บทที่ 3 การดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ จะศึกษาถึงการนำค่าการสูญเสียพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนที่เกิดจากการอาร์ก มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม ซึ่งจะมีหัวข้อในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1) ทำการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

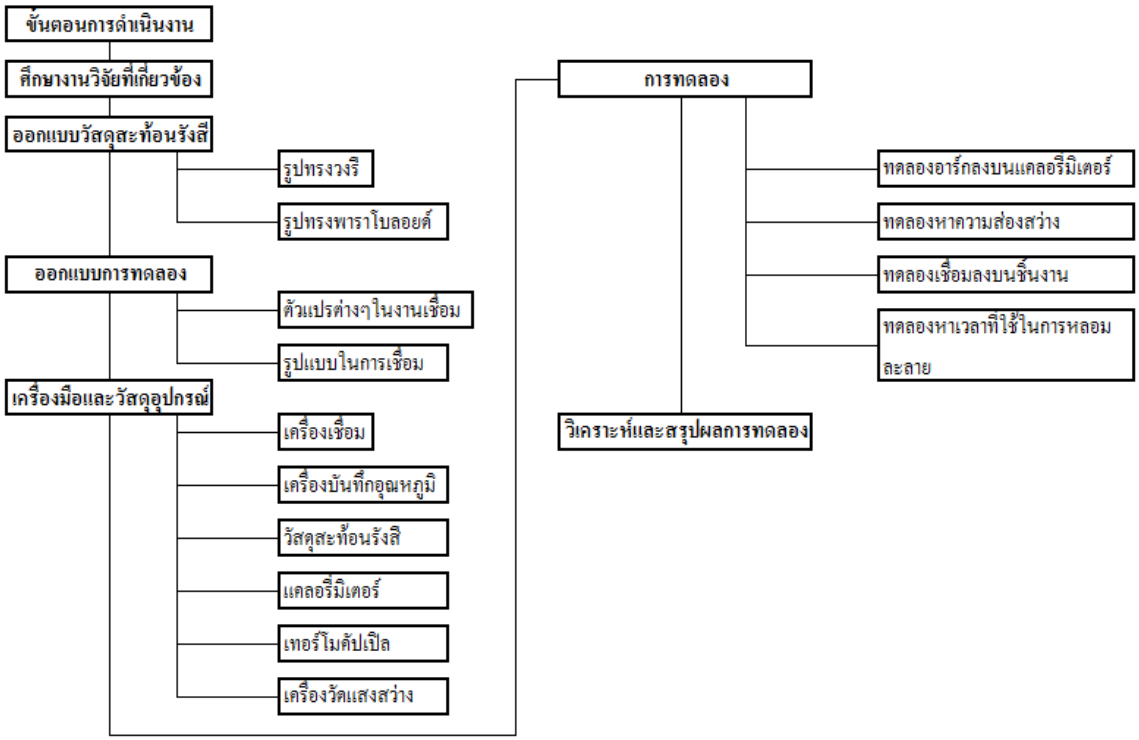
2) ออกแบบวัสดุสะท้อนรังสี (Reflector) และแคลอรี่มิเตอร์ (Calorimeter)

3) ออกแบบการทดลองโดยกำหนดค่าตัวแปรและกำหนดรูปแบบการเชื่อมในการทดลอง

4) ทำการทดลองตามการทดลองที่ออกแบบโดยสอดคล้องกับขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

5) บันทึกผลและวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อนำมาสรุป

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม

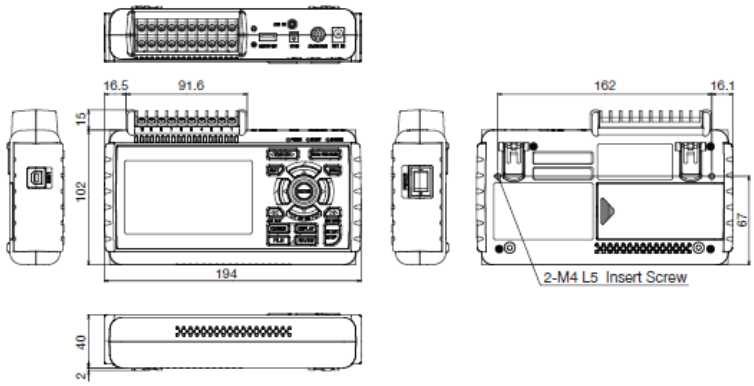
เครื่องเชื่อมที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นเครื่องเชื่อมชนิดกระแสคงที่ (Constant Current; CC) ยี่ห้อ FRONIUS รุ่น Magic wave 2600 ที่สามารถเชื่อมได้ทั้งกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding; SMAW) และกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW) ตามรูปที่ 3.2 จากคุณสมบัติของเครื่องเชื่อมนี้ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อมนั้นคงที่ และความต่างศักย์ไฟฟ้าจะแปรผันกับระยะในการอาร์กของชิ้นงาน โดยค่ากระแสเชื่อมที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นกระแสตรงขั้วตรง (DCEN)

รูปที่ 3.2 เครื่องเชื่อมยี่ห้อ FRONIUS รุ่น Magic wave 2600

3.2.2 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Data logger)

คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลที่เป็นสัญญาณชนิดต่างๆ โดยเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิจะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บค่าที่วัดได้ของสัญญาณตามช่วงเวลาการบันทึกที่ กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ เราสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิมานำเสนอบนหน้าจอได้ โดยสามารถเก็บข้อมูลได้ 10 ช่อง (Channel) และบันทึกค่าได้มากสุดที่ 10 มิลลิวินาทีต่อครั้ง ซึ่งระยะเวลาที่สามารถทำการบันทึกได้จะขึ้นอยู่กับความจุของหน่วยความจำ

เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิจะรับค่าที่จะบันทึกจากตัวเซนเซอร์นำมาผ่านตัวแปลงสัญญาณ (Signal Convertor) เพื่อทำการแปลงสัญญาณที่รับมาให้เป็นสัญญาณดิจิตอลของเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ หลังจากนั้นเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิอาจนำข้อมูลดิจิตอลนั้นมาประมวลผล หรือนำข้อมูลมาเช็คเพื่อทำการส่งเตือนผู้ใช้ว่าข้อมูล มีค่ามากไปหรือน้อยไปได้ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปเก็บบันทึกในหน่วยความจำของเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิหรือนำมาแสดงผลบนหน้าปัดของเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิหรือบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ยี่ห้อ OMRON รุ่น ZR-RX25

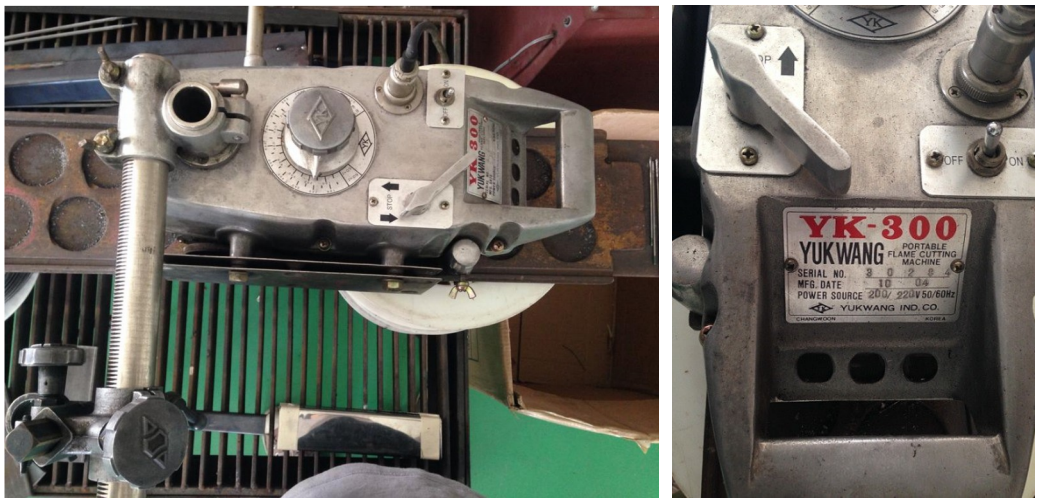
3.2.3 เครื่องเชื่อมสายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple welding unit)

ในขั้นตอนของงานวิจัย จะทำการใช้เครื่องเชื่อมสายเทอร์โมคัปเปิล ในการยึดติดสายเทอร์โมคัปเปิลกับแคลอรี่มิเตอร์

รูปที่ 3.4 เครื่องเชื่อมสายเทอร์โมคัปเปิล

3.2.4 เครื่องเดินแบบกึ่งอัตโนมัติ

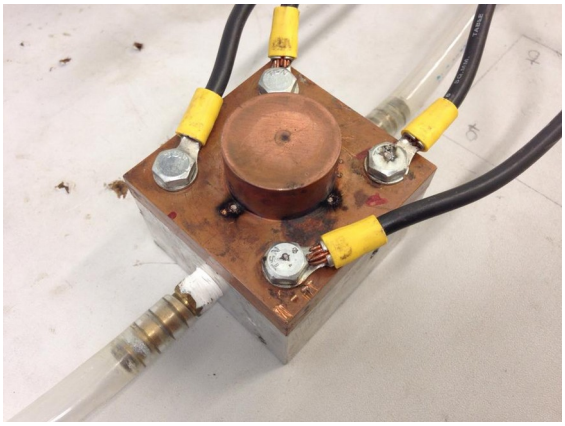
เครื่องเดินแบบกึ่งอัตโนมัติ เป็นเครื่องยึดจับหัวเชื่อมชิ้นงานให้สามารถเคลื่อนตัวไปตามเส้นทางที่กำหนด ด้วยอัตราความเร็วคงที่และสามารถทำการปรับค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ โดยตัวเครื่องเดินกึ่งอัตโนมัตินี้สามารถเลือกการใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ เดินโดยใช้มือในการเคลื่อนที่และเดินแบบอัตโนมัติโดยการสับสวิทซ์



รูปที่ 3.5 เครื่องเดินกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ YUK WANG รุ่น YK-300

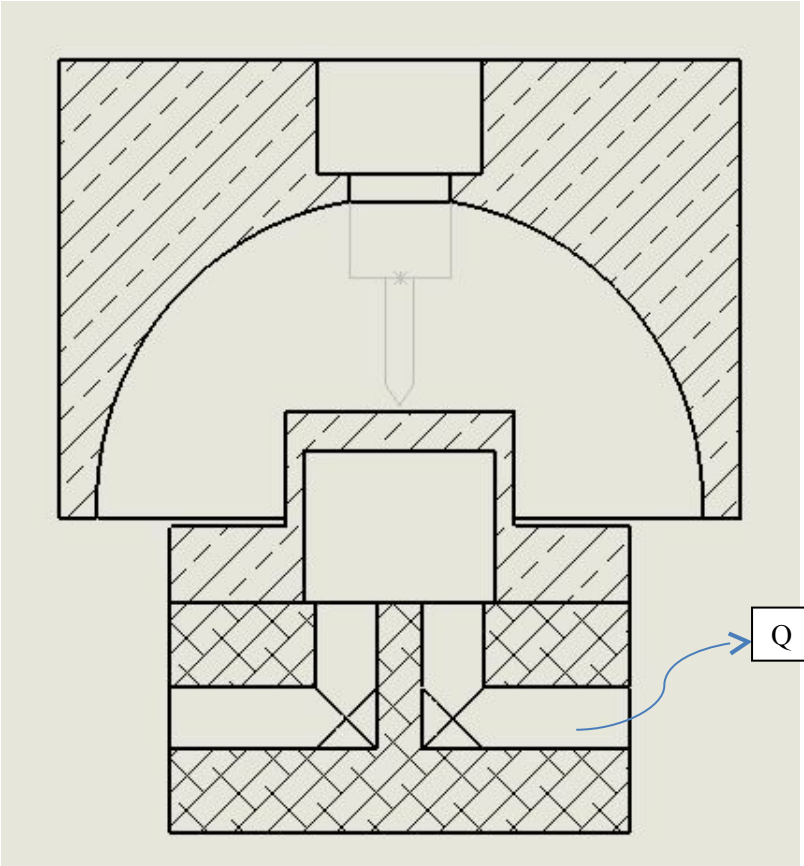
3.2.5 แคลอรี่มิเตอร์ (Calorimeter)

คือ อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อวัดปริมาณความร้อนที่มีการถ่ายเทระหว่างสสารหรือปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม โดยในการทดลองจะจำกัดให้พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมเข้าสู่แคลอรี่มิเตอร์เท่านั้น เพื่อนำค่าพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในการคำนวณ เพื่อดูแนวโน้มของพลังงานที่สูญเสียไปกับการเชื่อม



รูปที่ 3.6 รูปแบบของแคลอรี่มิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

ซึ่งในส่วนของการทดลองอาร์กกับแคลอรี่มิเตอร์ (Calorimeter) จะเป็นการอาร์กเพื่อให้พลังงานสูญเสียไปทั้งหมด โดยจะเป็นระบบที่แสดงเหตุการณ์ว่าพลังงานที่ได้จากการอาร์กนั้นสูญเสียไปกับระบบนี้ทั้งหมด คือถูกน้ำที่เป็นระบบหล่อเย็นนำความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดไป จึงสนใจที่อุณหภูมิของน้ำนำความร้อนของพลังงานไปทั้งระบบ



รูปที่ 3.7 รูปแสดงการสูญเสียความร้อนจากชิ้นงานสู่น้ำ

จากรูปที่ 3.7 น้ำในระบบจะเป็นตัวนำความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอาร์กออกจากระบบ ในงานวิจัยนี้จะนำอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป มาใช้ในการหาค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในชิ้นงานหลังจากการอาร์ก

3.2.6 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง

3.2.7 วัสดุสะท้อนรังสี (Reflector)

ในขั้นตอนของงานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสะท้อนรังสี โดยได้ทำการออกแบบวัสดุสะท้อนรังสีออกมา 2 รูปแบบ ได้แก่ วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ และวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี ตามรูปที่ 3.8 และ 3.9 โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตวัสดุสะท้อนรังสีจะใช้ทองแดง ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระจายความร้อนได้ดี และทำการชุบด้วยโครเมียมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสี

ในส่วนของการออกแบบรูปทรงของวัสดุสะท้อนรังสีตามแบบของรูปทรงวงรีได้สมการวงรีดังต่อไปนี้

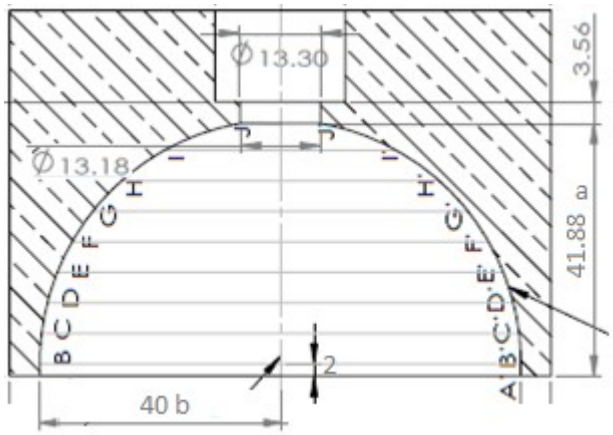
สมการวงรี $$\frac{X^2}{b^2}+\frac{Y^2}{a^2}=1$$ .....(1)

$$c^2=a^2-b^2$$ .....(2)

โดยจากสมการที่ 2 ตัวแปร c จะมีค่าเท่ากับระยะระหว่างปลายหัวทังสเตนจนถึงบริเวณบ่อหลอมซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ตัวแปร a และ b จะเป็นค่าของรัศมีวงในของวัสดุสะท้อนรังสีซึ่งในส่วนนี้จะต้องออกแบบให้สอดคล้องกับขนาดที่พอเหมาะกับการติดตั้งกับหัวเชื่อมจึงได้ระยะของ a เท่ากับ 40 มิลลิเมตร และ b เท่ากับ 39.88 มิลลิเมตรจึงได้สมการในการออกแบบวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรีดังนี้

สมการของการออกแบบ $$\frac{X^2}{39.88^2}+\frac{Y^2}{40^2}=1$$ .....(3)

จะได้รูปทรงของวัสดุสะท้อนรังสีดังนี้



รูปที่ 3.8 วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรีที่ได้จากสมการที่ 3

จากสมการที่ 3 เมื่อนำมาทำเป็นวัสดุสะท้อนรังสีจะได้ดังรูปที่ 3.8 ในส่วนของค่า a โดยแท้จริงจะมีค่าเท่ากับ 39.88 แต่ในรูปจะมีขนาดที่เพิ่มขึ้นอีก 2 มิลลิเมตรเนื่องจากต้องการให้มีขนาดครอบคลุมระยะอาร์ก ซึ่งจุดโฟกัสของการอาร์กจะอยู่ลึกเข้าไปในวัสดุสะท้อนรังสี 2 มิลลิเมตร โดยในส่วนของระยะอาร์กจะมีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากต้องการให้พลังงานที่สะท้อนกลับมาจากวัสดุสะท้อนรังสีวิ่งเข้าไปใต้บ่อหลอมเพื่อเพิ่มขนาดของแนวเชื่อมจึงได้ออกแบบให้จุดโฟกัสของชิ้นงานเชื่อมอยู่ใต้ชิ้นงานเชื่อม 3 มิลลิเมตร

ในการออกแบบวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ในการทดลองนี้ จะเป็นการออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของหัวเชื่อม และยังต้องมีขนาดที่สอดคล้องกับวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี เพื่อให้การทดลองนั้นมีความใกล้เคียงกันให้มากที่สุดจึงออกแบบสมการได้ดังนี้

สมการพาราโบลอยด์ $$\frac{X^2}{a^2}+\frac{Y^2}{b^2}=cZ$$ .....(4)

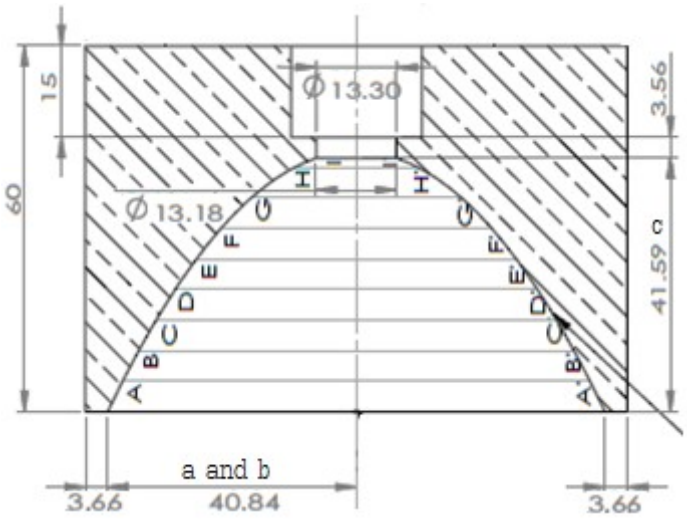
โดยในส่วนของตัวแปร a, b และ c จะเป็นขนาดของรัศมีภายในแกน X, Y และ Z ตามลำดับ ซึ่งการออกแบบจะต้องมีขนาดที่ใกล้เคียงกับวัสดุสะท้องรังสีรูปทรงวงรี และขนาดยังต้องเหมาะสมกับหัวเชื่อมดังนั้นในส่วนของแกน X และ Y จะมีรัศมีเท่ากับ 40.84 มิลลิเมตร และ ในส่วนของแกน Z จะมีรัศมีเท่ากับ 41.59 มิลลิเมตร

ดังสมการ $$\frac{X^2}{40.84^2}+\frac{Y^2}{40.84^2}=41.59\,Z$$ .....(5)

ทำสมการเป็นรูปแบบอย่างง่ายได้ดังนี้

$$X^2+Y^2-263.38^2\,Z=0$$ .....(6)

แล้วจึงนำสมการที่ได้ไปใช้ในการสร้างวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ได้ดังนี้



รูปที่ 3.9 วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ที่ได้จากสมการที่ 6

จากรูปที่ 3.9 จุดโฟกัสของอาร์กจะอยู่สูงขึ้นไปจากผิวล่างสุดของวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ 2 มิลลิเมตรเพื่อต้องการให้การสะท้อนรังสีเป็นเส้นตรงเข้าสู่ชิ้นงานเชื่อม

หลังจากที่ได้สร้างชิ้นงานสะท้อนรังสีรูปทรงวงรีและพาราโบลอยด์โดยการกลึงขึ้นรูปแล้ว จึงนำชิ้นงานสะท้อนรังสีรูปทรงวงรีและพาราโบลอยด์มาชุบด้วยโครเมียมซึ่งจะมีความหนาประมาณ 0.1 มิลลิเมตร เนื่องจากในการสะท้อนรังสีนั้นวัสดุประเภทโครเมียมเป็นวัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีที่สูงดังที่กล่าวมาในบทที่ 2 อีกทั้งยังเป็นวัสดุที่มีราคาถูก หาได้ง่ายจึงเลือกวัสดุนี้มาใช้ในการทดลอง ซึ่งเมื่อนำชิ้นงานสะท้อนรังสีรูปทรงวงรีและพาราโบลอยด์ที่ทำขึ้นจากทองแดงไปชุบโครเมียมแล้วจะได้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรีและพาราโบลอยด์ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี(ภาพซ้าย) และรูปทรงพาราโบลอยด์(ภาพขวา)

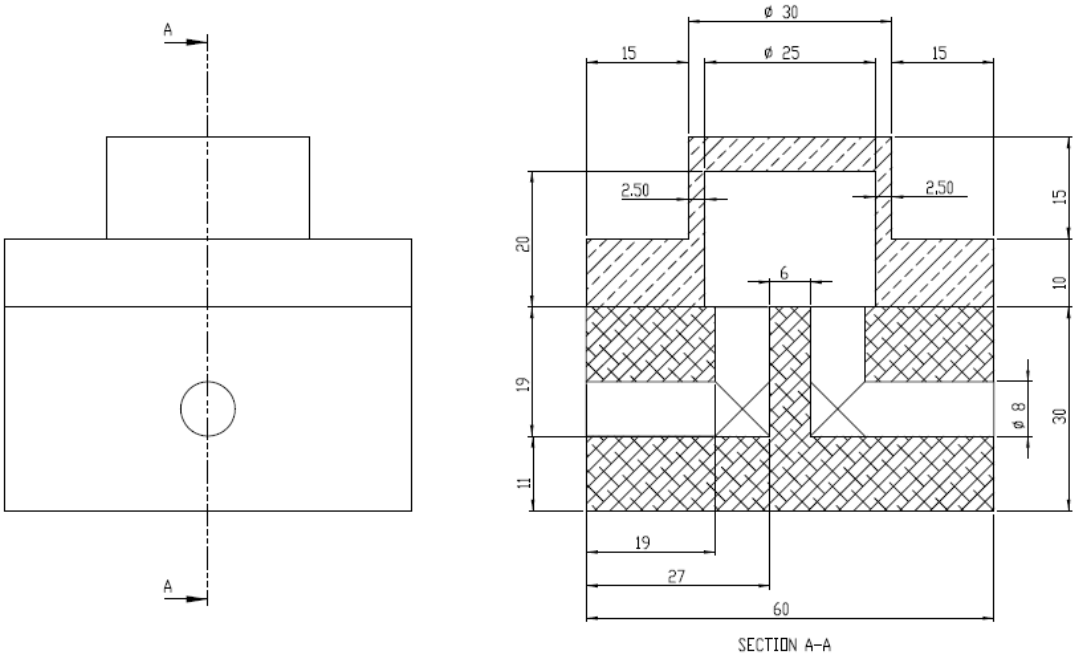
3.3 การเตรียมการทดลอง

3.3.1 การเตรียมชิ้นงาน

จากการออกแบบดำเนินงาน จะสามารถแบ่งการทดลองได้ออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมชิ้นงานสำหรับวัดพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม และการเตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อมเพื่อวัดการหลอมละลายของชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม

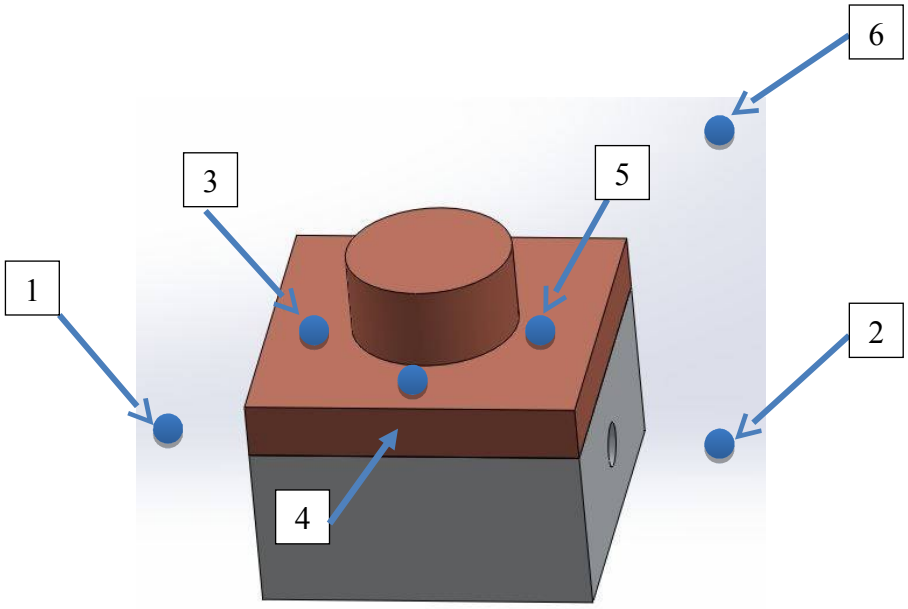
3.3.1.1 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการวัดการถ่ายโอนทางความร้อน

จะทำการเตรียมชิ้นงานโดยใช้แคลอรี่มิเตอร์ที่ทำจากทองแดงมาใช้ในการทำการทดลอง โดยทำการออกแบบชิ้นงานและทำการเจาะรูเพื่อทำหน้าที่เป็นทางไหลผ่านของน้ำในขณะทำการเชื่อม เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการหาค่าการถ่ายโอนทางความร้อนที่เกิดขึ้น ได้แก่การนำความร้อนและการพาความร้อนรวมทั้งการแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ 3.11 รูปร่างและขนาดของชิ้นงานแคลอรี่มิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

สำหรับการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ชนิด Type K ในงานวิจัยนั้น จะทำการติดตั้งอยู่จำนวน 6 จุด ตามภาพ 3.12 ซึ่งเมื่อได้ค่าจากขั้นตอนงานวิจัยแล้ว จะนำค่ามาคำนวณเพื่อหาค่าการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นและนำมาวิเคราะห์และสรุปผลในบทถัดไป



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งในการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ชนิด Type K

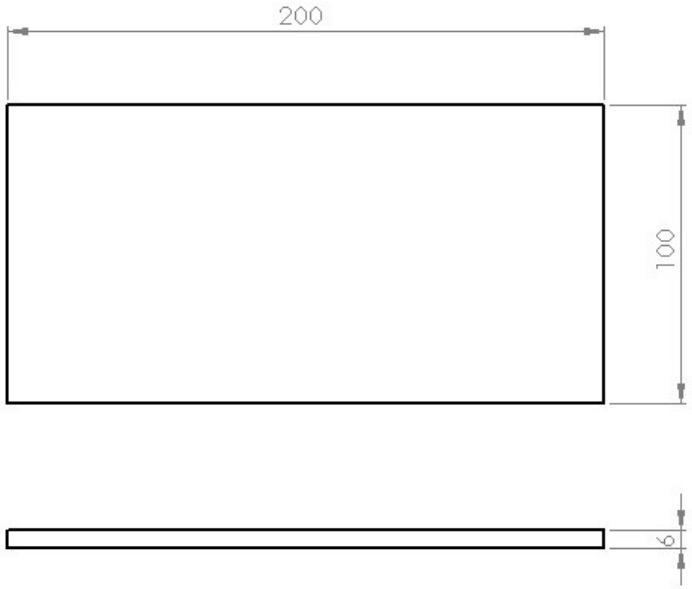
1 = ตำแหน่งน้ำไหลเข้า, 2 = ตำแหน่งน้ำไหลออก

3, 4, 5 = ตำแหน่งพื้นผิวทองแดง, 6 = ตำแหน่งสภาพแวดล้อม

ในส่วนของการบันทึกข้อมูลจะใช้เครื่องเก็บข้อมูล (Data logger) ซึ่งทำงานพ่วงกับสายเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมด 6 ช่อง โดยจะเริ่มทำการบันทึกตั้งแต่เริ่มอาร์กไปจนกระทั่งค่าของอุณหภูมิที่เก็บได้เข้าสู่สภาวะคงที่จึงหยุดการอาร์ก ซึ่งจะเก็บข้อมูลไปจนกระทั่งอุณหภูมิลดลงกลับมาสู่สภาวะปกติ โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมดประมาณ 10 นาที และช่วงในการเก็บข้อมูลจะจัดเก็บข้อมูลทุกๆ 0.1 วินาที เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำมากที่สุด

3.3.1.2 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อมเพื่อวัดการหลอมละลายของชิ้นงาน

นำชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 ขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร ความกว้าง 100 มิลลิเมตร และความยาว 200 มิลลิเมตร ตามรูป 3.13 พร้อมทั้งทำการขัดผิวหน้าของชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนเพื่อขจัดคราบน้ำมันและสนิมที่เกาะชิ้นงาน



รูปที่ 3.13 รูปร่างและขนาดชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าคาร์บอน SS400 คือ เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมหลัก และมีปริมาณธาตุผสมอื่น ๆ อยู่ในปริมาณน้อย ซึ่งตามมาตรฐานของ JIS (Japanese Industrial Standards) นั้นจะไม่ได้กำหนดปริมาณของคาร์บอนไว้ แต่กำหนดค่าของความเค้นวิกฤตที่ทำให้เกิดการคราก (Yield Strength) ไว้ที่ 245 MPa ของโลหะที่มีความหนาไม่เกิน 16 มิลลิเมตร และ 235 MPa ของโลหะที่มีความหนามากกว่าเท่ากับ 16 มิลลิเมตรและกำหนดค่าแรงต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ไว้ที่ 400-510 MPa ส่วน

กำมะถันและฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปของสารมลทินกำหนดให้มีไม่เกิน 0.05 wt% สามารถเปรียบเทียบเหล็กกับมาตรฐาน และส่วนผสมทางเคมีเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำหนักดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 เทียบมาตรฐานเหล็กกล้าคาร์บอน SS400

	Comparison of steel grades	
SS 400 JIS3101	BS 4360	40(A) B
	CSAG40-21	230 G
	IS	IS 226
	ASTM	A36/A 283 C
	ISO 630	FE 360 B

ตามตารางที่ 3.1 เป็นการเปรียบเทียบโลหะเกรด SS400 กับโลหะมาตรฐานอื่นเช่น เมื่อเทียบระหว่างโลหะเกรด SS400 ตามมาตรฐาน JIS G3101 จะเทียบได้กับโลหะเกรด A36 ของมาตรฐาน ASTM

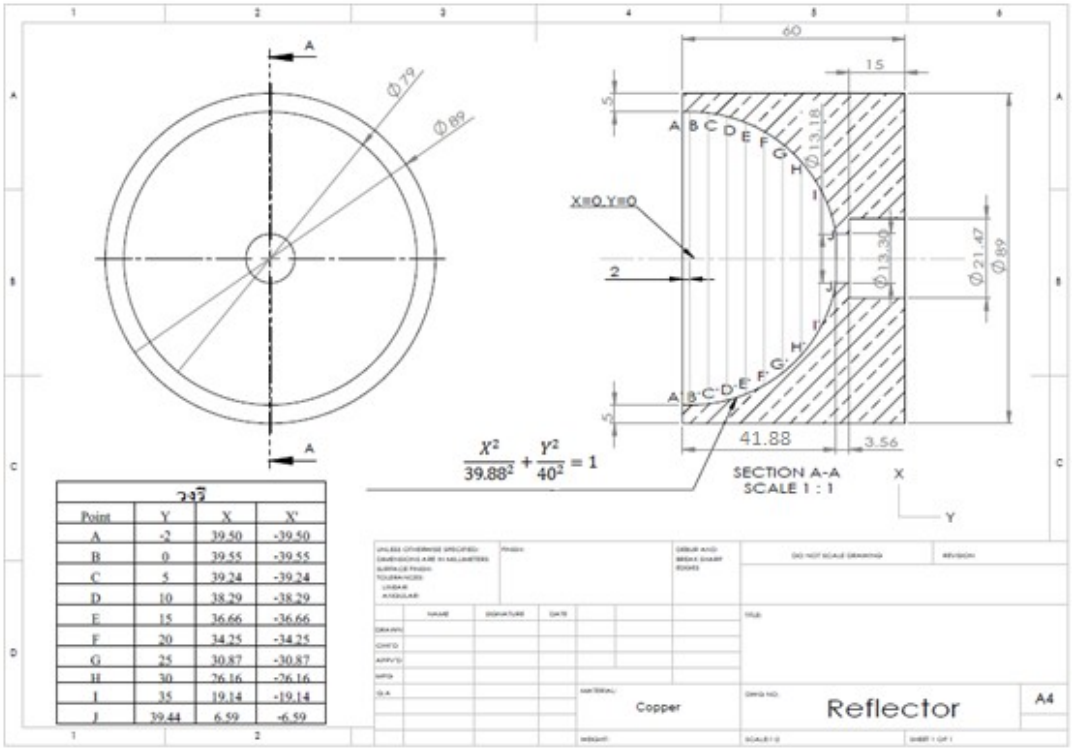
ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมทางเคมีเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 ตามมาตรฐาน JIS G3101

Chemical elements	C. max	Si. max	Mn. max	P max.	S max.
% by mass	-	-	-	0.050	0.050

ตามตารางที่ 3.2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 ตามมาตรฐาน JIS G3101 จะไม่ได้กำหนดปริมาณของคาร์บอน (Carbon) ซิลิกอน (Silicon) และแมงกานีส (Manganese)ไว้ เพียงแต่กำหนดค่าของความเค้นวิกฤตที่ทำให้เกิดการคราก (Yield Strength) และค่าแรงต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น

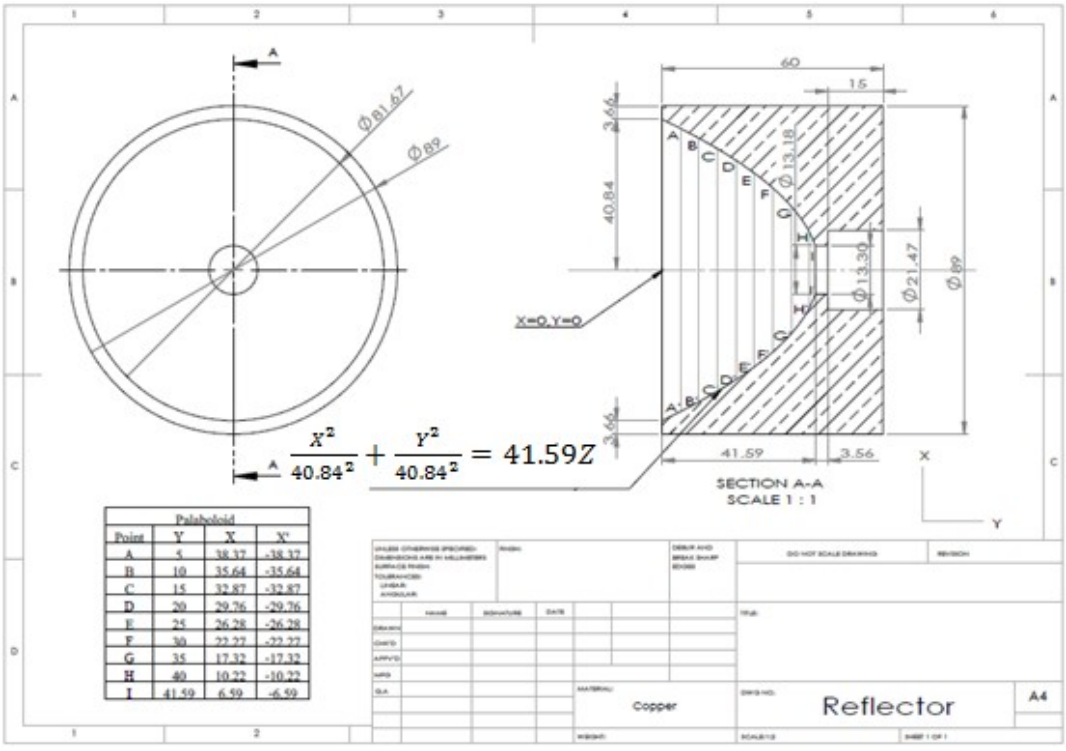
3.3.2 การเตรียมวัสดุสะท้อนรังสีในการเชื่อม

วัสดุสะท้อนรังสีที่จะนำมาใช้ในการทดลองนั้นเป็นวัสดุที่ทำมาจากทองแดง และทำการเคลือบด้วยโครเมียมที่บริเวณพื้นผิวของชิ้นงานที่ใช้ในการสะท้อนการแผ่รังสีความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอาร์กโดยวัสดุสะท้อนที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มี 2 แบบ คือวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี ตามรูปที่ 3.13 และวัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ ตามรูปที่ 3.14



Point	Y	X	X'
A	-2	39.50	-39.50
B	0	39.55	-39.55
C	5	39.24	-39.24
D	10	38.29	-38.29
E	15	36.66	-36.66
F	20	34.25	-34.25
G	25	30.87	-30.87
H	30	26.16	-26.16
I	35	19.14	-19.14
J	39.44	6.59	-6.59

รูปที่ 3.14 รูปร่างและขนาดของวัสดุสะท้อนรูปทรงวงรี



Point	Y	X	X'
A	5	38.37	-38.37
B	10	35.64	-35.64
C	15	32.87	-32.87
D	20	29.76	-29.76
E	25	26.28	-26.28
F	30	22.27	-22.27
G	35	17.32	-17.32
H	40	10.22	-10.22
I	41.59	6.59	-6.59

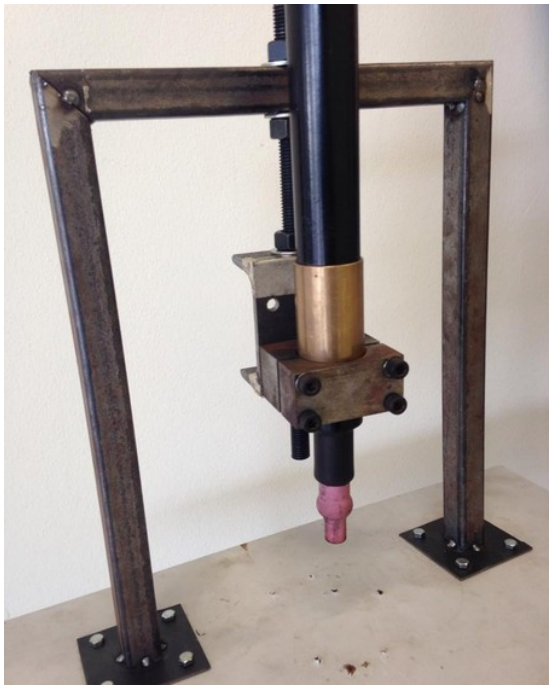
รูปที่ 3.15 รูปร่างและขนาดของวัสดุสะท้อนรูปทรงพาราโบลอยด์

3.3.3 การเตรียมอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมชิ้นงาน

อุปกรณ์ในการจับยึดหัวเชื่อมสร้างขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อจับยึดหัวเชื่อม โดยจะทำการจับยึดแบบสวมแล้วทำการยึดด้วยสกรู ซึ่งในการทดลองจะอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมอยู่ 2 แบบ คืออุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบอยู่กับที่และอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบเคลื่อนที่

3.3.3.1 อุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบอยู่กับที่

จะใช้ในการทดลองอาร์กลงบนแคลอรี่มิเตอร์เพื่อวัดพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในงานเชื่อม ทำมาจากวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน โดยจะนำมาเชื่อมโครงให้ยึดติดกัน และทำการเจาะรูบริเวณตรงกลางเพื่อนำนอตตัวผู้และนอตตัวเมียมาประกอบ เพื่อไว้สำหรับปรับขนาดความสูงให้เหมาะสม



รูปที่ 3.16 รูปร่างและขนาดของอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบอยู่กับที่

3.3.3.2 อุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบเคลื่อนที่

จะใช้ในการทดลองชิ้นงานสำหรับการเชื่อมเพื่อวัดการหลอมละลายของชิ้นงาน โดยจะใช้เครื่องเดินแบบกึ่งอัตโนมัติในการทดลอง

รูปที่ 3.17 รูปร่างของอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบเคลื่อนที่

3.3.4 การเตรียมอุปกรณ์ในการวัดแสงสะท้อน

โดยในการทดลองนี้จะมีการวัดแสงที่สามารถสะท้อนกลับมาได้โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสี (Reflector) เพื่อเป็นการยืนยันว่าวัสดุสะท้อนรังสีนี้สามารถใช้ในการสะท้อนได้ โดยการใช้หลอดไฟแอลอีดี (Light Emitting Diode) ประกอบกับวัสดุสะท้อนรังสี และใช้เครื่องวัดแสงสว่าง (Lux meter) ในการวัดค่าความสว่างของแสงที่เกิดขึ้นของหลอดไฟแอลอีดี และเปรียบเทียบกับการวัดความสว่างของแสงที่เกิดขึ้นจากหลอดไฟแอลอีดีเมื่อไม่ใช้วัสดุสะท้อนรังสี

3.4 การทดลองการเชื่อม

ในการออกแบบการเชื่อมนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 การทดลอง คือการทดลองในการวัดการถ่ายโอนทางความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม และการทดลองในการวัดการซึมลึกของชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม

3.4.1 การทดลองในการหาพลังงานที่เกิดขึ้นในชิ้นงานเมื่อทำการอาร์กลงบนแคลอรี่มิเตอร์

ในการทดลองแรกนี้จะทำการเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดขึ้นในชิ้นงานแคลอรี่มิเตอร์โดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างอาร์กโดยมีวัสดุสะท้อนรังสี และไม่มีวัสดุสะท้อนรังสี เพื่อหาความแตกต่างของพลังงานที่เกิดขึ้น

3.4.1.1 การทดลองที่ 1 ทำการทดลองเพื่อหาความส่องสว่าง (Illuminance) ที่ได้จากการใช้วัสดุสะท้อนรังสี

1) เตรียมหลอดแอลอีดีขนาด 3 โวลต์ติดตั้งกับถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์ 2 ก้อนในสภาพใหม่

2) นำหลอดแอลอีดีเปิดสว่างมาฉายลงเครื่องวัดแสงสว่าง (Lux Meter) โดยไม่ใช้วัสดุสะท้อนรังสีเพื่อวัดความส่องสว่างที่เกิดขึ้น

3) นำหลอดแอลอีดีเปิดสว่างมาฉายลงเครื่องวัดแสงสว่าง (Lux Meter) โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี เพื่อวัดความส่องสว่างที่เกิดขึ้น โดยมีระยะห่างระหว่างหลอดแอลอีดีกับลักซ์มิเตอร์เท่ากับ 3 มิลลิเมตร

4) นำหลอดแอลอีดีเปิดสว่างมาฉายลงเครื่องวัดแสงสว่าง (Lux Meter) โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ เพื่อวัดความส่องสว่างที่เกิดขึ้น โดยมีระยะห่างระหว่างหลอดแอลอีดีกับลักซ์มิเตอร์เท่ากับ 3 มิลลิเมตร

5) นำค่าความส่องสว่างที่ได้จากการฉายแสงของหลอดแอลอีดีในการใช้และไม่ใช้วัสดุสะท้อนรังสีมาเปรียบเทียบกัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.4.1.2 การทดลองที่ 2 ทำการทดลองเพื่อหาพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในการอาร์กบนแคลอรี่มิเตอร์

1) เตรียมชิ้นงานแคลอรี่มิเตอร์ (Calorimeter)

2) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลและอุปกรณ์ปั๊มน้ำเข้ากับชิ้นงาน

3) ติดตั้งชิ้นงาน และติดตั้งเครื่องเชื่อมทังสเตนซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองดังตารางที่ 3.3

4) ทำการอาร์กด้วยกระแส 50, 120 และ 180 แอมแปร์ ตามลำดับ โดยไม่ใส่ตัววัสดุสะท้อนรังสี

5) ทำการอาร์กด้วยกระแส 50, 120 และ 180 แอมแปร์ ตามลำดับ โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี

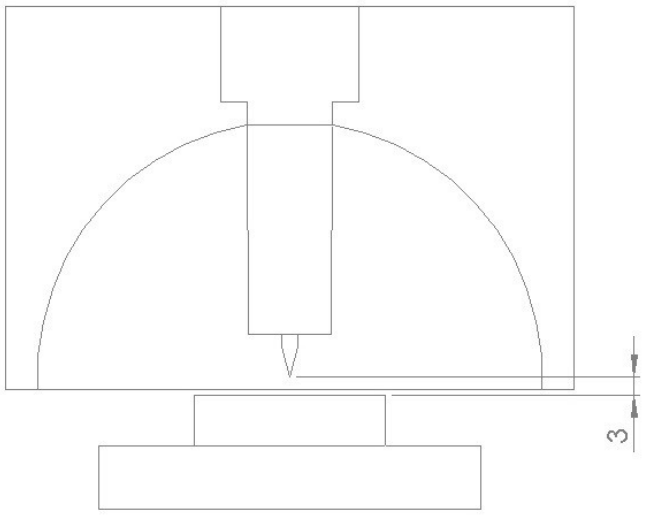
6) ทำการอาร์กด้วยกระแส 50, 120 และ 180 แอมแปร์ ตามลำดับ โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์

7) ในการอาร์กทั้งหมดในการทดลองนี้จะเป็นการอาร์กอยู่กับที่ และอาร์กจนกระทั่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเข้าสู่สภาวะคงตัวจึงจะทำการหยุดอาร์ก แต่ในส่วนของข้อมูลที่จัดเก็บจากเทอร์โมคัปเปิลจะจัดเก็บจนกระทั่งอุณหภูมิภายในระบบกลับสู่สภาวะปกติ

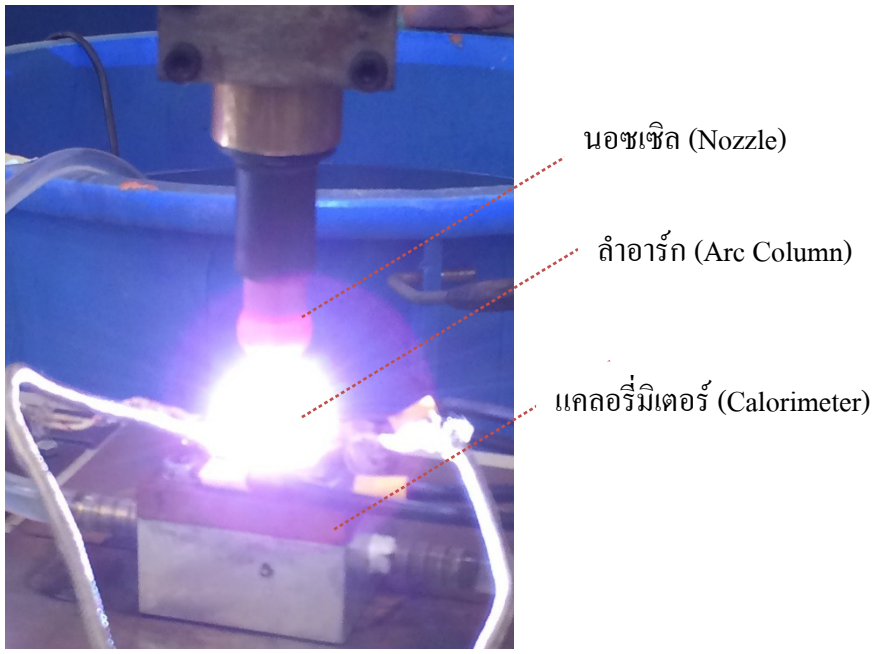
8) นำค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมคัปเปิลและแคลอรี่มิเตอร์ มาแปรผลหาค่าของพลังงานที่เกิดขึ้นในชิ้นงานแคลอรี่มิเตอร์และอุณหภูมิผิวชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัสดุสะท้อนรังสี

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 2

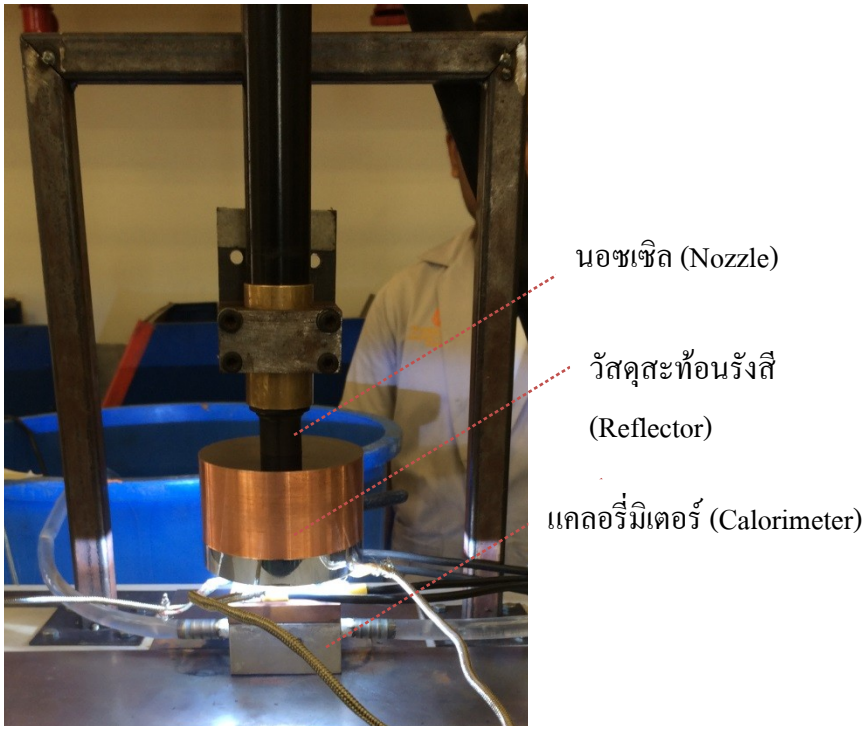
ชนิดของทังสเตนอิเล็กโทรด (Electrode Type)	2% Thoriated (EWTh-2)
ขนาดของทังสเตนอิเล็กโทรด (Electrode Diameter)	2.4 มิลลิเมตร
มุมของทังสเตนอิเล็กโทรด (Vertex Angle)	30°
กระแสไฟฟ้า (Current)	50-180 แอมแปร์
ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage)	11.5-15 โวลต์
ขนาดนอซเซิล (Nozzle Size)	9.5 มิลลิเมตร
ระยะอาร์ก (Arc Length)	3 มิลลิเมตร
อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม (Gas Flow Rate)	10 ลิตร/นาที
อัตราเร็ว (Travel Speed)	เชื่อมอยู่กับที่



รูปที่ 3.18 ลักษณะการวางวัสดุสะท้อนรังสีและชิ้นงาน



รูปที่ 3.19 การอาร์กลงแคลอรี่มิเตอร์แบบไม่มีวัสดุสะท้อนรังสี



รูปที่ 3.20 การอาร์กลงบนแคลอรี่มิเตอร์แบบมีวัสดุสะท้อนรังสี

3.4.2 การทดลองในการวัดขนาดของแนวเชื่อมที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนโดยใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม

ในการทดลองที่ 3 นี้จะทำการเชื่อมที่ชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 โดยจะวัดขนาดแนวของเชื่อมเพื่อดูแนวโน้มของวัสดุสะท้อนรังสีในแต่ละรูปทรงที่ส่งผลต่อขนาดของแนวเชื่อมที่เกิดขึ้นว่ามีผลเป็นอย่างไร

3.4.2.1 การทดลองที่ 3 ทำการทดลองเพื่อหาขนาดของแนวเชื่อมบนเหล็กกล้าคาร์บอน SS400

1) เตรียมชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 ขนาด 200 x 100 x 6 มิลลิเมตร พร้อมทำการปาดผิวหน้าเหล็กกล้าในด้านที่จะใช้ในการเชื่อม

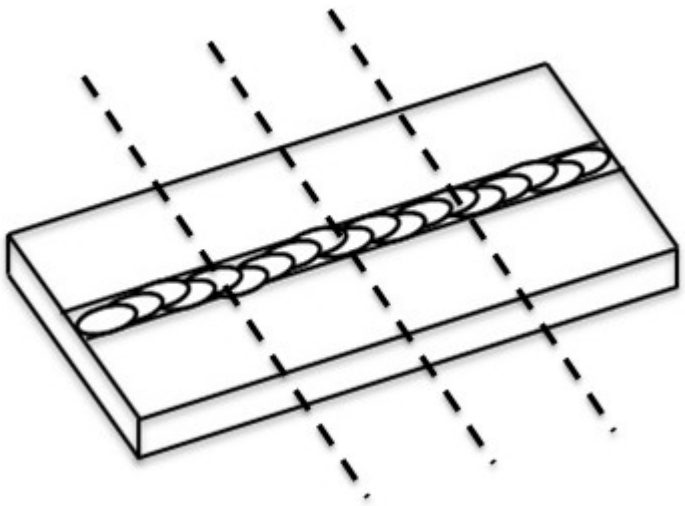
2) ติดตั้งเครื่องเชื่อม เข้ากับเครื่องเดินกึ่งอัตโนมัติ โดยมีพารามิเตอร์ดังตารางที่ 3.4

3) ทำการเชื่อมด้วยกระแส 50, 80, 120, 150 และ 180 แอมแปร์ ตามลำดับ โดยไม่ใส่ตัววัสดุสะท้อนรังสี

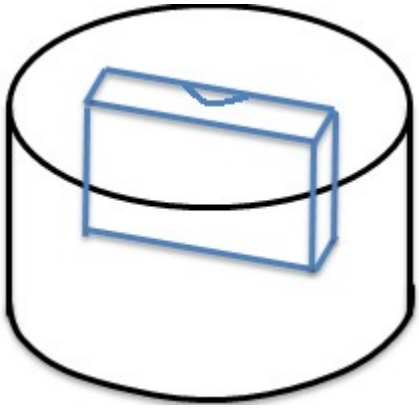
4) ทำการเชื่อมด้วยกระแส 50, 80, 120, 150 และ 180 แอมแปร์ ตามลำดับ โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสี รูปทรงวงรี

5) ทำการเชื่อมด้วยกระแส 50, 80, 120, 150 และ 180 แอมแปร์ ตามลำดับ โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสี รูปทรงพาราโบลอยด์

6) นำชิ้นงานตัดและหล่อด้วยเรซินใส เพื่อขัดดูโครงสร้าง



รูปที่ 3.21 การตัดชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 3.22 ชิ้นงานที่ทำการหล่อด้วยเรซินใส

7) นำชิ้นงานที่ได้มาทำการขัดกระดาษทรายด้วยสายพาน และเริ่มขัดกระดาษทรายที่เบอร์ 180, 240, 360, 400, 500, 600, 800, 1000 และ 1200 ตามลำดับ

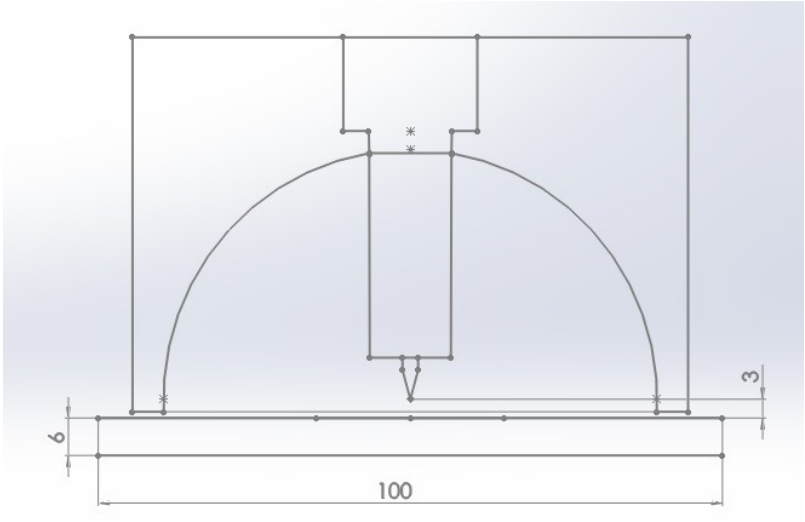
8) นำชิ้นงานมาทำการขัดละเอียด

9) นำชิ้นงานมากัดกรดไนตริก (Nitric Acid) 2% เป็นเวลา 10 วินาที

10) ทำการสแกนผิวหน้าชิ้นงาน พร้อมวัดขนาดพื้นที่ของบ่อหลอมละลาย เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 3

ชนิดของทังสเตนอิเล็กโทรด (Electrode Type)	2% Thoriated (EWTh-2)
ขนาดของทังสเตนอิเล็กโทรด (Electrode Diameter)	2.4 มิลลิเมตร
มุมของทังสเตนอิเล็กโทรด (Vertex Angle)	30°
กระแสไฟฟ้า (Current)	50-180 แอมแปร์
ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage)	11.5-15 โวลต์
ขนาดนอซเซิล (Nozzle Size)	9.5 มิลลิเมตร
ระยะอาร์ก (Arc Length)	3 มิลลิเมตร
อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม (Gas Flow Rate)	10 ลิตร/นาที
อัตราเร็ว (Travel Speed)	10 เซนติเมตร/นาที



รูปที่ 3.23 ลักษณะการวางวัสดุสะท้อนรังสีและชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน

3.4.2.2 การทดลองที่ 4 ทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการหลอมโลหะ

1) เตรียมชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน SS400

2) ติดตั้งเครื่องเชื่อม เข้ากับอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมแบบอยู่กับที่

3) ทำการเชื่อมด้วยกระแส 50 แอมแปร์โดยไม่ใช้วัสดุสะท้อนรังสี และจับเวลาในการอาร์กโดยเริ่ม ณ เวลาเริ่มอาร์กจนกระทั่งผิวโลหะเกิดบ่อหลอม (Weld Pool)

4) ทำการเชื่อมด้วยกระแส 50 แอมแปร์โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงวงรี และจับเวลาในการอาร์กโดยเริ่ม ณ เวลาเริ่มอาร์กจนกระทั่งผิวโลหะเกิดบ่อหลอม (Weld Pool)

5) ทำการเชื่อมด้วยกระแส 50 แอมแปร์โดยใช้วัสดุสะท้อนรังสีรูปทรงพาราโบลอยด์ และจับเวลาในการอาร์กโดยเริ่ม ณ เวลาเริ่มอาร์กจนกระทั่งผิวโลหะเกิดบ่อหลอม (Weld Pool)

6) นำระยะเวลาเริ่มอาร์กจนกระทั่งผิวโลหะเกิดบ่อหลอมที่ได้จากการเชื่อมโดยใช้ และไม่ใช้วัสดุสะท้อนรังสี มาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง