การปรับปรุงคุณภาพในการประกอบและการปรับปรุงการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

นายธวัชชัย โยมญาติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Mr. Thawatchai Yomyart

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

491628

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพในการประกอบและการปรับปรุงการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส
โดย	นายธวัชชัย โยมญาติ
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)

ธวัชชัย โยมญาติ : การปรับปรุงคุณภาพในการประกอบและการปรับปรุงการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส.(QUALITY IMPROVEMENT OF ASSEMBLY PROCESS AND DESIGN IMPROVEMENT OF A VACUUM AND GAS FLUSHING SEAL)
อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ , 244 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบ สร้างแผนคุณภาพที่ใช้ในการป้องกันปัญหาที่เกิดจากกระบวนการประกอบ และปรับปรุงกระบวนการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สให้ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันในตลาดได้ โดยการปรับปรุงกระบวนการประกอบนั้นจะเริ่มจากการรวบรวมปัญหาจากการประกอบ ค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis ทำการแก้ปัญหาจากสาเหตุด้วยวิธีต่างๆ และสร้างแผนคุณภาพเพื่อใช้ในกระบวนการประกอบ โดยหลังจากมีการแก้ปัญหาจากการประกอบ ผู้ประกอบเครื่องสามารถทำการประกอบได้ง่าย รวดเร็วขึ้น และไม่พบข้อผิดพลาดจากการประกอบ

สำหรับการปรับปรุงการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สนั้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอหลักการในการปรับปรุงการออกแบบ โดยเริ่มจากสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพที่ลูกค้าคาดหวังและระดับคุณภาพที่ลูกค้าได้รับจากเครื่องแบบปัจจุบันในแต่ละคุณสมบัติเครื่อง แล้วประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพเพื่อค้นหาคุณสมบัติของเครื่องที่ควรได้รับการปรับปรุง โดยเลือกจากอัตราส่วนสูงๆ ระหว่างระดับคุณภาพที่ลูกค้าคาดหวังกับระดับคุณภาพที่ลูกค้าได้รับ และคุณสมบัติของเครื่องที่มีความสามารถในการแข่งขันต่ำ หลังจากนั้นทำการเลือกชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการปรับปรุง แล้วสร้างแนวทางในการปรับปรุงเครื่องในแต่ละคุณสมบัติ และเลือกแนวทางโดยใช้ข้อกำหนดที่พัฒนาขึ้น แล้วจึงทำการสร้างแบบ หลังจากนั้นจะมีการทวนสอบแบบที่สร้างและปรับปรุงแบบอีกครั้ง สุดท้ายจะทำการสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของเครื่องที่พัฒนา ผลการปรับปรุงเครื่องโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติในแต่ละคุณสมบัติเครื่องที่พัฒนา พบว่ามีการพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 โดยระดับคุณภาพเฉลี่ยที่ลูกค้าได้รับคาดว่าจะเพิ่มขึ้น 29 เปอร์เซ็นต์

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....ธวัชชัย โยมญาติ.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา ..... 2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์.....

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 assembly 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.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ผศ.ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ ที่กรุณาให้ข้อแนะนำอันเป็นประโยชน์ ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามทุกท่าน ที่สละเวลาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงเพื่อนๆ ที่คอยติดตาม ให้กำลังใจเสมอมา และที่ขาดไม่ได้ คือ คุณสุพัฒนา ชินเดช ที่ช่วยงานต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

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

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ
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. ข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา 42
3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทกรณีศึกษา 42
3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ 48
3.3 ปัญหาเบื้องต้น 61

หน้า

บทที่

4. การแก้ปัญหาในการประกอบ 63
4.1 การเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ 63
4.2 การแก้ปัญหาการประกอบ 64
4.3 แผนคุณภาพสำหรับการประกอบ 85
4.4 สรุปผลการแก้ปัญหาในการประกอบ 99
5. การปรับปรุงกระบวนการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส 100
5.1 แนวคิดและขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส 100
5.2 การสร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน 102
5.3 การหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนา 108
5.4 การหาชิ้นส่วนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนา 118
5.5 การหาแนวคิดในการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส 122
5.6 การเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส 127
5.7 การสร้างแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สจากแนวคิดที่เลือก 131
5.8 การวิเคราะห์แบบและการปรับปรุงแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สจากข้อบกพร่อง 143
5.9 สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา 160
5.10 สรุปผลแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนา 161
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 173
6.1 สรุปผลการวิจัย 173
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย 198
6.3 ข้อเสนอแนะ 198

หน้า

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	Input / Output และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ ..	12
ตารางที่ 2.2	ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาใน FMEA	20
ตารางที่ 2.3	ระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากลักษณะบกพร่อง	21
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบการให้คะแนนโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่องระดับ1ถึง 10	22
ตารางที่ 2.5	ระดับคะแนนโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องจากกระบวนการควบคุมปัจจุบัน	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 รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการ	104
ตารางที่ 5.3	แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับในแต่ละคุณสมบัติ.....	107
ตารางที่ 5.4	Input / Output และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ ..	109
ตารางที่ 5.5	ตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง.....	112
ตารางที่ 5.6	เปรียบเทียบการวัดระดับคุณภาพโดยใช้วิธีความแตกต่างของคะแนนกับวิธีแบบอัตราส่วน.....	114
ตารางที่ 5.7	เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง.....	119
ตารางที่ 5.8	ตารางเปรียบเทียบแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในแต่ละคุณสมบัติ.....	129
ตารางที่ 5.9	การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด	146
ตารางที่ 5.10	แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการผนึกแนวอื่นๆ.....	163

หน้า

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 รอยผนึก 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	เครื่องผนึกแบบห้องสุญญากาศ	44
รูปที่ 3.3	แสดงเครื่องผนึกแบบสอดถุงเข้าลิ้นดูดอากาศ	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 ตั้งเวลาสำหรับดูดอากาศและเติมแก๊ส (ด้านขวา) และระยะเวลาให้ความร้อน (ด้านซ้าย)	52
รูปที่ 3.9	แสดงชุดควบคุมอุณหภูมิ	53
รูปที่ 3.10	แสดงระบบให้ความร้อน	53
รูปที่ 3.11	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส	54
รูปที่ 3.12	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	55
รูปที่ 3.13	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	56
รูปที่ 3.14	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส(ต่อ)	57
รูปที่ 3.15	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส(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	แสดงฝาบนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส	72
รูปที่ 4.4	แสดงภาพปากผนึกของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส	73
รูปที่ 4.5	แสดงภาพการรองแหวนเพื่อปรับปากผนึกให้ประกอบกันสนิท	74
รูปที่ 4.6	แสดงนอตของชุด Top Piston	75
รูปที่ 4.7	แสดงน้ำยาล็อคเกลียว	76
รูปที่ 4.8	แสดงภาพการประกอบหางปลาเข้ากับสายไฟไม่แน่น	76

หน้า

รูปที่ 4.9 แสดงคีมย้ำหางปลาและปอกสายไฟ 77
รูปที่ 4.10 แสดงภาพสายไฟที่อาจทำให้เกิดการลัดวงจร 78
รูปที่ 4.11 แสดงแผงอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับติดตั้งสายไฟ 79
รูปที่ 4.12 แสดงรูปการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์โดยหันหางปลาไปทางเดียวกัน 80
รูปที่ 4.13 แสดงการประกอบหางปลาเข้ากับอุปกรณ์โดยหันหลังชนกัน 81
รูปที่ 4.14 แสดงการหลุดของปลาแบบเสียบที่ติดตั้งกับสวิทซ์ไฟ 81
รูปที่ 4.15 แสดงการใช้คีมที่มีขนาดไม่เหมาะสมในการประกอบหางปลาแบบเสียบ 82
รูปที่ 4.16 แสดงคีมที่เหมาะสมในการประกอบหางปลาแบบเสียบ 83
รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม 118
รูปที่ 5.2 แสดงจุดหมุนในการปรับองศาปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด 131
รูปที่ 5.3 แสดงตัวช่วยในการปรับองศาปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด 132
รูปที่ 5.4 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด 133
รูปที่ 5.5 แสดงการปรับความสูงของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด 133
รูปที่ 5.6 แสดงคานผนึกด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด 134
รูปที่ 5.7 แสดงฝาบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด 135
รูปที่ 5.8 แสดงช่องว่างระหว่างปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด 135
รูปที่ 5.9 แสดงถาดวางผลิตภัณฑ์ของแบบที่สร้างจากแนวคิด 136
รูปที่ 5.10 แสดงการปรับความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ ตัวช่วยค้ำยันและตัวช่วยปรับ ความสูงของแบบที่สร้างจากแนวคิด 137
รูปที่ 5.11 แสดงแบบเครื่องด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด 138
รูปที่ 5.12 แสดงตัวกำหนดระยะในการผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด 139
รูปที่ 5.13 แสดงปากผนึกด้านหลังของแบบที่สร้างจากแนวคิด 140
รูปที่ 5.14 แสดงปากผนึกด้านหน้าของแบบที่สร้างจากแนวคิด 140
รูปที่ 5.15 แสดงภาพด้านข้างของปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด 140
รูปที่ 5.16 แสดงภาพเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด 141
รูปที่ 5.17 แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด 142
รูปที่ 5.18 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้าง จากแนวคิด 142

หน้า

รูปที่ 5.19 แสดงภาพด้านบนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด 143
รูปที่ 5.20 แสดงภาพฝาบนก่อนทำการปรับปรุงแบบก่อนการวิเคราะห์แบบ 149
รูปที่ 5.21 แสดงรูปฝาครอบด้านบนจากการปรับปรุงแบบหลังการวิเคราะห์แบบ 149
รูปที่ 5.22 แสดงช่องด้านหลังเพื่อใช้แก้ข้อบกพร่องในการประกอบและการบำรุงรักษาหลังการปรับปรุงแบบจากการวิเคราะห์แบบ 150
รูปที่ 5.23 แสดงข้อบกพร่องของตัวช่วยปรับระดับความสูงถาดก่อนการวิเคราะห์แบบ 151
รูปที่ 5.24 แสดงข้อบกพร่องเรื่องความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ก่อนการวิเคราะห์แบบ 152
รูปที่ 5.25 แสดงภาพด้านข้างการปรับปรุงแบบถาดในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ 152
รูปที่ 5.26 แสดงการปรับปรุงแบบถาดในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ 153
รูปที่ 5.27 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัยของตู้ส่วนบนก่อนการวิเคราะห์แบบ 153
รูปที่ 5.28 แสดงการปรับปรุงตู้ส่วนบนในข้อบกพร่องเรื่องความปลอดภัยหลังการวิเคราะห์แบบ 154
รูปที่ 5.29 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานผนึกก่อนการวิเคราะห์แบบ 155
รูปที่ 5.30 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานผนึกหลังการวิเคราะห์แบบ 155
รูปที่ 5.31 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการผนึกก่อนการวิเคราะห์แบบ 156
รูปที่ 5.32 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการผนึกหลังการวิเคราะห์แบบ 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 แสดงภาพเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด 184

หน้า

รูปที่ 6.3 แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด 185
รูปที่ 6.4 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด 185
รูปที่ 6.5 แสดงภาพด้านบนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด 186
รูปที่ 6.6 แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ 193
รูปที่ 6.7 แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ 193
รูปที่ 6.8 แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ ... 194
รูปที่ 6.9 แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ 194
รูปที่ 6.10 แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ 195