกันสนิท เริ่มจากนำปากฉนิกส่วนบนเข้าติดตั้งกับฝาดบน ทำการใส่สอด และขันนอตประกอบ และทดสอบการประกอบกับฝาล่าง หากปากไม่สนิทต้องทำการขันนอตออกและรองด้วยแหวน ทั้งปากฉนิกล่างและบนไปเรื่อยๆ จนปากฉนิกประกอบกันสนิท

3.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากการที่ฝาดบนและฝาล่างที่เป็นงานสั่งทำนั้นไม่ตรงตามแบบ วิธีการแก้ปัญหาคือ ทำคู่มือในการตรวจสอบงานสั่งทำ ให้มีความชัดเจนในการตรวจสอบและมีการตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนรับทุกครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่องที่ 4 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน C5 (ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Top Piston)

4.1 สภาพของปัญหา : นอตหลวมหรือคลายตัว



รูปที่ 4.6 แสดงนอตของชุด Top Piston

4.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

นำกระบอกลมสองทาง(Top Piston) ขึ้นมา ขันข้อต่อลมให้แน่น ทำการใส่หางปลาทั้งสองด้าน นำหางปลาด้านหนึ่งไปประกบกับ Lower Clamp และขันนอตเพื่อยึดติด นำหางปลาอีกด้านหนึ่งไปประกบกับฝาบนและขันนอตเพื่อยึดติด

4.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุเกิดจากการใช้นอตไม่เหมาะสม เพราะใช้นอตธรรมดาทุกตำแหน่ง ทำให้ตำแหน่งที่สำคัญบางตำแหน่งมีการคลายตัวหรือหลวม วิธีการแก้ปัญหาคือ เปลี่ยนชนิดของนอตให้เหมาะสมกับตำแหน่งหรือใช้น้ำยาล็อคเกลียว



รูปที่ 4.7 แสดงน้ำยาล็อคเกลียว

เรื่องที่ 5 การแก้ปัญหางานในชั้นตอน C6 (การเตรียมสายไฟ)

5.1 สภาพของปัญหา : ประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น



รูปที่ 4.8 แสดงภาพการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น

5.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

นำสายไฟที่ตัดให้ได้ความยาวตามกำหนด มาทำการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟแต่ละเส้นทั้งสองด้าน โดยทำการปกปลายของสายไฟออกเล็กน้อย ให้เห็นลวดทองแดง หลังจากนั้นสอดหางปลาเข้ากับหางปลา แล้วทำการบีบหางปลาเพื่อให้สายไฟติดแน่นกับหางปลา

5.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ ทำให้ทราบสาเหตุเกิดจาก 2 ส่วน ส่วนแรกคือ จากการบีบหางปลาไม่ถูกวิธี เนื่องจากมีการบิดหางปลาในแต่ละตำแหน่งต่างกัน เช่น ที่โคน ที่กลาง และที่ปลาย ของหางปลาทำให้มีผลต่อการยึดติด วิธีการแก้ปัญหาคือ จัดทำขั้นตอนในการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟให้ชัดเจน อบรมคนงานก่อนเข้าทำงานทุกครั้ง และทำการตรวจสอบหางปลาหลังประกอบเสร็จทุกครั้ง ส่วนสาเหตุที่ 2 เกิดจากการใช้เครื่องมือไม่เหมาะสม เนื่องจากบางคนใช้เครื่องมืออื่นๆ ในการปกสายไฟ เช่น มีดคัทเตอร์ ทำให้ปกสายไฟได้ไม่ดี นอกจากนี้ยังไม่มีการกำหนดขนาดการปกสายไฟให้ชัดเจนทำให้ให้เหลือลวดทองแดงน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถยึดติดกับหางปลาได้ วิธีการแก้ปัญหาคือ ให้ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการปกสายไฟ และกำหนดวิธีและขนาดในการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟ



รูปที่ 4.9 แสดงคีมย้ำหางปลาและปกสายไฟ

เรื่องที่ 6 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน C6 (การเตรียมสายไฟ)

6.1 สภาพของปัญหา : การลัดวงจร



รูปที่ 4.10 แสดงภาพสายไฟที่อาจทำให้เกิดการลัดวงจร

6.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

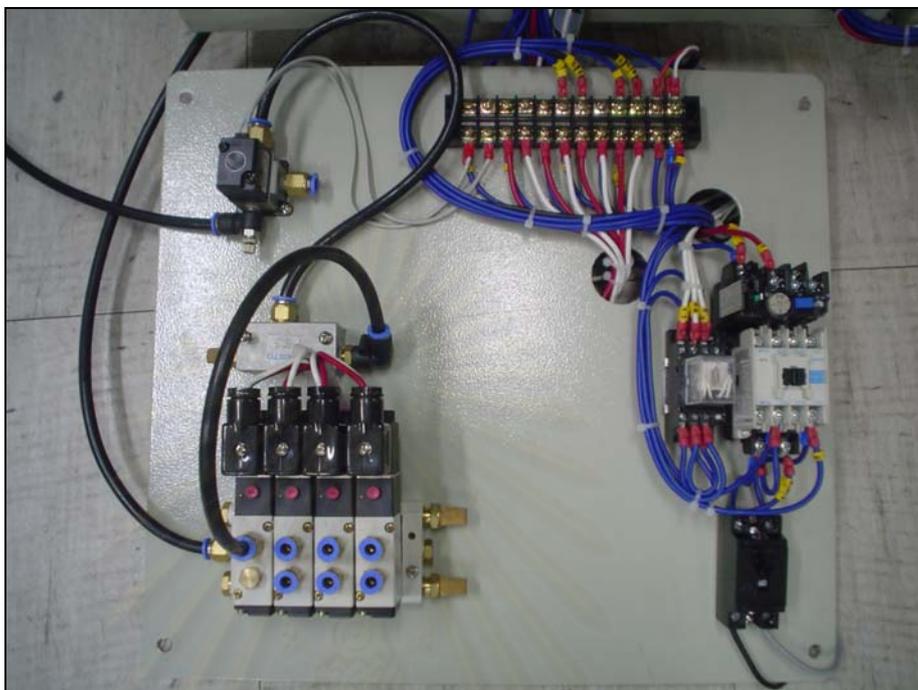
นำสายไฟที่ตัดให้ได้ความยาวตามกำหนด มาทำการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟแต่ละเส้นทั้งสองด้าน โดยทำการปกปลายของสายไฟออกเล็กน้อย ให้เห็นลวดทองแดง หลังจากนั้นสอดหางปลาเข้ากับหางปลา แล้วทำการบีบหางปลาเพื่อให้สายไฟติดแน่นกับหางปลา

6.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุจากการลัดวงจรเกิดจากการที่มีสายทองแดงโผล่มาด้านหลังมากเกินไป โดยมาจากการที่ไม่มีระยะในการปกปลายสายไฟให้แน่นอน ทำให้สายทองแดงที่ได้มีระยะยาวไม่เท่ากัน สำหรับวิธีแก้ปัญหาคือ กำหนดระยะในการปกสายไฟให้มีขนาดพอเหมาะกับหางปลา และการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟที่ถูกต้อง

เรื่องที่ 7 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน D (ติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก)

7.1 สภาพของปัญหา : การติดตั้งสายไฟใช้เวลานาน



รูปที่ 4.11 แสดงแผงอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับติดตั้งสายไฟ

7.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

นำสายไฟที่ทำการใส่หางปลาแล้วเข้ามาติดตั้งบนแผงอุปกรณ์หลัก โดยใส่หางปลาเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ตามแบบ แล้วทำการขันนอตในแต่ละตำแหน่ง

7.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าปัญหาเกิดจากการที่แบบในการประกอบค่อนข้างซับซ้อนเกินไป และอ่านยาก สำหรับวิธีการแก้ปัญหาคือ จัดทำแบบและขั้นตอนในการประกอบใหม่โดยใช้รูปและจุดสังเกตช่วยในการประกอบ

เรื่องที่ 8 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน D (ติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก)

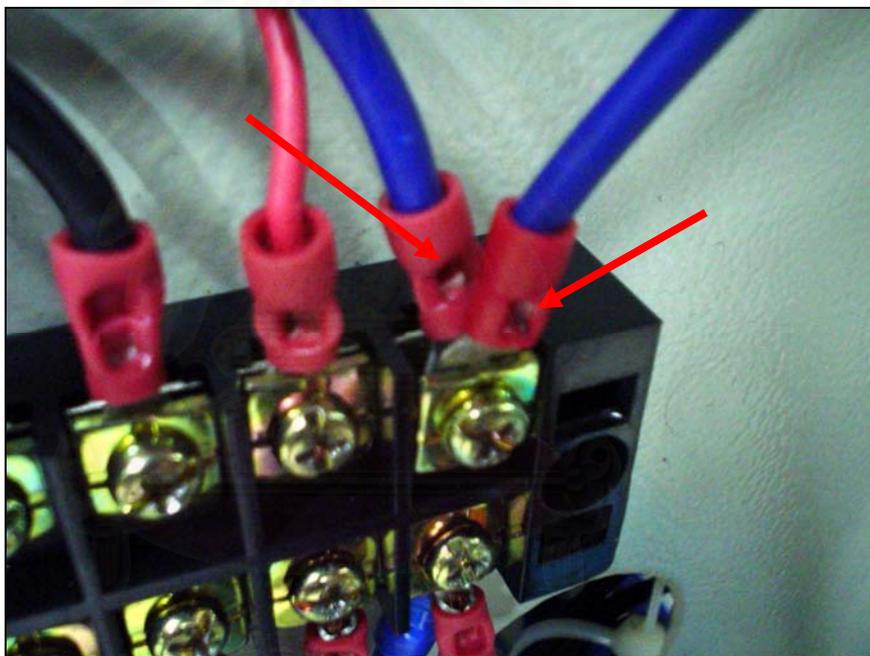
8.1 สภาพของปัญหา : ติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์จุดละ 2 ตัว ยาก

8.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

ทำการติดตั้งสายไฟเข้ากับอุปกรณ์หลัก ซึ่งในบางจุดจำเป็นต้องติดตั้งสายไฟ 2 เส้น โดยใส่หางปลาที่ประกอบด้วยสายไฟแล้ว เข้ากับจุดติดตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ ตามแบบการประกอบ แล้วทำการขันนอตยึดหางปลาให้ติดกับอุปกรณ์

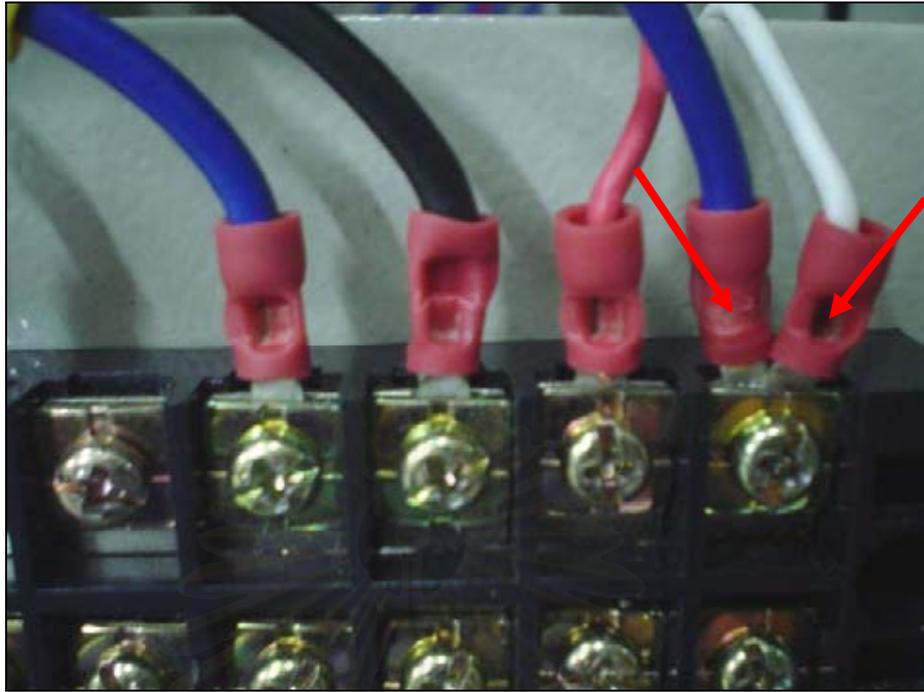
8.3 กำหนดสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุเกิดจากวิธีการประกอบหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะหันหางปลาไปทางเดียวกันทำให้ต้องใช้ช่องว่างในการประกอบมาก สำหรับวิธีการแก้ปัญหาคือ กำหนดวิธีการใส่หางปลา ให้เหมาะสมกับการติดตั้งในแต่ละจุด โดยกำหนดให้มีการหันหลังของหางปลาชนกันจะทำให้ใช้พื้นที่ในการประกอบน้อยลง



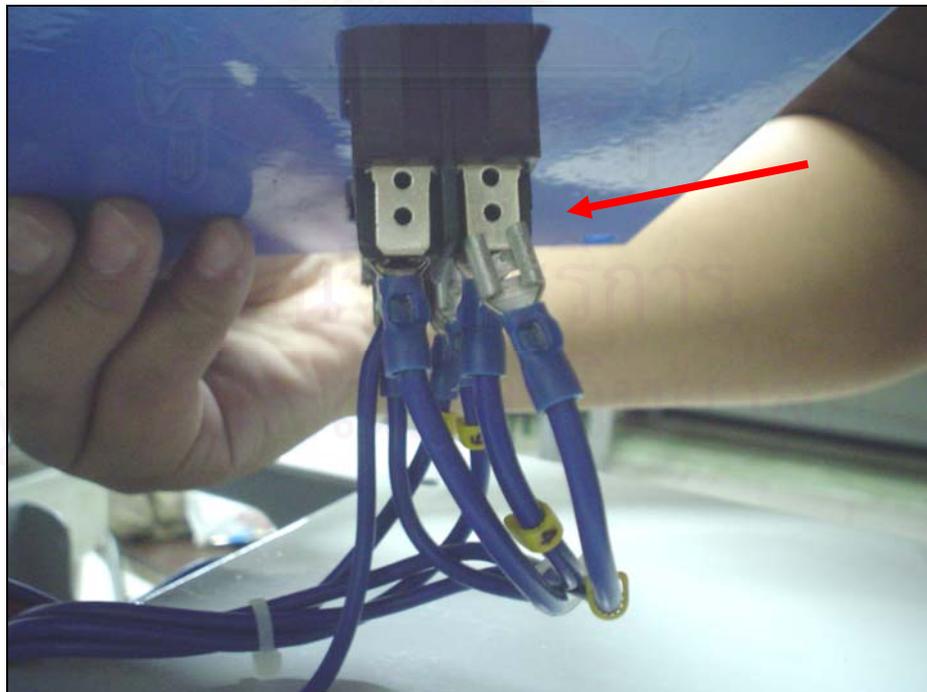
รูปที่ 4.12 แสดงรูปการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์โดยหันหางปลาไปทางเดียวกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 แสดงการประกอบหางปลาเข้ากับอุปกรณ์โดยหันหลังชนกัน

เรื่องที่ 9 การแก้ปัญหาในงานในขั้นตอน D (การติดตั้งสายไฟเข้ากับอุปกรณ์)
 9.1 สภาพของปัญหา : หางปลาแบบเสียบหลุดจากขาวิตช์ไฟง่าย



รูปที่ 4.14 แสดงการหลุดของปลาแบบเสียบที่ติดตั้งกับสวิตช์ไฟ



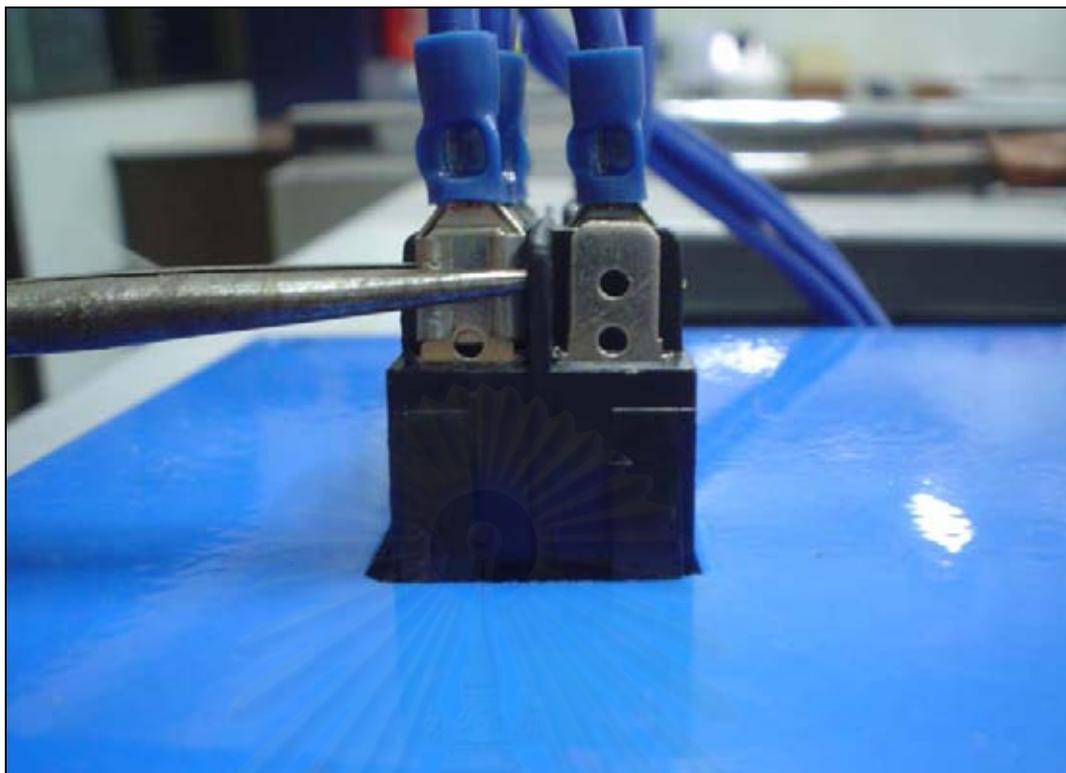
รูปที่ 4.15 แสดงการใช้คีมที่มีขนาดไม่เหมาะสมในการประกอบหางปลาแบบเสียบ

9.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะของงาน

นำสายไฟที่ได้ทำการใส่หางปลาแบบเสียบแล้วนำมาเสียบเข้ากับขาของ สวิตซ์ไฟในแผงสวิตซ์ไฟด้านบนของเครื่องตามตำแหน่งของแบบในการประกอบ หลังจากนั้นก็ ใช้คีมบีบปลายของหางปลาเพื่อให้ติดแน่นกับขาของสวิตซ์ไฟ

9.3 กำหนดวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ ทำให้ทราบว่าปัญหา เกิดจาก 2 ส่วนด้วยกัน โดยสาเหตุแรกเกิดจากการที่ใช้เครื่องมือในการประกอบไม่เหมาะสมเพราะ คีมที่ใช้ในการประกอบนั้นมีขนาดใหญ่เกินไปทำให้สอดเข้าไปบีบหางปลาได้ไม่สะดวกและเข้าไป ได้น้อย วิธีการแก้ไขก็คือทำการเลือกไซ้ขนาดของคีมในการประกอบให้เหมาะสมกับงานการติดตั้ง หางปลาบริเวณจุดนี้ ส่วนสาเหตุปัญหาที่ 2 คือไม่มีลำดับในการบีบหางปลา เพราะหลังจากการ เสียบหางปลาเข้ากับขาสวิตซ์ไฟทั้งหมดแล้ว จะเริ่มทำการบีบแต่ไม่มีลำดับในการบีบทำให้ บางครั้งหลังลืมหงทำให้ข้ามหางปลาบางตัวไป วิธีการแก้ไขคือทำขั้นตอนในการประกอบหางปลา ใหม่โดยหลังจากเสียบหางปลาเข้าสวิตซ์ไฟแต่ละขาให้ทำการบีบหางปลาทันที



รูปที่ 4.16 แสดงคีมที่เหมาะสมในการประกอบหางปลาแบบเสียบ

เรื่องที่ 10 การแก้ปัญหาอื่นๆ

10.1 สภาพของปัญหา : ไฟดูด

10.2 กำหนดวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุจากไฟดูดมาจากการข้ามขั้นตอนไปประกอบส่วนอื่นก่อน ทำให้ไม่ได้ใส่สายไฟเข้ากับ Breaker เพียงแต่สอดสายไฟหลักไว้ ทำให้ล๊ิมประกอบจนถึงขั้นตอนทดสอบเครื่องทำให้ไฟดูด วิธีการแก้ปัญหาคือจัดทำขั้นตอนโดยให้ติดตั้งสายไฟหลักเข้ากับ Breaker เป็นลำดับสุดท้าย ส่วนอีกสาเหตุมาจากการที่พนักงานมาทำงานต่อจากที่ทำไว้ ทำให้ไม่ทราบว่าประกอบถึงขั้นไหนแล้ว อาจทำให้ข้ามขั้นตอนและสายไฟบางเส้นไปและไม่ได้ทำการประกอบ วิธีแก้ปัญหาคือ ใ้บตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ

เรื่องที่ 11 การแก้ปัญหาอื่นๆ

11.1 สภาพของปัญหา : ติดตั้งหรือใส่อุปกรณ์ต่างๆ ได้ยาก

11.2 กำหนดวิธีการแก้ปัญหา

จากลักษณะสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากการรูเจาะไม่ตรงกันและไม่ได้ขนาด อีกทั้งมีสีที่เกาะตามรูเจาะต่างๆ หนามากไป เนื่องจากการไม่มีการตรวจสอบก่อนรับอุปกรณ์สั่งทำ ทำให้การติดตั้งอุปกรณ์เป็นได้ยาก วิธีการแก้ปัญหาคือ จัดทำคู่มือการตรวจสอบ และตรวจสอบก่อนรับงานสั่งทำ

สรุปสิ่งที่ต้องทำในการแก้ปัญหาจากการประกอบ

จากตารางวิเคราะห์ปัญหา Why-Why Analysis พบวิธีในการแก้ปัญหาในแต่ละปัญหาหลายๆ วิธีด้วยกัน แต่ในบางปัญหามีวิธีในการแก้ปัญหาที่ซ้ำกัน ดังนั้นจึงสามารถรวมเอาวิธีแก้ปัญหาที่ซ้ำกัน ทำการแก้ปัญหาไปพร้อมกัน จึงได้วิธีในการแก้ปัญหาต่างๆ ดังนี้

1. จัดทำใบตรวจสอบรับงานสั่งทำ (ใบตรวจสอบงานสั่งทำ)
2. จัดทำแบบให้ชัดเจนและจุดสังเกตในการประกอบอุปกรณ์ที่มีด้านบนล่าง-ซ้ายขวาเหมือนกัน (คู่มือการทำงาน)
3. ตรวจสอบลักษณะหางปลาหลังบีบทุกครั้งในการประกอบสายไฟเข้ากับหางปลา (คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์)
4. กำหนดระยะเวลาในการปอกสายไฟให้มีขนาดพอเหมาะกับหางปลา (คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์)
5. กำหนดวิธีในการใส่หางปลาให้เหมาะสมในตำแหน่งที่มีการใส่หางปลา 2 ตัวเข้ากับอุปกรณ์ในจุดเดียวกัน (คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์)
6. ใช้คีมปอกสายไฟโดยเฉพาะ
7. เลือกใช้คีมที่มีขนาดเหมาะสมในการใส่หางปลาเข้ากับอุปกรณ์
8. จัดทำขั้นตอนการใส่สายไฟเข้ากับอุปกรณ์ให้เป็นมาตรฐาน (คู่มือการทำงาน)
9. หลังประกอบหางปลากับอุปกรณ์ให้ทำการบีบหางปลาทันที (คู่มือการทำงาน)
10. จัดทำขั้นตอนโดยให้ติดตั้งสายไฟหลักเข้ากับ Breaker เป็นลำดับสุดท้าย (คู่มือการทำงาน)
11. จัดทำแบบและขั้นตอนในการประกอบใหม่โดยใช้เครื่องหมายและสัญลักษณ์
12. เปลี่ยนชนิดของนอตให้เหมาะสมกับตำแหน่งหรือใช้น้ำยาหล่อลื่นเกลียว
13. ใบตรวจสอบขั้นตอนในการทำงานในกระบวนการประกอบต่างๆ (ใบตรวจสอบขั้นตอนการทำงาน)

สามารถดูตัวอย่างคู่มือและเอกสารต่างๆ ได้ในภาคผนวก ข

4.3 แผนคุณภาพสำหรับการประกอบ (Quality Plan)

จากปัญหาการประกอบต่างๆ ที่ได้ทำการแก้ไขในข้างต้นแล้ว การป้องกันปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการประกอบอีกอย่างหนึ่ง คือการสร้างแผนคุณภาพ เพื่อให้เห็นถึงขั้นตอนการประกอบ และ วิธีการตรวจสอบรวมไปถึงการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นจากการประกอบ โดยในแผนคุณภาพสำหรับการประกอบนี้จะประกอบไปด้วย ขั้นตอนการดำเนินงาน รายละเอียดของงาน อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน ข้อกำหนดในการตรวจสอบ วิธีในการตรวจสอบ เอกสารที่ใช้ และการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น โดยผู้ตรวจสอบคือผู้ที่ทำการประกอบเครื่องและจะทำการตรวจสอบทุกครั้ง ที่มีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ทำให้การประกอบมีความถูกต้องตรงตามแบบและลดปัญหาจากการประกอบในส่วนต่างๆ ซึ่งแผนคุณภาพสำหรับการประกอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

โดยที่ A = คู่มือในการทำงาน

B = ใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ

C = คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
A1 : เจาะรูที่ Inside Plate	- ทำเครื่องหมายตามแบบ - เจาะรูตามตำแหน่ง	- ดอกสว่านเบอร์ 4 - ดินสอ - ไม้บรรทัด - สว่าน	- รูตรงกับตำแหน่งที่ต้องการเจาะ - เจาะรูครบทุกตำแหน่ง	- สายตา - เทียบกับแบบ	A , B	- เจาะรูเพิ่ม - รายงานหัวหน้า
A2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Safety Breaker	- นำนอตขัน Safety Breaker เข้ากับ inside Plate	- ไขควงแฉกขนาดกลาง	- อุปกรณ์อยู่ตรงตามตำแหน่ง - อุปกรณ์ถูกทิศทาง	- สายตา - เทียบกับแบบ	A , B	- แก้ไขตำแหน่ง - แก้ไขทิศทาง
A3 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Magnetic Switch	- ตัดรางอลูมิเนียมและติดกับ Inside Plate - นำMagnetic Switch มาเสียบ	- ไขควงแฉกขนาดกลาง - เลื่อย	- อุปกรณ์อยู่ตรงตามตำแหน่ง	- สายตา - เทียบกับแบบ	A , B	- แก้ไขตำแหน่ง
A4 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Relay	- นำRelay ติดกับขารอง - นำชุด Relay ติดกับรางอลูมิเนียม		- ใส่ Relay ถูกทิศทาง	- สายตา - เทียบกับแบบ	A , B	- แก้ไขทิศทาง
A5 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Terminal 12 Channels	- ขันนอตยึด Terminal ติดกับ Inside Plate	- ไขควงแฉกขนาดกลาง	- อุปกรณ์อยู่ตรงตามตำแหน่ง	- สายตา - เทียบกับแบบ	A , B	- แก้ไขตำแหน่ง

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
A6: ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Valve 5/2	<ul style="list-style-type: none"> - ใ้ใส่ปลั๊กอุดและข้อต่อลมบนฐานรอง Valve - นำขางรองมาใส่ - ปรับทิศทางอุปกรณ์ AC (ตัวสีดำ) - นำ Valve 5/2 ประกอบลงบนฐานรองวาล์ว - นำข้อต่อลมประกอบกับ Valve 5/2 - ขันนอตวาล์ว 5/2 ไปประกอบลง Inside Plate 	<ul style="list-style-type: none"> - ไขควงแฉกขนาดกลาง - ประแจ เบอร์ 4 	<ul style="list-style-type: none"> - แผ่นยางไม่ลื่นออกมาจากอุปกรณ์ - ใ้ใส่ปลั๊กอุดครบทุกตำแหน่ง - ทิศทางของอุปกรณ์ AC อยู่ในทิศทางที่ถูกปรับแล้ว 	<ul style="list-style-type: none"> - สายตา - เทียบกับแบบ 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - ใ้ใส่แผ่นยางรองใหม่ - แก้ไขทิศทาง - ใ้ใส่ปลั๊กอุดเพิ่ม
A7: ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Ejector	<ul style="list-style-type: none"> - นำปลั๊กเก็บเสียงและข้อต่อลมติดบน Ejector - ขันนอตยึด Ejector เข้ากับ Inside Plate 	<ul style="list-style-type: none"> - ไขควงแฉกขนาดกลาง - ประแจเบอร์ 4 	<ul style="list-style-type: none"> - อุปกรณ์อยู่ตรงตามตำแหน่ง - ใ้ใส่ข้อต่อลมครบตามตำแหน่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - สายตา - เทียบกับแบบ 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - แก้ไขตำแหน่ง - ใ้ใส่ข้อต่อลมเพิ่ม
A8: ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Valve 3/2	<ul style="list-style-type: none"> - นำข้อต่อลมติดตั้งบน Valve 3/2 - ขันนอตยึด Valve 3/2 เข้ากับ Inside Plate 	<ul style="list-style-type: none"> - ไขควงแฉกขนาดกลาง - ประแจเบอร์ 4 	<ul style="list-style-type: none"> - อุปกรณ์อยู่ตรงตามตำแหน่ง - ใ้ใส่ข้อต่อลมครบตามตำแหน่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - สายตา - เทียบกับแบบ 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - แก้ไขตำแหน่ง - ใ้ใส่ข้อต่อลมเพิ่ม
B1: ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Filter	<ul style="list-style-type: none"> - นำข้อต่อลมติดตั้งบน Filter - นำ Clamp ขันนอตติดข้างตู้ - ขันนอตยึด Filter กับ Clamp 	<ul style="list-style-type: none"> - ไขควงแฉกขนาดกลาง - ประแจเบอร์ 4 	<ul style="list-style-type: none"> - ใ้ใส่ข้อต่อลมครบ - Filter ติดแน่นกับ Clamp 	<ul style="list-style-type: none"> - สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์) 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - ใ้ใส่ข้อต่อลมเพิ่ม - ขันนอตใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
B2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Regulator	- นำข้อต่อลมติดตั้งบน Regulator - นำ Clamp ชั้นนอตติดข้างตู้ - ชั้นนอตยึด Regulator กับ Clamp	- ไขควงแฉกขนาดกลาง - ประแจเบอร์ 4	- ข้อต่อลมครบ - Regulator ติดแน่นกับ	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่ข้อต่อลมเพิ่ม - ชั้นนอตใหม่
B3 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Meter	- นำ Meter (K Relay P.D 400) สวมเข้าไปในช่องที่ประตูกล่อง - ชั้นนอตยึด Meter (K Relay P.D 400) กับตู้	- ไขควงแฉกขนาดกลาง	- meter ยึดแน่นกับประตู	- สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ชั้นนอตใหม่
B4 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Timer + ขารอง Timer	- ตัดรางอลูมิเนียม - ชั้นนอตยึดรางอลูมิเนียมกับ Inside Plate - เสียบขารอง Timer เข้ากับรางอลูมิเนียม - เสียบ Timer เข้ากับขารอง	- ไขควงแฉกขนาดกลาง - เลื่อย	- ขารองอยู่ถูกทิศทาง - Timer อยู่ถูกทิศทาง - Timer ยึดติดกับขารองดี	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- แก้ไขทิศทาง - ชั้นนอตใหม่
B5 : ติดตั้งลูกยาง + ท่อแก๊ส	- นำลูกยางกันบาดสายสอดเข้ากับข้างตู้ - นำสายยางสอดเข้ากับลูกยาง		- ลูกยางติดแน่นกับตู้	- สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ถอดใส่อุปกรณ์ใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
C1 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุดล่าง SEAL	<ul style="list-style-type: none"> - ชั้นนอตยึด Sealed Bar Lower เข้ากับ Lower Clamp - นำแท่ง Heater ใส่เข้ากับ Heater Container - นำฉนวนมาวางทับ Heater Container - ชั้นนอตยึดชุด Heater Container เข้ากับ Sealed bar Lower - ชั้นนอตยึด Heater Guide เข้ากับ Sealed bar Lower - นำสปริงใส่ Lower Clip - ติดตั้ง Lower Clip กับ Heater Guide 	<ul style="list-style-type: none"> - ประแจหกเหลี่ยมเบอร์ 6 - ประแจหกเหลี่ยมเบอร์ 8 	<ul style="list-style-type: none"> - ใส่นอตครบทุกตำแหน่ง - ใส่นอตทุกตัวแน่นดีแล้ว 	<ul style="list-style-type: none"> - สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์) 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - ใส่นอตเพิ่ม - ชั้นนอตใหม่
C2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด U Line (ชุดกระบอกสูบ)	<ul style="list-style-type: none"> - ชั้นนอตยึด L กับ U Line - นำ Piston ติดเข้ากับ L - ติด Air Pipe กับ Piston - ติดตั้ง Micro Switch กับ L - นำชุด U Line ติดกับ Lower Clamp - ติดตั้ง Spring กับ ชุด U Line 	<ul style="list-style-type: none"> - ประแจหกเหลี่ยมเบอร์ 6 - ประแจเบอร์ 4 - ประแจเบอร์ 14 - ประแจเบอร์ 17 	<ul style="list-style-type: none"> - Piston ยึดติดกับ L ดี - ชั้นนอตทุกตัวแน่นดีแล้ว - U line ยึดติดกับ - Lower Clamp แน่นดีแล้ว 	<ul style="list-style-type: none"> - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์) 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - ชั้นนอตใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
C3 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝาบน SEAL	<ul style="list-style-type: none"> - ชั้นนอตซีด Sealed Bar Upper เข้ากับ Upper Clamp - นำแท่ง Heater ใส้เข้ากับ Heater Container - นำฉนวนมาวางทับ Heater Container - ชั้นนอตซีดชุด Heater Container เข้ากับ Sealed bar Upper - ชั้นนอตซีด Heater Guide เข้ากับ Sealed bar Lower - นำสปริงใส้ Lower Clip - ติดตั้ง Lower Clip กับ Heater Guide - นำ Thermocouple ใส้เข้ากับ Upper Heater Container - Cover มาครอบชุดฝาบนทั้งหมด 	<ul style="list-style-type: none"> - ประแจหกเหลี่ยมเบอร์ 6 - ประแจหกเหลี่ยมเบอร์ 8 	<ul style="list-style-type: none"> - ชั้นนอตซีดติดอุปกรณ์ดี - ปาก Upper Heater Container ประกอบกับ Lower Heater Container สนิท - ชั้นนอตครบทุกตำแหน่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์) 	A , B	<ul style="list-style-type: none"> - ใส่นอตเพิ่ม - ชั้นนอตใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
C4 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Plate Switch	- นำ Switch สีแดงและเขียวมาเสียบเข้ากับ Plate Switch ตามแบบ - นำ Plate Switch ประกอบเข้ากับ Upper Clamp	- ประแจหกเหลี่ยมเบอร์ 6	- สวิตช์ทุกตัวยึดติดกับ Plate Switch เรียบร้อย - ใส่สวิตช์ถูกทิศทาง	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่ Switch ใหม่ - ปรับทิศทาง Switch
C5 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Top Piston	- ใส่หางปลาเข้ากับ Pneumatic Cylinder - ชั้นนอตยึด Pneumatic Cylinder กับ Upper Clamp และ Lower Clamp	- ประแจเบอร์ 4	- Pneumatic Cylinder ยึดกับ Lower Clamp แน่นดี	- สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ชั้นนอตใหม่
C6 : เตรียมสายไฟ , สายยาง, ใส่หางปลา, ใส่ตัวเสียบตัวเมีย, ท่อนสีก้าน และใส่ไก่	- ตัดสายไฟสีดำแดง น้ำเงิน ขาว ตามขนาด - ตัดสายยางสีฟ้า และสีดำ ตามขนาด - ย้ายหางปลาเข้าสายไฟตาม สีของสายไฟ และขนาดความยาวสายไฟ	- คีมตัดสายไฟ - คีมย้ายหางปลา - กรรไกร	- หางปลาติดแน่นกับสายไฟ - หางปลาไม่มีสายไฟยื่นออกมาด้านหลัง	- สัมผัส (ขยับอุปกรณ์) - สายตา	A , B	- ใส่หางปลาใหม่ - บีบหางปลาใหม่ - ปอกสายไฟใหม่
D1 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Top Piston	- ต่อสายลมสีฟ้าเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่สายลมใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D2 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 3/2 ไปท่อแก๊ส	- ต่อสายลมสีดำเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใต้อายลมใหม่
D3 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Regulator	- ต่อสายลมสีดำเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใต้อายลมใหม่
D4 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Piston	- ต่อสายลมสีฟ้าเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใต้อายลมใหม่
D5 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 3/2 ไป Filter	- ต่อสายลมสีดำเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใต้อายลมใหม่
D6 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/2 ไป Ejector	- ต่อสายลมสีดำเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใต้อายลมใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือ ที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D7 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 3/2 ไป Ejector	- ต่อสายลมสีดำเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่น้ำมันใหม่
D8 : การติดตั้งสายไฟจาก Air Pipe ไป Filter	- ต่อสายลมสีฟ้าเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่น้ำมันใหม่
D9 : การติดตั้งสายลมจาก Valve 5/3 ไป Piston	- ต่อสายลมสีฟ้าเข้ากับช่องต่างๆ ตามแบบ		- ติดตั้งสายลมตรงตำแหน่ง - สายลมติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่น้ำมันใหม่
D10 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไป Thermocouple	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่น้ำมันใหม่
D11 : การติดตั้งสายไฟจาก ขารอง Timer ไปขารอง Timer	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่น้ำมันใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือ ที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D12 : การติดตั้งสายไฟ จาก Foot Switch ไป Terminal 12 Channels	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D13 : การติดตั้งสายไฟจาก Valve 5/2 ไป Terminal 12 Channels	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D13: การติดตั้งสายไฟ จาก Valve 5/2 ไป Terminal 12 Channels (ต่อ)	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D14 : การติดตั้งสายไฟจาก Limit Switch ไป Terminal 12 Channels	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D15 : การติดตั้งสายไฟ จากฮีสเตอร์แบ่ง ไป Magnetic Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D16 : การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Limit Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง - คีมปากจิ้งจกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่สายไฟใหม่
D17 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไป Limit Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่สายไฟใหม่
D18 : การติดตั้งสายไฟจากแผงสวิตช์ (Plate Switch) ไปแผงสวิตช์ (Plate Switch)	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- คีมปากจิ้งจกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่สายไฟใหม่
D19 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไป Meter	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่สายไฟใหม่
D20 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไปขารอง Timer	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่สายไฟใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือ ที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D21 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไป Relay	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D22 : การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Meter	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง - คีมปากจิ้งจกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D23 : การติดตั้งสายไฟจาก Valve 3/2 ไป Terminal 12 Channels	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D24 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไป Terminal 12 Channels	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D25 : การติดตั้งสายไฟจาก Magnetic Switch ไป Magnetic Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือ ที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D26 : การติดตั้งสายไฟจาก Meter ไป Magnetic Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่ง ต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D27 : การติดตั้งสายไฟจาก Magnetic Switch ไป Plate Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่ง ต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง - คีมปากจิ้งจกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D28 : การติดตั้งสายไฟจาก Relay ไปขารอง Timer	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่ง ต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D29 : การติดตั้งสายไฟจาก Terminal 12 Channels ไปขารอง Timer	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่ง ต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่
D30 : การติดตั้งสายไฟจาก Magnetic Switch ไปขารอง Timer	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่ง ต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อายุไฟใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 แสดงแผนควบคุมคุณภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของงาน	อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้	จุดตรวจสอบ		เอกสารที่ใช้	การแก้ไขเบื้องต้น
			ข้อกำหนด (ลักษณะที่ต้องการ)	วิธีการตรวจสอบ		
D31 :การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Terminal 12 Channels	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง - คีมปากจิ้งจกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อสายไฟใหม่
D31 : การติดตั้งสายไฟจาก Plate Switch ไป Terminal 12 Channels (ต่อ)	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงปากแฉกขนาดกลาง - คีมปากจิ้งจกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B, C	- ใส่อสายไฟใหม่
D32: ติดตั้งอุปกรณ์ Foot Switch	- ติดตั้งสายไฟเข้า Foot Switch	- ไขควงแฉกขนาดกลาง - คีมขั้วหางปลา	- สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่อสายไฟใหม่
D33 : ติดตั้งปลั๊ก 220V	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับปลั๊ก 220 V	- ไขควงแฉกขนาดกลาง - คีมขั้วหางปลา	- สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่อสายไฟใหม่
D34 : การติดตั้งสายไฟจากปลั๊ก 220V ไป Breaker	- ติดตั้งสายไฟเข้ากับตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ	- ไขควงแฉกขนาดกลาง	- ติดตั้งสายไฟตรงตำแหน่ง - สายไฟติดแน่นกับอุปกรณ์	- สายตา - เทียบกับแบบ - สัมผัส (ขยับอุปกรณ์)	A , B	- ใส่อสายไฟใหม่

หมายเหตุ : ความถี่ในการตรวจสอบ ทุกครั้งที่ดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

4.4 สรุปผลการแก้ปัญหาในการประกอบ

จากการค้นหาปัญหาจากการประกอบ การวิเคราะห์โดยใช้ Why-Why Analysis จนไปถึงการแก้ไขปัญหา และการสร้างแผนคุณภาพในการประกอบ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการสร้างเอกสารขึ้นมาเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาในการประกอบ 4 อย่างด้วยกันคือ

1. ใบตรวจสอบรับงานสั่งทำ เป็นเอกสารที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อรับงานสั่งทำ โดยมีการกำหนดจุดตรวจสอบซึ่งเป็นจุดที่อาจก่อให้เกิดปัญหาการประกอบ เครื่องมือที่ใช้ตรวจและเกณฑ์มาตรฐานของงานสั่งทำ

2. คู่มือการย่ำหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ เป็นคู่มือที่ช่วยให้ผู้ประกอบเครื่องมีความรู้และเข้าใจในวิธีการย่ำหางปลาและติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญในการประกอบเครื่อง เพราะเป็นจุดที่มีโอกาสก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการประกอบได้ง่าย

3. คู่มือการทำงาน เป็นคู่มือที่ใช้ในการประกอบเครื่อง ซึ่งจะระบุอุปกรณ์ เครื่องมือ ขั้นตอนในการทำงาน เวลามาตรฐานในการประกอบ ข้อควรระวัง และจุดตรวจสอบคุณภาพในทุกๆ ขั้นตอนในการประกอบ โดยมีการใช้รูปภาพและแสดงจุดสังเกตเพื่อช่วยในการประกอบด้วย

4. ใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ เป็นเอกสารที่ใช้ในระหว่างการประกอบ ควบคู่ไปกับคู่มือการทำงาน โดยใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการทำงานในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ตรงตามข้อกำหนด เป็นการป้องกันความผิดพลาดของการประกอบเครื่องและป้องกันการข้ามขั้นตอนในการประกอบ

ซึ่งจากการแก้ปัญหการประกอบด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้น ทำให้เครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ผลิตหลังจากมีการแก้ปัญหานั้น พบว่าไม่มีข้อบกพร่องใดๆ จากการประกอบ โดยผู้ประกอบเครื่องสามารถทำการประกอบได้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น มีแบบแผนขั้นตอนในการทำงาน และมีการตรวจสอบเพื่อป้องกันความผิดพลาดในทุกขั้นตอน ทำให้เครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ผลิตมีคุณภาพ และช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการบริการงานซ่อมต่างๆ ภายในระยะเวลาที่อยู่ในประกัน

บทที่ 5

การปรับปรุงกระบวนการออกแบบเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊ส

จากสภาพการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันและส่วนแบ่งตลาดของบริษัทตรีศึกษา ซึ่งอยู่ในลำดับท้าย อันเนื่องมาจากบริษัทตรีศึกษาเป็นบริษัทใหม่และเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สของบริษัทยังไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้าเท่าที่ควร อีกทั้งความสามารถและประสิทธิภาพเครื่องที่มีความจำเป็นต่อลูกค้ายังไม่ตอบสนองการใช้งานของลูกค้า รวมไปถึงยังขาดความสามารถบางอย่างของเครื่องไป ดังนั้นจึงควรปรับปรุงเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊ส เพื่อให้ได้เครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สที่มีคุณภาพและตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้งานในปัจจุบันและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้เป็นอย่างดี

5.1 แนวคิดและขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊ส

การพัฒนาเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สเดิมให้มีคุณภาพหรือประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งอื่นๆในตลาดได้ โดยจะนำเครื่องมือ และหลักการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการพัฒนาเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สนี้ และจัดทำขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรอื่นๆ ที่มีลักษณะของเครื่องจักรที่คล้ายคลึงกับเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สนี้ และต้องการที่จะเลือกปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรนั้นๆ เฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ โดยยังคงพื้นฐานเดิมของเครื่องไว้ ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สดังนี้

1. สร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ของบริษัทตรีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ที่ลูกค้าคาดหวัง เพื่อนำข้อมูลคะแนนระดับคุณภาพทั้งสองนี้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2. หาคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องพ่นกึ่งอุตสาหกรรมและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาโดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ ซึ่งจะเน้นที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้มาจากคะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ จาก

ลูกค้า และคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของกลุ่ม มาใช้ในการพิจารณาเลือกคุณสมบัติที่ควรได้รับการพัฒนา

3. หาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องพนักสูญญากาศ และเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนากับชิ้นส่วนของเครื่องทั้งหมด โดยความสัมพันธ์นี้เป็นความสัมพันธ์ที่ชี้ให้เห็นว่าชิ้นส่วนใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ แล้วทำการเลือกชิ้นส่วนเหล่านั้นมาทำการพัฒนาปรับปรุง

4. หาแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการต่างๆ ในการพัฒนาเครื่อง จากคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่เลือกมา กับชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเข้ามาช่วยหาแนวคิดในการพัฒนา ซึ่งจะได้แนวคิดต่างๆ ในการพัฒนา หรือปรับปรุงชิ้นส่วนในคุณสมบัติด้านต่างๆ

5. เลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องจากแนวคิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านเดียวกัน โดยมีการให้คะแนนตัววัดความสามารถหรือประสิทธิภาพที่ถูกสร้างขึ้น สรุปคะแนนรวม โดยคะแนนสูงสุดของแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติจะถูกเลือกมาใช้เพื่อสร้างแบบจากแนวคิด

6. สร้างแบบจากแนวคิดที่เลือก เพื่อให้เห็นภาพหรือแบบของแนวคิดที่ถูกเลือกมาในแต่ละคุณสมบัติ และนำแบบของแนวคิดเหล่านั้นมาประกอบกันจนเป็นแบบเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่สมบูรณ์

7. วิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง เพื่อทบทวนว่ายังพบข้อบกพร่องจากแบบที่สร้างอีกหรือไม่ โดยมองในมุมมองหรือหัวข้อที่ควรได้รับการปรับปรุงในแบบที่สร้าง มีการพิจารณาวิเคราะห์แบบในชิ้นส่วนที่มีการปรับปรุงในมุมมองด้านต่างๆ ถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ผลกระทบที่ได้รับ และแนวทางในการแก้ไข จากชิ้นส่วนนั้นๆ แล้วทำการปรับปรุงแบบจากแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในมุมมองต่างๆ

8. สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าหรือผู้ใช้งานในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าหรือผู้ใช้งานทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง

9. สรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนา โดยใช้การทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง โดยงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบทางสถิติแบบ

ไม่ใช่พารามิเตอร์ (Non parametric test) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบวิลคอกซัน แบบจับคู่ (Wilcoxon Signed-Rank Test for Matched pair) ทำการทดสอบในแต่ละคุณสมบัติที่เลือกนำมาปรับปรุง แล้วทำการสรุปผลที่ได้จากการทดสอบ

5.2 การสร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในเครื่องแบบปัจจุบัน

มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูล โดยให้ลูกค้าทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ที่ลูกค้าคาดหวัง ซึ่งในขั้นตอนสร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนดังนี้

5.2.1 การสร้างแบบสอบถามระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน

การสร้างแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องฝึกศูญญาทาศและเติมแก๊สในหัวข้อต่างๆ รวมถึงข้อมูลที่มีความสำคัญต่อโรงงานนอกจากเรื่องคุณสมบัติของเครื่อง โดยจะนำข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการปรับปรุงเครื่องฝึกศูญญาทาศและเติมแก๊สให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานต่อไป ผู้วิจัยได้จัดการประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการสร้างแบบสอบถามเบื้องต้นก่อน จะทำไปใช้ในการสอบถามลูกค้า ซึ่งผู้เข้าร่วมในการประชุมสร้างแบบสอบถาม เป็นผู้ที่มีการประสบการณ์จากการประกอบเครื่อง การซ่อมเครื่อง และจากที่เคยได้ซื้อแนะนำจากลูกค้ามาเบื้องต้น เพื่อให้ได้แบบสอบถามที่นำมาซึ่งข้อมูลที่ตรงกับวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ยังนำบางหัวข้อของแหล่งข้อมูลและความเป็นไปได้ของความต้องการลูกค้า (Abd. Rahman, Abdul Rahim and Mohd. Shariff Nabi Baksh, 2003) ที่มีความเหมาะสมกับเครื่องฝึกศูญญาทาศและเติมแก๊สมาประยุกต์รวมเข้าไปด้วยเพื่อให้ได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้สร้างแบบสอบถามเบื้องต้นแล้วก็ได้มีการทดลองใช้กับพนักงานและผู้ใช้งานเครื่องฝึกศูญญาทาศและเติมแก๊ส และทำการแก้ไขแบบสอบถามในเรื่องการสื่อสารโดยใช้คำและประโยคต่างๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อผู้ตอบแบบสอบถามมากยิ่งขึ้น

ภายในแบบสอบถาม (ภาคผนวก ค แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน) ประกอบไปด้วยคำถาม 2 ประเภท ทั้งคำถามปลายปิดและคำถามปลายเปิดเพื่อให้เหมาะสมกับแต่ละข้อของคำถาม โดยคำถามต่างๆ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. คำถามเพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าโดยทั่วไป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในเรื่องการตลาดและการขาย

2. คำถามเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่อง การใช้งาน ปัญหาจากการใช้งาน ความปลอดภัย และอันตรายที่เกิดขึ้น รวมไปถึงลักษณะของเครื่องที่ควรทำการปรับปรุง

5.2.2 การเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน

วิธีในการเก็บข้อมูลนี้มีหลายวิธีด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นการส่งจดหมาย การโทรศัพท์ เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีในการสอบถามหรือเก็บข้อมูลก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปดังแสดงได้ในตารางที่ 5.1 แสดงข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของการสำรวจด้วยวิธีต่างๆ และตารางที่ 5.2 แสดงวิธีการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจจากลูกค้า รวมทั้งข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีการ แต่สำหรับวิธีการที่นิยมในการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามคือ การส่งจดหมาย เพราะใช้ค่าใช้จ่ายต่ำ ได้ผลลัพธ์ตรงตามจุดประสงค์ รวมถึงไม่จำเป็นต้องช่วยอธิบายในการกรอกแบบสอบถาม ส่วนข้อเสียคือ อัตราการส่งกลับค่อนข้างต่ำ และไม่สามารถระบุได้ว่าผู้ตอบคือบุคคลในกลุ่มเป้าหมายหรือไม่

ตารางที่ 5.1 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของการสำรวจวิธีต่างๆ

เกณฑ์	การโทรศัพท์	การส่งจดหมาย	การสัมภาษณ์
อัตราการส่งกลับ Return rate	สูง (+)	มีแนวโน้มที่จะต่ำและไม่สามารถที่จะทำให้สูงมากได้ (-)	สูง(+)
ค่าใช้จ่าย	สูง(-)	โดยทั่วไปจะต่ำ(++)	สูงมาก(- -)
การควบคุม สถานการณ์ในการ ตอบแบบสอบถาม	ดี (+)	ต่ำ (ไม่สามารถรู้ได้ว่า คนนั้นเป็นผู้ตอบ แบบสอบถามเอง หรือไม่)(-)	ดีมาก (+ +)
การตรงตาม วัตถุประสงค์ของ ผลลัพธ์	เป็นปัญหา(อิทธิพล จากผู้สัมภาษณ์)(-)	สูง (+ +)	เป็นปัญหามาก (อิทธิพลจากผู้ สัมภาษณ์)(-)
ความจำเป็นของการ ช่วยเมื่อทำการสำรวจ	ต้องมีการช่วย(- -)	ไม่จำเป็นต้องมีการ ช่วย (+ +)	ต้องมีการช่วย (- -)

ที่มา : Homburge and Rudolph ,1995

ตารางที่ 5.2 วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจจากลูกค้า รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการ

วิธีการรวบรวมข้อมูล	ข้อดี	ข้อเสีย
1. การสัมภาษณ์ด้วยตนเอง โดยใช้แบบสอบถาม (Face-to-face Interview)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สัมภาษณ์ทุกคนจะใช้คำถามตามข้อความที่เขียนเรียงไปตามลำดับ อย่าง มีระบบเหมือนกันหมด 2. การทำวิจัยจะใช้ผู้สัมภาษณ์จำนวนมากได้ 3. ผู้สัมภาษณ์อาจจะไม่เก่งมากในด้านการสนทนาหรือการสื่อ ข้อความเพราะคำถามทุกอย่างได้มีการเตรียมไว้ให้เรียบร้อยแล้ว 4. ผู้ให้สัมภาษณ์และผู้สัมภาษณ์มีโอกาสพบปะสนทนากัน ทำให้ทั้ง สองฝ่าย เกิดความเข้าใจและไว้วางใจกัน ซึ่งทำให้ได้รับคำตอบที่ ตรงไปตรงมา 	<ol style="list-style-type: none"> 1. การเข้าถึงตัวผู้สัมภาษณ์ทำได้ยาก 2. เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก 3. ผู้สัมภาษณ์มีโอกาสบิดเบือนความจริงได้มาก
2. การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ (Telephone Interview)	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าสัมภาษณ์ด้วยตัวเอง 2. ขจัดปัญหาการเข้าถึงตัวผู้ให้สัมภาษณ์ 3. สามารถถามคำถามที่ไวต่อความรู้สึกได้ 4. ได้รับคำตอบที่ตรงมากกว่าเนื่องจากการไม่เห็นตัวผู้สัมภาษณ์ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. การปฏิเสธจากผู้ให้สัมภาษณ์ทำได้ง่าย 2. ไม่สามารถถามคำถามที่ใช้ภาพได้ 3. คำถามที่จะสัมภาษณ์มีมากไม่ได้
3. การสอบถามแบบกรอกเอง (Self-Administered Question)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ให้ผลดีต่อคำถามที่มีรูปภาพ 2. ถามคำถามที่ชัดเจนได้ กระทั่งเนื่องจากคำถามที่ใช้ยาวได้ 3. ได้รับความร่วมมือดี 4. มีโอกาสอธิบายคำถามที่สงสัย 5. เสียค่าใช้จ่ายในการจัดส่งแบบสอบถามน้อย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. คำถามต้องได้รับการออกแบบเป็นอย่างดี 2. ไม่สามารถรู้ได้ว่าผู้กรอกแบบสอบถามมีความ จริงใจแค่ไหน 3. โอกาสที่แบบสอบถามจะถูกส่งกลับน้อยมาก 4. ผู้ตอบต้องมีทักษะในการอ่านและเขียน

ตารางที่ 5.2 วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจจากลูกค้า รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการ (ต่อ)

วิธีการรวบรวมข้อมูล	ข้อดี	ข้อเสีย
4. การวิจัยแบบสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus Group Interview)	วิธีการในการรวบรวมข้อมูลประเภทนี้เป็นที่นิยมมากในการวิจัยทางการตลาด เพราะเป็นวิธีที่รวดเร็วและได้ข้อมูลที่ลึกซึ้ง ข้อดีและข้อเสียของวิธีการในการรวบรวมข้อมูลประเภทนี้เหมือนกับวิธีการสอบถามด้วยตนเอง	
5. การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Dept Interview)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ได้ข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้ง สามารถเข้าไปในตัวแปรทางจิตวิทยา 2. การสนทนามีความเป็นกันเองจะช่วยให้สัมภาษณ์มีความสบายใจในการแสดงออก และให้ความเห็นอย่างตรงไปตรงมา 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้เวลามากในการสนทนา 2. ผู้ให้สัมภาษณ์จะต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ 3. การจับประเด็นในการสนทนาเพื่อทำการวิเคราะห์ทำได้ยาก
6. การเก็บข้อมูลต่อเนื่องระยะยาว (Panel)	1. สามารถมองเห็นภาพพฤติกรรมของผู้บริโภคและภาวะการเปลี่ยนแปลงของตลาดต่อเนื่องโดยตลอด	1. เวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งต้องมีความแน่นอน ซึ่งผู้วิจัยอาจหลงลืมวันที่แน่นอน ทำให้ผลการวิจัยออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

ที่มา : อัจฉราวดี แก้ววรรณคดี, 2545

แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการเดินทางเข้าไปสัมภาษณ์จากผู้ใช้งานได้โดยตรงเพราะผู้ใช้งานเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สกระจายตัวอยู่ทุกๆ ภาคของประเทศไทย และปัญหาเรื่องความถูกต้องของข้อมูลที่อยู่ของลูกค้า การเก็บข้อมูลลูกค้าเก่า รวมถึงต้องการความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายน้อย จึงได้เลือกวิธีการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เป็นหลัก ร่วมกับวิธีการสัมภาษณ์โดยตรงเท่าที่สามารถจะทำได้ และการส่งแบบสอบถามทางอีเมลล์เพื่อเพิ่มช่องทางในการสัมภาษณ์และความสะดวกให้กับผู้รับการสัมภาษณ์อีกทางหนึ่ง

ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ ขึ้นต้น โดยสอบถามลูกค้าที่มีข้อมูลติดต่อได้รวมทั้งหมด 22 ราย จากจำนวนลูกค้าทั้งหมด 50 ราย ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ 11 ราย พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนที่ได้จากการคำนวณหาขนาดตัวอย่างจากสูตร

$$n = \frac{\sigma^2}{\left[\frac{e^2}{Z_{\alpha/2}^2} \right] + \left[\frac{\sigma^2}{N} \right]}$$

โดย n = จำนวนขนาดตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร (μ) ด้วยค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (\bar{x})
 $= |\bar{x} - \mu|$

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรซึ่งได้จากข้อมูลในอดีตแต่ถ้าไม่ทราบค่า σ และจะสามารถใช้ค่า S ซึ่งสามารถคำนวณได้จากตัวอย่างแทน

Z = ค่าที่ได้จากการเปิดตารางสถิติ Z โดยอาศัยพื้นที่ $\alpha/2$ ซึ่งได้จากค่าระดับความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)$ ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นมาและจะใช้ตารางสถิติ t แทนกรณีใช้ค่า S แทน σ

สำหรับค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของคะแนนสำหรับงานวิจัยมีดังนี้

$$n = 11$$

$$N = 50$$

$\sigma = S =$ เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของเครื่องที่มาจากคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับจากเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊ส เนื่องจากให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับมากกว่าคะแนนระดับคุณภาพที่คาดหวัง

$$= 0.91$$

Z ประมาณ โดยค่า t ซึ่งเปิดได้จากตารางสถิติ t โดยอาศัยพื้นที่ $\alpha/2$ ซึ่งได้จากค่าระดับความเชื่อมั่น 95%
 = 2.23

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับในแต่ละคุณสมบัติ

	ลูกค้า	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	STDEV
	คุณสมบัติของเครื่อง	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	(S)
ความสามารถเครื่อง	1. ความหลากหลายของการใช้งาน(ดูคอากาศ, เดิมอากาศ, ดูคอากาศแล้วเดิมอากาศทันที, การเดิมอากาศหลายชนิด (MAP))	9	8	7	8	9	9	9	8	9	8	6	0.98
	2. ความสามารถในการพนักในแนวอื่นๆ เช่นแนวตั้งหรือแนวนอน	6	7	8	7	6	7	7	6	8	6	7	0.75
อุปกรณ์	3. ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์	9	8	7	8	9	9	8	8	8	9	5	1.18
	4. ความทนทานของอุปกรณ์	8	9	8	8	9	9	9	8	9	9	7	0.69
ขนาดเครื่อง	5. ความสูงของเครื่อง	8	8	7	7	6	6	6	6	8	8	8	0.94
	6. ความกว้างของเครื่อง	9	9	10	9	8	10	8	9	9	9	6	1.10
	7. ความยาวของปากพนัก	9	8	10	9	8	10	8	9	9	9	5	1.37
การใช้งาน	8. การมองเห็นในการใช้งาน	8	9	10	7	8	9	7	8	8	7	7	1.00
	9. ลักษณะท่าทางในการใช้งาน	7	8	7	8	7	7	7	8	8	8	7	0.52
	10. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะพนัก	7	8	7	7	7	7	7	8	8	8	5	0.87
ความปลอดภัย	11. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	8	8	8	8	7	6	7	8	7	6	6	0.87
	12. ความร้อนในระหว่างใช้งานในส่วนอื่นสูง	8	10	8	8	8	8	8	9	9	9	6	1.01
	13. ไฟฟ้ารั่ว ดูด	9	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0.30
การพนัก	14. การรั่วซึมบริเวณรอยพนัก	9	7	9	9	9	10	8	9	9	8	4	1.62
	15. รอยพนักประณีต (รอยยับบริเวณรอยพนัก)	9	7	8	9	8	9	8	8	8	7	6	0.94
	16. ขนาดความเหมาะสมของรอยพนัก	9	9	6	7	8	8	8	9	9	7	8	1.00
	17. ลักษณะของรอยพนัก	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	0.30
การบำรุงรักษา	18. ความง่ายในการทำความสะอาดเครื่อง	6	9	8	6	8	9	7	8	8	9	8	1.08
	19. ความง่ายในการปรับตั้งและเปลี่ยนชิ้นส่วน	9	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9	0.30
อื่นๆ	20. ความสวยงามภายนอก	10	9	10	10	9	9	8	9	9	8	5	1.42
	อื่นๆ.....											เฉลี่ย	0.91

สามารถแทนค่าต่างๆ ในสูตรข้างต้นเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนได้ดังนี้

$$e = \sqrt{2.23^2 \left[\frac{0.91^2}{11} - \frac{0.91^2}{50} \right]}$$

$$= 0.54$$

สำหรับอุปสรรคของการสอบถามเกิดจากปัญหาต่างๆ นอกจากข้อจำกัดข้างต้น ดังนี้

1. มีการเปลี่ยนเบอร์โทรศัพท์ของลูกค้า
2. ลูกค้าไม่สะดวกในการให้ข้อมูล
3. ลูกค้าบางรายซื้อเพื่อไปจำหน่ายต่อ
4. คำถามทั้งหมดใช้เวลาในการตอบคำถามนานเกินไป

5.3 การหาคุณสมบัติของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนา

ข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้จากลูกค้าหรือผู้ใช้งานเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สในหัวข้อ 5.2 ซึ่งแบ่งคำถามออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันนั้น ส่วนที่เป็นคำถามเพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าโดยทั่วไป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในเรื่องการตลาดและการขายนั้นจะไม่นำมาวิเคราะห์ในส่วนนี้ แต่จะนำคำถามที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่อง การใช้งาน ปัญหาจากการใช้งาน ความปลอดภัยและอันตรายที่เกิดขึ้นรวมไปถึงลักษณะของเครื่องที่ควรทำการปรับปรุง มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นประเด็นต่างๆ ที่ควรนำมาปรับปรุงหรือสร้างชิ้นใหม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าในปัจจุบัน

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เห็นจุดหรือส่วนที่ควรปรับปรุงเครื่องเป็นส่วนแรกๆ หรือให้เห็นถึงสิ่งที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานมีความต้องการสูงๆ นั่นคือเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment :QFD) โดย Akao (1990) กล่าวว่า Quality Function Deployment หมายถึง การเปลี่ยนอุปสงค์ของลูกค้าให้อยู่ในรูปคุณลักษณะทางคุณภาพ และพัฒนาคุณภาพให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ด้วยวิธีการเชิงระบบที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์กับคุณลักษณะ โดยเริ่มต้นจากคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของหน้าที่แล้วขยายผล ด้วยการแปรเข้าสู่คุณภาพของแต่ละชิ้นส่วน และของแต่ละกระบวนการตามลำดับ โดยรูปแบบในการใช้งานที่ค่อนข้างแพร่หลายประกอบไปด้วยกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. การวางแผนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (Product planning)
2. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับชิ้นส่วน
(Part deployment หรือ Component planning)

3. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการ (Process planning)
4. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับการผลิต (Production planning)

ตารางที่ 5.4 Input / Output และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ

ขั้นตอน	Input	Output	เครื่องมือ
ระยะที่ 1	ความต้องการ	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์	HOUSE OF QUALITY
ระยะที่ 2	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วน	DESIGN MATRIX
ระยะที่ 3	ข้อกำหนด	กระบวนการ	OPERATING MATRIX
ระยะที่ 4	กระบวนการ	มาตรฐานการควบคุม	CONTROL MATRIX

ที่มา : หนังสือ Quality Function Deployment How to Make QFD Work for you

โดย Lou Cohen :1995

แต่หากมองการใช้งานกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายนั้นกว่าจะได้ชิ้นส่วนหรือลักษณะชิ้นส่วนหรือข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการแก้ไข ทำการปรับปรุงนั้น ก่อนข้างจะใช้เวลานาน ซึ่งต้องมีการแปลความต้องการของลูกค้าถึงสองครั้งจึงจะได้ชิ้นส่วนที่ต้องการแก้ไข โดยผ่านการแปลความต้องการของลูกค้าเป็นความต้องการทางเทคนิคหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ก่อน แล้วนำความต้องการทางเทคนิคหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มาแปลเปลี่ยนเป็นข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนอีกครั้งหนึ่ง ทำให้อาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายในทั้งเรื่องแนวคิดในการหาความต้องการทางเทคนิคหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุมเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในแต่ละเรื่อง การให้คะแนนความสัมพันธ์ ความบกพร่องในการมองชิ้นส่วนของตัวผลิตภัณฑ์ไม่ครอบคลุมทุกชิ้นส่วน เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงนำเพียงบางส่วนของเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้เท่านั้นเพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานวิจัยที่มีการกำหนดคุณสมบัติของเครื่องในการสอบถามที่ชัดเจนทำให้สามารถลดขั้นตอนการใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพลงได้หนึ่งขั้นตอน โดยจะทำการปรับปรุงการใช้งานตารางความสัมพันธ์กระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ เพื่อตัดความยุ่งยากในการแปลความต้องการในขั้นต่างๆ และความผิดพลาดที่อาจเกิดจากคนหรือผู้ใช้งานและอื่นๆ ข้างต้น ก่อนจะได้ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนที่ต้องการปรับปรุงแก้ไข โดยได้จัดทำตารางขึ้นมาใหม่เพื่อให้ทราบถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขซึ่งมาจากความต้องการของลูกค้าได้โดยตรง ซึ่งตารางที่จัดทำขึ้นใหม่นี้แบ่งออกเป็นสองตารางด้วยกัน คือ

1. ตารางเพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง
2. ตารางเพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง

โดยตารางที่ 5.5 เป็นตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องพ่นกึ่งสูญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง เป็นตารางที่ใช้ในการหาคุณสมบัติของเครื่องที่มาจากการประเมินของลูกค้า รวมกับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องของกลุ่มซึ่งมีผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตควบคู่กันไป เพื่อให้เครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ตรงความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้เป็นอย่างดี

ซึ่งข้อมูลจากคำถามที่ใช้เป็นหลักนั้นมาจากคำถาม ข้อ 8 ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน) เป็นคำถามเพื่อวัดระดับคุณภาพในด้านต่างๆ ของเครื่องพ่นกึ่งสูญญากาศและเติมแก๊ส ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความสามารถของเครื่อง อุปกรณ์ ขนาดเครื่อง การใช้งาน การพ่น เป็นต้น โดยให้ผู้รับการสอบถามทำการให้คะแนนในแต่ละหัวข้อโดยมีระดับคะแนน ตั้งแต่ 1 ถึง 10 ทำการให้คะแนนในเรื่องของระดับคุณภาพของเครื่องแบบปัจจุบัน ระดับคุณภาพของเครื่องที่คาดหวัง รวมไปถึงระดับคุณภาพที่ได้รับจากการใช้เครื่องพ่นกึ่งสูญญากาศและเติมแก๊สของบริษัทอื่นๆ ส่วนคำถามข้ออื่นๆ เกี่ยวกับปัญหาจากการใช้งาน ความปลอดภัยและอันตรายที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจในการหาวิธีแก้ปัญหา รวมไปถึงข้ออธิบายประกอบหรือขยายความการให้คะแนนในการวัดระดับคุณภาพด้านต่างๆ ของเครื่องในคำถามข้อที่ 8 ด้วย

การหาคุณสมบัติเครื่องพ่นกึ่งสูญญากาศและเติมแก๊สที่มีความสำคัญที่มาจากความต้องการของลูกค้าและประสิทธิภาพเครื่องของกลุ่มเพื่อเป็นหัวข้อในการปรับปรุงเครื่องนั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.5 โดยในช่องต่างๆ ของตารางสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กลุ่มคุณสมบัติเครื่อง ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยความสามารถเครื่อง อุปกรณ์ ขนาดเครื่อง การใช้งาน ความปลอดภัย การพ่น การบำรุงรักษา และอื่นๆ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนำมาจากแบบสอบถามข้อ 8 ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน) โดยเป็นหัวข้อหลักของคุณสมบัติของเครื่อง

2. คุณสมบัติเครื่อง ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย

- ความหลากหลายของการใช้งาน
- ความสามารถในการพ่นในแนวอื่นๆ
- ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์
- ความทนทานของอุปกรณ์
- ความสูงของเครื่อง

- ความกว้างของเครื่อง
- ความยาวของปากฉนิก
- การมองเห็นในการใช้งาน
- ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฉนิก
- ความปลอดภัยขณะใช้งาน
- ความร้อนในระหว่างใช้งานส่วนอื่นสูง
- ไฟฟ้ารั่ว ช็อค
- การรั่วซึมบริเวณรอยฉนิก
- รอยฉนิกประณีต
- ขนาดความเหมาะสมของรอยฉนิก
- ความง่ายในการทำความสะดวกเครื่อง
- ความง่ายในการปรับตั้งและเปลี่ยนชิ้นส่วน
- ความสวยงามภายนอก
- อื่นๆ

ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ได้นำมาจากแบบสอบถามโดยเป็นคุณสมบัติของเครื่องที่ได้ทำการระดมความคิดโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องฉนิกสุญญากาศและเดิมแก๊สที่คิดว่ามีความสำคัญต่อข้อมูลในการพัฒนาเครื่องและเป็นคุณสมบัติที่มีผลต่อการใช้งานและความพึงพอใจของลูกค้า โดยคุณสมบัติเหล่านี้ได้ถูกจัดเป็นหมวดหมู่ ตามกลุ่มของคุณสมบัติของเครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. คะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม โดยทั่วไปการให้คะแนนความสำคัญของกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพจะเป็นการให้คะแนนโดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านผลิตภัณฑ์ให้คะแนนในแต่ความต้องการของลูกค้า แต่เนื่องจากเป็นคะแนนที่มาจากทางผู้ผลิตหรือบริษัทเองทำให้คะแนนที่ได้ในแต่ละความต้องการของลูกค้าไม่ใช่คะแนนที่มาจากความต้องการของลูกค้าจริงๆ ดังนั้นจึงได้กำหนดการให้คะแนนความสำคัญดังแสดงในตารางที่ 5.5 นั้นเป็นคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่องที่มาจากแบบสอบถามซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้นั้นประกอบไปด้วยสองส่วนคือ

- คะแนนระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้ได้จากเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สในปัจจุบัน (Perception: P)
- คะแนนระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานคาดหวังจากการใช้เครื่อง (Expectation: E)

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนั้นหรือระดับคุณภาพจากทั้งสองแบบข้างต้น สามารถนำมาหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติเครื่องได้หลายวิธีด้วยกัน โดยแนวความคิดมาจากเครื่องมือที่เรียกว่า เซิร์ฟควอล (SERVQUAL) ซึ่งเป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการวัดระดับคุณภาพของงานบริการเข้ามาประยุกต์ใช้ได้ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความแตกต่างระหว่างการรับรู้ถึงระดับคุณภาพของบริการของลูกค้ากับระดับความคาดหวังในการบริการ นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาในการหาคุณภาพของการบริการเพิ่มขึ้นในหลายรูปแบบ โดยการหาระดับคุณภาพของการบริการมีวิธีการคำนวณ เช่น

- การหาความแตกต่างแบบผลต่างระหว่างคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานคาดหวัง

$$\text{จากสูตร} \quad \text{คุณภาพการบริการ} = P - E$$

หากค่าคุณภาพการบริการจากการคำนวณที่มีค่าเป็นบวก แสดงว่าคุณภาพของการบริการในปัจจุบันมีเกินกว่าความคาดหวัง แต่หากค่าที่ได้เป็นลบแสดงว่าระดับคุณภาพการบริการยังไม่มากถึงระดับที่คาดหวังไว้ หากค่าที่ได้เป็นศูนย์ แสดงว่าคุณภาพของการบริการนั้นได้ถึงระดับที่คาดหวังไว้

- การใช้คะแนนคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้อย่างเดียว ซึ่งนำเสนอโดย Cronin และ Taylor(1992)

- การวัดความแตกต่างโดยใช้อัตราส่วนระหว่างคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานคาดหวัง

จากสูตร คุณภาพการบริการ = P/E

หากค่าคุณภาพการบริการจากการคำนวณมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า คุณภาพของการบริการในปัจจุบันเกินกว่าความคาดหวังของลูกค้า หากค่าคุณภาพการบริการมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าระดับคุณภาพการบริการยังไม่มากถึงระดับที่คาดหวังไว้ หากค่าที่ได้เท่ากับ 1 แสดงว่าคุณภาพของการบริการนั้น ได้ถึงระดับที่คาดหวังไว้

นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอวิธีหาคะแนนในการวัดคุณภาพของการบริการอีกหลายวิธีโดย Teas (1993) ได้นำเสนอการวัดคุณภาพการบริการโดยหาความแตกต่างของค่าคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับค่าความเหมาะสมในอุดมคติ เป็นต้น

จากการวัดหาคุณภาพของการบริการด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดความแตกต่างโดยใช้อัตราส่วนระหว่างคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานคาดหวัง มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ เนื่องด้วยเหตุผลดังนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้คะแนนคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้โดยตรง พบว่าการใช้คะแนนคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้โดยตรง ทำให้ขาดมุมมองในเรื่องความคาดหวังของลูกค้า ทำให้ไม่ทราบระดับคุณภาพของการบริการที่เป็นเป้าหมายในการปรับปรุงหรือทำให้ทราบถึงความสำคัญของงานบริการในเรื่องนั้นๆ ที่มีผลต่อลูกค้าหรือผู้ใช้งาน

2. เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีความแตกต่างแบบผลต่างของคะแนนซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายนั้น วิธีการแบบอัตราส่วนช่วยแก้ปัญหาบางอย่างของวิธีความแตกต่างแบบผลต่างของคะแนนได้ ดังตัวอย่างการคำนวณนี้

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบการวัดระดับคุณภาพโดยใช้วิธีความแตกต่างของคะแนนกับวิธีแบบอัตราส่วน

ลูกค้า	ก	ข
คะแนนความคาดหวัง	4	8
คะแนนการรับรู้	3	7
วิธีความแตกต่างของคะแนน	-1	-1
วิธีแบบอัตราส่วน	0.75	0.87

จากตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าหากใช้วิธีความแตกต่างแบบผลต่างของคะแนนนั้นค่าที่ได้จะมีค่าเท่ากันทั้งที่ค่าที่ใช้ในการคำนวณไม่เหมือนกันทำให้ยากที่จะตัดสินใจว่าระดับคุณภาพของการบริการในลูกค้า ก และ ข อยู่ในระดับใด แต่ถ้าหากใช้วิธีแบบอัตราส่วนเข้ามาใช้นั้นจะช่วยลดปัญหาเรื่องนี้ลงเนื่องจากค่าที่ได้จากการคำนวณได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันทำให้ชี้ถึงระดับของการบริการได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเมื่อค่าของความแตกต่างของคะแนนเท่ากัน ถ้าคะแนนความคาดหวังสูงจะทำให้ ระดับคุณภาพสูงตามไปด้วย ซึ่งเหตุผลดังกล่าวจึงได้นำวิธีแบบอัตราส่วนมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยเพื่อหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่อง

แต่เนื่องจากสูตรในการคำนวณด้วยวิธีแบบอัตราส่วนนี้มีสูตร P/E ทำให้ผลของการคำนวณที่ออกมา นั้น ค่าที่มีค่ามากเป็นค่าที่แสดงว่าการบริการดีหรือการบริการค่อนข้างตรงกับ ความคาดหวังของลูกค้ามาก ส่วนค่าที่คำนวณออกมามีค่าน้อยๆ แสดงว่าการบริการยังไม่เพียงพอ หรือยังไม่ตรงกับที่ลูกค้าคาดหวังหรือเป็นการบริการที่ควรทำการปรับปรุงนั่นเอง ซึ่งงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องทำการจัดเรียงความต้องการของลูกค้าในช่องคะแนนความสำคัญ โดยถ้าความต้องการของลูกค้าในเรื่องใดมีค่ามากหรือการตอบสนองความต้องการในด้านนั้นๆ ยังไม่ดีพอค่าคะแนนความสำคัญจะมีค่ามาก และถ้าความต้องการของลูกค้าในเรื่องใดมีค่าน้อยหรือการตอบสนองความต้องการในด้านนั้นๆ ค่อนข้างดี ค่าคะแนนที่ได้ก็จะต้องมีค่าคะแนนความสำคัญน้อยไปด้วย ซึ่งตรงกันข้ามกับการวัดความแตกต่างของคะแนนโดยใช้อัตราส่วน(P/E) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงสูตรในการคำนวณใหม่เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการมองหาคุณสมบัติของเครื่องฟินิกส์สุญญากาศ และเติมแก๊สที่ควรปรับปรุงแก้ไขซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่องฟินิกส์สุญญากาศและเติมแก๊สมีดังนี้

$$\text{คะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่อง}_j = \left\{ \prod_{i=1}^{n_j} (E_{ij} / P_{ij}) \right\}^{1/n_j}$$

โดย E_{ij} = คะแนนระดับความคาดหวังของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

P_{ij} = คะแนนระดับการรับรู้ของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

n_j = จำนวนของลูกค้า

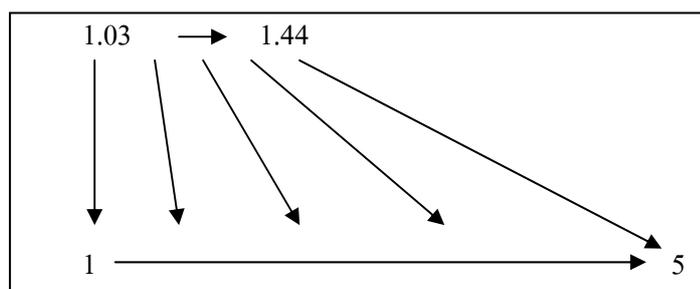
จากสูตรคะแนนความสำคัญดังกล่าว หากค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าคุณสมบัติของเครื่องในปัจจุบันยังไม่ตรงกับความคาดหวังของลูกค้าหรือกล่าวได้ว่าคุณสมบัติของเครื่องควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขหรือควรได้รับการพัฒนา โดยค่าของคะแนนนั้นค่ายิ่งมากแสดงว่าความแตกต่างระหว่างคะแนนความคาดหวังกับคะแนนของคุณสมบัติเครื่องในปัจจุบันนั้นมีค่า

ต่างกันมากตามไปด้วยและควรได้รับการพัฒนาหรือแก้ไขเป็นอันดับแรกๆ หากค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าคุณสมบัติเครื่องด้านนั้นมีคุณภาพหรือประสิทธิภาพเกินกว่าความคาดหวังของลูกค้า หากค่าจากการคำนวณเท่ากับ 1 แสดงว่าคุณสมบัติของเครื่องด้านนั้นในปัจจุบันตรงกับความคาดหวังของลูกค้าหรือตรงกับความต้องการของลูกค้าแล้ว โดยจะใช้สูตรนี้คำนวณหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่องดังแสดงได้ในตารางที่ 5.6

4. บริษัทกรณีศึกษา ช่งนี้เป็นช่งที่ใส่คะแนนความสามารถเครื่องในด้านต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนที่ได้มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องพริกสุญญากาศและเติมแก๊สภายในบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนที่ใส่ในช่งนี้ มีคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนนน้อยแสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ ต่ำ ส่วนคะแนนมาก แสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ สูง

5. บริษัท 1 บริษัท 2 บริษัท 3 บริษัท 4 เป็นช่งของการใส่คะแนนความสามารถของเครื่องในด้านต่างๆ ของบริษัทคู่แข่งทั้ง 4 บริษัท โดยคะแนนที่ได้มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องพริกสุญญากาศและเติมแก๊สภายในบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนที่ใส่ในช่งนี้ มีคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนนน้อย แสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ ต่ำ ส่วนคะแนนมาก แสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ สูง

6. คะแนนความสำคัญที่แปลงค่า เป็นการแปลงคะแนนความสำคัญจากแบบสอบถามเพื่อให้เหมาะสมในการวิจัย ซึ่งคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม มีผลกระทบต่องานวิจัยเพราะต้องนำไปใช้ร่วมกับคะแนนความสามารถเครื่องที่มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในบริษัทกรณีศึกษา และบริษัทคู่แข่งอื่นๆ โดยคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามนั้นมีช่วงคะแนนที่ค่อนข้างแคบและน้อยกว่าคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่งอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นถ้าจะนำคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม มาใช้นั้นย่อมมีผลต่องานวิจัยอย่างแน่นอน จึงได้จัดทำการแปลงคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม เป็นคะแนนความสำคัญที่แปลงค่าเพื่อให้เหมาะสมต่องานวิจัยนี้ โดยเมื่อนำไปใช้กับคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่ง ซึ่งจะทำให้การแปลงคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม ให้มีคะแนนในช่วง 1-5 เช่นเดียวกับคะแนนที่ใช้ประเมินในด้านคู่แข่ง โดยคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามที่มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 1.03 ส่วนที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.44



โดยมีสูตรการแปลงคะแนนความสำคัญดังนี้

$$\text{คะแนนความสำคัญที่แปลงค่า} = 1 + \left[\frac{(x - \min) * 4}{(\max - \min)} \right]$$

โดย x = คะแนนความสำคัญเดิม

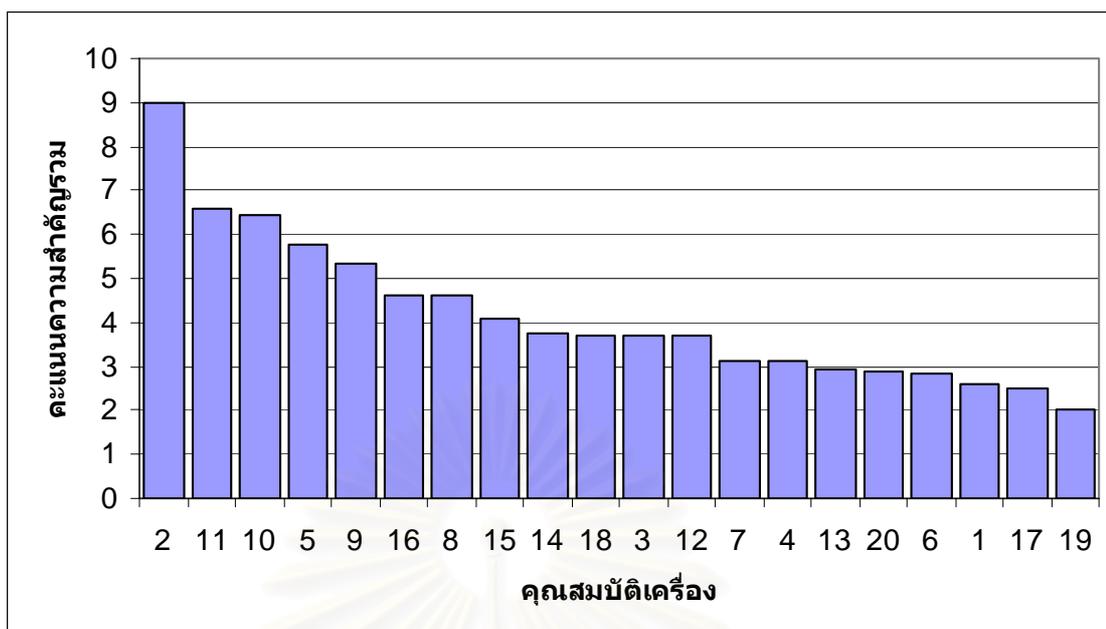
\max = คะแนนความสำคัญมากที่สุด

\min = คะแนนความสำคัญน้อยที่สุด

7. Gap_{Max} เป็นคะแนนที่เป็นอัตราส่วนระหว่างคะแนนของบริษัทคู่แข่งอื่นๆ ที่มีคะแนนสูงที่สุดในแต่ละคุณสมบัติ กับคะแนนของบริษัทกรณีศึกษา เพราะคะแนนของบริษัทคู่แข่งที่มีคะแนนในคุณสมบัติอื่นๆ สูงถือเป็นเป้าหมายในการพัฒนาเครื่องเพื่อให้เครื่องที่พัฒนา มีความสามารถเทียบเท่ากับคู่แข่งที่เหนือกว่า ส่วนที่เลือกใช้คะแนนแบบอัตราส่วนนั้นมีเหตุผล เช่นเดียวกับการหาคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม

8. คะแนนความสำคัญรวม เป็นคะแนนที่เกิดจากการรวมกันของคะแนนความสำคัญที่แปลงค่ากับค่า Gap_{Max} เพื่อให้มองเห็นคุณสมบัติของเครื่องที่ควรนำมาปรับปรุงเพื่อให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าในอันดับต้นๆ รวมทั้งยังมองไปถึงคุณสมบัติของเครื่องรุ่นปัจจุบันที่ยังมีประสิทธิภาพด้อยกว่าคู่แข่งอันดับต้นๆ ควบคู่กันไปด้วย

จากตารางที่ 5.5 สามารถเลือกคุณสมบัติของเครื่องที่ควรได้รับการปรับปรุงโดยดูจากคะแนนในช่องคะแนนความสำคัญรวม ซึ่งเป็นคะแนนที่มาจากสองส่วนคือส่วนของลูกค้า และอีกส่วนหนึ่งมาจากคะแนนของคู่แข่ง ซึ่งเป็นปัจจัยในการเลือกคุณสมบัติของเครื่องที่ควรได้รับการปรับปรุง โดยงานวิจัยนี้จะเลือกคุณสมบัติของเครื่องโดยทำการเรียงลำดับคะแนนความสำคัญรวมจากมากไปหาน้อย แล้วทำการเลือกคุณสมบัติ ซึ่งผลการเลือกคุณสมบัติเครื่องที่ได้ นั่นคือจะเลือก 7 อันดับแรกของคะแนนผลรวมมาทำการปรับปรุง เนื่องจากคิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนคุณสมบัติทั้งหมด อีกทั้งคะแนนผลรวมของอันดับ 7 และ 8 ค่อนข้างห่างกัน เมื่อเทียบกับความห่างของคะแนนของลำดับอื่นๆ สำหรับคุณสมบัติที่ถูกเลือกเพื่อนำมาปรับปรุงมีดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม

	คะแนนผลรวม
1. ความสามารถในการพ่นในแนวอื่นๆ	9.00
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	6.57
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะพ่น	6.45
4. ความสูงของเครื่อง	5.79
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	5.31
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยพ่น	4.64
7. การมองเห็นในการใช้งาน	4.63

5.4 การหาชิ้นส่วนของเครื่องพ่นอุตสาหกรรมและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนา

ภายหลังจากการเลือกคุณสมบัติของเครื่องที่ควรได้รับการปรับปรุงแล้ว ต่อมาคือการหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรทำการพัฒนาปรับปรุงแก้ไข โดยนำคุณสมบัติของเครื่องที่ถูกเลือกทั้ง 7 คุณสมบัติ มาหาความสัมพันธ์กับอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องโดยใช้ตารางที่ 5.7 ซึ่งเป็นตัวช่วยในการหาชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติในด้านนั้น ทำให้สามารถมองหาชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติได้อย่างครอบคลุม ทำให้เกิดความรวดเร็วในการค้นหาส่วนที่ควรแก้ไข และทำให้เลือกแก้ปัญหาได้ตรงจุด

จากตารางที่ 5.7 สามารถอธิบายการใช้งานในแต่ละช่องเพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขได้ดังนี้

1. กลุ่มคุณสมบัติ เป็นกลุ่มของคุณสมบัติของเครื่องที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันที่ถูกคัดเลือกมาจากการหาคุณสมบัติของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง
2. คุณสมบัติเครื่อง เป็นคุณสมบัติย่อยทั้ง 7 คุณสมบัติ ที่ถูกคัดเลือกมาจากการหาคุณสมบัติของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง
3. ระบบ สำหรับระบบของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สประกอบไปด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ
 - ระบบดูดและเติมอากาศ
 - ระบบให้ความร้อนและพนัก
 - ระบบหนีบ
 - โครงสร้าง

โดยจะทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างระบบกับอุปกรณ์เพื่อบ่งบอกถึงหน้าที่ของอุปกรณ์ต่อเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊ส

4. อุปกรณ์ คือ อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊ส เช่น สปริง กระจกกกลม ฮีตเตอร์ เป็นต้น

5. กลุ่มอุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ กลุ่มอุปกรณ์ที่มีการทำงานร่วมกันหรือเกี่ยวข้องกัน เช่น กลุ่มของยางเส้น สปริง Upper Clip และ Lower Clip ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ในการหนีบปากถุงพลาสติกที่ใช้ทำการพนักให้อยู่กับที่และไม่ให้อากาศเข้าหรือออกระหว่างทำการพนัก เป็นต้น

6. คะแนนความสัมพันธ์ คะแนนความสัมพันธ์ที่ใส่ลงไปในตารางที่ 5.7 เป็นคะแนนที่เกิดจากการประเมินของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊ส โดยเป็นคะแนนความสัมพันธ์ระหว่าง คุณสมบัติของเครื่องกับกลุ่มของอุปกรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปคะแนนความสัมพันธ์นี้จะเกิดจากประเมินความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันในแต่ละเรื่องของคุณสมบัติของเครื่องกับกลุ่มอุปกรณ์ ซึ่งในบางครั้งการประเมินแบบนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เช่น อุปกรณ์หนึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเครื่องหลายอย่างทำให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญของอุปกรณ์ที่ได้มีคะแนนสูงมากทำให้อุปกรณ์นี้ถูกได้รับเลือกให้ปรับปรุงหรือแก้ไข หากมองอีกแนวทางหนึ่งอุปกรณ์นี้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเครื่องจริงแต่อุปกรณ์นี้ไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของลูกค้าเลยแต่กลับได้รับการรับเลือกให้ทำการปรับปรุงหรือแก้ไข ดังนั้นการแก้ไขปัญหาก็คือการทำให้คะแนนความสัมพันธ์นี้ จะทำโดยให้คะแนน

ความสัมพันธ์กับอุปกรณ์ที่ส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นๆ ซึ่งการให้คะแนนความสัมพันธ์มีดังนี้

คะแนน 1 คือ กลุ่มของอุปกรณ์นั้นส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นน้อย

คะแนน 3 คือ กลุ่มของอุปกรณ์นั้นส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นปานกลาง

คะแนน 9 คือ กลุ่มของอุปกรณ์นั้นส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นสูง

7. คะแนนความสำคัญรวม คือ คะแนนที่เป็นการรวมกันของคะแนนความสำคัญที่แปลงค่า กับ Gap_{Max} ซึ่งมาจากคุณสมบัติของเครื่องที่ถูกเลือกจากรางการหาคุณสมบัติของเครื่องชนิดสูญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง

จากรายที่ 5.7 นั้นสามารถสรุปขึ้นส่วนที่มีผลกับแต่ละคุณสมบัติเครื่องได้ดังนี้

1. ความสามารถในการพ่นในแนวอื่น ๆ ขึ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ตู้
2. ความสูงของเครื่อง ขึ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ตู้
3. การมองเห็นในการใช้งาน ขึ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากพ่นกบนล่าง
4. ลักษณะท่าทางในการใช้งาน ขึ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากพ่นกบนล่าง
 - ตู้
5. ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะพ่น ขึ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ตู้
6. ความปลอดภัยขณะใช้งาน ขึ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดหนีบ ประกอบด้วย ยางเส้น สปริง ตัวหนีบบน ตัวหนีบล่าง
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากพ่นกบนล่าง

7. ขนาดความเหมาะสมของรอยฟันึก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดปากฟันึกบนล่าง

5.5 การหาแนวคิดในการออกแบบเครื่องฟันึกสูญญากาศและเติมแก๊ส

จากขั้นตอนข้างต้น มีการสรุปชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติของเครื่องในแต่ละคุณสมบัติ ทำให้ทราบถึงชิ้นส่วนที่มีผลกระทบหรือควรได้รับการปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของลูกค้าในคุณสมบัติเครื่องนั้นๆ ซึ่งทำให้ง่ายในการพิจารณาในการแก้ปัญหาและทำให้แก้ปัญหาได้ตรงจุด สามารถมองชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อนี้ๆ ได้อย่างทั่วถึง ซึ่งจากคุณสมบัติทั้ง 7 คุณสมบัติที่ถูกเลือก และชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อนี้ๆ ได้จากหัวข้อ 5.4 นั้น สามารถนำมาหาแนวคิดในการแก้ปัญหาในคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยอาศัยหลักการและแนวคิดการในออกแบบแบบผลิตภัณ์ ซึ่งแนวคิดหลักที่ถูกนำมาใช้ช่วยในการแก้ปัญหา ปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องคือ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch : TRIZ) ซึ่งทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมนี้ มีหลักการที่เป็นคำแนะนำสามัญทั่วไปทั้งหมด 40 หลักการที่สามารถพัฒนาแนวคิดในการแก้ปัญหาทางเทคนิคทุกปัญหาได้มากมาย แต่การดำเนินการตามแนวคิดที่เลือกไว้ยังคงเป็นงานของวิศวกร โดยปกติทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมนี้จะมีวิธีหรือการใช้อยู่ 2 แนวทาง คือ

1. ใช้ตารางข้อขัดแย้งในการหาหลักการสำหรับการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด
2. อ่านหลักการสำหรับการแก้ปัญหาทุกข้อ แล้วเลือกข้อที่เหมาะสมที่สุด

โดยผู้วิจัยได้เลือกแนวทางที่ 2 มาช่วยในการแก้ปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะแนวทางที่ 2 เหมาะสมกับข้อมูลที่มีในการวิจัยนี้เพราะงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการวิเคราะห์ข้อขัดแย้งของคุณสมบัติเครื่องบนตารางที่ 5.5 และ 5.7 และคุณสมบัติของเครื่องส่วนใหญ่จะมีทิศทางไปทางเดียวกัน โดยสามารถสร้างแนวคิดหรือวิธีการในการแก้ปัญหาในแต่ละคุณสมบัติทั้ง 7 คุณสมบัติ นอกจากแนวคิดจากทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมแล้ว ผู้วิจัยได้ยังผสมแนวคิดในการมองถึงการแก้ปัญหาของคุณสมบัติต่างๆ เข้าไปอีกด้วย โดยมีแนวคิดของการมองเพื่อแก้ไข ปรับปรุงชิ้นส่วนเป็นลำดับ โดยเริ่มมองการแก้ปัญหาจาก(ดูตารางที่ 5.7 ประกอบ)

1. ชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่อง
2. กลุ่มของชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่อง
3. ชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนข้างเคียงของชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่องในระบบเดียวกัน
4. ระบบที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่อง

นอกจากนี้การแก้ปัญหาในแต่ละคุณสมบัตินั้น ไม่จำเป็นต้องแก้ปัญหาทุกชิ้นส่วนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณสมบัติ เพียงแต่พยายามมองถึงการแก้ปัญหาให้สำเร็จและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ เพราะในบางกรณีการแก้ปัญหาเพียงชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติ ก็อาจช่วยแก้ปัญหาหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเครื่องด้านนั้นๆ ได้แล้ว ไม่จำเป็นต้องแก้ปัญหาในทุกๆ ชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบเพราะจะทำให้เสียเวลาและอาจเพิ่มต้นทุนในการผลิต แต่อาจจะมีการปรับปรุงชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบได้แต่เพื่อให้มีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มความสามารถของเครื่องมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากแนวคิดทั้งหมดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาข้างต้นสามารถนำมาหาแนวคิดในการแก้ไข ปรับปรุงเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สให้ตอบสนองคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้ดังนี้

5.5.1 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสามารถในการพ่นในแนวอื่นๆ

เพื่อให้เครื่องสามารถทำการพ่นได้ในแนวอื่นๆ โดยสามารถปรับองศาของปากพ่นเพื่อใช้ในการพ่นได้ตามความต้องการ ซึ่งการปรับองศาของปากพ่นได้นั้นเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน 2 ชิ้นส่วน อันได้แก่ชุดฝาบนฝาล่าง และตู้ สามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 13.ข ทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวของวัตถุหรือของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นิ่งกับที่ และให้ส่วนที่อยู่นิ่งกับที่ เคลื่อนไหว

ข้อที่ 17.ก เปลี่ยนการเคลื่อนไหวหรือการจัดหนึ่งมิติของวัตถุเป็นสองมิติ จากสองมิติเป็นสามมิติ

ภายหลังจากนำหลักการทั้งหมดมารวมกันทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้ โดยเปลี่ยนจากชุดฝาบนฝาล่างที่อยู่กับที่ให้มีการเคลื่อนไหวและสามารถเปลี่ยนองศาในการพ่นได้

แนวคิดที่ 2 เปลี่ยนจากตู้เป็นฐานรองชุดฝาบนฝาล่างแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา โดยเปลี่ยนฐานรองเป็นแบบเสาที่มีจุดหมุนด้านบนซึ่งทำให้ฝาบนฝาล่างเปลี่ยนองศาการพ่นได้

5.5.2 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสูงของเครื่อง

ความสูงของเครื่องมีผลต่อการใช้งานเครื่องเป็นอย่างมาก เครื่องควรมีความสูงที่พอเหมาะกับการใช้งาน สามารถปรับระดับความสูงให้เหมาะกับการใช้งานได้ โดยชิ้นส่วนที่มีผลต่อความสูงของเครื่องได้แก่ ชุดฝานบนฝาล่าง และตู้ ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 3.ก แต่ละส่วนของวัตถุควรอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้งาน

ข้อที่ 35.ก เปลี่ยนระดับชั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากนำหลักการทั้งหมดมารวมกันทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องพนักศัลยกรรมกระดูกและเติมแก้สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ปรับปรุงชุดฝานบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงลดลงมากที่สุด เพื่อให้สามารถไปตั้งบนที่รองรับอื่นๆ ได้ตามต้องการ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 2 ปรับปรุงชุดฝานบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 3 ปรับปรุงชุดฝานบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและเปลี่ยนตู้เป็นฐานรองแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา ที่สามารถปรับความสูงได้ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

5.5.3 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

การมองเห็นในการใช้งานมาจากส่วนของช่องว่างของระยะห่างปากพนักบนและล่าง นอกจากนี้ยังเนื่องมาจากส่วนของด้านบนของเครื่องมีลักษณะทึบ ไม่สามารถให้แสงส่องลงมาเพื่อช่วยในการมองระหว่งการใช้งานเครื่องได้ โดยส่วนที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นนี้มาจากส่วนที่เป็นปากพนักบนและล่าง และส่วนที่เป็นฝานบนและฝาล่างซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการติดตั้งปากพนัก ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 1.ก แบ่งวัตถุออกเป็นส่วนแยกอิสระต่าง ๆ

ข้อที่ 2.ข สกัดออกเฉพาะส่วนหรือลักษณะสมบัติที่จำเป็นเท่านั้น

ภายหลังจากนำหลักการทั้งหมดมารวมกันทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องพ่นกึ่งสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ปรับฝาบนและฝาล่างให้มีระยะห่างของปากพ่นกับบนและล่างให้ห่างกันมากขึ้น และเจาะช่องด้านบนของฝาบนเพื่อให้แสงจากด้านบนผ่านได้

แนวคิดที่ 2 แยกปากพ่นออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากพ่นให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

5.5.4 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องลักษณะท่าทางในการใช้งาน

ท่าทางในการใช้งานสำหรับใช้งานเครื่องในปัจจุบัน คือ การใช้งานในท่ายืนและยกผลิตภัณฑ์เพื่อทำการพ่น โดยท่าทางในการใช้งานนี้ยังมีผลมาจากความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งานด้วย โดยวิธีในการปรับปรุงจะเกี่ยวเนื่องกับการปรับปรุงความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยจะต้องมีการปรับเปลี่ยนความสูงให้เหมาะสมกับการทำงานทั้งท่ายืนและท่านั่งในการพ่น อีกทั้งยังต้องสามารถมองเห็นระหว่างพ่นได้ดีอีกด้วย ซึ่งแนวคิดในการแก้ปัญหาในเรื่องนี้จะนำไปมีส่วนในการสร้างแนวคิดในเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยแนวคิดของการปรับปรุงเครื่องในเรื่องนี้จะคล้ายตามแนวคิดเรื่องความสูงของเครื่องและการมองเห็นในการใช้งาน

5.5.5 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะพ่น

เนื่องจากเครื่องในรุ่นปัจจุบันยังไม่มีชิ้นส่วนนี้ จึงควรมีการปรับปรุงเครื่องโดยสร้างถาดวางผลิตภัณฑ์ติดกับตู้ นอกจากนี้ควรสามารถปรับระดับความสูงของถาดวางได้เพื่อให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำการพ่น

ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่อง โดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาคือ ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับชั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากได้หลักการ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องพ่นกึ่งสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

5.5.6 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ความปลอดภัยขณะใช้งานเครื่องนั้นควรปรับปรุง 2 จุดด้วยกันคือ

5.5.6.1 ด้านหลังเครื่อง

เนื่องจากด้านหลังของเครื่องนั้นมีช่องว่างระหว่างฝาดบนและฝาดล่างอยู่มากพอที่นิ้วมือจะเข้าไปได้ทำให้อาจจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้เวลาทำการพริกซึ่งมีการเคลื่อนที่ของฝาดบนและฝาดล่าง ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 13.ข ทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวของวัตถุหรือของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นิ่งกับที่ และให้ส่วนที่อยู่นิ่งกับที่เคลื่อนไหว

ภายหลังจากได้หลักการทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องพริกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำฝาดบนและฝาดล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากพริกเคลื่อนที่

แนวคิดที่ 2 ทำให้ช่องว่างด้านหลังลดลงให้แคบที่สุดหรือไม่ทำให้อวัยวะส่วนหนึ่งส่วนใดเข้าไปได้

5.5.6.2 ด้านหน้าเครื่อง

เนื่องจากการพริกต้องทำการใส่ถุงไปที่ปากพริก โดยไม่สามารถกำหนดระยะในการใส่ได้ ทำให้บางครั้งอาจใส่ลึกเกินไปทำให้เกิดการหนีบมือขึ้นได้ ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับชั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากได้หลักการ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องพริกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการพริก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป

5.5.7 ขนาดความเหมาะสมของรอยฟันึก

เนื่องจากปากฟันึกของเครื่องปัจจุบันมีเพียงขนาดเดียว และไม่สามารถเปลี่ยนไปใช้ขนาดอื่นที่เหมาะสมกับขนาดถุง ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องก็คือ

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับชั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากได้หลักการ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องฟันึกสูญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 สร้างปากฟันึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

5.6 การเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องฟันึกสูญญากาศและเติมแก๊ส

จากแนวคิดที่ได้ในแต่ละคุณสมบัติจากหัวข้อ 5.5 นั้น บางคุณสมบัติมีแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องมากกว่า 1 แนวคิด ทำให้จำเป็นต้องมีวิธีในการตัดสินใจในการเลือกเพียงแนวคิดเดียวในแต่ละคุณสมบัติเพื่อนำมาทำการปรับปรุงเครื่องฟันึกสูญญากาศและเติมแก๊สเนื่องจากไม่สามารถใช้ทุกๆ แนวคิดในแต่ละคุณสมบัติแก้ปัญหาพร้อมกันได้ โดยในการเลือกแนวคิดนั้นจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสามารถในแต่ละแนวคิด ซึ่งสิ่งที่ใช้วัดความสามารถของแต่ละแนวคิดนั้นมาจากการรวบรวมหลักการในการของการออกแบบมาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยได้นำหลักการพื้นฐานของการออกแบบสำหรับการผลิตแบบประหยัดของ J.G. Bralla : 1986 และบัญชีการรวบรวมความคิดด้านผลิตภัณฑ์ของ Kevin N. Otto และ Kristin L. Wood : 2001 ซึ่งเป็นคำถามที่ใช้ถามภายหลังจากการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบเสร็จแล้วอีกครั้งหนึ่ง รวมไปถึงสิ่งที่ทางผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องฟันึกสูญญากาศและเติมแก๊สได้คิดว่ามีผลต่อความสามารถของเครื่องที่ควรพิจารณา โดยนำหลักการทั้งหมดนี้มาประสมหาสิ่งที่ใช้วัดความสามารถของแต่ละแนวคิด ซึ่งสิ่งที่ใช้วัดความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดมีดังนี้

1. ความสามารถในการตอบสนองความต้องการหรือคุณสมบัติ
2. ต้นทุนที่ใช้ในการปรับปรุง
3. ความยากง่ายในการปรับปรุง
4. การใช้วัสดุมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด

5. ความปลอดภัย
6. ความแข็งแรง
7. ความสะดวกในการใช้งาน
8. ความง่ายในการบำรุงรักษา
9. ความยืดหยุ่นของส่วนที่ทำการปรับปรุง เช่น ปรับความสูงให้เหมาะกับการใช้งาน

โดยสิ่งที่ใช้วัดแนวคิดทั้ง 9 นี้ จะมีการประชุมให้คะแนน โดยมีคะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนน ซึ่ง คะแนนน้อย แสดงถึง แนวคิดนั้นยังไม่สามารถตอบสนองหรือยังขาดความสามารถในด้านที่ใช้วัด ส่วน คะแนนมาก แสดงถึง แนวคิดนั้น สามารถตอบสนองหรือมีความสามารถในด้านที่ใช้วัดในแต่ละเรื่องได้ดี โดยความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดจะดูจากคะแนนรวมของคะแนนของตัวที่ใช้วัดในแต่ละแนวคิด หากแนวคิดใดในแต่ละคุณสมบัติมีคะแนนมากที่สุดจะถูกเลือกมาใช้ในการปรับปรุงเครื่อง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.8



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 ตารางเปรียบเทียบแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องฟกสุญญากาศและเติมแก๊สในแต่ละคุณสมบัติ

การปรับปรุง	ความเหมาะสมของ การมอง	ต้นทุน ต่ำ	ความง่าย ในการ ปรับปรุง	ผลกระทบต่อ ผู้ใช้	ความปลอดภัย	ความ คงทน	ความ แข็งแรง	ความ ยืดหยุ่น ในการ ใช้งาน	ความ ง่าย ในการ บำรุง รักษา	ความ เชื่อถือ ได้	รวม
ความสามารถในการฟกแก๊สอื่นๆ											
1. ทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่างกับตู้	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
2. เปลี่ยนฐานรองจากตู้เป็นแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา	5	3	4	4	4	4	4	4	4	5	37
ความสูงของเครื่อง											
1. ปรับชุดฝาบนฝาล่างให้ความสูงลดลง + ปรับความสูงตู้ให้สูงน้อยสุด	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	42
2. ปรับชุดฝาบนฝาล่างให้ความสูงลดลง + ปรับความสูงตู้ให้สามารถเพิ่มลดความสูงได้	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	44
3. ปรับชุดฝาบนฝาล่างให้ความสูงลดลง + เปลี่ยนฐานรองเป็นแบบเสาที่ปรับความสูงได้	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	39
การมองเห็นในการใช้งาน											
1. ปรับฝาบนฝาล่างให้ความกว้างของปากฟกเพิ่มขึ้น + เจาะช่องด้านบนของฝาบน	4	5	5	5	3	3	5	4	1	1	35
2. แยกปากฟกออกจากฝาบนฝาล่าง + เพิ่มความกว้างของปากฟก + ลดชุดครอบด้านบนให้ขนาดลดลง	5	4	4	5	5	4	5	5	5	1	38
ความปลอดภัยขณะใช้งาน(ด้านหลังเครื่อง)											
1. ทำฝาบนฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากฟกเคลื่อนที่	5	4	4	5	5	5	5	5	5	2	40
2. ทำช่องว่างด้านหลังให้มีขนาดเล็กลง	5	5	5	5	3	5	5	4	1	1	38

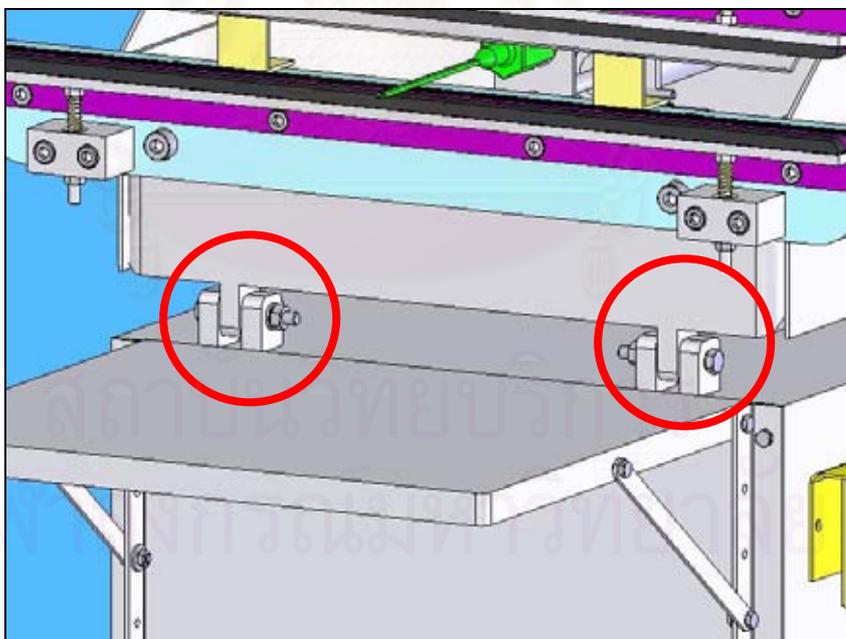
จากตาราง 5.8 สามารถสรุปแนวคิดที่ใช้ในการปรับปรุงเครื่องในแต่ละคุณสมบัติได้ดังนี้

1. ความสามารถในการพ่นในแนวอื่นๆ
แนวคิดที่เลือก คือทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้
2. ความสูงของเครื่อง
แนวคิดที่เลือก คือปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์
3. การมองเห็นในการใช้งาน
แนวคิดที่เลือก คือแยกปากพ่นออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากพ่นให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้
4. ลักษณะท่าทางการใช้งาน
แนวคิดที่เลือก เหมือนกับ เรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน ซึ่งมีการผสมเรื่องท่าทางการใช้งานอยู่ในแนวคิดนั้นแล้ว
5. ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะพ่น
แนวคิดที่เลือก คือทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้
6. ความปลอดภัยขณะใช้งาน
ด้านหลังเครื่อง
แนวคิดที่เลือก คือทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากพ่นเคลื่อนที่
ด้านหน้าเครื่อง
แนวคิดที่เลือก คือทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการพ่น โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป
7. ขนาดความเหมาะสมของรอยพ่น
แนวคิดที่เลือก คือสั่งทำปากพ่นหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

5.7 การสร้างแบบเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สจากแนวคิดที่เลือก

จากแนวคิดของคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่ถูกเลือกในหัวข้อ 5.6 จะนำมาออกแบบโดยผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะทำการออกแบบโดยยึดหลักแนวคิดที่ถูกเลือกเป็นหัวข้อหรือโจทย์ในการปรับปรุงเครื่อง โดยขึ้นส่วน อุปกรณ์ และสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากจุดที่จะทำการปรับปรุงจะคงของเดิมไว้ ซึ่งการปรับปรุงเครื่องครั้งนี้จะเป็นการปรับปรุงเครื่องหรือแก้ปัญหาเครื่องโดยปรับปรุงที่จุดหรืออุปกรณ์ที่เป็นปัญหาโดยตรง และจะทำการออกแบบเครื่องให้เหมาะสมกับแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติ มีการกำหนดขนาด เลือกว่าวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทำ เพื่อให้แต่ละแนวคิดออกมาเป็นแบบที่สมบูรณ์ และพร้อมที่จะนำไปผลิตต่อไปในอนาคตได้ โดยอาศัยหลักการที่ช่วยในการออกแบบต่างๆ เช่น การออกแบบเพื่อการประกอบ เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงแบบที่ออกมาจากแนวคิดต่างๆ ในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้โปรแกรม Solid Works ซึ่งมีจุดเด่นในการแสดงผลแบบ 3 มิติ ทำให้สามารถเข้าใจแบบที่มาจากแนวคิดได้ดี โดยสามารถแสดงแบบที่มาจากแนวคิดได้ดังนี้

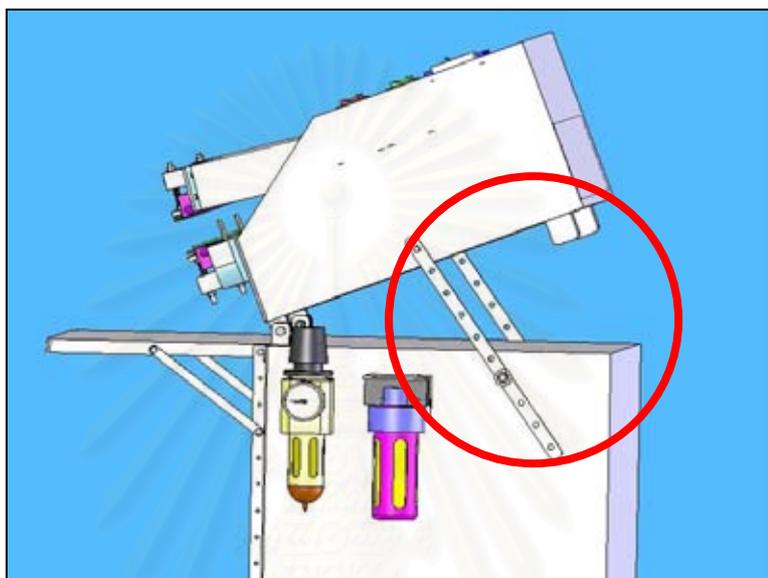
5.7.1 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการพนักในแนวอื่นๆ แนวคิดที่เลือก คือทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้



รูปที่ 5.2 แสดงจุดหมุนในการปรับองศาปากพนักของแบบที่สร้างจากแนวคิด

จากแนวคิดเรื่องการทำจุดหมุนด้านหน้าเครื่องระหว่างฝาบनฝาล่างกับตู้ สามารถ ออกแบบชิ้นส่วนที่ใช้เพื่อเป็นจุดหมุนในการปรับองศาเครื่อง โดยให้สามารถปรับองศาได้ตาม ความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งได้ปรับปรุงเครื่อง 2 จุดด้วยกัน คือ

1. ทำจุดหมุนระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้ ด้านหน้าทั้งสองข้าง
2. ทำตัวช่วยในการปรับองศาข้างเครื่องทั้งสองข้าง



รูปที่ 5.3 แสดงตัวช่วยในการปรับองศาปากฉนักของแบบที่สร้างจากแนวคิด

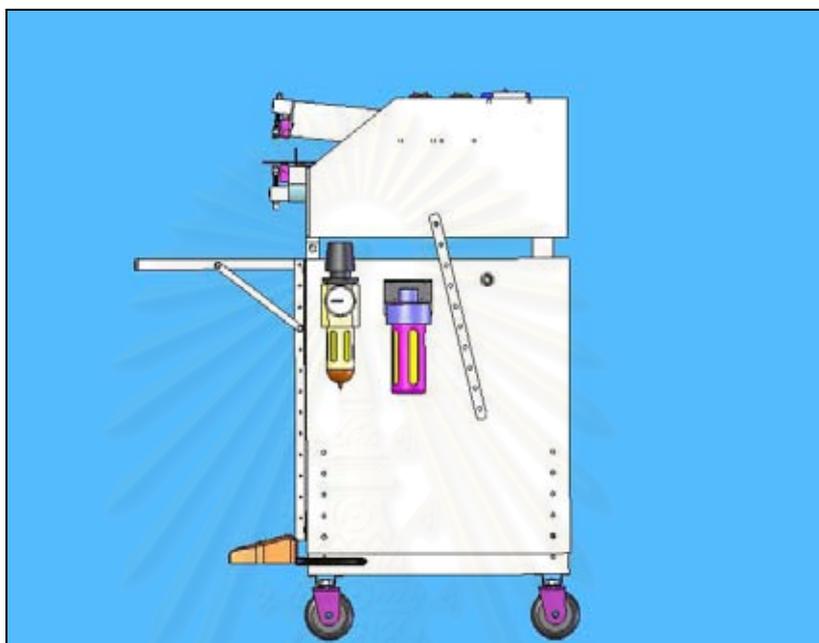
สำหรับการใช้งาน ให้ยกด้านหลังเครื่องส่วนบนขึ้นเพื่อปรับองศาปากฉนักให้ได้ ตามต้องการ แล้วล็อกตัวช่วยในการปรับองศาข้างเครื่องทั้งสองข้าง

5.7.2 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความสูงของเครื่อง

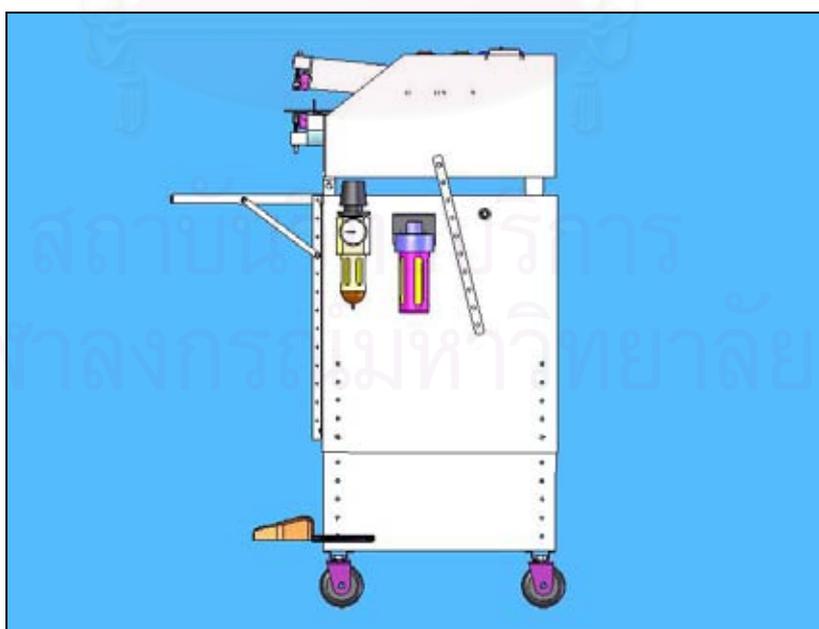
แนวคิดที่เลือก คือปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลง + ปรับปรุงตู้ให้มี ขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์

จากแนวคิดในเรื่องการปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลง กับปรับปรุงตู้ให้ มีความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อเหมาะสมกับการใช้งาน โดยยึดหลักการยศาสตร์เข้ามาช่วยในการ กำหนดขนาดความสูงนั้น ซึ่งกลุ่มผู้ใช้งานเครื่องฉนักสุญญากาศและเดิมแก๊สนี้ ส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง อายุระหว่าง 30-39 ปี จากข้อมูลดังกล่าวสามารถเปิดหาความสูงจากโปรแกรมขนาดโครงสร้าง ร่างกายของคนไทย (ระยะที่ 4 พ.ศ. 2543-2544) เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความสูงของเพศหญิงขณะนั่ง จากพื้นถึงข้อศอกขณะงอได้ขนาด 62 เซนติเมตร ส่วนขณะยืนใช้งานนั้นความสูงเฉลี่ยจากพื้นถึง ข้อศอกขณะงอมีขนาดความสูง 95.1 เซนติเมตร ซึ่งการออกแบบนี้จะต้องออกแบบความสูงของ

เครื่องจากพื้นถึงปากฉนิก ให้มีความสูงครอบคลุมตั้งแต่ 62-95.1 เซนติเมตร จากข้อมูลดังกล่าว จึงได้ออกแบบเครื่องให้มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเหลื่อมซ้อนกัน เจาะช่องด้านข้างห่างช่องละ 5 เซนติเมตรเพื่อใช้ในการปรับความสูงให้เป็นไปตามต้องการ โดยความสูงที่ออกแบบไว้ นั่นคือ 60-100 เซนติเมตร



รูปที่ 5.4 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.5 แสดงการปรับความสูงของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด

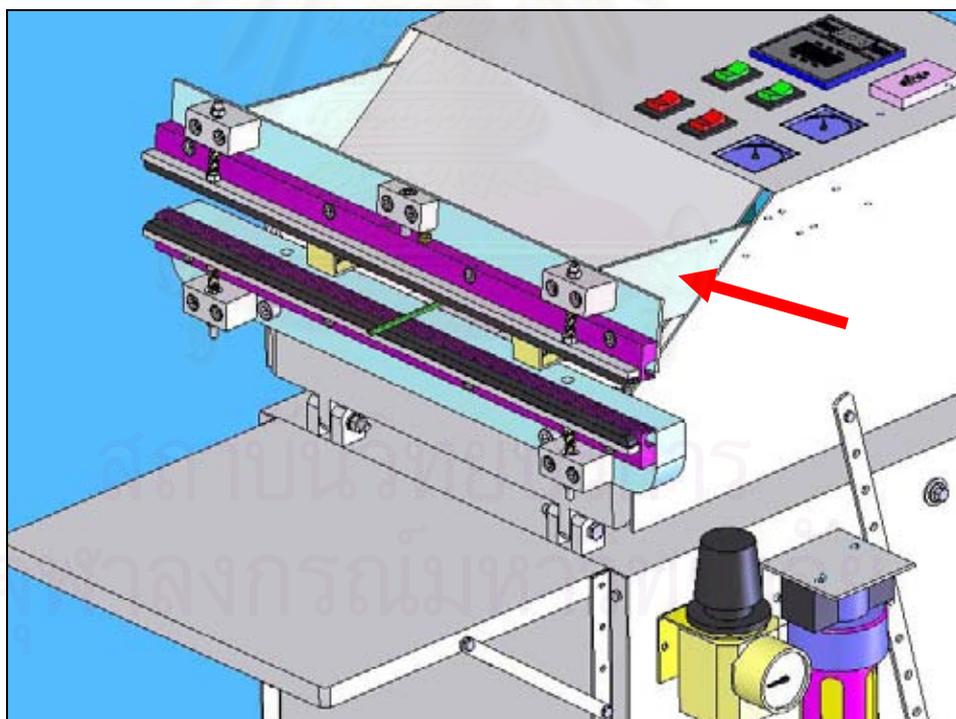
สำหรับการใช้งานเพื่อปรับความสูงนั้นจะทำโดย ยกตัวส่วนบนขึ้นให้ได้ความสูงตามต้องการ และใช้นอตขันล้อระหว่างตัวส่วนบนและส่วนล่าง

5.7.3 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

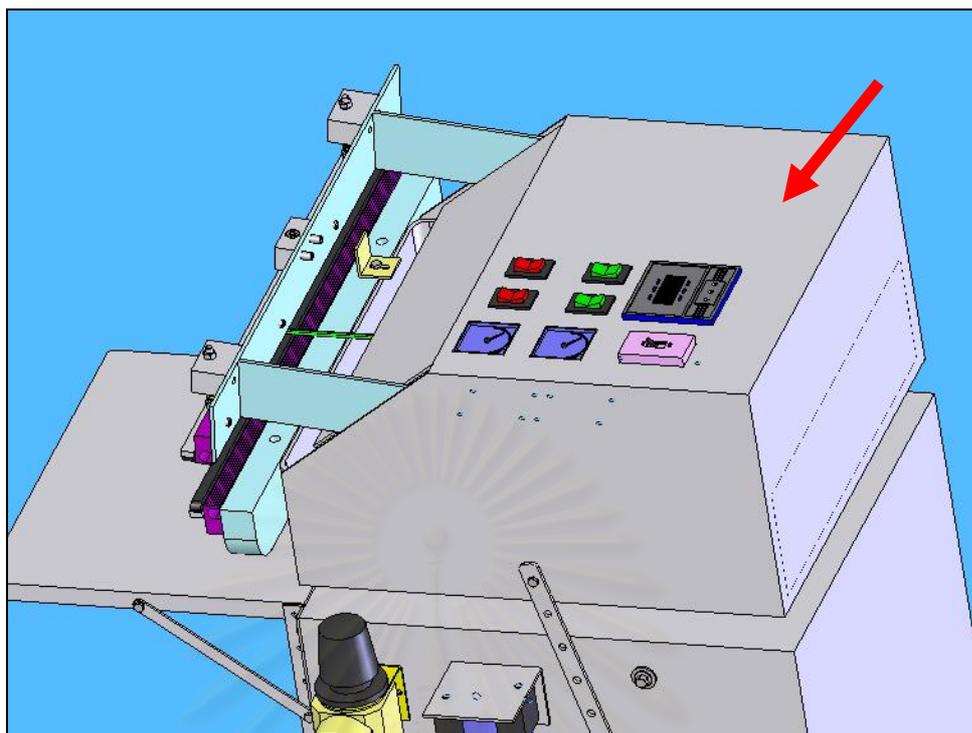
แนวคิดที่เลือก คือแยกปากฉีกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากฉีกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

จากแนวคิดในเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน ที่ให้ทำการแยกปากฉีกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากฉีกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงด้านบนผ่านได้นั้น ทำให้มีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่และมีการปรับปรุงดังนี้คือ

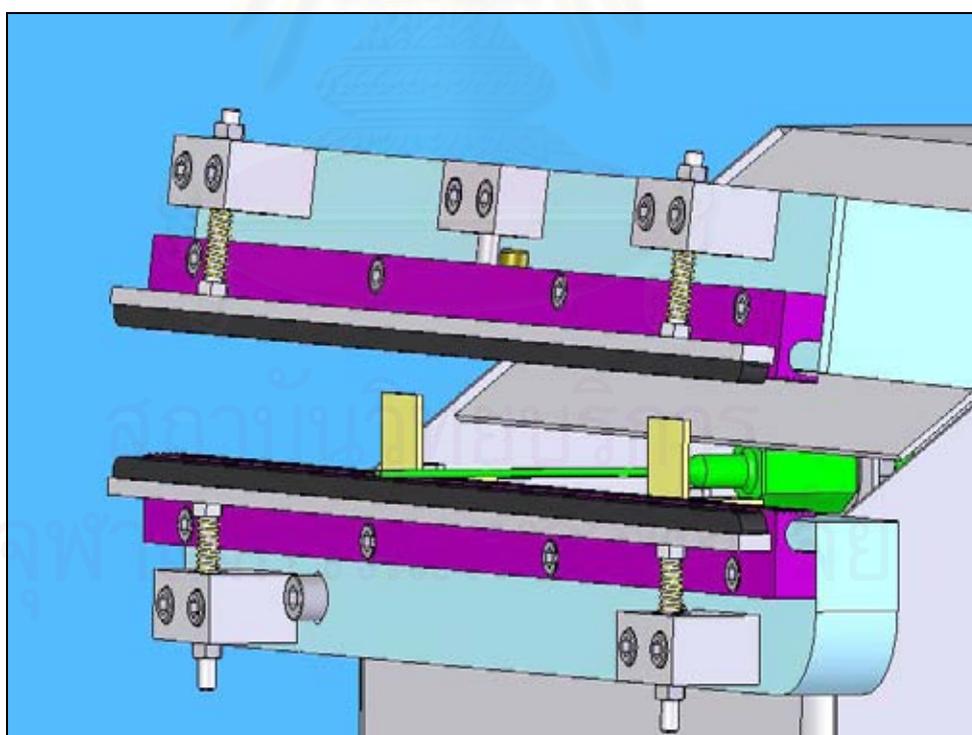
1. ทำตัวคานฉีกด้านบนสำหรับติดตั้งปากฉีกด้านบนแทนฝาบน
2. เปลี่ยนฝาบนให้มีทำหน้าที่เป็นตัวครอบเครื่องอย่างเดียวไม่ต้องทำหน้าที่ในการฉีกและลดขนาดฝาบนให้เข้าไปทางด้านหลังเครื่องมากขึ้น เพื่อช่วยให้แสงเข้าได้มากขึ้น
3. เพิ่มช่องว่างระหว่างปากฉีกมากขึ้นจากเดิม 25 มิลลิเมตร เป็น 35 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.6 แสดงคานฉีกด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.7 แสดงฝาด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.8 แสดงช่องว่างระหว่างปากฉนิกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

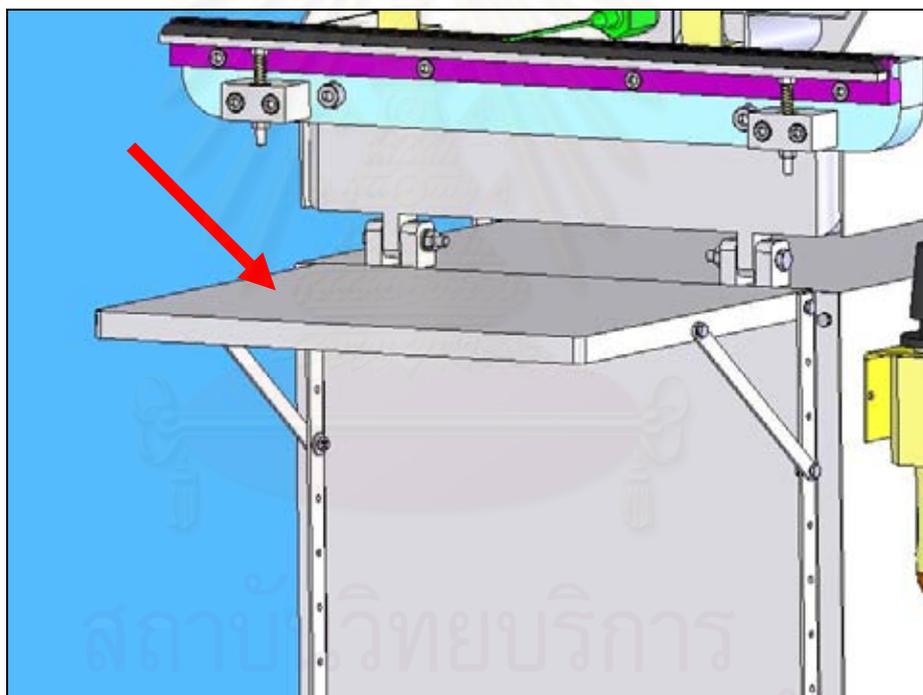
5.7.4 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก เหมือนกับเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน

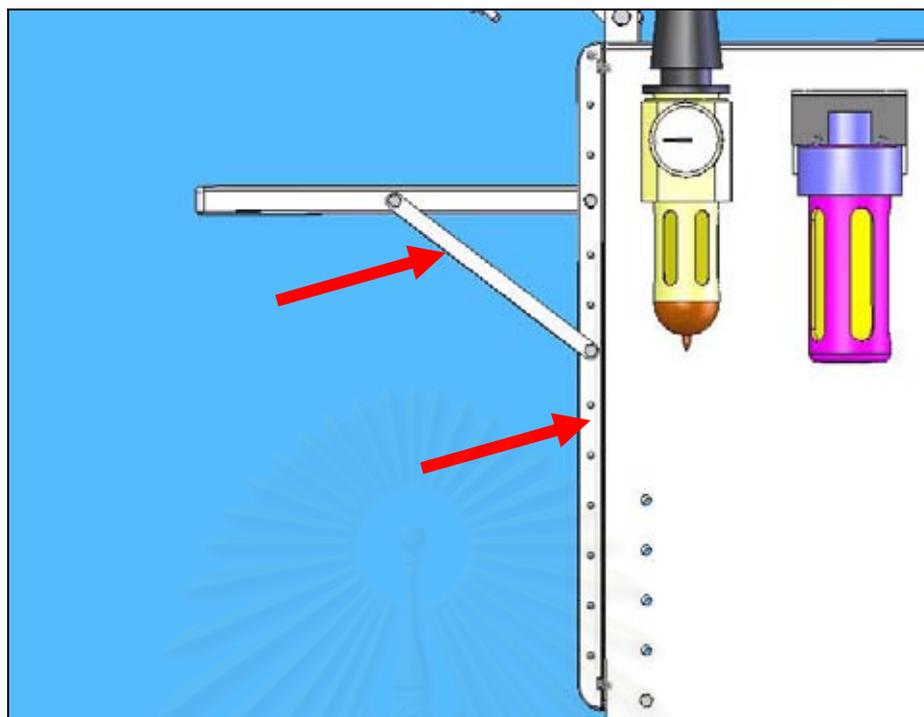
การออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งานนี้ เกี่ยวข้องกับเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน ซึ่งได้มีการผนวกคุณสมบัตินี้เข้าไปกับแนวคิดในเรื่องของความสูงของเครื่องและการมองเห็นในการใช้งานแล้ว ดังนั้นแบบที่ออกมาเพื่อแก้ปัญหาเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งานนั้นจะมีการแก้ปัญหาในเรื่องลักษณะท่าทางในการใช้งานเข้าไปด้วยแล้ว

5.7.5 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฝึก

แนวคิดที่เลือก คือทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้



รูปที่ 5.9 แสดงถาดวางผลิตภัณฑ์ของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.10 แสดงการปรับความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ ตัวช่วยค้ำยันและตัวช่วยปรับความสูงของแบบที่สร้างจากแนวคิด

จากแนวคิดเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฉนึ่งนั้น ได้มีแนวคิดให้ทำถาดวางผลิตภัณฑ์ที่สามารถปรับระดับความสูงได้จึงได้ ทำให้มีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่และมีการปรับปรุงดังนี้

1. ทำถาดสี่เหลี่ยมสำหรับวางผลิตภัณฑ์
2. ทำตัวช่วยในการค้ำยันถาด
3. ทำตัวช่วยในการปรับขนาดความสูงของถาดวาง

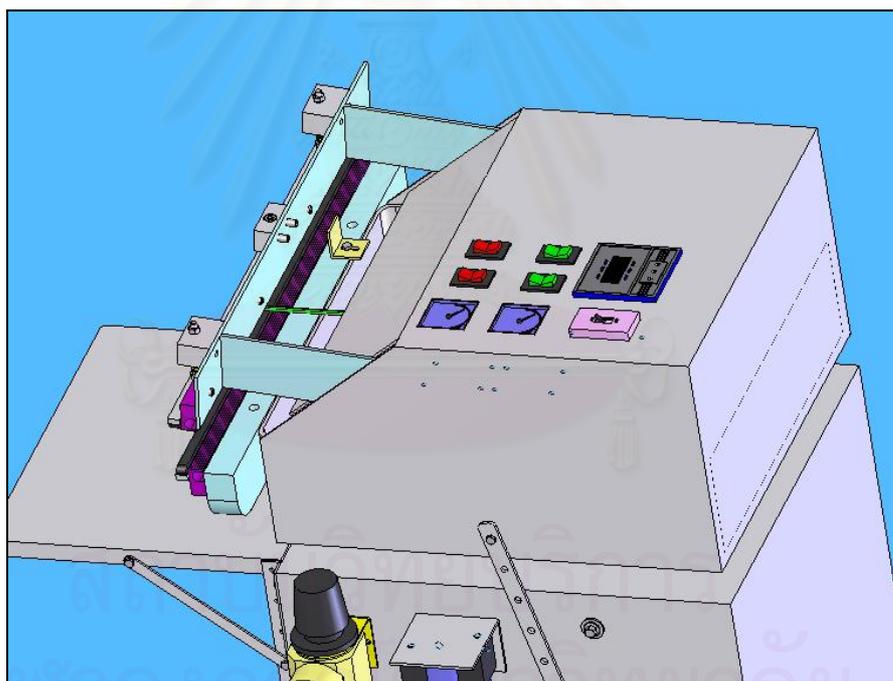
ใช้งานโดยการเลื่อนความสูงถาดวางผลิตภัณฑ์ให้มีความสูงตามที่ต้องการแล้วใช้นอตขันล็อกทั้งสองข้างของตัวช่วยปรับความสูงของถาด

5.7.6 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือ ทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากฉีกเคลื่อนที่

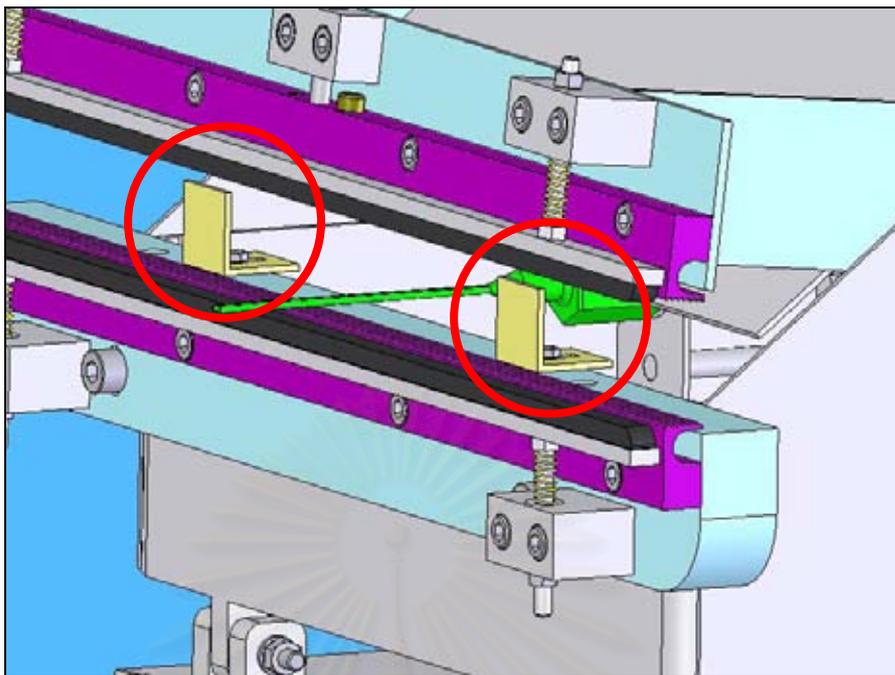
จากแนวคิดในการทำฝาบนฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากฉีกเคลื่อนที่ เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานนั้น มีการปรับปรุงเครื่องไปในทิศทางและคล้อยตามไปกับการแก้ปัญหาเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน โดยจะมีการแยกปากฉีกออกมาจากส่วนของฝาบนที่ใช้ติดตั้งปากฉีก แต่จะเอาปากฉีกไปติดตั้งบนคานด้านบนที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อรองรับปากฉีกส่วนบน และเปลี่ยนจากฝาบนที่ไม่จำเป็นเคลื่อนที่เพื่อช่วยในการฉีกให้อยู่กับที่เพื่อป้องกันอันตรายจากการเคลื่อนที่ระหว่างฉีก ส่วนของชิ้นส่วนที่ทำการปรับปรุงนั้นได้ใส่แนวคิดในการแก้ปัญหาไว้กับแนวคิดเรื่องการมองเห็นในการใช้งานแล้ว



รูปที่ 5.11 แสดงแบบเครื่องด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด

ด้านหน้าเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือ ทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการฉีก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกลงเกินไป



รูปที่ 5.12 แสดงตัวกำหนดระยะในการฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

จากแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานในด้านหน้าเครื่องนั้น ได้มีแนวคิดให้ทำตัวช่วยกำหนดระยะเพื่อช่วยการกำหนดระยะในการใส่ถู่เพื่อทำการฉีกนั้น ทำให้มีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่และมีการปรับปรุง โดยทำตัวกำหนดระยะที่สามารถปรับระยะในการใส่ถู่ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมหน้าสัมผัสกับถู่เรียงดังรูปที่ 5.11

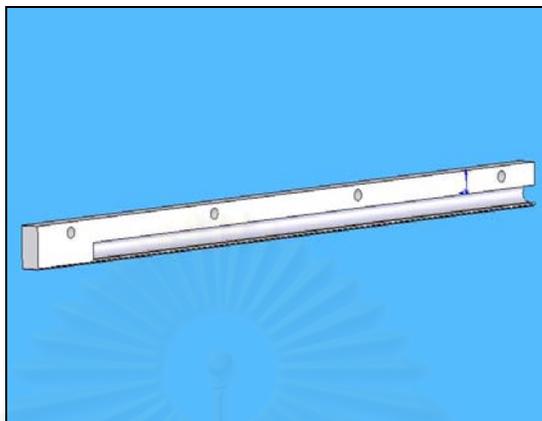
สำหรับการใช้งานนั้น จะทำการปรับระยะตัวกำหนดระยะให้มีระยะการฉีกตามความต้องการแล้วทำการขันนอตล็อกบนตัวกำหนดระยะ หลังจากนั้นก็ทำการฉีกโดยใส่ถู่ที่ต้องการฉีกมาทางด้านหน้า หากรู้สึกว่าปากถู่ชนกับตัวกำหนดระยะแล้วจึงเหยียบสวิทซ์เพื่อทำการฉีกปากถู่

5.7.7 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีก

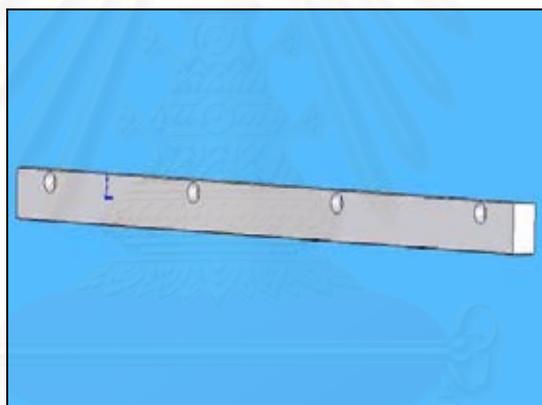
แนวคิดที่เลือก คือสั่งทำปากฉีกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

จากแนวคิดในเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีกนั้นได้มีการปรับปรุงเครื่อง โดยมีการสั่งทำปากฉีกให้มีความกว้างของรอยฉีกหลายขนาดมากขึ้น ลูกค้าสามารถสั่งขนาดที่ต้องการและสามารถเปลี่ยนขนาดของปากฉีกได้ตามต้องการ โดยมีการออกแบบงานสั่งทำขนาดของปากฉีกใหม่ โดยเปลี่ยนจากความกว้างของรอยฉีกจาก $\frac{1}{2}$ นิ้ว เป็น ขนาด 6, 8 และ 10

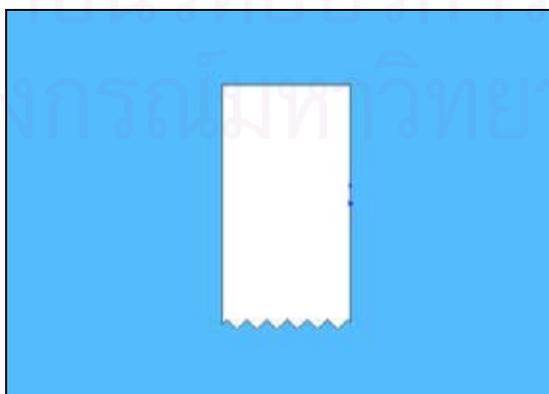
มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดความกว้างของรอยฟันของเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สที่บริษัท
อื่นๆ ใช้เป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 5.13 แสดงปากฉีกด้านหลังของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.14 แสดงปากฉีกด้านหน้าของแบบที่สร้างจากแนวคิด

