

การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปล่อยกระแสไฟฟ้า ในการเชื่อมความต้านทานชนิดจุด โดยการทดสอบสมบัติทางกลและโลหะวิทยา

ปรัชญา เพียรสุระ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี บางมด กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์ 0-2470-8554 โทรสาร 0-2470-8557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบสมบัติทางกลและทางโลหะวิทยา มาประยุกต์หาช่วงเวลาการปล่อยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมที่เหมาะสม ได้ทำการทดลองกับเหล็กเหนียว ความหนา 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำชิ้นงานมาทำการทดสอบแรงดึงเบื้องต้นตามมาตรฐาน JIS Z 3136:1999 และทำการทดสอบโครงสร้างมหภาค ตามมาตรฐาน JIS Z 3139:1978 จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์เทียบกับมาตรฐาน JIS Z 3140 ผลการทดลองปรากฏว่า เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 8 ไซเคิล (8/50วินาที) ถึง 10 ไซเคิล (10/50วินาที) โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพงานเชื่อมต่อไป

Study of Proper Time Range for Current Flow to Resistance Spot Welding

Inspected by Mechanical Property and Metallurgy Testing

Prachya Pearsura

Department of Production Technology Education, School of Industrial Education

King Mongkut's University of Technology Thonburi 10140 Tel: 0-2470-8554, Fax: 0-2470-8557

Abstract

This research used the mechanical property and metallurgy testing to identify the proper time range for current flow. The specimen tested was 1mm thick mild steel. The welded specimens were tested by Tensile Shear testing following JIS Z 3136: 1999 and Macro Structure testing follow by JIS Z 3139: 1978. Subsequently, the results from analyzing were compared with standard JIS Z 3140. The results show that the suitable current flow is 8 to 10 cycles. This technique can be applied to monitor the process and the quality of resistance spot welding.

Keyword: Resistance Spot Welding, Mechanical Property, Metallurgy

บทนำ

การเชื่อมด้วยความต้านทานชนิดจุด เป็นกรรมวิธีการเชื่อมอีกวิธีหนึ่งที่ปัจจุบันในอุตสาหกรรมยานยนต์ เฟอ์นเจอร์ ก่อสร้างและอิเล็กทรอนิกส์ นิยมใช้จำนวนมากเพราะสามารถเชื่อมประกอบเป็นชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว ผลกระทบทางความร้อนมีน้อย มีความแข็งแรงเพียงพอกับการใช้งาน และมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก การเชื่อมด้วยความต้านทานชนิดจุดเป็นการเชื่อมแบบต่อเนื่องโดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานคือ อิเล็กโทรดตัวบนเคลื่อนที่ลงมา(Electrode set-down) กดชิ้นงานสองชิ้นให้ติดกัน(Squeeze) ปลดปล่อยกระแสไฟฟ้า(Current Flow) กดอัดชิ้นงาน(Forging) กดค้างไว้(Hold Time) และปลดชิ้นงาน(Lift-off) การเชื่อมด้วยความต้านทานชนิดจุดจะมีองค์ประกอบหลักร่วมกัน 3 อย่าง คือ ความร้อน(Heat) ความดัน(Pressure) และเวลา(Time) แต่จะพบปัญหาภายหลังจากการเชื่อมที่จะเป็นตัวบ่งชี้ว่ารอยเชื่อมนั้นสมบูรณ์หรือไม่ เนื่องจากปัจจุบันกรรมวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายนั้นยังไม่สามารถที่ตอบสนองความต้องการของการตรวจสอบได้ แต่จะสามารถใช้วิธีการตรวจสอบแบบทำลายในการตรวจสอบ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านต้นทุนการผลิต เวลาที่สูญเสียไปขณะทำการตรวจสอบ และสูญเสียเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานใหม่เนื่องจากรอยเชื่อมไม่สมบูรณ์ โดยในอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตชิ้นงานจำนวนมากๆ จำเป็นที่ต้องใช้เครื่องมือที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของรอยเชื่อมว่าสมบูรณ์หรือไม่ อีกทั้งการเข้าใจผิดเกี่ยวกับความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมที่ยอมรับได้ขึ้นกับสะเก็ดไฟที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง(Explosion) เป็นต้น

ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อม เป็นการตรวจสอบภายหลังการเชื่อมนำมาทำการวิเคราะห์ การทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมและขนาดนักเกิดของชิ้นงานเชื่อม เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเชื่อมกับความสมบูรณ์ของชิ้นงานเชื่อม เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเลือกเวลาที่ใช้ในการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมในการเชื่อม มาควบคุมความสมบูรณ์ของกระบวนการเชื่อมด้วยความต้านทานชนิดจุด และทำการศึกษาอิทธิพลของพลังงานเชื่อม ที่มีผลกับความสมบูรณ์ของการเชื่อม

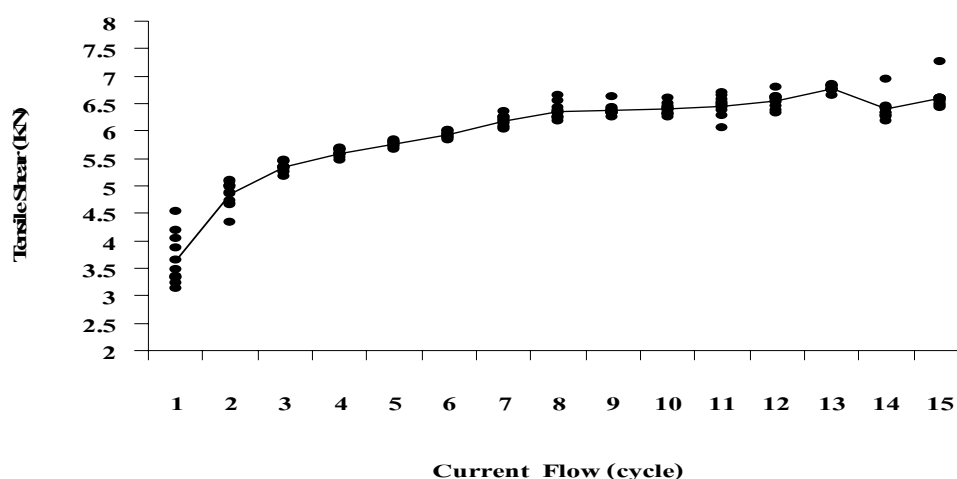
วิธีการทดลอง

1. ชิ้นงานที่ใช้ทำการทดสอบเป็นเหล็กเหนียวที่ผ่านการรีดเย็น ความหนา 1 มิลลิเมตรเตรียมชิ้นงานเชื่อมตามมาตรฐาน JIS Z 3136:1999 โดยตัดชิ้นงานความกว้าง 30 มิลลิเมตร และความยาว 100 มิลลิเมตร ใช้อิเล็กโทรด ชนิด Truncated (CF) ตามมาตรฐาน JIS C 9304:1999 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายอิเล็กโทรด 6 มิลลิเมตร แรงกดชิ้นงานเชื่อม 0.25 เมกะปาสกาล

2. การเชื่อมค่าความต้านทานชนิดจุดใช้กระแสที่ใช้ในการเชื่อม 9,500 แอมแปร์ ต่างกันที่เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้า โดยทำการเพิ่มระยะเวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อม ตั้งแต่ 1 ไซเคิล (0.02 วินาที) ถึง 15 ไซเคิล (0.03 วินาที) ในแต่ละการทดลองจะทำการเชื่อม 20 ชิ้น
3. วิเคราะห์ความแข็งแรงของรอยเชื่อมโดยการทดสอบแรงดึงเฉือนตามมาตรฐาน JIS Z 3136:1999 ชิ้นงานทดสอบจำนวน 10 ชิ้นในแต่ละการทดลอง การทดสอบแรงดึงเฉือนรอยเชื่อมด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงยี่ห้อ ซีโก้ Secker รุ่น RTA 25 ทำการทดสอบด้วยแรงดึงคงที่ ที่อัตรา 15 มิลลิเมตรต่อ นาที
4. วิเคราะห์ขนาดของน้กเกิดของรอยเชื่อม โดยการทดสอบโครงสร้างมหภาคมาตรฐาน JIS Z 3139:1978 ชิ้นงานทดสอบจำนวน 10 ชิ้น ในแต่ละการทดลอง การวัดขนาดรอยเชื่อมเพื่อต้องการทราบว่ารอยเชื่อมมีค่าขนาดความโตของน้กเกิด และเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายลึก โดยใช้เครื่อง Coordinate Measurement Machine (CMM) ยี่ห้อ ROI Instrument เป็นเครื่องวัดโครงสร้างมหภาค ใช้กำลังขยาย 0.7 เท่า ได้หน่วยเป็นมิลลิเมตร

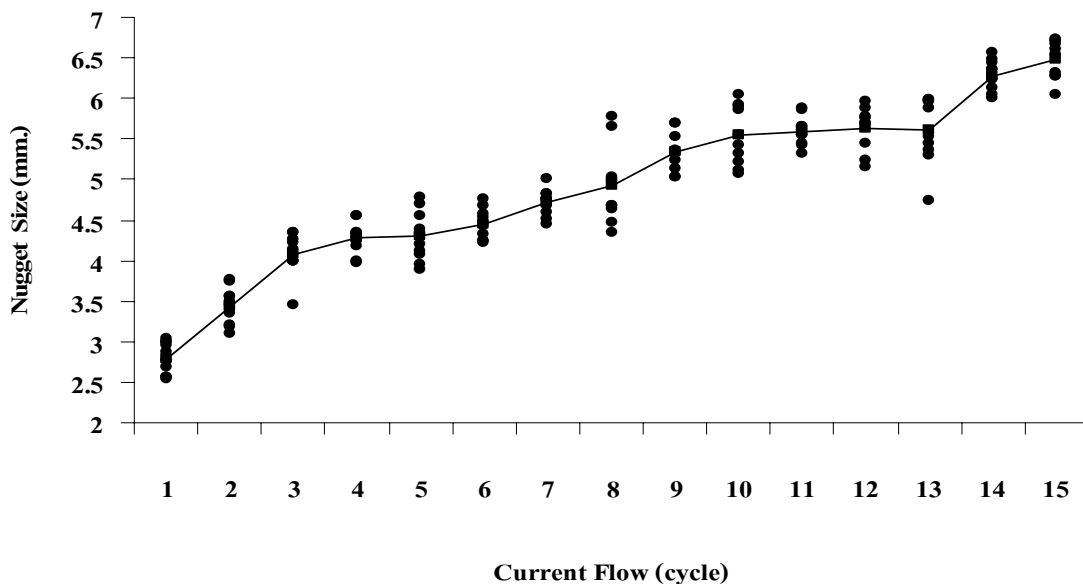
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ได้แสดงผลการทดสอบค่าแรงดึงเฉือน (Tensile Shear) และค่าน้กเกิด (Nugget Size) โดยได้ทำการเชื่อมตั้งแต่ 1 ไซเคิลถึง 15 ไซเคิล ในแต่ละไซเคิลจะทำการเชื่อมทั้งหมด 20 ครั้ง จากนั้นนำชิ้นงานมาทำการทดสอบแรงดึงเฉือน 10 ชิ้น และทำการทดสอบโครงสร้างมหภาค 10 ชิ้น มาตรฐาน JIS Z 3136:1999 และ JIS Z 3139:1978 โดยผลการทดลองมีดังนี้



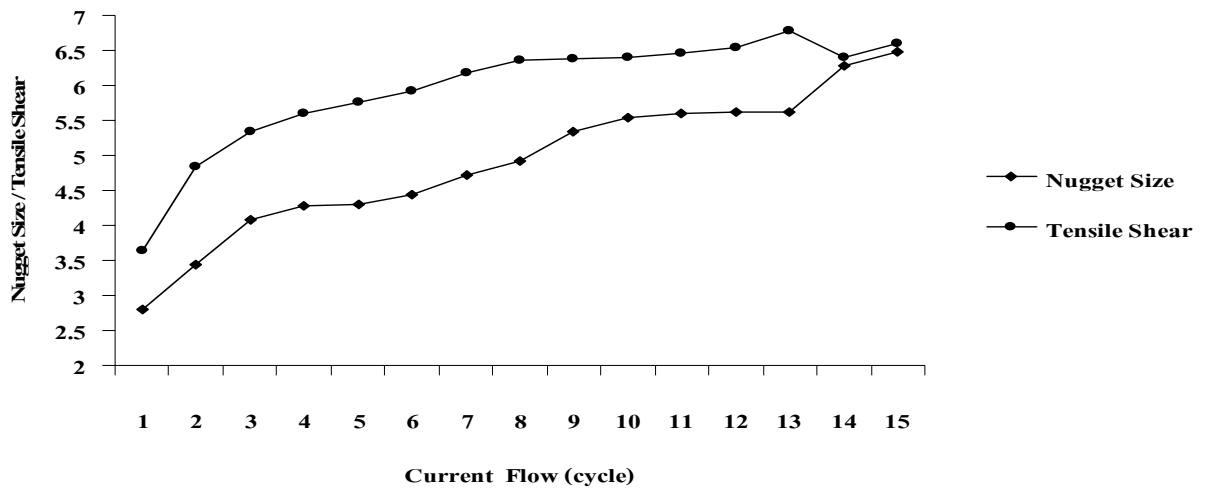
รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบค่าแรงดึงเฉือน(Tensile Shear) เปรียบเทียบกับเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Flow)

จากรูปที่ 1 ค่าแรงดึงเคเบิลมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าที่ 1 ไชเคิล คือ 3.645 กิโลนิวตัน จนถึงไชเคิลที่ 13 มีค่าแรงดึงเคเบิลสูงสุดคือ 6.779 กิโลนิวตัน จากนั้นค่าแรงดึงเคเบิลจะมีค่าลดลง เนื่องจากว่าที่เวลาในการปล่อยกระแสเชื่อมมากจะทำให้มีบริเวณเขตอิทธิพลความร้อนกว้างจากปริมาณความร้อนและมีอัตราการหลอมละลายของนั้กเกตที่สูงแต่มีการสูญเสียเนื้อโลหะมากเช่นกัน จากการเกิดสะเก็ดไฟ (Explosion) โดยในตั้งแต่ไชเคิลที่ 3 ขึ้นงานมีค่าแรงดึงเคเบิลตั้งแต่ 5.33 กิโลนิวตัน ถึงไชเคิลที่ 10 ค่าแรงดึงเคเบิล 6.39 กิโลนิวตัน อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน JIS Z 3136:1999



รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบขนาดนั้กเกต(Nugget Size) เปรียบเทียบกับเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Flow)

จากรูปที่ 2 ค่านั้กเกตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ไชเคิลที่ 1 จนถึงไชเคิลที่ 15 จะมีขนาดนั้กเกตมากที่สุด แต่ในการพิจารณาการยอมรับขนาดนั้กเกต ตามมาตรฐานจะกำหนดไว้ที่ 5 มิลลิเมตร แต่ในการพิจารณาการยอมรับจะต้องพิจารณาถึงอัตราการหลอมละลายเล็ก คือ 20 เปอร์เซนต์ ถึง 80 เปอร์เซนต์ ซึ่งในการพิจารณาการยอมรับคือเวลาที่เหมาะสมในการปล่อยกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 8 ไชเคิล ค่านั้กเกต 4.92 มิลลิเมตรถึง 12 ไชเคิล ค่านั้กเกต 5.66 มิลลิเมตร ส่วนค่านั้กเกตที่ 13 ไชเคิล ถึง 15 ไชเคิล มีอัตราการหลอมละลายมากกว่า 80 เปอร์เซนต์



รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบขนาดนั้กเกิด(Nugget Size) และค่าแรงดึงเฉือน (Tensile Shear) เปรียบเทียบกับเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Flow)

จากรูปที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบขนาดนั้กเกิด ค่าแรงดึงเฉือนเปรียบเทียบกับเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม จะทำให้เห็นว่าขนาดนั้กเกิดและแรงดึงเฉือน ค่าจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นจนถึงในไซเคิลที่ 13 ค่าแรงดึงเฉือนจะมีค่าลดลงเนื่องมีเขตอิทธิพลความร้อนที่กว้างและจากการเชื่อมมีประกายไฟจำนวนมากจึงทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานลดลง แต่ค่าขนาดของนั้กเกิดจะมีขนาดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ไซเคิลที่ 1 จนถึงไซเคิลที่ 15 เนื่องจากความร้อนมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยจากผลการในการเชื่อมค่าความต้านทานชนิดจุด

เวลาที่ปล่อยกระแสเชื่อม (ไฮเกิล)	ค่าแรงดึงเฉือน (กิโลนิวตัน)	ขนาดน้กเกิด (มิลลิเมตร)	เปอร์เซ็นต์การ หลอมละลายลึก
1	3.64	2.79	10.13
2	4.84	3.43	17.57
3	5.33	4.07	35.81
4	5.60	4.17	58.68
5	5.76	4.27	60.46
6	5.92	4.28	61.72
7	6.17	4.29	65.97
8	6.35	4.92	65.66
9	6.37	5.33	67.91
10	6.39	5.54	69.23
11	6.45	5.59	69.84
12	6.54	5.62	72.83
13	6.77	5.61	73.14
14	6.39	6.28	100
15	6.60	6.48	100

จากตารางที่ 1 จะแสดงผลการทดลองจากค่าแรงดึงเฉือน ขนาดน้กเกิดและเปอร์เซ็นต์การหลอมละลาย สำหรับการเชื่อมเหล็กเหนียวขนาด 1 มิลลิเมตรค่าการยอมรับของค่าแรงดึงเฉือนอยู่ที่ 4.9 กิโลนิวตัน และขนาดแรงดึงเฉือนที่ 4.3 มิลลิเมตร [4] จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าค่าการยอมรับแรงดึงเฉือนตั้งแต่ไฮเกิลที่ 3 เป็นต้นไปจะสามารถยอมรับได้ จนถึงไฮเกิลที่ 13 จะมีค่าแรงดึงเฉือนมากที่สุด และลดลงเรื่อยๆ ขนาดของน้กเกิดจะมีค่าการยอมรับได้ที่ตั้งแต่ไฮเกิลที่ 8 เป็นต้นไป

ผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าชิ้นงานเชื่อมที่สามารถยอมรับได้มีค่าตั้งแต่ 8-10 ไฮเกิล ถึงแม้ว่าแรงดึงเฉือนที่ 11-13 ไฮเกิลจะสามารถยอมรับได้แต่จะต้องทำการดูลักษณะประกอบในการเชื่อมอื่นด้วย เช่นลักษณะในการขาด และการเกิดประกายไฟ ซึ่งตั้งแต่ 10 ไฮเกิลขึ้นไปจะมีการขาดที่บริเวณเขตอิทธิพลความร้อนและการเชื่อมในการทดลองทุกครั้งจะเกิดประกายไฟจึงไม่สามารถยอมรับได้

สรุป

ผลการทดลองทำให้ทราบว่าเมื่อทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมที่มากจะทำให้ค่าแรงดึงลดลงเนื่องจากว่าบริเวณรอยเชื่อมจะมีเขตอิทธิพลความร้อนที่กว้างทำ ซึ่งบริเวณเขตอิทธิพลความร้อนนี้จะมีค่าความแข็งแรงที่น้อยกว่าบริเวณนอกเขต ดังนั้นจึงส่งผลให้ถ้าการเชื่อมที่เวลานานขึ้นงานจะขาดบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน อีกทั้งเมื่อให้เวลาในการปล่อยกระแสเชื่อมที่นานขึ้นยังส่งผลให้เกิดประกายไฟทำให้บริเวณนอกเขตสูญเสียเนื้อโลหะจึงทำให้ค่าความแข็งแรงลดลงไปด้วย ปรากฏว่า ชิ้นงานที่มีค่าแรงดึงเริ่มต้นตั้งแต่ 5.33 กิโลนิวตัน ถึง 6.39 กิโลนิวตัน ค่ากันเกิดตั้งแต่ 4.92 มิลลิเมตรถึง 5.66 มิลลิเมตร อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน JIS Z 3140 และเวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมที่เหมาะสมอยู่ที่ 8 ไซเคิล ถึง 10 ไซเคิล ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลสำหรับการเลือกใช้เวลาที่ปล่อยกระแสเชื่อมให้เหมาะสมกับชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่ทำการเชื่อมมีความสมบูรณ์มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Chairman, W.L., Ebert, H.W., Gray, J.M., Hickey, J.T., Kotecki, D.J., Miller, D.R., Siewert, T.A., Snyder, J.P. and Warren, J.L., 1998, Carbon and Low-Alloy Steel. American Welding Society, Welding Hand Book, 8th ed. Vol.4, pp19-20
2. Japanese Industrial Standard 1995. Method of Tension Shear Test for Spot Welded Joints. Japanese Standard Association, JIS Z 3136-1978, Japan, pp. 637-639
3. Japanese Industrial Standard 1995. Method of Tension Shear Test for Spot Welded Joints. Japanese Standard Association, JIS Z 3139-1978, Japan, pp. 658-661
4. Japanese Industrial Standard 1995. Method of Inspection for Spot Weld. Japanese Standard Association, JIS Z 3140-1989, Japan, pp. 662-667.