

การศึกษาความเป็นไปได้สำหรับกระบวนการเชื่อมแบบไฮบริดสำหรับ HDPE

POSSIBILITY STUDY ON HYBRID PROCESS FOR HDPE WELDING

สมทบ ป้อมถาวร

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

อิศรทัต พึ่งอัน

ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มงคล สีนะวัฒน์

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mail : mongkol.see@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การเชื่อมโพลีเมอร์ต้องการทั้งความร้อนสำหรับการหลอมเหลวและแรงกดในขณะที่เชื่อม อย่างไรก็ตามแรงกดที่ให้นั้นจะส่งผลต่อเสถียรภาพความแข็งแรงของชิ้นงานเชื่อมอีกด้วย โดยการสร้างเส้นแนวการไหลที่ขนานไปกับขอบแนวเชื่อม ในการศึกษาครั้งนี้ การใช้แหล่งความร้อนคู่และแรงกดถูกนำมารวมกันและเสนอเป็นระบบการเชื่อมแบบไฮบริด หลอดอินฟราเรดร่วมกับการเสียดทานแบบกวนถูกนำมาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับการเชื่อม และอุปกรณ์การเสียดทานแบบกวนยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกวนโพลีเมอร์ที่หลอมเหลวให้ผสมเข้าด้วยกัน เพื่อป้องกันการเกิดเส้นแนวการไหลที่บริเวณรอยต่อของชิ้นงาน ระบบนี้ถูกออกแบบให้สามารถควบคุมความเร็วของการเชื่อมและพลังงานความร้อนของหลอดอินฟราเรด ผ่านการควบคุมแบบย้อนกลับในการควบคุมอุณหภูมิของชิ้นงานผ่านไพโรมิเตอร์ โดยทำการวัดอุณหภูมิของชิ้นงานในบริเวณใกล้เคียงที่จะได้รับการเชื่อม อุปกรณ์การเสียดทานแบบกวนเป็นแบบทรงกระบอก โดยกำหนดให้มีความเร็วรอบในการหมุนคงที่สำหรับการทดลองนี้ ชิ้นงานทดลองที่ใช้เป็น HDPE ที่มีความหนา 5 มม. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบการเชื่อมแบบไฮบริดสามารถใช้ในการสร้างความร้อนที่เพียงพอต่อการหลอมละลายชิ้นงานทดลอง HDPE และผสมเข้าด้วยกันเกิดเป็นแนวเชื่อมได้

คำหลัก : การเชื่อมโพลีเมอร์ อินฟราเรด อุปกรณ์ในการกวน ไฮบริด

ABSTRACT

Welding of polymer would require both heat of melting and pressure during welding. However, pressure provided also deteriorated strength of welded joint by creating stringer parallel to welded boundary. In this study, dual sources of heating as well as pressure were combined and proposed as a hybrid welding system. An infrared lamp together with friction stir was the heat source for welding. Friction stir tool was also acted as mixing tool to

stir molten polymer and blend it in order to prevent formation of stringers at the interface. The system designed was to control travel speed and infrared heating power by feedback control from a pyrometer measuring temperature at the proximity to be welded. Spindle speed of a stir tool was fixed for this study and the tool was in a cylindrical shape. Specimens used in this study were HDPE plates with thickness of 5 mm. The results showed that the hybrid welding system could be used to generate sufficient heating to melt HDPE specimens and blend it to create welded joints.

KEYWORDS : Polymer Welding, Infrared, Stir Tool, Hybrid

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ พลาสติกเป็นที่รู้จักและใช้งานกันอย่างหลากหลาย ซึ่งในบางงานต้องการวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง แต่เนื่องจากพลาสติกมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ จึงได้มีการใส่ตัวเสริมแรง (1) เป็นวัสดุเชิงประกอบ อย่างไรก็ตามการนำไปใช้งานบางโอกาสจะต้องมีการต่อพลาสติก การเชื่อมเป็นหนึ่งในกระบวนการที่ใช้ในการต่อพลาสติกเข้าด้วยกัน โดยใช้ความร้อนประกอบกับแรงกด ในการต่อชนของพลาสติกทั้งสองชิ้น ทั้งนี้ ในขณะที่ชิ้นงานได้รับแรงกดให้ต่อกัน จะเกิดการเรียงตัวของตัวเสริมแรง ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการผสมกันของโมเลกุลพลาสติก ส่งผลให้ความแข็งแรงของแนวต่อลดลง

สำหรับการเชื่อมแบบกวน (2) มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถทำลายแนวการเรียงตัวของตัวเสริมแรงได้ ความแข็งแรงของรอยต่อจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การเชื่อมแบบกวน ไม่สามารถให้ความร้อนถึงจุดหลอมเหลวของพลาสติกได้ จำเป็นต้องอาศัยความร้อนจากแหล่งอื่นเข้ามาช่วยในการทำให้พลาสติกหลอมละลาย ดังนั้น จึงเป็นที่มาของโครงการพัฒนากระบวนการแบบผสมในการให้ความร้อนสำหรับการเชื่อม High Density Polyethylene (HDPE) ซึ่งจะใช้วิธีการเชื่อมด้วยวิธีการเสียดทานแบบกวนและให้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด เพื่อช่วยให้พลาสติกถึงจุดหลอมเหลว

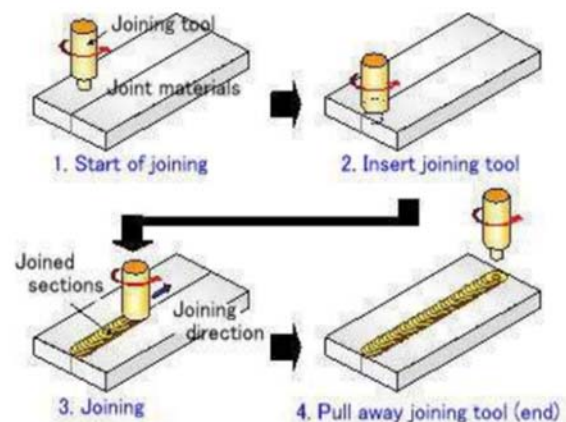
เครื่องเชื่อมพลาสติก แบบเครื่องเชื่อมแบบผสมนี้ อาศัยหลักการให้ความร้อนจากกระบวนการแผ่รังสีอินฟราเรดเป็นหลัก และใช้วิธีการเชื่อมแบบกวน เป็นตัวเดินแนวเชื่อม โดยมีการออกแบบให้ทั้งสองกระบวนการ สามารถทำงานร่วมกันอย่างอัตโนมัติ

2. ทฤษฎี

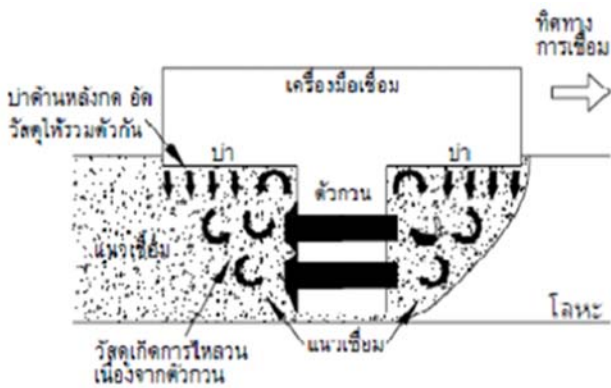
2.1 กระบวนการเชื่อมอินฟราเรด (Infrared Welding)

เป็นกระบวนการเชื่อมต่อพลาสติก โดยการให้ความร้อนจากหลอดรังสีอินฟราเรด วิธีการคือจับยึดชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมมาต่อชนกันอย่างมั่นคงบนอุปกรณ์จับยึด ซึ่งจะจับอยู่บนเครื่องจักรที่ใช้ในการเชื่อม จากนั้นฉายรังสีอินฟราเรด โดยมีการกำหนดจุดรวมไปที่ชิ้นงาน เพื่อให้เนื้อวัสดุบริเวณที่ทำการเชื่อมเกิดความร้อนจนหลอมละลาย และอ่อนตัวลง ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาพอสมควร เพื่อให้วัสดุสองชิ้นประสานติดกันอย่างสมบูรณ์ ค่าความยาวคลื่น โดยแสงอินฟราเรดจะมีค่าความยาวคลื่น 700 nm ในที่นี้เลือกใช้รังสีอินฟราเรดเพราะราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และมีพลังงานความร้อนเพียงพอต่อความต้องการ

2.2 การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการเชื่อม (3)

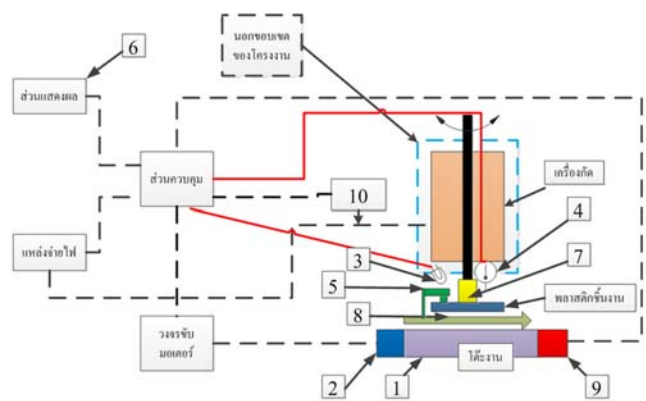


รูปที่ 2 กลไกการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (4)

สำหรับขั้นตอนการเชื่อมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 เริ่มต้นด้วยการจับยึดชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมอย่างมั่นคงบนอุปกรณ์จับยึด ซึ่งจะจับอยู่บนเครื่องจักรที่ใช้ในการเชื่อม จากนั้นเริ่มต้นหมุนเครื่องมือเชื่อม (Welding Tool) และทำการสอดเครื่องมือเชื่อมส่วนที่อยู่ปลายสุดของเครื่องมือ เรียกว่า ตัวกวน (Tool) เข้าไปในเนื้อวัสดุ จนกระทั่งปลายเครื่องมือกดลงบนวัสดุเพื่อให้เนื้อวัสดุบริเวณที่ทำการเชื่อมเกิดความร้อนจนอ่อนตัวลง จากนั้นทำการเดินเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับกลไกการเชื่อมติดกันของวัสดุสองชิ้นที่ทำการเชื่อม ในกระบวนการเชื่อมการเสียดทานแบบกวนแสดงดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 เมื่อเครื่องมือหมุนตัวกวนสอดเข้าไปในเนื้อวัสดุและปลายเครื่องมือกดลงบนเนื้อวัสดุ จะทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากแรงเสียดทานของปลายเครื่องมือกับเนื้อวัสดุจึงเกิดการอ่อนตัวของวัสดุ จะมีลักษณะคล้ายกับการกลิ้งอลูมิเนียมที่มีเศษอลูมิเนียมติดที่ปลายมีดกลิ้ง สำหรับกรณีการเชื่อมนี้เราจะเรียกว่า สภาวะคล้ายของไหล (Plastic Fluid-like State) โดยการไหลของเนื้อวัสดุจะเคลื่อนที่รอบตัวกวน ภายใต้ปลายของเครื่องมือเชื่อมจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งของวัสดุ จึงทำให้เนื้อวัสดุอ่อนตัวและเกิดการเชื่อมยึดติดกัน

อย่างไรก็ตามวัสดุที่ใช้ในการเชื่อมนี้เป็นพลาสติกซึ่งมีแรงเสียดทานน้อย ความร้อนทำให้ความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานนั้นมีค่าน้อยมาก



รูปที่ 3 แสดงองค์ประกอบของชุดจำลองเครื่องเชื่อมแบบผสม

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบชุดการทดลองสภาวะของกระบวนการเชื่อม ในการออกแบบชุดจำลอง การเชื่อมด้วยแรงเสียดทานหมุนกวนร่วมกับอินฟราเรดนั้น ได้ออกแบบโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาและทดลองเบื้องต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นทำให้ทราบว่าพารามิเตอร์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและนำมาใช้ในการออกแบบโดยเขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3

