

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม พบว่ามีหลายโครงสร้างเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงและวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไปในที่นี่ จึงแสดงเป็นอักษรย่อตามตารางที่ 4.1 ส่วนลักษณะโครงสร้างจุลภาคแสดงในภาคผนวก จ.

ตารางที่ 4.1 แสดงอักษรย่อของโครงสร้างจุลภาคที่พบในเนื้อเชื่อม บริเวณกระทบร้อน และโลหะพื้น (23,24,25)

สัญลักษณ์ที่ใช้	ความหมายของโครงสร้างจุลภาค
PF (G)	Grain boundary ferrite
AF	Acicular ferrite
P	Pearlite
F	Ferrite
WF	Widmanstätten pattern

4.1 คุณสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน (มอก. 2060-2543 ชั้นคุณภาพ 2)

4.1.1 ส่วนผสมทางเคมี

ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแผ่นที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2 จะพบว่าจัดอยู่ในชั้นมาตรฐาน มอก. 2060-2543 ชั้นคุณภาพ 2 โดยมีค่า C.E. ($C.E. = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/60 + Cr/5 + Mo/4 + V/14^{(27)}$) เท่ากับ 0.30

ตารางที่ 4.2 ส่วนผสมทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ของเหล็กแผ่นที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Emission Spectrometer เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 2060-2543

เกรด	C	Mn	Si	P	S	Al	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	C.E.
เหล็กแผ่นที่ใช้ทดลอง	0.155	0.872	0.004	0.014	0.007	0.035	0.011	0.0125	0.0018	0.013	0.002	0.30
มาตรฐาน มอก. 2060-2543 ชั้นคุณภาพ 2	0.20 max	1.20 max	0.35 max	0.04 max	0.04 max	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - = ไม่ระบุ

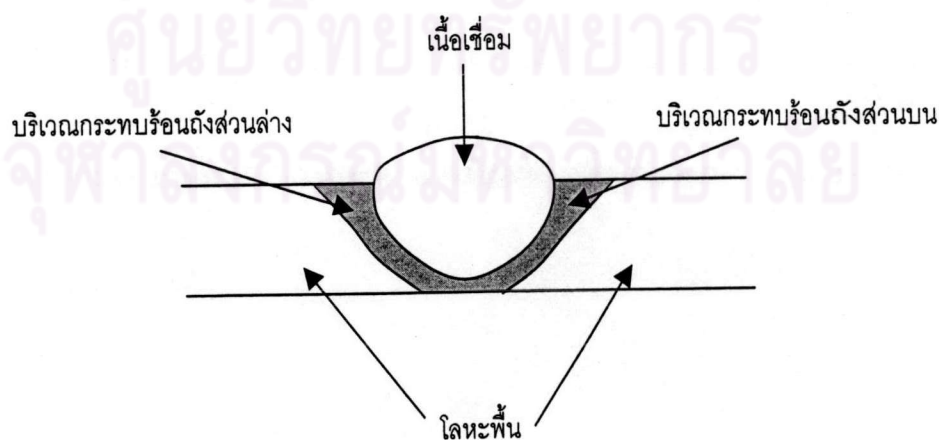
4.1.2 สมบัติทางกลของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนที่ใช้ผลิตถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว
สมบัติทางกลของเหล็กแผ่นที่ใช้ในการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งจัดอยู่ใน
มาตรฐาน มอก. 2060-2543 ชั้นคุณภาพ 2

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกลของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนที่ใช้ผลิตถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว (มอก.
27-2540 ชั้นคุณภาพ 2)

เกรด	ความต้านแรง ดึงต่ำสุด (N/mm ²)	ความต้านแรง ดึงที่จุดครากต่ำ สุด (N/mm ²)	ความยืดต่ำสุด (%)	การดัดโค้ง
เหล็กแผ่นที่ใช้ทดลอง	472	342	32	ไม่พบรอยแตกร้าว ที่ด้านโค้ง
มาตรฐาน มอก. 2060-2543 ชั้น คุณภาพ 2	440	300	24	ไม่พบรอยแตกร้าว ที่ด้านโค้ง

4.1.3 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน (มอก. 2060-2543 ชั้นคุณภาพ 2)
หลังผ่านการเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์และยังไม่อบปกติ

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคในรอยเชื่อมจะตรวจตามบริเวณที่แสดงในรูปที่ 4.1
คือ โลหะพื้น บริเวณกระแทบร้อนของถังส่วนบนเนื้อเชื่อม และบริเวณกระแทบร้อนของถังส่วนล่าง
เนื้อเชื่อม



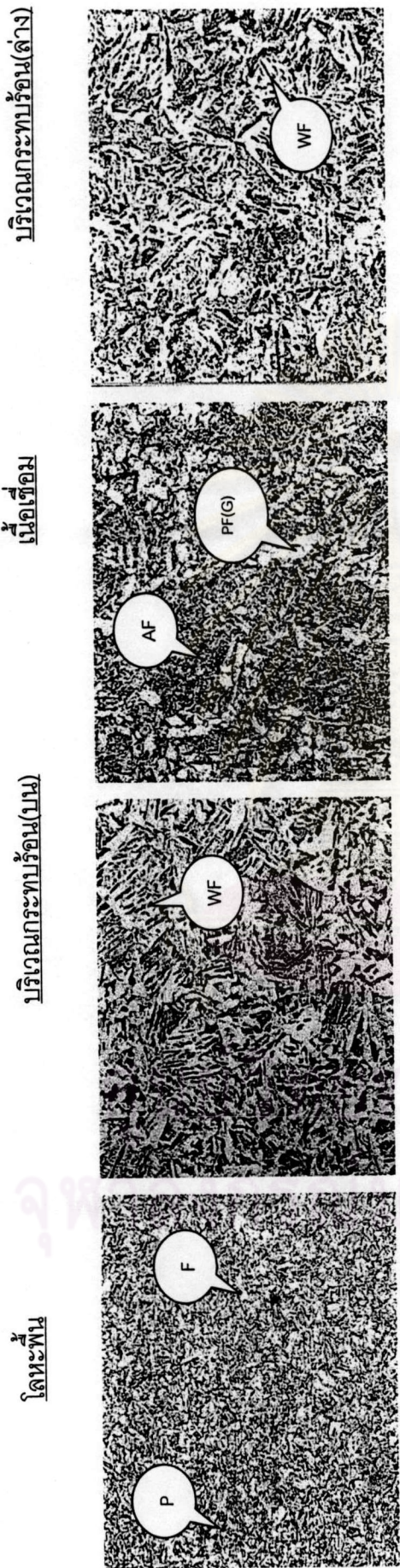
รูปที่ 4.1 บริเวณที่ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

จากรูปที่ 4.2 พบว่าโครงสร้างจุลภาคในสภาพหลังผ่านการเชื่อมอาร์กได้ฟลักซ์ที่เนื้อเชื่อมเป็น AF และ PF(G) บริเวณกระแทกร้อนเป็น WF โลหะพื้นเป็น F และ P ซึ่งไม่สามารถวัดขนาดเกรนจากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคในบริเวณเนื้อเชื่อมและบริเวณกระแทกร้อนได้ จึงจำเป็นต้องอบปกติเพื่อปรับปรุงโครงสร้างจุลภาคและขนาดเกรนตามความต้องการพิเศษของผู้ใช้จากต่างประเทศ โครงสร้างจุลภาคที่ต้องการคือเฟอร์ไรท์-เพิร์ลไลต์ ที่มีขนาดเบอร์เกรนมากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรนมาตรฐาน เบอร์ 7 (ASTM E112) การอบปกติจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางกลรอยเชื่อมด้วย

4.2 โครงสร้างจุลภาคและขนาดเกรนภายหลังการอบปกติในห้องปฏิบัติการ

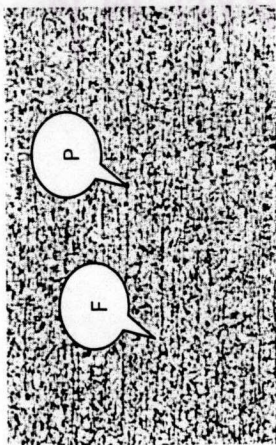
จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคเพื่อหาขนาดเกรนภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 805, 830, 860, 890, 905, 920 และ 930 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศได้โครงสร้างที่มีขนาดเกรนขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.3-4.9 ซึ่งสามารถสรุปขนาดเกรนภายหลังการอบปกติที่แต่ละอุณหภูมิและเวลาดังแสดงในตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

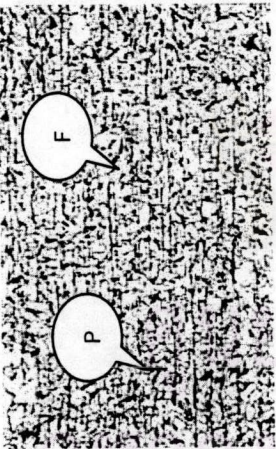


รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน มอก. 2060-2543 ขึ้นคุณภาพ 2 หลังผ่านการเชื่อมอาร์คได้ฟลักซ์ x 100 เท่า

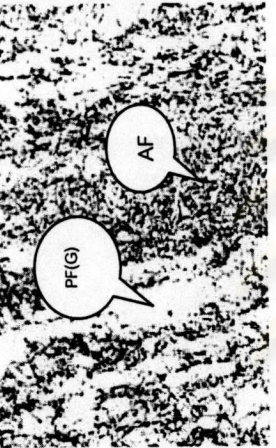
โต๊ะฟัน



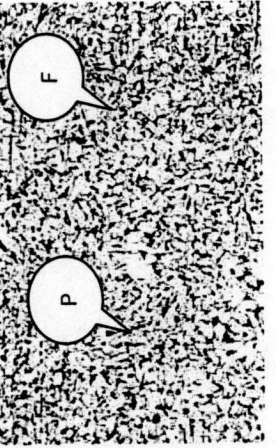
บริเวณกระแทกร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทกร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 805°ซ, 5 นาที



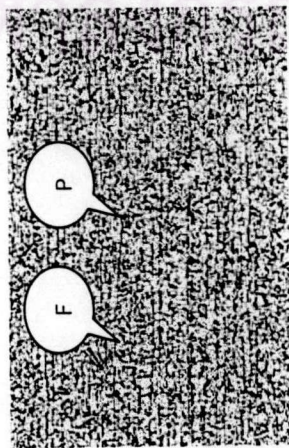
: อุณหภูมิ 805°ซ, 10 นาที



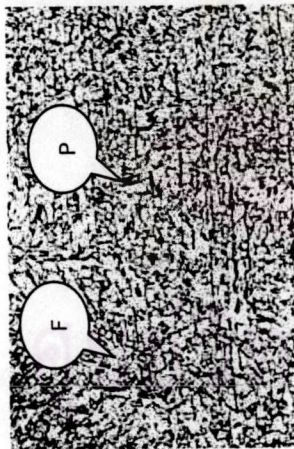
: อุณหภูมิ 805°ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.3 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 805 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

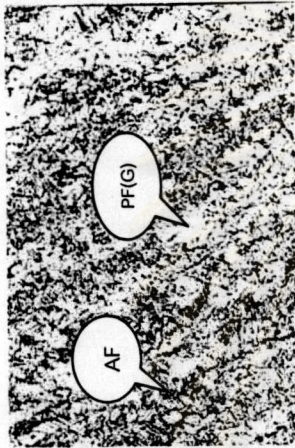
โลหะพื้น



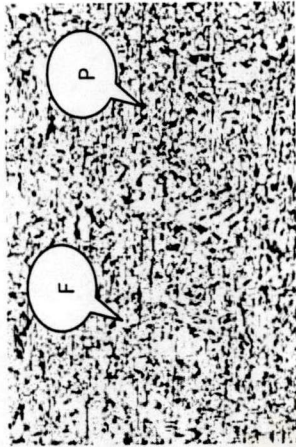
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



