รายงานการวิจัย

การเชื่อมเสียดทานของอะคริลิคโดยใช้เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ

Friction Welding of Acrylic by Computerized Numerical Control Machine

นายชัยยุทธ มีงาม

นายศุภชัย ชัยณรงค์

นายกุลยุทธ บุญเซ่ง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณกองทุนวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗

ชื่องานวิจัย การเชื่อมเสียดทานของอะคริลิคโดยใช้เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ

ผู้วิจัย นายชัยยุทธ มีงาม
นายศุภชัย ชัยณรงค์
นายกุลยุทธ บุญเซ่ง
คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ปี 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อการเชื่อมเสียดทานของอะคริลิคด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ โดยตัวแปรที่เชื่อม คือ ความเร็วรอบ 600, 1000, 1400 และ 1800 รอบต่อนาที ระยะกดอัดที่ 2.2 และ 3.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลังจากการเชื่อมเสียดทานพบว่า ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร ให้ค่าความแข็งของชิ้นงานสูงสุด เฉลี่ยอยู่ที่ 88.66 HRM แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเดิมของอะคริลิคพบว่ายังมีค่าน้อยกว่าเดิม ที่มีความแข็งอยู่ที่ 98 HRM อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.11 MPa ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร ในทางตรงกันข้าม ความเร็วรอบที่สูงขึ้นถึง 1800 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร กลับให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.29 MPa จะเห็นได้ว่าอิทธิพลของตัวแปรสำหรับการทดลองส่งผลต่อสมบัติทางกลของชิ้นงานหลังจากการเชื่อม เนื่องมาจากอิทธิพลของตัวแปรเหล่านั้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางโลหะวิทยา ซึ่งส่งผลให้สมบัติทางกลของชิ้นงานมีค่าที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

Research Title	Friction Welding of Acrylic by Computerized Numerical Control Machine
Researcher	Mr. Chaiyoot Meengam Mr. Suppachai Chainarong Mr. Kulyuth Boonseng
Faculty	Industrial
Year	2014

Abstract

The objective of this study is parameters that affect to friction welding of acrylic with computerized numerical control machine. The parameters are rotation speeds such as 600, 1000, 1400 and 1800 rpm burn of length at 2.2 and 3.2 mm respectively. After friction welding found that rotation speed at 1400 rpm and burn of length at 3.2 mm has maximum vickers hardness is 88.66 HRM, but maximum vickers hardness in weld zone lower base materials at 98 HRM. However, the ultimate tensile strength average was 18.11 MPa at rotation speed 600 rpm burn of length at 3.2 mm, In contrast, rotation speed to 1800 rpm burn of length at 3.2 mm 2.2 mm into the tensile strength lower has average at 15.29 MPa. It can be seen that the influence of parameters affect the mechanical properties after friction welding due to the influence of those parameters lead to changes in the metallurgical structure as a result the mechanical properties is different as well.

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยการประสิทธิประสาทวิชาความรู้และความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย ตลอดจนนักศึกษาและคณาจารย์ทุกท่านในโปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ในการจัดทำงานวิจัยนี้ให้มีความสำเร็จและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยภายใต้สัญญาสัญญาทุนเลขที่ ๒/๒๕๕๗ ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตลอดจนศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา จนสามารถดำเนินงานไปได้และมีความสมบูรณ์ครบถ้วนทุกประการ

กระผมและคณะผู้ร่วมทำงานวิจัยทุกคนขอขอบคุณทุกท่าน ทุกฝ่าย ที่สนับสนุนในการทำวิจัยด้วยใจจริง ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ชัยยุทธ มีงาม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎี สมมุติฐาน และ/หรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย	3
การทบทวนวรรณกรรม/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	10
การดำเนินงานวิจัย	10
วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	11
เครื่องมือและอุปกรณ์	11
ขั้นตอนการทดลอง	12
บทที่ 4 ผลการทลองและวิจารณ์ผล	15
ผลของลักษณะทางกายภาพ	15
ลักษณะโครงสร้างมหภาคและจุลภาค	16
ค่าความแข็งแรงดึง	17
ผิวรอยแตกหักของแนวเชื่อม	18
ค่าความแข็งของแนวเชื่อม	20
บทที่ 5 สรุปผลการทลอง	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก ก วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น	25

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วัสดุอะคริลิค	4
2.2 อุโมงค์ใต้น้ำที่ทำจากวัสดุอะคริลิค	5
2.3 หลักการเชื่อมเสียดทาน	5
2.4 ขั้นตอนการเชื่อมเสียดทาน	6
2.5 เครื่องกลึงระบบอัตโนมัติ	7
2.6 แรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวด้วยเครื่องไมโครวิกเกอร์ส	8
2.7 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM A370	8
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยสรุป	10
3.2 วัสดุอะคริลิค	11
3.3 เครื่องกลึงสำหรับเตรียมชิ้นงานเชื่อม	11
3.4 เครื่องกลึงระบบอัตโนมัติ	12
3.5 ชิ้นงานอะคริลิคสำหรับการเชื่อมเสียดทาน	12
3.6 ขั้นตอนการเชื่อมเสียดทานของอะคริลิค	13
3.7 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638-02a	14
4.1 ลักษณะของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมเสียดทาน	15
4.2 โครงสร้างมหภาคและจุลภาคที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร	17
4.3 ค่าความแข็งแรงดึงของแนวเชื่อม	18
4.4 ลักษณะผิวรอยแตกหักของชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร	19
4.5 ลักษณะผิวรอยแตกหักของชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร	19
4.6 ค่าความแข็งของแนวเชื่อม ที่ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร	20
4.7 ค่าความแข็งของแนวเชื่อม ที่ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร	21

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตัวแปรในการทดลองเชื่อมเสียดทานของอะคริลิค 19

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อะคริลิคเป็นวัสดุทางวิศวกรรมที่อยู่ในกลุ่มของพลาสติก โดยคุณสมบัติที่ดีของอะคริลิค เช่น มีน้ำหนักที่เบา มีความทนทานต่อการกระแทก และมีความโปร่งใสสูง ทำให้เป็นที่นิยมในการใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยนำไปใช้งานในด้านอุปกรณ์สำนักงาน อุปกรณ์ในห้องน้ำ ป้ายโฆษณาหรือป้ายชื่อร้าน และอื่นๆ อีกมากมาย แต่มีการใช้งานบางอย่างที่นำจุดเด่นของอะคริลิคมาใช้ ได้แก่ กระจกอุโมงค์เลี้ยงปลา [1] การใช้งานอะคริลิคเหล่านี้ต้องมีการยึดต่อเข้าด้วยกัน โดยการยึดต่อชิ้นงานในกลุ่มพลาสติกสำหรับปัจจุบันทำได้ 2 วิธี คือ การใช้นำยาเชื่อมประสานอะคริลิค เป็นการใช้สารเคมีมาทำปฏิกิริยากับอะคริลิคเพื่อให้เกิดการยึดติดต่อกัน วิธีการใช้นำยาเชื่อมประสานเป็นวิธีการที่ไม่สามารถยึดติดให้มีอายุที่ยาวนานได้ เนื่องจากน้ำยาประสานเมื่อใช้ไปนานๆ จะเกิดการเสียคุณสมบัติทางเคมี ทำให้อายุการยึดติดสั้น [2] อีกวิธีการเป็นการเชื่อมแบบลมร้อน (Hot Gas Plastic) วิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในสภาวะปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและมีอุปกรณ์ทั่วไปในท้องตลาด การเชื่อมแบบลมร้อนอาศัยการหลอมของพลาสติกจากลมร้อนที่เป่าเข้าสู่บริเวณเชื่อมและใช้ตัวเติม (Filler) เป็นแท่งแบบพลาสติกกลมเพื่อให้ชิ้นงานทั้งสองชิ้น เกิดการยึดติดกัน [3] กระบวนการเชื่อมทั้งสองกรรมวิธีเป็นกระบวนการเชื่อมที่อาศัยการยึดติดจากตัวกลางอื่นๆ แต่การเชื่อมเสียดทาน (Friction Welding) เป็นการเชื่อมในสถานะของแข็งที่อาศัยการเสียดทานบริเวณผิวหน้ารอยต่อของชิ้นงานภายใต้แรงกด (Pressure) จนทำใช้ผิวหน้าของชิ้นงานเกิดความร้อนทั้งสองชิ้น แล้วใช้แรงกดอีกครั้งเพื่อให้ชิ้นงานยึดติดกัน การเชื่อมเสียดทานมีตัวแปรในการเชื่อม คือ ความเร็วหมุนหัวจับ (Spindle Speed) อัตราการป้อน (Feed Rate) เวลาในการกดแช่ (Holding Time) และแรงกด (Pressure) [4] โดยวัสดุวิศวกรรมในกลุ่มพลาสติกมีจุดหลอมเหลวของชิ้นงานที่ไม่สูงมาก ดังนั้นการการนำกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานมาประยุกต์เข้ากับการเชื่อมอะคริลิคจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ตัวแปรจากการเชื่อมเสียดทานส่งผลโดยตรงต่อสมบัติทางกลบริเวณแนวเชื่อมหลังจากการเชื่อมอะคริลิค และเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถถ่ายทอดสู่ภาคอุตสาหกรรมได้

จากข้อมูลและเหตุผลดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ โดยจะศึกษาตัวแปรของการเชื่อมเสียดทานที่มีความเหมาะสมในการเชื่อมอะคริลิค ด้วยเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ (Turning CNC) จากนั้นศึกษาสมบัติทางโลหะวิทยา (โครงสร้างทางมหภาค) สมบัติทางกลของแนวเชื่อม (Weld Metal) เช่น ค่าความแข็ง ค่าความต้านทานแรงดึง เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้ในงานเชิงวิศวกรรมและประยุกต์ใช้จริงในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อการเชื่อมอะคริลิคโดยใช้กรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานด้วยเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้จะศึกษาการเชื่อมวัสดุวิศวกรรมกลุ่มพลาสติก (อะคริลิค) ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทาน โดยใช้เครื่องกลึงอัตโนมัติในการควบคุมการเชื่อม ตัวแปรเบื้องต้นในการทดลอง คือ ความเร็วหมุนหัวจับ (Spindle Speed) อัตราการป้อน (Feed Rate) เวลาในการกดแช่ (Holding Time) และแรงกด (Pressure) ที่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากการเชื่อม และส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติของแนวเชื่อมหลังจากการเชื่อมชิ้นงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบถึงค่าแปรที่เหมาะสมในการเชื่อมอะคริลิคโดยใช้กรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานด้วยเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ
- องค์ความรู้ที่ได้จากการเชื่อมอะคริลิคด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมและอุตสาหกรรมได้ เช่น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน อุตสาหกรรมเครื่องบิน อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โดยมีประยุกต์การผลิตให้อยู่ในรูปแบบระบบอัตโนมัติ
- พัฒนาบุคลากรทางด้านการศึกษาและผลิตนักศึกษาในระดับ ป.ตรี
- ได้องค์ความรู้ใหม่สำหรับการเชื่อมเสียดทานในการเชื่อมวัสดุวิศวกรรมในกลุ่มพลาสติกโดยใช้ระบบการควบคุมด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน และ/หรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย

2.1.1 อะคริลิค

อะคริลิคพลาสติก (Acrylic plastic) หรือพลาสติกอะคริลิค ขณะที่อีกหลายคนเรียกว่า กระจกอะคริลิก (acrylic glass) หรือเรียกย่อๆ แค่แผ่นอะคริลิค แต่ไม่ว่าจะเรียกชื่อแตกต่างกันอย่างไรก็ตาม ทั้งหมดก็หมายถึงพลาสติกชนิดเดียวกันคือ โพลิเมทิลเมทาไครเลตหรือพีเอ็มเอ็มเอ (Polymethyl methacrylate, PMMA) และสูตรเคมีของพลาสติกชนิดนี้คือ $C_5H_8O_2$ อะคริลิคพลาสติกหรือโพลิเมทิลเมทาไครเลตเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง มีชื่อทางการค้าหลายชื่อด้วยกัน เช่น Plexiglas, Lucite, Perspex เป็นต้น พลาสติกชนิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่าง เช่น กระจกใสบนเครื่องบิน ป้ายโฆษณา กระจกตู้ปลา วัสดุทางการแพทย์ เป็นต้น เนื่องจากวัสดุมีสมบัติโดดเด่นในเรื่องความเหนียว (toughness) ความโปร่งใส (transparent) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และเมื่อผนวกกับการมีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติประจำตัวของวัสดุประเภทพลาสติกแล้ว อะคริลิคพลาสติกจึงเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้แทนแก้วในงานหลายอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 วัสดุอะคริลิค [1]

อะคริลิคพลาสติกเป็นพลาสติกที่ได้จากการนำโมโนเมอร์ของเมทิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate, MMA) มาทำปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์ (Polymerization) โดย 2 นักเคมีชาวเยอรมันคือ ฟิททิจ (Fittig) และพอล (Paul) สามารถสังเคราะห์โพลิเมทิลเมทาไครเลตได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1877 แล้ว แต่การพัฒนาวิธีผลิตให้ได้แผ่นอะคริลิคพลาสติกออกมาต้องรอถึงปี ค.ศ. 1933 เมื่อออทโท เริห์ม (Otto Rohm) นักเคมีชาวเยอรมันขอจดสิทธิบัตรวิธีผลิตแผ่นพลาสติกใสจากโพลิเมทิลเมทาไครเลตในชื่อทางการค้า Plexiglas หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1936 จึงมีการผลิตแผ่น Plexiglas ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันสามารถผลิตอะคริลิคพลาสติกได้จากปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์หลายแบบ เช่น การเกิดโพลิเมอร์แบบอีมัลชัน (Emulsion polymerization) การเกิดโพลิเมอร์แบบบัลก์ (Bulk polymerization) เป็นต้น การผลิตอะคริลิคพลาสติกแบบ “แผ่น” มักใช้เทคนิคการเกิดโพลิเมอร์แบบบัลก์ โดยเติมโมโนเมอร์ของเมทิลเมทาไครเลตกับตัวเร่งปฏิกิริยาลงในแม่พิมพ์ (Mold) พร้อมกัน

สมบัติของอะคริลิคพลาสติก

1. มีความหนาแน่นประมาณ 1.15-1.19 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

2 มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 130-140 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

3. มีความทนทานต่อการกระแทก (impact strength) สูงกว่าแก้วและโพลิสไตรีน แต่ต่ำกว่าโพลิคาร์บอเนตและพลาสติกวิศวกรรมชนิดอื่น

4. อะคริลิคพลาสติกมีเนื้ออ่อนจึงเกิดรอยขูดขีดได้ง่าย

5. แสงสว่างสามารถส่องผ่านเนื้อพลาสติกได้ถึงร้อยละ 92 และมีการสะท้อนกลับที่ผิว

6. มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีกว่าพลาสติกชนิดอื่นเช่น โพลิคาร์บอเนต จึงนิยมใช้อะคริลิคพลาสติกกับงานกลางแจ้งด้วย

7. อะคริลิคพลาสติกไม่ทนทานต่อตัวทำละลายหลายชนิด

การประยุกต์ใช้

ปัจจุบันอะคริลิคพลาสติกถูกประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นเครื่องประดับ อุปกรณ์สำนักงาน อุปกรณ์ในห้องน้ำ สีทาบ้าน ป้ายโฆษณาหรือป้ายชื่อร้าน และอื่นๆ อีกมากมาย แต่มีการใช้งานบางอย่างที่นำจุดเด่นของพลาสติกมาใช้ได้อย่างลงตัว นั่นคือ กระจกบ่อเลี้ยงปลา ตู้ปลาส่วนใหญ่มักจะใช้กระจกแก้ว เช่นเดียวกับในบ่อเลี้ยงปลาขนาดใหญ่อย่างในพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำที่ต้องใช้แผ่นกระจกหนามากเพื่อรองรับแรงดันและน้ำหนักของน้ำปริมาณมหาศาล ดังแสดงในรูปที่ 2.2 แต่กระจกแก้วมีข้อด้อยสำคัญอย่างหนึ่งคือ ขนาดแผ่นกระจกที่หนาขึ้น จะมีผลให้แสงส่องผ่านได้น้อยลง ทำให้มองเห็นปลาในบ่อไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ดังนั้นบ่อเลี้ยงปลาขนาดใหญ่สมัยใหม่จึงเปลี่ยนมาใช้แผ่นอะคริลิคพลาสติกแทนกระจกแก้ว เพราะอะคริลิคมีจุดเด่นเหนือกว่ากระจกแก้วหลายอย่าง เช่น

1. น้ำหนักเบากว่า (อะคริลิคพลาสติกมีความหนาแน่นน้อยกว่าแก้วมากกว่าครึ่ง) ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายและติดตั้งได้ง่ายกว่า

2. แสงสว่างสามารถส่องทะลุผ่านอะคริลิคพลาสติกได้มากกว่าแก้ว

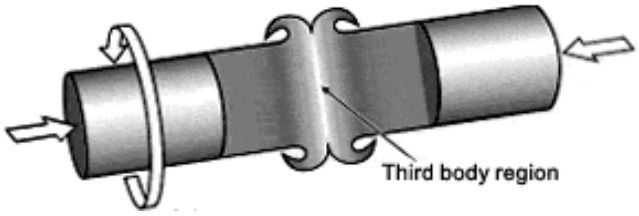
3. การเชื่อมต่อแผ่นอะคริลิกพลาสติกสามารถเชื่อมได้ถึงระดับโมเลกุล โดยทาสารเคมีบางชนิด เช่น ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) หรือไตรคลอโรมีเทน (Trichloromethane) ลงที่ผิวพลาสติกทำให้พลาสติกอ่อนตัว หรือเหลวก่อนประกบแผ่นอะคริลิคเข้าด้วยกัน วิธีนี้ทำให้พลาสติกสามารถเชื่อมต่อกันได้เป็นเนื้อเดียว และบริเวณรอยต่อจะมีขนาดเล็กมากจนแทบมองไม่เห็น ทำให้ผลงานมีความสวยงามมากกว่า

4. อะคริลิกพลาสติกมีความเป็นฉนวนความร้อนดีกว่าแก้วประมาณร้อยละ 20 จึงช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานสำหรับทำความร้อนหรือความเย็นในน้ำได้ ขณะที่จุดด้อยของการใช้อะคริลิคพลาสติกคือมันมีราคาแพงกว่าแก้ว และเกิดรอยขูดขีดได้ง่ายกว่าแก้ว (แต่สามารถนำอะคริลิคไปเคลือบผิวให้ทนต่อการขูดขีดได้)

รูปที่ 2.2 อุโมงค์ใต้น้ำที่ทำจากวัสดุอะคริลิค [1]

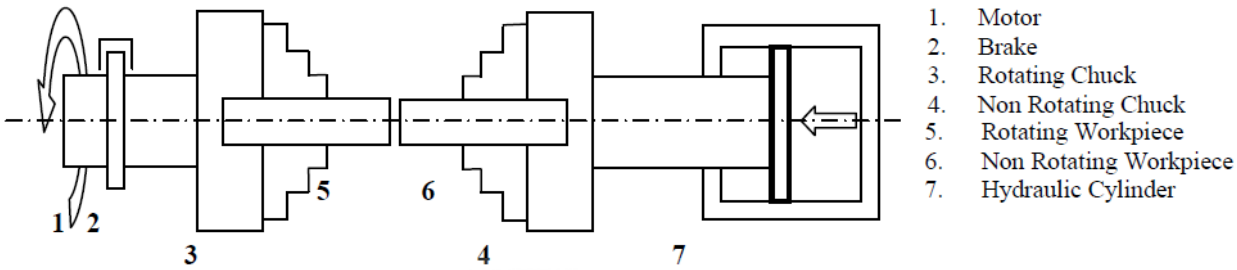
2.1.3 การเชื่อมเสียดทาน (Friction Welding)

การเชื่อมโลหะในสภาวะของแข็ง (Solid State Welding) เป็นกระบวนการเชื่อมที่อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะเชื่อมต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะนั้น โดยที่โลหะยังอยู่ในสภาวะของแข็งหรือบางครั้งอาจจะหลอมเหลวเพียงเล็กน้อย โลหะบางประเภทจะหลีกเลี่ยงการเชื่อมต่อที่อุณหภูมิของการหลอมละลาย เพราะว่าที่อุณหภูมิหลอมละลายเมื่อโลหะแข็งตัวก็อาจจะทำให้เกิดการแตกขึ้นได้และนอกจากนั้นก็จะมีการเกิดโครงสร้างขึ้นมาใหม่ ซึ่งอาจจะไม่เหมือนกับโครงสร้างเริ่มต้นของโลหะนั้น จากเหตุผลข้างต้นจึงได้มีการคิดค้นการเชื่อมเสียดทาน (Friction Welding, FW) ที่สถาบันการเชื่อมของอังกฤษ (The Welding Institute, TWI) การเชื่อมเสียดทานมีหลักการสร้างความร้อนคล้ายๆ กับการเชื่อมเสียดทานแบบกวน คืออาศัยการเสียดทานระหว่างวัสดุ 2 ชิ้น เพื่อให้เกิดความร้อน แต่การเชื่อมเสียดทานไม่ใช้หัวเชื่อม (Tool) ในการเชื่อม เพราะความร้อนที่ได้เกิดจากการสัมผัสกันของผิวหน้ารอยต่อของชิ้นงานทั้งสองชิ้นภายใต้แรงกดจนทำใช้ผิวหน้าของชิ้นงานเกิดความร้อนทั้งสองชิ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้ารอยต่อส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการอ่อนตัว (Softening) แล้วเสียรูปอย่างช้าๆ แบบ Plastic deformation แล้วให้แรงกดอีกครั้งเพื่อให้ชิ้นงานยึดติดกัน หลังจากนั้นจึงหยุดการหมุนของหัวจับชิ้นงาน รอจนชิ้นงานเกิดการเย็นตัว จะเห็นได้ว่าการเชื่อมเสียดทานไม่มีการสิ้นเปลืองหัวเชื่อม การเชื่อมเสียดทานมีตัวแปรในการเชื่อม ที่สำคัญคือ คือ ความเร็วหมุนหัวจับ (Spindle Speed) อัตราการป้อน (Feed Rate) เวลาในการกดแช่ (Holding Time) และแรงกด (Pressure) และตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิดัง หรือการเตรียมผิวงาน เป็นต้น แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการเชื่อมเสียดทาน [12]

การเชื่อมเสียดทานจะมีขั้นตอนอยู่ 4 ขั้นตอน คือ การให้แรงกดชิ้นงานเพื่อให้ผิวหน้าของชิ้นงานทั้งสองชิ้นสัมผัสกันจนเกิดการเสียดทานระหว่างกัน โดยช่วงนี้จะส่งผลให้ชิ้นงานมีแรงเสียดทานที่สูง จากนั้นให้เวลาเพื่อให้ความร้อนเกิดการแพร่ไปยังชิ้นงานทั้งสองชิ้นให้เกิดการอ่อนตัว บริเวณผิวรอยต่อ จากนั้นให้แรงกดอีกครั้งเพื่อให้ชิ้นงานที่อ่อนตัวเกิดการอัดตัว เวลาที่ใช้จะสั้นกว่าช่วงแรก เมื่อชิ้นงานเกิดกันจึงหยุดความเร็วรอบที่หมุนชิ้นงาน โดยขั้นตอนการเชื่อมเสียดทานดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการเชื่อมเสียดทาน [12]

2.1.4 เครื่องกลึงระบบอัตโนมัติ (Turning CNC)

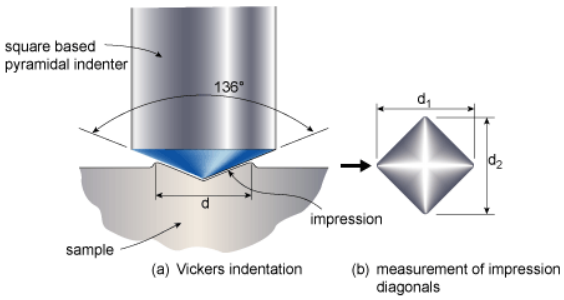
CNC เป็นคำย่อของ Computer Numerical Control แปลว่าการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซี เครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องเจียระไน เครื่องEDM ฯลฯ ซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นส่วนได้รวดเร็วถูกต้อง และเที่ยงตรง เครื่องจักรซีเอ็นซีแต่ละแบบแต่ละรุ่นจะมีลักษณะเฉพาะ และการประยุกต์ใช้งานที่ต่างกันออกไป แต่เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทั้งหมดมีข้อดีเหมือนๆ กันคือ ข้อแรกเครื่องจักรกลซีเอ็นซีทุกเครื่องได้รับการปรับปรุงให้มีการทำงานอัตโนมัติทำให้ลดความวุ่นวายของผู้ควบคุมเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงาน เครื่องจักรซีเอ็นซีหลายเครื่องสามารถทำงานโดยที่ผู้ควบคุมไม่ต้องคอยนั่งเฝ้าในระหว่างวัฏจักรการทำงานของเครื่อง (Machining cycle) และผู้ควบคุมสามารถไปทำงานอย่างอื่นได้ สิ่งนี้ทำให้ผู้ใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีได้ประโยชน์หลายอย่างรวมทั้งลดความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากคนมีน้อยมากมีความคงเส้นคงวาในการผลิตและสามารถทำนายเวลาในการผลิตแต่ละชิ้นได้ ข้อดีข้อที่สองของเทคโนโลยีซีเอ็นซีคือความคงเส้นคงวาและความถูกต้องแม่นยำของชิ้นงาน ซึ่งหมายความว่าเมื่อโปรแกรมที่เขียนทำงานอย่างถูกต้องแล้ว การผลิตชิ้นส่วน 2 ชิ้น 10 ชิ้น หรือ 1000 ชิ้นให้เหมือนกันทุกประการสามารถทำได้อย่างง่ายดายด้วยความสม่ำเสมอข้อดีข้อที่สามคือความยืดหยุ่นในการทำงาน เนื่องจากเครื่องจักรกลเหล่านี้ทำงานตามโปรแกรมการทำงานที่ต่างกันก็ง่ายเหมือนกับการโหลดโปรแกรมที่ต่างกัน เมื่อโปรแกรมประมวลผลและทำการผลิตชิ้นงานแล้ว เราสามารถเรียกโปรแกรมนั้นกลับมาใช้ใหม่ในครั้งต่อไปเมื่อต้องทำงานชิ้นนั้นอีก ในตอนเริ่มแรกการควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซีใช้โปรแกรมรหัสจีเป็นชุดคำสั่งควบคุมขับเครื่องมือตัดเฉือน (Tool) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง หรือเปิด-ปิดสารหล่อเย็นหรือเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉือน เราไม่สามารถแยกเครื่องจักรซีเอ็นซีและรหัสจีออกจากกันได้ ถ้าเราต้องการให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานเราต้องเรียนรู้รหัสจีเพื่อที่เราจะได้พูดภาษาเดียวกับตัวควบคุมซีเอ็นซีได้ภายหลังโปรแกรม CAD/CAM ได้รับการพัฒนาขึ้นมา การนำ CAD/CAM มาใช้งานร่วมกับ CNC ก็เริ่มมากขึ้น

ความเข้าใจเรื่องการรวม CNC กับ CAD/CAM จะช่วยให้เข้าใจวิธีการของโปรแกรมรหัสจีเพื่อให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงาน แสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 เครื่องกลึงระบบอัตโนมัติ (Turning CNC)

2.1.5 การทดสอบความแข็ง

เป็นการทดสอบความสามารถของโลหะในการต้านทานต่อการแปรรูปถาวร เมื่อถูกแรงกดจากหัวกดกระทำลงบนชิ้นทดสอบ การทดสอบความแข็งที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ บริเนลล์ ร็อกเวลล์ และวิกเกอร์ส สำหรับในงานวิจัย ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการทดสอบแบบวิกเกอร์ส เนื่องจากการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ส จะเหมาะสำหรับการวัดบริเวณพื้นที่หน้าตัดของแนวกวนโดยในการวัดความแข็งจะใช้หัวกดเพชรมีลักษณะเป็นปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมที่ปลายหัวกดทำมุม 136 องศา ดังรูปที่ 2.6 โดยเวลาที่ใช้ในการกด 10 วินาที ค่าความแข็งจะคำนวณจากแรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิว สามารถวัดค่าความแข็งได้ตั้งแต่โลหะที่นิ่มมากค่าความแข็งประมาณ 5 kgf/mm^2 จนถึงโลหะที่แข็งมากๆ ประมาณค่าความแข็งประมาณ 1,500 kgf/mm^2 โดยไม่ต้องเปลี่ยนหัวกด จะเปลี่ยนเฉพาะแรงกดเท่านั้น โดยมีค่าระหว่าง 1-120 kgf ขึ้นอยู่กับความแข็งของโลหะ



รูปที่ 2.6 แรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวด้วยเครื่องไมโครวิกเกอร์ส

การวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส บริเวณภาคตัดตามยาวรอยกวนเพื่อหาว่าในแต่ละบริเวณของชิ้นทดสอบกวนมีค่าความแข็งภายในเนื้อวัสดุที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด จากการคำนวณโดยใช้สมการ

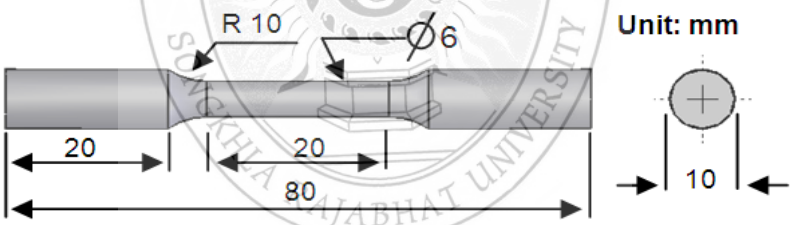
$$Hv = \frac{1.854P}{d^2}$$

เมื่อ

Hv	คือ	ค่าความแข็งแบบ Vickers (kgf /mm^2)
P	คือ	แรงกด (kgf)
d	คือ	ขนาดเส้นทแยงมุม d1 และ d_2 เฉลี่ย (mm)

2.1.6 การทดสอบความแข็งแรงดึง

การทดสอบสมบัติเชิงกล เพื่อหาค่าความแข็งแรงดึงของกรรมวิธีโดยการแพร่ จะทดสอบแรงดึงของรอยยึดติดจากการต่อ ใช้ชิ้นทดสอบแบบลดขนาดตามมาตรฐานงานกลม นำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบแรงดึง ตามยาวกับแนวเชื่อม นำไปทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิห้องความเร็วในการดึง 1.67 x 10^{-2} มิลลิเมตร/วินาที โดยใช้มาตรฐาน ASTM (A370) เพื่อดูค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดหลังจากการเสียรูป โดยการเตรียมชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 2.7 และมาตรฐาน ASTM (A370)



รูปที่ 2.7 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM A370

2.2 การทบทวนวรรณกรรม/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักวิจัยชาวบราซิล Eder Paduan Alves และคณะ [5] ได้เชื่อมอะลูมิเนียม AA 1050 เข้ากับสแตนเลส AISI 304 โดยในการเชื่อมใช้ชิ้นงานโต 14.8 มิลลิเมตร ยาว 100-110 มิลลิเมตร ใช้ตัวแปรเบื้องต้นที่รอบในการหมุนเชื่อมที่ 3,200 รอบ/นาที แรงกดเริ่มต้น 2.1 MPa เวลา 7-32 วินาที และแรงกดช่วงที่สอง 0.7-2.8 MPa เวลา 1-2 วินาที ก่อนการเชื่อมมีการทำความสะอาดผิวหน้ารอยต่อด้วยน้ำยาอะซิโตน จากการทดลองครั้งนี้พบว่าที่ตัวแปรแรงกดเริ่มต้น 2.1 MPa เวลา 32 วินาที และแรงกดช่วงที่สอง 2.4 MPa เวลา 2 วินาที ให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด 80.08 MPa โดยผลจากการทดลองยังพบว่าอะลูมิเนียม AA 1050 มีการอ่อนตัวเข้าไปยังด้านสแตนเลส

S. CELIK AND D. GUNES [6] ซึ่งเป็นนักวิจัยชาวเยอรมันได้ศึกษาการเชื่อมเสียดทานระหว่างอะลูมิเนียมคอมโพสิต เกรด A356 กับเหล็ก AISI 1030 โดยใช้แรงกด 2 ระดับคือ 20 และ 40 MPa เวลาในการเสียดทาน 4, 6, 8, 10 และ 12 วินาที จากนั้นเพิ่มแรงกดเป็น 40 และ 60 MPa เวลา 4 วินาที จากการทดสอบแรงดึงพบว่าชิ้นงานขาดที่อะลูมิเนียมคอมโพสิต เกรด A356 โดยค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 99.05 MPa คิดเป็น 33.7 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อวัสดุเดิมของอะลูมิเนียมคอมโพสิต (MMC) ลักษณะการแตกหักจะเป็นอะลูมิเนียมคอมโพสิต เกรด A356 ที่ไปยึดเกาะผิวหน้าของเหล็ก AISI 1030 มีการแตกหักของซิลิกอนบริเวณผิวหน้ารอยต่อ

นักวิจัยนำโดย I. Bhamji และคณะ ชาวอังกฤษ [7] ได้ศึกษาการเชื่อมวัสดุต่างชนิดเข้าด้วยกัน โดยการใช้การเชื่อมแบบเสียดทาน ซึ่งในการเชื่อมจะใช้อะลูมิเนียม AA1050-H111 เข้ากับทองแดง C101 ชิ้นงานที่เชื่อมมีขนาดความโต 50 มิลลิเมตร ใช้แรงกดในการเชื่อม 75 MPa เวลาในการเสียดทาน 5 วินาที ก่อนที่จะใช้แรงกดเข้าไปอีก 2 มิลลิเมตร ในการทดลองพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 76 MPa โดยหากใช้แรงกดเข้าไปน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ชิ้นงานไม่สามารถยึดติดได้

นักวิจัยกลุ่มจากจีน SONG Yu-lai และคณะ [8] ได้เชื่อมเหล็กหล่อ (nodular cast iron) กับอะลูมิเนียม Al 1050 ชิ้นงานมีขนาดความโต 20 มิลลิเมตร และก่อนการเชื่อมมีการขัดผิวรอยต่อด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1,000 กริด ตัวแปรที่ใช้ คือ แรงกดเริ่มต้น 40 MPa เวลา 1 วินาที และแรงกดช่วงที่สอง 100 MPa เวลา 3 วินาที ที่ความเร็วหมุน 3,000 รอบ/นาที จากการทดลองพบว่าอะลูมิเนียม Al 1050 แพร่ไปยังเหล็กหล่อเนื่องจาก อะลูมิเนียมมีจุดหลอมเหลวที่น้องกว่าเหล็กหล่อเมื่อได้รับการเสียดทานจนเกิดความร้อนทำให้อ่อนตัวได้ง่ายกว่าเหล็กหล่อ จึงแพร่ไปยังเหล็กหล่อง่ายกว่า

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ สุรสิงห์ อารยางกูร และชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ [9] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเชื่อมท่อพลาสติกกลมด้วยอุลตราโซนิค การศึกษานี้ใช้ท่อพลาสติกกลม (PMMA) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 mm หนา 2 mm มีมุมบากของท่อหลายขนาดได้แก่ 5.7˚, 3.8˚, 2.8˚ และ 0˚ เพื่อให้สามารถสวมเข้ากันได้ ใช้ความถี่ในการเชื่อมที่ 28 kHz ที่ความเร็วรอบ 100 rpm และ 25 rpm โดยมีแรงกดด้านข้างช่วยเสริมให้เกิดแนวเชื่อม ผลที่ได้ พบว่าการประยุกต์ใช้อุลตราโซนิคในการเชื่อมท่อพลาสติกกลมนั้นสามารถสร้างรอยเชื่อมได้ และที่ตำแหน่งจุดเชื่อมนั้นพลาสติกจะเกิดการหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

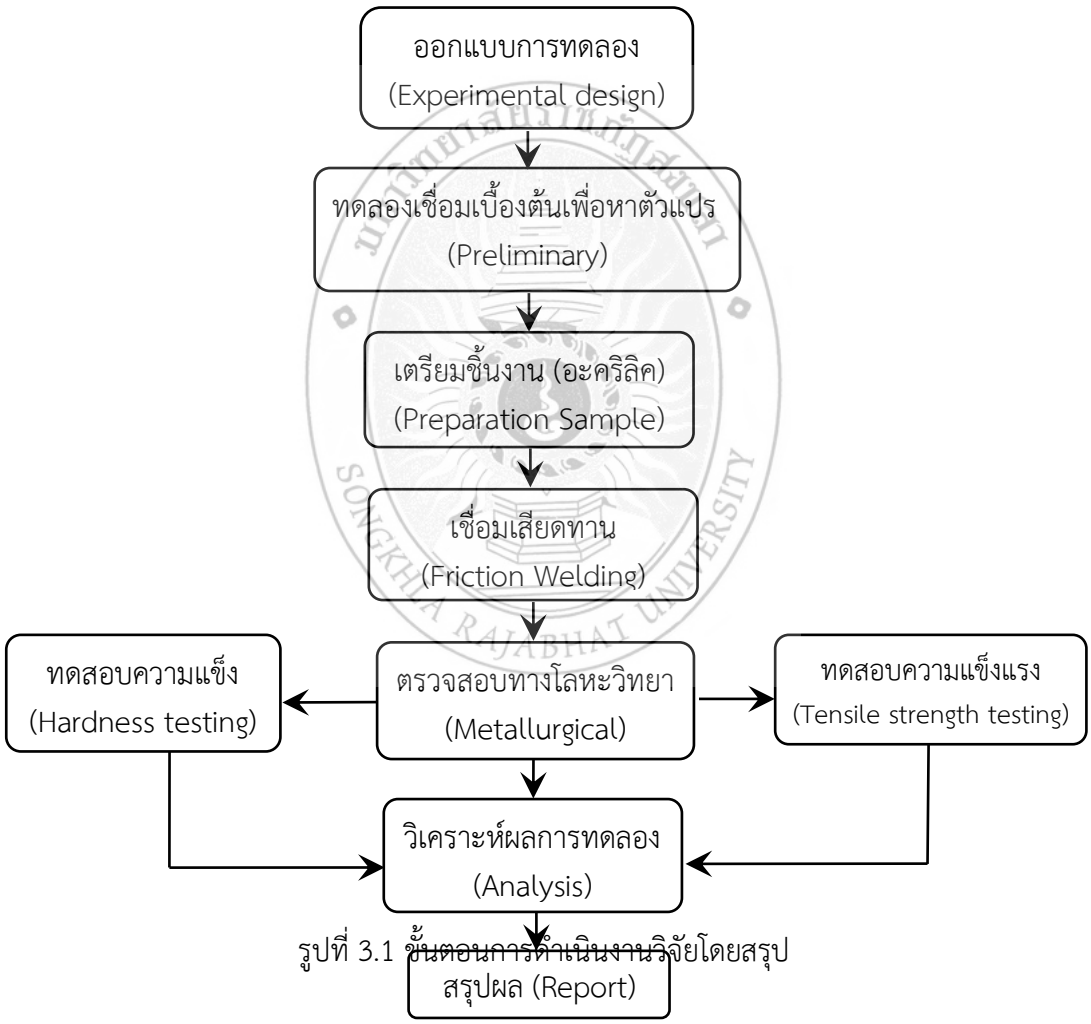
P. Rombaut และคณะซึ่งเป็นนักวิจัยจากสถาบันงานเชื่อมของเบลเยี่ยม [10] ได้เชื่อมเหล็กกล้าละมุน (Mind Steel) กับอะลูมิน่า (Al_2O_3) ด้วยการเชื่อมเสียดทาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเชื่อมต่างวัสดุที่ยากเข้าด้วยกัน จากการทดลองพบว่าการเชื่อมทำได้ยาก จึงนำเอาอะลูมิเนียม เกรด 5083 มาเป็นตัวประสานระหว่างกลางชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น ทำให้เชื่อมชิ้นงานได้ เนื่องจากอะลูมิน่าและเหล็กกล้ามีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกันมาก ทำให้เกิดการเชื่อมต่อหันได้ยาก และตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม คือ ความเร็วรอย 900 รอบต่อนาที และแรงกดที่ใช้คงที่

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเชื่อมต่อชนของอะคริลิค ที่มีการเตรียมชิ้นงานแบบเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานแบบกวน (Friction Welding Process; FW) การเชื่อมจะเป็นแบบอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติที่มีการปรับเปลี่ยนตัวแปรในการเชื่อม คือ ความเร็วหมุนเชื่อมและระยะอัดเชื่อม หลังจากนั้นวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลองจากลักษณะทางกายภาพ ดังนั้น การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินงานตามขั้นตอน ดังนี้

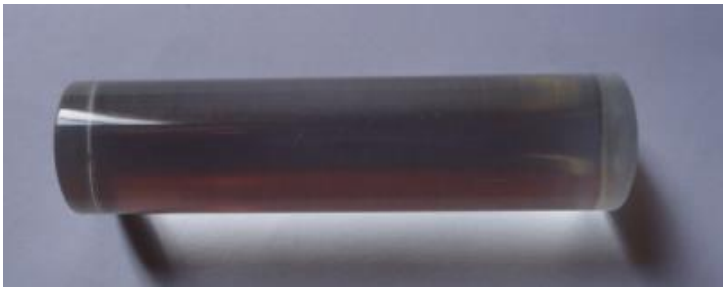


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยสรุป

3.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุอะคริลิคที่ใช้สำหรับทดลองจะใช้อะคริลิค เกรด (Acrylic 8H polymer) หรือมีชื่อทางการค้าเรียก PMMA0132V1 โดยเป็นโพลิเมอร์ในกลุ่มโพลิเมทิลเมทาไครเลตหรือพีเอ็มเอ็มเอ (Polymethyl

methacrylate, PMMA) และสูตรเคมีของพลาสติกชนิดนี้คือ $C_5H_8O_2$ เป็นวัสดุมีสมบัติโดดเด่นในเรื่องความเหนียว (toughness) ความโปร่งใส (transparent) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ซึ่งมีความต้านทานแรงดึงที่ 78 MPa และความแข็งอยู่ที่ 98 HRM



รูปที่ 3.2 วัสดุอะคริลิค

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 เครื่องกลึงยี่ห้อ JET รุ่น GHB1340A สำหรับใช้เตรียมชิ้นงานอะคริลิคในการเชื่อม โดยการกลึงผิวหน้าของอะคริลิคให้มีความราบเรียบของผิวหน้า เครื่องกลึงถูกออกแบบมาใช้กับระบบไฟฟ้า ขนาด 380 โวลต์ ลักษณะหัวจับเป็นแบบสามจับเพื่อความสะดวก และรวดเร็วในการยึดจับชิ้นงาน ตัวเครื่องมีการควบคุมความเร็วในการหมุนและการเดินด้วยระบบแสดงผลแบบอัตโนมัติ เพื่อความแม่นยำและถูกต้องในการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เครื่องกลึงสำหรับเตรียมชิ้นงานเชื่อม

3.3.2 เครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ SHUN CHUAN รุ่น CNC-1640 ใช้ในการเชื่อมเสียดทานของอะคริลิค นอกจากนั้นเครื่องกลึงระบบอัตโนมัติยังถูกใช้ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงดึงของชิ้นงานหลังจากการเชื่อมเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องกลึงระบบอัตโนมัติ (CNC Turning)

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

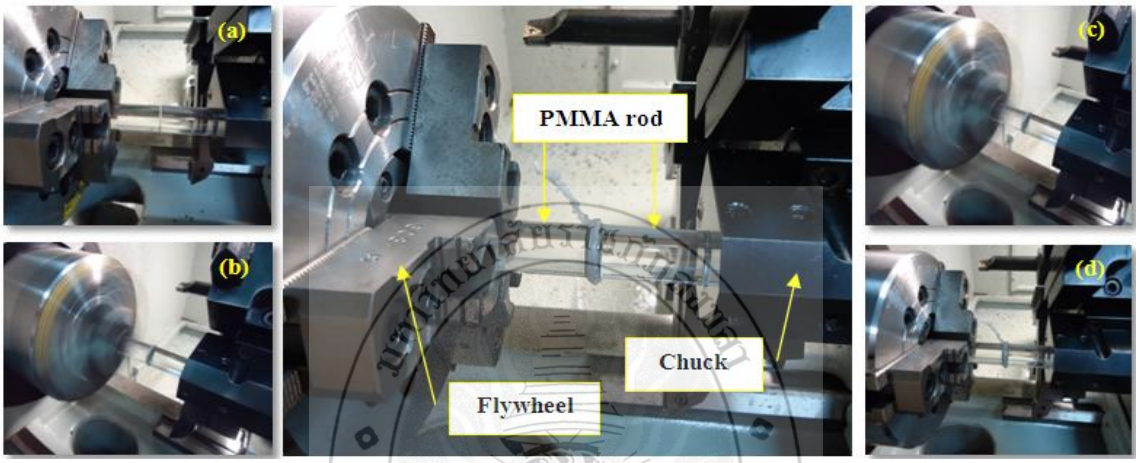
วัสดุอะคริลิคที่ใช้สำหรับทดลองจะใช้อะคริลิค เกรด (Acrylic 8H polymer) หรือมีชื่อทางการค้าเรียก PMMA0132V1 โดยในการทดลองจะใช้เครื่องกลึงในการเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดตามแบบของชิ้นงานสำหรับการทดลอง

3.4.1 วัสดุอะคริลิคถูกเตรียมชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงที่ความเร็วรอบในการกลึงด้วยความเร็ว 400 รอบต่อนาที ในการกลึงจะใช้มีดกลึงแบบเหล็กกล้าความเร็วรอบสูง (High Speed Steel) เพื่อลดการเกิดความร้อนจากการกลึง และเพื่อให้ได้ผิวหน้างานกลึงที่มีความราบเรียบสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ชิ้นงานอะคริลิคสำหรับการเชื่อมเสียดทาน

3.4.2 จากนั้นนำชิ้นงานอะคริลิคมาเชื่อมเสียดทาน ซึ่งใช้การควบคุมจากเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ ในการควบคุม ความเร็วหมุน ความเร็วเดิน เป็นต้น การควบคุมจากเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติจะนำไปสู่การเชื่อมที่แม่นยำและถูกต้องยิ่งขึ้น ขั้นตอนการเชื่อมเสียดทานของอะคริลิคเริ่มจากการนำชิ้นงานทั้งสองชิ้นจับเข้ากับหัวจับของเครื่องกลึงและชุดจับยึดอีกด้านของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ก) ซึ่งในการเชื่อมชิ้นงานด้านหนึ่งไม่เกิดการหมุนและชิ้นงานอีกด้านเกิดการหมุน แล้วให้ผิวรอบเชื่อมทั้งสองชิ้นเกิดการสัมผัสกันจนเกิดการเสียดทานระหว่างผิวชิ้นงานทั้งสองชิ้นจนเกิดเป็นความร้อนในขณะเชื่อมเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ข) ความ

ร้อนระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นงานทั้งสองชิ้นจะส่งผลให้บริเวณที่ได้รับความร้อนเกิดการอ่อนตัวจากการเสียดทาน เนื่องจากเกิดการหมุนเพียงด้านเดียวของชิ้นงานส่งผลให้เกิดความร้อน ความเร็วรอบที่แตกต่างกันทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นตามไปด้วย และส่งผลต่อการยึดติดของชิ้นงานหลังจากการเชื่อมเมื่อเกิดการอ่อนตัวของวัสดุก็ให้ใช้แรงกดดันชิ้นงานทั้งสองชิ้นให้ยึดติดกัน แรงกดจะส่งผลให้ชิ้นงานยึดติดได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ค) หลังจากนั้นหยุดการควบคุมของเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ รอให้ชิ้นงานเชื่อมเย็นตัวก็จะเสร็จสำหรับขั้นตอนของการเชื่อมเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ง) อย่างไรก็ตามก่อนการเชื่อมชิ้นงานตั้งมีการเตรียมงานที่ดี ทั้งระนาบผิวหน้าและอย่างยิ่งเลยคือความสะอาดของผิวหน้าชิ้นงาน ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ขัดขวางการเกิดความร้อนสำหรับการเชื่อมเสียดทาน



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการเชื่อมเสียดทานของอะคริลิค

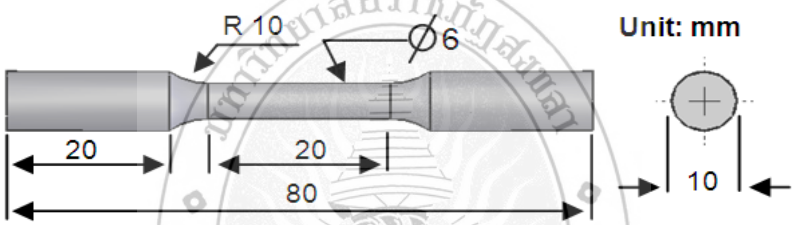
3.4.3 ในการเชื่อมเสียดทานอะคริลิคมีการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสม และเป็นไปได้สำหรับการเชื่อมชิ้นงานให้มีความยึดติดกัน โดยการทดลองเบื้องต้นจะทดลองที่ 300, 600, 900, 1200, 1500 และ 1800 รอบต่อนาที หลังจากการทดลองแล้วพบว่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่มีค่าความเร็วในการหมุนต่ำกว่า 600 รอบต่อนาที ส่งผลให้ชิ้นงานไม่ยึดติด จึงกำหนดตัวแปรในการทดลองใหม่เป็น 600, 1000, 1400 และ 1800 รอบต่อนาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยตัวแปรความเร็วรอบปรับเปลี่ยน 4 ระดับ และระยะกดอัดจนเกิดการเสียรูป อยู่ที่ 2 ระดับ คือ 2.2 และ 3.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยตัวแปรระยะกดอัดได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรในการทดลองเชื่อมเสียดทานของอะคริลิค

Number of Experiments	Parameter		
	Rotational Speed (rpm)	Burn of Length (mm)	Weld Time (second)
1	600	2.2	30
2		3.2	
3	1000	2.2	

4		3.2
5	1400	2.2
6		3.2
7	1800	2.2
8		3.2

3.4.4 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมเสียดทานก็จะถูกนำไปตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ตรวจจุดบกพร่องของชิ้นงานหลังจากการเชื่อมและทดสอบสมบัติทางกล เพื่อห่าว่าชิ้นงานมีการยึดติดเท่าไร โดยในการทดสอบสมบัติทางกลมีการเตรียมงานตามมาตรฐานการทดสอบแรงดึง โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D638-02a ดังแสดงในรูปที่ 3.7 สำหรับการทดลองถูกออกแบบให้มีการทดลอง 4 ซ้ำ โดย 3 ซ้ำ ชิ้นงานถูกนำไปทดสอบแรงดึง ส่วนอีก 1 ซ้ำ ชิ้นงานถูกนำไปทดสอบสมบัติทางกลหลังจากการเชื่อม



รูปที่ 3.7 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638-02a

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4

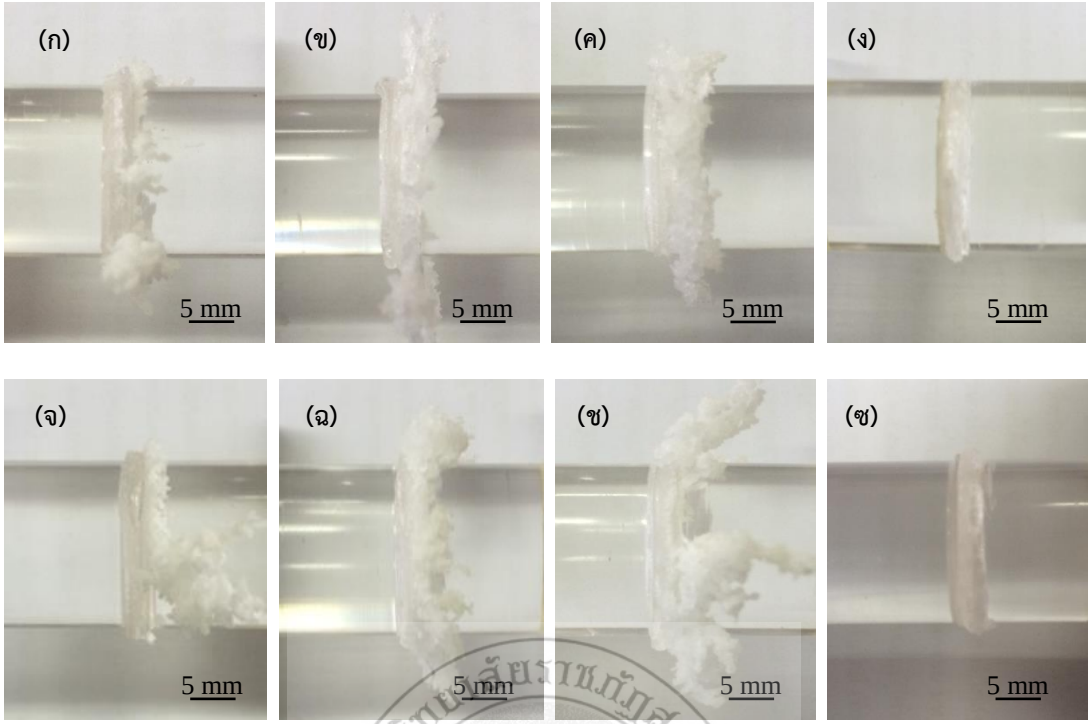
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาการเชื่อมเสียดทานของอะคริลิคซึ่งเป็นวัสดุในกลุ่มโพลิเมอร์ พบว่าหลังจากทำการเชื่อมชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ชิ้นงานที่ได้ทำการทดลองในตัวแปรต่างๆ มีการยึดติดเข้าด้วยกัน ก่อนที่จะถูกนำไปตรวจสอบลักษณะของรอยต่อโดยใช้กล้องที่มีกำลังขยายต่ำๆ และนำไปทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป โดยสามารถแสดงผลได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลของลักษณะทางกายภาพ

จากผลการเชื่อมเสียดทานของตัวแปรที่ความเร็วรอบ 600, 1000, 1400 และ 1800 รอบต่อนาที ของทั้งระยะกดอัดที่ 2.2 และ 3.2 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1 พบว่าชิ้นงานยึดติดเข้าด้วยกันได้ดี แต่ชิ้นงานหลังการเชื่อมจะเกิดครีบ (Flash) ที่เกิดขึ้น โดยครีบที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความร้อนระหว่างผิวชิ้นงานทั้งสองชิ้นทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัวเมื่อดันชิ้นงานเข้าไปส่งผลให้เกิดการไหลตัวของชิ้นงานออกมาด้านข้างแนวเชื่อมเรียกว่า ครีบ โดยที่ความเร็วหมุนเชื่อมสูงและแรงที่ใช้ในการกดสูง ส่งผลทำให้ความร้อนนำเข้าขณะเชื่อมมีปริมาณมาก ทำให้เนื้อเดิมของอะคริลิคเกิดการอ่อนตัวสูงทำให้มีโอกาสเกิดครีบได้ง่าย [10] และเกิดในปริมาณที่มาก

อย่างไรก็ตามการไหลวนของเนื้ออะคริลิคบริเวณรอยเชื่อม ที่ถูกผลักออกมาเป็นครีบบริเวณกึ่งกลางของแนวเชื่อม ขึ้นอยู่กับความเร็วหมุนเชื่อม โดยที่ความเร็วหมุนเชื่อมต่ำกลับพบว่าครีบที่เกิดขึ้นหลังจากการเชื่อมเกิดขึ้นได้น้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก, จ) เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการหมุนเชื่อมและแรงกดส่งผลให้เกิดการเสียดทานน้อยลง แต่เมื่อเพิ่มความเร็วหมุนไปสู่ความเร็วหมุนเชื่อม 1400 รอบต่อนาทีกลับพบว่ามีลักษณะการเกิดครีบที่สมบูรณ์ โดยครีบที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ค, ช) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใหม่ ทำให้ลดสมบัติด้านความโปรงใสของอะคริลิคลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเดิมๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก, ข, ค, ง, จ, ฉ, ช, ซ) เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวทำให้เกิดความร้อนจากการเสียดทานที่สูงขึ้นและเกิดการอ่อนตัวบริเวณรอยเชื่อม ส่งผลให้เกิดครีบหลังจากการเชื่อมที่สูงขึ้นตามไปด้วย เป็นที่น่าสังเกตว่าครีบที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะสีขาวขุ่นแตกต่างจากลักษณะเดิมของอะคริลิคอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามความเร็วรอบที่สูงเกินไป ที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที พบว่าชิ้นงานเกิดการหลอมละลายที่สูงมาก ส่งผลให้ครีบที่เกิดขึ้นหลอมตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ง, ซ) นอกจากนั้นการเกิดครีบที่สูงมากไม่ส่งผลดีต่อชิ้นงานเชื่อมมากนัก เพราะทำให้ชิ้นงานสั้นลงหลังจากการเชื่อม

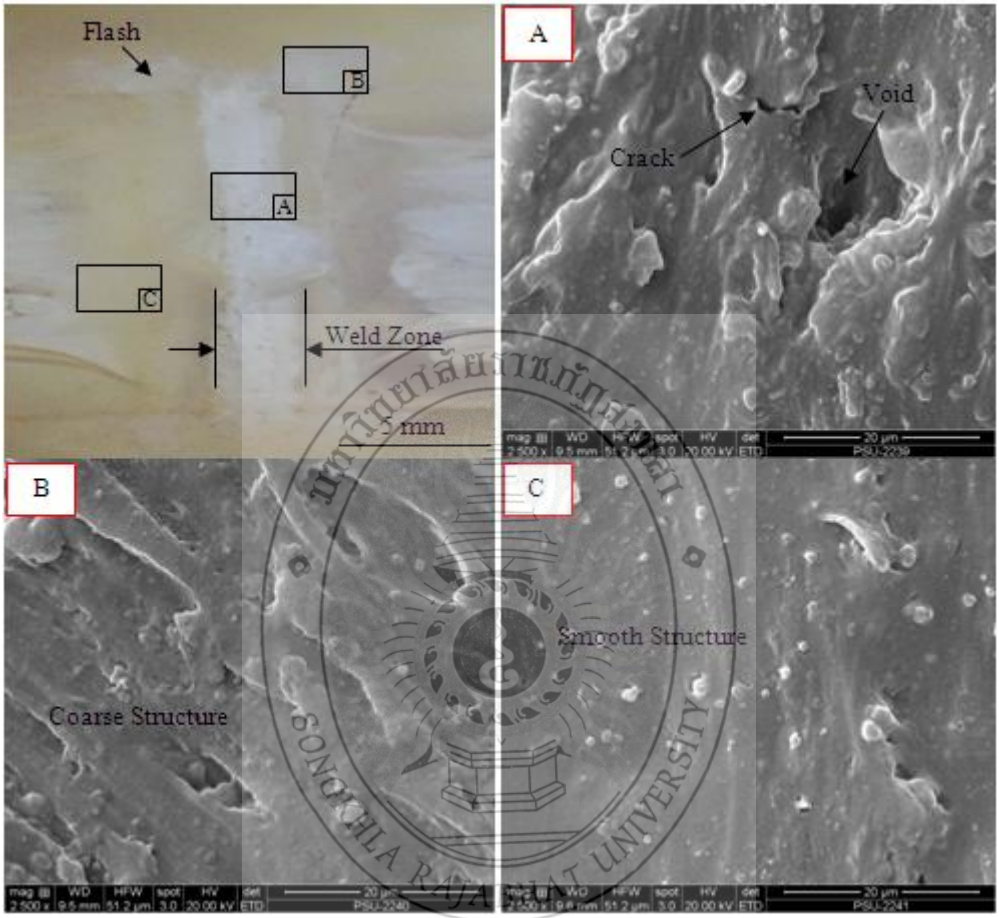


รูปที่ 4.1 ลักษณะของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมเสียดทาน (ก) 600 (ข) 1000 (ค) 1400 (ง) 1800 รอบต่อนาที ของระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร และ (จ) 600 (ฉ) 1000 (ช) 1400 (ซ) 1800 รอบต่อนาที ของระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร

4.2 ลักษณะโครงสร้างมหภาคและจุลภาค

การเชื่อมเสียดทานของตัวแปรที่ความเร็วรอบ 600, 1000, 1400 และ 1800 รอบต่อนาที ของทั้งระยะกดอัดที่ 2.2 และ 3.2 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างในระดับมหภาคและจุลภาคอย่างชัดเจน จะเห็นได้ว่าบริเวณเนื้อเชื่อมมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอย่างชัดเจน เป็นผลมาจากความร้อนระหว่างผิวชิ้นงานทั้งสองชิ้นที่เสียดทานระหว่างกัน ทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัวและเกิดการเสียรูปอย่างถาวร (Plastic deformations) โครงสร้างภายในบริเวณเนื้อเชื่อมเกิดการขาดระหว่างโซ่โมเลกุลเล็กๆ ที่ยึดเกาะกันของวัสดุโพลิเมอร์ โซ่โมเลกุลเหล่านี้ถูกทำลายจากการหมุนและแรงทางกลจากการเสียดทานจนเสียหาย [11] จากโครงสร้างแบบราบเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (c) ไปเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะที่หยาบ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (b) ซึ่งนำไปสู่การลดสมบัติด้านความโปร่งใส โซ่โมเลกุลที่ถูกทำลายบริเวณเนื้อเชื่อมมีการเรียงตัวกันใหม่อย่างหลวมๆ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีลักษณะสีขาวขุ่น อย่างไรก็ตามยังพบว่าบริเวณเนื้อเชื่อมเกิดช่องว่างของอากาศจากการแทรกตัวของอากาศและความชื้นในระหว่างการเชื่อม ซึ่งส่งผลให้อากาศที่แทรกตัวเข้าไปไม่สามารถออกมาได้ทันหลังชิ้นงานเชื่อมเกิดการเย็นตัว นำไปสู่การโดนกักไว้ภายในจนเป็นช่องว่างของอากาศ ที่ส่งผลที่แย่ต่อสมบัติทางกลของแนวเชื่อม โดยเฉพาะสมบัติทางด้านแรงดึงที่ส่งผลอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (a) นอกจากนั้นยังพบว่าเกิดรอยแตกเล็กมากบริเวณเนื้อเชื่อมเนื่องมาจากการเกิดการกระแทกของผิวหน้ารอยต่อชิ้นงานทั้งสองชิ้นในระหว่างการเชื่อม อีกทั้งวัสดุอะคริลิคเป็นวัสดุโพลิเมอร์ในกลุ่มวัสดุเปราะ ซึ่งมี

ความเสี่ยงที่จะทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักได้ง่าย อย่างไรก็ตามบริเวณแนวเชื่อมเป็นบริเวณที่รับอิทธิพลจากความร้อนมากที่สุด จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ในขณะที่บริเวณอื่นๆ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเพราะไม่ได้รับความร้อนในระหว่างการเชื่อม ความร้อนในระหว่างการเชื่อมจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างบริเวณแนวเชื่อม [12] และเช่นกันการเกิดความร้อนที่แตกต่างกันส่งผลมาจากตัวแปรในการทดลองที่แตกต่างกันตามไปด้วย

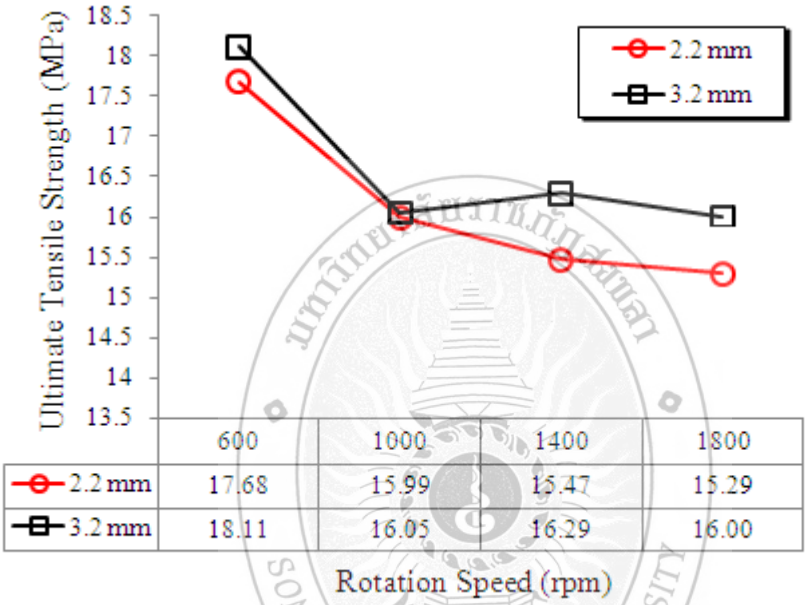


รูปที่ 4.2 โครงสร้างมหภาคและจุลภาคที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร

4.3 ค่าความแข็งแรงดึง

จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.3 เป็นผลการทดสอบความแข็งแรงดึง จะพบว่าที่บริเวณแนวเชื่อมของวัสดุอะคริลิคจะมีความแข็งแรงดึงที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อเดิมของอะคริลิค ซึ่งค่าความแข็งแรงดึงของเนื้อเดิมของอะคริลิค อยู่ที่ 78 MPa โดยที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที จะให้ค่าความแข็งแรงดึงจะมีสูงสุด อยู่ที่ 18.11 MPa เนื่องจากที่ความเร็วหมุนเชื่อมต่ำๆ ความร้อนจากการเสียดทานที่จะทำให้เนื้ออะคริลิคบริเวณรอยเชื่อมมีการอ่อนตัวลงมีอุณภูมิน้อย ทำให้ไม่สามารถให้อาการเข้าไปแทรกตัวได้ [11] ซึ่งนำไปสู่การเกิดช่องว่างอากาศ (Air Bubble) คล้ายๆ กัน การเชื่อมแต่ความเร็วหมุนเชื่อมสูงเกินไปทำให้ค่าความแข็งแรงดึงมีค่าลดลง เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงมากเกินทำให้เกิดความร้อนในขณะเชื่อมที่สูง นำไปสู่การเกิดช่องว่างอากาศ

ได้ง่าย อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานแรงดึงของทุกตัวแปรการทดลองไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากทุกตัวแปรจากการทดลองเกิดช่องว่างอากาศในระหว่างการเชื่อม ซึ่งช่องว่างอากาศเหล่านี้จะไปลดสมบัติทางกลทางด้านแรงดึงของแนวเชื่อมให้น้อยลง ซึ่งส่งผลให้พื้นที่หน้าตัดในการยึดติดลดน้อยลง ทำให้แรงดึงที่ได้น้อยตามไปด้วย โดยตัวแปรที่ความเร็วรอบ 1000, 1400, 1800 รอบต่อนาที ที่ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานแรงดึง 15.99, 15.47 และ 15.29 MPa ตามลำดับ ในขณะที่เพิ่มระยะกดอัดเป็น 3.2 มิลลิเมตร พบว่าค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร โดยที่ความเร็วรอบ 1000, 1400, 1800 รอบต่อนาที มีค่าความต้านทานแรงดึง 16.05, 16.29 และ 16.00 MPa ตามลำดับ



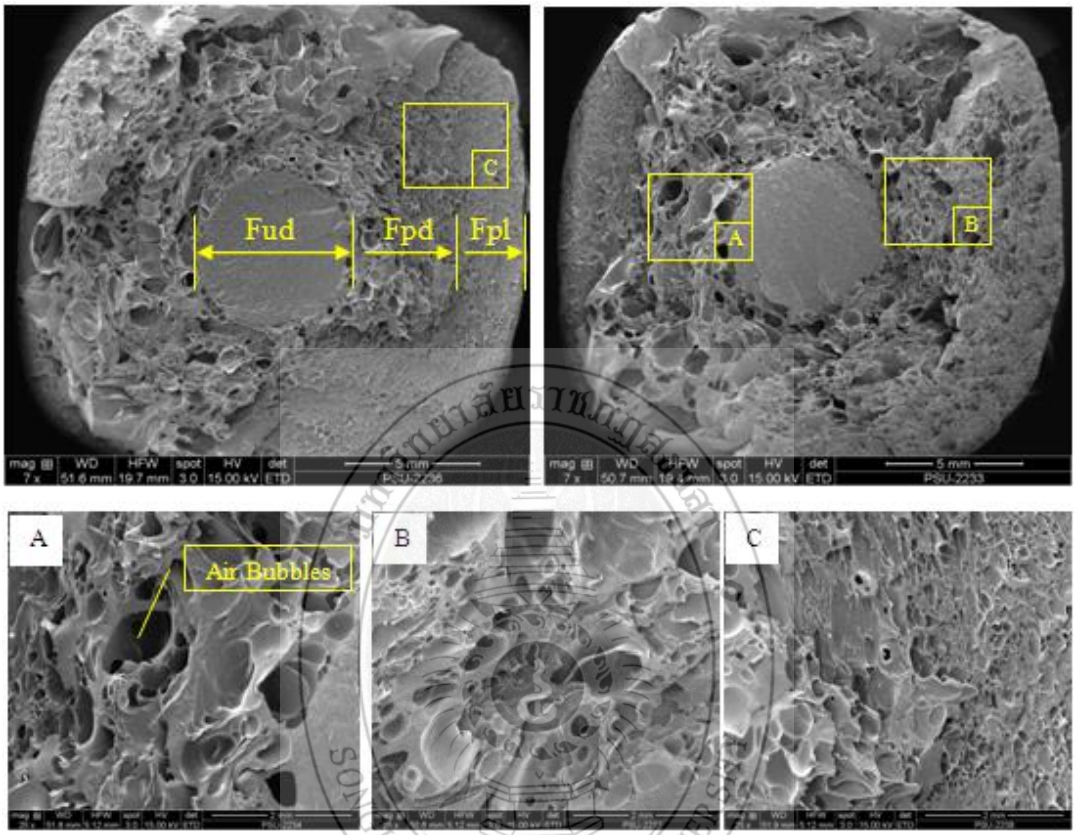
รูปที่ 4.3 ค่าความแข็งแรงดึงของแนวเชื่อม

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

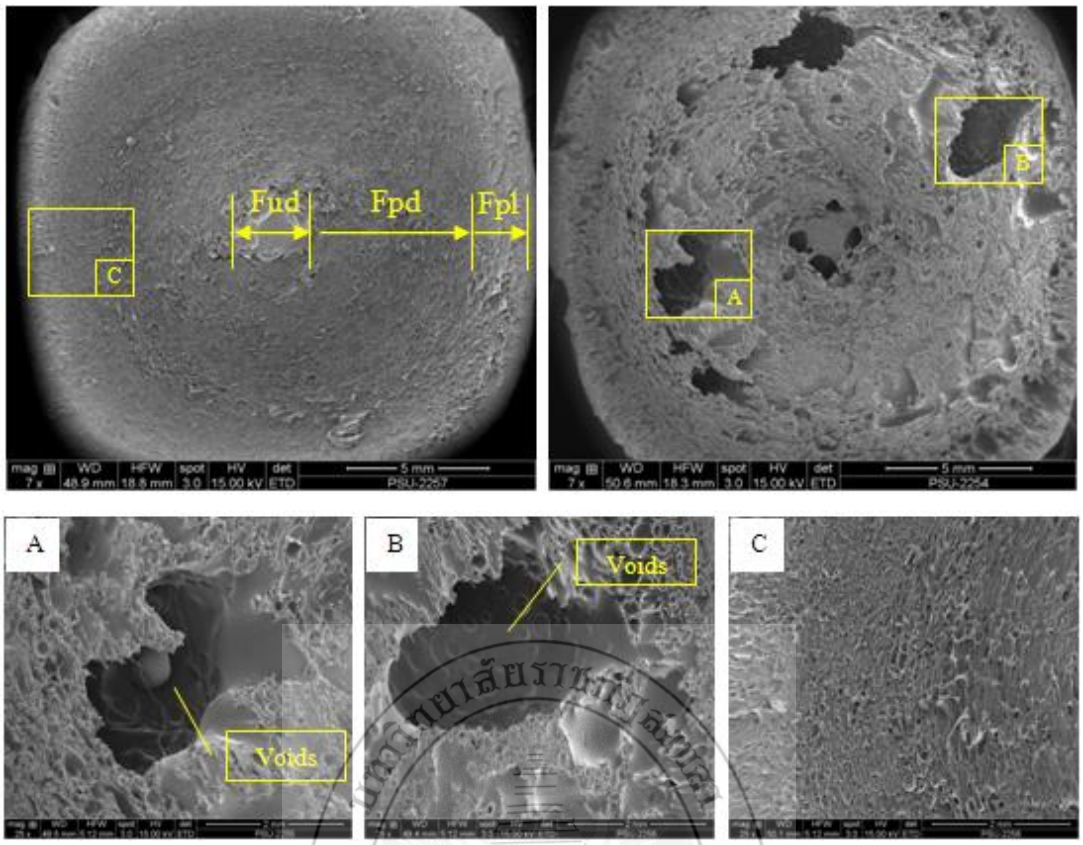
4.4 ผิวรอยแตกหักของแนวเชื่อม

จากผลการเชื่อมเสียดทานอะคริลิคเมื่อนำผิวรอยแตกหักจากการดึงมาวิเคราะห์ เราสามารถแบ่งบริเวณต่างๆ ได้ 3 ลักษณะ คือ (1) บริเวณตรงกลางชิ้นงาน (central zone; Fud) เป็นบริเวณที่เกิดการสึกหรอของรอยเชื่อมจากการกระแทก เพราะบริเวณนี้จะเกิดความร้อนจากการเสียดทานน้อยที่สุด (2) บริเวณพ่วงต่อจากกึ่งกลาง (peripheral zone; Fpl) บริเวณนี้เกิดความร้อนจากการเสียดทานระหว่างผิวชิ้นงานได้ดีขึ้นส่งผลให้เกิดการแลกเนื้อกันของทั้งสองชิ้นงาน “plasticized pile-up” เนื้อที่มีการแลกกันแสดงให้เห็นถึงการยึดติดของชิ้นงานเข้าด้วยกัน การเกิดช่วงเสียดรูปแบบพลาสติกจะเกิดขึ้นได้ง่ายในบริเวณนี้ (3) บริเวณส่วนกลาง (middle section; Fpd) บริเวณนี้จะเกิดการเสียดทานบริเวณผิวมากกว่าบริเวณอื่นๆ ทำให้เกิดความร้อนในระหว่างการเชื่อมสูงที่สุด [12] ทำให้เกิดการแลกเนื้อของวัสดุแบบสลับเนื้อ โดยจากรูปที่ 4.4 แสดงผิวรอยแตกหักของชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าบริเวณตรงกลางชิ้นงาน (Fud) จะมีพื้นที่กว้างกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากความเร็วรอบที่ต่ำทำให้ความร้อนในการเชื่อมต่ำไปด้วยส่งผลให้ Fud มีบริเวณที่กว้าง ในทางตรงกันข้างเมื่อเพิ่มความเร็วรอบไปสู่ 1800 รอบ

ต่อนาที ส่งผลให้ Fud มีบริเวณที่แคบลงอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.5 อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์บริเวณต่างๆ ของชิ้นงานผิวรอยแตกหักจากการดึงพบว่ามีช่องว่างอากาศ (Air Bubble) กระจายทั่วทั้งผิวรอยขาดของชิ้นงาน ซึ่งช่องว่างอากาศเหล่านี้ส่งผลต่อความแข็งแรงดึงของชิ้นงานโดยตรง ผิวรอยแตกหักจากการดึงที่มีช่องว่างอากาศมากจะนำไปสู่ความแข็งแรงดึงของชิ้นงานที่ต่ำ ในทางตรงกันข้ามผิวรอยแตกหักจากการดึงที่มีช่องว่างอากาศน้อยนำไปสู่ความแข็งแรงดึงของชิ้นงานที่สูง



รูปที่ 4.4 ลักษณะผิวรอยแตกหักของชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร



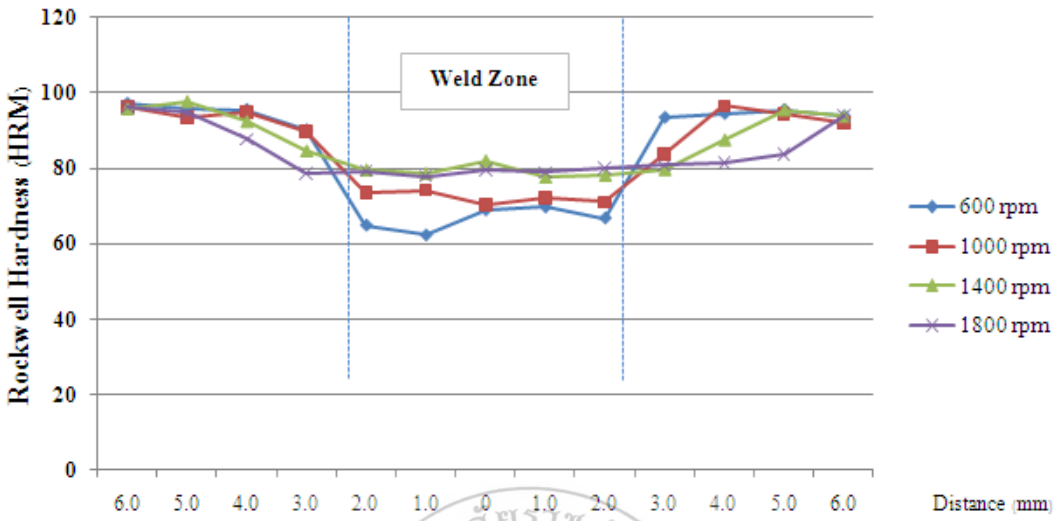
รูปที่ 4.5 ลักษณะผิวรอยแตกหักของชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร

เป็นที่น่าสังเกตว่าความเร็วรอบที่สูงจะมีช่องว่างอากาศขนาดใหญ่กว่าที่ความเร็วรอบในการหมุนต่ำๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (a, b) เนื่องจากความเร็วรอบสูงทำให้อะคริลิคเกิดช่วงการเสียรูปแบบพลาสติก (Plastic deformation) ที่สูง [12] ทำให้อากาศแทรกตัวเข้าไปง่ายกว่าความเร็วรอบต่ำ เมื่อเนื้อเชื่อมเย็นตัวอากาศเหล่านั้นออกมาไม่ทัน จึงถูกกักไว้ภายในเนื้อเชื่อมจนเป็นช่องว่างอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (a, b) ที่แสดงลักษณะของช่องว่างอากาศ อย่างไรก็ตามปริมาณการไหลของเนื้ออะคริลิคบริเวณแนวเชื่อมจะเกิดการไหลตัวในทิศทางเดียวกับการกมุนของชิ้นงานในขั้นตอนของการเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (c) สุดท้ายการศึกษาการเชื่อมเสียดทานอะคริลิคเป็นที่น่าสนใจอย่างสูง ชิ้นงานมีการยึดติดกัน หลังการเชื่อมเสียดทานอะคริลิคแสดงให้เห็นว่าช่องว่างอากาศเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลของชิ้นงาน ซึ่งมาตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม อย่างไรก็ตามการนำไปประยุกต์ใช้งานควรมีการคำนึงลักษณะของงานและสมบัติทางกลด้วยเช่นกัน

4.5 ความแข็งของแนวเชื่อม

การทดสอบค่าความแข็งของชิ้นงานหลังการเชื่อมจะทดสอบทั้งหมด 13 ตำแหน่ง ระยะห่างระหว่างตำแหน่งอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร ให้จุดกึ่งกลางของแนวเชื่อม อยู่ในตำแหน่งที่ศูนย์ โดยจากการทดลองแสดงผลในรูปที่ 4.6 แสดงค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมเสียดทานของวัสดุอะคริลิค ที่ความเร็วรอบ 600, 1000, 1400 และ 1800 รอบต่อนาที ที่ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร จะพบว่าที่ความเร็วหมุนเชื่อมสูงขึ้นค่าความแข็งที่บริเวณแนวเชื่อมจะยิ่งสูงขึ้นด้วย เนื่องจากความร้อนจากการเสียดทานที่สูงขึ้นทำให้เนื้ออะคริลิคมีการอ่อนตัวได้ดี หลังจากการเย็นตัวทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบบริเวณเนื้อเชื่อมกับเนื้อเดิมของอะคริลิค พบว่าเนื้อเชื่อมมีค่าความแข็งน้อยกว่าเนื้อเดิม โดยที่ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที ระยะกด

อัด 3.2 มิลลิเมตร ให้ค่าความแข็งชิ้นงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 88.66 HRM แต่ยังมีค่าน้อยกว่าเนื้อเดิมของอะคริลิค ที่มีความแข็งอยู่ที่ 98 HRM โดยเฉพาะบริเวณเนื้อเชื่อมที่ได้หลังจากการทดลอง



รูปที่ 4.6 ค่าความแข็งของแนวเชื่อม ที่ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.7 แสดงค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมเสียดทานของวัสดุอะคริลิค ที่ความเร็วรอบ 600, 1000, 1400 และ 1800 รอบต่อนาที ที่ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร คล้ายๆ กัน พบว่าบริเวณเนื้อเชื่อมมีค่าความแข็งน้อยกว่าเนื้อเดิมของอะคริลิค และน้อยกว่าที่ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร อีกด้วย เนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโมเลกุลเล็กๆ ที่เป็นสายโซ่ที่ถูกทำลาย อีกทั้งระยะกดอัดที่น้อยส่งผลต่อความหนาแน่นของเนื้อวัสดุบริเวณแนวเชื่อม โดยที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร ให้ค่าความแข็งชิ้นงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 53.15 HRM อย่างไรก็ตามค่าความแข็งที่ต่ำจนเป็นที่น่าสังเกตในบริเวณแนวเชื่อมมาจากช่องว่างของอากาศที่เกิดขึ้นบริเวณแนวเชื่อมด้วยเช่นกัน เนื่องจากช่องว่างอากาศส่งผลให้บริเวณแนวเชื่อมเกิดความหนาแน่นที่ต่ำของเนื้อวัสดุ ถึงแม้ว่าค่าความแข็งของชิ้นงานอะคริลิคที่ผ่านการเชื่อมด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานจะมีค่าน้อยกว่าเนื้อเดิมของอะคริลิคอยู่มาก แต่ก็ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานแต่ละลักษณะของการใช้งาน

รูปที่ 4.7 ค่าความแข็งของแนวเชื่อม ที่ระยะกดอัด 2.2 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเชื่อมเสียดทานอะคริลิคด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ หลังจากทำการเชื่อมชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ชิ้นงานที่ได้ทำการทดลองในตัวแปรต่างๆ ถูกนำไปทดสอบสมบัติของรอยต่อ แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยผลการทดลองสามารถแสดงผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

(1) ความต้านทานแรงดึงสูงสุดจากการทดลองมีค่า 18.11 MPa ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร แต่ยังมีค่าที่ต่ำอยู่มากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงดึงของเนื้อเดิมของอะคริลิคที่มีค่า 78 MPa โดยปริมาณช่องว่างที่มากส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงของชิ้นงานเชื่อมลดลง

(2) ความเร็วหมุนเชื่อมสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งที่บริเวณแนวเชื่อมจะยิ่งสูงขึ้นด้วย โดยที่ตัวแปรความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที ระยะกดอัด 3.2 มิลลิเมตร ให้ค่าความแข็งชิ้นงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 88.66 HRM แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเดิมของอะคริลิคพบว่ายังมีค่าน้อยกว่าเดิม ที่มีความแข็งอยู่ที่ 98 HRM

(3) บริเวณเนื้อเชื่อมมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ภายในบริเวณเนื้อเชื่อมเกิดการขาดระหว่างโซ่โมเลกุลเล็กๆ จากการหมุนและแรงทางกลจากการเสียดทานจนเสียหาย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการเชื่อมวัสดุกลุ่มโพลิเมอร์กับวัสดุกลุ่มอื่นๆ เช่น การเชื่อมวัสดุกลุ่มโพลิเมอร์กับวัสดุกลุ่มเซรามิก การเชื่อมวัสดุกลุ่มโพลิเมอร์กับวัสดุกลุ่มโลหะ เป็นต้น เพื่อนำไปสู่สมบัติทางกลที่ดีของชิ้นงานเชื่อมและนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

[1] http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=577&Itemid=36

[2] http://www.thaigundam.com/forum/index.php?topic=64.0

[3] D.Grewells and A.Benatar (2008) “Welding of Plastics: Fundamentals and New Developments” Agricultural and Biosystems Engineering, Iowa State University, Ames, USA.

[4] K. Narasimha Murthy, V.P. Raghupathy and D. Sethuram (2011) “Friction Welding & Friction Stir Welding” International Center for Advancement of Manufacturing Technology. 24 & 25 November, 2011.

[5] Eder Paduan Alves, et al., (2010) “Welding of AA1050 aluminum with AISI 304 stainless steel by rotary friction welding process” Vol.2, No.3, pp. 301-306.

[6] S. CELIK AND D. GUNES (2012) “Continuous Drive Friction Welding of Al/SiC Composite and AISI 1030” Welding research.

[7] I. Bhamji, et al., (2012) “Linear friction welding of aluminum to copper” Institute of Materials, Minerals and Mining Published by Maney on behalf of the Institute.

[8] SONG Yu-lai, et al., (2007) “Strength distribution at interface of rotary-friction-welded aluminum to nodular cast iron” Trans. Nonferrous Met. Soc.

[9] อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ สุรสิงห์ อารยางกูร และชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ (2552) “ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเชื่อมท่อพลาสติกกลมด้วยอุลตราโซนิค” วารสารวิชาการ ม.อบ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2552.

[10] P.H.F de Oliveira., S.T. Amancio-Filho, J.F.dos Santos, E. Hage Jr (2010) “Preliminary study on the feasibility of friction spot welding in PMMA” Materials Letters, 64: 2098-2101.

[11] Saeid Hoseinpour Dashatan., Taher Azdast, Samrand Rash Mhmadi, Arvin Bagheri (2013) “Friction stir spot welding of dissimilar polymethyl methacrylate and acrylonitrile butadiene styrene sheets” Materials and Design, 45: 135-141.

[12] C. B. Lin., Li-Cheng, Yi-Chun Chou (2003) “Effect of solvent and cosolvent on friction welding properties between part of PMMA with PVC” Journal of Materials Science, 33 (12): 2563-2570.