

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ศึกษาผลกระทบทางกระบวนการความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด UNS S31803 โดยผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน บริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน Heat Affected Zone (HAZ) และแนวเชื่อม (Welded) โดยกำหนดปัจจัยในการทดลอง 2 ชนิดคือ อุณหภูมิและเวลา จากการทดลองในห้องปฏิบัติการได้รวบรวมผลการทดลอง เพื่อหาสมบัติทางกลดังนี้คือ การหาค่าความแข็ง การหาค่าปริมาณเฟสเฟอร์ไรท์ (Ferrit Content) และวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (Micro Structure) การหาค่าของผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect) ของตัวแปรแต่ละตัว และปฏิริยาสัมพันธ์หรือค่าอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการทดลองครั้งนี้ โดยการใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการคำนวณค่าทางสถิติ และวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-Ratio และระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือที่ระดับนัยสำคัญ .05 ($\alpha = .05$)

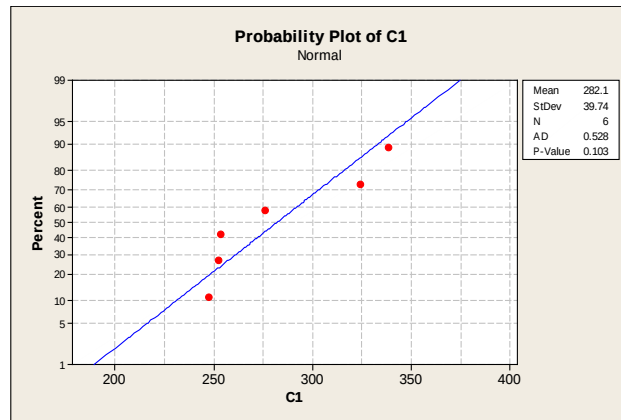
4.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลองเบื้องต้น

การศึกษาดำเนินการก่อนการทดลองเบื้องต้น ซึ่งได้ทำการทดลองเบื้องต้นโดยใช้อุณหภูมิในการอบอ่อนชิ้นงานที่ต่ำสุด 850°C และอุณหภูมิ สูงสุด $1,050^{\circ}\text{C}$ แล้วเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 3 ระดับ คือ 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง เพื่อหาระดับของตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติค่า P-Value

4.1.1 ผลการทดสอบค่าความแข็ง (Hardness) จากการทดลองเบื้องต้น

การทดลองเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ คำนวณหาค่าการแจกแจงของข้อมูล ในการทดลองหาค่าความแข็ง ด้วยเครื่องทดสอบค่าความแข็ง โดยเลือกใช้หน่วย Vickers (HV) บริเวณที่ตรวจสอบได้แก่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน Heat Affected Zone (HAZ) และแนวเชื่อม (Welded) มีการแจกแจงของข้อมูลอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสมของระดับตัวแปร

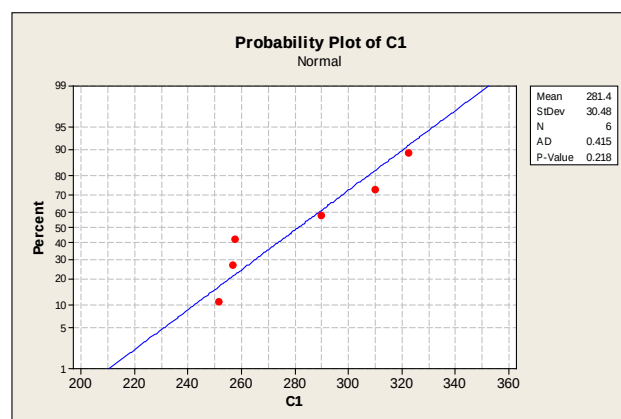
4.1.1.1 การแจกแจงข้อมูลการทดสอบค่าความแข็ง บริเวณเนืองาน (Base Metal)



รูปที่ 4.1 การทดสอบการแจกแจงข้อมูล ค่าความแข็งบริเวณ เนืองาน (Base Metal)

จากรูปที่ 4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น ค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในขอบเขตของเวลา ในการหาค่าความแข็ง ที่บริเวณเนืองาน (Base Metal) พบว่าค่า P-Value = .103 > .05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีการแจกแจงปกติ

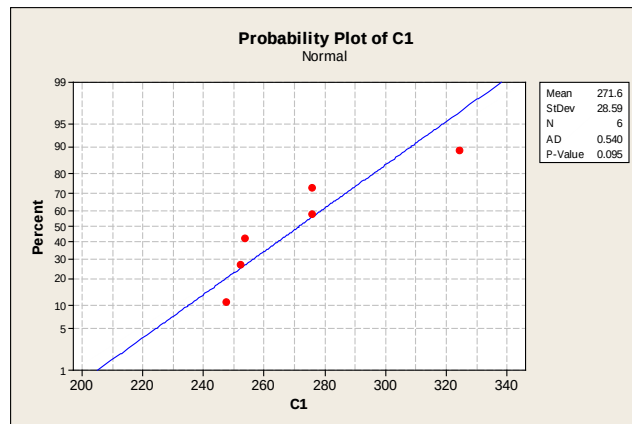
4.1.1.2 การแจกแจงข้อมูลการทดสอบค่าความแข็ง บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)



รูปที่ 4.2 การทดสอบการแจกแจงข้อมูล ค่าความแข็งบริเวณ เขตอิทธิพลความร้อน(HAZ)

จากรูปที่ 4.2 ผลการทดลองเบื้องต้นค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในขอบเขตของเวลา ในการหาค่าความแข็งที่บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ) พบว่าค่า P-Value = .218 > .05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าว มีการแจกแจงปกติ

4.1.1.3 การแจกแจงข้อมูลการทดสอบค่าความแข็ง บริเวณแนวเชื่อม (Welded)



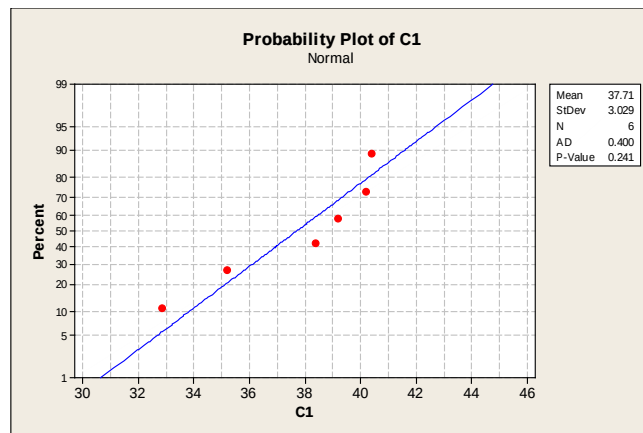
รูปที่ 4.3 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม(Welded)

จากรูปที่ 4.3 ผลการทดลองทดลองเบื้องต้นค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในขอบเขตของเวลา ในการหาค่าความแข็งที่บริเวณแนวเชื่อม (Welded) พบว่าค่า P-Value = .095 > .05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีการแจกแจงปกติ

4.1.2 ผลการทดสอบค่าปริมาณเฟอร์ไรต์ จากการทดลองเบื้องต้น

การทดลองเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ คำนวณหาค่าการแจกแจงของข้อมูล ในการทดลองหาค่าปริมาณเฟอร์ไรต์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและหาปริมาณสัดส่วนเฟอร์ไรต์ (Image Analyzers) บริเวณที่ตรวจสอบได้แก่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน Heat Affected Zone(HAZ) และแนวเชื่อม (Welded) มีการแจกแจงของข้อมูล อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสมของระดับตัวแปร

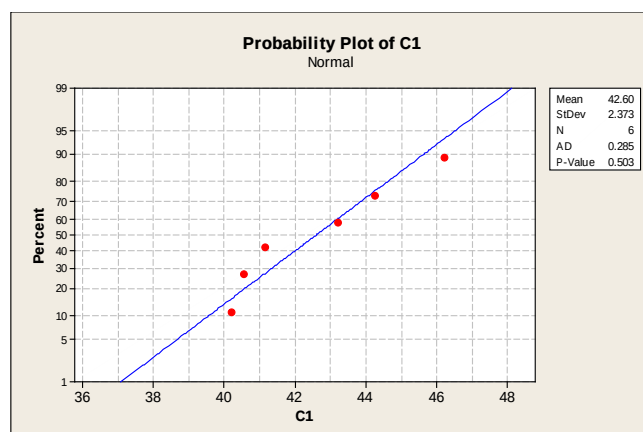
4.1.2.4 การแจกแจงข้อมูลการทดสอบค่าปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณเนื้องาน (Base Metal)



รูปที่ 4.4 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

จากรูปที่ 4.4 ผลการทดลองทดลองเบื้องต้นค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในขอบเขตของเวลา ในการหาค่าความแข็งที่บริเวณเนื้องาน (Base Metal) พบว่าค่า P-Value = .241 > .05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีการแจกแจงปกติ

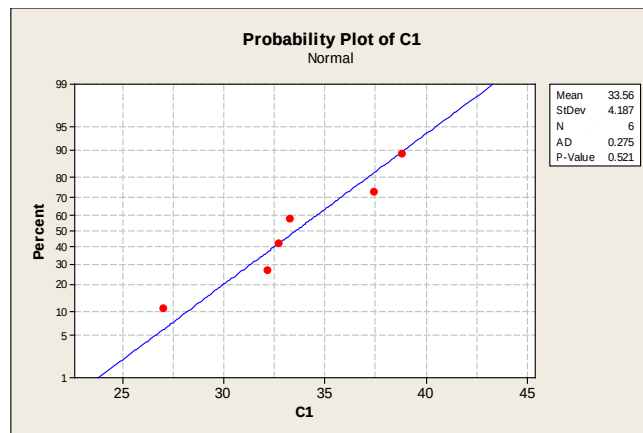
4.1.2.5 การแจกแจงข้อมูลการทดสอบค่าปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)



รูปที่ 4.5 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลปริมาณเฟอร์ไรต์ เขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

จากรูปที่ 4.5 ผลการทดลองทดลองเบื้องต้นค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในขอบเขตของเวลา ในการหาค่าความแข็งที่เขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) พบว่าค่า P-Value = .503 > .05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีการแจกแจงปกติ

4.1.2.6 การแจกแจงข้อมูลการทดสอบค่าปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณแนวเชื่อม (Welded)



รูปที่ 4.6 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

จากรูปที่ 4.6 ผลการทดลองทดลองเบื้องต้นค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในขอบเขตของเวลา ในการหาค่าความแข็งที่บริเวณแนวเชื่อม (Welded)พบว่าค่า P-Value = .521 > .05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีการแจกแจงปกติ

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความแข็ง

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน ที่อุณหภูมิ 850°C 950°C และ 1,050°C ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง ทดสอบหาค่าความแข็งของชิ้นงาน จะทดสอบในหน่วย Vickers (HV) จำนวน 16 จุด ในบริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) ของชิ้นงานทดสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติดังรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน พบว่าอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงานบริเวณเนื้องาน (Base Metal) วัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ จากการแจกแจงข้อมูลของอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal) โดยพบว่าเมื่อกำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ต่อความแข็งแรงบริเวณเนื้องาน (Base Metal)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17413.458 ^a	8	2176.682	119.006	.000
Intercept	1458309.206	1	1458309.206	7.973E4	.000
อุณหภูมิ	11678.570	2	5839.285	319.251	.000
เวลา	3173.159	2	1586.579	86.743	.000
อุณหภูมิ * เวลา	2561.729	4	640.432	35.014	.000
Error	164.615	9	18.291		
Total	1475887.279	18			
Corrected Total	17578.073	17			

a. R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .982)

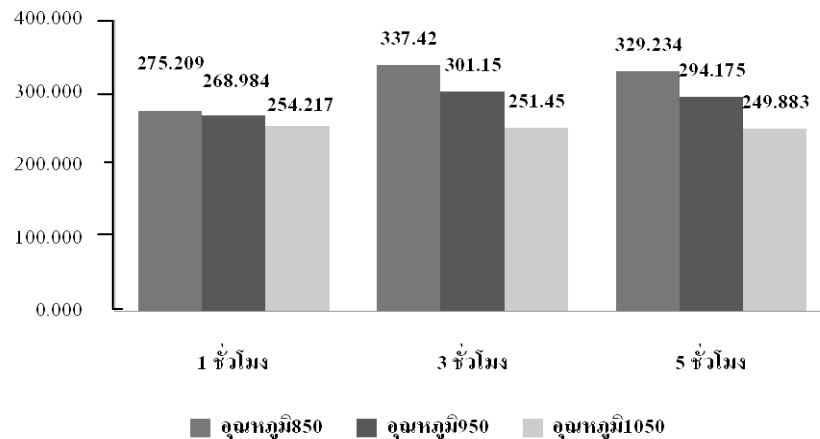
4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเนื้องาน (Base Metal) คำนวณ F-test ได้ 319.251 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.000 < .01$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อค่าความแข็งแรงบริเวณเนื้องาน (Base Metal) แตกต่างกันทางสถิติ นัยสำคัญที่ระดับ.01

เวลาที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเนื้องาน (Base Metal) คำนวณ F-test ได้ 86.743 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.000 < .01$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่เวลาต่างกันมีผลต่อค่าความแข็งแรงบริเวณเนื้องาน (Base Metal) แตกต่างกันทางสถิติ มีนัยสำคัญที่ระดับ.01

ปฏิสัมพันธ์อิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อน บริเวณเนื้องาน (Base Metal) คำนวณ F-test ได้ 35.014 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.000 < .01$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งแรงบริเวณเนื้องาน (Base Metal) มีนัยสำคัญที่ระดับ.01

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณเนื้องาน (Base Metal) ทำการวัดค่าความแข็ง ตามตารางที่ ข.1 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็ง อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนที่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

จากรูปที่ 4.7 จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและเวลา พบว่า ค่าความแข็งของอุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 3 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 337.420 HV แสดงว่าเมื่ออบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 3 ชั่วโมงทำให้ชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งมากกว่าการใช้เวลาที่ 1 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบอ่อนสูงขึ้นที่ระดับ 950°C และ 1,050°C ทำให้ชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งลดลง

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน พบว่าอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงานบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) วัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ จากการแจกแจงข้อมูลของอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) โดยพบว่าเมื่อกำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ต่อความแข็ง บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9616.940 ^a	8	1202.117	36.710	.000
Intercept	1403929.389	1	1403929.389	4.287E4	.000
อุณหภูมิ	7801.695	2	3900.847	119.124	.000
เวลา	827.248	2	413.624	12.631	.002
อุณหภูมิ * เวลา	987.997	4	246.999	7.543	.006
Error	294.714	9	32.746		
Total	1413841.042	18			
Corrected Total	9911.654	17			

a. R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .944)

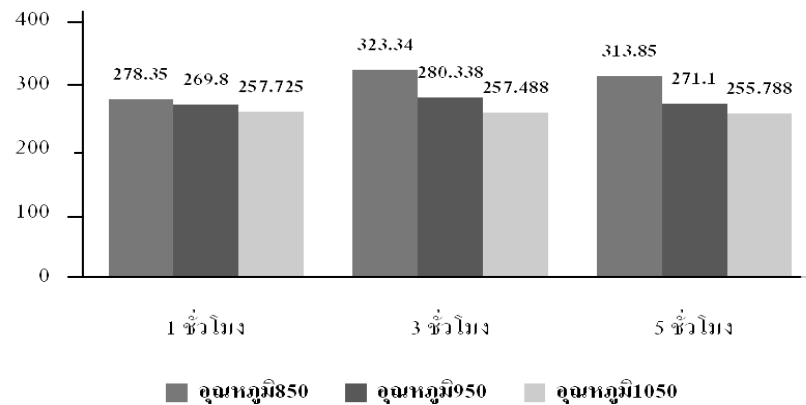
4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) คำนวณ F-test ได้ 119.124 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.000 < .01$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อความแข็งบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) แตกต่างกันทางสถิติ มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

เวลาที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) คำนวณ F-test ได้ 12.631 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.002 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่เวลาต่างกันมีผลต่อค่าความแข็งบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) แตกต่างกันทางสถิติ มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ปฏิสัมพันธ์อิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อน บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) คำนวณ F-test ได้ 7.543 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.006 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ปฏิสัมพันธ์อิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) ทำการวัดค่าความแข็ง ตามตาราง ข.2 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็ง อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนที่ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

จากรูปที่ 4.8 จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและเวลา พบว่า ค่าความแข็งของอุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 3 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งมากที่สุดเฉลี่ย เท่ากับ 323.340 HV แสดงว่าเมื่ออบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 3 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งมากกว่า การใช้เวลาที่ 1 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมง เมื่อเพิ่ม อุณหภูมิในการอบอ่อนสูงขึ้นที่ระดับ 950°C และ 1,050°C ทำชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งลดลง

4.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน พบว่าอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงานบริเวณแนวเชื่อม (Welded) วัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ จากการแจกแจงข้อมูลของอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded) โดยพบว่าเมื่อกำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ต่อความแข็งแรง บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21102.626 ^a	8	2637.828	52.042	.000
Intercept	1583587.146	1	1583587.146	3.124E4	.000
อุณหภูมิ	19560.632	2	9780.316	192.958	.000
เวลา	755.290	2	377.645	7.451	.012
อุณหภูมิ * เวลา	786.703	4	196.676	3.880	.042
Error	456.177	9	50.686		
Total	1605145.949	18			
Corrected Total	21558.803	17			

a. R Squared = .979 (Adjusted R Squared = .960)

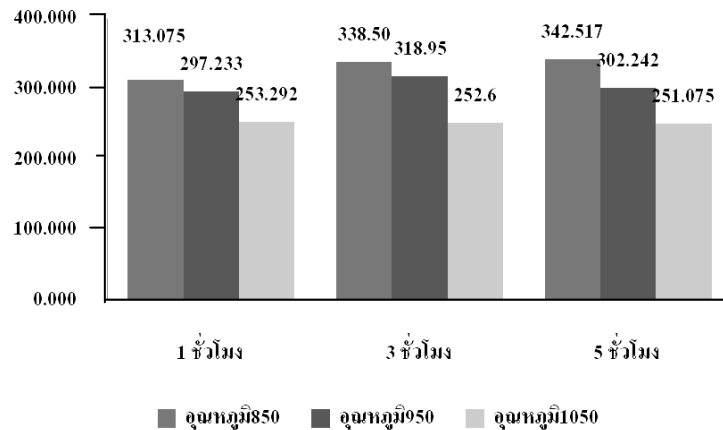
4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ คำนวณ F-test ได้ 192.958 และมีนัยสำคัญที่ระดับ .000 < .01 แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อค่าความแข็งแรงบริเวณแนวเชื่อม(Welded) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05

เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน คำนวณ F-test ได้ 7.451 และมีนัยสำคัญที่ระดับ .012 < .05 แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่เวลาต่างกันมีผลต่อค่าความแข็งแรงบริเวณแนวเชื่อม(Welded) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05

ปฏิสัมพันธ์หรืออิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลา คำนวณ F-test ได้ 3.880 และมีนัยสำคัญที่ระดับ .042 < .05 แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความแข็งแรงบริเวณแนวเชื่อม(Welded) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อค่าความแข็ง บริเวณแนวเชื่อม (Welded) ทำการวัดค่าความแข็ง ตามตารางที่ ข.3 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ดังรูปที่ 4.9

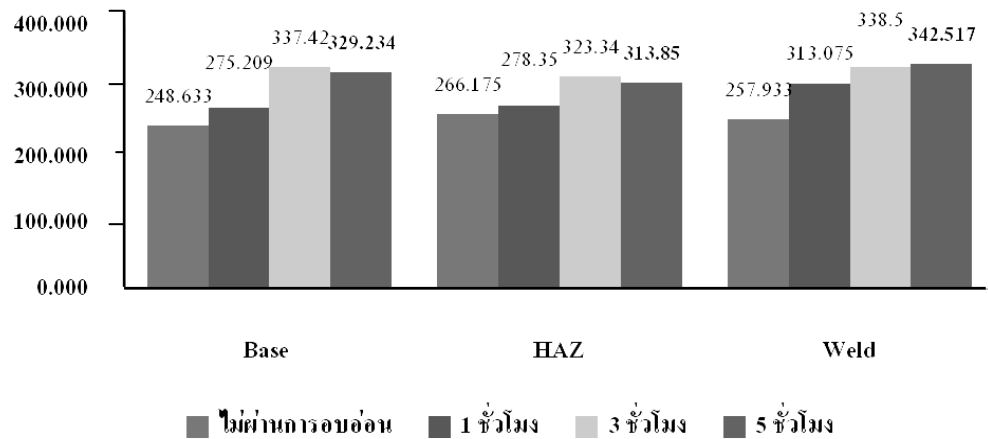


รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็ง อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนที่ บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

จากรูปที่ 4.9 จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและเวลา พบว่า ค่าความแข็งของอุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง มีค่าความแข็งมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 342.517 HV แสดงว่าเมื่ออบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งมากกว่า การใช้เวลาที่ 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง เมื่อเพิ่ม อุณหภูมิในการอบอ่อนสูงขึ้นที่ระดับ 950°C และ 1,050°C ทำชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งลดลง

4.2.4 เปรียบเทียบค่าความแข็งของชิ้นงานทดลองที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนมีค่าความแข็งที่ดีที่สุด กับชิ้นงานที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณที่มีค่าความแข็งมากที่สุดคือบริเวณแนวเชื่อม (Welded) มีค่าความแข็งมากที่สุด ที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงชิ้นงานที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนและชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C

จากรูปที่ 4.10 แสดงว่าเมื่ออบที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งแรงมากที่สุด มากกว่าการใช้เวลา 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมงและมีค่าความแข็งแรงมากกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน และตรงบริเวณแนวเชื่อม (Welded) มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด มากกว่าบริเวณเนื้องาน (Base Metal) และบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) เนื่องจาก อัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อมจะต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ในขณะทำการเชื่อมและเมื่อผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนที่อุณหภูมิต่ำ ใช้เวลาในการอบอ่อนนานขึ้น จะทำให้มีออสเทนไนต์เกิดขึ้นได้มาก และขยายขนาดใหญ่ขึ้นทำให้พบออสเทนไนต์มากในบริเวณแนวเชื่อม (Welded) จึงทำให้มีค่าความแข็งแรงในบริเวณแนวเชื่อมมากกว่าบริเวณอื่น

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลามีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงานทดลองที่อุณหภูมิ 850°C 950°C และ 1,050°C ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมง ผลการทดสอบหาค่าปริมาณเฟอร์ไรต์ จะทดสอบหาค่าปริมาณเฟอร์ไรต์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและ หาปริมาณสัดส่วนเฟอร์ไรต์ (Image Analyzers) ในการหาตำแหน่งการทดลอง ได้แก่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน Heat Affected Zone (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) แล้วนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติดังรายละเอียดดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน พบว่าอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์ของชิ้นงานบริเวณเนื้องาน (Base Metal) วัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ จากการแจกแจงข้อมูลของอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อค่าความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal) โดยพบว่าเมื่อกำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ต่อปริมาณเฟอร์ไรท์ บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	141.817 ^a	8	17.727	4.802	.015
Intercept	24834.256	1	24834.256	6.727E3	.000
อุณหภูมิ	57.503	2	28.751	7.788	.011
เวลา	72.252	2	36.126	9.786	.006
อุณหภูมิ * เวลา	12.062	4	3.016	.817	.546
Error	33.225	9	3.692		
Total	25009.297	18			
Corrected Total	175.042	17			

a. R Squared = .810 (Adjusted R Squared = .641)

4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเนื้องาน (Base Metal) คำนวณ F-test ได้ 7.788 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.011 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์บริเวณเนื้องาน (Base Metal) แตกต่างกันทางสถิติ มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเนื้องาน
(Base Metal)

อุณหภูมิที่ระดับ	อุณหภูมิ 850°C	อุณหภูมิ 950°C	อุณหภูมิ 1,050°C
อุณหภูมิ 850°C		**	**
อุณหภูมิ 950°C			**
อุณหภูมิ 1,050°C			

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของอุณหภูมิ มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 พบว่า มีจำนวน 4 คู่ ของอุณหภูมิ 850°C กับ อุณหภูมิ 950°C อุณหภูมิ 850°C กับ อุณหภูมิ 1,050°C อุณหภูมิ 950°C กับอุณหภูมิ 850°C อุณหภูมิ 1,050°C กับ อุณหภูมิ 850°C แตกต่างกันทางสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เวลาที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเนื้องาน (Base Metal) คำนวณ F-test ได้ 9.786 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.006 < .05$ คือ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่เวลาต่างกันมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์บริเวณเนื้องาน (Base Metal) แตกต่างกันทางสถิติ มีนัยสำคัญที่ระดับ.05

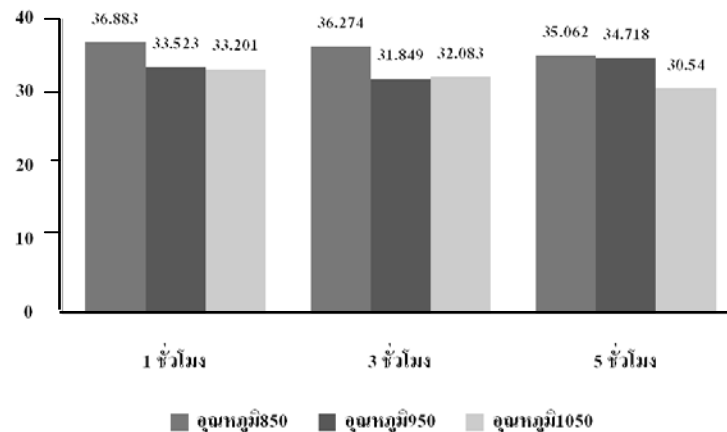
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลา ที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเนื้องาน (Base Metal)

เวลาที่ระดับ	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง
1 ชั่วโมง		**	**
3 ชั่วโมง			**
5 ชั่วโมง			

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของเวลาที่ใช้ในการอบอ่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่า มีจำนวน 4 คู่ ของเวลา 1 ชั่วโมง กับ เวลา 3 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง กับ เวลา 5 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง กับ เวลา 1 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง กับ เวลา 1 ชั่วโมง แตกต่างกันทางสถิติ มีนัยสำคัญที่ระดับ.05

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณเนื้องาน (Base Metal) ทำการวัดปริมาณเฟอร์ไรต์ ตามตารางที่ ข.4 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกราฟระหว่าง อุณหภูมิและเวลาที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเฟอร์ไรต์ อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนที่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

จากรูปที่ 4.11 จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและเวลา พบว่า ปริมาณเฟอร์ไรต์ของอุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 1 ชั่วโมง มีค่าปริมาณเฟอร์ไรต์มากที่สุดเท่ากับ 36.883 % ที่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal) แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำใช้เวลาในการอบอ่อนน้อยลงทำให้มีปริมาณเฟอร์ไรต์ มากขึ้นบริเวณเนื้องาน (Base Metal) มากกว่า การใช้เวลาที่ 3 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมง และเมื่อเพิ่ม อุณหภูมิ ในการอบอ่อนสูงขึ้นที่ระดับ 950°C และ 1,050°C ทำให้ชิ้นงานทดลองมีปริมาณเฟอร์ไรต์ลดลง

4.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาณ เฟอร์ไรต์ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ)

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน พบว่าอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ของชิ้นงานบริเวณ เขตอิทธิพลความร้อน(HAZ)หาปริมาณเฟอร์ไรต์ของชิ้นงานทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปวิเคราะห์ ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ จากการแจกแจงข้อมูลของอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อ ปริมาณเฟอร์ไรต์บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ)โดยพบว่า เมื่อกำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ปริมาณเฟอร์ไรท์ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	199.715 ^a	8	24.964	11.639	.001
Intercept	31539.082	1	31539.082	1.470E4	.000
อุณหภูมิ	73.381	2	36.691	17.106	.001
เวลา	45.564	2	22.782	10.621	.004
อุณหภูมิ * เวลา	80.770	4	20.192	9.414	.003
Error	19.304	9	2.145		
Total	31758.101	18			
Corrected Total	219.019	17			

a. R Squared = .912 (Adjusted R Squared = .834)

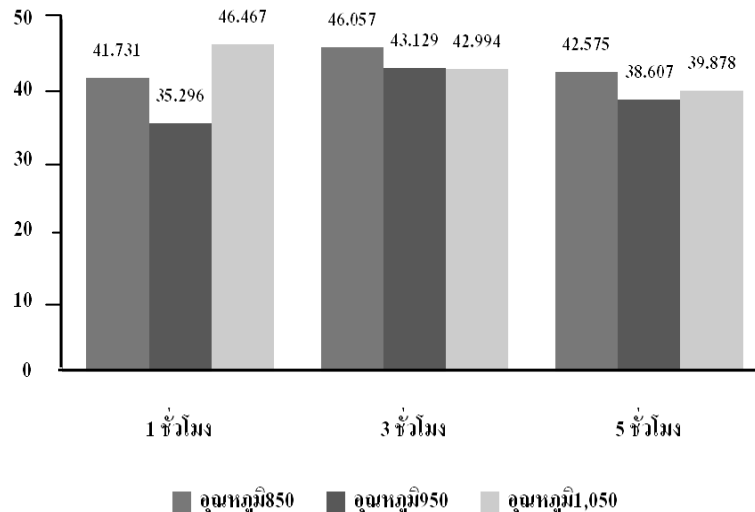
4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)คำนวณ F-test ได้ 17.106 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.001 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) แตกต่างกันทางสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ $.05$

เวลาที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) คำนวณ F-test ได้ 10.621 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.004 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่เวลาต่างกันมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) แตกต่างกันทางสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ $.05$

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อน บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) คำนวณ F-test ได้ 9.414 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.003 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาส่งผลต่อความแข็ง บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) แตกต่างกันทางสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ $.05$

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) ทำการวัดค่าความแข็ง ตามตารางที่ ข.5 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเฟอร์ไรต์ อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนที่ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

จากรูปที่ 4.12 จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและเวลา พบว่า ปริมาณเฟอร์ไรต์ของอุณหภูมิ 1,050°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 1 ชั่วโมง มีค่าปริมาณเฟอร์ไรต์มากที่สุดเท่ากับ 46.467 % ที่ บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิสูงที่บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) ใช้เวลาในการอบอ่อนน้อยลงทำให้มีปริมาณเฟอร์ไรต์ มากขึ้น

4.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

จากการทดลองอบอ่อนชิ้นงาน พบว่าอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ของชิ้นงานบริเวณแนวเชื่อม (Welded) หาปริมาณเฟอร์ไรต์ของชิ้นงานทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ จากการแจกแจงข้อมูลของอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์บริเวณแนวเชื่อม(Welded)โดยพบว่าเมื่อกำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ต่อปริมาณเฟอร์ไรท์บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	228.063 ^a	8	28.508	26.833	.000
Intercept	19214.665	1	19214.665	1.809E4	.000
อุณหภูมิ	36.674	2	18.337	17.260	.001
เวลา	138.670	2	69.335	65.261	.000
อุณหภูมิ * เวลา	52.719	4	13.180	12.405	.001
Error	9.562	9	1.062		
Total	19452.289	18			
Corrected Total	237.625	17			

a. R Squared = .960 (Adjusted R Squared = .924)

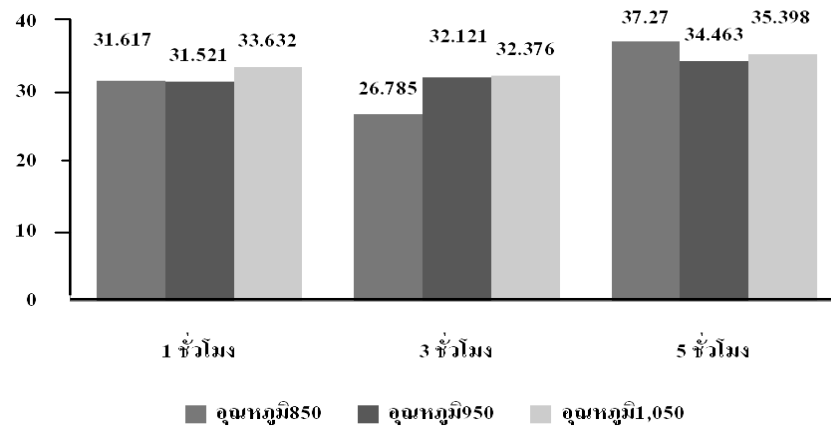
4.3.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อน คำนวณ F-test ได้ 17.260 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.001 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์บริเวณแนวเชื่อม(Welded) แตกต่างกันอย่างสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ $.05$

เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน คำนวณ F-test ได้ 65.261 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.000 < .01$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อบอ่อนที่เวลาต่างกันมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์บริเวณแนวเชื่อม(Welded) แตกต่างกันอย่างสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ $.01$

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา คำนวณ F-test ได้ 12.405 และมีนัยสำคัญที่ระดับ $.001 < .05$ แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลามีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์ บริเวณแนวเชื่อม(Welded)แตกต่างกันอย่างสถิติมีนัยสำคัญที่ระดับ $.05$

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลามีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรท์ บริเวณแนวเชื่อม (Welded) ทำการวัดค่าความแข็ง ตามตารางที่ ข.6 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกราฟ ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ดังรูปที่ 4.13

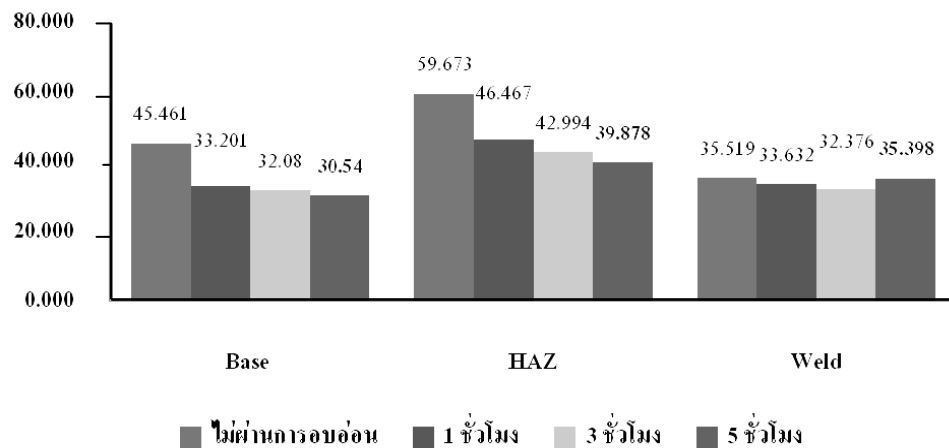


รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเฟอร์ไรต์ อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนที่ บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

จากรูปที่ 4.13 จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและเวลา พบว่า ปริมาณเฟอร์ไรต์ของอุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง มีค่าปริมาณเฟอร์ไรต์มากที่สุดเท่ากับ 37.270 % ที่ บริเวณแนวเชื่อม (Welded) แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำ ใช้เวลาในการอบอ่อนมากขึ้น ทำให้มีปริมาณเฟอร์ไรต์มากขึ้น ในบริเวณแนวเชื่อม (Welded) และเมื่อลดเวลาลงจะมีปริมาณเฟอร์ไรต์ลดลง

4.3.4 เปรียบเทียบปริมาณเฟอร์ไรต์ ของชิ้นงานทดลองที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนมี ปริมาณเฟอร์ไรต์ดีที่สุด กับชิ้นงานที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบอ่อนบริเวณที่มีปริมาณเฟอร์ไรต์มากที่สุดคือบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ) มีปริมาณเฟอร์ไรต์มากที่สุด ที่อุณหภูมิ 1,050°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเฟอร์ไรต์ของชิ้นงานทดลองที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนและชิ้นงานทดลองที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 1,050°C

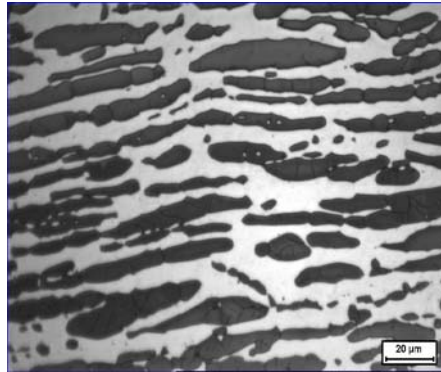
จากรูปที่ 4.14 แสดงว่าเมื่ออบที่อุณหภูมิ 1,050°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 1 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานมีปริมาณเฟอร์ไรต์ มากกว่าการใช้เวลา 3 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมงและมีปริมาณเฟอร์ไรต์ใกล้เคียงกับออสเทนไนต์ ที่ปริมาณเฟอร์ไรต์เท่ากับ 46.467% ซึ่งโดยทั่วไปโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม ดิวเพิล็กซ์ ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการเชื่อมจะมีอัตราส่วนเฟอร์ไรต์ 50% และออสเทนไนต์ 50% และเมื่อผ่านกรรมวิธีการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม ดิวเพิล็กซ์ จะมีปริมาณเฟอร์ไรต์เพิ่มมากขึ้นในบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ชิ้นงานทดลองเชื่อมที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน จะมีปริมาณเฟอร์ไรต์เท่ากับ 59.673 % ซึ่งมีปริมาณเฟอร์ไรต์มากเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานทดลองที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 1,050°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 1 ชั่วโมง จะมีปริมาณเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์ที่สมดุลกันมากขึ้น อีกทั้งการที่อัตราส่วนระหว่างเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์เท่ากันยังส่งผลดีต่อสมบัติทางกลที่ดีขึ้น

4.4 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

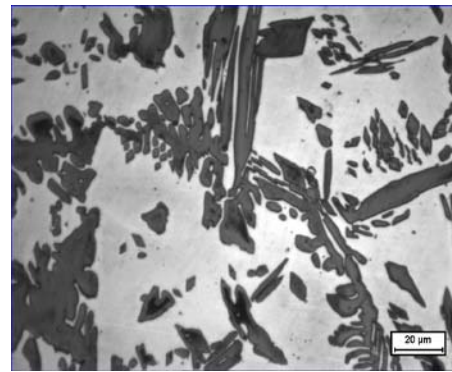
โครงสร้างจุลภาคบนภาพประกอบด้วยเฟอร์ไรต์ (Ferrite) และ ออสเทนไนต์ (Austenite) บริเวณสีขาวซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นคือเฟอร์ไรต์และบริเวณที่เห็นเป็นหมู่เกาะแถบขาวสีดำตามทิศทางการรีดคือ ออสเทนไนต์

4.4.1 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบ

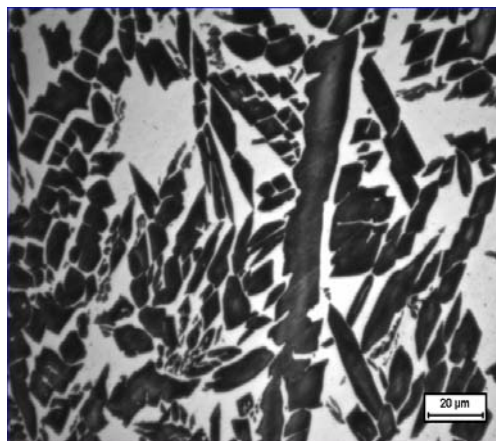
เมื่อตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาคของบริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Weld metal) สามารถวิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 4.15



ก) บริเวณเนื้องาน (Base Metal)



ข) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ)



ค) บริเวณเนื้องานทดสอบ(Welded)

รูปที่ 4.15 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานทดลองที่ไม่ผ่านกระบวนการอบอ่อนที่กำลังขยาย 400 เท่า

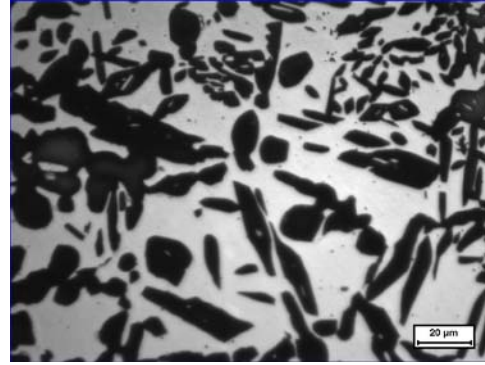
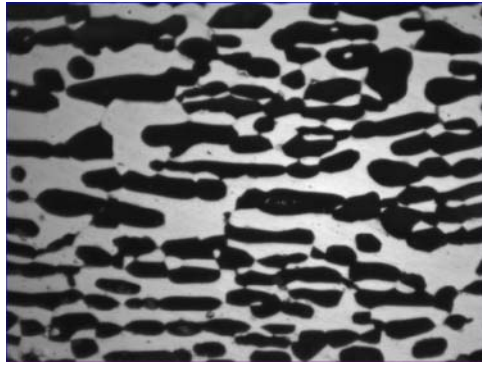
จากรูปที่ 4.15 ภาพที่ (ก) แสดงถึงโครงสร้างจุลภาคของบริเวณเนื้องาน (Base Metal) ซึ่งมีปริมาณเฟอร์ไรต์เท่ากับ 45.461 % ลักษณะของโครงสร้างออสเทนไนต์มีลักษณะเป็นเกร็ดก้อนยาว คล้ายตัวหนอนวางตัวตามแนวยาวแนวรีด และมีความแข็งเท่ากับ 248.633 HV ภาพที่ (ข) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) พบว่ามีลักษณะโครงสร้าง ออสเทนไนต์ วางตัวกระจายกระจายเกาะกลุ่มใหญ่เป็นเกล็ดยาว คล้ายใบไผ่และเป็นก้อนเล็กๆ บนโครงสร้างพื้นเฟอร์ไรต์ทั่วบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน และมีปริมาณเฟอร์ไรต์เท่ากับ 59.673% โครงสร้างออสเทนไนต์จะกระจายตัวอยู่เบาบาง

มากกว่าบริเวณเนื้องาน (Base Metal) เฟอร์ไรต์มีการวางตัวอย่างกระจัดกระจายมากขึ้น และมีค่าความแข็งเท่ากับ 266.175 HV ภาพที่ (ค) บริเวณเนื้องานทดสอบ(Welded) โครงสร้างออสเทนไนต์ มีจำนวนมากกว่โครงสร้างเฟอร์ไรต์ และมีปริมาณเฟอร์ไรต์เท่ากับ 35.519 % ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างของออสเทนไนต์จับตัวเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ตามแนวตั้งขวางตามริศ ต่างจากบริเวณเนื้องาน (Base Metal) และบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) ซึ่งมีจำนวนของออสเทนไนต์มากกว่าและอยู่อย่างหนาแน่นไม่เป็นระเบียบ มีค่าความแข็ง 257.933 HV

4.4.2 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่มีค่าความแข็งสูงสุด

จากการทดลองพบว่าอิทธิพลตัวแปรระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบอ่อน ที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด เมื่อตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาคของบริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) ดังรูปที่ 4.16

จากรูปที่ 4.16 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานอบอ่อน ที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด ภาพที่ (ก) ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้องาน (Base Metal) มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 337.420 HV ที่อุณหภูมิที่ 850°C เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 3 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์และโครงสร้างออสเทนไนต์ที่มีโครงสร้างออสเทนไนต์กระจายวางตัวตามยาวริศ คำนบนปลาย รูปร่างลักษณะคล้ายตัวหนอน มีปริมาณเฟอร์ไรต์น้อยกว่าออสเทนไนต์ ที่ 36.274% ภาพที่ (ข) ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน(HAZ) มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 323.340 HV ที่อุณหภูมิที่ 850°C เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 3 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ และโครงสร้างออสเทนไนต์ มีสัดส่วนปริมาณเฟอร์ไรต์น้อยกว่าออสเทนไนต์ ที่ 46.057 % มีรูปร่างลักษณะคล้ายแท่งไม่กระจายจับตัวเป็นก้อนเป็นแท่งขนาดต่างกันมีการเกาะกลุ่มใหญ่และกลุ่มเล็กซึ่งมีอัตราส่วนเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์สมดุลกันที่สุด ภาพที่(ค) ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณแนวเชื่อม(Welded) มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 342.517 HV ที่อุณหภูมิที่ 850°C เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ และโครงสร้างออสเทนไนต์ ที่ 37.270% มีสัดส่วนเฟอร์ไรต์น้อยกว่า ออสเทนไนต์ โครงสร้างออสเทนไนต์ รูปร่างลักษณะคล้ายใบไผ่วางตามแนวยาวและขวางไม่เป็นระเบียบกระจายจับตัวเป็นก้อนกลุ่มขนาดต่างกันมีการเกาะกลุ่มใหญ่และกลุ่มเล็ก



ก) บริเวณเนื้องาน (Base Metal)

ข) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

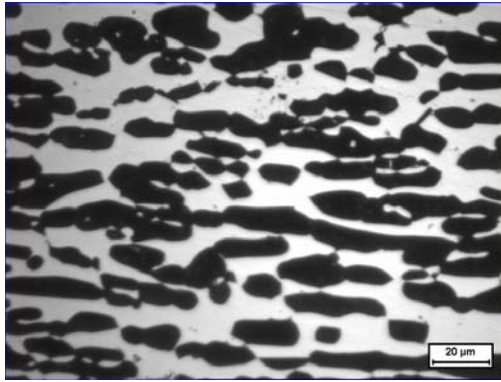


ค) บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

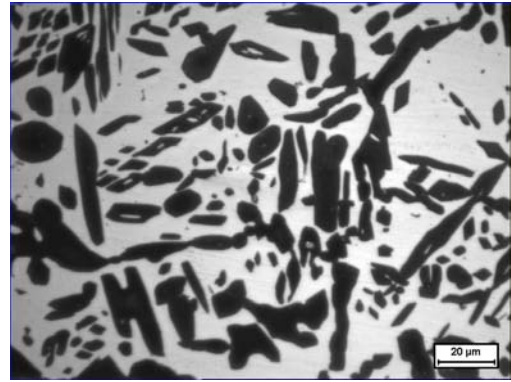
รูปที่ 4.16 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานอบอ่อนที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดที่บริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) เปรียบเทียบที่กำลังขยาย 400 เท่า

4.4.3 โครงสร้างจุลภาคปริมาณเฟอร์ไรต์สูงที่สุด

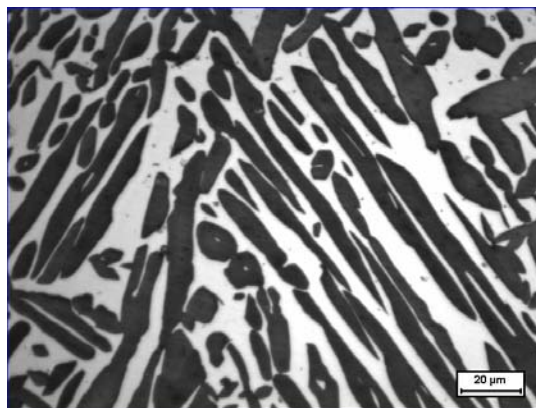
จากการทดลองพบว่า ตัวแปรระหว่างอุณหภูมิและเวลา ที่มีปริมาณเฟอร์ไรต์เฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาคของบริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) สามารถวิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 4.17



ก) บริเวณเนื้องาน (Base Metal)



ข) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)



ค) บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

รูปที่ 4.17 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานอบอ่อนที่มีปริมาณเฟอร์ไรต์ เหล็กสูงสุด ที่บริเวณเนื้องาน (Base Metal)บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) เปรียบเทียบที่กำลังขยาย 400 เท่า

จากรูปที่ 4.17 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานอบอ่อน ที่มีปริมาณเฟอร์ไรต์เหล็กสูงสุด ภาพที่ (ก) ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้องาน (Base Metal) มีปริมาณเฟอร์ไรต์เหล็กสูงสุด เท่ากับ 36.883% ที่อุณหภูมิที่ 850°C เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 1 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วย โครงสร้างเฟอร์ไรต์ และ โครงสร้างออสเทนไนต์ มีโครงสร้างออสเทนไนต์กระจายวางตัวตามยาวริด สีดำนปลายเป็นก้อน รูปร่างลักษณะคล้ายตัวหนอนมีขนาดต่างกัน ภาพที่ (ข) ผลการตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาคบริเวณอิทธิพลความร้อน(HAZ) ปริมาณเฟอร์ไรต์ เหล็กสูงสุดเท่ากับ 46.467% ที่ อุณหภูมิที่ 1,050°C เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 1 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ และ โครงสร้างออสเทนไนต์ มีอัตราส่วนเฟอร์ไรต์ใกล้เคียงกับออสเทนไนต์ที่สมดุลมากที่สุด รูปร่าง ลักษณะของออสเทนไนต์ จัดเรียงไม่เป็นระเบียบ กระจายจับตัวเป็นก้อนเป็นแท่งขนาดต่างกัันมีการ เกาะกลุ่มใหญ่และกลุ่มเล็ก ภาพที่(ค) ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณแนวเชื่อม (Welded)

มีปริมาณเฟอร์ไรต์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 37.270 % ที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ และโครงสร้างออสเทนไนต์ มีสัดส่วนเฟอร์ไรต์น้อยกว่าออสเทนไนต์ ลักษณะของออสเทนไนต์ที่เกิดขึ้น รูปร่างลักษณะวางตัวตามแนวยาวรีด ไม่เป็นระเบียบ กระจายจับตัวเป็นก้อนกลุ่มเล็ก ๆ ขนาดต่างกันส่วนมากจะจับตัวตามแนวยาวรีด