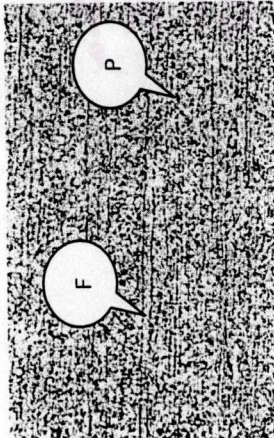
: อุณหภูมิ 805°ซ, 20 นาที



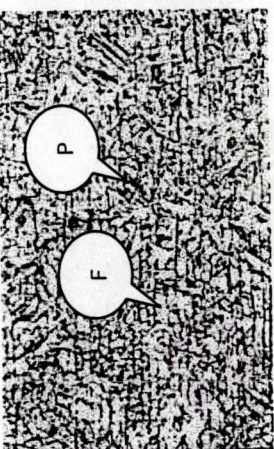
: อุณหภูมิ 805°ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.3 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 805 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

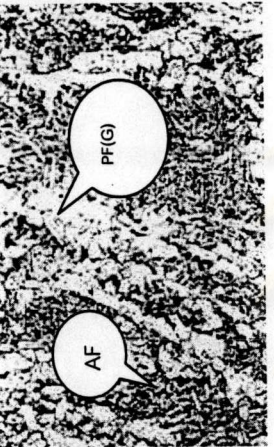
โลหะฟอส



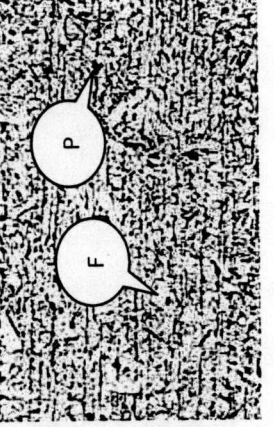
บริเวณกระแทกบริเวณ(บน)



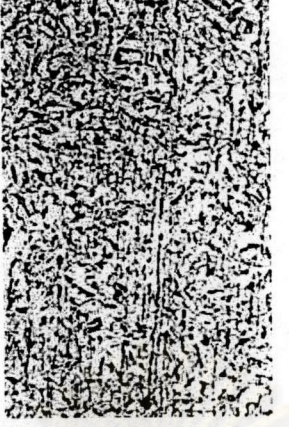
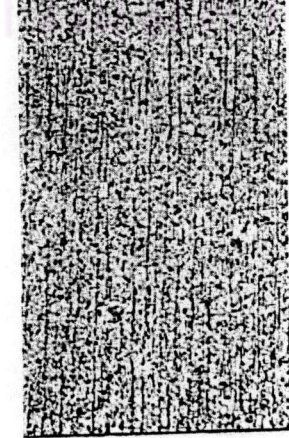
เนื้อเชื่อม



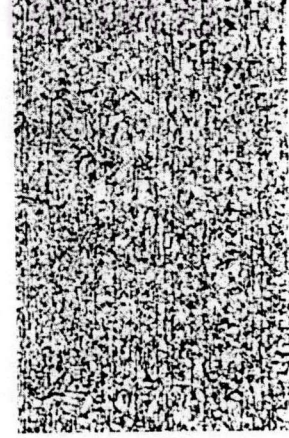
บริเวณกระแทกบริเวณ(ล่าง)



: จุดหนุมิ 830°ซ, 5 นาที



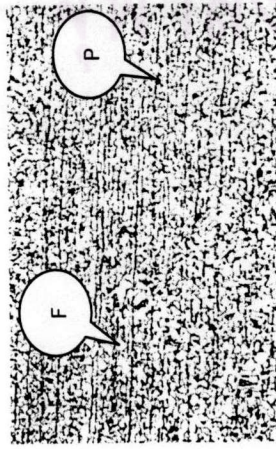
: จุดหนุมิ 830°ซ, 10 นาที



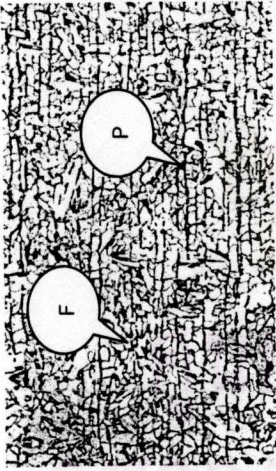
: จุดหนุมิ 830°ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.4 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 830 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

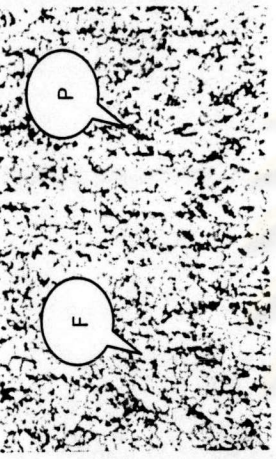
โลหะฟอส



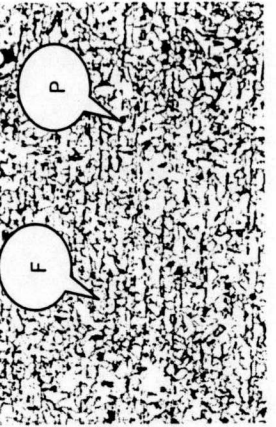
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



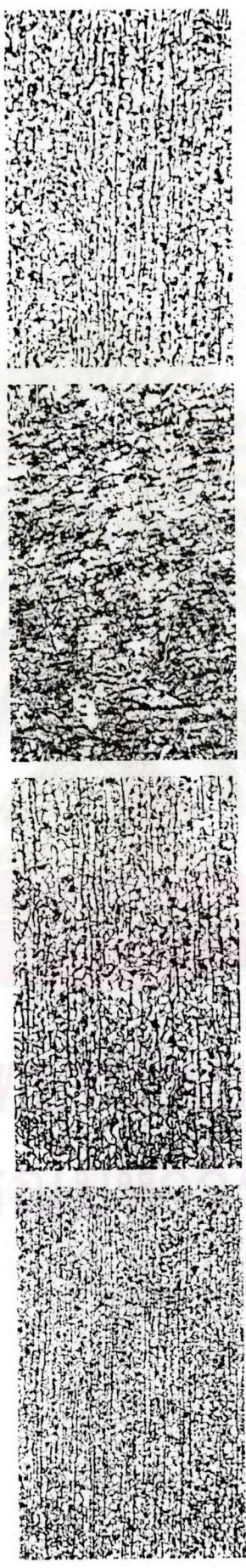
เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



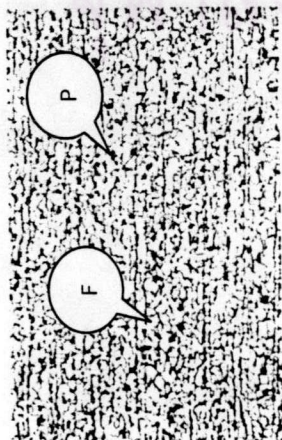
: อุณหภูมิ 830°ซ, 20 นาที



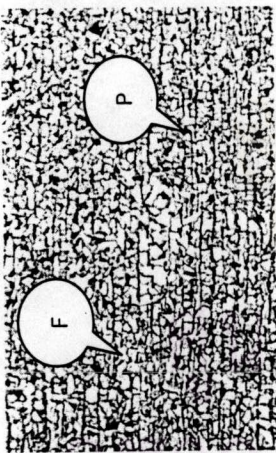
: อุณหภูมิ 830°ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.4 โครงสร้างจุลภาคภายใต้การอบปกติที่อุณหภูมิ 830 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

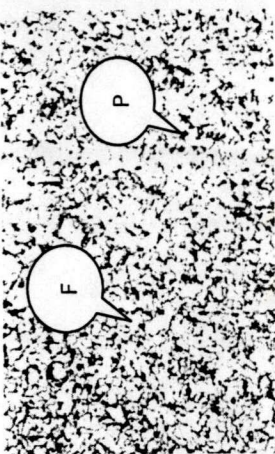
โลหะฟัน



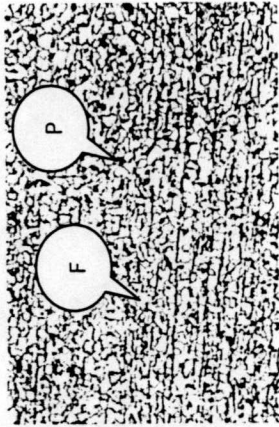
บริเวณกระแทกร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



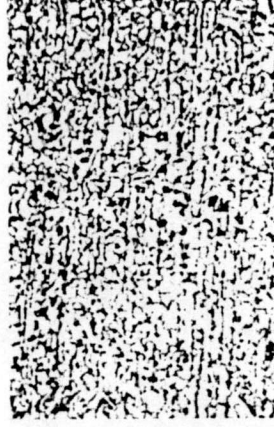
บริเวณกระแทกร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 860°ซ, 5 นาที



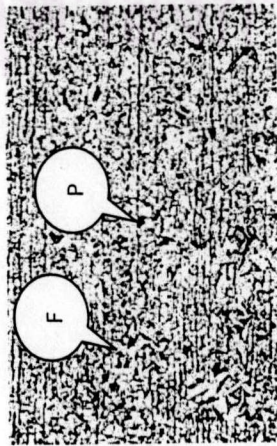
: อุณหภูมิ 860°ซ, 10 นาที



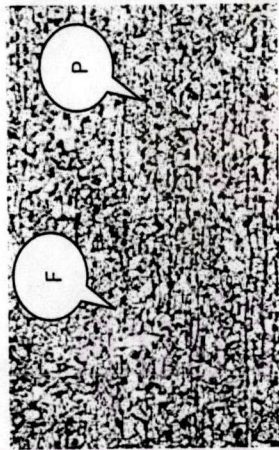
: อุณหภูมิ 860°ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.5 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 860 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

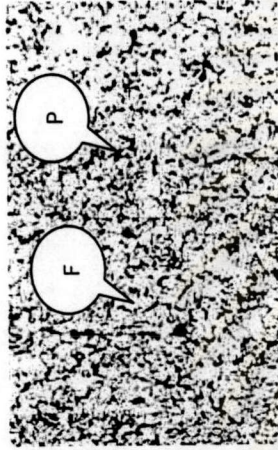
โลหะฟอส



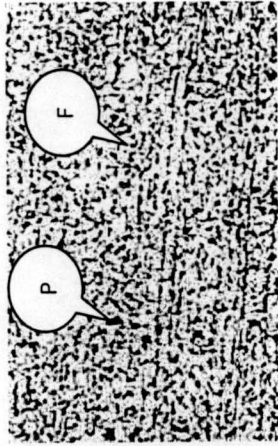
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



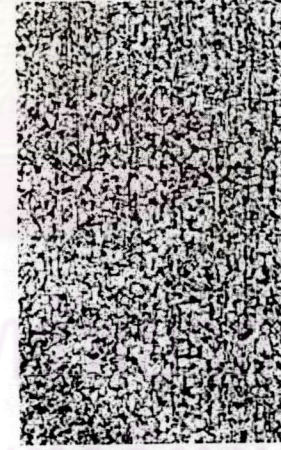
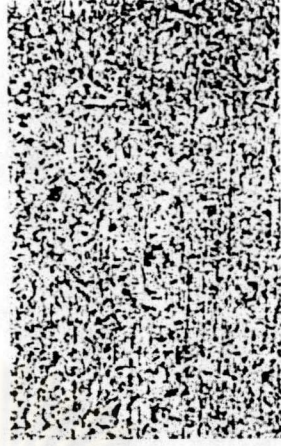
เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



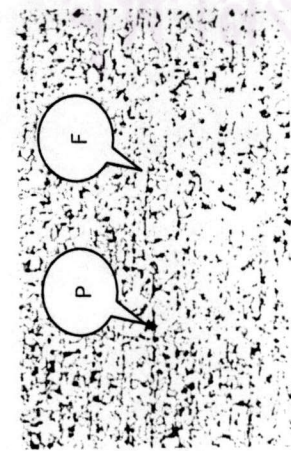
: อุณหภูมิ 860 °ซ, 20 นาที



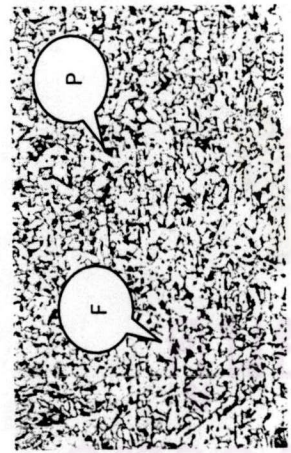
: อุณหภูมิ 860 °ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.5 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 860 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

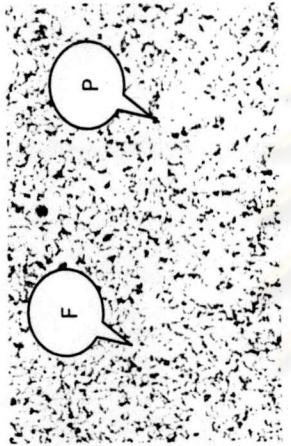
โลหะพื้น



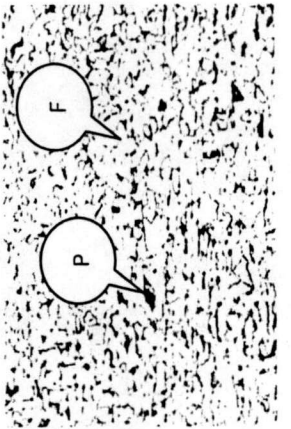
บริเวณกระแทกอ่อน(บน)



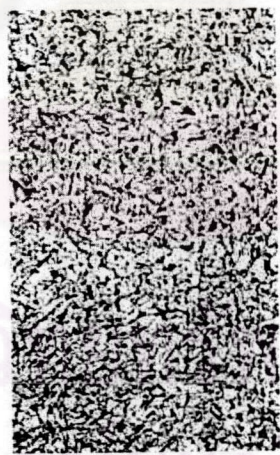
เนื้อเชื่อม



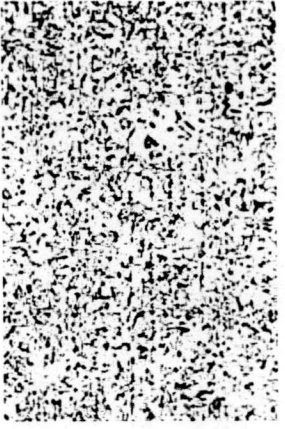
บริเวณกระแทกร้อน(ล่าง)



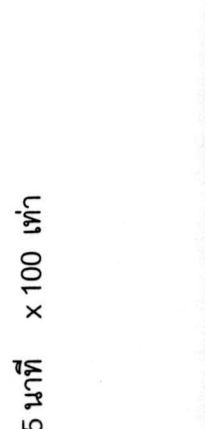
: อุณหภูมิ 890°ซ, 5 นาที



: อุณหภูมิ 890°ซ, 10 นาที

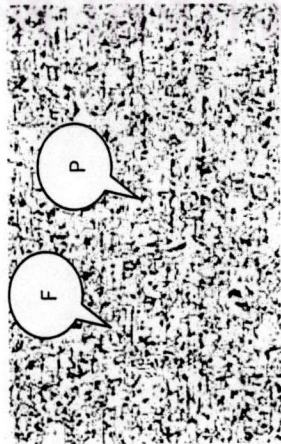


: อุณหภูมิ 890°ซ, 15 นาที

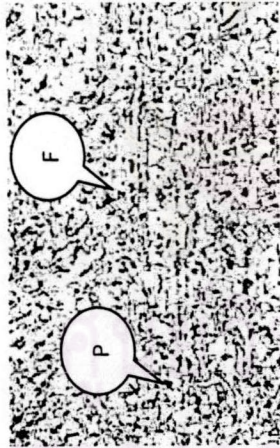


รูปที่ 4.6 โครงสร้างจุลภาคภายหลังจากอบปกติที่อุณหภูมิ 890°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

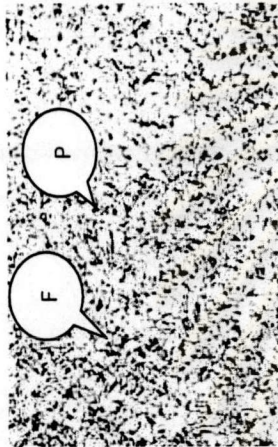
โลหะพื้น



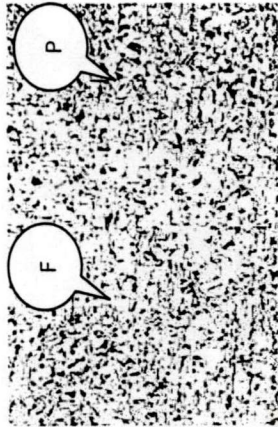
บริเวณกระแทกบริเวณ(บน)



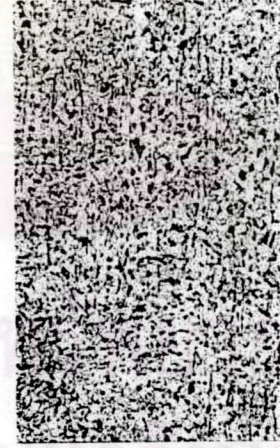
เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทกบริเวณ(ล่าง)



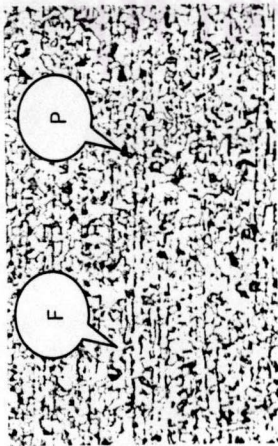
: อุณหภูมิ 890°ซ, 20 นาที



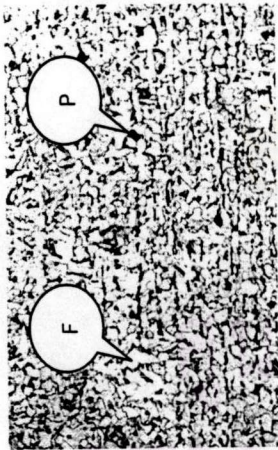
: อุณหภูมิ 890°ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.6 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 890°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

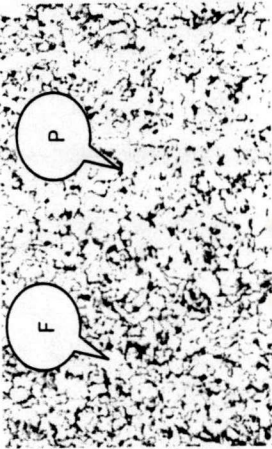
โลหะพื้น



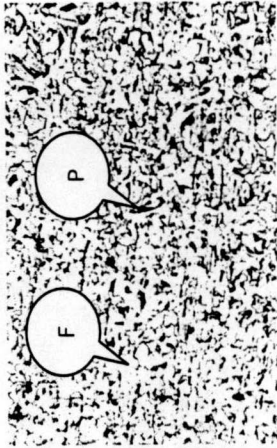
บริเวณกระแทกบริเวณ(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทกบริเวณ(ล่าง)



: อุณหภูมิ 905°ซ, 5 นาที



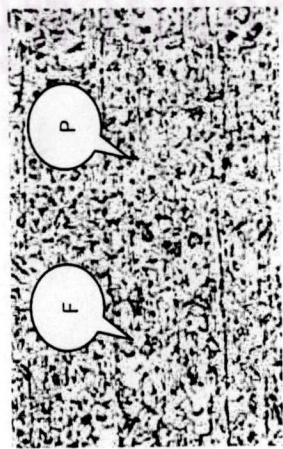
: อุณหภูมิ 905°ซ, 10 นาที



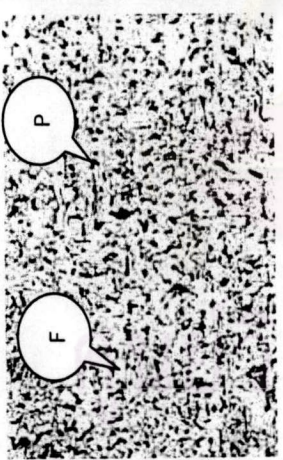
: อุณหภูมิ 905°ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.7 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 905°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

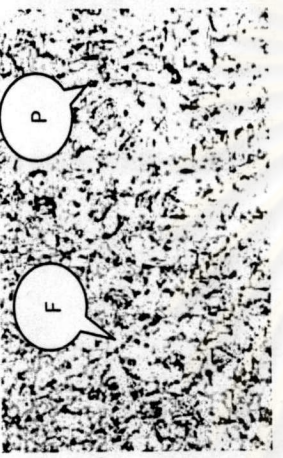
โลหะพื้น



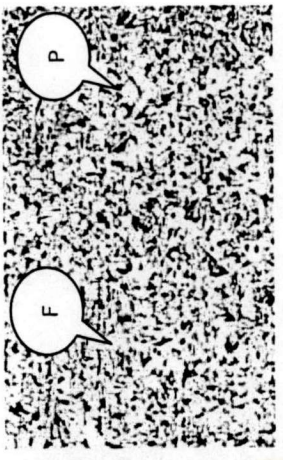
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



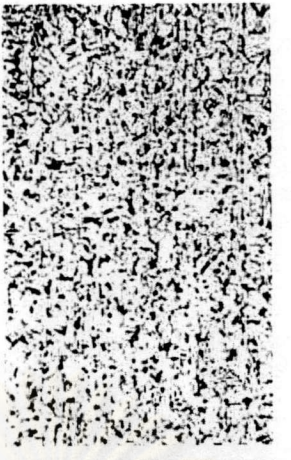
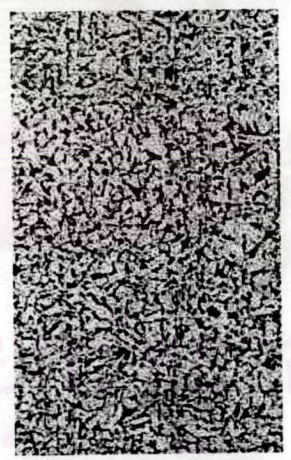
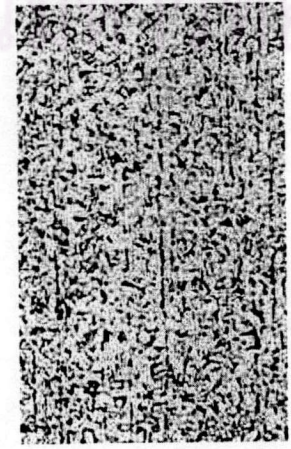
เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



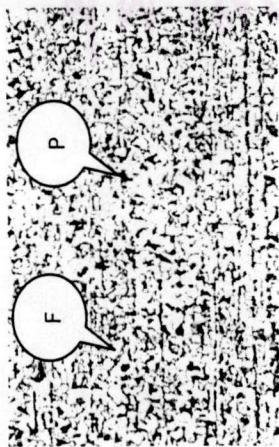
: อุณหภูมิ 905°ซ, 20 นาที



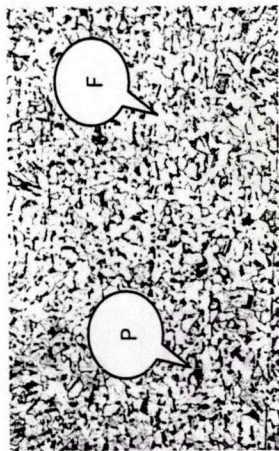
: อุณหภูมิ 905°ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.7 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 905°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

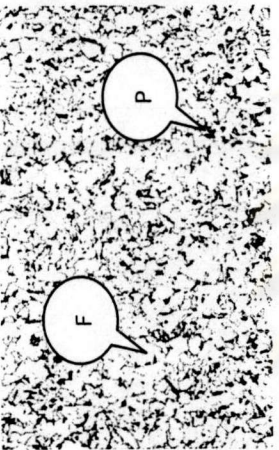
โลหะพื้น



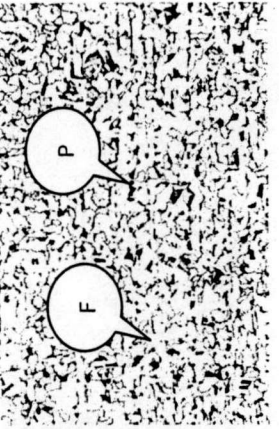
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



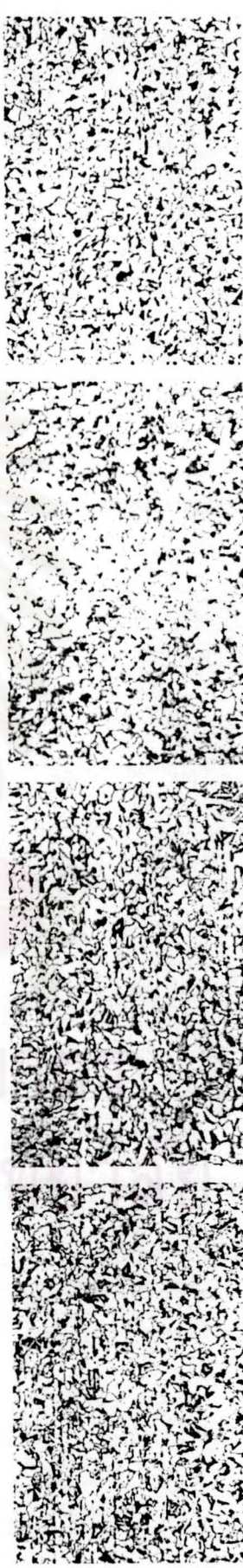
บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 920°ซ, 5 นาที



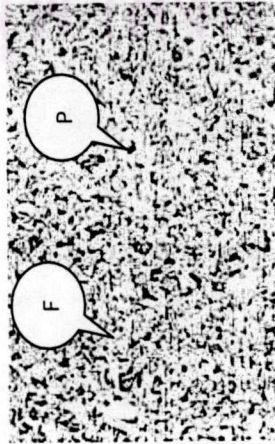
: อุณหภูมิ 920°ซ, 10 นาที



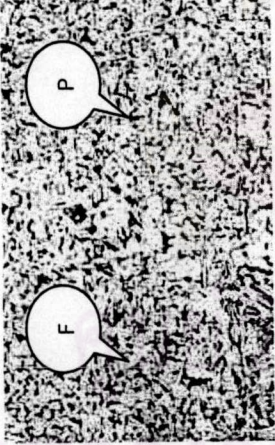
: อุณหภูมิ 920°ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.8 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 920°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

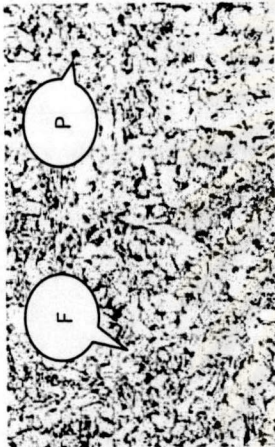
โลหะพื้น



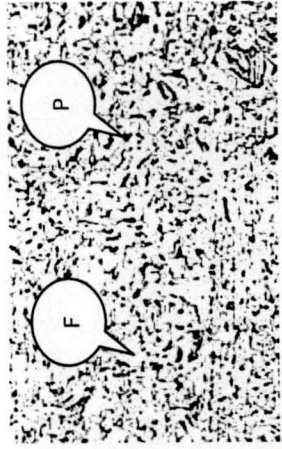
บริเวณกระแทกปรัดชน(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทกปรัดชน(ล่าง)



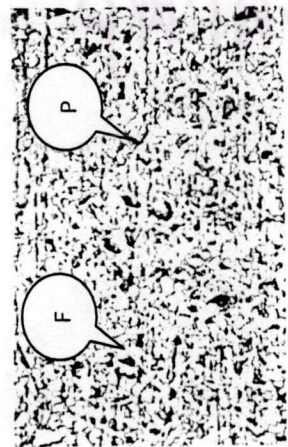
: จุดหนุมมี 920°ซ, 20 นาที



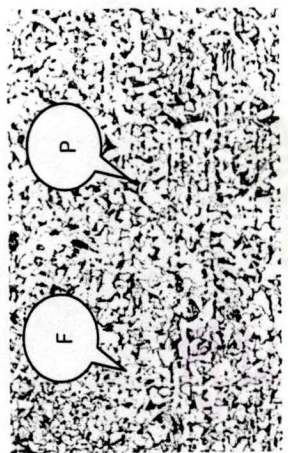
: จุดหนุมมี 920°ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.8 โครงสร้างจุลภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่อุณหภูมิ 920°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

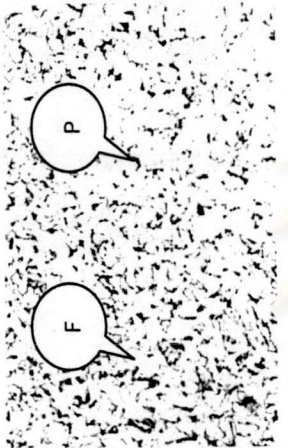
โลหะพื้น



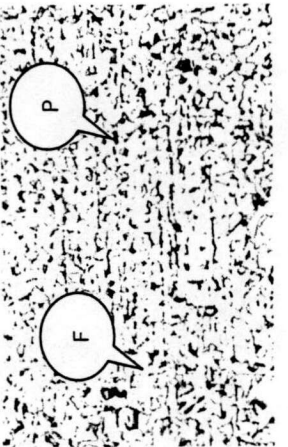
บริเวณกระแทกร้อน(บน)



เนื้อเต็ม



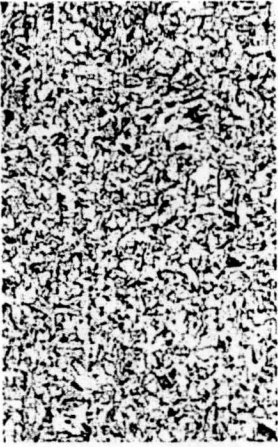
บริเวณกระแทกร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 930°ซ, 5 นาที



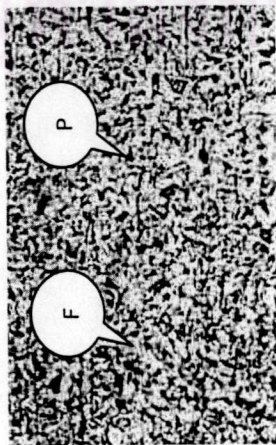
: อุณหภูมิ 930°ซ, 10 นาที



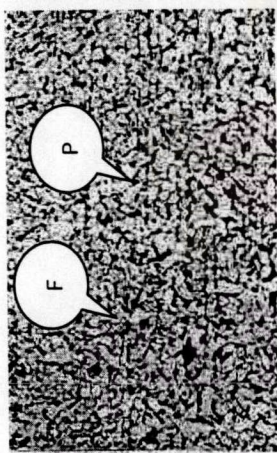
: อุณหภูมิ 930°ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.9 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 930°ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

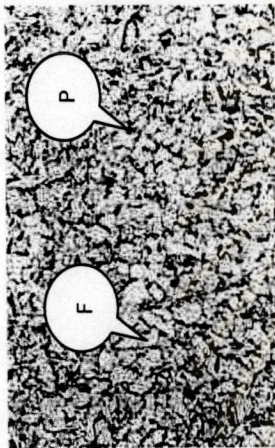
โลหะพื้น



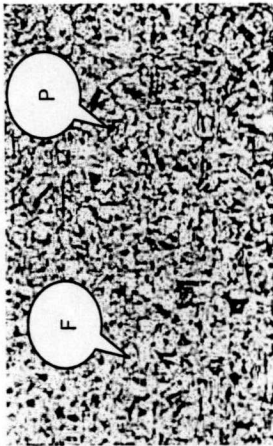
บริเวณกระจกที่บรื้อชน(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระจกที่บรื้อชน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 930°ซ, 20 นาที



: อุณหภูมิ 930°ซ, 25 นาที

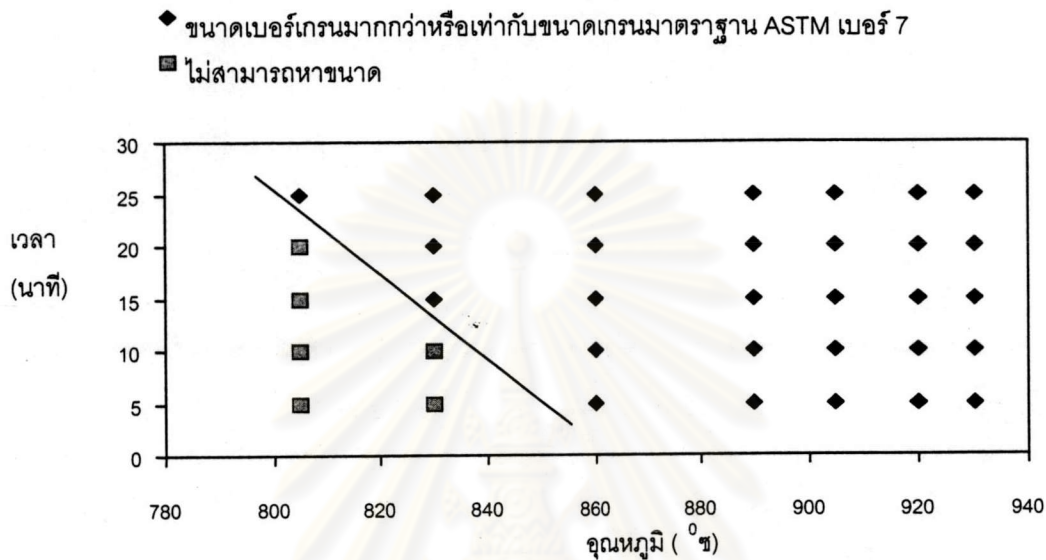
รูปที่ 4.9 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 930 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

ตารางที่ 4.4 ขนาดเกรนของชิ้นงานภายหลังการอบปกติในห้องปฏิบัติการอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เวลา(นาที)	5				10				15				20				25			
	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)
อุณหภูมิ(°ซ)																				
805	10	9.5	-	9.5	10	9.5	-	9.5	10	9.5	-	9.5	10	9.5	-	9.5	10	9.5	9	9.5
830	10	9.5	-	9.5	10	9.5	-	9.5	10	9.5	-	9.5	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9	9.5
860	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9	9.5
890	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5
905	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5
920	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5
930	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5	10	9.5	9.5	9.5

หมายเหตุ : - = ไม่สามารถวัดขนาดเกรนได้

จากผลของโครงสร้างจุลภาคเฟอร์ไรท์-เพิร์ลไลต์ ขนาดเกรนภายหลังการอบปกติที่ถือว่าผ่าน คือต้องมีขนาดเบอร์เกรนที่มากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรนมาตรฐานเบอร์ 7 ขึ้นไป ตามมาตรฐาน ASTM E112⁽²⁶⁾ จากตารางที่ 4.4 สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาได้ดัง กราฟรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการอบปกติต่อขนาดเบอร์เกรน มากกว่าหรือเท่ากับขนาดเบอร์เกรนมาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในรูปที่ 4.10 นั้นจะพบว่าที่อุณหภูมิ ตั้งแต่ 860 °ซ เป็นต้นไปจะใช้เวลาการอบปกติ 5 นาที เพื่อให้ได้โครงสร้างเฟอร์ไรท์-เพิร์ลไลต์ ที่มีขนาดเบอร์เกรนมากกว่าเบอร์ 7 (ASTM E112) ขึ้นไป แต่ที่อุณหภูมิ 830 °ซ จะต้องใช้เวลาในการอบที่นานถึง 15 นาที จึงจะมีโครงสร้างเฟอร์ไรท์-เพิร์ลไลต์ ที่มีขนาดเบอร์เกรนที่มากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรนมาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112) และที่อุณหภูมิ 805 °ซ จะต้องใช้เวลาในการอบปกติที่นานถึง 25 นาที นั้นแสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบปกติมีผลต่อขนาดเกรน ภายหลังการอบปกติ โดยที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาการอบปกติที่สั้น ในขณะที่อุณหภูมิต่ำต้องการเวลา ในการอบปกติที่นานมากยิ่งขึ้น

4.3.1 การนำผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการมาใช้อบปกติถึงก๊าซจริง ที่โรงงานของ บริษัทร่วมวิจัย

จากผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคเพื่อหาขนาดเกรนบริเวณเนื้อเชื่อม บริเวณกระแทกร้อน และโลหะพื้นในห้องปฏิบัติการพบว่าที่อุณหภูมิตั้งแต่ 860 °ซ เป็นต้นไป จะใช้เวลาในการอบปกติ 5 นาที ได้โครงสร้างเฟอร์ไรท์-เพิร์ลไลต์ ที่มีขนาดเบอร์เกรนมากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรน

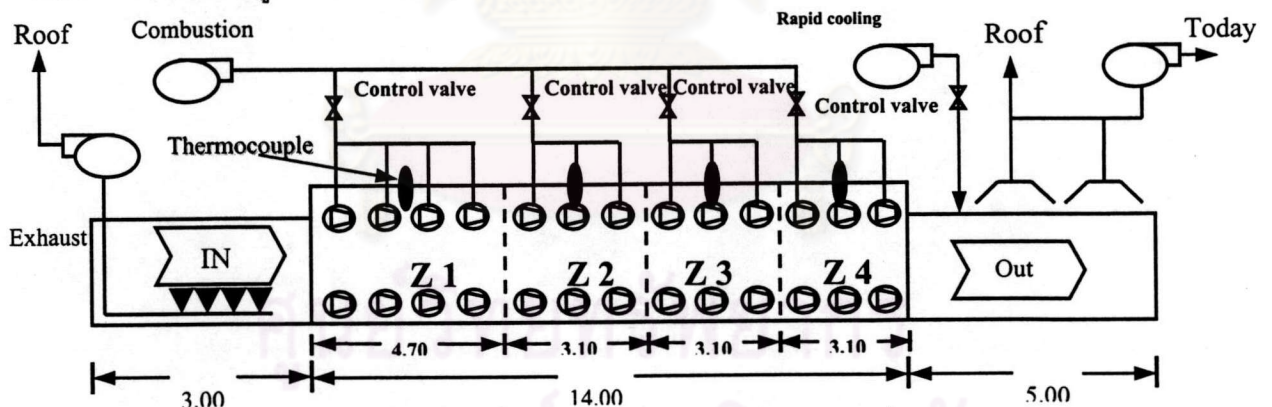
มาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112) ขึ้นไป แต่ทางบริษัทร่วมวิจัยเคยทำการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ที่เวลา 10 นาที แล้วไม่สามารถวัดขนาดเกรนในเนื้อเชื่อมบริเวณกระทะร้อนได้ทำให้เกิดข้อสันนิษฐานดังต่อไปนี้

1. ความผิดพลาดจากการอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิล
 2. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งแนวเชื่อมกับตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล
- จากข้อสันนิษฐานทั้ง 2 ข้อจึงจำเป็นต้องสอบเทียบค่าอุณหภูมิ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2

4.3.1 ผลการสอบเทียบค่าอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว กับที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลที่เตาบริษัทร่วมวิจัย ณ ตำแหน่งเดียวกัน

เพื่อความเข้าใจการวัดสอบเทียบค่าอุณหภูมิที่เตาของบริษัทร่วมวิจัย ในที่นี้ควรจะกล่าวถึงตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลที่เตาของบริษัทร่วมวิจัยก่อน รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลที่โซน 1, 2, 3 และ 4 โดยโซน 1 ควรจะเป็นช่วงให้ความร้อน (Preheating zone) โซน 2 ถึง 4 เป็นช่วงอุณหภูมิคงที่ (Heating zone)

ทำการวัดค่าอุณหภูมิในแต่ละโซนที่เตาใช้เปรียบเทียบกับผลการวัดค่าอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว กับ ค่าที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลที่บริษัทร่วมวิจัย ณ ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ได้ผลดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิตำแหน่งเปรียบเทียบที่เตาบริษัทร่วมวิจัย

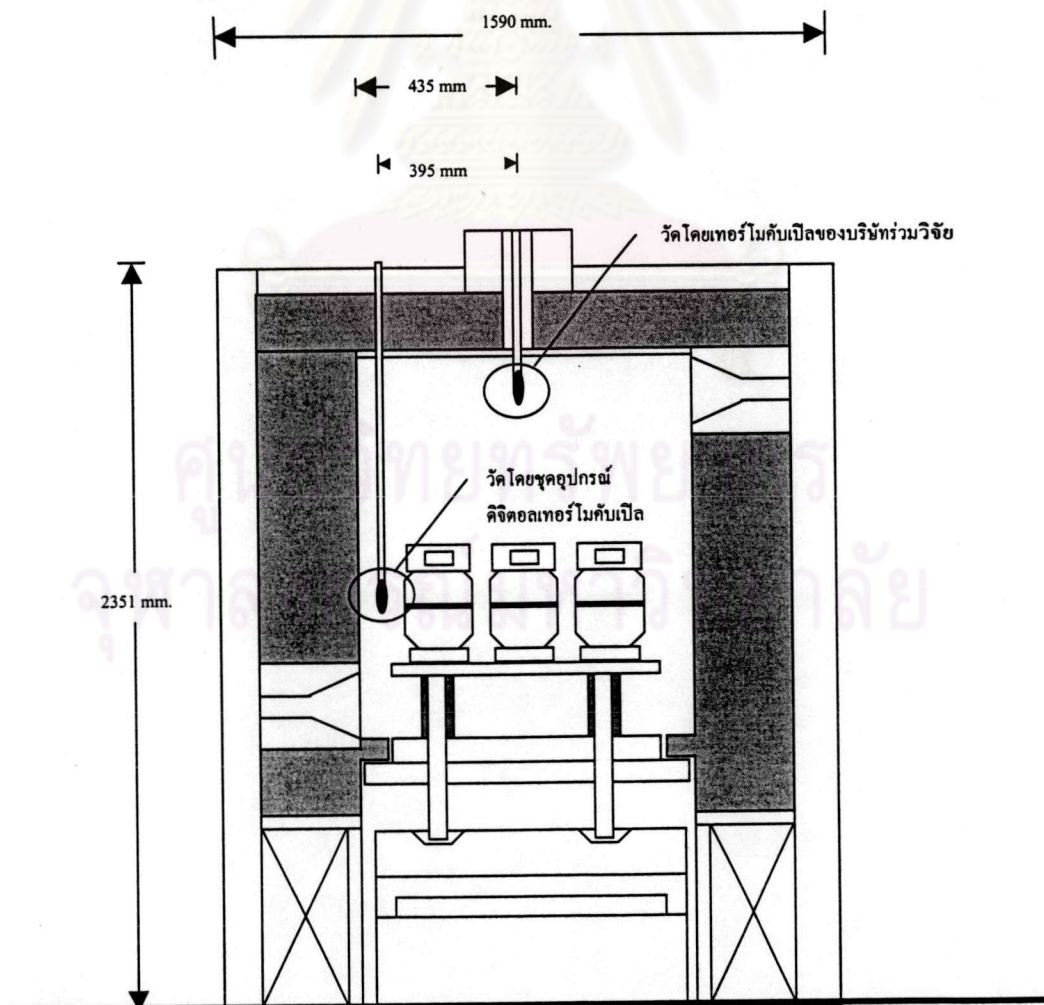
ตารางที่ 4.5 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิระหว่างเทอร์โมคัปเปิลที่สอบเทียบแล้วและเทอร์โมคัปเปิลที่เตาของบริษัท

โซน	ค่าอุณหภูมิที่โซนต่าง ๆ											
	1			2			3			4		
ครั้งที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
เทอร์โมคัปเปิลที่สอบเทียบแล้ว	822	819	817	889	882	879	895	901	900	892	891	900
อุณหภูมิที่อ่านได้จากเตาที่บริษัท	818	821	814	882	879	881	891	897	895	894	893	898

จากผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิโดยอาศัยหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และวิธีการทางสถิติ F-test, T-test เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานการยอมรับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล 2 ตัว พบว่าค่าเฉลี่ยของการวัดอุณหภูมิโดยเทอร์โมคัปเปิลที่สอบเทียบแล้วมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่วัดโดยเทอร์โมคัปเปิลของเตาที่บริษัทร่วมวิจัยโดยมีความเชื่อมั่นทางสถิติ 95% (ดูภาคผนวก ฉ.) แสดงว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลที่สอบเทียบแล้ว และค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมคัปเปิลของเตาที่บริษัท

4.3.2 ผลการสอบเทียบค่าอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว ที่ตำแหน่งแนวเชื่อมของถังก๊าซกับที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลของเตาที่บริษัทร่วมวิจัย

ทำการเจาะรูผนังเตาด้านบน 1 ช่อง เพื่อใช้วัดอุณหภูมิเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งปกติที่อยู่ตรงกลางกับตำแหน่งแนวเชื่อมด้านใดด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 4.12 รายละเอียดของเตาในแต่ละชิ้น (ดูภาคผนวก ข.) และได้ผลการวัดเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิที่เตาบริษัทร่วมวิจัยและตำแหน่งวัดอุณหภูมิที่แนวเชื่อมของถังก๊าซ

ตารางที่ 4.6 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งที่แนวเชื่อมถึงก๊าซกับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลของเตาบริษัทร่วมวิจัย

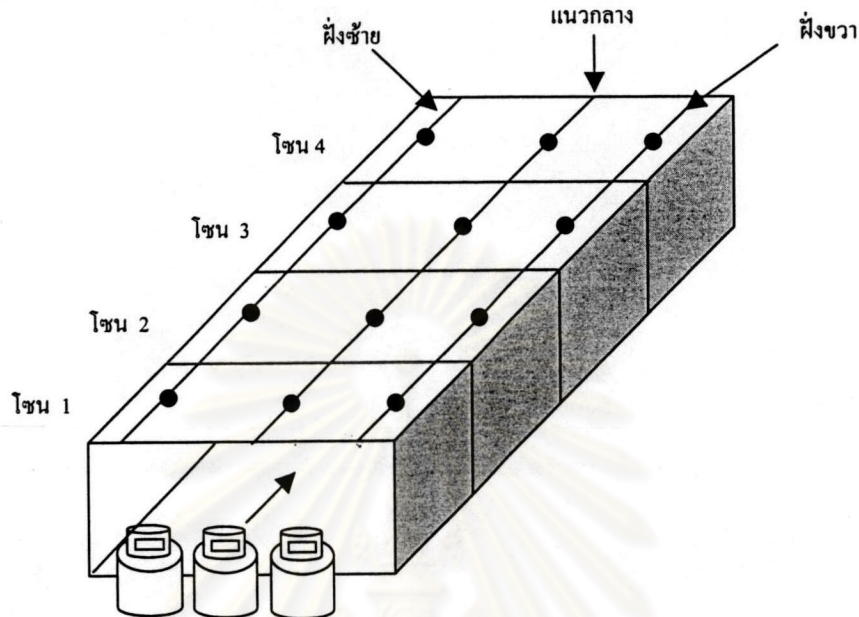
อุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล	ค่าอุณหภูมิที่โซนต่าง ๆ																	
	1				2				3				4				รวม	
ครั้งที่	1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}	Avg \bar{x}	σ
ตำแหน่งปกติ	819	817	820	819	878	883	885	82	897	895	893	895	894	892	896	894	872.4	26.88
ตำแหน่งแนวเชื่อม	716	718	720	718	783	779	790	784	795	793	792	793	791	795	800	795	772.7	27.33
ผลต่าง	103	99	100	101	95	104	95	98	102	102	101	102	103	97	96	99	99.75	2.79

จากผลการสอบเทียบอุณหภูมิที่ตามตำแหน่งในรูปที่ 4.11 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งแนวเชื่อมต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล 100 องศาเซลเซียส สภาวะการอบปกติที่เกิดขึ้นจึงเป็นที่ค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลของเตา เพื่อให้ค่าอุณหภูมิที่แนวเชื่อมถูกต้องตามค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิล จึงจำเป็นต้องปรับปรุงตำแหน่งหรือจำนวนหัวเผาเพื่อให้อุณหภูมิตำแหน่งแนวเชื่อมของถึงก๊าซใกล้เคียงกับค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลของเตา การปรับปรุงตำแหน่งหัวเผาหรือเพิ่มจำนวนหัวเผาเป็นงานที่ต้องได้รับการปรับปรุงจากของบริษัทร่วมวิจัยเอง ซึ่งนอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยนี้

เพื่อเสนอแนะการใช้งานเตาตามตามสภาวะปัจจุบัน การทดลองต่อไปจึงทำการกระจายตัวของอุณหภูมิในเตาและนำไปสู่การปรับใช้งานของเตา โดยอิงผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ

4.3.3 ผลการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิในเตาของบริษัทร่วมวิจัย

วัดการกระจายตัวของอุณหภูมิในเตาของบริษัทร่วมวิจัยมีความสม่ำเสมอหรือไม่เพียงใดในแต่ละโซน โดยการเจาะผนังเตาด้านบนทั้ง 2 ซ้ำง เพื่อวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิเทียบกับตำแหน่งตรงกลางซึ่งเป็นตำแหน่งปัจจุบัน ดังรูปที่ 4.13 ตำแหน่งการวัดคือตำแหน่งเดียวกับแนวเชื่อมถึงก๊าซ ผลการวัดค่าอุณหภูมิโซนต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.7



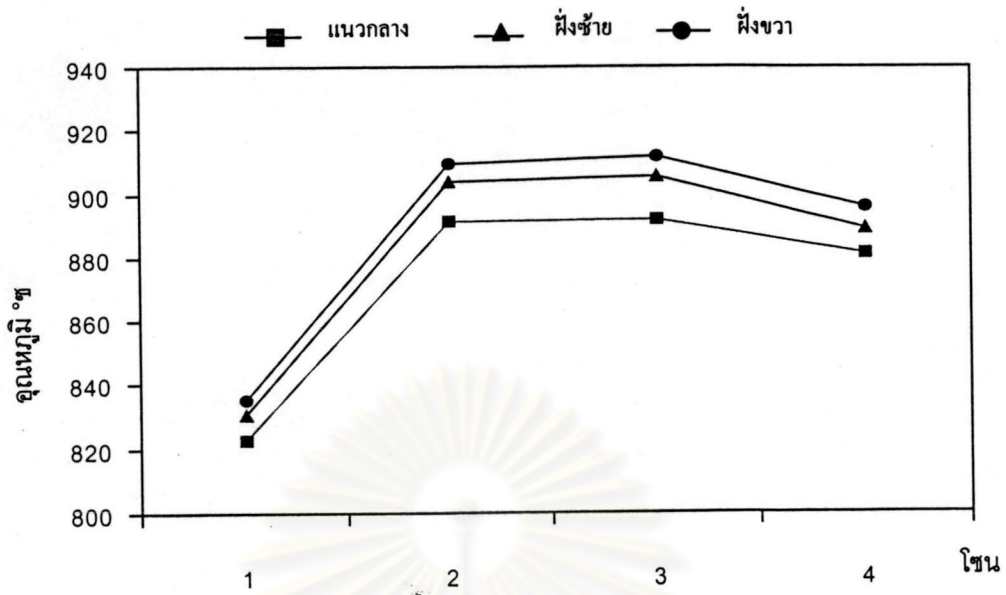
รูปที่ 4.13 ตำแหน่งที่วัดการกระจายตัวของอุณหภูมิในเตาของบริษัทร่วมวิจัย

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 ค่าอุณหภูมิที่แต่ละตำแหน่งในโซนต่างๆ ตามรูปที่ 4.12 พบว่าที่โซนที่ 1 นั้นอุณหภูมิที่วัดได้จริงต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่บริษัทตั้งไว้ประมาณ 67 °ซ ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการที่มีการปิด เปิดประตูเตาขณะที่บรรจุถึงแก๊สเข้าเตา ทำให้อุณหภูมิที่บริเวณโซน 1 สูญเสียไปกับบรรยากาศด้านนอกของเตา

ผลการวัดอุณหภูมิฝั่งซ้าย และฝั่งขวา เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ตำแหน่งตรงกลางตามรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล พบว่าอุณหภูมิเตาที่บริเวณฝั่งขวาจะสูงกว่าฝั่งซ้ายและตรงกลางประมาณ 6 °ซ และ 17 °ซ ตามลำดับดังตารางที่ 4.7 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.14

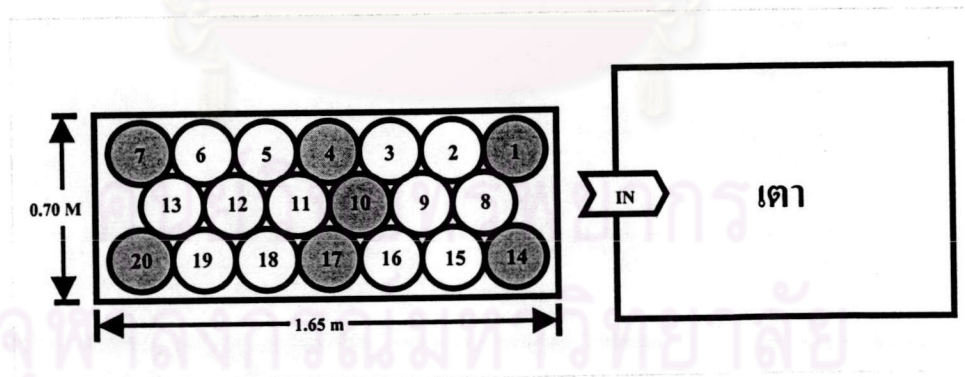
ตารางที่ 4.7 ผลการวัดค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ (ค่าอุณหภูมิเตาที่ตั้งไว้ 890 °ซ)

อุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล (°ซ)	โซน												อุณหภูมิเฉลี่ย 1 ถึง 4	
	1			2			3			4				
ครั้งที่	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แนวกลาง	820	825	823	890	893	892	890	894	892	880	882	881	871.8	30.8
ฝั่งซ้าย	829	832	831	902	906	904	905	906	906	888	890	889	882.3	32.7
ฝั่งขวา	834	836	835	908	911	910	912	911	912	895	897	896	888	33.3



รูปที่ 4.14 ผลการวัดอุณหภูมิเตาอบที่โรงงานของบริษัทร่วมวิจัยในแต่ละตำแหน่งที่บริเวณโซนต่างๆ

จากกราฟในรูปที่ 4.14 ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งถึงก๊าซตรงกลางมีค่าต่ำสุด จึงเลือกถึงก๊าซที่อยู่ตรงกลางมาเป็นตัวแทนเพื่อการทดลองต่อไปโดยเลือกถึงที่ตำแหน่งหมายเลข 1,4,7,10,14,17 และ 20 ดังแสดงในรูปที่ 4.15 เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและขนาดเกรน ภายหลังจากอบปกติที่ 890 °ซ ที่เวลา 10 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาการอบปกติที่บริษัทร่วมวิจัยใช้อยู่ในปัจจุบัน

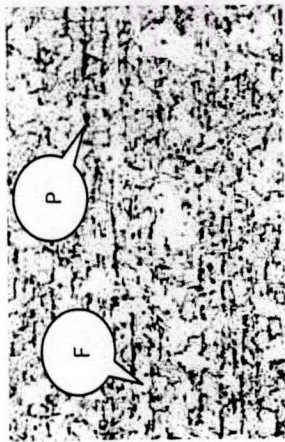


รูปที่ 4.15 ภาพด้านบน (Top View) แสดงตำแหน่งของถึงก๊าซในการอบปกติที่บริษัทร่วมวิจัย

4.3.4 โครงสร้างจุลภาคและขนาดเกรนภายหลังจากอบปกติที่เตาโรงงาน ณ สภาพปัจจุบัน

จากการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ เวลา 10 นาที ซึ่งเป็นสถานะที่โรงงานใช้งานในปัจจุบัน และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมถึงก๊าซตำแหน่งที่ 1,4,7,10,14,17 และ 20 แสดงในรูปที่ 4.16 – 4.22 และวัดขนาดเกรนได้ผลดังนี้

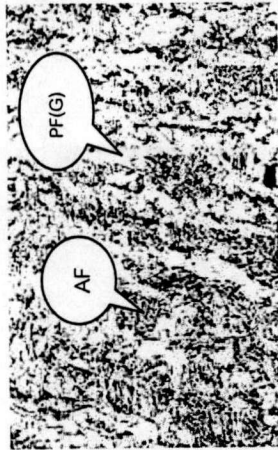
โลหะพื้น



บริเวณกระแทบร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



รูปที่ 4.16 โครงสร้างจุลภาคภายหลังจากอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 1 x 100 เท่า

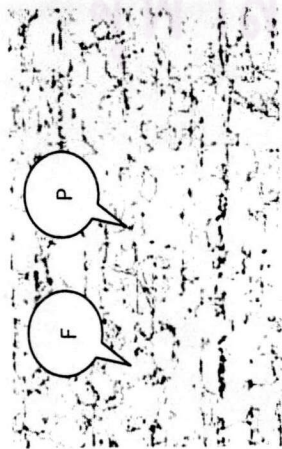


รูปที่ 4.17 โครงสร้างจุลภาคภายหลังจากอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 4 x 100 เท่า

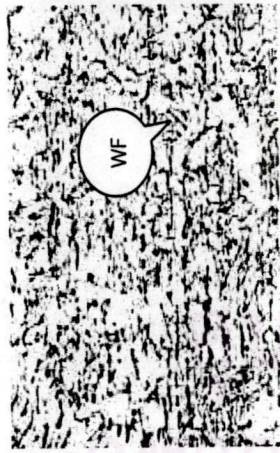


รูปที่ 4.18 โครงสร้างจุลภาคภายหลังจากอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 7 x 100 เท่า

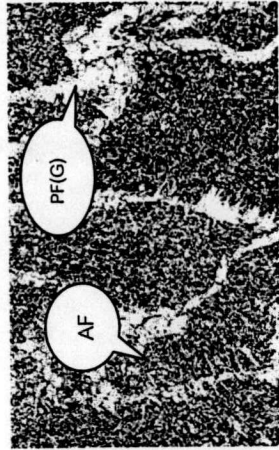
โลหะฟอส



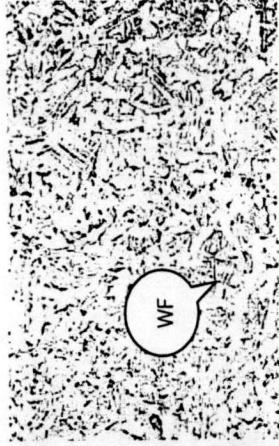
บริเวณกระดูกพรุน(บน)



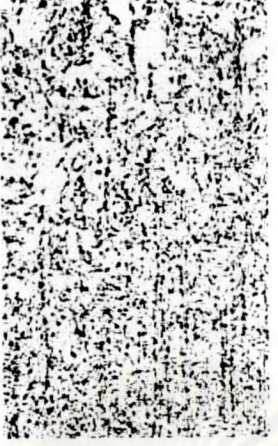
เนื้อเยื่อ



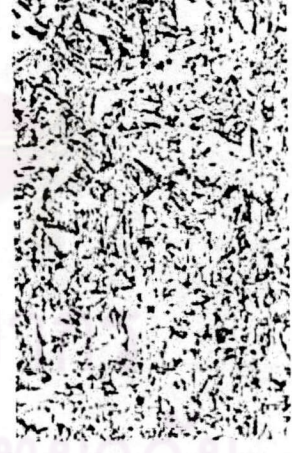
บริเวณกระดูกพรุน(ล่าง)



รูปที่ 4.19 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 10 x 100 เท่า



รูปที่ 4.20 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 14 x 100 เท่า

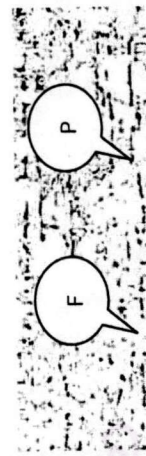


รูปที่ 4.21 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 17 x 100 เท่า

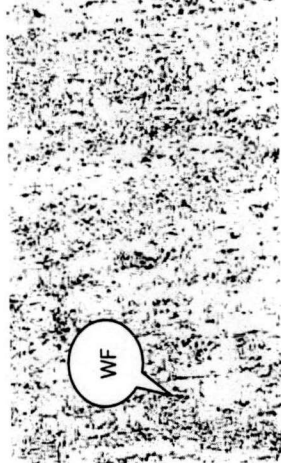
โลหะฟัน



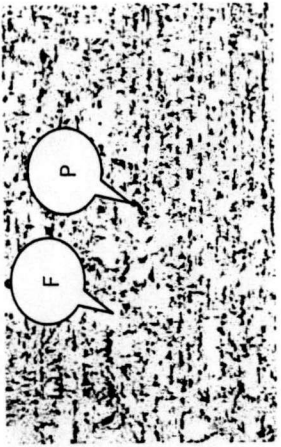
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



เนื้อเต็ม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



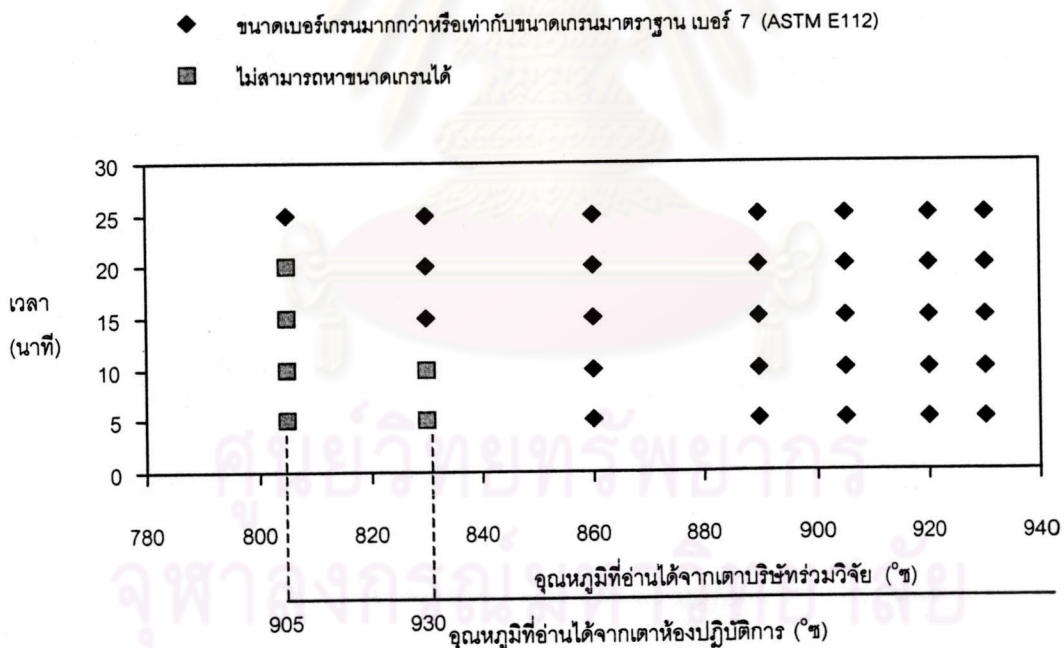
รูปที่ 4.22 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ ณ ตำแหน่งของถังที่ 20 x 100 เท่า



จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมถึงก๊าซที่ผ่านการอบปกติที่อุณหภูมิ 890 °ซ เวลา 10 นาที แสดงในรูปที่ 4.16-4.22 พบว่าไม่มีถึงในตำแหน่งไหนที่มีโครงสร้างจุลภาคแนวเชื่อมที่จะสามารถหาขนาดเกรนได้ โครงสร้างจุลภาคส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นโครงสร้าง PF(G) และ AF โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ตำแหน่งถึงที่ 10 จะพบว่ามีโครงสร้างจุลภาคที่มีลักษณะเป็นเดนไดรท์ละเอียดกว่าถึงที่ตำแหน่งอื่นและมีโครงสร้าง PF (G) ดังนั้นจึงเลือกถึงก๊าซที่ตำแหน่งที่ 10 เพื่อใช้เป็นถึงก๊าซตัวแทนในการอบปกติจริงที่เตาของบริษัทร่วมวิจัย

4.3.5 การออกแบบการทดลองเพื่อนำผลจากห้องปฏิบัติการไปใช้จริงที่โรงงาน

จากความแตกต่างของอุณหภูมิที่ตำแหน่งแนวเชื่อมของถึงก๊าซกับตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลที่เตาของบริษัทที่มีความแตกต่างกันประมาณ 100 °ซ สามารถกำหนดอุณหภูมิที่จะทำการทดลองอบปกติ ดังรูปที่ 4.23 เพื่อกำหนดเงื่อนไขการอบปกติจริงที่เตาของบริษัท



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเตาห้องปฏิบัติการกับค่าที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลของเตาบริษัทร่วมวิจัย

เนื่องด้วยข้อจำกัดของเตาโรงงานที่สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดที่วัด ณ ตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลในปัจจุบันได้เพียง 930 °ซ ซึ่งเท่ากับ 830 °ซ ที่ตำแหน่งของแนวเชื่อมถึงก๊าซ จึงทดลองอบปกติของถึงก๊าซตัวแทนคือถึงก๊าซเบอร์ 10 ที่อุณหภูมิ 905 °ซ และ 930 °ซ ซึ่ง

เป็นอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมคัปเบิลเป็น ณ ตำแหน่งปัจจุบันที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที

4.3.6 โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมถึงก๊าซตัวแทนหลังจากอบปกติที่อุณหภูมิ 905 °ซ และ 930 °ซ ที่เตาของบริษัทร่วมวิจัย

จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคเพื่อหาขนาดเกรนภายหลังจากอบปกติที่อุณหภูมิ 905 °ซ และ 930 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.24 – 4.25 ซึ่งสามารถสรุปขนาดเกรนภายหลังจากอบปกติที่แต่ละอุณหภูมิและเวลาดังแสดงในตารางที่ 4.8

จากรูปที่ 4.25 ที่สภาวะการอบปกติ อุณหภูมิ 930 °ซ เวลา 15 นาที พบการเกิด อ็อกไซด์ หรือสเกลที่ผิวของถึงก๊าซเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งภายหลังจากทำความสะอาดด้วยการยิงทราย ไม่สามารถขัดออกได้หมด และยอมรับไม่ได้ในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงหยุดอบปกติที่ เวลา 15 นาที



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ตำแหน่งถึงที่ 10

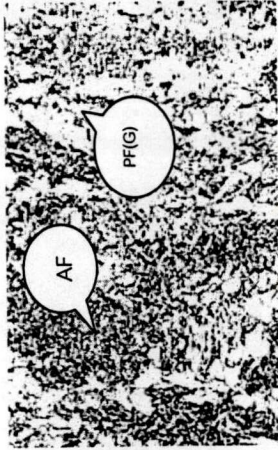
โลหะฟอส



บริเวณกระจกทาบร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



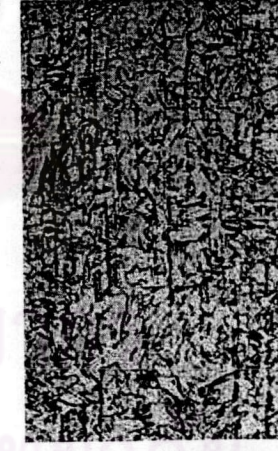
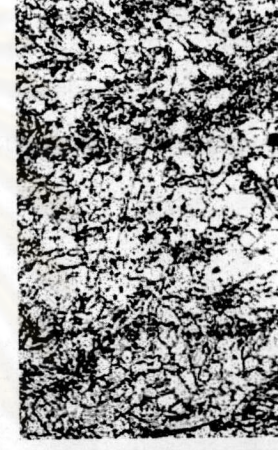
บริเวณกระจกทาบร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 905 °ซ, 5 นาที



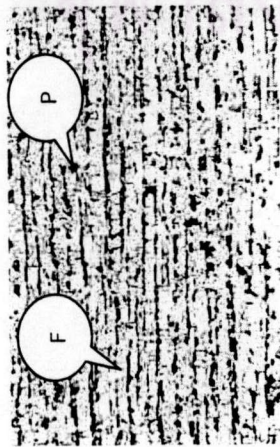
: อุณหภูมิ 905 °ซ, 10 นาที



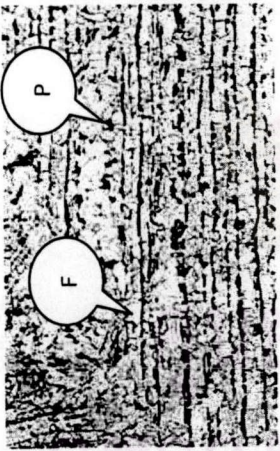
: อุณหภูมิ 905 °ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.24 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 905 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า

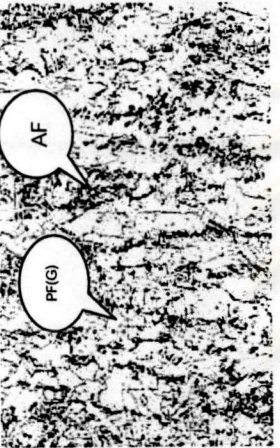
โลหะพื้น



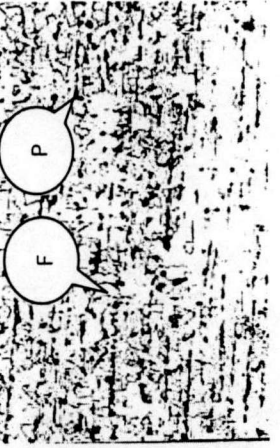
บริเวณกระแทบร้อน(บน)



เนื้อเชื่อม



บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 905 °ซ, 20 นาที



: อุณหภูมิ 905 °ซ, 25 นาที

รูปที่ 4.24 โครงสร้างจุลภาคภายใต้การอบปกติที่อุณหภูมิ 905 °ซ ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

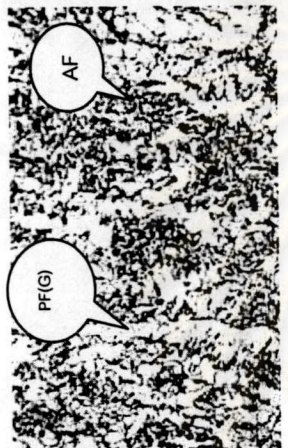
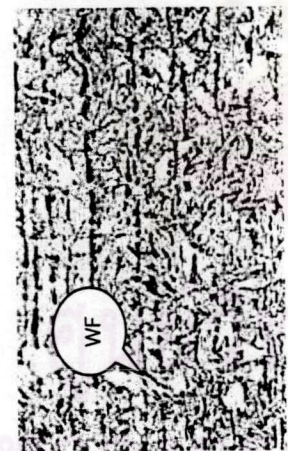
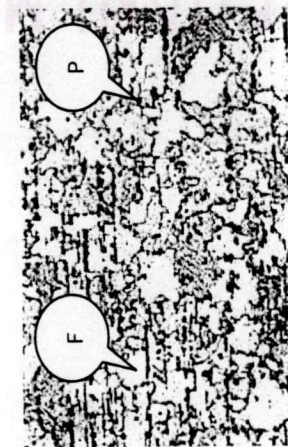
- ตำแหน่งถึงที่ 10

โลหะพื้น

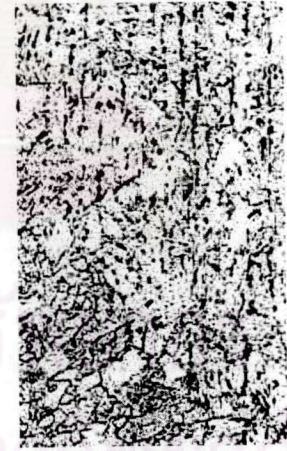
บริเวณกระทบบร้อน(บน)

เนื้อเชื่อม

บริเวณกระทบบร้อน(ล่าง)



: อุณหภูมิ 930 °ซ, 5 นาที



: อุณหภูมิ 930 °ซ, 10 นาที

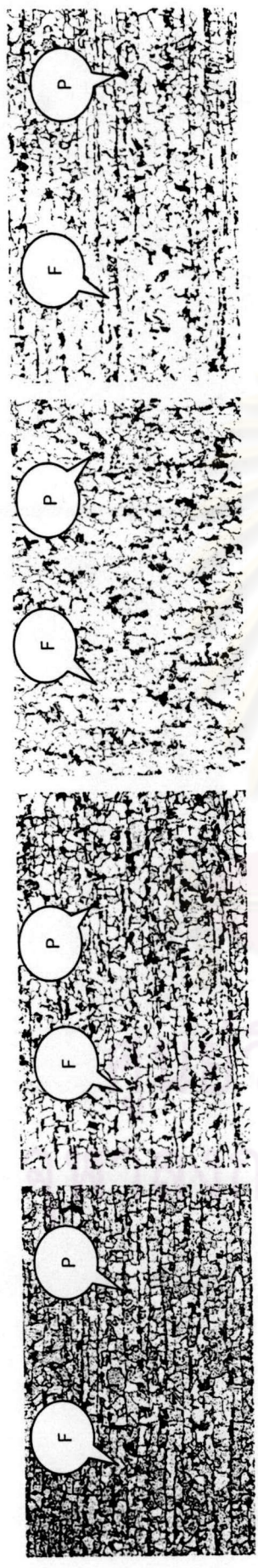
รูปที่ 4.25 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 930 °ซ ที่เวลา 5, 10 และ 15 นาที x 100 เท่า

บริเวณกระแทบร้อน(ล่าง)

เนื้อเชื่อม

บริเวณกระแทบร้อน(บน)

โลหะพ่น



: อุณหภูมิ 930 °ซ, 15 นาที

รูปที่ 4.25 โครงสร้างจุลภาคภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 930 °ซ ที่เวลา 5, 10 และ 15 นาที x 100 เท่า (ต่อ)

ตารางที่ 4.8 ขนาดเกรนภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เวลา(นาที)	5				10				15				20				25			
	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)	โลหะ พื้น	บริเวณ กระทบ ร้อน (บน)	เนื้อ เชื่อม	บริเวณ กระทบ ร้อน (ล่าง)
อุณหภูมิ(°ซ)																				
905	7.5	-	-	-	7	-	-	-	8.5	-	-	-	9.5	-	-	9.5	9.5	-	-	9.5
930	7.5	-	-	-	7.5	8.5	-	8.5	9.5	9.5	8.5	9.5	9.5	8.5	-	9.5	9.5	8.5	9	9
ไม่มีการทดลอง																				

หมายเหตุ : - = วัดขนาดเกรนไม่ได้

จากผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและหาขนาดเกรนของแนวเชื่อมถึงก๊าซตัวแทน หมายเลข 10 ดังตารางที่ 4.8 พบว่าอุณหภูมิ 905 °ซ ที่ 25 นาที ซึ่งวัด ณ ตำแหน่งเทอร์โมคัปเบิลในปัจจุบันให้โครงสร้างจุลภาคที่สามารถวัดขนาดเกรนได้ โดยมีขนาดเบอร์เกรนมากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรน มาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112) ขึ้นไป และที่อุณหภูมิ 930 °ซ ที่ 15 นาที ก็สามารถวัดขนาดเบอร์เกรนที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรนมาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112) ขึ้นไปเช่นกัน แต่เนื่องด้วยเกิดออกไซด์ที่ผิวด้านบนของถึงก๊าซมาก และไม่สามารถขัดออกโดยวิธีการยิงทรายทำให้ไม่สามารถใช้อุณหภูมิที่ 930 °ซ ที่เวลา 15 นาที ในการนำไปอบปกติในงานจริงได้ เพราะผิวถึงก๊าซจะไม่สวยงาม (ดูภาคผนวก ฉ)

ดังนั้นจึงแนะนำให้บริษัทร่วมวิจัยทำการอบปกติที่อุณหภูมิ 905 °ซ เป็นเวลา 25 นาที หรืออาจปรับลดจำนวนถึงก๊าซที่จะทำการอบปกติในรถที่ใช้อยู่ที่แสดงในรูปที่ 4.15 ให้มีจำนวนน้อยลง เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เวลาในการอบปกติสั้นลง หรือใช้อุณหภูมิในการอบปกติต่ำลงจากผลการทดลองของการอบปกติของถึงก๊าซตัวแทน

4.3.7 เวลาการอบปกติจริงที่เตาบริษัทร่วมวิจัย

จากการเปรียบเทียบขนาดของโครงสร้างจุลภาคในเนื้อเชื่อมดังตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.8 พบว่าโครงสร้างเฟอร์ไรท์ - เพิร์ลไรท์ ภายหลังจากอบปกติที่ได้จากถึงก๊าซตัวแทนมีขนาดใกล้เคียงกับผลจากในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากผลการวัดอุณหภูมิในตารางที่ 4.7 พบว่าอุณหภูมิในโซนที่ 1 ต่ำกว่าค่าอุณหภูมิในโซนที่ 2 ถึง 4 ซึ่งอาจคิดได้ว่าระยะเวลาในช่วงโซน 2 ถึง 4 เท่านั้นที่มีค่าอุณหภูมิตามที่ตั้งไว้ จากรูปที่ 4.11 เวลาที่จะเกิดการอบปกติจริงคิดเป็น $9.30/14 = 66.4\%$ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เวลาที่ใช้ในการอบปกติจริงของถึงตัวแทนที่บริษัทร่วมวิจัย

เวลาทั้งหมด (t) (นาที)	เวลาโซน 1 (นาที)	เวลาโซน 2 (นาที)	เวลาโซน 3 (นาที)	เวลาโซน 4 (นาที)	เวลาอบจริง (นาที)
5	1.7	1.1	1.1	1.1	3.3
10	3.4	2.2	2.2	2.2	6.7
15	5.0	3.3	3.3	3.3	10.0
20	6.7	4.4	4.4	4.4	13.3
25	8.4	5.6	5.6	5.6	16.7

จากตารางที่ 4.9 เวลาที่อบปกติทั้งหมด 25 นาที คิดเป็นเวลาที่อบปกติจริง 16.7 นาที ที่ขนาดเกรนในเนื้อเชื่อมมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรนมาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112) แต่ในห้องปฏิบัติการพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ใช้เวลาอบปกติ 25 นาที เหตุที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะว่าเวลาที่อบจริงของถัง ตัวแทนอาจมากกว่า 16.7 นาที

4.4 สมบัติทางกลของโลหะพื้นและเนื้อเชื่อมภายหลังการอบปกติที่อุณหภูมิ 905 °ซ เวลา 25 นาที

นำแนวเชื่อมและโลหะพื้นของถังก๊าซตัวแทนที่ผ่านการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและได้ขนาดเบอร์เกรนที่มากกว่าหรือเท่ากับขนาดเกรนมาตรฐานเบอร์ 7 (ASTM E112) ภายหลังการอบปกติมาทดสอบแรงดึงตาม มอก. 244-2525 เล่มที่ 4-5 และการดัดโค้งตาม มอก. 244-2525 เล่มที่ 12 ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สมบัติทางกลของแนวเชื่อมและโลหะพื้นภายหลังการอบปกติ⁽²⁾

ครั้งที่	สมบัติทางกลของโลหะพื้น								สมบัติทางกลเนื้อเชื่อม	
	ความต้านแรงดึงต่ำสุด (N/mm ²)		ความต้านแรงดึงที่จุดครากต่ำสุด (N/mm ²)		การยืดตัว		การดัดโค้ง		ความต้านแรงดึงต่ำสุด (N/mm ²)	
	มาตรฐาน	ผลทดสอบ	มาตรฐาน	ผลทดสอบ	มาตรฐาน	ผลทดสอบ	มาตรฐาน	ผลทดสอบ	มาตรฐาน	ผลทดสอบ
1	352	413	208	270	20	32	ไม่ปรากฏรอยร้าว	ไม่ปรากฏรอยร้าว	418	427
2		430		284		33				449
3		418		278		31				425
เฉลี่ย	352	420.33	208	277.33	20	32.00	-	-	418	433.67
σ	0	8.74	0	7.02	0	1.00	-	-	0	13.32

จากผลทดสอบสมบัติทางกลแนวเชื่อมและโลหะพื้นของถังก๊าซที่เป็นตัวแทน (หมายเลข 10) ที่มีขนาดเกรนตามต้องการ ผลทดสอบทั้งความต้านแรงดึงต่ำสุด ความต้านแรงดึงที่จุดครากต่ำสุด การยืดตัว และการทดสอบการดัดโค้ง และความต้านแรงดึงต่ำสุดที่เนื้อเชื่อมได้ผลเป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุ