



# ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายอิเล็กโทรดสำหรับการเชื่อมชิ้นงาน ความหนาต่างกันในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

สิทธิพงษ์ แสงอินทร์\*

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: sittipong.a@cit.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 2 เมษายน 2564; วันที่ทบทวนบทความ: 12 พฤษภาคม 2564; วันที่ตอบรับบทความ: 17 พฤษภาคม 2564  
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 16 มิถุนายน 2564

**บทคัดย่อ:** กระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดโดยเฉพาะการเชื่อมโลหะที่มีความหนาต่างกันและการใช้อิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันในการเชื่อมนั้น ส่งผลให้ชิ้นงานทั้งสองด้านเกิดการหลอมละลายไม่สมดุลกัน เนื่องจากโลหะทั้งสองด้านเกิดความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โลหะด้านที่มีความหนาน้อยกว่าจะถูกหลอมละลายมากกว่าทำให้ชิ้นงานหลอมละลายไม่สมบูรณ์ บางครั้งอาจเกิดการหลอมทะลุของชิ้นงานด้านที่มีความหนาน้อยกว่า ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายอิเล็กโทรดสำหรับการเชื่อมชิ้นงานที่ความหนาต่างกันในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดโดยได้ทำการทดลองเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน ASTM A36 ความหนา 1 มิลลิเมตร กับความหนา 2 มิลลิเมตร เลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และ 6.5 มิลลิเมตร กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 5000 5500 และ 6000 แอมแปร์ ช่วงเวลาการทำงาน 45 ไซเคิล แรงกด 1600 นิวตัน ทำการเชื่อมโดยเริ่มจากการเลือกใช้เส้นผ่านศูนย์กลางปลายอิเล็กโทรดขนาดเดียว จากนั้นจึงเปลี่ยนขนาดปลายอิเล็กโทรดให้มีขนาดที่ต่างกัน จากผลการศึกษสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า การเลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร สัมผัสกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร และใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 มิลลิเมตร สัมผัสกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร จะให้รอยเชื่อมที่สมบูรณ์ เนื่องจากความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าและความร้อนสมดุลกัน ส่งผลให้ชิ้นงานมีความต้านทานแรงดึงสูงสุด

**คำสำคัญ:** เส้นผ่านศูนย์กลางปลายอิเล็กโทรด; การเชื่อมความต้านทานแบบจุด; การสมดุลความร้อน

# Electrode Tip Diameters for Different Thickness Workpieces in Resistance Spot Welding

Sittipong Sang-in \*

Department of Welding Engineering Technology, College of Industrial Technology,  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

\* Corresponding author, E-mail: [sittipong.a@cit.kmutnb.ac.th](mailto:sittipong.a@cit.kmutnb.ac.th)

Received: 2 April 2021; Revised 12 May 2021; Accepted: 17 May 2021

Online Published: 16 June 2021

**Abstract:** In resistance spot welding, especially the welding of metals with different thicknesses but with the electrode with the same diameter, it resulted in both sides of the workpiece had unbalanced melting. It was due to the metals in both sides had the resistance to the electric flow differently the metal on the side with less thickness was melted more, making the incomplete melting. Sometimes there was the penetrating melting through the thinner workpiece side. Accordingly, there was the study of the electrode tip diameters for workpieces with different thicknesses in resistance spot welding. There was a trial of welding carbon steel ASTM A36 with the thickness of 1 mm and 2 mm, the electrode tip diameters of 6.5 and 8 mm were chosen, the welding current 5000, 5500 and 6000 Amp, the working period 45 cycles and the pressing force 1,600 N. The welding began with first using the same-diameter electrode tip, then with different-diameter tips. From the study result, it could be concluded that the use of the electrode tip with the diameter 8 mm in contact with the workpiece side 1 mm and the diameter 6.5 mm with 2-mm thickness gave the perfect welds. It was because the resistance of electric flow and the heat was balanced, making it had maximum tensile strength.

**Keywords:** Electrode Tip Diameters; Resistance Spot Welding; Heat Balance



## 1. บทนำ

การเชื่อมความต้านทานแบบจุดเป็นกระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอื่นอีกมากมาย เนื่องจากข้อดีของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดนั้น สามารถทำการเชื่อมได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อความร้อนน้อย กระบวนการเชื่อมชนิดนี้อาศัยหลักความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าในการให้ความร้อน จากนั้นกดอิเล็กโทรดค้ำไว้เพื่อให้บริเวณชิ้นงานหลอมละลายติดกัน

สำหรับขั้นตอนการเชื่อมความต้านทาน ชิ้นงานจะถูกวางให้ซ้อนกันอยู่ระหว่างแท่งอิเล็กโทรดทั้งสองของเครื่องเชื่อม โดยอิเล็กโทรดจะกดชิ้นงานเอาไว้เมื่อปล่อยกระแสไหลผ่าน จะเกิดความต้านทานบริเวณผิวสัมผัสของชิ้นงานทั้งสอง ความร้อนหลอมละลายผิวงาน แรงกดทำให้ชิ้นงานหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าจะถูกตัด และอิเล็กโทรดจะกดอัดต่อเนื่องอีกสักครู่ เพื่อให้รอยเชื่อมเย็นตัว แล้วอิเล็กโทรดก็จะปล่อยชิ้นงาน ซึ่งผลจากการเชื่อมจะได้รอยเชื่อมเป็นจุด มีขนาดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของอิเล็กโทรด [1]

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเชื่อมความต้านทานแบบจุด โดยเฉพาะการเชื่อมโลหะที่มีความหนาต่างกัน ใช้อิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันในการเชื่อมนั้นได้ส่งผลต่อขนาดรอยเชื่อม โดยโลหะด้านที่มีความหนาน้อยกว่าถูกหลอมละลายมากกว่าทำให้ชิ้นงานหลอมละลายไม่สมบูรณ์ในด้านที่มีความหนามากกว่า บางครั้งอาจเกิดการหลอมทะลุของชิ้นงานด้านที่มีความหนาน้อยกว่า หรืออาจส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องของรอยเชื่อม ทำให้มีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการ

นำไปใช้งาน นอกจากนี้ในงานวิจัยที่ผ่านมาของ Girish Kelkar (2007) [2] ได้พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการสมมูลความร้อนและความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมได้แก่ การเลือกวัสดุที่จะนำมาทำเป็นอิเล็กโทรด ขนาดของอิเล็กโทรด และรูปร่างของปลายอิเล็กโทรด

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น บทความวิจัยนี้จึงขอเสนอการศึกษาวิจัยเพื่อเลือกอิเล็กโทรดที่ใช้ในการเชื่อมความต้านทานแบบจุด โดยออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหัวอิเล็กโทรดที่ต่างจากกัน สำหรับการเชื่อมโลหะความหนาต่างกัน การวิจัยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับขนาดของอิเล็กโทรด และการทดสอบคุณภาพทางกลของรอยเชื่อม เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

## 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบ

อิเล็กโทรดทองแดงจัดเตรียมรูปร่างตามมาตรฐาน AWS C1.1M/C1.1 [3] ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร วัสดุงานเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน ASTM A36 มีส่วนผสมทางเคมีตามมาตรฐานอ้างอิงดังตารางที่ 1 และสมบัติทางกลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมี [4]

Chemical Composition (% weight, max)				
C	Si	Mn	P	S
0.26	0.40	-	0.04	0.05

ตารางที่ 2 สมบัติทางกล [4]

Mechanical Properties		
Tensile Strength (MPa)	Yield Point (MPa, min)	Elongation, (% min)
450 – 550	250	20



ในการวิจัยได้ออกแบบอิเล็กโทรดชนิดปลายหน้าตัดราบเรียบ โดยการจัดทำอิเล็กโทรด 2 ชั้น เพื่อใช้ในการทดสอบหาตัวแปรการเชื่อมความต้านทานที่ส่งผลต่อความต้านทานแรงดึงและขนาดของรอยเชื่อมจุด

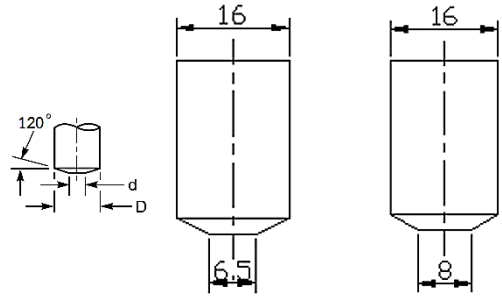
นำทองแดงมาลึงให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 1 กำหนดขนาดของทองแดง ชั้นที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และขนาดที่ปลายอิเล็กโทรด 6.5 มิลลิเมตร มุมรวม 120 องศา ชั้นที่ 2 กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และขนาดที่ปลายอิเล็กโทรด 8.0 มิลลิเมตร มุมรวม 120 องศา ดังรูปที่ 2

การเตรียมชิ้นงาน ตัดเหล็กกล้า ASTM A36 ความหนา 1 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร มีขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร และความยาว 100 มิลลิเมตร รอยต่อชนิดรอยต่อเกย ระยะเกย 25 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASME BPVC Section IX (2019) [5]

กำหนดพารามิเตอร์สำหรับการวิจัย โดยใช้ช่วงกระแสไฟฟ้า 5000 5500 6000 แอมแปร์ และช่วงเวลา 45 ไซเคิล แรงกด 1600 นิวตัน โดยมีรายละเอียดการทดลองในตารางที่ 3

ทำการเชื่อมตามพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดไว้ด้วยเครื่องเชื่อมเครื่องหมายเลขการค้า TECNA รุ่น TE 25 Item 3415 [6] โดยเชื่อมพารามิเตอร์ละ 4 ชั้นเพื่อนำไปทำการทดสอบแรงดึง 3 ชั้น และนำไปเตรียมโครงสร้างมหภาคเพื่อวัดขนาดของรอยเชื่อม 1 ชั้น ทั้งหมดจำนวน 60 ชิ้น 15 พารามิเตอร์

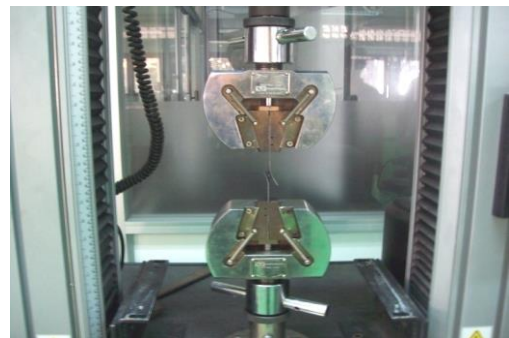
นำชิ้นงานที่ได้หลังการเชื่อม ทำการทดสอบแรงดึง ดังรูปที่ 3 เพื่อหาค่าความต้านทานแรงดึงที่รอยต่อสามารถรับภาระได้ การดึงขึ้นทดสอบด้วยแรงคงที่ จนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน ทำการดึงขึ้นทดสอบ



รูปที่ 1 การออกแบบขนาดปลายอิเล็กโทรด



รูปที่ 2 อิเล็กโทรดที่ได้จากการออกแบบ



รูปที่ 3 การทดสอบแรงดึง

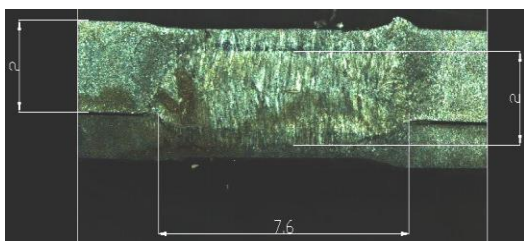
ในแต่ละพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ละ 3 ชั้น รวมทั้งหมด 45 ชิ้นและบันทึกผลค่าของภาระที่แนวเชื่อมรับได้สูงสุด



## ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ความหนาชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ปลายอิเล็กโทรด (มิลลิเมตร)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ช่วงเวลา (ไซเคิล)	แรงกด (นิวตัน)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
1-1	8-8	5000	45	1600	4
		5500	45	1600	4
		6000	45	1600	4
2-2	8-8	5000	45	1600	4
		5500	45	1600	4
		6000	45	1600	4
2-1	8-8	5000	45	1600	4
		5500	45	1600	4
		6000	45	1600	4
2-1	8-6.5	5000	45	1600	4
		5500	45	1600	4
		6000	45	1600	4
2-1	6.5-8	5000	45	1600	4
		5500	45	1600	4
		6000	45	1600	4

จากนั้น ทำการวัดขนาดของรอยเชื่อมจากชิ้นงาน จากภาพถ่ายโครงสร้างมหภาค โดยใช้โปรแกรม Auto CAD และนำค่าที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับขนาดของรอยเชื่อมตามผลของพารามิเตอร์ที่ทำการเชื่อมทดสอบดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวัดขนาดรอยเชื่อม

## 3. ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

## 3.1 อธิบายของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรอยเชื่อม

ในการทดลองเบื้องต้นผู้วิจัยได้กำหนดค่ากระแสไฟฟ้าที่ 5000 5500 6000 แอมแปร์ พบว่าขณะทำการเชื่อมที่กระแส 6000 แอมแปร์ เกิดการกระเด็นของน้ำโลหะอย่างรุนแรง แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งการกระเด็นของน้ำโลหะบริเวณรอยเชื่อมจุด จะส่งผลให้น้ำโลหะกระเด็นจากส่วนของผิวโลหะงานที่หลอมละลาย ทำพื้นที่หน้าตัดของรอยเชื่อมให้มีขนาดเล็กกว่ากรณีไม่มีการกระเด็นของน้ำโลหะ สอดคล้องกับ Al-Mukhtar (2016) [7] การเพิ่มความร้อนโดยการปรับเพิ่มกระแส เวลาและความดัน เพิ่มพื้นที่แนวเชื่อมจุด มักมีข้อบกพร่องและการแตกร้าวเกิดขึ้นด้วย



การกระเด็นของน้ำโลหะอาจเกิดได้จากหลายปัจจัย ความสะอาดของผิวชิ้นงาน ความสะอาดของผิวที่ปลายอิเล็กโทรด เกิดช่องว่างระหว่างหน้าสัมผัสกับชิ้นงาน กระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปและแรงกดชิ้นงาน การศึกษาของ Loulou (2001) [8] พบว่าตอนท้ายของกระบวนการ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูง ในกรณีที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้เกิดจากการเลือกใช้กระแสที่สูงเกินไปจึงทำให้เกิดการระเบิดของน้ำโลหะอย่างรุนแรง



รูปที่ 5 ชิ้นงานเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้า 6000 แอมแปร์

### 3.2 ผลการทดสอบแรงดึง

#### ตารางที่ 4 ผลการทดสอบแรงดึง

กระแสไฟฟ้า 5000 แอมแปร์	ขนาดของแรงที่รับได้สูงสุด (นิวตัน)				ตำแหน่งรอยขาด
	ขนาดของชิ้นงาน	1	2	3	
1 กับปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	7240.25	7178.52	7682.63	7367.14	แนวเชื่อม
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	8278.47	8009.39	7997.01	8094.96	1 มิลลิเมตร
2 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	14973.92	12272.15	8730.61	11992.23	แนวเชื่อม
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 6.5 และ 8 มิลลิเมตร	7846.67	7486.31	7821	7717.99	1 มิลลิเมตร
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 และ 6.5 มิลลิเมตร	7604.26	7680.01	7980.76	7755.01	1 มิลลิเมตร

#### ตารางที่ 5 ผลการทดสอบแรงดึง

กระแสไฟฟ้า 5500 แอมแปร์	ขนาดของแรงที่รับได้สูงสุด (นิวตัน)				ตำแหน่งรอยขาด
	ขนาดของชิ้นงาน	1	2	3	
1 กับปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	7547.39	7492	7630.33	7556.57	แนวเชื่อม
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	8056.01	8174.1	8554.35	8261.49	แนวเชื่อม
2 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	12475.41	12613.86	7932.34	11007.21	แนวเชื่อม
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 6.5 และ 8 มิลลิเมตร	8221.12	8296.78	8176.84	8231.58	แนวเชื่อม
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 และ 6.5 มิลลิเมตร	8486.06	8110.89	8380.04	8325.66	1 มิลลิเมตร



## ตารางที่ 6 ผลการทดสอบแรงดึง

ขนาดของชิ้นงาน	กระแสไฟฟ้า 6000 แอมแปร์				ตำแหน่งรอยขาด
	ขนาดของแรงที่รับได้สูงสุด (นิวตัน)				
	1	2	3	เฉลี่ย	
1 กับปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	8046.37	7626.14	7898.46	7856.99	ชิ้นงาน
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	7448.8	7442.62	7915.56	7602.33	แนวเชื่อม 1 มิลลิเมตร
2 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 มิลลิเมตร	16031.32	13400.07	12943.08	14124.83	แนวเชื่อม
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 6.5 และ 8 มิลลิเมตร	8443.67	8434.53	7844.66	8240.95	1 มิลลิเมตร
1 กับ 2 มิลลิเมตร ปลายอิเล็กโทรดขนาด 8 และ 6.5 มิลลิเมตร	7830.35	8220.73	8060.67	8037.25	แนวเชื่อม 1 มิลลิเมตร

## 3.2.1 ผลของความหนากับขนาดอิเล็กโทรด

ผลการวิจัยพบว่า การเชื่อมชิ้นงานความหนา 1 มิลลิเมตร กับ 2 มิลลิเมตร ด้วยปลายอิเล็กโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ด้าน และชิ้นงานความหนา 1 มิลลิเมตรกับ 2 มิลลิเมตร ด้วยปลายอิเล็กโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และ 6.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะมีค่าต้านทานแรงดึงที่สูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุด แล้วจากนั้นค่าต้านทานแรงดึงจะต่ำลง เนื่องจากชิ้นงานได้รับกระแสไฟฟ้าสูงเกินไปจนทำให้เกิดกระเด็นของน้ำโลหะบริเวณรอยเชื่อม โดยที่บริเวณรอยเชื่อมจะสูญเสียเนื้อโลหะไปบางส่วน การศึกษาของ Vural (2006) [9] พบว่าความร้อนที่ไม่สมดุลรูปทรงของแนวเชื่อมจุดไม่สามารถเกิดขึ้นแบบสมมาตรได้ กรณีนี้เป็นสาเหตุทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลง เนื่องจากมีพื้นที่หน้าตัดในการรับแรงลดลง ซึ่งต่างจากชิ้นงานความหนา 1 มิลลิเมตร กับ 2 มิลลิเมตร ที่เชื่อมด้วยปลายอิเล็กโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 มิลลิเมตร และ 8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าต้านทานแรงดึงยังไม่ลดลงเนื่องจากกระแสไฟฟ้าเชื่อมไม่สูงพอที่จะทำให้การกระเด็นของ

น้ำโลหะอันเนื่องมาจากใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ด้านชิ้นงานความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีความต้านทานสูงกว่าชิ้นงานด้านที่หนา 1 มิลลิเมตร

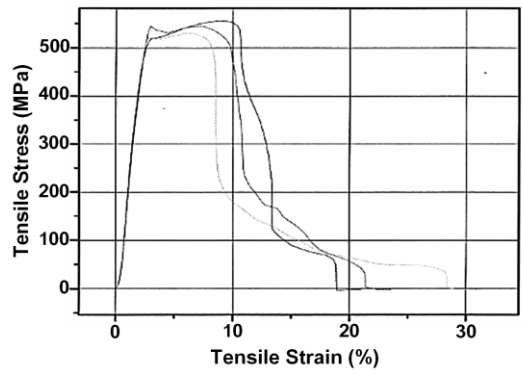
ชิ้นงานความหนา 1 มิลลิเมตรกับ 2 มิลลิเมตร ที่เชื่อมด้วยปลายอิเล็กโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และ 6.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ด้วยกระแสไฟฟ้า 5500 แอมแปร์ มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดที่ 8325.66 นิวตัน และเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการขาดที่พารามิเตอร์ดังกล่าว ชิ้นทดสอบมีการขาดที่เนื้อของวัสดุตั้งรูปที่ 6



รูปที่ 6 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างกราฟผลทดสอบแรงดึงของชิ้นงานหนา 1 มิลลิเมตร กับ 2 มิลลิเมตรที่เชื่อมด้วยอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และ 6.5 มิลลิเมตร แสดงถึงค่าความเค้นและความเครียดของรอยเชื่อม ที่แสดงพฤติกรรมการขาดแบบเหนียวเนื่องจากมีพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเค้นและความเครียดมาก แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการหลอมละลายของโลหะที่ส่งผลมาจากการเลือกใช้ขั้วปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน

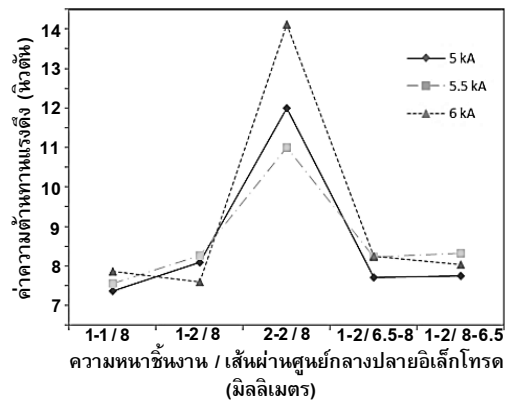


รูปที่ 7 กราฟผลทดสอบแรงดึง

### 3.2.2 ผลกระทบของกระแสไฟฟ้าและขนาดปลายอิเล็กโทรดต่อการหลอมละลาย

การทดลองโดยใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 5000 5500 6000 แอมแปร์ โดยแสดงค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงดังรูปที่ 8 และแบ่งผลที่ได้จากการทดลองออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. เลือกใช้ขั้วปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากัน ชิ้นงานทั้งสองด้านมีอัตราการหลอมละลายที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่ากัน แต่ความหนาของชิ้นงานไม่เท่ากัน ความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นของชิ้นงานทั้งสองด้านจึงไม่เท่ากัน ชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร จะเกิดความต้านทานมากกว่าชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร เกิดความร้อนสูงกว่าและเกิดการหลอมละลายมากกว่าชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร โดย Vural (2013) [10] พบว่าอุณหภูมิสูงสุดระหว่างรอบการเชื่อมอยู่ที่กึ่งกลางของพื้นผิวสัมผัสของชิ้นงานการหลอมจะเกิดขึ้นในส่วนนี้ จากนั้นวัสดุใกล้เคียงกับบริเวณนี้จะหลอมละลาย มีผลต่อขนาดของแนวเชื่อมจุด



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึง

2. เลือกใช้ขั้วปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร สัมผัสกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร และใช้ขั้วปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6.5 มิลลิเมตร สัมผัสกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร ผลจากการทดลองคือชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร เกิดการหลอมละลายน้อยกว่าชิ้นงาน ด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร เนื่องจากปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6.5 มิลลิเมตร เกิดความหนาแน่นสูงกว่าส่งผลให้บริเวณนั้นเกิดความต้านทาน





กระแสไฟฟ้าสูงจึงเกิดความร้อนสูงกว่าชิ้นงานหนา 1 มิลลิเมตร ที่ใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ดังนั้นชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร จึงมีอัตราการหลอมละลายที่ใกล้เคียงกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร

3. เลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร สัมผัสกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตรและใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6.5 มิลลิเมตร สัมผัสกับชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร ผลจากการทดลองคือชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร เกิดการหลอมละลายของชิ้นงานที่สูงกว่าเนื่องจากความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าบริเวณนั้นสูงจึงทำให้เกิดความต้านทานกระแสไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณนั้นสูง ส่วนบริเวณชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร ที่ใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร เนื่องจากความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณนั้นมีน้อยจึงทำให้เกิดความต้านทานและความร้อนที่เกิดขึ้นต่ำ ดังนั้นชิ้นงานด้านที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร จึงมีอัตราการหลอมละลายที่น้อยกว่าชิ้นงานด้านที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร

#### 4. บทสรุป

ผลการทดสอบแรงดึงการเลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กสัมผัสกับชิ้นงานด้านหนาและการเลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่สัมผัสกับชิ้นงานด้านบางและเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม เป็นการสร้างสมดุลความร้อนที่ส่งผลให้บริเวณรอยเชื่อมมีการหลอมละลายของรอยเชื่อมที่สมบูรณ์ ใ้รอยเชื่อมมีความ

แข็งแรง ทนต่อแรงดึงสูง เกิดการระเบิดของน้ำโลหะที่น้อย ผลกระทบทางความร้อนแคบ

ผลการวัดขนาดรอยเชื่อมจากโครงสร้างมหภาค การเลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กสัมผัสกับชิ้นงานด้านหนาและการเลือกใช้ปลายอิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ สัมผัสกับชิ้นงานด้านบาง เป็นวิธีการสร้างสมดุลความร้อนขึ้นระหว่างชิ้นงานทั้งสองเนื่องจากการความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอิเล็กโทรดทำให้เกิดความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่ชิ้นงานในแต่ละด้านแตกต่างกันส่งผลให้เกิดความต้านทานกระแสไฟฟ้าที่ชิ้นงานหนาใกล้เคียงกับความต้านทานกระแสไฟฟ้าที่ชิ้นงานบางและทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานทั้งสองใกล้เคียงกันและเกิดการหลอมละลายใกล้เคียงกันรอยเชื่อมที่ได้จึงอยู่กึ่งกลางระหว่างชิ้นงาน

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Pattapong, Welding processes, KMUTNB Textbook Publishing Center, Bangkok, 2002. (in Thai)
- [2] G. Kelkar, Improving heat balance in resistance welding, WJM Technologies, CA, USA, 2007.
- [3] AWS C1.1M/C1.1, Recommended Practices for Resistance Welding, 2000.
- [4] ASME Section II Part A, Ferrous Material Specifications, 2019.
- [5] ASME BPVC Section IX, Welding and Brazing Qualifications, 2019.



- [6] TECNA, Rocker arm resistance welder: Item 3415, User Manual and Installation, 1997.
- [7] A.M. Al-Mukhtar, Review of resistance spot welding sheets: Processes and failure mode, Advanced Engineering Forum, 2016, 17, 31-57.
- [8] T. Loulou and J.P. Bardon, Estimation of thermal contact conductance during resistance spot welding, Experimental Heat Transfer, 2001, 14(4), 251- 264.
- [9] M. Vural, A. Akkuş and B. Eryürek, Effect of welding nugget diameter on the fatigue strength of the resistance spot welded joints of different steel sheets. Journal of Materials Processing Technology, 2006, 176(1-3), 127-132.
- [10] M. Vural, Finite element analysis of the thermo-mechanical behavior of the resistance spot welding, Usak University Journal of Material Sciences, 2013, 2(1), 31-44.