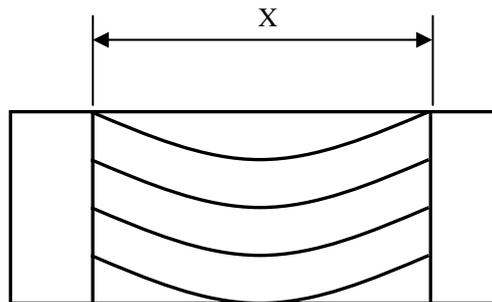
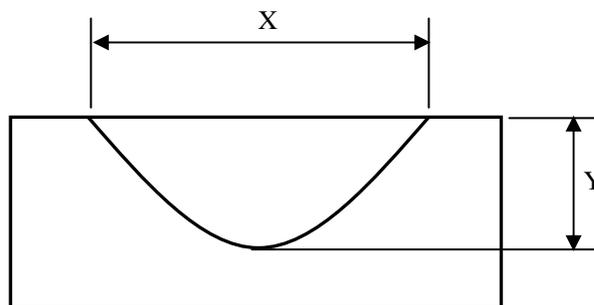


บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

หลังจากทำการเชื่อมโลหะอลูมิเนียม 6063 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คด้วยแท่งทั้งสแตนแบบ หมุนวนอิเล็กทรอนิกส์ โหนดเชื่อมที่ได้จะถูกนำมาทำการตรวจสอบโครงสร้าง โดยแบ่งเป็นการตรวจสอบ โครงสร้างระดับมหภาคและโครงสร้างระดับจุลภาค เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ใช้ในกระบวนการ เชื่อม อันได้แก่ ความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กทรอนิกส์ กระแสไฟฟ้าและความเร็วเดินแนวเชื่อมต่อ พื้นผิวที่ทำการเชื่อม หลังจากนั้นทำการทดสอบความแข็งของแนวเชื่อม เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างค่าของความแข็งกับลักษณะโครงสร้างของแนวเชื่อมที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรในการเชื่อม การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคจะทำการตรวจสอบความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อม โดยการวัดขนาดจากด้านผิวหน้าและด้านซึมลึกของแนวเชื่อม ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

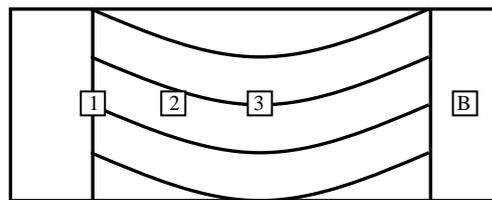


รูปที่ 4.1 ลักษณะการวัดความกว้างของแนวเชื่อมด้านผิวหน้า

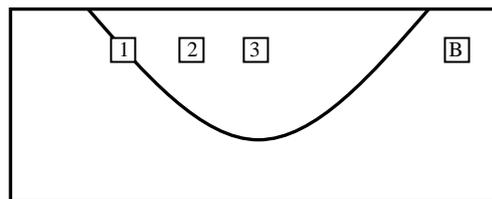


รูปที่ 4.2 ลักษณะการวัดความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อมด้านซึมลึก

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคจะตรวจสอบลักษณะการเกิดของเกรนในแนวเชื่อม โดยทำการวัดขนาดของเกรน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเกรนในช่วงต่างๆ ของการเย็นตัวในแนวเชื่อม ซึ่งจะแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 3 จุด ดังรูปที่ 4.3 ได้แก่บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อม บริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมและบริเวณขอบแนวเชื่อม เปรียบเทียบกับโครงสร้างจุลภาคของพื้นผิวที่ไม่ได้ทำการเชื่อม



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.3 บริเวณของแนวเชื่อมที่ทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

(ก) แนวเชื่อมด้านผิวหน้า

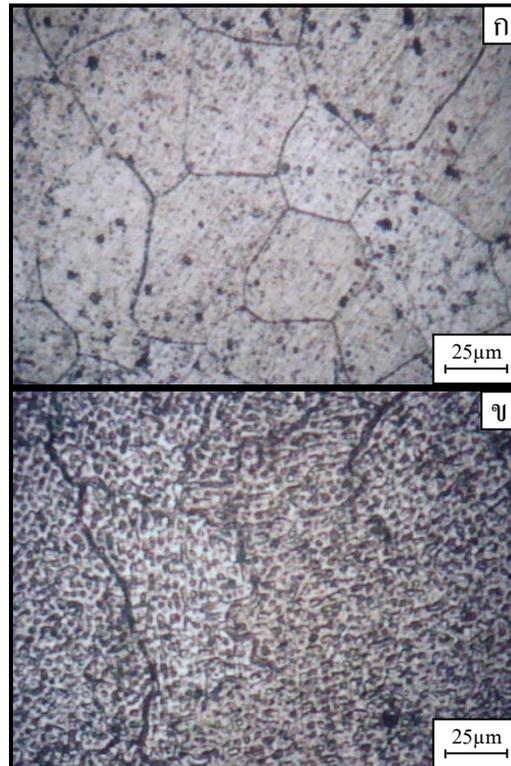
(ข) แนวเชื่อมด้านซิมลิก

โครงสร้างจุลภาคของพื้นผิวอลูมิเนียม 6063 ก่อนและหลังการเชื่อมอาร์คด้วยแท่งทั้งสแตนแบบหมุนวนอิเล็กโทรด แสดงดังรูปที่ 4.4 หลังการเชื่อมนั้นพบว่าการเกิดของเกรน (Grain) ในแนวเชื่อมจะเป็นลักษณะที่เรียกว่าเกรนย่อย (Sub grain) ทั่วทั้งแนวเชื่อม ซึ่งในการตรวจสอบโดยวัดขนาดเกรน จะทำการวัดขนาดของเกรนย่อยเพื่อใช้ในการศึกษาการเกิดและเปลี่ยนแปลงของเกรนเมื่อได้รับอิทธิพลจากตัวแปรในการเชื่อม

จากรูปที่ 4.4 เห็นได้ว่าพื้นผิวของอลูมิเนียม 6063 หลังเชื่อม เกรนมีลักษณะที่เรียกว่าเกรนย่อย (Sub grain) เกิดขึ้นมาทั่วทั้งผลึกเกรน และบริเวณขอบเกรนจะเป็นขอบเขตของการเกิดเกรนย่อย (Sub grain)

การทดสอบสมบัติทางกลของแนวเชื่อมโดยการทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ ซึ่งเป็นลักษณะการทดสอบความแข็งของชิ้นทดสอบที่มีขนาดเล็กและบาง รูปแบบความแข็งแบบไมโคร (Micro hardness) เป็นการตรวจสอบความสามารถในการรับแรงกดของแนวเชื่อม โดยจะทำการ

ตรวจสอบบริเวณแนวเชื่อมตามแนวตัดขวาง ค่าความแข็งที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะของโครงสร้างจุลภาคที่เกิดขึ้น เมื่อค่าของตัวแปรต่างๆ ในการเชื่อมเปลี่ยนแปลงไป และทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งระหว่างบริเวณที่เชื่อมกับพื้นผิวที่ไม่ได้ทำการเชื่อม โดยค่าความแข็งของพื้นผิวที่ไม่ได้ทำการเชื่อมอยู่ที่ 44.2 HV



รูปที่ 4.4 พื้นผิวของอลูมิเนียม 6063 ที่กำลังขยาย X100

(ก) ก่อนเชื่อม

(ข) หลังเชื่อม

4.1 อิทธิพลของความเร็วยรอบการหมุนอิเล็กโทรดต่อโครงสร้างของโลหะเชื่อมอลูมิเนียม 6063

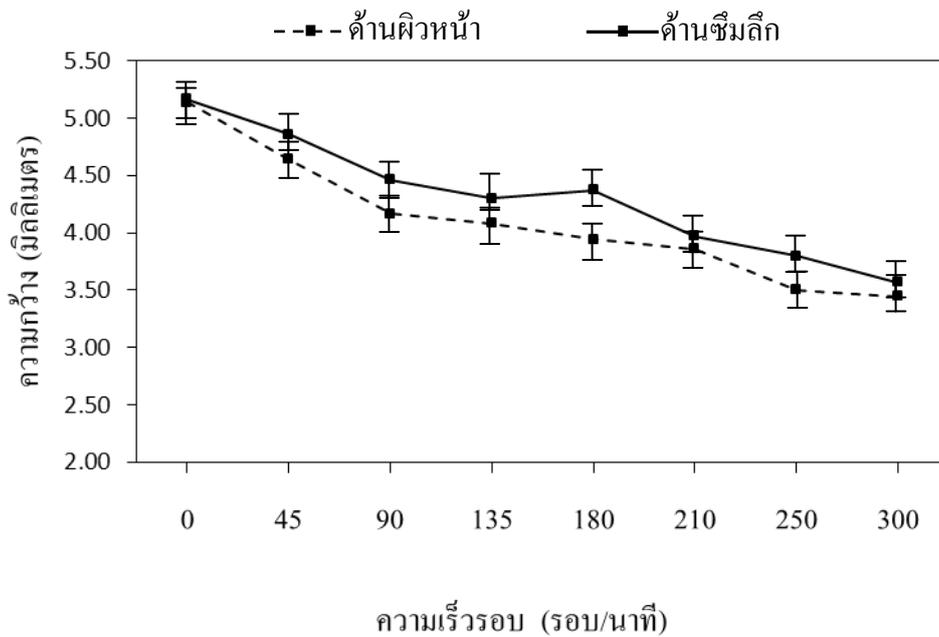
ในการทดลองเชื่อมเพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วยรอบการหมุนอิเล็กโทรดต่อลักษณะโครงสร้างและสมบัติทางกลของแนวเชื่อม จะทำการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม ดังนี้

- ความเร็วยรอบการหมุนอิเล็กโทรด 0 - 300 รอบ/นาที
- กระแสไฟฟ้า 100 แอมแปร์
- ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.15 เมตร/นาที

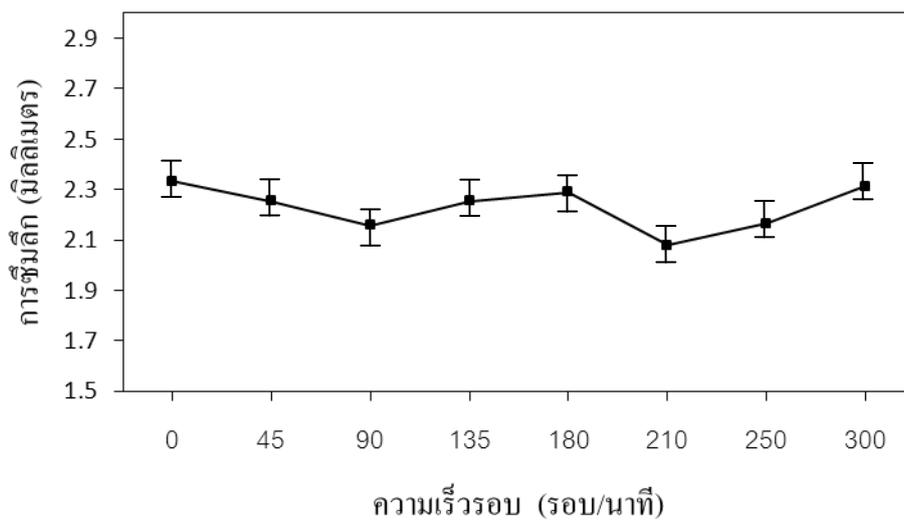
ผลที่ได้จากการตรวจสอบแนวเชื่อมซึ่งได้แก่ โครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาคและค่าความแข็ง เป็นดังนี้

4.1.1 โครงสร้างมหภาค

เมื่อความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น ความกว้างของแนวเชื่อมจะมีขนาดลดลง ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนวนอิเล็กโทรด กับความกว้างของแนวเชื่อม



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนวนอิเล็กโทรด กับการซิมลึกของแนวเชื่อม

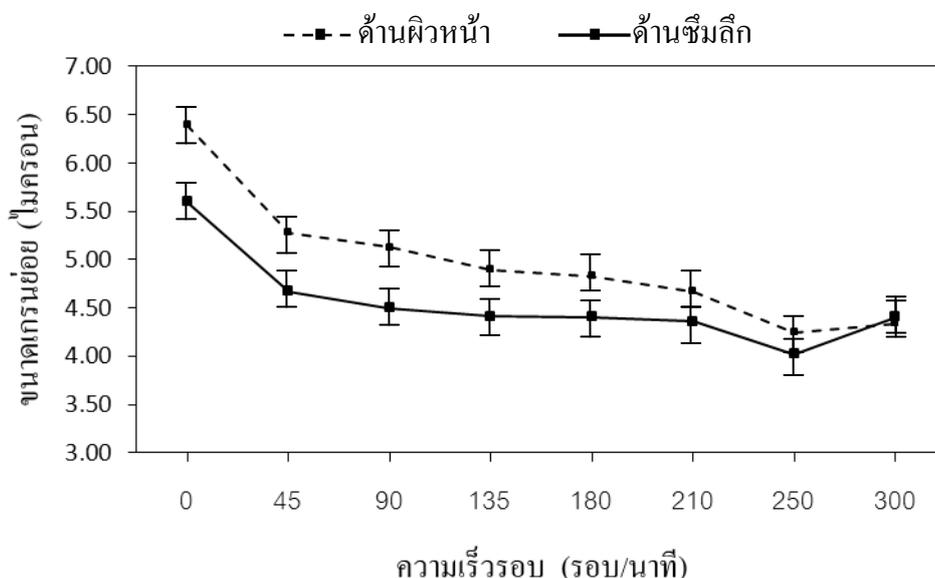
ความกว้างของแนวเชื่อมที่ลดลงเป็นผลมาจากการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นเมื่ออิเล็กโทรดมีความเร็วรอบของการหมุนมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้แนวเชื่อมมีการหลอมละลายในรัศมีที่ลดลง

เมื่อความเร็วรอบในการหมุนอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น พบว่าระยะการซึมลึกของแนวเชื่อมมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่น้อยมากหรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเลย ดังรูปที่ 4.6

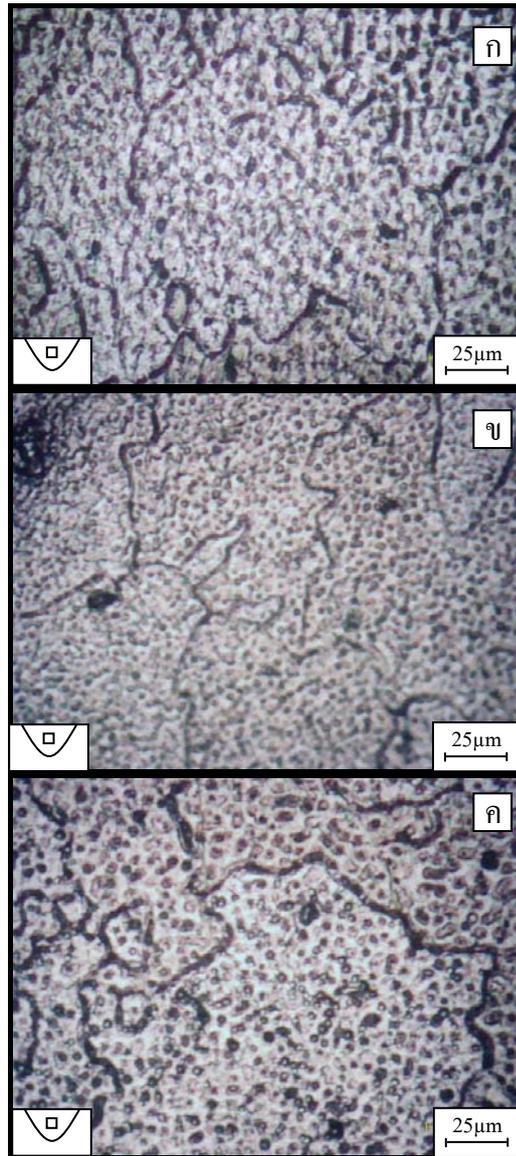
ความเร็วรอบในการหมุนอิเล็กโทรดไม่มีอิทธิพลต่อการซึมลึกของแนวเชื่อม เนื่องจากในการซึมลึกของแนวเชื่อมนั้นเกิดจากอัตราการถ่ายเทประจุของกระแสไฟฟ้าระหว่างชิ้นงานกับหัวอิเล็กโทรด ส่วนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากความเร็วรอบของการหมุนอิเล็กโทรดที่เพิ่มขึ้นนั้นมีผลกระทบเฉพาะการหลอมละลายที่ด้านหน้าของผิวเชื่อมมากกว่า

4.1.2 โครงสร้างจุลภาค

เมื่อความเร็วรอบในการหมุนอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมจะมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนอิเล็กโทรด กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อม



รูปที่ 4.8 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่ความเร็วรอบต่างๆ

(ก) ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที

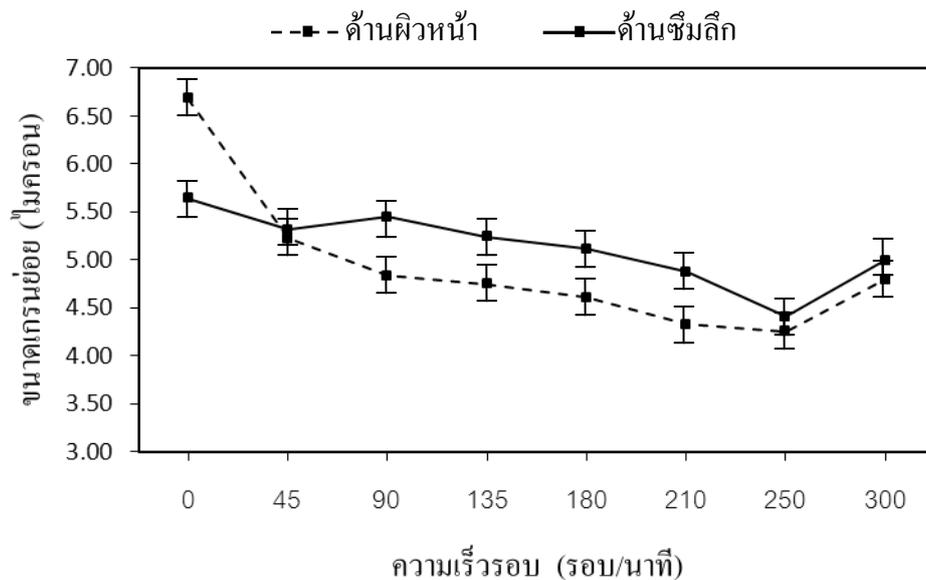
(ข) ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

(ค) ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่เล็กลงเมื่อความเร็วในการหมุนวนอิเล็กโทรดมากขึ้น เป็นผลมาจากอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เร็วขึ้น เนื่องจากว่า เมื่อความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กโทรดมากขึ้นจะเพิ่มความเร็วในการกวนน้ำโลหะขณะเย็นตัว การกวนขณะน้ำโลหะเย็นตัวจะเป็นตัวช่วยให้น้ำโลหะเย็นตัวเร็วขึ้นและทำให้เกรนมีขนาดเล็กลง จะเห็นได้ว่าขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) จะมี

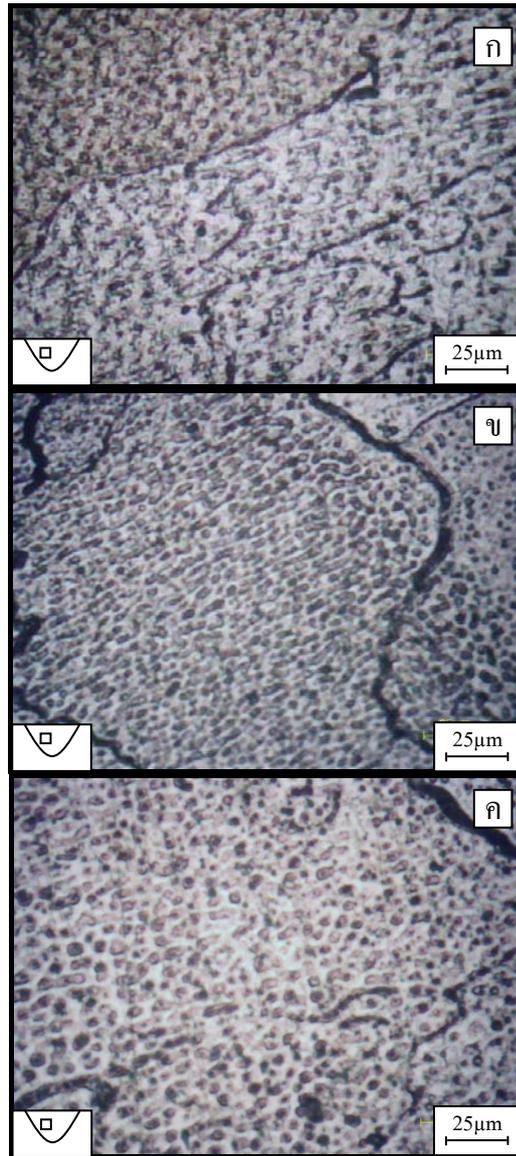
ขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนถึงความเร็วรอบที่ 250 รอบต่อนาที ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) มีขนาดเล็กที่สุดและหลังจากนั้นจะเริ่มคงที่

เมื่อความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมจะมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนวนอิเล็กโทรด กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อม

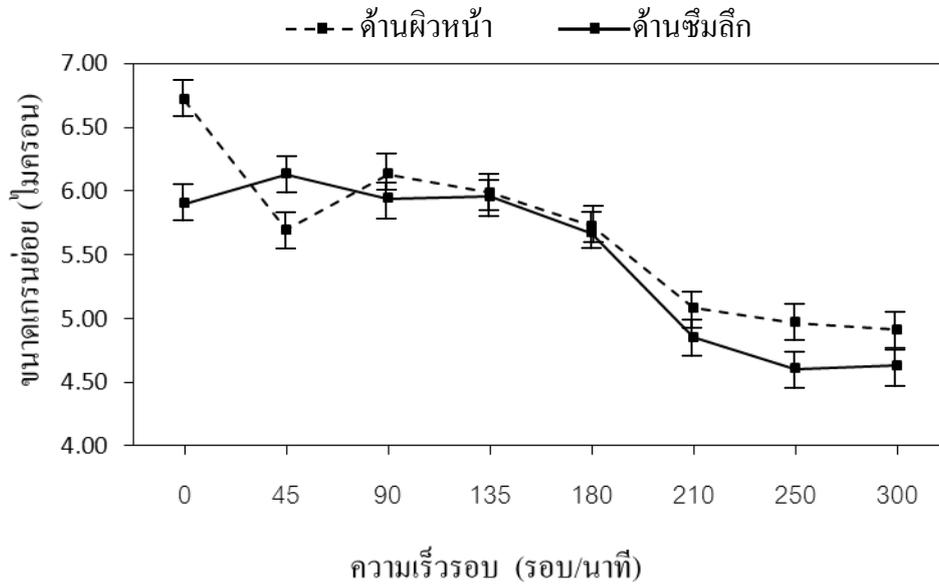
ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่เล็กลงเป็นผลมาจากอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อความเร็วในการหมุนวนอิเล็กโทรดมากขึ้น ขนาดเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณนี้จะมีขนาดเล็กกว่าบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อม เนื่องจากการเย็นตัวของแนวเชื่อมเริ่มเย็นตัวจากด้านนอกเข้าสู่ตรงกลางแนวเชื่อม จะเห็นได้ว่าขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนถึงความเร็วรอบที่ 250 รอบต่อนาที ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) จะมีขนาดเล็กที่สุดและหลังจากนั้นจะเริ่มคงที่



รูปที่ 4.10 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่ความเร็วรอบต่างๆ

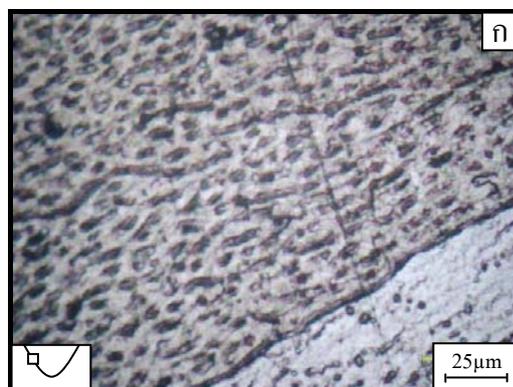
- (ก) ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที
- (ข) ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที
- (ค) ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

เมื่อความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณขอบแนวเชื่อมจะมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.11

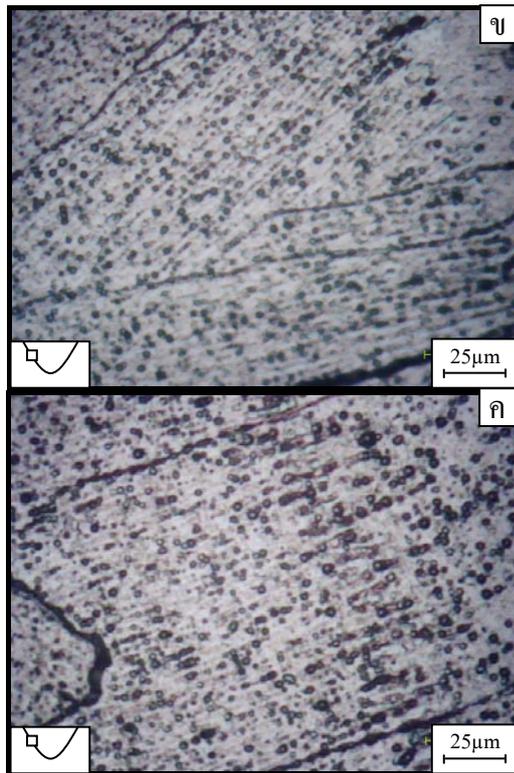


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนวนอิเล็กโทรด กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณขอบแนวเชื่อม

ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่เล็กลงเป็นผลมาจากอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วในการหมุนวนอิเล็กโทรดมากขึ้น ขนาดเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณนี้จะมีขนาดเล็กกว่าบริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อม เนื่องจากการเย็นตัวของแนวเชื่อมเริ่มเย็นตัวจากด้านนอกเข้าสู่ตรงกลางแนวเชื่อม เห็นได้ว่าขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนถึงความเร็วรอบที่ 250 รอบต่อนาที ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) จะมีขนาดเล็กที่สุดและหลังจากนั้นจะเริ่มคงที่



รูปที่ 4.12 โครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่ความเร็วรอบต่างๆ (ก) ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที



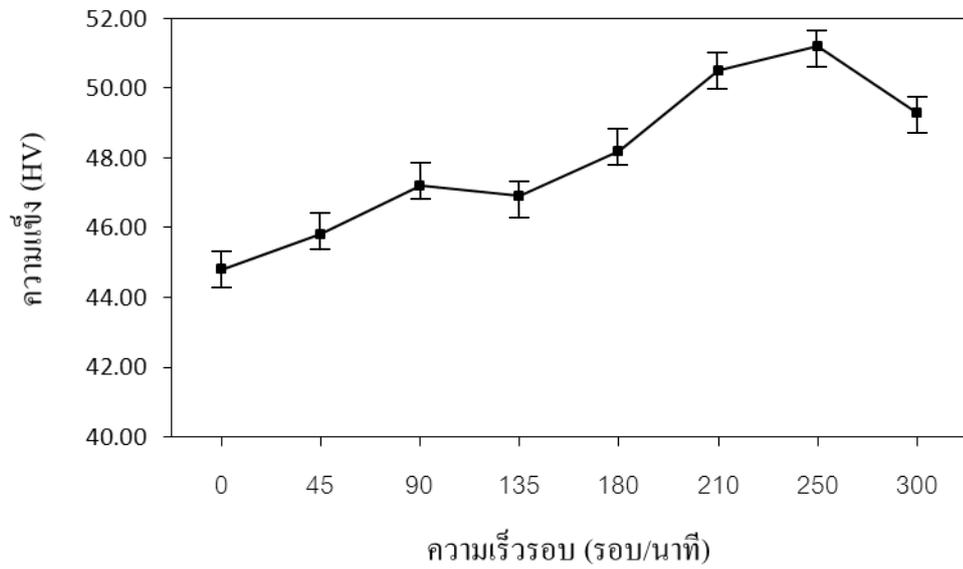
รูปที่ 4.12 โครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่ความเร็วรอบต่างๆ
 (ข) ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที
 (ค) ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

4.1.3 ค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่ความเร็วรอบต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งเฉลี่ยของแนวเชื่อมที่ความเร็วรอบต่างๆ แบบวิกเกอร์ (Vickers)
 แรงกด 200 กรัม เป็นเวลา 30 วินาที

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	0	45	90	135	180	210	250	300
ค่าความแข็ง (HV)	44.8	45.8	47.2	46.9	48.2	50.5	51.2	49.3

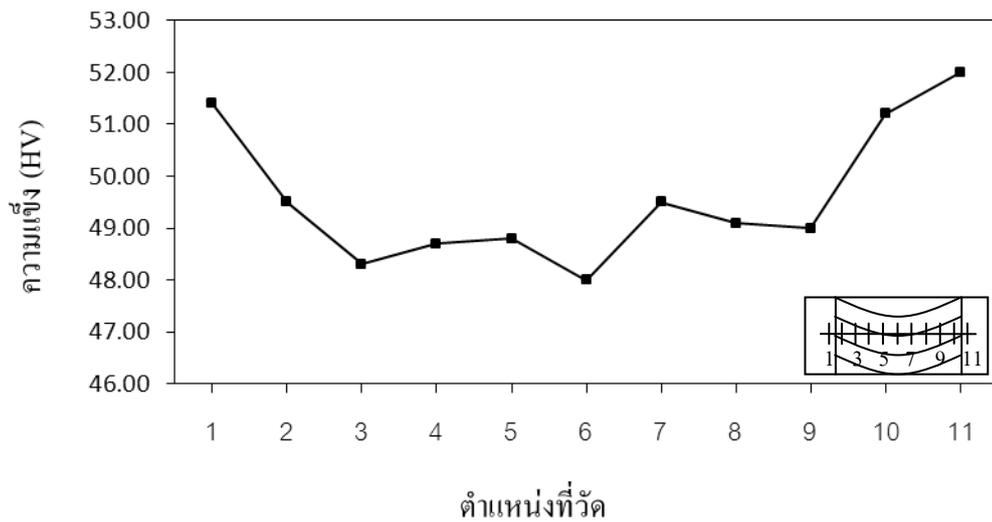
เมื่อความเร็วรอบการหมุนวนอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งของแนวเชื่อมมี
 แนวโน้มที่สูงขึ้น ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนของอิเล็กโทรด กับค่าความแรง

ตารางที่ 4.2 ค่าความแรงของแนวเชื่อมที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตำแหน่งที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ค่าความแรง (HV)	51.4	49.5	48.3	48.7	48.8	48.0	49.5	49.1	49.0	51.2	52.0



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ทำการวัดบนแนวเชื่อม กับค่าความแรง

การที่ความแข็งมีค่าเพิ่มมากขึ้นนั้นเป็นผลมาจากขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่เล็กลง เมื่อความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กโทรดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่าความแข็งที่มากที่สุดเท่ากับ 51.2 HV จะอยู่ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 250 รอบ/นาที

จากรูปที่ 4.14 เห็นได้ว่าค่าความแข็งที่เกิดขึ้นบนแนวเชื่อมมีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูปประฆัง หาย คือ บริเวณกึ่งกลางของแนวเชื่อมมีความแข็งน้อยที่สุด และบริเวณขอบแนวเชื่อมจะมีความแข็งมากที่สุด ทั้งนี้เพราะ ในการเย็นตัวของแนวเชื่อมนั้น จะเริ่มเย็นตัวตั้งแต่บริเวณขอบแนวเชื่อมเข้าสู่ กึ่งกลางแนวเชื่อม ซึ่งเกรนที่บริเวณขอบจะเย็นตัวเร็วจะมีขนาดเล็กมากที่สุด ถัดเข้ามาจะเป็นเกรน บริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมจะลักษณะเรียวยาว เนื่องจากว่ามีการชนกันของขอบเกรน จึงเจริญเติบโตออกไปในทิศทางเดียว ส่วนเกรนบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมจะมีขนาดใหญ่ที่สุดเพราะ การถ่ายเทความร้อนทำได้ช้า

4.2 อิทธิพลของกระแสไฟฟ้าต่อโครงสร้างของโลหะเชื่อมอลูมิเนียม 6063

ในการทดลองเชื่อมเพื่อศึกษาอิทธิพลของกระแสไฟฟ้าต่อลักษณะโครงสร้างและสมบัติทางกล ของแนวเชื่อม จะทำการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม ดังนี้

1. ความเร็วรอบการหมุนวนอิเล็กโทรด 250 รอบ/นาที
2. กระแสไฟฟ้า 50 - 150 แอมแปร์
3. ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.15 เมตร/นาที

ผลที่ได้จากการตรวจสอบแนวเชื่อมซึ่งได้แก่ โครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาคและค่าความ แข็ง เป็นดังนี้

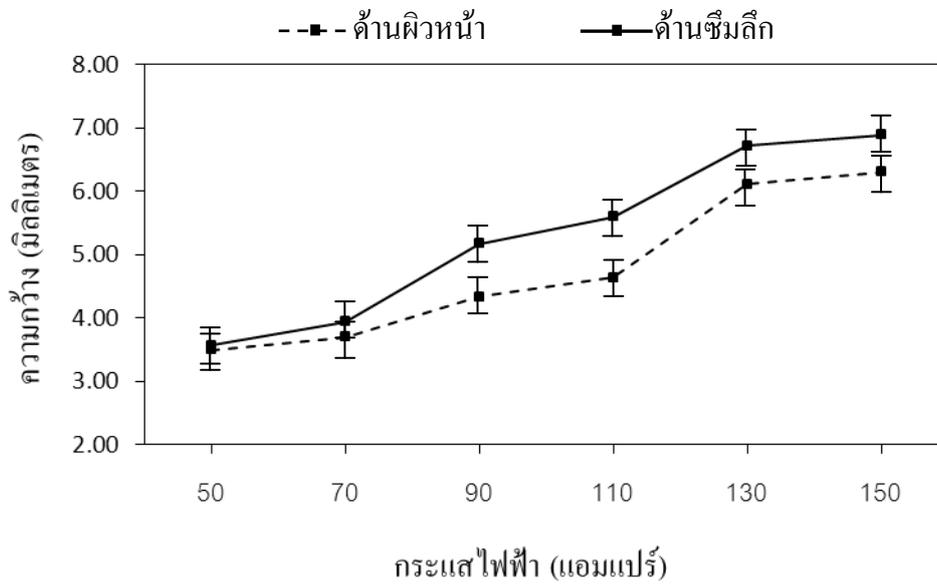
4.2.1 โครงสร้างมหภาค

เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความกว้างของแนวเชื่อมมี ขนาดเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.15

ความกว้างของแนวเชื่อมที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น กระแสไฟฟ้าที่มากขึ้น ทำให้การหลอมละลายของแนวเชื่อมเพิ่มมากขึ้น เมื่อความเร็วรอบในการหมุนวนอิเล็กโทรดและ ความเร็วเดินแนวเชื่อมคงที่

เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมมีค่าเพิ่มมากขึ้น พบว่าระยะการซึมลึกของแนวเชื่อมมีขนาด เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.16

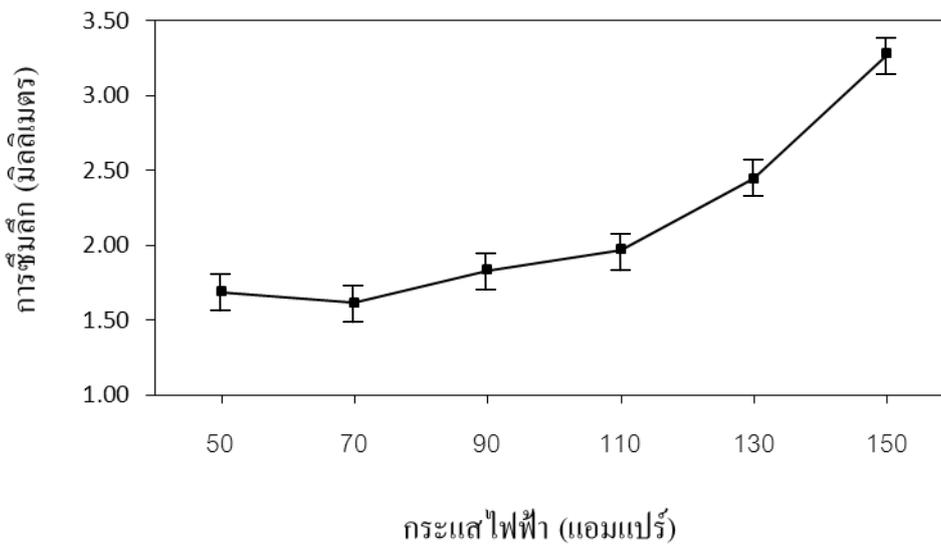
กระแสไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดความร้อนในการเชื่อม เมื่อกระแสไฟฟ้ามากขึ้นจะทำให้ความ ร้อนที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานเพิ่มขึ้น ชิ้นงานจะมีการหลอมละลายและซึมลึกมากขึ้น



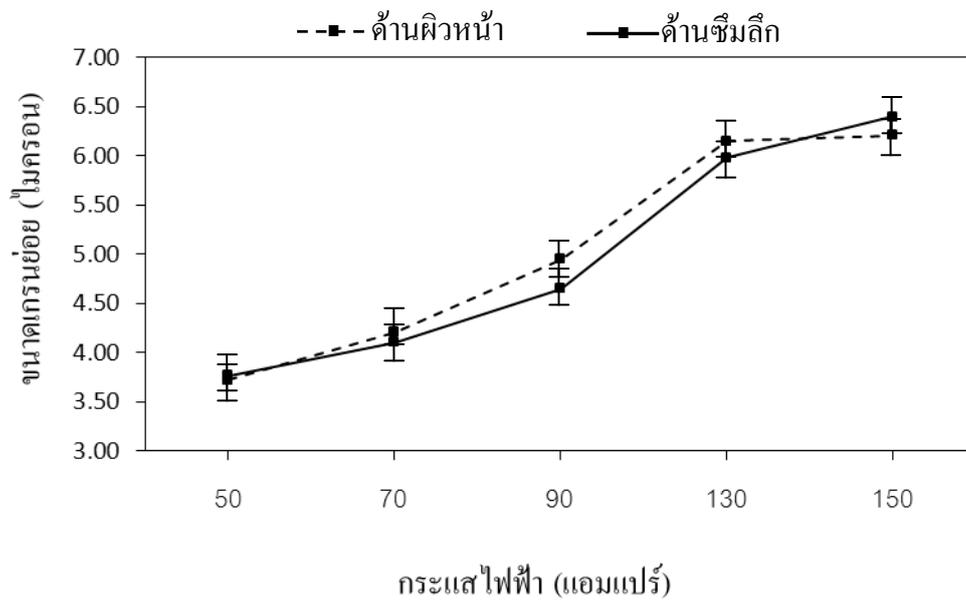
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับความกว้างของแนวเชื่อม

4.2.2 โครงสร้างจุลภาค

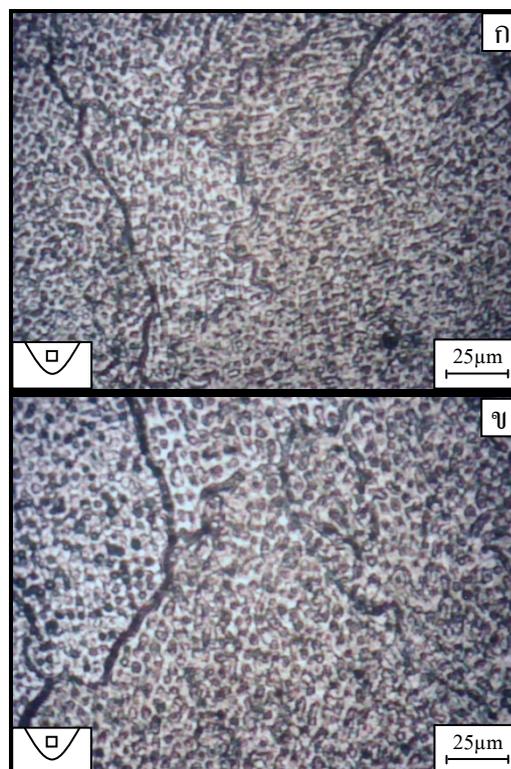
เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปที่ 4.17



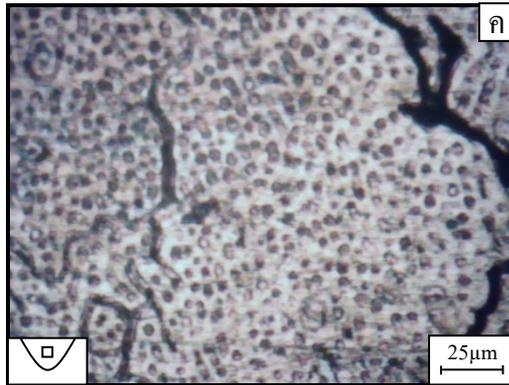
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับการซิมลิกของแนวเชื่อม



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อม



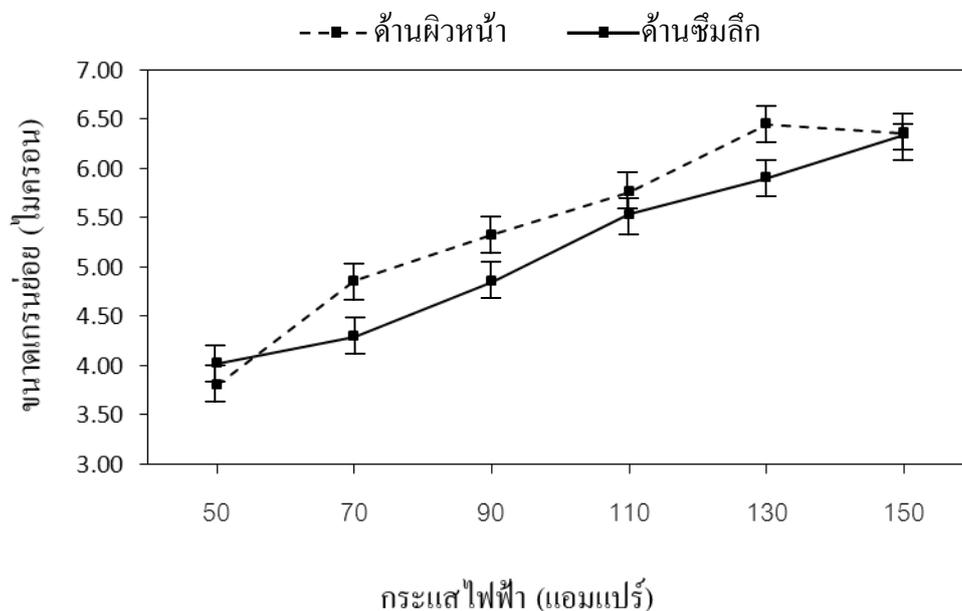
รูปที่ 4.18 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่กระแสไฟฟ้าต่างๆ
 (ก) กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์
 (ข) กระแสไฟฟ้า 90 แอมแปร์



รูปที่ 4.18 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกิ่งกลางแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่กระแสไฟฟ้าต่างๆ
(ค) กระแสไฟฟ้า 150 แอมแปร์

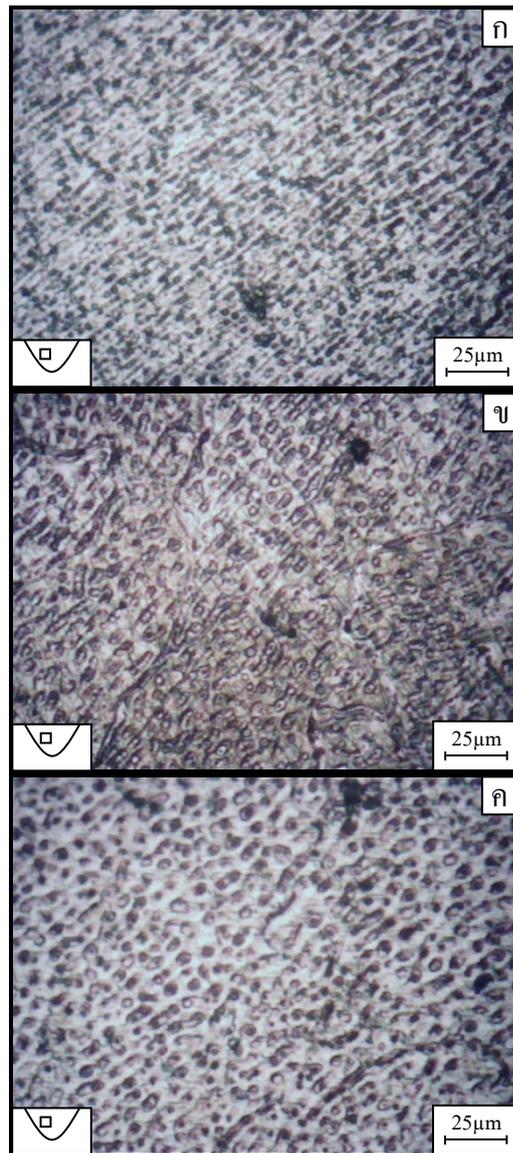
ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่ใหญ่ขึ้นเป็นผลมาจากความร้อนที่สูงขึ้น ความร้อนที่สูงขึ้นจะทำให้การเย็นตัวของแนวเชื่อมใช้เวลามากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่มีขนาดเล็กที่สุดอยู่ที่กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์ ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่สามารถทำการเชื่อมได้

เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกิ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปที่ 4.19



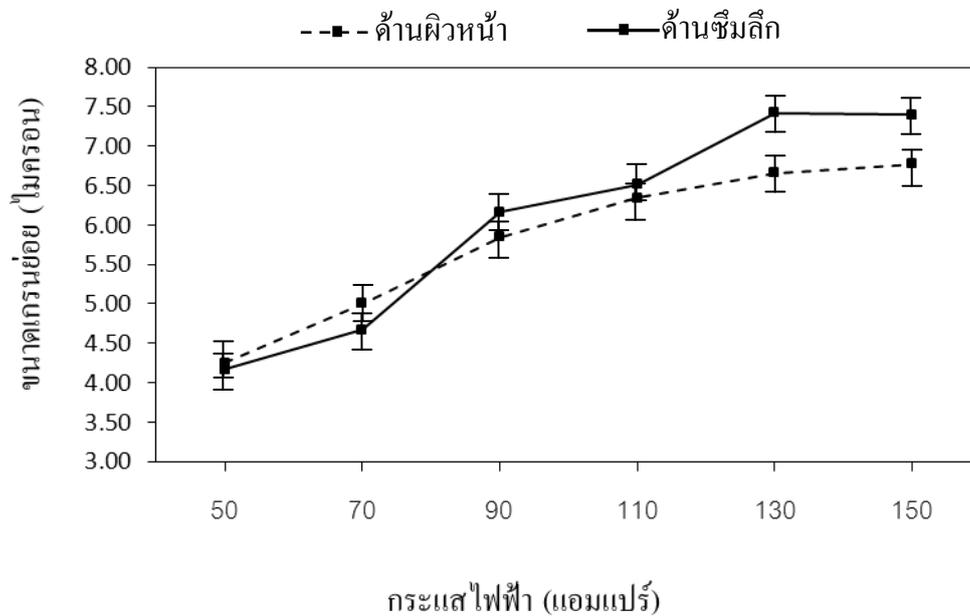
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกิ่งกลางกับขอบแนวเชื่อม

ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่ใหญ่ขึ้นเป็นผลมาจากความร้อนที่สูงขึ้น ความร้อนที่สูงขึ้นจะทำให้การเย็นตัวของแนวเชื่อมใช้เวลานานมากขึ้น ขนาดเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อม เนื่องจากว่า การเย็นตัวของแนวเชื่อมจะเริ่มเย็นตัวจากขอบเข้าสู่กึ่งกลางแนวเชื่อม



รูปที่ 4.20 โครงสร้างจุลภาคบริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่กระแสไฟฟ้าต่างๆ
(ก) กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์
(ข) กระแสไฟฟ้า 90 แอมแปร์
(ค) กระแสไฟฟ้า 150 แอมแปร์

เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณขอบแนวเชื่อมจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปที่ 4.21



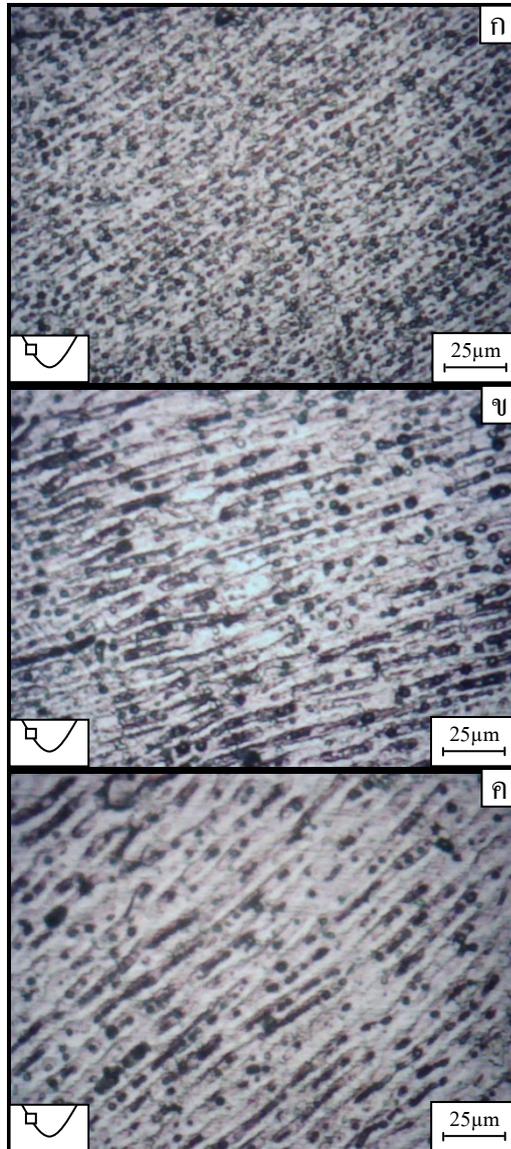
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณขอบแนวเชื่อม

ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่ใหญ่ขึ้นเป็นผลมาจากความร้อนที่สูงขึ้น ความร้อนที่สูงขึ้นจะทำให้การเย็นตัวของแนวเชื่อมใช้เวลานานมากขึ้น ขนาดเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อม เนื่องจากการเย็นตัวของแนวเชื่อมจะเริ่มเย็นตัวจากขอบเข้าสู่กึ่งกลางแนวเชื่อม

4.2.3 ค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่กระแสไฟฟ้าต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งเฉลี่ยของแนวเชื่อมที่กระแสไฟฟ้าต่างๆ แบบวิกเกอร์ (Vickers) แรงกด 200 กรัม เป็นเวลา 30 วินาที

กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	50	70	90	110	130	150
ค่าความแข็ง (HV)	51.6	49.7	48.6	48.7	46.7	46.4



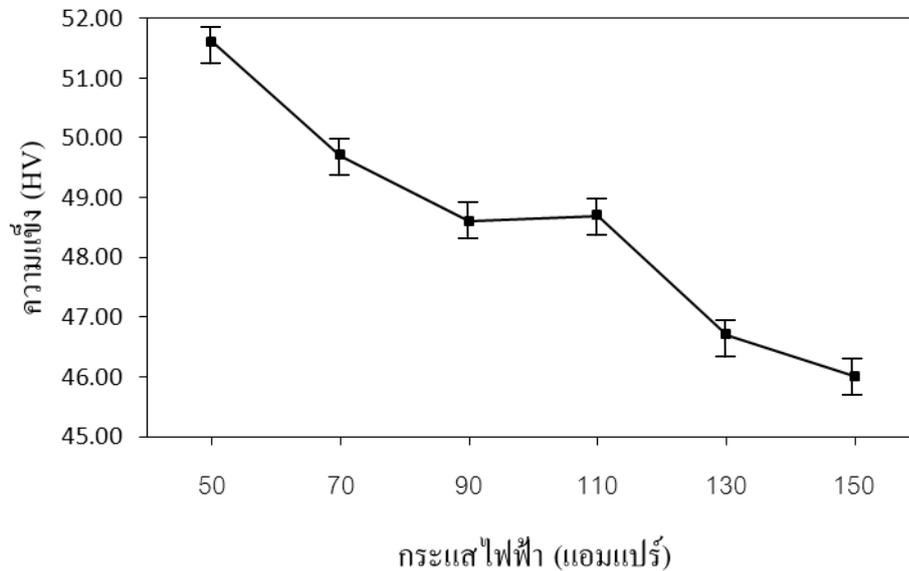
รูปที่ 4.22 โครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่กระแสไฟฟ้าต่างๆ

(ก) กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์

(ข) กระแสไฟฟ้า 90 แอมแปร์

(ค) กระแสไฟฟ้า 150 แอมแปร์

เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งของแนวเชื่อมลดลง ดังรูปที่ 4.23



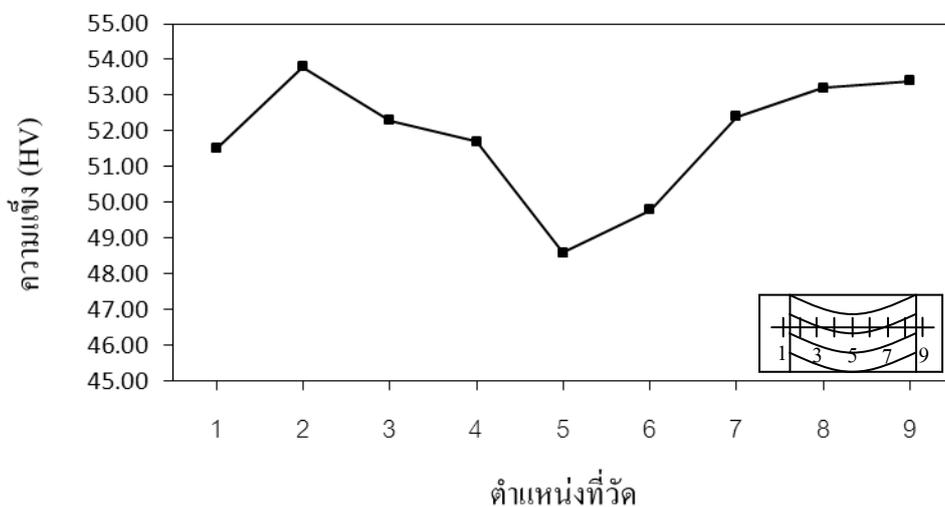
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับความแข็งของแนวเชื่อม

การที่ความแข็งมีค่าลดลงนั้นเป็นผลมาจากขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ใหญ่ขึ้น เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่าความแข็งที่มากที่สุดเท่ากับ 51.6 HV จะอยู่ที่กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 50 แอมแปร์

ตารางที่ 4.4 ค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์

ตำแหน่งที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่าความแข็ง (HV)	51.5	53.8	52.3	49.6	48.6	49.8	52.4	53.2	53.4

จากรูปที่ 4.24 เห็นได้ว่าค่าความแข็งที่เกิดขึ้นบนแนวเชื่อมจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูปประฆัง หาย คือบริเวณกึ่งกลางของแนวเชื่อมจะมีความแข็งน้อยที่สุดและบริเวณขอบแนวเชื่อมจะมีความแข็งมากที่สุด



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็ง กับตำแหน่งที่ทำการวัดบนแนวเชื่อม

4.3 อิทธิพลของความเร็วเดินแนวเชื่อมต่อโครงสร้างของโลหะเชื่อมอลูมิเนียม 6063

ในการทดลองเชื่อมเพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วเดินแนวเชื่อมต่อลักษณะโครงสร้างและสมบัติทางกลของแนวเชื่อม จะทำการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม ดังนี้

- ความเร็วรอบหัวหมุนอิเล็กทรอนิกส์ 250 รอบ/นาที
- กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์
- ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.12 - 0.40 เมตร/นาที

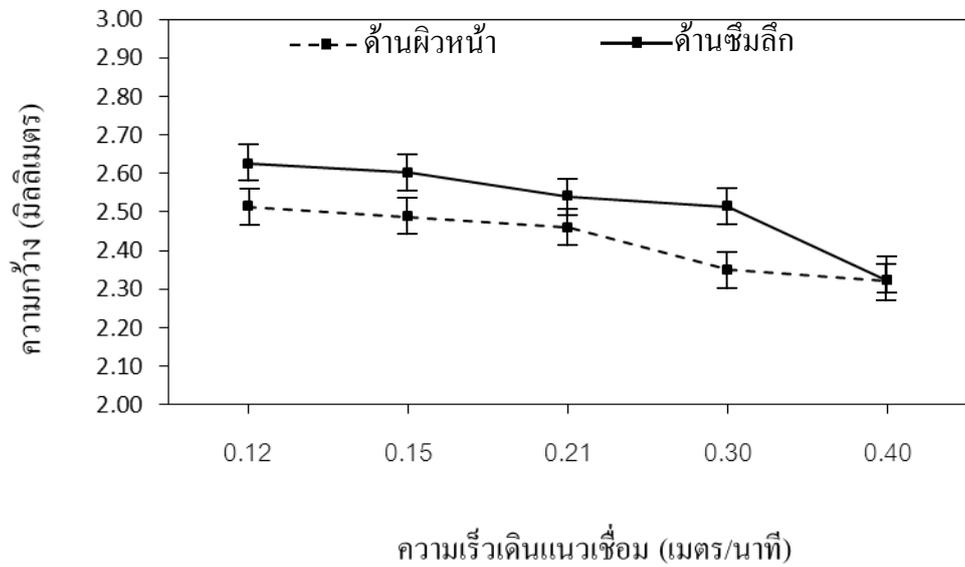
ผลที่ได้จากการตรวจสอบแนวเชื่อมซึ่งได้แก่ โครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาคและค่าความแข็ง เป็นดังนี้

4.3.1 โครงสร้างมหภาค

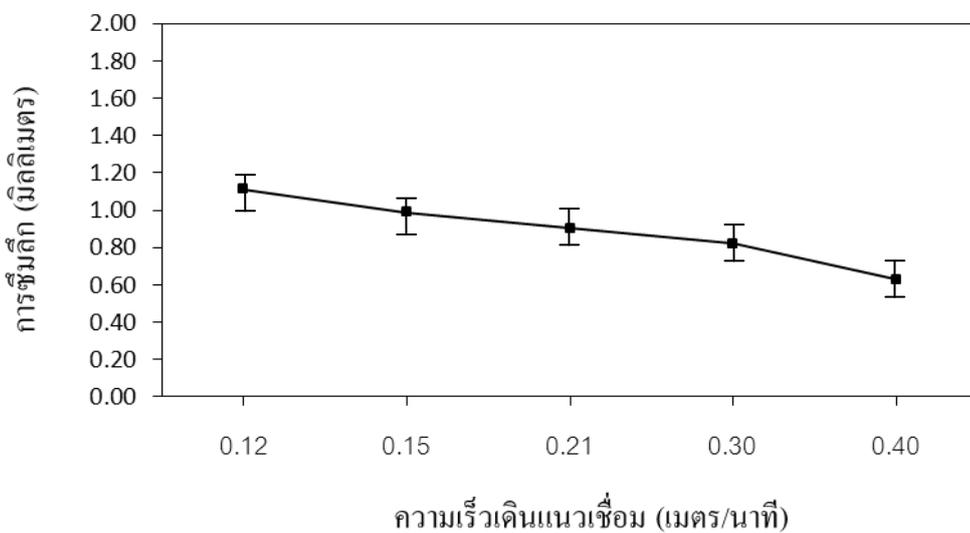
เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความกว้างของแนวเชื่อมมีขนาดลดลง ดังรูปที่ 4.25

ความกว้างของแนวเชื่อมที่ลดลงเป็นผลมาจากความร้อนที่ลดลง ความเร็วเดินแนวเชื่อมที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ความร้อนที่ลดลงทำให้แนวเชื่อมมีการหลอมละลายในรัศมีที่น้อยลง

เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมมีค่าเพิ่มมากขึ้น พบว่าระยะการซึมลึกของแนวเชื่อมมีขนาดลดลง ดังรูปที่ 4.26



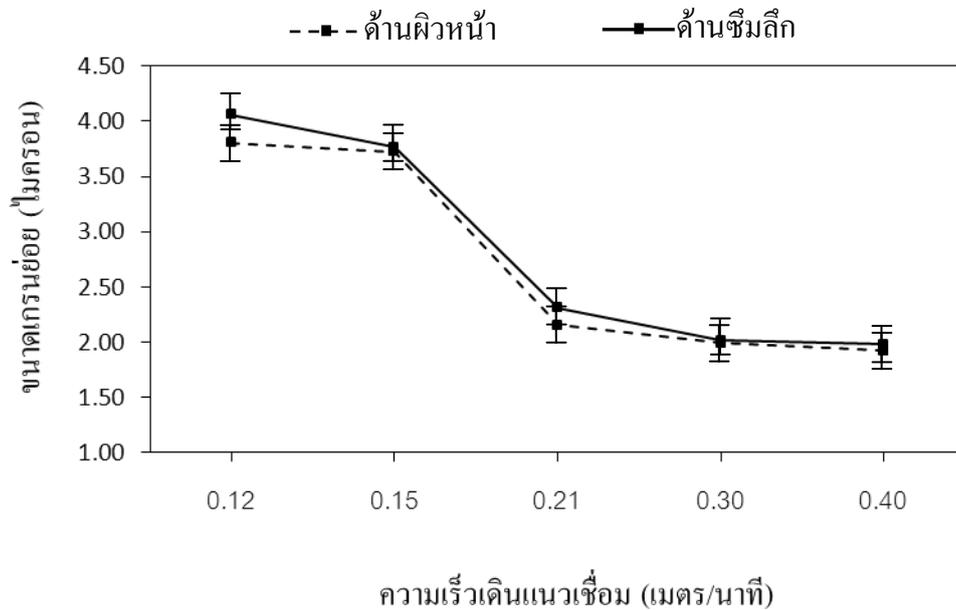
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม กับความกว้างของแนวเชื่อม



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม กับการซิมล็กของแนวเชื่อม
 ความเร็วเดินแนวเชื่อมจะเป็นตัวกำหนดความร้อนในการเชื่อม เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อม
 ที่มากขึ้นจะทำให้เกิดความร้อนน้อยลง ชิ้นงานจะมีการหลอมละลายและซิมล็กน้อยลง

4.3.2 โครงสร้างจุลภาค

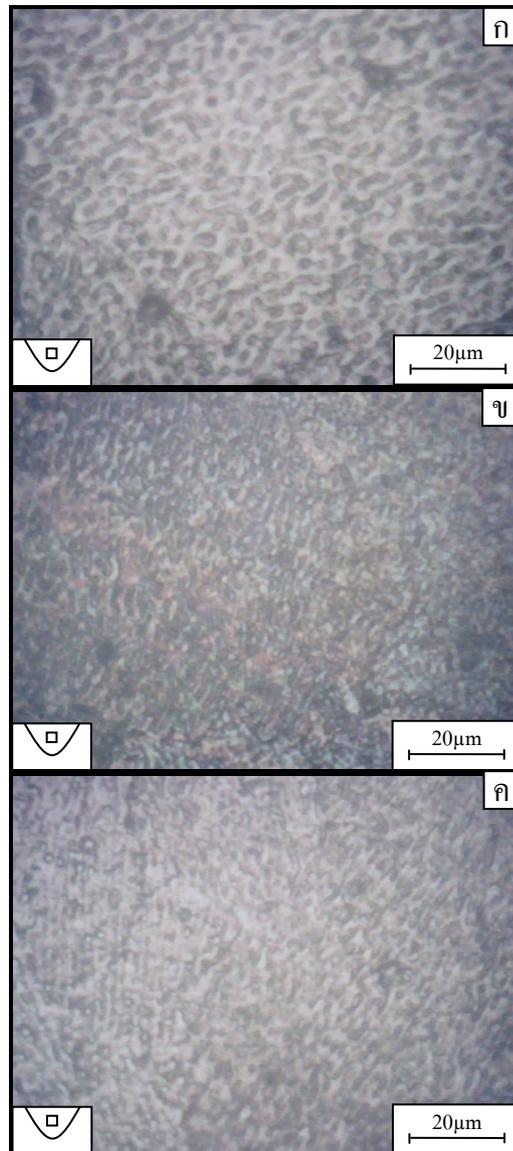
เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมจะมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อม

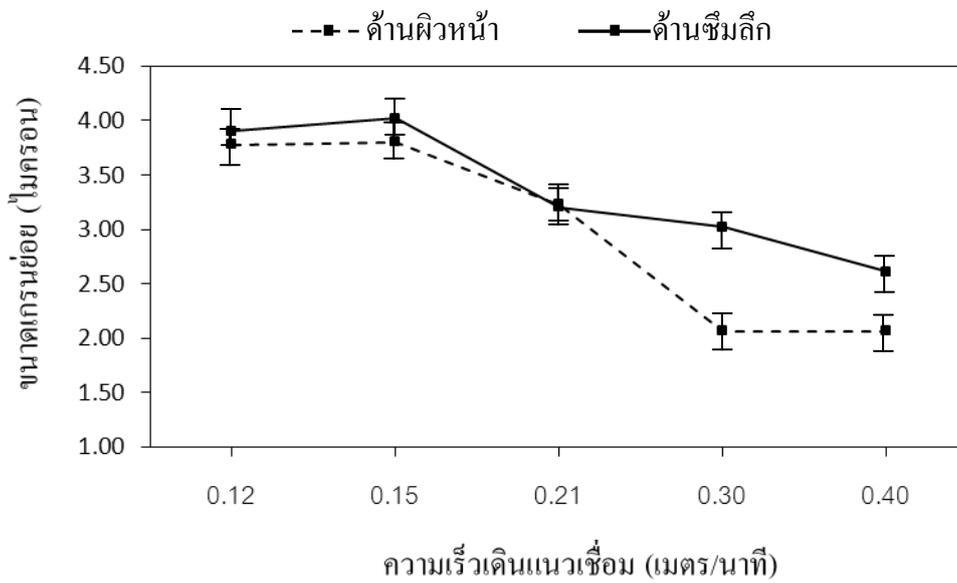
ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่เล็กลงเป็นผลมาจากความร้อนที่น้อยลง ขนาดของ เกรนย่อย (Sub grain) ที่มีขนาดเล็กที่สุดอยู่ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วเดินแนวเชื่อมสูงสุดที่สามารถทำการเชื่อมได้

เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมจะมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.29



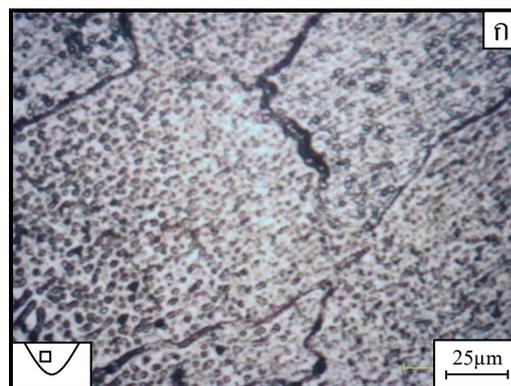
รูปที่ 4.28 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X200 ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม
ต่างๆ

- (ก) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.12 เมตร/นาที
- (ข) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.21 เมตร/นาที
- (ค) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตร/นาที

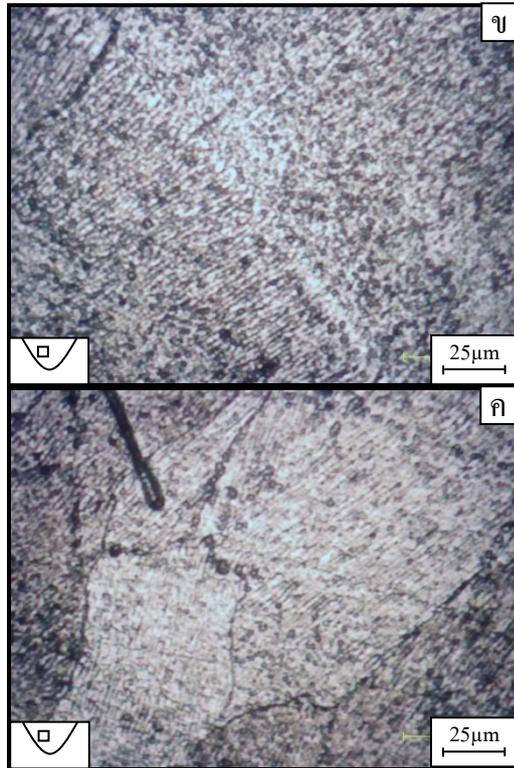


รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อม

ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) เล็กลงเป็นผลมาจากความร้อนที่น้อยลง ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่มีขนาดเล็กที่สุดอยู่ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วเดินแนวเชื่อมสูงสุดที่สามารถทำการเชื่อมได้

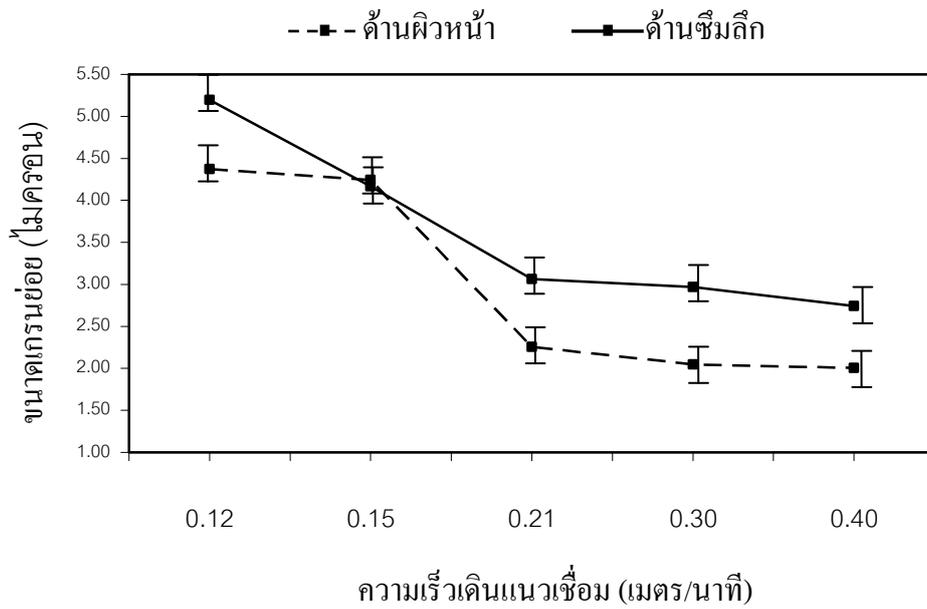


รูปที่ 4.30 โครงสร้างจุลภาคบริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ
(ก) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.12 เมตร/นาที

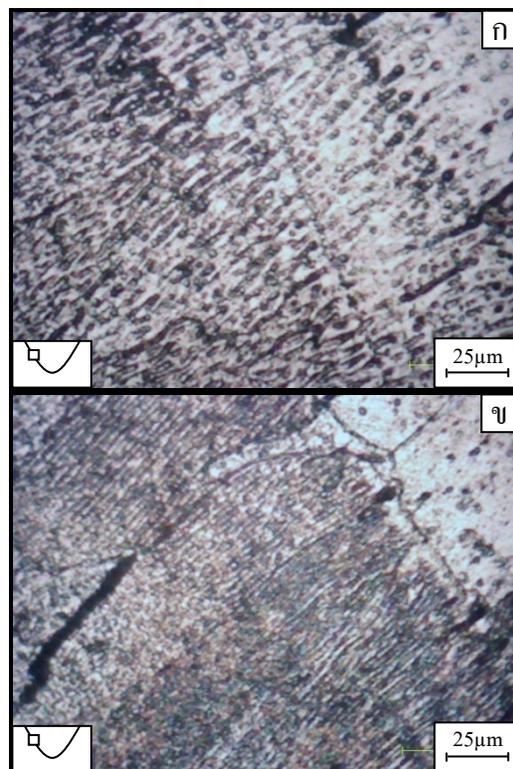


รูปที่ 4.30 โครงสร้างจุลภาคบริเวณระหว่างกึ่งกลางกับขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่
 ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ (ต่อ)
 (ข) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.21 เมตร/นาที
 (ค) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตร/นาที

เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มมากขึ้น ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณขอบแนวเชื่อม
 จะมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.31 ขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่เล็กลงเป็นผลมาจากความร้อนที่
 น้อยลง ขนาดของ เกรนย่อย (Sub grain) ที่มีขนาดเล็กที่สุดอยู่ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่ำที่สุดคือ
 0.40 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วเดินแนวเชื่อมสูงสุดที่สามารถทำการเชื่อมได้



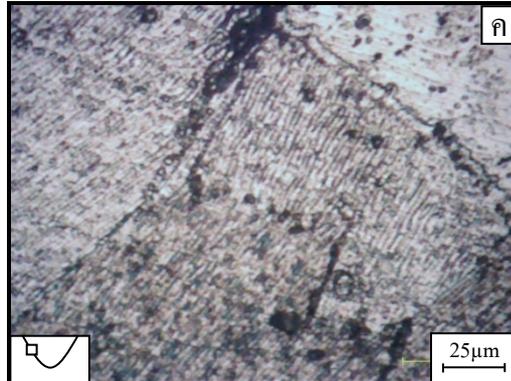
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม กับขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) บริเวณขอบแนวเชื่อม



รูปที่ 4.32 โครงสร้างจุลภาคขอบแนวเชื่อมกำลังขยาย X100 ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม ต่างๆ

(ก) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.12 เมตร/นาที่

(ข) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.21 เมตร/นาที่



รูปที่ 4.32 โครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบแนวเชื่อมที่กำลังขยาย X100 ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ

(ค) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตร/นาที

4.3.3 ค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ

ตารางที่ 4.5 ค่าความแข็งเฉลี่ยของแนวเชื่อมที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆแบบวิกเกอร์ (Vickers) แรงกด 200 กรัม เป็นเวลา 30 วินาที

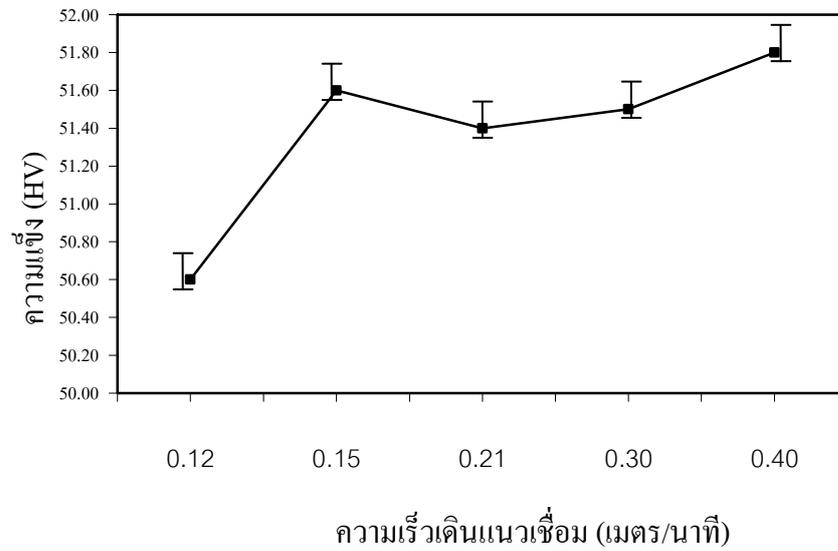
ความเร็ว (เมตร/นาที)	0.12	0.15	0.21	0.30	0.40
ค่าความแข็ง (HV)	50.6	51.6	51.4	51.5	51.8

เมื่อความเร็วการเดินแนวเชื่อมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งของแนวเชื่อมมากขึ้น ดังรูปที่ 4.33

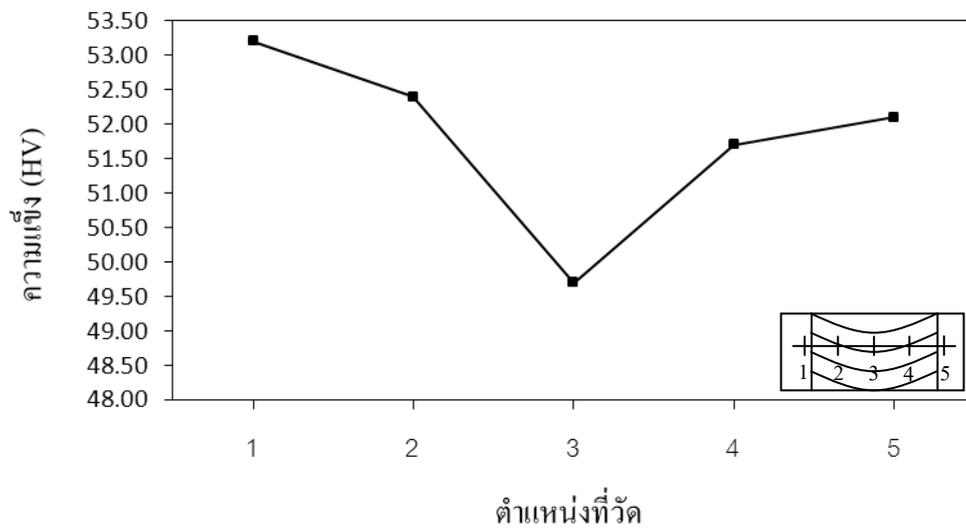
การที่ความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลมาจากขนาดของเกรนย่อย (Sub grain) ที่ลดลง เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่าความแข็งมากที่สุดเท่ากับ 51.8 HV อยู่ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตรต่อนาที โดยเป็นความเร็วมากที่สุดที่สามารถเดินแนวเชื่อมได้

ตารางที่ 4.6 ค่าความแข็งของแนวเชื่อมที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 0.40 เมตรต่อนาที

ตำแหน่งที่วัด	1	2	3	4	5
ค่าความแข็ง (HV)	53.2	52.4	49.7	51.7	52.1



รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม กับค่าความแข็ง



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ทำการวัดบนแนวเชื่อม กับค่าความแข็ง

จากรูปที่ 4.34 เห็นได้ว่าค่าความแข็งที่เกิดขึ้นบนแนวเชื่อมจะมีลักษณะเป็นกราฟแโค้งรูประฆังหงาย คือบริเวณกึ่งกลางของแนวเชื่อมจะมีความแข็งน้อยที่สุดและบริเวณขอบแนวเชื่อมจะมีความแข็งมากที่สุด