

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. การปรับปรุงกระบวนการประกอบเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊ส
2. การพัฒนาเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ดังนั้นจึงแบ่งการสรุปงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

6.1.1 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการประกอบเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊ส

การวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบเครื่องพ่นกัญญาอากาศและเติมแก๊สให้มีคุณภาพ สามารถแก้ปัญหาจากการประกอบเครื่องที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีผลทำให้เครื่องนั้นมีข้อบกพร่องต่างๆ โดยเริ่มทำการเก็บรวบรวมปัญหาจากการประกอบ ซึ่งมีปัญหาต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงปัญหาต่างๆ ที่พบในขั้นตอนการประกอบ

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

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

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

ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการสร้างเอกสารขึ้นเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาในการประกอบ 4 อย่างด้วยกันคือ

1. ใบตรวจสอบรับงานสั่งทำ เป็นเอกสารที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อรับงานสั่งทำ โดยมีการกำหนดจุดตรวจสอบซึ่งเป็นจุดที่อาจก่อให้เกิดปัญหาการประกอบ เครื่องมือที่ใช้ตรวจและเกณฑ์มาตรฐานของงานสั่งทำ
2. คู่มือการย่ำหางปลาและการติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ เป็นคู่มือที่ช่วยให้ผู้ประกอบเครื่องมีความรู้และเข้าใจในวิธีการย่ำหางปลาและติดตั้งหางปลาเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่ง

ถือเป็นส่วนสำคัญในการประกอบเครื่อง เพราะเป็นจุดที่มีโอกาสก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการประกอบได้ง่าย

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

4. ใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบ เป็นเอกสารที่ใช้ในระหว่างการประกอบ ควบคู่ไปกับคู่มือการทำงาน โดยใบตรวจสอบขั้นตอนในการประกอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการทำงานในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ตรงตามข้อกำหนด เป็นการป้องกันความผิดพลาดของการประกอบเครื่องและป้องกันการข้ามขั้นตอนในการประกอบ

นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างแผนคุณภาพ เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการประกอบเพิ่มขึ้น เพื่อให้เห็นถึงขั้นตอนการประกอบ และ วิธีการตรวจสอบรวมถึงการแก้ไข ปัญหาเบื้องต้นจากการประกอบ โดยในแผนคุณภาพสำหรับการประกอบนี้จะประกอบไปด้วย ขั้นตอนการดำเนินงาน รายละเอียดของงาน อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน ข้อกำหนดในการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบ เอกสารที่ใช้ และการแก้ปัญหาเบื้องต้น โดยผู้ตรวจสอบคือผู้ที่ทำการประกอบเครื่องและจะทำการตรวจสอบทุกครั้ง ที่มีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ทำให้การประกอบมีความถูกต้องตรงตามแบบและลดปัญหาจากการประกอบในส่วนต่างๆ

ซึ่งจากการแก้ปัญหาการประกอบด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้นทำให้เครื่องพนักสูญญากาศ และเติมแก๊สที่ผลิตหลังจากมีการแก้ปัญหาานั้น พบว่าไม่มีข้อบกพร่องใดๆ จากการประกอบ โดยผู้ประกอบเครื่องสามารถทำการประกอบได้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น มีแบบแผนขั้นตอนในการทำงาน และมีตรวจสอบเพื่อป้องกันความผิดพลาดในทุกขั้นตอน ทำให้เครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ผลิตได้มีคุณภาพ และช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการบริการงานซ่อมต่างๆ ภายในระยะเวลาที่อยู่ ประกัน

6.1.2 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการออกแบบเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊ส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เดิมให้มีคุณภาพหรือประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งอื่นๆ ในตลาดได้ โดยจะนำเครื่องมือ และหลักการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการพัฒนาเครื่องพนักสูญญากาศและเติมแก๊สนี้ และจัดทำขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรอื่นๆ ที่มีลักษณะของเครื่องจักรที่คล้ายคลึงกับเครื่องพนักสูญญากาศ

และเติมแก๊สนี้ และต้องการที่จะเลือกปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรนั้นๆ เฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ โดยยังคงพื้นฐานเดิมของเครื่องไว้ ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุงเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สดังนี้

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

สำหรับการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการเดินทางเข้าไปสัมภาษณ์จากผู้ใช้งานได้โดยตรงเพราะผู้ใช้งานเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สกระจายตัวอยู่ทุกๆ ภาคของประเทศไทยและปัญหาเรื่องความถูกต้องของข้อมูลที่อยู่ของลูกค้า การเก็บข้อมูลลูกค้าโดยรวมถึงต้องการความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายน้อย จึงได้เลือกวิธีการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เป็นหลัก รวมทั้งวิธีการสัมภาษณ์โดยตรงเท่าที่สามารถจะทำได้ และการส่งแบบสอบถามทางอีเมลล์เพื่อเพิ่มช่องทางในการสัมภาษณ์และความสะดวกให้กับผู้รับการสัมภาษณ์อีกทางหนึ่ง โดยสอบถามลูกค้าที่มีข้อมูลติดต่อได้รวมทั้งหมด 22 ราย จากจำนวนลูกค้าทั้งหมด 50 ราย ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ 11 ราย พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนเท่ากับ 0.54

2. หาคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาคุณสมบัติของเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาโดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ ซึ่งคะแนนที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้มาจากคะแนนระดับคุณภาพและความคาดหวังของคุณสมบัติต่างๆ จากลูกค้า และคะแนนในแต่ละคุณสมบัติของกลุ่ม มาใช้ในการพิจารณาเลือกคุณสมบัติที่ควรได้รับการพัฒนา

โดยใช้ตารางการหาคุณสมบัติของเครื่องฝึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่ควรพัฒนาปรับปรุง ซึ่งพิจารณาเลือกคุณสมบัติจากคะแนนความสำคัญรวมซึ่งมาจากผลรวมของคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามจากลูกค้ากับคะแนนที่เป็นอัตราส่วนระหว่างคะแนนความสามารถของเครื่องของบริษัทคู่แข่งอื่นๆ ที่มีคะแนนสูงที่สุดในแต่ละคุณสมบัติกับคะแนน

ของบริษัทกรณีศึกษา โดยคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามจากลูกค้านี้มาจากอัตราส่วนระหว่างคะแนนความคาดหวังกับคะแนนระดับการรับรู้ของลูกค้าในคุณสมบัติต่างๆ

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

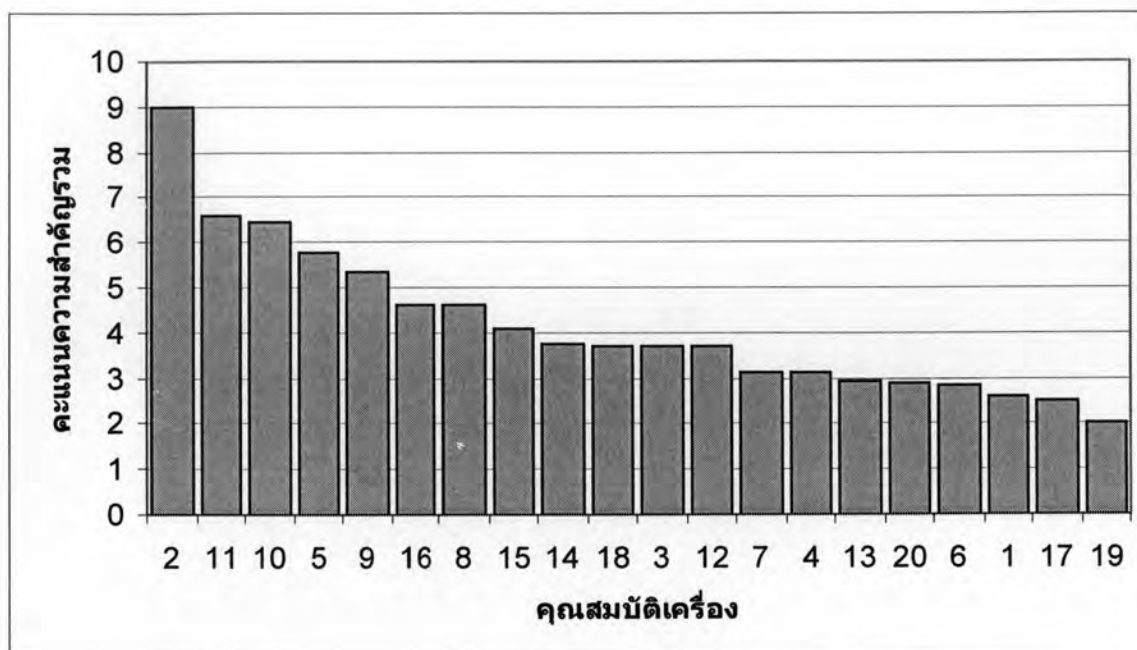
โดย E_{ij} = คะแนนระดับความคาดหวังของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

P_{ij} = คะแนนระดับการรับรู้ของลูกค้า i ในคุณสมบัติของเครื่อง j

n_j = จำนวนของลูกค้า

แต่คะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามข้างต้น ไม่สามารถใช้ได้ทันที จำเป็นต้องมีการแปลงคะแนนความสำคัญเพื่อให้เหมาะสมในการวิจัย เพราะคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามนั้นมีช่วงคะแนนที่ค่อนข้างแคบและน้อยกว่าคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่งอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำไปใช้กับคะแนนที่มาจากการประเมินในด้านคู่แข่ง ทำให้มีความจำเป็นต้องแปลงค่าคะแนนความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถาม ให้มีคะแนนในช่วง 1-5 เช่นเดียวกับคะแนนที่ใช้ประเมินในด้านคู่แข่งเพื่อความเหมาะสม

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



รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงลำดับของคะแนนความสำคัญรวม

โดยคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนามีดังนี้

	คะแนนผลรวม
1. ความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ	9.00
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	6.57
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะฝึก	6.45
4. ความสูงของเครื่อง	5.79
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	5.31
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยฝึก	4.64
7. การมองเห็นในการใช้งาน	4.63

3. หาชิ้นส่วนของเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อหาชิ้นส่วนของเครื่องฝึก สูญญากาศและเติมแก๊สที่ควรได้รับการพัฒนาที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเครื่องที่ควรได้รับการพัฒนากับชิ้นส่วนของเครื่องทั้งหมด โดยความสัมพันธ์นี้เป็นความสัมพันธ์ที่ชี้ให้เห็นว่าชิ้นส่วนใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ แล้วทำการเลือกชิ้นส่วนเหล่านั้นมาทำการพัฒนาปรับปรุง

ได้ดังนี้

สามารถสรุปชิ้นส่วนของเครื่องที่มีผลกับแต่ละคุณสมบัติที่ควรได้รับการพัฒนา

- 3.1 ความสามารถในการฉีกในแนวอื่น ๆ ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ตู้
- 3.2 ความสูงของเครื่อง ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ตู้
- 3.3 การมองเห็นในการใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากฉีกบนล่าง
- 3.4 ลักษณะท่าทางในการใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากฉีกบนล่าง
 - ตู้
- 3.5 ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฉีก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ตู้
- 3.6 ความปลอดภัยขณะใช้งาน ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดหนีบ ประกอบด้วย ยางเส้น สปริง ตัวหนีบบน ตัวหนีบล่าง
 - ชุดฝาบนฝาล่างตู้
 - ชุดปากฉีกบนล่าง
- 3.7 ขนาดความเหมาะสมของรอยฉีก ชิ้นส่วนที่มีผลต่อคุณสมบัติเครื่องนี้คือ
 - ชุดปากฉีกบนล่าง

4. หาแนวคิดในการออกแบบเครื่อง เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการต่างๆในการพัฒนาเครื่องจากคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่เลือกมา กับชิ้นส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านนั้นๆ โดยใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเข้ามาช่วยหาแนวคิดในการพัฒนา ซึ่งจะได้แนวคิดต่างๆ ในการพัฒนาหรือปรับปรุงชิ้นส่วนในคุณสมบัติด้านต่างๆ

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

แก้ปัญหาของคุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้กับพัฒนาเครื่องนี้เข้าไปอีกด้วย โดยมีแนวคิดของการมองเพื่อแก้ไข ปรับปรุงชิ้นส่วนเป็นลำดับ โดยเริ่มมองการแก้ปัญหาจาก

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

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

4.1 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสามารถในการฝึกในแนวอื่นๆ

แนวคิดที่ 1 ทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้ โดยเปลี่ยนจากชุดฝาบนฝาล่างที่อยู่กับตู้ให้มีการเคลื่อนไหวและสามารถเปลี่ยนองศาในการฝึกได้

แนวคิดที่ 2 เปลี่ยนจากตู้เป็นฐานรองชุดฝาบนฝาล่างแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา โดยเปลี่ยนฐานรองเป็นแบบเสาที่มีจุดหมุนด้านบนซึ่งทำให้ฝาบนฝาล่างเปลี่ยนองศาการฝึกได้

4.2 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องของความสูงของเครื่อง

แนวคิดที่ 1 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงลดลงมากที่สุด เพื่อให้สามารถไปตั้งบนที่รองรับอื่นๆ ได้ตามต้องการ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 2 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงผู้ให้ มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีความตามหลักการยศาสตร์ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับ ความสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 3 ปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและเปลี่ยนผู้เป็น ฐานรองแบบอื่นๆ เช่น แบบเสา ที่สามารถปรับความสูงได้ โดยทำให้สามารถเปลี่ยนระดับความสูง ให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

4.3 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องการมองเห็นในการใช้งาน

แนวคิดที่ 1 ปรับฝาบนและฝาล่างให้มีระยะห่างของปากฉีกบนและล่าง ให้ห่างกันมากขึ้น และเจาะช่องด้านบนของฝาบนเพื่อให้แสงจากด้านบนผ่านได้

แนวคิดที่ 2 แยกปากฉีกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปาก ฉีกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนให้แสงจากด้านบนผ่านได้

4.4 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องลักษณะท่าทางในการใช้งาน

วิธีในการปรับปรุงเครื่องในคุณสมบัตินี้จะเกี่ยวข้องกับปรับปรุงความ สูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยจะต้องมีการปรับเปลี่ยนความสูงให้เหมาะสมกับการ ทำงานทั้งท่าขึ้นและท่าลงในกรณี อีกทั้งยังต้องสามารถมองเห็นระหว่างฉีกได้ดีอีกด้วย ซึ่ง แนวคิดในการแก้ปัญหาในเรื่องนี้จะนำไปมีส่วนในการสร้างแนวคิดในเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน โดยแนวคิดของการปรับปรุงเครื่องในเรื่องนี้จะคล้ายตามแนวคิด เรื่องความสูงของเครื่องและการมองเห็นในการใช้งาน

4.5 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฉีก

แนวคิดที่ 1 ทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

4.6 แนวคิดการปรับปรุงเครื่องในเรื่องความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

