

บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการตรวจสอบเหล็ก AISI 1010 ที่ทำการอบชุบตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 ได้แก่ ผลการทดสอบโครงสร้างจุลภาค, ผลการทดสอบความแข็ง, ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึง, โมดูลัสความยืดหยุ่น, เฟอร์ริต์ความยืดหยุ่นและประมาณค่าคุณสมบัติจากสมการความสัมพันธ์

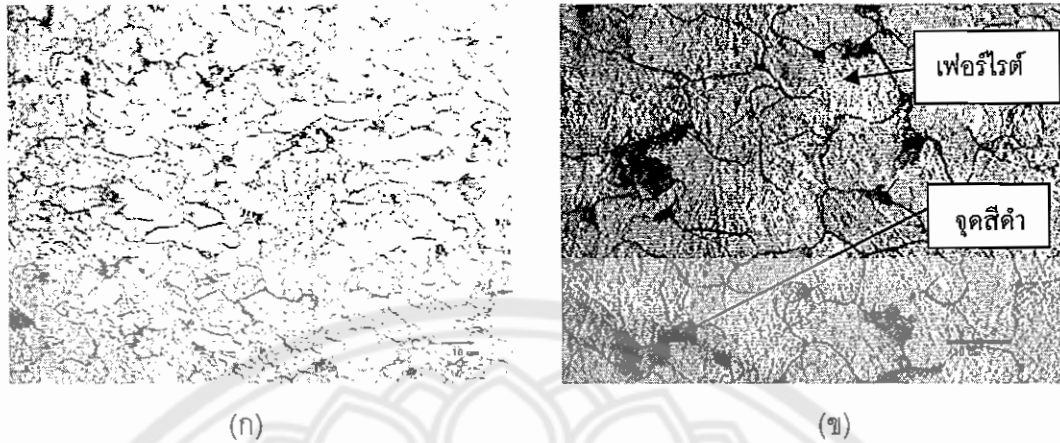
4.1 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคของเหล็กสามารถดูได้จากการจัดเรียงตัวของอะตอมของเหล็ก ซึ่งการจัดเรียงตัวของอะตอมของเหล็กจะถูกแบ่งแยกด้วยขอบเกรน และแต่ละเกรนจะสามารถบอกได้ถึง ความแข็งแรงของเหล็ก เพราะถ้าเกรนมีขนาดเล็กแสดงว่ามีความแข็งแรง เพราะถ้าเกรนขนาดเล็ก ทำให้ดิสโลเคชันไม่สามารถเคลื่อนที่ได้มาก และดิสโลเคชัน ก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามขอบเกรนแต่ละเกรนได้ การเคลื่อนที่ของดิสโลเคชันถ้ามีการเคลื่อนที่น้อยที่สุดก็จะทำให้เหล็กมีความแข็งแรงสูงขึ้นด้วย

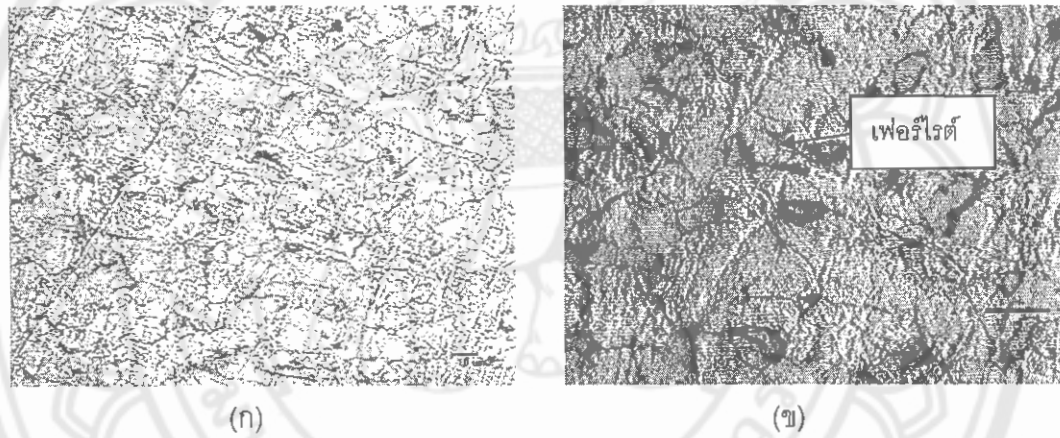
โครงสร้างทางจุลภาค ที่ได้จากการผ่านกระบวนการทางความร้อน เมื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์จะได้ภาพ ดังรูปต่อไปนี้



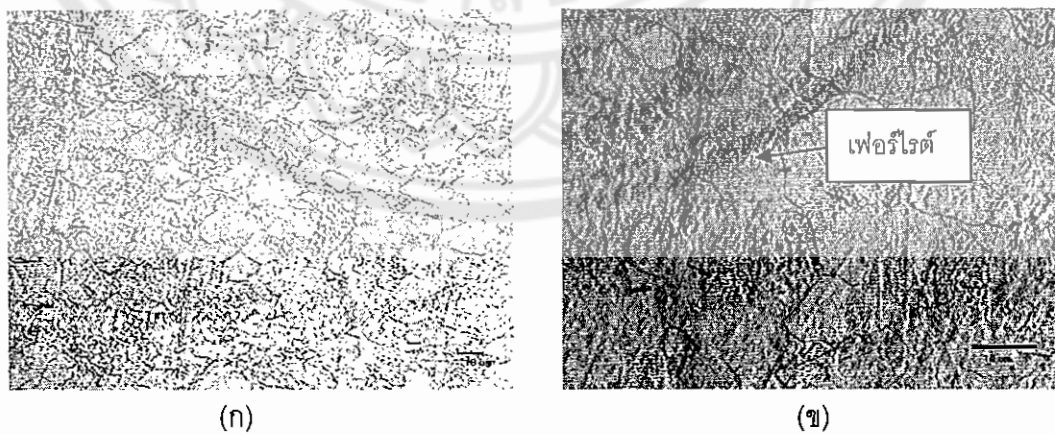
รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการอบเตนไนต์ซึ่ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก) ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่ กำลังขยาย 500 เท่า



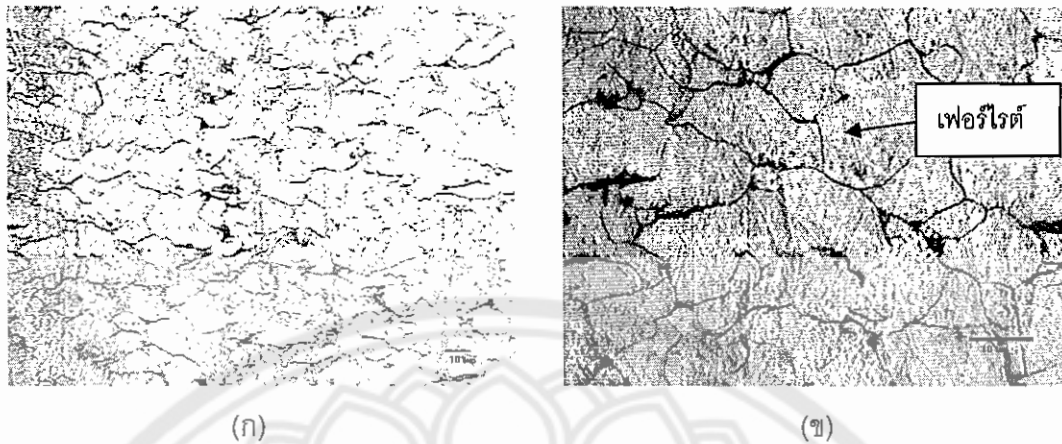
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการออสเตไนต์ซึ่ง 750°C ที่เวลา 10 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



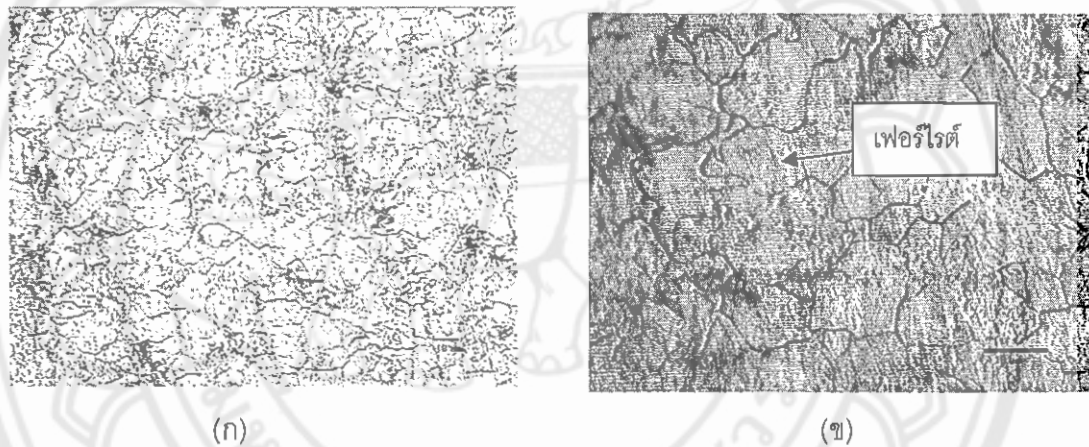
รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการออสเตไนต์ซึ่ง 750°C ที่เวลา 20 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



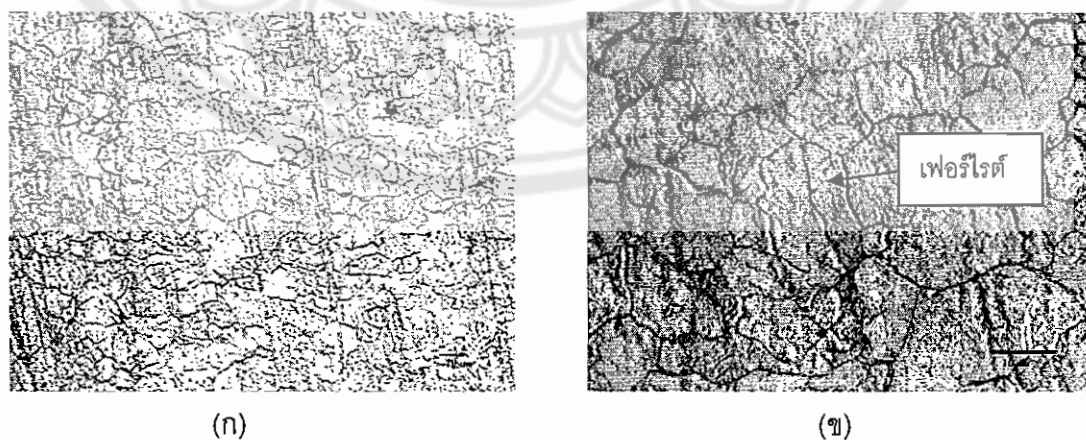
รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการออสเตไนต์ซึ่ง 750°C ที่เวลา 40 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



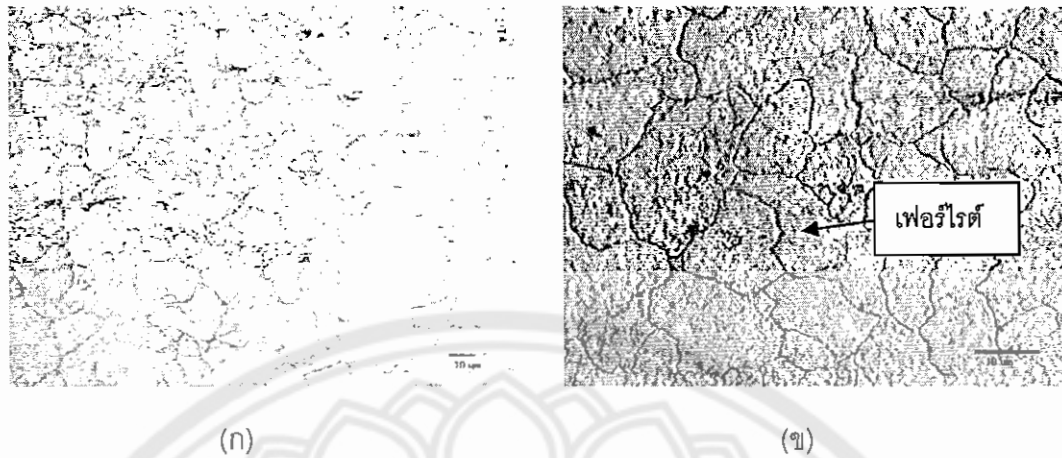
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการอบเตนไนต์ซึ่ง 800 °C ที่เวลา 10 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



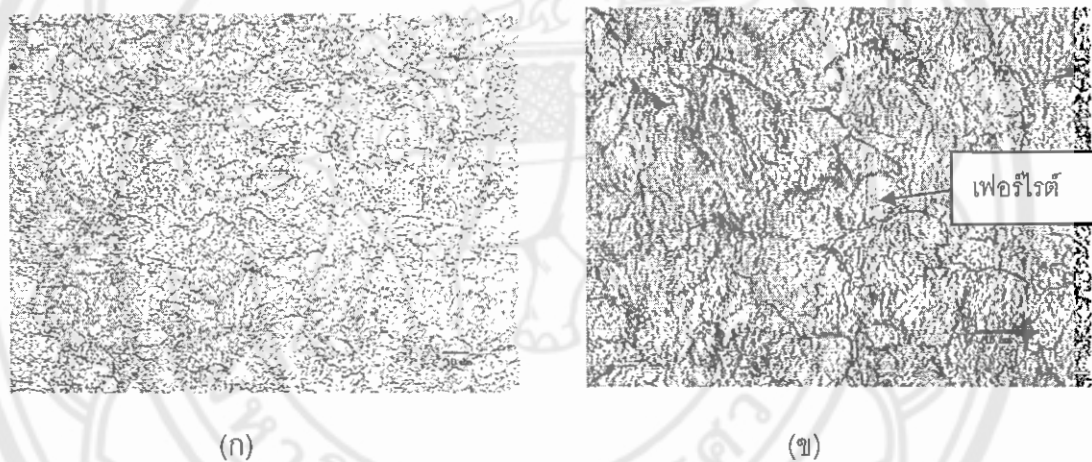
รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการอบเตนไนต์ซึ่ง 800 °C ที่เวลา 20 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



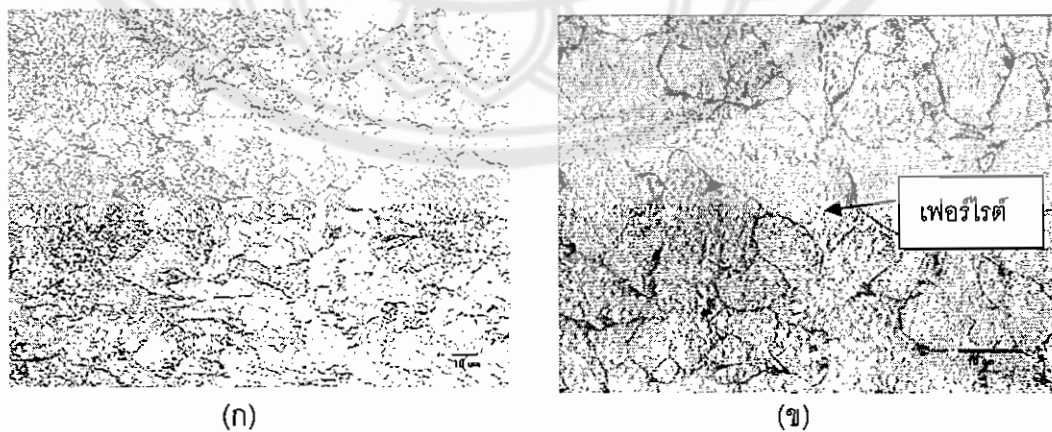
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการอบเตนไนต์ซึ่ง 800 °C ที่เวลา 40 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการอบเตนไนต์ซึ่ง 850 °C ที่เวลา 10 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการอบเตนไนต์ซึ่ง 850 °C ที่เวลา 20 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ทำการอบเตนไนต์ซึ่ง 850 °C ที่เวลา 40 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง(ก)ที่กำลังขยาย 200 เท่า(ข)ที่กำลังขยาย 500 เท่า

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคที่กำลังขยาย 500 เท่า ของเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน

ชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการอบสแตนไนตริง	10 นาที	20 นาที	40 นาที
750°C			
800°C			
850°C			

เมื่อนำโครงสร้างจุลภาคมาเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.1 จะพบว่าทุกรูปมีลักษณะทางโครงสร้างเป็นเฟสเฟอร์ไรต์ส่วนสีดำที่พบในรูปเกรนดังรูปที่ 4.2(ข) อาจเกิดจากการชดอลูมินา แล้วมีอลูมินาฝังตัวอยู่ในชิ้นงานแล้วหลุดออกไปหรือเกิดจากสนิมเนื่องจากการเก็บชิ้นงานไว้นานก่อนที่จะนำมาตัดกรด

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบในกรณีที่เวลาเท่ากันหรืออุณหภูมิเท่ากันจะได้ผลดังนี้

1. จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1 เวลา 10 นาทีแต่อุณหภูมิต่างกันคือ 750°C , 800°C , 850°C พบว่าลักษณะของเกรนมีลักษณะคล้ายกับเกรนของเหล็กที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการ ออสเตนไนต์ซึ่งคือมีลักษณะเป็นแบบเฟอร์ไรต์แต่ขนาดของเกรนยังไม่มีเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจเกิดจากการที่ใช้เวลาในการทำออสเตนไนต์ซึ่งน้อย

2. จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1 เวลา 20 นาทีแต่อุณหภูมิต่างกันคือ 750°C , 800°C , 850°C พบว่าเกรนที่ได้ยังเป็นแบบเฟอร์ไรต์เหมือนเดิมแต่ขนาดของเกรน เมื่อเทียบกับเกรนของเหล็กที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการออสเตนไนต์ซึ่ง นั้นเริ่มที่จะมีลักษณะเกรนใหม่เกิดขึ้นเกรนขนาดเล็กที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเกรนใหญ่ซึ่งเกิดจากการที่ชิ้นงานเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง ระหว่างการทำออสเตนไนต์ซึ่งคือส่วนที่เป็นเกรนขนาดเล็กในภาพมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเฟส ออสเตนไนต์เมื่ออบชุบได้เปลี่ยนเป็นเฟสเฟอร์ไรต์ที่มีเกรนเล็กกว่าชิ้นงานเดิม

3. จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1 เวลา 40 นาทีแต่อุณหภูมิต่างกันคือ 750°C , 800°C , 850°C พบว่าเกรนที่ได้ยังคงเป็นแบบเฟอร์ไรต์ แต่ขนาดของเกรนเมื่อเทียบกับเกรนของเหล็กที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการ ออสเตนไนต์ซึ่ง นั้นเกรนมีลักษณะที่ใหญ่ขึ้นเนื่องจากการใช้เวลานาน เกรนเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้น

4. จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1 อุณหภูมิ 750°C แต่ที่เวลาต่างกันคือ 10 นาที, 20 นาที, 40 นาทีจะได้ว่าเมื่อที่เวลา 10 นาทีลักษณะของเกรนจะมีลักษณะที่เหมือนกับเกรนของเหล็กที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการออสเตนไนต์ซึ่งจนเมื่อที่เวลา 20 นาทีเกรนที่ได้เริ่มที่จะมีลักษณะที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงคือมีเกรนใหม่เกิดขึ้นแต่จะมีขนาดเล็กอยู่จนเมื่อที่เวลา 40 นาทีเกรนที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีขนาดของเกรนที่ใหญ่ขึ้น

5. จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1 อุณหภูมิ 800°C แต่ที่เวลาต่างกันคือ 10 นาที, 20 นาที, 40 นาทีจะได้ว่าเมื่อที่เวลา 10 นาทีลักษณะของเกรนจะมีลักษณะที่เหมือนกับเกรนของเหล็กที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการออสเตนไนต์ซึ่งจนเมื่อที่เวลา 20 นาทีเกรนที่ได้เริ่มที่จะมีลักษณะที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงคือมีเกรนใหม่เกิดขึ้นแต่จะมีขนาดเล็กอยู่จนเมื่อที่เวลา 40 นาทีเกรนที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีขนาดของเกรนที่ใหญ่ขึ้น

6. จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1 อุณหภูมิ 850°C แต่ที่เวลาต่างกันคือ 10 นาที, 20 นาที, 40 นาทีจะได้ว่าเมื่อที่เวลา 10 นาทีลักษณะของเกรนจะมีลักษณะที่เหมือนกับเกรนของเหล็กที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการออสเตนไนต์ซึ่งจนเมื่อที่เวลา 20 นาทีเกรนที่ได้เริ่มที่จะมีลักษณะที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงคือมีเกรนใหม่เกิดขึ้นแต่จะมีขนาดเล็กอยู่จนเมื่อที่เวลา 40 นาทีเกรนที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีขนาดของเกรนที่ใหญ่ขึ้นแต่เนื่องจากเวลาและอุณหภูมิที่มากที่สูงสุดของการ ทดลองทำให้ขนาดของเกรนมีขนาดใหญ่ที่สุดในการทดลอง

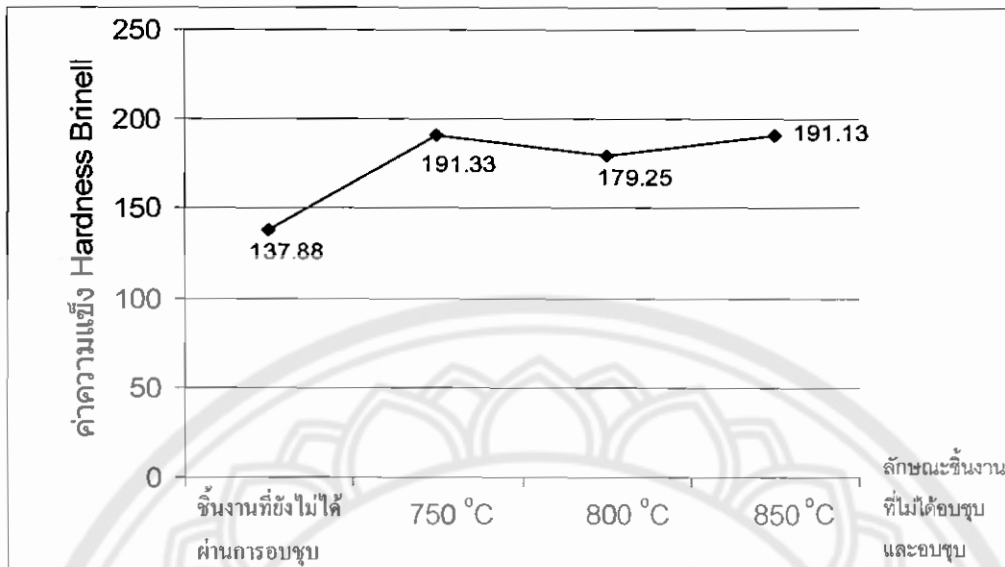
4.2 ผลการทดสอบความแข็ง

ผลการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010 จำนวนทั้งหมด 9 ชิ้นที่ทำออสเตนไนต์ซึ่งอุณหภูมิ 750 °C , 800 °C และ 850 °C เป็นเวลา 10, 20 และ 40 นาที และชุบลงในน้ำ แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

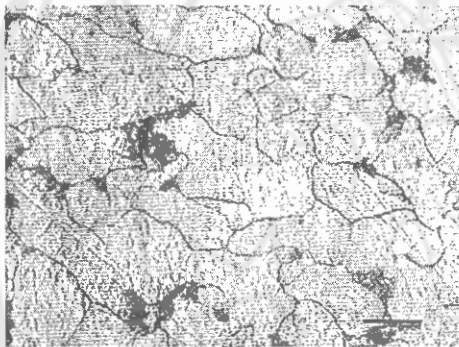
ตารางที่ 4.2 ค่าความแข็งเฉลี่ยของเหล็ก AISI 1010 ที่ทำการอบชุบตามอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบครั้งนี้

Temperature(องศาเซลเซียส) เวลาในการ ออสเตนไนต์ซึ่ง(นาที)	ค่าความแข็งเฉลี่ย(HB)		
	750 °C	800 °C	850 °C
ชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการ ออสเตนไนต์ซึ่ง	137.88		
10	191.33	179.25	191.13
20	188.73	192.23	221.97
40	174.80	172.61	149.85

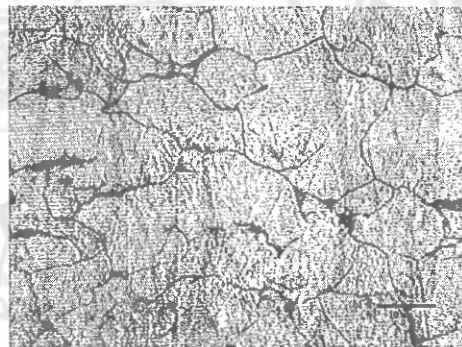
เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำ ออสเตนไนต์ซึ่ง ที่เวลาคงที่จะเป็นไปตาม รูปที่ 4.11, 4.12 และ 4.13



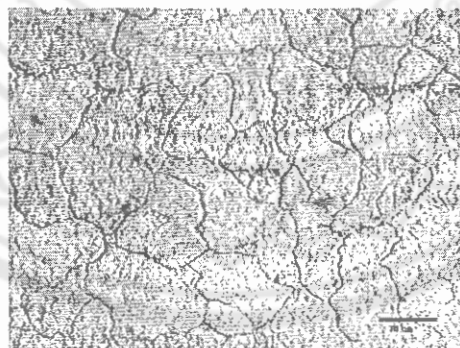
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

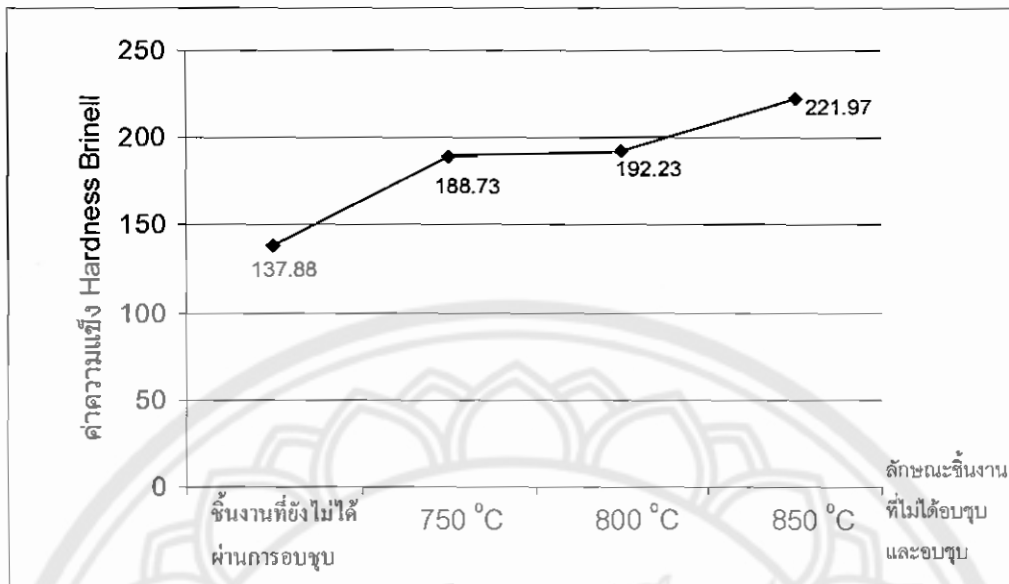
รูปที่ 4.11 (ก) กราฟค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและชิ้นงานที่อบชุบ

เป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 750, 800 และ 850 °C

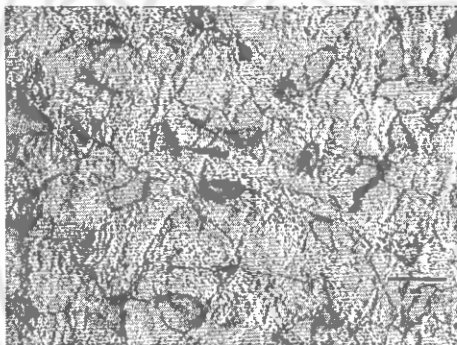
(ข) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย x500 ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 191.33 HB

(ค) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย x500 ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 179.25 HB

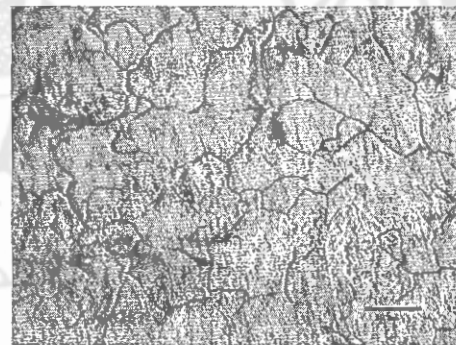
(ง) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย x500 ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 191.13 HB



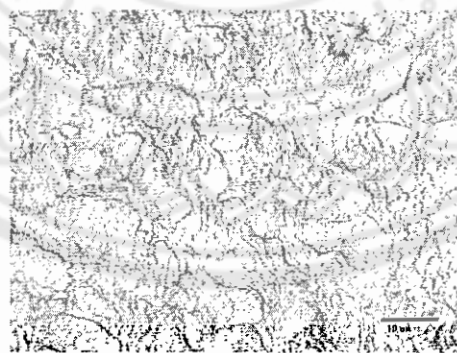
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

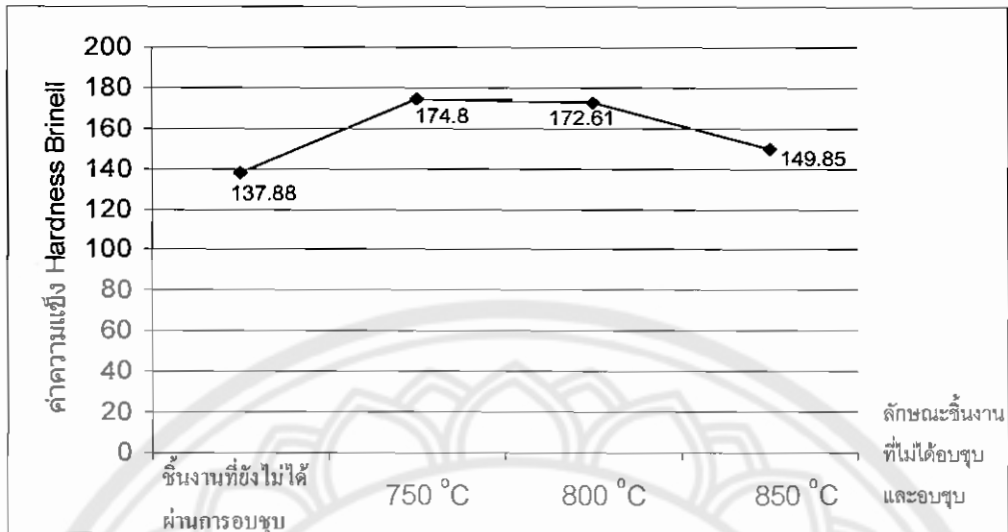
รูปที่ 4.12 (ก) กราฟค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและชิ้นงานที่อบชุบ

เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิ 750, 800 และ 850 °C

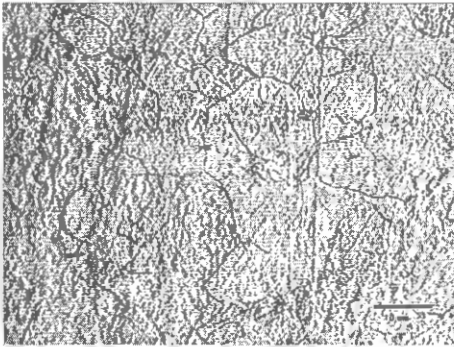
(ข) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 188.73 HB

(ค) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 192.23 HB

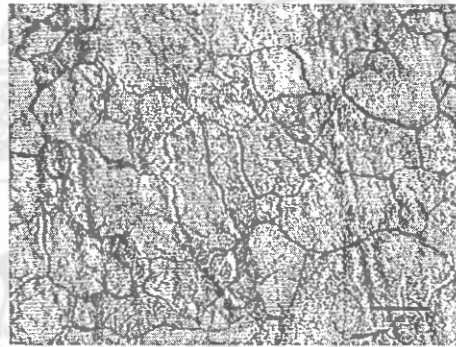
(ง) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 221.97 HB



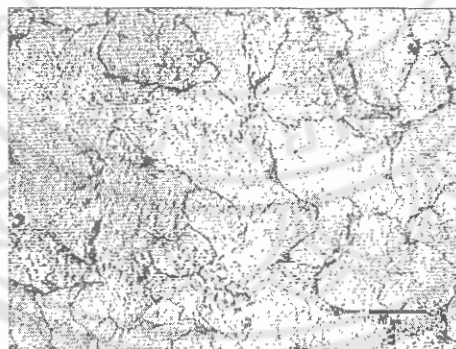
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.13 (ก) กราฟค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและชิ้นงานที่อบชุบ

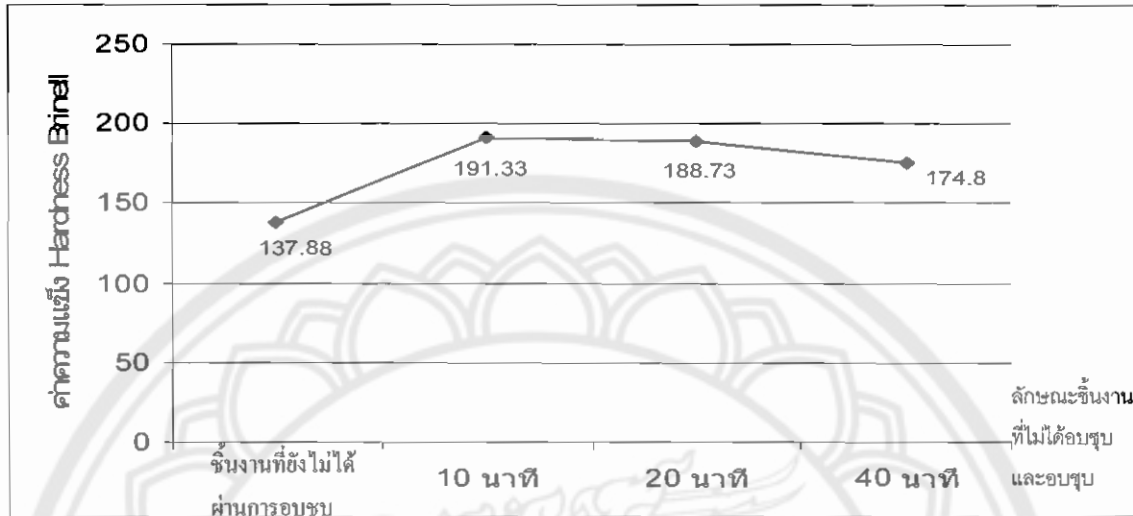
เป็นเวลา 40 นาที อุณหภูมิ 750, 800 และ 850 °C

(ข) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 174.80 HB

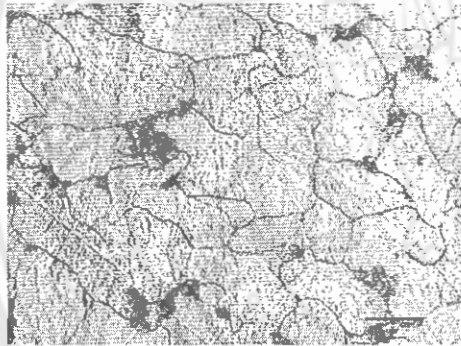
(ค) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 172.61 HB

(ง) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 149.85 HB

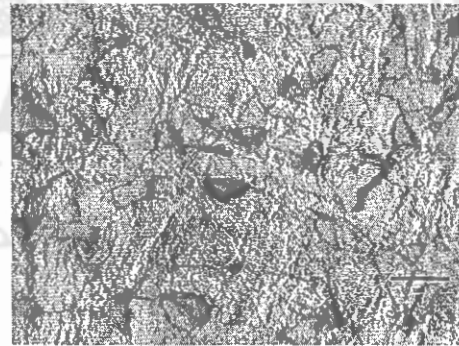
เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำอสเตนไนต์ซึ่งเมื่ออุณหภูมิคงที่จะได้กราฟดังรูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16



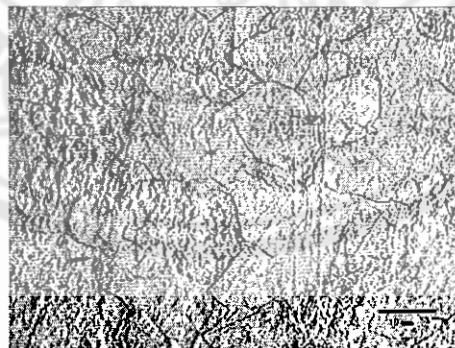
(ก)



(ข)



(ค)



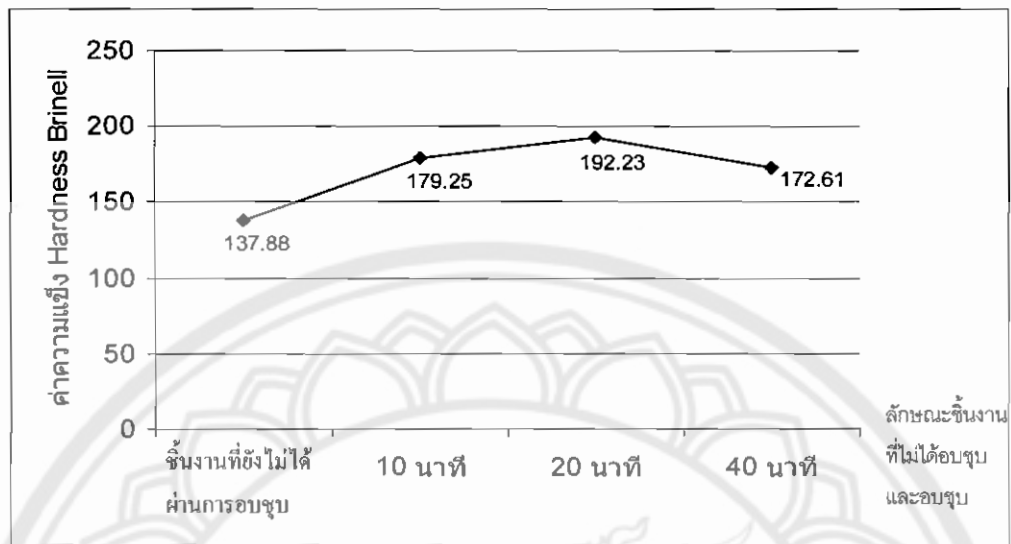
(ง)

รูปที่ 4.14 (ก) กราฟค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและชิ้นงานที่อบชุบที่อุณหภูมิ 750 °C เวลา 10, 20 และ 40 นาที

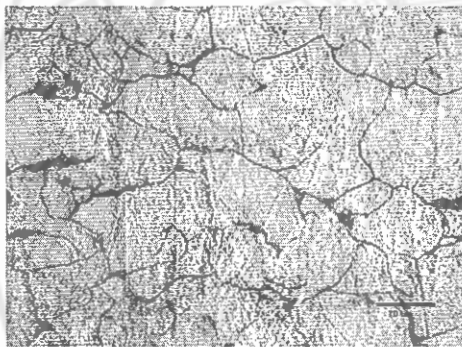
(ข) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 191.33 HB

(ค) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 188.73 HB

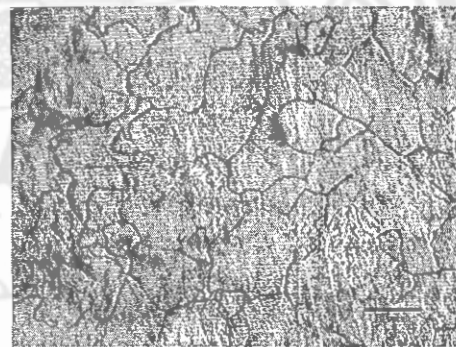
(ง) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 174.80 HB



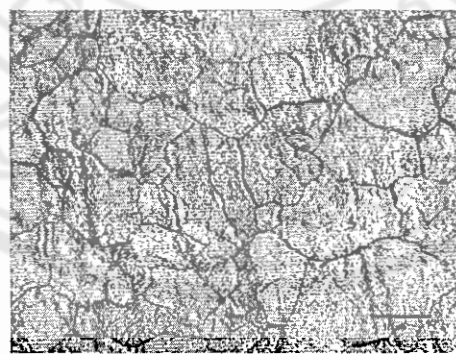
(ก)



(ข)



(ค)



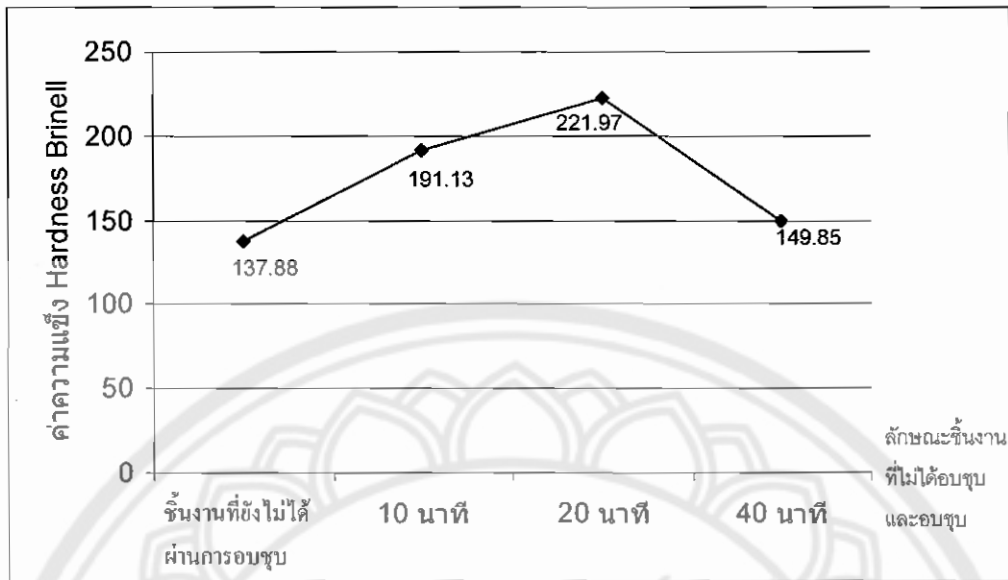
(ง)

รูปที่ 4.15 (ก)กราฟค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและชิ้นงานที่อบชุบที่อุณหภูมิ 800 °C เวลา 10, 20 และ 40 นาที

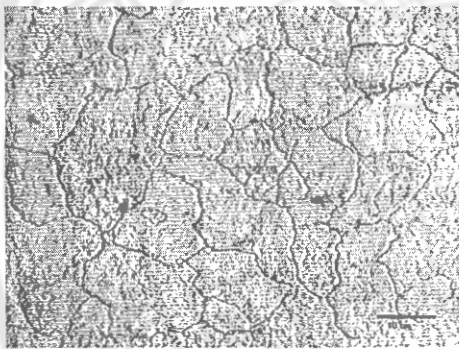
(ข)ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย x500 ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 179.25 HB

(ค)ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย x500 ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 192.23 HB

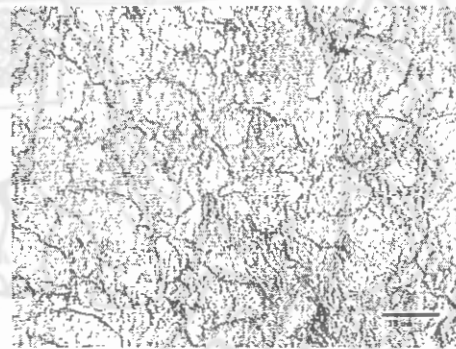
(ง)ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย x500 ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 172.61 HB



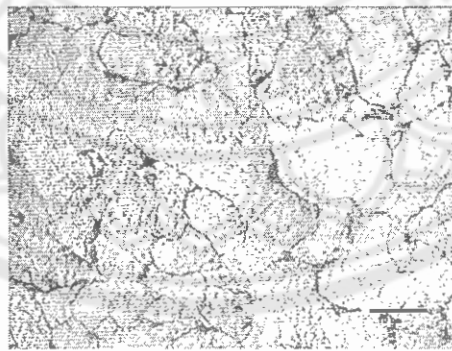
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.16 (ก) กราฟค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและชิ้นงานที่อบชุบ

ที่อุณหภูมิ 850°C เวลา 10, 20 และ 40 นาที

(ข) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 191.13 HB

(ค) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 221.97 HB

(ง) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย $\times 500$ ของชิ้นงานความแข็งเฉลี่ย 149.85 HB

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับโครงสร้างของเกรน

จากกราฟค่าความแข็งและลักษณะโครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับโครงสร้างของเกรนมีความสัมพันธ์กันกล่าวคือเมื่อขนาดของเกรนมีการขยายตัวขึ้นค่าความแข็งที่ได้ก็จะมีค่าน้อยและเมื่อขนาดของเกรนมีขนาดเล็กค่าความแข็งที่ได้ก็จะมีค่ามากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบโดยการใช้เวลาและอุณหภูมิเป็นตัวแปรคงที่สรุปได้ว่า

1. จากทฤษฎีที่กล่าวว่าเมื่ออบชิ้นงานที่เวลาเดียวกัน ที่อุณหภูมิสูงขึ้นขนาดของเกรนจะใหญ่ขึ้นและจะทำให้ความแข็งลดลงตามลำดับด้วย จะเห็นว่าการทดลองดังรูปที่ 4.13 สอดคล้องตามทฤษฎีดังกล่าว[9] แต่รูปที่ 4.11 และ 4.12 ไม่เป็นไปตามทฤษฎีซึ่งอาจเกิดจากเวลาที่ใช้ในการทดลองน้อยขนาดของเกรนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

2. เมื่อที่อุณหภูมิเดียวกัน ที่เวลาเพิ่มขึ้นขนาดของเกรนที่ได้คือมีขนาดใหญ่ขึ้นและจะลดลงตามลำดับด้วยดังรูปที่ 4.14 แต่รูปที่ 4.15 และ 4.16 ค่าความแข็งและเกรนที่ได้ไม่ตรงกับทฤษฎีเบื้องต้นอาจมีสาเหตุจากความสม่ำเสมอของเกรน พิจารณาเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ในระหว่างถูกให้ความร้อน เมื่อผ่านเส้น A_1 เกรนออสเตนไนท์ที่เกิดจากเกรนเฟอร์ไรท์จะมีคาร์บอนประมาณ 0.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้ความร้อนต่อไปเกรนออสเตนไนท์ที่เกิดจากโพรยูเทคตอยด์เฟอร์ไรท์จะมีคาร์บอนในปริมาณเล็กน้อยจนกระทั่งให้ความร้อนจนถึงเส้น A_2 เกรนออสเตนไนท์ทั้งหมดมีคาร์บอนไม่เท่ากันทุกเกรน เมื่อทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว เกรนออสเตนไนท์ที่มีคาร์บอนต่ำก็จะมีโอกาสได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ ในขณะที่เกรนออสเตนไนท์ที่มีคาร์บอนสูงมีโอกาสได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ จึงทำให้โครงสร้างสุดท้ายที่ได้มีความแข็งไม่สม่ำเสมอเนื่องจากโครงสร้างที่ไม่สม่ำเสมอ[10]

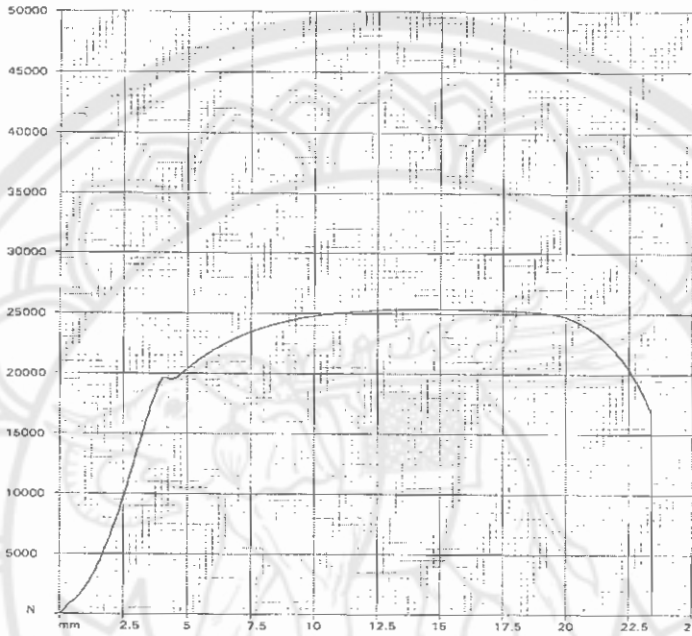
สารชุบคือน้ำก็อาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งของเหล็ก กล่าวคือถ้าน้ำที่ใช้ในการอบชุบจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อน้ำมีอุณหภูมิ 15-25 °C เพราะจะทำให้อัตราการเย็นตัวคงที่การชุบน้ำจำเป็นต้องกวนน้ำตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะว่ามีฟองอากาศเกิดขึ้นขณะทำการชุบ และฟองอากาศนี้จะทำให้อัตราการเย็นตัวเปลี่ยนแปลงไป[9]

หรืออาจเกิดเป็นเฟสเฟอร์ไรต์คือเมื่อเราเผาเหล็กให้โครงสร้างเปลี่ยนไปเป็นออสเตนไนต์จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลง นิวเคลียสของเฟอร์ไรต์จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิผ่านเส้น A_2 ลงมา ปริมาณของคาร์บอนในเฟอร์ไรต์จะเพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 0.25 จากนั้นคาร์บอนจะถูกผลักออกไปอยู่กับออสเตนไนต์ จนทำให้ออสเตนไนต์มีปริมาณคาร์บอนสูงขึ้น[9]

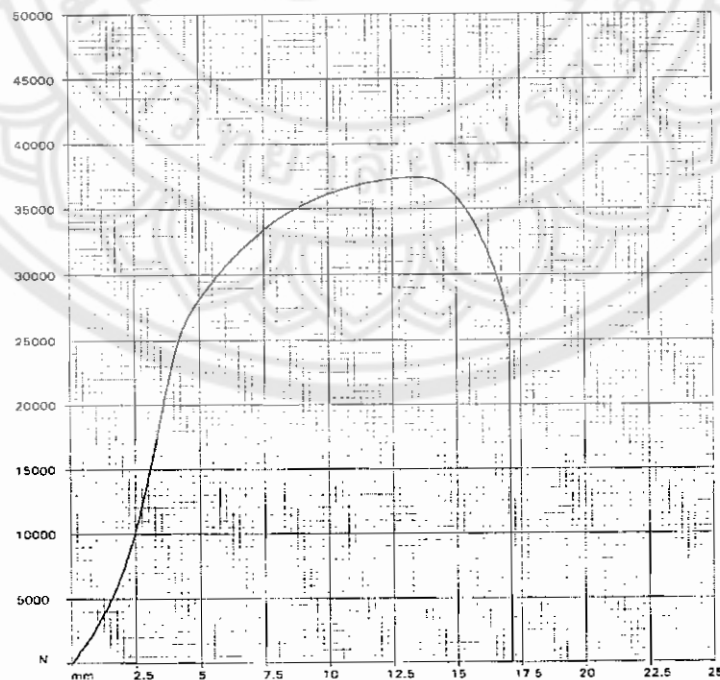
4.3 ผลการทดสอบแรงดึง

ผลการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010 จำนวนทั้งหมด 30 ชิ้น

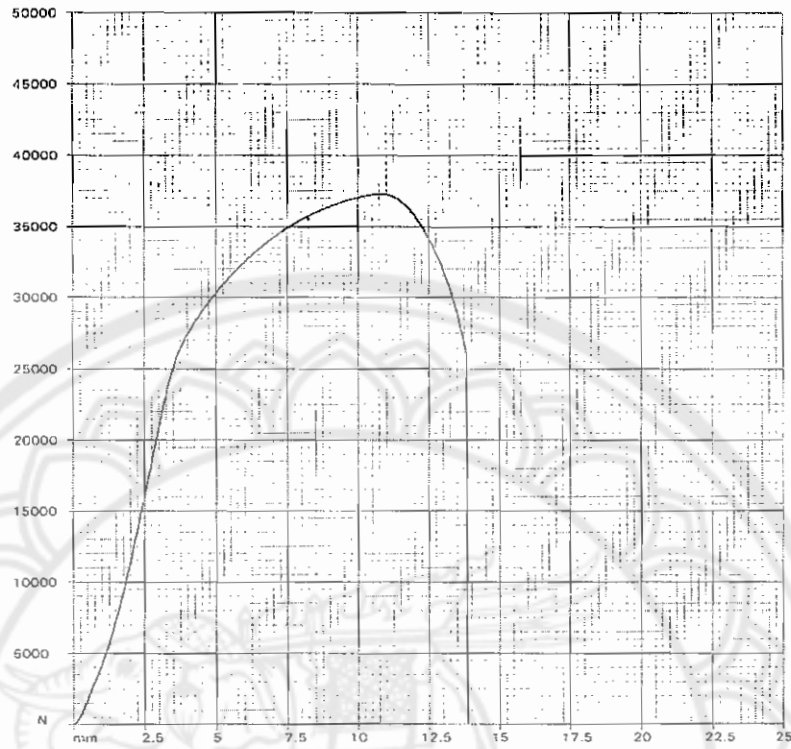
1. อุณหภูมิอบสแตนไนต์ที่ 750°C , 800°C และ 850°C
3. เวลาในการอบสแตนไนต์ที่ 10 นาที, 20 นาที และ 40 นาที
2. สารชุบ คือ น้ำ



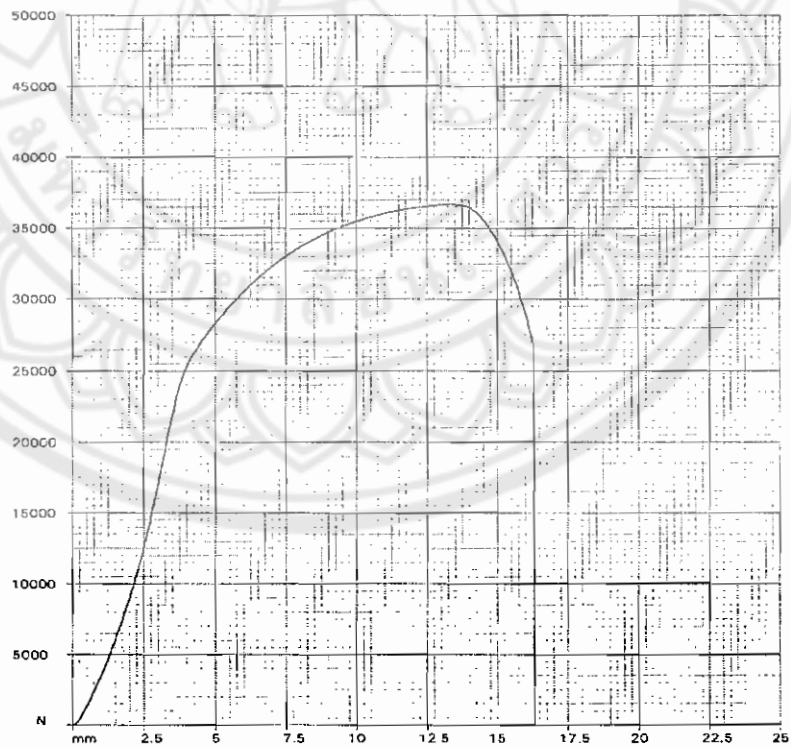
รูปที่ 4.17 กราฟทดสอบแรงดึงที่ยังไม่ผ่านกระบวนการอบสแตนไนต์



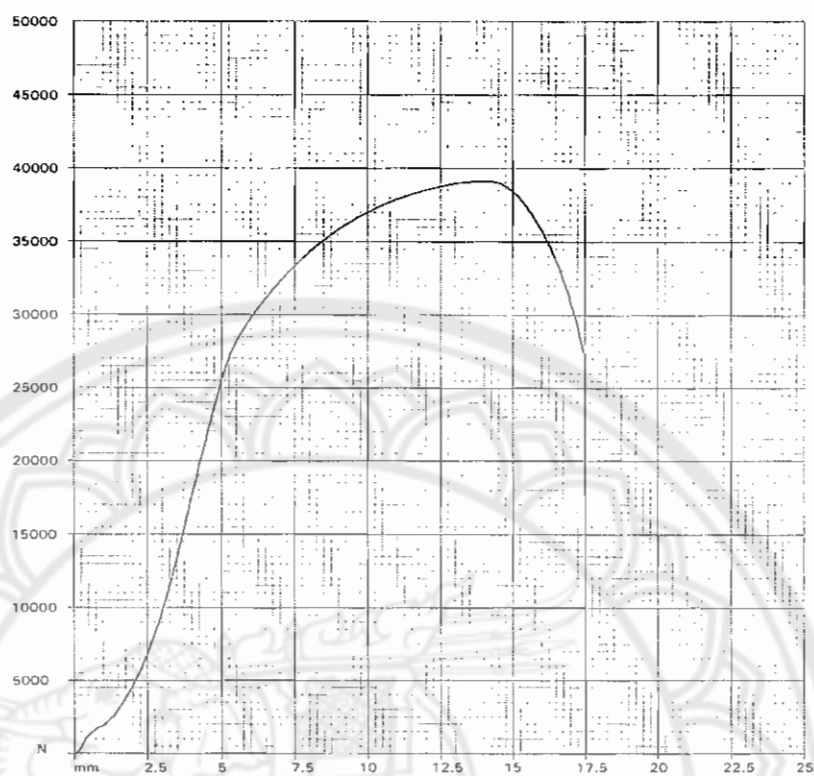
รูปที่ 4.18 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิอบสแตนไนต์ที่ 750°C ที่เวลา 10 นาที



รูปที่ 4.19 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่ง 750 °C ที่เวลา 20 นาที



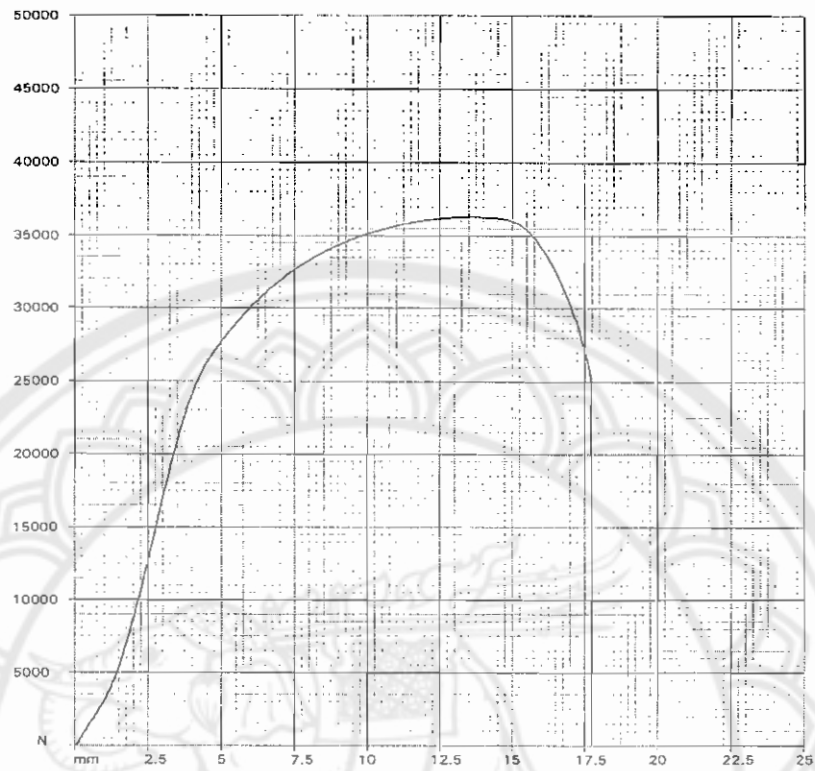
รูปที่ 4.20 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่ง 750 °C ที่เวลา 40 นาที



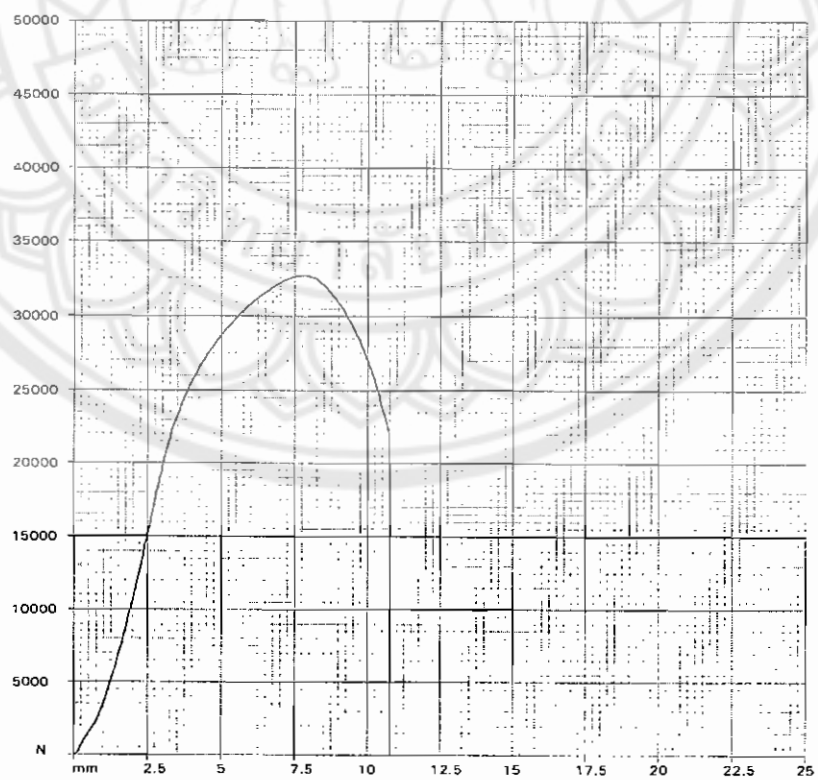
รูปที่ 4.21 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเทนไนต์ซึ่ง 800 °C ที่เวลา 10 นาที



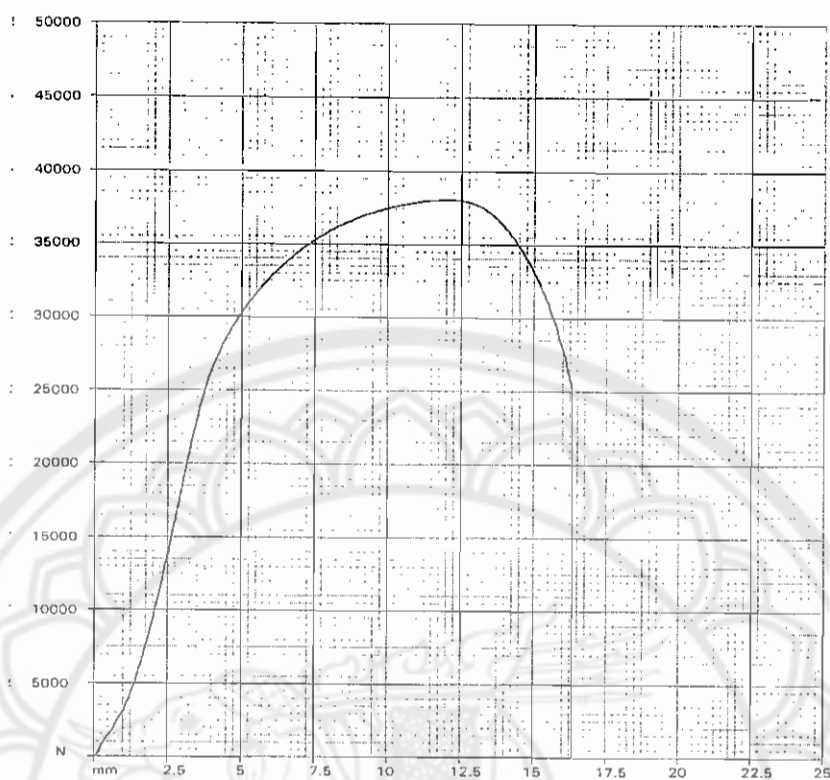
รูปที่ 4.22 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเทนไนต์ซึ่ง 800 °C ที่เวลา 20 นาที



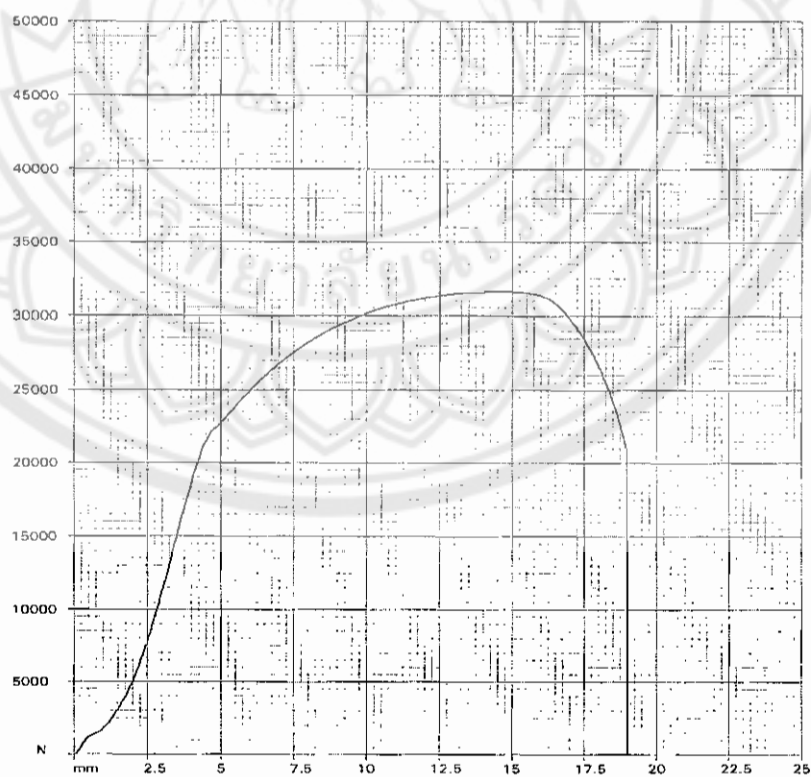
รูปที่ 4.23 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่ง 800 °C ที่เวลา 40 นาที



รูปที่ 4.24 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่ง 850 °C ที่เวลา 10 นาที



รูปที่ 4.25 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่ง 850 °C ที่เวลา 20 นาที

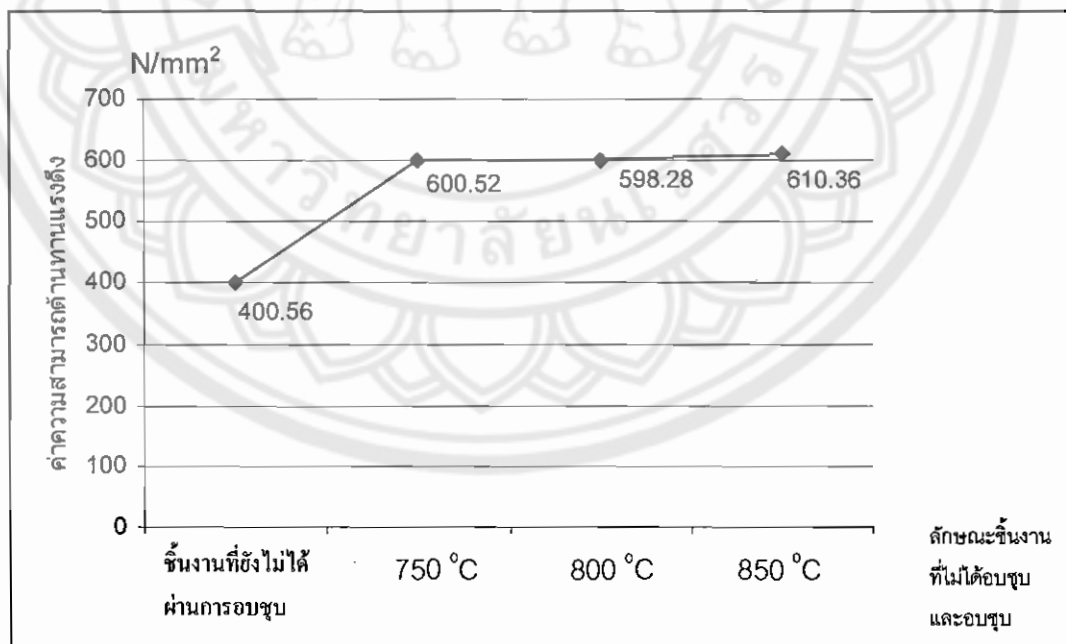


รูปที่ 4.26 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่ง 850 °C ที่เวลา 40 นาที

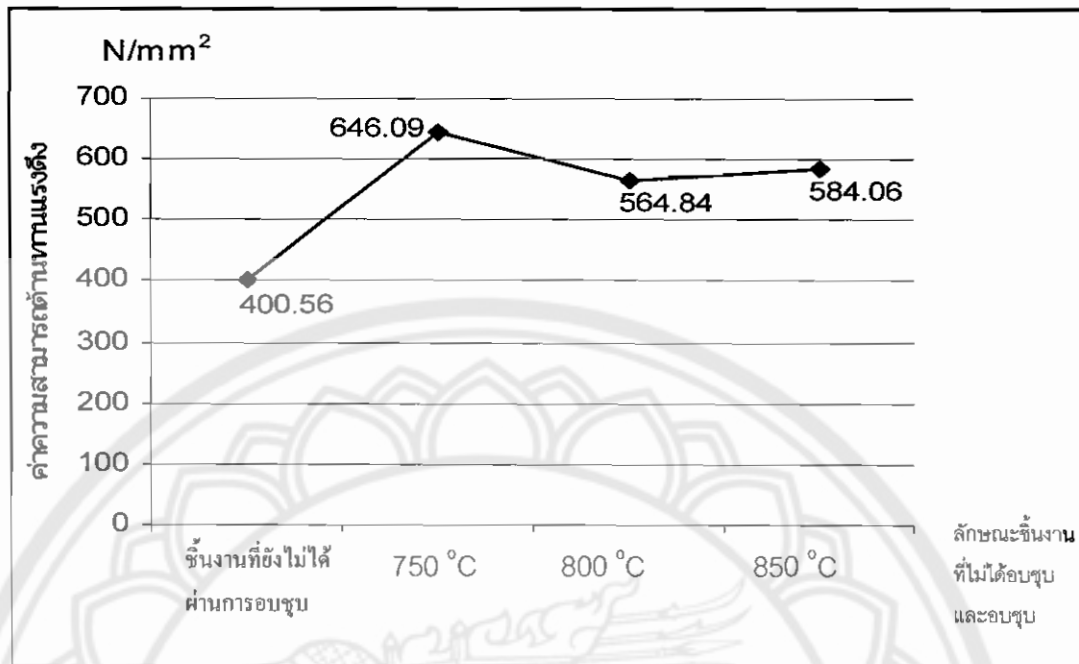
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความสามารถต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของเหล็ก AISI 1010 ตามอุณหภูมิการอบชุบและสารชุบ

Temperature(องศาเซลเซียส) เวลาในการ อบชุบในเตา(นาที)	ค่าเฉลี่ยความสามารถต้านทานแรงดึง(N/ mm ²)		
	750 °C	800 °C	850 °C
ชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการอบชุบ ในเตา	400.56		
10	600.52	598.28	610.36
20	646.09	564.84	584.06
40	584.84	586.22	507.46

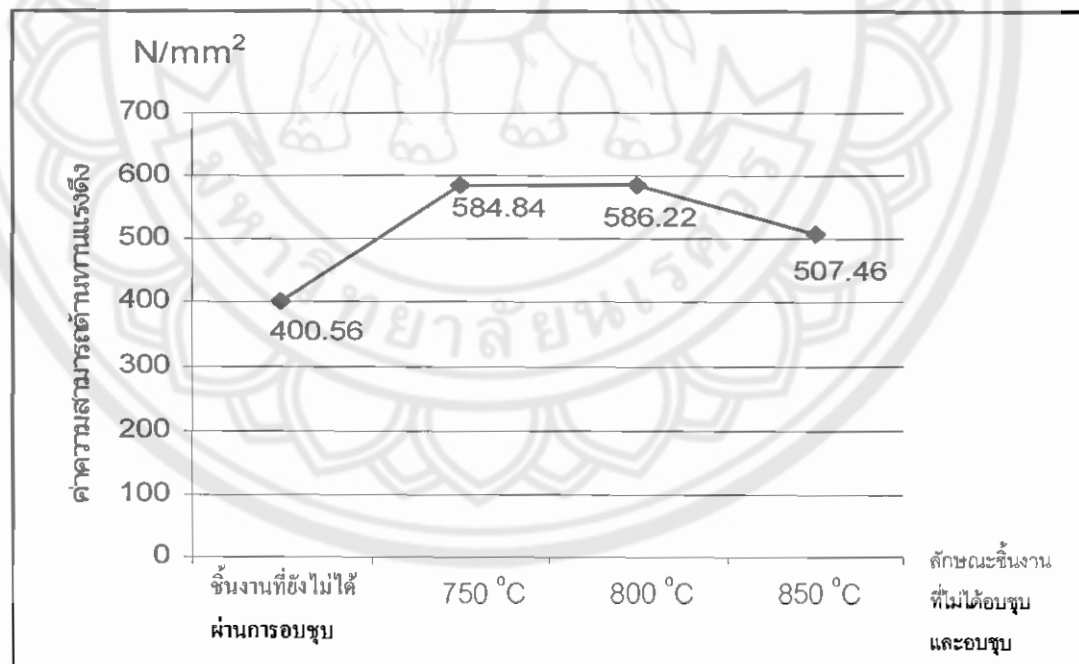
เมื่อนำค่าความสามารถในการต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานมาพล็อตกราฟระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงและอุณหภูมิเมื่อเวลาคงที่จะได้ดังรูปที่ 4.27, 4.28 และ 4.29



รูปที่ 4.27 ค่าความสามารถต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750, 800, 850 °C เป็นเวลา 10 นาที

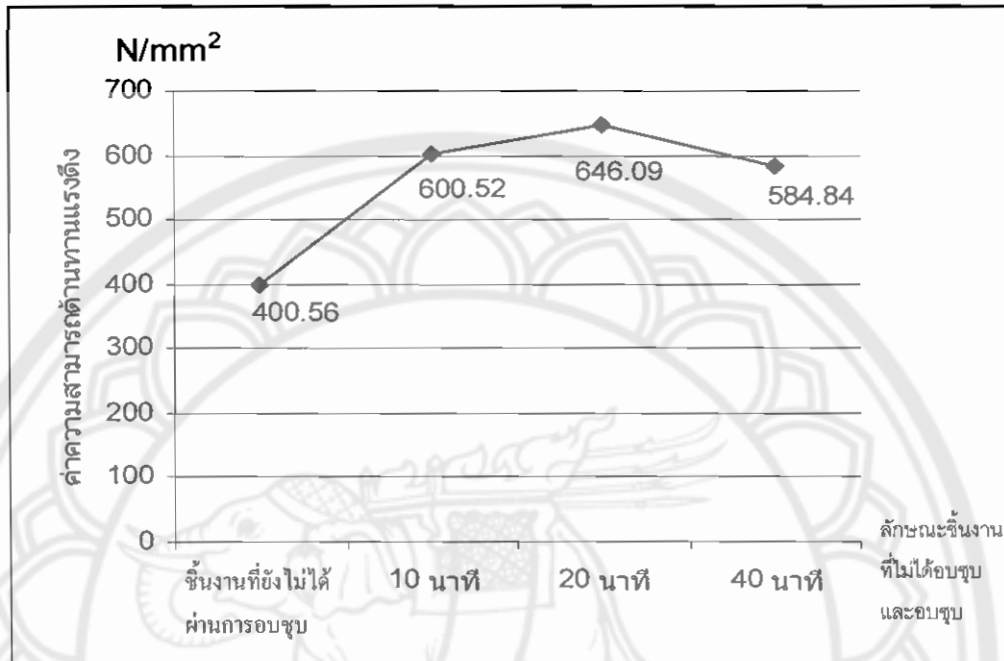


รูปที่ 4.28 ค่าความสามารถด้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750,800,850 °C เป็นเวลา 20 นาที

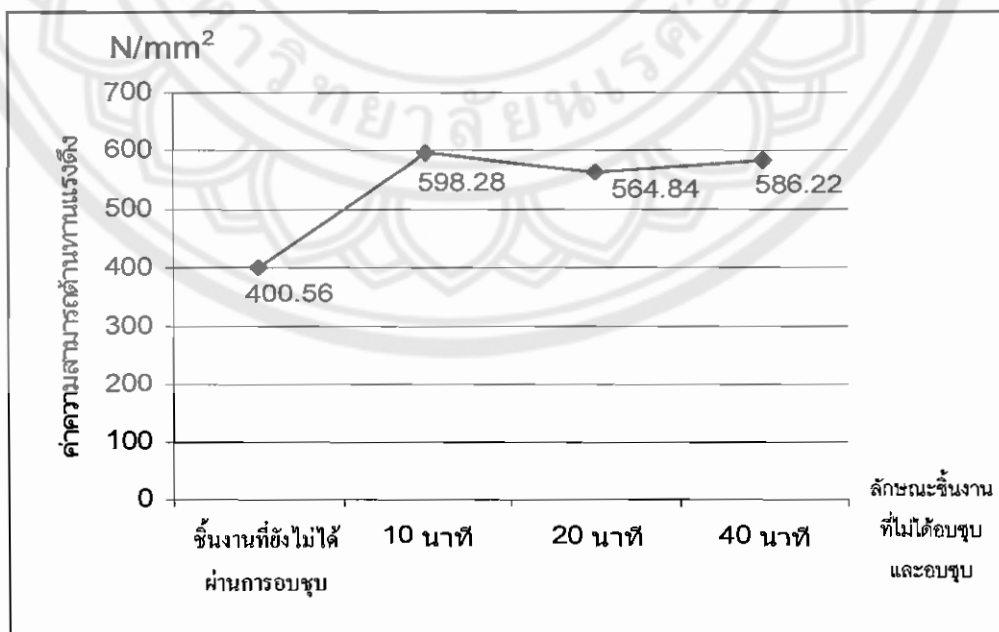


รูปที่ 4.29 ค่าความสามารถด้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750,800,850 °C เป็นเวลา 40 นาที

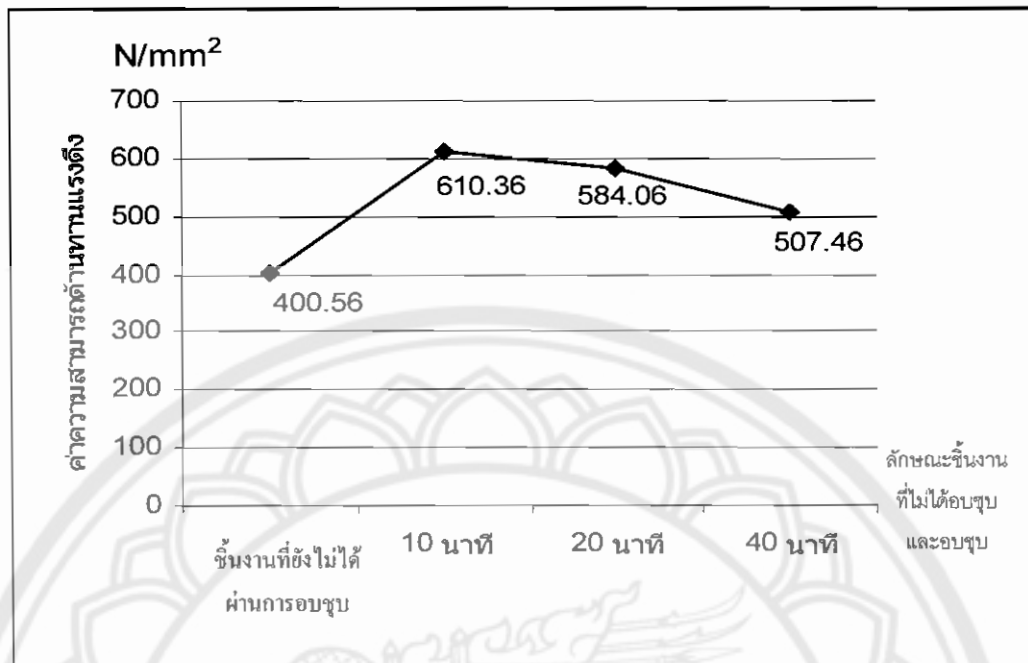
เมื่อนำค่าความสามารถในการต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานมาพล็อตกราฟระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงและอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิคงที่จะได้ดังรูปที่ 4.30, 4.31 และ 4.32



รูปที่ 4.30 ค่าความสามารถต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750 °C เวลา 10, 20 และ 40



รูปที่ 4.31 ค่าความสามารถต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750 °C เวลา 10, 20 และ 40 นาที

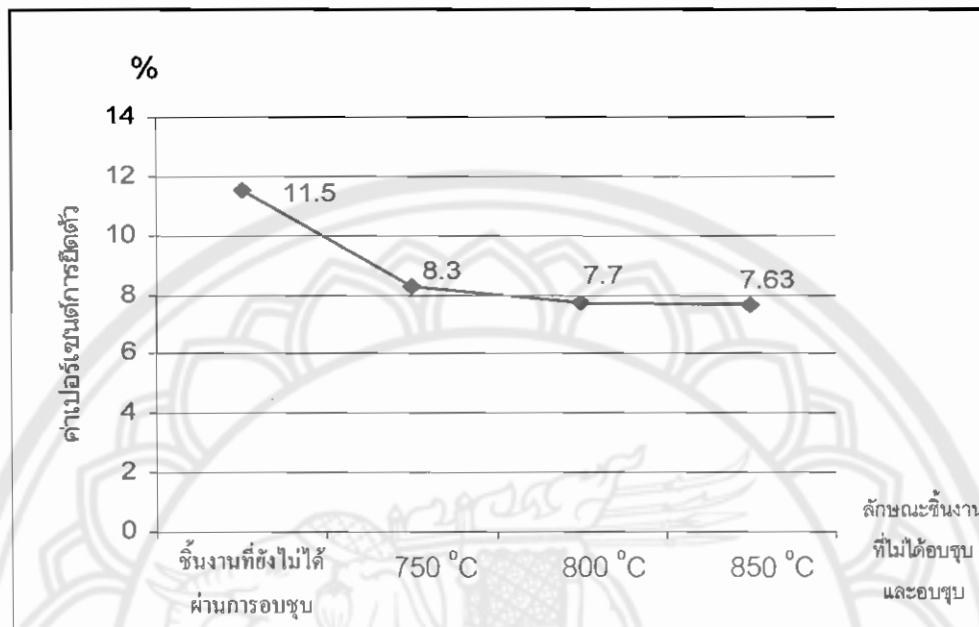


รูปที่ 4.32 ค่าความสามารถต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750 °C เวลา 10, 20 และ 40 นาที

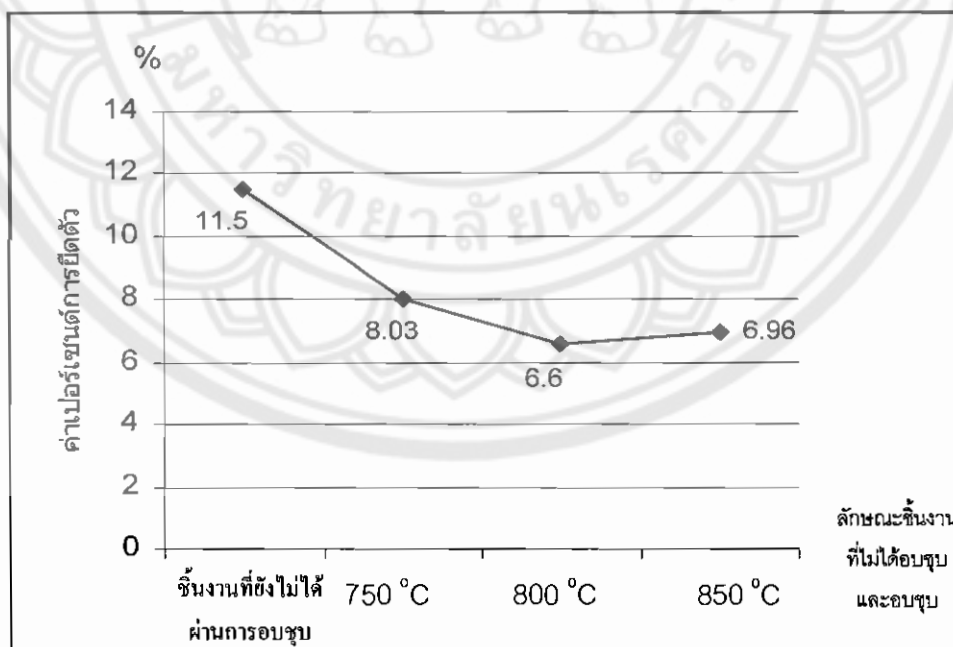
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวเฉลี่ย (%Elongation) AISI 1010 ตามอุณหภูมิการอบชุบและสารชุบ

Temperature(องศาเซลเซียส) เวลาในการ อบชุบ(นาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวเฉลี่ย (%)		
	750 °C	800 °C	850 °C
ชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการอบชุบ	11.5		
10	8.30	7.70	7.63
20	8.03	6.60	6.96
40	7.80	7.66	9.8

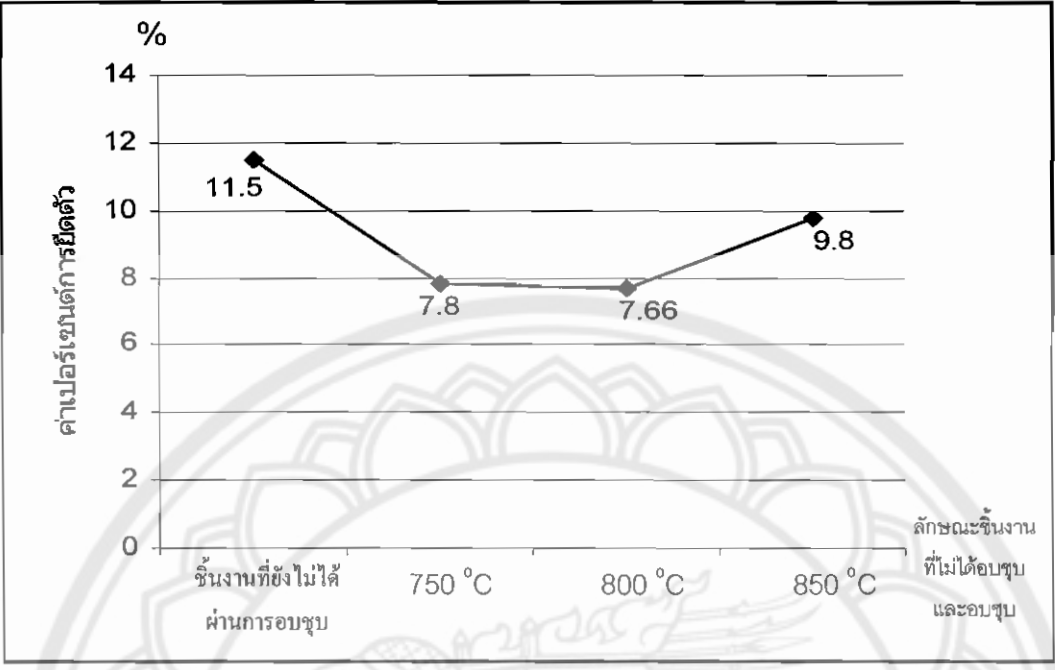
เมื่อนำค่าความสามารถในการทดสอบแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานมาพล็อตกราฟระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวและอุณหภูมิเมื่อเวลาคงที่จะได้ดังรูปที่ 4.33, 4.34 และ 4.35



รูปที่ 4.33 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750, 800, 850 °C เป็นเวลา 10 นาที

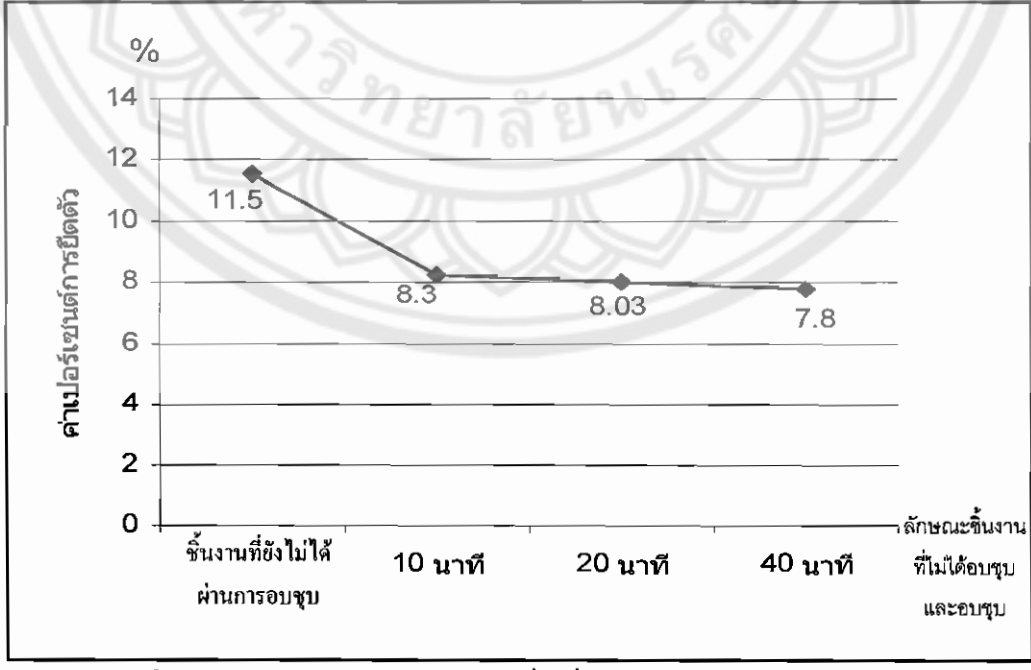


รูปที่ 4.34 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750, 800, 850 °C เป็นเวลา 20 นาที

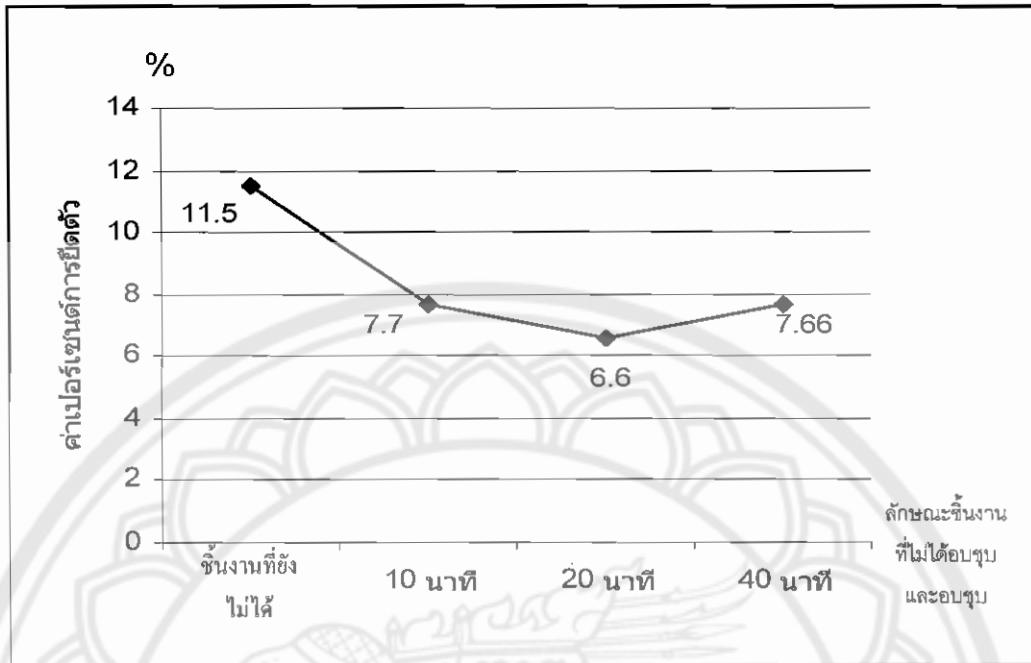


รูปที่ 4.35 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบ ที่อุณหภูมิ 750, 800, 850 °C เป็นเวลา 40 นาที

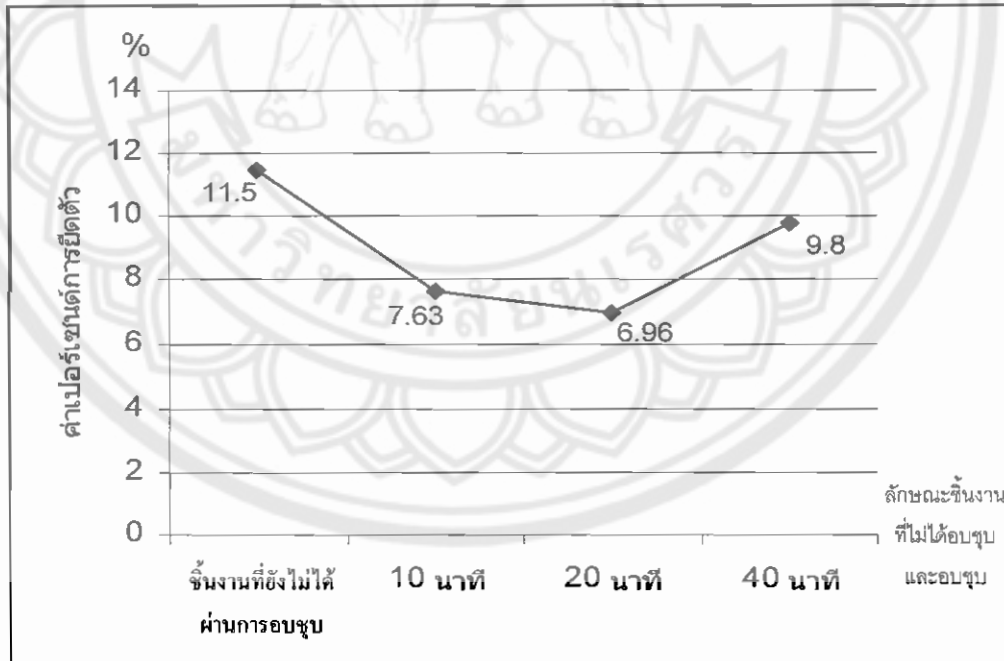
เมื่อนำค่าความสามารถในการทดสอบแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานมาพล็อตกราฟระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวและอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิคงที่จะได้ดังรูปที่ 4.36, 4.37 และ 4.38



รูปที่ 4.36 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวเฉลี่ย ที่อุณหภูมิ 750 °C เวลา 10, 20, 40 นาที



รูปที่ 4.37 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวเฉลี่ย ที่อุณหภูมิ 800 °C เวลา 10, 20, 40 นาที

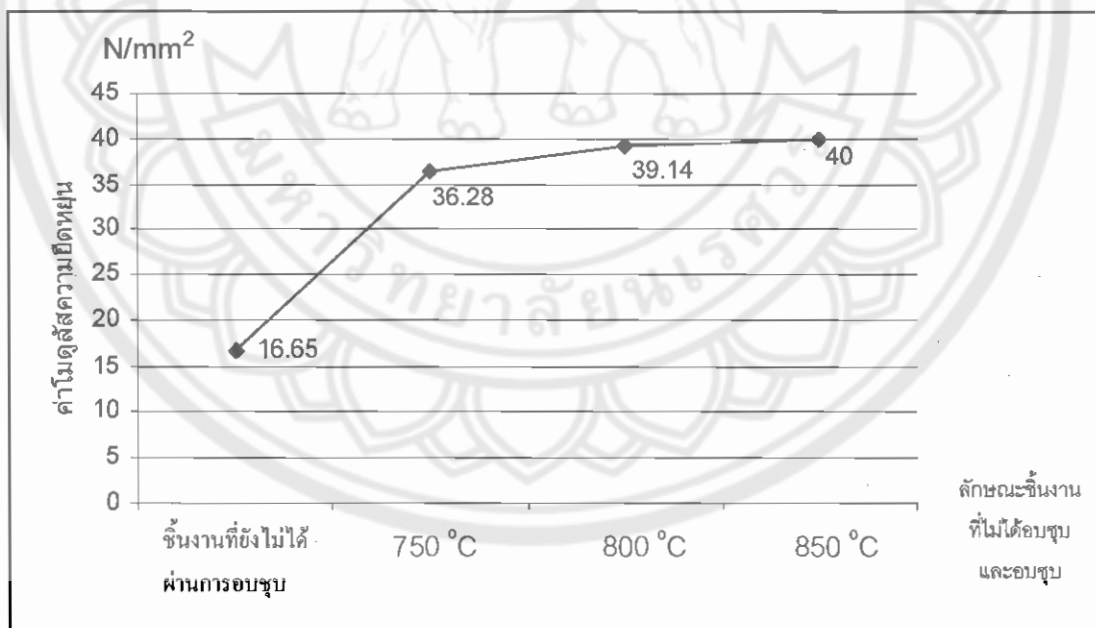


รูปที่ 4.38 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวเฉลี่ย ที่อุณหภูมิ 850 °C เวลา 10, 20, 40 นาที

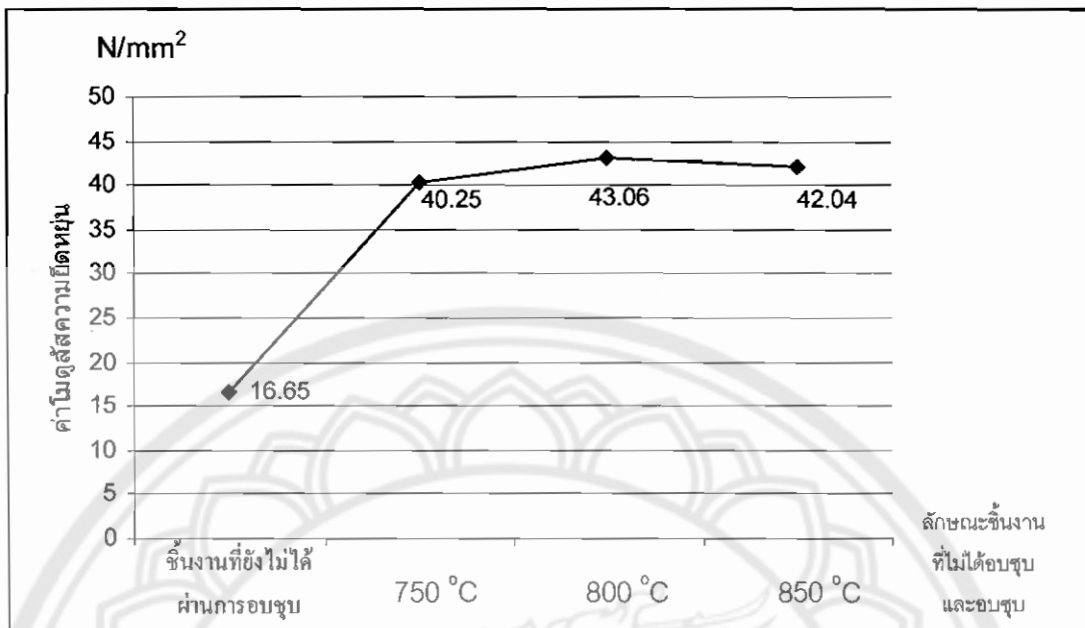
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1010 ตามอุณหภูมิการอบชุบและสารชุบ

Temperature(องศาเซลเซียส) เวลาในการ อบชุบในเตา(นาที)	ค่าเฉลี่ยโมดูลัสความยืดหยุ่น (N/mm ²)		
	750 °C	800 °C	850 °C
ชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการอบชุบ ในเตา	16.65		
10	36.28	39.14	40.00
20	40.25	43.06	42.04
40	37.64	38.54	25.84

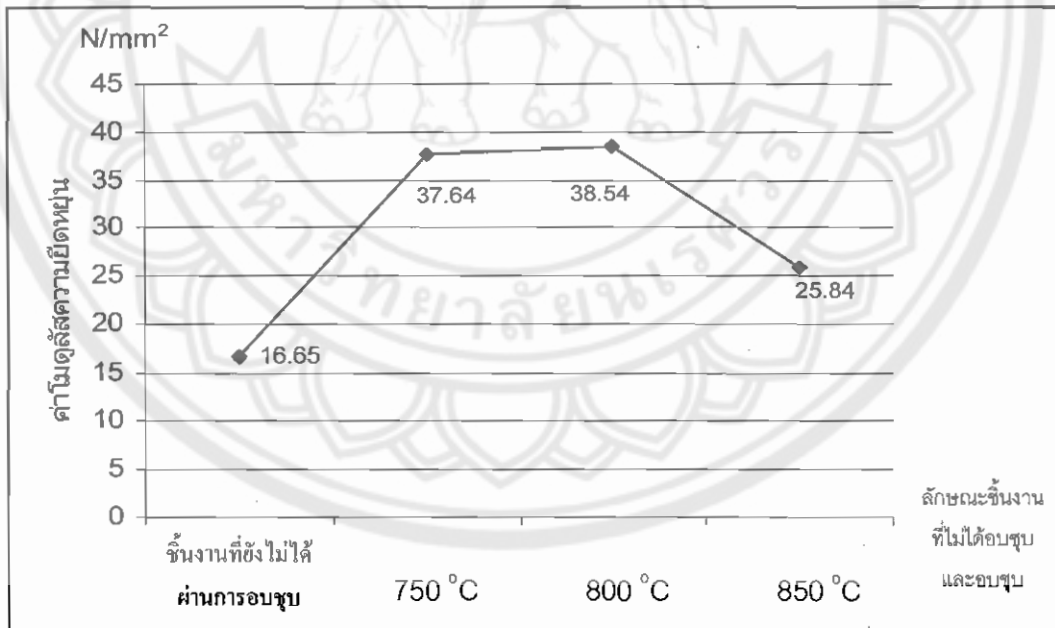
เมื่อนำค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานมาพล็อตกราฟระหว่างค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและอุณหภูมิเมื่อเวลาคงที่จะได้ดังรูปที่ 4.39, 4.40 และ 4.41



รูปที่ 4.39 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750, 800, 850 °C เป็นเวลา 10 นาที

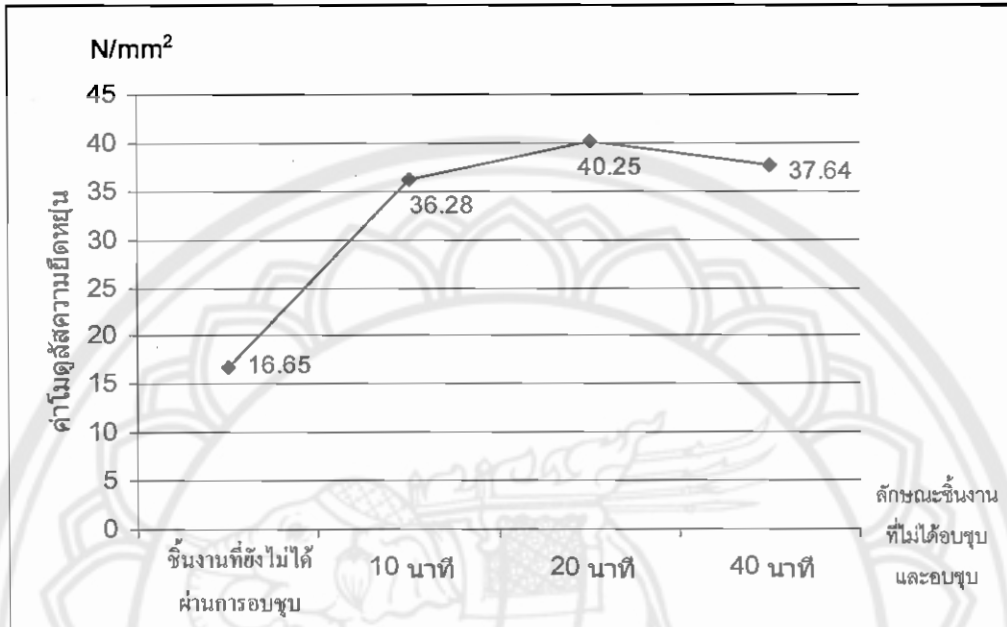


รูปที่ 4.40 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750,800,850 °C เป็นเวลา 20 นาที

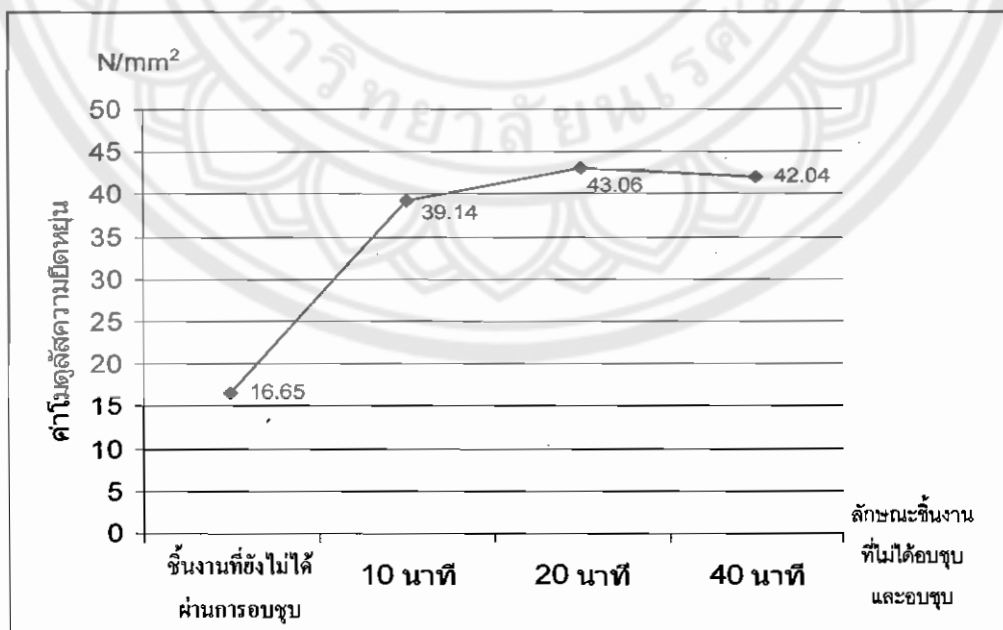


รูปที่ 4.41 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่อุณหภูมิ 750,800,850 °C เป็นเวลา 40 นาที

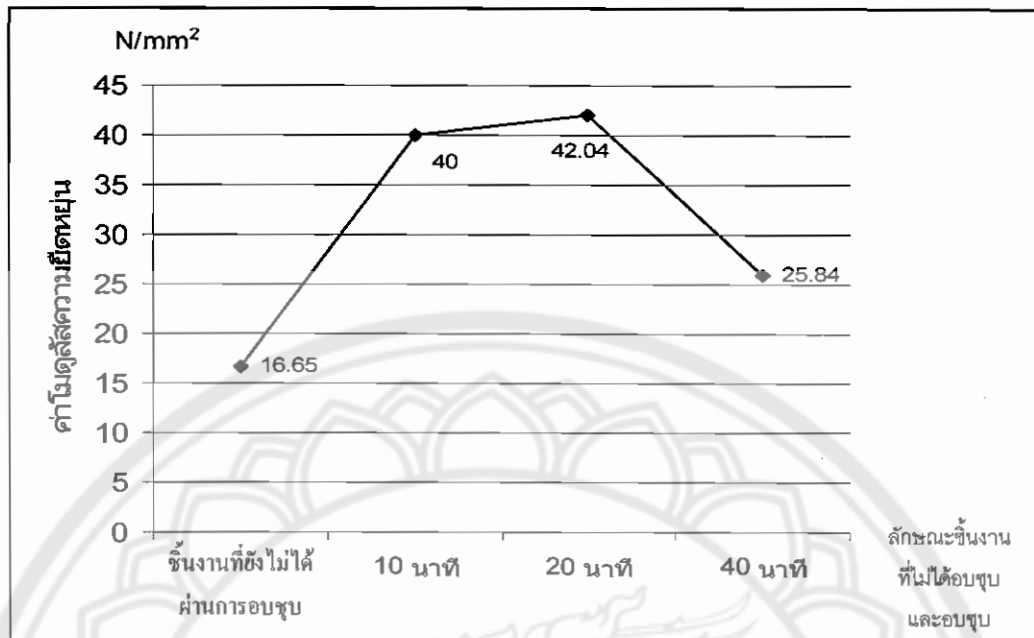
เมื่อนำค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานมาพล็อตกราฟระหว่างค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิคงที่จะได้ดังรูปที่ 4.42, 4.43 และ 4.44



รูปที่ 4.42 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่เวลา 10, 20 และ 40 นาที ใช้อุณหภูมิที่ 750 °C



รูปที่ 4.43 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่เวลา 10, 20 และ 40 นาที ใช้อุณหภูมิที่ 800 °C



รูปที่ 4.44 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบชุบและอบชุบที่เวลา 10, 20 และ 40 นาที ใช้อุณหภูมิที่ 850 °C

4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

4.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดสอบความแข็ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งของเหล็กในที่นี้คือ อุณหภูมิอบสแตนไนตริงและเวลาอบสแตนไนตริง

ตารางที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง

Dependent Variable:Scale

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9471.770 ^a	8	1183.971	13.300	.000
Intercept	922096.560	1	922096.560	1.036E4	.000
Time	5817.771	2	2908.885	32.676	.000
Temp	214.002	2	107.001	1.202	.324
Time * Temp	3439.997	4	859.999	9.661	.000
Error	1602.388	18	89.022		
Total	933170.719	27			
Corrected Total	11074.158	26			

a. R Squared = .855 (Adjusted R Squared = .791)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนวิเคราะห์ความแข็งที่มีค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95%สรุปได้ว่า

สมมติฐานคือ

1. ทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่ 1 คือ เวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการอบสแตนไนตริง ไม่มีผลกับค่าความแข็ง

H_1 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการอบสแตนไนตริง มีผลกับค่าความแข็ง

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เวลาในการอบสแตนไนตริง มี

อิทธิพลต่อความแข็งของเหล็ก ซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่อเวลาในการทำอบสแตนไนตริงเปลี่ยนไป

2. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิ

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการทดสอบไนตริ่ง ไม่มีผลกับค่าความแข็ง

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการทดสอบไนตริ่ง มีผลกับค่าความแข็ง

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .324 > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ อุณหภูมิทดสอบไนตริ่งไม่มีอิทธิพลต่อความแข็งของเหล็ก ซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิในการทำทดสอบไนตริ่งเปลี่ยนไป

3. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 3 คือ อุณหภูมิและเวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบไนตริ่ง ไม่มีผลกับค่าความแข็ง

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบไนตริ่ง มีผลกับค่าความแข็ง

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งของเหล็ก

4.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ของค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงดึง (Tensile strength) ของเหล็กในที่นี่คือ อุณหภูมิออสเตนไนต์ซึ่งและเวลาออสเตนไนต์ซึ่ง

ตารางที่ 4.7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

Dependent Variable: N

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	33536.317 ^a	8	4192.040	4.424	.004
Intercept	9302529.479	1	9302529.479	9.817E3	.000
Time	10259.639	2	5129.820	5.414	.014
Temp	8610.847	2	4305.423	4.544	.025
Time * Temp	14665.832	4	3666.458	3.869	.019
Error	17056.588	18	947.588		
Total	9353122.384	27			
Corrected Total	50592.905	26			

a. R Squared = .663 (Adjusted R Squared = .513)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนความทนต่อแรงดึงที่มีค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95%สรุปได้ว่า

สมมติฐานคือ

1. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 1 คือ เวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการออสเตนไนต์ซึ่ง ไม่มีผลกับค่าความทนต่อแรงดึง

H_1 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการออสเตนไนต์ซึ่ง มีผลกับค่าความทนต่อแรงดึง

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .014 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เวลาในการออสเตนไนต์ซึ่งมีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงดึงของเหล็ก ซึ่งทำให้ความทนต่อแรงดึงของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่อเวลาในการทำออสเตนไนต์ซึ่งเปลี่ยนไป

2. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิ

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการทดสอบไนตริง ไม่มีผลกับค่าความทนต่อแรงดึง

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการทดสอบไนตริง มีผลกับค่าความทนต่อแรงดึง

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .025 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อุณหภูมิทดสอบไนตริงมีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงดึงของเหล็ก ซึ่งทำให้ความทนต่อแรงดึงของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิในการทำทดสอบไนตริงเปลี่ยนไป

3. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 3 คือ อุณหภูมิและเวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบไนตริงไม่มีผลกับค่าความทนต่อแรงดึง

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบไนตริงมีผลกับค่าความทนต่อแรงดึง

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .019 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างเวลากับอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อค่าความทนต่อแรงดึง

4.4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation) ของเหล็กในที่นี้คือ อุณหภูมิของสแตนไนตซึ่งและเวลาของสแตนไนตซึ่ง

ตารางที่ 4.8 ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การยืดตัว(Percent Elongation)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Elongation

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19.453 ^a	8	2.432	7.121	.000
Intercept	1656.750	1	1656.750	4.852E3	.000
Time	6.749	2	3.374	9.882	.001
Tamp	3.562	2	1.781	5.216	.016
Time * Tamp	9.142	4	2.286	6.693	.002
Error	6.147	18	.341		
Total	1682.350	27			
Corrected Total	25.600	26			

a. R Squared = .760 (Adjusted R Squared = .653)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเหล็ก ที่มีค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95%สรุปได้ว่า

สมมติฐานคือ

1. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 1 คือ เวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการทดสอบไนตซึ่ง ไม่มีผลกับค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

H_1 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการทดสอบไนตซึ่ง มีผลกับค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .001 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เวลาในการทดสอบไนตซึ่งมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเหล็ก ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่อเวลาในการทำทดสอบไนตซึ่งเปลี่ยนไป

2. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิ

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการออกสแตนไนต์ซึ่ง ไม่มีผลกับค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการออกสแตนไนต์ซึ่ง มีผลกับค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .016 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อุณหภูมิออกสแตนไนต์ซึ่งมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การยึดตัวเหล็กเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิในการทำออกสแตนไนต์ซึ่งเปลี่ยนแปลงไป

3. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 3 คือ อุณหภูมิและเวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการออกสแตนไนต์ซึ่งไม่มีผลกับค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการออกสแตนไนต์ซึ่งมีผลกับค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .002 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างเวลากับอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

4.4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการคืนตัว(Modulus of elasticity)ของเหล็กในที่นี้คือ อุณหภูมิของสแตนไนตริงและ เวลาของสแตนไนตริง

ตารางที่ 4.9 ความแปรปรวนโมดูลัสความยืดหยุ่น(Modulus of elasticity)

Dependent Variable: Elasticity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	610.346 ^a	8	76.293	7.040	.000
Intercept	39166.805	1	39166.805	3.614E3	.000
Time	274.070	2	137.035	12.645	.000
Temp	82.617	2	41.308	3.812	.042
Time * Temp	253.660	4	63.415	5.852	.003
Error	195.071	18	10.837		
Total	39972.222	27			
Corrected Total	805.417	26			

a. R Squared = .758 (Adjusted R Squared = .650)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก ที่มีค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95%สรุปได้ว่า

สมมติฐานคือ

1. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 1 คือ เวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการทดสอบไนตริง ไม่มีผลกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

H_1 คือ ปัจจัยด้านเวลาในการทดสอบไนตริง มีผลกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .000 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เวลาในการทดสอบไนตริงมีอิทธิพลต่อ โมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก

2. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิ

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการทดสอบไนตริง ไม่มีผลกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการทดสอบไนตริง มีผลกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .042 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ อุณหภูมิทดสอบไนตริงมีอิทธิพลต่อ

โมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก

3. ทดสอบอิทธิของปัจจัยที่ 3 คือ อุณหภูมิและเวลา

H_0 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบไนตริงไม่มีผลกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

H_1 คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบไนตริงมีผลกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ค่า Sig. > 0.05 จะยอมรับ H_0

ค่า Sig. < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

เนื่องจากค่า Sig. = .003 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างเวลา กับ อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อ โมดูลัสความยืดหยุ่น

4.5 การวิเคราะห์การถดถอย

4.5.1 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความแข็ง

ตารางที่ 4.10 Model Summary ของค่าความแข็ง

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.792 ^a	.627	.538	14.02696

a. Predictors: (Constant), X22, X12, X1X2, X1, X2

ตารางที่ 4.11 ความแปรปรวนของค่าความแข็ง

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6942.291	5	1388.458	7.057	.001 ^a
	Residual	4131.867	21	196.756		
	Total	11074.158	26			

a. Predictors: (Constant), X22, X12, X1X2, X1, X2

b. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความแข็ง

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1248.947	1466.545		.852	.404
	X1	13.771	4.504	8.481	3.058	.006
	X2	-3.052	3.668	-6.152	-.832	.415
	X1X2	-.011	.005	-5.652	-2.151	.043
	X12	-.107	.029	-3.431	-3.677	.001
	X22	.002	.002	6.756	.914	.371

a. Dependent Variable: Y

จากการคำนวณค่าถดถอยของตัวแปร เวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความแข็งสามารถสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95%

เมื่อทำการคำนวณด้วยจะได้สมการถดถอยดังนี้

$$Y = 1248.947 + 13.771(X_1) - 3.052(X_2) - 0.011(X_1X_2) - 0.107(X_1^2) + 0.002(X_2^2)$$

โดยที่ Y = ค่าความแข็ง (HB)

X₁ = เวลา (นาที)

X₂ = อุณหภูมิ (°C)

จากสมการสามารถนำไปใช้งานได้โดยการแทนค่าของตัวแปร X₁ และ X₂ แล้วจะได้ค่า Y โดยที่สามารถทราบค่าของความแข็งของเหล็กที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

สรุปได้ว่า ค่า R = 0.792 ทราบได้ถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวอยู่ในระดับค่อนข้างสูงแปรว่าตัวพยากรณ์ที่อยู่ในสมการพยากรณ์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้

4.5.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึง

ตารางที่ 4.13 Model Summary ของค่าความทนต่อแรงดึง

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.683 ^a	.467	.340	35.83765

a. Predictors: (Constant), X₂₂, X₁₂, X_{1X2}, X₁, X₂

ตารางที่ 4.14 ความแปรปรวนของค่าความทนต่อแรงดึง

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	23621.832	5	4724.366	3.678	.015 ^a
	Residual	26971.073	21	1284.337		
	Total	50592.905	26			

a. Predictors: (Constant), X₂₂, X₁₂, X_{1X2}, X₁, X₂

b. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.15 ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความทนต่อแรงดึง

		Coefficients ^a				
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1937.292	3746.894		.517	.611
	X1	21.838	11.507	6.292	1.898	.072
	X2	-3.534	9.370	-3.333	-.377	.710
	X1X2	-.026	.014	-6.040	-1.923	.068
	X1 ²	-.049	.074	-.732	-.657	.519
	X2 ²	.002	.006	3.499	.396	.696

a. Dependent Variable: Y

จากการคำนวณค่าถดถอยของตัวแปร เวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความทนต่อแรงดึง สามารถสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95%

เมื่อทำการคำนวณด้วยจะได้สมการถดถอยดังนี้

$$Y = 1937.292 + 21.838(X1) - 3.534(X2) - 0.026(X1X2) - 0.049(X1^2) + 0.002(X2^2)$$

โดยที่ Y = ค่าความทนต่อแรงดึง (N/mm²)

X1 = เวลา (นาที)

X2 = อุณหภูมิ (°C)

จากสมการสามารถนำไปใช้งานได้โดยการแทนค่าของตัวแปร X1 และ X2 แล้วจะได้ค่า Y โดยที่สามารถทราบค่าของความแข็งของเหล็กที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

สรุปได้ว่า ค่า R = 0.683 ทราบได้ถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวอยู่ในระดับค่อนข้างสูงแปรว่าตัวพยากรณ์ที่อยู่ในสมการพยากรณ์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้

4.5.3 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

ตารางที่ 4.16 Model Summary ของค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.816 ^a	.666	.586	.63819

a. Predictors: (Constant), X22, X12, X1X2, X1, X2

ตารางที่ 4.17 ความแปรปรวนของค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	17.047	5	3.409	8.371	.000 ^a
	Residual	8.553	21	.407		
	Total	25.600	26			

a. Predictors: (Constant), X22, X12, X1X2, X1, X2

b. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.18 ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	222.770	66.724		3.339	.003
	X1	-.981	.205	-12.571	-4.789	.000
	X2	-.513	.167	-21.494	-3.072	.006
	X1X2	.001	.000	10.110	4.067	.001
	X12	.004	.001	2.859	3.239	.004
	X22	.000	.000	20.575	2.943	.008

a. Dependent Variable: Y

จากการคำนวณค่าถดถอยของตัวแปร เวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว สามารถสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95%

เมื่อทำการคำนวณด้วยจะได้สมการถดถอยดังนี้

$$Y = 222.770 - 0.981(X_1) - 0.513(X_2) - 0.001(X_1X_2) - 0.004(X_1^2) + 0.000(X_2^2)$$

โดยที่ Y = เปอร์เซ็นต์การยืดตัว

X₁ = เวลา (นาทีก)

X₂ = อุณหภูมิ (°C)

จากสมการสามารถนำไปใช้งานได้โดยการแทนค่าของตัวแปร X₁ และ X₂ แล้วจะได้ค่า Y โดยที่สามารถทราบค่าของความแข็งของเหล็กที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

สรุปได้ว่า ค่า R = 0.816 ทราบได้ถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวอยู่ในระดับค่อนข้างสูงแปรว่าตัวพยากรณ์ที่อยู่ในสมการพยากรณ์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้

4.5.4 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ตารางที่ 4.19 Model Summary ของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.835 ^a	.697	.625	3.40879

a. Predictors: (Constant), X₂₂, X₁₂, X_{1X2}, X₁, X₂

ตารางที่ 4.20 ความแปรปรวนของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	561.401	5	112.280	9.663	.000 ^a
	Residual	244.016	21	11.620		
	Total	805.417	26			

a. Predictors: (Constant), X₂₂, X₁₂, X_{1X2}, X₁, X₂

b. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.21 ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

		Coefficients ^a				
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-880.097	356.395		-2.469	.022
	X1	5.377	1.095	12.279	4.913	.000
	X2	2.176	.891	16.267	2.442	.024
	X1X2	-.005	.001	-9.937	-4.197	.000
	X12	-.024	.007	-2.847	-3.386	.003
	X22	-.001	.001	-15.484	-2.325	.030

a. Dependent Variable: Y

จากการคำนวณค่าถดถอยของตัวแปร เวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น สามารถสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95%

เมื่อทำการคำนวณด้วยจะได้สมการถดถอยดังนี้

$$Y = -880.097 + 5.377(X_1) + 2.176(X_2) - 0.005(X_1X_2) - 0.024(X_1^2) - 0.001(X_2^2)$$

โดยที่ Y = โมดูลัสความยืดหยุ่น

X1 = เวลา (นาที)

X2 = อุณหภูมิ (°C)

จากสมการสามารถนำไปใช้งานได้โดยการแทนค่าของตัวแปร X1 และ X2 แล้วจะได้ค่า Y โดยที่สามารถทราบค่าของความแข็งของเหล็กที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

สรุปได้ว่า ค่า R = 0.835 ทราบได้ถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวอยู่ในระดับค่อนข้างสูงแปรว่าตัวพยากรณ์ที่อยู่ในสมการพยากรณ์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้