บทที่4
การทดสอบชิ้นงานที่เชื่อมด้วยความเสียดทาน

4.1แนวคิดในการทดสอบชิ้นงานที่เชื่อมด้วยความเสียดทาน

จากการทดสอบเชื่อมชิ้นงานด้วยเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน พบว่ามีรอยเชื่อมที่ได้มีคุณภาพดีเมื่อด้วยตรวจดูด้วยตาเปล่า ซึ่งถือว่าเป็นการสัมฤทธิ์ผลในระดับหนึ่งในงานเชื่อม แต่ในการนำไปใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาให้ลึกกว่าการตรวจดูด้วยตาเปล่า ดังนั้นเราจึงจะทำการทดสอบความแข็งแรง ตรวจดูโครงสร้างระดับโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงานที่ได้ เพื่อที่จะสามารถระบุเงื่อนไขเบื้องต้นในการเชื่อมชิ้นงานด้วยเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานได้ ซึ่งในการทดสอบได้ทำการออกแบบการทดสอบไว้เบื้องต้น 2 การทดสอบคือ

1) การทดสอบหาเวลาในการให้ความร้อนในช่วง Heating phase

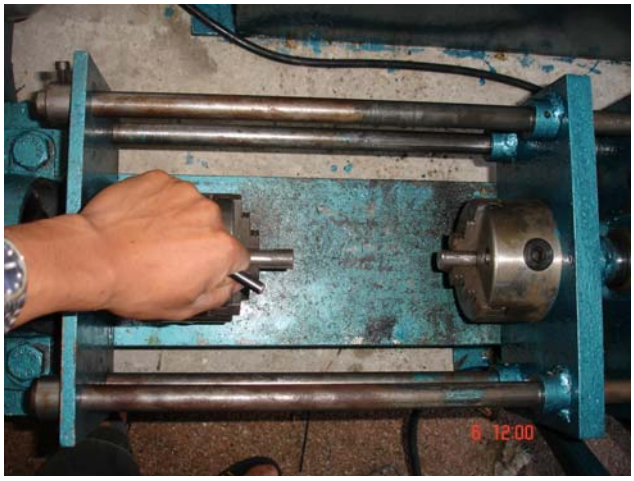
2) การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

4.2 การจำแนกกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

ในการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นจะมีกระบวนการเชื่อมหลักๆ 4 กระบวนการคือ

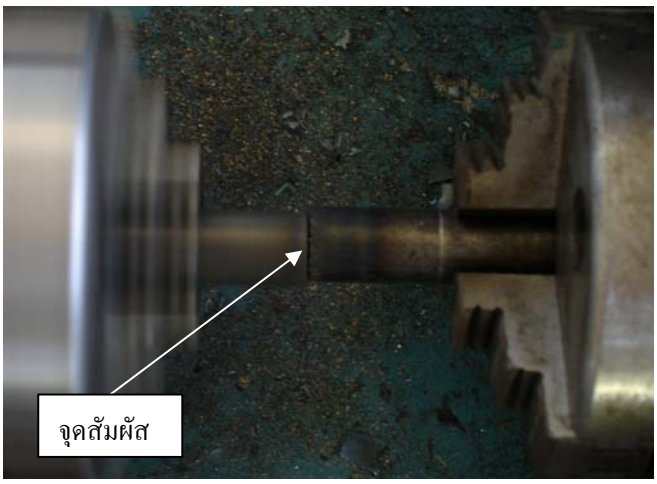
4.2.1 กระบวนการอุ่นชิ้นงาน (Preheat phase)

เป็นการเริ่มการเชื่อม โดยเริ่มจากการยึดชิ้นงานทั้งสองเข้ากับหัวจับให้แน่นเพื่อที่จะเริ่มการเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการยึดชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเข้ากับหัวจับชิ้นงานทั้งสองข้าง

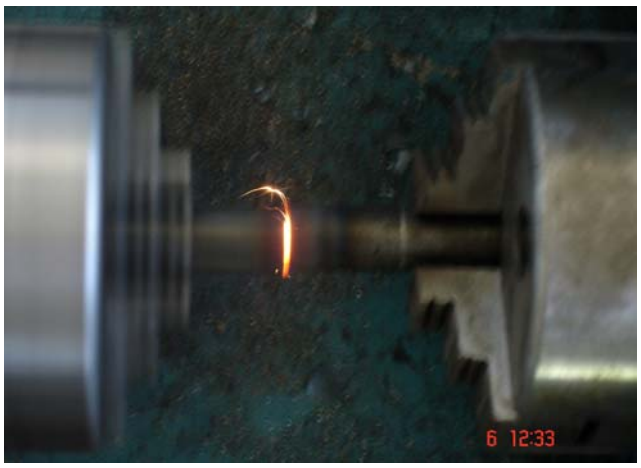
จากนั้นทำการปรับตั้งค่าความเร็วของมอเตอร์ โดยการปรับตั้งความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ที่ เครื่องอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยความถี่ของกระแสไฟฟ้าและความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นมีความสัมพันธ์ กันจากนั้นทำการปรับตั้งค่าความดัน ที่จะใช้ในการเชื่อมที่วาล์วควบคุมทิศทางชนิดบังคับด้วยมือ ที่มีวาล์วควบคุมความดันในตัว จากนั้นจึงเริ่มเดินมอเตอร์และป้อนชิ้นงานเข้าหากัน โดยเริ่มให้ผิวหน้าของชิ้นงานสัมผัสกันด้วยความดันที่มีค่าน้อยๆ เพื่อให้เกิดการขัดผิวในส่วนผิวหน้าที่ไม่เรียบให้หลุดออก และเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของผิวหน้าของชิ้นงานให้สูงขึ้น โดยในการเชื่อมนั้นระยะเวลาช่วงอุ่นชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงและจุดหลอมเหลวสูง ก็จะต้องใช้เวลาในการอุ่นมากกว่าวัสดุที่มีความแข็งแรงและจุดหลอมเหลวที่ต่ำ โดยในกระบวนการนี้ชิ้นงานจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง โดยจะเริ่มมีการเปลี่ยนสีที่บริเวณใกล้ผิวสัมผัสของชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่บริเวณใกล้ผิวสัมผัสของชิ้นงาน
ในกระบวนการอุ่นชิ้นงาน (Preheat phase)

4.2.2 กระบวนการให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน (Heating phase)

เมื่อผ่านกระบวนการอุ่นชิ้นงานมาแล้วผิวสัมผัสของชิ้นงานทั้งสองจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าความแข็งแรงของวัสดุลดลง รวมทั้งความแข็งก็มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน ทำให้สามารถป้อนชิ้นงานอัดเข้าหากันด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่าในกระบวนการอุ่นได้ รวมทั้งสามารถเพิ่มความดันในการป้อนชิ้นงานเข้าหากัน ซึ่งในกระบวนการนี้อุณหภูมิที่ผิวสัมผัสของชิ้นงานทั้งสองจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของงานเชื่อม ช่วงนี้ชิ้นงานเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสี โดยเริ่มมีสีส้มและอาจมีประกายไฟที่ผิวสัมผัสดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการเริ่มของกระบวนการให้ความร้อนชิ้นงาน (Heating phase)

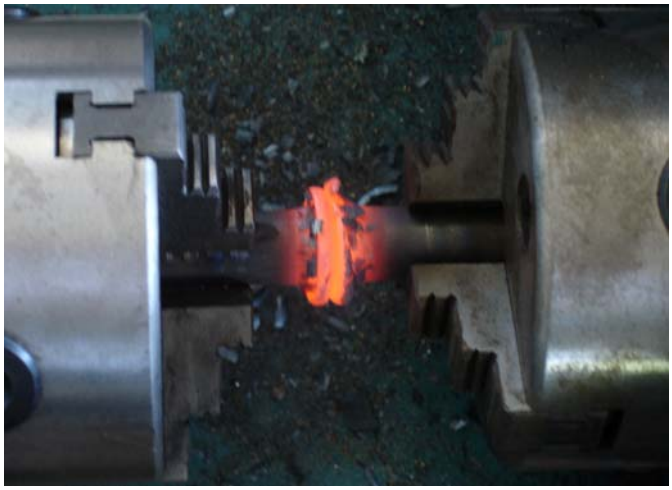
4.2.3 กระบวนการกดอัดชิ้นงาน (Forging phase)

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนแล้วนั้น ที่ผิวสัมผัสของชิ้นงานจะมีอุณหภูมิที่สูงพอที่จะสามารถกดให้เกิดการเชื่อมติดกันได้ ซึ่งในกระบวนการกดอัดชิ้นงานนี้ ในระหว่างการกดอัดชิ้นงานนั้นส่วนของเนื้อโลหะที่ถูกกดอัด จะเกิดการแผ่บานออกมาคล้ายปีกหมวก ซึ่งจะทำการกดอัดชิ้นงานเข้าไปด้วยความดันที่สูงสุดที่ได้ตั้งเอาไว้พร้อมกับหยุดเดินมอเตอร์ โดยระยะเวลาในการกดนั้นมีผลต่อคุณภาพของงานเชื่อมเช่นกัน แต่ในที่นี้ยังไม่ได้ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งลักษณะของชิ้นงานในกระบวนการกดอัด นี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการอัดชิ้นงานในกระบวนการกดอัดชิ้นงาน (Forging phase)

