พระมงกุฎเกล้า ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

2.1 การเชื่อม

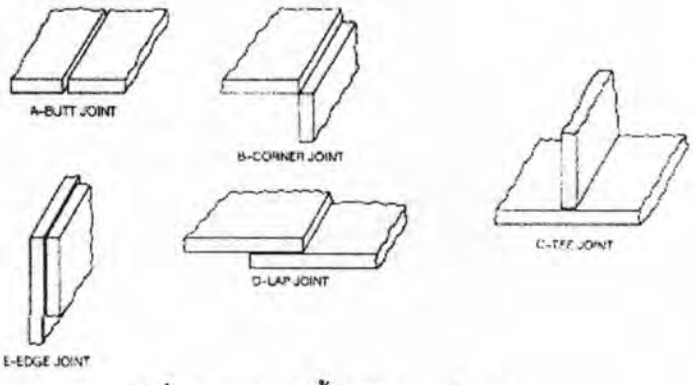
การเชื่อม คือ กระบวนการใช้สำหรับการต่อติด ก่อให้เกิดการรวมกันของวัสดุ โดยการให้ความร้อนแก่วัสดุจนวัสดุมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิการเชื่อม อาจมีการใช้ความดันเข้ามาช่วยหรือไม่ก็ได้ หรืออาจมีการใช้ความดันเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้ความร้อนเลยก็ได้ ในกระบวนการเชื่อมอาจมีการเติมโลหะเติม (filler metal) ลงไปหรือไม่ก็ได้ [1]

2.1.1 พื้นฐานการเชื่อม

กระบวนการเชื่อมเป็นกระบวนการที่ทำให้วัสดุติดกัน วัสดุที่ต้องการทำให้ติดกันถูกเรียกว่าโลหะฐาน (base metal) เป็นวัสดุที่ต้องการให้เชื่อมติดกัน ในกระบวนการเชื่อมถ้ามีการเติมโลหะเติม (filler metal) ลงไป โลหะเติมต้องมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับโลหะฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมเรียกว่าเครื่องเชื่อม (welding machine) อาจเป็นแบบที่ต้องใช้คนเชื่อม (welder) คอยทำการเชื่อม หรืออาจเป็นแบบอัตโนมัติที่ทำงานได้เองโดยมีผู้ปฏิบัติงานเชื่อม (welding operator) คอยควบคุมอีกทีหนึ่ง

ในการเชื่อมนั้นงานที่เชื่อมมีหลายรูปแบบ ลักษณะในการเชื่อมติดของงานแต่ละรูปแบบอาจมีรูปร่างแตกต่างกันไป ส่วนที่ติดกันของงานเชื่อมถูกเรียกว่ารอยต่อ (joint) รอยต่อหมายถึงจุดเชื่อมต่อหรือขอบของชิ้นงานที่ถูกต่อติดกัน รอยต่องานเชื่อมมีรูปแบบพื้นฐาน 5 รูปแบบ ดังนี้

1. รอยต่อแนวราบ (butt joint) หมายถึง รอยต่อของวัสดุสองชิ้นในระนาบเดียวกัน
2. รอยต่อมุม (corner joint) หมายถึง รอยต่อของวัสดุสองชิ้นที่ทำมุมฉากกัน
3. รอยต่อที (T joint) หมายถึง รอยต่อของชิ้นงานที่ทำมุมฉากกันในลักษณะตัวที
4. รอยต่อซ้อน (lap joint) หมายถึง รอยต่อของชิ้นงานที่วางซ้อนเหลื่อมกัน
5. รอยต่อขอบ (edge joint) หมายถึง รอยต่อที่ขอบของชิ้นงานตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไปที่วางซ้อนกัน



รูปที่ 2.1 รอยต่อพื้นฐาน 5 รูปแบบ

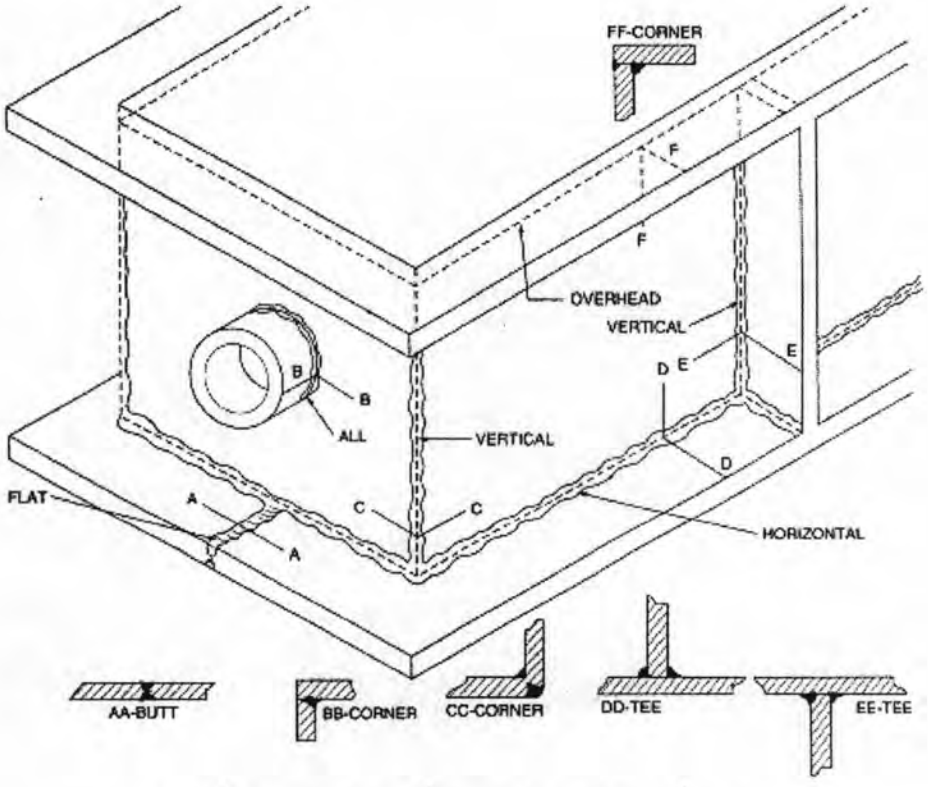
ในการเชื่อม ตำแหน่ง (position) ของชิ้นงานเชื่อมมีผลต่อการเชื่อม กระบวนการเชื่อมบางชนิดสามารถกระทำได้ทุกตำแหน่ง (all-position) แต่บางชนิดอาจทำได้เพียงหนึ่งหรือสองตำแหน่ง สามารถแบ่งตำแหน่งการเชื่อมพื้นฐานออกได้เป็น 4 แบบ (รูปที่ 2.2) ดังนี้

1. ตำแหน่งพื้นราบ (flat) คือ ตำแหน่งระนาบแนวนอนเมื่อทำการเชื่อมจะอยู่ด้านบนของรอยเชื่อม

2. ตำแหน่งแนวนอน (horizontal) คือ ตำแหน่งการเชื่อมในแนวนอน แต่อาจเป็นการเชื่อมมุม (fillet weld) ก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นระนาบ

3. ตำแหน่งเหนือศีรษะ (overhead) คือ ตำแหน่งการเชื่อมที่เมื่อกระทำการเชื่อมแล้วจะอยู่ด้านล่างของรอยเชื่อม

4. ตำแหน่งแนวดิ่ง (vertical) คือ ตำแหน่งการเชื่อมที่รอยเชื่อมอยู่ในแนวดิ่ง



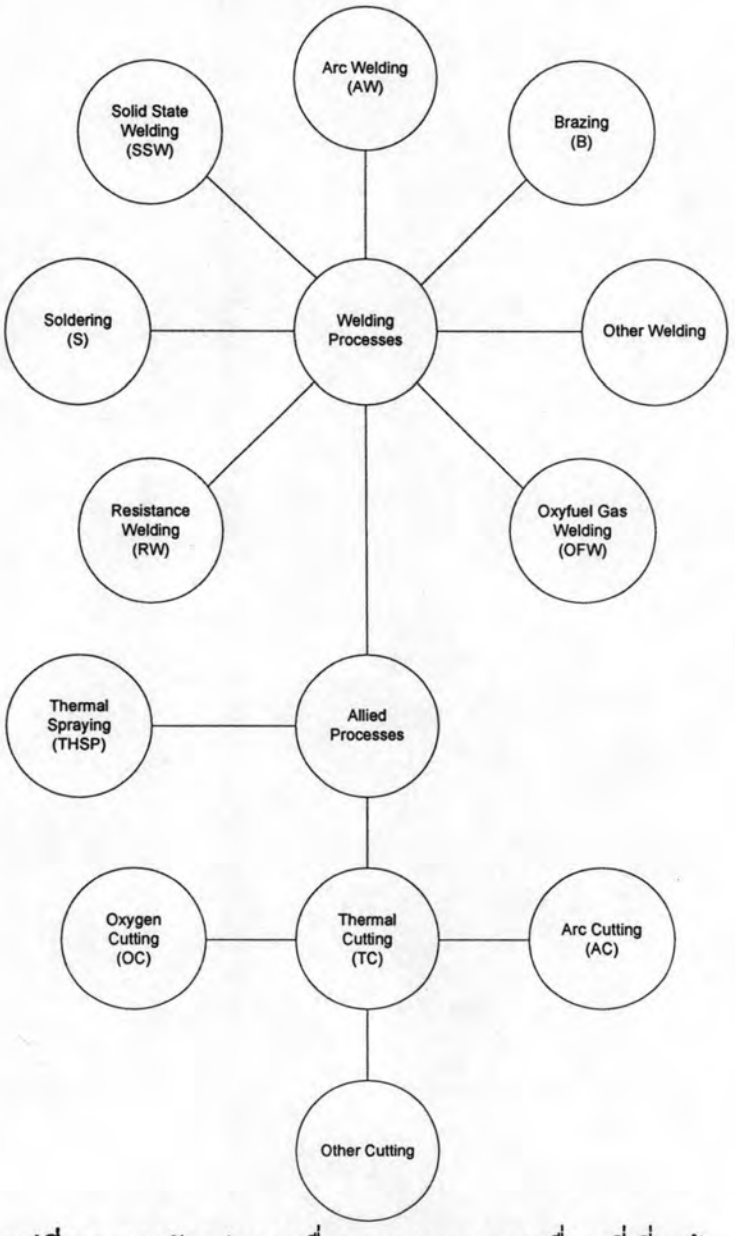
รูปที่ 2.2 รอยต่อการเชื่อมและตำแหน่งการเชื่อม

ในการเชื่อม กระบวนการเชื่อม (process) อาจมีลักษณะแตกต่างกันไปตามลักษณะงานเชื่อม ส่วนวิธี (method) ในการดำเนินการเชื่อมแบบต่างๆ มีหลายวิธีเช่นกัน ทั้งการเชื่อมแบบใช้มือเชื่อม (manual) แบบกึ่งอัตโนมัติ (semiautomatic) และแบบอัตโนมัติ (automatic)

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 กระบวนการเชื่อมและการจัดกลุ่มการเชื่อม

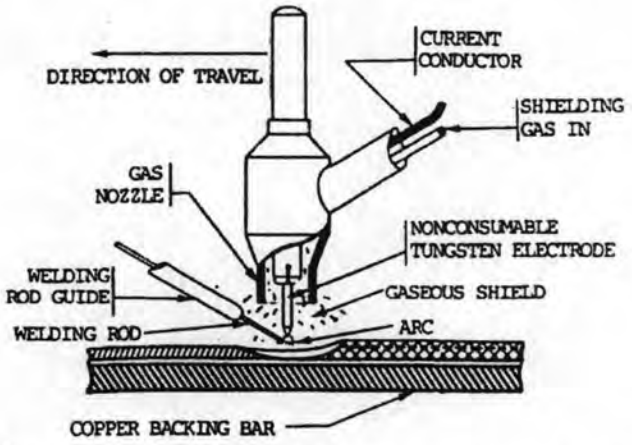
ในการเชื่อมมีกระบวนการเชื่อมหลายกระบวนการ แต่ละกระบวนการมีความเหมาะสมกับลักษณะงานเชื่อมที่แตกต่างกันไป กระบวนการเชื่อม (welding process) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้เกิดการต่อติดกันของชิ้นงาน โดยการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานอย่างเพียงพอ ในกระบวนการเชื่อมอาจมีการใช้ความดันเข้ามาช่วยหรือไม่ก็ได้ และอาจมีการเติมโลหะเติมหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากกระบวนการเชื่อมมีความหลากหลาย จึงมีการจัดกลุ่มแยกประเภทของกระบวนการเชื่อม (รูปที่ 2.3) โดยมีหลักในการจัดกลุ่มอันดับแรกคือ วิธีการส่งผ่านพลังงานไปยังชิ้นงาน และอันดับต่อมาคือ อิทธิพลของปฏิกิริยาแคปิลลารี (capillary action) ในการแพร่กระจายโลหะเติมไปยังรอยเชื่อม สามารถจัดกลุ่มกระบวนการเชื่อมได้ดังนี้



รูปที่ 2.3 การจัดกลุ่มการเชื่อมและกระบวนการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

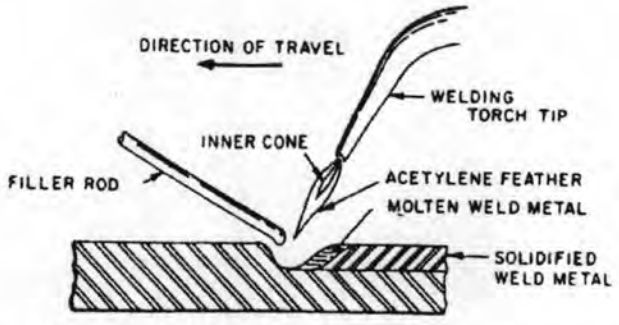
กลุ่มการเชื่อมแต่ละกลุ่มมีลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมอาร์ค (arc welding) หมายถึง กลุ่มของกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดการต่อติดกันของชิ้นงาน โดยให้ความร้อนชิ้นงานผ่านกระแสอาร์ค อาจมีการใช้ความดันหรือไม่ก็ได้ และอาจมีการใช้โลหะเติมหรือไม่ก็ได้ (รูปที่ 2.4) กระบวนการเชื่อมในกลุ่มนี้มีมากมาย อาจแบ่งแยกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ กระบวนการเชื่อมที่ใช้อิเลกโตรดแบบถ่ายโอน (consumable electrode) และกระบวนการเชื่อมที่ใช้อิเลกโตรดแบบไม่ถ่ายโอน (non-consumable electrode)



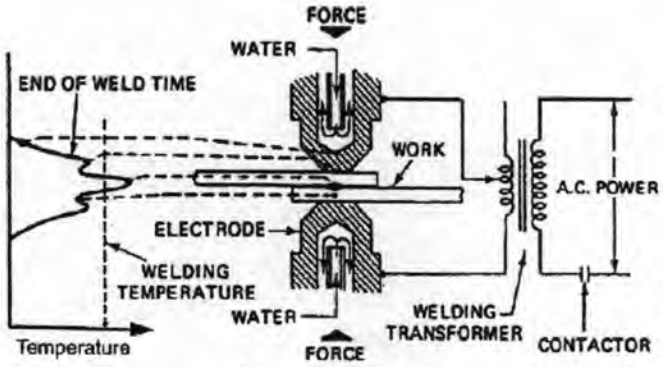
รูปที่ 2.4 กระบวนการเชื่อมอาร์ค (gas tungsten arc welding)

2. การเชื่อมแก๊ส (oxyfuel gas welding) หมายถึง กลุ่มของกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดการต่อติดกันของชิ้นงาน การให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจะใช้เปลวเพลิงที่ได้จากแก๊สเชื้อเพลิง (oxyfuel gas) ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน อาจมีการใช้ความดันหรือไม่ก็ได้ และอาจมีการใช้โลหะเติมหรือไม่ก็ได้ (รูปที่ 2.5) ในกลุ่มนี้มีกระบวนการเชื่อมที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ oxyacetylene welding และ oxyhydrogen welding ที่ใช้ความร้อนจากแก๊สเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยาหรือเผาไหม้กับก๊าซออกซิเจน air acetylene welding ที่ใช้อากาศแทนก๊าซออกซิเจน และ pressure gas welding ที่ใช้ความดันร่วมกับการเผาไหม้ของแก๊สในการเชื่อม มักจะใช้ก๊าซอะเซทีลีนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงในการเชื่อมนี้



รูปที่ 2.5 กระบวนการเชื่อมออกซีอะเซทีลีน (oxyacetylene welding)

3. การเชื่อมความต้านทาน (resistance welding) หมายถึง กลุ่มของกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดการต่อติดกันของพื้นผิวชิ้นงาน โดยใช้ความร้อนจากการไหลของกระแสผ่านความต้านทานของชิ้นงาน (รูปที่ 2.6) โดยที่ชิ้นงานถือเป็นส่วนหนึ่งของวงจรการเชื่อม และมีการใช้ความดันเข้าช่วย



รูปที่ 2.6 กระบวนการเชื่อมความต้านทาน (resistance spot welding)

4. การเชื่อมทองเหลือง (brazing) หมายถึง กลุ่มของกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดการต่อติดกันของวัสดุ โดยการทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิการเชื่อม (brazing temperature) ร่วมกับการใช้โลหะเติมที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า 450°C แต่ไม่เกินอุณหภูมิที่โลหะฐานอยู่ในสถานะของแข็ง โลหะเติมจะกระจายอยู่ระหว่างผิวหน้าที่ติดกันของรอยต่อโดยปฏิกิริยาแคปิลลารี (capillary action) การเชื่อมทองเหลืองเป็นรูปแบบเฉพาะของการเชื่อม ถ้าพิจารณาโลหะฐานในทางทฤษฎีจะพบว่าไม่มีการหลอมละลาย กลุ่มการเชื่อมนี้มีกระบวนการเชื่อมหลายกระบวนการ แต่ละกระบวนการจะมีการสร้างความร้อนที่แตกต่างกันออกไป

5. การบัดกรี (soldering) หมายถึง กลุ่มกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดการต่อติดกันของวัสดุ โดยการให้ความร้อนแก่วัสดุถึงอุณหภูมิการเชื่อม (soldering temperature) ร่วมกับการใช้โลหะเติมที่มีจุดหลอมเหลวไม่เกิน 450°C และไม่เกินอุณหภูมิที่โลหะฐานอยู่ในสถานะของแข็ง โลหะเติมจะกระจายระหว่างพื้นที่ผิวที่ต่อติดเข้าหากันของรอยต่อโดยปฏิกิริยาแคปิลลารี ในกลุ่มนี้มีกระบวนการเชื่อมที่แตกต่างกันมากมาย โดยถูกจำแนกตามวิธีที่ความร้อนถูกใส่เข้าไป

6. การเชื่อมของแข็ง (solid-state welding) หมายถึง กลุ่มของกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดการต่อติดกันของวัสดุ โดยการใช้ความดันในอุณหภูมิการเชื่อมที่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะฐานและโลหะเติม ในกลุ่มนี้มีกระบวนการเชื่อมที่แตกต่างกันมากมาย กระบวนการเชื่อมหนึ่งที่มีความเก่าแก่คือ การเชื่อมตีโลหะ (forge welding)

7. กระบวนการเชื่อมอื่นๆ (other welding process) กระบวนการเชื่อมในกลุ่มนี้เป็นกระบวนการเชื่อมที่แตกต่างกันออกไป และไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มอื่นได้ ได้แก่ การเชื่อมด้วย

ลำแสงเลเซอร์ (laser beam welding) กระบวนการเชื่อมด้วยลำอิเล็กตรอน (electron beam welding) กระบวนการเชื่อมกระทบ (percussion welding) และกระบวนการเชื่อมอื่นๆ

กระบวนการเชื่อมในกลุ่มการเชื่อมต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กระบวนการเชื่อมในกลุ่มต่างๆ(อักษรทางด้านขวามือเป็นอักษรย่อของกระบวนการ)

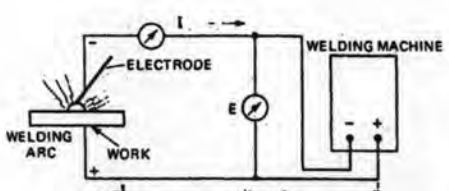
Group	Welding Process	Letter Designation
ARC welding	Carbon arc	CAW
	Electro arc	EGW
	Flux-cored arc	FCAW
	Gas metal arc	GMAW
	Gas tungsten arc	GTAW
	Plasma arc	PAW
	Shield metal arc	SMAW
	Stud arc	SW
	Submerge arc	SAW
Brazing	Diffusion brazing	DFB
	Dip brazing	DB
	Furnace brazing	FB
	Induction brazing	IB
	Infrared brazing	IRB
	Resistance brazing	RB
	Torch brazing	TB
Oxyfuel gas welding	Oxyacetylene welding	OAW
	Oxyhydrogen welding	OHW
	Air acetylene	
	Pressure gas welding	PGW
Resistance welding	Flash welding	FW
	Projection welding	RPW
	Resistance seam welding	RSEW
	Resistance spot welding	RSW
	Upset welding	UW
Solid-state welding	Cold welding	CW
	Diffusion welding	DFW
	Explosion welding	EXW
	Forge welding	FOW
	Friction welding	FRW
	Hot pressure welding	HPW
	Roll welding	ROW
	Ultrasonic welding	USW
Soldering	Dip soldering	DS
	Furnace soldering	FS
	Induction soldering	IS
	Infrared soldering	IRS
	Iron soldering	INS
	Resistance soldering	RS
	Torch soldering	TS
	Wave soldering	WS
Other welding processes	Electron beam	EBW
	Electroslag	ESW
	Flow	FLOW
	Induction	IW
	Laser beam	LBW
	Percussion	PEW
	Thermite	TW

2.2 การเชื่อมสตัด

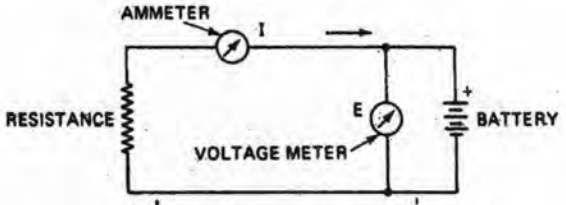
การเชื่อมสตัดเป็นการเชื่อมโดยใช้กระแสไฟฟ้าชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มการเชื่อมอาร์ค การเชื่อมชนิดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อยึดสลักเกลียวหรือหมุดกับแผ่นโลหะ

2.2.1 หลักการเชื่อมอาร์ค

การเชื่อมอาร์คเป็นการเชื่อมโดยใช้กระแสไฟฟ้า ในการเชื่อมอาร์คกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านอิเล็กโตรด (electrode) ไปยังแผ่นโลหะฐานหรือชิ้นงานที่ต้องการต่อติด อิเล็กโตรด ระยะอาร์ค และแผ่นโลหะฐานเป็นส่วนหนึ่งของวงจรการเชื่อม [1,2]

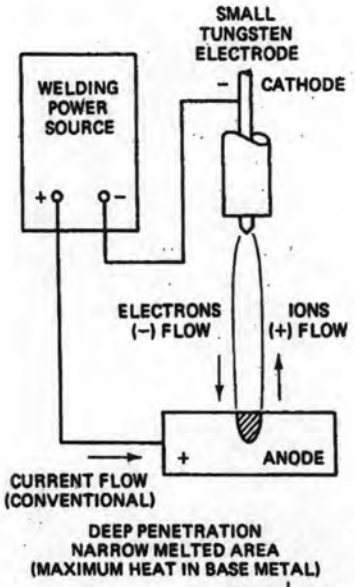


รูปที่ 2.7 วงจรไฟฟ้าการเชื่อมอาร์ค



รูปที่ 2.8 วงจรสมมูลการเชื่อมอาร์ค

ในการเชื่อมแบบนี้มักจะใช้การต่อไฟขั้วลบไว้ที่อิเล็กโตรด และต่อไฟขั้วบวกไว้ที่แผ่นโลหะฐานหรือชิ้นงาน เรียกว่าการต่อขั้วตรง (straight polarity) กระแสอาร์คเกิดจากการที่อิเล็กตรอนถูกปล่อยจากอิเล็กโตรดขั้วลบผ่านพลาสมาในอากาศไปสู่ขั้วบวก จากรูปที่ 2.7 กลไกการสร้างอาร์คเกิดจากการที่มีความต่างศักย์ระหว่างสองขั้ว เป็นผลให้อิเล็กตรอนถูกปล่อยจากขั้วลบไปชนกับโมเลกุลก๊าซเกิดเป็นอิออน อิออนบวกของก๊าซจะวิ่งเข้าไปชนอิเล็กโตรดที่ขั้วลบเป็นผลให้อิเล็กโตรดเกิดความร้อนขึ้นจากผลของพลังงานจลน์ในการชน และเป็นผลให้อิเล็กตรอนถูกปล่อยจากขั้วลบหรือขั้วคาโทดไปยังขั้วบวกหรือขั้วอาโนดโดยปรากฏการณ์ Thermionic Emission การชนกันระหว่างอิเล็กตรอนและโลหะฐานที่เป็นขั้วบวกจะทำให้เกิดความร้อนและทำให้เกิดการหลอมเหลวของโลหะฐานในที่สุด กลไกนี้เกิดการถ่ายเทอิออนจากขั้วบวกไปยังขั้วลบเช่นกันแต่มีปริมาณน้อย ความร้อนที่เกิดขึ้นประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการไหลของอิเล็กตรอน ส่วนรูปที่ 2.8 แสดงวงจรสมมูลการเชื่อมอาร์ค ในกรณีที่อิเล็กโตรดมีการหลอมละลายมารวมกับโลหะฐานอาจมีการต่อไฟขั้วบวกไว้ที่อิเล็กโตรดและต่อไฟขั้วลบไว้ที่แผ่นโลหะฐานแทน เรียกว่าการต่อขั้วกลับ (reverse polarity) บางครั้งอาจเรียกการต่อขั้วตรง (รูปที่ 2.9) ว่าการต่ออิเล็กโตรดไฟตรงแบบลบ (DC Electrode Negative, DCEN) และเรียกการต่อขั้วกลับว่าการต่อขั้วไฟตรงแบบบวก (DC Electrode Positive, DCEP)



รูปที่ 2.9 การเกิดกระแสอาร์คเมื่อใช้การต่อขั้วแบบตรง

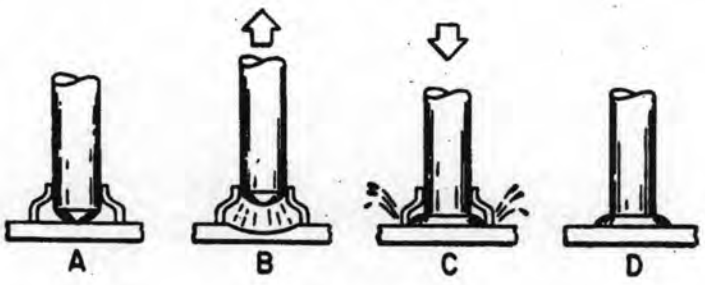
ในการเชื่อมอาร์คอาจมีการพ่นก๊าซ (gas shielding) ไปยังชิ้นงานเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ระหว่างโลหะเหลวกับก๊าซออกซิเจนในอากาศ ก๊าซที่นิยมใช้ได้แก่ฮีเลียม (He) และอาร์กอน (Ar)

2.2.2 **การเชื่อมสตัด**

การเชื่อมสตัดเป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้ความร้อนโดยใช้การอาร์คระหว่างสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐาน ในกระบวนการเชื่อมสลักเกลียวจะถูกใช้เป็นอิเล็กโตรดสำหรับการสร้างกระแสอาร์ค จุดประสงค์ของการเชื่อมนี้คือต้องการยึดสลักเกลียวหรือหมุดติดกับแผ่นโลหะฐาน

2.2.2.1 **หลักการเชื่อมสตัด**

การเชื่อมสตัดเป็นการเชื่อมสลักเกลียวที่เตรียมไว้ติดกับแผ่นโลหะฐาน โดยมีหลักสำคัญ 2 ประการ อันดับแรกต้องมีการสัมผัสและดึงออกจากกันระหว่างสลักเกลียวและโลหะฐานขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เกิดกระแสอาร์ค จากนั้นสลักเกลียวและหน้าสัมผัสโลหะฐานจะถูกความร้อนละลายจนหลอมเหลว อันดับต่อมาเมื่อสลักเกลียวและโลหะฐานหลอมเหลวจนได้ที่แล้ว ตัวสลักเกลียวจะถูกขับดันไปสัมผัสกับแผ่นโลหะฐาน เมื่อสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานแข็งตัวจะเกิดการติดกันระหว่างสลักเกลียวและโลหะฐาน กระบวนการเชื่อมสตัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

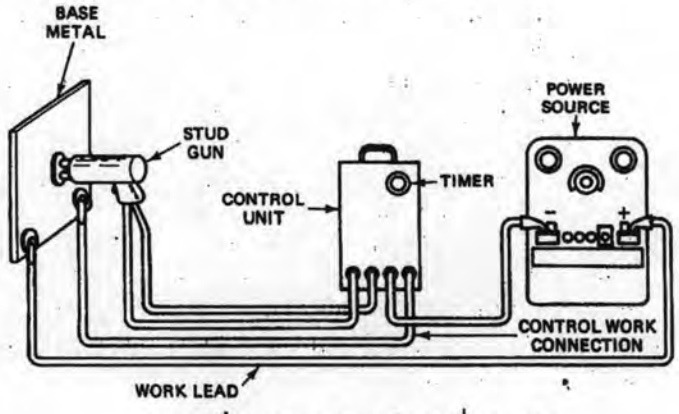


รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการเชื่อมสตัด

รูปที่ 2.10 ขั้นตอนแรก (รูป ก) สลักเกลียวจะสัมผัสกับแผ่นโลหะฐาน เมื่อผู้เชื่อมกดสวิตช์เริ่มการเชื่อมบนปืนเชื่อม กระแสจะเริ่มไหลจากแหล่งจ่ายไฟผ่านสลักเกลียวไปยังโลหะฐาน จากนั้นขดลวดโซลินอยด์จะถูกจ่ายกระแสให้ทำงาน สลักเกลียวจะถูกยกขึ้นและเกิดกระแสอาร์ค เป็นขั้นตอนที่สอง (รูป ข) กระแสอาร์คจะถูกควบคุมให้เกิดขึ้นชั่วระยะเวลาหนึ่ง ขั้นตอนต่อมา (รูป ค) เมื่อสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานหลอมเหลวได้ที่แล้ว ขดลวดโซลินอยด์จะหยุดการทำงาน สลักเกลียวจะถูกขับดันไปยังแผ่นโลหะฐาน และขั้นตอนสุดท้าย (รูป ง) ชิ้นงานจะถูกรอจนแข็งตัว จากนั้นปืนเชื่อมสตัดจะถูกดึงออกจากสลักเกลียว

2.2.2.2 **อุปกรณ์การเชื่อมสตัด**

รูปที่ 2.11 แสดงอุปกรณ์การเชื่อมสตัดประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ ปืนเชื่อมสตัดและหน่วยควบคุม ในการเชื่อมแบบนี้จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและต่อขั้วแบบตรง (straight polarity) โดยต่อไฟขั้วลบไว้ที่ปืนเชื่อมสตัด และต่อไฟขั้วบวกไว้ที่แผ่นโลหะฐาน



รูปที่ 2.11 อุปกรณ์การเชื่อมสตัด

ปืนเชื่อมจะทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของสลักเกลียวขณะเชื่อม ที่ตัวปืนเชื่อมจะมีสวิตช์ทริกเกอร์สำหรับเริ่มต้นการเชื่อม ภายในปืนเชื่อมประกอบด้วยขดลวดโซลินอยด์สำหรับยกสลักเกลียวขึ้น และสปริงสำหรับขับดันสลักเกลียวไปยังแผ่นโลหะฐาน ขณะเชื่อมกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าภายในปืนเชื่อมไปยังสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐาน

แหล่งจ่ายไฟจะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟการเชื่อม หน่วยควบคุมจะทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้า และควบคุมการทำงานของปืนเชื่อมสตัดให้สอดคล้องกับกระบวนการเชื่อม

2.2.2.3 ประเภทของกระบวนการเชื่อมสตัด

กระบวนการเชื่อมสตัดสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 กระบวนการ [3] ได้แก่

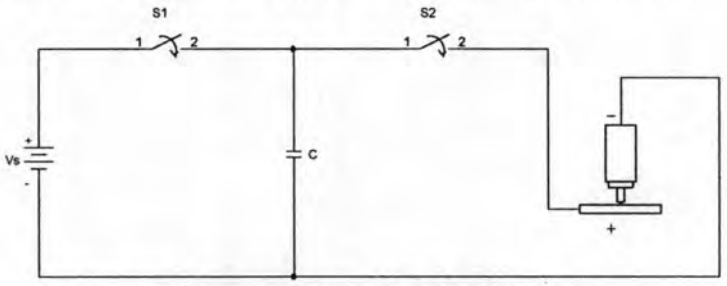
1) กระบวนการเชื่อมสตัดแบบใช้การดึงอาร์ค (drawn-arc stud welding)

2) กระบวนการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ (capacitor discharge stud welding)

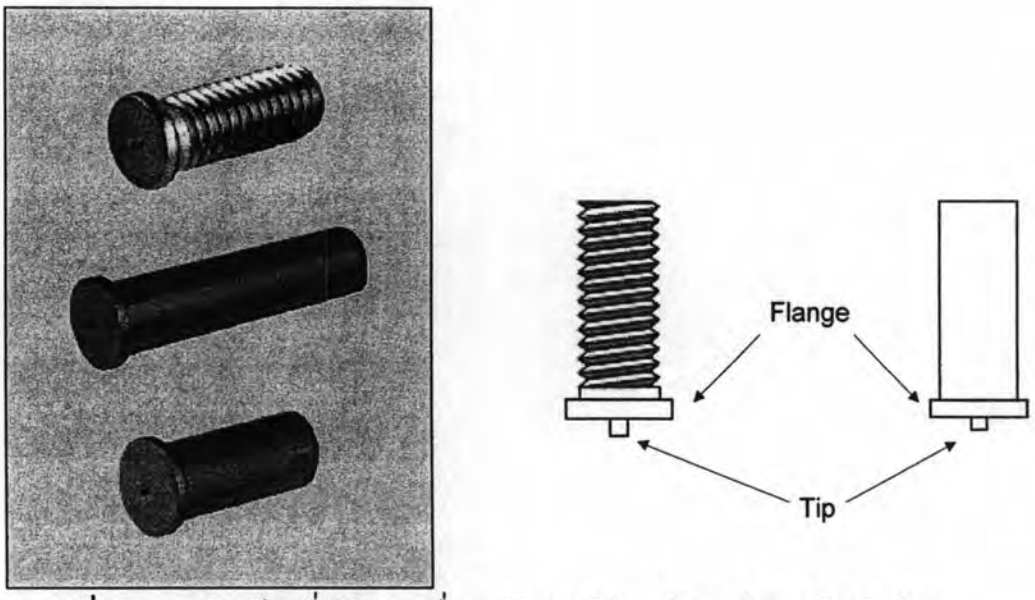
ข้อดีของกระบวนการเชื่อมสตัดคือ การเชื่อมแบบนี้จะช่วยให้เกิดความประหยัดและช่วยให้เกิดความสะดวกอย่างมาก เมื่อเทียบกับการติดสลักเกลียวบนแผ่นโลหะโดยการเจาะรู-ทำเกลียว หรือการเชื่อมขอบสลักเกลียวตามวิธีปกติ

2.3 การเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

การเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ เป็นกระบวนการเชื่อมโดยอาศัยการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ภายในตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุไฟฟ้าสูง (รูปที่ 2.12) จากนั้นทำการต่อโหลดการเชื่อมกับแหล่งจ่ายไฟตัวเก็บประจุ เพื่อให้เกิดการดิสชาร์จพลังงานไฟฟ้าจากตัวเก็บประจุไปสู่โหลด กระแสไฟฟ้าที่ได้จากกระบวนการเชื่อมจะมีลักษณะเป็นพัลส์ที่มีค่ายอดของกระแสสูง



รูปที่ 2.12 วงจรการดิสชาร์จตัวเก็บประจุ

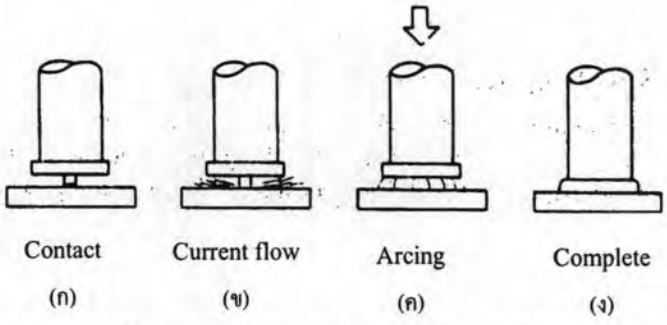


รูปที่ 2.13 สลักเกลียวที่ใช้ในการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

ในการเชื่อมแบบนี้ แหล่งจ่ายไฟแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุจะถูกนำไปต่อกับโหลดการเชื่อม ได้แก่ สลักเกลียวและแผ่นโลหะฐาน ปลายสลักเกลียวสำหรับกระบวนการเชื่อมจะมีหัวต่อ (tip) ขนาดเล็ก ดังรูปที่ 2.13 หัวต่อนี้จะช่วยให้เกิดกระแสอาร์ค เมื่อเริ่มการเชื่อมหัวต่อจะได้รับกระแสสูงและละลาย ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นและเกิดเป็นการอาร์ค กระบวนการเชื่อมแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการย่อยตามลักษณะการเชื่อม ดังนี้

2.3.1 **แบบเริ่มต้นสัมผัส** (initial contact)

ในกระบวนการเชื่อมนี้ สลักเกลียวจะถูกนำมาวางติดกับแผ่นโลหะฐานในตอนเริ่มต้นกระบวนการ สลักเกลียวจะถูกกดให้ติดกับแผ่นโลหะฐาน จากนั้นจะต่อวงจรแหล่งจ่ายไฟเพื่อเริ่มกระบวนการเชื่อม

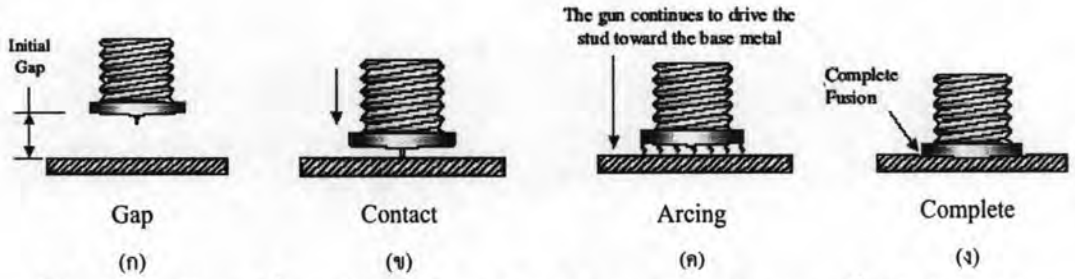


รูปที่ 2.14 ลำดับการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุแบบเริ่มต้นสัมผัส แท่งกลมขนาดเล็กที่ปลายสลักเกลียวคือหัวต่อ (tip) ที่ช่วยให้เกิดการอาร์ค

จากรูปที่ 2.14 (ก) สลักเกลียวจะถูกนำไปวางกดลงบนแผ่นโลหะฐาน หัวต่อที่ปลายสลักเกลียวจะอยู่ติดกับแผ่นโลหะฐาน จากนั้นเมื่อเริ่มต่อสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสลักเกลียว หัวต่อ และแผ่นโลหะฐาน ดังรูปที่ 2.14 (ข) ในขั้นนี้หัวต่อที่ได้รับพัลส์กระแสสูงจะละลายเป็นผลให้เกิดกระแสอาร์คขึ้น การหลอมละลายของสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานจะขึ้นกับกระแสและระยะเวลาในการอาร์ค สลักเกลียวจะถูกดันเข้าไปติดกับแผ่นโลหะฐาน ดังรูปที่ 2.14 (ค) จากนั้นชิ้นงานจะแข็งตัวและติดกัน กระบวนการเชื่อมแบบนี้ใช้เวลาในการเชื่อมน้อยกว่า 10 มิลลิวินาที และเกิดกระแสในการเชื่อมหลายพันแอมแปร์

2.3.2 แบบเริ่มต้นเว้นช่องว่าง (initial gap)

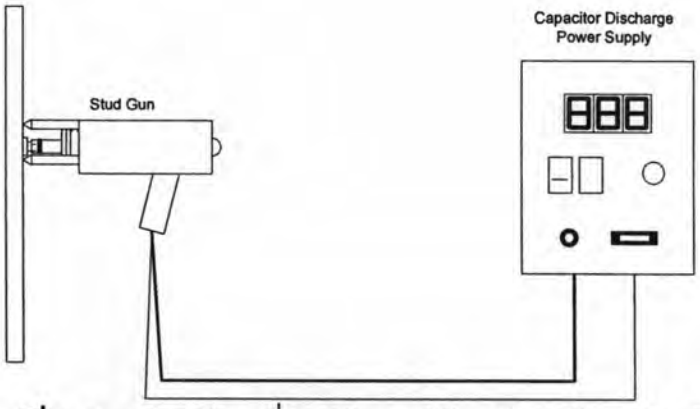
ในกระบวนการเชื่อมแบบนี้เมื่อเริ่มการเชื่อมสลักเกลียวจะไม่ติดอยู่กับแผ่นโลหะฐาน แต่จะเว้นช่องว่างไว้เล็กน้อย จากนั้นเมื่อเริ่มกระบวนการเชื่อมสวิตซ์ขาออกของแหล่งจ่ายไฟ (S_2) จะถูกต่อวงจรก่อน จากนั้นจะทำการขับดันสลักเกลียวไปติดกับแผ่นโลหะฐานและทำให้เกิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังโหลดการเชื่อมในที่สุด (รูปที่ 2.15) กระบวนการเชื่อมแบบนี้มีข้อดีคือสามารถกำหนดเวลาในการเชื่อมให้น้อยมากๆ ได้ (น้อยกว่า 3 มิลลิวินาที) ทำให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับวัสดุอลูมิเนียมและแผ่นโลหะฐานที่มีความบางที่ไม่ต้องการให้เกิดรอยเสียหายที่ด้านหลังภายหลังการเชื่อม



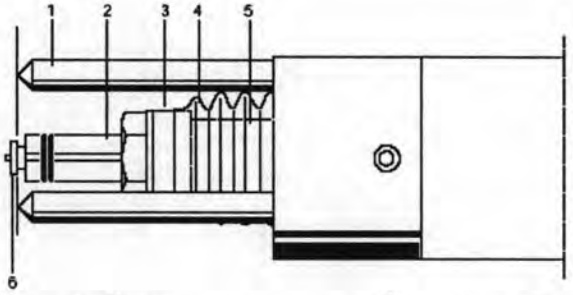
รูปที่ 2.15 ลำดับการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุแบบเริ่มต้นเว้นช่องว่าง

2.3.3 อุปกรณ์การเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

ในการเชื่อมแบบนี้จะใช้ปืนเชื่อมสตัดยิงสลักเกลียวไปติดแผ่นโลหะฐาน ปลายปืนมีตัวจับสลักเกลียว (stud holder) คอยจับสลักเกลียว และมีสปริงขับดันสลักเกลียวไปยังแผ่นโลหะฐาน (รูปที่ 2.16)



รูปที่ 2.16 อุปกรณ์การเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

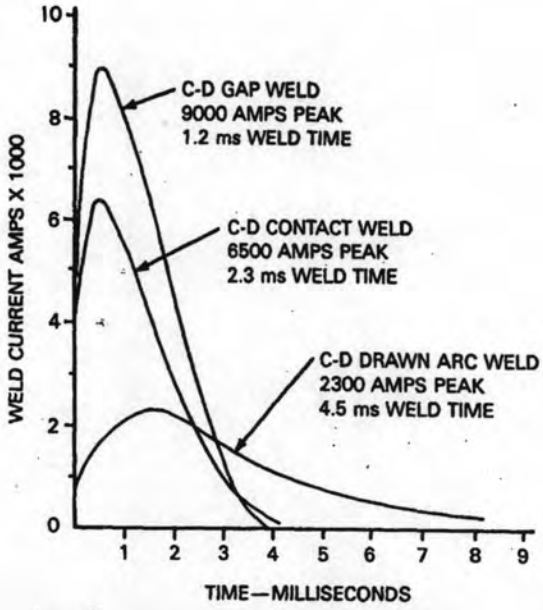


รูปที่ 2.17 ปืนเชื่อมสตัดที่ใช้ในกระบวนการการเชื่อมแบบการดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ : หมายเลข 1 คือขาปืน (pistol foot) หมายเลข 2 คือที่จับหมุดนอต (stud holder) หมายเลข 3 คือ นอตยึด (Union nut) หมายเลข 4 คือที่ครอบสปริง (bellows) หมายเลข 5 คือสปริง (spring shaft) หมายเลข 6 คือครีบหมุดนอต (stud flange)

เมื่อเริ่มต้นการเชื่อมปืนเชื่อมจะวางอยู่บนแผ่นโลหะฐานโดยมีขาปืนเชื่อม (pistol foot) ตั้งตัวปืนเชื่อม ขาปืนเชื่อมจะมี 3 ขาทำมุม 120° ทำหน้าที่คอยรองรับปืนเชื่อมสตัด (รูปที่ 2.17) ขณะวางปืนเชื่อมลงบนแผ่นโลหะฐาน สลักเกลียวจะถูกกดลงบนแผ่นโลหะฐานเล็กน้อยโดยสปริงภายในตัวปืนเชื่อม เมื่อเริ่มทำการเชื่อมแบบเว้นช่องว่าง (initial gap) ตัวจับสลักเกลียวและสลักเกลียวจะถูกยกขึ้นจากแผ่นโลหะฐานโดยขดลวดโซลินอยภายในตัวปืน สวิตซ์ขาออกของแหล่งจ่ายไฟ (S_2) จะถูกต่อวงจร เมื่อขดลวดโซลินอยถูกตัดวงจร ตัวจับสลักเกลียวและสลักเกลียวจะถูกยกขึ้นจากแผ่นโลหะฐานการเชื่อมจะเริ่มต้นขึ้น แต่ในการเชื่อมแบบเริ่มต้นสัมผัส (initial contact) ตัวจับสลักเกลียวจะถูกกดลงบนแผ่นโลหะฐาน สวิตซ์ขาออกของแหล่งจ่ายไฟ (S_2) จะถูกต่อวงจรและกระแสการเชื่อมจะเริ่มไหล สปริงจะกดสลักเกลียวลงบนแผ่นโลหะฐานทันทีโดยไม่จำเป็นต้องมีการยกสลักเกลียวขึ้นโดยขดลวดโซลินอย

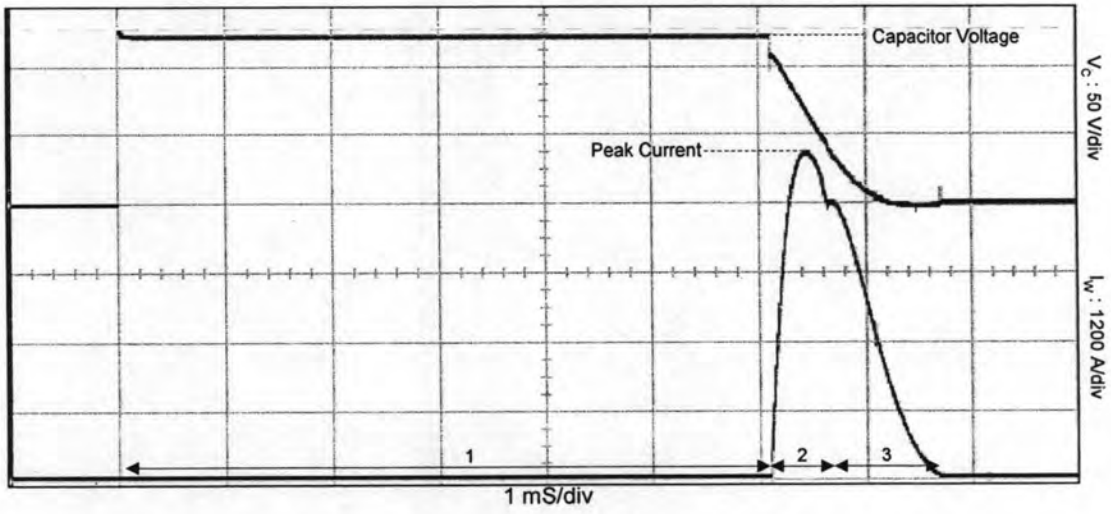
แหล่งจ่ายไฟการเชื่อมจะใช้แหล่งจ่ายไฟแบบดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบแรงดันคงที่ (constant voltage) ตัวเก็บประจุภายในแหล่งจ่ายไฟจะทำหน้าที่ดึง

ประจุไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้ามาสะสมไว้ และทำหน้าที่สร้างพัลส์กระแสขณะทำการเชื่อม ในการเชื่อมแบบนี้พลังงานการเชื่อมจะถูกกำหนดโดยแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุก่อนการดิสชาร์จ



รูปที่ 2.18 กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

รูปที่ 2.18 แสดงกระแสการเชื่อมในกระบวนการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ จากรูปแสดงให้เห็นว่ากระแสการเชื่อมสตัดแบบเริ่มต้นเว้นช่องว่าง จะมีค่ายอดที่สูงกว่าการเชื่อมแบบเริ่มต้นสัมผัส ขณะที่เวลาการเชื่อมมีค่าต่ำกว่า



รูปที่ 2.19 กราฟกระแส-แรงดันที่ได้จากการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุในกระบวนการเชื่อมแบบเริ่มต้นเว้นช่องว่าง

2.3.4ลักษณะกราฟกระแส-แรงดันจากการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

รูปที่ 2.19 แสดงกราฟกระแส-แรงดันที่ได้จากการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุในกระบวนการเชื่อมแบบเริ่มต้นเว้นช่องว่าง กราฟกระบวนการเชื่อมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง [4] ดังนี้

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงเริ่มต้นกระบวนการเชื่อม เป็นช่วงที่หัวต่อ (tip) เริ่มสัมผัสกับแผ่นโลหะฐาน ในที่นี้กระแสการเชื่อมจะยังคงมีค่าเป็นศูนย์ แรงดันการเชื่อมจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ที่จุดสิ้นสุดของช่วงนี้หัวต่อจะแตกออก และแรงดันการเชื่อมจะลดลงอย่างรวดเร็ว

ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่เกิดการอาร์ค ในช่วงนี้กระแสการเชื่อม (I_W) จะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด (peak current) และจะตกลง ค่าแรงดันการเชื่อมจะค่อยๆ ลดลงตามค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ ที่จุดสิ้นสุดของช่วงนี้ผิวหน้าสลักเกลียวจะเริ่มต้นสัมผัสกับแผ่นโลหะฐาน ระยะเวลาที่เกิดขึ้นในช่วงนี้เรียกว่าระยะเวลาการอาร์ค (arc time)

ช่วงที่ 3 เป็นช่วงภายหลังจากที่สลักเกลียวสัมผัสกับแผ่นโลหะฐาน ที่จุดเริ่มต้นของช่วงนี้กระแสการเชื่อมจะเพิ่มขึ้นและแรงดันจะตกลงเล็กน้อย ประจุที่หลงเหลืออยู่ภายในตัวเก็บประจุจะถูกดิสชาร์จจนหมด และกระบวนการเชื่อมจะสิ้นสุด

2.3.5 ประเภทของโลหะที่ใช้เชื่อม

การเชื่อมแบบนี้สามารถใช้ได้กับเหล็กอ่อน (mild steel) เหล็กคาร์บอนต่ำ เหล็กผสมอัลลอย สเตนเลส อลูมิเนียมและทองเหลือง [5]

2.3.6 ข้อดี-ข้อเสีย

ข้อดี

1) กระบวนการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุสามารถเชื่อมสลักเกลียวติดกับแผ่นโลหะฐานที่บางมากได้ โดยสามารถเชื่อมกับแผ่นโลหะฐานที่หนาตั้งแต่ 0.6 มิลลิเมตรขึ้นไป [6]

2) สามารถเชื่อมสลักเกลียวติดกับแผ่นโลหะฐาน โดยที่สลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานเป็นโลหะต่างชนิดกัน เช่น การเชื่อมโลหะเกลียวเหล็กติดกับแผ่นโลหะฐานสเตนเลส ทองเหลืองติดกับเหล็ก เหล็กติดกับทองแดง ทองเหลืองติดกับทองแดง และการเชื่อมสลักเกลียวอลูมิเนียมติดกับแผ่นสังกะสี

ข้อเสีย

1) กระบวนการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุต้องใช้สลักเกลียวที่ถูกทำขึ้นเฉพาะ ทำให้ต้นทุนการเชื่อมมีราคาสูง

2) สามารถเชื่อมได้เฉพาะสลักเกลียวที่มีขนาดเล็กถึงปานกลาง โดยสามารถเชื่อมสลักเกลียวที่มีขนาดใหญ่ได้ไม่เกิน M10

3) แผ่นโลหะฐานที่ใช้เชื่อมต้องมีพื้นผิวไม่ขรุขระมาก

2.3.7 การประยุกต์ใช้งาน

การเชื่อมแบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การเชื่อมสลักเกลียวเพื่อยึดแผ่นวงจร การผลิตเครื่องครัว เช่น การผลิตหม้อและกระทะ การผลิตเครื่องใช้ในบ้าน เช่น เฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ต่างๆ การนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ได้แก่ ตุ้มหูและเข็มกลัด และในอุปกรณ์อื่นๆ

2.4 วัสดุอลูมิเนียม

อลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความอ่อน และมีค่าความแข็งแรง (strength) ค่อนข้างต่ำ สามารถนำไปดัดหรือกลึงได้ง่าย สีของอลูมิเนียมจะมีตั้งแต่สีเท่าอ่อนจนถึงสีเงินเมื่อขัดจะเป็นมันวาว และสีจะหม่นเมื่อถูกออกซิไดซ์ จุดหลอมเหลวของอลูมิเนียมบริสุทธ์จะมีค่าประมาณ 660°C ขณะหลอมเหลววัสดุอลูมิเนียมจะไม่แสดงสีแดงออกมา ด้วยคุณสมบัติที่เบาและมีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับน้ำหนัก ส่งผลให้วัสดุอลูมิเนียมเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้งาน

2.4.1 โลหะผสมอลูมิเนียม

โลหะผสมอลูมิเนียม (aluminum alloy) จำนวนมากได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้งาน เพื่อให้รู้ว่าโลหะผสมอลูมิเนียมเป็นชนิดใด ระบบหมายเลข 4 หลัก จึงได้ถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคมอลูมิเนียม (Aluminum Association) เพื่อแสดงให้เห็นถึงชนิดของโลหะผสมอลูมิเนียม โดยตัวเลขตัวหน้าสุดจะแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบหลักของโลหะผสมอลูมิเนียม [7] ระบบของกลุ่มโลหะผสมอลูมิเนียม (ตารางที่ 2.2) มีดังนี้

ตารางที่ 2.2 ชนิดของโลหะผสมอลูมิเนียมและส่วนประกอบอัลลอยหลัก

หมายเลข	ส่วนประกอบอัลลอยหลัก
1xxx	โลหะอลูมิเนียมที่มีอลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบ
2xxx	ทองแดง
3xxx	แมงกานีส
4xxx	ซิลิกอน
5xxx	แมกนีเซียม
6xxx	แมกนีเซียมและซิลิกอน
7xxx	สังกะสี
8xxx	อื่นๆ

กลุ่มหมายเลข 1000 (1xxx) แทนโลหะอลูมิเนียมบริสุทธิ์หรือมีส่วนประกอบของอลูมิเนียมมากกว่า 99% อลูมิเนียมในกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงต่ำ ทนต่อการกัดกร่อน และสามารถนำไฟฟ้าได้ดี อลูมิเนียมในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอุตสาหกรรมเคมี

กลุ่มหมายเลข 2000 (2xxx) ทองแดง (Cu) เป็นส่วนผสมหลักในส่วนนี้ ทำให้โลหะผสมในกลุ่มนี้มีความเหนียวและมีความแข็งแรงสูงเมื่อนำไปอบชุบความร้อน (heat treatment) ความต้านทานการสึกกร่อนของโลหะผสมกลุ่มนี้จะต่ำ ในการใช้งานมักนำไปใช้ร่วมกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์และโลหะผสมอลูมิเนียมชนิดพิเศษ โลหะผสมในกลุ่มนี้มักถูกนำไปใช้ในการผลิตเครื่องบิน

กลุ่มหมายเลข 3000 (3xxx) โลหะผสมหลักในกลุ่มนี้ได้แก่แมงกานีส (Mn) โลหะผสมในกลุ่มนี้มีความแข็งแรงปานกลาง ทนต่อการกัดกร่อน แต่ไม่สามารถนำไปอบชุบความร้อนได้ ส่วนประกอบหลักของแมงกานีสจะถูกจำกัดไม่เกิน 1.5% โลหะผสมในกลุ่มนี้มักถูกนำมาใช้ในการผลิตภาชนะประกอบอาหาร อุปกรณ์ทางเคมี ใช้ในบรรจุภัณฑ์ และเป็นตัวส่งผ่านความร้อน

กลุ่มหมายเลข 4000 (4xxx) ซิลิกอน (Si) เป็นส่วนผสมหลักในกลุ่มนี้ โลหะผสมในกลุ่มนี้มีความแข็งแรงปานกลาง สามารถนำมาอบชุบได้ โลหะผสมในกลุ่มนี้มักถูกนำไปใช้ในอิเล็กโตรดในการเชื่อมอลูมิเนียม

กลุ่มหมายเลข 5000 (5xxx) แมกนีเซียม (Mg) เป็นส่วนประกอบหลักในกลุ่มนี้ โลหะผสมในกลุ่มนี้มีความเหนียวและทนต่อการสึกกร่อนได้ดี มีความแข็งแรงค่อนข้างสูง และสามาถนำไปเชื่อมได้ดี ในการนำไปใช้โลหะผสมในกลุ่มนี้จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง และในอุตสาหกรรมรถยนต์

กลุ่มหมายเลข 6000 (6xxx) โลหะผสมหลักในกลุ่มนี้ประกอบด้วยซิลิกอน (Si) และแมกนีเซียม (Mg)เป็นหลัก ทำให้สามารถนำไปอบชุบความร้อนได้ โลหะผสมในกลุ่มนี้ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี มีความแข็งแรงปานกลาง และสามารถนำไปฉีดขึ้นรูปได้ดี โลหะผสมในกลุ่มนี้มักถูกนำไปใช้ในงานก่อสร้าง การสร้างถนน และอุตสาหกรรมยานยนต์

กลุ่มหมายเลข 7000 (7xxx) สังกะสี (Zn) เป็นส่วนประกอบหลักของโลหะผสมในกลุ่มนี้ แมกนีเซียม (Mg) ถูกนำมาผสมในโลหะผสมกลุ่มนี้หลายชนิด โลหะผสมกลุ่มนี้มีความเหนียวสูงเมื่อใช้สังกะสีผสมร่วมกับแมกนีเซียมทำให้โลหะผสมกลุ่มนี้สามารถนำไปอบชุดได้และมีค่าความแข็งแรงสูงเมื่อถูกอบชุบ โลหะผสมในกลุ่มนี้จะถูกนำไปใช้เป็นส่วนโครงสร้างของเครื่องบิน

กลุ่มหมายเลข 8000 (8xxx) โลหะผสมในกลุ่มนี้เป็นโลหะที่มีการนำมาใช้กับโลหะผสมอลูมิเนียมไม่แพร่หลาย เช่น เหล็ก (Fe) นิเกิล (Ni) และลิเทียม (Li) โลหะผสมในกลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติต่างกันออกไป โลหะผสมที่ประกอบด้วยเหล็ก (Fe) หรือนิเกิด (Ni) เป็นส่วนประกอบ

หลักจะมีสภาพนำไฟฟ้าที่ดี การใช้ลิเทียม (Li) เป็นส่วนกระกอบหลักจะทำให้โลหะผสมมีความแข็งแรง

2.4.2 การเชื่อมอลูมิเนียม

อลูมิเนียมมีคุณสมบัติเฉพาะตัวมากมาย ทำให้การเชื่อมอลูมิเนียมแตกต่างจากการเชื่อมเหล็ก คุณสมบัติเฉพาะตัวของอลูมิเนียมได้แก่ การมีอลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide) เป็นสารเคลือบผิว การมีสภาพนำความร้อน(thermal conductivity) สูง และมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (thermal expansion coefficient) สูง มีจุดหลอมเหลวต่ำและไม่มีการเปลี่ยนสีขณะอุณหภูมิของวัสดุเข้าใกล้จุดหลอมเหลว ปัจจัยสำคัญในการเชื่อมอลูมิเนียม ได้แก่

1) อลูมิเนียมเป็นโลหะไว (active metal) จะทำปฏิกิริยากับชั้นออกซิเจนในอากาศก่อให้เกิดชั้นอลูมิเนียมออกไซด์บนพื้นผิว จุดหลอมเหลวของอลูมิเนียมออกไซด์มีค่าประมาณ 1982°C มีค่าสูงเกือบสามเท่าของจุดหลอมเหลวอลูมิเนียมบริสุทธิ์คือ 660°C ในกรณีที่มีอลูมิเนียมออกไซด์บนพื้นผิวขณะทำการเชื่อม อลูมิเนียมออกไซด์ที่ไม่ได้หลอมเหลวจะติดอยู่บนแอ่งการเชื่อม (weld pool) และจะลดความสามารถในการทนแรงดึง ลดการรวมตัวกันของวัสดุ และเป็นไปได้ที่รอยเชื่อมจะแตกร้าว นอกจากนี้อลูมิเนียมออกไซด์จะดูดละอองน้ำในอากาศขณะที่ชั้นฟิล์มเริ่มหนาขึ้น ละอองน้ำนี้เป็นแหล่งกำเนิดของธาตุไฮโดรเจนทำให้เกิดความพรุน (porosity) ภายในรอยเชื่อมอลูมิเนียม ไฮโดรเจนยังอาจมาได้จากสี น้ำมัน และสิ่งสกปรกบริเวณการเชื่อม ชั้นอลูมิเนียมออกไซด์สามารถถูกกำจัดโดยวิธีทางกลและทางเคมี ดังนี้

1.1) วิธีทางกล โดยการขจัดออกด้วยของมีคม แปรงลวดสเตนเลส การขัดด้วยกระดาษทราย หรือวิธีทางกลอื่นๆ

1.2) วิธีทางเคมี โดยการจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายธาตุอัลคาไลน์และล้างออกด้วยน้ำ หรืออาจใช้สารเคมีอื่นๆ

2) อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีค่าสภาพนำความร้อน (thermal conductivity) สูง และมีจุดหลอมเหลวต่ำ อลูมิเนียมสามารถนำความร้อนได้เร็วกว่าเหล็ก 3-5 เท่า ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะผสมอลูมิเนียมนั้นๆ ถึงแม้จุดหลอมเหลวของอลูมิเนียมจะต่ำกว่าเหล็กแต่ค่าสภาพนำความร้อนที่สูงเป็นผลให้ต้องใส่ความร้อนมากกว่าปกติในขณะเชื่อม ดังนั้นกระบวนการเชื่อมอลูมิเนียมควรเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนเป็นปริมาณมากในเวลาที่รวดเร็ว

3) ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ค่าการขยายตัวทางความร้อน (thermal expansion coefficient) และการเปลี่ยนสีของอลูมิเนียมในขณะใกล้หลอมเหลว

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.3 การเชื่อมสตัดบนวัสดุอลูมิเนียม

ในกระบวนการการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จตัวเก็บประจุบนวัสดุอลูมิเนียม จะใช้การเชื่อมแบบเว้นช่องว่าง (initial gap) โลหะผสมอลูมิเนียมที่สามารถนำมาเชื่อมกับกระบวนการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุได้แก่โลหะผสมในกลุ่ม 1000 กลุ่ม 5000 และกลุ่ม 6000 สลักเกลียวที่ใช้เป็นสลักเกลียวที่มีหัวต่อ (tip) อยู่ตรงปลายเช่นเดียวกับสลักเกลียวที่ใช้ในการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุทั่วไป

2.5 การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน

ในการเชื่อมคุณภาพชิ้นงานเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่ารอยเชื่อมดีหรือไม่อย่างไร ชิ้นงานเชื่อมสตัดสามารถถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพได้หลายวิธี แต่ละวิธีจะมีข้อดี-ข้อเสียและความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไป วิธีตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานเชื่อมสตัดมีดังนี้

2.5.1 การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยการมอง

การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยการมอง (visual inspection) จะใช้การวัดคุณภาพของชิ้นงานโดยสังเกตจากลักษณะของรอยเชื่อม [3] วิธีนี้มีข้อดีคือภายหลังจากการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน ชิ้นงานเชื่อมจะไม่เกิดความเสียหาย (non-destructive test) อย่างไรก็ตามในการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ รอยเชื่อมจะไม่ปรากฏเด่นชัด วิธีตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยการมองจึงอาจวัดคุณภาพของชิ้นงานได้เพียงคร่าวๆ เท่านั้น

(ก) รอยเชื่อมปกติ (ข) รอยเชื่อมร้อน (hot weld) (ค) รอยเชื่อมเย็น (cold weld)

รูปที่ 2.20 ลักษณะของรอยเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ

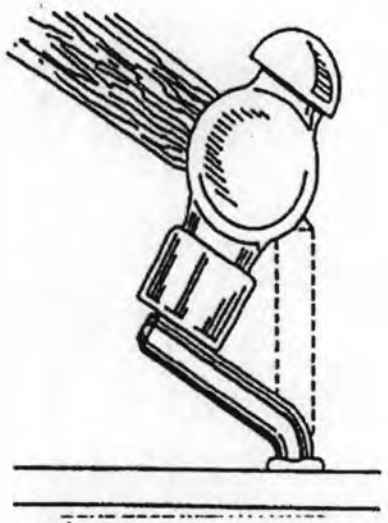
จากรูปที่ 2.20 (ก) แสดงรอยเชื่อมปกติ รอยเชื่อมที่ดีจะมีโลหะเหลวกระเด็นออกมาจากรอยเชื่อมเล็กน้อยและรอยเชื่อมเกิดขึ้นโดยรอบ รูปที่ 2.20 (ข) แสดงรอยเชื่อมร้อน อาจเกิดจากการตั้งค่าแรงดันในการเชื่อมสูงเกินไป รอบรอยเชื่อมจะมีโลหะเหลวกระเด็นออกมามาก รูปที่ 2.20 (ค) แสดงรอยเชื่อมเย็น อาจเกิดจากการตั้งค่าแรงดันการเชื่อมต่ำเกินไป รอยเชื่อมจะไม่ปรากฏให้เห็นการหลอมเหลวของสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐาน และไม่มีโลหะเหลวกระเด็นออกมา

2.5.2 การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานทางกายภาพ

การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานทางกายภาพ (physical weld inspection) คือการตรวจสอบโดยการวัดความแข็งแรงของชิ้นงานเชื่อมโดยตรง วิธีนี้สามารถแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของชิ้นงานเชื่อมได้อย่างชัดเจน แต่จะส่งผลให้ชิ้นงานเชื่อมที่ถูกตรวจสอบเกิดความเสียหาย (destructive test) การวัดความแข็งแรงทางกายภาพที่นิยมใช้ในการเชื่อมสตัดมี 3 วิธี ดังนี้

2.5.2.1 การทดสอบการงอ

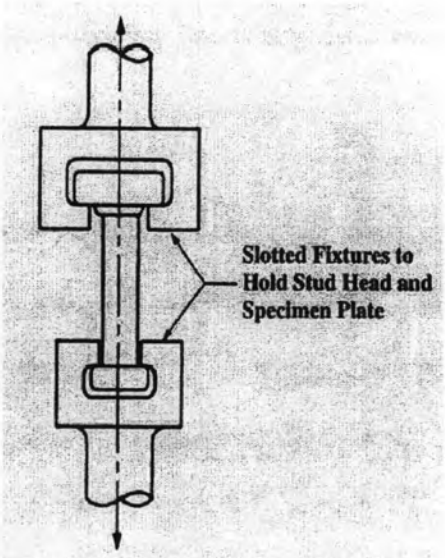
การทดสอบการงอ (bend test) คือการตรวจสอบความแข็งแรงของชิ้นงานโดยการงอให้สลักเกลียวงอตามจำนวนองศาที่กำหนด [8] ในการทดสอบอาจใช้ท่อเหล็กสวมสลักเกลียวแล้วงอ หรืออาจใช้ค้อนทุบให้งอ (hammer test) ก็ได้ (รูปที่ 2.21) การทดสอบการงอมักจะกระทำโดยการงอสลักเกลียวเป็นมุม 90° เพื่อทดสอบความแข็งแรงของสลักเกลียว



รูปที่ 2.21 การทดสอบการงอโดยใช้ค้อน

2.5.2.2 การทดสอบค่าแรงดึง

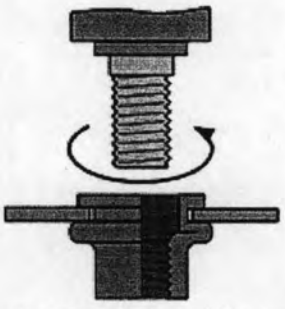
การทดสอบค่าแรงดึง (tensile test) คือการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานโดยการดึงสลักเกลียวให้หลุดจากแผ่นโลหะฐานและวัดค่าแรงดึงที่ใช้ [8] ในการทดสอบตัวอย่างจะถูกนำไปทดสอบในเครื่องทดสอบแรงดึง แผ่นโลหะฐานจะถูกจับยึดไว้และสลักเกลียวจะค่อยๆ ถูกดึงออกมา เครื่องทดสอบแรงดึงจะทำการวัดค่าแรงดึงสูงสุดที่ใช้ในการดึงสลักเกลียวให้หลุดจากแผ่นโลหะฐาน (รูปที่ 2.22)



รูปที่ 2.22 การทดสอบค่าแรงดึง (tensile test)

2.5.2.3 การทดสอบค่าแรงบิด

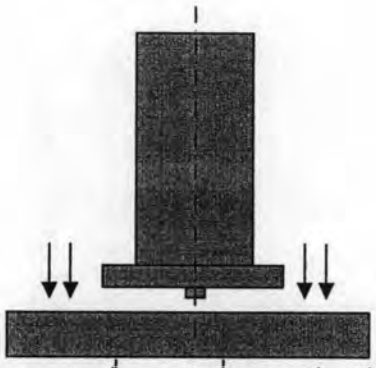
การทดสอบค่าแรงบิด (torque test) คือ การทดสอบความแข็งแรงโดยการบิดสลักเกลียวให้หลุดออกจากแผ่นโลหะฐานและวัดค่าแรงบิด [8] ในการทดสอบสลักเกลียวจะถูกจับและบิดจนหลุด อุปกรณ์การวัดจะทำการวัดค่าแรงบิดที่ใช้ในการบิดสลักเกลียว (รูปที่ 2.23)



รูปที่ 2.23 การทดสอบค่าแรงบิด (torque test)

2.6 การศึกษาความสมดุลการเชื่อม

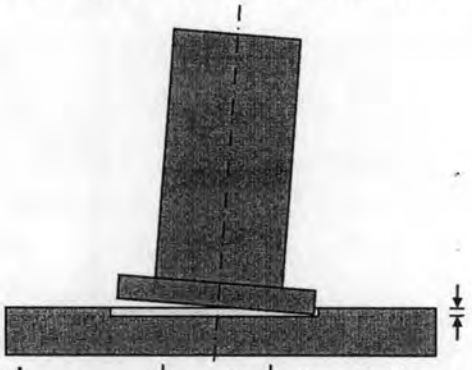
ในการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุ เนื่องจากรอยเชื่อมมีความบางมาก [4] เป็นผลให้ปืนเชื่อมสตัดที่ใช้ต้องมีความสมดุลในการเชื่อม โดยขาปืนเชื่อมสตัดจะเป็นตัวรักษาสมดุลของปืนเชื่อมสตัด สมดุลการเชื่อมหมายถึงการที่สลักเกลียวถูกขับดันไปยังแผ่นโลหะฐานโดยที่ระนาบผิวหน้าของสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานขนานกัน โดยที่สลักเกลียวไม่มีการเอียงหรือสายในขณะเชื่อม (รูปที่ 2.24)



รูปที่ 2.24 การเชื่อมสตัดที่สลักเกลียวมีความสมดุล

2.6.1 ผลของสมดุลการเชื่อมต่อคุณภาพชิ้นงาน

รอยเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมสตัดแบบใช้การดิสชาร์จจากตัวเก็บประจุจะมีความบางมาก ดังนั้นการที่สลักเกลียวเอียงอาจส่งผลให้รอยเชื่อมเกิดการต่อติดไม่ทั่วพื้นผิวระนาบการเชื่อมและส่งผลให้ความแข็งแรงของชิ้นงานลดลง เนื่องจากพื้นที่การต่อติดของสลักเกลียวลดลง (รูปที่ 2.25)



รูปที่ 2.25 การเชื่อมสตัดที่สลักเกลียวไม่สมดุล

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสมดุลการเชื่อม

ปัจจัยที่ส่งผลถึงการต่อติดกันของสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานโดยมากจะขึ้นกับความไม่สมมาตรหรือความไม่สมดุลของระยะห่างของผิวหน้าสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานที่ใช้ในการเชื่อม เป็นผลให้สลักเกลียวเอียงหรือส่าย ปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่สมดุลของระยะห่างของสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานมี ดังนี้

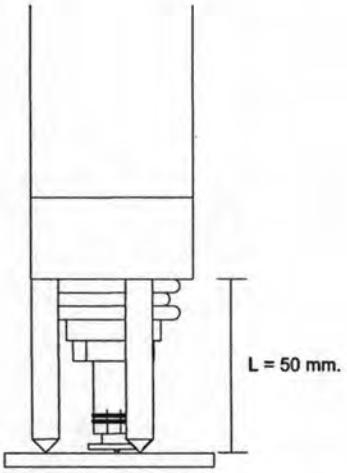
1) ความไม่สมดุลของขาปืนเชื่อม (pistol foot) เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดความไม่สมดุลของระยะห่างของสลักเกลียวและแผ่นโลหะฐานในขณะเชื่อม เนื่องจากขาปืนเชื่อมเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับแผ่นโลหะฐานทุกครั้งที่ใช้งาน เป็นผลให้ชิ้นส่วนนี้เกิดการสึกหรอค่อนข้างเร็ว การที่ขาปืนเชื่อมทั้ง 3 ขาเกิดความไม่สมดุลกัน เป็นผลให้สลักเกลียวเอียงขณะเชื่อม

2) ความเรียบของพื้นผิวโลหะฐาน พื้นผิวแผ่นโลหะฐานอาจมีบางพื้นที่ที่ไม่เรียบสม่ำเสมอ หรืออาจมีเศษวัสดุ และชิ้นโลหะเหลวที่เกิดจากการเชื่อมติดอยู่ผิวหน้าแผ่นโลหะฐาน ทำให้ปืนเชื่อมไม่สามารถตั้งให้มีความสมดุล และปืนเชื่อมมีการเอียง

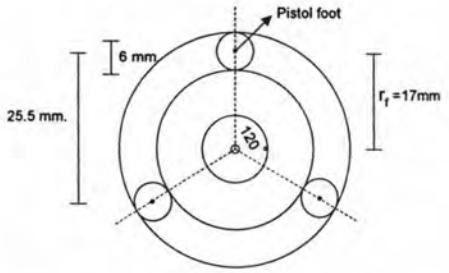
3) ความผิดพลาดจากตัวผู้เชื่อม บางครั้งผู้เชื่อมจับปืนเชื่อมไม่ดี ส่งผลให้ปืนเชื่อมเอียงก่อนการเชื่อม หรือเอียงขณะเชื่อม ส่งผลให้รอยเชื่อมเสียความสมดุล ดังนั้นขณะเชื่อมผู้เชื่อมจึงควรจับปืนเชื่อมสตัดให้ดี ไม่ให้ปืนเชื่อมเอียงหรือเกิดการขยับเขยื้อน

2.6.3 ลักษณะขาปืนเชื่อมสตัด

ขาปืนเชื่อมสตัดส่วนใหญ่จะมี 3 ขา ทำมุม 120° ทำหน้าที่รองรับปืนเชื่อมสตัดลงบนแผ่นโลหะฐาน โดยตำแหน่งการติดตั้งขาปืนเชื่อมจะมีลักษณะ ดังนี้

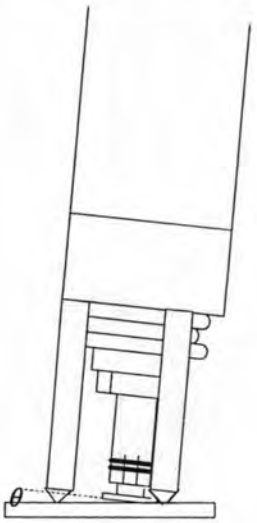


รูปที่ 2.26 ปืนเชื่อมสตัดด้านข้าง (side view)



รูปที่ 2.27 ปืนเชื่อมสตัดด้านล่าง (bottom view)

ในรูปที่ 2.26 ขาปืนเชื่อมสตัดที่ใช้ทดสอบจะมีความยาว 5 เซนติเมตร ขาปืนเชื่อมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ระยะห่างกึ่งกลางขาปืนเชื่อมจากจุดศูนย์กลางปืนเชื่อมสตัด (r_f) มีค่า 17 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.27) เมื่อขาปืนเชื่อมมีความสึกหรอจะทำให้ความยาวขาปืนเชื่อมเปลี่ยนไป ส่งผลให้สลักเกลียวเอียงและเสียความสมดุล (รูปที่ 2.28)



รูปที่ 2.28 ปืนเชื่อมสตัดที่ขาปืนเชื่อมเกิดการสึกหรอ ส่งผลให้เกิดความเอียง