พิมพ์ครั้งที่ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การปรับปรุงกระบวนการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

จากสภาพการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันและส่วนแบ่งตลาดของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งอยู่ในลำดับท้าย อันเนื่องมาจากบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทใหม่และเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของบริษัทยังไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้าเท่าที่ควรอีกทั้งความสามารถและประสิทธิภาพเครื่องที่มีความจำเป็นต่อลูกค้ายังไม่ตอบสนองการใช้งานของลูกค้า รวมไปถึงยังขาดความสามารถบางอย่างของเครื่องไป ดังนั้นจึงควรปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สเพื่อให้ได้เครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่มีคุณภาพและตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้งานในปัจจุบันและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้เป็นอย่างดี

5.1 แนวคิดและขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

การพัฒนาเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สเดิมให้มีคุณภาพหรือประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งอื่นๆในตลาดได้ โดยจะนำเครื่องมือ และหลักการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการพัฒนาเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สนี้ และจัดทำขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรอื่นๆ ที่มีลักษณะของเครื่องจักรที่คล้ายคลึงกับเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สนี้ และต้องการที่จะเลือกปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรนั้นๆ เฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ โดยยังคงพื้นฐานเดิมของเครื่องไว้ ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สดังนี้

1. สร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในเครื่องแบบปัจจุบัน เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ที่ลูกค้าคาดหวัง เพื่อจะนำข้อมูลคะแนนระดับคุณภาพทั้งสองนี้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2. หาคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาโดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ ซึ่งคะแนนที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้มาจากคะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ จาก

ลูกค้า และคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของคู่แข่ง มาใช้ในการพิจารณาเลือกคุณสมบัติที่ควรได้รับการพัฒนา

3. หาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนากับชิ้นส่วนของเครื่องทั้งหมด โดยความสัมพันธ์นี้เป็นความสัมพันธ์ที่ชี้ให้เห็นว่าชิ้นส่วนใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ แล้วทำการเลือกชิ้นส่วนเหล่านั้นมาทำการพัฒนาปรับปรุง

4. หาแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการต่างๆ ในการพัฒนาเครื่องจากคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่เลือกมา กับชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเข้ามาช่วยหาแนวคิดในการพัฒนา ซึ่งจะได้แนวคิดต่างๆในการพัฒนาหรือปรับปรุงชิ้นส่วนในคุณสมบัติด้านต่างๆ

5. เลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องจากแนวคิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านเดียวกัน โดยมีการให้คะแนนตัววัดความสามารถหรือประสิทธิภาพที่ถูกสร้างขึ้น สรุปคะแนนรวม โดยคะแนนสูงสุดของแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติจะถูกเลือกมาใช้เพื่อสร้างแบบจากแนวคิด

6. สร้างแบบจากแนวคิดที่เลือก เพื่อให้เห็นภาพหรือแบบของแนวคิดที่ถูกเลือกมาในแต่ละคุณสมบัติ และนำแบบของแนวคิดเหล่านั้นมาประกอบกันจนเป็นแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่สมบูรณ์

7. วิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง เพื่อทบทวนว่ายังพบข้อบกพร่องจากแบบที่สร้างอีกหรือไม่ โดยมองในมุมมองหรือหัวข้อที่ควรได้รับการปรับปรุงในแบบที่สร้าง มีการพิจารณาวิเคราะห์แบบในชิ้นส่วนที่มีการปรับปรุงในมุมมองด้านต่างๆ ถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ผลกระทบที่ได้รับ และแนวทางในการแก้ไข จากชิ้นส่วนนั้นๆ แล้วทำการปรับปรุงแบบจากแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในมุมมองต่างๆ

8. สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในแบบเครื่องที่พัฒนา เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าหรือผู้ใช้งานในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าหรือผู้ใช้งานทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง

9. สรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนา โดยใช้การทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง โดยงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบทางสถิติแบบ

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

5.2 การสร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในเครื่องแบบปัจจุบัน

มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ที่ลูกค้าคาดหวัง ซึ่งในขั้นตอนสร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนดังนี้

5.2.1 การสร้างแบบสอบถามระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน

การสร้างแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในหัวข้อต่างๆ รวมถึงข้อมูลที่มีความสำคัญต่อโรงงานนอกจากเรื่องคุณสมบัติของเครื่อง โดยจะนำข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานต่อไป ผู้วิจัยได้จัดการประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการสร้างแบบสอบถามเบื้องต้นก่อนจะทำไปใช้ในการสอบถามลูกค้า ซึ่งผู้เข้าร่วมในการประชุมสร้างแบบสอบถาม เป็นผู้ที่มีประสบการณ์จากการประกอบเครื่อง การซ่อมเครื่อง และจากที่เคยได้ข้อแนะนำจากลูกค้ามาเบื้องต้น เพื่อให้ได้แบบสอบถามที่นำมาซึ่งข้อมูลที่ตรงกับวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ยังนำบางหัวข้อของแหล่งข้อมูลและความเป็นไปได้ของความต้องการลูกค้า (Abd. Rahman,Abdul Rahim and Mohd. Shariff Nabi Baksh,2003) ที่มีความเหมาะสมกับเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สมาประยุกต์รวมเข้าไปด้วยเพื่อให้ได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้สร้างแบบสอบถามเบื้องต้นแล้วก็ได้มีการทดลองใช้กับพนักงานและผู้ใช้งานเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส 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(- -)
การควบคุมสถานการณ์ในการตอบแบบสอบถาม	ดี (+)	ต่ำ (ไม่สามารถรู้ได้ว่าคนนั้นเป็นผู้ตอบแบบสอบถามเองหรือไม่)(-)	ดีมาก (+ +)
การตรงตามวัตถุประสงค์ของผลลัพธ์	เป็นปัญหา(อิทธิพลจากผู้สัมภาษณ์)(-)	สูง (+ +)	เป็นปัญหามาก (อิทธิพลจากผู้สัมภาษณ์)(-)
ความจำเป็นของการช่วยเมื่อทำการสำรวจ	ต้องมีการช่วย(- -)	ไม่จำเป็นต้องมีการช่วย (+ +)	ต้องมีการช่วย (- -)

ที่มา : Homburge and Rudolph ,1995

ตารางที่ 5.2 วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจจากลูกค้า รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการ

วิธีการรวบรวมข้อมูล	ข้อดี	ข้อเสีย
1. การสัมภาษณ์ด้วยตนเองโดยใช้แบบสอบถาม (Face-to-face Interview)	1. ผู้สัมภาษณ์ทุกคนจะใช้คำถามตามข้อความที่เขียนเรียงไปตามลำดับอย่าง มีระบบเหมือนกันหมด 2. การทำวิจัยจะใช้ผู้สัมภาษณ์จำนวนมากได้ 3. ผู้สัมภาษณ์อาจจะไม่เก่งมากในด้านการสนทนาหรือการสื่อข้อความเพราะคำถามทุกอย่างได้มีการเตรียมไว้ให้เรียบร้อยแล้ว 4. ผู้ให้สัมภาษณ์และผู้สัมภาษณ์มีโอกาสพบปะสนทนากัน ทำให้ทั้งสองฝ่าย เกิดความเข้าใจและไว้วางใจกัน ซึ่งทำให้ได้รับคำตอบที่ตรงไปตรงมา	1. การเข้าถึงตัวผู้สัมภาษณ์ทำได้ยาก 2. เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก 3. ผู้สัมภาษณ์มีโอกาสบิดเบือนความจริงได้มาก
2. การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ (Telephone Interview)	1. มีความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าสัมภาษณ์ด้วยตัวเอง 2. ขจัดปัญหาการเข้าถึงตัวผู้ให้สัมภาษณ์ 3. สามารถถามคำถามที่ไวต่อความรู้สึกได้ 4. ได้รับคำตอบที่ตรงมากกว่าเนื่องจากการไม่เห็นตัวผู้สัมภาษณ์	1. การปฏิเสธจากผู้ให้สัมภาษณ์ทำได้ง่าย 2. ไม่สามารถถามคำถามที่ใช้ภาพได้ 3. คำถามที่จะสัมภาษณ์มีมากไม่ได้
3. การสอบถามแบบกรอกเอง (Self-Administered Question)	1. ให้ผลดีต่อคำถามที่มีรูปภาพ 2. ถามคำถามที่ชัดเจนได้ กระจ่างเนื่องจากคำถามที่ใช้อาจยาวได้ 3. ได้รับความร่วมมือดี 4. มีโอกาสอธิบายคำถามที่สงสัย 5. เสียค่าใช้จ่ายในการจัดส่งแบบสอบถามน้อย	1. คำถามต้องได้รับการออกแบบเป็นอย่างดี 2. ไม่สามารถรู้ได้ว่าผู้กรอกแบบสอบถามมีความจริงใจแค่ไหน 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)	1. ได้ข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้ง สามารถเข้าไปในตัวแปรทางจิตวิทยา 2. การสนทนามีความเป็นกันเองจะช่วยให้สัมภาษณ์มีความสบายใจในการแสดงออก และให้ความเห็นอย่างตรงไปตรงมา	1. ใช้เวลามากในการสนทนา 2. ผู้ให้สัมภาษณ์จะต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ 3. การจับประเด็นในการสนทนาเพื่อทำการวิเคราะห์ทำได้ยาก
6. การเก็บข้อมูลต่อเนื่องระยะยาว (Panel)	1. สามารถมองเห็นภาพพฤติกรรมของผู้บริโภคและภาวะการเปลี่ยนแปลงของตลาดต่อเนื่องโดยตลอด	1. เวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งต้องมีความแน่นอน ซึ่งผู้วิจัยอาจหลงลืมวันที่แน่นอน ทำให้ผลการวิจัยออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

ที่มา : อัจฉราวดี แก้ววรรณคดี, 2545

แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการเดินทางเข้าไปสัมภาษณ์จากผู้ใช้งานได้โดยตรงเพราะผู้ใช้งานเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สกระจายตัวอยู่ทุกๆ ภาคของประเทศไทย และปัญหาเรื่องความถูกต้องของข้อมูลที่อยู่ของลูกค้า การเก็บข้อมูลลูกค้าเก่า รวมถึงต้องการความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายน้อย จึงได้เลือกวิธีการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เป็นหลัก รวมกับวิธีการสัมภาษณ์โดยตรงเท่าที่สามารถจะทำได้ และการส่งแบบสอบถามทางอีเมลล์เพื่อเพิ่มช่องทางในการสัมภาษณ์และความสะดวกให้กับผู้รับการสัมภาษณ์อีกทางหนึ่ง

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

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

โดย n = จำนวนขนาดตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

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

= $\left|\bar{x} - \mu\right|$

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรซึ่งได้จากข้อมูลในอดีตแต่ถ้าไม่ทราบค่า σ และจะสามารถใช้ค่า S ซึ่งสามารถคำนวณได้จากตัวอย่างแทน

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

สำหรับค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนสำหรับงานวิจัยมีดังนี้

n = 11

N = 50

σ = S = เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของเครื่องที่มาจากคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับจากเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สเนื่องจากให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่ได้รับมากกว่าคะแนนระดับคุณภาพที่คาดหวัง

= 0.91

Z ประมาณโดยค่า 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(ดูดอากาศ, เติมอากาศ, ดูดอากาศแล้วเติมอากาศทันที, การเติมอากาศหลายชนิด (MAP))	9	8	7	8	9	9	9	8	9	8	6	0.98
	2. ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ 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. ความยาวของปากผนึก	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. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก	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
การผนึก	14. การรั่วซึมบริเวณรอยผนึก	9	7	9	9	9	10	8	9	9	8	4	1.62
	15. รอยผนึกประณีต (รอยยับบริเวณรอยผนึก)	9	7	8	9	8	9	8	8	8	7	6	0.94
	16. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก	9	9	6	7	8	8	8	9	9	7	8	1.00
	17. ลักษณะของรอยผนึก	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 การหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนา

ข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้จากลูกค้าหรือผู้ใช้งานเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในหัวข้อ 5.2 ซึ่งแบ่งคำถามออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันนั้น ส่วนที่เป็นคำถามเพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าโดยทั่วไป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในเรื่องการตลาดและการขายนั้นจะไม่นำมาวิเคราะห์ในส่วนนี้ แต่จะนำคำถามที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่อง การใช้งาน ปัญหาจากการใช้งาน ความปลอดภัยและอันตรายที่เกิดขึ้นรวมไปถึงลักษณะของเครื่องที่ควรทำการปรับปรุง มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นประเด็นต่างๆ ที่ควรนำมาปรับปรุงหรือสร้างขึ้นใหม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าในปัจจุบัน

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เห็นจุดหรือส่วนที่ควรปรับปรุงเครื่องเป็นส่วนแรกๆ หรือให้เห็นถึงสิ่งที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานมีความต้องการสูงๆ นั้นคือ เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (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

แต่หากมองการใช้งานกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายนั้น กว่าจะได้ชิ้นส่วนหรือลักษณะชิ้นส่วนหรือข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการแก้ไข ทำการปรับปรุงนั้น ค่อนข้างจะใช้เวลานาน ซึ่งต้องมีการแปลความต้องการของลูกค้าถึงสองครั้งจึงจะได้ชิ้นส่วนที่ต้องการแก้ไข โดยผ่านการแปลความต้องการของลูกค้าเป็นความต้องการทางเทคนิคหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ก่อน แล้วนำความต้องการทางเทคนิคหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มาแปลเปลี่ยนเป็นข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนอีกครั้งหนึ่ง ทำให้อาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายในทั้งเรื่องแนวคิดในการหาความต้องการทางเทคนิคหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุมเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในแต่ละเรื่อง การให้คะแนนความสัมพันธ์ ความบกพร่องในการมองชิ้นส่วนของตัวผลิตภัณฑ์ไม่ครอบคลุมทุกชิ้นส่วน เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงนำเพียงบางส่วนของเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้เท่านั้นเพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานวิจัยที่มีการกำหนดคุณสมบัติของเครื่องในการสอบถามที่ชัดเจนทำให้สามารถลดขั้นตอนการใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพลงได้หนึ่งขั้นตอน โดยจะทำการปรับปรุงการใช้งานตารางความสัมพันธ์กระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ เพื่อตัดความยุ่งยากในการแปลความต้องการในขั้นต่างๆ และความผิดพลาดที่อาจเกิดจากคนหรือผู้ใช้งานและอื่นๆ ข้างต้น ก่อนจะได้ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนที่ต้องการปรับปรุงแก้ไข โดยได้จัดทำตารางขึ้นมาใหม่เพื่อให้ทราบถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขซึ่งมาจากความต้องการของลูกค้าได้โดยตรง ซึ่งตารางที่จัดทำขึ้นใหม่นี้แบ่งออกเป็นสองตารางด้วยกัน คือ

1. ตารางเพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง
2. ตารางเพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง

โดยตารางที่ 5.5 เป็นตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง เป็นตารางที่ใช้ในการหาคุณสมบัติของเครื่องที่มาจากการประเมินของลูกค้า รวมกับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องของคู่แข่งซึ่งมีผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตควบคู่กันไป เพื่อให้เครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ตรงความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้เป็นอย่างดี

ซึ่งข้อมูลจากคำถามที่ใช้เป็นหลักนั้นมาจากคำถาม ข้อ 8 ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน) เป็นคำถามเพื่อวัดระดับคุณภาพในด้านต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความสามารถของเครื่อง อุปกรณ์ ขนาดเครื่อง การใช้งาน การผนึก เป็นต้น โดยให้ผู้รับการสอบถามทำการให้คะแนนในแต่ละหัวข้อโดยมีระดับคะแนน ตั้งแต่ 1 ถึง 10 ทำการให้คะแนนในเรื่องของระดับคุณภาพของเครื่องแบบปัจจุบัน ระดับคุณภาพของเครื่องที่คาดหวัง รวมไปถึงระดับคุณภาพที่ได้รับจากการใช้เครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของบริษัทอื่นๆ ส่วนคำถามข้ออื่นๆ เกี่ยวกับปัญหาจากการใช้งาน ความปลอดภัยและอันตรายที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจในการหาวิธีแก้ปัญหา รวมไปถึงใช้อธิบายประกอบหรือขยายความการให้คะแนนในการวัดระดับคุณภาพด้านต่างๆ ของเครื่องในคำถามข้อที่ 8 ด้วย

การหาคุณสมบัติเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่มีความสำคัญที่มาจากความต้องการของลูกค้าและประสิทธิภาพเครื่องของคู่แข่งเพื่อเป็นหัวข้อในการปรับปรุงเครื่องนั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.5 โดยในช่องต่างๆ ของตารางสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กลุ่มคุณสมบัติเครื่อง ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยความสามารถเครื่อง อุปกรณ์ ขนาดเครื่อง การใช้งาน ความปลอดภัย การผนึก การบำรุงรักษา และอื่นๆ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนำมาจากแบบสอบถามข้อ 8 ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบัน) โดยเป็นหัวข้อหลักของคุณสมบัติของเครื่อง
2. คุณสมบัติเครื่อง ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย
   - ความหลากหลายของการใช้งาน
   - ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ
   - ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์
   - ความทนทานของอุปกรณ์
   - ความสูงของเครื่อง

- ความกว้างของเครื่อง
- ความยาวของปากผนึก
- การมองเห็นในการใช้งาน
- ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก
- ความปลอดภัยขณะใช้งาน
- ความร้อนในระหว่างใช้งานส่วนอื่นสูง
- ไฟฟ้ารั่ว ดูด
- การรั่วซึมบริเวณรอยผนึก
- รอยผนึกประณีต
- ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก
- ความง่ายในการทำความสะอาดเครื่อง
- ความง่ายในการปรับตั้งและเปลี่ยนชิ้นส่วน
- ความสวยงามภายนอก
- อื่นๆ

ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ได้นำมาจากแบบสอบถามโดยเป็นคุณสมบัติของเครื่องที่ได้ทำการระดมความคิดโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่คิดว่ามีความสำคัญต่อข้อมูลในการพัฒนาเครื่องและเป็นคุณสมบัติที่มีผลต่อการใช้งานและความพึงพอใจของลูกค้า โดยคุณสมบัติเหล่านี้ได้ถูกจัดเป็นหมวดหมู่ ตามกลุ่มของคุณสมบัติของเครื่อง

ตารางที่ 5.5 ตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง

	คุณสมบัติเครื่อง	คะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม	บริษัทกรณีศึกษา	บริษัท1	บริษัท2	บริษัท3	บริษัท4	คะแนนความสำคัญที่แปลงค่า	Gap_{Max}	คะแนนความสำคัญรวม
ความสามารถเครื่อง	1. ความหลากหลายของการใช้งาน(ดูดอากาศ, เติมอากาศ, ดูดอากาศแล้วเติมอากาศทันที, การเติมอากาศหลายชนิด (MAP))	1.09	4	4	4	2	4	1.58	1.00	2.58
	2. ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ เช่น แนวตั้งหรือแนวนอน	1.44	1	4	1	1	4	5.00	4.00	9.00
อุปกรณ์	3. ความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์	1.20	4	4	4	4	4	2.68	1.00	3.68
	4. ความทนทานของอุปกรณ์	1.12	4	4	4	5	5	1.86	1.25	3.11
ขนาดเครื่อง	5. ความสูงของเครื่อง	1.35	3	3	5	5	5	4.12	1.66	5.79
	6. ความกว้างของเครื่อง	1.09	4	5	4	4	5	1.58	1.25	2.83
	7. ความยาวของปากผนึก	1.12	4	5	5	3	4	1.87	1.25	3.12
การใช้งาน	8. การมองเห็นในการใช้งาน	1.23	3	5	4	3	5	2.96	1.66	4.63
	9. ลักษณะท่าทางในการใช้งาน	1.30	3	3	5	5	5	3.65	1.66	5.31
	10.ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก	1.38	2	2	4	4	4	4.45	2.00	6.45
ความปลอดภัย	11. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	1.40	2	4	4	4	4	4.57	2.00	6.57
	12. ความร้อนในระหว่างใช้งานในส่วนอื่นสูง	1.20	4	4	4	4	4	2.68	1.00	3.68
	13. ไฟฟ้ารั่ว ดูด	1.10	4	5	5	4	5	1.67	1.25	2.92
การผนึก	14. การรั่วซึมบริเวณรอยผนึก	1.21	4	4	4	4	4	2.77	1.00	3.77
	15. รอยผนึกประณีต (รอยยับบริเวณรอยผนึก)	1.24	4	4	4	4	4	3.10	1.00	4.10
	16. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก	1.23	3	5	5	3	5	2.97	1.66	4.64
	17. ลักษณะของรอยผนึก	1.08	5	5	5	5	5	1.48	1.00	2.48
การบำรุงรักษา	18. ความง่ายในการทำความสะอาดเครื่อง	1.20	3	3	3	3	3	2.70	1.00	3.70
	19. ความง่ายในการปรับตั้งและเปลี่ยนชิ้นส่วน	1.03	4	4	4	2	4	1.00	1.00	2.00
อื่นๆ	20. ความสวยงามภายนอก	1.09	4	3	4	5	5	1.65	1.25	2.90
	อื่นๆ.....									

3. คะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม โดยทั่วไปการให้คะแนนความสำคัญของกระบวนการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพจะเป็นการให้คะแนนโดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านผลิตภัณฑ์ให้คะแนนในแต่ความต้องการของลูกค้า แต่เนื่องจากเป็นคะแนนที่มาจากทางผู้ผลิตหรือบริษัทเองทำให้คะแนนที่ได้ในแต่ละความต้องการของลูกค้าไม่ใช่คะแนนที่มาจากความต้องการของลูกค้าจริงๆ ดังนั้นจึงได้กำหนดการให้คะแนนความสำคัญดังแสดงในตารางที่ 5.5 นั้นเป็นคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่องที่มาจากแบบสอบถามซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้นั้นประกอบไปด้วยสองส่วนคือ

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

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนั้นหรือระดับคุณภาพจากทั้งสองแบบข้างต้น สามารถนำมาหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติเครื่องได้หลายวิธีด้วยกันโดยแนวความคิดมาจากเครื่องมือที่เรียกว่า เซิร์ฟควอล (SERVQUAL) ซึ่งเป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการวัดระดับคุณภาพของงานบริการเข้ามาประยุกต์ใช้ได้ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความแตกต่างระหว่างการรับรู้ถึงระดับคุณภาพของบริการของลูกค้ากับระดับความคาดหวังในการบริการ นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาในการหาคุณภาพของการบริการเพิ่มขึ้นในหลายรูปแบบ โดยการหาระดับคุณภาพของการบริการมีวิธีการคำนวณ เช่น

- การหาความแตกต่างแบบผลต่างระหว่างคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานคาดหวัง

จากสูตร 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 แสดงว่าคุณภาพของการบริการนั้นได้ถึงระดับที่คาดหวังไว้

นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอวิธีหาคะแนนในการวัดคุณภาพของการบริการอีกหลายวิธี โดย Teas (1993) ได้นำเสนอการวัดคุณภาพการบริการโดยหาความแตกต่างของค่าคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับค่าความเหมาะสมในอุดมคติ เป็นต้น

จากการวัดหาคุณภาพของการบริการด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดความแตกต่างโดยใช้อัตราส่วนระหว่างคะแนนของระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้กับระดับคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานคาดหวัง มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ เนื่องด้วยเหตุผลดังนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้คะแนนคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้อย่างเดียว พบว่าการใช้คะแนนคุณภาพที่ลูกค้าหรือผู้ใช้งานรับรู้อย่างเดียว 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 ทำให้ผลของการคำนวณที่ออกมานั้น ค่าที่มีค่ามากเป็นค่าที่แสดงว่าการบริการดีหรือการบริการค่อนข้างตรงกับความคาดหวังของลูกค้ามาก ส่วนค่าที่คำนวณออกมามีค่าน้อยๆ แสดงว่าการบริการยังไม่เพียงพอหรือยังไม่ตรงกับที่ลูกค้าคาดหวังหรือเป็นการบริการที่ควรทำการปรับปรุงนั่นเอง ซึ่งงานวิจัยนี้จำเป็นต้องทำการจัดเรียงความต้องการของลูกค้าในช่องคะแนนความสำคัญ โดยถ้าความต้องการของลูกค้าในเรื่องใดมีค่ามากหรือการตอบสนองความต้องการในด้านนั้นๆ ยังไม่ดีพอค่าคะแนนความสำคัญจะมีค่ามาก และถ้าความต้องการของลูกค้าในเรื่องใดมีค่าน้อยหรือการตอบสนองความต้องการในด้านนั้นๆ ค่อนข้างดี ค่าคะแนนที่ได้ก็จะต้องมีค่าคะแนนความสำคัญน้อยไปด้วย ซึ่งตรงกันข้ามกับการวัดความแตกต่างของคะแนนโดยใช้อัตราส่วน(P/E) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงสูตรในการคำนวณใหม่เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการมองหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรปรับปรุงแก้ไขซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สมีดังนี้

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

โดย E_{ij} = คะแนนระดับความคาดหวังของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

P_{ij} = คะแนนระดับการรับรู้ของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

n_j = จำนวนของลูกค้า

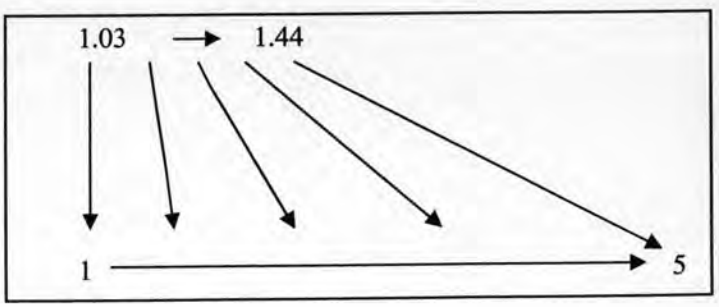
จากสูตรคะแนนความสำคัญดังกล่าว หากค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าคุณสมบัติของเครื่องในปัจจุบันยังไม่ตรงกับความคาดหวังของลูกค้าหรือกล่าวได้ว่าคุณสมบัติของเครื่องควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขหรือควรได้รับการพัฒนา โดยค่าของคะแนนนั้นค่ายิ่งมากแสดงว่าความแตกต่างระหว่างคะแนนความคาดหวังกับคะแนนของคุณสมบัติเครื่องในปัจจุบันนั้นมีค่า

ต่างกันมากตามไปด้วยและควรได้รับการพัฒนาหรือแก้ไขเป็นอันดับแรกๆ หากค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า คุณสมบัติเครื่องด้านนั้นมีคุณภาพหรือประสิทธิภาพเกินกว่าความคาดหวังของลูกค้า หากค่าจากการคำนวณเท่ากับ 1 แสดงว่าคุณสมบัติของเครื่องด้านนั้นในปัจจุบันตรงกับความคาดหวังของลูกค้าหรือตรงกับความต้องการของลูกค้าแล้ว โดยจะใช้สูตรนี้คำนวณหาคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติของเครื่องดังแสดงได้ในตารางที่ 5.6

4. บริษัทกรณีศึกษา ช่องนี้เป็นช่องที่ใส่คะแนนความสามารถเครื่องในด้านต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนที่ได้มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สภายในบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนที่ใส่ในช่องนี้ มีคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนนน้อยแสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ ต่ำ ส่วนคะแนนมาก แสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ สูง

5. บริษัท 1 บริษัท 2 บริษัท 3 บริษัท 4 เป็นช่องของการใส่คะแนนความสามารถของเครื่องในด้านต่างๆ ของบริษัทคู่แข่งทั้ง 4 บริษัท โดยคะแนนที่ได้มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สภายในบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนที่ใส่ในช่องนี้ มีคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนนน้อย แสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆ ต่ำ ส่วนคะแนนมาก แสดงถึงความสามารถในด้านนั้นๆสูง

6. คะแนนความสำคัญที่แปลงค่า เป็นการแปลงคะแนนความสำคัญจากแบบสอบถามเพื่อให้เหมาะสมในการวิจัย ซึ่งคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม มีผลกระทบต่องานวิจัยเพราะต้องนำไปใช้รวมกับคะแนนความสามารถเครื่องที่มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในบริษัทกรณีศึกษา และบริษัทคู่แข่งอื่นๆ โดยคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามนั้นมีช่วงคะแนนที่ค่อนข้างแคบและน้อยกว่าคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่งอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นถ้าจะนำคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม มาใช้นั้นย่อมมีผลต่องานวิจัยอย่างแน่นอน จึงได้จัดทำการแปลงคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม เป็นคะแนนความสำคัญที่แปลงค่าเพื่อให้เหมาะสมต่องานวิจัยนี้ โดยเมื่อนำไปใช้กับคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่ง ซึ่งจะทำการแปลงคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม ให้มีคะแนนในช่วง 1-5 เช่นเดียวกับคะแนนที่ใช้ประเมินในด้านคู่แข่ง โดยคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามที่มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 1.03 ส่วนที่มีค่ามากสุดเท่ากับ 1.44



โดยมีสูตรการแปลงคะแนนความสำคัญดังนี้

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

โดย x = คะแนนความสำคัญเดิม

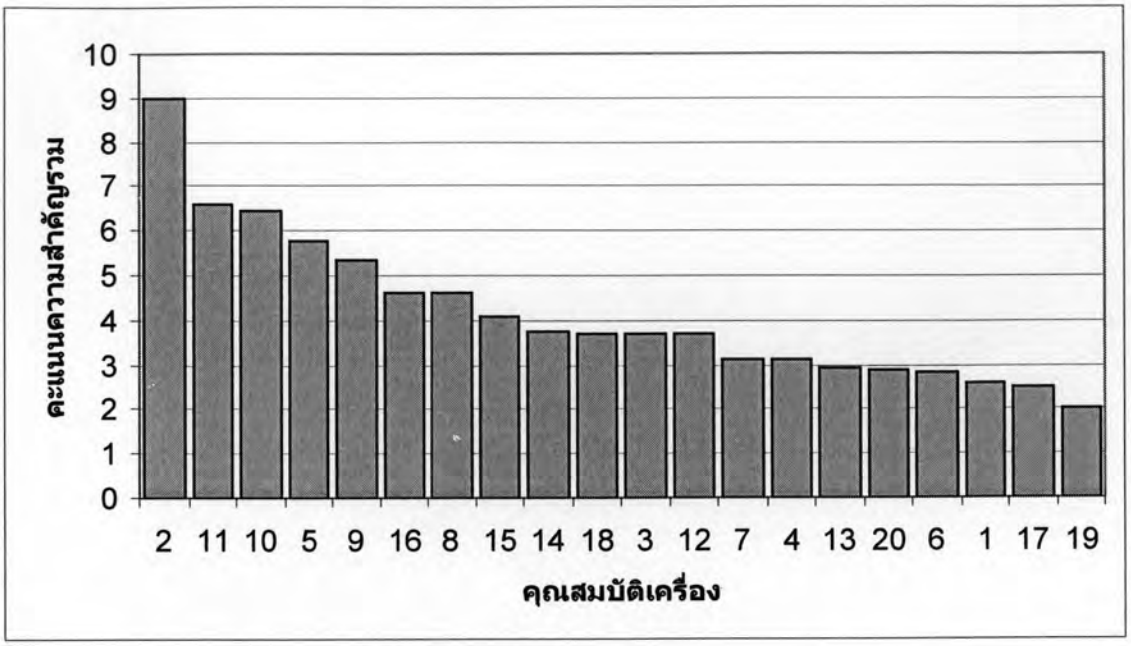
max = คะแนนความสำคัญมากที่สุด

min = คะแนนความสำคัญน้อยที่สุด

7. Gap_{Max} เป็นคะแนนที่เป็นอัตราส่วนระหว่างคะแนนของบริษัทคู่แข่งอื่นๆ ที่มีคะแนนสูงที่สุดในแต่ละคุณสมบัติ กับคะแนนของบริษัทกรณีศึกษา เพราะคะแนนของบริษัทคู่แข่งที่มีคะแนนในคุณสมบัตินั้นๆ สูงถือเป็นเป้าหมายในการพัฒนาเครื่องเพื่อให้เครื่องที่พัฒนามีความสามารถเทียบเท่ากับคู่แข่งที่เหนือกว่า ส่วนที่เลือกใช้คะแนนแบบอัตราส่วนนั้นมีเหตุผลเช่นเดียวกับการหาคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม

8. คะแนนความสำคัญรวม เป็นคะแนนที่เกิดจากการรวมกันของคะแนนความสำคัญที่แปลงค่ากับค่า Gap_{Max} เพื่อให้มองเห็นคุณสมบัติของเครื่องที่ควรนำมาปรับปรุงเพื่อให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าในอันดับต้นๆ รวมทั้งยังมองไปถึงคุณสมบัติของเครื่องรุ่นปัจจุบันที่ยังมีประสิทธิภาพด้อยกว่าคู่แข่งอันดับต้นๆ ควบคู่กันไปด้วย

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



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม

	คะแนนผลรวม
1. ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ	9.00
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	6.57
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก	6.45
4. ความสูงของเครื่อง	5.79
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	5.31
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก	4.64
7. การมองเห็นในการใช้งาน	4.63

5.4 การหาชิ้นส่วนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนา

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

ตารางที่ 5.7 เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุง

	ระบบดูดอากาศ+เติมอากาศ	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓													
	ระบบ SEAL	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	ระบบหนีบ																✓	✓	✓	✓								
	โครงสร้าง																				✓	✓					✓	
	กลุ่มอุปกรณ์	1	2		3				4	5	6	7	8	9	10	11	12				13		14		15		16	
	ชิ้นส่วน / คุณสมบัติ	Multi position air cylinder Dia.40 x 15 x 10	กระบอกสูบ ขนาด 20 มม. ช่วงชัก 70 มม. (Piston)	Air Pipe	วาล์วควบคุมบังคับทิศทางแบบ 5/2	วาล์วบังคับทิศทางแบบ 3/2	สวิตช์ตัดต่อด้วยแม่เหล็ก 10 แอมป์ (Magnetic Switch)	ชุดรีเลย์ 220 โวลท์ พร้อมขา (Relay)	วาล์วสร้างสุญญากาศ ขนาด 2 หุน (Ejector)	ไมโครสวิตช์ (Limit Switch)	ชุดป้องกันการระเกิน 7-11 แอมป์ (Thermocouple)	สวิตช์ตัดต่อด้วยเวลา 0-30 วินาที 220V. (Timer)	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ 0-400 องศา พร้อมสาย (Meter)	ฟุตสวิตช์ (Foot Switch)	เซอร์กิตเบรกเกอร์ 30A (Safety Breaker)	สีสเตอร์แท่ง+ฉนวน	ยางเส้น	Spring (สปริง)	Upper Clip	Lower Clip	ชุดฝาบนตู้ SEAL (Upper Clamp)	ชุดฝาล่างตู้ SEAL (Lower Clamp)	Upper Heater Container	Lower Heater Container	Sealed Bar Upper	Sealed Bar Lower	ตู้ SEAL (BOX)	ผลรวม
ความสามารถของเครื่อง	ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ เช่นแนวตั้งหรือแนวนอน																				9					9	9.00
ขนาดเครื่อง	ความสูงของเครื่อง																				3					9	5.79
การใช้งาน	การมองเห็นในการใช้งาน																				3		9				4.63
	ลักษณะท่าทางในการใช้งาน																				3		9			3	5.31
	ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก																									9	6.45
ความปลอดภัย	ความปลอดภัยขณะใช้งาน																	3			9		9				6.57
การผนึก	ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก																						9				4.64

จากตารางที่ 5.7 สามารถอธิบายการใช้งานในแต่ละช่องเพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขได้ดังนี้

1. กลุ่มคุณสมบัติ เป็นกลุ่มของคุณสมบัติของเครื่องที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันที่ถูกคัดเลือกมาจากการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง

2. คุณสมบัติเครื่อง เป็นคุณสมบัติย่อยทั้ง 7 คุณสมบัติ ที่ถูกคัดเลือกมาจากการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง

3. ระบบ สำหรับระบบของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สประกอบไปด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- ระบบดูดและเติมอากาศ
- ระบบให้ความร้อนและผนึก
- ระบบหนีบ
- โครงสร้าง

โดยจะทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างระบบกับอุปกรณ์เพื่อบ่งบอกถึงหน้าที่ของอุปกรณ์ต่อเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

4. อุปกรณ์ คือ อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส เช่น สปริง กระบอกลม ฮีทเตอร์ เป็นต้น

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

6. คะแนนความสัมพันธ์ คะแนนความสัมพันธ์ที่ใส่ลงไปในตารางที่ 5.7 เป็นคะแนนที่เกิดจากการประเมินของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส โดยเป็นคะแนนความสัมพันธ์ระหว่าง คุณสมบัติของเครื่องกับกลุ่มของอุปกรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปคะแนนความสัมพันธ์นี้จะเป็นคะแนนที่เกิดจากประเมินความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันในแต่ละเรื่องของคุณสมบัติของเครื่องกับกลุ่มอุปกรณ์ ซึ่งในบางครั้งการประเมินแบบนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เช่น อุปกรณ์หนึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเครื่องหลายอย่างทำให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญของอุปกรณ์ที่ได้มีคะแนนสูงมากทำให้อุปกรณ์นี้ถูกได้รับเลือกให้ปรับปรุงหรือแก้ไข หากมองอีกแนวทางหนึ่งอุปกรณ์นี้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเครื่องจริงแต่อุปกรณ์นี้ไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของลูกค้าเลยแต่กลับได้รับการรับเลือกให้ทำการปรับปรุงหรือแก้ไข ดังนั้นการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการให้คะแนนความสัมพันธ์นี้ จะทำโดยให้คะแนน

ความสัมพันธ์กับอุปกรณ์ที่ส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหากับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นๆ ซึ่งการให้คะแนนความสัมพันธ์มีดังนี้

<u>คะแนน 1</u> คือ กลุ่มของอุปกรณ์นั้นส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหากับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นน้อย

<u>คะแนน 3</u> คือ กลุ่มของอุปกรณ์นั้นส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหากับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นปานกลาง

<u>คะแนน 9</u> คือ กลุ่มของอุปกรณ์นั้นส่งผลหรือทำให้เกิดปัญหากับคุณสมบัติหรือความต้องการด้านนั้นสูง

7. คะแนนความสำคัญรวม คือ คะแนนที่เป็นการรวมกันของคะแนนความสำคัญที่แปลงค่า กับ Gap_{Max} ซึ่งมาจากคุณสมบัติของเครื่องที่ถูกเลือกจากตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง

จากตารางที่ 5.7 นั้นสามารถสรุปชิ้นส่วนที่มีผลกับแต่ละคุณสมบัติเครื่องได้ดังนี้

1. ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
   - ตู้
2. ความสูงของเครื่อง ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
   - ตู้
3. การมองเห็นในการใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
   - ชุดปากผนึกบนล่าง
4. ลักษณะท่าทางในการใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
   - ชุดปากผนึกบนล่าง
   - ตู้
5. ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ตู้
6. ความปลอดภัยขณะใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ชุดหนีบ ประกอบด้วย ยางเส้น สปริง ตัวหนีบบน ตัวหนีบล่าง
   - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
   - ชุดปากผนึกบนล่าง

7. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
   - ชุดปากผนึกบนล่าง

5.5 การหาแนวคิดในการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

จากขั้นตอนข้างต้น มีการสรุปชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติของเครื่องในแต่ละคุณสมบัติ ทำให้ทราบถึงชิ้นส่วนที่มีผลกระทบหรือควรได้รับการปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของลูกค้าในคุณสมบัติเครื่องนั้นๆ ซึ่งทำให้ง่ายในการพิจารณาในการแก้ปัญหาและทำให้แก้ปัญหาได้ตรงจุด สามารถมองชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัตินั้นๆได้อย่างทั่วถึง ซึ่งจากคุณสมบัติทั้ง 7 คุณสมบัติที่ถูกเลือก และชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติ จากหัวข้อ 5.4 นั้น สามารถนำมาหาแนวคิดในการแก้ปัญหาในคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยอาศัยหลักการและแนวคิดการในออกแบบแบบผลิตภัณฑ์ 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 ปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สให้ตอบสนองคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้ดังนี้

5.5.1 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ

เพื่อให้เครื่องสามารถทำการผนึกได้ในแนวอื่นๆ โดยสามารถปรับองศาของปากผนึกเพื่อใช้ในการผนึกได้ตามความต้องการ ซึ่งการปรับองศาของปากผนึกได้นั้นเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน 2 ชิ้นส่วน อันได้แก่ชุดฝาบนฝาล่าง และตู้ สามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 13.ข ทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวของวัตถุหรือของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นิ่งกับที่ และให้ส่วนที่อยู่นิ่งกับที่ เคลื่อนไหว

ข้อที่ 17.ก เปลี่ยนการเคลื่อนไหวหรือการขจัดหนึ่งมิติของวัตถุเป็นสองมิติ จากสองมิติเป็นสามมิติ

ภายหลังจากนำหลักการทั้งหมดมารวมกันทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้ โดยเปลี่ยนจากชุดฝาบนฝาล่างที่อยู่กับที่ให้มีการเคลื่อนไหวและสามารถเปลี่ยนองศาในการผนึกได้

แนวคิดที่ 2 เปลี่ยนจากตู้เป็นฐานรองชุดฝาบนฝาล่างแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา โดยเปลี่ยนฐานรองเป็นแบบเสาที่มีจุดหมุนด้านบนซึ่งทำให้ฝาบนฝาล่างเปลี่ยนองศาการผนึกได้

5.5.2 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสูงของเครื่อง

ความสูงของเครื่องมีผลต่อการใช้งานเครื่องเป็นอย่างมาก เครื่องควรมีความสูงที่พอเหมาะกับการใช้งาน สามารถปรับระดับความสูงให้เหมาะกับการใช้งานได้ โดยชิ้นส่วนที่มีผลต่อความสูงของเครื่องได้แก่ ชุดฝาบนฝาล่าง และตู้ ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 3.ค แต่ละส่วนของวัตถุควรอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะที่สุดสำหรับใช้งาน

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับขั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากนำหลักการทั้งหมดมารวมกันทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงลดลงมากที่สุด เพื่อให้สามารถไปตั้งบนที่รองรับอื่นๆได้ตามต้องการ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 2 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 3 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและเปลี่ยนตู้เป็นฐานรองแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา ที่สามารถปรับความสูงได้ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

5.5.3 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

การมองเห็นในการใช้งานมาจากส่วนของช่องว่างของระยะห่างปากผนึกบนและล่าง นอกจากนี้ยังเนื่องมาจากส่วนของด้านบนของเครื่องมีลักษณะทึบ ไม่สามารถให้แสงส่งลงมาเพื่อช่วยในการมองระหว่างการใช้งานเครื่องได้ โดยส่วนที่เกี่ยวข้องการการมองเห็นนี้มาจากส่วนที่เป็นปากผนึกบนและล่าง และส่วนที่เป็นฝาบนและฝาล่างซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการติดตั้งปากผนึก ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 1.ก แบ่งวัตถุออกเป็นส่วนแยกอิสระต่าง ๆ

ข้อที่ 2.ข สกัดออกเฉพาะส่วนหรือลักษณะสมบัติที่จำเป็นเท่านั้น

ภายหลังจากนำหลักการทั้งหมดมารวมกันทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ปรับฝาบนและฝาล่างให้มีระยะห่างของปากผนึกบนและล่างให้ห่างกันมากขึ้น และเจาะช่องด้านบนของฝาบนเพื่อให้แสงจากด้านบนผ่านได้

แนวคิดที่ 2 แยกปากผนึกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากผนึกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

5.5.4 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องลักษณะท่าทางในการใช้งาน

ท่าทางในการใช้งานสำหรับใช้งานเครื่องในปัจจุบัน คือ การใช้งานในท่ายืนและยกผลิตภัณฑ์เพื่อทำการผนึก โดยท่าทางในการใช้งานนี้ยังมีผลมาจากความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งานด้วย โดยวิธีในการปรับปรุงจะเกี่ยวเนื่องกับการปรับปรุงความสูงของเครื่องและการมองเห็นในการใช้งาน โดยจะต้องมีการปรับเปลี่ยนความสูงให้เหมาะกับการทำงานทั้งท่ายืนและท่านั่งในการผนึก อีกทั้งยังต้องสามารถมองเห็นระหว่างผนึกได้ดีอีกด้วย ซึ่งแนวคิดในการแก้ปัญหาในเรื่องนี้จะนำไปมีส่วนในการสร้างแนวคิดในเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยแนวคิดของการปรับปรุงเครื่องในเรื่องนี้จะคล้อยตามแนวคิดเรื่องความสูงของเครื่องและการมองเห็นในการใช้งาน

5.5.5 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึก

เนื่องจากเครื่องในรุ่นปัจจุบันยังไม่มีชิ้นส่วนนี้ จึงควรมีการปรับปรุงเครื่องโดยสร้างถาดวางผลิตภัณฑ์ติดกับตู้ นอกจากนี้ควรสามารถปรับระดับความสูงของถาดวางได้เพื่อให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำการผนึก

ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่อง โดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับขั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากได้หลักการ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

5.5.6 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ความปลอดภัยขณะใช้งานเครื่องนั้นควรปรับปรุง 2 จุดด้วยกันคือ

5.5.6.1 ด้านหลังเครื่อง

เนื่องจากด้านหลังของเครื่องนั้นมีช่องว่างระหว่างฝาบนและฝาล่างอยู่มากพอที่นิ้วมือจะเข้าไปได้ทำให้อาจจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้เวลาทำการผนึกซึ่งมีการเคลื่อนที่ของฝาบนและฝาล่าง ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 13.ข ทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวของวัตถุหรือของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นิ่งกับที่ และให้ส่วนที่อยู่นิ่งกับที่เคลื่อนไหว

ภายหลังจากได้หลักการทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากผนึกเคลื่อนที่

แนวคิดที่ 2 ทำให้ช่องว่างด้านหลังลดลงให้แคบที่สุดหรือไม่ทำให้อวัยวะส่วนหนึ่งส่วนใดเข้าไปได้

5.5.6.2 ด้านหน้าเครื่อง

เนื่องจากการผนึกต้องทำการใส่ถุงไปที่ปากผนึก โดยไม่สามารถกำหนดระยะในการใส่ได้ ทำให้บางครั้งอาจใส่ลึกเกินไปทำให้เกิดการหนีบมือขึ้นได้ ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับขั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากได้หลักการ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการผนึก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป

5.5.7 ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

เนื่องจากปากผนึกของเครื่องปัจจุบันมีเพียงขนาดเดียว และไม่สามารถเปลี่ยนไปใช้ขนาดอื่นที่เหมาะสมกับขนาดถุง ซึ่งสามารถปรับปรุงเครื่องโดยอาศัยแนวคิดในการปรับปรุงข้างต้น และเลือกใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมซึ่งหลักการที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในคุณสมบัติเรื่องนี้คือ

ข้อที่ 35.ค เปลี่ยนระดับขั้นของความยืดหยุ่น

ภายหลังจากได้หลักการ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในคุณสมบัตินี้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 สั่งทำปากผนึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

5.6 การเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊ส

จากแนวคิดที่ได้ในแต่ละคุณสมบัติจากหัวข้อ 5.5 นั้น บางคุณสมบัติมีแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องมากกว่า 1 แนวคิด ทำให้จำเป็นต้องมีวิธีในการตัดสินใจในการเลือกเพียงแนวคิดเดียวในแต่ละคุณสมบัติเพื่อนำมาทำการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สเนื่องจากไม่สามารถใช้ทุกๆ แนวคิดในแต่ละคุณสมบัติแก้ปัญหาพร้อมกันได้ โดยในการเลือกแนวคิดนั้นจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสามารถในแต่ละแนวคิด ซึ่งสิ่งที่ใช้วัดความสามารถของแต่ละแนวคิดนั้นมาจากการรวบรวมหลักการในการของการออกแบบมาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยได้นำหลักการพื้นฐานของการออกแบบสำหรับการผลิตแบบประหยัดของ J.G. Bralla : 1986 และบัญชีการรวบรวมความคิดด้านผลิตภัณฑ์ของ 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 ปรับความสูงให้เหมาะกับการใช้งาน

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

ตารางที่ 5.8 ตารางเปรียบเทียบแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สในแต่ละคุณสมบัติ

การปรับปรุง	ความสามารถในการอบสนอง	ต้นทุน	ความยากง่ายในการปรับปรุง	วัสดุมาตรฐาน	ความปลอดภัย	ความแข็งแรง	ความสะดวกในการใช้งาน	ความง่ายในการบำรุงรักษา	ความยืดหยุ่น	รวม
ความสามารถในการผนึกแนวอื่นๆ										
1. ทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่างกับตู้	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
2. เปลี่ยนฐานรองจากตู้เป็นแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา	5	3	4	4	4	4	4	4	5	37
ความสูงของเครื่อง										
1. ปรับชุดฝาบนฝาล่างให้ความสูงลดลง + ปรับความสูงตู้ให้สูงน้อยสุด	5	5	4	5	4	5	4	5	5	42
2. ปรับชุดฝาบนฝาล่างให้ความสูงลดลง + ปรับความสูงตู้ให้สามารถเพิ่มลดความสูงได้	5	4	5	5	5	5	5	5	5	44
3. ปรับชุดฝาบนฝาล่างให้ความสูงลดลง + เปลี่ยนฐานรองเป็นแบบเสาที่ปรับความสูงได้	5	5	4	4	4	4	4	4	5	39
การมองเห็นในการใช้งาน										
1. ปรับฝาบนฝาล่างให้ความกว้างของปากผนึกเพิ่มขึ้น + เจาะช่องด้านบนของฝาบน	4	5	5	5	3	3	5	4	1	35
2. แยกปากผนึกออกจากฝาบนฝาล่าง + เพิ่มความกว้างของปากผนึก + ลดชุดครอบด้านบนให้ขนาดลดลง	5	4	4	5	5	4	5	5	1	38
ความปลอดภัยขณะใช้งาน(ด้านหลังเครื่อง)										
1. ทำฝาบนฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากผนึกเคลื่อนที่	5	4	4	5	5	5	5	5	2	40
2. ทำช่องว่างด้านหลังให้มีขนาดเล็กลง	5	5	5	5	3	5	5	4	1	38

จากตาราง 5.8 สามารถสรุปแนวคิดที่ใช้ในการปรับปรุงเครื่องในแต่ละคุณสมบัติได้ดังนี้

1. ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ

แนวคิดที่เลือก คือทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้

2. ความสูงของเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์

3. การมองเห็นในการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก คือแยกปากผนึกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากผนึกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

4. ลักษณะท่าทางการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก เหมือนกับ เรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน ซึ่งมีการผสมเรื่องท่าทางในการใช้งานอยู่ในแนวคิดนั้นแล้ว

5. ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึก

แนวคิดที่เลือก คือทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

6. ความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากผนึกเคลื่อนที่

ด้านหน้าเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการผนึก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป

7. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

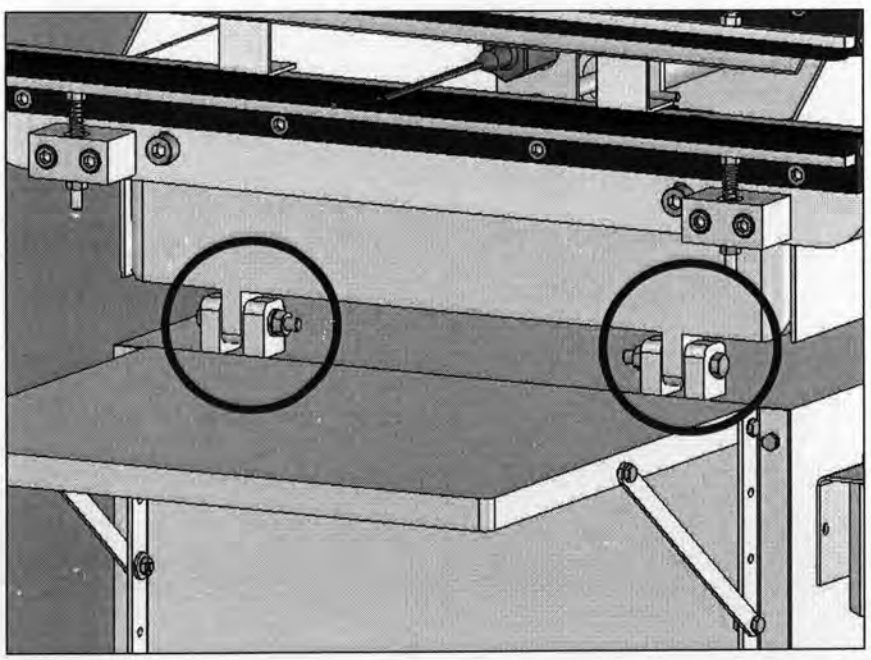
แนวคิดที่เลือก คือสั่งทำปากผนึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

5.7 การสร้างแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สจากแนวคิดที่เลือก

จากแนวคิดของคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่ถูกเลือกในหัวข้อ 5.6 จะนำมาออกแบบโดยผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะทำการออกแบบโดยยึดหลักแนวคิดที่ถูกเลือกเป็นหัวข้อหรือโจทย์ในการปรับปรุงเครื่องโดยชิ้นส่วน อุปกรณ์ และสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากจุดที่จะทำการปรับปรุงจะคงของเดิมไว้ ซึ่งการปรับปรุงเครื่องครั้งนี้จะเป็นการปรับปรุงเครื่องหรือแก้ปัญหาเครื่องโดยปรับปรุงที่จุดหรืออุปกรณ์ที่เป็นปัญหาโดยตรง และจะทำการออกแบบเครื่องให้เหมาะสมกับแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติ มีการกำหนดขนาด เลือกวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทำ เพื่อให้แต่ละแนวคิดออกมาเป็นแบบที่สมบูรณ์และพร้อมที่จะนำไปผลิตต่อไปในอนาคตได้ โดยอาศัยหลักการที่ช่วยในการออกแบบต่างๆ เช่น การออกแบบเพื่อการประกอบ เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงแบบที่ออกมาจากแนวคิดต่างๆ ในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้โปรแกรม Solid Works ซึ่งมีจุดเด่นในการแสดงผลแบบ 3 มิติ ทำให้สามารถเข้าใจแบบที่มาจากแนวคิดได้ดี โดยสามารถแสดงแบบที่มาจากแนวคิดได้ดังนี้

5.7.1 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ

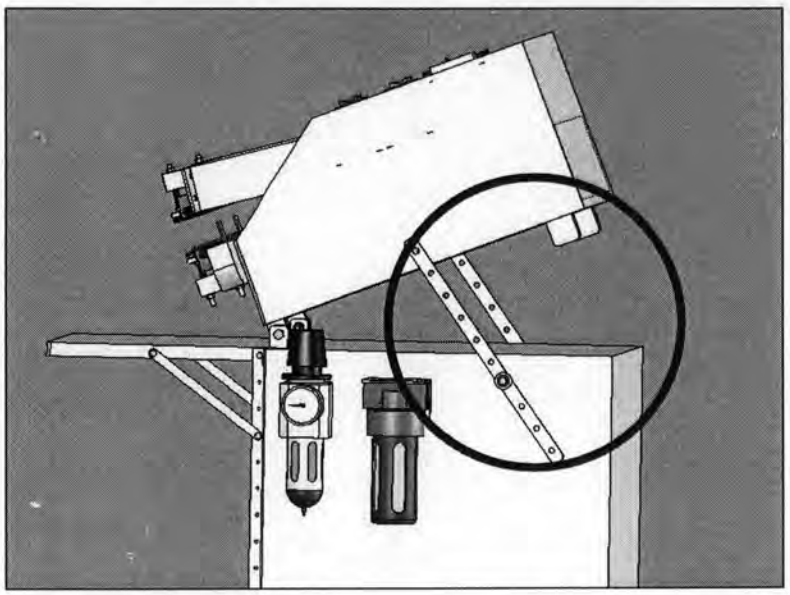
<u>แนวคิดที่เลือก</u> คือทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้



รูปที่ 5.2 แสดงจุดหมุนในการปรับองศาปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

จากแนวคิดเรื่องการทำจุดหมุนด้านหน้าเครื่องระหว่างฝาบนฝาล่างกับตู้ สามารถออกแบบชิ้นส่วนที่ใช้เพื่อเป็นจุดหมุนในการปรับองศาเครื่อง โดยให้สามารถปรับองศาได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งได้ปรับปรุงเครื่อง 2 จุดด้วยกัน คือ

1. ทำจุดหมุนระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้ ด้านหน้าทั้งสองข้าง
2. ทำตัวช่วยในการปรับองศาด้านข้างเครื่องทั้งสองข้าง



รูปที่ 5.3 แสดงตัวช่วยในการปรับองศาปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

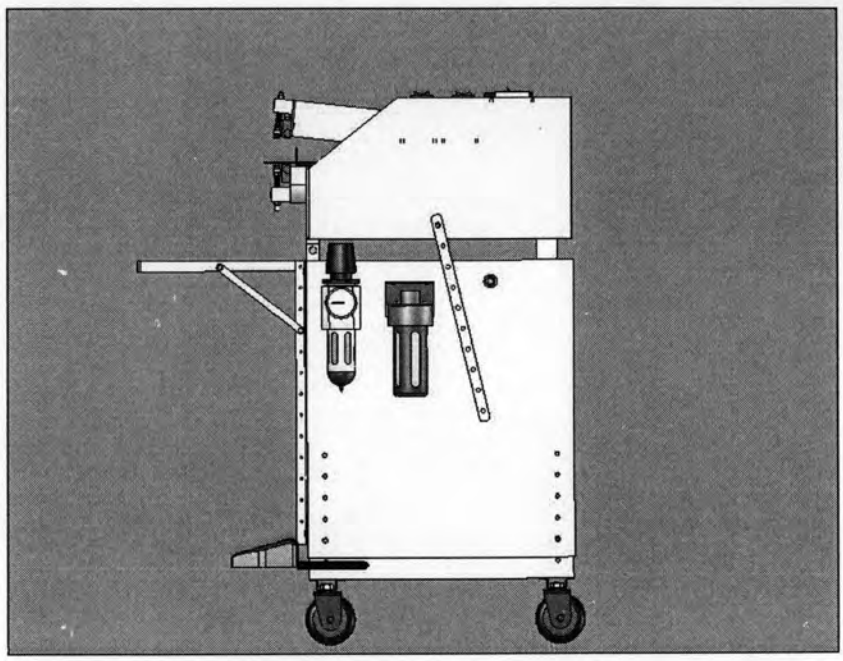
สำหรับการใช้งาน ให้ยกด้านหลังเครื่องส่วนบนขึ้นเพื่อปรับองศาปากผนึกให้ได้ตามต้องการ แล้วล็อคตัวช่วยในการปรับองศาด้านข้างทั้งสองข้าง

5.7.2 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความสูงของเครื่อง

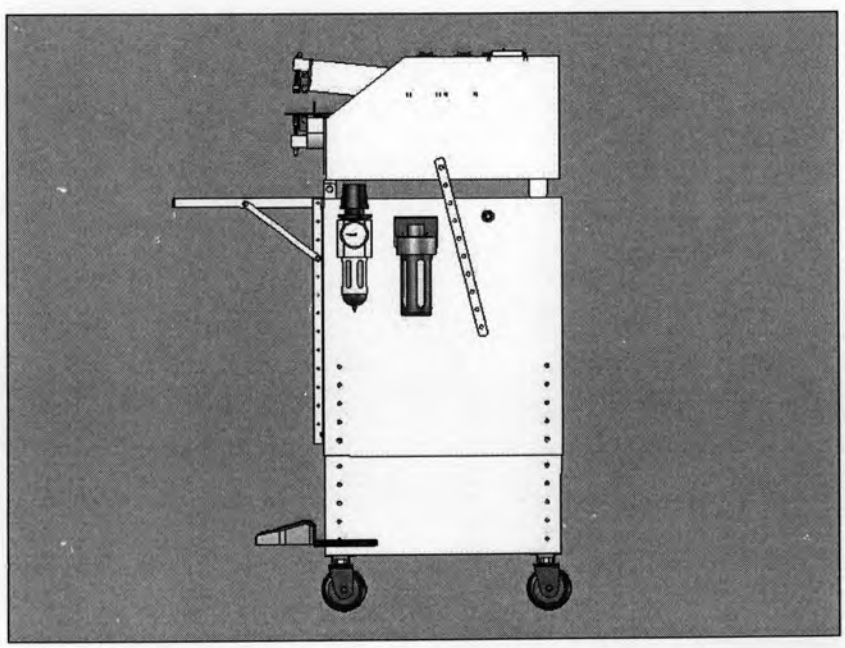
<u>แนวคิดที่เลือก</u> คือปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลง + ปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์

จากแนวคิดในเรื่องการปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลง กับปรับปรุงตู้ให้มีความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อเหมาะสมกับการใช้งาน โดยยึดหลักการยศาสตร์เข้ามาช่วยในการกำหนดขนาดความสูงนั้น ซึ่งกลุ่มผู้ใช้งานเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สนี้ ส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงอายุระหว่าง 30-39 ปี จากข้อมูลดังกล่าวสามารถเปิดหาความสูงจากโปรแกรมขนาดโครงสร้างร่างกายของคนไทย (ระยะที่ 4 พ.ศ. 2543-2544) เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความสูงของเพศหญิงขณะนั่งจากพื้นถึงข้อศอกขณะงอได้ขนาด 62 เซนติเมตร ส่วนขณะยืนใช้งานนั้นความสูงเฉลี่ยจากพื้นถึงข้อศอกขณะงอมีขนาดความสูง 95.1 เซนติเมตร ซึ่งการออกแบบนี้จะต้องออกแบบความสูงของ

เครื่องจากพื้นถึงปากผนึก ให้มีความสูงครอบคลุมตั้งแต่ 62-95.1 เซนติเมตร จากข้อมูลดังกล่าว จึงได้ออกแบบเครื่องให้มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเหลื่อมซ้อนกัน เจาะช่องด้านข้างห่างช่องละ 5 เซนติเมตรเพื่อใช้ในการปรับความสูงให้เป็นไปตามต้องการ โดยความสูงที่ออกแบบไว้นั้นคือ 60-100 เซนติเมตร



รูปที่ 5.4 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.5 แสดงการปรับความสูงของเครื่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด

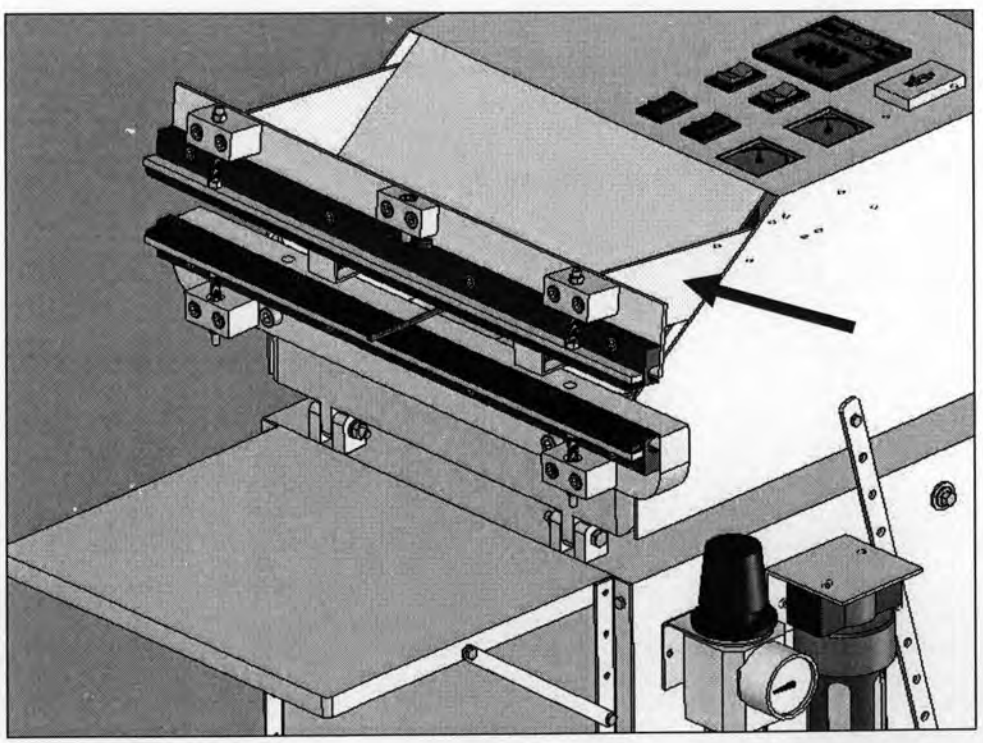
สำหรับการใช้งานเพื่อปรับความสูงนั้นจะทำโดย ยกตู้ส่วนบนขึ้นให้ได้ความสูงตามต้องการ และใช้นอตขันล็อคระหว่างตู้ส่วนบนและส่วนล่าง

5.7.3 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

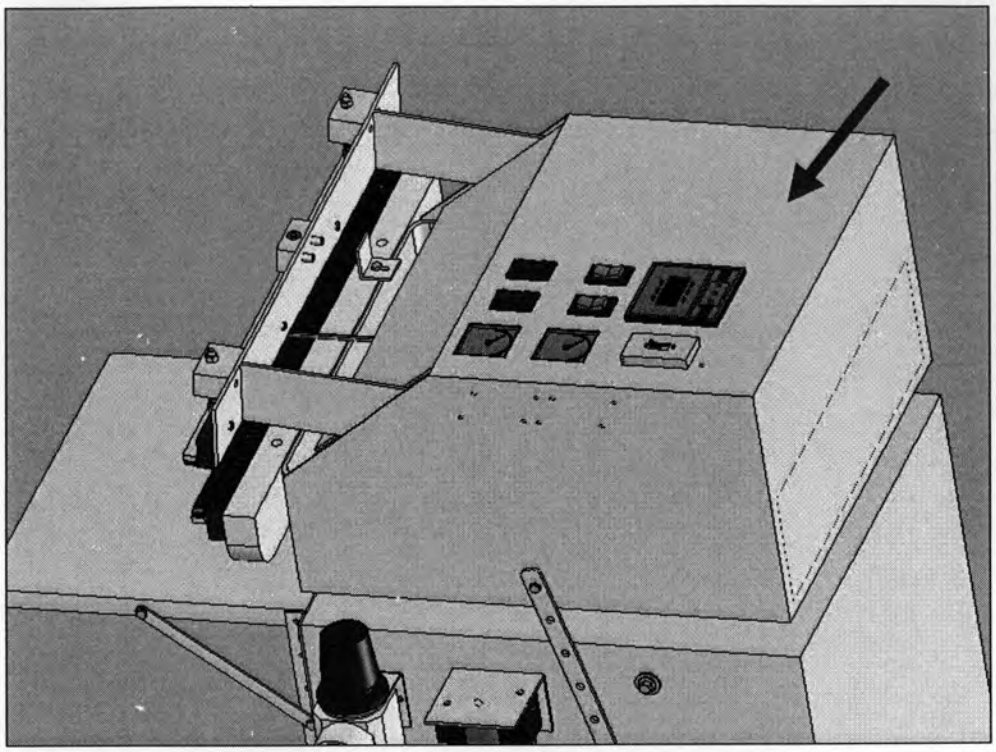
<u>แนวคิดที่เลือก</u> คือแยกปากผนึกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากผนึกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

จากแนวคิดในเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน ที่ให้ทำการแยกปากผนึกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากผนึกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงด้านบนผ่านได้นั้น ทำให้มีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่และมีการปรับปรุงดังนี้คือ

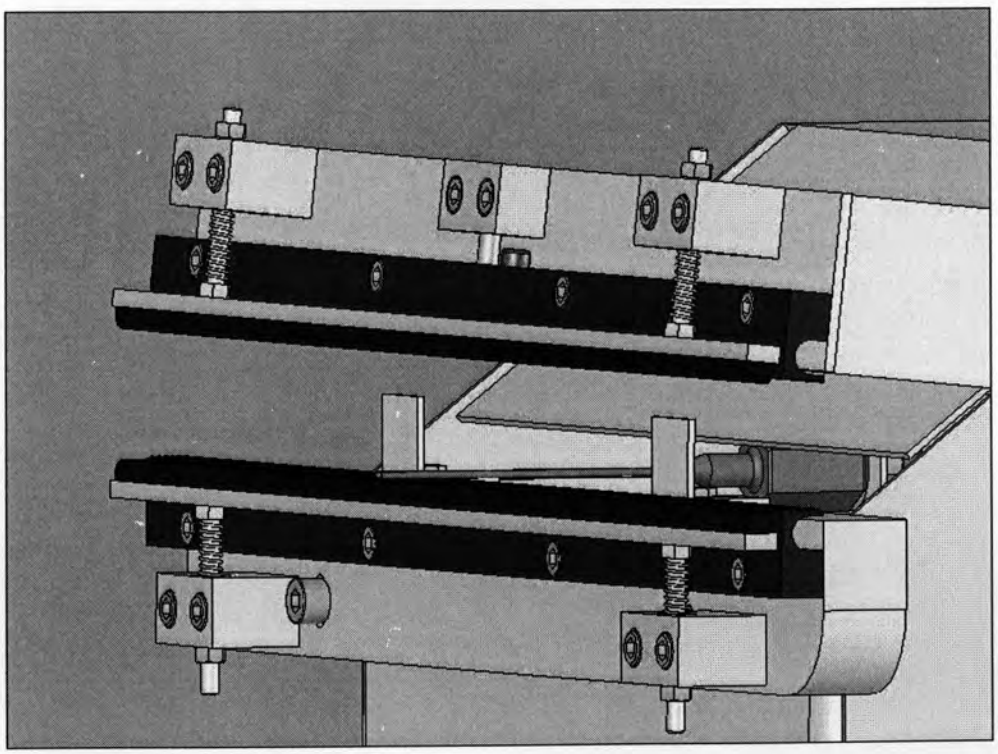
1. ทำตัวคานผนึกด้านบนสำหรับติดตั้งปากผนึกด้านบนแทนฝาบน
2. เปลี่ยนฝาบนให้มีทำหน้าที่เป็นตัวครอบเครื่องอย่างเดียวไม่ต้องทำหน้าที่ในการผนึกและลดขนาดฝาบนให้เข้าไปทางด้านหลังเครื่องมากขึ้น เพื่อช่วยให้แสงเข้าได้มากขึ้น
3. เพิ่มช่องว่างระหว่างปากผนึกมากขึ้นจากเดิม 25 มิลลิเมตร เป็น 35 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.6 แสดงคานผนึกด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.7 แสดงฝาบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.8 แสดงช่องว่างระหว่างปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

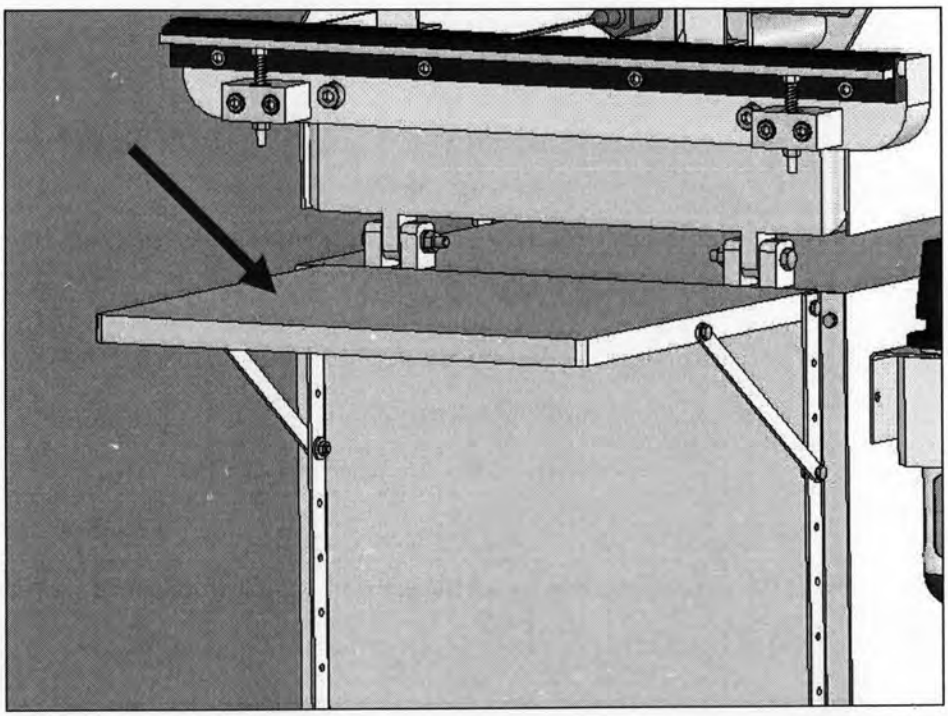
5.7.4 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก เหมือนกับเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน

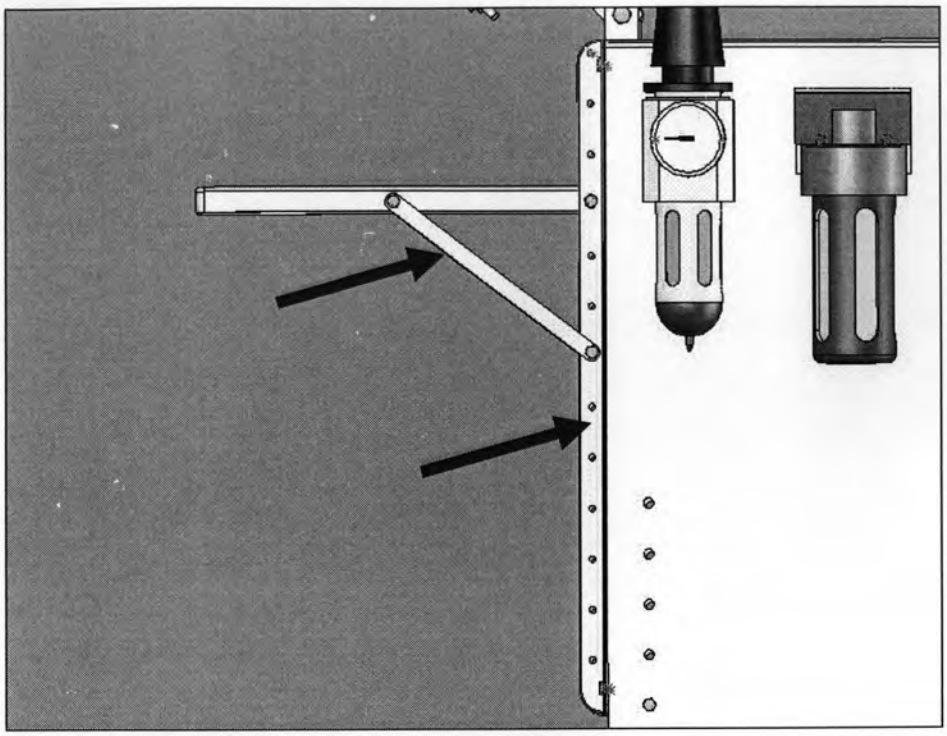
การออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องลักษณะท่าทางการใช้งานนี้ เกี่ยวข้องกับเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน ซึ่งได้มีการผนวกคุณสมบัตินี้เข้าไปกับแนวคิดในเรื่องของความสูงของเครื่องและการมองเป็นในการใช้งานแล้ว ดังนั้นแบบที่ออกมาเพื่อแก้ปัญหาเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งานนั้นจะมีการแก้ปัญหาในเรื่องลักษณะท่าทางในการใช้งานเข้าไปด้วยแล้ว

5.7.5 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึก

แนวคิดที่เลือก คือทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้



รูปที่ 5.9 แสดงถาดวางผลิตภัณฑ์ของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.10 แสดงการปรับความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ ตัวช่วยค้ำยันและตัวช่วยปรับความสูงของแบบที่สร้างจากแนวคิด

จากแนวคิดเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึกนั้น ได้มีแนวคิดให้ทำถาดวางผลิตภัณฑ์ที่สามารถปรับระดับความสูงได้จึงได้ ทำให้มีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่และมีการปรับปรุงดังนี้

1. ทำถาดสี่เหลี่ยมสำหรับวางผลิตภัณฑ์
2. ทำตัวช่วยในการค้ำยันถาด
3. ทำตัวช่วยในการปรับขนาดความสูงของถาดวาง

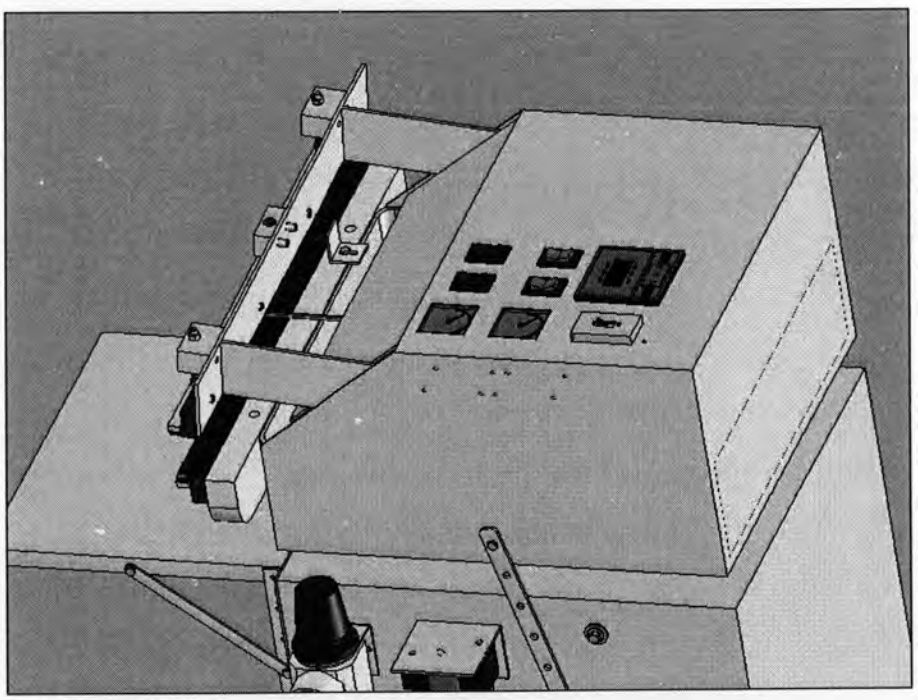
ใช้งานโดยการเลื่อนความสูงถาดวางผลิตภัณฑ์ให้มีความสูงตามที่ต้องการแล้วใช้นอตขันล็อคทั้งสองข้างของตัวช่วยปรับความสูงของถาด

5.7.6 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

<u>แนวคิดที่เลือก</u> คือ ทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากผนึกเคลื่อนที่