แนวคิดที่ 1 ทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากฉีกเคลื่อนที่

แนวคิดที่ 2 ทำให้ช่องว่างด้านหลังลดลงให้แคบที่สุดหรือไม่ทำให้อวัยวะ ส่วนหนึ่งส่วนใดเข้าไปได้

ด้านหน้าเครื่อง

แนวคิดที่ 1 ทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อ ทำการฉีก โดยจะไม่ทำให้อวัยวะเข้าไปลึกจนเกินไป

4.7 ขนาดความเหมาะสมของรอยผืนึก

แนวคิดที่ 1 สร้างปากผืนึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

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

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

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

ใช้งาน

ทำการประชุมให้คะแนนในแต่ละแนวคิดและกำหนดเกณฑ์คะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดย คะแนนน้อย แสดงถึงแนวคิดนั้นยังไม่สามารถตอบสนองหรือยังขาดความสามารถในด้านที่ใช้วัด ส่วน คะแนนมาก แสดงถึงแนวคิดนั้นสามารถตอบสนองหรือมีความสามารถในด้านที่ใช้วัดในแต่ละเรื่องได้ดี โดยความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดจะดูจากคะแนนรวมของคะแนนของตัวที่ใช้วัดในแต่ละแนวคิด หากแนวคิดใดในแต่ละคุณสมบัติมีคะแนนมากที่สุดจะถูกเลือกมาใช้ในการปรับปรุงเครื่อง ดังนั้นจึงทำให้สามารถเลือกแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องในแต่ละคุณสมบัติได้ดังนี้

1. ความสามารถในการฉีกในแนวอื่นๆ

แนวคิดที่เลือก คือทำจุดหมุนด้านหน้าระหว่างฝาบนฝาล่าง กับตู้

2. ความสูงของเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือปรับปรุงชุดฝาบนฝาล่างให้มีความสูงลดลงและปรับปรุงตู้ให้มีขนาดความสูงเพิ่มขึ้นหรือลดลงให้มีขนาดตามหลักการยศาสตร์

3. การมองเห็นในการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก คือแยกปากฉีกออกจากฝาบนและฝาล่าง ทำการปรับปรุงปากฉีกให้มีระยะห่างมากขึ้น และลดชุดครอบด้านบนให้มีขนาดลดลงจนแสงจากด้านบนผ่านได้

4. ลักษณะท่าทางการใช้งาน

แนวคิดที่เลือก เหมือนกับเรื่องความสูงของเครื่อง และการมองเห็นในการใช้งาน ซึ่งมีการผสมเรื่องท่าทางในการใช้งานอยู่ในแนวคิดนั้นแล้ว

5. ความสะดวกในการวางชิ้นงานขณะฉีก

แนวคิดที่เลือก คือทำถาดวางผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับระดับความสูงได้

6. ความปลอดภัยขณะใช้งาน

ด้านหลังเครื่อง

แนวคิดที่เลือก คือทำฝาบนและฝาล่างให้อยู่กับที่และให้เฉพาะปากฉีก

เคลื่อนที่

ด้านหน้าเครื่อง

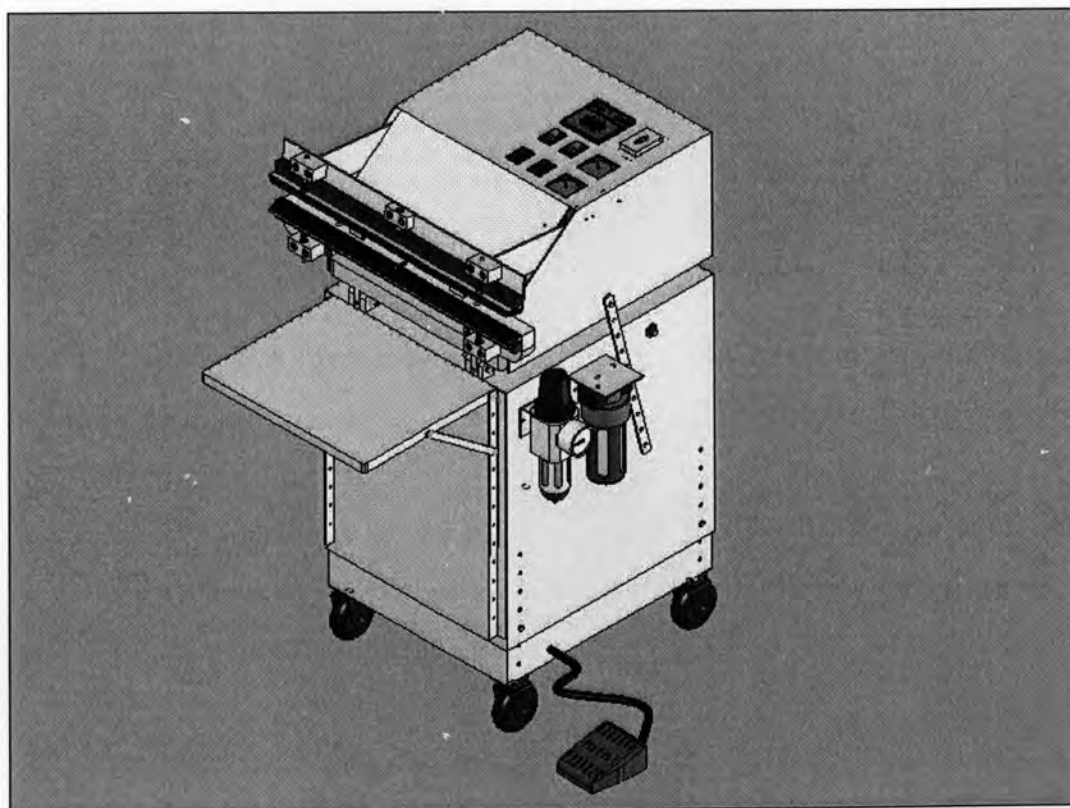
แนวคิดที่เลือก คือทำตัวกำหนดระยะ ที่ช่วยในการกำหนดระยะในการใส่ถุงเพื่อทำการพ่นึก โดยจะไม่ทำให้มือสอดเข้าไปลึกจนเกินไป

7. ขนาดความเหมาะสมของรอยพ่นึก

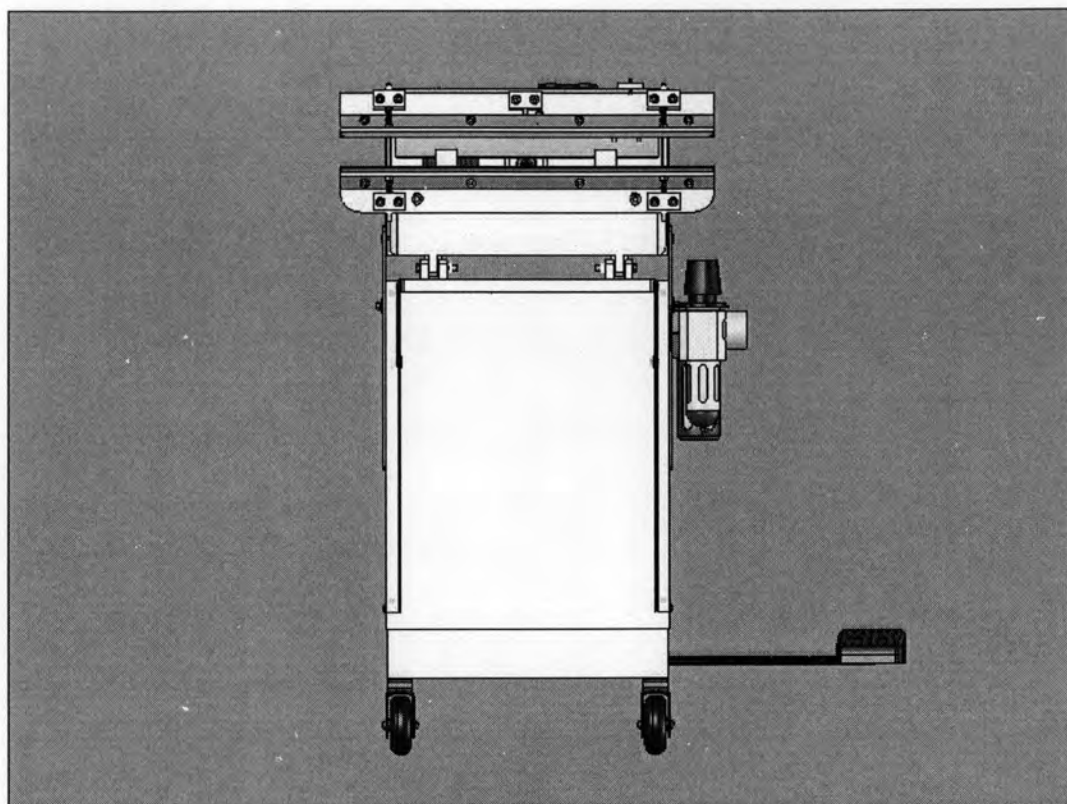
แนวคิดที่เลือก คือสั่งทำปากพ่นึกหลายๆ ขนาดเพื่อให้สามารถเลือกเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ

6. สร้างแบบจากแนวคิดที่เลือก เพื่อให้เห็นภาพหรือแบบของแนวคิดที่ถูกเลือกมาในแต่ละคุณสมบัติ และนำแบบของแนวคิดเหล่านั้นมาประกอบกันจนเป็นแบบเครื่องพ่นึกสุญญากาศและเติมแก๊สที่สมบูรณ์

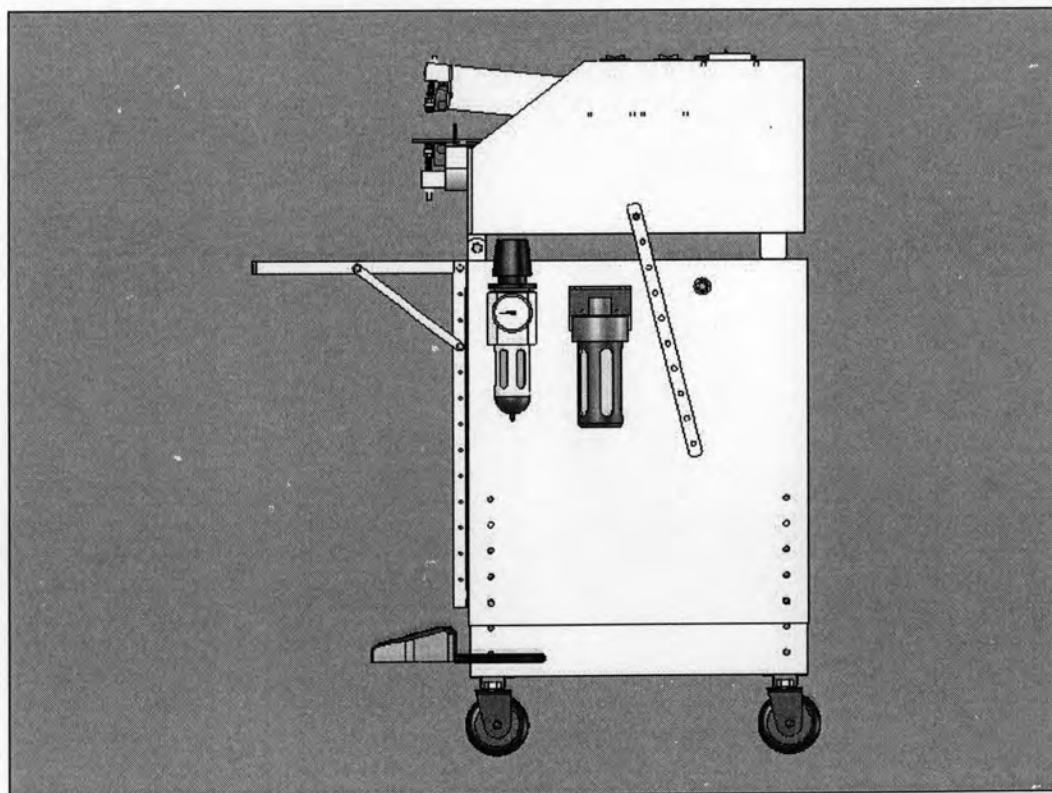
สามารถแสดงแบบที่ออกมาจากแนวคิดต่างๆ ในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้โปรแกรม Solid Works ซึ่งมีจุดเด่นในการแสดงผลแบบ 3 มิติ ทำให้สามารถเข้าใจแบบที่มาจากแนวคิดได้ดี โดยสามารถสร้างแบบภาพรวมได้ดังนี้



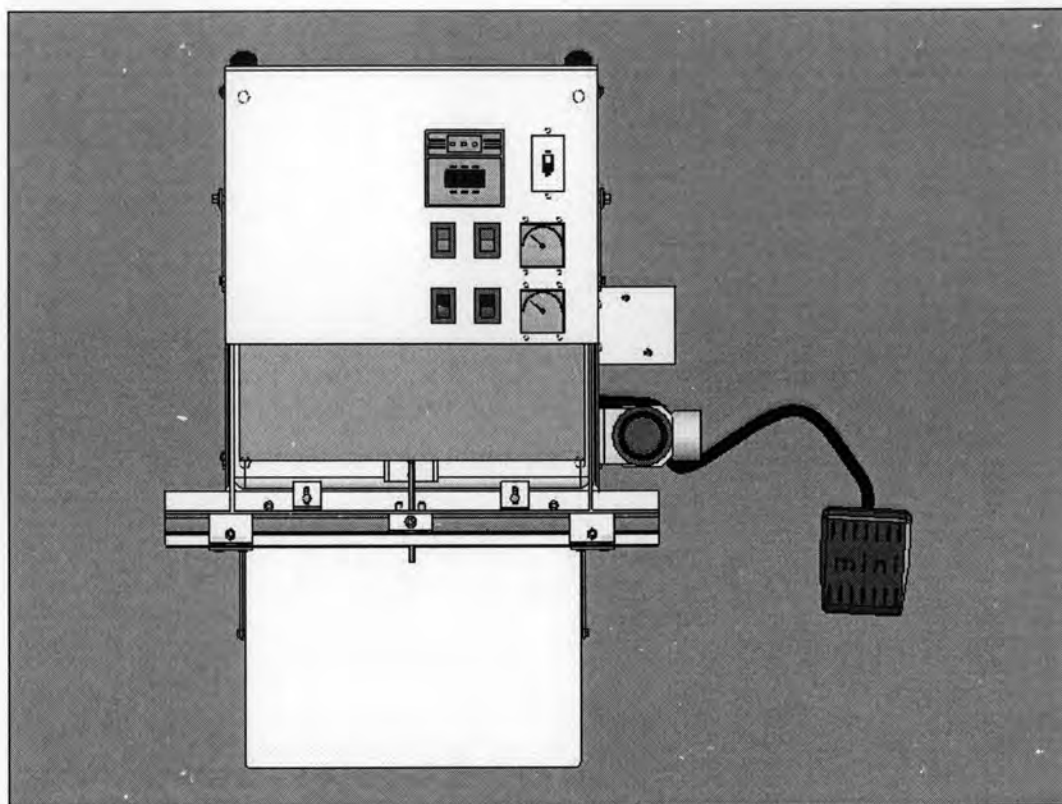
รูปที่ 6.2 แสดงภาพเครื่องพ่นึกสุญญากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 6.3 แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องพ่นกัญญาากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 6.4 แสดงภาพด้านข้างของเครื่องพ่นกัญญาากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด



รูปที่ 6.5 แสดงภาพด้านบนของเครื่องพนักสูญอากาศและเติมแก๊สของแบบที่สร้างจากแนวคิด

7. วิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง เพื่อทบทวนว่ายังพบข้อบกพร่องจากแบบที่สร้างอีกหรือไม่ โดยมองในมุมมองหรือหัวข้อที่ควรได้รับการปรับปรุงในแบบที่สร้าง มีการพิจารณาวิเคราะห์แบบในชิ้นส่วนที่มีการปรับปรุงในมุมมองด้านต่างๆ ถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ผลกระทบที่ได้รับ และแนวทางในการแก้ไข จากชิ้นส่วนนั้นๆ แล้วทำการปรับปรุงแบบจากแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในมุมมองต่างๆ

7.1 การวิเคราะห์แบบ

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

จึงมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจที่จะทำการแก้ไขในทุกๆ เรื่องหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยมีการประชุมเพื่อหาคุณสมบัติหรือหัวข้อในการวิเคราะห์แบบ ซึ่งหัวข้อในการวิเคราะห์แบบที่ได้ นั้นมาจากสิ่งที่ใช้วัดความสามารถหรือประสิทธิภาพของแต่ละแนวคิดในขั้นตอนการเลือกแนวคิดในการออกแบบเครื่อง แต่จะถูกเลือกมาใช้ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์แบบในขั้นตอนนี้ รวมกับหัวข้อที่เพิ่มขึ้นในเรื่องของการประกอบเพื่อให้แน่ใจถึงความสะดวกในการประกอบที่ยังอาจมองข้ามไป ซึ่งงานวิจัยนี้จะไม่ทำการให้คะแนนเนื่องจากเหตุผลข้างต้น และหัวข้อที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบที่ได้คือ

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

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

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด

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

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแบบที่สร้างจากแนวคิด (ต่อ)

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

7.2 การปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง

จากการวิเคราะห์แบบในตาราง 6.2 ทำให้เห็นถึงข้อบกพร่อง ผลกระทบ และแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องในชิ้นส่วนต่างๆ ที่มาจากการออกแบบ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ไขแบบเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบ โดยทำการปรับปรุงแบบที่ละชิ้นส่วนที่มีข้อบกพร่องตามแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องที่มีการประชุมและเสนอเป็นแนวทางแก้ไขในตาราง 6.2 ซึ่งการแก้ไขแบบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

7.2.1 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

- **ต้นทุน (ค่าวัสดุ)** โดยปกติฝาครอบด้านบนนั้นจะใช้เหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพราะเครื่องฉนิกแบบปัจจุบันจะใช้ฝาบนทำหน้าที่ช่วยในการฉนิกด้วยทำให้ต้องใช้ความแข็งแรงของฝาบนเป็นอย่างมาก แต่สำหรับแบบที่ได้ปรับปรุงนั้นฝาครอบด้านบนที่แปลงมาจากฝาบนไม่จำเป็นต้องใช้ช่วยในการฉนิก จึงสามารถลดความหนาของเหล็กลงได้ให้เหลือ 2 มิลลิเมตร

- **ความปลอดภัย** ฝาครอบด้านบนที่ออกแบบนั้นมีเหลี่ยมมุมมาก จึงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ง่าย จึงมีการปรับปรุงแบบใหม่ให้ขอบต่างๆ มีความโค้งมนมากขึ้นเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

- **การประกอบ** แบบฝาครอบด้านบนที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านบนโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น

7.2.2 การปรับปรุงแบบฝาครอบด้านล่าง

มีในการแก้ไขข้อบกพร่อง 3 ข้อบกพร่องด้วยกันคือ

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

- **การบำรุงรักษา** แบบเครื่องที่ออกแบบจากแนวคิดก่อนการวิเคราะห์แบบนี้มองข้ามเรื่องการบำรุงรักษาไป ทำให้แบบเครื่องที่ออกมามีการบำรุงรักษายากเนื่องจากไม่มีช่องทางในการทำความสะอาดและบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในเลย ดังนั้นการวิเคราะห์แบบมีส่วนช่วยในการทบทวนในสิ่งที่ยังบกพร่องอยู่ได้ ซึ่งการแก้ไขนั้นจะทำการปรับปรุงแบบให้

มีช่องว่างด้านหลังให้สามารถบำรุงรักษาเครื่องได้อย่างทั่วถึง ซึ่งการเจาะช่องด้านหลังนี้ ต้องพิจารณาปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนควบคู่กันไป

- **การประกอบ** แบบฝาครอบด้านล่างที่ออกแบบมีช่องว่างด้านหน้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในไม่สะดวก จึงได้มีการออกแบบฝาครอบด้านล่างโดยมีการทำช่องว่างด้านหลังเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์บางชิ้นภายในได้อย่างสะดวกมากขึ้น ซึ่งมีการพิจารณาการปรับปรุงแบบไปพร้อมกับการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่องการประกอบของฝาครอบด้านบนและการบำรุงรักษาของฝาครอบด้านล่าง

7.2.3 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับระดับความสูงของถาด

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของความปลอดภัย ซึ่งมีเหลี่ยมมุมอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มาทำการพ่นึกศึกษา มีแนวทางในการแก้ไขโดยทำขอบที่มีเหลี่ยมมุมให้โค้งมน

7.2.4 การปรับปรุงแบบถาดวางผลิตภัณฑ์ขณะพ่นึก

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของการใช้งาน เนื่องจากแบบที่วิเคราะห์นั้นมีความสูงของถาดอยู่ต่ำจากปากพ่นึกเกินไป ทำให้เวลาวางผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถใช้ถาดรองรับผลิตภัณฑ์นั้นได้ จึงได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องโดยปรับปรุงแบบให้มีขนาดความสูงของถาดอยู่ใกล้กับปากพ่นึกมากยิ่งขึ้น ให้สามารถรองรับผลิตภัณฑ์ระหว่างพ่นึกได้เหมาะสมกว่าเดิม อีกทั้งยังสามารถปรับระดับความสูงได้อีกด้วย

7.2.5 การปรับปรุงแบบตู้ส่วนบน

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งตู้ส่วนบนที่ออกแบบจากแนวคิดนั้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมาก ทำให้อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องโดย ทำขอบต่างๆ ของตู้ส่วนบนให้โค้งมน

7.2.6 การปรับปรุงแบบคานพ่นึกด้านบน

มีในการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องของความแข็งแรง ซึ่งมีสองจุดด้วยกันคือ

- **คานพ่นึกด้านบนบางเกินไป** เนื่องจากคานพ่นึกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดกำหนดให้มีความหนาเท่ากับฝาบนของแบบเครื่องปัจจุบันคือ 3 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากส่วนนี้มีความสำคัญมากในการพ่นึก ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อไม่ให้เกิด

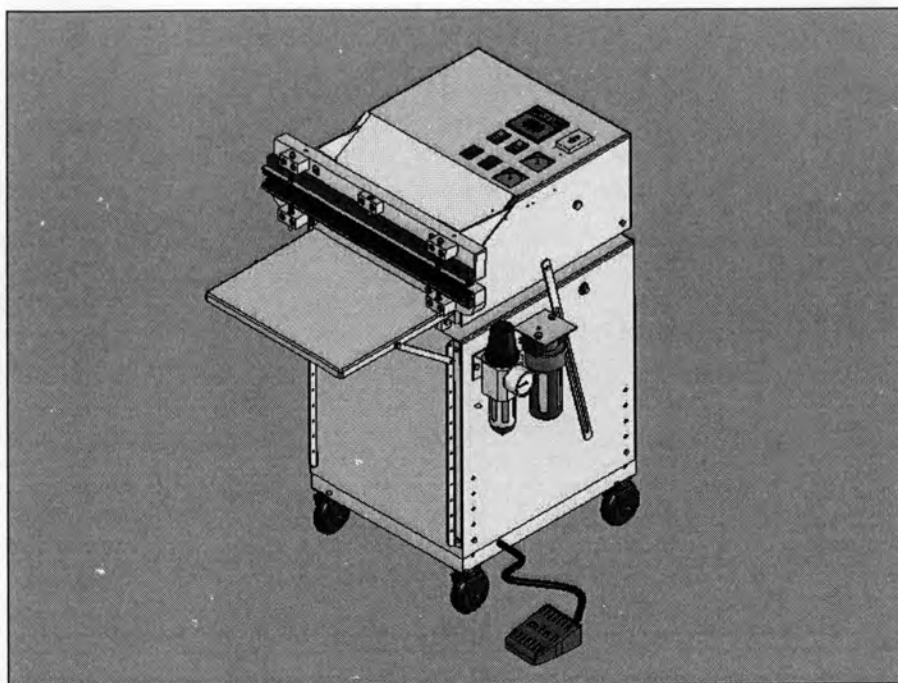
การบิดงอจากการผืนึก และต้องมีหน้าสัมผัสที่เรียบเพื่อให้ปากผืนึกที่มอดัดตั้งไม่บิดตาม ดังนั้นจึงเพิ่มขนาดเหล็กโดยแบ่งคานนี้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นหน้าที่ใช้สำหรับติดตั้งปากผืนึกให้มีความหนา 10 มิลลิเมตร และส่วนที่เป็นขาเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของคานเป็น 5 มิลลิเมตร

▪ รอยต่อเชื่อมของคานผืนึกด้านบนไม่แข็งแรง เนื่องจากคานผืนึกด้านบนในแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมองข้ามเรื่องความแข็งแรงของรอยเชื่อมในส่วนนี้ แต่จากการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องความไม่แข็งแรงเนื่องจากคานผืนึกใช้เหล็กขนาดบางเกินไปและได้มีการออกแบบใหม่ให้มีสองส่วน ทำให้มองเรื่องแนวเชื่อมที่ไม่แข็งแรงของนั้นถูกนำมาใช้เพิ่มเติมในส่วนของขาของคานผืนึกด้านบน โดยจะทำการเพิ่มหูข้างยึดส่วนที่เป็นขาของคานกับส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสกับอุปกรณ์อื่น

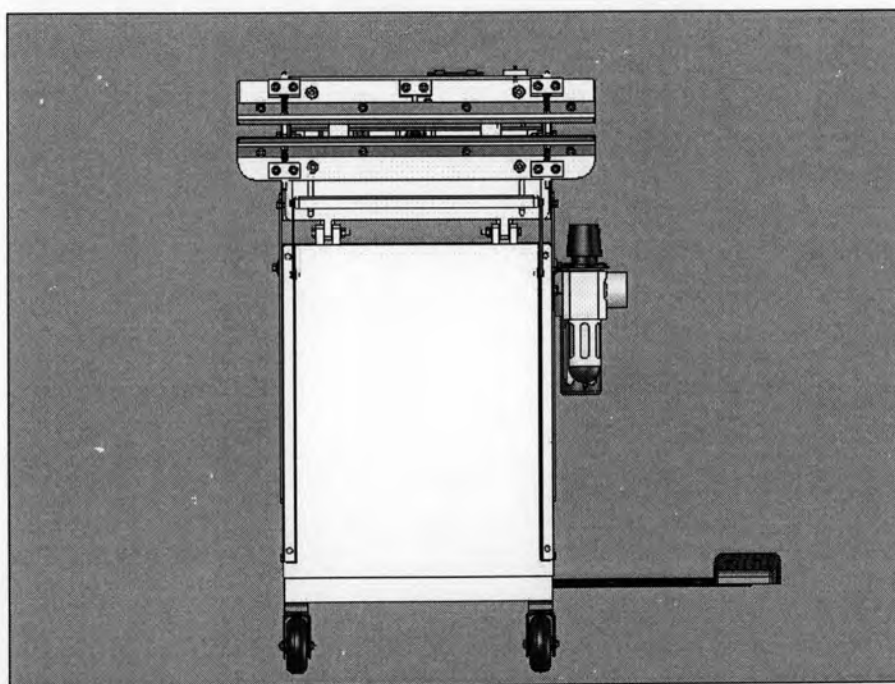
7.2.7 การปรับปรุงแบบตัวช่วยปรับองศาการผืนึก

มีการแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องการใช้งาน เนื่องจากตัวช่วยปรับองศาการผืนึกจากแบบที่มาจากแนวคิดนั้นมีความห่างของช่องสำหรับปรับองศาช่องละ 5 เซนติเมตร ทำให้ปรับองศาได้ไม่ละเอียด เพื่อเพิ่มความละเอียดในการใช้งานและเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับองศาของปากผืนึกได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงแบบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในเรื่องนี้โดย เปลี่ยนความห่างของรูที่เจาะเพื่อปรับองศาการผืนึก เป็นช่องยาว เพื่อให้สามารถปรับองศาได้ละเอียดมากขึ้น

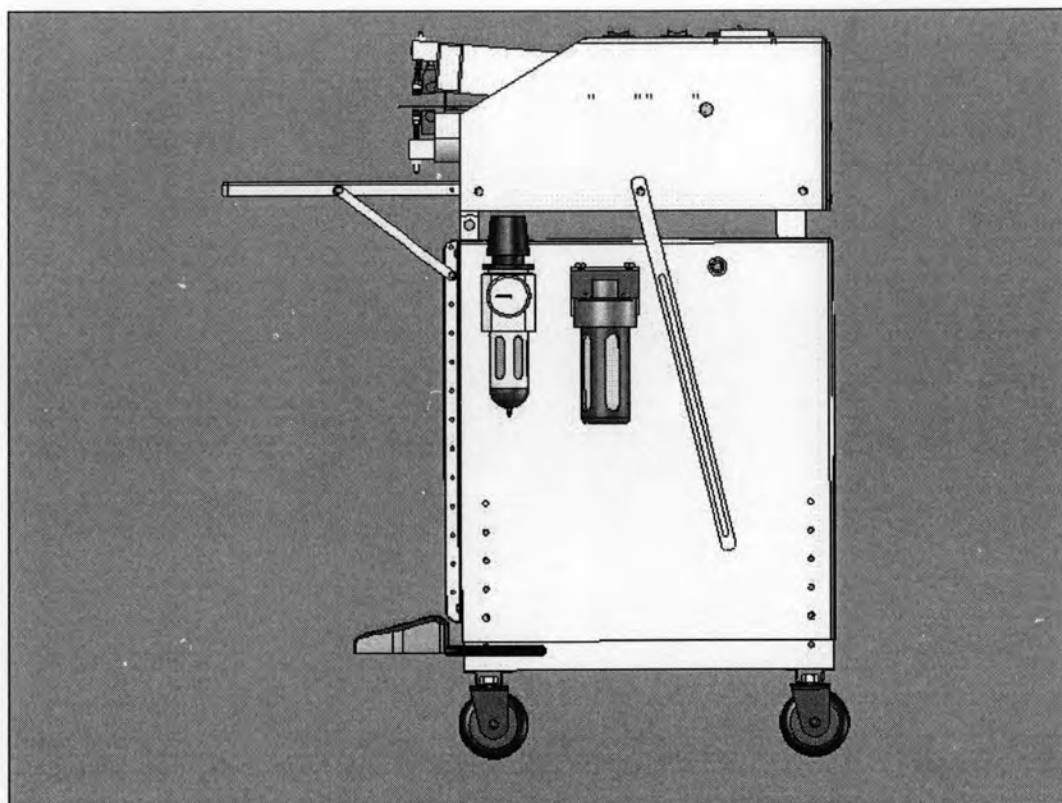
จากการวิเคราะห์แบบและปรับปรุงแบบจากข้อบกพร่อง สามารถนำส่วนต่างๆ ที่ได้มีการปรับปรุงเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง มาประกอบกันจนได้แบบเครื่องผืนึกสุญญากาศและเดิมแก๊สที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีประสิทธิภาพในคุณสมบัติด้านต่างๆ ซึ่งแบบที่ได้นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.6, รูปที่ 6.7, รูปที่ 6.8, รูปที่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



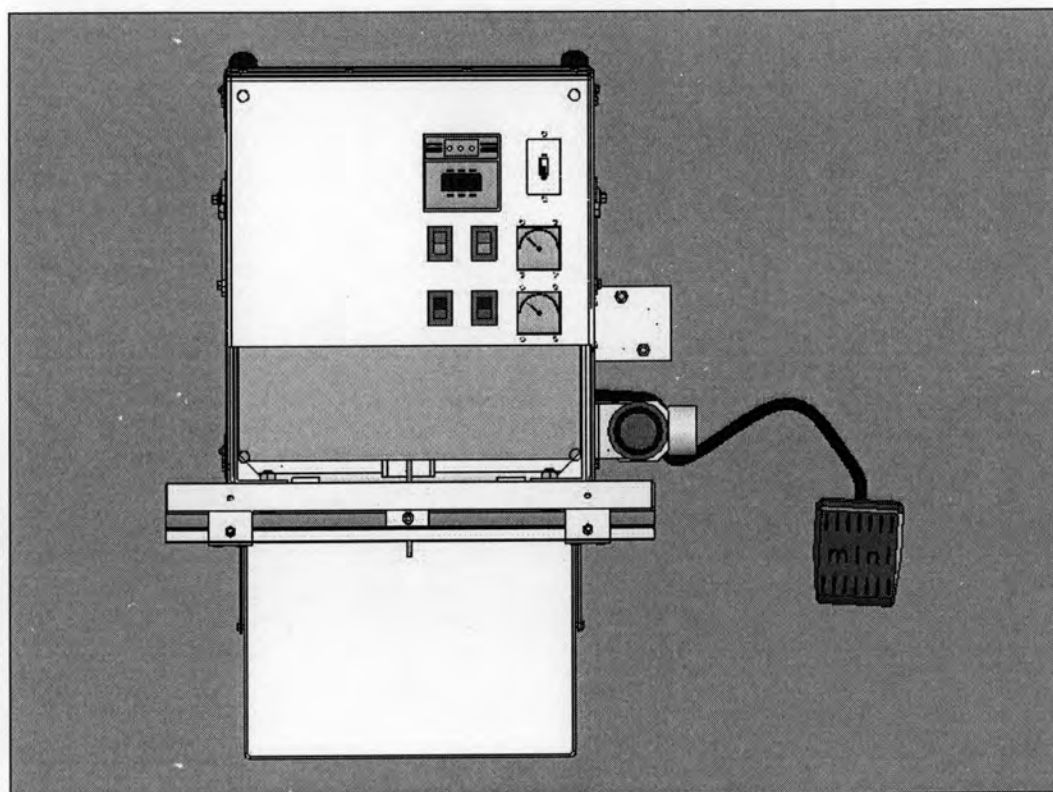
รูปที่ 6.6 แสดงรูปเต็มของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



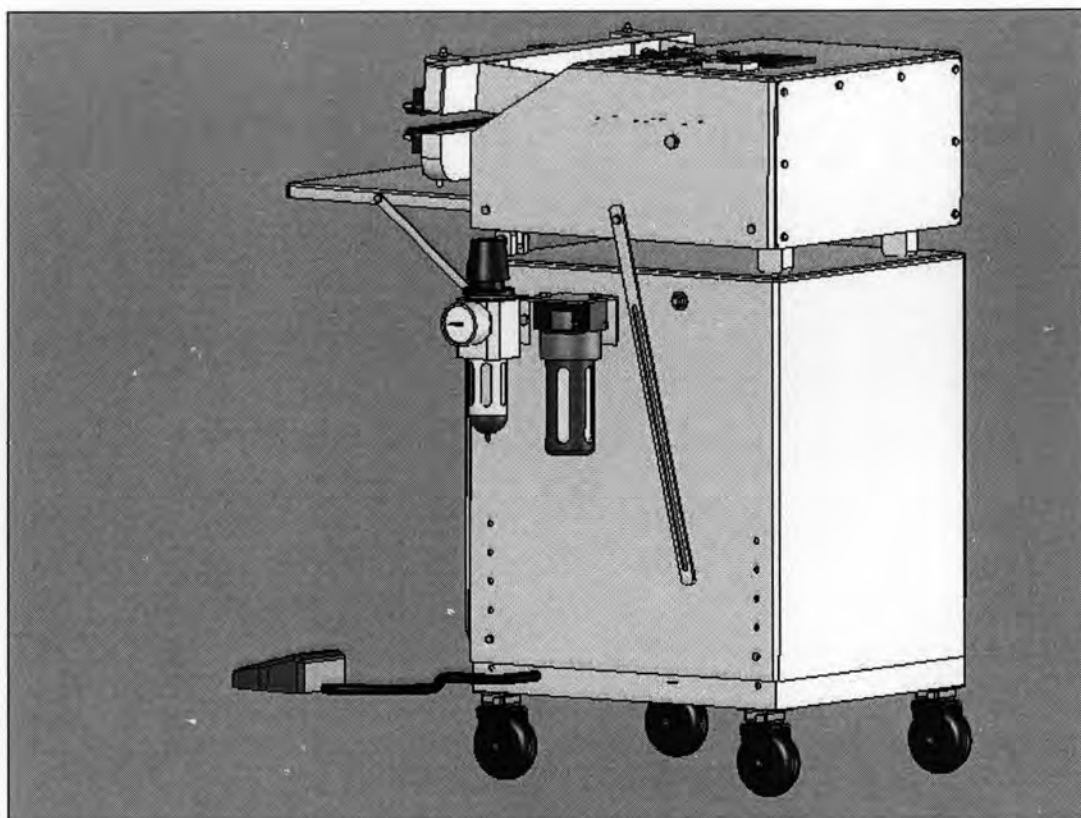
รูปที่ 6.7 แสดงด้านหน้าของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 6.8 แสดงด้านข้างของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 6.9 แสดงด้านบนของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ



รูปที่ 6.10 แสดงด้านข้างและด้านหลังของแบบที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องหลังการวิเคราะห์แบบ

8. สร้างแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัติด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา เพื่อเก็บข้อมูลลูกค้าหรือผู้ใช้งานในคุณสมบัติของเครื่องด้านต่างๆ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยให้ลูกค้าหรือผู้ใช้งานทำการให้คะแนนระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา และระดับคุณภาพของคุณสมบัติต่างๆ ในเครื่องแบบที่ได้รับการปรับปรุง

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

สำหรับการสอบถาม เนื่องจากลูกค้าผู้ที่ได้เคยตอบแบบสอบถามในแบบสอบถามแรกนั้นค่อนข้างอยู่ไกลและขาดความสะดวกในการสื่อสารรวมไปถึงความยากในการอธิบายสิ่งที่พัฒนาจากแบบภาพที่ใส่ลงไปแบบสอบถาม ซึ่งเป็นปัญหาจากการลองใช้แบบสอบถามในเบื้องต้น จึงได้ตัดสินใจให้กลุ่มผู้เคยใช้เครื่องฝึกสูดอากาศและเดิมแก๊สเป็นผู้ตอบแบบสอบถามแทนลูกค้าที่เคยตอบแบบสอบถามในชุดแรก ซึ่งสามารถตัดปัญหาเรื่องระยะทางและสามารถนำแบบที่ได้ไปอธิบายเพิ่มเติมได้โดยเปิดแบบเครื่องฝึกสูดอากาศและเดิมแก๊สที่ได้พัฒนาจากโปรแกรมที่ใช้เขียนแบบ ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเข้าใจในแบบเครื่องที่ได้มีการพัฒนาและสามารถให้คะแนนได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ซึ่งได้มีผู้ตอบสอบถาม 13 คน โดยคะแนนที่ได้สามารถแสดงได้ในภาคผนวก ค (ข้อมูลคะแนนในคุณสมบัติต่างๆจากการประเมินระดับคุณภาพของลูกค้าหลังทำการปรับปรุงเครื่อง)

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

การวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อสรุปผลแบบที่ได้ทำการพัฒนาในขั้นตอนนี้จะใช้เพียงบางส่วนของข้อมูลที่ได้มีการสอบถามในภาคผนวก ค (แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลระดับคุณภาพของคุณสมบัตินี้ด้านต่างๆ ในแบบเครื่องที่พัฒนา) มาเท่านั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการพัฒนาเครื่องเฉพาะในประเด็นที่ได้มีการปรับปรุง โดยจะมีการใช้ข้อมูลการให้คะแนนในคุณสมบัติที่ได้มีการเลือกมาพัฒนามาเปรียบเทียบระหว่างค่าคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากเครื่องฝึกสูดอากาศและเดิมแก๊สของบริษัทกรณีศึกษา(เครื่องปัจจุบัน) กับคะแนนระดับคุณภาพที่รับรู้ได้จากแบบเครื่องที่ได้พัฒนา มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลในแต่ละคุณสมบัติโดยใช้การทดสอบของวิลคอกซัน แบบจับคู่ (Wilcoxon Signed-Rank Test for Matched pair) เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อย ข้อมูลเป็นแบบสเกลอันดับ (Ordinal Scale) มีข้อมูลเป็นคู่ และไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยมีสมมติฐานทางสถิติคือ

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

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

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

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

ทำการทดสอบทางสถิติในแต่ละคุณสมบัติที่ได้มีการเลือกมาพัฒนาเครื่องพ่นก
 สูญญากาศและเติมแก๊ส พบว่าค่ามัธยฐานของคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่า
 ค่ามัธยฐานของคะแนนจากเครื่องปัจจุบันในทุกๆคุณสมบัติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99%
 โดยสามารถสรุปค่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละคุณสมบัติ

คุณสมบัติ	% ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้น
1. ความสามารถในการพ่นกในแนวอื่นๆ	38.22
2. ความปลอดภัยขณะใช้งาน	37.16
3. ความสะดวกในการวางผลิตภัณฑ์ขณะพ่นก	42.88
4. ความสูงของเครื่อง	22.41
5. ลักษณะท่าทางการใช้งาน	19.36
6. ขนาดความเหมาะสมของรอยพ่นก	24.80
7. การมองเห็นในการใช้งาน	18.11

จากคะแนนของคุณสมบัติของเครื่องที่พัฒนามากกว่าเครื่องปัจจุบันในทุกๆ
 คุณสมบัติที่ได้ทำการพัฒนา ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในคุณสมบัติที่พัฒนา
 ทั้งหมดได้

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

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้ามีน้อยทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามมีน้อยไปด้วย
2. ลูกค้าที่ใช้เครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊สอยู่ห่างไกล ทำให้การสอบถามแบบตัวต่อตัวค่อนข้างยาก จึงจำเป็นต้องใช้วิธีต่างๆ ในการสอบถาม เช่น ใช้อีเมลล์ หรือ โทรศัพท์ แทน ทำให้ถูกปฏิเสธในการทำแบบสอบถามได้ง่าย
3. การเก็บข้อมูลจากลูกค้าถึงระดับคุณภาพของเครื่องที่พัฒนาแล้วทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถสอบถามลูกค้าได้โดยตรงแบบตัวต่อตัว ทำให้ลูกค้าไม่เห็นแบบของเครื่องที่พัฒนาแล้วในทุกๆ ส่วน แต่จะเห็นเพียงบางส่วนของเครื่องที่สำคัญเท่านั้น ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความผิดพลาดสูง จึงต้องหันมาสอบถามผู้ที่เคยใช้งานเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊สที่อยู่ใกล้ๆ แทน ซึ่งสามารถนำเสนอแบบที่พัฒนาได้อย่างชัดเจน

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. การสร้างแบบสอบถามควรคำนึงถึงกลุ่มของผู้ตอบแบบสอบถามด้วย ในเรื่องของความรู้ และภาษาที่ใช้ในการสอบถาม นอกจากนี้ยังควรสร้างแบบสอบถามให้เหมาะสมกับวิธีในการเก็บข้อมูล
2. การสอบถามผ่านทางโทรศัพท์ควรเลือกผู้สอบถามที่มีปฏิสัมพันธ์ และมีหัวข้อในการสอบถามที่กระชับ ไม่ใช้เวลาในการสอบถามมากจนเกินไป
3. วิธีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องสามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเดียวกับเครื่องพ่นิกสูญญากาศและเติมแก๊ส ที่ต้องการปรับเปลี่ยนเพียงบางจุดที่มีผลต่อความต้องการของลูกค้า โดยยังคงลักษณะเดิมของเครื่องไว้ ซึ่งใช้ต้นทุนในการปรับปรุงต่ำ
4. สามารถปรับปรุงขั้นตอนการออกแบบเพิ่มเติมในส่วนของ การสร้างแนวคิดในการปรับปรุงเครื่อง ด้วยทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม โดยใช้เมตริกความชัดเจน
5. การเลือกใช้หลักการของทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหานั้น ควรมีความเข้าใจในหลักการต่างๆ อย่างลึกซึ้งก่อน เพื่อให้สามารถเลือกใช้หลักการในการแก้ปัญหอย่างตรงประเด็น
6. ในขั้นตอนการสร้างแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องและการออกแบบเครื่องนั้นสามารถใช้หลักการออกแบบอื่นๆ มาประยุกต์ใช้เพิ่มเติมในขั้นตอนนี้ได้