4.2.3 กระบวนการปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตามธรรมชาติ (Natural cooling)

เมื่อผ่านกระบวนการกดอัดชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานจะเกิดการเชื่อมติดกันดีแล้วแต่ยังมีอุณหภูมิสูงพอสมควร จึงต้องปล่อยให้อุณหภูมิลดลงเสียก่อน โดยไม่ต้องใช้การหล่อเย็น เพียงแต่ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิของชิ้นงานที่เชื่อมก็จะค่อยๆลดลงเรื่อยๆ จนเริ่มเย็นตัวดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่4.5 แสดงชิ้นงานที่เริ่มเย็นตัวอุณหภูมิห้อง

จากนั้นรอจนกว่าชิ้นงานเย็นพอที่จะสามารถนำออกมาจากเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานได้ จึงนำชิ้นงานออกมาผึ่งต่อที่อุณหภูมิห้อง จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องจะได้ชิ้นงานที่เชื่อมติดกันพร้อมนำไปใช้งานหรือเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพวัสดุต่อไป โดยชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.6

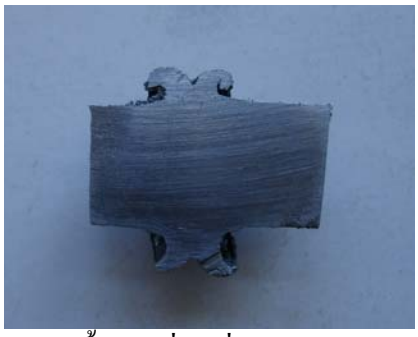
รูปที่4.6 แสดงชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

4.3 การเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบ

ในการทดสอบความแข็งแรงในการศึกษานี้จะทำการวัดทางอ้อม โดยการวัดค่าความแข็ง (Hardness number) แล้วค่อยทำการแปลงค่าความแข็งที่วัดได้ ให้เป็นค่าความแข็งแรงซึ่งในการเตรียมชิ้นงานทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.3.1 ขั้นตอนการผ่าชิ้นงานทดสอบ

ทำการตัดชิ้นงานจากขั้นตอนการเชื่อมด้วยความเสียดทานแล้ว โดยการผ่าชิ้นงานออกเป็นสองส่วน และขัดผิวหน้าด้วยเครื่องขัด เพื่อเตรียมการทำ เรือนหุ้มชนิดเรซิ่นเพื่อที่จะนำเอาไปทดสอบความแข็ง และตรวจดูโครงสร้างเกรนต่อไป ตัวอย่างของชิ้นงานที่ผ่าและขัดเบื้องต้นแล้วจะแสดงดัง รูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงชิ้นงานที่ผ่าเพื่อเตรียมทำเรือนหุ้มเรซิ่น

4.3.2 ขั้นตอนการทำเรือนหุ้ม

เมื่อผ่าชิ้นงานที่จะทดสอบเสร็จแล้ว ต้องนำชิ้นงานไปทำเรือนหุ้มเพื่อความสะดวกในการเตรียมพื้นผิว รวมทั้งการวัดค่าความแข็งของชิ้นงาน โดยเรือนหุ้มจะมีความหนามากกว่าความหนาของชิ้นทดสอบเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถยึดชิ้นงานได้ดี โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการทำเรือนหุ้มแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการทำเรือนหุ้มแล้ว

4.4 การทดสอบความแข็งแรงและตรวจโครงสร้างเกรนของชิ้นงาน

เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว จะนำไปตรวจดูโครงสร้างเกรนด้วยกล้องจุลทรรศน์ แล้วบันทึกภาพที่ตำแหน่งต่างๆ ให้มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่จะวัดความแข็ง จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็ง (Hardness Test) โดยใช้เครื่อง Micro Hardness (ของ Multitoyo) ที่ห้องปฏิบัติการโลหะวิทยา อาคาร EN 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 แสดงเครื่องวัดความแข็งชนิด Micro Hardness Test ของ Multitoyo

กระบวนการทดสอบความแข็งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) นำชิ้นงานที่เตรียมผิวและทำเรือนหุ้มแล้ววางลงบนแท่นจับ โดยทั้งนี้ในตอนเริ่มทำการวัดความแข็งงานแท่นจับชิ้นงานต้องอยู่ที่ตำแหน่งที่เลื่อนลงมาต่ำสุด หมุนแท่นยึดชิ้นงานให้แน่น ถ้าเรือนหุ้มมีความหนาน้อยเกินไป ต้องใช้หมอนรองเรือนหุ้ม มิฉะนั้นหัวกดจะไม่สามารถกดได้ เพราะจะเลื่อนลงมาค้ำฐานเสียก่อน

(2) เลื่อนเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุด ให้มาตรงกับตำแหน่งเลื่อนแท่นยึดชิ้นของชิ้นทดสอบ แล้วค่อยๆหมุนเลื่อนแท่นจับชิ้นงานขึ้นช้าๆ พร้อมกับสังเกตที่จอภาพเพื่อหาระยะโฟกัส เมื่อชัดแล้วจึงเลื่อนเลนส์ที่มีกำลังขยายสูงเข้ามาแทนที่เลนส์กำลังขยายต่ำ แล้วจึงเลื่อนฐานเพื่อไปยังจุดที่ต้องการวัดความแข็ง โดยสามารถที่จะสังเกตได้ที่จอภาพ

(3) เมื่อได้ตำแหน่งที่จะวัดแล้ว ก็ให้เลื่อนหัวกดเข้ามาแทนที่เลนส์ใกล้วัตถุ และจะต้องมั่นใจว่าหัวกดลงล็อคแน่นดีแล้ว จึงกดปุ่มให้เครื่องเริ่มทำการกดหัวเพชร ลงบนชิ้นทดสอบรอจนกว่าเครื่องจะทำงานเสร็จ และเลื่อนฐานยึดชิ้นงานมายังตำแหน่งเดิม

(4) เมื่อกดเสร็จแล้วให้เลื่อนเลนส์ใกล้วัตถุ ที่มีกำลังขยายสูงเข้ามาแทนที่หัวกด จะปรากฏภาพรอยกด ขึ้นที่หน้าจอ แล้วทำการหมุนที่ปุ่มปรับระยะในการวัดเส้นทแยงมุม โดยเลื่อนให้เส้นสีดำที่แสดงบนจอภาพนั้นตกคร่อมบนเส้นทแยงมุมในแนวราบของรอยกด แล้วจึงกดปุ่มเพื่อบันทึกค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 แสดงการวัดเส้นทแยงมุมในแนวราบของรอยกดจากเครื่อง Micro Hardness

(5) เมื่อวัดค่าระยะของเส้นทแยงมุมในแนวราบเสร็จแล้ว ก็ทำการหมุนชุดวัดระยะโดยให้เส้นที่ปรากฏบนจอภาพ อยู่ในตำแน่งที่สามารถวัดเส้นทแยงมุมในแนวดิ่งได้ เลื่อนจนเส้นสีดำทั้งสองตกคร่อมลงบนเส้นทแยงมุมในแนวดิ่งแล้วจึงกดบันทึกค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 แสงการวัดเส้นทแยงมุมในแนวดิ่งของรอยกดจากเครื่อง Micro Hardness

4.4.6 เมื่อทำการวัดความยาวของเส้นทแยงมุมทั้งสองเสร็จแล้ว เครื่องจะทำการคำนวณค่าความแข็งออกมาพร้อมกับแสดงค่าความแข็งในหน่วย HV ที่หน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างของการอ่านค่าความแข็งจากเครื่อง Micro Hardness

ซึ่งในการวัดค่าความแข็งของรอยเชื่อมนั้นจะทำการวัด ในช่วงที่เรียกว่า **Heat effect zone** ซึ่งคือบริเวณที่มีผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุ อันมีผลเนื่องมาจากความร้อนที่ชิ้นงานได้รับ

4.5 ผลการตรวจโครงสร้างเกรนของรอยเชื่อม

เนื่องจากต้องการศึกษาถึงผลของการเชื่อมด้วยความเสียดทานที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างเกรนของชิ้นงาน ดังนั้นจึงมีการส่องดูโครงสร้างเกรนบริเวณรอยเชื่อม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด โดยชิ้นงานจะต้องผ่านการขัดเตรียมผิวและกัดด้วยกรดเรียบร้อยแล้ว ซึ่งผลที่ได้ จะถูกนำมาวิเคราะห์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.1 ศึกษากายภาพโดยรวมโดย ใช้กำลังขยายที่ 50 เท่า

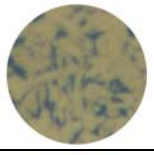
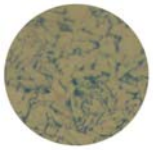
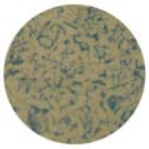
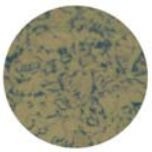
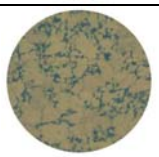
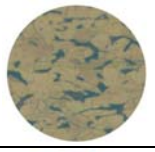
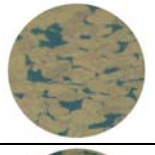
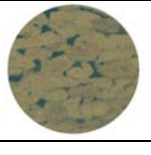
ศึกษาดูขนาดเกรน บริเวณรอบๆรอยเชื่อมซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 4.13 ซึ่งพบว่าขนาดของเกรนที่บริเวณรอยเชื่อม จะมีขนาดละเอียดกว่าขนาดของเกรนของชิ้นงานเดิม

รูปที่ 4.13 แสดงภาพบริเวณรอยเชื่อมที่กำลังขยาย 50 เท่า

4.5.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดของเกรนที่ระยะต่างๆจากรอยเชื่อม

โดยการใช้กำลังขยาย 400 เท่า ภาพในตารางที่4.1 เป็นตัวอย่างภาพบริเวณรอยเชื่อมของเหล็กกับ Stainless Steel เพื่อให้เห็นความแตกต่างของรอยเชื่อมชัดเจนขึ้น

ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดของเกรนที่ระยะที่ห่างจากรอยเชื่อมระยะต่างๆ

ระยะจากรอยเชื่อม	ภาพรอยเชื่อม	ลักษณะของเกรน
ตำแหน่งกึ่งกลาง		มีการแพร่หากันระหว่างเกรนของเหล็กและ Strain less
+ซ้าย 1.0 มิลลิเมตร		มีขนาดค่อนข้างหยาบและมีการรวมกลุ่มของคาร์บอน
+ซ้าย 2.0 มิลลิเมตร		มีขนาดละเอียดขึ้นมีเหล็กในเฟสคาร์บอนกระจายโดยทั่วไป
+ซ้าย 3.0 มิลลิเมตร		ในช่วงนี้เป็นบริเวณที่มีขนาดเกรนละเอียดที่สุด
+ซ้าย 4.0 มิลลิเมตร		เกรนมีขนาดที่หยาบขึ้นกว่าระยะที่ผ่านมา
+ซ้าย 5.0 มิลลิเมตร		มีขนาดค่อนข้างหยาบและมีการรวมกลุ่มของคาร์บอน
+ซ้าย 6.0 มิลลิเมตร		มีส่วนที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมากขึ้น
+ซ้าย 7.0 มิลลิเมตร		มีรูปแบบในการจัดเรียงมากขึ้น
+ซ้าย 8.0 มิลลิเมตร		เกรนมีขนาดที่ใกล้เคียงกับชิ้นงานเดิม
+ซ้าย 9.0 มิลลิเมตร		เป็นส่วนที่เกรนเหมือนกับชิ้นงานเดิม

4.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นทดสอบ

ซึ่งในการศึกษานั้นแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อคือ

(1) การทดสอบหาเวลาในช่วงให้ความร้อนที่เหมาะสมในการเชื่อมเหล็กเพลาขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 1800 rpm โดยในการทดสอบมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของการทดสอบหาเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม

ลำดับ	เวลาในการกด(s)
1	15
2	20
3	25
4	30

(2) การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมเบื้องต้นในการเชื่อมเหล็กเพลาขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของการทดสอบหาความเร็วรอบในการเชื่อมที่เหมาะสม

ลำดับ	ความเร็วรอบ(rpm)
1	2000
2	2200
3	2400

(3) การทดสอบความเป็นไปได้ในการเชื่อมเหล็กเพลาขาวกับเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว

ซึ่งจากการทดสอบนั้นได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

4.6.1 ผลของการทดสอบความแข็งของรอยเชื่อม

จากการทดสอบความแข็งในหัวข้อที่ 4.5 เนื่องจากเป็นการเชื่อมโลหะชนิดเดียวกัน ดังนั้น ด้านทั้งสองด้านของรอยเชื่อม จึงสามารถตั้งเงื่อนไขว่าด้านทั้งสองด้านของรอยเชื่อมนั้นมีความสมมาตรกัน ดังนั้นจึงทำการวัดความแข็งเพียงด้านซ้ายจากรอยเชื่อมเพียงด้านเดียวนั้น ซึ่งจะวัดที่ระยะห่างกัน 1 มิลลิเมตร เป็นระยะจากรอยเชื่อมออกไป 10 มิลลิเมตร ซึ่งพบว่าบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเนื่องจากผลของความร้อน (Heat effect zone) ของการเชื่อมเหล็กเพลาขาวด้วยกันนั้น จะอยู่ในช่วง 6-7 มิลลิเมตรวัดจากกึ่งกลางของรอยเชื่อม ค่าความแข็งจะเริ่มคงที่ที่ระยะ 8 มิลิเมตร เป็นต้นไปซึ่งจะได้ผลโดยเรียงตามเงื่อนไขในการทดสอบ ดังตารางที่ 4.4

แต่ผลของการวัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบเพื่อหาความเป็นไปได้ในการเชื่อมเหล็กเพลาขาวกับ เหล็กกล้าไร้สนิมนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าความแข็งทั้งสองด้าน เพราะโลหะทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันมาก และพบว่ามีช่วง Heat effect zone นั้นกว้างกว่า การเชื่อมชิ้นงานที่เป็นเหล็กเพลาขาวด้วยกันซึ่งพบว่า จะมีค่าอยู่ในช่วง 8-9 มิลิเมตร ดังนั้นจึงได้ทำการวัดค่าความแข็งเป็นระยะจากรอยเชื่อม 11 มิลลิเมตรเพื่อให้ครอบคลุมช่วง Heat effect zone และได้แยกแสดงผลการวัดความแข็งไว้ที่ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวัดความแข็ง(HV) ของชิ้นงานทดสอบที่ระยะห่างจากรอยเชื่อมต่างๆกัน

ระยะจากรอยเชื่อม (ม.ม.)	ค่าความแข็ง(HV)ของของชิ้นงาน						
	ที่เวลาการให้ความร้อน				ที่ความเร็วรอบ		
	15 s	20 s	25 s	30 s	2000RPM	2200RPM	2400RPM
0.00	183.20	190.00	193.60	196.00	196.00	190.50	187.60
1.00	170.40	178.40	167.90	193.70	193.70	172.70	171.50
2.00	179.90	171.20	178.70	168.00	168.00	179.80	175.20
3.00	196.50	157.80	181.00	179.50	179.50	182.80	180.30
4.00	180.20	157.40	175.50	177.80	177.80	167.30	170.60
5.00	164.70	147.30	179.70	175.80	175.80	171.40	170.20
6.00	193.50	189.90	165.50	190.20	190.20	218.50	216.30

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงผลการวัดความแข็ง(HV) ของชิ้นงานทดสอบที่ระยะห่างจากรอยเชื่อมต่างๆกัน

ระยะจากรอยเชื่อม	ค่าความแข็ง(HV)ของของชิ้นงาน						
	ที่เวลาการให้ความร้อน				ที่ความเร็วรอบ		
	15 s	20 s	25 s	30 s	2000RPM	2200RPM	2400RPM
7.00	234.50	240.70	225.70	230.70	234.50	236.60	234.50
8.00	236.60	234.50	234.50	234.50	236.60	236.60	236.50
9.00	234.90	234.90	234.90	234.90	234.90	234.90	235.60

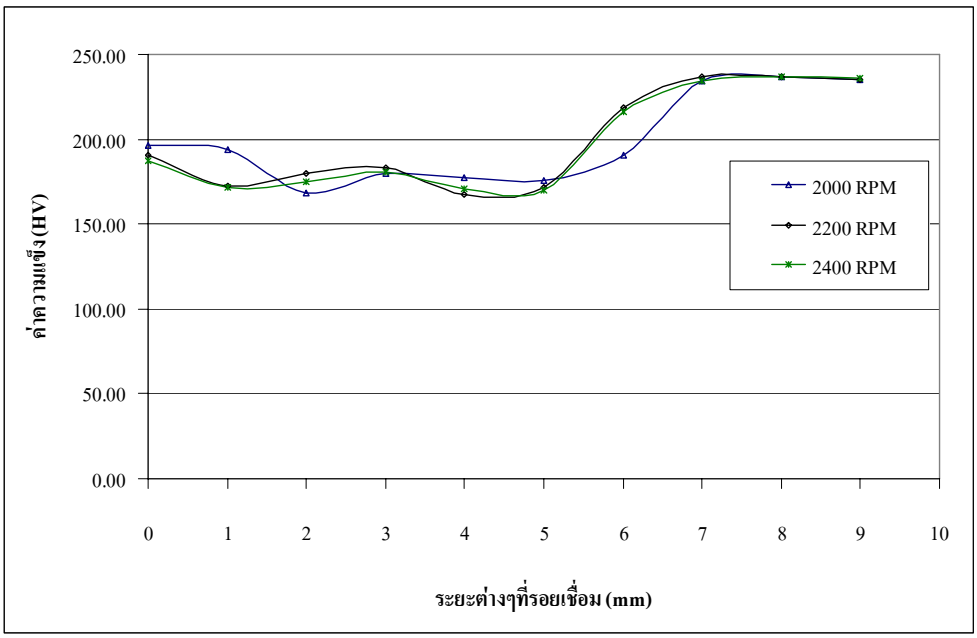
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวัดความแข็ง(HV) ของชิ้นงานทดสอบ

เหล็กกล้าไร้สนิม		เหล็กเพลาขาว	
ระยะจากรอยเชื่อม(mm)	ค่าความแข็ง(HV)	ระยะจากรอยเชื่อม(mm)	ค่าความแข็ง(HV)
0	330.20	0	330.20
1	277.10	1	156.30
2	262.40	2	161.70
3	239.80	3	159.90
4	261.00	4	149.50
5	296.60	5	165.10
6	235.30	6	150.20
7	260.90	7	156.10
8	303.10	8	146.60
9	315.90	9	170.90
10	333.10	10	199.30
11	335.60	11	234.90
12	336.20	12	235.60

4.7 วิเคราะห์ผลของความแข็งแรงของรอยเชื่อม

4.7.1 วิเคราะห์ผลของความแข็งแรงของรอยเชื่อมเพื่อหาเวลาในช่วงให้ความร้อนที่เหมาะสม ในการเชื่อมเหล็กเพลาขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 1800 rpm

จากการกำหนดการทดสอบ ในตารางที่ 4.2 และค่าความแข็งแรงจากการทดสอบในตารางที่ 4.4 นั้นสามารถนำเอาค่าความแข็งแรงของชิ้นงานทดสอบ มาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.14 และค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงตลอดช่วง Heat effect zone ของแต่ละเงื่อนไขของการเชื่อมนั้นแสดงในตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงที่ระยะต่างของรอยเชื่อม ที่มีเงื่อนไขในเวลาการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน 4 เงื่อนไข

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงตลอดช่วง Heat effect zone ของแต่ละเงื่อนไขของการเชื่อม ที่ความเร็วรอบ 1800RPM ความดัน 50 bar

ลำดับ	เวลาในการกด(s)	ความแข็งแรงเฉลี่ยบริเวณ Heat effect zone(Mpa)	เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงที่น้อยกว่าชิ้นงานเดิม
1	15	13.51	20.36
2	20	12.83	26.71
3	25	13.24	22.81
4	30	13.57	19.80

ซึ่งจะพบว่ากราฟแต่ละเส้นมีแนวโน้มเหมือนกันคือ บริเวณรอยเชื่อมจะมีค่าความแข็งแรงอยู่ระหว่างประมาณ 12-14 Mpa แล้วจะมีค่าลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง ในช่วง Heat effect ซึ่งจากรูปที่ 4.14 และตารางที่ 4.6 นั้นสามารถสังเกตได้ว่า

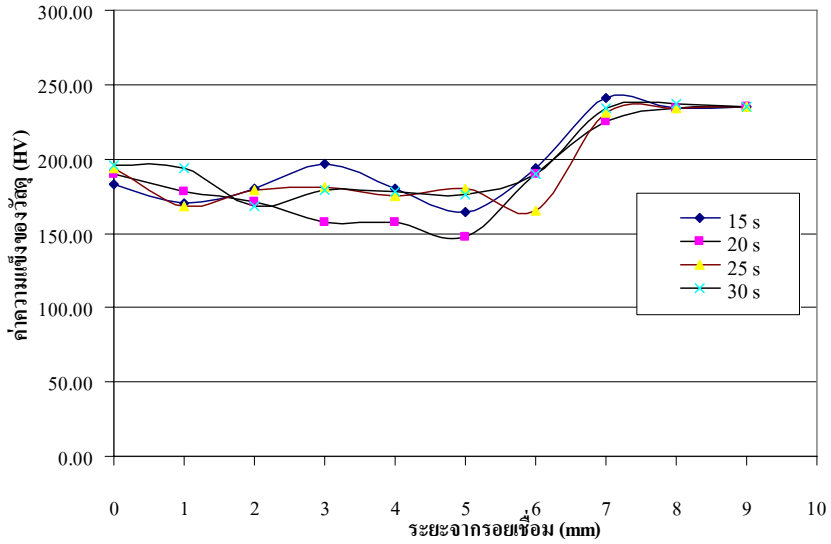
1. การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งต่อระยะจากรอยเชื่อมต่างๆนั้น มีแนวโน้มทีลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น

2. ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของรอยเชื่อม โดยให้ความร้อนเป็นเวลา 30 วินาทีจะมีค่าสูงที่สุด โดยจะมีค่า 13.57 Mpa ซึ่งน้อยกว่าชิ้นงานเดิมอยู่ 19.8 %

3. พบว่าช่วง Heat effect zone ของการเชื่อมเหล็กเพลาขาว ที่ความเร็วรอบ 1800 RPM ความดัน 50 bar ในช่วงเวลา 15-30 วินาทีนั้นอยู่ที่ประมาณ 7-8 มิลลิเมตร

4.7.2 วิเคราะห์ผลของความแข็งแรงของรอยเชื่อมเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการเชื่อมเหล็กเพลาขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ที่เวลากด 30 วินาที

จากการกำหนดการทดสอบ ในตารางที่ 4.2 และค่าความแข็งแรงจากการทดสอบในตารางที่ 4.5 นั้นสามารถนำเอาค่าความแข็งแรงของชิ้นงานทดสอบ มาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.15 และค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงตลอดช่วง Heat effect zone ของแต่ละเงื่อนไขของการเชื่อมนั้นแสดงในตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงที่ระยะต่างของรอยเชื่อม ที่มีเงื่อนไขในการเชื่อมด้วยความเร็วรอบที่แตกต่างกัน 4 เงื่อนไข

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงตลอดช่วง Heat effect zone ของแต่ละเงื่อนไขของการเชื่อม ที่ความเร็วรอบ 1800RPM ความดัน 50 bar

ลำดับ	ความเร็วรอบในการเชื่อม (RPM)	ความแข็งแรงเฉลี่ยบริเวณ Heat effect zone(Mpa)	เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงที่น้อยกว่าชิ้นงานเดิม
1	2000	13.57	19.80
2	2200	13.60	19.53
3	2400	13.50	20.41

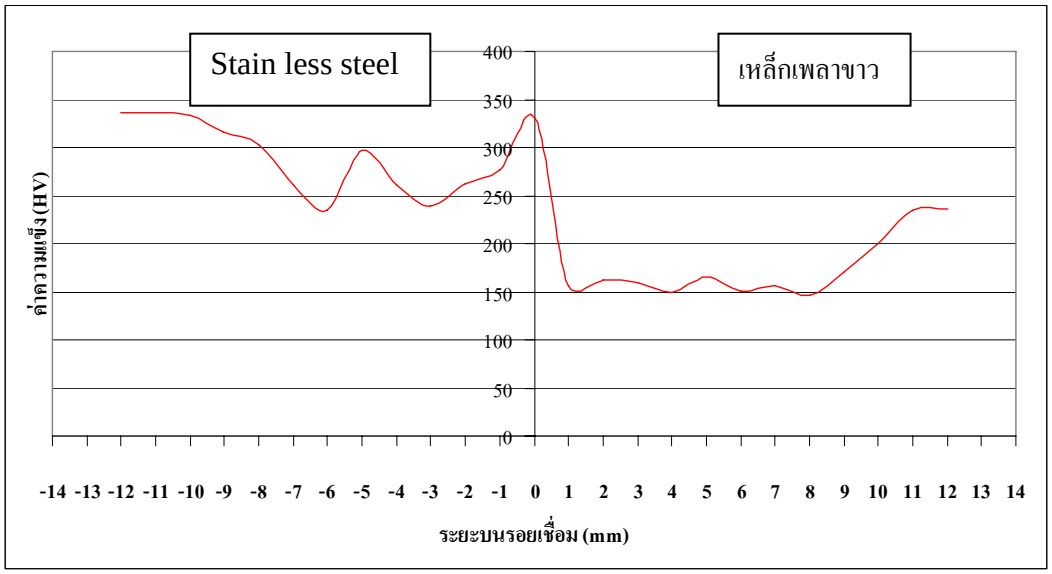
ซึ่งจะพบว่ากราฟแต่ละเส้นมีแนวโน้มเหมือนกันคือ บริเวณรอยเชื่อมจะมีค่าความแข็งแรงอยู่ระหว่างประมาณ 12-14 Mpa แล้วจะมีค่าลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง ในช่วง Heat effect zone ซึ่งจากรูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.7 นั้นสามารถสังเกตได้ว่า

1.ที่ความเร็วรอบ 2200 RPM นั้นค่าความแข็งเฉลี่ยของรอยเชื่อม จะมีค่ามากกว่าค่าความแข็งของรอยเชื่อมที่ทำการเชื่อมที่ 2000 RPM แต่เมื่อความเร็วรอบในการเชื่อมเพิ่มขึ้นเป็น 2400 RPM ค่าความแข็งมีค่าลดลง จากค่าความแข็งของรอยเชื่อมที่ ความเร็วรอบ 2200 RPM

2. พบว่าที่เวลาในการเชื่อมเท่ากัน เมื่อเพิ่มความเร็วรอบขึ้น ความยาวของช่วง Heat effect zone จะมีระยะสั้นลง คือมีค่าประมาณ 6-7 มิลลิเมตร

4.7.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งของการเชื่อม Stain less steel กับเหล็กเพลาขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 2000 RPM เวลาในการให้ความร้อน 50 วินาที

จากตารางที่ 4.5 สมารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความแข็งของชิ้นงานเชื่อมระหว่าง Stain less steel กับเหล็กเพลาขาว

ซึ่งจะพบว่าค่าความแข็งบริเวณจุดกึ่งกลางของรอยเชื่อม นั้นจะมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความแข็งของ Stain less steel และจากรูปในตารางที่ 4.1 ประกอบจะพบว่ามีการแพร่ของโลหะทั้งสองชนิดเข้าหากัน เกิดโลหะที่เป็นส่วนผสมใหม่ที่บริเวณรอยเชื่อม