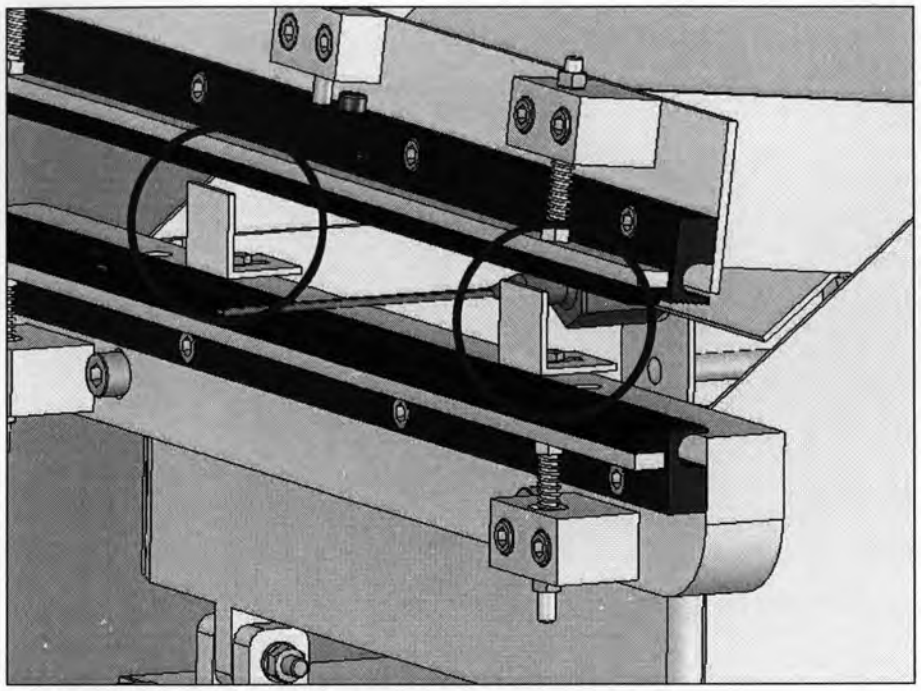
จากแนวคิดในการทำฝาบนฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากผนึกเคลื่อนที่ เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานนั้น มีการปรับปรุงเครื่องไปในทิศทางและคล้อยตามไปกับการแก้ปัญหาเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน โดยจะมีการแยกปากผนึกออกมาจากส่วนของฝาบนที่ใช้ติดตั้งปากผนึก แต่จะเอาปากผนึกไปติดตั้งบนคานด้านบนที่สร้างขึ้นมาใหม่เพื่อรองรับปากผนึกส่วนบน และเปลี่ยนจากฝาบนที่ไม่จำเป็นเคลื่อนที่เพื่อช่วยในการผนึกให้อยู่กับที่เพื่อป้องกันอันตรายจากการเคลื่อนที่ระหว่างผนึก ส่วนของชิ้นส่วนที่ทำการปรับปรุงนั้นได้ใส่แนวคิดในการแก้ปัญหานี้ไว้กับแนวคิดเรื่องการมองเห็นในการใช้งานแล้ว



รูปที่ 5.11 แสดงแบบเครื่องด้านบนของแบบที่สร้างจากแนวคิด

ด้านหน้าเครื่อง

<u>แนวคิดที่เลือก</u> คือ ทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการผนึก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป



รูปที่ 5.12 แสดงตัวกำหนดระยะในการผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

จากแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานในด้านหน้าเครื่องนั้น ได้มีแนวคิดให้ทำตัวช่วยกำหนดระยะเพื่อช่วยการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการผนึกนั้น ทำให้มีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่และมีการปรับปรุง โดยทำตัวกำหนดระยะที่สามารถปรับระยะในการใส่ถุงได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมหน้าสัมผัสกับถุงเรียบดังรูปที่ 5.11

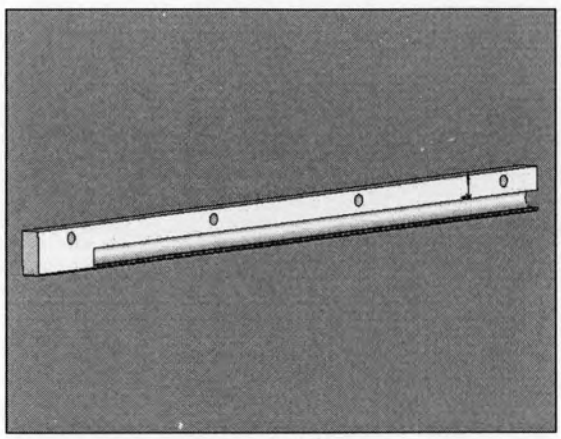
สำหรับการใช้งานนั้น จะทำการปรับระยะตัวกำหนดระยะให้มีระยะการผนึกตามความต้องการแล้วทำการขันนอตล็อคบนตัวกำหนดระยะ หลังจากนั้นก็ทำการผนึกโดยใส่ถุงที่ต้องการผนึกมาทางด้านหน้า หากรู้สึกว่าปากถุงชนกับตัวกำหนดระยะแล้วจึงเหยียบสวิทซ์เท้าเพื่อทำการผนึกปากถุง

5.7.7 การสร้างแบบจากแนวคิดในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

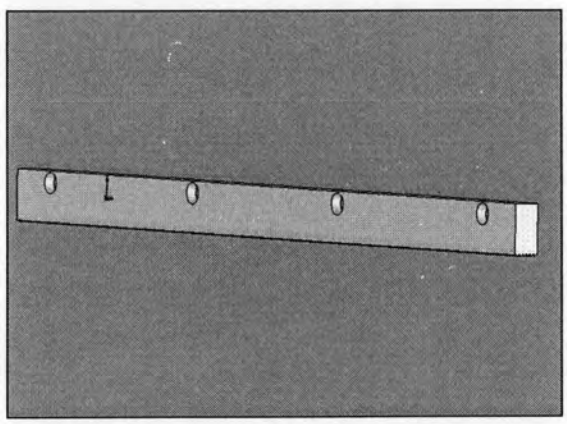
<u>แนวคิดที่เลือก</u> คือสั่งทำปากผนึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

จากแนวคิดในเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึกนั้นได้มีการปรับปรุงเครื่องโดยมีการสั่งทำปากผนึกให้มีความกว้างของรอยผนึกหลายขนาดมากขึ้น ลูกค้าสามารถสั่งขนาดที่ต้องการและสามารถเปลี่ยนขนาดของปากผนึกได้ตามต้องการ โดยมีการออกแบบงานสั่งทำขนาดของปากผนึกใหม่ โดยเปลี่ยนจากความกว้างของรอยผนึกจาก ½ นิ้ว เป็น ขนาด 6, 8 และ 10

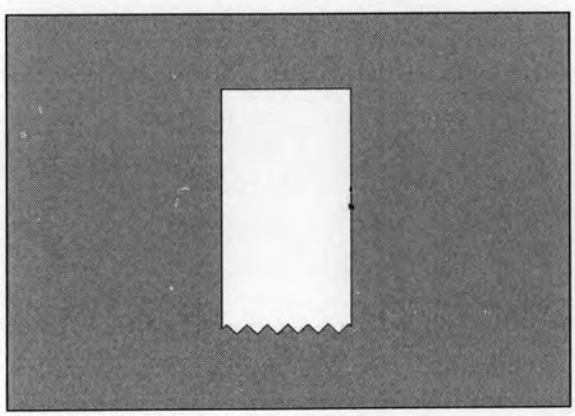
มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดความกว้างของรอยผนึกของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่บริษัทอื่นๆ ใช้เป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 5.13 แสดงปากผนึกด้านหลังของแบบที่สร้างจากแนวคิด

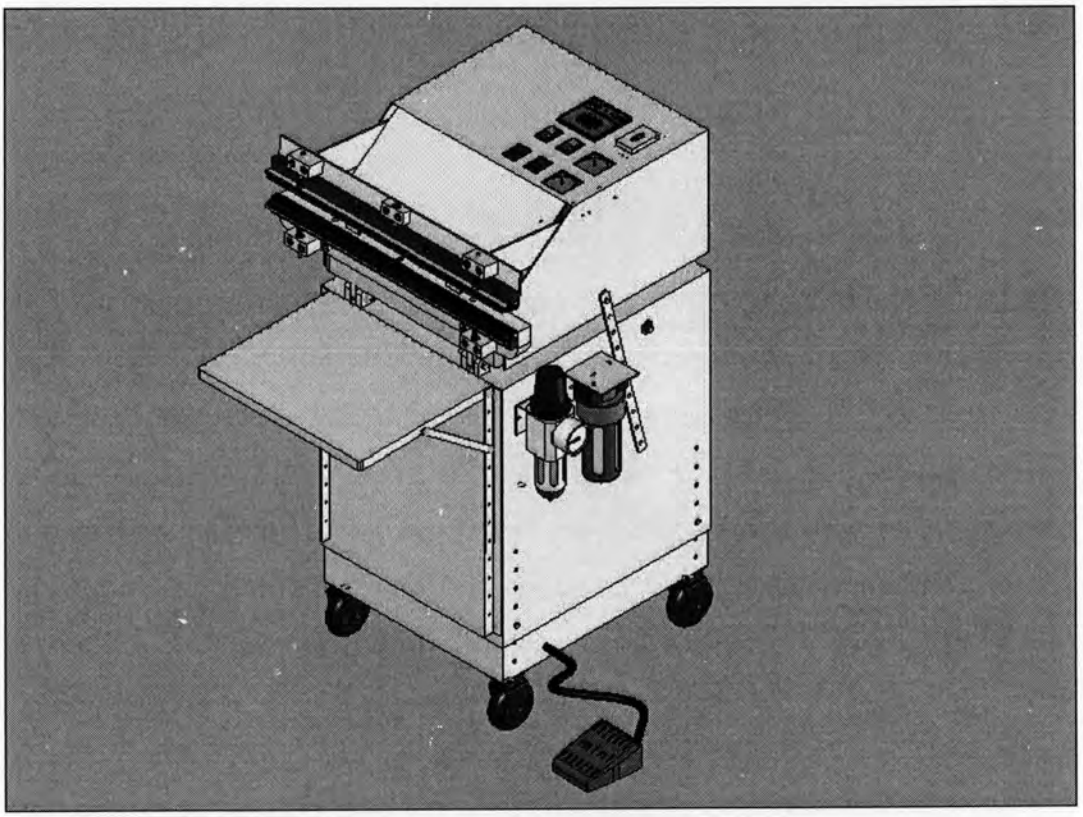


รูปที่ 5.14 แสดงปากผนึกด้านหน้าของแบบที่สร้างจากแนวคิด

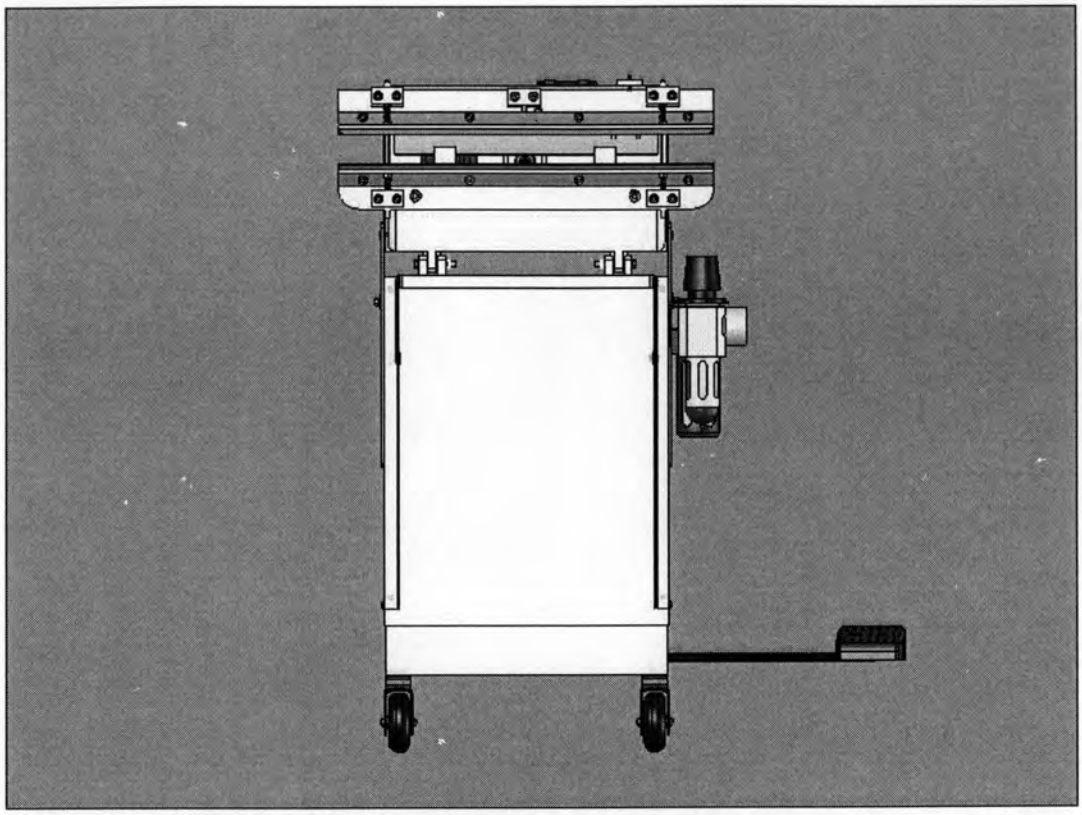


รูปที่ 5.15 แสดงภาพด้านข้างของปากผนึกของแบบที่สร้างจากแนวคิด

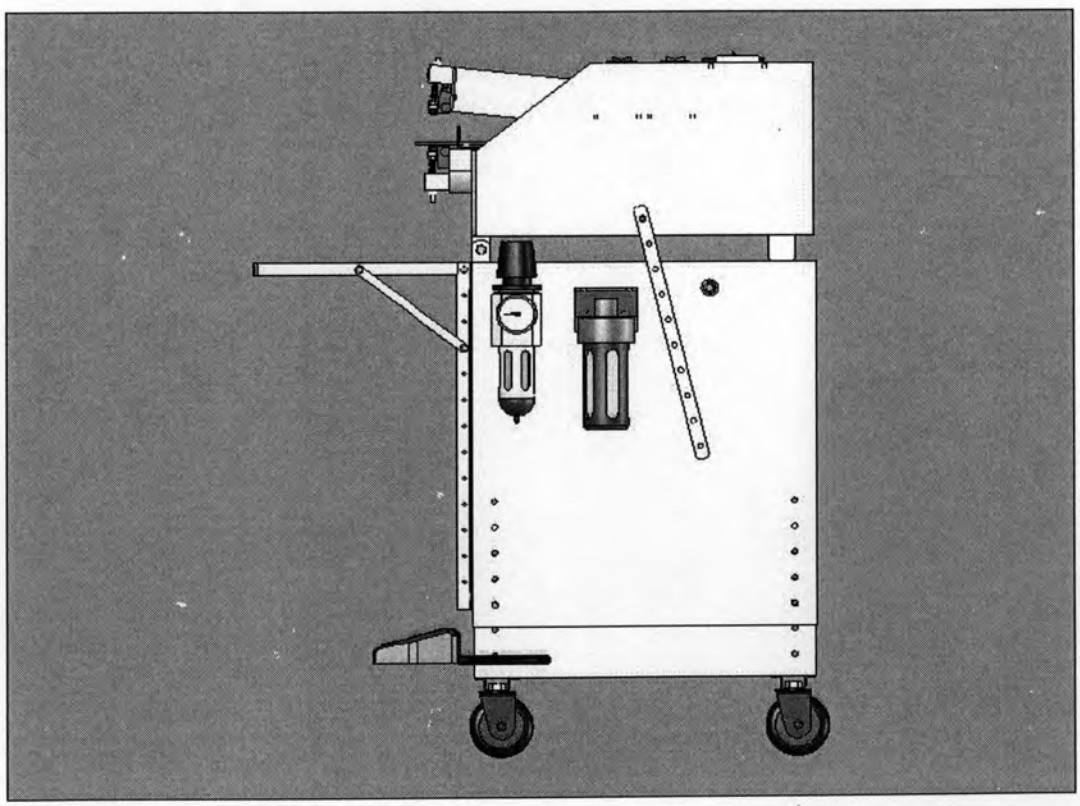
จากการปรับปรุงเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สตามแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติข้างต้นสามารถนำแบบชิ้นส่วนที่มีการปรับปรุงในแต่คุณสมบัติมารวมกันจนได้แบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่เป็นไปตามแนวคิดและสามารถตอบสนองความต้องการในแต่คุณสมบัติที่ลูกค้ามีความต้องการสูงๆ และนอกจากแนวคิดในแต่ละคุณสมบัติแล้วยังได้มีการปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือตำแหน่งของอุปกรณ์อื่นๆ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



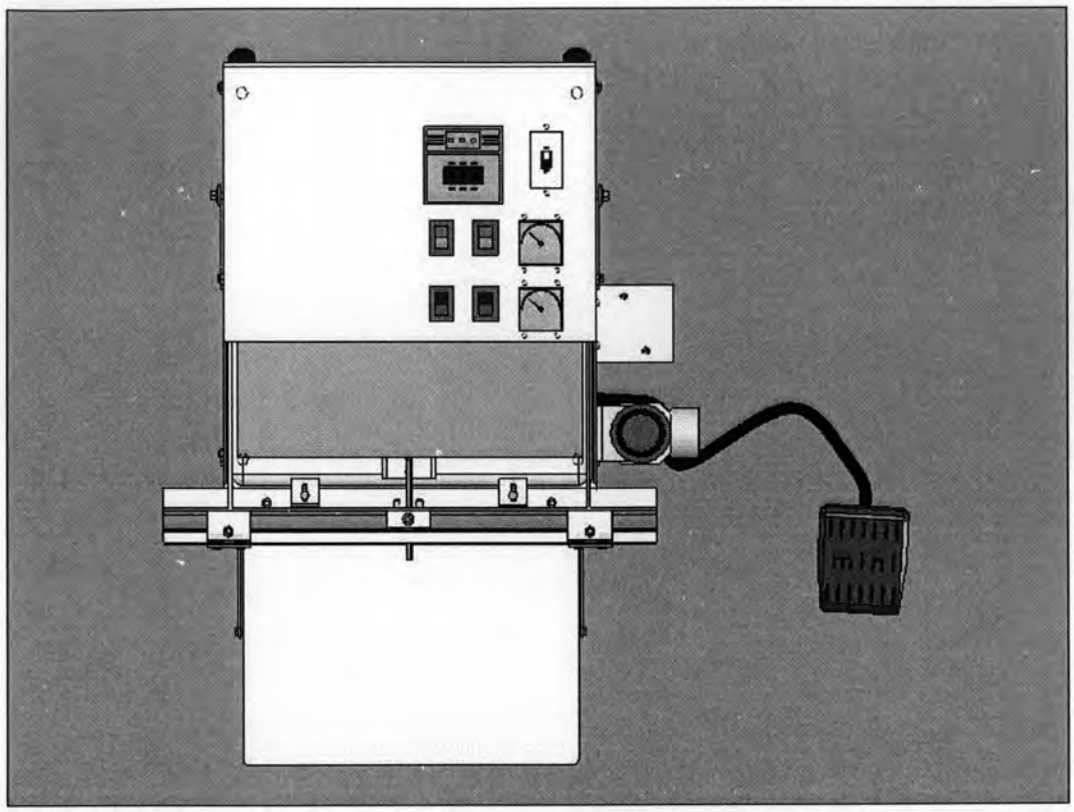
รูปที่ 5.16 แสดงภาพเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.17 แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.18 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 5.19 แสดงภาพด้านบนของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด

5.8 การวิเคราะห์แบบและการปรับปรุงแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สจากข้อบกพร่อง

5.8.1 การวิเคราะห์แบบ

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

1. บ่งชี้ผลลัพธ์ที่เกี่ยวเนื่องกับข้อบกพร่อง
2. ประเมินผลของข้อบกพร่องนั้น
3. บ่งชี้สาเหตุของข้อบกพร่อง
4. พัฒนาลำดับข้อบกพร่องที่ได้จัดลำดับไว้ จากนั้นจัดตั้งระบบเบื้องต้นสำหรับการพิจารณาปฏิบัติการเชิงแก้ไข
5. จัดทำเอกสารแสดงผล

ซึ่งในขั้นตอนของการประเมินผลของข้อบกพร่องนั้น จะมีการให้คะแนนตามหัวข้อการประเมิน ดังนี้

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

หลังจากนั้นจะนำคะแนนของทั้งสามหัวข้อในการประเมินมาคูณกันเพื่อหาคะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่อง โดยคะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่องที่ได้จะนำมาตัดสินใจถึงความสำคัญของข้อบกพร่องนั้น และเลือกนำข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมาทำการพัฒนาปรับปรุง

สำหรับในงานวิจัยนี้ การวิเคราะห์แบบโดยการประเมินของกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบ ในหัวข้อการประเมินเรื่องโอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น (O=Occurrence) และการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (D=Detect) ค่อนข้างทำได้ยาก เพราะมีการเปลี่ยนแบบใหม่ทำให้ไม่มีข้อมูลเก่าอ้างอิง และการประเมินในสองหัวข้อดังกล่าวนั้นเป็นการคาดการจากแบบ หากจะนำกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบมาใช้นั้นจึงค่อนข้างทำได้ยากหรือจะสามารถประเมินได้ในเฉพาะส่วนของภาวะความรุนแรงของผลกระทบเท่านั้น อีกประการหนึ่งคือ การออกแบบครั้งนี้เป็นการแก้ไขแบบในบางส่วนเท่านั้น ไม่ได้เป็นการคิดแบบใหม่ทั้งหมด ดังนั้นส่วนที่จะต้องทำการวิเคราะห์นั้นจึงมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจที่จะทำการแก้ไขในทุกๆ เรื่องหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยมีการประชุมเพื่อหาคุณสมบัติหรือหัวข้อในการวิเคราะห์แบบ ซึ่งหัวข้อในการวิเคราะห์แบบที่ได้นั้นมาจากสิ่งที่ใช้วัดความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดในหัวข้อ 5.6 แต่จะถูกเลือกมาใช้ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์แบบในขั้นตอนนี้รวมกับหัวข้อที่เพิ่มขึ้นในเรื่องของการประกอบเพื่อให้แน่ใจถึงความสะดวกในการประกอบที่ยังอาจมองข้ามไป ซึ่งงานวิจัยนี้จะไม่ทำการให้คะแนนเนื่องจากเหตุผลข้างต้น และหัวข้อที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบที่ได้ คือ

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

ส่วนหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน คือ

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

โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกการวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วนเพราะจะทำให้สามารถวิเคราะห์แบบได้ละเอียด อีกทั้งเหมาะสมกับหัวข้อที่ถูกเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์แบบข้างต้น โดยงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ที่ชิ้นส่วนที่ทำการปรับปรุงแก้ไขเป็นหลัก ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนในแต่ละหัวข้อในการวิเคราะห์ โดยหาข้อบกพร่องที่เกิด ผลกระทบที่เกิดขึ้น และหาแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในแต่ข้อบกพร่อง 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
ตู้ส่วนบน	เป็นฐานรองเครื่องและติดตั้งอุปกรณ์	ความปลอดภัย	ขอบเป็นเหลี่ยม	อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน	ทำให้ขอบโค้งมน
คานผนึกด้านบน	ติดตั้งปากผนึกและช่วยในการผนึก	ความแข็งแรง	บางเกินไป	อาจหักหรือบิดงอได้ อันเกิดจากการกดบ่อยๆ และหน้าสัมผัสกับปากผนึกโค้งงอ	เพิ่มความหนาของคานผนึกด้านบน
			รอยต่อเชื่อมไม่แข็งแรง	ทำให้เกิดการบิดงอได้ง่าย	เพิ่มหูช้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่สัมผัสปากผนึก
ตัวช่วยปรับองศาการผนึก	ปรับองศาปากผนึก	การใช้งาน	รูเจาะสำหรับปรับองศาอยู่ห่างกัน	การปรับองศาได้ไม่ละเอียด	เปลี่ยนจากรูเป็นช่องยาว

5.8.2 การปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง

จากการวิเคราะห์แบบในตารางที่ 5.9 ทำให้เห็นถึงข้อบกพร่อง ผลกระทบและแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องในชิ้นส่วนต่างๆ ที่มาจากการออกแบบ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ไขแบบเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบโดยทำการปรับปรุงแบบทีละชิ้นส่วนที่มีข้อบกพร่องตามแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องที่มีการประชุมและเสนอเป็นแนวทางแก้ไขในตารางที่ 5.9 ซึ่งการแก้ไขแบบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

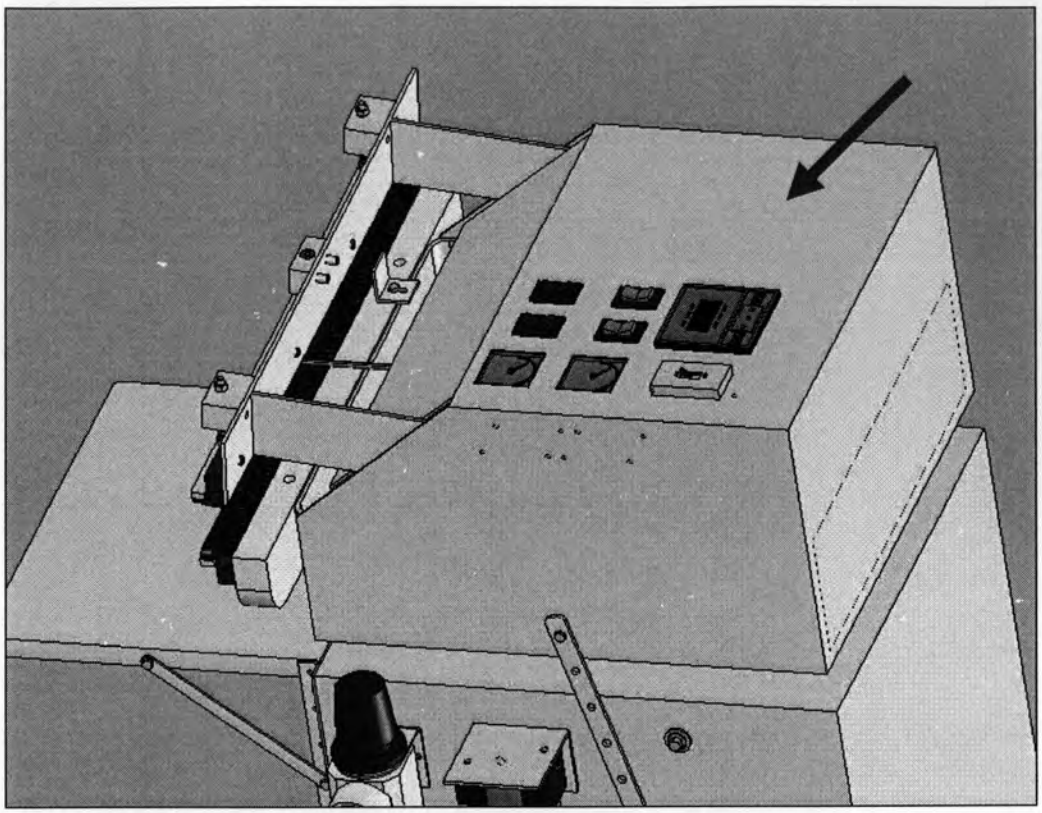
5.8.2.1 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

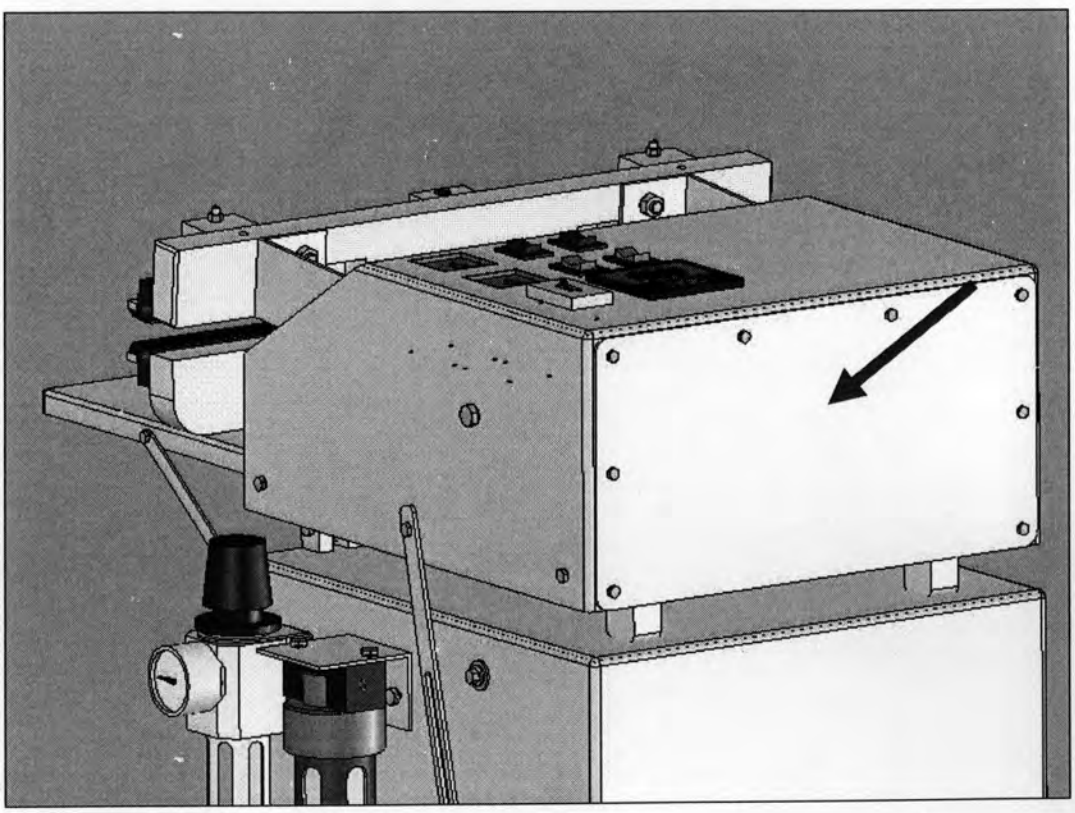
1. **ต้นทุน (ค่าวัสดุ)** โดยปกติฝาครอบด้านบนนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องผนึกแบบปัจจุบันจะใช้ฝาบนทำหน้าที่ช่วยในการผนึกด้วยทำให้ต้องใช้ความแข็งแรงของฝาบนเป็นอย่างมาก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านบนที่แปลงมาจากฝาบนไม่จำเป็นต้องใช้ช่วยในการผนึกจึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

2. **ความปลอดภัย** ฝาครอบด้านบนที่ออกแบบนั้นมีเหลี่ยมมุมมากจึงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ง่าย จึงมีการปรับปรุงแบบใหม่ให้ขอบต่างๆ มีความโค้งมนมากขึ้นเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

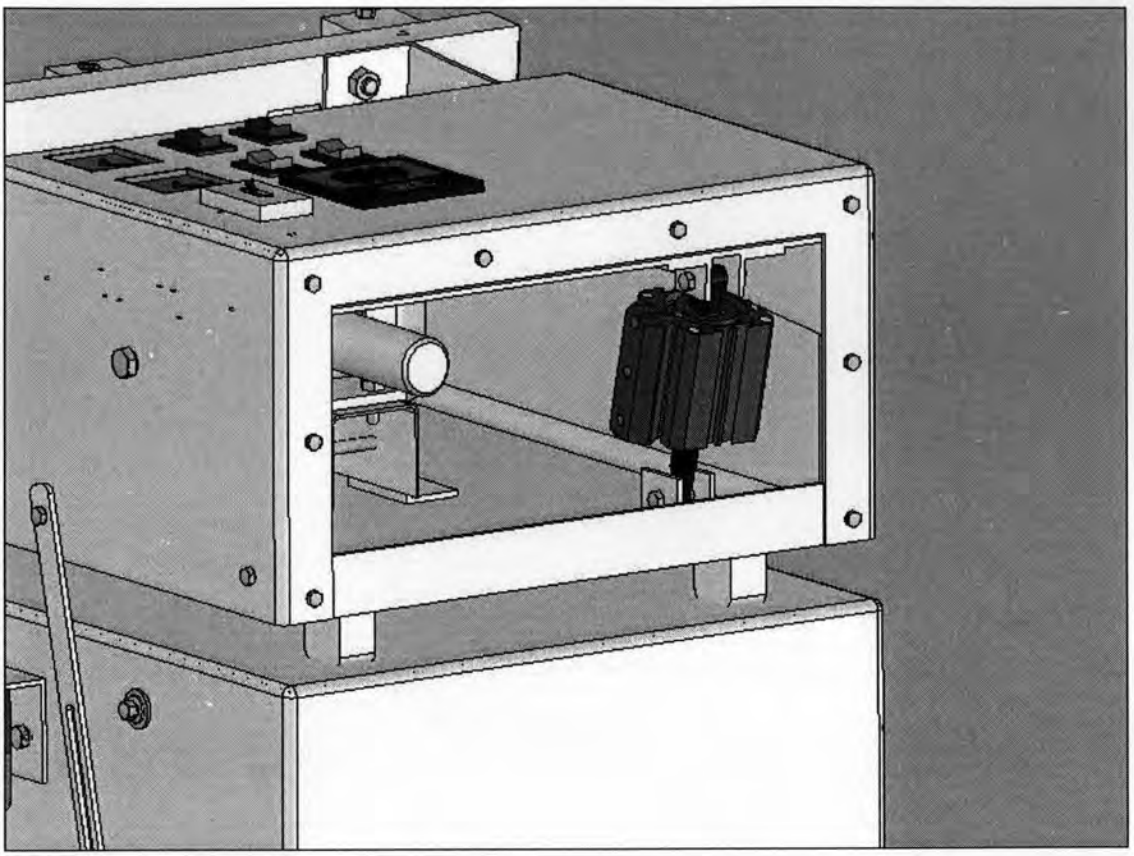
3. **การประกอบ** แบบฝาครอบด้านบนที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านบนโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น



รูปที่ 5.20 แสดงภาพฝาบนก่อนทำการปรับปรุงแบบก่อนการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.21 แสดงรูปฝาครอบด้านบนจากการปรับปรุงแบบหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.22 แสดงช่องด้านหลังเพื่อใช้แก้ข้อบกพร่องในการประกอบและการบำรุงรักษาหลังการปรับปรุงแบบจากการวิเคราะห์แบบ

5.8.2.2 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านล่าง

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

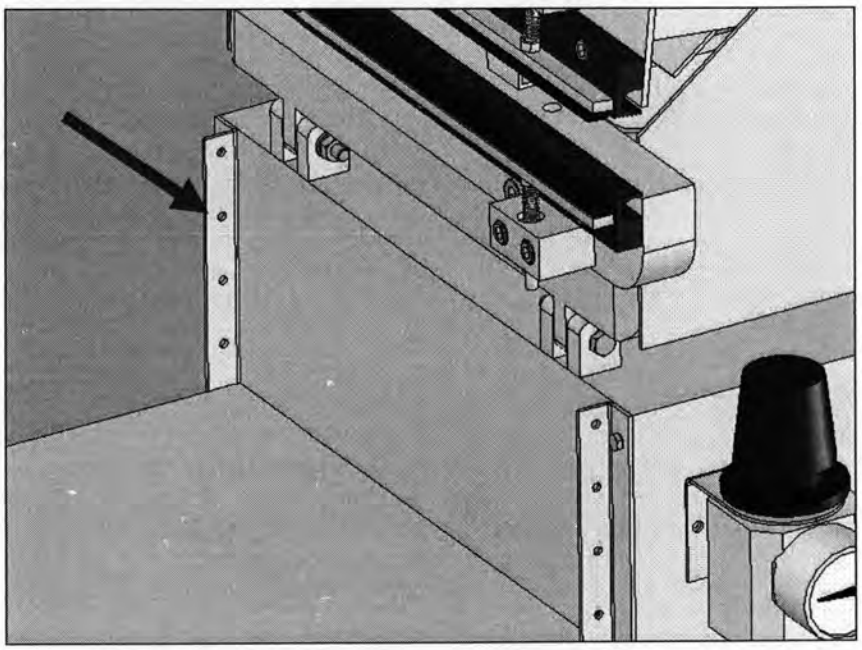
1. ต้นทุน (ค่าวัสดุ) โดยปกติฝาครอบด้านล่างนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องผนึกแบบปัจจุบันจะเน้นความแข็งแรงเป็นหลัก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านล่างที่แปลงมาจากฝาล่างไม่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงมากเพราะมีหน้าที่เพียงปิดเครื่องส่วนล่าง ติดตั้งอุปกรณ์เท่านั้น จึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

2. การบำรุงรักษา แบบเครื่องที่ออกแบบจากแนวคิดก่อนการวิเคราะห์แบบนั้นมองข้ามเรื่องการบำรุงรักษาไป ทำให้แบบเครื่องที่ออกมามีการบำรุงรักษายากเนื่องจากไม่มีช่องทางในการทำความสะอาดและบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในเลย ดังนั้นการวิเคราะห์แบบมีส่วนช่วยในการทบทวนในสิ่งที่ยังบกพร่องอยู่ได้ ซึ่งการแก้ไขนั้นจะทำการปรับปรุงแบบให้มีช่องว่างด้านหลังให้สามารถบำรุงรักษาเครื่องได้อย่างทั่วถึง ซึ่งการเจาะช่องด้านหลังนี้ ต้องพิจารณาปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนควบคู่กันไป

3. การประกอบ แบบฝาครอบด้านล่างที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านล่างโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น ซึ่งมีการพิจารณาการปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนและการบำรุงรักษาของฝาครอบด้านล่าง

5.8.2.3 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับระดับความสูงของถาด

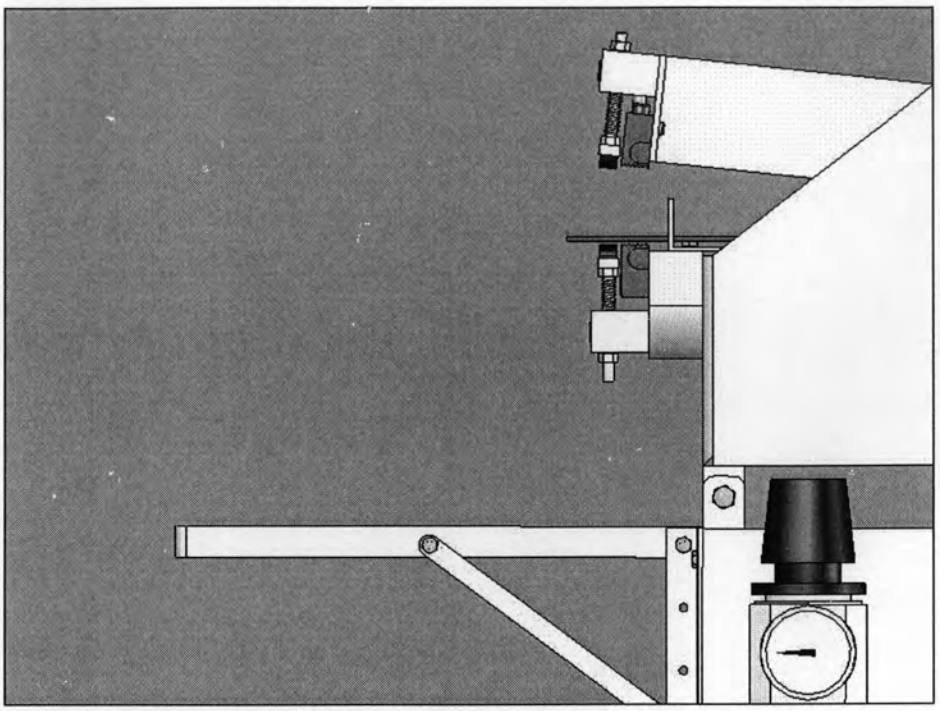
มีการแก้ไขข้อบกพร่อง ในเรื่องของความปลอดภัย ซึ่งมีเหลี่ยมมุม อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มาทำการผนึกฉีกขาด มีแนวทางในการแก้ไขโดยทำขอบที่มีเหลี่ยมมุมให้โค้งมน



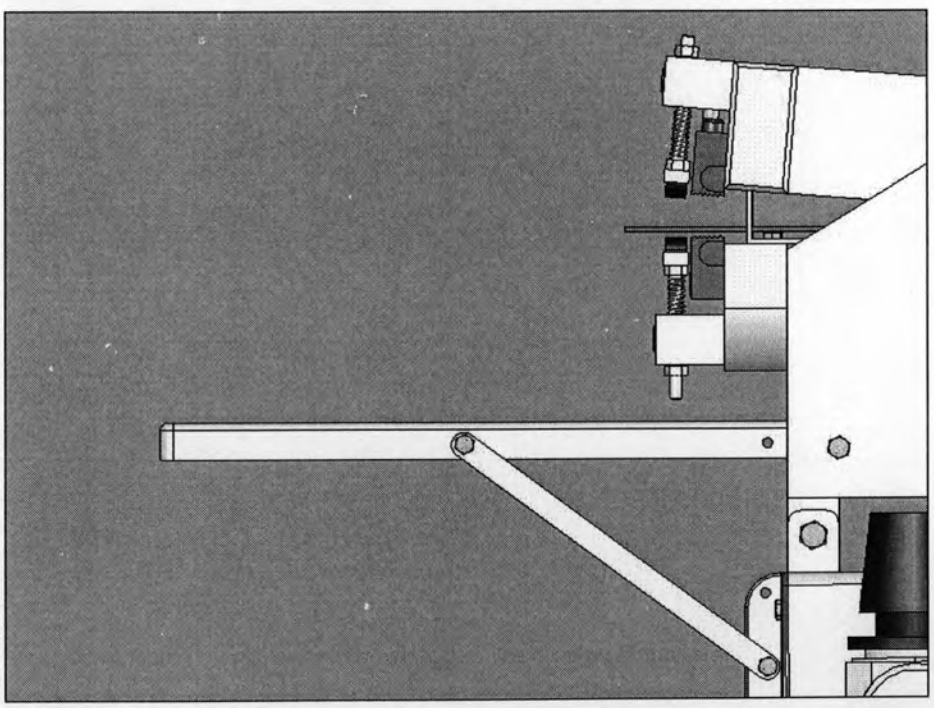
รูปที่ 5.23 แสดงข้อบกพร่องของตัวช่วยปรับระดับความสูงถาดวางก่อนการวิเคราะห์แบบ

5.8.2.4 การปรับปรุงแบบถาดวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก

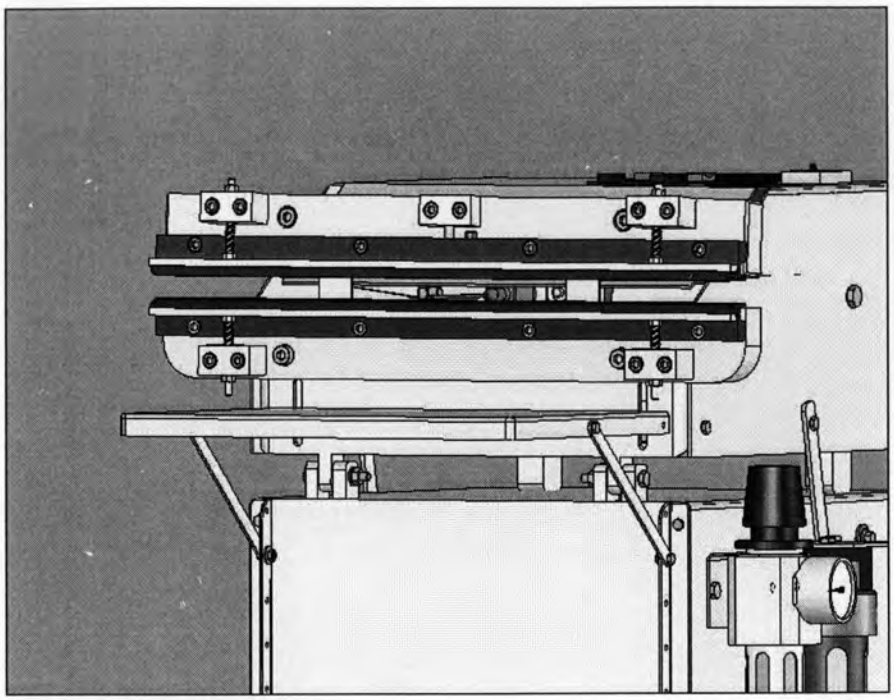
มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของการใช้งาน เนื่องจากแบบที่วิเคราะห์นั้นมีความสูงของถาดอยู่ต่ำจากปากผนึกเกินไป ทำให้เวลาวางผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถใช้ถาดรองรับผลิตภัณฑ์นั้นได้ จึงได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องโดยปรับปรุงแบบให้มีขนาดความสูงของถาดอยู่ใกล้กับปากผนึกมากยิ่งขึ้น ให้สามารถรองรับผลิตภัณฑ์ระหว่างผนึกได้เหมาะสมกว่าเดิมอีก ทั้งยังสามารถปรับระดับความสูงได้อีกด้วย



รูปที่ 5.24 แสดงข้อบกพร่องเรื่องความสูงของถาดวางผลิตภัณฑ์ก่อนการวิเคราะห์แบบ



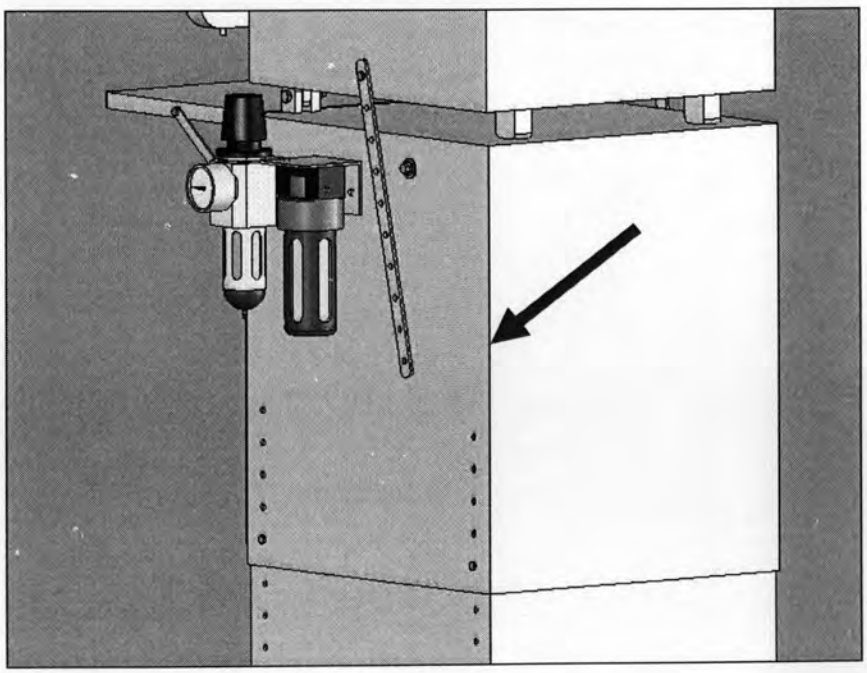
รูปที่ 5.25 แสดงภาพด้านข้างการปรับปรุงแบบถาดวางในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ



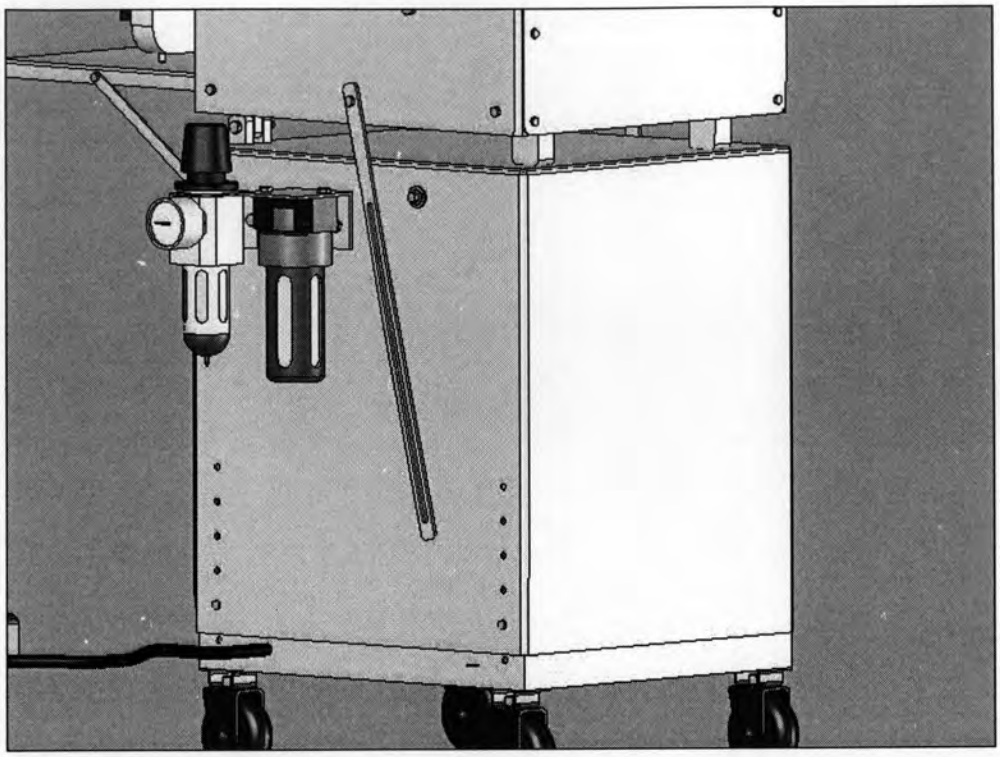
รูปที่ 5.26 แสดงการปรับปรุงแบบถาดวางในข้อบกพร่องเรื่องการใช้งานหลังการวิเคราะห์แบบ

5.8.2.5 การปรับปรุงแบบตู้ส่วนบน

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งตู้ส่วนบนที่ออกแบบจากแนวคิดนั้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมาก ทำให้อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องโดย ทำขอบต่างๆ ของตู้ส่วนบนให้โค้งมน



รูปที่ 5.27 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัยของตู้ส่วนบนก่อนการวิเคราะห์แบบ

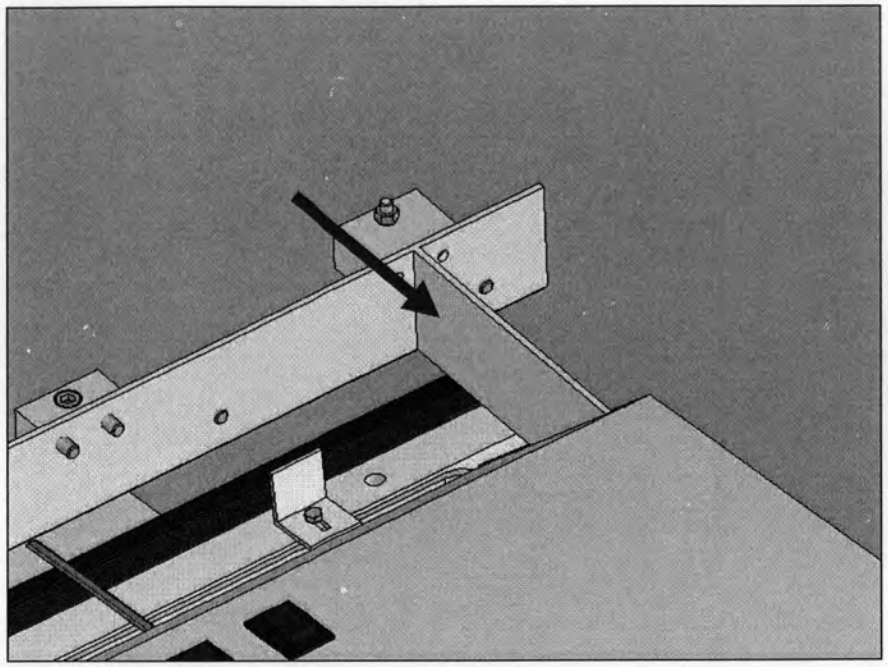


รูปที่ 5.28 แสดงการปรับปรุงตู้ส่วนบนในข้อบกพร่องเรื่องความปลอดภัยหลังการวิเคราะห์แบบ

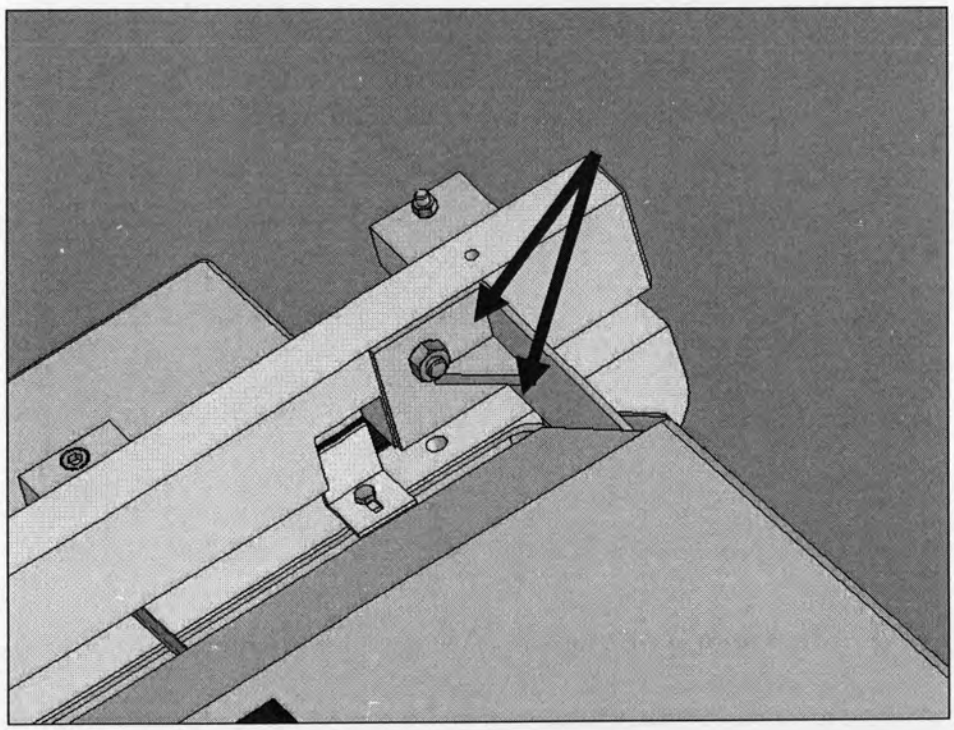
5.8.2.6 การปรับปรุงแบบคานผนึกด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของความแข็งแรง ซึ่งมีสองจุดด้วยกันคือ

- **คานผนึกด้านบนบางเกินไป** เนื่องจากคานผนึกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดกำหนดให้มีความหนาเท่ากับฝาบนของแบบเครื่องปัจจุบันคือ 3 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากส่วนนี้มีความสำคัญมากในการผนึก ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อไม่ให้เกิดการบิดงอจากการผนึก และต้องมีหน้าสัมผัสที่เรียบเพื่อให้ปากผนึกที่มาติดตั้งไม่บิดตาม ดังนั้นจึงเพิ่มขนาดเหล็กโดยแบ่งคานนี้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นหน้าที่ใช้สำหรับติดตั้งปากผนึกให้มีความหน้า 10 มิลลิเมตร และส่วนที่เป็นขาเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของคานเป็น 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.29 แสดงข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานผนึกก่อนการวิเคราะห์แบบ

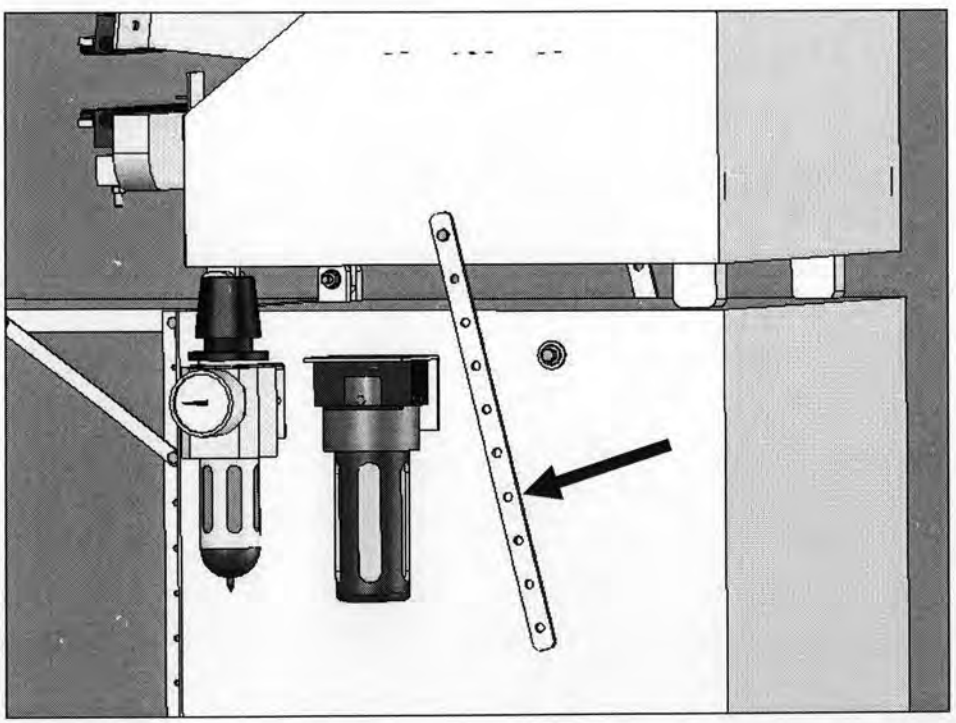


รูปที่ 5.30 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความแข็งแรงของคานผนึกหลังการวิเคราะห์แบบ

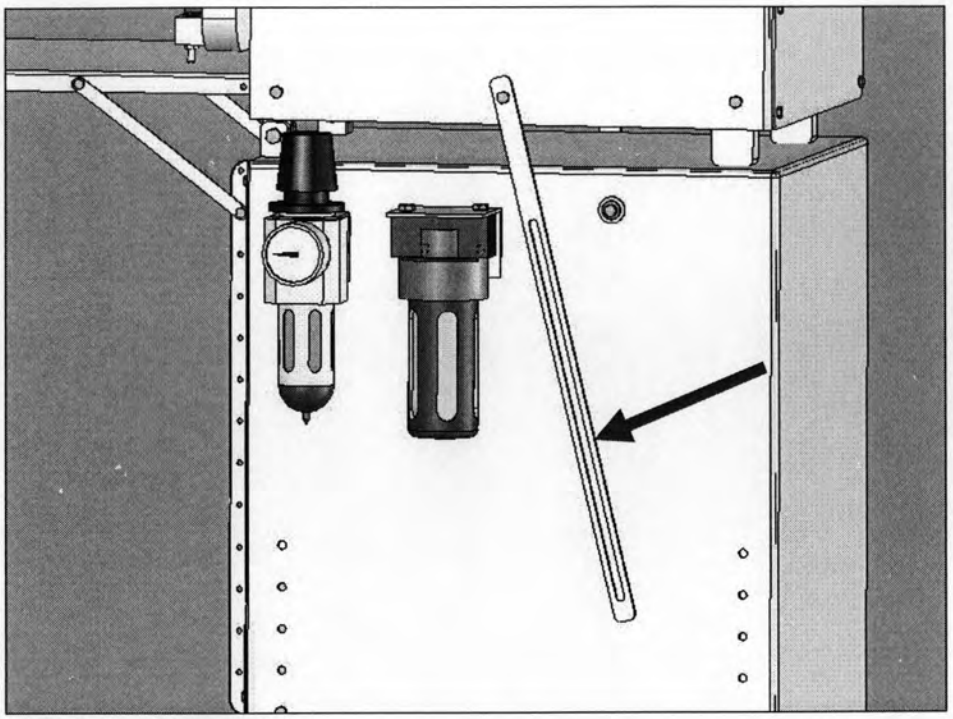
- **รอยต่อเชื่อมของคานผนึกด้านบนไม่แข็งแรง** เนื่องจากคานผนึกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมองข้ามเรื่องความแข็งแรงของรอยเชื่อมในส่วนนี้ แต่จากการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความไม่แข็งแรงเนื่องจากคานผนึกใช้เหล็กขนาดบางเกินไปและได้มีการออกแบบใหม่ให้มีสองส่วน ทำให้มองเรื่องแนวเชื่อมที่ไม่แข็งแรงของนั้นถูกนำมาใช้เพิ่มเติมในส่วนของขาของคานผนึกด้านบน โดยจะทำการเพิ่มหูช้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสกับอุปกรณ์อื่น

5.8.2.7 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับองศาการผนึก

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งาน เนื่องจากตัวช่วยปรับองศาการผนึกจากแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมีความห่างของช่องสำหรับปรับองศาช่องละ 5 เซนติเมตร ทำให้ปรับองศาได้ไม่ละเอียด เพื่อเพิ่มความละเอียดในการใช้งานและเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับองศาของปากผนึกได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องนี้ โดย เปลี่ยนความห่างของรูที่เจาะเพื่อปรับองศาการผนึก เป็นช่องยาว เพื่อให้สามารถปรับองศาได้ละเอียดมากขึ้น

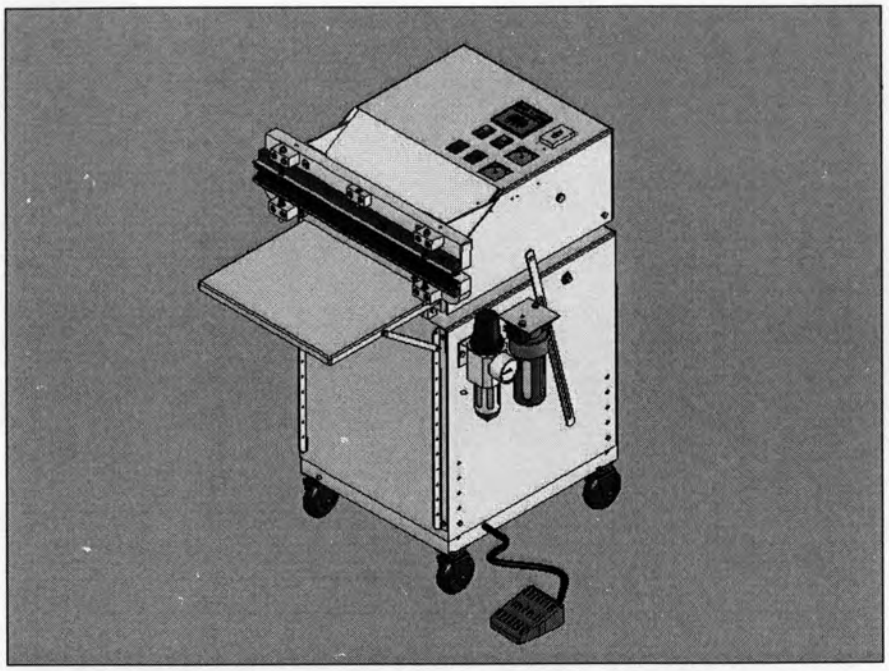


รูปที่ 5.31แสดงข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการผนึกก่อนการวิเคราะห์แบบ

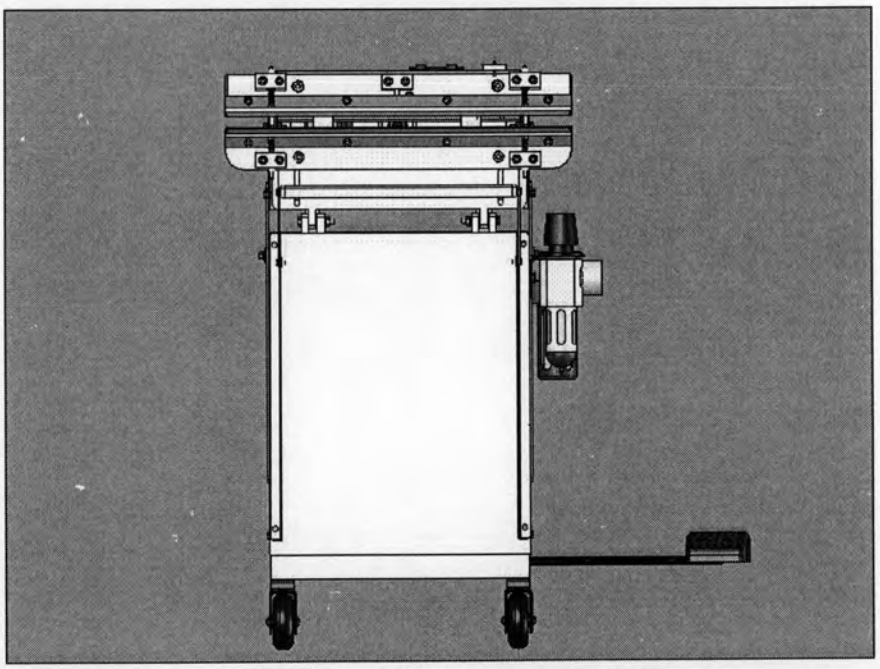


รูปที่ 5.32 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งานของตัวช่วยปรับองศาการผนึก หลังการวิเคราะห์แบบ

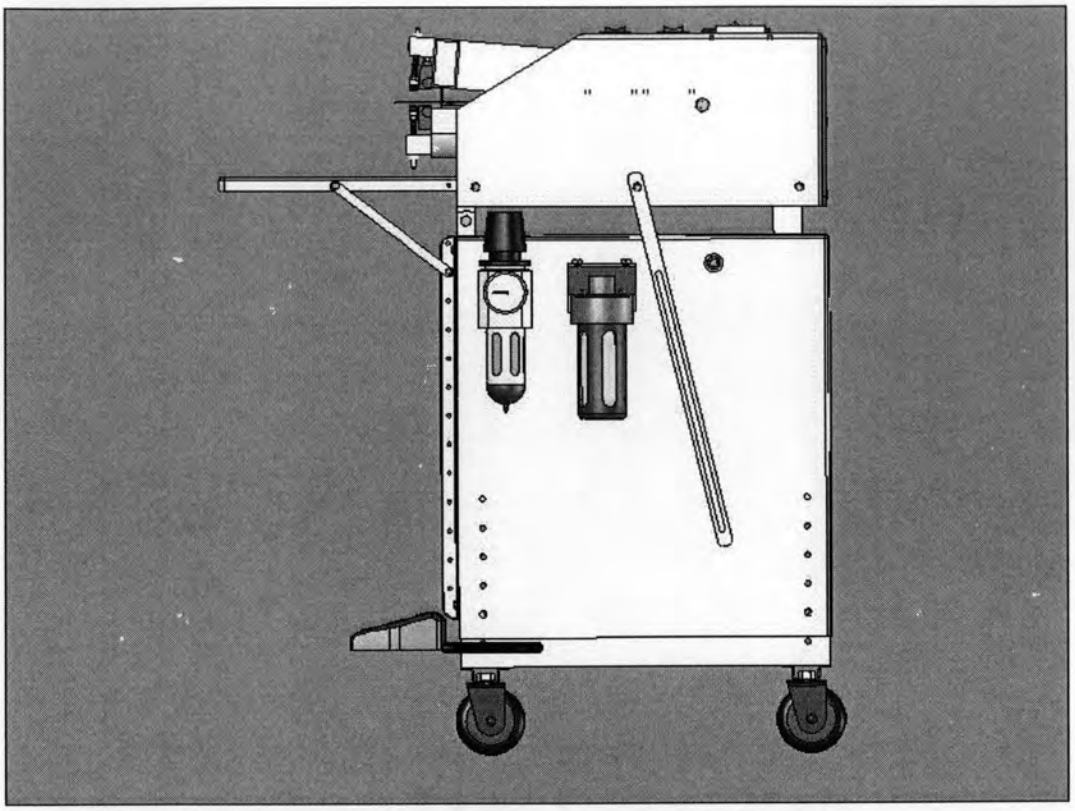
จากการวิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง สามารถนำส่วนต่างๆ ที่ได้มีการปรับปรุงเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง มาประกอบกันจนได้แบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีประสิทธิภาพในคุณสมบัติด้านต่างๆ ซึ่งแบบที่ได้นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.33 , รูปที่ 5.34 , รูปที่ 5.35 , รูปที่ 5.36 และรูปที่ 5.37



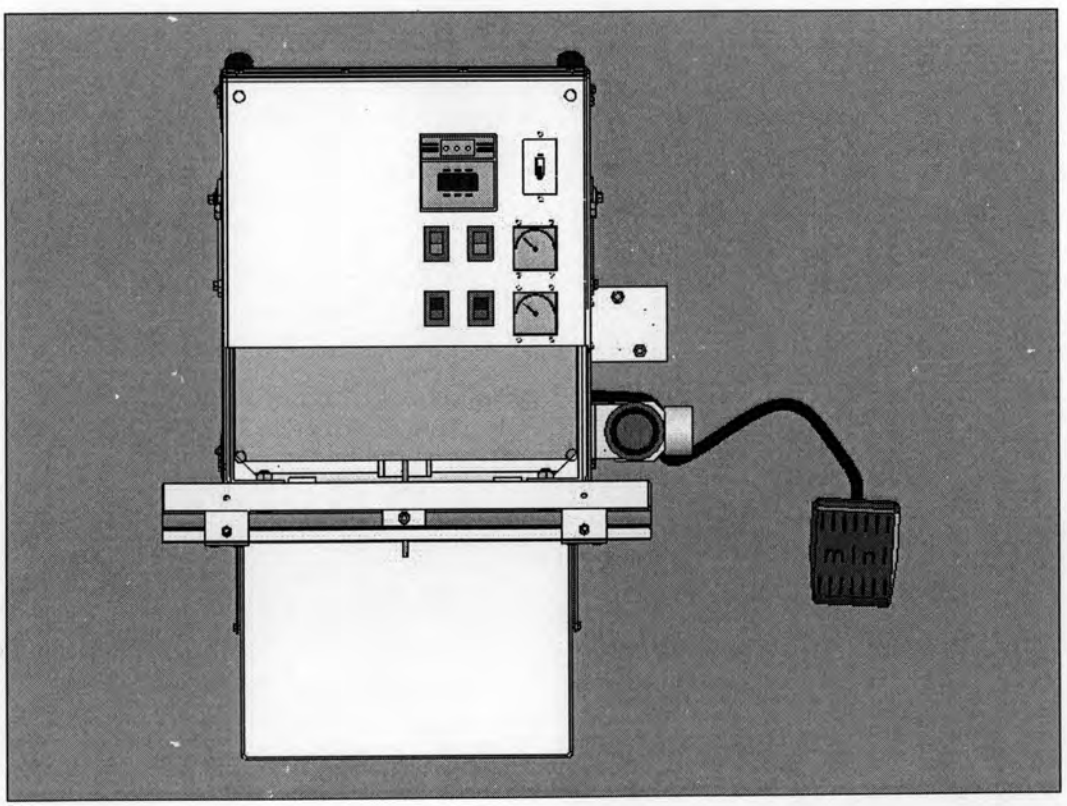
รูปที่ 5.33 แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



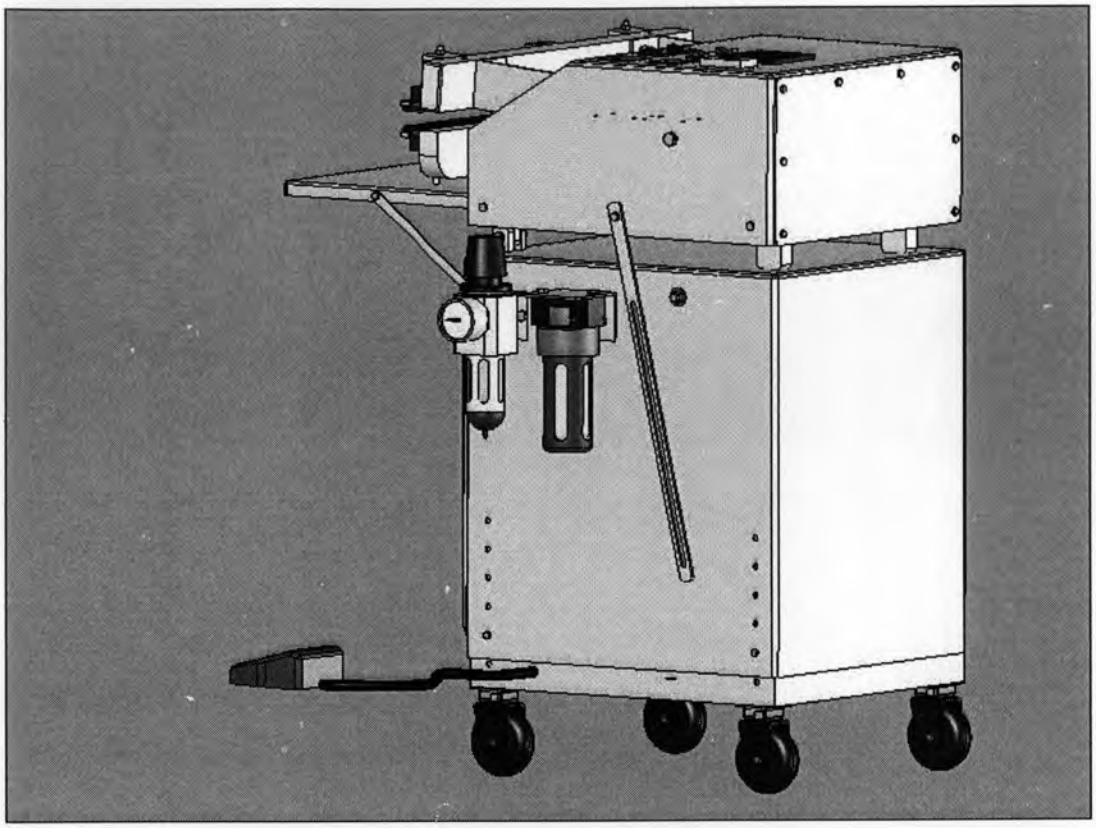
รูปที่ 5.34 แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.35 แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.36 แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 5.37 แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ

5.9 สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา

5.9.1 การสร้างแบบสอบถามระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในแบบเครื่องที่ได้พัฒนา

ภายหลังจากได้แบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้มีการพัฒนาจากความต้องการของลูกค้าและผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์แบบเรียบร้อยแล้วนั้น จึงได้มีการจัดทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถของแบบที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อวัดผลของแบบที่ได้พัฒนาว่ามีประสิทธิภาพในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพียงใดหรือสามารถแก้ไขปัญหาจากแบบเครื่องปัจจุบันได้มากน้อยเพียงใด

สำหรับการออกแบบสอบถามครั้งนี้ ได้มีการนำแบบสอบถามก่อนหน้านี้ในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในเครื่องแบบปัจจุบัน) มาทำการปรับปรุงและดัดแปลงให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งได้ตัดคำถามบางคำถามออกไปเพื่อให้แบบสอบถามมีความกระชับ รวมไปถึงต้องการสอบถามเพียงในส่วนที่เป็นคำถามเกี่ยวกับคะแนนเรื่องประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่อง จึงสามารถสร้างแบบสอบถามเพื่อวัดผล

ของแบบของเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนาดังภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา) ซึ่งจุดสำคัญของแบบสอบถามชุดนี้จะเป็นการให้คะแนนในคุณสมบัติของเครื่องในรุ่นปัจจุบัน และเครื่องที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อเปรียบเทียบคะแนนกัน โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 ในแต่ละคุณสมบัติ

5.9.2 การเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆในแบบเครื่องที่พัฒนา

สำหรับการสอบถาม เนื่องจากลูกค้าผู้ที่ได้เคยตอบแบบสอบถามในแบบสอบถามแรกนั้นค่อนข้างอยู่ไกลและขาดความสะดวกในการสื่อสารรวมไปถึงความยากในการอธิบายสิ่งที่พัฒนาจากแบบภาพที่ใส่ลงไปในแบบสอบถาม ซึ่งเป็นปัญหาจากการลองใช้แบบสอบถามในเบื้องต้น จึงได้ตัดสินใจให้กลุ่มผู้เคยใช้เครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สเป็นผู้ตอบแบบสอบถามแทนลูกค้าที่เคยตอบแบบสอบถามในชุดแรก ซึ่งสามารถตัดปัญหาเรื่องระยะทางและสามารถนำแบบที่ได้ไปอธิบายเพิ่มเติมได้โดยเปิดแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้พัฒนาจากโปรแกรมที่ใช้เขียนแบบ ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเข้าใจในแบบเครื่องที่ได้มีการพัฒนาและสามารถให้คะแนนได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ซึ่งได้มีผู้ตอบสอบถาม 13 คน โดยคะแนนที่ได้สามารถแสดงได้ในภาคผนวก ค(ข้อมูลคะแนนในคุณสมบัติต่างๆจากการประเมินระดับคุณภาพของลูกค้าหลังทำการปรับปรุงเครื่อง)

5.10 สรุปผลแบบเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ได้ทำการพัฒนา

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

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

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

ซึ่งค่าต่างๆ ที่ใช้ในตารางเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติมีความหมายดังนี้

$\tilde{\mu}_{PO}$ = ค่ามัธยฐานของคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สแบบปัจจุบัน

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

PO = คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของบริษัทกรณีศึกษา (เครื่องปัจจุบัน)

PN = คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนา

n = จำนวนข้อมูล

Di = คะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนากับค่าผลต่างของคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องผนึกสุญญากาศและเติมแก๊สของบริษัทกรณีศึกษา (เครื่องปัจจุบัน)

= PN-PO

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

ลำดับ (+) = ลำดับที่มีค่า Di เป็นบวก

ลำดับ (-) = ลำดับที่มีค่า Di เป็นลบ

T^+ = ผลบวกของ ลำดับ (+)

T^- = ผลบวกของ ลำดับ (-)

1. คุณสมบัติเรื่องความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ นั้น สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ จากแบบเครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ จากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ จากแบบเครื่องที่พัฒนา มากกว่าค่ามัธยฐานของคะแนนความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ จากแบบเครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.10 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการผนึกแนวอื่นๆ

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 คะแนนความสามารถในการผนึกแนวอื่นๆ ของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความสามารถในการผนึกแนวอื่นของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

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

2. คุณสมบัติเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องปลอดภัยขณะใช้งานนั้น สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องที่พัฒนามากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งานจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ตารางที่ 5.11 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องปลอดภัยขณะใช้งาน

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. คุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึกนั้น สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึกจากแบบเครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึกจากแบบเครื่องที่พัฒนา มากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

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 คะแนนความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึกของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะผนึกของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

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

คะแนนความสูงของรอยผนึกของเครื่องที่พัฒนามีคะแนนเพิ่มมากขึ้นกว่าเครื่องแบบปัจจุบัน $= \frac{(8.85 - 7.23)}{7.23} \times 100 = 22.41$ 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. คุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผลในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก สามารถทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามในส่วนของคุณสมบัตินี้ ได้ดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึกจากแบบเครื่องที่พัฒนา น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึกจากแบบเครื่องที่พัฒนา มากกว่า ค่ามัธยฐานของคะแนนเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึกจากแบบเครื่องปัจจุบัน

ที่ $n = 13\text{-}2 = 11$ 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 คะแนนความเหมาะสมของรอยผนึกของเครื่องที่พัฒนามากกว่าคะแนนความเหมาะสมของรอยผนึกของเครื่องปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

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

ตารางที่ 5.15 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถามในคุณสมบัติเรื่องขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก

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. ความสามารถในการผนึกในแนวอื่นๆ	38.22
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	37.16
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะผนึก	42.88
4. ความสูงของเครื่อง	22.41
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	19.36
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยผนึก	24.80
7. การมองเห็นในการใช้งาน	18.11

หมายเหตุ : ได้ทำการทดสอบทางสถิติพบว่าค่ามัธยฐานของคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่าค่ามัธยฐานของคะแนนจากเครื่องปัจจุบัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่าเครื่องปัจจุบันในทุกๆคุณสมบัติที่ได้ทำการพัฒนา ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในคุณสมบัติที่พัฒนาทั้งหมดได้

$$\text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้น} = \frac{(38.22+37.16+42.88+22.41+19.36+24.80+18.11)}{7}$$

$$= 29 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$