3.2 จากการทดลองเบื้องต้นได้ทำการทดลอง โดยใช้เครื่องกวดมาทำการเชื่อมแรงเสียดทานหมุนกวน แต่เนื่องจากเครื่องกวดที่ใช้เป็นการป้อนงานด้วยมือทำให้ความเร็วในการป้อนไม่คงที่ จึงได้ทำการออกแบบระบบเคลื่อนที่ในการเชื่อมอัตโนมัติ เคลื่อนที่ด้วยการใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนรวมทั้งยังออกแบบชุดควบคุมและชุดเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะของวัสดุขณะทำการเชื่อม เมื่อได้ออกแบบเรียบร้อยแล้วได้ทำการสร้างขึ้นส่วนต่างๆ ดังที่กล่าวมาตามแบบสั่งงาน แล้วนำมาประกอบเป็นชุดจำลองสภาวะของกระบวนการเชื่อมความเสียดทานหมุนกวนดังรูปที่ 4

3.3 ตัดวัสดุชิ้นงานเป็นพลาสติก HDPE ที่มีความหนา 4 มิลลิเมตรกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร

3.4 ใช้หัวเชื่อมทำจากสแตนเลสเกรด SUS 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเชื่อม 6.5 มิลลิเมตร ยาว 3.7 มิลลิเมตร ลักษณะของรอยต่อเป็นรอยต่อชนแบบไม่มีช่องว่าง มุมของหัวเชื่อม 90 องศา กับแนวนอน จำนวนแนวเชื่อม 1 แนว สามารถกำหนดระยะเวลาในการเชื่อมได้ตั้งแต่ความยาว 0 - 80 มิลลิเมตร สามารถเดินเชื่อม



รูปที่ 4 การประกอบโครงสร้างโดยรวมของชุดจำลอง

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อม

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อม	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อม
วัสดุชิ้นงาน	พลาสติกชนิด HDPE ที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร
หัวเชื่อม	ทำจากสแตนเลสเกรด SUS 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเชื่อม 6.5 มิลลิเมตร ยาว 3.7 มิลลิเมตร
ลักษณะของรอยต่อ	รอยต่อขนแบบไม่มีช่องว่าง
มุมของหัวเชื่อม	90 องศากับแนวนอน
อุณหภูมิในการเชื่อม	110 องศาเซลเซียส
จำนวนแนวเชื่อม	1 แนว ยาว 80 มิลลิเมตร
ความเร็วเดินเชื่อม	1.25 มิลลิเมตรต่อวินาที
ความเร็วของหัวเชื่อม	1750 รอบต่อนาที

ตารางที่ 2 ตัวแปรควบคุมและค่าที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรที่ควบคุม	ค่าที่ใช้		
Table speed (mm/s)	1.20	1.25	1.30
Temperature (°C)	100	110	120

อัตราใหม่ด้วยความเร็วเดินเชื่อม คือ 1.26 - 1.40 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งได้สรุป ไว้ดังตารางที่ 1

3.5 การศึกษาพารามิเตอร์เบื้องต้น ของกระบวนการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานหมุนวน ร่วมกับ อินฟราเรด ได้แก่ อัตราความเร็วรอบ อัตราการเดินแนวเชื่อม อัตราการให้ความร้อน

ทำการกำหนดตัวแปรในการทดลองคือ ความเร็วของโต๊ะงานที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน 1.20, 1.25, 1.30 มิลลิเมตรต่อวินาที และให้อุณหภูมิของความร้อนคงที่ 100 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น ทำการกำหนดตัวแปรในส่วนอุณหภูมิ คือ 110, 120 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 2 แล้วทำการทดลอง ที่ความเร็วต่างๆ รวมทั้งทำการวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของกระแสในแต่ละช่วงของการเชื่อม

3.6 การทดลอง

3.6.1 การหาระบบ ความร้อนที่เกิดจาก IR Heater

3.6.2 การหาระบบ ความร้อนที่เกิดจาก Friction Stir

3.6.3 การหาระบบ ความร้อนที่เกิดจากการเชื่อม

Hybrid ระหว่าง IR Heater กับ Friction Stir

4. ผลการทดลอง

4.1 การหาระบบ ความร้อน

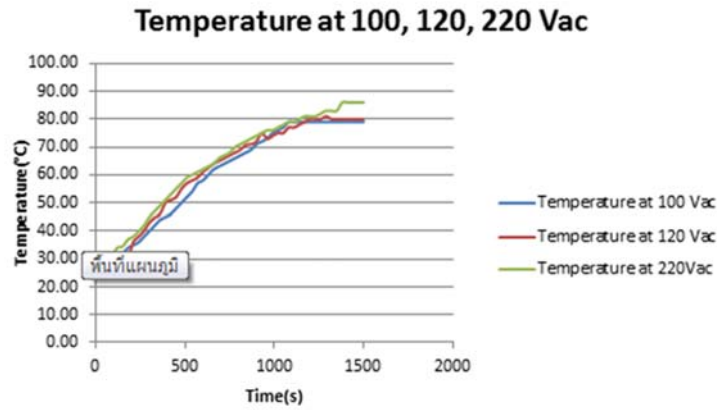
ระบบความร้อนที่เกิดจากแหล่งความร้อนที่แตกต่างกัน ทั้งจาก IR Heater และ Friction Stir ระหว่างทั้งสองแหล่ง แสดงผลดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นตัวแปร กำหนดในการทดลองต่อไป

จากผลการทดลอง อุณหภูมิของชิ้นงานสามารถควบคุม ผ่านแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ควบคุม IR Heater นอกจากนี้ ยังเป็นการยืนยันว่า ความเร็วในการหมุนตัวงานนั้น ไม่สามารถทำให้ ชิ้นงานมีอุณหภูมิสูงเพียงพอต่อการเชื่อมได้

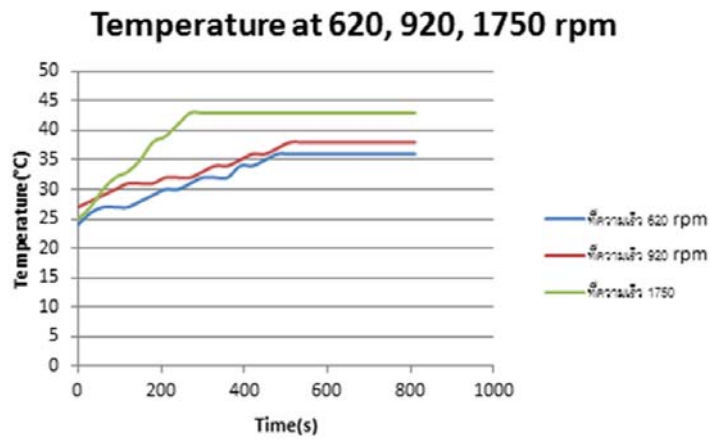
4.2 การเชื่อมชิ้นงาน HDPE แบบต่อชน

สำหรับการหาตัวแปรกำหนดที่เหมาะสมต่อความ สมบูรณ์ของแนวเชื่อมจะแสดงไว้ที่ระดับอุณหภูมิของการเชื่อมต่อ ที่แตกต่างกัน คือ 100 °C, 110 °C, และ 120 °C โดยจะให้ผล การเชื่อมต่อดังตารางที่ 3

จากผลการทดลองจะพบว่า ตัวแปรกำหนดที่เหมาะสม ในการเชื่อมต่อ (ขั้นต่ำ) คือ การเชื่อมที่อุณหภูมิ 110 °C โดยมีความเร็วในการเชื่อมต่อที่ 1.25 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งจะให้



รูปที่ 7 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาขณะป้อนแรงดันให้อินฟราเรดฮีทเตอร์



รูปที่ 8 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาขณะป้อนความเร็วรอบให้กับหัวงาน

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่อุณหภูมิและความเร็วต่างๆ

Temp	ความเร็วโต๊ะ (มิลลิเมตรต่อวินาที)	ผลที่ได้จากการทดลอง
100 °C	1.20	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม แนวเชื่อมเกิดการขีมีล็กและเกิดแรงเสียดทานมาก ส่งผลให้แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์
	1.25	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม ชิ้นงานไม่ประสานกันดีเท่าที่ควร ทำให้แนวเชื่อมไม่ต่อเนื่อง
	1.30	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม แนวเชื่อมติดกันไม่ทั่วตลอดทั้งแนว แนวรอยเชื่อมแยกกันเป็นวัสดุ 2 ชนิดโดยชัดเจน
110 °C	1.20	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม แนวเชื่อมเกิดการขีมีล็ก ทำให้แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์ มีการสูญเสียวัสดุมาก
	1.25	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม ชิ้นงานเชื่อมติดกันได้สมบูรณ์ ไม่มีการขีมีล็ก
	1.30	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม แนวเชื่อมขาด ทำให้ชิ้นงานติดกันไม่สมบูรณ์
120 °C	1.20	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม ชิ้นงานมีการขีมีล็กมาก ทำให้สูญเสียเนื้อวัสดุมาก
	1.25	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม ชิ้นงานมีการขีมีล็กมาก แต่มีความต่อเนื่องดี
	1.30	- ขณะทำการทดลองในการเชื่อม ชิ้นงานมีการขีมีล็กมาก และแนวเชื่อมไม่ต่อเนื่อง

แนวเชื่อมที่ติดกันได้ โดยไม่มีการซึมลึกจนเกินไป

เมื่อทำการเชื่อมชิ้นงานด้วยระบบ Hybrid จะได้ชิ้นงานเชื่อมดังรูปที่ 9 ซึ่งสามารถต่อชิ้นงานเข้าด้วยกันได้ และพร้อมสำหรับการทดสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมและคุณสมบัติทางกลต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการกวนผสมของกระบวนการเชื่อม Hybrid แล้ว ดังรูปที่ 10 จะพบว่าชิ้นงาน HDPE ทั้งสองสีสามารถผสมเข้ากันเป็นแนวเชื่อมต่อชนได้

4.3 การวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้า

ในขั้นตอนการควบคุมกระบวนการเชื่อม Hybrid นี้ การเดินแนวเชื่อมจะเริ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานเหมาะสมตามที่ต้องการ จากรูปที่ 11 จะพบว่า อุณหภูมิของชิ้นงานจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จากพลังงานของ IR และการกวน เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการแล้ว จะเริ่มป้อนกระแสให้กับชุดเดินแนวเชื่อม ทำให้แนวเชื่อมเริ่มเคลื่อนที่

เมื่อแนวเชื่อมเริ่มเคลื่อนที่แล้ว แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ IR จะลดลงชั่วขณะหนึ่ง (อุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการ จึงตัดพลังงานของ IR) แต่ขณะเดียวกัน เมื่อแนวเชื่อมเริ่มเคลื่อนที่ ทำให้ภาระงานของการกวนเพิ่มขึ้น จึงทำให้กระแสที่ใช้ในการหมุนกวนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 12 ซึ่งเมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่แล้ว ตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิจะเปลี่ยนไป เป็นตำแหน่งใหม่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเดิม ระบบจึงเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ IR ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ในขณะที่ดำเนินการเชื่อมนั้น กระแสไฟฟ้าและความเร็วในการเชื่อมจะเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 13 เมื่อความเร็วในการเชื่อมลดลง กระแสไฟฟ้าในการกวนจะลดลงด้วย เนื่องจากความต้องการความร้อนในการหลอม HDPE มีอัตราน้อยลง ในทางตรงกันข้ามหากความเร็วในการเชื่อมเพิ่มขึ้น อัตราการหลอม HDPE ต้องเพิ่มขึ้นด้วย ภาระงานสำหรับการกวนจึงเพิ่มขึ้นตาม ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย

4.4 การตรวจสอบแนวเชื่อม

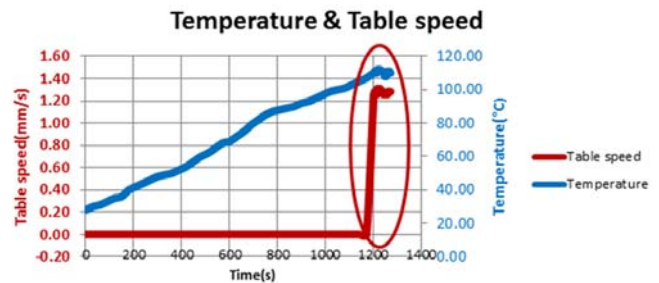
การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยการใช้สารแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing; PT) ถูกนำมาใช้ในการทดสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม หากแนวเชื่อมมีความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ใดๆ เช่น การหลอมไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion) สารแทรกซึมจะเข้าไปในรอยความไม่ต่อเนื่องดังกล่าว เมื่อทำการทดสอบแล้วจะเห็นร่องรอยของความไม่สมบูรณ์



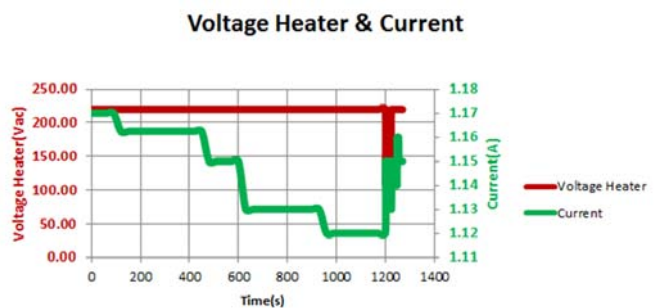
รูปที่ 9 ภาพถ่ายชิ้นงานจากการทดลองเบื้องต้น



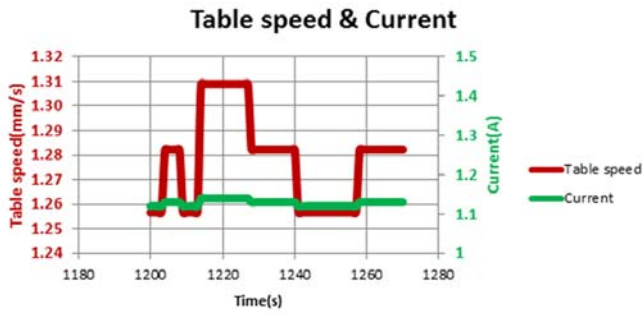
รูปที่ 10 ชิ้นงานที่เชื่อมผสมระหว่างสองสี



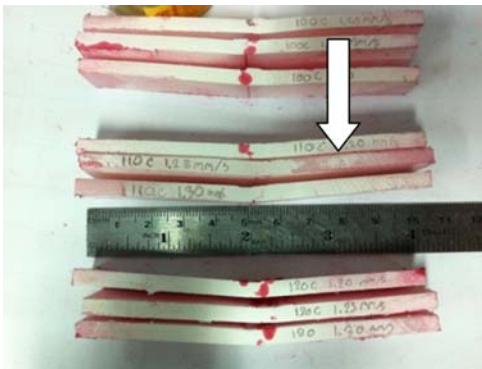
รูปที่ 11 อุณหภูมิชิ้นงานและความเร็วในการเชื่อม



รูปที่ 12 แรงดันไฟฟ้า IR และกระแสไฟฟ้าในการกวน



รูปที่ 13 ความเร็วในการเชื่อมและกระแสไฟฟ้าในการกรวน

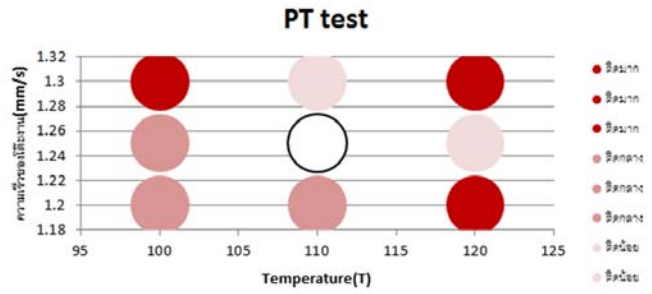


รูปที่ 14 การทดสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม (ลูกศรชี้ถึงชิ้นงานที่ไม่พบความไม่ต่อเนื่อง)

จากรูปที่ 14 จะพบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยอุณหภูมิ 110 °C มีความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมมากที่สุด ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมด้วยกระบวนการ Hybrid

5. สรุปผลการทดลอง

- อุณหภูมิของชิ้นงานที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการเชื่อมแบบแรงเสียดทานหมุนวนร่วมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรด คือ 110 °C
- ความเร็วเดินเชื่อมที่เหมาะสมมีค่า 1.25 mm/s
- เมื่ออุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น ความเร็วของโต๊ะงานจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของระบบลดลง ความเร็วของมอเตอร์ตัวโต๊ะงาน จะเคลื่อนที่ช้าลง
- เมื่ออุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น แรงดันของ IR Heater จะลดลง ทำให้อุณหภูมิลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ แรงดันของ IR Heater จะสูงขึ้น เพื่อเพิ่ม



รูปที่ 15 หน้าต่างการทำงานของการทำงานเชื่อม HDPE แบบ Hybrid

อุณหภูมิของชิ้นงาน

- ในกระบวนการเชื่อมทั้งสองชิ้นมีการกวนผสมกันทั้งแผ่น HDPE สีขาวและแผ่น HDPE สีดำ
- กระบวนการเชื่อม Hybrid จะมีหน้าต่างการทำงาน (Operating Window) โดยประเมินจากการทดสอบด้วยสารแทรกซึม ดังแสดงในรูปที่ 15

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

- อุปกรณ์ต้นกำลังในการกำเนิดความร้อนของกระบวนการเชื่อมแบบเสียดทานหมุนวนในการสร้างความเร็วรอบในการหมุนหัวเชื่อม ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ ในการรับภาระกรรมที่เกิดจากการเชื่อมรวมถึงบริเวณที่มีการหมุนระหว่างเพลาเข้ากับโครงของเครื่อง
- ในการเชื่อม อุปกรณ์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของต้นกำลังของการเชื่อมแบบกระบวนการเชื่อมแบบแรงเสียดทานหมุนวนร่วมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรด มีสัญญาณรบกวนและมีความแม่นยำไม่เพียงพอและในการแยกเฟสต่างๆ ในการเชื่อมทำให้ไม่สามารถแยกเฟสในการเชื่อมได้
- การวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (ไพโรมิเตอร์) ยังไม่อยู่ในตำแหน่งการวางที่ถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องเชื่อมทำให้วางในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้ ทำให้ค่าที่ได้เกิดความผิดพลาด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

จินตนา ลีกิจวัฒน์. 2554. การนำเส้นใยจากพืชจำพวกปอ
มาใช้เสริมแรงพลาสติก. [http://www.dss.go.th/dssweb/
st-articles/files/pep_6_2543_fiber_plastic.pdf#](http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/pep_6_2543_fiber_plastic.pdf#)
เข้าเมื่อวันที่ 18/05/2555

วิชัย พุ่มจันทร์. 2553. การเชื่อมอลูมิเนียม 6063 และ
อลูมิเนียม 7075 โดยการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบ
กวน. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Hirano, S. Friction-stir Welding, [http://www.hitachi.
com/rd/hrl/interview/monozukuri_platform-ks.html](http://www.hitachi.com/rd/hrl/interview/monozukuri_platform-ks.html)
เข้าเมื่อวันที่ 20/05/2555

Thomas, W.M., Norris, I.M., and Staines, D.G. Friction
Stir Welding Technology: Part One, [http://www.
keytometals.com/page.aspx?ID=CheckArticle
&site=ktn&NM=190](http://www.keytometals.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=ktn&NM=190) เข้าเมื่อวันที่ 21/05/2555



>> อิศรทัต พึ่งอัน

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (Ph. D.) Welding Engineering จาก The Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี พ.ศ. 2550 ปริญญาตรี วิศวกรรมอุตสาหการ (เกียรติคุณอันดับ 1) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจร.) ปี พ.ศ. 2542 เข้าทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย ณ ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา มจร.

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทางด้านวิศวกรรมการเชื่อม ณ ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา มจร. เป็นอาจารย์พิเศษทางด้านวิศวกรรมการเชื่อม โลหะวิทยาการเชื่อม ฯลฯ และเข้าร่วมในการวิจัยต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ความเสียหาย การวิจัยและพัฒนาทางด้าน การเชื่อม อาชีวะอนามัยและความปลอดภัยในการเชื่อม ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีความสนใจทางด้าน การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) เช่น MT (level II), RT (level II) และได้รับใบประกาศวิศวกรรมการเชื่อมนานาชาติ (International Welding Engineer; IWE)



>> มงคล สีนะวัฒน์

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเชื่อม ปี พ.ศ. 2546 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีปริญญาตรี (มจร.) วิศวกรรมศาสตร์ (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ปี พ.ศ. 2539 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ปัจจุบันเปลี่ยนเป็น มจร.)

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมีงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและผลิตเครื่องจักรกลและผลิตภัณฑ์ การวิจัยทางด้านวิศวกรรมการเชื่อมและการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (NDT)