บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW) ร่วมการอบคืนตัวรอยเชื่อมต่อสมบัติการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 มีขั้นตอน และมีวิธีการในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW) ตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อมได้แก่ กระแสไฟฟ้า ความเร็วที่ใช้ในการเดินแนวเชื่อมและช่วงการเชื่อมทับแนวเชื่อม, เครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อม ได้แก่ เครื่องเชื่อม ชนิดและประเภทต่างๆ ของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ การทดสอบหาค่าความแข็งและการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน

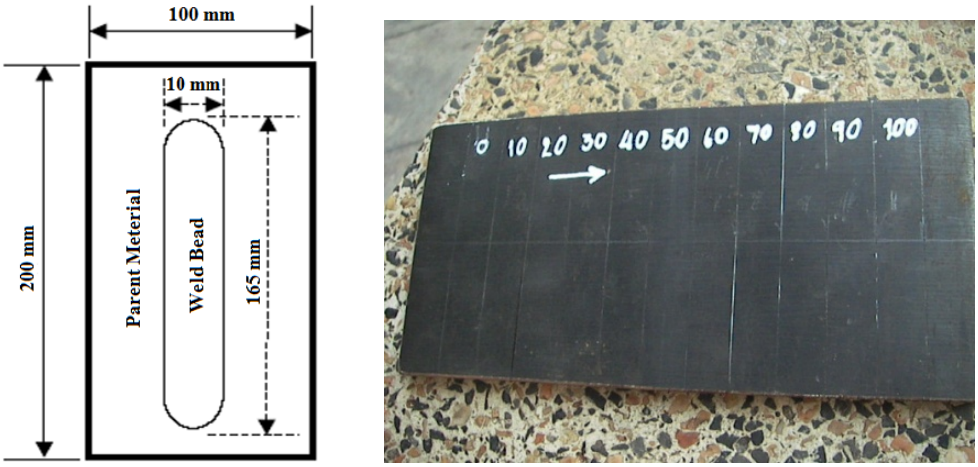
3.1.1 ในการทดลองได้มีการใช้ เครื่องเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW) ที่เป็นตัวเชื่อม ซึ่งประกอบเข้ากับเครื่องตัดแก๊สแบบเส้นตรงเพื่อเป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตราความเร็วในการเชื่อม โดยชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองคือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010

3.1.2 กำหนดตัวแปรในการทดลองคือ ตัวแปรต้นได้แก่ กระแสไฟฟ้า มี 3 ระดับคือ 250, 300 และ 350 Amp. ความเร็วในการเชื่อมมี 3 ระดับคือ 400, 450 และ 500 มม./นาที และแก๊สที่ใช้ในการปกคลุมแนวเชื่อมใช้อาร์กอน+แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในการเชื่อมใช้แก๊สอาร์กอน 80.% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 20% สำหรับตัวแปรตามได้แก่ ค่าความแข็งของรอยเชื่อม สำหรับในการทดลองจะมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดลอง

3.2.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 มีส่วนผสมเคมีดังตารางที่ 3.1 ในรูปของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ที่ผ่านกระบวนการรีดมามีความหนา 9 มิลลิเมตร ความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	V
0.12	0.24	0.32	0.02	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.001

3.2.2 เครื่องเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

ในการทดลองการวิจัยจะใช้ กระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW) ด้วยเครื่องเชื่อมยี่ห้อ CIGWELD รุ่น TRANSMIG 400 พร้อมชุดป้อนลวดเชื่อมแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.2 การเชื่อมจะประกอบหัวเชื่อม (Gun) เข้ากับชุดอุปกรณ์ช่วยการเชื่อม

รูปที่ 3.2 เครื่องเชื่อม CIGWELD รุ่น TRANSMIG 400

3.2.3 ลวดเชื่อม (Filler Metal) ER-70s-6

ลวดเชื่อมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีส่วนผสมทางเคมี ดังตารางที่ 3.2 เป็นลวดเชื่อมยี่ห้อ YAVATA รุ่น ER-70s-6 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร บรรจุเป็นม้วนในหลอดพลาสติก น้ำหนัก 15 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ลวดเชื่อม ER-70s-6

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อม (Filler Metal) ER-70s-6

C	Si	Mn	P	S
0.10	0.88	1.45	0.012	0.014

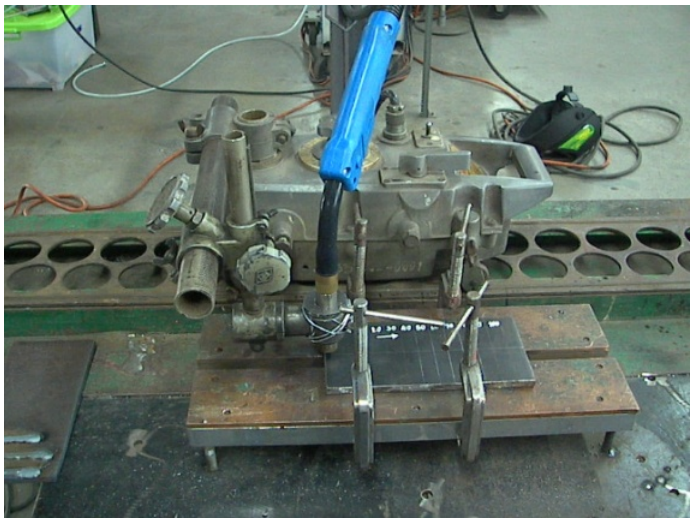
3.2.4 ชนิดของแก๊สปกคลุมที่ในการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

แก๊สที่ใช้ปกคลุมแนวเชื่อมแต่ละแนวในการวิจัยครั้งนี้คือแก๊สอาร์กอน+แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ของแก๊สอาร์กอน 80% และความบริสุทธิ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 20%โดยใช้อัตราการไหลของแก๊ส 15 ลิตรต่อนาที การปรับอัตราการไหลของแก๊สปกคลุมแนวเชื่อมใช้เครื่องผสมแก๊ส (Gas Mixer) ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องผสมแก๊ส (Gas Mixer)

3.2.5 อุปกรณ์ควบคุมอัตราความเร็วในการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมความเร็วในการเชื่อมให้คงที่ได้ด้วยมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ซึ่งดัดแปลงมาจากเครื่องตัดโลหะแผ่นด้วยแก๊ส พร้อมกับสร้างตัวจับหัวเชื่อมของเครื่องเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม(GMAW) ดังรูป ซึ่งจะทำให้การเชื่อมเป็นแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ช่วยการเชื่อม

3.2.6 เครื่องทดสอบความแข็ง

เครื่องทดสอบสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลแบบการทดสอบความแข็ง สเกลที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Vickers Testing เครื่องหมายการค้า ESEWAY รุ่น EW-4500 เป็นเครื่องทดสอบสามารถทดสอบความแข็งได้โดยใช้แรงกดในการวัดค่าความแข็ง 5 kg. ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องทดสอบความแข็ง

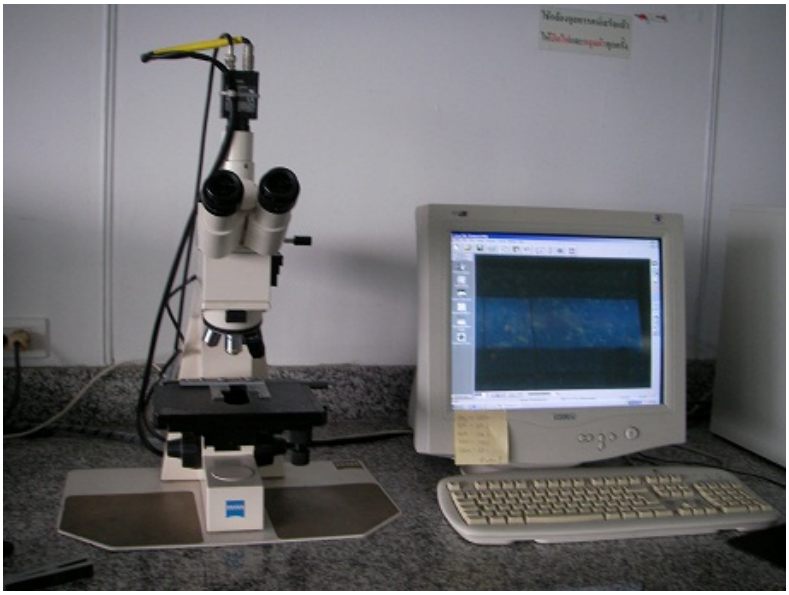
3.2.7 เครื่องขัดผิว

เครื่องขัดผิวมัน (Polishing) ใช้สำหรับขัดละเอียดเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและโครงสร้างมหาภาค เพื่อศึกษาโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010

รูปที่ 3.7 เครื่องขัดผิวมัน

3.2.8 กล้องจุลทรรศน์

กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) ใช้ในการส่องดูโครงสร้างของชิ้นงานบริเวณชิ้นงาน,เนื้อแนวเชื่อม และบริเวณผลกระทบร้อน



รูปที่ 3.8 กล้องจุลทรรศน์

3.3 ขั้นตอนก่อนการออกแบบการทดลอง

3.3.1 การทดลองทำการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1010 เพื่อหาปริมาณของกระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า และความเร็วในการเชื่อม ซึ่งปริมาณของกระแสที่สามารถเชื่อมได้มีค่าอยู่ระหว่าง 250 Amp. 300 Amp. และ350 Amp.

3.3.2 ความเร็วในการเชื่อมมีค่าอยู่ระหว่าง 400 มิลลิเมตรต่อนาที 450 มิลลิเมตรต่อนาที และ 500 มิลลิเมตรต่อนาที

3.3.3 อัตราการไหลของแก๊สที่สามารถเชื่อมได้มีค่าอยู่ระหว่าง 15 ลิตรต่อนาที

3.3.4 การทดลองในครั้งนี้ได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ตัวแปรต้น ได้แก่ ปริมาณของกระแสไฟฟ้า และความเร็วในการเชื่อม และช่วงเปอร์เซ็นของการเชื่อมทับแนวสำหรับตัวแปรตามได้แก่ ค่าความแข็งของชิ้นงาน

3.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

3.4.1 การออกแบบการทดลองประกอบด้วยชิ้นงานที่ใช้เชื่อมทดลองทั้งหมด 3 ชิ้น

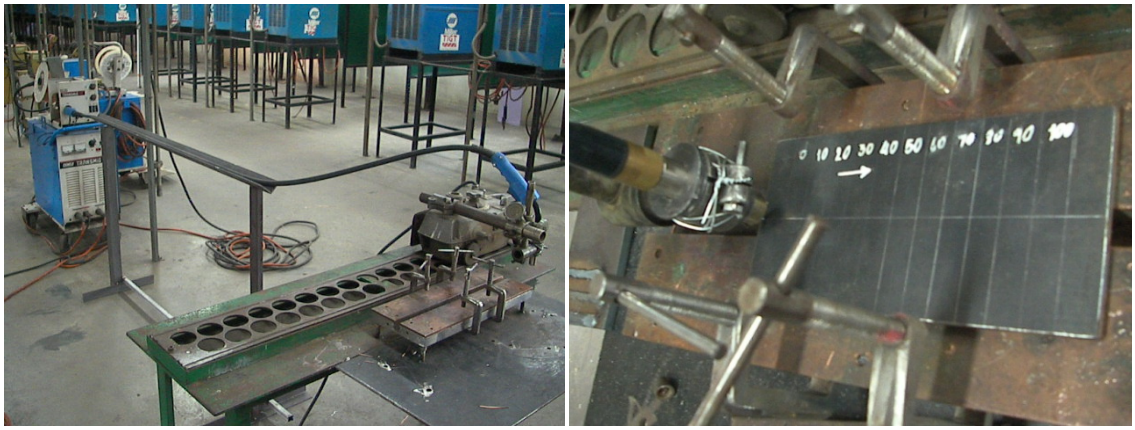
3.4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าและความเร็วในการเชื่อม

3.4.3 ในการวิจัยการทดลอง ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองระหว่างความสัมพันธ์ทั้ง 3 ตัวแปรโดยทดลองชิ้นงานจำนวน 3 ชิ้นโดย

- ชิ้นที่ 1 กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 250 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อม 400 มิลลิเมตรต่อนาที
- ชิ้นที่ 2 กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 300 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อม 450 มิลลิเมตรต่อนาที
- ชิ้นที่ 3 กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 340 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อม 500 มิลลิเมตรต่อนาที

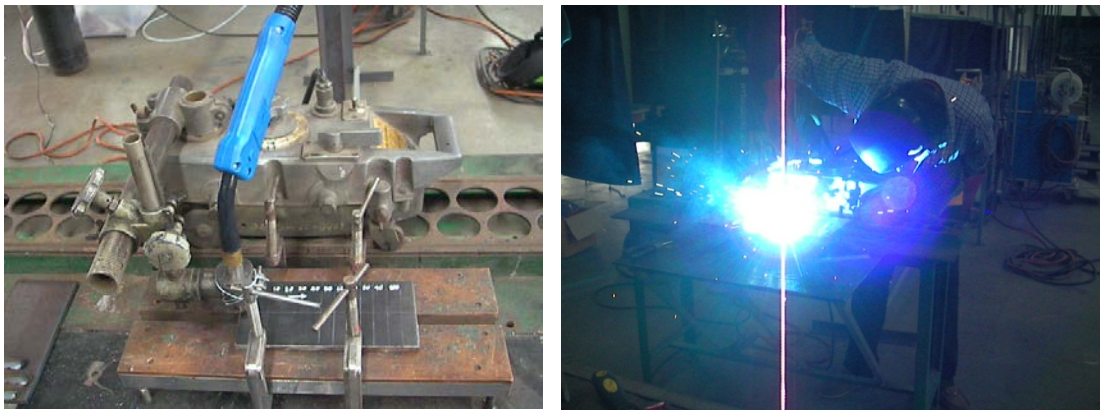
3.5 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการทดลอง

3.5.1 นำชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 มาวางประกอบบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน และยึดให้แน่น ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การจับยึดชิ้นงาน

3.5.2 ในขั้นตอนการทดลองเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ด้วยกระบวนการเชื่อม พร้อมทั้งทำการติดตั้งหัวเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์เดินเชื่อมอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.10

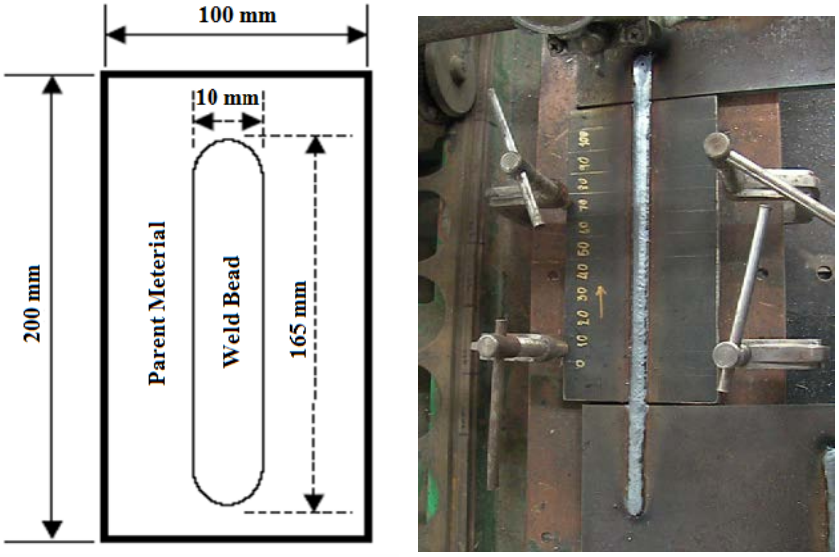


รูปที่ 3.10 อุปกรณ์เดินแนวเชื่อมอัตโนมัติ

3.5.3 ปรับปริมาณของกระแสไฟฟ้า และความเร็วในการเชื่อมตามลำดับการทดลอง

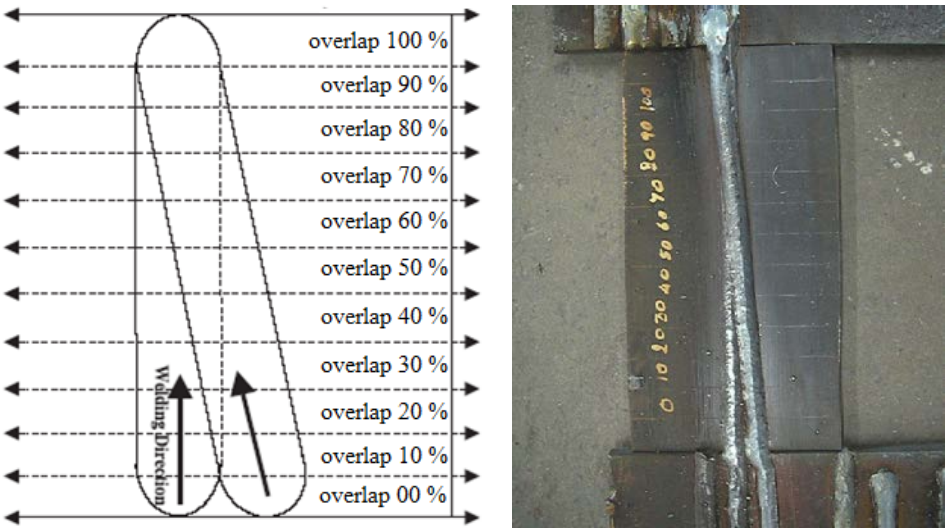
- ชิ้นที่ 1 กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 250 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อม 400 มิลลิเมตรต่อนาที
- ชิ้นที่ 2 กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 300 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อม 450 มิลลิเมตรต่อนาที
- ชิ้นที่ 3 กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 350 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อม 500 มิลลิเมตรต่อนาที

3.5.4 ทำการเชื่อมชิ้นงาน การเชื่อมชิ้นงานที่ใช้เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 จำนวน 3 ชิ้น เชื่อมชิ้นงานในท่าราบ โดยให้แนวเชื่อมทับกันด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW) ดังรูปที่ 3.11 แสดงการเชื่อมชิ้นงาน



(ก) (ข)

รูปที่ 3.11 ชิ้นงานทดลอง (ก) ภาพจำลองขนาดแนวเชื่อมและขนาดของชิ้นงาน (ข) ภาพชิ้นงานจริงที่ทำการเชื่อมด้วยกรรมวิธีการเชื่อมแบบ GMAW



(ก) (ข)

รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการเชื่อมชิ้นงาน (ก) ภาพจำลองแนวเชื่อมที่เชื่อมทับแนว (ข) ภาพชิ้นงานจริงที่เชื่อมทับแนวด้วยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

3.5.5 หลังจากการเชื่อมเสร็จแล้วปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัว แล้วนำชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้วออกจากอุปกรณ์จับยึดในการเชื่อม ดังรูปที่ 3.13 ชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้ว

รูปที่ 3.13 ชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้ว

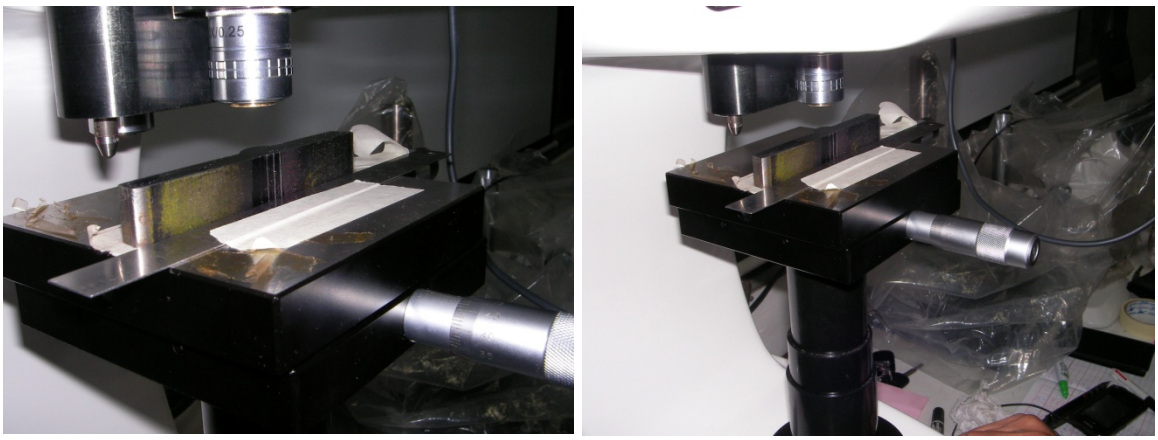
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกลแบบการทดสอบความแข็ง

1. นำชิ้นงานทดสอบที่เชื่อมเสร็จแล้ว นำมาตัดให้ชิ้นงานมีขนาดความหนาเท่ากับ 9 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 15 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 100 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่อง Weir Cut เพื่อความเที่ยงตรงเท่ากันของชิ้นงาน

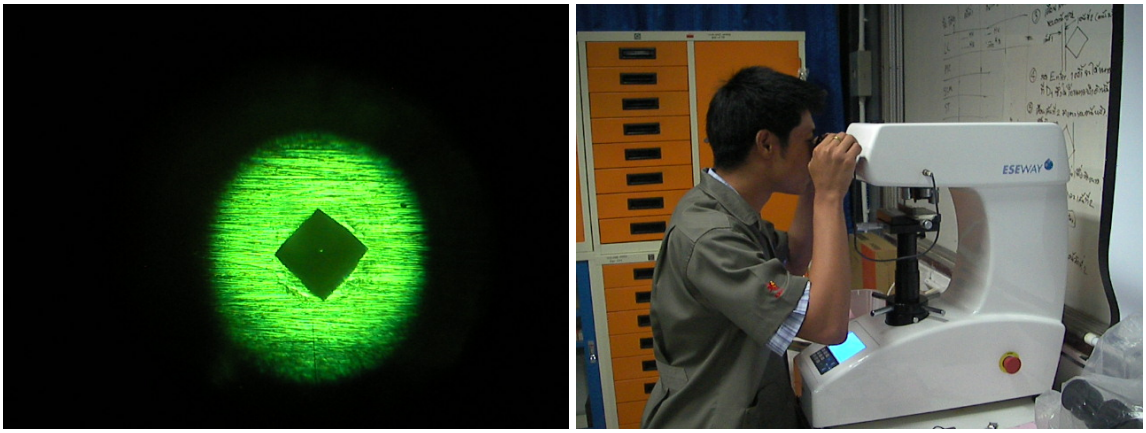
รูปที่ 3.14 ชิ้นงานที่ตัดด้วยเครื่อง Weir Cut

2.นำชิ้นงานเชื่อมที่ตัดเสร็จเรียบร้อยแล้วมาทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบหาค่าความแข็งตามมาตรฐานการทดสอบแนวเชื่อม



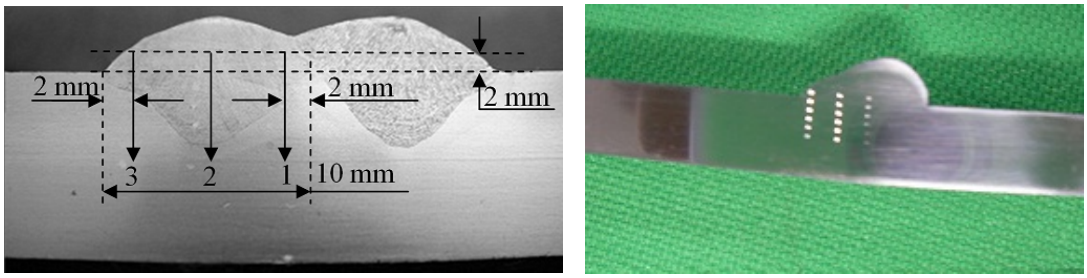
รูปที่ 3.15 การจัดตำแหน่งชิ้นงานในการทดสอบหาค่าความแข็ง

