วว.TISTR

โครงการวิจัยที่ ภ.46-13/ย.5/รายงานฉบับที่ 5 (ฉบับสมบูรณ์)

การพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ.46-13
การพัฒนาเทคโนโลยีวิศวกรรมอัลทราโซนิกส์
สำหรับอุตสาหกรรมและเครื่องมือแพทย์

โครงการย่อยที่ 5
การพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์

รายงานฉบับที่ 5
การพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์

โดย

ยุทธนา ตันติวิวัฒน์
ธนิสร์ วัยโรจนวงศ์
ทวี ทองคำ
วินัย พิมพินิจ
สมรรถชัย ปัญญา
ศิริลักษณ์ ตั้งทรงสุวรรณ
ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต
ทรงฤทธิ์ ตันชัชวาล
อรุณรัตน์ แสนสิ่ง
สุพัฒน์ นวลโกฏ
วิทวัส เมืองแสน
ศินีนาถ สุทธิเดช

บรรณาธิการ
ศิระ ศิลานนท์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
ปฐมสุดา อินทุประภา

วว., ปทุมธานี 2559
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นางลักษมี ปลั่งแสงมาศ)
ผู้ว่าการ

บทกล่าวนำ

เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นต้องใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย แต่ในปัจจุบันเครื่องมือดังกล่าวไม่สามารถสร้างได้ในประเทศ ส่วนมากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ, ดังนั้นการสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ โดยเทคโนโลยีของตนเองอย่างครบวงจร จะช่วยทดแทนการนำเข้าได้ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ให้แก่อุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กได้เป็นอย่างดี.

โครงการพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ มีที่มาจากความสำคัญดังกล่าว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยฝ่ายวิศวกรรมร่วมกับฝ่ายเทคโนโลยีวัสดุจึงได้มีโครงการนี้ โดยการสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ ต้นแบบจำนวน 2 เครื่อง ที่มีกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน, โดยเครื่องแรกเป็นการผนึกและเชื่อมแบบกดอยู่กับที่ (plunge welding) ใช้สำหรับผนึกและเชื่อมพลาสติก ส่วนอีกเครื่องหนึ่งเป็นการผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง (continuous welding) ใช้สำหรับเย็บวัสดุใยสังเคราะห์.

รายงานฉบับนี้ได้กล่าวถึงบทนำบทที่ 1 ส่วนบทที่ 2 กล่าวถึงวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการการทำงานทั้งหมดของเครื่อง, บทที่ 3 เป็นผลการวิจัย โดยกล่าวถึงหลักการออกแบบกลไกต่างๆ และผลการทดลองการใช้งานของเครื่อง และบทที่ 4 เป็นบทสรุปที่กล่าวถึงความสำเร็จและปัญหาของโครงการ.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงบประมาณ คณะผู้ดำเนินงานใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง, นอกจากนี้ยังมีพนักงาน วว. อีกหลายท่านที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานด้านต่างๆ ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งด้านธุรการ, เอกสาร และการเงิน ซึ่งไม่สามารถกล่าวได้ทั้งหมดในที่นี้ ทางคณะผู้ดำเนินงานขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้เช่นกัน.

สารบัญ

หน้า

บทกล่าวนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	5
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์	10
4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	28
5. เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	30

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. ลักษณะของหัวกดแบบต่างๆ การเปลี่ยนแปลงความเร็วอนุภาค และความเค้น ดังนี้: (a) Stepped (b) Conical (c) Exponential (d) Catenoidal (e) Fourier 7

รูปที่ 2. (a) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่ทำให้เกิดการกำทอนของหัวกดกับอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านที่มีขนาดใหญ่กับด้านที่มีขนาดเล็กของหัวกด (b) สัดส่วนการขยายของหัวกดในแต่ละลักษณะหน้าตัดต่างๆ 8

รูปที่ 3. รูปแบบของหัวกดแบบ (wedge-horn) 9

รูปที่ 4. โครงสร้างหลักของเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ 10

รูปที่ 5. โครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของชุดหัวกด 11

รูปที่ 6. รูปแบบและลักษณะของเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่ 11

รูปที่ 7. (ก) เครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ที่ได้ทำการออกแบบ (ข) ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ 12

รูปที่ 8. การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมนิวแมติกและอุปกรณ์ PLC 13

รูปที่ 9. หน้าจอแสดงผลหน้าแรก (FIRST PAGE) 14

รูปที่ 10. หน้าจอรายการ 14

รูปที่ 11. หน้าจอการเลือกตั้งค่าเวลา 15

รูปที่ 12. หน้าจอการป้อนค่าเวลา 15

รูปที่ 13. หน้าจอการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ 16

รูปที่ 14. หน้าจอการทำงานแบบอัตโนมัติ 16

รูปที่ 15. หัวกดแบบลิ่ม (wedge-shaped conical horn) ที่ได้ทำการออกแบบ 17

รูปที่ 16. หัวกดแบบลิ่ม (wedge-shaped conical horn) ที่ได้ผลิตขึ้น 17

รูปที่ 17. ขณะทำการทดลองและลักษณะหลอดพลาสติกที่ใช้ทำการทดลอง 18

รูปที่ 18. การทดลองผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 3.5 เซนติเมตร 19

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 19.	การทดลองผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 7.5 เซนติเมตร	19
รูปที่ 20.	จักรอัลทราโซนิกส์ที่ทำการออกแบบและได้สร้างเสร็จจริง	21
รูปที่ 21.	โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง	22
รูปที่ 22.	หน้าจอ PLC แบบหน้าจอสัมผัส	23
รูปที่ 23.	การทดสอบเย็บวัสดุใยสังเคราะห์แบบต่อเนื่อง	24
รูปที่ 24.	ลวดลายบนล้อหมุนที่ใช้ในการทดสอบ	24
รูปที่ 25.	การเย็บวัสดุแบบต่อเนื่องโดยการปรับเปลี่ยนแรงกดที่กระทำต่อใยสังเคราะห์	25
รูปที่ 26.	ตาชั่งสำหรับวัดค่าแรงดึง การทดสอบดึงผ้าใยสังเคราะห์ ลักษณะก่อนและหลังการทดสอบวัสดุใยสังเคราะห์	26

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. ผลการทดลองเชื่อมก้นหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 3.5 และ 7.5 เซนติเมตร 20
ตารางที่ 2. ผลการทดลองเย็บวัสดุใยสังเคราะห์ 25
ตารางที่ 3. ผลการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงของรอยตะเข็บบนผ้าใยสังเคราะห์ 27

DEVELOPMENT OF ULTRASONIC SEALER AND WELDER

**Yutthana Tantiwiwat, Chutima Eamchotchawalit, Thanit Vairojanawong,
Songrit Tanchatchawan, Thawi Thongkham, Arunrat Saensing,
Winai Pimpinit, Supat Nualkot, Samatthachai Panya,
Wittawat Muangsan, Siriluck Tungsongsuwan and Sineenath Sutidage**

ABSTRACT

This research aimed to design and construct the ultrasonic welding machines. The machines were uniquely developed in two types. First, the plunge welding machine was utilized for welding plastic. Second, the continuous welding machine was utilized for welding or sewing fabric and film. In each machine, there were six main parts of its mechanism. The first part was a power supply. The second part was a converter. The third part was a horn. The fourth part was an actuator. The fifth part was a fixture. The last part was a controller. The objective was to develop the low-cost high performance machines for users. From the experiments, the results indicated that its capacity and reliability were not less than the imported machine, which could considered as an import substitution.

การพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์

ยุทธนา ตันติวิวัฒน์[1], ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต[1], ธนิสร์ วัยโรจนวงศ์[1], ทรงฤทธิ์ ตันชัชวาล[1], ทวี ทองคำ[1], อรุณรัตน์ แสนสิ่ง[1], วินัย พิมพินิจ[1], สุพัฒน์ นวลโกฏ[1], สมรรถชัย ปัญญา[1], วิทวัส เมืองแสน[1], ศิริลักษณ์ ตั้งทรงสุวรรณ[1] และ ศินีนาถ สุทธิเดช[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและผลิตเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ต้นแบบจำนวน 2 เครื่อง ที่มีกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน โดยเครื่องแรกเป็นการผนึกและเชื่อมแบบกดอยู่กับที่ (plunge welding) ใช้สำหรับผนึกและเชื่อมพลาสติก, ส่วนอีกเครื่องหนึ่งเป็นการผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง (continuous welding) ใช้สำหรับเย็บวัสดุใยสังเคราะห์ โดยมีส่วนประกอบและอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องซึ่งประกอบด้วย ตัวจ่ายพลังงาน, ชุดแปลงพลังงาน, หัวกด, ชุดกด, ชุดจับยึดชิ้นงานและชุดควบคุม โดยมีแนวความคิดเบื้องต้นสำหรับการออกแบบคือ การใช้งานที่หลากหลายนอกเหนือไปจากการใช้งานแบบเดิมๆ, นอกจากนี้ยังได้ทำการออกแบบและขึ้นรูปหัวกดขึ้นใช้เอง ซึ่งผลการใช้งานจริงพบว่าเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ที่ได้สร้างขึ้น สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีเทียบเท่ากับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ, นอกจากนั้นผลงานวิจัยนี้ยังได้ช่วยเพิ่มพูนความรู้และความชำนาญให้กับคณะผู้วิจัย เพื่อให้สามารถพัฒนาและออกแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นและตรงกับความต้องการของอุตสหกรรมภายในประเทศได้ในโอกาสต่อไป.

---

[1] ฝ่ายวิศวกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เป็นเครื่องมือที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมที่ต้องการผนึกและเชื่อมวัสดุจำพวกเทอร์โมพลาสติกและวัสดุผสมของเทอร์โมพลาสติก โดยอาศัยหลักการส่งผ่านพลังงานการสั่นสะเทือนทางกลไปยังชิ้นงานทำให้เกิดการเสียดสีของโมเลกุลที่ชิ้นงานและเกิดการหลอมละลายติดกัน, ซึ่งการผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยวิธีนี้จะไม่ใช้ความร้อนจากลวดความร้อนและไม่ใช้กาว, เนื่องจากการให้ความร้อนจากลวดความร้อนจะทำให้วัสดุ เช่น วัสดุจำพวกเทอร์โมพลาสติกหรือผ้าใยสังเคราะห์ไหม้เสียหายได้, และการผนึกแบบใช้กาวมีไอระเหยจากกาว ทำให้เป็นปัญหาและอุปสรรคมาก สำหรับการบรรจุภัณฑ์, การใช้เครื่องผนึกหรือเชื่อมโดยไม่ใช้ความร้อนโดยตรงจากลวดความร้อน เป็นวิธีที่สามารถแก้ปัญหาการผนึกวัสดุจำพวกเทอร์โมพลาสติกได้ แต่เครื่องมือดังกล่าวไม่สามารถสร้างได้ในประเทศ, ในแต่ละปีมีการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ เช่นไต้หวัน จีน เยอรมนี และสหรัฐอเมริกา เป็นจำนวนมาก มีมูลค่ากว่า 100 ล้านบาท และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมอาหาร สมุนไพรและยา ที่มีการใช้วัสดุจำพวกเทอร์โมพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์, การวิจัยเพื่อสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์โดยใช้เทคโนโลยีของตนเองจะช่วยทดแทนการนำเข้าและเป็นการเพิ่มขีดความสามารถและความสามารถในการแข่งขันในการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ให้แก่อุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็กได้เป็นอย่างดี.

กระบวนการการผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์สามารถแบ่งลักษณะการทำงานได้ 2 ลักษณะ คือ การผนึกและเชื่อมวัสดุแบบกดอยู่กับที่ (plunge welding), และการผนึกและเชื่อมวัสดุแบบต่อเนื่อง (continuous welding), สำหรับโครงการวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนา ออกแบบและสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ จำนวน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องจะมีกระบวนการทำงานเป็นไปตามลักษณะดังกล่าวข้างต้น โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงบประมาณ โดยมีระยะเวลาดำเนินงานโครงการจำนวน 4 ปี ตามเป้าหมายดังนี้ :

- ปีที่ 1 ได้รูปแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เครื่องที่ 1.
- ปีที่ 2 ได้เครื่องต้นแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เครื่องที่ 1.
- ปีที่ 3 ได้รูปแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เครื่องที่ 2 (จักรอัลทราโซนิกส์).
- ปีที่ 4 ได้เครื่องต้นแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เครื่องที่ 2 (จักรอัลทราโซนิกส์).

โดยที่เครื่องต้นแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เครื่องที่ 1 จะได้นำไปผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติก และเครื่องต้นแบบเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เครื่องที่ 2 จะได้นำไปทดสอบเย็บหรือตัดผ้าใยสังเคราะห์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบทั้งสองเครื่องดังกล่าวข้างต้น.

รายงานฉบับนี้ได้กล่าวถึงการดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ทั้ง 2 ลักษณะ คือ เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่ ซึ่งทำงานโดยใช้คลื่นความถี่ 20 กิโลเฮิรตซ์ และเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบต่อเนื่อง (จักรอัลทราโซนิกส์) ซึ่งทำงานโดยใช้คลื่นความถี่ 28 กิโลเฮิรตซ์ โดยใช้ PLC (Programmable Logic Control) เป็นตัวควบคุมการทำงาน และปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อผลการผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ รวมทั้งการออกแบบหัวกด (horn) เบื้องต้น อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัยและพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ต่อไปในอนาคต.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 กระบวนการทำงาน

การผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ เป็นการผนึกและเชื่อมวัสดุวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการส่งถ่ายพลังงานกลซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนด้วยความถี่เหนือเสียงไปยังเนื้อวัสดุที่ต้องการผนึกหรือเชื่อม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ผิดไปจากปกติ (cycle deformation) ของชิ้นงานโดยเฉพาะที่บริเวณผิวหน้าสัมผัสของชิ้นงาน และผิวหยาบ (asperities), พลังงานการสั่นสะเทือนแบบผิดปกตินี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนภายในเทอร์โมพลาสติกด้วยกระบวนการเสียดสีระหว่างโมเลกุล (intermolecular friction) ทำให้เกิดภาระโหลดกลับไปมา (cycle loading) ความร้อนจะเกิดขึ้นสูงสุดที่บริเวณผิว อันเนื่องมาจากผิวของชิ้นงานมีความไม่เรียบมีความสูงต่ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงพอที่จะหลอมละลายเทอร์โมพลาสติก ก่อให้เกิดแนวหลอมละลาย (fusion bond) ระหว่างชิ้นงานได้, ด้วยเหตุนี้เองจึงมีการทำรูปลักษณะสูงต่ำขึ้นเอง (man-Made asperities) เพื่อที่จะควบคุมตำแหน่งของการเกิดความร้อนและแนวเชื่อมให้เป็นไปตามความต้องการ.

ในการผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์สามารถแบ่งกระบวนการทำงานได้เป็น 2 ลักษณะ คือ :

1. การผนึกและเชื่อมแบบกดอยู่กับที่ (plunge welding).
2. การผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง (continuous welding).

2.1.1 การผนึกและเชื่อมแบบดัน (plunge welding)

เป็นกระบวนการผนึกและเชื่อมวัสดุแบบไม่ต่อเนื่อง คือ ในวงรอบการทำงานหนึ่งๆ จะเริ่มโดยการนำเอาชิ้นงานใส่เข้าไปในตัวจับยึด (fixture), จากนั้นกลไกของเครื่องจะทำการดันอุปกรณ์สร้างการสั่นสะเทือนเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานและทำการกดชิ้นงานไว้ภายใต้แรงดันค่าหนึ่ง จากนั้นจึงทำการส่งคลื่นการสั่นสะเทือนเข้าสู่ชิ้นงานจนชิ้นงานหลอมละลายติดกัน, จากนั้นกลไกจะแยกอุปกรณ์สร้างการสั่นสะเทือนออกจากชิ้นงาน เพื่อให้นำชิ้นงานออกจากตัวจับยึด เพื่อเริ่มวงรอบการทำงานต่อไป, มักใช้กับการผนึกและเชื่อมชิ้นงานเป็นชิ้นๆ เช่น การผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติก, กล่องพัดลมแบบทรงกลม เป็นต้น.

2.1.2 การผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง (continuous welding)

เป็นการดันให้อุปกรณ์สร้างการสั่นสะเทือนเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานและอยู่ติดกันกับชิ้นงานอย่างต่อเนื่องภายใต้แรงดันค่าหนึ่งและระยะห่าง (gap) ค่าหนึ่ง, ชิ้นงานจะถูกดึงผ่านอุปกรณ์สร้างการสั่นสะเทือนและตัวจับยึดชิ้นงานอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราป้อนค่าหนึ่งๆ, การทำงานจะมีลักษณะคล้ายการเย็บผ้า, ส่วนมากจะใช้ในวัสดุพวกฟิล์มและผ้าใยสังเคราะห์, ในระหว่างการทำงานวัสดุจะต้องอยู่ภายใต้แรงดันและการสั่นสะเทือนเช่นเดียวกันกับกระบวน Plunge welding โดยปกติหัวกดและตัวจับยึดชิ้นงานจะมีลักษณะขอบกลมที่บริเวณตำแหน่งทางเข้าของวัสดุ ทำให้ขณะที่วัสดุเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างหัวกดและตัวจับยึด จะมีแรงกดค่อยๆเพิ่มขึ้นในเนื้อวัสดุ จนถึงค่าแรงดันที่ต้องการ และเมื่อวัสดุเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างของหัวกดและตัวจับยึดค่าแรงดัน (hold pressure) ที่ใช้กดก่อนหน้านี้แล้ว.

2.2 ส่วนประกอบของเครื่อง

ส่วนประกอบและอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ (ultrasonic welding machine) มีดังนี้ :

1. ตัวจ่ายพลังงาน (power supply) ทำหน้าที่ เปลี่ยนแรงดันไฟบ้าน (line voltage) ไปเป็นพลังงานความถี่สูง (high power frequency) เป็นการแปลงไฟกระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับวงจรกำเนิดตัวแกว่งกวัด (oscillator) ซึ่งเป็นความถี่ใช้งานของระบบ.

2. ชุดแปลงพลังงาน (converter) เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานการสั่นสะเทือนทางกล โดยอาศัยหลักการของไพอิโซอิเล็กทริก (piezoelectric) พลังงานการสั่นสะเทือนทางกลจะถูกขยายและลดแอมปลิจูดการสั่น โดยบูสเตอร์ (booster) เพื่อส่งถ่ายพลังงานสั่นสะเทือนทางกลไปยังหัวกด (horn) ต่อไป.

3. หัวกด (horn) ทำหน้าที่เพิ่มแอมปลิจูดการสั่น และทำการส่งถ่ายพลังงานการสั่นสะเทือนทางกลเข้าสู่ชิ้นงาน โดยทั่วไปจะมีความยาวครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ทำจากอะลูมิเนียมหรือไทเทเนียม.

4. ชุดกด (actuator) จะเป็นอุปกรณ์สำหรับนำชุดอัลทราโซนิกส์ซึ่งประกอบด้วย ชุดแปลงพลังงานและหัวกดเข้าสัมผัสชิ้นงาน โดยมากจะใช้ระบบลม (pneumatics) หรืออาจจะใช้ระบบเซอร์โวมอเตอร์โดยมีการควบคุมวัดแรงเพื่อให้ได้แรงกดที่เหมาะสม.

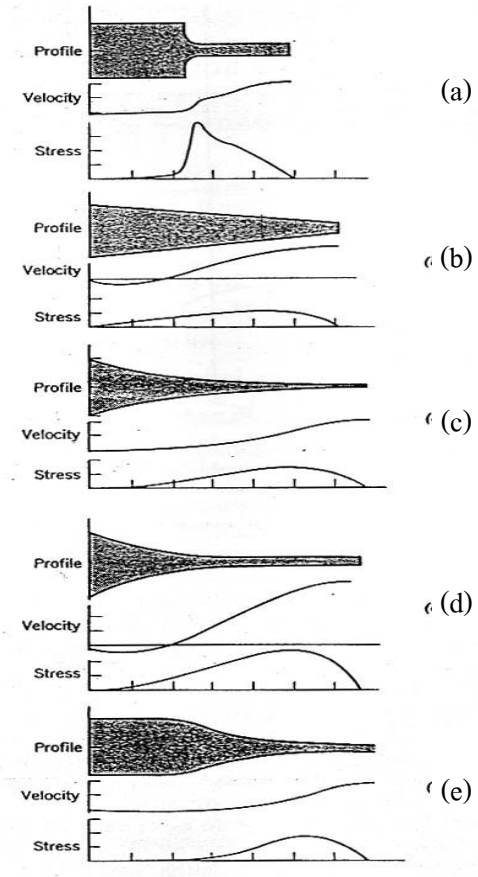
5. ชุดจับยึดชิ้นงาน (fixture) เป็นอุปกรณ์สำหรับจับยึดชิ้นงานให้มั่นคงและตรงตำแหน่ง โดยมากตัวจับยึดจะทำจากอะลูมิเนียม หรือเหล็ก สำหรับการผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง ชุดจับยึดจะเป็นแบบล้อหมุน (rotary drum) เพื่อทำหน้าจับยึดและป้อนชิ้นงานในเวลาเดียวกัน.

6. ชุดควบคุม (controller) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ให้ทำงานสอดคล้องกัน ตามค่าตัวแปรการทำงานต่างๆ ที่ได้ตั้งค่าไว้.

2.3 การออกแบบหัวกดเบื้องต้น

ในการผนึกหรือเชื่อมวัสดุ หัวกด (horn) จะมีหน้าที่ในการขยายพลังงานของการสั่นสะเทือนเพื่อให้มีพลังงานมากพอในการส่งถ่ายไปยังเนื้อวัสดุเพื่อให้เกิดสถานะที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการผนึกหรือเชื่อมวัสดุเข้าด้วยกัน.

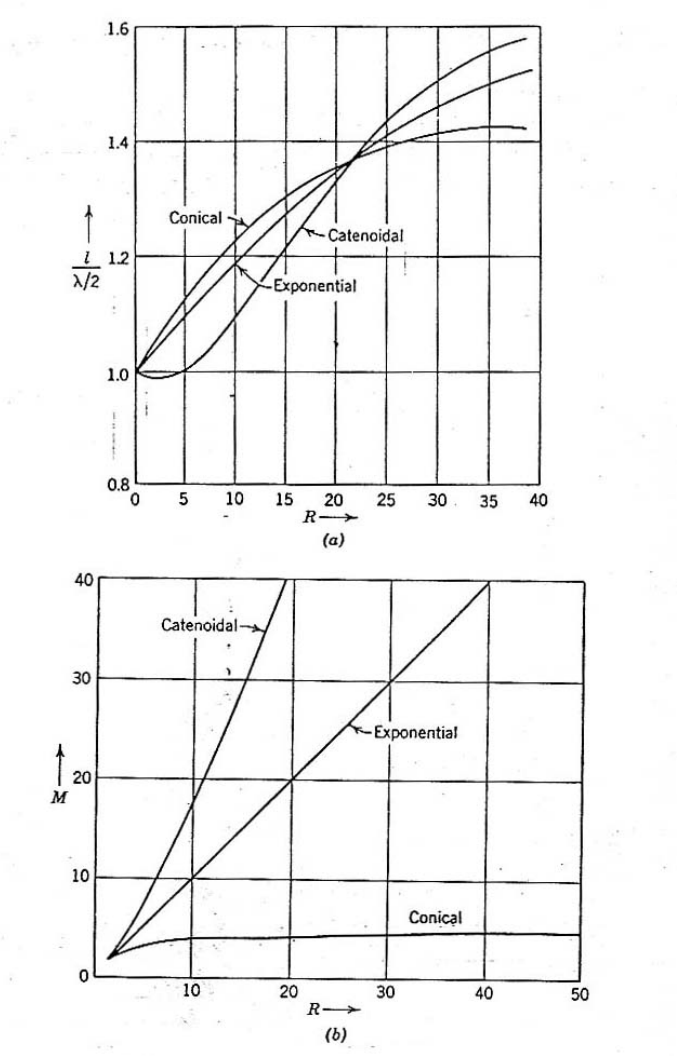
สำหรับลักษณะรูปร่าง (profile) ของหัวกดชนิดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย แบบระดับชั้น (stepped), แบบรูปกรวย (conical), แบบเอ็กโปเน็นเชียล (exponential), แบบคาทีนอยดอลล์ (catenoildal) และแบบฟูเรียร์ (fourier) ดังแสดงในรูปที่ 1.



รูปที่ 1. ลักษณะของหัวกดแบบต่างๆ การเปลี่ยนแปลงความเร็วอนุภาคและความเค้น ดังนี้ :
(a) Stepped (b) Conical (c) Exponential (d) Catenoidal (e) Fourier

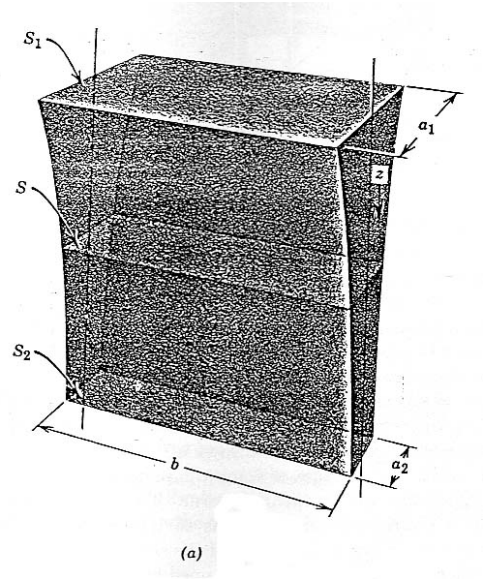
ในงานวิจัยนี้จะออกแบบลักษณะรูปร่างของหัวกดเป็นรูปกรวย ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการขึ้นรูป และก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจของการออกแบบหัวกดแบบพื้นฐานให้กับผู้ปฏิบัติงาน อันจะนำไปสู่การออกแบบหัวกดที่มีความซับซ้อนมากขึ้นต่อไปในอนาคต.

ความถี่กำทอน (resonant frequencies) ของลักษณะหน้าตัดของหัวกดที่เป็นแบบรูปกรวย (conical), แบบเอ็กโปเน็นเชียล (exponential), แบบคาทีนอยดอลล์ (catenoildal) และแบบฟูเรียร์ (fourier) แสดงดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2. (a) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่ทำให้เกิดการกำทอนของหัวกดกับอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านที่มีขนาดใหญ่กับด้านที่มีขนาดเล็กของหัวกด (b) สัดส่วนการขยายของหัวกดในแต่ละลักษณะหน้าตัดต่างๆ.

ลักษณะรูปแบบของหัวกดที่ใช้กันโดยทั่วไปจะเป็นแบบลิ่ม (wedge-horn) ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมีข้อควรระวังในการออกแบบ คือ ระยะหน้ากว้างของหัวกด (b) ไม่ควรเกิน 1/4 เท่าของค่าความยาวคลื่น ทั้งนี้เพื่อให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ของหัวกด.



รูปที่ 3. รูปแบบของหัวกดแบบลิ่ม (wedge-horn).

ในบทต่อไปจะได้กล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้ ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบและโครงสร้างของตัวเครื่อง, รูปแบบของหัวกดที่ได้ทำการออกแบบและขึ้นรูป, โปรแกรมควบคุม PLC (Programmable Logic Control), และผลการทดลองและทดสอบการใช้งานเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น.

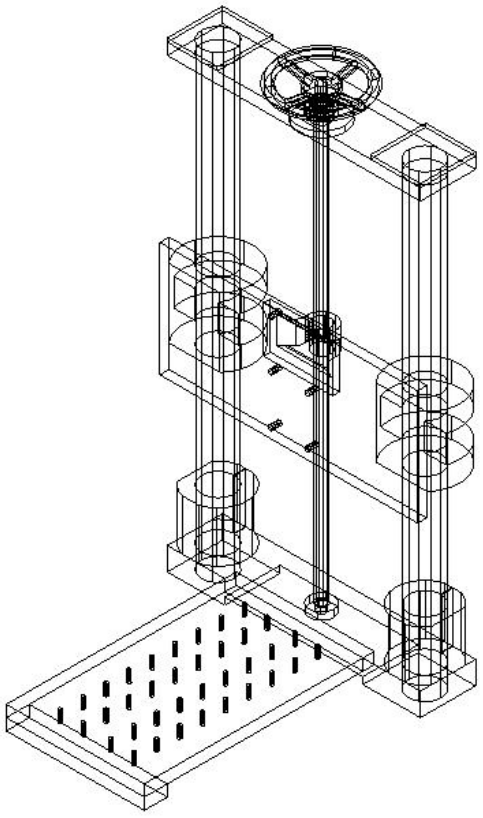
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในการออกแบบและสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ จะต้องพิจารณาถึงโครงสร้างและกลไกที่จะมารองรับส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามกระบวนการทำงานจนสำเร็จ ซึ่งผลการดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ตามกระบวนการที่ได้กล่าวมาแล้วในบทข้างต้นมีดังนี้ :

3.1 เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่ (ultrasonic plunge welding machine)

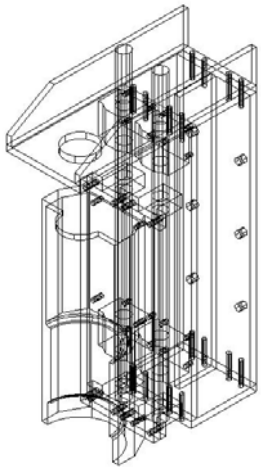
3.1.1 โครงสร้างของเครื่อง

โครงสร้างของเครื่องประกอบด้วยส่วนหลักๆ จำนวน 2 ส่วน คือ ส่วนของโครงสร้างหลักและส่วนของโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของชุดหัวกด.



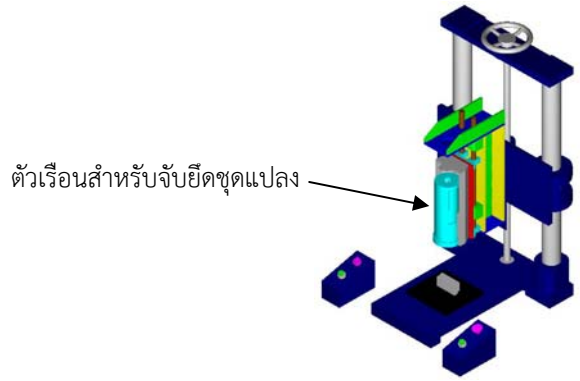
รูปที่ 4. โครงสร้างหลักของเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์.

ในส่วนของโครงสร้างหลักซึ่งทำจากเหล็กประกอบด้วยส่วนฐานและมีเสาเป็นเพลากลวงจำนวน 2 ต้น สำหรับประคองการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของชุดโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของชุดหัวกด ดังแสดงในรูปที่ 5, สำหรับการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของชุดโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของชุดหัวกดสามารถทำได้โดยการหมุนมือหมุนตรงบริเวณส่วนบนสุดของเครื่อง จากนั้นเพลาเกลียวซึ่งต่ออยู่กับมือหมุนจะเป็นตัวบังคับการขึ้น-ลง, โครงสร้างและกลไกชุดหัวกด ประกอบด้วยโครงสร้างสำหรับเป็นฐานเพื่อจับยึดเพลาสำหรับประคองการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของชุดหัวกด ซึ่งทำเป็นหลุมประกบเพื่อจับยึดชุดแปลงพลังงาน, การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของชุดหัวกดทำได้โดยการใช้กระบอกลมที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของโครงสร้างชุดหัวกดดันชุดจับยึดทรานสดิวเซอร์โดยมีเพลาทั้งสองข้างเป็นตัวประคอง.

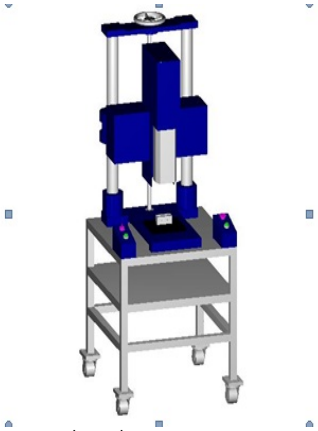


รูปที่ 5. โครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของชุดหัวกด.

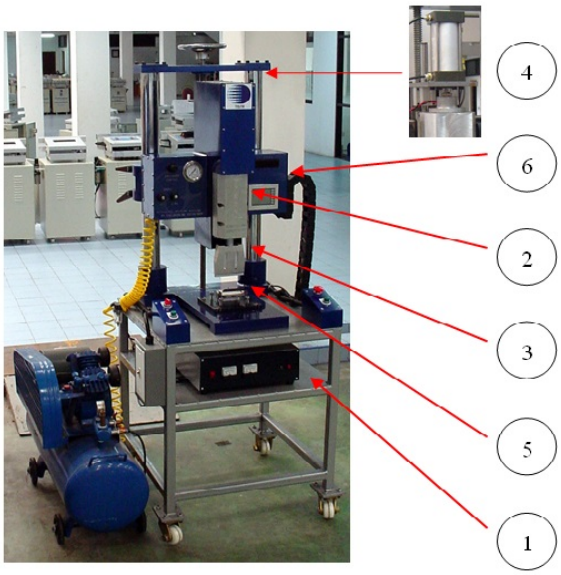
สำหรับรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องรวมทั้งภาพรวมของเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ที่ได้สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ.



รูปที่ 6. รูปแบบและลักษณะของเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่.



(ก) เครื่องที่ได้ทำการออกแบบ.



(ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง.

รูปที่ 7. (ก) เครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ที่ได้ทำการออกแบบ.
(ข) ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์.

โดยที่ :

1. ตัวจ่ายพลังงาน (power supply)
2. ชุดจับยึดและตัวแปลงพลังงาน (converter)
3. หัวกด (horn)
4. ชุดกด (actuator)
5. ชุดจับยึดชิ้นงานแบบล้อหมุน
6. ชุดควบคุม (controller)

3.1.2 ระบบควบคุมการทำงาน

สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องผนึกและเชื่อมด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่ได้เลือกใช้ PLC ร่วมกับการสั่งการผ่านหน้าจอแบบสัมผัส และทำการประมวลผลให้กระบอกสูบลมเคลื่อนที่เพื่อปฏิบัติหน้าที่ตามที่กำหนด นอกจากนี้ PLC จะได้ทำการสั่งการให้เครื่องทำการผนึกและเชื่อมวัสดุภายในระยะเวลาที่กำหนด.

อุปกรณ์ PLC ทั้งหมดถูกติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของตัวเครื่อง โดยอยู่คนละข้างกับระบบนิวเมตริก ดังแสดงในรูปที่ 8.

รูปที่ 8. การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมนิวแมติกและอุปกรณ์ PLC.

3.1.3 ขั้นตอนการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆบนระบบควบคุม

จากหลักการทำงานของการผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ได้นำไปสู่การสร้างเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์ ซึ่งขั้นตอนในการปฏิบัติงานด้วยเครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์มีดังนี้ :

1. สวิตซ์ Emergency มีไว้เพื่อดึงปิดระบบไฟทั้งหมด.
2. เปิดสวิตซ์หลักสู่ตำแหน่ง ON เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าระบบ.

3. จอแสดงผล LCD (Liquid Crystal Display) แสดงข้อความในส่วนของหน้าแรก (FIRST PAGE) ดังแสดงในรูปที่ 9.

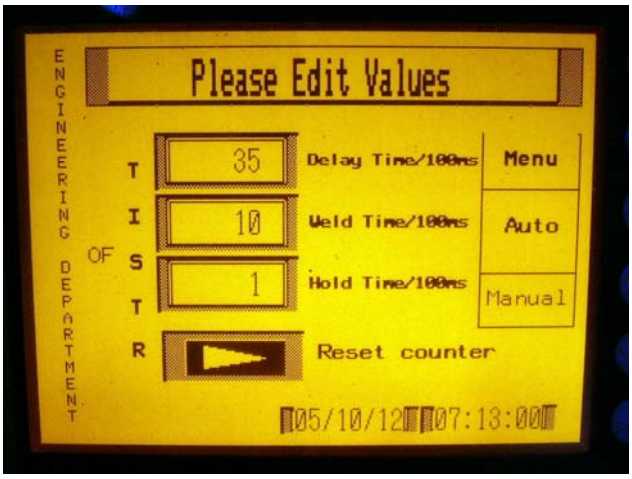
รูปที่ 9. หน้าจอแสดงผลหน้าแรก (FIRST PAGE).

4. กดที่บริเวณหน้าจอเพื่อเข้าสู่หน้าจอรายการ (MENU) ดังแสดงในรูปที่ 10.

รูปที่ 10. หน้าจอรายการ.

5. ทำการเลือกรายการบนหน้าจอรายการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ :

- ถ้าเลือกรายการ “SET UP” บนหน้าจอจะเข้าสู่การเลือกตั้งค่าเวลา ดังแสดงในรูปที่ 11.



รูปที่ 11. หน้าจอการเลือกตั้งค่าเวลา.

การตั้งค่าเวลาสามารถทำได้โดยการสัมผัสหน้าจอตรงกับค่าตัวเลขต่างๆ ที่ต้องการตั้งค่า จากนั้นหน้าจอจะเปลี่ยนไปสู่หน้าจอที่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานป้อนค่าได้ ดังแสดงในรูปที่ 12 การป้อนค่าสามารถทำได้โดยการลบค่าเก่าออกก่อน แล้วทำการป้อนค่าใหม่ลงไปโดยใช้ปุ่มตัวเลขบนหน้าจอ.

รูปที่ 12. หน้าจอการป้อนค่าเวลา.

- ถ้าเลือกรายการ “MANUAL” บนหน้าจอจะเข้าสู่การทำงานแบบควบคุมด้วยมือ ดังแสดงในรูปที่ 13 ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระบอกลมโดยสัมผัสที่ปุ่มเครื่องหมายทิศทางบนหน้าจอ.

รูปที่ 13. หน้าจอการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ.

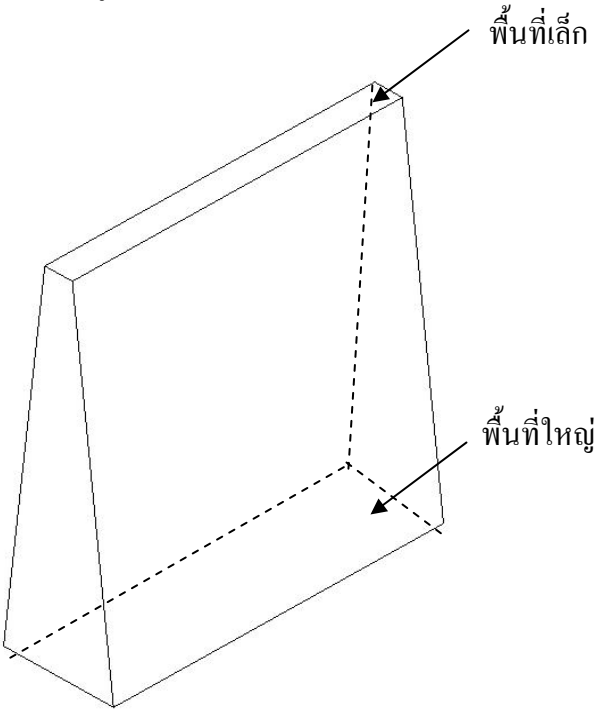
- ถ้าเลือกรายการ “AUTO” บนหน้าจอจะเข้าสู่การทำงานแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 14 เมื่อผู้ปฏิบัติงานกดปุ่ม “START” บนหน้าจอเครื่องก็จะทำงานแบบอัตโนมัติทั้งการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระบอกลมและการผนึกเชื่อมวัสดุ.

รูปที่ 14. หน้าจอการทำงานแบบอัตโนมัติ.

3.1.4 การออกแบบหัวกด (HORN)

ในส่วนของการออกแบบหัวกดสำหรับเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่จะทำการออกแบบเป็นลักษณะรูปร่าง (profile) ของหัวกดเป็นแบบรูปกรวย (conical) โดยใช้งานที่ความถี่ 20 กิโลเฮิรตซ์ และวัสดุที่เลือกใช้เป็นอะลูมิเนียมเกรด AA 7022 โดยกำหนดเงื่อนไขให้สัดส่วนพื้นที่ใหญ่เป็น 4 เท่าของพื้นที่เล็ก ซึ่งรูปแบบของหัวกดที่ทำการออกแบบจะเป็นแบบลิ่ม (wedge-shaped conical horn).

จากเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้นจะได้ขนาดของหัวกดแบบ wedge-shaped conical horn ที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 15 และ 16 ตามลำดับ.

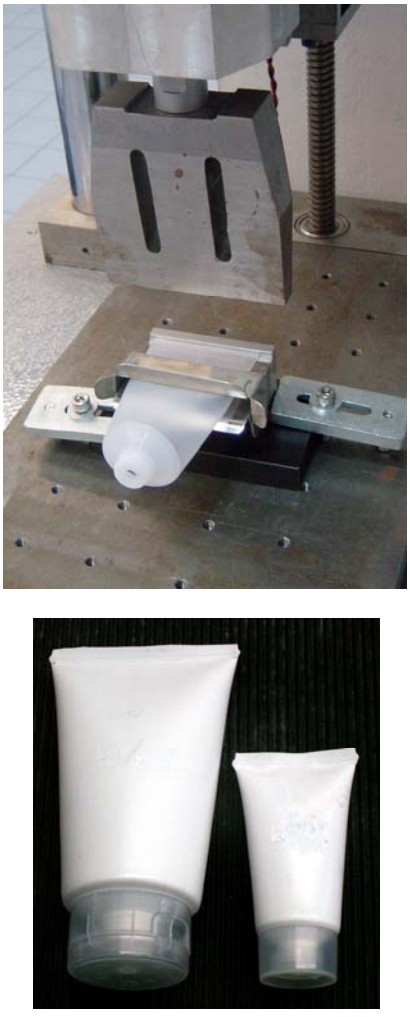


รูปที่ 15. หัวกด แบบลิ่ม (wedge-shaped conical horn) ที่ได้ทำการออกแบบ.

รูปที่ 16. หัวกดแบบลิ่ม (wedge-shaped conical horn) ที่ได้ผลิตขึ้น.

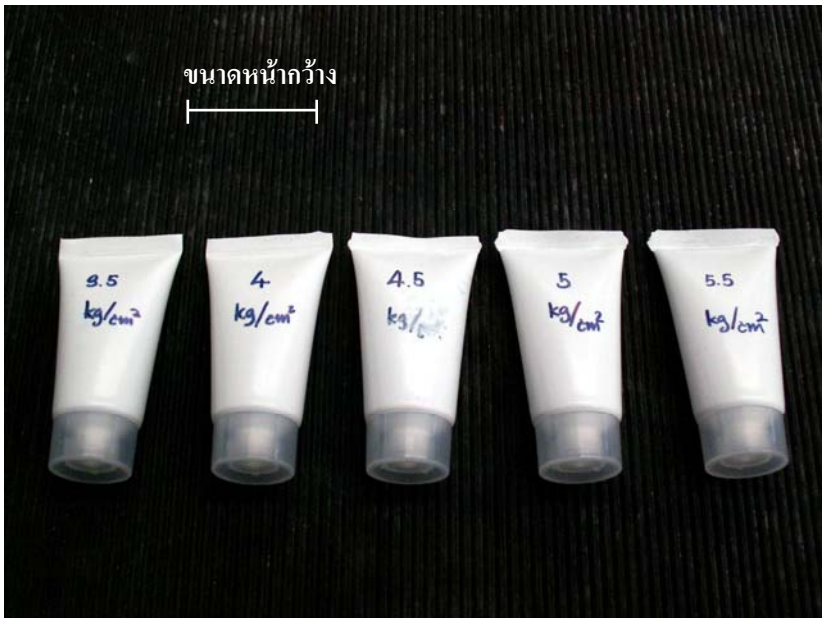
3.1.5 การทดลองใช้งานเครื่อง : กรณีผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติก

การทดลองใช้เครื่องผนึกและเชื่อมพลาสติกด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่ ทำโดยทดลองผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 17, หลอดพลาสติกที่ใช้ทำการทดลองมีด้วยกัน 2 ขนาด คือ ขนาดหน้ากว้าง 7.5 และ 3.5 เซนติเมตร ความหนาแต่ละด้านเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร โดยที่พารามิเตอร์ที่ได้ทำการทดลองปรับตั้งและปรับเปลี่ยนคือ ค่าความดันที่ป้อนให้กับกระบอกสูบเพื่อใช้กดทับวัสดุที่ต้องการผนึกหรือเชื่อม และค่าเวลาการผนึกและเชื่อมซึ่งเริ่มนับเฉพาะช่วงเวลาที่วงจรสร้างคลื่นความถี่อัลทราโซนิกส์ส่งคลื่นความถี่มายังทรานส์ดิวเซอร์.



รูปที่ 17. ขณะทำการทดลองและลักษณะหลอดพลาสติกที่ใช้ทำการทดลอง.

จากการทดสอบพบว่าช่วงเวลาการเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติก คือ 1 วินาที จากนั้นจึงทำการทดลองผนึกและเชื่อมที่ค่าแรงดันกดต่างๆ ของหลอดพลาสติกทั้งสองขนาด ดังแสดงในรูปที่ 18 และ 19 ซึ่งผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1.



รูปที่ 18. การทดลองผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 3.5 เซนติเมตร.

รูปที่ 19. การทดลองผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 7.5 เซนติเมตร.

ตารางที่ 1. ผลการทดลองเชื่อมก้นหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 3.5 และ 7.5 เซนติเมตร

ความดันกระบอกสูบ (กก./ตร.ซม.)	กระแสไฟ (แอมแปร์)	ผลการเชื่อมที่ปรากฏ
3.5	4.12	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่รอยที่เกิดขึ้นบางส่วนไม่ชัดเจนทำให้มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกไม่ผนึกติดกันไม่สมบูรณ์
4	4.30	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกและรอยที่เกิดขึ้นมีความชัดเจนทำให้ก้นหลอดพลาสติกผนึกติดกันอย่างสมบูรณ์
4.5	4.41	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกเกิดการปริแตกเสียหาย ทำให้ขอบของก้นหลอดพลาสติกไม่เรียบ
5	4.65	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นทีการกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกเกิดการปริแตกเสียหาย ทำให้ขอบของก้นหลอดพลาสติกไม่เรียบ
5.5	4.79	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกเกิดการปริแตกเสียหาย ทำให้ขอบของก้นหลอดพลาสติกไม่เรียบ

หลอดพลาสติกขนาดหน้ากว้าง 7.5 เซนติเมตร

ความดันกระบอกสูบ (กก./ตร.ซม.)	กระแสไฟ (แอมแปร์)	ผลการเชื่อมที่ปรากฏ
5	4.55	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่รอยที่เกิดขึ้นบางส่วนไม่ชัดเจนทำให้มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกไม่ผนึกติดกันไม่สมบูรณ์
5.5	4.72	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่รอยที่เกิดขึ้นบางส่วนไม่ชัดเจนทำให้มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกไม่ผนึกติดกันไม่สมบูรณ์
6	4.85	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกและรอยที่เกิดขึ้นมีความชัดเจนทำให้ก้นหลอดพลาสติกผนึกติดกันอย่างสมบูรณ์
6.5	4.97	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกเกิดการปริแตกเสียหาย ทำให้ขอบของก้นหลอดพลาสติกไม่เรียบ
7	5.16	เกิดรอยผนึกและเชื่อมทั่วทั้งพื้นที่การกดบนก้นหลอดพลาสติกแต่มีบางส่วนของก้นหลอดพลาสติกเกิดการปริแตกเสียหาย ทำให้ขอบของก้นหลอดพลาสติกไม่เรียบ

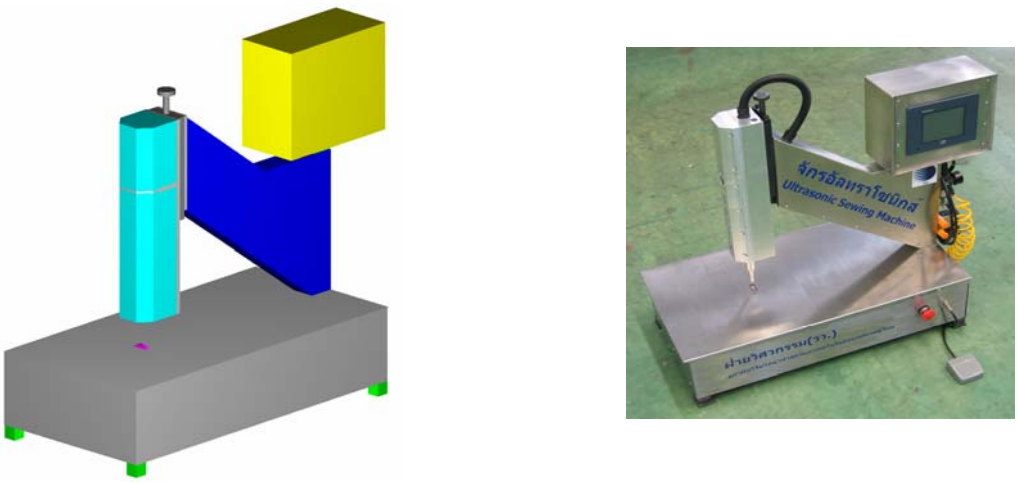
จากผลการทดลองพบว่าสำหรับหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 3.5 เซนติเมตร ความดันกระบอกสูบความดันกระบอกสูบที่เหมาะสมในการผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกอยู่ที่ 4 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และสำหรับหลอดพลาสติกที่มีขนาดหน้ากว้าง 7.5 เซนติเมตร ความดันกระบอกสูบที่เหมาะสมในการผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกอยู่ที่ 6 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ซึ่งถ้าเราใช้ความดันกระบอกสูบที่มากหรือน้อยกว่านี้ก็จะทำให้รอยผนึกหรือเชื่อมไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ ถ้าใช้แรงกดน้อยก็จะทำให้รอยผนึกหรือเชื่อมไม่ติดกัน ส่วนถ้าใช้แรงกดมากก็จะทำให้รอยกดปริแตกเสียหายได้, ส่วนปริมาณกระแสไฟที่ใช้ในการผนึกและเชื่อมก้นหลอดพลาสติกทั้งสองขนาดพบว่าค่าปริมาณกระแสไฟที่ใช้แปรผันตามความดันกระบอกสูบที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง.

ดังนั้นในการใช้งานเครื่องเพื่อทำการผนึกและเชื่อมวัสดุที่แตกต่างกัน เราจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อหาค่าช่วงเวลาการเชื่อมและค่าความดันที่เหมาะสมก่อนทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้ผลที่ได้จากการผนึกและเชื่อมวัสดุเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งาน.

3.2 เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบต่อเนื่อง-จักรอัลทราโซนิกส์ (Ultrasonic continuous welding machine-Ultrasonic sewing machine)

3.2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง

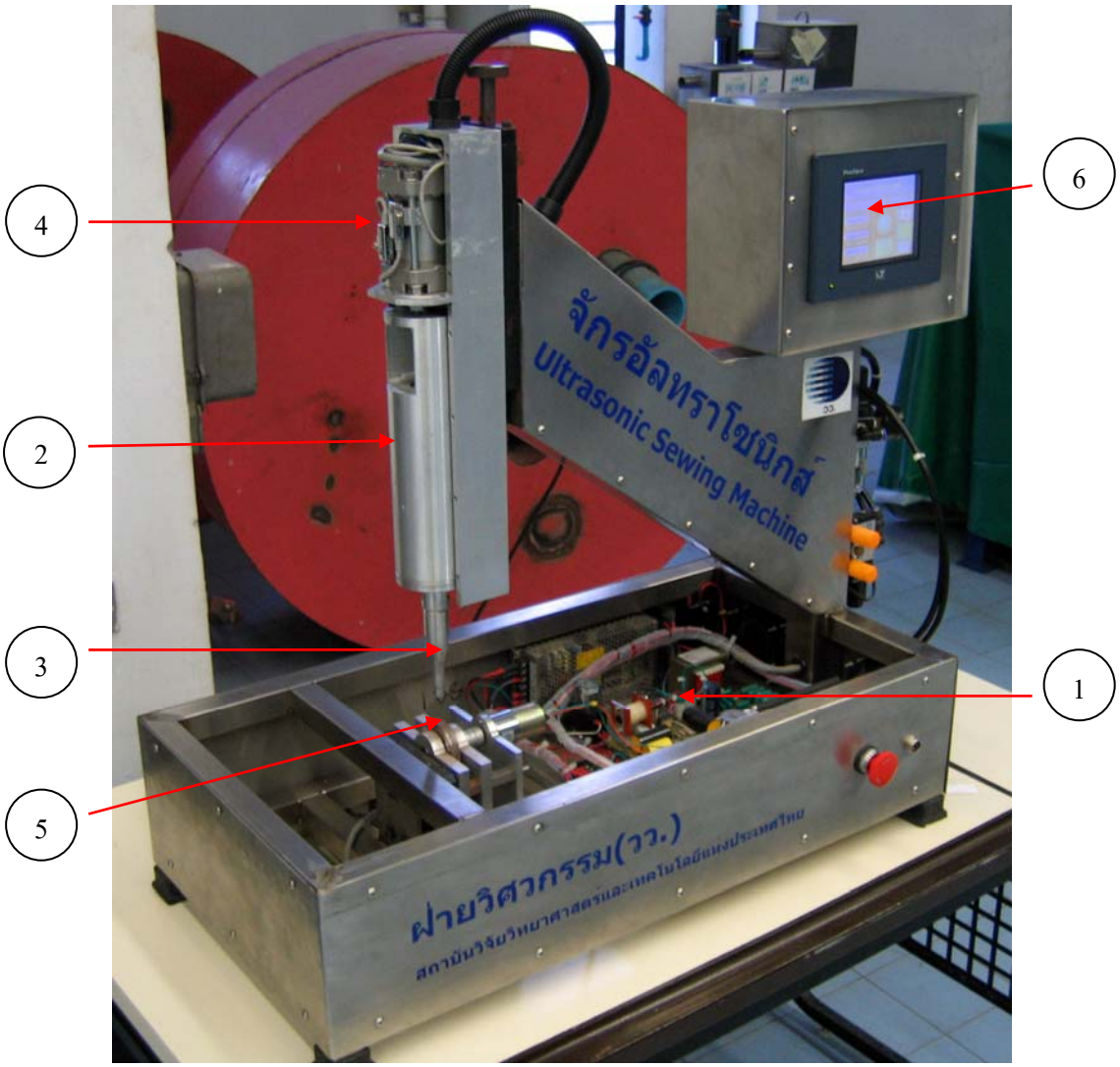
เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบต่อเนื่องที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 20.



(ก) เครื่องที่ได้ทำการ **(ข) เครื่องที่ได้สร้างเสร็จจริง**

รูปที่ 20. จักรอัลทราโซนิกส์ที่ทำการออกแบบและได้สร้างเสร็จจริง.

ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญบนตัวเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 21.



รูปที่ 21. โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง.

1. ตัวจ่ายพลังงาน (power supply)
2. ชุดจับยึดและตัวแปลงพลังงาน (converter)
3. หัวกด (horn)
4. ชุดกด (actuator)
5. ชุดจับยึดชิ้นงานแบบล้อหมุน
6. ชุดควบคุม (controller)

3.2.2 ระบบควบคุมการทำงาน

ในการควบคุมกลไกการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบต่อเนื่อง ทางคณะผู้วิจัยได้ใช้ PLC (Programmable Logic Control) แบบหน้าจอสัมผัสเป็นตัวควบคุมและสั่งงาน ซึ่งรูปแบบของหน้าจอแสดง ดังแสดงในรูปที่ 22.

รูปที่ 22. หน้าจอ PLC แบบหน้าจอสัมผัส.

สำหรับรายละเอียดการปรับตั้งค่าบนหน้าจอ PLC มีดังนี้ :

- FREQUENCY (Hz) ใช้สำหรับปรับความถี่ที่ป้อนไฟให้กับมอเตอร์ซึ่งแนะนำให้ตั้งค่าไว้ระหว่าง 10-20 Hz เพื่อจะได้แรงบิดที่ดีที่ความเร็วรอบต่ำๆ.
- FEED SPEED (%) ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์โดยสามารถป้อนค่าได้ตั้งแต่ 1-99 % โดยความเร็วรอบสูงสุดที่ปรับได้ คือ 30 rpm.
- HOLD TIME (Sec) ใช้สำหรับปรับเวลาที่ใช้หน่วงการเริ่มทำงานของชุดแปลงพลังงานและมอเตอร์หลังจากหัวกดถูกกดลงบนชิ้นงาน.
- WELD ON ใช้สำหรับสั่งเปิด/ปิดการทำงานของชุดแปลงพลังงานและมอเตอร์.

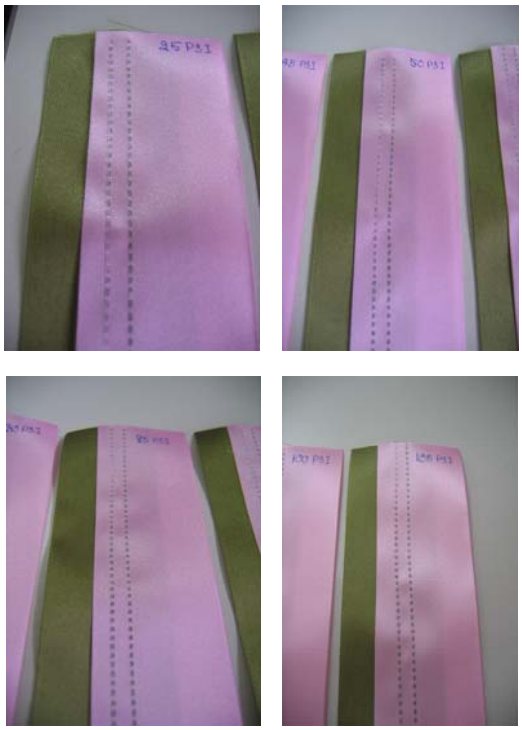
3.2.3 การทดลองใช้งานเครื่อง : กรณีการเย็บวัสดุใยสังเคราะห์แบบต่อเนื่อง

ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเย็บวัสดุใยสังเคราะห์แบบต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 23 และลวดลายของล้อหมุนซึ่งทำให้เกิดรอยตะเข็บบนเนื้อวัสดุ ดังแสดงในในรูปที่ 24.

รูปที่ 23. การทดสอบเย็บวัสดุใยสังเคราะห์แบบต่อเนื่อง.

รูปที่ 24. ลวดลายบนล้อหมุนที่ใช้ในการทดสอบ.

ในการทดลองจะเริ่มโดยการปรับตั้งค่าระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างหัวกดและล้อหมุน พร้อมทำการปรับตั้งค่าความดันกระบอกสูบค่าหนึ่งที่เพียงพอให้กระบอกสูบสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ หลังจากนั้นจึงทำการปรับตั้งค่าความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อทดลองหาอัตราป้อนที่เหมาะสมที่ทำให้วัสดุใยสังเคราะห์เย็บติดกัน โดยการทดลองเย็บดังกล่าวจะทำการปรับเปลี่ยนค่าแรงกดที่กระทำกับวัสดุใยสังเคราะห์โดยปรับที่ตัวควบคุมความดันกระบอกลม ดังแสดงในรูปที่ 25 ผลการทดลองของการเย็บวัสดุใยสังเคราะห์ดังกล่าว ดังแสดงในตารางที่ 2.



รูปที่ 25. การเย็บวัสดุแบบต่อเนื่องโดยการปรับเปลี่ยนแรงกดที่กระทำต่อใยสังเคราะห์.

ตารางที่ 2. ผลการทดลองเย็บวัสดุใยสังเคราะห์

ความดันกระบอกสูบ (กก./ตร.ซม.)	กระแสไฟ (แอมแปร์)	ผลการเย็บที่ปรากฏ
2	0.50	รอยตะเข็บที่เกิดขึ้นมีความชัดเจน ทำให้ใยสังเคราะห์ทั้งสองถูกเย็บติดกัน
3	0.51	รอยตะเข็บที่เกิดขึ้นมีความชัดเจน ทำให้ใยสังเคราะห์ทั้งสองถูกเย็บติดกัน
4	0.51	รอยตะเข็บที่เกิดขึ้นมีความชัดเจน ทำให้ใยสังเคราะห์ทั้งสองถูกเย็บติดกัน
5	0.50	รอยตะเข็บที่เกิดขึ้นมีความชัดเจน ทำให้ใยสังเคราะห์ทั้งสองถูกเย็บติดกัน
6	0.50	รอยตะเข็บที่เกิดขึ้นมีความชัดเจน ทำให้ใยสังเคราะห์ทั้งสองถูกเย็บติดกัน
7	0.51	รอยตะเข็บที่เกิดขึ้นมีความชัดเจน ทำให้ใยสังเคราะห์ทั้งสองถูกเย็บติดกัน

หลังจากนั้นจึงนำวัสดุใยสังเคราะห์ไปทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงของรอยตะเข็บที่เกิดขึ้น โดยการตัดบางส่วนของตัวอย่างใยสังเคราะห์ที่ทำการเย็บในแต่ค่าความดันกระบอกลมโดยให้แต่ละชิ้นมีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ซึ่งการทดสอบกระทำโดยการดึงจนทำให้วัสดุใยสังเคราะห์เริ่มขาดออกจากกันแล้วจึงดูค่าที่วัดได้จากตาชั่ง ดังแสดงในรูปที่ 26 ซึ่งผลการทดลองดังกล่าว ดังแสดงในตารางที่ 3.

ตาชั่ง **การทดสอบดึง** **ก่อนทดสอบ** **หลังทดสอบ**

รูปที่ 26. ตาชั่งสำหรับวัดค่าแรงดึง การทดสอบดึงผ้าใยสังเคราะห์ ลักษณะก่อนและหลังการทดสอบวัสดุใยสังเคราะห์.

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงของรอยตะเข็บบนผ้าใยสังเคราะห์

ความดันกระบอกสูบ (กก./ตร.ซม.)	แรงดึง (กิโลกรัม)
2	1.5
3	1.4
4	1.6
5	1.5
6	1.6
7	1.6

จากผลการทดลองและทดสอบการเย็บวัสดุใยสังเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่าการปรับตั้งความดันกระบอกสูบไม่มีผลต่อทั้งความสมบูรณ์และความแข็งแรงของรอยตะเข็บบนใยสังเคราะห์ รวมทั้งปริมาณกระแสไฟที่ใช้ในการของเครื่องขณะทำการเย็บวัสดุใยสังเคราะห์อีกด้วย, ดังนั้นในการปรับตั้งเครื่องให้เหมาะสมกับการใช้งานกับวัสดุที่แตกต่างกันจึงอยู่ที่การปรับระยะที่เหมาะสมระหว่างหัวกดและล้อหมุนรวมทั้งอัตราการป้อนของชิ้นงานจนทำให้เกิดรอยเย็บที่สมบูรณ์ โดยอาจจำเป็นต้องลองผิดลองถูกก่อนในเบื้องต้น, อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานควรเลือกใช้ค่าความดันกระบอกสูบที่ไม่ต่ำจนเกินไปทำให้กระบอกลมไม่สามารถทำงานได้.

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์” ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ต้นแบบจำนวน 2 เครื่อง ที่มีกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน, โดยเครื่องแรกเป็นการผนึกและเชื่อมแบบกดอยู่กับที่ (Plunge welding) ใช้สำหรับผนึกและเชื่อมพลาสติก, ส่วนอีกเครื่องหนึ่งเป็นการผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง (Continuous welding) ใช้สำหรับเย็บวัสดุใยสังเคราะห์, ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการผนึกและเชื่อมในแต่ละกระบวนการเพื่อให้เกิดรอยผนึกและเชื่อมที่ดีต้องเกิดจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมในแต่ละกระบวนการ สำหรับการผนึกและเชื่อมแบบกดอยู่กับที่ ปัจจัยสำคัญ คือ การปรับตั้งแรงดันกดและระยะเวลาการทำงานของตัวแปลงพลังงาน, และสำหรับการผนึกและเชื่อมการผนึกและเชื่อมแบบต่อเนื่อง ซึ่งปัจจัยที่สำคัญ คือ การปรับตั้งระยะห่างระหว่างหัวกดกับล้อหมุนและอัตราการป้อนชิ้นงาน.

ผลของทดลองใช้งานเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ต้นแบบทั้งสองเครื่องที่ได้สร้างขึ้นพบว่ามีคุณภาพเทียบเท่ากับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ, หากแต่ความแตกต่างอยู่ที่รูปแบบของเครื่องที่สามารถเพิ่มกลไกเพื่อให้สามารถทำงานได้เป็นแบบอัตโนมัติ, และการใช้ระบบควบคุมการทำงานด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Control) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ง่ายและสะดวกต่อผู้ปฏิบัติงาน อาทิ การให้ข้อมูลและคำแนะนำผู้ปฏิบัติงานระหว่างการใช้งานในโหมดต่างๆ อีกทั้งวัสดุที่ใช้ก็เป็นวัสดุที่หาได้ภายในประเทศทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง.

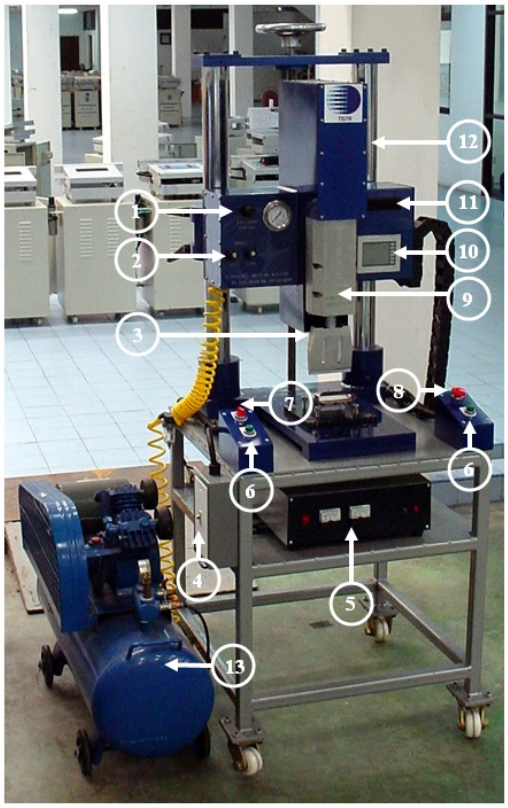
โครงการ “การพัฒนาเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์” เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ในการผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ต่อไป ทำให้สามารถออกแบบและพัฒนาระบบการผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์ที่มีความซับซ้อน เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานและสอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมภายในประเทศได้มากยิ่งขึ้น.

5. เอกสารอ้างอิง

Frederick, J. R., 1965. Ultrasonic Engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc., 379 p.

SMC CORPORATION. 1995. *Air Cylinder Series CM2*. Indianapolis: SMC.

ภาคผนวก



ผนวก ก-1 : เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบกดอยู่กับที่และตำแหน่งการวางอุปกรณ์

โดยที่หมายเลขต่างแสดงถึงรายละเอียดดังนี้ :

หมายเลข 1 อุปกรณ์ปรับแรงดันลม

2 อุปกรณ์ปรับความเร็วการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของกระบอกลม

3 หัวกดสำหรับผนึกหรือเชื่อม

4 สะพานไฟ

5 ชุดอุปกรณ์สร้างความถี่

6 สวิตช์กดสำหรับเริ่มทำการผนึกหรือเชื่อม

7 สวิตช์เปิด-ปิดเครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์

8 สวิตช์กดฉุกเฉิน

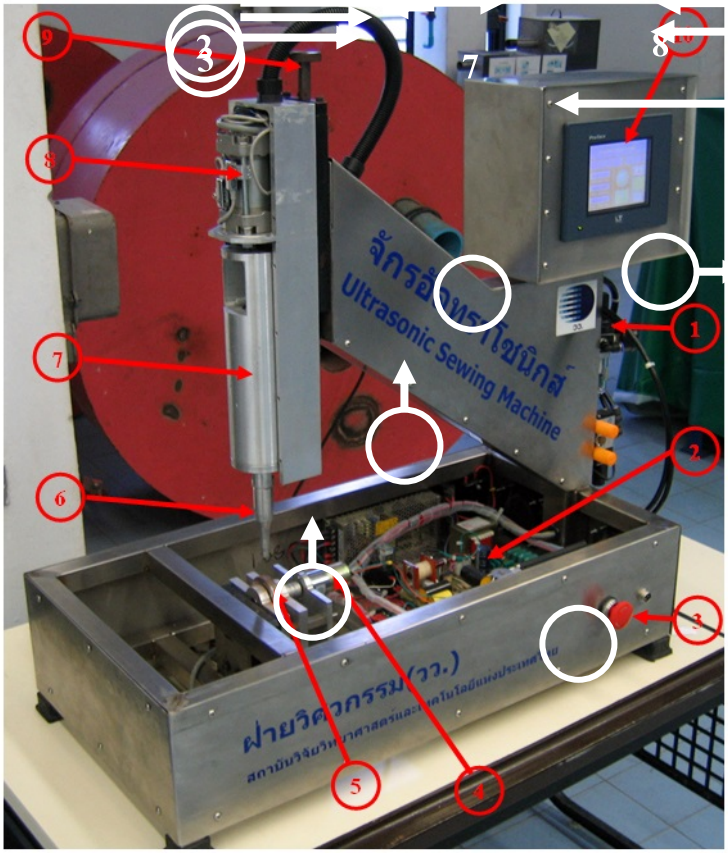
9 จุดติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์

10 หน้าจอแบบสัมผัส

11 จุดติดตั้ง PLC (KOYO) Model : DIRECT LOGIC 05

12 จุดติดตั้งกระบอกลม

13 ถังลม



ผนวก ก-2 : เครื่องผนึกและเชื่อมวัสดุด้วยอัลทราโซนิกส์แบบต่อเนื่องและตำแหน่งการวางอุปกรณ์

โดยที่หมายเลขต่างแสดงถึงรายละเอียดดังนี้ :

หมายเลข
1 อุปกรณ์ปรับแรงดันลม
2 ชุดอุปกรณ์สร้างความถี่
3 สวิตซ์กดฉุกเฉิน
4 มอเตอร์
5 ล้อหมุน
6 หัวกด
7 จุดติดตั้งทรานส์ดิวเซอร์
8 กระบอกลม
9 มือหมุนปรับตั้งระยะห่างระหว่างหัวกดกับล้อหมุน
10 PLC หน้าจอแบบสัมผัส