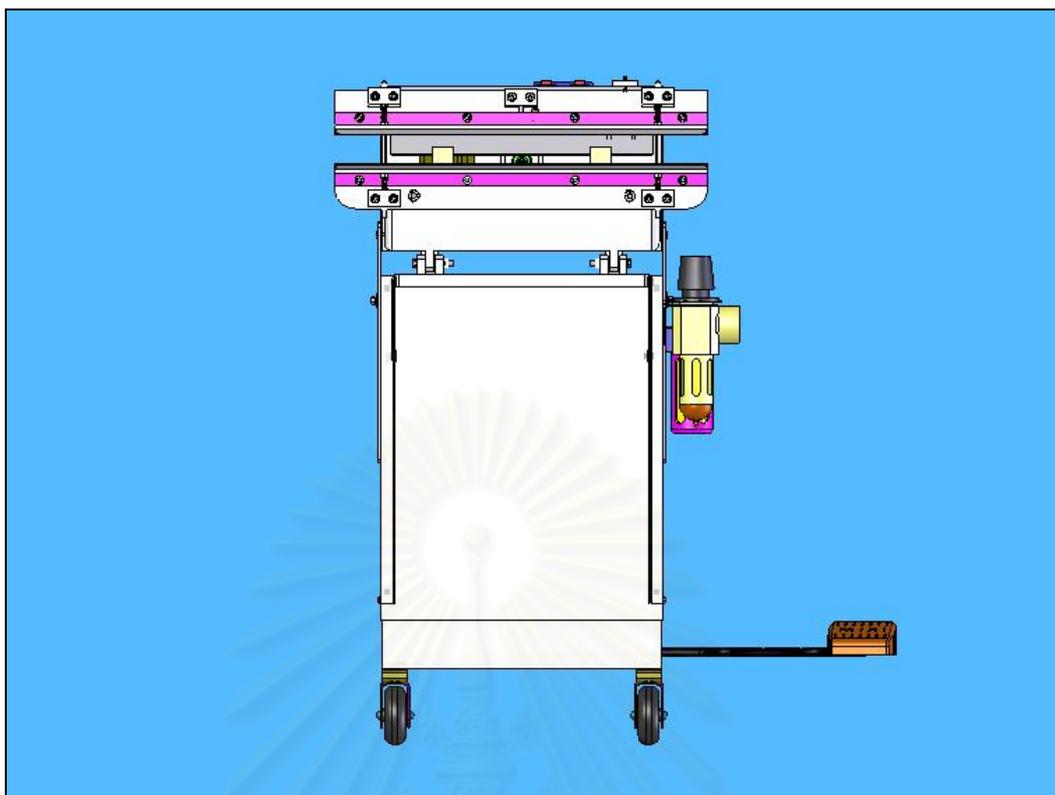


รูปที่ 5.15 แสดงภาพด้านข้างของปากฉีกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

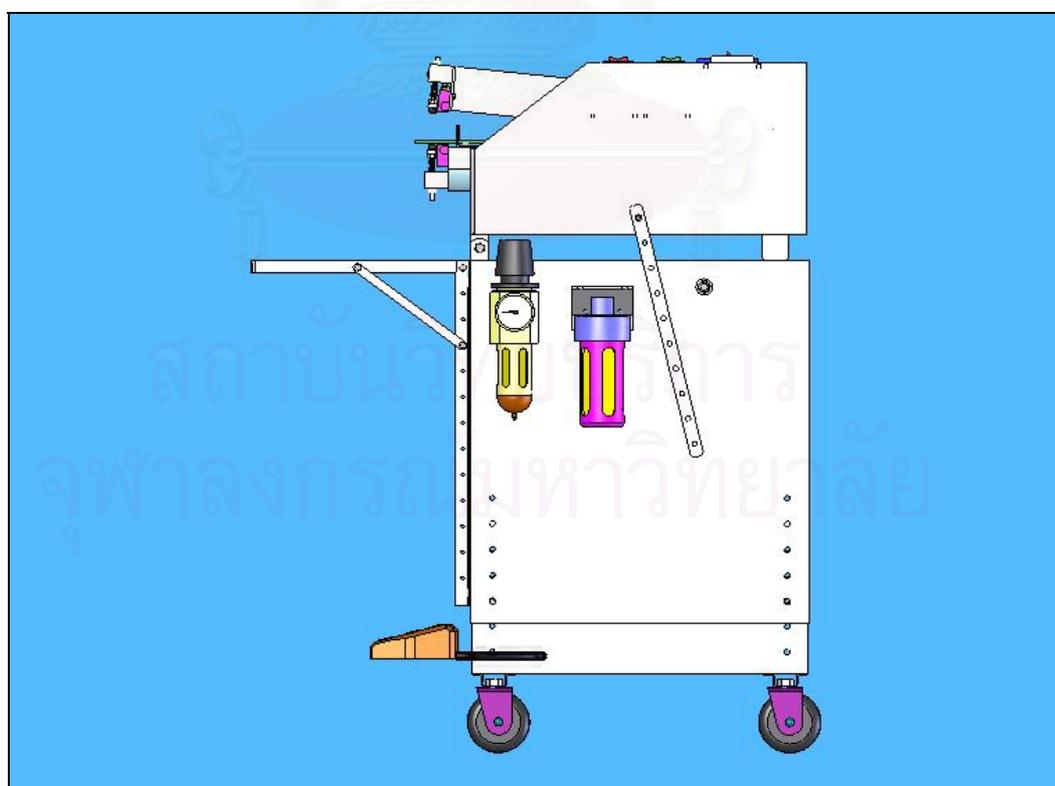
จากการปรับปรุงเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สตามแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติข้างต้นสามารถนำแบบชิ้นส่วนที่มีการปรับปรุงในแต่ละคุณสมบัติมารวมกันจนได้แบบเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สที่เป็นไปตามแนวคิดและสามารถตอบสนองความต้องการในแต่ละคุณสมบัติที่ลูกค้ามีความต้องการสูงๆ และนอกจากแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติแล้วยังได้มีการปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือตำแหน่งของอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น เปลี่ยนสวิทซ์ในการควบคุมการใช้งานเครื่องมาไว้ทางด้านบนของเครื่อง รวมทั้งได้มีการเปลี่ยนขนาดสกรูและนอตต่างๆ ให้มีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้ง่ายในการประกอบ ซึ่งสามารถแสดงแบบได้ดังรูปที่ 5.16 , รูปที่ 5.17 , รูปที่ 5.18 และรูปที่ 5.19



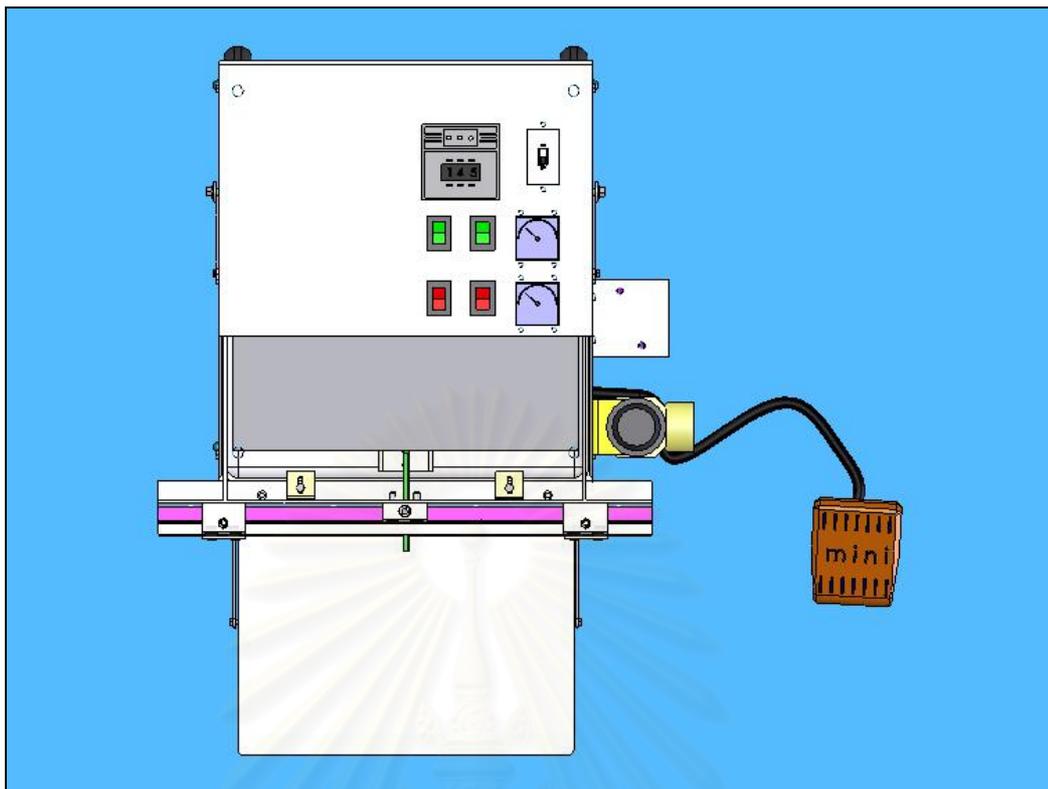
รูปที่ 5.16 แสดงภาพเครื่องฉีกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.17 แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องพ่นกึ่งสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.18 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องพ่นกึ่งสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.19 แสดงภาพด้านบนของเครื่องฉนิกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด

5.8 การวิเคราะห์แบบและการปรับปรุงแบบเครื่องฉนิกสุญญากาศและเติมแก๊สจากข้อบกพร่อง

5.8.1 การวิเคราะห์แบบ

ภายหลังจากการออกแบบแล้ว จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์แบบเพื่อทบทวนตรวจสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ว่ายังมีข้อบกพร่องหรือไม่ สำหรับการวิเคราะห์แบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบ หรือ Design Failure Mode and Effect Analysis (DFMEA) เพื่อเป็นการติดตามตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ และทำการเพิ่มเติม คัดแปลง แก้ไขและตัดทิ้งส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์ตามความเหมาะสม เพื่อให้แบบที่ได้นั้นมีความสมบูรณ์ กระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบนี้จะมีวิธีทำที่เป็นขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. บ่งชี้ผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่อง
2. ประเมินผลของข้อบกพร่องนั้น
3. บ่งชี้สาเหตุของข้อบกพร่อง
4. พัฒนาลำดับข้อบกพร่องที่ได้จัดลำดับไว้ จากนั้นจัดตั้งระบบเบื้องต้น

สำหรับการพิจารณาปฏิบัติการเชิงแก้ไข

5. จัดทำเอกสารแสดงผล

ซึ่งในขั้นตอนของการประเมินผลของข้อบกพร่องนั้น จะมีการให้คะแนนตามหัวข้อ การประเมิน ดังนี้

- ภาวะความรุนแรงของผลกระทบ (S=Severity)
- โอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น (O=Occurrence)
- การตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (D=Detect)

หลังจากนั้นจะนำคะแนนของทั้งสามหัวข้อในการประเมินมาคูณกันเพื่อหาคะแนน ความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่อง โดยคะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่อง ที่ได้จะนำมาตัดสินใจถึงความสำคัญของข้อบกพร่องนั้น และเลือกนำข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมา ทำการพัฒนาปรับปรุง

สำหรับในงานวิจัยนี้ การวิเคราะห์แบบ โดยการประเมินของกระบวนการวิเคราะห์ ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบ ในหัวข้อการประเมินเรื่องโอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น (O=Occurrence) และการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (D=Detect) ค่อนข้างทำได้ยาก เพราะมีการ เปลี่ยนแบบใหม่ทำให้ไม่มีข้อมูลเก่าอ้างอิง และการประเมินในสองหัวข้อดังกล่าวนั้นเป็นการคาด การจากแบบ หากจะนำกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบมาใช้ นั้น จึงค่อนข้างทำได้ยากหรือจะสามารถประเมินได้ในเฉพาะส่วนของภาวะความรุนแรงของผลกระทบ เท่านั้น อีกประการหนึ่งคือ การออกแบบครั้งนี้เป็นการแก้ไขแบบในบางส่วนเท่านั้น ไม่ได้เป็นการ คิดแบบใหม่ทั้งหมด ดังนั้นส่วนที่จะต้องทำการวิเคราะห์นั้นจึงมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ผู้วิจัย ตัดสินใจที่จะทำการแก้ไขในทุกๆ เรื่องหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยมีการประชุมเพื่อหาคุณสมบัติ หรือหัวข้อในการวิเคราะห์แบบ ซึ่งหัวข้อในการวิเคราะห์แบบที่ได้นั้นมาจากสิ่งที่ใช้วัด ความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดในหัวข้อ 5.6 แต่จะถูกเลือกมาใช้ให้เหมาะสมกับ การวิเคราะห์แบบในขั้นตอนนี้ร่วมกับหัวข้อที่เพิ่มขึ้นในเรื่องของการประกอบเพื่อให้แน่ใจถึงความ สะดวกในการประกอบที่ยังอาจมองข้ามไป ซึ่งงานวิจัยนี้จะไม่ทำการให้คะแนนเนื่องจากเหตุผล ข้างต้น และหัวข้อที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบที่ได้ คือ

1. ต้นทุน
2. ความปลอดภัย
3. ความแข็งแรง
4. ความสะดวกในการใช้งาน
5. ความง่ายในการบำรุงรักษา
6. การประกอบ

ส่วนหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน คือ

- การวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-down Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบโดยรวม และจึงแยกพิจารณาในส่วนของระบบย่อย
- การวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-up Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบส่วนย่อยแต่ละส่วน จากนั้นจึงพิจารณาระบบโดยรวม
- การวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วน (Component Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน
- การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis) โดยทำการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบ

โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกการวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วนเพราะจะทำให้สามารถวิเคราะห์แบบได้ละเอียด อีกทั้งเหมาะสมกับหัวข้อที่ถูกเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์แบบข้างต้น โดยงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ที่ชิ้นส่วนที่ทำการปรับปรุงแก้ไขเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ชิ้นส่วนในแต่ละหัวข้อในการวิเคราะห์ โดยหาข้อบกพร่องที่เกิด ผลกระทบที่เกิดขึ้น และหาแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในแต่ละข้อบกพร่อง โดยจะแสดงเฉพาะหัวข้อที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นเท่านั้น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด

ชิ้นส่วน/อุปกรณ์	หน้าที่	หัวข้อที่ยังมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบ	แนวทางแก้ไข
ฝาครอบด้านบน	ปิดเครื่องส่วนบนและติดตั้งอุปกรณ์	ต้นทุน	หนาเกินไป	ทำให้เพิ่มต้นทุนและน้ำหนักเครื่องมาก	ลดความหนาของเหล็กให้บางลง
		ความปลอดภัย	ขอบเป็นเหลี่ยม	อาจเกิดอันตรายได้ง่าย	ทำขอบให้โค้งมน
		การประกอบ	ช่องที่ออกแบบไว้ติดตั้งอุปกรณ์ภายในไม่สะดวก	ติดตั้งอุปกรณ์ภายในไม่สะดวก	เจาะช่องด้านหลังให้มีขนาดเพียงพอในการประกอบอุปกรณ์ภายใน
ฝาครอบด้านล่าง	ปิดเครื่องส่วนล่างและติดตั้งอุปกรณ์	ต้นทุน	หนาเกินไป	ทำให้เพิ่มต้นทุนและน้ำหนักเครื่องมาก	ลดความหนาเหล็กให้บางลง
		การบำรุงรักษา	ไม่มีช่องระบายหรือทำความสะอาดเศษผลิตภัณฑ์ด้านใน	เครื่องมีเศษผลิตภัณฑ์ค้างอยู่ภายในเครื่องมาก ทำให้อุปกรณ์ภายในเครื่องไม่สะอาดและชำรุดได้ง่าย	เจาะช่องด้านหลังเพื่อระบายหรือทำความสะอาดเศษผลิตภัณฑ์
		การประกอบ	ช่องที่ออกแบบไว้ติดตั้งอุปกรณ์ภายในไม่สะดวก	ติดตั้งอุปกรณ์ภายในไม่สะดวก	เจาะช่องด้านหลังให้มีขนาดเพียงพอในการประกอบอุปกรณ์ภายใน
ตัวช่วยปรับระดับความสูงของถาด	ปรับระดับความสูงถาด	ความปลอดภัย	มีเหลี่ยมมุม	อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน และอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ฉีกขาด	ทำให้ขอบโค้งมน

ตารางที่ 5.9 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด (ต่อ)

ชิ้นส่วน/อุปกรณ์	หน้าที่	หัวข้อที่ยังมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบ	แนวทางแก้ไข
ถาด	รองรับผลิตภัณฑ์	การใช้งาน	อยู่ต่ำเกินไป	ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	เพิ่มความสูงของถาดรอง
ผู้ส่วนบน	เป็นฐานรองเครื่องและติดตั้งอุปกรณ์	ความปลอดภัย	ขอบเป็นเหลี่ยม	อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน	ทำให้ขอบโค้งมน
คานพนักด้านบน	ติดตั้งพนักและช่วยในการพนัก	ความแข็งแรง	บางเกินไป	อาจหักหรือบิดงอได้ อันเกิดจากการกดบ่อยๆ และหน้าสัมผัสกับพนักโค้งงอ	เพิ่มความหนาของคานพนักด้านบน
			รอยต่อเชื่อมไม่แข็งแรง	ทำให้เกิดการบิดงอได้ง่าย	เพิ่มหูช้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่สัมผัสพนัก
ตัวช่วยปรับองศาการพนัก	ปรับองศาพนัก	การใช้งาน	รูเจาะสำหรับปรับองศาอยู่ห่างกัน	การปรับองศาได้ไม่ละเอียด	เปลี่ยนจากรูเป็นช่องยาว

5.8.2 การปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง

จากการวิเคราะห์แบบในตารางที่ 5.9 ทำให้เห็นถึงข้อบกพร่อง ผลกระทบและแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องในชิ้นส่วนต่างๆ ที่มาจากการออกแบบ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ไขแบบเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบโดยทำการปรับปรุงแบบที่ละชิ้นส่วนที่มีข้อบกพร่องตามแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องที่มีการประชุมและเสนอเป็นแนวทางแก้ไขในตารางที่ 5.9 ซึ่งการแก้ไขแบบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

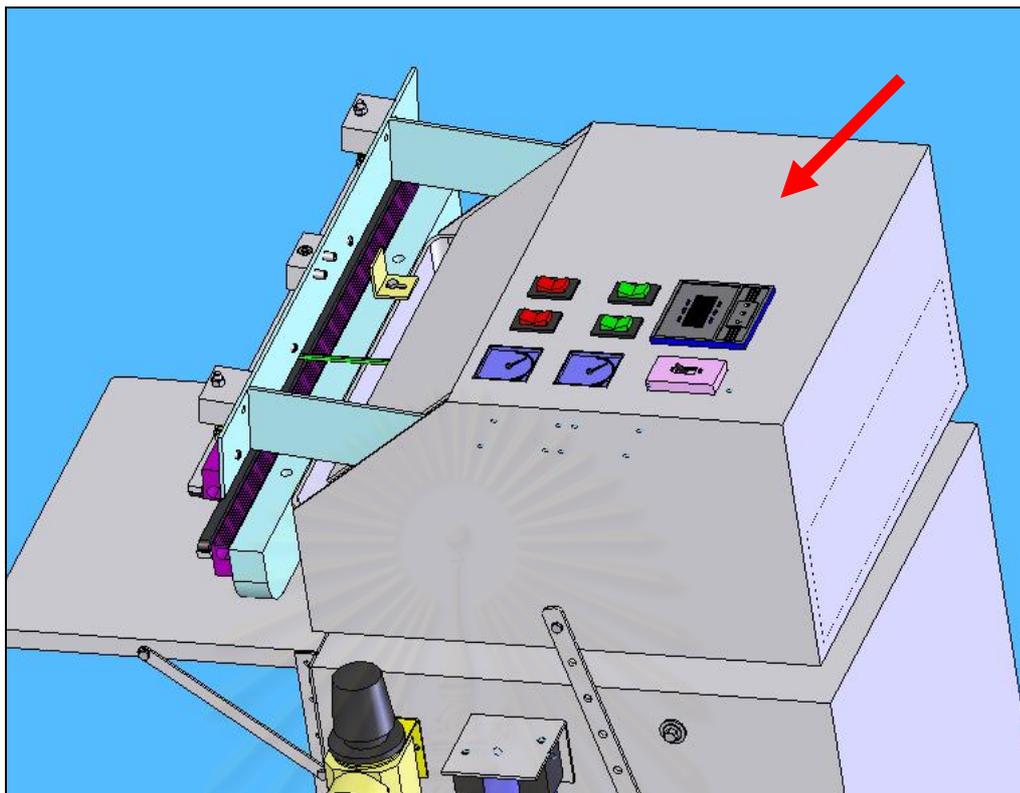
5.8.2.1 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

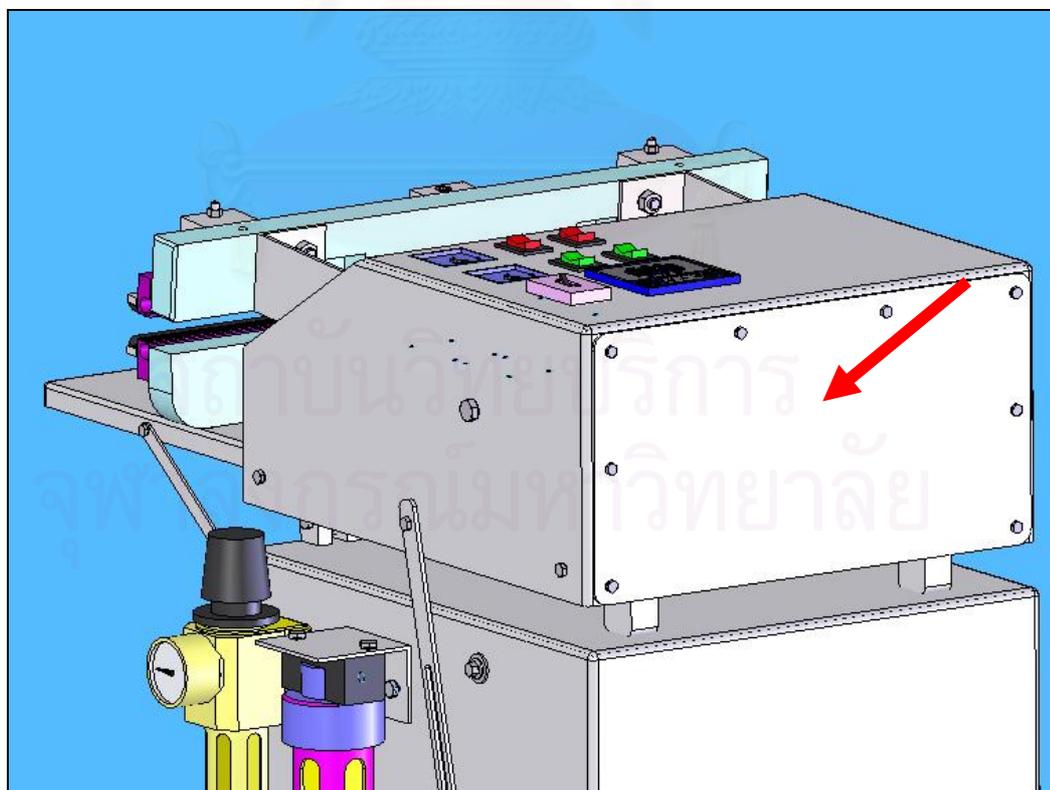
1. **ต้นทุน (ค่าวัสดุ)** โดยปกติฝาครอบด้านบนนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องพ่นแบบปัจจุบันจะใช้ฝาบนทำหน้าที่ช่วยในการพ่นด้วยทำให้ต้องใช้ความแข็งแรงของฝาบนเป็นอย่างมาก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านบนที่แปลงมาจากฝาบนไม่จำเป็นต้องใช้ช่วยในการพ่นจึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

2. **ความปลอดภัย** ฝาครอบด้านบนที่ออกแบบนั้นมีเหลี่ยมมุมมากจึงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ง่าย จึงมีการปรับปรุงแบบใหม่ให้ขอบต่างๆ มีความโค้งมนมากขึ้นเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

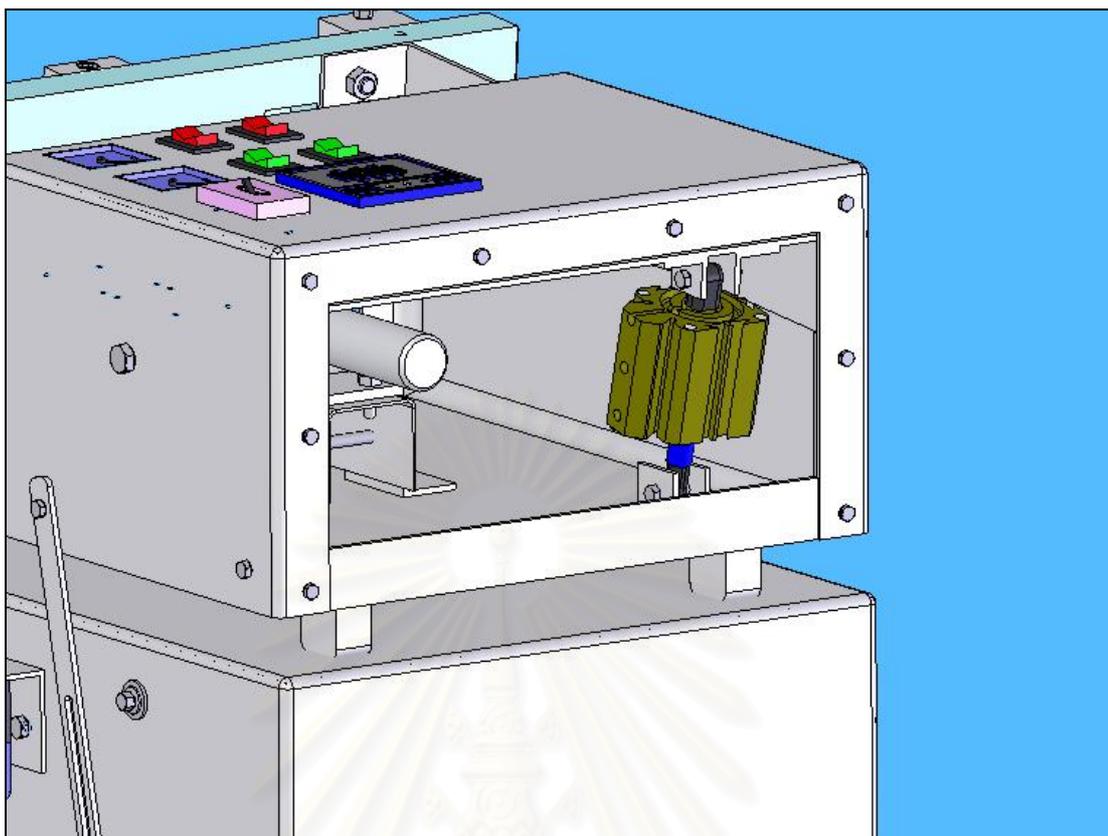
3. **การประกอบ** แบบฝาครอบด้านบนที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านบนโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น



รูปที่ 5.20 แสดงภาพฝาด้านก่อนทำการปรับปรุงแบบก่อนการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.21 แสดงรูปฝาด้านบนจากการปรับปรุงแบบหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.22 แสดงช่องด้านหลังเพื่อใช้แก้ไขข้อบกพร่องในการประกอบและการบำรุงรักษาหลังการปรับปรุงแบบจากการวิเคราะห์แบบ

5.8.2.2 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านล่าง

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

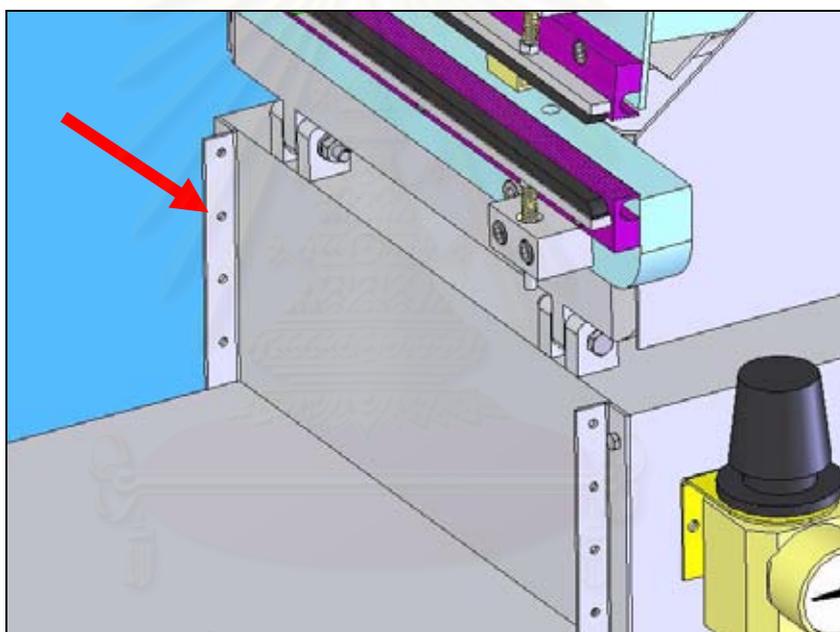
1. **ต้นทูน (ค่าวัสดุ)** โดยปกติฝาครอบด้านล่างนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องชนิดแบบปัจจุบันจะเน้นความแข็งแรงเป็นหลัก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านล่างที่แปลงมาจากฝาล่างไม่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงมากเพราะมีหน้าที่เพียงปิดเครื่องส่วนล่าง ติดตั้งอุปกรณ์เท่านั้น จึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

2. **การบำรุงรักษา** แบบเครื่องที่ออกแบบจากแนวคิดก่อนการวิเคราะห์แบบนั้นมองข้ามเรื่องการบำรุงรักษาไป ทำให้แบบเครื่องที่ออกมามีการบำรุงรักษายากเนื่องจากไม่มีช่องทางในการทำความสะอาดและบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในเลย ดังนั้นการวิเคราะห์แบบมีส่วนช่วยในการทบทวนในสิ่งที่ยังบกพร่องอยู่ได้ ซึ่งการแก้ไขนั้นจะทำการปรับปรุงแบบให้มีช่องว่างด้านหลังให้สามารถบำรุงรักษาเครื่องได้อย่างทั่วถึง ซึ่งการเจาะช่องด้านหลังนี้ ต้องพิจารณาปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนควบคู่กันไป

3. การประกอบ แบบฝาครอบด้านล่างที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้า สำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านล่างโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น ซึ่งมีการพิจารณาการปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบน และการบำรุงรักษาของฝาครอบด้านล่าง

5.8.2.3 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับระดับความสูงของถาด

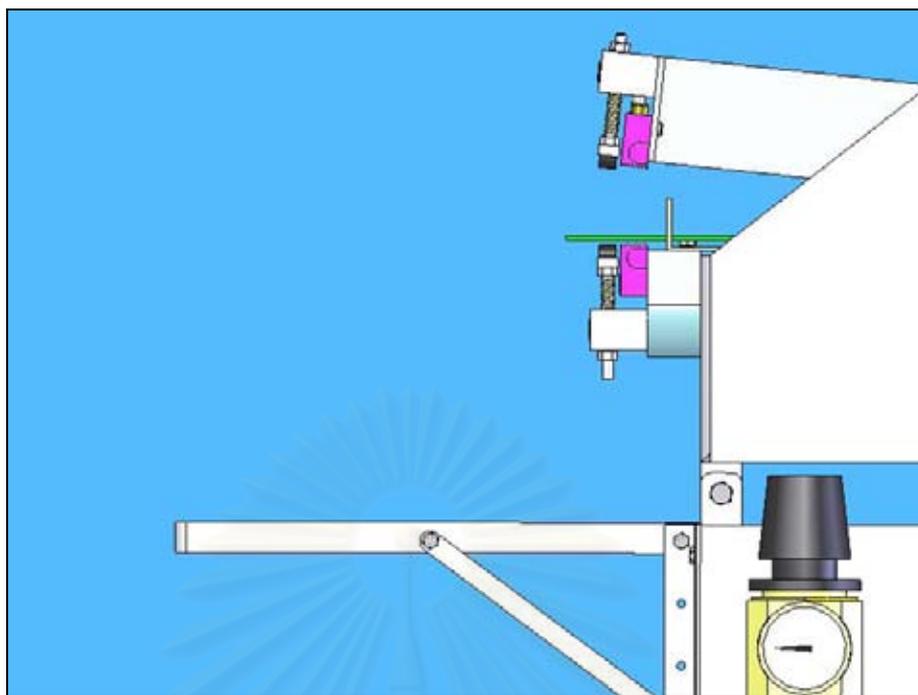
มีการแก้ไขข้อบกพร่อง ในเรื่องของความปลอดภัย ซึ่งมีเหลี่ยมมุม อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มาทำการผลิตเกิดความเสียหาย มีแนวทางในการแก้ไขโดยทำขอบที่มีเหลี่ยมมุมให้โค้งมน



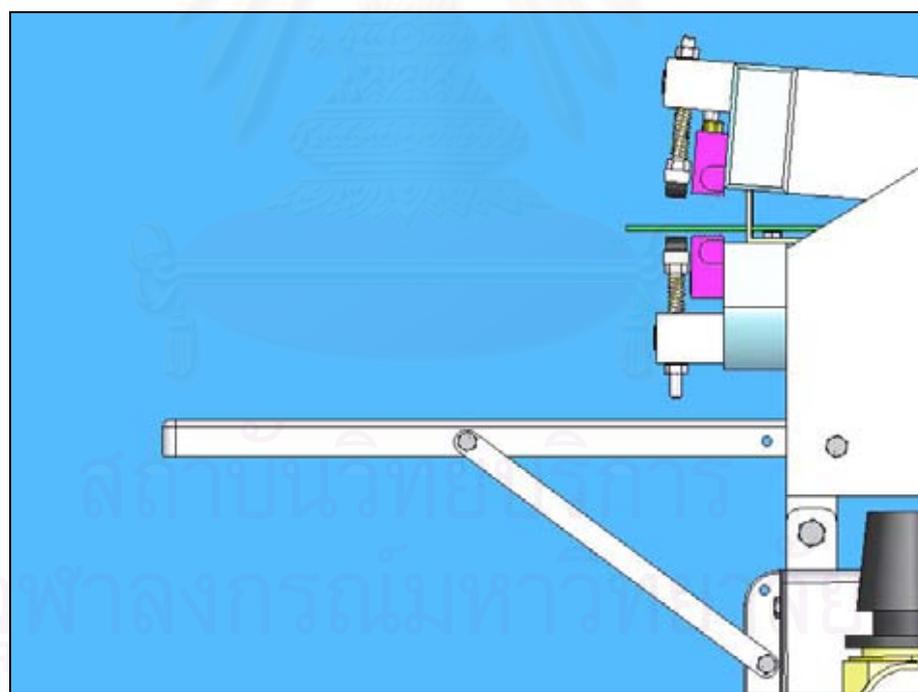
รูปที่ 5.23 แสดงข้อบกพร่องของตัวช่วยปรับระดับความสูงถาดวางก่อนการวิเคราะห์แบบ

5.8.2.4 การปรับปรุงแบบถาดวางผลิตภัณฑ์ขณะผึ่ง

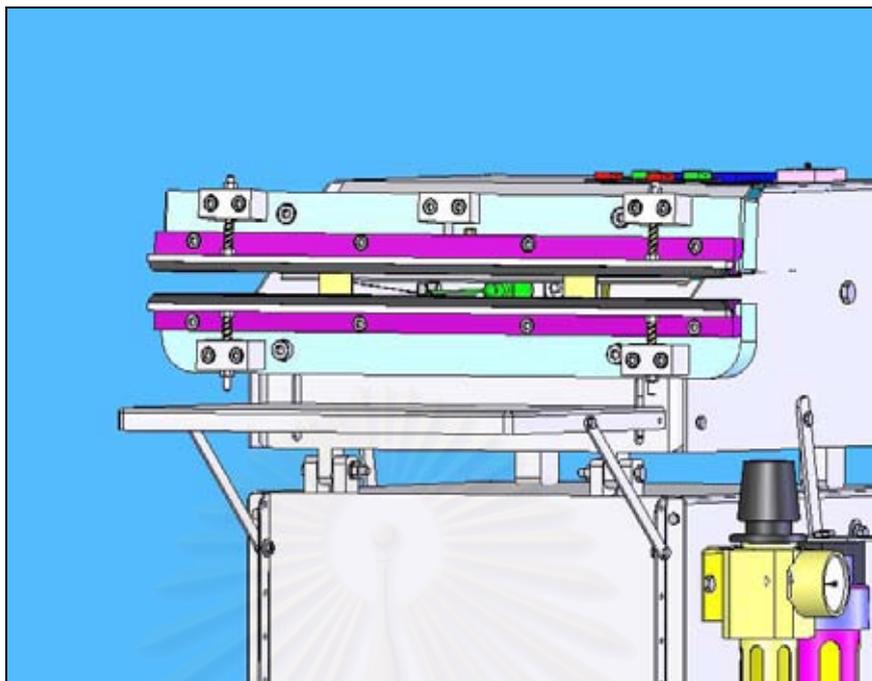
มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของการใช้งาน เนื่องจากแบบที่วิเคราะห์นั้น มีความสูงของถาดอยู่ต่ำจากปากผึ่งเกินไป ทำให้เวลาวางผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถใช้ถาดรองรับผลิตภัณฑ์นั้นได้ จึงได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องโดยปรับปรุงแบบให้มีขนาดความสูงของถาดอยู่ใกล้กับปากผึ่งมากยิ่งขึ้น ให้สามารถรองรับผลิตภัณฑ์ระหว่างผึ่งได้เหมาะสมกว่าเดิม อีกทั้งยังสามารถปรับระดับความสูงได้อีกด้วย



รูปที่ 5.24 แสดงข้อบกพร่องเรื่องความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ก่อนการวิเคราะห์แบบ



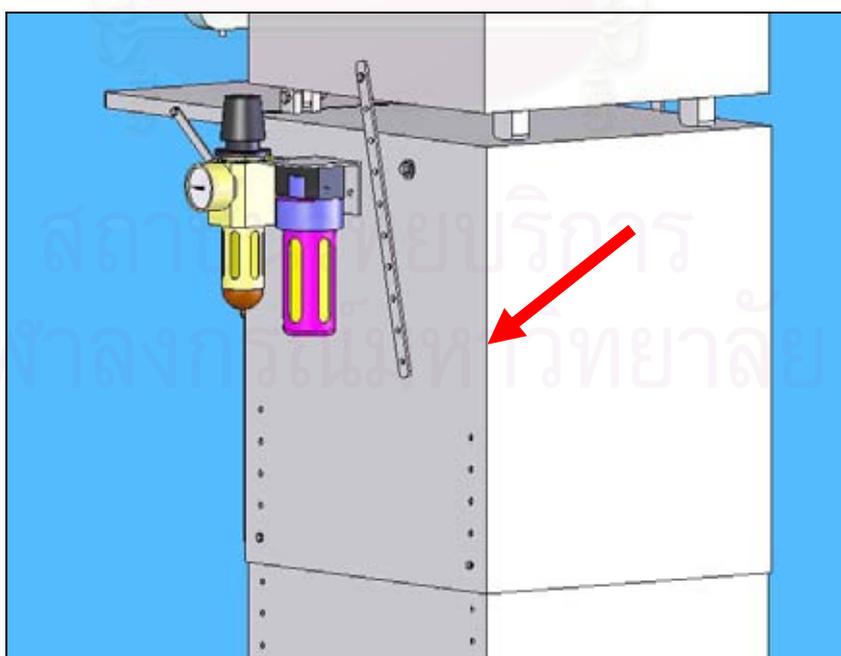
รูปที่ 5.25 แสดงภาพด้านข้างการปรับปรุงแบบถาดวางในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ



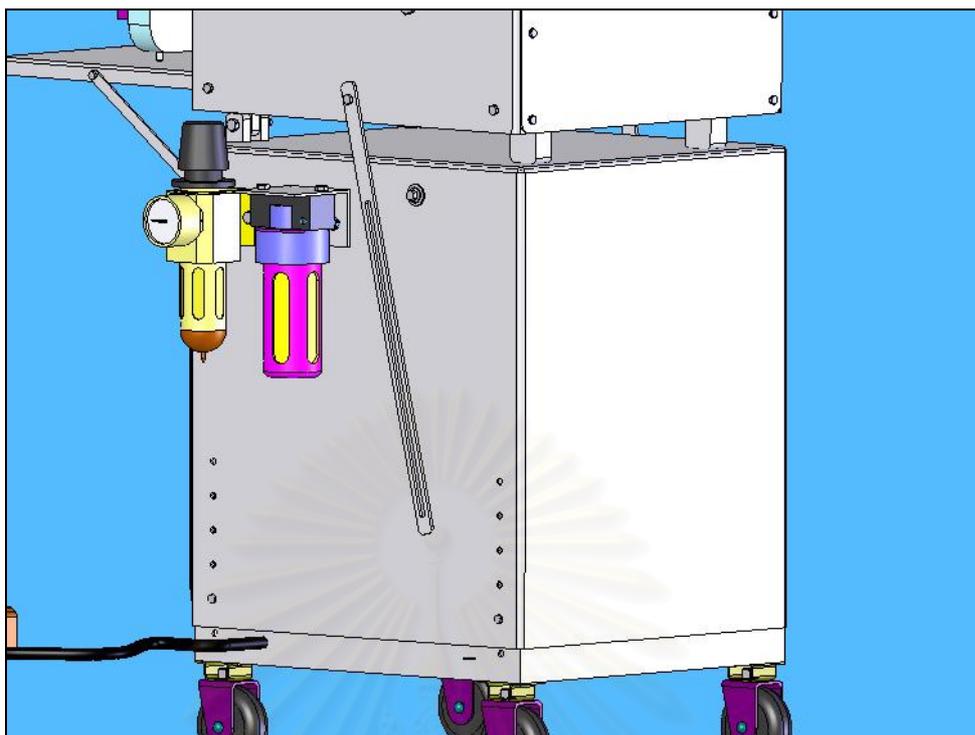
รูปที่ 5.26 แสดงการปรับปรุงแบบถาดวางในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ

5.8.2.5 การปรับปรุงแบบตู้ส่วนบน

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งตู้ส่วนบนที่ออกแบบจากแนวคิดนั้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมาก ทำให้อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องโดย ทำขอบต่างๆ ของตู้ส่วนบนให้โค้งมน



รูปที่ 5.27 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัยของตู้ส่วนบนก่อนการวิเคราะห์แบบ

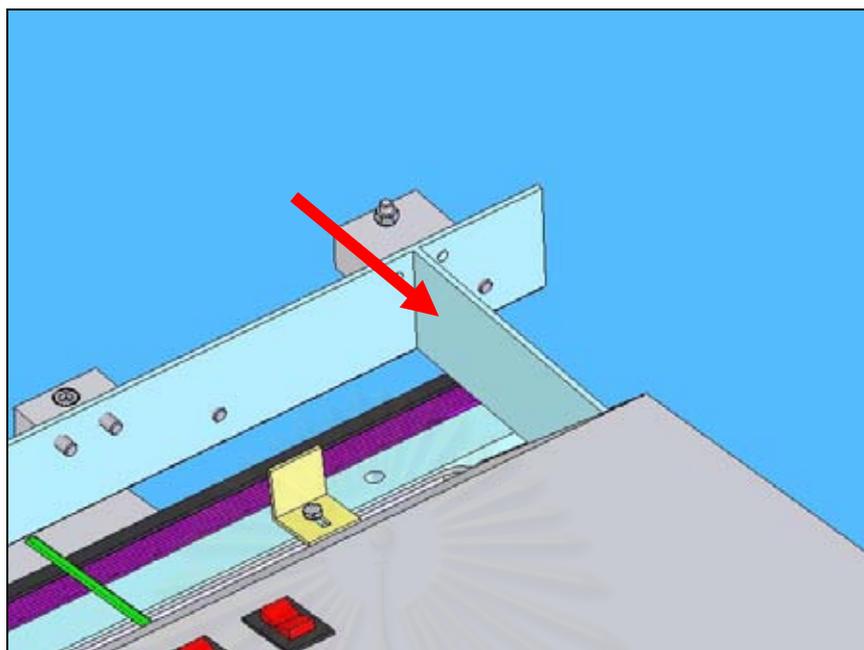


รูปที่ 5.28 แสดงการปรับปรุงตู้ส่วนบนในข้อบกพร่องเรื่องความปลอดภัยหลังการวิเคราะห์แบบ

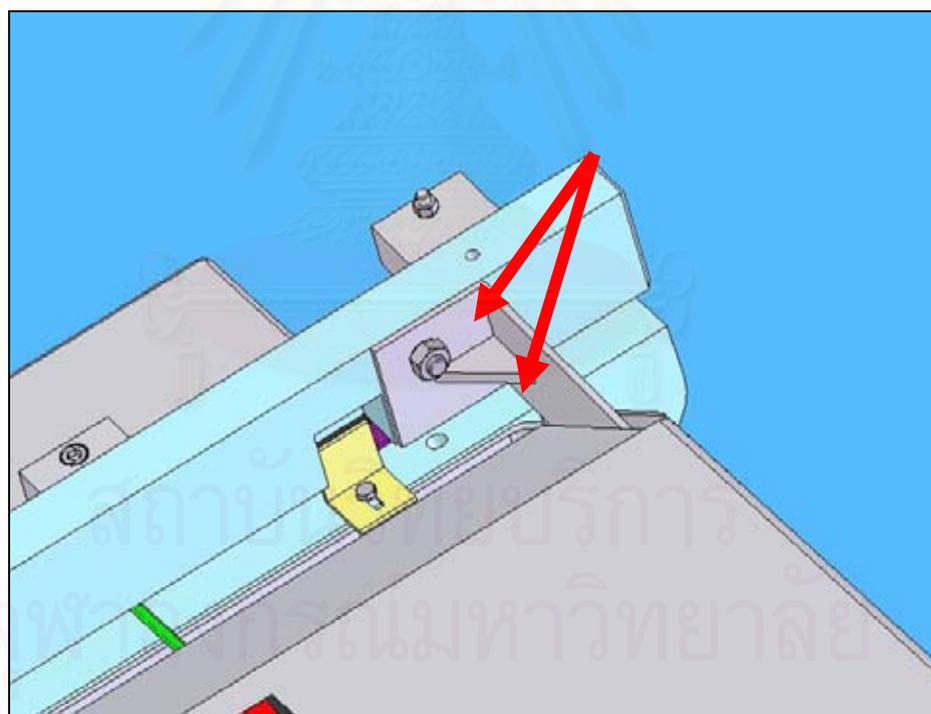
5.8.2.6 การปรับปรุงแบบคานฉนีกด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของความแข็งแรง ซึ่งมีสองจุดด้วยกันคือ

- **คานฉนีกด้านบนบางเกินไป** เนื่องจากคานฉนีกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดกำหนดให้มีความหนาเท่ากับฝาบนของแบบเครื่องปัจจุบันคือ 3 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากส่วนนี้มีความสำคัญมากในการฉนีก ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อไม่ให้เกิดการบิดงอจากการฉนีก และต้องมีหน้าสัมผัสที่เรียบเพื่อให้ปากฉนีกที่มาติดตั้งไม่บิดตาม ดังนั้นจึงเพิ่มขนาดเหล็กโดยแบ่งคานนี้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นหน้าที่ใช้สำหรับติดตั้งปากฉนีกให้มีความหนา 10 มิลลิเมตร และส่วนที่เป็นขาเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของคานเป็น 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.29 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานฉนวนก่อนการวิเคราะห์แบบ