3. นำชิ้นงานที่ทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบไปทดสอบค่าความแข็ง ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบเอนกประสงค์ (Micro Hardness Test) ด้วย สเกล Vickers Testing



รูปที่ 3.16 การทดสอบหาค่าความแข็งของชิ้นงาน

4. บันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบหาค่าความแข็ง โดยการวัดค่าความแข็งที่รอยเชื่อมวัดจำนวน 3 จุด แล้วทำการเฉลี่ยค่าที่ได้จากการทดสอบ ในการหาค่าความแข็ง ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.17 รูปร่างของชิ้นงานทดสอบหาค่าความแข็ง

3.7 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและโครงสร้างมหภาคของรอยเชื่อม

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมแต่ละรอยเชื่อมที่ได้จากการใช้ปริมาณของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความเร็วในการเชื่อมที่แตกต่างกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชิ้นงานทดสอบมาขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 400 ,600 ,800 ,1,000 ,1200 และ 1500 เพื่อปรับผิวหน้าชิ้นทดสอบและทำการขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดสักหลาด (Polishing)

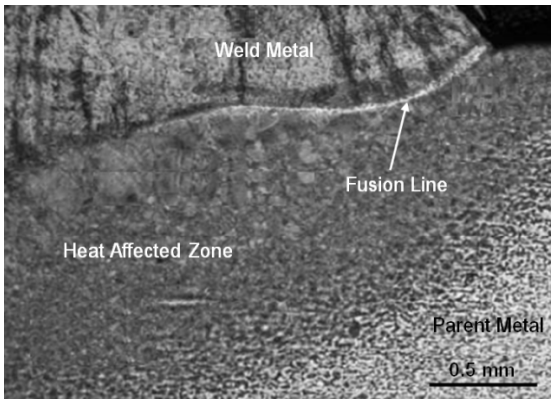
2. นำชิ้นงานมากัดผิวหน้า

2.1 การส่องดูโครงสร้างจุลภาค โดยใช้สารเคมีที่ใช้ในการกัดกรดโดยมีส่วนผสมระหว่าง Methanol 98% ผสมกับ Nitric acid 2% และแช่ผิวหน้างานใช้เวลา 3-5 วินาที

2.2 การส่องดูโครงสร้างมหภาค โดยใช้สารเคมีที่ใช้ในการกัดกรดโดยมีส่วนผสมระหว่าง Methanol 95% ผสมกับ Nitric acid 5% และแช่ผิวหน้างานใช้เวลา 5-8 วินาที

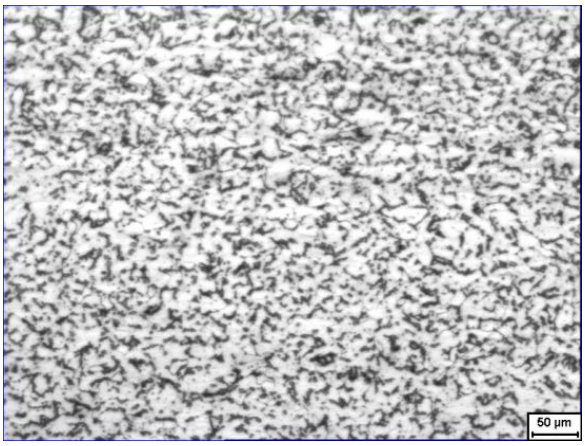
รูปที่ 3.18 แสดงสารเคมีที่ใช้ในการกัดผิวหน้าชิ้นงาน

3. การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม โดยการนำชิ้นงานที่ทำการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม (GMAW) มาทำการตรวจสอบที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 500 เท่าโดยทำการพิจารณาบริเวณผิวหน้าของรอยเชื่อมของชิ้นงานทดลอง ดังรูปที่ 3.15

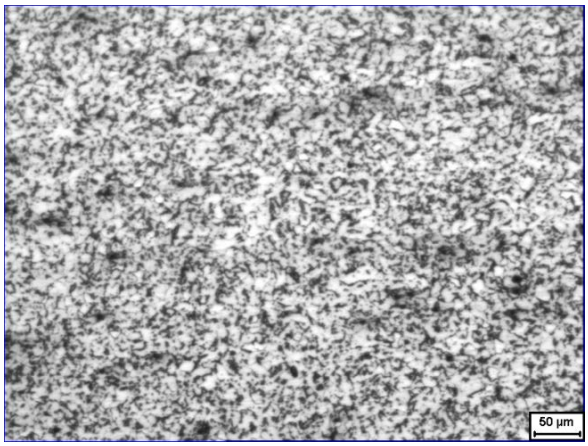


รูปที่ 3.19 แสดงโครงสร้างมหภาคบริเวณเนื้อชิ้นงาน, เนื้อแนวเชื่อม และบริเวณผลกระทบร้อน

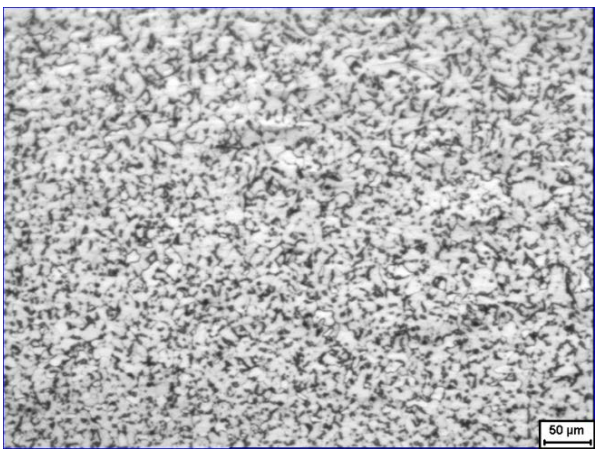
ที่มา : Aloraier, A. Ibrahim ,R. and P. Thomson (2006)



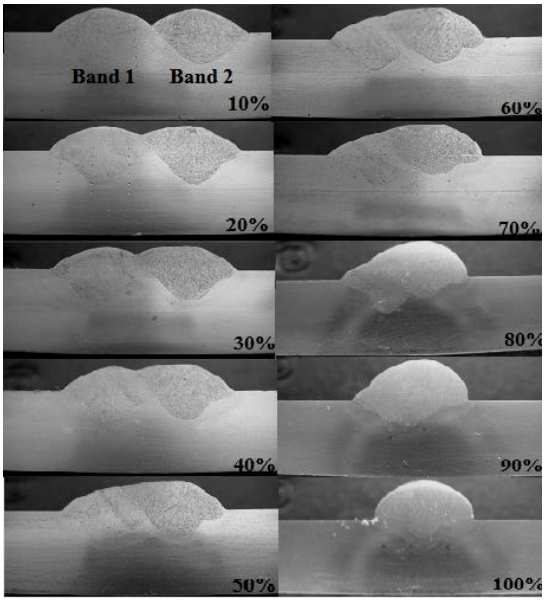
รูปที่ 3.20 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน



รูปที่ 3.21 แสดงโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อนก่อนเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อม



รูปที่ 3.22 แสดงโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อนหลังเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อม



รูปที่ 3.23แสดงโครงสร้างมหภาคของส่วนหน้าตัดขวางของแนวเชื่อมตามเปอร์เซ็นต์ที่เชื่อมทับแนว

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.8.1 ค่าเฉลี่ยมัชฌิมเลขคณิต (Mean) [19] เป็นการหาแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางหรือค่าเฉลี่ยจากคะแนนที่แจกแจงความถี่แล้ว

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ X คือ ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ คือ ผลรวมค่าคะแนน

n คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง