

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 NTKD-7 AISI202 และ JFE 443CT ที่ผ่านการเชื่อมทิก

เหล็กกล้าไร้สนิมที่ศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกและเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก

4.1.1 เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (Austenitic Stainless Steel)

เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกในงานวิจัยนี้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304, NIKU 7 และ AISI202 เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกจะมีการเติมนิกเกิล (Ni) ลงในเหล็ก นอกเหนือจากการเติมโครเมียม (Cr) การเติมนิกเกิลในปริมาณที่สูงพอจะทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมมีโครงสร้างเป็น FCC ทุกช่วงอุณหภูมิ โดยทั่วไปเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกจะมีโครเมียมอย่างน้อย 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีนิกเกิลในปริมาณที่มากพอที่จะรักษาเสถียรภาพออสเทนไนท์ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นเฟสมาร์เทนไซต์ เช่นสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกที่มีโครเมียม 16-18 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต้องมีปริมาณนิกเกิลผสมอยู่ 6-8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

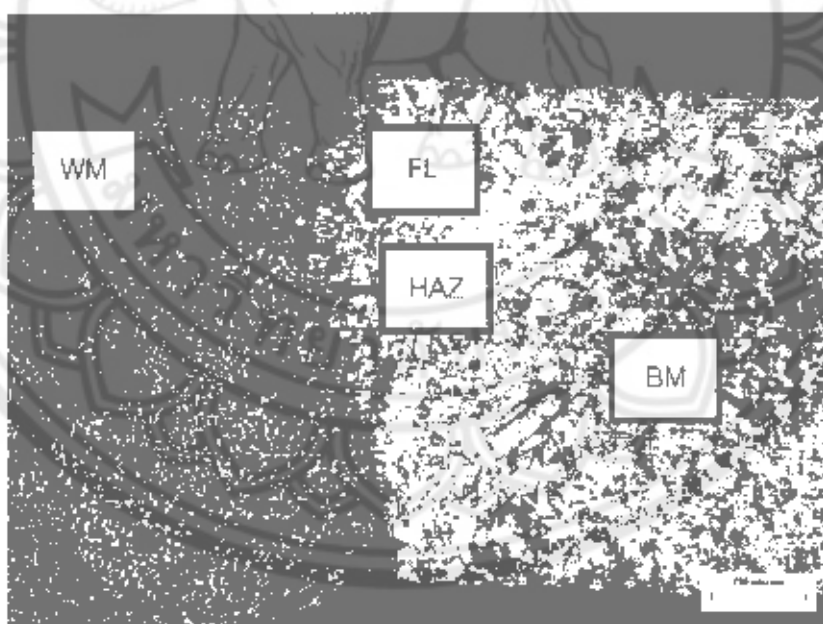
คาร์บอนในเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้จะตกผลึกจากการละลายของแข็ง และรวมตัวกับโครเมียม กลายเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ ดังนั้นปริมาณโครเมียมในเนื้อโลหะที่ใกล้กับบริเวณขอบเกรนจะลดลง (รูปที่ 4.3, 4.8, 4.13) และทำให้ความต้านทาน การกัดกร่อนจะลดลงอย่างรุนแรง ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า "การตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์" (Chromium Carbide Precipitation) [3]

ตารางที่ 4.1 อักษรย่อของบริเวณและโครงสร้างจุลภาคที่พบภายหลังการเชื่อมทิกและการจำลองเชื่อม

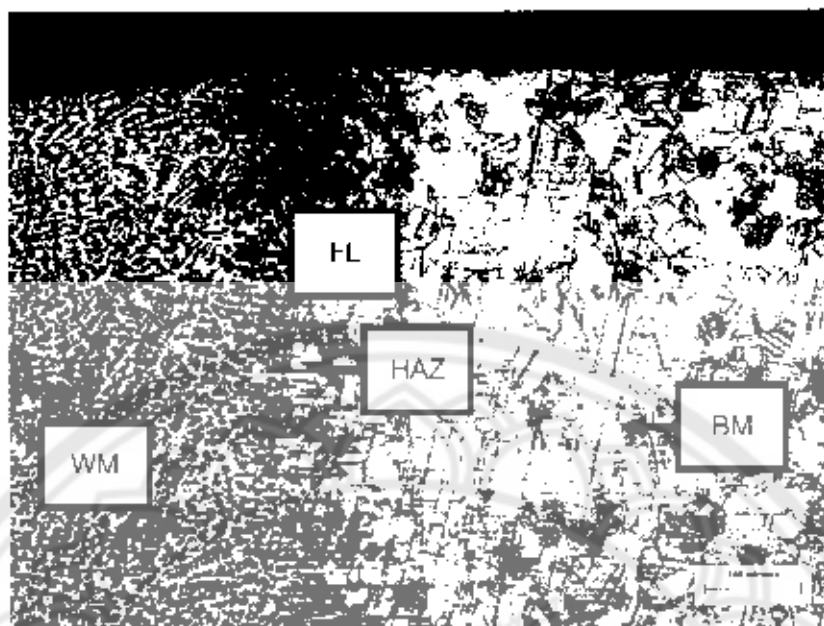
สัญลักษณ์ที่ใช้	ความหมาย
BM : Base Metal	โลหะพื้น
WM : Welding Metal	เนื้อเชื่อม
FL : Fusion Line	แนวการหลอมเหลว
HAZ : Heat Affect Zone	บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน

4.1.1.1 โครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304

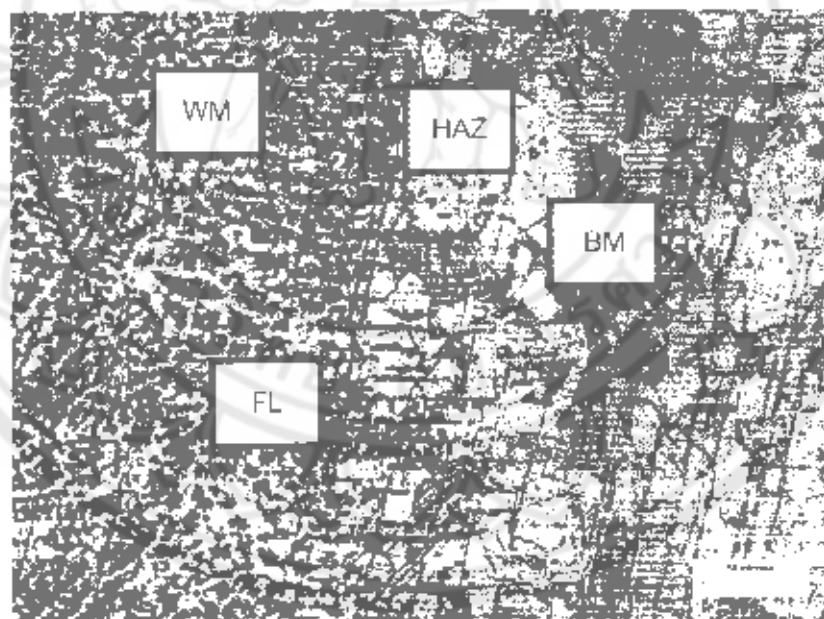
รูปที่ 4.1 – 4.5 แสดงโครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI304 ที่มีโครงสร้างเป็นแบบอออสเทนนิติกโดยมีโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟส 2 เฟสโดยมีโลหะพื้นเป็นเฟสอออสเทนไนท์และบริเวณเนื้อเชื่อมเป็นเฟสไฟไรท์และทศเทนไนท์ โครงสร้างตั้งแต่บริเวณโลหะพื้นบริเวณการหลอมเหลวไปจนถึงบริเวณเนื้อเชื่อมจะมีโครงสร้างแตกต่างกันเห็นได้อย่างชัดเจนจากรูปที่ 4.2 บริเวณขวาสุดของรูปเป็นบริเวณโลหะพื้นซึ่งมีเกรนที่ใหญ่ เมื่อเลื่อนมาทางซ้ายจะเข้าสู่บริเวณรอยต่อ ระหว่างเนื้อโลหะพื้นกับ HAZ พบว่าคาร์บอนในเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้จะตกผลึกออกจากสารละลายของแข็ง และรวมตัวกับโครเมียม กลายเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ ดังนั้นปริมาณโครเมียมในเนื้อโลหะที่ใกล้กับบริเวณขอบเกรนจะลดลงและทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนจะลดลงอย่างรุนแรง ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า“การตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์” (Chromium Carbide Precipitation) ถัดไปจะเป็นแนวการหลอมเหลวซึ่งถูกความร้อนในขณะที่เชื่อมและโครงสร้างจะมีลักษณะเปลี่ยนไปอีกเมื่อเข้าสู่บริเวณเนื้อเชื่อม



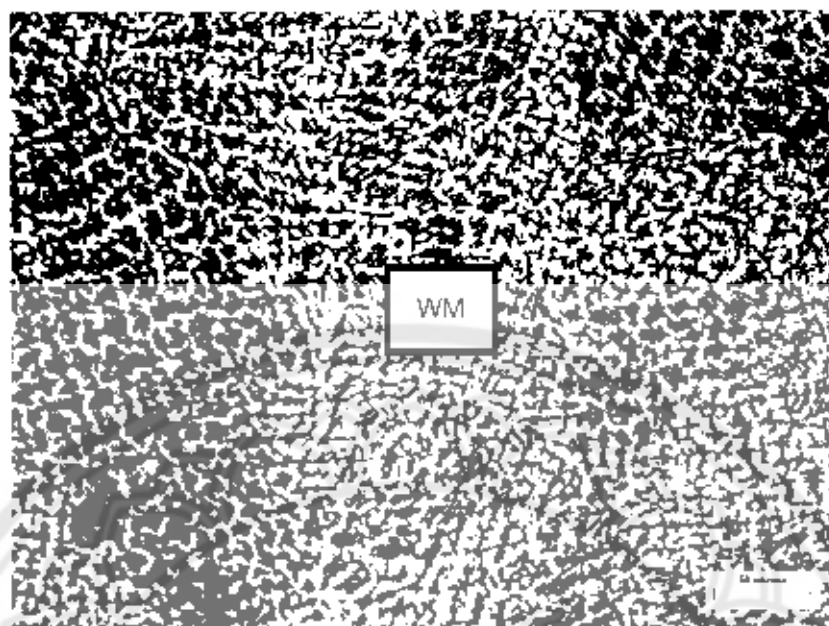
รูปที่ 4.1 โครงสร้างจุลภาคโดยรวม เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ที่กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304
กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.3 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304
กำลังขยาย 200 เท่า



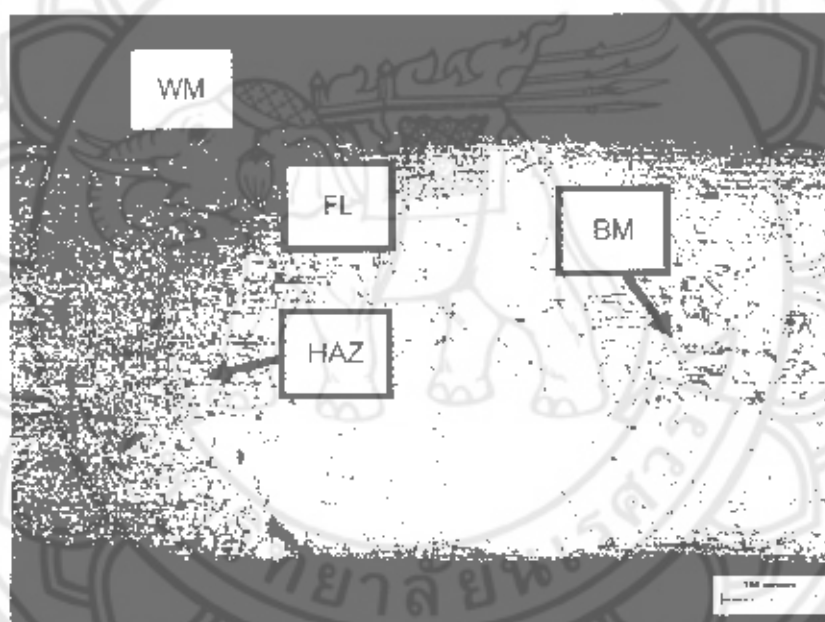
รูปที่ 4.4 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304
กำลังขยาย 200 เท่า



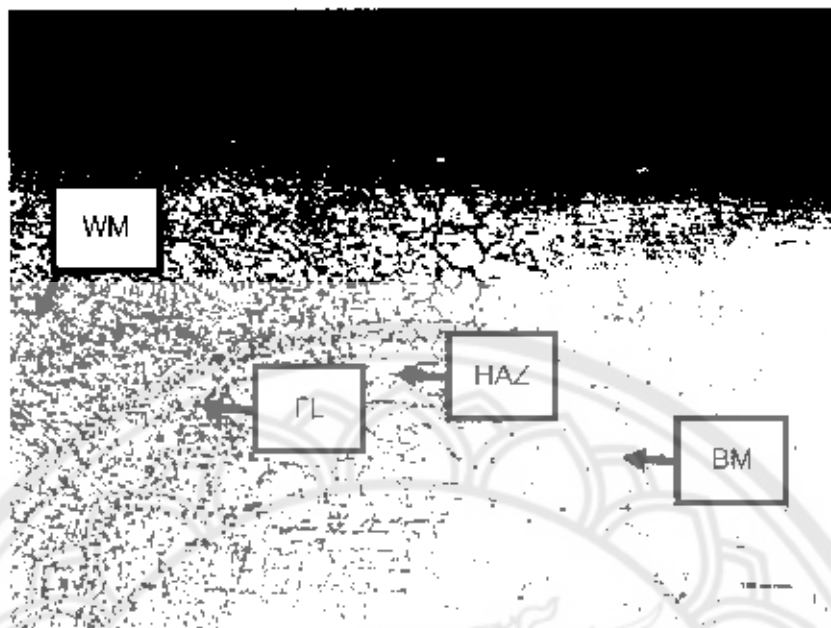
รูปที่ 4.5 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 กำลังขยาย 200 เท่า

4.1.1.2 โครงสร้างจุลภาค ของเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7

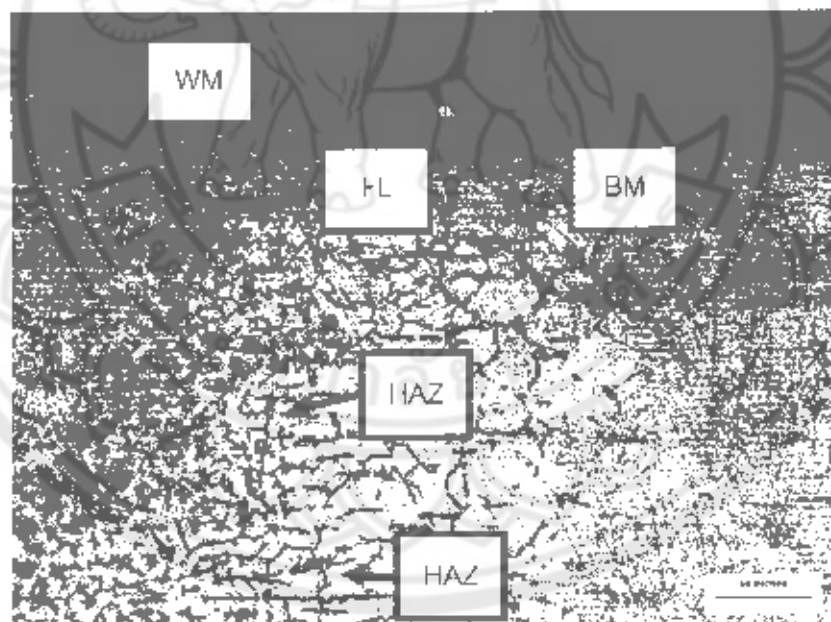
รูปที่ 4.6 – 4.10 แสดงโครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด NTKD-7 ที่มีโครงสร้างเป็นแบบออสเทนนิติก โดยมีโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟส 2 เฟส โดยโลหะพื้นเป็นเฟสออสเทนไนท์และบริเวณเนื้อเชื่อมเป็นเฟสเฟอร์ไรท์และออสเทนไนท์ โครงสร้างตั้งแต่บริเวณโลหะพื้น บริเวณการหลอมเหลว ไปจนถึงบริเวณเนื้อเชื่อมจะมีโครงสร้างแตกต่างกันเห็นได้อย่างชัดเจน จากรูปที่ 4.6 บริเวณขวาสุดของรูปเป็นบริเวณโลหะพื้นซึ่งมีเกรนที่ใหญ่ เมื่อเลื่อนมาทางซ้ายจะเข้าสู่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อโลหะพื้นกับ HAZ ซึ่งมีการเกิดโครเมียมคาร์ไบด์เช่นกัน ถัดไปจะเป็นแนวการหลอมเหลวซึ่งถูกความร้อนในขณะเชื่อมและโครงสร้างจะมีลักษณะเปลี่ยนไปอีกเมื่อเข้าสู่บริเวณเนื้อเชื่อม



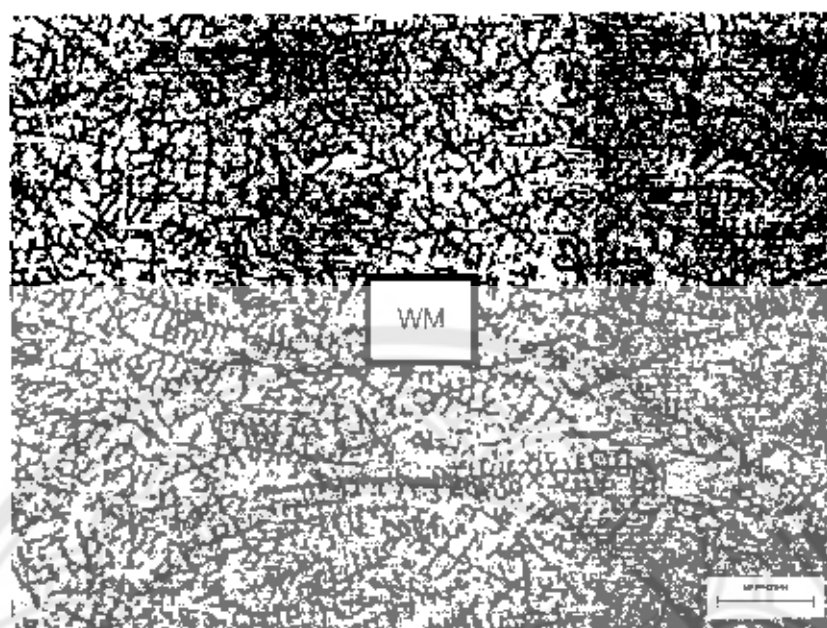
รูปที่ 4.6 โครงสร้างจุลภาคโดยรวม เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 กำลังขยาย 50 เท่า



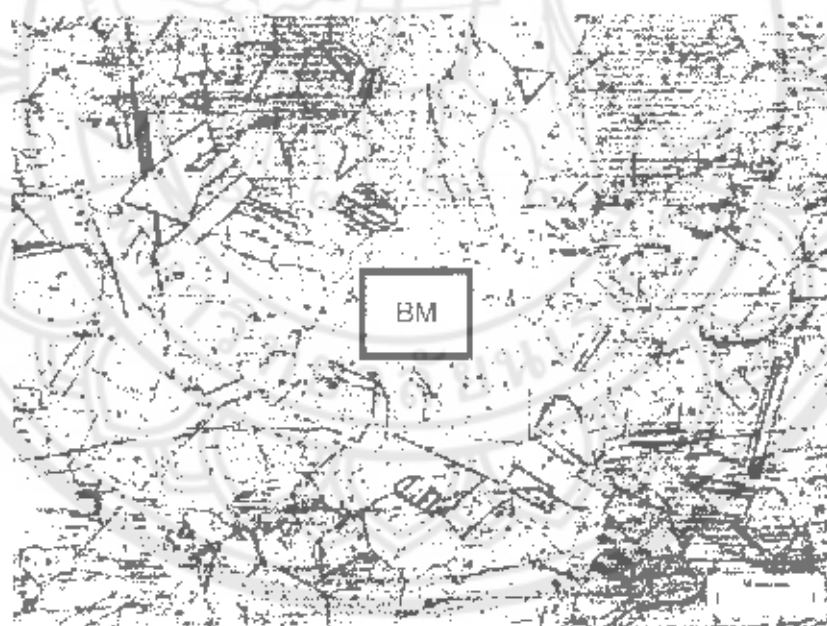
รูปที่ 4.7 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7
กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.8 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7
กำลังขยาย 200 เท่า



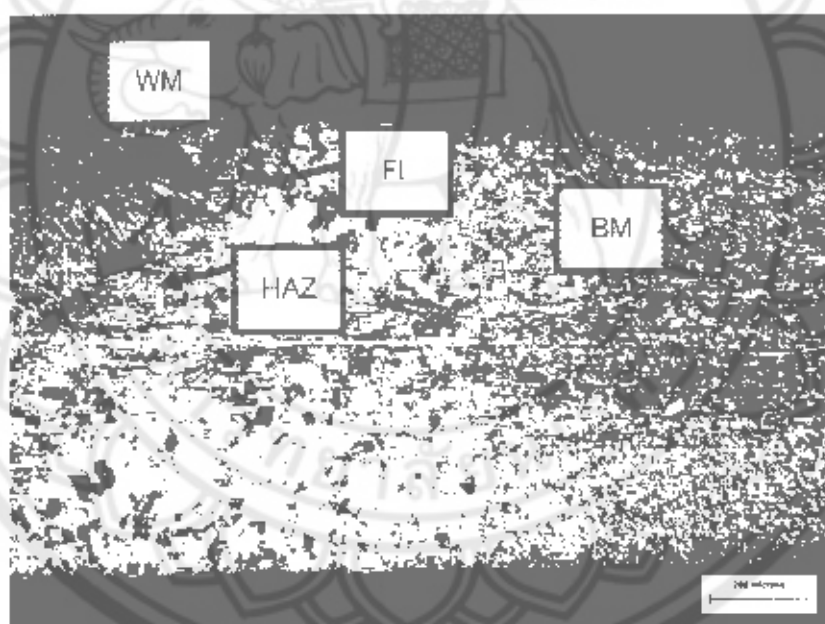
รูปที่ 4.9 โครงสร้างจุดภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7
กำลังขยาย 200 เท่า



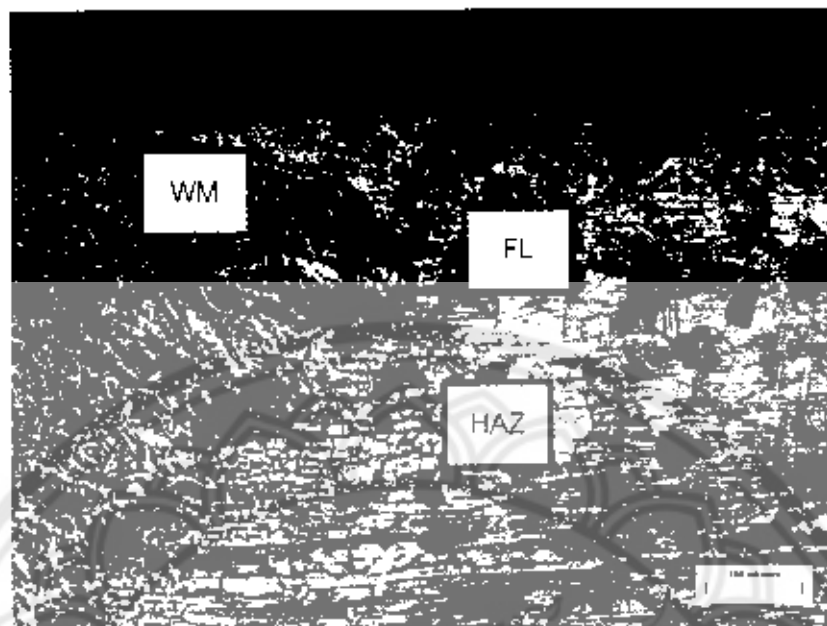
รูปที่ 4.10 โครงสร้างจุดภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7
กำลังขยาย 200 เท่า

4.1.1.3 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202

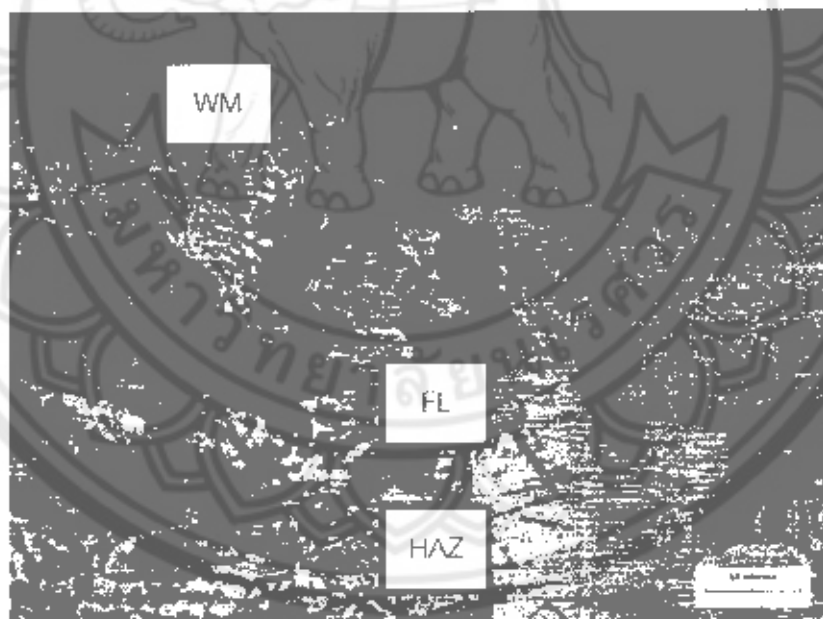
รูปที่ 4.10 – 4.15 แสดงโครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI202 ที่มีโครงสร้างเป็นแบบ ออสเทนนิติก คือมีโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟส 2 เฟส โดยโลหะพื้นเป็นเฟสออสเทนไนต์และบริเวณเนื้อเชื่อมเป็นเฟส เฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์ โครงสร้างตั้งแต่บริเวณโลหะพื้น บริเวณการหลอมเหลวไปจนถึงบริเวณเนื้อเชื่อมซึ่งจะมีโครงสร้างแตกต่างกันเห็นได้ชัดเจน จากรูปที่ 4.11 บริเวณขวาสุดของรูปเป็นบริเวณโลหะพื้นซึ่งมีขนาดเกรนเล็กถัดมาจะเห็นการเกิดลักษณะการโตของเกรน (Grain growth) ทำให้เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้นต่อเนื่องมาทางซ้ายจะเข้าสู่บริเวณรอยต่อ ระหว่าง เนื้อโลหะพื้นกับ HAZ ซึ่งพบโครเมียมคาร์ไบด์เช่นเดียวกับเหล็กกล้าไร้สนิม 2 ชนิดแรก ถัดไปจะเป็นแนวการหลอมเหลวซึ่งถูกความร้อนในขณะเชื่อม และ โครงสร้างจะมีลักษณะเปลี่ยนไปอีกเมื่อเข้าสู่บริเวณเนื้อเชื่อม



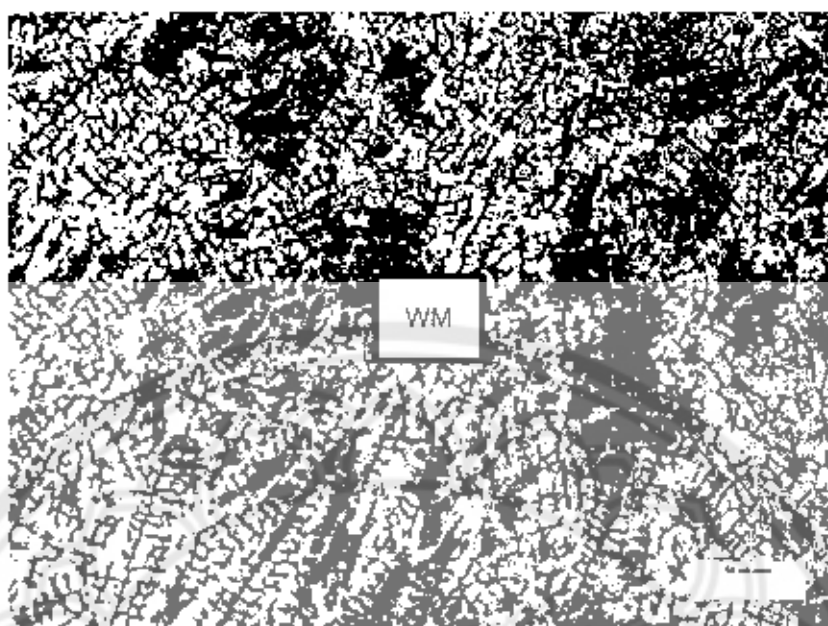
รูปที่ 4.11 โครงสร้างจุลภาค เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 กำลังขยาย 50 เท่า



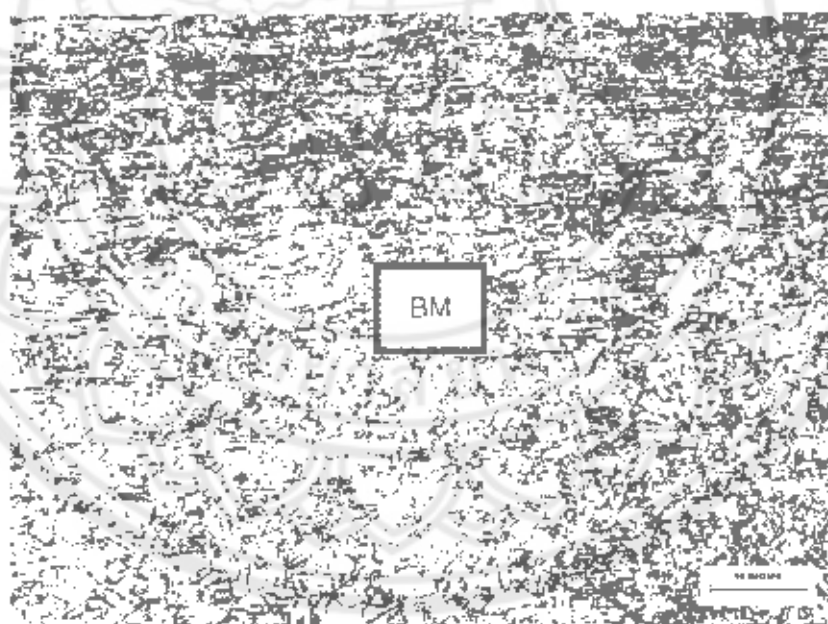
รูปที่ 4.12 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202
กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.13 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202
กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 4.14 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202
กำลังขยาย 200 เท่า



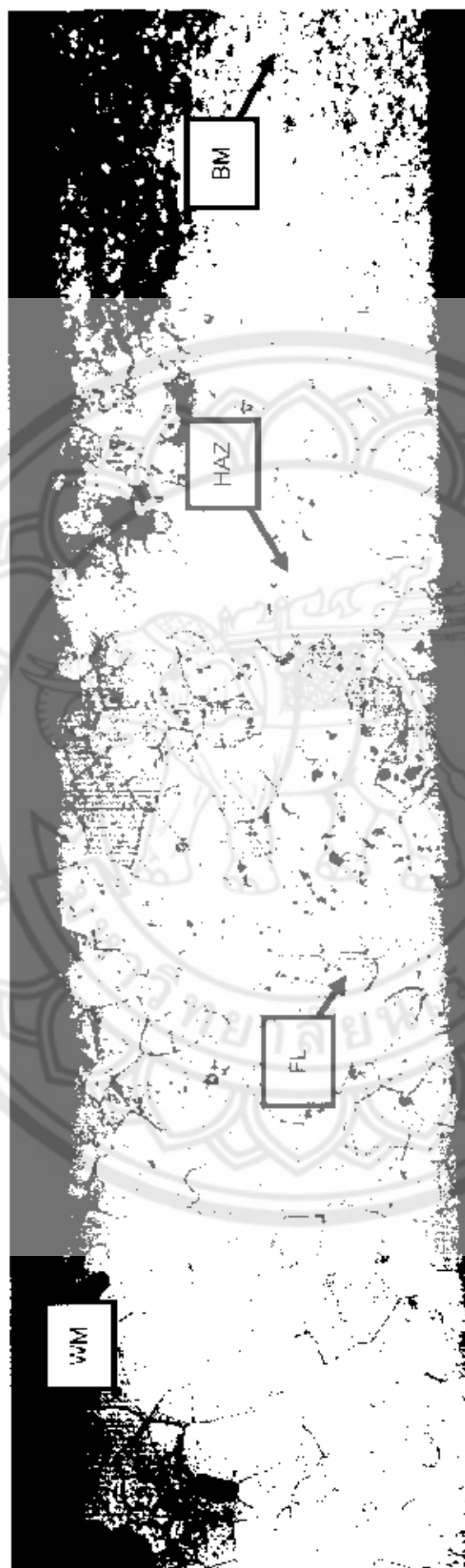
รูปที่ 4.15 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 กำลังขยาย 200 เท่า

4.1.2 เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic Stainless Steel)

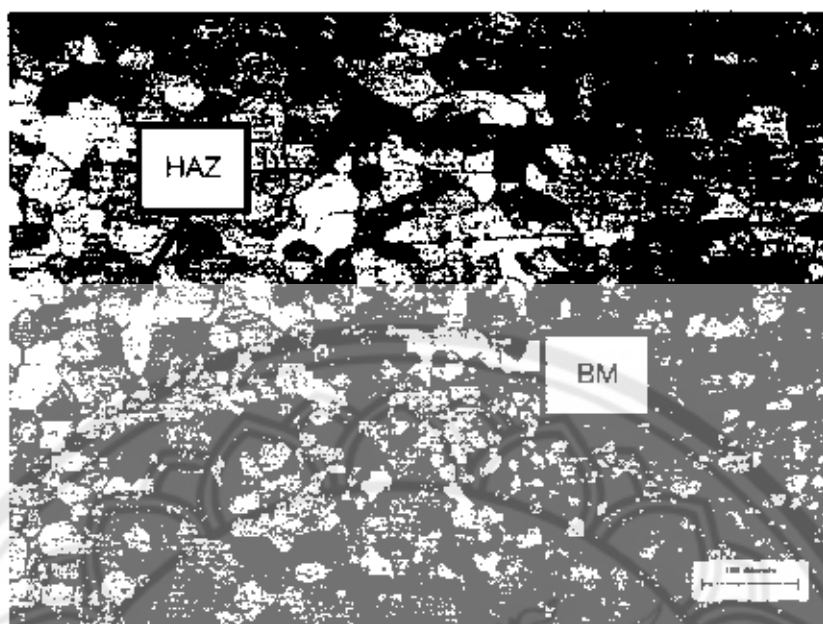
ในงานวิจัยนี้เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกโดยทั่วไปจะมีโครงสร้างส่วนมากเป็น BCC โดยโครเมียมที่เติมลงในเหล็กกล้าไร้สนิม จะทำหน้าที่เพิ่มความเสถียรภาพให้แก่เฟสเฟอร์ไรท์ และทำให้บริเวณที่เกิดเฟสออสเทนไนท์มีบริเวณแคบลงตามตารางที่ 2.8 และทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดนี้มีโครงสร้างเป็นเฟสเฟอร์ไรท์แม้จะอยู่ที่อุณหภูมิสูง เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกนั้นไม่สามารถอบชุบความร้อนเพื่อให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้ แต่ความแข็งแรงของเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกนั้นโดยทั่วไปก็มีความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ซึ่งเป็นผลจากธาตุผสมที่เติมลงในเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก [3]

4.1.2.1 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT

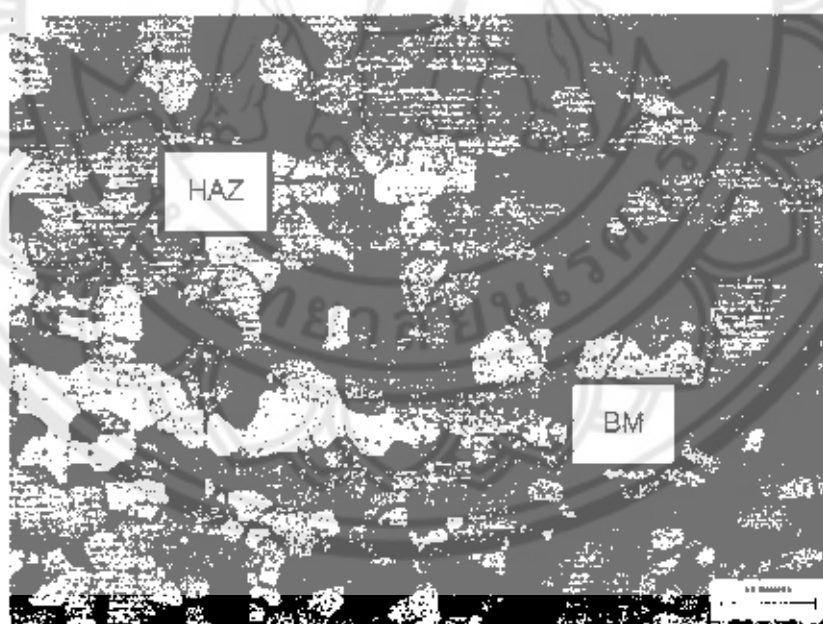
รูปที่ 4.16 – 4.20 แสดงโครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 443 ที่มีโครงสร้างเป็นแบบเฟอร์ริติก โดยมีเฟสเป็นเฟอร์ไรท์ทั้งหมด บริเวณขอบเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด JFE 443CT มีความชัดเจนมากกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดอื่นและพบว่าไม่มีการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์พบแต่เพียงลักษณะการโตขึ้นของเกรน (Grain growth) ในบริเวณแนวเชื่อมเท่านั้นจึงทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 443 มีความคงทนต่อการกัดกร่อนใกล้เคียงกันทั้งในตำแหน่งเนื้อเกรนและขอบเกรนโดยเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้จะมีโซน HAZ ที่กว้างกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม 3 ชนิดแรกเป็นอันมาก



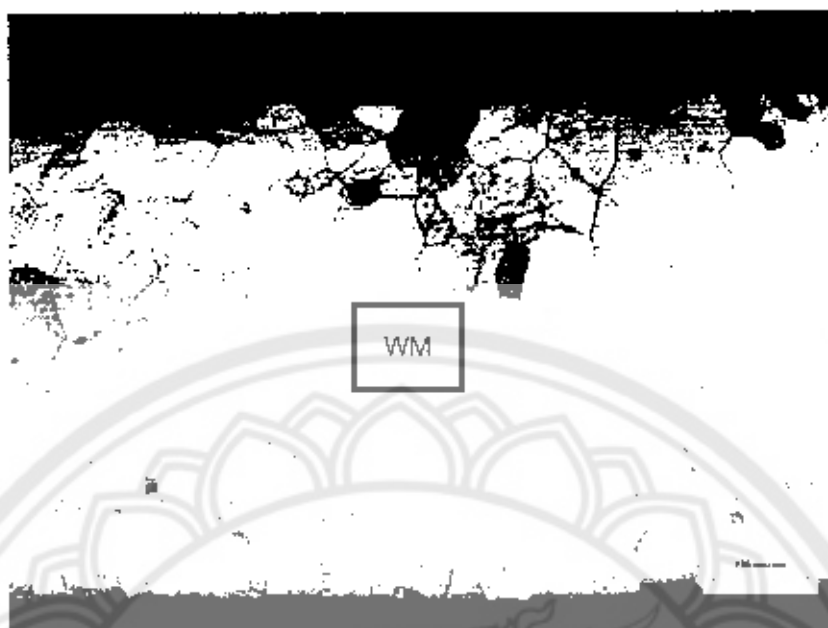
รูปที่ 4.16 โครงสร้างจุลภาค เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT กำลังขยาย 50 เท่า



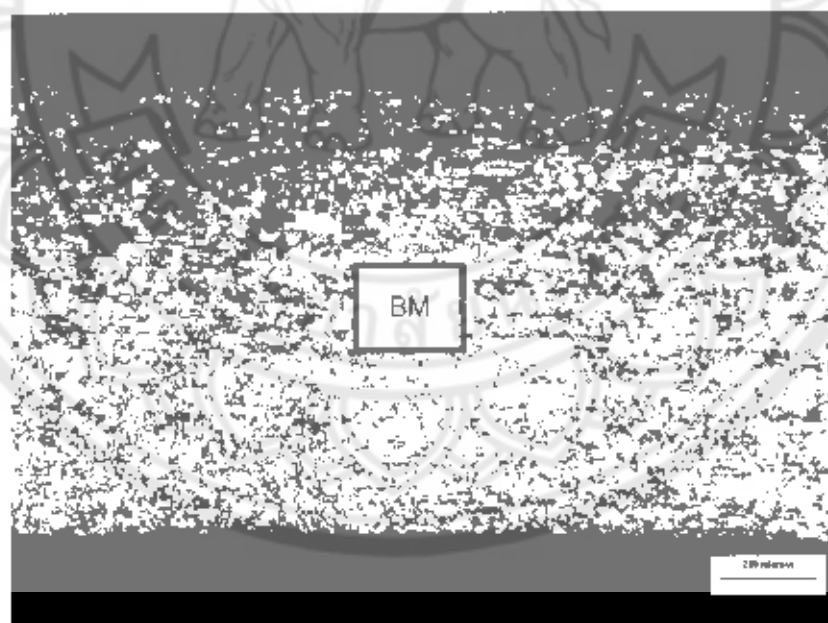
รูปที่ 4.17 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT
กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.18 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT
กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 4.19 โครงสร้างจุดภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม JFF 443CT
กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.20 โครงสร้างจุดภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT
กำลังขยาย 50 เท่า

จากรูปที่ 4.1 – 4.20 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมทั้ง 4 ชนิดโดยที่สามารถสรุปโครงสร้างทั้ง 4 ได้ ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงชนิดและเฟสของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ

ชนิดของ เหล็กกล้าไร้สนิม	ประเภทของ เหล็กกล้าไร้สนิม	เฟสบริเวณ Base Metal	เฟสบริเวณ Weld Metal
AISI304	Austenitic	Austenite	Ferrite + Austenite
NTKD-7	Austenitic	Austenite	Ferrite + Austenite
AISI202	Austenitic	Austenite	Ferrite + Austenite
JFE 443CT	Ferritic	Ferrite	มีลักษณะ Grain growth และยังคงเป็นเฟส Ferrite

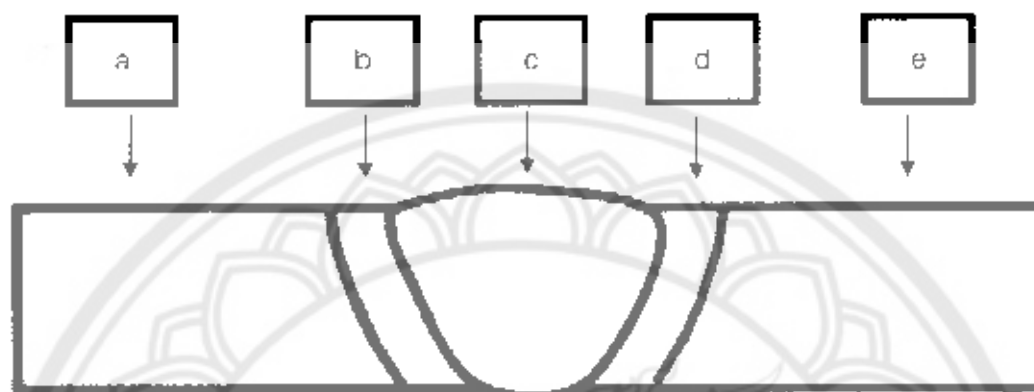
ผลการวัดค่า Delta ferrite ในเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304, NTKD-7 และ AISI202 บริเวณกลางรอยเชื่อมโดยคำนวณตามสมการที่ 2.4 – 2.8 ได้ค่าตามตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงถึงปริมาณ Delta ferrite บริเวณกลางรอยเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมทั้ง 3 ชนิดจากการคำนวณจากวิธีการนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวัดค่า Delta ferrite ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304, NTKD-7 และ AISI202

ชนิดของ เหล็กกล้าไร้สนิม	volume fraction of the constituent or phase expressed as a percentage in Section (V_v)
AISI304	25.97 ± 2.95
NTKD-7	22.82 ± 3.89
AISI202	24.49 ± 1.84

4.2 การทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งระบบ Micro Vickers load 0.5kg

ทำการทดสอบทั้งหมด 5 แนวคือแนว a, b, c, d และ e ทดสอบแนวละ 5 จุดแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยตามบริเวณต่างๆของชิ้นงานดังนี้



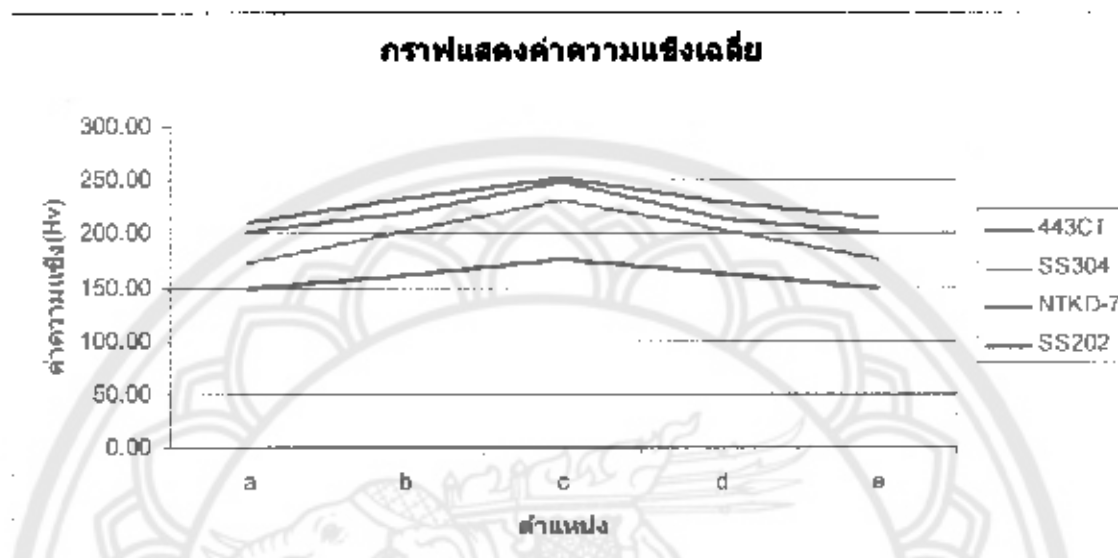
รูปที่ 4.21 แสดงตำแหน่งต่างๆบนชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมทัก

- a : บริเวณโลหะพื้น
- b : บริเวณแนวการหลอมเหลว
- c : บริเวณกลางเนื้อเชื่อม
- d : บริเวณแนวการหลอมเหลว
- e : บริเวณโลหะพื้น

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดต่างๆ หน่วยเป็น $HV_{0.5}$

ชนิดของ เหล็กกล้าไร้สนิม	ค่าความแข็ง ($HV_{0.5}$)				
	A	B	C	D	E
JFE 443CT	148.60	181.39	176.88	163.08	148.60
AISI304	173.03	201.79	230.75	204.31	176.92
NTKD7	201.74	219.66	249.30	214.32	200.59
AISI202	211.67	233.71	252.49	229.23	214.20

เมื่อนำค่าความแข็งเฉลี่ยของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดต่างๆที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและตำแหน่งที่ทำการทดสอบความแข็งบนชิ้นงานจะเป็นดังรูป 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้น

จากรูปที่ 4.22 จะพบว่าค่าความแข็งของเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเชื่อมทิกจะมีความแข็งเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่ง HAZ และจะมีค่าสูงที่สุดเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งกลางรอยเชื่อม และจากการทดสอบความแข็งนี้ทำให้ทราบว่าเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด AISI202 มีความแข็งมากที่สุด ตามด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 ที่มีค่าความแข็งรองลงมาโดยที่บริเวณกลางรอยเชื่อมมีความแข็งใกล้เคียงกับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 เป็นอย่างมาก ส่วนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 และ JFC 443CT นั้นมีความแข็งน้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม 2 ชนิดแรกโดยที่เหล็กกล้าไร้สนิม JFC 443CT มีความแข็งน้อยที่สุด

เมื่อนำค่าความแข็งไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างจุลภาคตามที่ได้ทดสอบในหัวข้อที่ 4.1 จะพบว่าโครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิม JFC 443CT (รูปที่ 4.16) มีโครงสร้างจุลภาคที่มีขนาดเกรนใหญ่จึงทำให้มีความแข็งน้อยกว่าเหล็กกล้าชนิดอื่นๆ ส่วนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 (รูปที่ 4.1) AISI202 (รูปที่ 4.6) และ NTKD-7 (รูปที่ 4.11) จะมีโครงสร้างจุลภาคที่คล้ายกัน แตกต่างกันที่ขนาดของเกรนและความละเอียดของเกรน เล็กน้อยจึงทำให้ความแข็งมีค่าใกล้เคียงกัน

โดยเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 เป็นที่มีขนาดเกรนเล็กและมีความละเอียดของเกรนมากที่สุด จึงมีค่าความแข็งมากที่สุด คือตำแหน่ง a - 211.67, b - 233.71, c - 252.49, d = 229.23, e = 214.20 HV_{0.05}

4.3 ผลการวิเคราะห์สารปนเปื้อน

4.3.1 การทดสอบชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมโดยที่ไม่มีความสะอาดรอยเชื่อมด้วยน้ำยาเช็ดรอยเชื่อม

โดยทำการตัดชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมทิกมาทำการตรวจสอบสารปนเปื้อนตามมาตรฐาน Japan Food Research Laboratories โดยที่ชิ้นงานไม่ได้ผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำยาเช็ดรอยเชื่อมก่อน

ตารางที่ 4.5 แสดงสารปนเปื้อนออกมากับน้ำที่นำไปทดสอบก่อนทำความสะอาดรอยเชื่อม
(มิลลิกรัม/1กิโลกรัม)

ชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม	ตะกั่ว (Pb)	แมงกานีส (Mn)	โครเมียม (Cr)	เหล็ก (Fe)	นิกเกิล (Ni)
AISI202	ไม่พบ	0.21	ไม่พบ	3.35	ไม่พบ
JFE 443CT	ไม่พบ	0.23	ไม่พบ	2.30	ไม่พบ
AISI304	ไม่พบ	0.30	ไม่พบ	1.87	ไม่พบ
NTKD7	ไม่พบ	0.16	ไม่พบ	1.33	ไม่พบ

หมายเหตุ : ไม่พบ ที่ Detection Limit 0.0044 ppm

จากผลการทดสอบทดสอบสารปนเปื้อนก่อนทำความสะอาดรอยเชื่อมไม่พบสารตะกั่ว เช่นเดียวกับโครเมียมและนิกเกิล พบเพียงแคเหล็กและแมงกานีสเท่านั้นที่ปนเปื้อนออกมาซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.7 จะพบว่าปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่ปนเปื้อนออกมานั้นเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

4.3.2 การทดสอบชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมโดยทำความสะอาดรอยเชื่อมด้วยน้ำยาเช็ดรอยเชื่อม CT-501 NB

ทำการตัดชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมทิกมาทำการตรวจสอบสารปนเปื้อนตามมาตรฐาน Japan Food Research Laboratories โดยที่ก่อนทดสอบนำชิ้นงานมาทำความสะอาดรอยเชื่อมด้วยน้ำยาเช็ดรอยเชื่อม CT-501 NB (รูปที่ 4.23) ก่อนทำการทดสอบสารปนเปื้อน



รูปที่ 4.23 น้ำยาเร็ดรอยเชื่อม CT-501 NB

ตารางที่ 4.6 แสดงสารปนเปื้อนออกมากับน้ำที่นำไปทดสอบหลังทำความสะอาดรอยเชื่อม
(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ชนิดของ เหล็กกล้าไร้สนิม	ตะกั่ว (Pb)	แมงกานีส (Mn)	โครเมียม (Cr)	เหล็ก (Fe)	นิกเกิล (Ni)
202	ไม่พบ	0.08	ไม่พบ	0.65	ไม่พบ
443	ไม่พบ	0.10	ไม่พบ	0.78	ไม่พบ
304	ไม่พบ	0.02	ไม่พบ	0.97	ไม่พบ
NTKD7	ไม่พบ	0.12	ไม่พบ	0.41	ไม่พบ

หมายเหตุ : ไม่พบ ที่ Detection Limit 0.0044 ppm

จากผลการทดสอบหลังทำความสะอาดรอยเชื่อมด้วยน้ำยาเร็ดรอยเชื่อมพบเหล็ก และแมงกานีสในปริมาณที่น้อยลงกว่าการทดสอบก่อนเคาะรอยเชื่อมซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่า การทำความสะอาดรอยเชื่อมด้วยน้ำยาเร็ดรอยเชื่อมสามารถลดปริมาณของสารปนเปื้อนที่ออกมาได้ ทำให้เหล็กและแมงกานีสที่พบก่อนทำการเคาะรอยเชื่อมว่าเป็นอันตรายลดลงจนอยู่ในมาตรฐานที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

ตารางที่ 4.7 มาตรฐานสารปนเปื้อน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข)

คุณสมบัติทางเคมี	
ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/1 กิโลกรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529) [10]
เหล็ก (Fe)	ต้องไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2521) [11]
แมงกานีส (Mn)	ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2521) [12]

เนื่องจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของหม้อก๋วยเตี๋ยวยังไม่การกำหนดจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) (พฤษภาคม พ.ศ. 2552) จึงต้องใช้มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารปนเปื้อนแทน