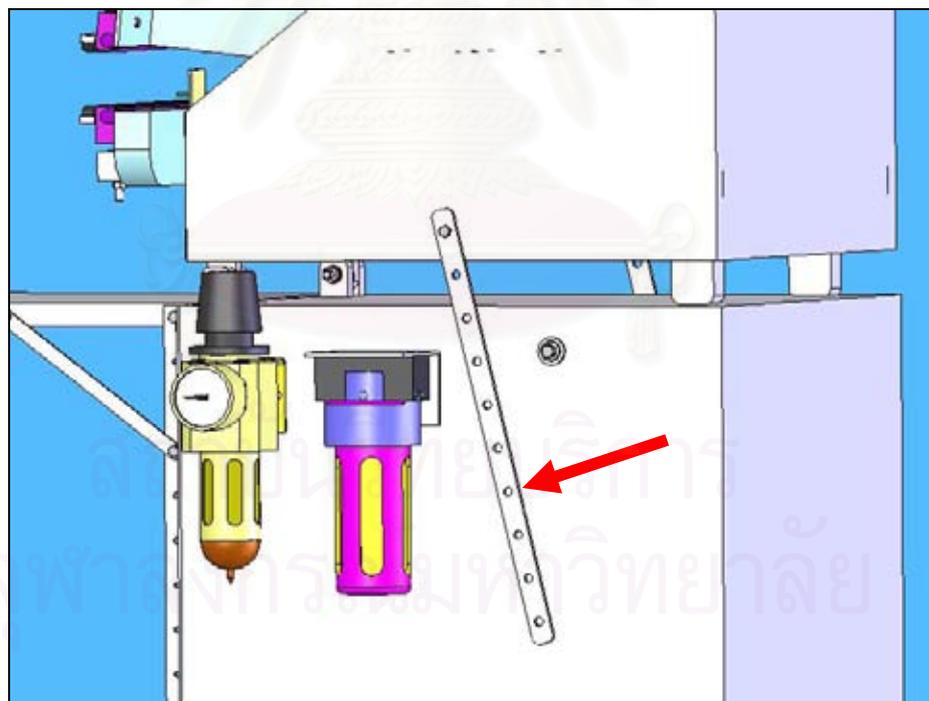


รูปที่ 5.30 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานฉนวนหลังการวิเคราะห์แบบ

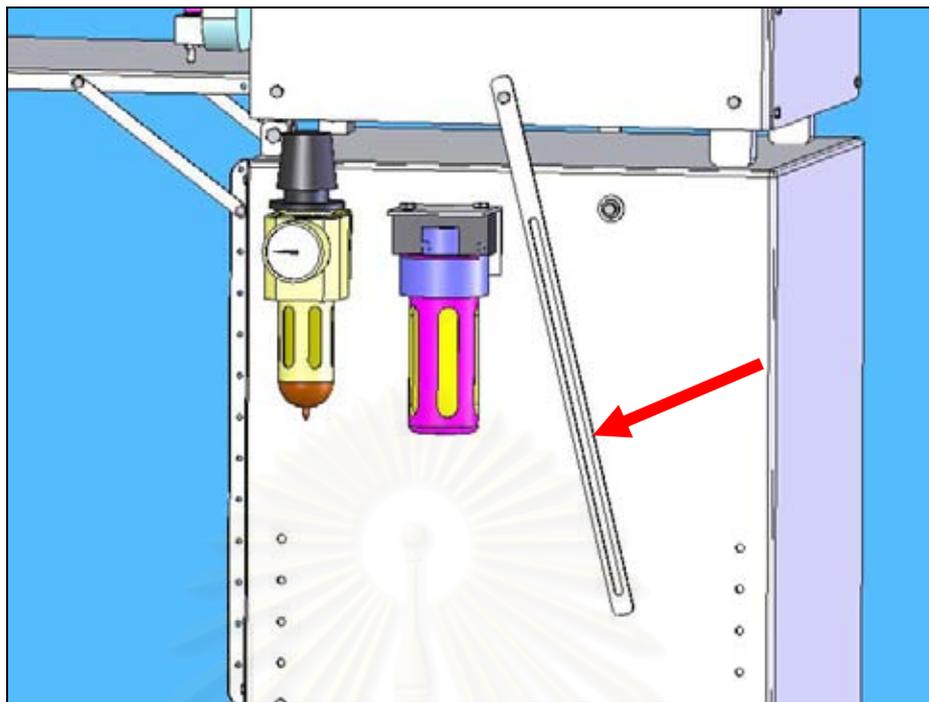
▪ รอยต่อเชื่อมของคานฉนิกด้านบนไม่แข็งแรง เนื่องจากคานฉนิกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมองข้ามเรื่องความแข็งแรงของรอยเชื่อมในส่วนนี้ แต่จากการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความไม่แข็งแรงเนื่องจากคานฉนิกใช้เหล็กขนาดบางเกินไปและได้มีการออกแบบใหม่ให้มีสองส่วน ทำให้มองเรื่องแนวเชื่อมที่ไม่แข็งแรงของนั้นถูกนำมาใช้เพิ่มเติมในส่วนของขาของคานฉนิกด้านบน โดยจะทำการเพิ่มหูข้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสกับอุปกรณ์อื่น

5.8.2.7 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับองศาการฉนิก

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งาน เนื่องจากตัวช่วยปรับองศาการฉนิกจากแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมีความห่างของช่องสำหรับปรับองศาช่องละ 5 เซนติเมตร ทำให้ปรับองศาได้ไม่ละเอียด เพื่อเพิ่มความละเอียดในการใช้งานและเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับองศาของปากฉนิกได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องนี้ โดย เปลี่ยนความห่างของรูที่เจาะเพื่อปรับองศาการฉนิก เป็นช่องยาว เพื่อให้สามารถปรับองศาได้ละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 5.31 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการฉนิกก่อนการวิเคราะห์แบบ

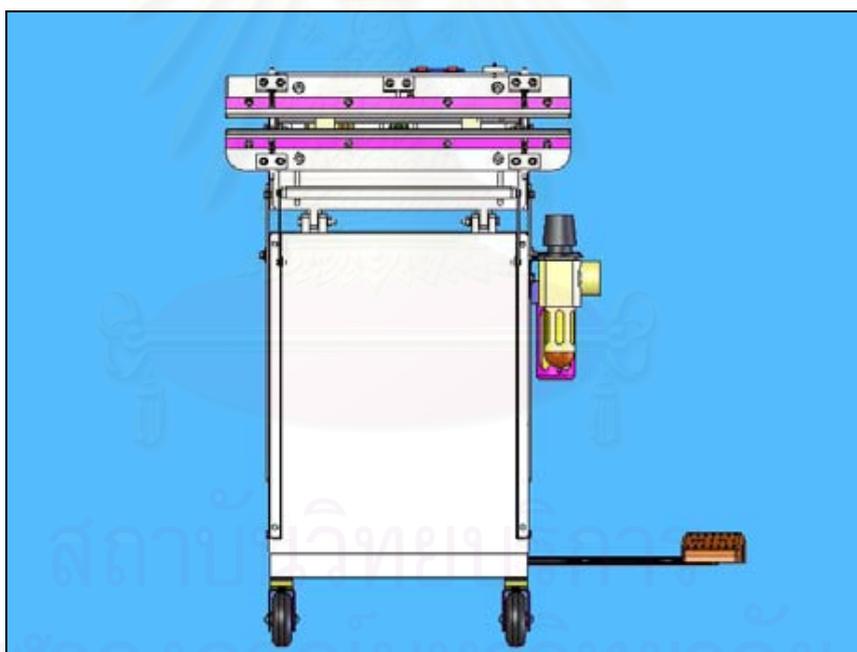


รูปที่ 5.32 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการพ่นิก
หลังการวิเคราะห์แบบ

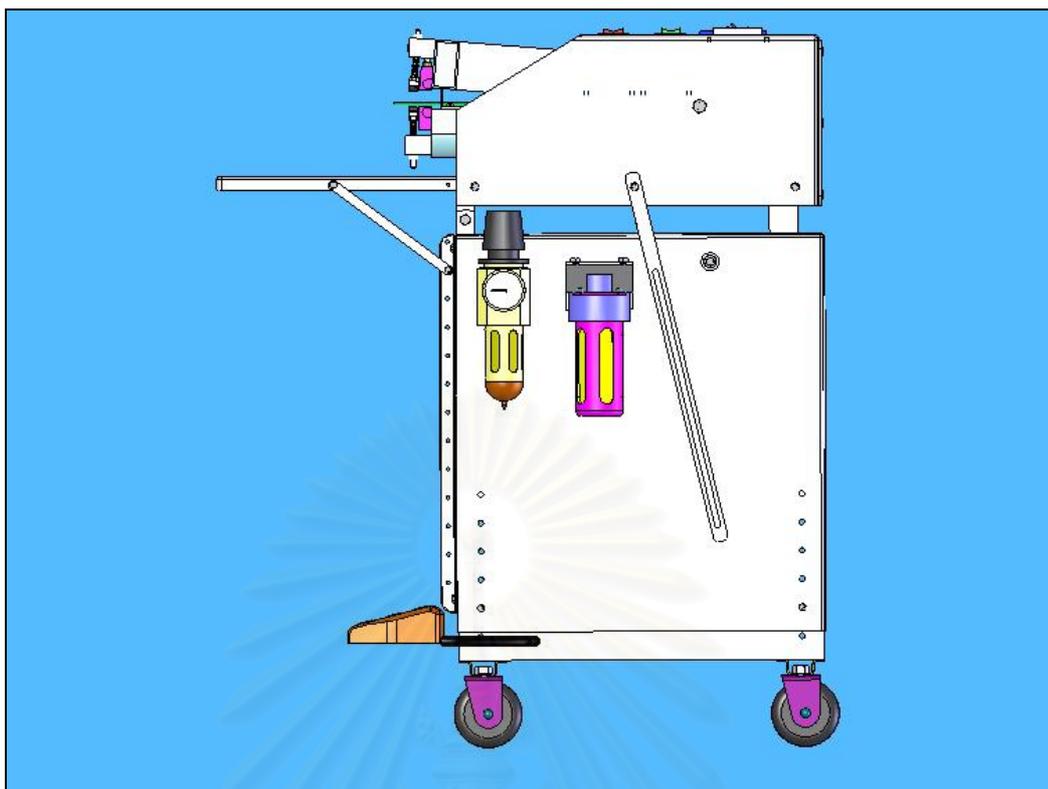
จากการวิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง สามารถนำส่วนต่างๆ ที่ได้
มีการปรับปรุงเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง มาประกอบกันจนได้แบบเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเดิมแก๊สที่
สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีประสิทธิภาพในคุณสมบัติด้านต่างๆ ซึ่งแบบที่ได้นี้
สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.33 , รูปที่ 5.34 , รูปที่ 5.35 , รูปที่ 5.36 และรูปที่ 5.37



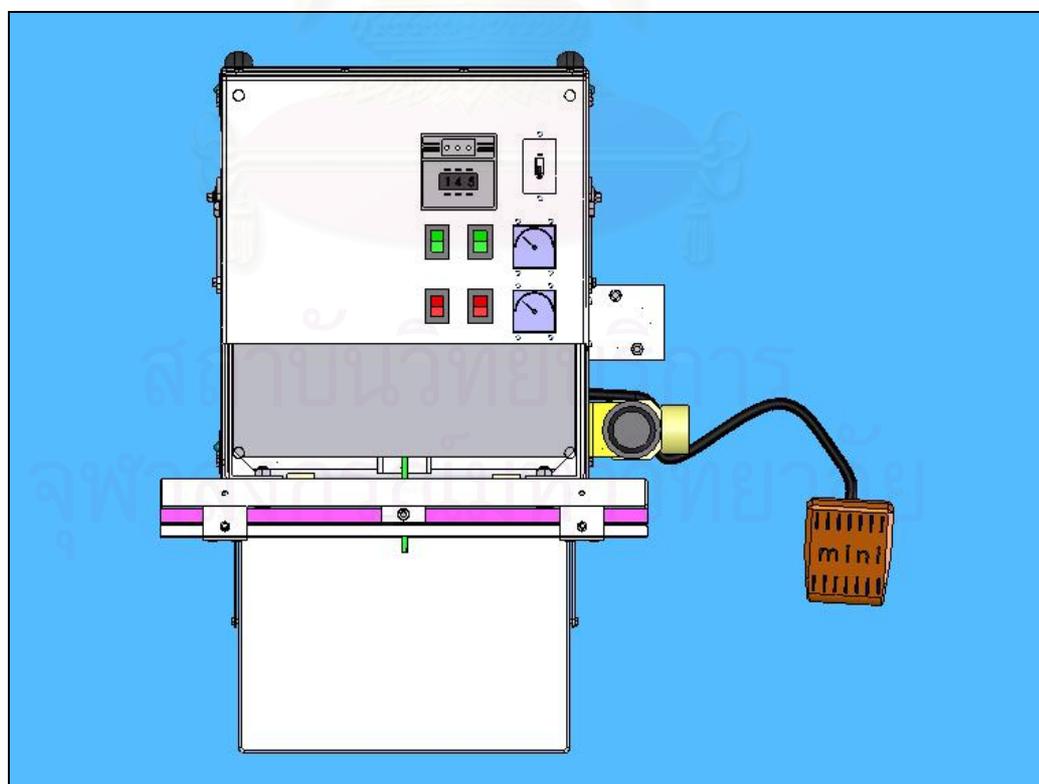
รูปที่ 5.33 แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



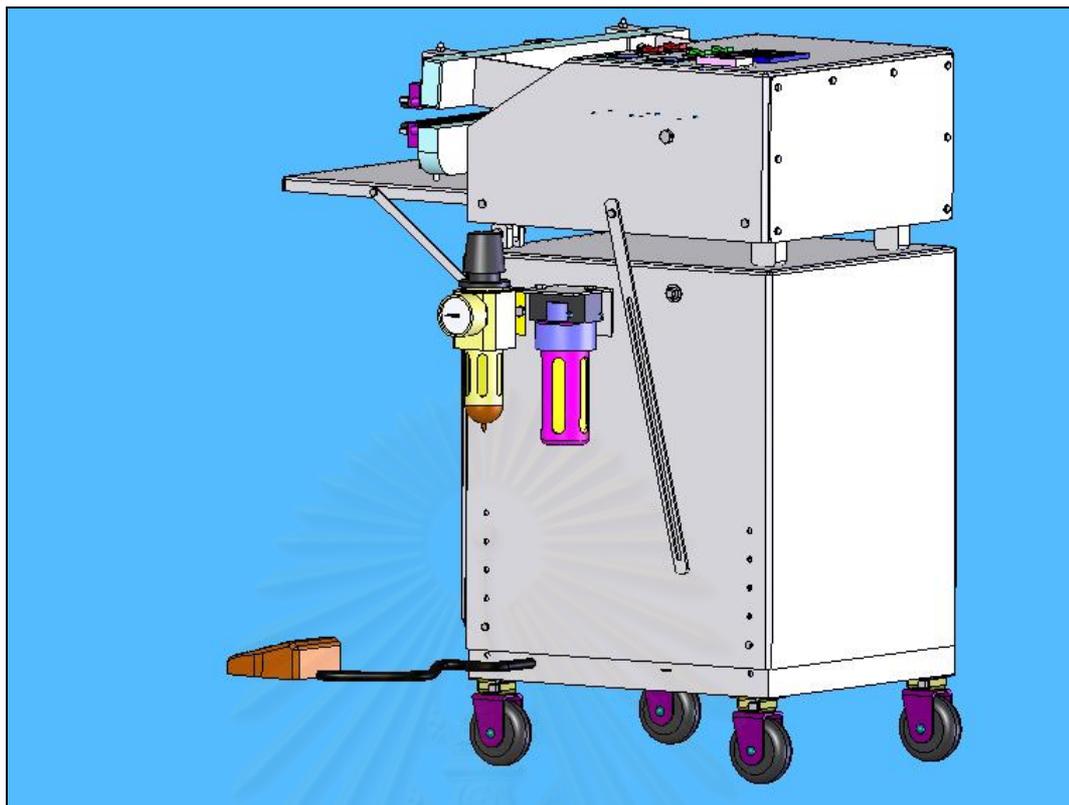
รูปที่ 5.34 แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.35 แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.36 แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.37 แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ

5.9 สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา

5.9.1 การสร้างแบบสอบถามระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในแบบเครื่องที่ได้พัฒนา

ภายหลังจากได้แบบเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้มีการพัฒนาจากความต้องการของลูกค้าและผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์แบบเรียบร้อยแล้วนั้น จึงได้มีการจัดทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถของแบบที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อวัดผลของแบบที่ได้พัฒนาว่ามีประสิทธิภาพในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพียงใดหรือสามารถแก้ไขปัญหากจากแบบเครื่องปัจจุบันได้มากน้อยเพียงใด

สำหรับการออกแบบสอบถามครั้งนี้ ได้มีการนำแบบสอบถามก่อนหน้าไว้ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในเครื่องแบบปัจจุบัน) มาทำการปรับปรุงและดัดแปลงให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งได้ตัดคำถามบางคำถามออกไปเพื่อให้แบบสอบถามมีความกระชับ รวมไปถึงต้องการสอบถามเพียงในส่วนที่เป็นคำถามเกี่ยวกับคะแนนเรื่องประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่อง จึงสามารถสร้างแบบสอบถามเพื่อวัดผล

ของแบบของเครื่องฝึกสุญญากาศและเดิมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนาดังภาคผนวก ค (แบบสอบถาม เพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา) ซึ่งจุดสำคัญของแบบสอบถามชุดนี้จะเป็นการให้คะแนนในคุณสมบัติของเครื่องในรุ่นปัจจุบัน และเครื่องที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อเปรียบเทียบคะแนนกัน โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 ในแต่ละคุณสมบัติ

5.9.2 การเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในแบบเครื่องที่พัฒนา

สำหรับการสอบถาม เนื่องจากลูกค้าผู้ที่ได้เคยตอบแบบสอบถามในแบบสอบถามแรกนั้นค่อนข้างอยู่ไกลและขาดความสะดวกในการสื่อสารรวมไปถึงความยากในการอธิบายสิ่งที่พัฒนาจากแบบภาพที่ใส่ลงไปแบบสอบถาม ซึ่งเป็นปัญหาจากการลองใช้แบบสอบถามในเบื้องต้น จึงได้ตัดสินใจให้กลุ่มผู้เคยใช้เครื่องฝึกสุญญากาศและเดิมแก๊สเป็นผู้ตอบแบบสอบถามแทนลูกค้าที่เคยตอบแบบสอบถามในชุดแรก ซึ่งสามารถตัดปัญหาเรื่องระยะทางและสามารถนำแบบที่ได้ไปอธิบายเพิ่มเติมได้โดยเปิดแบบเครื่องฝึกสุญญากาศและเดิมแก๊สที่ได้พัฒนาจากโปรแกรมที่ใช้เขียนแบบ ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเข้าใจในแบบเครื่องที่ได้มีการพัฒนาและสามารถให้คะแนนได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ซึ่งได้มีผู้ตอบสอบถาม 13 คน โดยคะแนนที่ได้สามารถแสดงได้ในภาคผนวก ค(ข้อมูลคะแนนในคุณสมบัติต่างๆจากการประเมินระดับคุณภาพของลูกค้าหลังทำการปรับปรุงเครื่อง)

5.10 สรุปผลแบบเครื่องฝึกสุญญากาศและเดิมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนา

ข้อมูลจากแบบสอบถามในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา) ที่แสดงคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของเครื่องฝึกสุญญากาศและเดิมแก๊สในรุ่นปัจจุบัน และแบบที่ได้ทำการพัฒนา ซึ่งการวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อสรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนาในขั้นตอนนี้จะใช้เพียงบางส่วนของข้อมูลที่ได้มีการสอบถามมาเท่านั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการพัฒนาเครื่องเฉพาะในประเด็นที่ได้มีการปรับปรุง โดยจะมีการใช้ข้อมูลการให้คะแนนในคุณสมบัติที่ได้มีการเลือกมาพัฒนามาเปรียบเทียบระหว่างค่าคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึกสุญญากาศและเดิมแก๊สของบริษัทการศึกษา (เครื่องปัจจุบัน) กับคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนา มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้การทดสอบของวิลคอกซัน แบบจับคู่ (Wilcoxon Signed-Rank Test for Matched pair) เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อย ข้อมูลเป็นแบบสเกลอันดับ (Ordinal Scale) มีข้อมูลเป็นคู่ และไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยมีสมมติฐานทางสถิติคือ

$$H_0: \tilde{\mu}_{PN} \leq \tilde{\mu}_{PO}$$

$$H_1: \tilde{\mu}_{PN} > \tilde{\mu}_{PO}$$

ซึ่งค่าต่างๆ ที่ใช้ในตารางเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติมีความหมายดังนี้

$\tilde{\mu}_{PO}$ = ค่ามัธยฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึกศูญญาภาศ
และเดิมแก๊สแบบปัจจุบัน

$\tilde{\mu}_{PN}$ = ค่ามัธยฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนา

PO = คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึกศูญญาภาศและเดิมแก๊สของ
บริษัทกรณีศึกษา (เครื่องปัจจุบัน)

PN = คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนา

n = จำนวนข้อมูล

D_i = คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนากับค่าผลต่างของ
คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึกศูญญาภาศและเดิมแก๊สของบริษัทกรณีศึกษา (เครื่อง
ปัจจุบัน)

= PN-PO

ลำดับ = การเรียงลำดับ $|D_i|$ โดยให้ลำดับ 1 คือค่าที่มี $|D_i|$ ต่ำสุด และค่า $|D_i|$
มากที่สุดเป็นลำดับที่ n ถ้าค่า $|D_i|$ เท่ากันหลายค่า ให้หาลำดับที่เฉลี่ย ถ้า $D_i = 0$ จะไม่พิจารณา
ซึ่งทำให้จำนวนข้อมูลลดลง เช่น มี $D_i = 0$ จำนวน 1 ค่า จำนวนข้อมูลจะลดลงเป็น n-1

ลำดับ (+) = ลำดับที่มีค่า D_i เป็นบวก

ลำดับ (-) = ลำดับที่มีค่า D_i เป็นลบ

T^+ = ผลบวกของ ลำดับ (+)

T^- = ผลบวกของ ลำดับ (-)

1. คุณสมบัติเรื่องความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการฝึกในแนว
อื่นๆ นั้น สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ จากแบบ
เครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ
จากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ จากแบบ
เครื่องที่พัฒนา มากกว่าค่ามัธยฐานของคะแนนความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ จากแบบ
เครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.10 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการฝึกแนวอื่นๆ

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	6	9	3	3	8	8	
2	7	10	3	3	8	8	
3	8	9	1	1	2.5	2.5	
4	8	10	2	2	5.5	5.5	
5	6	10	4	4	11.5	11.5	
6	7	9	2	2	5.5	5.5	
7	5	9	4	4	11.5	11.5	
8	6	10	4	4	11.5	11.5	
9	5	9	4	4	11.5	11.5	
10	6	9	3	3	8	8	
11	7	8	1	1	2.5	2.5	
12	8	9	1	1	2.5	2.5	
13	7	8	1	1	2.5	2.5	
ค่าเฉลี่ย	6.62	9.15			ผลรวม	91	0
						T ⁺	T ⁻

ที่ $n = 13$ และ $\alpha = 0.01$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 13$ ซึ่ง $T \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความสามารถในการฝึกแนวอื่นๆ ของเครื่องที่พัฒนามากกว่า คะแนนความสามารถในการฝึกแนวอื่นของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความสามารถในการฝึกแนวอื่นๆ ของเครื่องที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน = $\frac{(9.15 - 6.62)}{6.62} \times 100 = 38.22$ เปอร์เซ็นต์

2. คุณสมบัติเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานนั้น สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนามากกว่าค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.11 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	8	9	1	1	2	2	
2	7	10	3	3	9	9	
3	8	9	1	1	2	2	
4	6	9	3	3	9	9	
5	7	9	2	2	4.5	4.5	
6	6	9	3	3	9	9	
7	6	9	3	3	9	9	
8	8	9	1	1	2	2	
9	7	9	2	2	4.5	4.5	
10	6	9	3	3	9	9	
11	5	8	3	3	9	9	
12	6	10	4	4	13	13	
13	6	9	3	3	9	9	
ค่าเฉลี่ย	6.62	9.08			ผลรวม	91	0
						T ⁺	T ⁻

ที่ $n = 13$ และ $\alpha = 0.01$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 13$ ซึ่ง $T \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความปลอดภัยขณะใช้งานของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความปลอดภัยขณะใช้งานของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความปลอดภัยขณะใช้งานของเครื่องที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน = $\frac{(9.08 - 6.62)}{6.62} \times 100 = 37.16$ เปอร์เซ็นต์

3. คุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึก

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึกนั้น สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึกจากแบบเครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึกจากแบบเครื่องที่พัฒนา มากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ที่ $n = 13$ และ $\alpha = 0.01$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 13$ ซึ่ง $T \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฝึกของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฝึกของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฝึกของเครื่องที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน = $\frac{(9.23 - 6.46)}{6.46} \times 100 = 42.88$ เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.12 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	7	9	2	2	5	5	
2	8	10	2	2	5	5	
3	6	9	3	3	8	8	
4	6	10	4	4	10.5	10.5	
5	7	9	2	2	5	5	
6	7	10	3	3	8	8	
7	7	8	1	1	2	2	
8	8	9	1	1	2	2	
9	6	9	3	3	8	8	
10	8	9	1	1	2	2	
11	4	8	4	4	10.5	10.5	
12	5	10	5	5	12.5	12.5	
13	5	10	5	5	12.5	12.5	
ค่าเฉลี่ย	6.46	9.23			ผลรวม	91	0
						T ⁺	T ⁻

4. คุณสมบัติเรื่องความสูงของเครื่อง

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องความสูงของเครื่อง สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสูงของเครื่องจากแบบเครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสูงของเครื่องจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสูงของเครื่องจากแบบเครื่องที่พัฒนา มากกว่าค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสูงของเครื่องจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.13 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสูงของเครื่อง

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	8	9	1	1	4.5	4.5	
2	8	9	1	1	4.5	4.5	
3	7	8	1	1	4.5	4.5	
4	8	9	1	1	4.5	4.5	
5	6	9	3	3	12	12	
6	6	9	3	3	12	12	
7	6	8	2	2	9.5	9.5	
8	6	9	3	3	12	12	
9	8	9	1	1	4.5	4.5	
10	8	9	1	1	4.5	4.5	
11	7	8	1	1	4.5	4.5	
12	8	10	2	2	9.5	9.5	
13	8	9	1	1	4.5	4.5	
ค่าเฉลี่ย	7.23	8.85			ผลรวม	91	0
						T ⁺	T ⁻

ที่ $n = 13$ และ $\alpha = 0.01$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 13$ ซึ่ง $T^- \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความสูงของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความสูงของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความสูงของรอยหนักของเครื่องที่พัฒนามีคะแนนเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน

$$= \frac{(8.85 - 7.23)}{7.23} \times 100 = 22.41 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

5. คุณสมบัติเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งาน

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งาน สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนามากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.14 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งาน

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	8	10	2	2	10.5	10.5	
2	7	9	2	2	10.5	10.5	
3	7	9	2	2	10.5	10.5	
4	8	9	1	1	4	4	
5	7	9	2	2	10.5	10.5	
6	8	9	1	1	4	4	
7	7	8	1	1	4	4	
8	8	9	1	1	4	4	
9	8	9	1	1	4	4	
10	8	9	1	1	4	4	
11	7	8	1	1	4	4	
12	8	10	2	2	10.5	10.5	
13	7	9	2	2	10.5	10.5	
ค่าเฉลี่ย	7.54	9.00			ผลรวม	91	0
						T ⁺	T ⁻

ที่ $n = 13$ และ $\alpha = 0.05$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 13$ ซึ่ง $T \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความเหมาะสมเรื่องท่าทางการใช้ของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความเหมาะสมเรื่องท่าทางการใช้งานของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความเหมาะสมเรื่องท่าทางในการใช้งานของเครื่องที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน = $\frac{(9.00 - 7.54)}{7.54} \times 100 = 19.36$ เปอร์เซ็นต์

6. คุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีก

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีกสามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีกจากแบบเครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีกจากแบบเครื่องที่พัฒนา มากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยฉีกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ที่ $n = 13 - 2 = 11$ และ $\alpha = 0.01$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 7$ ซึ่ง $T \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความเหมาะสมของรอยฉีกของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความเหมาะสมของรอยฉีกของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความเหมาะสมของรอยฉีกของเครื่องที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน = $\frac{(9.31 - 7.46)}{7.46} \times 100 = 24.80$ เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.15 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนัง

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	8	9	1	1	2	2	
2	6	9	3	3	9	9	
3	6	10	4	4	11	11	
4	7	10	3	3	9	9	
5	8	10	2	2	5.5	5.5	
6	7	9	2	2	5.5	5.5	
7	7	9	2	2	5.5	5.5	
8	9	10	1	1	2	2	
9	9	9	0	0			
10	7	9	2	2	5.5	5.5	
11	8	8	0	0			
12	7	10	3	3	9	9	
13	8	9	1	1	2	2	
ค่าเฉลี่ย	7.46	9.31			ผลรวม	66	0
						T ⁺	T ⁻

7. คุณสมบัติเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องการมองเห็นในการใช้งานสามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องการมองเห็นในการใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องการมองเห็นในการใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องการมองเห็นในการใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนามากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องการมองเห็นในการใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.16 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

ผู้ตอบแบบสอบถาม	PO	PN	Di	Di	ลำดับ	ลำดับ (+)	ลำดับ (-)
1	7	9	2	2	9.5	9.5	
2	9	9	0	0			
3	8	9	1	1	4.5	4.5	
4	7	10	3	3	11.5	11.5	
5	8	9	1	1	4.5	4.5	
6	8	9	1	1	4.5	4.5	
7	7	8	1	1	4.5	4.5	
8	8	9	1	1	4.5	4.5	
9	8	9	1	1	4.5	4.5	
10	8	9	1	1	4.5	4.5	
11	7	8	1	1	4.5	4.5	
12	7	10	3	3	11.5	11.5	
13	7	9	2	2	9.5	9.5	
ค่าเฉลี่ย	7.62	9.00			ผลรวม	78	0
						T ⁺	T ⁻

ที่ $n = 13 - 1 = 12$ และ $\alpha = 0.01$

เปิดตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธี Wilcoxon Signed - Rank Test for Matched pair ในภาคผนวก ง ได้ $T_L = 10$ ซึ่ง $T^- \leq T_L$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

เพราะฉะนั้น คะแนนความสามารถในการมองเห็นของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความสามารถในการมองเห็นของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

คะแนนความสามารถในการมองเห็นของเครื่องที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน = $\frac{(9.00 - 7.62)}{7.62} \times 100 = 18.11$ เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.17 สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติ

คุณสมบัติ	% ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้น
1. ความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ	38.22
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	37.16
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึก	42.88
4. ความสูงของเครื่อง	22.41
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	19.36
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยฝึก	24.80
7. การมองเห็นในการใช้งาน	18.11

หมายเหตุ : ได้ทำการทดสอบทางสถิติพบว่าค่ามัธยฐานของคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่าค่ามัธยฐานของคะแนนจากเครื่องปัจจุบัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่าเครื่องปัจจุบันในทุกๆคุณสมบัติที่ได้ทำการพัฒนา ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในคุณสมบัติที่พัฒนาทั้งหมดได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้น} &= \frac{(38.22 + 37.16 + 42.88 + 22.41 + 19.36 + 24.80 + 18.11)}{7} \\ &= 29 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{aligned}$$

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. การปรับปรุงกระบวนการประกอบเครื่องฝักสุญญากาศและเติมแก๊ส
2. การพัฒนาเครื่องฝักสุญญากาศและเติมแก๊สเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ดังนั้นจึงแบ่งการสรุปงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

6.1.1 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการประกอบเครื่องฝักสุญญากาศและเติมแก๊ส

การวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบเครื่องฝักสุญญากาศและเติมแก๊สให้มีคุณภาพ สามารถแก้ปัญหาจากการประกอบเครื่องที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีผลทำให้เครื่องนั้นมีข้อบกพร่องต่างๆ โดยเริ่มทำการเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ ซึ่งมีปัญหาต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงปัญหาต่างๆ ที่พบในขั้นตอนการประกอบ

ขั้นตอนในการประกอบ	ปัญหาที่พบ
A2 (ติดตั้ง Breaker) , B4 (ติดตั้ง Timer)	การประกอบอุปกรณ์ต่างๆ กลับทิศทาง
C1, C3 (ติดตั้งอุปกรณ์ส่วนบน)	ฝาบนเคลื่อนที่ยาก
C1, C3 (ติดตั้งอุปกรณ์ส่วนบน)	ประกอบปากฝักนาน
C5 (ติดตั้งกระบอกลมสองทาง)	นอตหลวมหรือคลายตัว
C6 (การเตรียมสายไฟ)	ประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น
C6 (การเตรียมสายไฟ)	การลัดวงจร
D (ติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก)	การติดตั้งสายไฟใช้เวลานาน
D (ติดตั้งสายไฟเข้ากับแผงอุปกรณ์หลัก)	ติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์จุดละ 2 ตัว ยาก
D (การติดตั้งสายไฟเข้ากับอุปกรณ์)	หางปลาแบบเสียบหลุดจากขาสวิตช์ไฟง่าย
การแก้ปัญหางานอื่นๆ	ไฟลัด
การแก้ปัญหางานอื่นๆ	ติดตั้งหรือใส่อุปกรณ์ต่างๆ ได้ยาก

จากปัญหาดังกล่าวที่ได้จึงทำการค้นหาต้นเหตุหรือสาเหตุของปัญหา โดยใช้หลักการ Why-Why Analysis จากนั้นจะพิจารณาในแต่ละสาเหตุของปัญหาว่า ปัญหาไหนควรได้รับการแก้ไข และสามารถแก้ไขปัญหามาจากสาเหตุนั้นๆ ได้หรือไม่ แล้วจึงทำการแก้ปัญหา โดยสามารถสรุปการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดังนี้

1. จัดทำใบตรวจสอบรับงานสั่งทำ (ใบตรวจสอบงานสั่งทำ)
2. จัดทำแบบให้ชัดเจนและจุดสังเกตในการประกอบอุปกรณ์ที่มีด้านบนล่าง-ซ้าย-ขวาเหมือนกัน (คู่มือการทำงาน)
3. ตรวจสอบลักษณะหางปลาหลังบีบทุกครั้งในการประกอบสายไฟเข้ากับหางปลา (คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์)
4. กำหนดระยะเวลาในการปอกสายไฟให้มีขนาดพอเหมาะกับหางปลา (คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์)
5. กำหนดวิธีในการใส่หางปลาให้เหมาะสมในตำแหน่งที่มีการใส่หางปลา 2 ตัวเข้ากับอุปกรณ์ในจุดเดียวกัน (คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์)
6. ใช้คีมปอกสายไฟโดยเฉพาะ
7. เลือกใช้คีมที่มีขนาดเหมาะสมในการใส่หางปลาเข้ากับอุปกรณ์
8. จัดทำขั้นตอนการใส่สายไฟเข้ากับอุปกรณ์ให้เป็นมาตรฐาน (คู่มือการทำงาน)
9. หลังประกอบหางปลากับอุปกรณ์ให้ทำการบีบหางปลาทันที (คู่มือการทำงาน)
10. จัดทำขั้นตอนโดยให้ติดตั้งสายไฟหลักเข้ากับ Breaker เป็นลำดับสุดท้าย (คู่มือการทำงาน)
11. จัดทำแบบและขั้นตอนในการประกอบใหม่โดยใช้เครื่องหมายและสัญลักษณ์
12. เปลี่ยนชนิดของนอตให้เหมาะสมกับตำแหน่งหรือใช้น้ำยาหล่อเกลียว
13. ใบตรวจสอบขั้นตอนในการทำงานในกระบวนการประกอบต่างๆ (ใบตรวจสอบขั้นตอนการทำงาน)

ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการสร้างเอกสารขึ้นเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาในการประกอบ 4 อย่างด้วยกันคือ

1. ใบตรวจสอบรับงานสั่งทำ เป็นเอกสารที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อรับงานสั่งทำ โดยมีการกำหนดจุดตรวจสอบซึ่งเป็นจุดที่อาจก่อให้เกิดปัญหาการประกอบ เครื่องมือที่ใช้ตรวจและเกณฑ์มาตรฐานของงานสั่งทำ
2. คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ เป็นคู่มือที่ช่วยให้ผู้ประกอบเครื่องมือมีความรู้และเข้าใจในวิธีการย้ายหางปลาและติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่ง

ถือเป็นส่วนสำคัญในการประกอบเครื่อง เพราะเป็นจุดที่มีโอกาสก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการประกอบได้ง่าย

3. คู่มือการทำงาน เป็นคู่มือที่ใช้ในการประกอบเครื่อง ซึ่งจะระบุอุปกรณ์ เครื่องมือ ขั้นตอนในการทำงาน เวลามาตรฐานในการประกอบ ข้อควรระวัง และจุดตรวจสอบคุณภาพในทุกๆ ขั้นตอนในการประกอบ โดยมีการใช้รูปภาพและแสดงจุดสังเกตเพื่อช่วยในการประกอบด้วย

4. ใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ เป็นเอกสารที่ใช้ในระหว่างการประกอบ ควบคู่ไปกับคู่มือการทำงาน โดยใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการทำงานในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ตรงตามข้อกำหนด เป็นการป้องกันความผิดพลาดของการประกอบเครื่องและป้องกันการข้ามขั้นตอนในการประกอบ

นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างแผนคุณภาพ เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการประกอบเพิ่มขึ้น เพื่อให้เห็นถึงขั้นตอนการประกอบ และ วิธีการตรวจสอบรวมไปถึงการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นจากการประกอบ โดยในแผนคุณภาพสำหรับการประกอบนี้จะประกอบไปด้วย ขั้นตอนการดำเนินงาน รายละเอียดของงาน อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน ข้อกำหนดในการตรวจสอบ วิธีในการตรวจสอบ เอกสารที่ใช้ และการแก้ปัญหาเบื้องต้น โดยผู้ตรวจสอบคือผู้ที่ทำการประกอบเครื่องและจะทำการตรวจสอบทุกครั้ง ที่มีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ทำให้การประกอบมีความถูกต้องตรงตามแบบและลดปัญหาจากการประกอบในส่วนต่างๆ

ซึ่งจากการแก้ปัญหการประกอบด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้นทำให้เครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ผลิตหลังจากมีการแก้ปัญหานั้น พบว่าไม่มีข้อบกพร่องใดๆ จากการประกอบ โดยผู้ประกอบเครื่องสามารถทำการประกอบได้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น มีแบบแผนขั้นตอนในการทำงาน และมีตรวจสอบเพื่อป้องกันความผิดพลาดในทุกขั้นตอน ทำให้เครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ผลิตได้มีคุณภาพ และช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการบริการงานซ่อมต่างๆ ภายในระยะเวลาที่อยู่ในประกัน

6.1.2 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการออกแบบเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊ส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เดิมให้มีคุณภาพหรือประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งอื่นๆ ในตลาดได้ โดยจะนำเครื่องมือ และหลักการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการพัฒนาเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สนี้ และจัดทำขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรอื่นๆ ที่มีลักษณะของเครื่องจักรที่คล้ายคลึงกับเครื่องพนักสูญญากาศ

และเติมแก้สนี้ และต้องการที่จะเลือกปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรนั้นๆ เฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ โดยยังคงพื้นฐานเดิมของเครื่องไว้ ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก้สดังนี้

1. สร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ที่ลูกค้าคาดหวัง เพื่อจะนำข้อมูลคะแนนระดับคุณภาพทั้งสองนี้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป มีการสร้างแบบสอบถามโดยการประชุมสร้างแบบสอบถาม ซึ่งผู้เข้าประชุมเป็นผู้ที่มีประสบการณ์จากการประกอบเครื่อง การซ่อมเครื่อง และจากที่เคยได้ข้อเสนอแนะจากลูกค้ามาเบื้องต้น เพื่อให้ได้แบบสอบถามที่นำมาซึ่งข้อมูลที่ตรงกับวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ยังนำบางหัวข้อของแหล่งข้อมูลและความเป็นไปได้ของความต้องการลูกค้า (Abd. Rahman, Abdul Rahim and Mohd. Shariff Nabi Baksh, 2003) ที่มีความเหมาะสมกับเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก้สมาประยุกต์รวมเข้าไปด้วยเพื่อให้ได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สำหรับการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการเดินทางเข้าไปสัมภาษณ์จากผู้ใช้งานได้โดยตรงเพราะผู้ใช้งานเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก้สกระจายตัวอยู่ทุกๆ ภาคของประเทศไทยและปัญหาเรื่องความถูกต้องของข้อมูลที่อยู่ของลูกค้า การเก็บข้อมูลลูกค้าเก่า รวมถึงต้องการความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายน้อย จึงได้เลือกวิธีการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เป็นหลัก ร่วมกับวิธีการสัมภาษณ์โดยตรงเท่าที่สามารถจะทำได้ และการส่งแบบสอบถามทางอีเมลล์เพื่อเพิ่มช่องทางในการสัมภาษณ์และความสะดวกให้กับผู้รับการสัมภาษณ์อีกทางหนึ่ง โดยสอบถามลูกค้าที่มีข้อมูลติดต่อได้รวมทั้งหมด 22 ราย จากจำนวนลูกค้าทั้งหมด 50 ราย ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ 11 ราย พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนเท่ากับ 0.54

2. หาคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก้สที่ควรได้รับการพัฒนา โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ ซึ่งคะแนนที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้มาจากคะแนนระดับคุณภาพและความคาดหวังของคุณสมบัติต่างๆ จากลูกค้า และคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของกลุ่ม มาใช้ในการพิจารณาเลือกคุณสมบัติที่ควรได้รับการพัฒนา

โดยใช้ตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก้สที่ควรพัฒนาปรับปรุง ซึ่งพิจารณาเลือกคุณสมบัติจากคะแนนความสำคัญรวมซึ่งมาจากผลรวมของคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามจากลูกค้ากับคะแนนที่เป็นอัตราส่วนระหว่างคะแนนความสามารถของเครื่องของบริษัทคู่แข่งอื่นๆ ที่มีคะแนนสูงที่สุดในแต่ละคุณสมบัติกับคะแนน

ของบริษัทการศึกษา โดยคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามจากลูกค้านี้มาจากอัตราส่วนระหว่างคะแนนความคาดหวังกับคะแนนระดับการรับรู้ของลูกค้าในคุณสมบัติต่างๆ

$$\text{คะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่อง } j = \left\{ \prod_{i=1}^{n_j} (E_{ij} / P_{ij}) \right\}^{1/n_j}$$

โดย E_{ij} = คะแนนระดับความคาดหวังของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

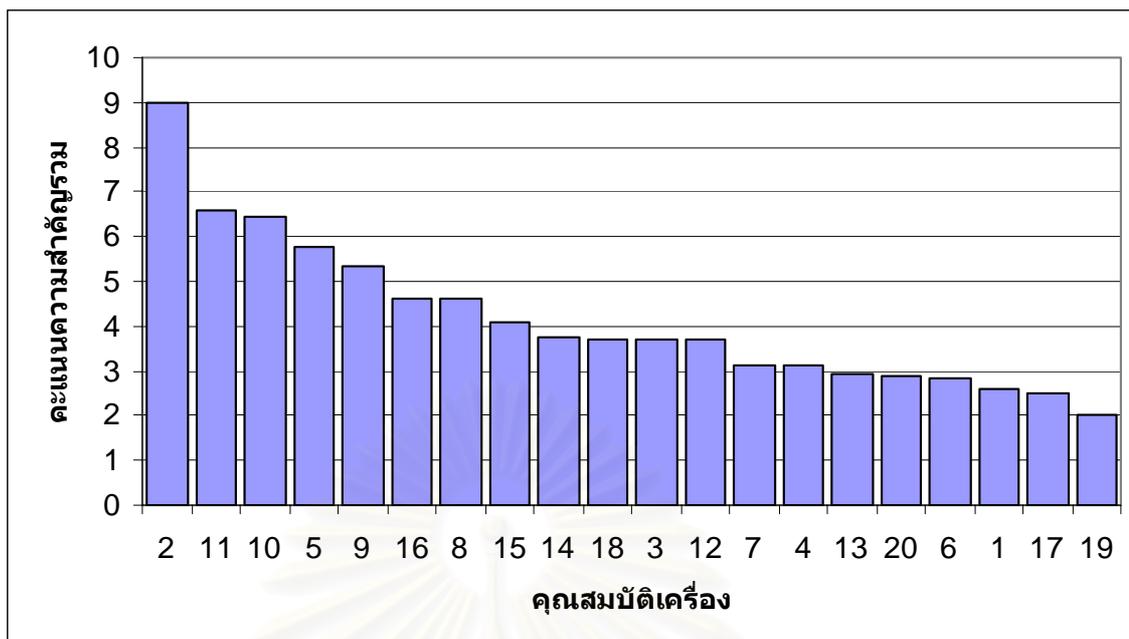
P_{ij} = คะแนนระดับการรับรู้ของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

n_j = จำนวนของลูกค้า

แต่คะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามข้างต้น ไม่สามารถใช้ได้ทันที จำเป็นต้องมีการแปลงคะแนนความสำคัญเพื่อให้เหมาะสมในการวิจัย เพราะคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามนั้นมีช่วงคะแนนที่ค่อนข้างแคบและน้อยกว่าคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่งอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำไปใช้กับคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่ง ทำให้มีความจำเป็นต้องแปลงค่าคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม ให้มีคะแนนในช่วง 1-5 เช่นเดียวกับคะแนนที่ใช้ประเมินในด้านคู่แข่งเพื่อความเหมาะสม

โดยงานวิจัยนี้จะเลือกคุณสมบัติของเครื่อง โดยทำการเรียงลำดับคะแนนความสำคัญรวมจากมากไปหาน้อย แล้วทำการเลือกคุณสมบัติ ซึ่งผลการเลือกคุณสมบัติเครื่องที่ได้ นั่นคือจะเลือก 7 อันดับแรกของคะแนนผลรวมมาทำการปรับปรุง เนื่องจากคิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนคุณสมบัติทั้งหมด อีกทั้งคะแนนผลรวมของอันดับ 7 และ 8 ค่อนข้างห่างกัน เมื่อเทียบกับความห่างของคะแนนของลำดับอื่นๆ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 6.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม

โดยคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนามีดังนี้

	คะแนนผลรวม
1. ความสามารถในการพ่นในแนวอื่นๆ	9.00
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	6.57
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะพ่น	6.45
4. ความสูงของเครื่อง	5.79
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	5.31
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยพ่น	4.64
7. การมองเห็นในการใช้งาน	4.63

3. หาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องพ่นกัญชุกาสาและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านอื่นๆ โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนากับชิ้นส่วนของเครื่องทั้งหมด โดยความสัมพันธ์นี้เป็นความสัมพันธ์ที่ชี้ให้เห็นว่าชิ้นส่วนใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านอื่นๆ แล้วทำการเลือกชิ้นส่วนเหล่านั้นมาทำการพัฒนาปรับปรุง

สามารถสรุปชิ้นส่วนของเครื่องที่มีผลกับแต่ละคุณสมบัติที่ควรได้รับการพัฒนา
ได้ดังนี้

- 3.1 ความสามารถในการฝึกในแนวอื่น ๆ ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝายบนฝาล่างตู้
 - ตู้
- 3.2 ความสูงของเครื่อง ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝายบนฝาล่างตู้
 - ตู้
- 3.3 การมองเห็นในการใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝายบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากฉีกบนล่าง
- 3.4 ลักษณะท่าทางในการใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝายบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากฉีกบนล่าง
 - ตู้
- 3.5 ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฝึก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ตู้
- 3.6 ความปลอดภัยขณะใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดหนีบ ประกอบด้วย ยางเส้น สปริง ตัวหนีบบน ตัวหนีบนล่าง
 - ชุดฝายบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากฉีกบนล่าง
- 3.7 ขนาดความเหมาะสมของรอยฝึก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดปากฉีกบนล่าง

4. หาแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการต่างๆในการพัฒนาเครื่องจากคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่เลือกมา กับชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเข้ามาช่วยหาแนวคิดในการพัฒนา ซึ่งจะได้แนวคิดต่างๆ ในการพัฒนาหรือปรับปรุงชิ้นส่วนในคุณสมบัติด้านต่างๆ

นำคุณสมบัติเครื่องต่างๆ ที่เลือกมาทั้ง 7 คุณสมบัติกับชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ จากหัวข้อข้างต้นมาทำการหาแนวคิดเพื่อปรับปรุงเครื่อง โดยใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งมี 40 หลักการ ทำการอ่านหลักการสำหรับการแก้ปัญหาทุกข้อ แล้วเลือกข้อที่เหมาะสม มาเป็นแนวคิดในการปรับปรุงแล้ว ซึ่งผู้วิจัยได้ยังผสมแนวคิดในการมองถึงการ

แก้ปัญหาของคุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้กับพัฒนาเครื่องนี้เข้าไปอีกด้วย โดยมีแนวคิดของการมองเพื่อแก้ไข ปรับปรุงชิ้นส่วนเป็นลำดับ โดยเริ่มมองการแก้ปัญหาจาก

1. ชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่อง
2. กลุ่มของชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่อง
3. ชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนข้างเคียงของชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่องในระบบเดียวกัน
4. ระบบที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเครื่อง

นอกจากนี้การแก้ปัญหาในแต่ละคุณสมบัตินั้น ไม่จำเป็นต้องแก้ปัญหาทุกชิ้นส่วนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณสมบัติ เพียงแต่พยายามมองถึงการแก้ปัญหาให้สำเร็จและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ เพราะในบางกรณีการแก้ปัญหาเพียงชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติ ก็อาจช่วยแก้ปัญหาหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเครื่องด้านนั้นๆ ได้แล้ว ไม่จำเป็นต้องแก้ปัญหาในทุกๆ ชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบเพราะจะทำให้เสียเวลาและอาจเพิ่มต้นทุนในการผลิต แต่อาจจะมีการปรับปรุงชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบได้แต่เพื่อให้มีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มความสามารถของเครื่องมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากแนวคิดทั้งหมดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาข้างต้นสามารถนำมาหาแนวคิดในการแก้ไข ปรับปรุงเครื่องพ่นสีสุญญากาศและเติมแก๊สให้ตอบสนองคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้ดังนี้

4.1 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสามารถในการพ่นสีในแนวอื่นๆ

แนวคิดที่ 1 ทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้ โดยเปลี่ยนจากชุดฝาบนฝาล่างที่อยู่กับที่ให้มีการเคลื่อนไหวและสามารถเปลี่ยนองศาในการพ่นสีได้

แนวคิดที่ 2 เปลี่ยนจากตู้เป็นฐานรองชุดฝาบนฝาล่างแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา โดยเปลี่ยนฐานรองเป็นแบบเสาที่มีจุดหมุนด้านบนซึ่งทำให้ฝาบนฝาล่างเปลี่ยนองศาการพ่นสีได้

4.2 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสูงของเครื่อง

แนวคิดที่ 1 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงลดลงมากที่สุด เพื่อให้สามารถไปตั้งบนที่รองรับอื่นๆ ได้ตามต้องการ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 2 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 3 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและเปลี่ยนตู้เป็นฐานรองแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา ที่สามารถปรับความสูงได้ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

4.3 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 1 ปรับฝาบนและฝาล่างให้มีระยะห่างของปากผืนกบนและล่างให้ห่างกันมากขึ้น และเจาะช่องด้านบนของฝาบนเพื่อให้แสงจากด้านบนผ่านได้

แนวคิดที่ 2 แยกปากผืนกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากผืนกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

4.4 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องลักษณะท่าทางในการใช้งาน

วิธีในการปรับปรุงเครื่องในคุณสมบัตินี้จะเกี่ยวเนื่องกับการปรับปรุงความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยจะต้องมีการปรับเปลี่ยนความสูงให้เหมาะสมกับการทำงานทั้งทำขึ้นและทำนั่งในการฝึก อีกทั้งยังต้องสามารถมองเห็นระหว่างฝึกได้ดีอีกด้วย ซึ่งแนวคิดในการแก้ปัญหาในเรื่องนี้จะนำไปมีส่วนในการสร้างแนวคิดในเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยแนวคิดของการปรับปรุงเครื่องในเรื่องนี้จะคล้อยตามแนวคิดเรื่องความสูงของเครื่องและการมองเห็นในการใช้งาน

4.5 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฝึก

แนวคิดที่ 1 ทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

4.6 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

แนวคิดที่ 1 ทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากผืนกเคลื่อนที่

แนวคิดที่ 2 ทำให้ช่องว่างด้านหลังลดลงให้แคบที่สุดหรือไม่ทำให้อวัยวะส่วนหนึ่งส่วนใดเข้าไปได้

ด้านหน้าเครื่อง

แนวคิดที่ 1 ทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการฝึก โดยจะไม่ทำให้อวัยวะส่วนใดเข้าไปเสียดกัน

4.7 ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

แนวคิดที่ 1 สร้างปากผนึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

5. เลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องจากแนวคิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านเดียวกัน ซึ่งบางคุณสมบัติมีแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องมากกว่า 1 แนวคิด ทำให้จำเป็นต้องมีวิธีในการตัดสินใจในการเลือกเพียงแนวคิดเดียวในแต่ละคุณสมบัติเพื่อนำมาทำการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สเนื่องจากไม่สามารถใช้ทุกๆ แนวคิดในแต่ละคุณสมบัติแก้ปัญหาร่วมกันได้ โดยมีการให้คะแนนตัววัดความสามารถหรือประสิทธิภาพที่ถูกสร้างขึ้น สรุปคะแนนรวม โดยคะแนนสูงสุดของแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติจะถูกเลือกมาใช้เพื่อสร้างแบบจากแนวคิด

สำหรับสิ่งที่ใช้วัดความสามารถของแต่ละแนวคิดนั้นมาจากการรวบรวมหลักการในการของการออกแบบแล้วเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยได้นำหลักการพื้นฐานของการออกแบบสำหรับการผลิตแบบประหยัดของ J.G. Bralla : 1986 และ บัญชีการรวบรวมความคิดด้านผลิตภัณฑ์ของ Kevin N. Otto และ Kristin L. Wood : 2001 ซึ่งเป็นคำถามที่ใช้ถามภายหลังการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบเสร็จแล้วอีกครั้งหนึ่ง รวมไปถึงสิ่งที่ทางผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สได้คิดว่ามีผลต่อความสามารถของเครื่องที่ควรพิจารณา โดยนำหลักการทั้งหมดนี้มาประชุมหาสิ่งที่ใช้วัดความสามารถของแต่ละแนวคิด ซึ่งสิ่งที่ใช้วัดความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดมีดังนี้

1. ความสามารถในการตอบสนองความต้องการหรือคุณสมบัติ
2. ต้นทุนที่ใช้ในการปรับปรุง
3. ความยากง่ายในการปรับปรุง
4. การใช้วัสดุมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด
5. ความปลอดภัย
6. ความแข็งแรง
7. ความสะดวกในการใช้งาน
8. ความง่ายในการบำรุงรักษา
9. ความยืดหยุ่นของส่วนที่ทำการปรับปรุง เช่น ปรับความสูงให้เหมาะกับการ

ใช้งาน

ทำการประชุมให้คะแนนในแต่ละแนวคิดและกำหนดเกณฑ์คะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดย คะแนนน้อย แสดงถึงแนวคิดนั้นยังไม่สามารถตอบสนองหรือยังขาดความสามารถในด้านที่ไว้วัด ส่วน คะแนนมาก แสดงถึงแนวคิดนั้นสามารถตอบสนองหรือมีความสามารถในด้านที่ไว้วัดในแต่ละเรื่องได้ดี โดยความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดจะดูจากคะแนนรวมของคะแนนของตัวที่ไว้วัดในแต่ละแนวคิด หากแนวคิดใดในแต่ละคุณสมบัติมีคะแนนมากที่สุดจะถูกเลือกมาใช้ในการปรับปรุงเครื่อง ดังนั้นจึงทำให้สามารถเลือกแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องในแต่ละคุณสมบัติได้ดังนี้

1. ความสามารถในการฉีกในแนวอื่นๆ

แนวคิดที่เลือก คือทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตัว

2. ความสูงของเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตัวให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักกายศาสตร์

3. การมองเห็นในการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก คือแยกปากฉีกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากฉีกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนแสงจากด้านบนผ่านได้

4. ลักษณะท่าทางการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก เหมือนกับเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน ซึ่งมีการผสมเรื่องท่าทางในการใช้งานอยู่ในแนวคิดนั้นแล้ว

5. ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฉีก

แนวคิดที่เลือก คือทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

6. ความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากฉีก

เคลื่อนที่

ด้านหน้าเครื่อง

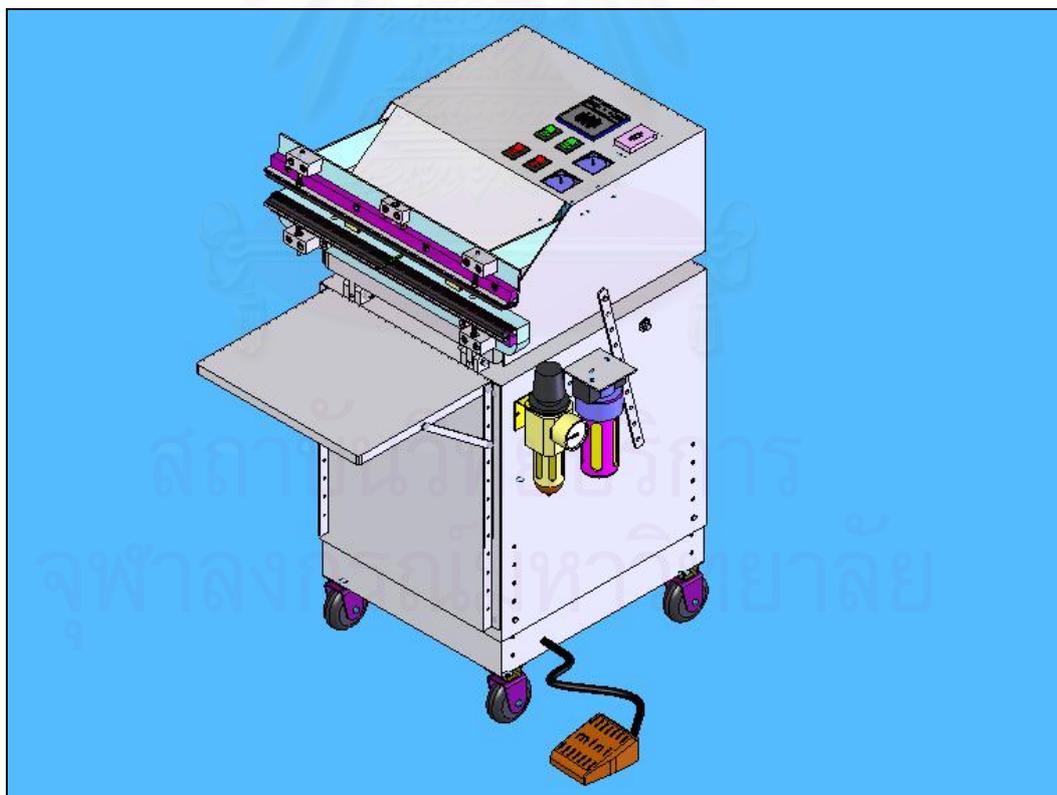
แนวคิดที่เลือก คือทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการผนึก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป

7. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

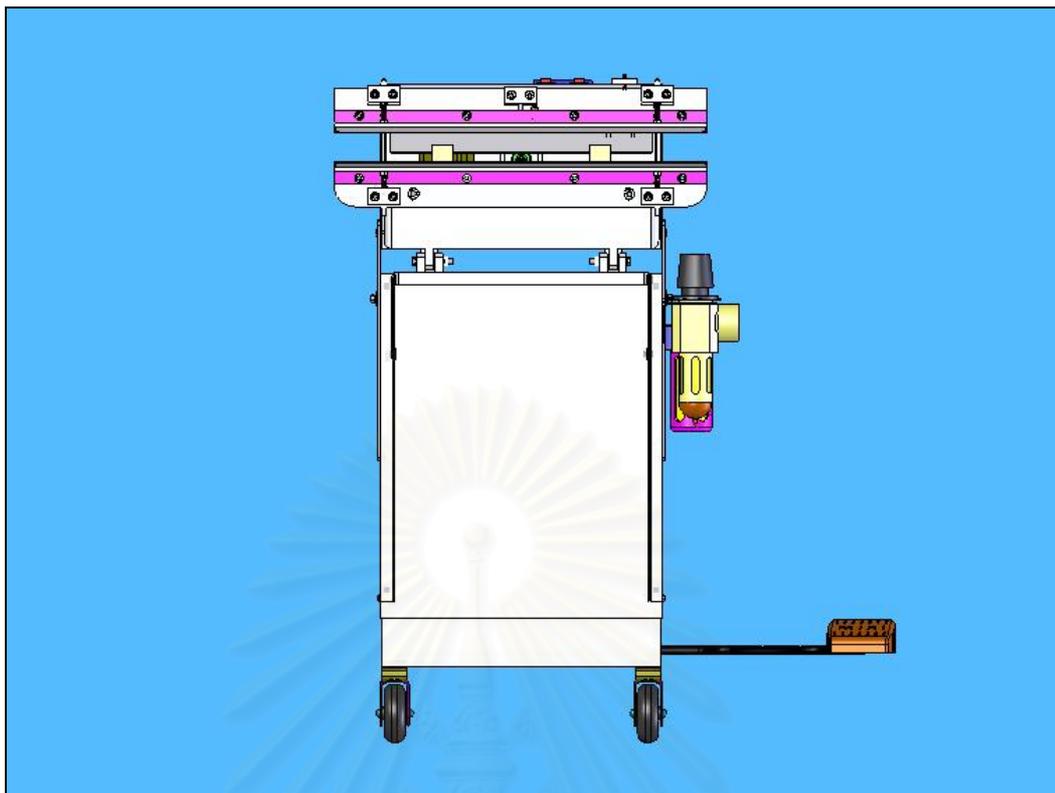
แนวคิดที่เลือก คือสั่งทำปากผนึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

6. สร้างแบบจากแนวคิดที่เลือก เพื่อให้เห็นภาพหรือแบบของแนวคิดที่ถูกเลือกมาในแต่ละคุณสมบัติ และนำแบบของแนวคิดเหล่านั้นมาประกอบกันจนเป็นแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่สมบูรณ์

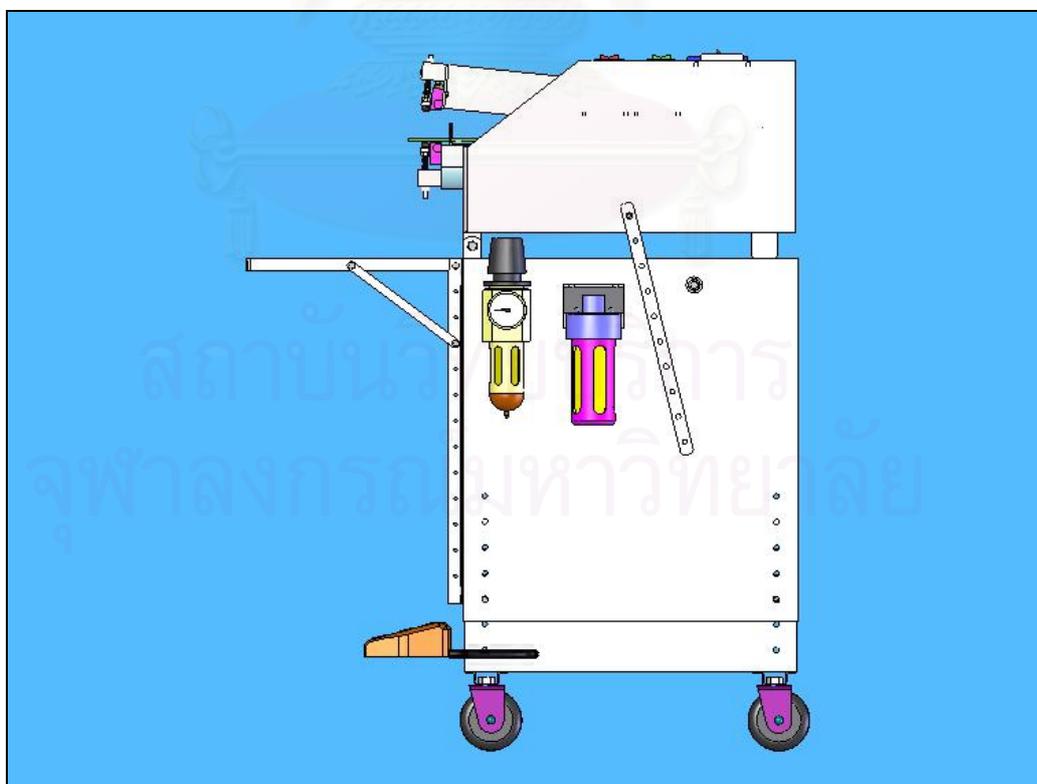
สามารถแสดงแบบที่ออกมาจากแนวคิดต่างๆ ในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้โปรแกรม Solid Works ซึ่งมีจุดเด่นในการแสดงผลแบบ 3 มิติ ทำให้สามารถเข้าใจแบบที่มาจากแนวคิดได้ดี โดยสามารถสร้างแบบภาพรวมได้ดังนี้



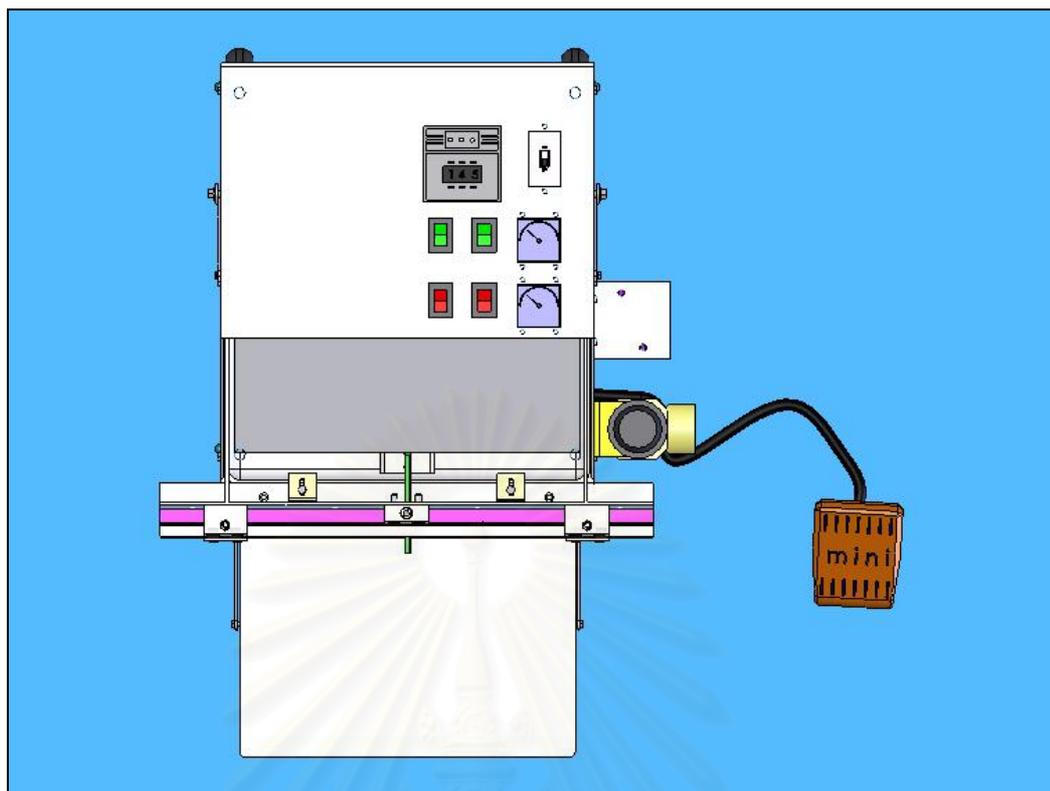
รูปที่ 6.2 แสดงภาพเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 6.3 แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 6.4 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 6.5 แสดงภาพด้านบนของเครื่องผดึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด

7. วิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง เพื่อทบทวนว่ายังพบข้อบกพร่องจากแบบที่สร้างอีกหรือไม่ โดยมองในมุมมองหรือหัวข้อที่ควรได้รับการปรับปรุงในแบบที่สร้าง มีการพิจารณาวิเคราะห์แบบในชิ้นส่วนที่มีการปรับปรุงในมุมมองด้านต่างๆ ถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ผลกระทบที่ได้รับ และแนวทางในการแก้ไข จากชิ้นส่วนนั้นๆ แล้วทำการปรับปรุงแบบจากแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในมุมมองต่างๆ

7.1 การวิเคราะห์แบบ

สำหรับในงานวิจัยนี้ การวิเคราะห์แบบโดยการประเมินของกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบ ในหัวข้อการประเมินเรื่องโอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น (O=Occurrence) และการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (D=Detect) ค่อนข้างทำได้ยาก เพราะมีการเปลี่ยนแบบใหม่ทำให้ไม่มีข้อมูลเก่าอ้างอิง และการประเมินในสองหัวข้อดังกล่าวนั้นเป็นการคาดการณ์จากแบบ หากจะนำกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบมาใช้ นั่นจึงค่อนข้างทำได้ยากหรือจะสามารถประเมินได้ในเฉพาะส่วนของภาวะความรุนแรงของผลกระทบ (S=Severity) เท่านั้น อีกประการหนึ่งคือ การออกแบบครั้งนี้เป็นการแก้ไขแบบในบางส่วน ไม่ได้เป็นการคิดแบบใหม่ทั้งหมด ดังนั้นส่วนที่จะต้องทำการวิเคราะห์นั้น

จึงมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจที่จะทำการแก้ไขในทุกๆ เรื่องหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยมีการประชุมเพื่อหาคุณสมบัติหรือหัวข้อในการวิเคราะห์แบบ ซึ่งหัวข้อในการวิเคราะห์แบบที่ได้ นั้นมาจากสิ่งที่ใช้วัดความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดในขั้นตอนการเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่อง แต่จะถูกเลือกมาใช้ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์แบบในขั้นตอนนี้ รวมกับหัวข้อที่เพิ่มขึ้นในเรื่องของการประกอบเพื่อให้แน่ใจถึงความสะดวกในการประกอบที่ยังอาจมองข้ามไป ซึ่งงานวิจัยนี้จะไม่ทำการให้คะแนนเนื่องจากเหตุผลข้างต้น และหัวข้อที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบที่ได้คือ

1. ต้นทุน
2. ความปลอดภัย
3. ความแข็งแรง
4. ความสะดวกในการใช้งาน
5. ความง่ายในการบำรุงรักษา
6. การประกอบ

งานวิจัยนี้ได้เลือกการวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วน (Component Analysis) เพราะจะทำให้สามารถวิเคราะห์แบบได้ละเอียด อีกทั้งเหมาะสมกับหัวข้อที่ถูกเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์แบบข้างต้น โดยงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ที่ชิ้นส่วนที่ทำการปรับปรุงแก้ไขเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ชิ้นส่วนในแต่ละหัวข้อในการวิเคราะห์ โดยหาข้อบกพร่องที่เกิด ผลกระทบที่เกิดขึ้น และหาแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในแต่ละข้อบกพร่อง ซึ่งจะแสดงเฉพาะหัวข้อที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด

ชิ้นส่วน/อุปกรณ์	หน้าที่	หัวข้อที่ยัง ข้อบกพร่องเกิดขึ้น	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบ	แนวทางแก้ไข
ฝาครอบด้านบน	ปิดเครื่องส่วนบน และติดตั้งอุปกรณ์	ต้นทุน	หนาเกินไป	ทำให้เพิ่มต้นทุนและน้ำหนักเครื่องมาก	ลดความหนาของเหล็กให้บางลง
		ความปลอดภัย	ขอบเป็นเหลี่ยม	อาจเกิดอันตรายได้ง่าย	ทำขอบให้โค้งมน
		การประกอบ	ช่องที่ออกแบบไว้ติดตั้งอุปกรณ์ ภายในไม่สะดวก	ติดตั้งอุปกรณ์ภายในไม่สะดวก	เจาะช่องด้านหลังให้มีขนาดเพียงพอ ในการประกอบอุปกรณ์ภายใน
ฝาครอบด้านล่าง	ปิดเครื่องส่วนล่าง และติดตั้งอุปกรณ์	ต้นทุน	หนาเกินไป	ทำให้เพิ่มต้นทุนและน้ำหนักเครื่องมาก	ลดความหนาเหล็กให้บางลง
		การบำรุงรักษา	ไม่มีช่องระบายหรือทำความสะอาด เศษผลิตภัณฑ์ด้านใน	เครื่องมีเศษผลิตภัณฑ์ค้างอยู่ภายใน เครื่องมาก ทำให้อุปกรณ์ภายในเครื่องไม่ สะอาดและชำรุดได้ง่าย	เจาะช่องด้านหลังเพื่อระบายหรือทำ ความสะอาดเศษผลิตภัณฑ์
		การประกอบ	ช่องที่ออกแบบไว้ติดตั้งอุปกรณ์ ภายในไม่สะดวก	ติดตั้งอุปกรณ์ภายในไม่สะดวก	เจาะช่องด้านหลังให้มีขนาดเพียงพอ ในการประกอบอุปกรณ์ภายใน
ตัวช่วยปรับระดับ ความสูงของถาด	ปรับระดับความสูง ถาด	ความปลอดภัย	มีเหลี่ยมมุม	อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน และอาจทำ ให้ผลิตภัณฑ์ฉีกขาด	ทำให้ขอบโค้งมน

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด (ต่อ)

ชิ้นส่วน/อุปกรณ์	หน้าที่	หัวข้อที่ยังมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบ	แนวทางแก้ไข
ถาด	รองรับผลิตภัณฑ์	การใช้งาน	อยู่ต่ำเกินไป	ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	เพิ่มความสูงของถาดรอง
ผู้ส่วนบน	เป็นฐานรองเครื่องและติดตั้งอุปกรณ์	ความปลอดภัย	ขอบเป็นเหลี่ยม	อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน	ทำให้ขอบโค้งมน
คานพนักด้านบน	ติดตั้งพนักพนักและช่วยในการพนัก	ความแข็งแรง	บางเกินไป	อาจหักหรือบิดงอได้ อันเกิดจากการกดบ่อยๆ และหน้าสัมผัสกับพนักโค้งงอ	เพิ่มความหนาของคานพนักด้านบน
			รอยต่อเชื่อมไม่แข็งแรง	ทำให้เกิดการบิดงอได้ง่าย	เพิ่มหูช้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่สัมผัสพนัก
ตัวช่วยปรับองศาการพนัก	ปรับองศาพนัก	การใช้งาน	รูเจาะสำหรับปรับองศาอยู่ห่างกัน	การปรับองศาได้ไม่ละเอียด	เปลี่ยนจากรูเป็นช่องยาว

7.2 การปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง

จากการวิเคราะห์แบบในตาราง 6.2 ทำให้เห็นถึงข้อบกพร่อง ผลกระทบ และแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องในชิ้นส่วนต่างๆ ที่มาจากการออกแบบ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ไขแบบเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบโดยทำการปรับปรุงแบบที่ละชิ้นส่วนที่มีข้อบกพร่องตามแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องที่มีการประชุมและเสนอเป็นแนวทางแก้ไขในตาราง 6.2 ซึ่งการแก้ไขแบบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

7.2.1 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

- **ต้นทุน (ค่าวัสดุ)** โดยปกติฝาครอบด้านบนนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องพ่นกแบบปัจจุบันจะใช้ฝาบรอนทำหน้าที่จะช่วยในการพ่นกด้วยทำให้ต้องใช้ความแข็งแรงของฝาบรอนเป็นอย่างมาก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านบนที่แปลงมาจากฝาบรอนไม่จำเป็นต้องใช้ช่วยในการพ่นก จึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

- **ความปลอดภัย** ฝาครอบด้านบนที่ออกแบบนั้นมีเหลี่ยมมุมมากจึงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ง่าย จึงมีการปรับปรุงแบบใหม่ให้ขอบต่างๆ มีความโค้งมนมากขึ้นเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

- **การประกอบ** แบบฝาครอบด้านบนที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ข้างขึ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านบนโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ข้างขึ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น

7.2.2 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านล่าง

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

- **ต้นทุน (ค่าวัสดุ)** โดยปกติฝาครอบด้านล่างนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องพ่นกแบบปัจจุบันจะเน้นความแข็งแรงเป็นหลัก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านล่างที่แปลงมาจากฝาล่างไม่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงมากเพราะมีหน้าที่เพียงปิดเครื่องส่วนล่าง ติดตั้งอุปกรณ์เท่านั้น จึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

- **การบำรุงรักษา** แบบเครื่องที่ออกแบบจากแนวคิดก่อนการวิเคราะห์แบบนั้นมองข้ามเรื่องการบำรุงรักษาไป ทำให้แบบเครื่องที่ออกมาได้มีการบำรุงรักษายากเนื่องจากไม่มีช่องทางในการทำความสะอาดและบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในเลย ดังนั้นการวิเคราะห์แบบมีส่วนช่วยในการทบทวนในสิ่งที่ยังบกพร่องอยู่ได้ ซึ่งการแก้ไขนั้นจะทำการปรับปรุงแบบให้

มีช่องว่างด้านหลังให้สามารถบำรุงรักษาเครื่องได้อย่างทั่วถึง ซึ่งการเจาะช่องด้านหลังนี้ ต้องพิจารณาปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนควบคู่กันไป

- **การประกอบ** แบบฝาครอบด้านล่างที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านล่างโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น ซึ่งมีการพิจารณาการปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนและการบำรุงรักษาของฝาครอบด้านล่าง

7.2.3 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับระดับความสูงของถาด

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของความปลอดภัย ซึ่งมีเหลี่ยมมุมอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มาทำการฉนีกฉนิกขาด มีแนวทางในการแก้ไขโดยทำขอบที่มีเหลี่ยมมุมให้โค้งมน

7.2.4 การปรับปรุงแบบถาดวางผลิตภัณฑ์ขณะฉนีก

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของการใช้งาน เนื่องจากแบบที่วิเคราะห์นั้นมีความสูงของถาดอยู่ต่ำจากปากฉนีกเกินไป ทำให้เวลาวางผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถใช้ถาดรองรับผลิตภัณฑ์นั้นได้ จึงได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องโดยปรับปรุงแบบให้มีขนาดความสูงของถาดอยู่ใกล้กับปากฉนีกมากยิ่งขึ้น ให้สามารถรองรับผลิตภัณฑ์ระหว่างฉนีกได้เหมาะสมกว่าเดิมอีกทั้งยังสามารถปรับระดับความสูงได้อีกด้วย

7.2.5 การปรับปรุงแบบตู้ส่วนบน

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งตู้ส่วนบนที่ออกแบบจากแนวคิดนั้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมาก ทำให้อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องโดย ทำขอบต่างๆ ของตู้ส่วนบนให้โค้งมน

7.2.6 การปรับปรุงแบบคานฉนีกด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของความแข็งแรง ซึ่งมีสองจุดด้วยกันคือ

- **คานฉนีกด้านบนบางเกินไป** เนื่องจากคานฉนีกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดกำหนดให้มีความหนาเท่ากับฝาด้านบนของแบบเครื่องปัจจุบันคือ 3 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากส่วนนี้มีความสำคัญมากในการฉนีก ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อไม่ให้เกิด

การบิดงอจากการผนึ่ก และต้องมีหน้าสัมผัสที่เรียบเพื่อให้ปากผนึ่กที่มาติดตั้งไม่บิดตาม ดังนั้นจึงเพิ่มขนาดเหล็กโดยแบ่งคานนี้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นหน้าที่ใช้สำหรับติดตั้งปากผนึ่กให้มีความหนา 10 มิลลิเมตร และส่วนที่เป็นขาเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของคานเป็น 5 มิลลิเมตร

▪ รอยต่อเชื่อมของคานผนึ่กด้านบนไม่แข็งแรง เนื่องจากคานผนึ่กด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมองข้ามเรื่องความแข็งแรงของรอยเชื่อมในส่วนนี้ แต่จากการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความไม่แข็งแรงเนื่องจากคานผนึ่กใช้เหล็กขนาดบางเกินไปและได้มีการออกแบบใหม่ให้มีสองส่วน ทำให้มองเรื่องแนวเชื่อมที่ไม่แข็งแรงของนั้นถูกนำมาใช้เพิ่มเติมในส่วนของขาของคานผนึ่กด้านบน โดยจะทำการเพิ่มหูช้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสกับอุปกรณ์อื่น

7.2.7 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับองศาการผนึ่ก

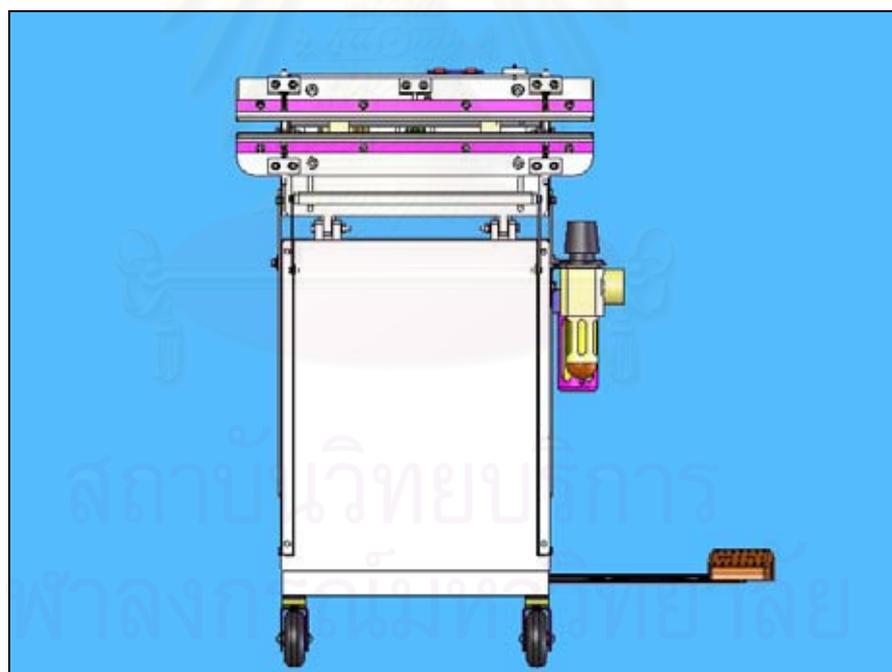
มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งาน เนื่องจากตัวช่วยปรับองศาการผนึ่กจากแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมีความห่างของช่องสำหรับปรับองศาช่องละ 5 เซนติเมตร ทำให้ปรับองศาได้ไม่ละเอียด เพื่อเพิ่มความละเอียดในการใช้งานและเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับองศาของปากผนึ่กได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องนี้โดย เปลี่ยนความห่างของรูที่เจาะเพื่อปรับองศาการผนึ่ก เป็นช่องยาว เพื่อให้สามารถปรับองศาได้ละเอียดมากขึ้น

จากการวิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง สามารถนำส่วนต่างๆ ที่ได้มีการปรับปรุงเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง มาประกอบกันจนได้แบบเครื่องผนึ่กสุญญากาศและเติมแก๊สที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีประสิทธิภาพในคุณสมบัติด้านต่างๆ ซึ่งแบบที่ได้นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.6, รูปที่ 6.7, รูปที่ 6.8, รูปที่ 6.9 และรูปที่ 6.10

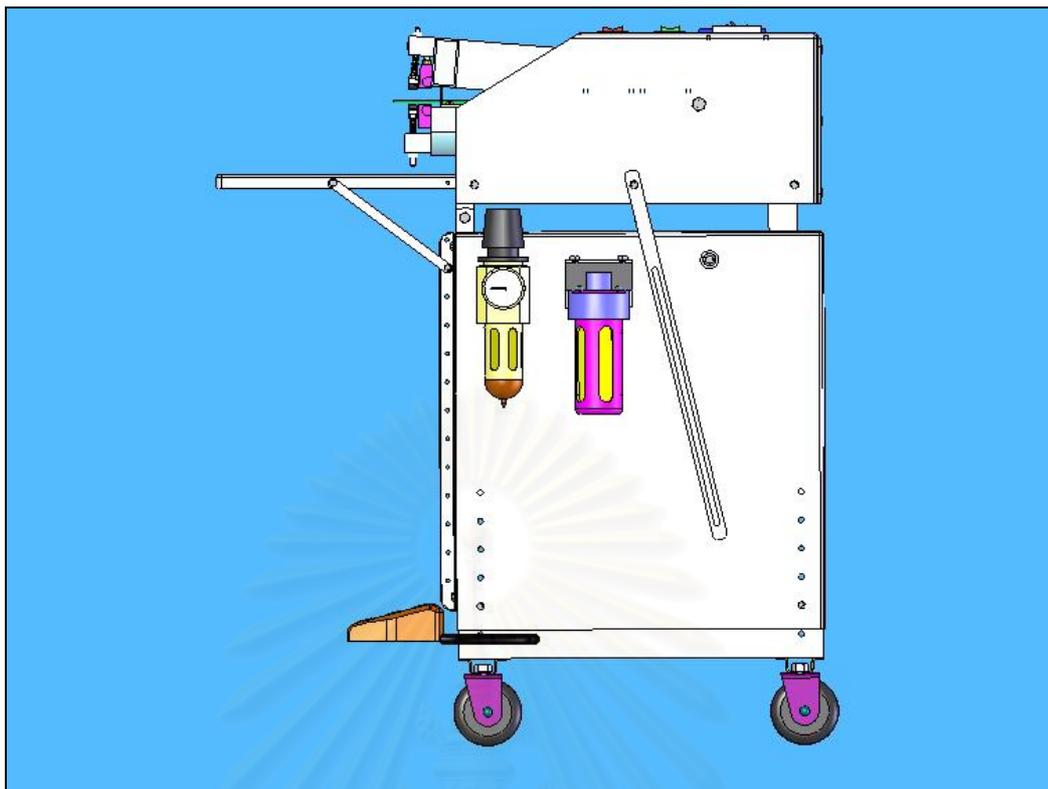
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



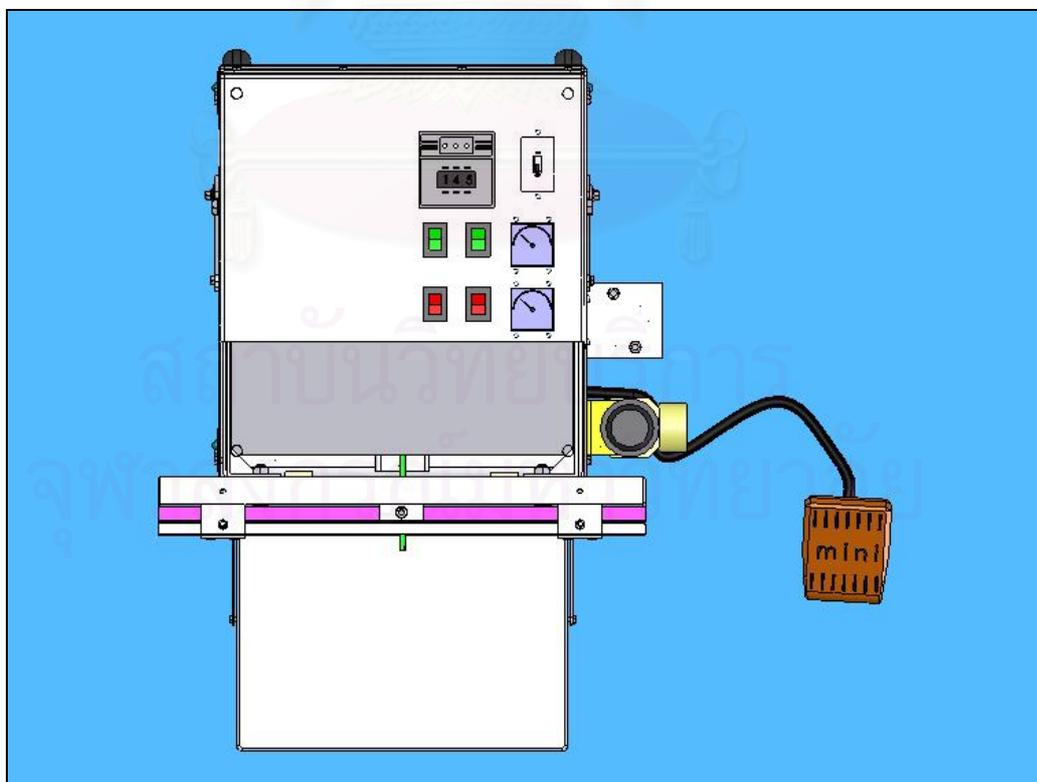
รูปที่ 6.6 แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



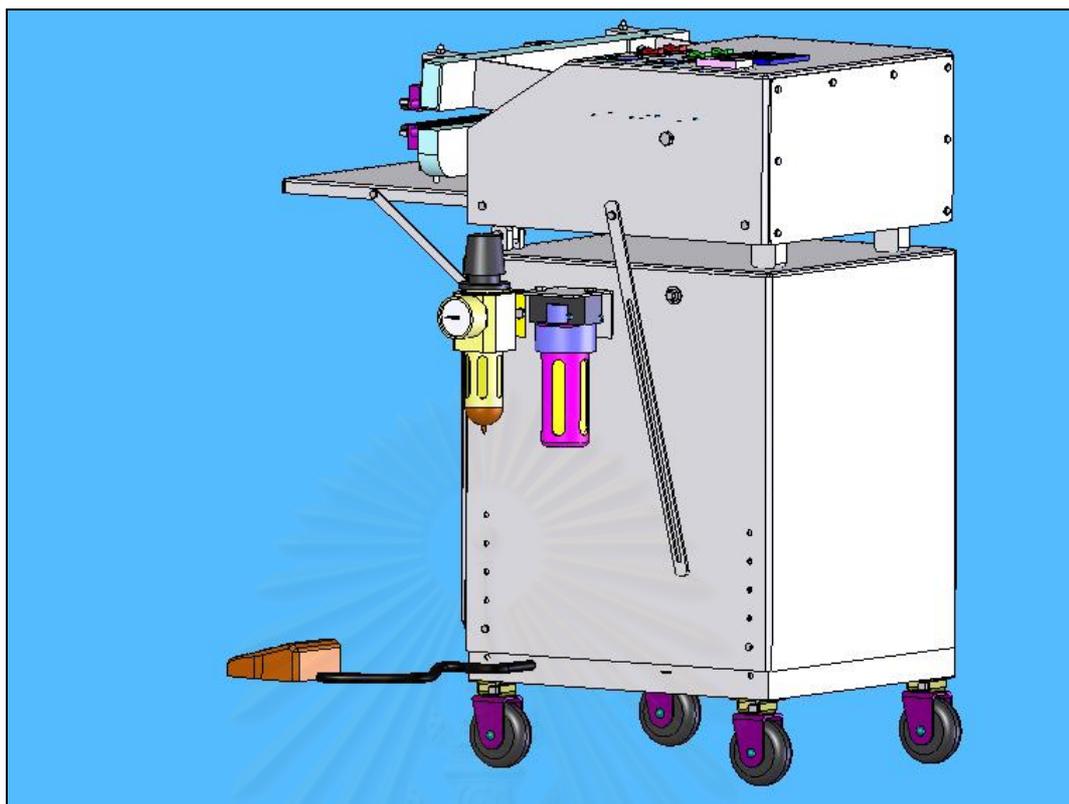
รูปที่ 6.7 แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 6.8 แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 6.9 แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 6.10 แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ

8. สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าหรือผู้ใช้งานในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าหรือผู้ใช้งานทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง

สำหรับการออกแบบสอบถามครั้งนี้ ได้มีการนำแบบสอบถามก่อนหน้านี้ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน) มาทำการปรับปรุงและดัดแปลงให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งได้ตัดคำถามบางคำถามออกไปเพื่อให้แบบสอบถามมีความกระชับ รวมไปถึงต้องการสอบถามเพียงในส่วนที่เป็นคำถามเกี่ยวกับคะแนนเรื่องประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่อง จึงสามารถสร้างแบบสอบถามเพื่อวัตถุประสงค์ของเครื่องชนิดสูญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนาดังภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา) ซึ่งจุดสำคัญของแบบสอบถามชุดนี้จะเป็นการให้คะแนนในคุณสมบัติของเครื่องในรุ่นปัจจุบัน และเครื่องที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อเปรียบเทียบคะแนนกัน โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 ในแต่ละคุณสมบัติ

สำหรับการสอบถาม เนื่องจากลูกค้าผู้ที่ได้เคยตอบแบบสอบถามในแบบสอบถามแรกนั้นค่อนข้างอยู่ไกลและขาดความสะดวกในการสื่อสารรวมไปถึงความยากในการอธิบายสิ่งที่พัฒนาจากแบบภาพที่ไต่ลงไปแบบสอบถาม ซึ่งเป็นปัญหาจากการลองใช้แบบสอบถามในเบื้องต้น จึงได้ตัดสินใจให้กลุ่มผู้เคยใช้เครื่องฝึกศูญญากาศและเดิมแก๊สเป็นผู้ตอบแบบสอบถามแทนลูกค้าที่เคยตอบแบบสอบถามในชุดแรก ซึ่งสามารถตัดปัญหาเรื่องระยะทางและสามารถนำแบบที่ได้ไปอธิบายเพิ่มเติมได้โดยเปิดแบบเครื่องฝึกศูญญากาศและเดิมแก๊สที่ได้พัฒนาจากโปรแกรมที่ใช้เขียนแบบ ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเข้าใจในแบบเครื่องที่ได้มีการพัฒนาและสามารถให้คะแนนได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ซึ่งได้มีผู้ตอบสอบถาม 13 คน โดยคะแนนที่ได้สามารถแสดงได้ในภาคผนวก ก(ข้อมูลคะแนนในคุณสมบัติต่างๆจากการประเมินระดับคุณภาพของลูกค้าหลังทำการปรับปรุงเครื่อง)

9. สรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนา โดยใช้การทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทรศศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง โดยงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบทางสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non parametric test) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบวิลคอกชัน แบบจับคู่ (Wilcoxon Signed-Rank Test for Matched Pair) ทำการทดสอบในแต่ละคุณสมบัติที่เลือกนำมาปรับปรุง แล้วทำการสรุปผลที่ได้จากการทดสอบ

การวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อสรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนาในขั้นตอนนี้จะใช้เพียงบางส่วนของข้อมูลที่ได้มีการสอบถามในภาคผนวก ก (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา) มาเท่านั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการพัฒนาเครื่องเฉพาะในประเด็นที่ได้มีการปรับปรุง โดยจะมีการใช้ข้อมูลการให้คะแนนในคุณสมบัติที่ได้มีการเลือกมาพัฒนามาเปรียบเทียบระหว่างค่าคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึกศูญญากาศและเดิมแก๊สของบริษัทรศศึกษา(เครื่องปัจจุบัน) กับคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนา มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้การทดสอบของวิลคอกชัน แบบจับคู่ (Wilcoxon Signed-Rank Test for Matched pair) เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อย ข้อมูลเป็นแบบสเกลอันดับ(Ordinal Scale) มีข้อมูลเป็นคู่ และไม่ใช่อิสระต่อกัน โดยมีสมมติฐานทางสถิติคือ

$$H_0 : \tilde{\mu}_{PN} \leq \tilde{\mu}_{PO}$$

$$H_1 : \tilde{\mu}_{PN} > \tilde{\mu}_{PO}$$

โดย $\tilde{\mu}_{PO}$ = ค่ามัธยฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึก
สูญญากาศและเติมแก๊สแบบปัจจุบัน

$\tilde{\mu}_{PN}$ = ค่ามัธยฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่
ได้พัฒนา

ทำการทดสอบทางสถิติในแต่ละคุณสมบัติที่ได้มีการเลือกมาพัฒนาเครื่องฝึก
สูญญากาศและเติมแก๊ส พบว่าค่ามัธยฐานของคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่า
ค่ามัธยฐานของคะแนนจากเครื่องปัจจุบันในทุกๆคุณสมบัติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99%
โดยสามารถสรุปค่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติ

คุณสมบัติ	% ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้น
1. ความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ	38.22
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	37.16
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึก	42.88
4. ความสูงของเครื่อง	22.41
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	19.36
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยฝึก	24.80
7. การมองเห็นในการใช้งาน	18.11

จากคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่าเครื่องปัจจุบันในทุกๆ
คุณสมบัติที่ได้ทำการพัฒนา ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในคุณสมบัติที่พัฒนา
ทั้งหมดได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้น} &= \frac{(38.22 + 37.16 + 42.88 + 22.41 + 19.36 + 24.80 + 18.11)}{7} \\ &= 29 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{aligned}$$

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้ามีน้อยทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามมีน้อยไปด้วย
2. ลูกค้าที่ใช้เครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สอยู่ห่างไกล ทำให้การสอบถามแบบตัวต่อตัวค่อนข้างยาก จึงจำเป็นต้องใช้วิธีต่างๆ ในการสอบถาม เช่น ใช้อีเมลล์ หรือโทรศัพท์ แทน ทำให้ถูกปฏิเสธในการทำแบบสอบถามได้ง่าย
3. การเก็บข้อมูลจากลูกค้าถึงระดับคุณภาพของเครื่องที่พัฒนาแล้วทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถสอบถามลูกค้าได้โดยตรงแบบตัวต่อตัว ทำให้ลูกค้าไม่เห็นแบบของเครื่องที่พัฒนาแล้วในทุกๆ ส่วน แต่จะเห็นเพียงบางส่วนของเครื่องที่สำคัญเท่านั้น ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความผิดพลาดสูง จึงต้องหันมาสอบถามผู้ที่เคยใช้งานเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊สที่อยู่ใกล้ๆ แทน ซึ่งสามารถนำเสนอแบบที่พัฒนาได้อย่างชัดเจน

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. การสร้างแบบสอบถามควรคำนึงถึงกลุ่มของผู้ตอบแบบสอบถามด้วย ในเรื่องของความรู้ และภาษาที่ใช้ในการสอบถาม นอกจากนี้ยังควรสร้างแบบสอบถามให้เหมาะกับวิธีในการเก็บข้อมูล
2. การสอบถามผ่านทางโทรศัพท์ควรเลือกผู้สอบถามที่มีปฏิสัมพันธ์ และมีหัวข้อในการสอบถามที่กระชับ ไม่ใช้เวลาในการสอบถามมากเกินไป
3. วิธีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องสามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเดียวกับเครื่องพ่นิกสุญญากาศและเติมแก๊ส ที่ต้องการปรับเปลี่ยนเพียงบางจุดที่มีผลต่อความต้องการของลูกค้า โดยยังคงลักษณะเดิมของเครื่องไว้ ซึ่งใช้ต้นทุนในการปรับปรุงต่ำ
4. สามารถปรับปรุงขั้นตอนการออกแบบเพิ่มเติมในส่วนของการสร้างแนวคิดในการปรับปรุงเครื่อง ด้วยทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมโดยใช้เมตริกความชัดเจน
5. การเลือกใช้หลักการของทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาานั้น ควรมีความเข้าใจในหลักการต่างๆ อย่างลึกซึ้งก่อน เพื่อให้สามารถเลือกใช้หลักการในการแก้ปัญหาอย่างตรงประเด็น
6. ในขั้นตอนการสร้างแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องและการออกแบบเครื่องนั้นสามารถใช้หลักการออกแบบอื่นๆ มาประยุกต์ใช้เพิ่มเติมในขั้นตอนนี้ได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติศักดิ์ อนุรักษ์สกุล. การวิเคราะห์และลดความเสี่ยงในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงสร้างรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- เฉลิมพล ลีลาผาดิกุล. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ และคณะ. เครื่องบรรจุหีบห่อสุญญากาศสำหรับสินค้าเกษตรกรรม. กรุงเทพมหานคร : 2547. (เอกสารประกอบการประชุมข่างานวิศวกรรมอุตสาหการ ครั้งที่ 13 พ.ศ. 2547 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
- ธัญญา ผลอนันต์ และคณะ. TRIZ 40 หลักการ สร้างสรรค์นวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2545.
- ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ. การวิเคราะห์และลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- สุภาวดี บุญชนะวิวัฒน์. การวางแผนคุณภาพในอุตสาหกรรมการหล่อขึ้นรูปยานยนต์อะลูมิเนียม : กรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- อัจฉราวดี แก้ววรรณคดี. การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพสำหรับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องหนัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

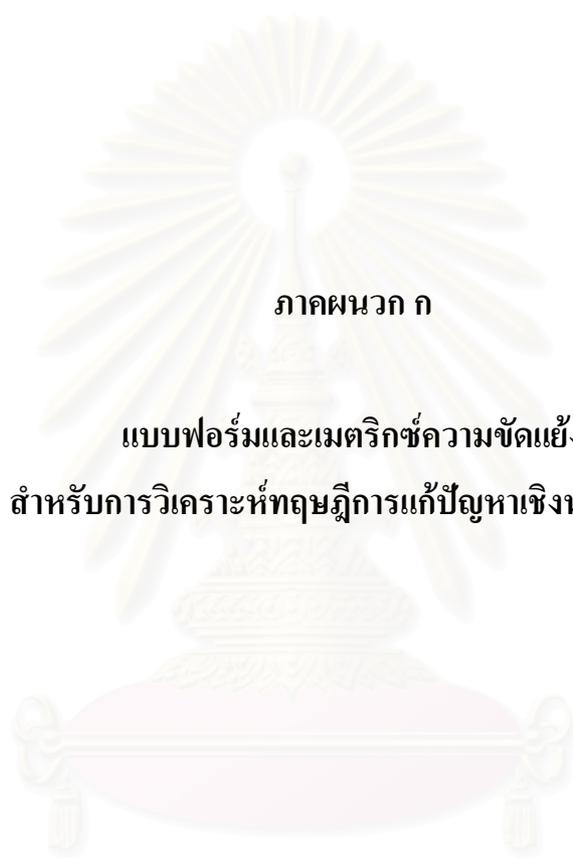
ภาษาอังกฤษ

- Abd. Tahman Abdul Rahim and Modh. Shariff Nabi Baksh. Application of quality function deployment (QFD) method for pultrusion machine design planning. Industrial Management & Data Systems. 103, 6 (2003) : 373-387.
- Chrysler Corporation. Advanced Product Quality Planning. Highland Park Mich : Chrysler Corporation, 1986.
- Hajime Yamashina, Takaaki Ito and Hitoshi Kawada. Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ. International Journal of Production Reach. 40, 5 (2002) : 1031-1050.
- James G. Bralla. Handbook of Product Design for Manufacturing. Mc Grow Hill, 1986
- Jeremy Layzell and Stephen Ledbetter. FMEA applied to cladding systems - reducing the risk of failure. Building Reach & Information. 26, 6 (1998) : 351-357.
- Jonathan Lore. An Innovative Methodology : The Life Cycle CMEA. Quality Progress. 31, 4 (1998) : 144.
- Kevin N. Otto and Kristin L. Wood. Product design :Techniques in Reverse Engineering and New Product Development. Printice Hall , 2001
- Lou Cohen. Quality Deployment. How to Make QFD Work for You. Addison Wesley Publishing Company, 1995.
- Shih-Wen Hsiao. Concurrent design method for developing a new product. International Journal of Industrial Ergonomics. 29,2002 : 41-55.
- Stamatis, D.H. Failure Mode and Effects Analysis. U.S.A : ASQC Quality Press, 1995.
- X.X. Shen, K.C. Tan and M. Xie. Benchmarking in QFD for quality improvement. Benchmarking : An International Journal. 7, 4 (2000) : 282-291.
- Yong-pil Kim, Seok-hoon Lee and Deok-gyun Yun. Integrating current and competitive service-quality level analyses for service-quality improvement programs. Managing Service Quality. 14, 4 (2004) : 288-296



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มและเมตริกซ์ความขัดแย้ง
สำหรับการวิเคราะห์ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบฟอร์ม 1 : การสร้างสูตรของลักษณะสมบัติที่จะปรับปรุง

1. ระบุชื่อของระบบทางเทคนิค _____

2. กำหนดเป้าหมายของระบบทางเทคนิค ระบบได้รับการออกแบบมาเพื่อ _____

3. รายชื่อส่วนประกอบของระบบทางเทคนิคและหน้าที่การทำงานของระบบ _____

ชื่อของส่วนประกอบ	หน้าที่การทำงาน
(1) _____	(6) _____
(2) _____	(7) _____
(3) _____	(8) _____
(4) _____	(9) _____
(5) _____	(10) _____
4. บรรยายการทำงานของระบบทางเทคนิค _____

5. กำหนดลักษณะสมบัติซึ่งควรได้รับการปรับปรุงหรือจัดทิ้งไป _____

แบบฟอร์ม 2 : การสร้างสูตรของความขัดแย้งทางเทคนิค

พัฒนารายการที่ 1 หรือ รายการที่ 2

1. ระบุลักษณะสมบัติเชิงบวกที่ควรได้รับการปรับปรุง _____
 - ก. ลักษณะสมบัตินั้นคือ _____
 - ข. ระบุวิถีทางปกติที่ใช้ปรับปรุงลักษณะสมบัติ _____
 - ค. ระบุลักษณะสมบัติที่ด้อยลงเมื่อตกอยู่ภายใต้เงื่อนไข ข้อ 1 ข. _____

- ง. สร้างสูตรความขัดแย้งทางเทคนิคดังต่อไปนี้
 ถ้าลักษณะสมบัติ (ข้อ 1 ก.) ได้รับการปรับปรุงโดย (ระบุวิธี) _____
 หลักจากนั้นแล้วลักษณะสมบัติต่อไปนี้จะด้อยลง (ระบุว่าชนิดใด) _____
2. ระบุลักษณะเชิงลบที่จะต้องลดลง ขจัดออกไป หรือทำให้หมดสภาพ
 - ก. ลักษณะสมบัตินั้นคือ _____
 - ข. ระบุวิถีทางปกติที่ใช้ลด ขจัดออกไป หรือทำให้ลักษณะของคุณสมบัติดังกล่าวหมดสภาพ _____
 - ค. ระบุลักษณะสมบัติที่ด้อยลงเมื่อตกอยู่ภายใต้เงื่อนไข ข้อ 2 ข. _____

- ง. สร้างสูตรความขัดแย้งทางเทคนิคดังต่อไปนี้
 ถ้าลักษณะสมบัติ (ข้อ 2 ก.) ถูกลดลงจากการดำเนินการตามข้อ 2 ข.
 (ระบุวิธี) _____
 หลักจากนั้นลักษณะสมบัติต่อไปนี้ (ข้อ 2 ค.) จะด้อยลง _____
 หรือลักษณะสมบัติอื่น ๆ ในเชิงลบจะเพิ่มมากขึ้น (บรรยาย) _____

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง

ลักษณะสมบัติ	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง (Characteristic that is getting worse)								หลักการ 40 ข้อ (40 Principles)	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่		-	15, 8 29, 34	-	29, 17 38, 34	-	29, 2 40, 28	-	การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ	1
2 น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-		-	10, 1 29, 35	-	35, 30 13, 7	-	5, 35 14, 2	การสกัดออก	2
3 ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	8, 15 29, 34	-		-	15, 17 4	-	7, 17 4, 35	-	ลักษณะสมบัติประจำตัว	3
4 ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	35, 28 40, 29	-		-	17, 7 10, 40	-	35, 8 2, 14	ความไม่สมมาตร	4
5 พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 17 29, 4	-	14, 15 18, 4	-		-	7, 14 17, 4	-	การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน	5
6 พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	30, 2 14, 18	-	26, 7 9, 39	-		-	-	การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์	6
7 ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 26 29, 40	-	1, 7 4, 35	-	1, 7 4, 17	-		-	การซ้อนกัน	7
8 ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	35, 10 19, 14	19, 14	35, 8 2, 14	-	-	-	-	การคานน้ำหนักกัน	8
9 ความเร็ว	2, 28 13, 38	-	13, 14 8	-	29, 30 34	-	7, 29 34	-	การกระทำต้านทานก่อน	9
10 แรง	8, 1 37, 18	18, 13 1, 28	17, 19 9, 36	28, 10	19, 10 15	1, 18 36, 37	15, 9 12, 37	2, 36 18, 37	การกระทำก่อน	10
11 แรงดึง / ความดัน	10, 36 37, 40	13, 29 10, 18	35, 10 36	35, 1 14, 16	10, 15 36, 28	10, 15 36, 37	6, 35 10	35, 24	การป้องกันไว้ล่วงหน้า (กันเหนียว)	11
12 รูปร่าง	8, 10 29, 40	15, 10 26, 3	29, 34 5, 4	13, 14 10, 7	5, 34 4, 10	-	14, 4 15, 22	7, 2 35	ถ่วงดุลย์ หรือ สักยภาพเท่ากัน	12
13 เสถียรภาพขององค์ประกอบ	21, 35 2, 39	26, 39 1, 40	13, 15 1, 28	37	2, 11 13	39	28, 10 19, 39	34, 28 35, 40	กลับหัวกลับหาง-กลับทิศทาง	13
14 ความแข็งแรง	1, 8, 40 15	40, 26 27, 1	1, 15 8, 35	15, 14 28, 36	3, 34 40, 29	9, 40 28	10, 15 14, 7	9, 14 17, 15	ความเป็นทรงกลม	14
15 เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งเคลื่อนไหว	5, 19 34, 31	-	2, 19 9	-	3, 17 19	-	10, 2 19, 30	-	ความเป็นพลวัต	15
16 เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	6, 27 19, 16	-	1, 40 35	-	-	-	35, 34 38	การกระทำบางส่วนหรือมากเกินไป	16
17 อุณหภูมิ	36, 22 6, 38	22, 35 32	15, 19 9	15, 19 9	3, 35 39, 18	35, 38	34, 39 40, 18	35, 6 4	เปลี่ยนไปสู่มิติใหม่	17
18 ความสว่าง	19, 1 32	2, 5 32	19, 32 16	-	19, 32 26	-	2, 13 10	-	การล้นสะท้อนเชิงกล	18
19 พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนไหว	12, 18 28, 31	-	12, 28	-	15, 19 25	-	35, 13 18	-	การกระทำเป็นจังหวะ (หรือเป็นช่วง ๆ)	19
20 พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	19, 9 6, 27	-	-	-	-	-	-	ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประจักษ์	20
21 กำลัง	8, 36 38, 31	19, 26 17, 27	1, 10 35, 37	-	19, 38	17, 32 13, 38	35, 6 38	30, 6 25	เร่งรัดงาน / เร่งหรือยับยั้ง	21
22 การสูญเสียพลังงาน	15, 6 19, 28	19, 6 18, 9	7, 2 6, 13	6, 38 7	15, 26 17, 30	17, 7 30, 18	7, 18 23	7	เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์	22
23 การสูญเสียสาร	35, 6 23, 40	35, 6 22, 32	14, 29 10, 39	20, 35 24, 10	28, 35 10, 31	2, 10, 18 39, 31	1, 29 30, 36	3, 39 18, 31	การบิอนกลับ	23
24 การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร	10, 24 35	10, 35 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	ตัวประสาน / ตัวกลาง	24
25 การสูญเสียเวลา	10, 20 37, 35	10, 20 26, 5	15, 2 29	30, 24 14, 6	26, 4 5, 16	10, 35 17, 4	2, 5 34, 10	35, 16 32, 18	บริการตัวเอง / ช่วยตัวเอง	25
26 จำนวนสาร	35, 6 18, 31	27, 26 18, 35	29, 14 35, 18	-	15, 14 29	2, 18 40, 4	15, 20 29	-	การลอกแบบ / เลียนแบบ	26
27 ความน่าเชื่อถือ	3, 8 10, 40	3, 10 8, 28	15, 9 14, 4	15, 29 28, 11	17, 10 14, 16	32, 35 40, 4	3, 10 14, 24	2, 35 24	เปลี่ยนออกไป / ใช้แล้วทิ้ง	27
28 ความแม่นยำของการวัด	32, 35 26, 28	28, 35 25, 26	28, 26 5, 16	32, 28 3, 16	26, 28 32, 3	26, 28 32, 3	32, 13 6	-	การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น	28
29 ความแม่นยำของการผลิต	28, 32 13, 18	28, 35 27, 9	10, 28 29, 37	2, 32 10	28, 33 29, 32	2, 29 18, 36	32, 28 2	25, 10 35	โครงสร้างควบคุมด้วยลมหรือของไหล	29
30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุจากภายนอก	22, 21 27, 39	2, 22 13, 24	17, 1 39, 4	1, 18	22, 1 33, 28	27, 2 39, 35	22, 23 37, 35	34, 39 19, 27	เบียดหย่มหุ่นยนต์หรือฟิล์มบาง	30
31 ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น	19, 22 15, 39	35, 22 1, 39	17, 15 16, 22	-	17, 2 18, 39	22, 1 40	17, 2 40	30, 18 35, 4	วัสดุเป็นรูปพรุน	31
32 ความสามารถในการผลิต	28, 29 15, 16	1, 27 36, 13	1, 29 13, 17	15, 17 27	13, 1 26, 12	16, 40	13, 29 1, 40	35	เปลี่ยนสี	32
33 ความสะดวกในการใช้	25, 2 13, 15	6, 13 1, 25	1, 17 13, 12	-	1, 17 13, 16	18, 16 15, 39	1, 16 35, 15	4, 18 39, 31	ความเป็นเอกพันธ์	33
34 ความสามารถที่จะซ่อมแซมได้	2, 27 35, 11	2, 27 35, 11	1, 28 10, 25	3, 18 31	15, 13 32	16, 25	25, 2 35, 11	1	ชิ้นส่วนที่ถูกต้องหรือเสื่อมสภาพลง	34
35 ความสามารถในการปรับใช้ได้	1, 6 15, 8	19, 15 29, 13	35, 1 29, 2	1, 35 16	35, 30 29, 7	15, 16	15, 35 29	-	การแปลงลักษณะสมบัติ	35
36 ความซับซ้อนของอุปกรณ์	26, 30 34, 36	2, 26 35, 39	1, 19 26, 24	26	14, 1 13, 16	6, 36	34, 26 6	1, 16	การเปลี่ยนสถานะ	36
37 ความซับซ้อนของการควบคุม	27, 26 28, 13	6, 13 28, 1	16, 17 26, 24	26	2, 13 18, 17	2, 39 30, 16	29, 1 4, 16	2, 18 26, 31	การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	37
38 ระดับของความยืดหยุ่น	28, 26 18, 35	28, 26 35, 10	14, 13 17, 28	23	17, 14 13	-	35, 13 16	-	การเติมออกซิเจน (oxidation) อย่างเร่งรัด	38
39 วิสัยสามารถ / ผลิตภาพ	35, 26 24, 37	28, 27 15, 3	18, 4 28, 38	30, 7 14, 26	10, 26 34, 31	10, 35 17, 7	2, 6 34, 10	35, 37 10, 2	สภาพแวดล้อมเฉื่อย	39
									วัสดุผสม	40

ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง (Characteristics to be improved)

ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง (ต่อ)

ลักษณะสมบัติ	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง (Characteristic that is getting worse)								หลักการ 40 ข้อ (40 Principles)	
	9	10	11	12	13	14	15	16		
1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 8, 10, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ	1
2 น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	8, 10, 18, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	การสกัดออก	2
3 ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	ลักษณะสมบัติประจำตัว	3
4 ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 27, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 40, 35	ความไม่สมมาตร	4
5 พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน	5
6 พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	-	2, 38, 40	-	-	2, 10, 19, 30	การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์	6
7 ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 19, 29, 4	1, 19, 28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 38, 4	-	การซ้อนกัน	7
8 ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	2, 18, 37	24, 35, 7, 2	34, 28, 35, 40	8, 14, 17, 15	-	-	35, 34, 38	การคานน้ำหนักกัน	8
9 ความเร็ว	-	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	29, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	การกระทำด้านหน้าก่อน	9
10 แรงแม่เหล็ก	13, 29, 15, 12	-	18, 21, 40, 34	10, 35, 35, 10	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	18, 2	-	การกระทำก่อน	10
11 แรงดึง / ความดัน	6, 35, 30	36, 35, 21	-	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27	-	การป้องกันไว้ล่วงหน้า (เกินเหนียว)	11
12 รูปปร่าง	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	-	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	-	ถ่วงดุลย์ หรือ สัมผัสกัน	12
13 เสถียรภาพขององค์ประกอบ	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	-	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	กลืนหรือกลืนทาง-กลืนทิศทาง	13
14 ความแข็งแรง	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	-	27, 3, 26	-	ความเป็นทรงกลม	14
15 เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	-	-	ความเป็นพลวัต	15
16 เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	-	-	-	39, 3, 35, 23	-	-	-	การกระทำบางส่วนหรือมากเกินไป	16
17 ฤกษ์ฤกษ์	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	เปลี่ยนไปสู่อิทธิพลใหม่	17
18 ความสว่าง	10, 13, 19	26, 19, 6	-	32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6	-	การสิ้นเชิงหรือเชิงกล	18
19 พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	8, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 8, 35	28, 35, 6, 18	-	การกระทำเป็นจังหวะ (หรือเป็นช่วง ๆ)	19
20 พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	30, 37	-	-	27, 4, 29, 18	35	-	-	ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประจักษ์	20
21 กำจัด	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	35	22, 10, 29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	เร่งรัดงาน / เสริมงานเพิ่มเติม	21
22 การสูญเสียพลังงาน	15, 35, 28, 38	36, 38	-	-	14, 2, 39, 6	26	-	-	เปลี่ยนอันตรรกะให้เป็นประจักษ์	22
23 การสูญเสียสาร	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	3, 5, 30, 40	2, 14, 31, 40	38, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	การป้องกัน	23
24 การสูญเสียหรือดูดซับสาร	26, 32	-	-	-	-	-	10	10	ตัวประสาน / ตัวกลาง	24
25 การสูญเสียเวลา	-	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	28, 3, 28, 18	20, 10, 28, 10, 16	28, 20, 10, 16	บริการตัวเอง / ช่วยตัวเอง	25
26 จำนวนสาร	35, 29, 34, 26	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	การออกแบบ / เลียนแบบ	26
27 ความน่าเชื่อถือ	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	-	11, 26	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	เปลี่ยนออกไป / ใช้ตัวอื่น	27
28 ความแม่นยำของการวัด	28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	32, 32	10, 28, 24	การทดสอบระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น	28
29 ความแม่นยำของการผลิต	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35, 32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	-	-	โครงสร้างควบคุมด้วยเครื่องมือของไหล	29
30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุจากภายนอก	21, 28, 35, 28	13, 35, 38, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 30	แยกอิทธิพลได้หรือฟิล์มบาง	30
31 ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น	35, 29, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 29, 16, 22	วัสดุเป็นรูปทรง	31
32 ความสามารถในการผลิต	35, 13, 8, 1	35, 12, 1, 37	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1, 10, 32	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 18	แม่พิมพ์	32
33 ความสะดวกในการใช้	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12, 29, 28	15, 34, 30	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	ความเป็นเอกพันธ์	33
34 ความสามารถที่จะซ่อมแซมได้	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	ชิ้นส่วนที่ถูกคัดออกหรือเสื่อมสภาพลง	34
35 ความสามารถในการปรับใช้ได้	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14, 32	35, 3, 13, 1, 35	2, 16	-	การแปลงลักษณะสมบัติ	35
36 ความซับซ้อนของอุปกรณ์	34, 10, 28	28, 18	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 10, 4, 28, 15	-	-	การเปลี่ยนสถานะ	36
37 ความซับซ้อนของกระบวนการ	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 19, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 38, 30	27, 3, 15, 28, 38, 25	25, 34, 6, 35	-	การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	37
38 ระดับของควมยืดหยุ่น	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 1	18, 1	25, 13, 6, 9	-	-	การเสื่อมออกซิเจน (oxidation) อย่างเร่งรัด	38
39 วัสดุสามารถ / สัมผัสภาพ	-	28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	สภาพแวดล้อม	39
									วัสดุผสม	40

ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง (Characteristics to be improved)

ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง (ต่อ)

ลักษณะสมบัติ	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง (Characteristic that is getting worse)								หลักการ 40 ข้อ (40 Principles)	
	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	19, 1 32	35, 12 34, 31	-	12, 36 18, 31	6, 2 34, 19	5, 35 3, 31	10, 24 35	การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ	1
2	น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	28, 19 32, 22	19, 32 35	-	18, 19 28, 1	15, 19 18, 22	18, 19 28, 15	5, 8 13, 30	การสกัดออก	2
3	ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	10, 15 19	32	8, 35 24	-	1, 35	7, 2 35, 39	4, 29 23, 10	ลักษณะสมบัติประจำตัว	3
4	ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	3, 35 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28 24, 35	ความไม่สมมาตร	4
5	พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 15 16	15, 32 19, 13	19, 32	-	19, 10 32, 18	15, 17 30, 26	10, 35 2, 39	การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน	5
6	พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	35, 39 38	-	-	-	17, 32	17, 7 30	10, 14 18, 39	การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์	6
7	ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	34, 39 10, 18	2, 13 10	35	-	35, 6 13, 18	7, 15 13, 16	36, 39 34, 10	การซ้อนกัน	7
8	ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	35, 6 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39 35, 34	การคานน้ำหนักกัน	8
9	ความเร็ว	28, 30 36, 2	10, 13 35, 38	8, 15 35, 38	-	19, 35 38, 2	14, 20 19, 35	10, 13 28, 38	การกระทำตามทันท่วงที	9
10	แรง	35, 10 21	-	19, 17 10, 1	1, 16 36, 37	19, 35 18, 37	14, 15	8, 35 40, 5	การกระทำก่อน	10
11	แรงดึง / ความดัน	35, 39 19, 2	-	14, 24 10, 37	-	10, 35 14	2, 36 25	10, 36 3, 37	การป้องกันไว้ล่วงหน้า (กันเหนียว)	11
12	รูปร่าง	22, 14 19, 32	13, 15 32	2, 6 34, 14	-	4, 6 2	14	35, 29 3, 5	ถ่วงดุลย์ หรือ สักยภาพเท่ากัน	12
13	เสถียรภาพขององค์ประกอบ	35, 1 40	32, 3 27, 15	13, 19	27, 4 29, 18	32, 35 27, 31	14, 2 39, 6	2, 14 30, 40	กลับหัวกลับหาง-กลับทิศทาง	13
14	ความแข็งแรง	30, 10 39	35, 19	19, 35 10	35	10, 26 35, 28	35	35, 28 31, 40	ความเป็นทรงกลม	14
15	เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งเคลื่อนไหว	19, 35 4, 35	2, 19 4, 35	28, 6 35, 18	-	19, 10 35, 38	-	28, 27 3, 18	ความเป็นพลวัต	15
16	เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	19, 18 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16 18, 38	การกระทำบางส่วนหรือมากเกินไป	16
17	อุณหภูมิ	32, 30 21, 16	19, 15 3, 17	-	2, 14 17, 25	21, 17 35, 38	21, 36 29, 31	-	เปลี่ยนไปสู่มิติใหม่	17
18	ความสว่าง	32, 35 19	-	32, 1 19, 15	32, 35 1, 15	32	13, 16 1, 6	13, 1	การสั่นสะท้อนเชิงกล	18
19	พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนไหว	19, 24 3, 14	2, 15 19	-	-	6, 19 37, 18	12, 22 15, 24	35, 24 18, 5	การกระทำเป็นจังหวะ (หรือเป็นช่วง ๆ)	19
20	พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	19, 2 35, 32	-	-	-	-	28, 27 18, 31	ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์	20
21	กำลัง	2, 14 17, 25	16, 6 19	16, 6 19, 37	-	-	10, 35 38	28, 27 18, 38	เร่งรัดงาน / เสรีอย่างฉับพลัน	21
22	การสูญเสียพลังงาน	19, 38 7	1, 13 32, 15	-	-	3, 38	-	35, 27 2, 37	เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์	22
23	การสูญเสียสาร	21, 36 39, 31	1, 6 13	35, 18 24, 5	28, 27 21, 31	28, 27 18, 38	35, 27 2, 31	-	การป้อนกลับ	23
24	การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	ตัวประสาน / ตัวกลาง	24
25	การสูญเสียเวลา	35, 29 21, 18	1, 19 26, 17	35, 38 19, 18	1	35, 20 10, 6	10, 5 18, 32	35, 18 10, 39	บริการตัวเอง / ช่วยตัวเอง	25
26	จำนวนสาร	-	-	34, 29 16, 18	3, 35 31	35	7, 18 25	6, 3 10, 24	การลอกแบบ / เลียนแบบ	26
27	ความน่าเชื่อถือ	3, 35 10	11, 32 13	21, 11 27, 19	36, 23	21, 11 26, 31	10, 11 35	10, 35 29, 39	เปลี่ยนออกไป / ใช้แล้วทิ้ง	27
28	ความแม่นยำของการวัด	6, 19 28, 24	6, 1 32	3, 6 32	-	3, 6 32	26, 32 27	10, 16 31, 28	การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น	28
29	ความแม่นยำของการผลิต	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32 2	35, 31 10, 24	โครงสร้างควบคุมด้วยลมหรือของไหล	29
30	ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุจากภายนอก	22, 33 35, 2	1, 19 32, 13	1, 24 6, 27	10, 2 22, 37	19, 22 31, 2	21, 22 35, 2	33, 22 19, 40	เยื่อยึดหยุ่นได้หรือฟิล์มบาง	30
31	ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น	22, 35 2, 24	19, 24 39, 32	2, 35 6	19, 22 18	2, 35 18	21, 35 2, 22	10, 1 34	วัสดุเป็นรูปทูน	31
32	ความสามารถในการผลิต	27, 26 18	28, 24 27, 1	28, 26 27, 1	1, 4	27, 1 12, 24	19, 35	15, 34 33	เปลี่ยนสี	32
33	ความสะดวกในการใช้	26, 27 13	13, 17 1, 24	1, 13 24	-	35, 34 2, 10	2, 19 13	28, 32 2, 24	ความเป็นเอกพันธ์	33
34	ความสามารถที่จะซ่อมแซมได้	4, 10	15, 1 13	15, 1 28, 16	-	15, 10 32, 2	15, 1 32, 19	2, 35 34, 27	ชิ้นส่วนที่ถูกคัดออกหรือเสื่อมสภาพลง	34
35	ความสามารถในการปรับใช้ได้	27, 2 3, 35	8, 22 26, 1	18, 35 29, 13	-	18, 1 29	18, 18 1	15, 10 2, 13	การแปลงลักษณะสมบัติ	35
36	ความซับซ้อนของอุปกรณ์	2, 17 13	24, 17 13	27, 2 29, 28	-	20, 19 30, 34	10, 35 13, 2	35, 10 28, 29	การเปลี่ยนแปลงสถานะ	36
37	ความซับซ้อนของการควบคุม	3, 27 35, 16	2, 24 26	35, 38	19, 35 16	18, 1 16, 10	38, 3 15, 19	1, 18 10, 24	ก้าวขยับตัวเนื่องจากความวุ่น	37
38	ระดับของความยืดหยุ่น	26, 2 19	8, 32 19	2, 32 38, 19	-	28, 2 27	23, 28	35, 10 18, 5	การเติมออกซิเจน (oxidation) อย่างเร่งรัด	38
39	วิธีสื่อสาร / สัมผัสภาพ	35, 21 28, 10	26, 17 19, 1	35, 10 38, 19	1	35, 20 10	28, 10 29, 35	28, 10 35, 23	สภาพแวดล้อมเฉื่อย	39
									วิธีดูแล	40

ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง (Characteristics to be improved)

ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง (ต่อ)

ลักษณะสมบัติ	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง (Characteristic that is getting worse)								หลักการ 40 ข้อ (40 Principles)	
	25	26	27	28	29	30	31	32		
1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	10, 35 20, 28	3, 26 18, 31	3, 11 1, 27	28, 27 35, 26	28, 35 26, 18	22, 21 18, 27	22, 35 31, 39	27, 28 1, 36	การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ	1
2 น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	10, 20 35, 28	19, 6 18, 26	10, 28 8, 3	18, 26 28	10, 1 35, 17	2, 19 22, 37	35, 22 1, 39	28, 1 9	การสกัดออก	2
3 ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	15, 2 29	29, 35 -	10, 14 29, 40	28, 32 4	10, 28 29, 37	1, 15 17, 24	17, 15	1, 29 17	ลักษณะสมบัติประจำตัว	3
4 ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	30, 29 14	-	15, 29 28	32, 28 3	2, 32 10	1, 18	-	15, 17 27	ความไม่สมมาตร	4
5 พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	26, 4	29, 30 6, 13	29, 9	26, 26 32, 3	2, 32	22, 33 28, 1	17, 2 18, 39	19, 1 28, 24	การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน	5
6 พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	10, 35 4, 18	2, 18 40, 4	32, 35 40, 4	26, 28 32, 3	2, 29 18, 36	27, 2 39, 35	22, 1 40	40, 16	การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์	6
7 ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 6 34, 10	29, 30 7	14, 1 40, 11	26, 28	25, 28 2, 16	22, 21 27, 35	17, 2 40, 1	29, 1 40	การรื้อถอน	7
8 ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	35, 16 32, 18	29, 30 7	2, 35 16	-	35, 10 25	34, 39 19, 27	30, 18 35, 4	35	การทานน้ำหนักกัน	8
9 ความเร็ว	-	18, 19 29, 38	11, 35 27, 28	28, 32 1, 24	10, 28 32, 25	1, 28 35, 23	2, 24 35, 21	35, 13 8, 1	การกระทำด้านหน้าก่อน	9
10 แรง	10, 37 36	14, 29 18, 36	3, 35 13, 21	35, 10 23, 24	28, 29 37, 36	1, 35 40, 18	13, 3 36, 24	15, 37 18, 1	การกระทำก่อน	10
11 แรงดึง / ความตึง	37, 36 4	10, 14 36	10, 13 19, 35	6, 28 25	3, 35	22, 2 37	2, 33 27, 18	1, 35 16	การมีองศาไม่โค้งงอ (กั้นเหนี่ยว)	11
12 รูปร่าง	14, 10 34, 17	26, 22	10, 40 16	28, 32	32, 30 40	22, 1 2, 35	35, 1	1, 32 17, 28	ต่างสุด หรือ สึกสภาพเท่ากัน	12
13 เสถียรภาพขององค์ประกอบ	35, 27	15, 32 35	-	13	18	35, 24 30, 18	35, 40 27, 30	35, 19	กลับหัวกลับหาง-กลับทิศทาง	13
14 ความแข็งแรง	29, 3 28, 10	29, 10 27	11, 3	3, 27 16	3, 27	18, 35 37, 1	15, 35 22, 2	11, 3 10, 32	ความเป็นทรงกลม	14
15 เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งเคลื่อนไหว	20, 10 28, 18	3, 35 10, 40	11, 2 13	3	3, 27 16, 40	22, 15 33, 28	21, 39 16, 22	27, 1 4	ความเป็นพหุวัต	15
16 เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	28, 20 10, 16	3, 35 31	34, 27 8, 40	10, 28 24	-	17, 1 40, 33	22	35, 10	การกระทำบางส่วนหรือกลับไม่	16
17 อุณหภูมิ	35, 28 21, 18	3, 17 30, 39	19, 35 3, 10	32, 19 24	24	22, 33 35, 2	22, 35 2, 24	26, 27	เปลี่ยนไปสู่อุณหภูมิ	17
18 ความสว่าง	19, 1 26, 17	1, 19	-	11, 15 32	3, 32	15, 19	35, 19 32, 39	19, 35 28, 26	การสิ้นเปลืองเชิงกล	18
19 พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนไหว	35, 38 19, 18	34, 23 16, 18	19, 21 11, 27	3, 1 32	-	1, 35 6, 27	2, 35 6	28, 26 30	การกระทำเป็นจังหวะ (หรือเป็นช่วง ๆ)	19
20 พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	3, 35 1	10, 36 23	-	-	10, 2 22, 37	19, 22 18	1, 4	ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์	20
21 ค่าเฉลี่ย	35, 20 10, 6	4, 34 19	19, 24 26, 31	32, 15 2	32, 2	19, 22 31, 2	2, 35 18	26, 10 34	เร่งความเร็ว / เสริมอย่างมีพลัง	21
22 การสูญเสียพลังงาน	10, 18 32, 7	7, 18 25	11, 10 35	32	-	21, 22 35, 2	21, 35 2, 22	-	เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์	22
23 การสูญเสียสาร	15, 18 35, 10	6, 3 10, 24	10, 29 39, 35	16, 24 31, 28	35, 10 24, 31	33, 22 30, 40	10, 1 34, 29	18, 34 33	การป้องกัน	23
24 การสูญเสียที่สูญหาย	24, 26 28, 32	24, 28 18, 16	10, 28 23	-	-	22, 10 1	10, 21 22	32	ตัวประสาน / ตัวกลาง	24
25 การสูญเสียเวลา	-	35, 38 18, 16	10, 30 28, 40	24, 34 28, 18	24, 26 34	35, 18 28, 34	35, 22 18, 39	35, 28 34, 4	บริการตัวเอง / ช่วยตัวเอง	25
26 จำนวนสาร	35, 36 18, 16	-	16, 3 28, 40	13, 2 28	33, 30	35, 33 29, 31	3, 35 40, 39	29, 1 35, 27	การออกแบบ / เปลี่ยนแบบ	26
27 ความน่าเชื่อถือ	10, 30 4	21, 28 40, 3	-	32, 3 11, 23	11, 32 1	27, 35 2, 40	35, 2 40, 26	-	เปลี่ยนออกไป / ใช้ชั่วคราว	27
28 ความแม่นยำของการวัด	24, 34 28, 32	2, 6 32	5, 11 1, 23	-	-	28, 24 22, 26	3, 33 39, 10	6, 35 25, 18	การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น	28
29 ความแม่นยำของการผลิต	32, 26 28, 18	32, 30	11, 32 1	-	-	28, 28 10, 36	4, 17 34, 26	-	โครงสร้างควบคุมด้วยหลักการของไหล	29
30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุจากภายนอก	35, 18 34	35, 33 29, 31	27, 24 2, 40	28, 33 23, 28	28, 28 10, 18	-	-	24, 36 2	เมื่อยึดหยุ่นไม่ได้หรือยืดหยุ่น	30
31 ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น	1, 22	3, 24 39, 1	24, 2 40, 39	3, 33 26	4, 17 34, 26	-	-	-	วัสดุเป็นรูปทรง	31
32 ความสามารถในการผลิต	35, 28 34, 4	35, 23 1, 24	-	1, 35 12, 18	-	24, 2	-	-	เปลี่ยนสี	32
33 ความสะดวกในการใช้	4, 28 10, 34	12, 35	17, 27 8, 40	25, 13 2, 34	1, 32 35, 23	2, 25 28, 39	-	2, 5 12	ความเป็นเอกพันธ์	33
34 ความสามารถที่จะซ่อมแซมได้	32, 1 10, 25	2, 28 10, 25	11, 10 1, 16	10, 2 13	25, 10	35, 10 2, 16	-	1, 35 11, 10	ชิ้นส่วนที่ถอดออกหรือเปลี่ยนสภาพ	34
35 ความสามารถในการปรับใช้ได้	35, 28	3, 35 15	35, 13 6, 24	35, 5 1, 10	-	35, 11 32, 31	-	1, 13 31	การแปลงลักษณะสมบัติ	35
36 ความซับซ้อนของอุปกรณ์	8, 29	13, 3 27, 10	13, 35 1	2, 26 10, 34	26, 24 32	22, 19 29, 40	19, 1	27, 26 1, 13	การเปลี่ยนแปลง	36
37 ความซับซ้อนของการควบคุม	18, 28 32, 9	3, 27 29, 18	27, 40 28, 8	26, 24 32, 28	-	22, 19 29, 28	2, 21	5, 28 11, 29	การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	37
38 ระดับของความเข้มข้น	24, 28 35, 30	35, 13	11, 27 10, 34	28, 26 34, 28	28, 26 18, 23	2, 33	2	1, 26 13	การเกิดออกซิเจน (oxidation) อย่างเร่งรัด	38
39 วิสัยทางการ / ผลิตภัณฑ์	-	35, 38	1, 35 10, 38	1, 10 34, 28	18, 10 32, 1	22, 35 13, 24	35, 22 18, 39	35, 28 2, 24	สภาพแวดล้อมน้อย	39
									วัสดุผสม	40

ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง (Characteristics to be improved)

ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง (ต่อ)

	ลักษณะสมบัติ	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง (Characteristic that is getting worse)							หลักการ 40 ข้อ (40 Principles)		
		33	34	35	36	37	38	39			
	1	น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	35, 3 2, 24	2, 27 28, 11	29, 5 15, 8	26, 30 36, 34	28, 29 26, 32	26, 35 18, 19	35, 3 24, 37	การแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ	1
	2	น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	6, 13 1, 32	2, 27 28, 11	19, 15 29	1, 10 26, 39	25, 28 17, 15	2, 26 35	1, 28 15, 35	การสกัดออก	2
	3	ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	15, 29 35, 4, 7	1, 28 10	14, 15 1, 16	1, 19 26, 24	35, 1 26, 24	17, 24 26, 16	14, 4 28, 29	ลักษณะสมบัติประจำตัว	3
	4	ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14 7, 26	ความไม่สมมาตร	4
	5	พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	15, 17 13, 16	15, 13 10, 1	15, 30	14, 1 13	2, 36 26, 18	14, 30 28, 23	10, 26 34, 2	การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน	5
	6	พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	16, 4	16	15, 16	1, 18 36	2, 35 30, 18	23	10, 15 17, 7	การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์	6
	7	ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	15, 13 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26 4	35, 34 16, 24	10, 6 2, 34	การซ้อนกัน	7
	8	ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	1	-	1, 31	2, 17 26	-	35, 37 10, 2	การคานน้ำหนักกัน	8
	9	ความเร็ว	32, 28 13, 12	34, 2 28, 27	15, 10	10, 28 4, 34	3, 34 27, 16	10, 18	-	การกระทำด้านทวนก่อน	9
	10	แรง	1, 28 3, 25	15, 1 11	15, 17 18, 20	26, 35 10, 18	36, 37 10, 19	2, 35	3, 28 35, 37	การกระทำก่อน	10
	11	แรงดึง / ความดัน	11	2	35	19, 1 35	2, 36 37	35, 24	10, 14 35, 37	การป้องกันไว้ล่วงหน้า (กันเหนียว)	11
	12	รูปร่าง	32, 15 26	2, 13 1	1, 15 29	16, 29 1, 28	15, 13 39	15, 1 32	17, 26 34, 10	ถ่วงดุลย์ หรือ สักยภาพเท่ากัน	12
	13	เสถียรภาพขององค์ประกอบ	32, 35 30	2, 35 10, 16	35, 30 34, 2	2, 35 22, 26	35, 22 39, 23	1, 8 35	23, 35 40, 3	กลับหัวกลับหาง-กลับทิศทาง	13
	14	ความแข็งแรง	32, 40 28, 2	27, 11 3	15, 3 32	2, 13 25, 28	27, 3 15, 40	15	29, 35 10, 14	ความเป็นทรงกลม	14
	15	เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	12, 27	29, 10 27	1, 35 13	10, 4 29, 15	19, 29 39, 35	6, 10	35, 17 14, 19	ความเป็นพลวัต	15
	16	เวลาของการกระทำของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	1	1	2	-	25, 34 6, 35	1	20, 10 16, 38	การกระทำบางส่วนหรือมากเกินไป	16
	17	อุณหภูมิ	26, 27	4, 10 16	2, 18 27	2, 17 35, 31	3, 27 19, 16	26, 2 35	15, 28 35	เปลี่ยนไปสู่ชนิดใหม่	17
	18	ความสว่าง	28, 26 19	15, 17 13, 16	15, 1 19	6, 32 13	32, 15	2, 26 10	2, 25 16	การสั่นสะเทือนเชิงกล	18
	19	พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	19, 35	1, 15 17, 28	15, 17 13, 16	2, 29 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28 35	การกระทำเป็นจังหวะ (หรือเป็นช่วง ๆ)	19
	20	พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	-	-	-	-	19, 35 16, 25	-	1, 6	ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์	20
	21	กำลัง	26, 35 10	35, 2 10, 34	19, 17 34	20, 19 30, 34	19, 35 16	28, 2 17	28, 35 34	เร่งรัดงาน / เสรีอย่างฉับพลัน	21
	22	การสูญเสียพลังงาน	35, 32 1	2, 19	-	7, 23	35, 3 15, 23	2	23, 10 29, 35	เปลี่ยนอันตรายเป็นประโยชน์	22
	23	การสูญเสียสาร	32, 28 2, 24	2, 35 34, 27	15, 10 2	35, 10 28, 24	35, 18 10, 13	35, 10 18	28, 35 10, 23	การบิอนกลับ	23
	24	การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23 15	ตัวประสาน / ตัวกลาง	24
	25	การสูญเสียเวลา	4, 28 10, 34	32, 1 10	35, 28	6, 29	18, 28 35, 30	24, 28 35, 30	-	บริการตัวเอง / ช่วยตัวเอง	25
	26	จำนวนสาร	35, 29 25, 10	2, 32 10, 25	15, 3 29	3, 13 27, 10	3, 27 29, 18	8, 35	13, 29 3, 27	การลอกแบบ / เลียนแบบ	26
	27	ความน่าเชื่อถือ	27, 17 40	1, 11	13, 35 8, 24	13, 35 1	27, 40 28	11, 13 27	1, 35 29, 38	เปลี่ยนออกไป / ใช้แล้วทิ้ง	27
	28	ความแม่นยำของการวัด	1, 13 17, 34	1, 32 13, 11	13, 35 2	27, 35 10, 34	26, 24 32, 28	28, 2 10, 34	10, 34 28, 32	การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น	28
	29	ความแม่นยำของการผลิต	1, 32 35, 23	25, 10	-	26, 2 18	-	26, 28 18, 23	10, 18 32, 39	โครงสร้างควบคุมด้วยสมองหรือของไหล	29
	30	ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุจากภายนอก	2, 25 28, 39	35, 10 2	35, 11 22, 31	22, 19 29, 40	22, 19 29, 40	33, 3 34	22, 35 13, 24	เยื่อยึดหยุ่นได้หรือฟิล์มบาง	30
	31	ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น	-	-	-	19, 1 31	2, 21 27, 1	2	22, 35 18, 39	วัสดุเป็นรูปทูน	31
	32	ความสามารถในการผลิต	2, 5 13, 16	35, 1, 25 11, 9	2, 13 15	27, 26 1	6, 28 11, 1	8, 28 1	35, 1 10, 28	เปลี่ยนสี	32
	33	ความสะดวกในการใช้	-	12, 26 1, 32	15, 34 1, 16	32, 26 12, 17	-	1, 34 12, 3	15, 1 28	ความเป็นเอกพันธ์	33
	34	ความสามารถที่จะซ่อมแซมได้	1, 12 26, 15	-	7, 1 4, 16	35, 1, 25 13, 11	-	34, 35 7, 13	1, 32 10	ชิ้นส่วนที่ถูกต้องหรือเสื่อมสภาพลง	34
	35	ความสามารถในการปรับใช้ได้	15, 34 1, 16, 7, 4	1, 16 7, 4	-	15, 29 37, 28	1	27, 34 35	35, 28 6, 37	การแปลงลักษณะสมบัติ	35
	36	ความซับซ้อนของอุปกรณ์	27, 9 26, 24	1, 13	29, 15 28, 37	-	15, 10 37, 28	15, 1 24	12, 17 28	การเปลี่ยนสถานะ	36
	37	ความซับซ้อนของการควบคุม	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10 37, 28	-	34, 21	35, 18	การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	37
	38	ระดับของความยืดหยุ่น	1, 12 34, 3	1, 35 13	27, 4 1, 35	15, 24 10	34, 27 25	-	5, 12 35, 26	การเติมออกซิเจน (oxidation) อย่างเร่งรัด	38
	39	วิสัยสามารถ / ผลิตภาพ	1, 28 7, 19	1, 32 10, 25	1, 35 28, 37	12, 17 28, 24	35, 18 27, 2	5, 12 35, 26	-	สภาพแวดล้อมเฉื่อย	39
										วัสดุผสม	40

ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง (Characteristics to be improved)



ภาคผนวก ข

คู่มือและตัวอย่างเอกสารต่างๆ
ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการประกอบเครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตัวอย่างใบตรวจสอบรับงานสั่งทำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบตรวจสอบงานลั้กทำ

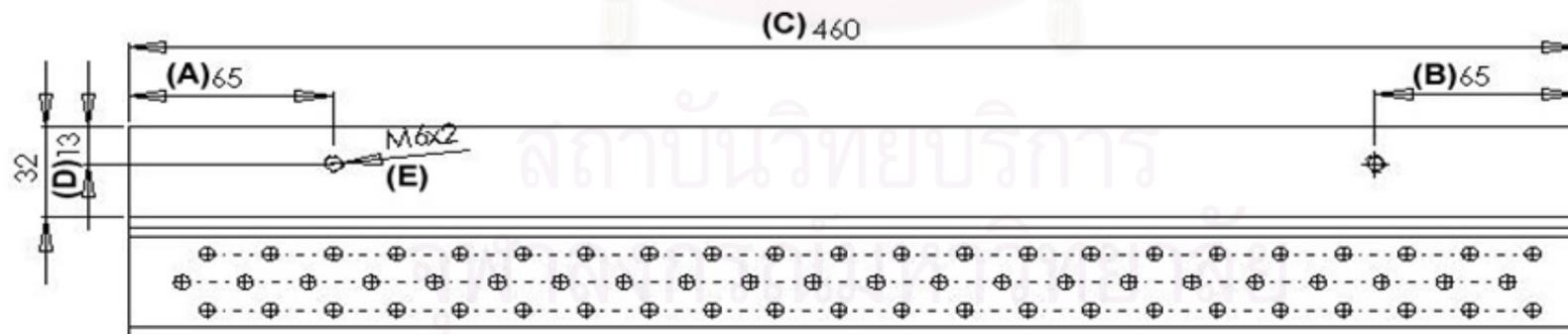
วันที่..... ผู้ตรวจ.....

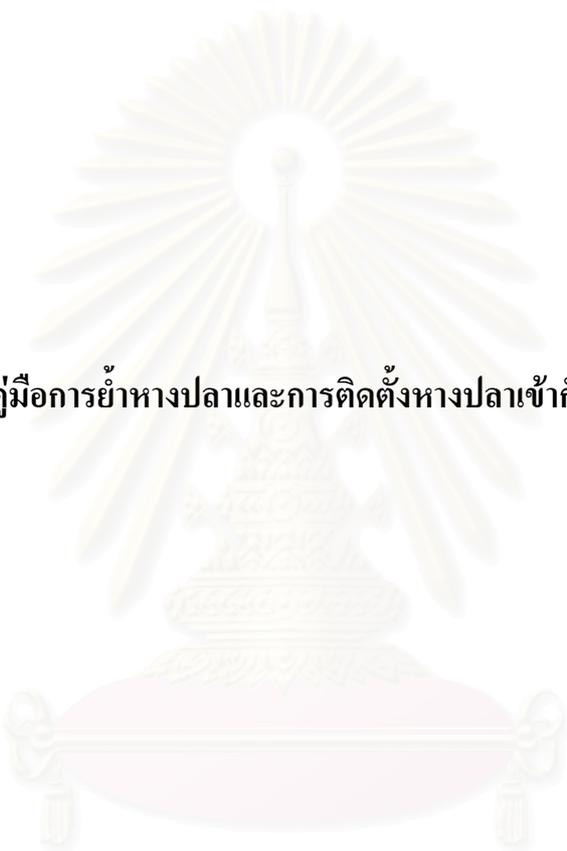
ชื่อชิ้นงาน : Cover Bar

จากบริษัท.....

จำนวน..... ชั้นที่.....

จุดตรวจ	เครื่องมือในการตรวจ	เกณฑ์มาตรฐาน	ผลการตรวจ	ผ่าน/ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
A	ตลับเมตร	65±1			
B	ตลับเมตร	65±1			
C	ตลับเมตร	460±2			
D	ตลับเมตร	13±1			
E	สกรู M6	ขันเข้าได้ดี			





คู่มือการย้ายหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการย้ําหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์

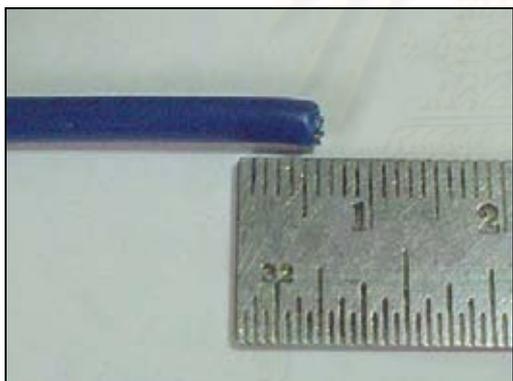
1. การย้ําหางปลา

อุปกรณ์ที่ใช้

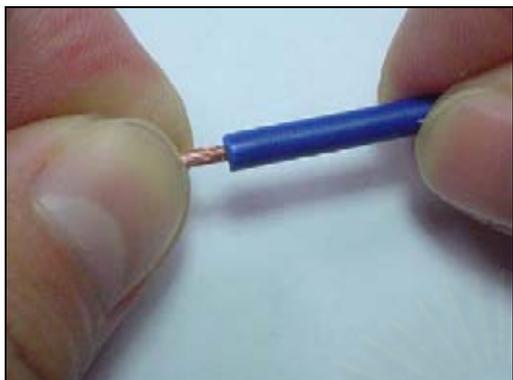
1. สายไฟ
2. หางปลา
3. คีมย้ําหางปลา
4. ฝ้ํา

ขั้นตอนการย้ําหางปลา

1. ปอกสายไฟให้ได้ความยาวของทองแดงขนาด 6 mm.



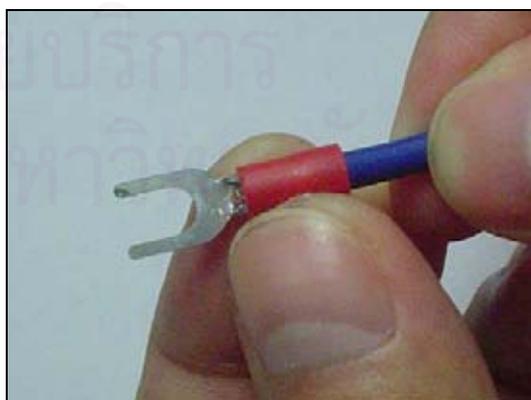
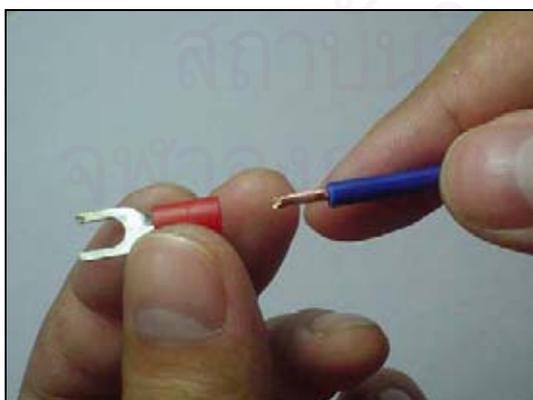
2. ใช้มือด้านหนึ่งม้วนเกลียวทองแดงที่ปอก



3. ใช้ผ้าสะอาดเช็ดเกลียวทองแดงที่ม้วนเพื่อทำความสะอาดก่อนทำการย้า



4. ใส่สายไฟด้านเกลียวทองแดงเข้าไปในหางปลาจนสุด



5. ใช้คีมย้ำหางปลาบีบย้ำหางปลาให้แน่น โดยให้ส่วนที่กดย้ำของคีมอยู่ตรงกลางและตรงกับรอยตัดลวดม้วนของหางปลา

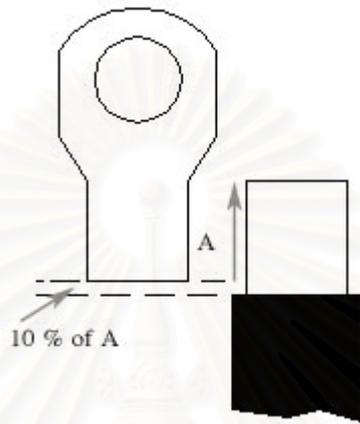


6. ดึงเพื่อทดสอบความแข็งแรงของการย้ำหางปลา



หมายเหตุ

1. หากมีการเปลี่ยนขนาดหางปลา ให้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดของการปกสายไฟ โดยปกสายไฟให้มีความยาวของทองแดงเท่ากับ A บวกอีก 10% ของ A ดังรูป (เพราะความยาวของหางปลาจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากย้าแล้ว)



2. หากจุดที่ทำการย้าสกปรกและ/หรือไม่แน่น จะเกิด bad contact ที่หน้าสัมผัสของหางปลาและทำให้ร้อนกว่าปกติ ซึ่งอาจทำให้เกิดอาร์กและสายไหม้ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์

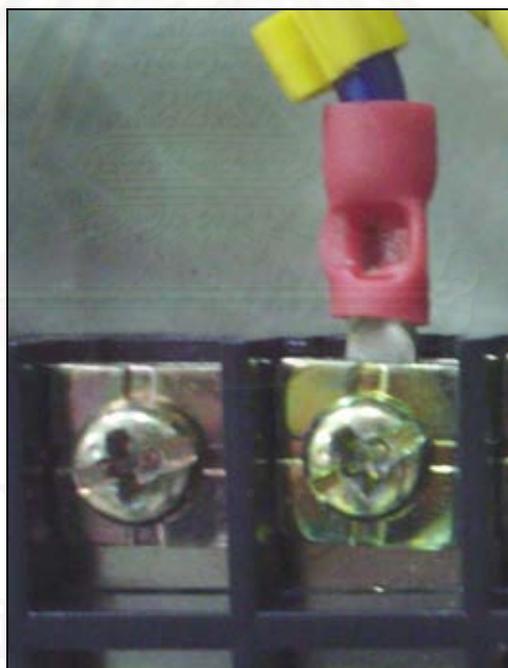
การติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ในการประกอบเครื่องพ่นก๊าซสุญญากาศและเติมแก๊ส แบ่งออกเป็น 3 แบบดังนี้

1. การติดตั้งหางปลา 1 ตัว เข้ากับอุปกรณ์
2. การติดตั้งหางปลา 2 ตัว เข้ากับอุปกรณ์จุดเดียวกัน
3. การติดตั้งหางปลาแบบเสียบเข้ากับอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้

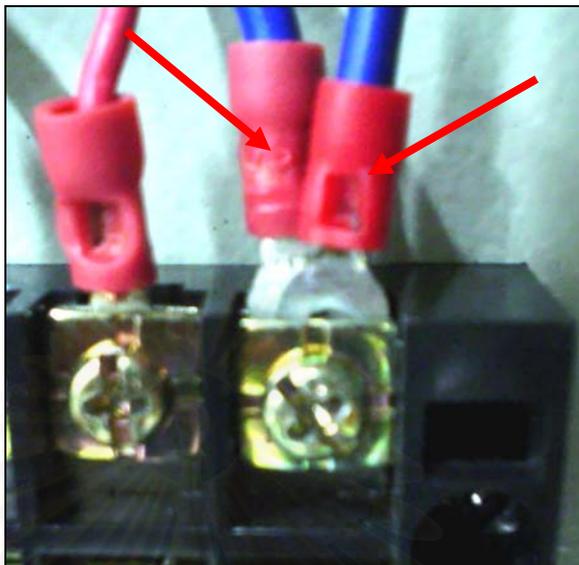
1. ไขควงแฉก (ขนาดขึ้นอยู่กับสกรูที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์)
2. คีม

2.1 การติดตั้งหางปลา 1 ตัวเข้ากับอุปกรณ์



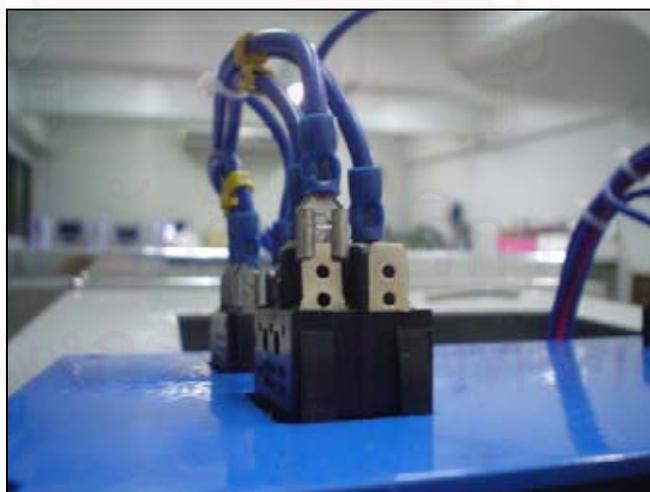
1. นำหางปลาเสียบเข้ากับอุปกรณ์จนสุด
2. ใช้ไขควงแฉกขนาดที่เหมาะสมขันยึดติดหางปลากับอุปกรณ์ให้แน่น
3. ทดสอบการติดตั้งด้วยการขยับหางปลาหากไม่แน่นให้ทำการติดตั้งใหม่

3.2 การติดตั้งหางปลา 2 ตัว เข้ากับอุปกรณ์จุดเดียวกัน

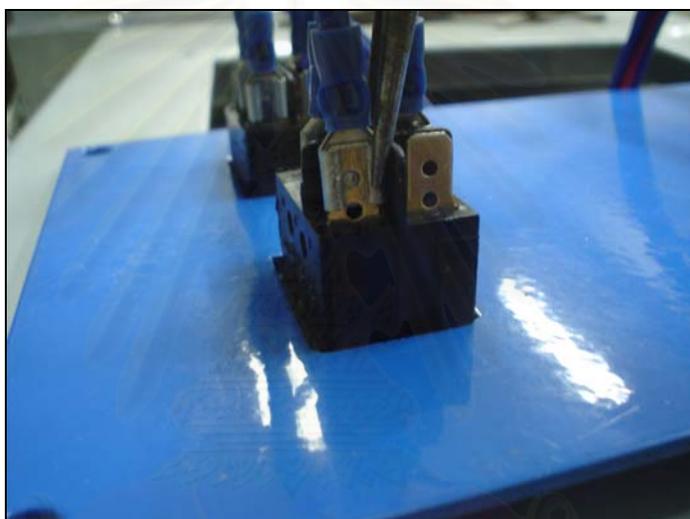
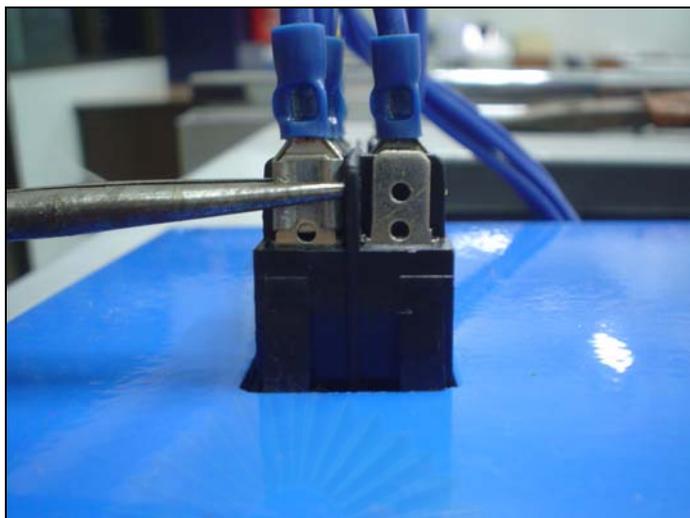


1. นำหางปลาทั้งสองตัวหันหลังชนกันตามรูป แล้วใส่เสียบเข้ากับอุปกรณ์จนสุด
2. ใช้ไขควงแฉกขนาดที่เหมาะสมขันยึดติดหางปลากับอุปกรณ์ให้แน่น
3. ทดสอบการติดตั้งด้วยการขยับหางปลาหากไม่แน่นให้ทำการติดตั้งใหม่

3.3 การติดตั้งหางปลาแบบเสียบเสียบเข้ากับอุปกรณ์



1. นำหางปลาแบบเสียบเสียบเข้ากับอุปกรณ์จนสุด



2. ใช้คีมบีบหางปลา
3. ทดสอบการติดตั้งด้วยการขยับหางปลาหากไม่แน่นให้ทำการติดตั้งใหม่

หมายเหตุ

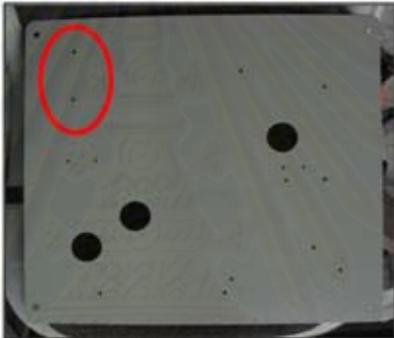
ให้ทำการติดตั้งหางปลา และขันสกรูหรือบีบหางปลาที่ละตัวเพื่อป้องกันการความผิดพลาดจากการลื่นขันสกรูหรือบีบหางปลา



ตัวอย่างคู่มือการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A2 : ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Safety Breaker

รายการอุปกรณ์				ขั้นตอน	วันที่ออกแบบ
Part No.	ชื่อ	จำนวน	รูป		
CBINET-S005	แผงวงจร (Inside Plate)	1		1. นำ Safety Breaker 30A วางลงบนแผ่นรองแผงวงจร (Inside Plate)  	28/06/2549
B-S001	Safety Breaker	1			เวลามาตรฐาน
NUT-S012	น๊อตหัว 4 เหลี่ยม M4 x 12	2			36.65
เครื่องมือ				2. นำน๊อตหัว 4 เหลี่ยม M4 x 12 จำนวน 2 ตัวขัน หัวและท้ายหัว Safety Breaker 30A เข้ากับแผ่นรองแผงวงจร (Inside Plate) 	ข้อควรระวัง
ชนิด		จำนวน			
ไขควงแฉกขนาดกลาง		1			วาง Inside Plate ในลักษณะตั้งรูป และประกอบ Breaker ให้ตรงตำแหน่ง
ชื่อผู้ออกแบบ				จุดตรวจสอบคุณภาพ	-วางอุปกรณ์ตรงตามตำแหน่ง -วางอุปกรณ์ถูกต้องทิศทาง
นายธวัชชัย โยมญาติ					
นางสาวสุลาภรณ์ ทาวสุก นางสาวพิมพ์ทิพย์ คณินแก้ว					



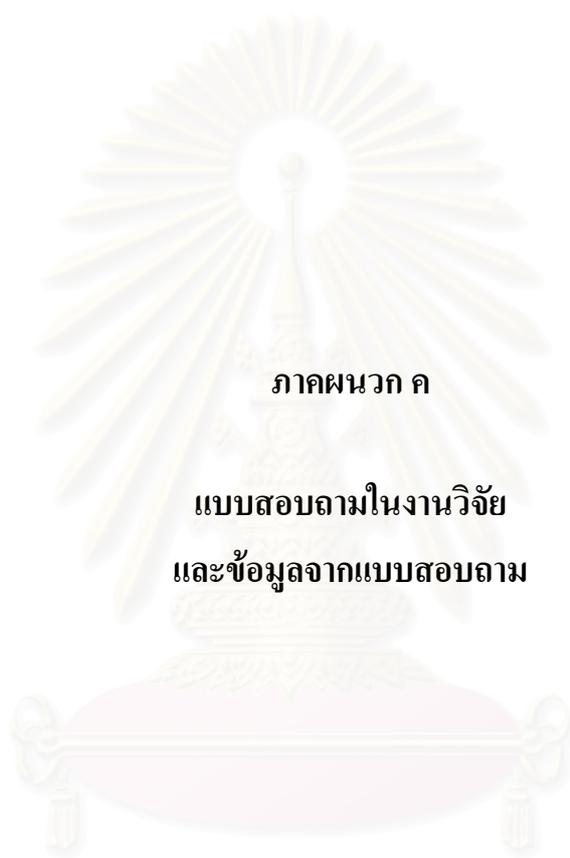
ตัวอย่างใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบตรวจสอบขั้นตอนการประกอบเครื่องอิเล็กทรอนิกส์และเดินแก๊ส

เลขที่เครื่อง..... วันที่เริ่มประกอบ.....

วันที่	ขั้นตอน	ชื่อขั้นตอน	การตรวจสอบ			ชื่อผู้ประกอบ	หมายเหตุ
			ข้อกำหนด	วิธีการตรวจสอบ	ผลการตรวจ		
	C 1	ติดตั้งอุปกรณ์ชุดล่าง SEAL	- ใส่น้ำมันทุกตำแหน่ง	- สายตา			
			- ใส่น้ำมันทุกตัวแน่นดีแล้ว	- เช็บบลับแบบ			
				- สัมผัส(ขยับอุปกรณ์)			
	C 2	ติดตั้งอุปกรณ์ชุด U Line(ชุดกระบอกสูบ)	- Piston ยึดติดกับ L ดี	- สัมผัส(ขยับอุปกรณ์)			
			- ฉนวนน้ำมันทุกตัวแน่นดีแล้ว				
			U lineยึดติดกับ Lower Clamp				
			แน่นดีแล้ว				
	C 3	ติดตั้งอุปกรณ์ชุดผ่าน SEAL	- ฉนวนยึดติดอุปกรณ์ดี	- สายตา			
			- ปาก Upper Heater Container	- เช็บบลับแบบ			
			ประกอบกับ Lower Heater	- สัมผัส(ขยับอุปกรณ์)			
			Containerสนิท				
			- ฉนวนครบทุกตำแหน่ง				
	C 4	ติดตั้งอุปกรณ์ชุด Plate Switch	- สวิตช์ทุกตัวยึดติดกับ	- สายตา			
			Plate Switch เรียบร้อย	- เช็บบลับแบบ			
			- ใส่วิศวกรรมทุกทิศทาง	- สัมผัส(ขยับอุปกรณ์)			



ภาคผนวก ก

แบบสอบถามในงานวิจัย
และข้อมูลจากแบบสอบถาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพ
ของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถาม (Questionnaire)

แบบสอบถามนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊ส เพื่อที่จะนำข้อมูลไปปรับปรุงเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น เช่นในเรื่อง ความปลอดภัย ความทนทาน เป็นต้น และสอดคล้องกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ต่อไป

กรุณาระบุคำตอบโดยการขีดเครื่องหมาย ✓ หรือเติมค่าลงในช่องว่างซึ่งตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1. ชนิดของผลิตภัณฑ์ของท่าน

- 1).....ใช้กับเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สหรือไม่ () ใช้ () ไม่ใช้
- 2).....ใช้กับเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สหรือไม่ () ใช้ () ไม่ใช้
- 3).....ใช้กับเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สหรือไม่ () ใช้ () ไม่ใช้
- 4).....ใช้กับเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สหรือไม่ () ใช้ () ไม่ใช้

2. จำนวนเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สที่ใช้ในการผลิต

..... เครื่อง

3. อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ของท่านต่อวัน (ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตสูงสุด)

.....

4. ลักษณะการใช้เครื่องกับผลิตภัณฑ์ของท่าน (ตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ)

- () เติมแก๊ส
- () สูญญาอากาศ
- () ปิดผนึกอย่างเดียว

5. ท่านเคยใช้เครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สของบริษัทอื่นหรือไม่

- () เคย บริษัท.....
- () ไม่เคย (ข้ามไปทำข้อ 8)

6. เครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สของบริษัทอื่นที่ท่านเคยใช้เป็นแบบใด

- () แบบ Chamber
- () แบบป้อนผลิตภัณฑ์ด้านหน้า
- () อื่นๆ.....

7. ทำไมท่านถึงเลือกใช้เครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สในข้อที่ 6

.....

.....

8. กรุณาเติมหมายเลข 1-10 แสดงระดับคุณภาพของเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊ส

โดยที่ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพหรือความเหมาะสมในเรื่องนั้นๆ น้อยที่สุด , 10 หมายถึง ระดับคุณภาพหรือความเหมาะสมในเรื่องนั้นๆ มากที่สุด

	คุณสมบัติของเครื่อง	ระดับคุณภาพที่ท่านรู้สึกว่าได้รับจากเครื่องของบริษัท Innova	ระดับคุณภาพที่ท่านคาดหวัง	ระดับคุณภาพที่ท่านรู้สึกว่าได้รับจากเครื่องของบริษัทอื่น
ความสามารถเครื่อง	ความหลากหลายของการใช้งาน (ดูดอากาศ, เติมอากาศ, ดูดอากาศแล้วเติมอากาศทันที, การเติมอากาศหลายชนิด (MAP))			
	ความสามารถในการพ่นในแนวอื่นๆ เช่น แนวตั้งหรือแนวนอน			
อุปกรณ์	ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์			
	ความทนทานของอุปกรณ์			
ขนาดเครื่อง	ความสูงของเครื่อง			
	ความกว้างของเครื่อง			
	ความยาวของปากพ่น			
การใช้งาน	การมองเห็นในการใช้งาน			
	ลักษณะท่าทางในการใช้งาน			
	ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะพ่น			
ความปลอดภัย	ความปลอดภัยขณะใช้งาน(ขณะปากพ่นเคลื่อนที่)			
	ความร้อนในระหว่างใช้งานในส่วนอื่นสูง			
	ไฟฟ้ารั่ว ดูด			
การพ่น	การรั่วซึมบริเวณรอยพ่น			
	รอยพ่นประณีต (รอยยับบริเวณรอยพ่น)			
	ขนาดความเหมาะสมของรอยพ่น			
	ลักษณะของรอยพ่น			

	คุณสมบัติของเครื่อง	ระดับคุณภาพที่ ท่านรู้สึกว่าได้รับ จากเครื่องของ บริษัท Innova	ระดับคุณภาพ ที่ท่าน คาดหวัง	ระดับคุณภาพที่ ท่านรู้สึก ว่าได้รับจากเครื่อง ของบริษัทอื่น
การบำรุงรักษา	ความง่ายในการทำความสะอาดเครื่อง			
	ความง่ายในการปรับตั้งและเปลี่ยนชิ้นส่วน			
อื่นๆ	ความสวยงามภายนอก			

9. ปัญหาที่เกิดจากการใช้เครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สที่ท่านใช้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

10. อันตรายและอุบัติเหตุที่เกิดจากการใช้เครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สที่ท่านใช้มีหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

11. ความสะดวกสบายในการใช้งานเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

12. ลักษณะหรือคุณสมบัติของเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สที่ท่านคิดว่าควรมีการปรับปรุงเพื่อให้ตรงกับความต้องการของท่าน

.....

.....

.....

.....

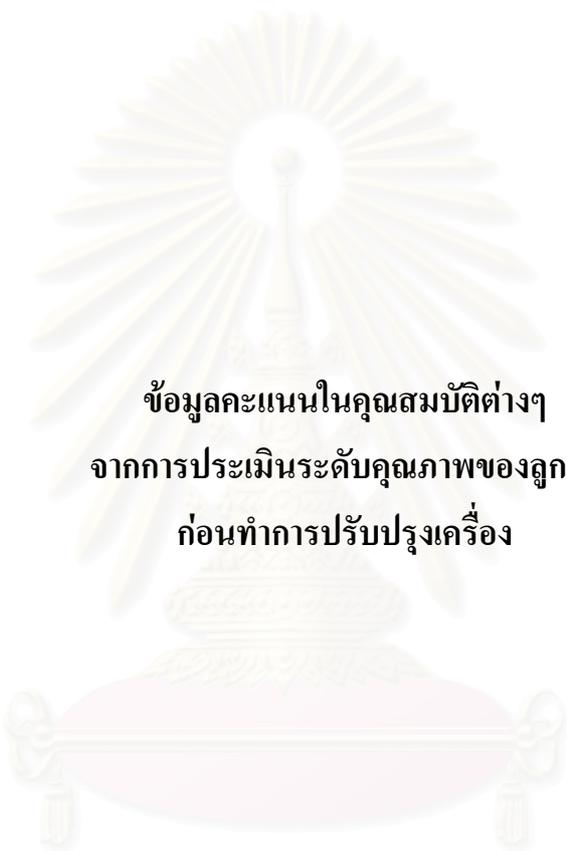
13. การตัดสินใจซื้อเครื่องพ่นกึ่งสูญญากาศและเติมแก๊ส ท่านหาข้อมูลมาจากแหล่งใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () คนรู้จัก
- () งานแสดงเครื่องจักร
- () ตัวแทนจำหน่าย
- () นิตยสาร ชื่อ.....
- () อินเทอร์เน็ต
- () อื่นๆ.....

*****ขอขอบพระคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถามครับ*****



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ข้อมูลคะแนนในคุณสมบัติต่างๆ
จากการประเมินระดับคุณภาพของลูกค้า
ก่อนทำการปรับปรุงเครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพ
ของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถาม (Questionnaire)

แบบสอบถามนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อแบบของเครื่องฝึกสูญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนา โดยนำข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้งานมาทำการปรับปรุงเครื่องฝึกสูญญากาศและเติมแก๊สให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้

1. กรุณาเติมหมายเลข 1-10 แสดงระดับคุณภาพของเครื่องฝึกสูญญากาศและเติมแก๊ส

โดยที่ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพหรือความเหมาะสมในเรื่องนั้นๆ น้อยที่สุด

10 หมายถึง ระดับคุณภาพหรือความเหมาะสมในเรื่องนั้นๆ มากที่สุด

	คุณสมบัติของเครื่อง	ระดับคุณภาพที่ท่าน รู้สึกว่าได้รับจากเครื่อง ของบริษัท Innova	ระดับคุณภาพที่ ท่านรู้สึกว่าได้รับ จากเครื่องที่พัฒนา
ความสามารถเครื่อง	ความหลากหลายของการใช้งาน (ดูดอากาศ, เติมอากาศ, ดูดอากาศแล้วเติมอากาศ ทันที, การเติมอากาศหลายชนิด (MAP))		
	ความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ เช่น แนวตั้ง หรือแนวนอน		
อุปกรณ์	ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์		
	ความทนทานของอุปกรณ์		
ขนาดเครื่อง	ความสูงของเครื่อง		
	ความกว้างของเครื่อง		
	ความยาวของปากฝึก		
การใช้งาน	การมองเห็นในการใช้งาน		
	ลักษณะท่าทางในการใช้งาน		
	ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึก		
ความปลอดภัย	ความปลอดภัยขณะใช้งาน(ขณะปากฝึกเคลื่อนที่)		
	ความร้อนในระหว่างใช้งานในส่วนอื่นสูง		
	ไฟฟ้ารั่ว ดูด		

	คุณสมบัติของเครื่อง	ระดับคุณภาพที่ท่านรู้สึก ว่าได้รับจากเครื่องของ บริษัท Innova	ระดับคุณภาพที่ท่าน รู้สึกว่าได้รับจาก เครื่องที่พัฒนา
การฉนึก	การร่วซึมบริเวณรอยฉนึก		
	รอยฉนึกประณีต (รอยยับบริเวณรอยฉนึก)		
	ขนาดความเหมาะสมของรอยฉนึก		
	ลักษณะของรอยฉนึก		
การบำรุงรักษา	ความ่ง่ายในการทำความสะดวกเครื่อง		
	ความ่ง่ายในการปรับตั้งและเปลี่ยนชิ้นส่วน		
อื่นๆ	ความสวยงามภายนอก		

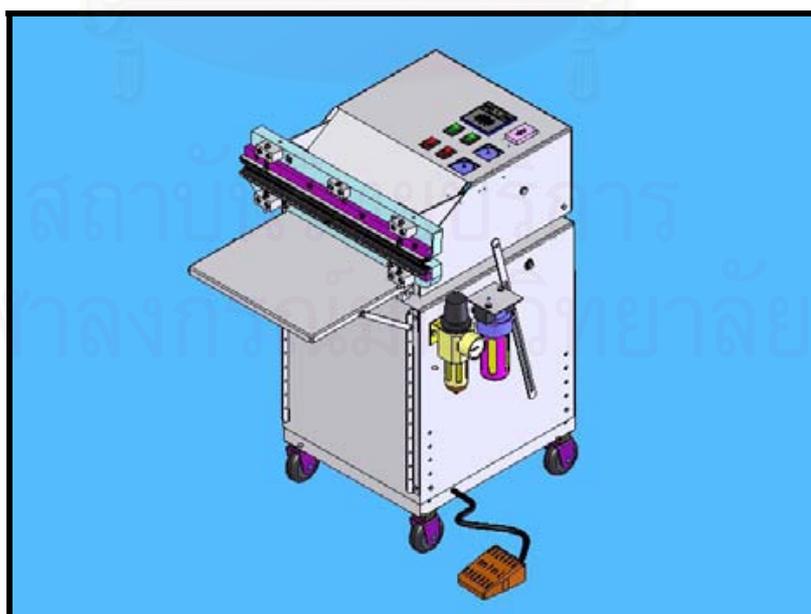
2. ปัญหาที่ท่านคิดว่าอาจจะเกิดขึ้นจากแบบเครื่องฉนึกสูญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนามีอะไรบ้าง

.....

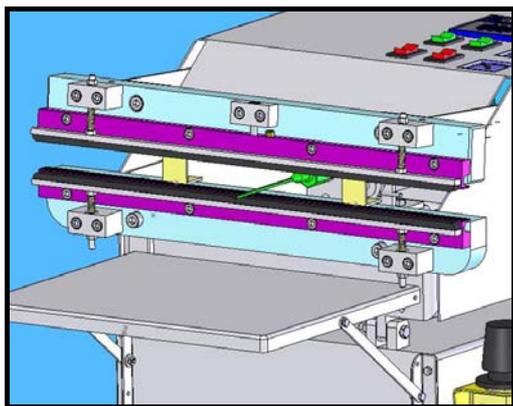
.....

.....

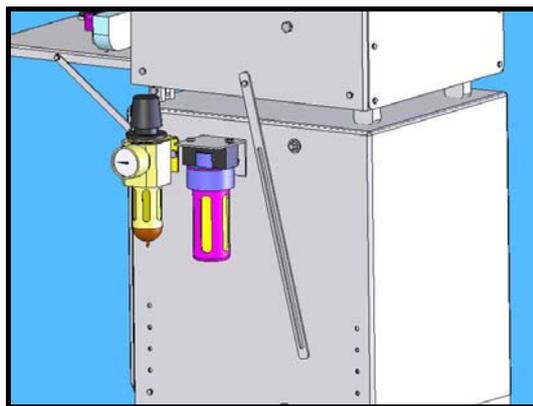
.....



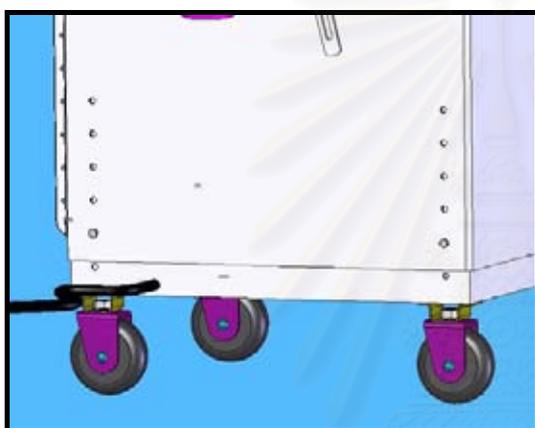
รูปที่ 1 เครื่องฉนึกสูญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนา



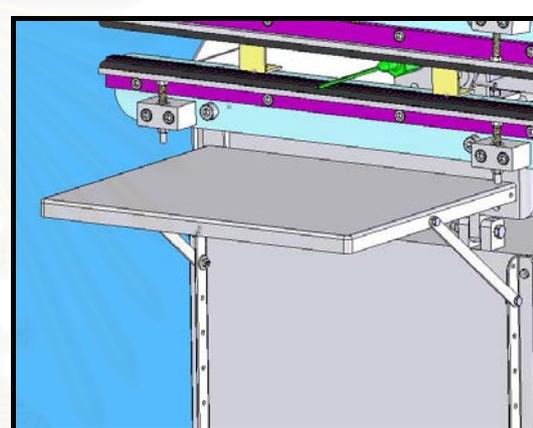
รูปที่ 2 แบบด้านหน้าเครื่อง



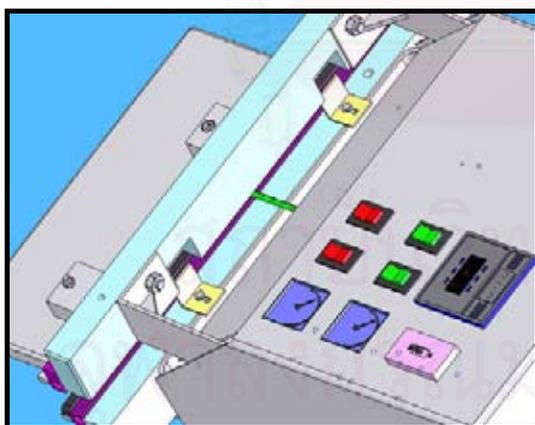
รูปที่ 3 แบบด้านข้างแสดงตัวช่วยปรับองศาการพนัก



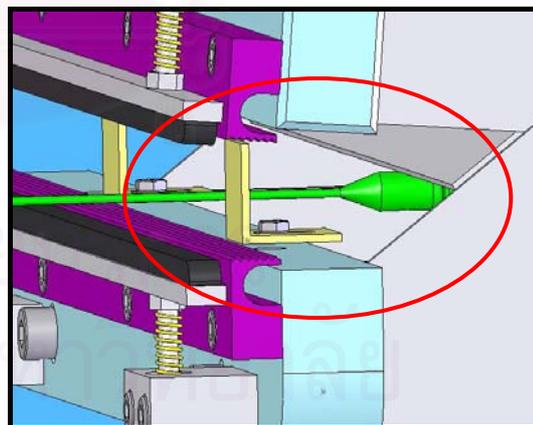
รูปที่ 4 แสดงส่วนของการปรับความสูง



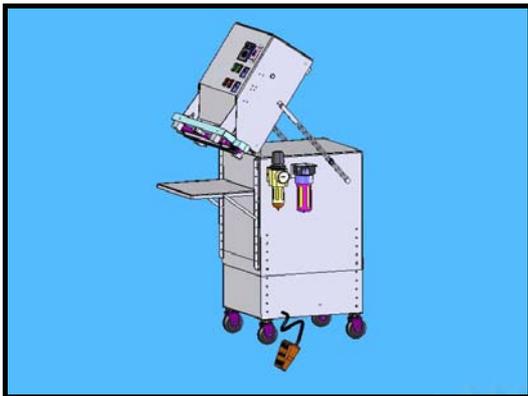
รูปที่ 5 แสดงถาดรองรับผลิตภัณฑ์



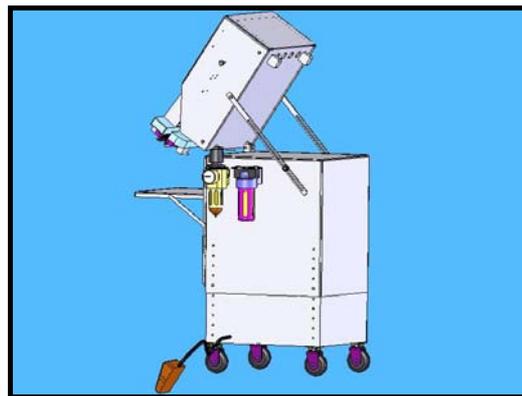
รูปที่ 6 แสดงแผงควบคุมด้านบน



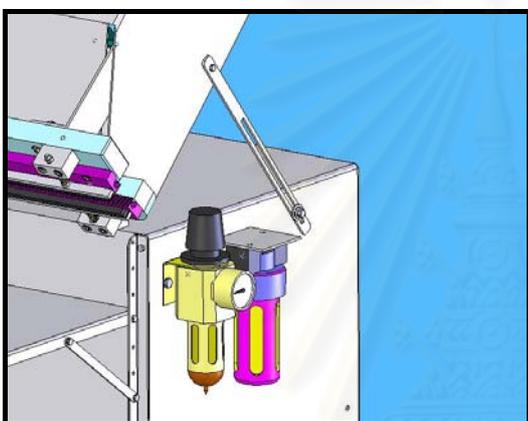
รูปที่ 7 ตัวช่วยกำหนดขนาดการพนัก



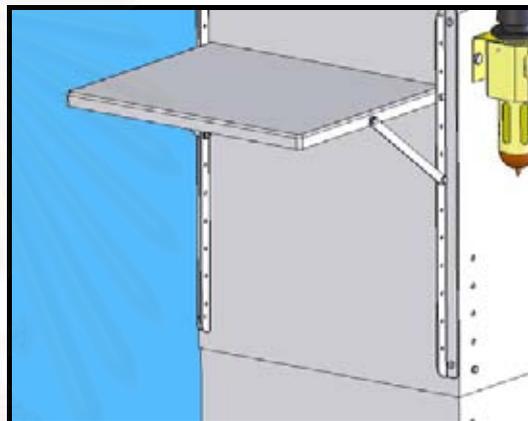
รูปที่ 8 แสดงการปรับองศาการพนัก



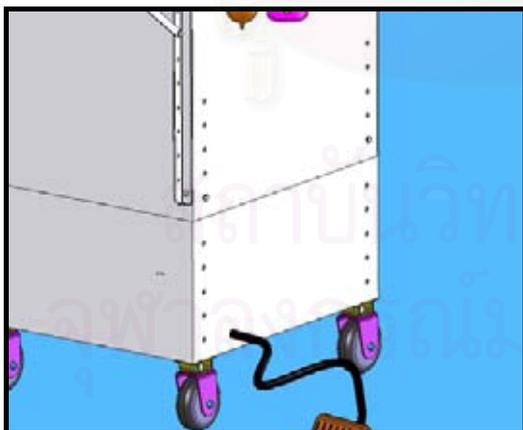
รูปที่ 9 แสดงด้านหลังเครื่อง



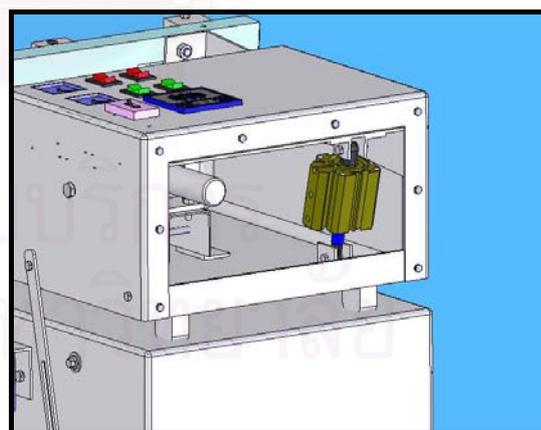
รูปที่ 10 แสดงการปรับองศาการพนัก



รูปที่ 11 แสดงการปรับความสูงถาด

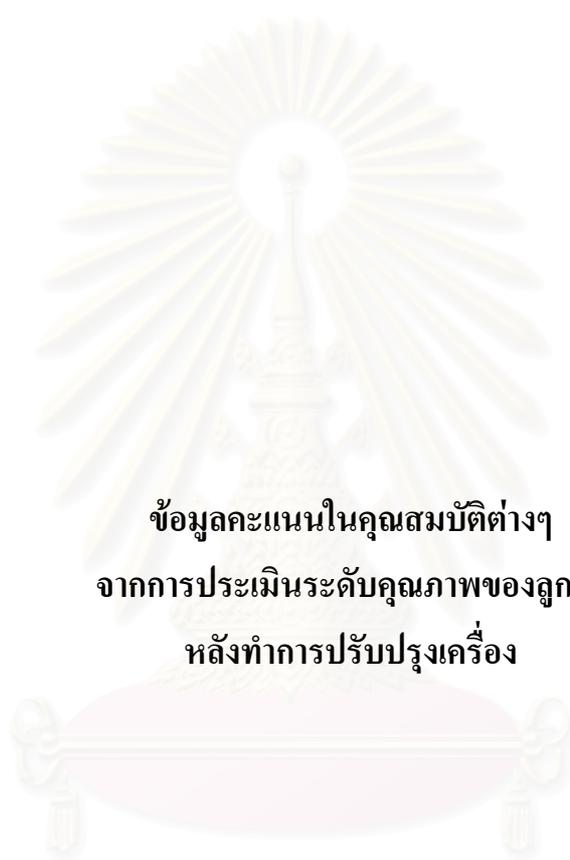


รูปที่ 12 แสดงการปรับความสูงเครื่อง



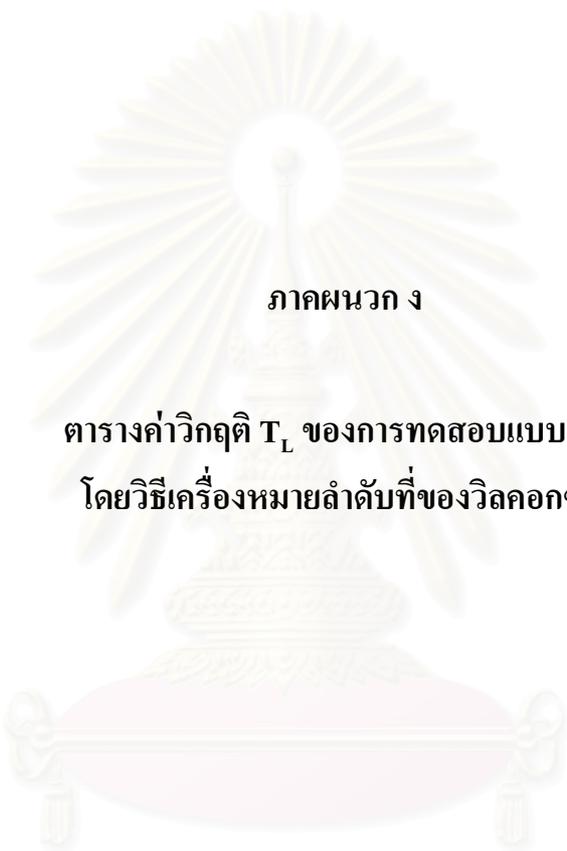
รูปที่ 13 แสดงช่องสำหรับทำความสะอาดและบำรุงรักษา

*****ขอขอบพระคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถามครับ*****



ข้อมูลคะแนนในคุณสมบัติต่างๆ
จากการประเมินระดับคุณภาพของลูกค้า
หลังทำการปรับปรุงเครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ตารางค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่
โดยวิธีเครื่องหมายลำดับที่ของวิลคอกซัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ค่าวิกฤติ T_L ของการทดสอบแบบจับคู่ โดยวิธีเครื่องหมายลำดับที่ของวิลคอกซัน
Critical Values of T_L in the Wilcoxon Signed Rank Sum Test for the Matched Pairs Experiment

n	P(T≤T _L)=.05				n	P(T≤T _L)=.05			
	T _L	T _L	T _L	T _L		T _L	T _L	T _L	T _L
5	1	-	-	-	28	130	117	102	92
6	2	1	-	-	29	141	127	111	100
7	4	2	0	-	30	152	137	120	109
8	6	4	2	0	31	163	148	130	118
9	8	6	3	2	32	175	159	151	128
10	11	8	5	3	33	188	171	151	138
11	14	11	7	5	34	201	183	162	149
12	17	14	10	7	35	214	195	174	160
13	21	17	13	10	36	228	208	186	171
14	26	21	16	13	37	242	222	198	183
15	30	25	20	16	38	256	235	211	195
16	36	30	24	19	39	271	250	224	208
17	41	35	28	23	40	287	264	238	221
18	47	40	33	28	41	303	279	252	234
19	54	46	38	32	42	319	295	267	248
20	60	52	43	37	43	336	311	281	262
21	68	59	49	43	44	353	327	297	277
22	75	66	56	49	45	371	344	313	292
23	83	73	62	55	46	389	361	329	307
24	92	81	69	61	47	408	379	345	323
25	101	90	77	68	48	427	397	362	339
26	110	98	85	76	49	446	415	380	356
27	120	107	93	84	50	466	434	398	373

Source : Form F.Wilcoxon and R.A.Wilcox, "Some Rapid Approximate Statistical Procedures" (1964), p.28.

Reproduced with the permission of American Cyanamid Company.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายรัชชัย โยมญาติ เกิดเมื่อวันอังคารที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดจันทบุรี เป็นบุตรชายคนแรกของ นายทวี และ นางบุญธรรม โยมญาติ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี และได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในปี พ.ศ. 2544 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2546



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย