

บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติเหล็ก AISI 4140 คือ การทดสอบหาค่าความแข็ง , ความทนต่อแรงกระแทก , ความทนต่อแรงดึง , โมดูลัสความยืดหยุ่น , เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น และประมาณค่าคุณสมบัติจากสมการความสัมพันธ์ได้

4.1 ผลการทดสอบความแข็ง

ผลการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 4140 จำนวนทั้งหมด 27 ชิ้นตามการอบชุบตามอุณหภูมิและสารชุบ ดังนี้

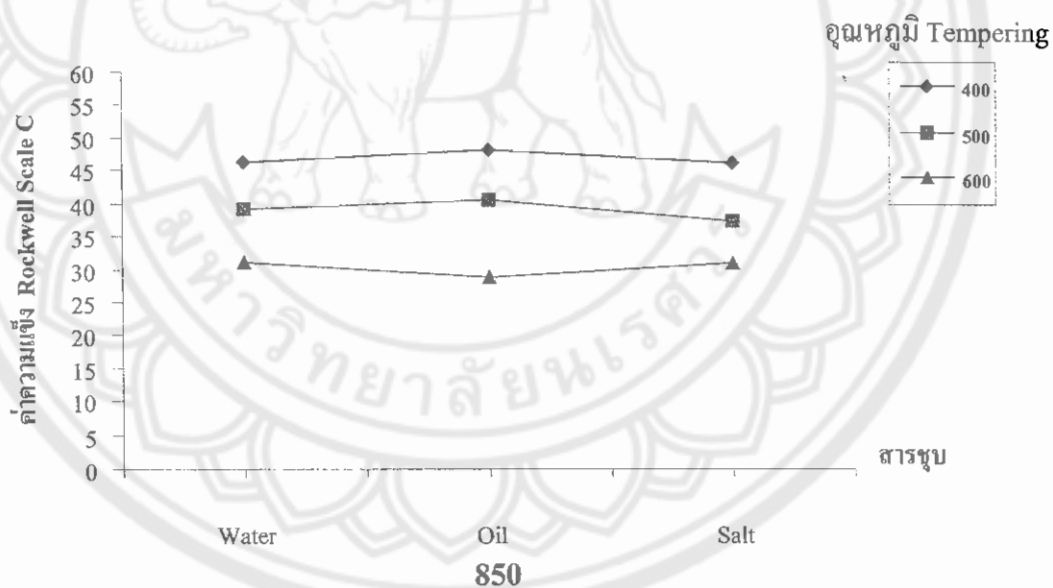
1. อุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C , 900 °C , 950 °C
2. สารชุบ น้ำ , น้ำมัน และน้ำเกลือ
3. อุณหภูมิ Tempering 400 °C , 500 °C , 600 °C

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการทดสอบความแข็งเหล็ก AISI 4140 ตามอุณหภูมิการอบชุบ และสารชุบ (หน่วย : HRC)

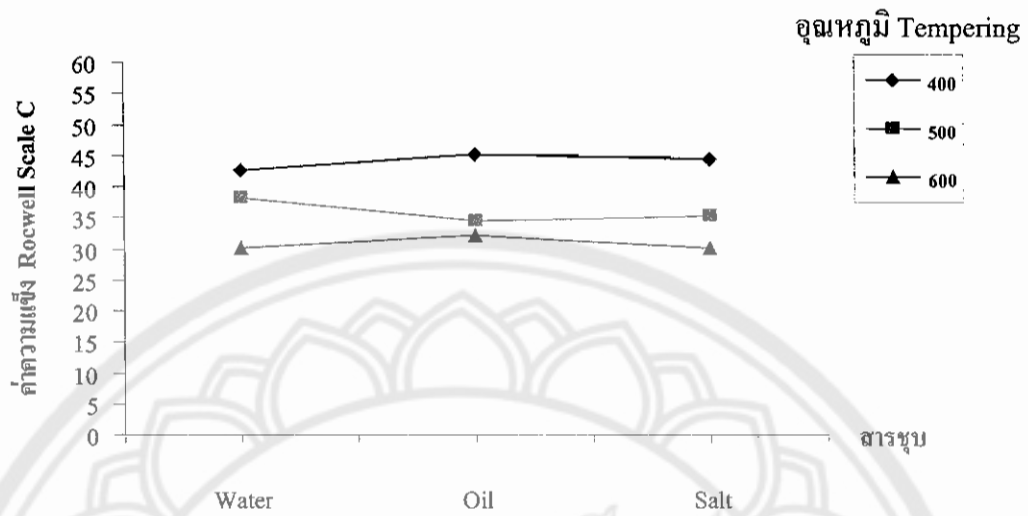
Austeniteizing Temp (°c)		850			900			950		
		Water	Oil	Salt	Water	Oil	Salt	Water	Oil	Salt
400	1	47.2	48.5	46.6	42.8	45	44.6	37	33.2	43
	2	46.5	48.8	46.5	42.3	45.8	44.2	36.5	34.8	43.1
	3	45	47.5	46	43	45	44.6	35.5	34.8	43.1
	Everage	46.23	48.27	46.37	42.7	45.27	44.46	36.33	34.27	43.06
500	1	39.5	40.5	37	37.9	36	35.5	32	32.8	33
	2	38.8	41	37.2	38	35.5	36.4	32.4	33.7	34.1
	3	39	40.5	38.2	38.6	35.2	34.2	33	32.5	34.2
	Everage	39.1	40.67	37.47	38.17	34.57	35.37	32.47	33	33.77

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงค่าการทดสอบความแข็งเหล็ก AISI 4140 ตามอุณหภูมิการอบชุบ และสารชุบ (หน่วย : HRC)

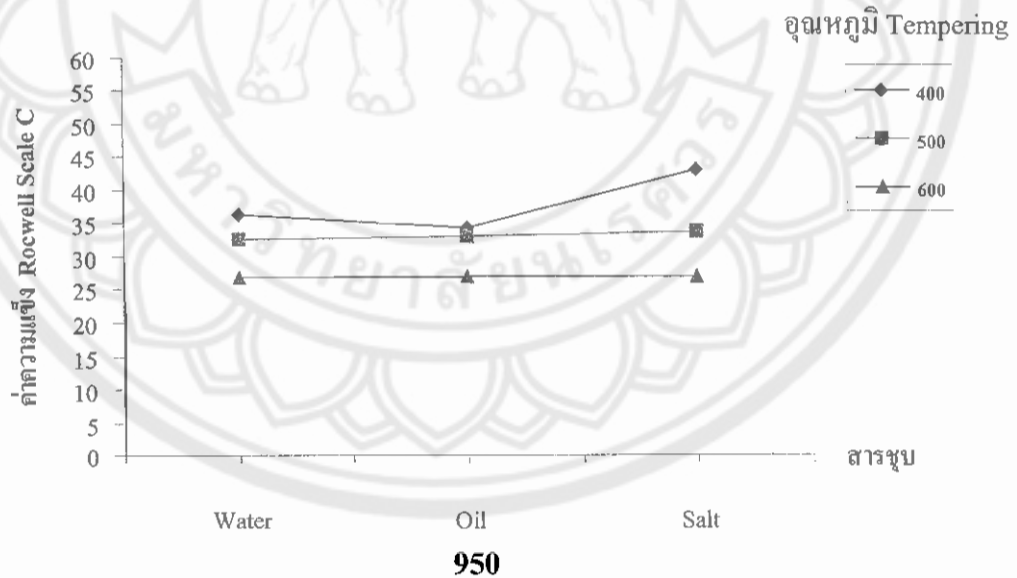
Tempering Temp. (°C)	Medium Specimen	850			900			950		
		Water	Oil	Salt	Water	Oil	Salt	Water	Oil	Salt
600	1	32	28.2	31.8	30.5	33.2	29.8	26.8	26.8	26.5
	2	31	29	32	29.5	32	29.5	27	27	27
	3	30	29.5	29.5	30.5	31.5	31	26	25.5	27.5
	Everage	31	28.9	31.1	30.17	32.23	30.1	26.6	26.87	27



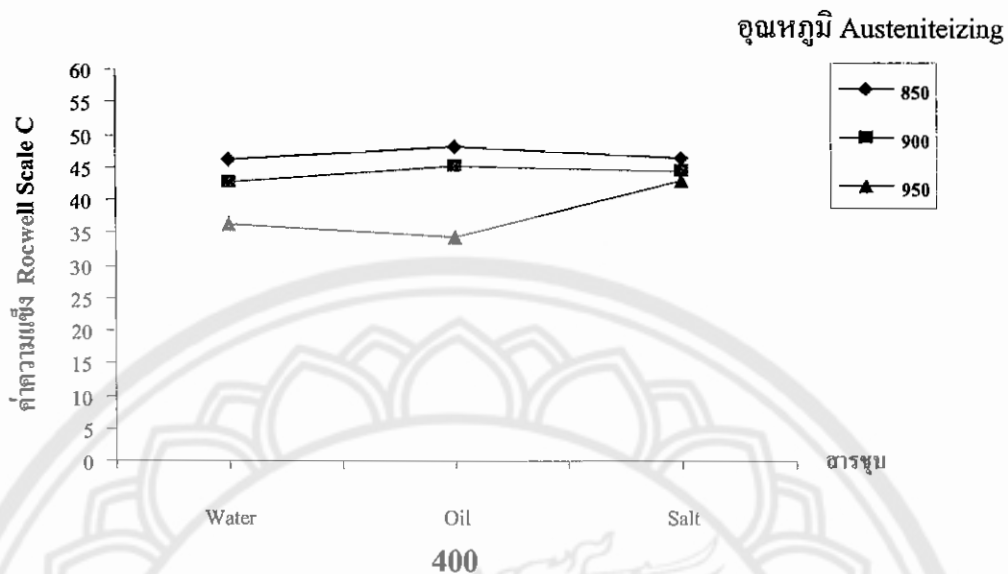
รูปที่ 4.1 กราฟทดสอบความแข็งที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C



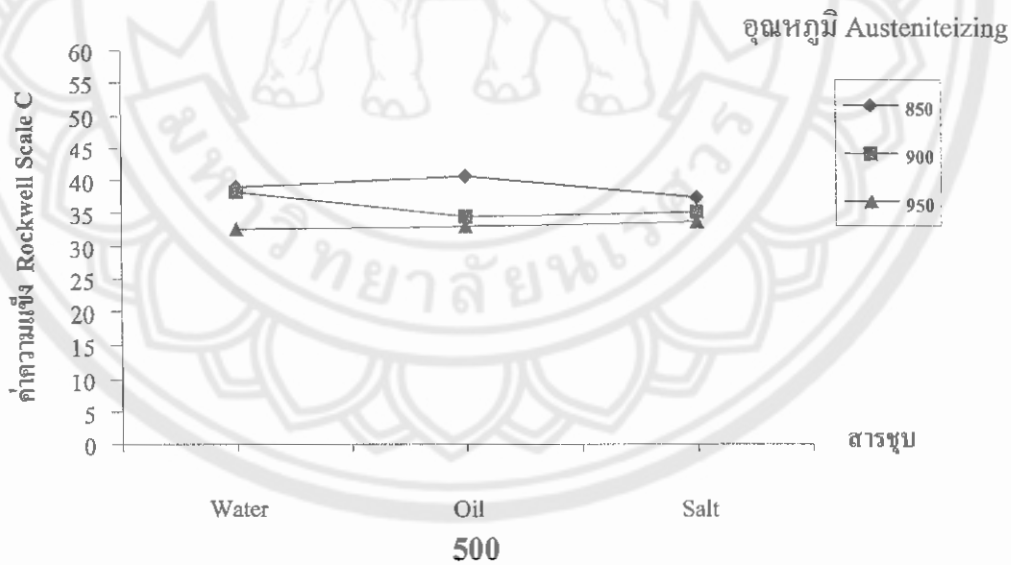
รูปที่ 4.2 กราฟทดสอบความแข็งที่อุณหภูมิ Austenitizing 900 °C



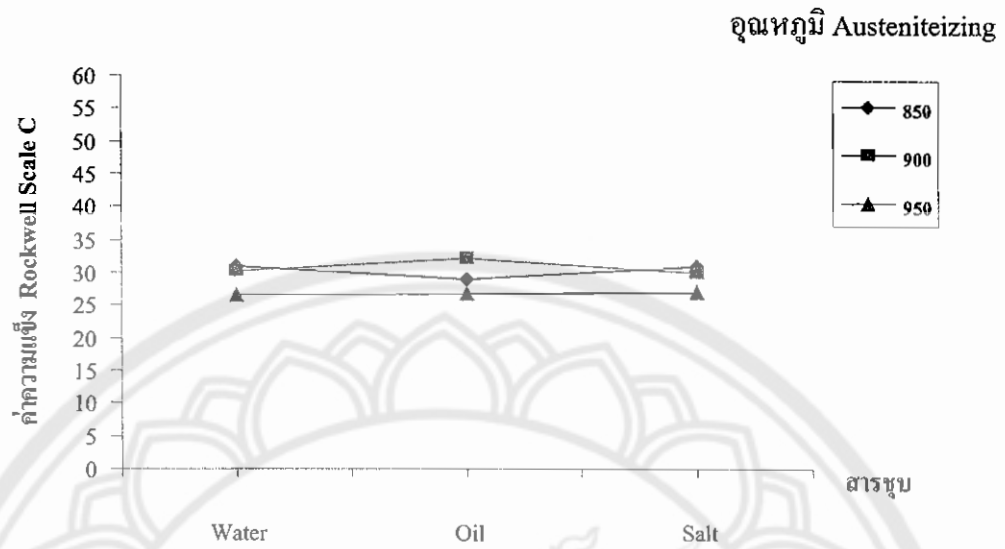
รูปที่ 4.3 กราฟทดสอบความแข็งที่อุณหภูมิ Austenitizing 950 °C



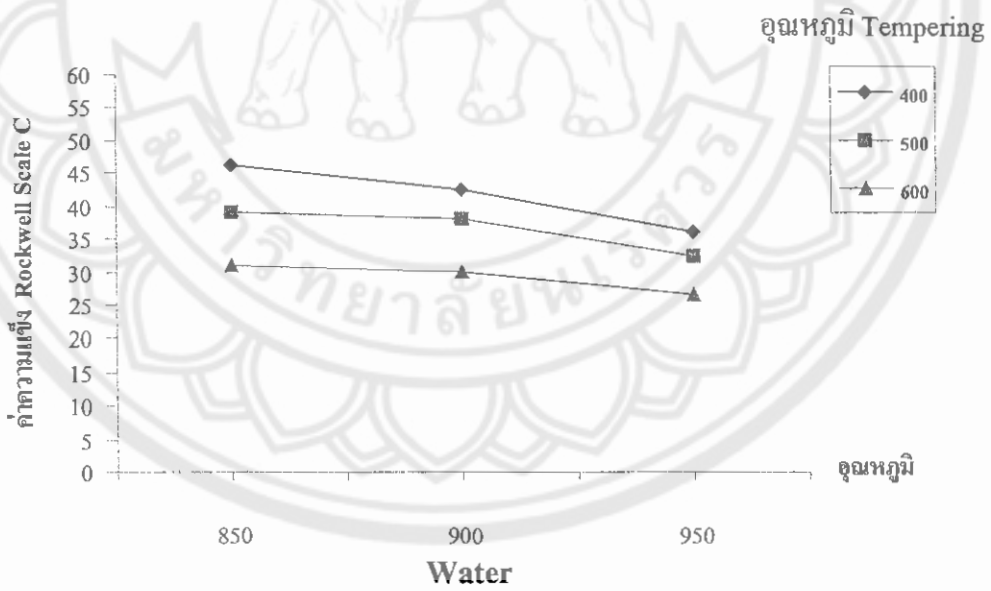
รูปที่ 4.4 กราฟทดสอบความแข็งที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C



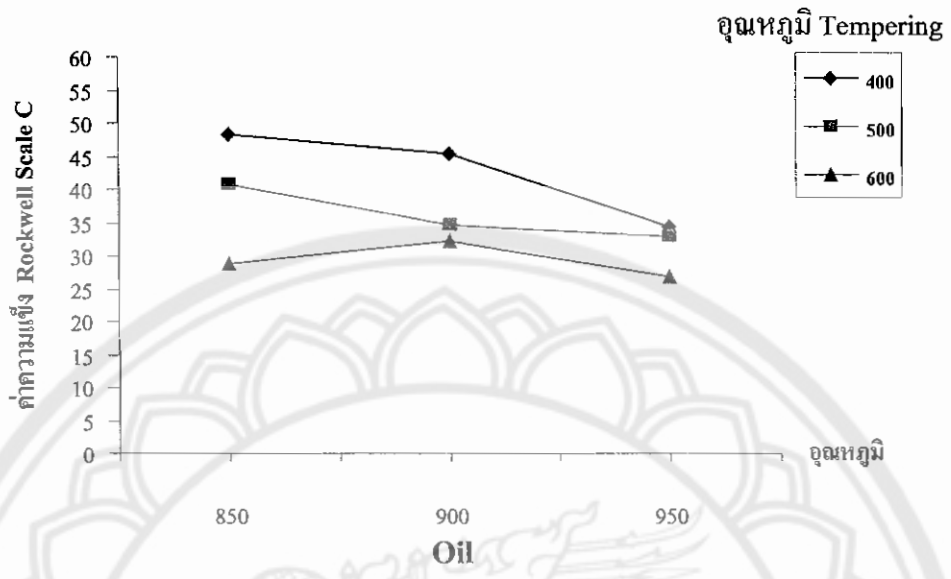
รูปที่ 4.5 กราฟทดสอบความแข็งที่อุณหภูมิ Tempering 500 °C



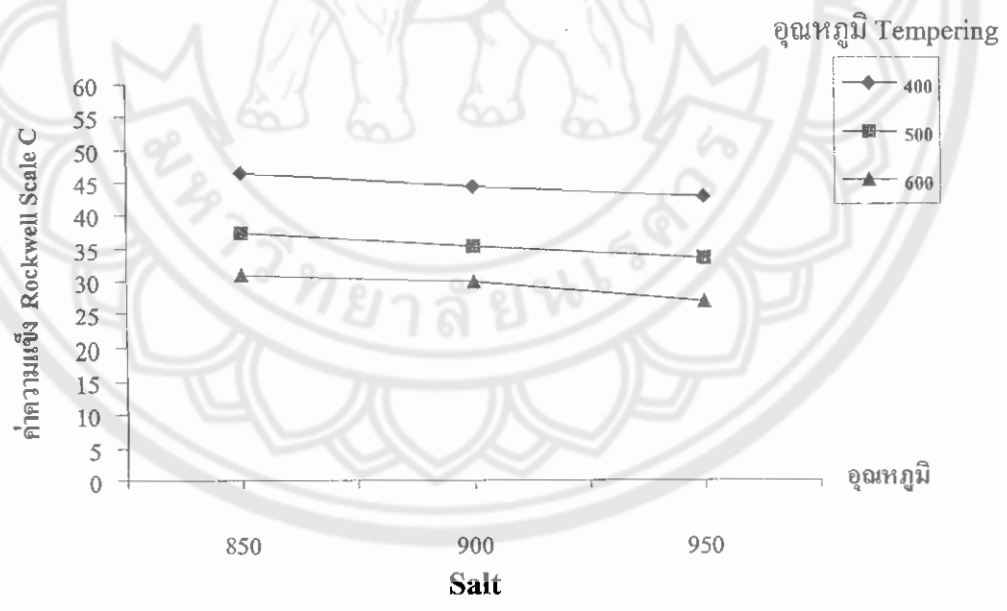
รูปที่ 4.6 กราฟทดสอบความแข็งที่อุณหภูมิ Tempering 600 °C



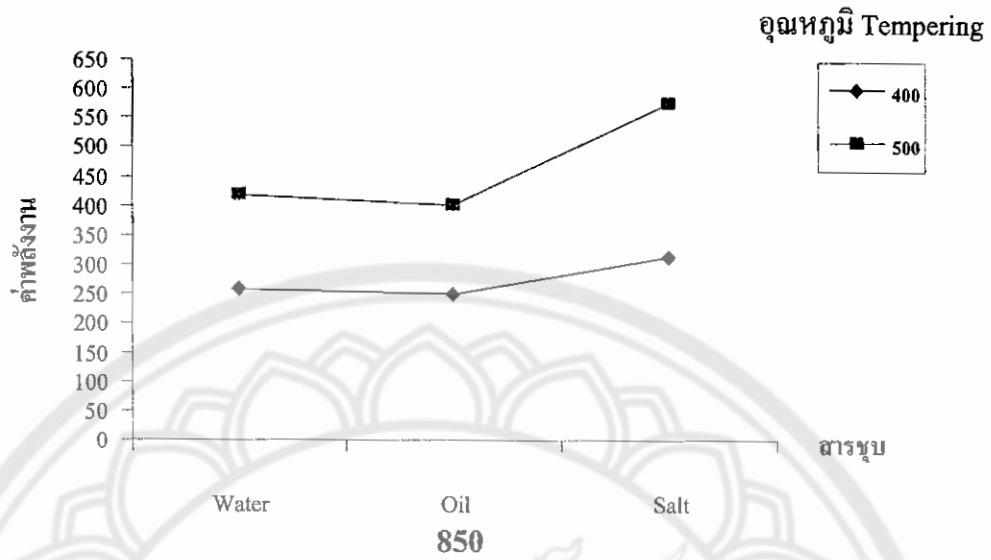
รูปที่ 4.7 กราฟทดสอบความแข็ง สารชุบ น้ำ



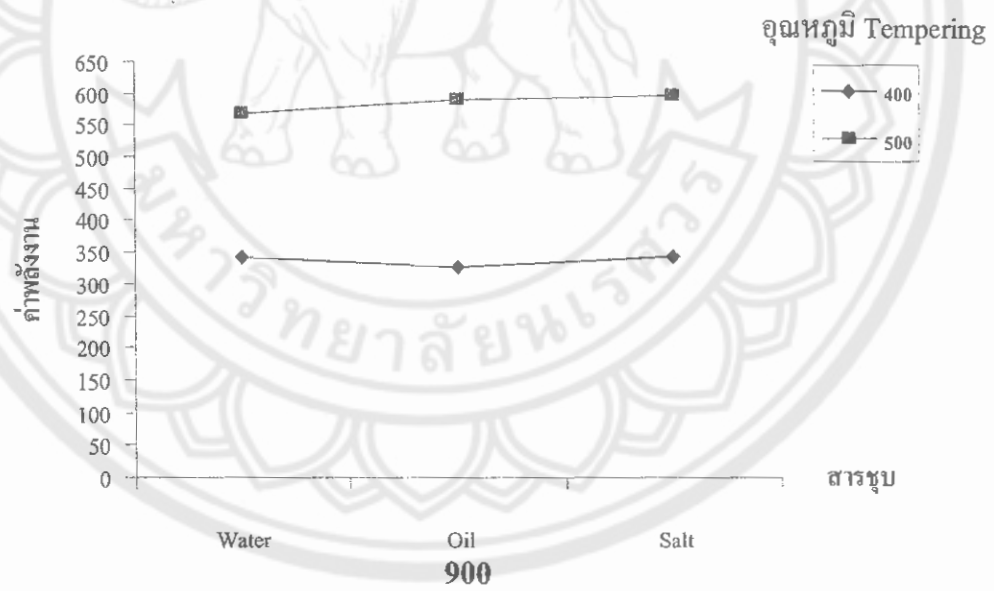
รูปที่ 4.8 กราฟทดสอบความแข็ง สารชุบ น้ำมัน



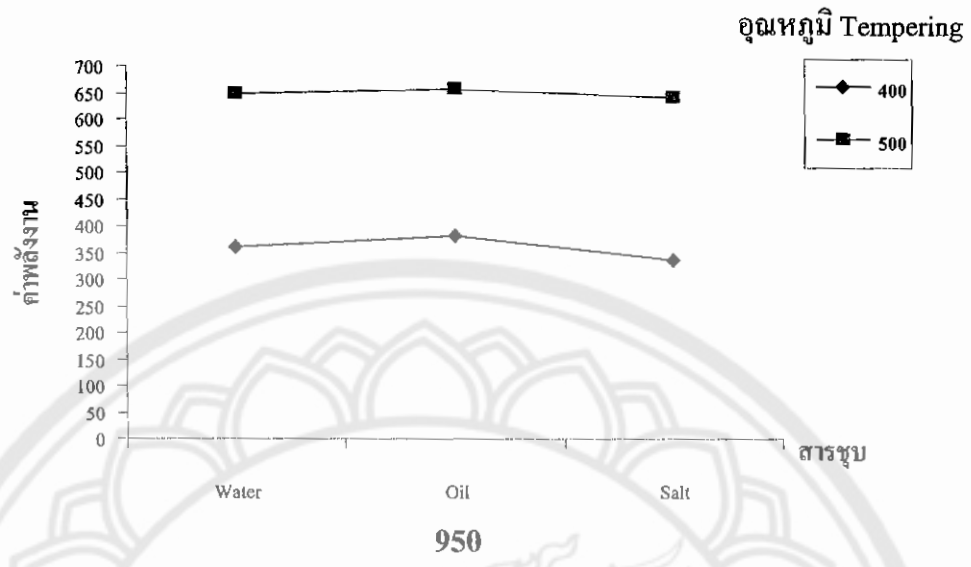
รูปที่ 4.9 กราฟทดสอบความแข็ง สารชุบ น้ำเกลือ



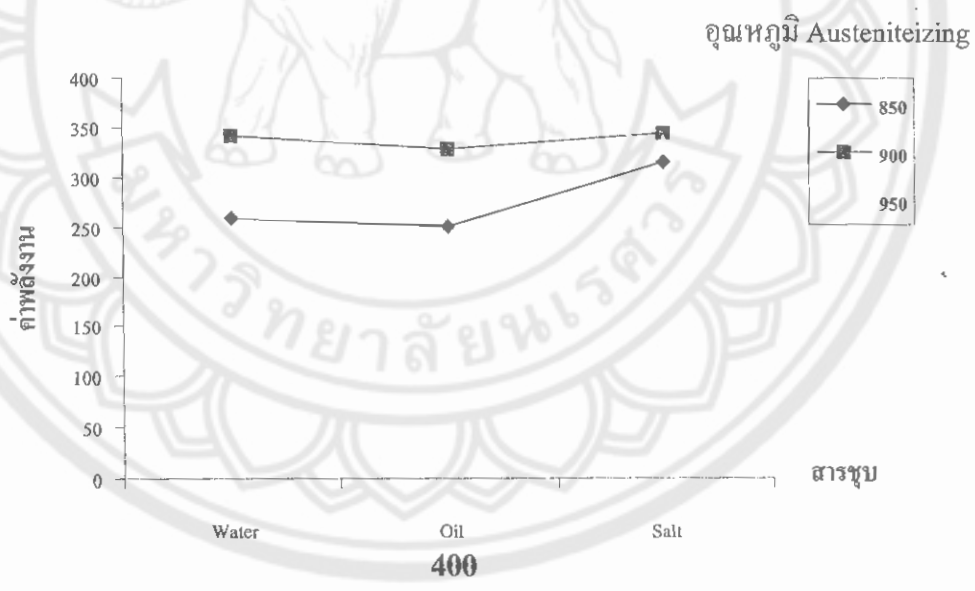
รูปที่ 4.10 กราฟทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C



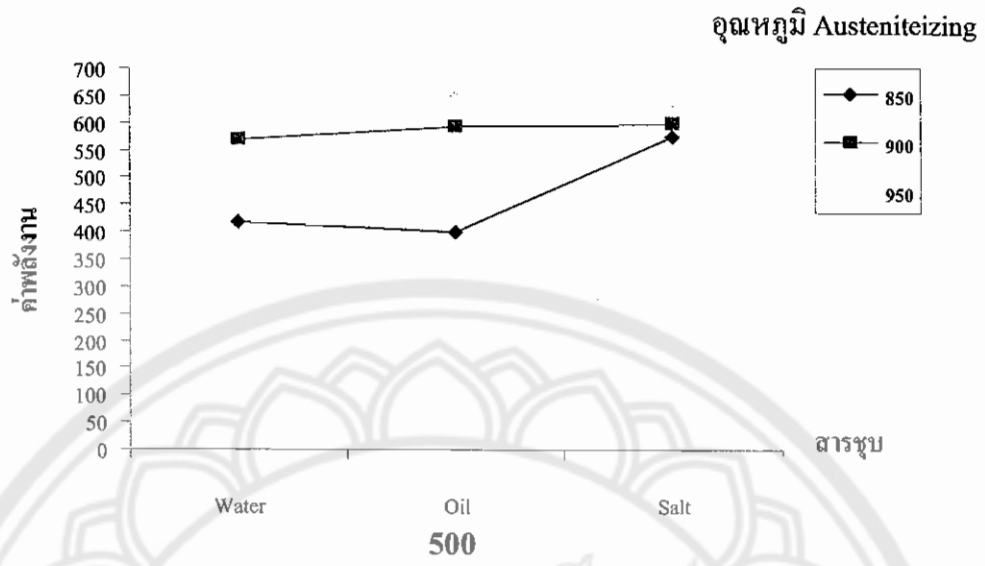
รูปที่ 4.11 กราฟทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C



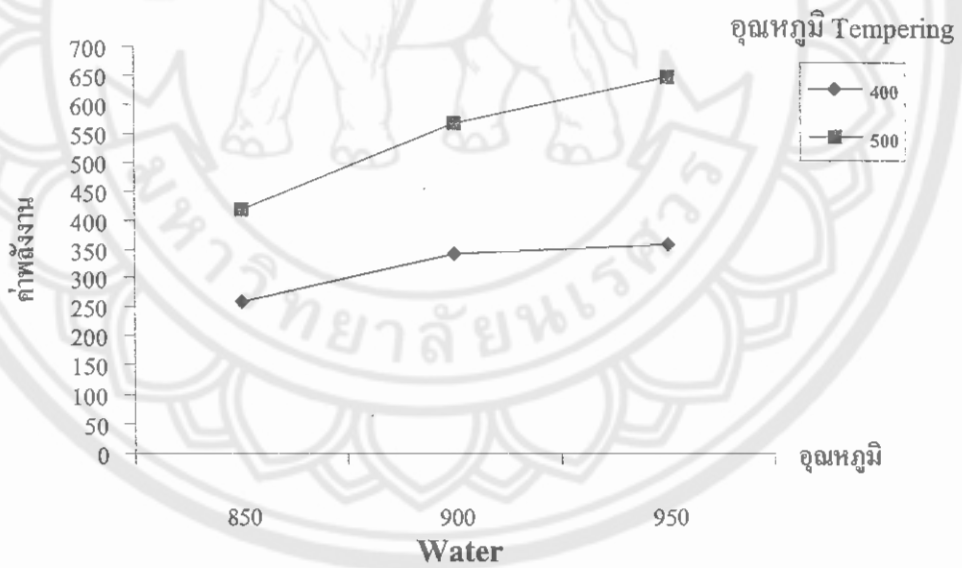
รูปที่ 4.12 กราฟทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C



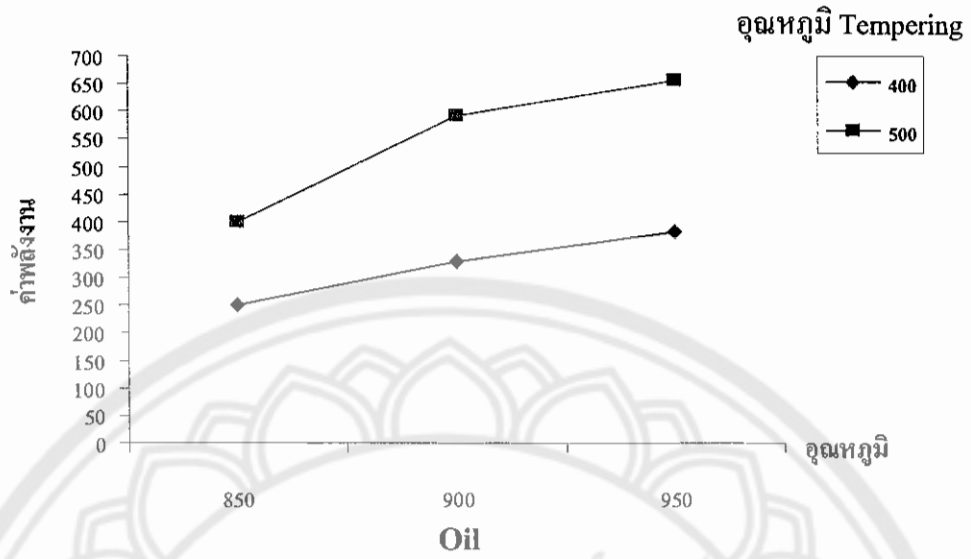
รูปที่ 4.13 กราฟทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C



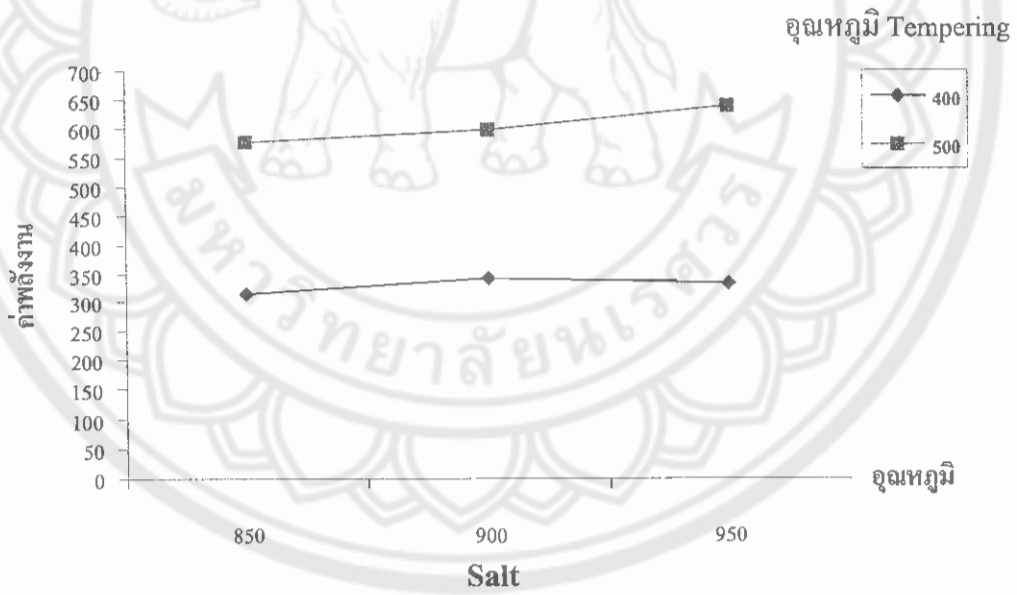
รูปที่ 4.14 กราฟทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิ Tempering 500 °C



รูปที่ 4.15 กราฟทดสอบแรงกระแทก สารชุบ น้ำ



รูปที่ 4.16 กราฟทดสอบแรงกระแทก สารชุบ น้ำมัน



รูปที่ 4.17 กราฟทดสอบแรงกระแทก สารชุบ น้ำเกลือ

4.3 ผลการทดสอบแรงดึง

ผลการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 4140 จำนวนทั้งหมด 81 ชิ้นตามการอบชุบตามอุณหภูมิ และสารชุบ ดังนี้

1. อุณหภูมิ Austenitizing 850 °C , 900 °C , 950 °C
2. สารชุบ น้ำ , น้ำมัน และน้ำเกลือ
3. อุณหภูมิ Tempering 400 °C , 500 °C , 600 °C

ตารางที่ 4.3 ตารางทดสอบแรงดึงเหล็ก AISI 4140 ตามอุณหภูมิการอบชุบ และสารชุบ ค่า Yield strength (Mpa)

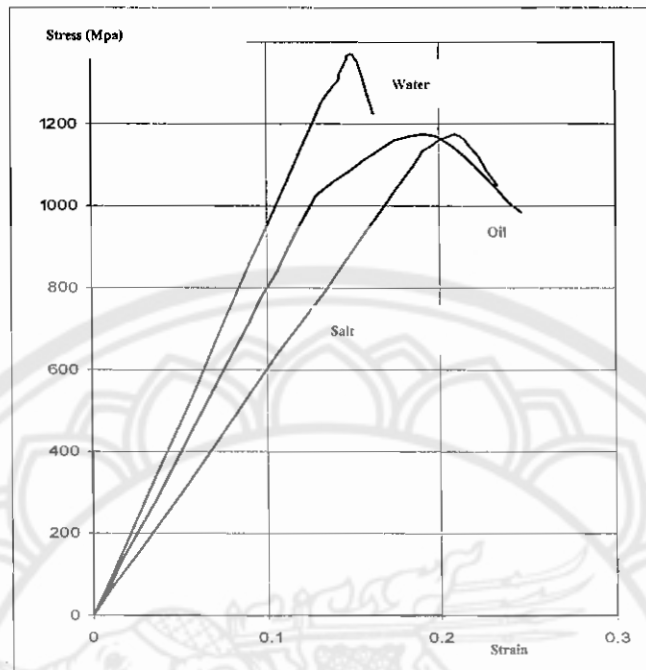
		Austenitizing Temperature			900 °C			950 °C			
		850 °C									
quenching	Tempering Temperature (°C)	400	500	600	400	500	600	400	500	600	
	Oil	Tensile Stress (Mpa)	1	1124.1	977.5	759.2	1026.3	863.4	733.1	928.6	798.3
		2	1221.8	977.5	757.5	961.2	830.8	692.4	879.7	765.7	720.1
		3	-	1189.2	782.0	-	847.1	716.8	-	-	684.2
Water	Tensile Stress (Mpa)	1	1401.0	1148.5	773.8	1156.7	830.8	741.2	1140.4	814.5	896.0
		2	1441.7	961.2	773.8	1189.2	863.4	700.5	1254.4	928.6	707.0
		3	1270.7	912.3	749.4	1124.1	-	790.1	879.7	773.8	700.5
Salt	Tensile Stress (Mpa)	1	1164.8	830.8	773.8	1221.8	896.0	700.5	1091.5	814.5	627.2
		2	1124.1	944.9	977.5	773.8	1075.2	651.6	1140.4	977.5	830.8
		3	1221.8	912.3	586.5	-	-	-	586.5	896.0	667.9

ตารางที่ 4.4 ตารางทดสอบแรงดึงเหล็ก AISI 4140 ตามอุณหภูมิการอบชุบ และสารชุบ ค่า Elongation (at tensile stress)

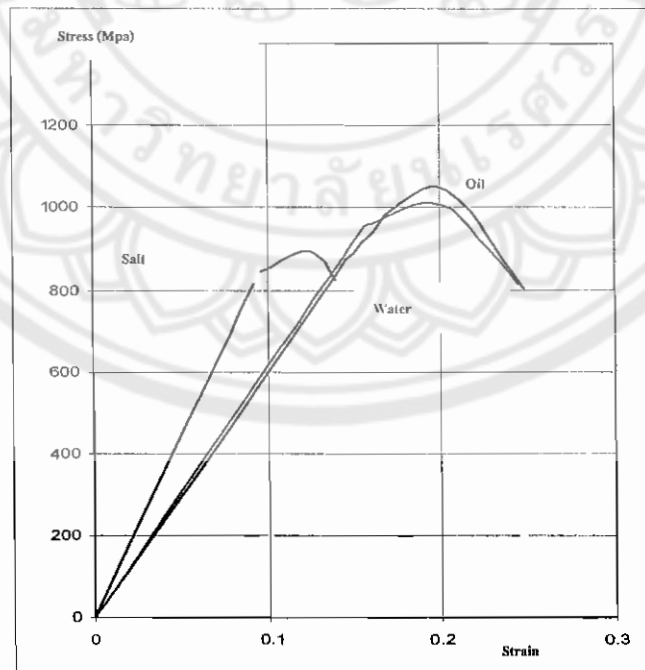
		Austenitezing			850 °C			900 °C			950 °C		
		Temperingature											
quenching	Tempering												
	Temperingature (°C)	400	500	600	400	500	600	400	500	600			
Oil	Elongation	1	18.4	23.4	20.3	20.6	20.0	25.0	20.3	21.1	21.1		
	(at tensile	2	19.5	15.6	20.3	20.3	19.5	22.7	19.5	19.5	22.7		
	stress)	3	-	20.3	17.2	-	21.3	21.1	-	21.3	20.3		
Water	Elongation	1	13.0	21.9	22.7	13.3	16.4	22.7	14.1	25.0	20.3		
	(at tensile	2	13.1	20.3	24.2	11.7	18.0	21.1	19.5	19.5	24.2		
	stress)	3	18.8	18.0	25.8	18.0	-	21.9	17.2	18.0	21.9		
Salt	Elongation	1	20.6	7.8	24.2	17.2	15.9	20.3	19.5	18.0	16.6		
	(at tensile	2	20.3	9.4	21.9	14.8	13.3	17.2	19.5	15.6	18.0		
	stress)	3	22.7	20.0	24.2	-	-	-	14.1	17.2	19.1		

ตารางที่ 4.5 ตารางทดสอบแรงดึงเหล็ก AISI 4140 ตามอุณหภูมิการอบชุบ และสารชุบ ค่า Modulus of elasticity (Mpa)

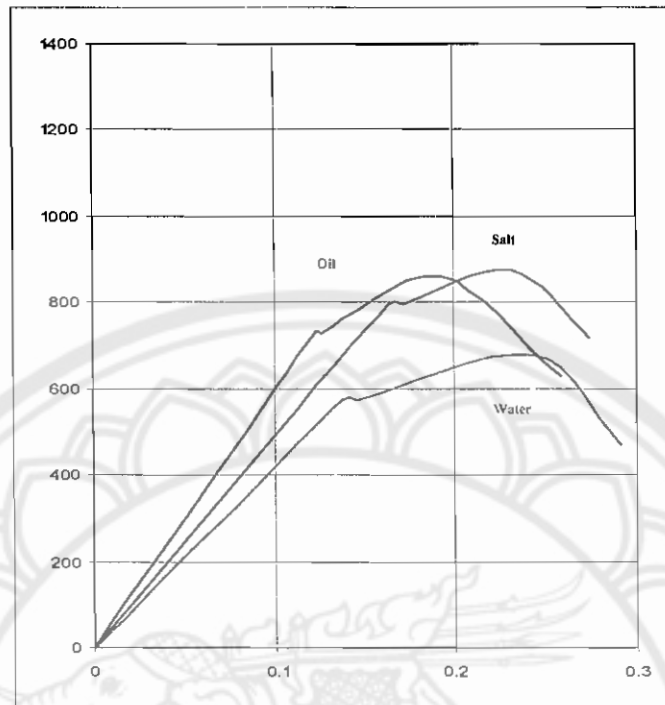
		Austenitezing	850 °C			900 °C			950 °C		
		Tempering									
		Tempering									
		Temperature									
		(°C)	400	500	600	400	500	600	400	500	600
quenching											
Oil	Modulus of elasticity (Mpa)	1	6096.7	4170.5	3737.4	4976.1	4317.1	2932.4	4571.5	3784.3	3552.6
		2	6255.7	6255.7	3729.4	4731.9	4253.9	3055.9	4504.1	3920.2	3178.2
		3	-	5854.7	4549.6	-	3986.5	3398.2	-	3833.2	3368.5
Water	Modulus of elasticity (Mpa)	1	10803.	5250.3	3415.5	8708.9	5064.1	3271.7	8109.3	3258.2	4411.1
		2	10984	4731.9	3195.1	10148	4805.1	3320.9	6422.5	4754.3	2919.3
		3	6777.0	5077.1	2906.7	6255.7	-	3611.9	5118.3	4306.5	3202.3
Salt	Modulus of elasticity (Mpa)	1	5647.5	10634.7	3195.1	7108.8	5622.0	3448.7	5588.4	4533.1	3786.9
		2	5533.9	10078.6	4468.4	5213.1	8095.6	3791.3	5838.7	6255.7	4623.8
		3	5392.9	4561.5	2421.6	-	-	-	4170.5	5213.1	3503.9



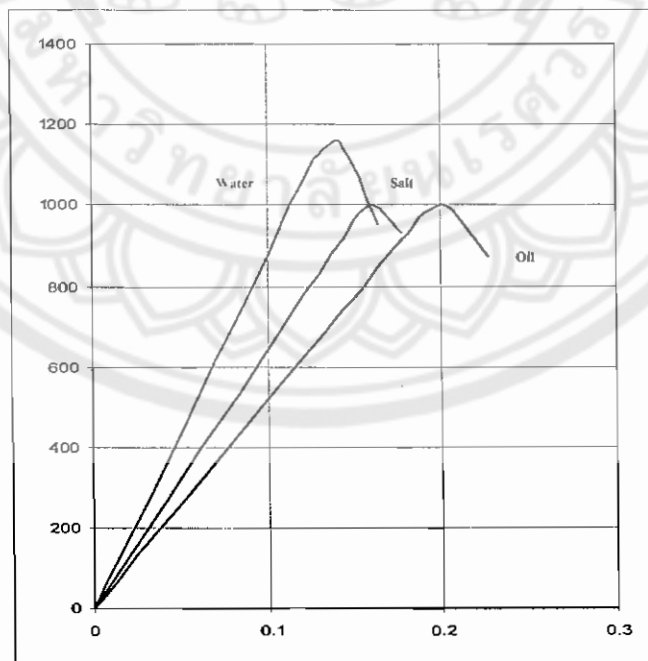
รูปที่ 4.18 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850⁰ C Tempering 400⁰ C



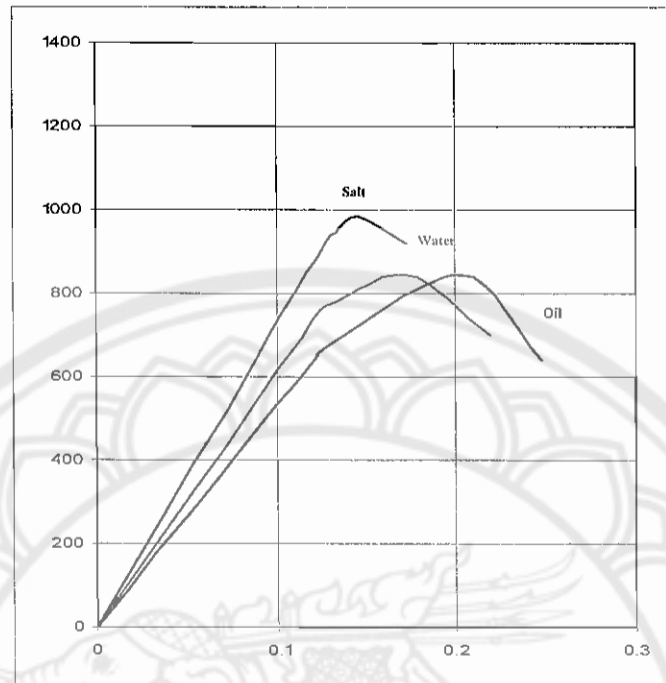
รูปที่ 4.19 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850⁰ C Tempering 500⁰ C



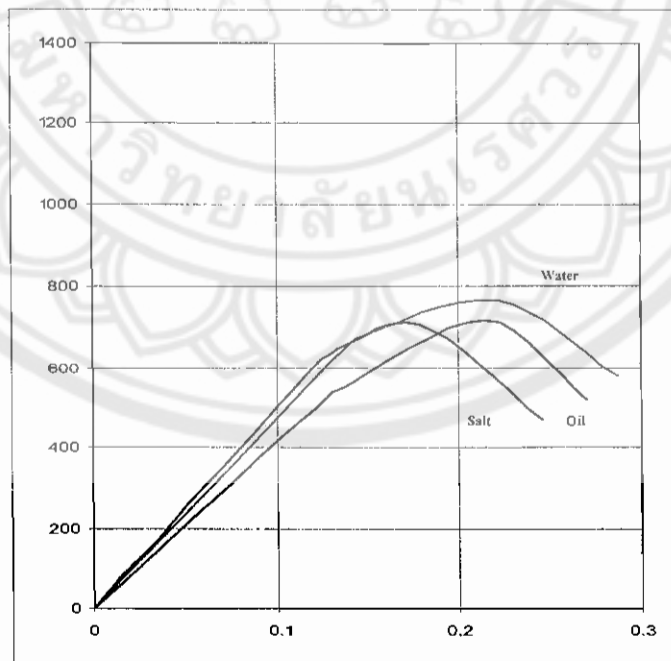
รูปที่ 4.20 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austenitizing 850°C Tempering 600°C



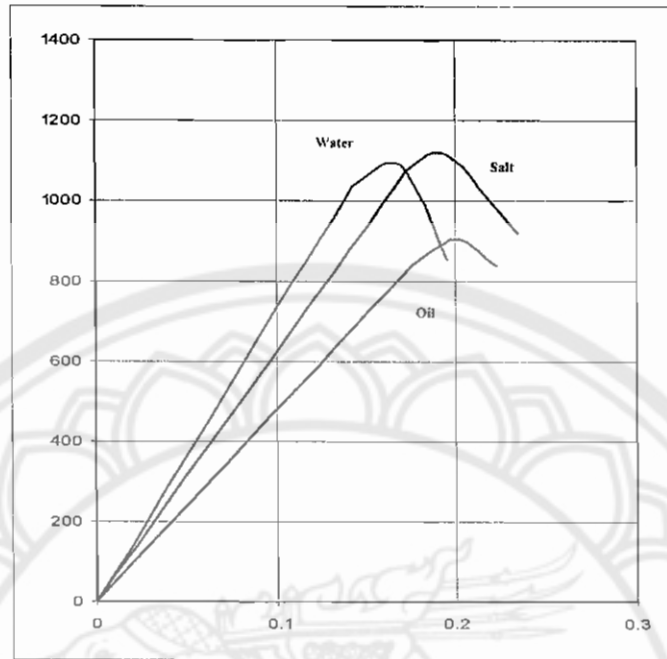
รูปที่ 4.21 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austenitizing 900°C Tempering 400°C



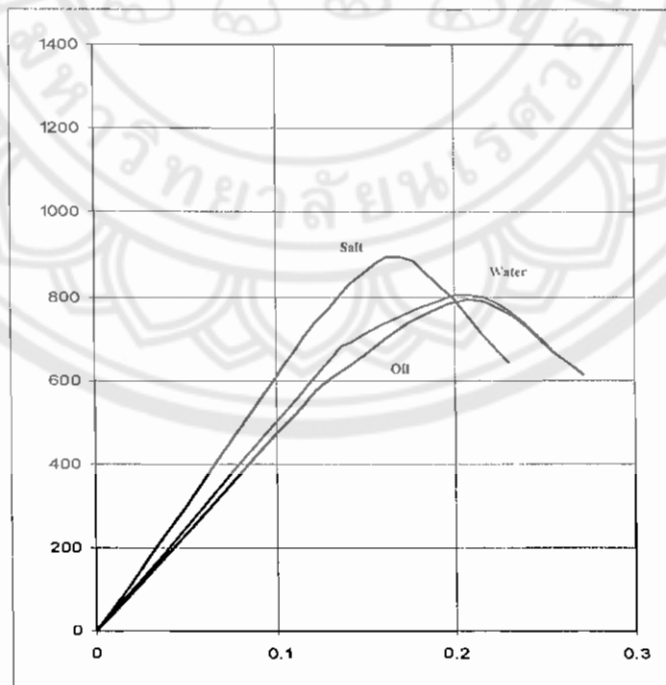
รูปที่ 4.22 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C Tempering 500 °C



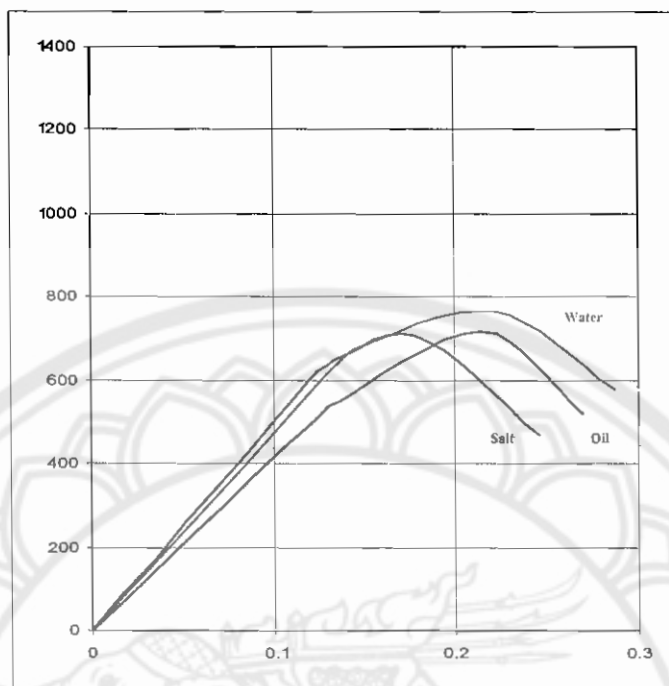
รูปที่ 4.23 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C Tempering 600 °C



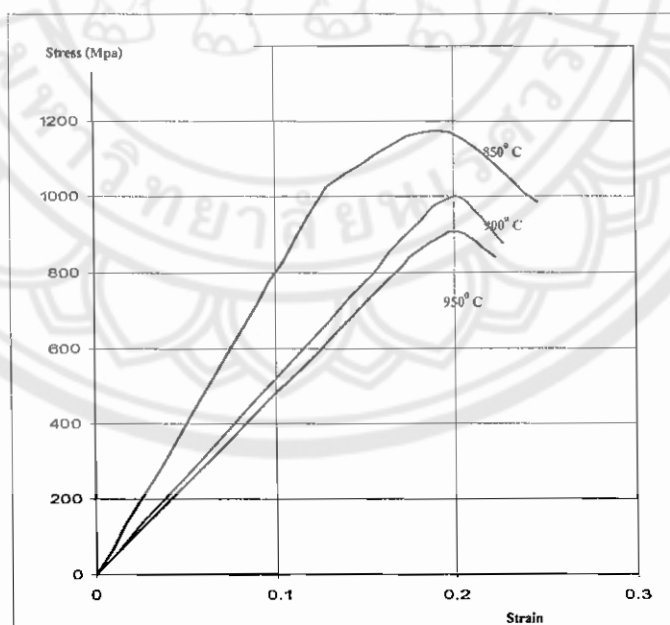
รูปที่ 4.24 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C Tempering 400 °C



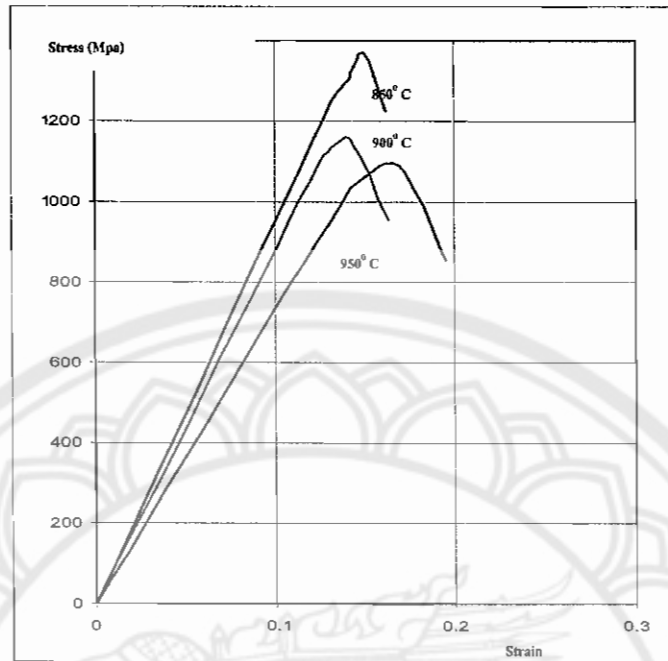
รูปที่ 4.25 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C Tempering 500 °C



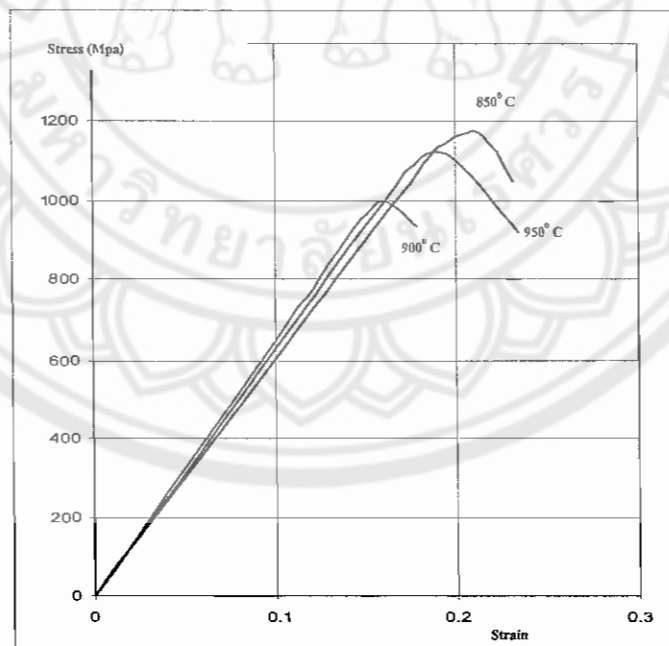
รูปที่ 4.26 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austenitizing 950 °C Tempering 600 °C



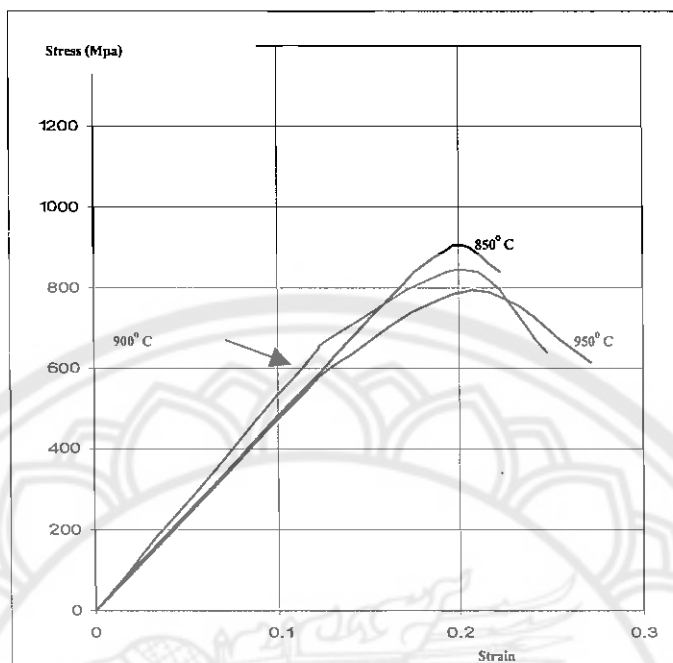
รูปที่ 4.27 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C สารชุบน้ำมัน



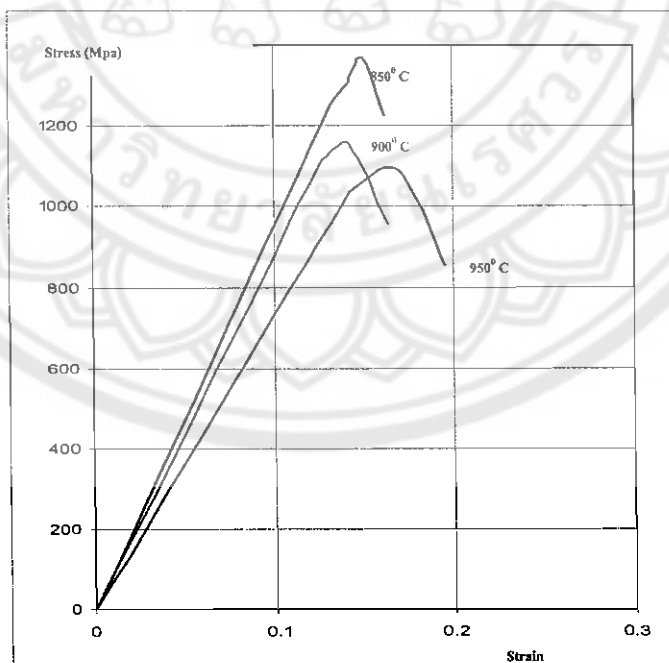
รูปที่ 4.28 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C สารชุบน้ำ



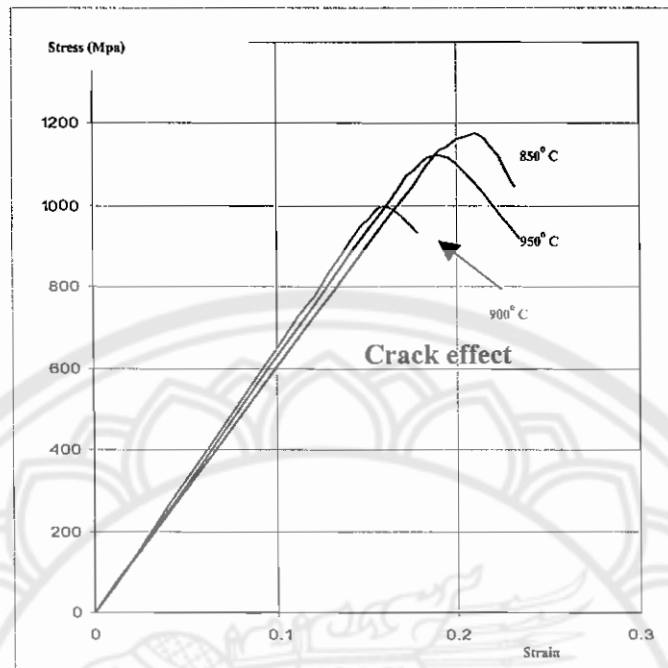
รูปที่ 4.29 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C สารชุบน้ำเกลือ



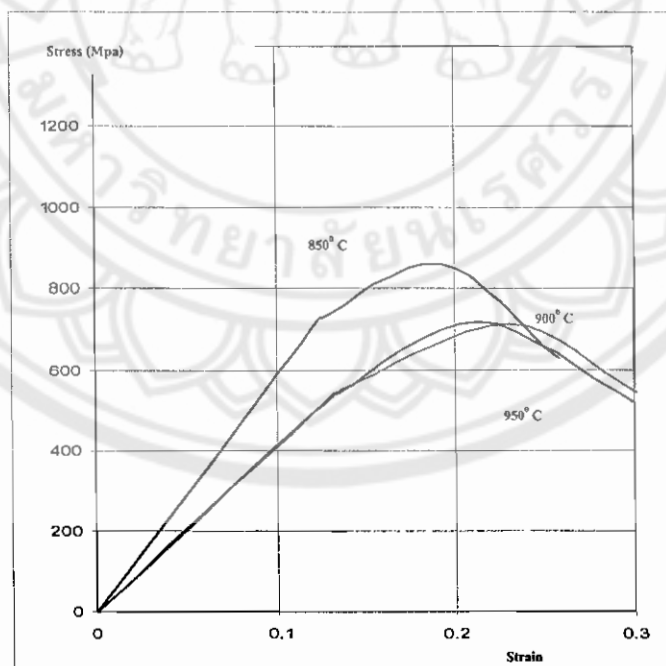
รูปที่ 4.30 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 500⁰ C สารชุบน้ำมัน



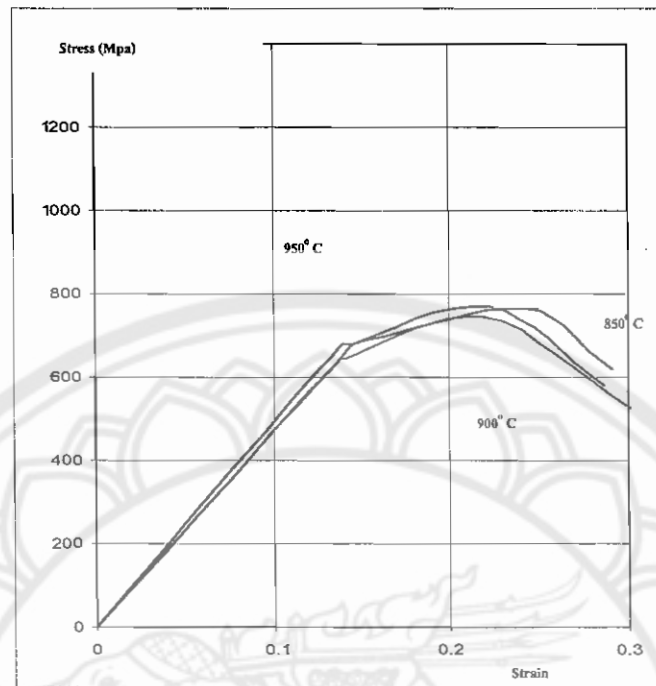
รูปที่ 4.31 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 500⁰ C สารชุบน้ำ



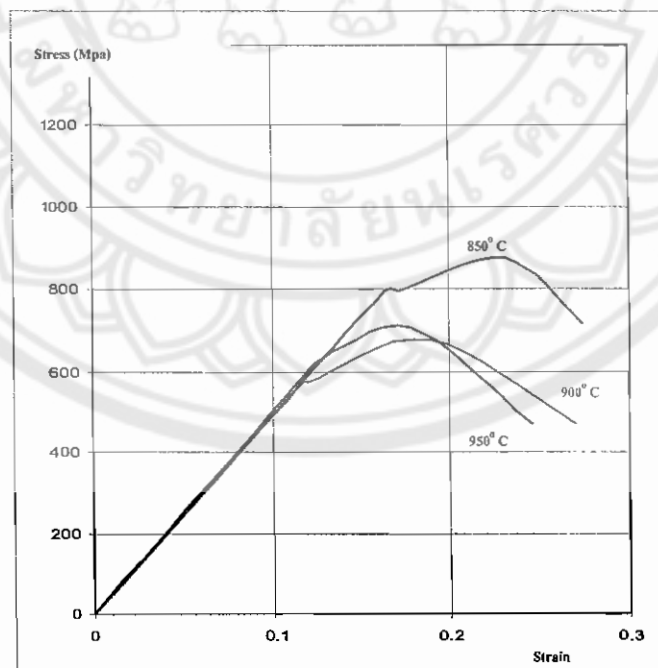
รูปที่ 4.32 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 500⁰ C สารชุบน้ำเกลือ



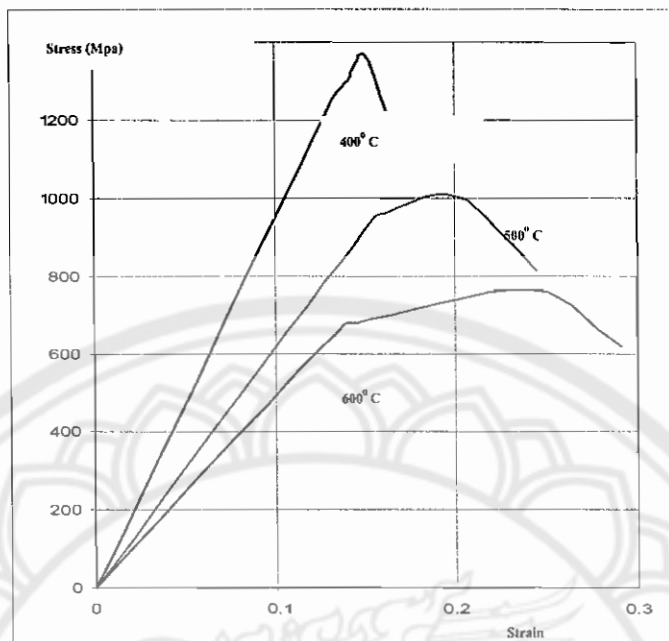
รูปที่ 4.33 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 600⁰ C สารชุบน้ำมัน



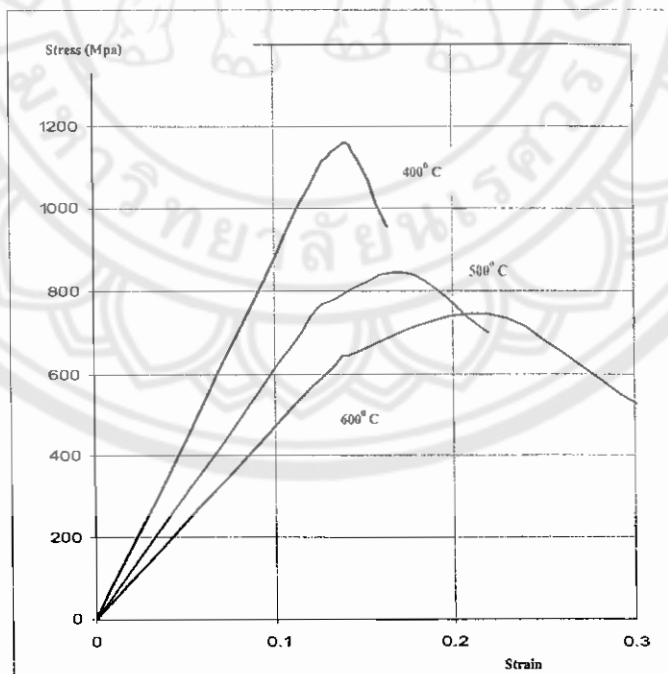
รูปที่ 4.34 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 600^o C สารชุบน้ำ



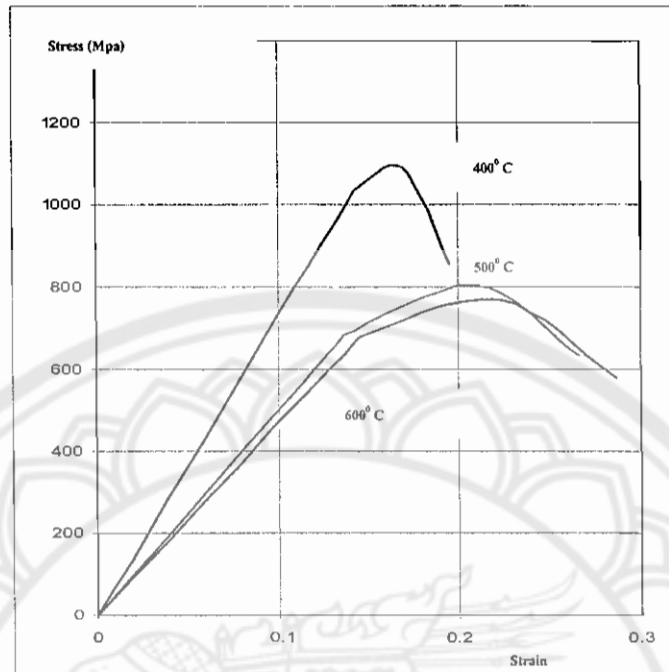
รูปที่ 4.35 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Tempering 600^o C สารชุบน้ำเกลือ



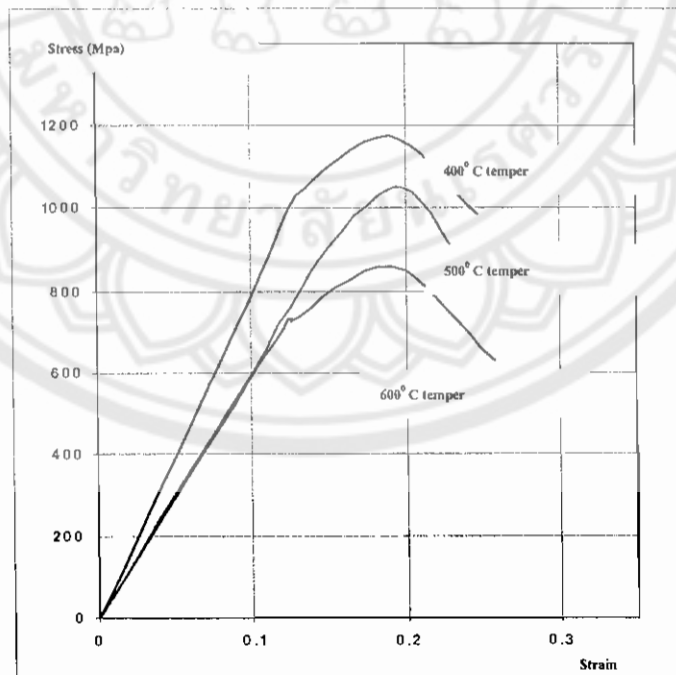
รูปที่ 4.36 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850^o C สารชุบ น้ำ



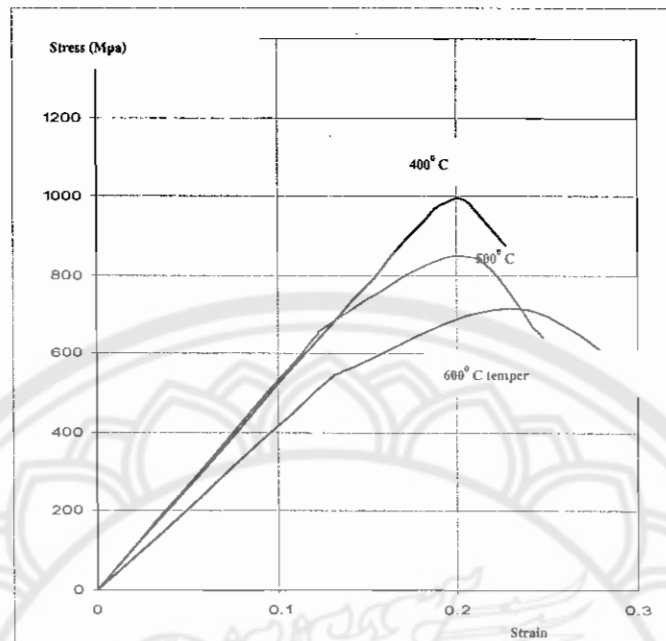
รูปที่ 4.37 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 900^o C สารชุบ น้ำ



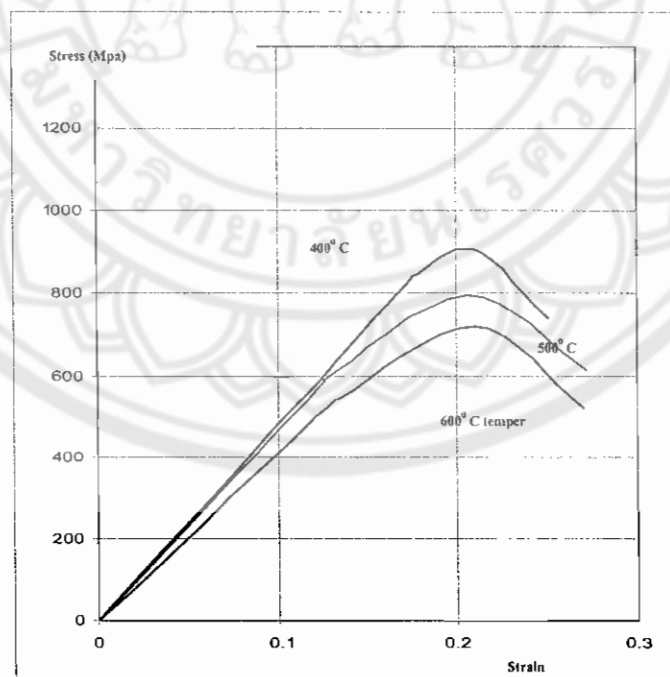
รูปที่ 4.38 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C สารชุบ น้ำ



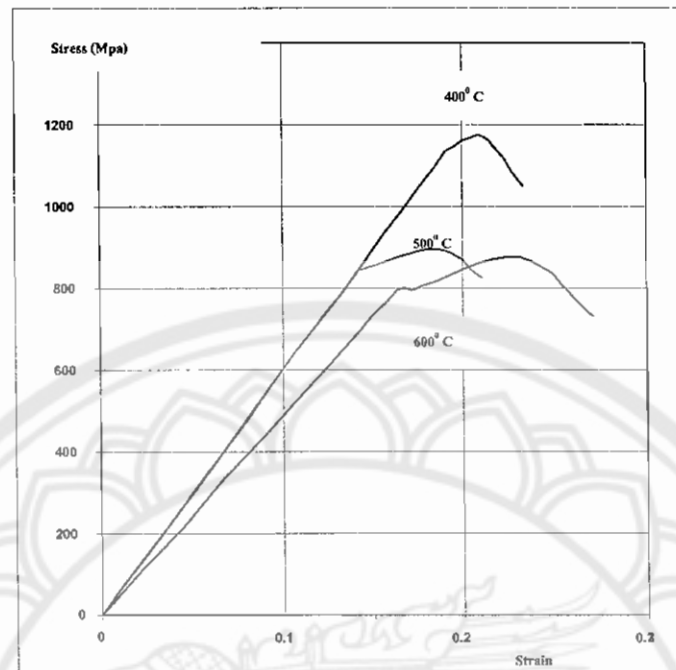
รูปที่ 4.39 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C สารชุบ น้ำมัน



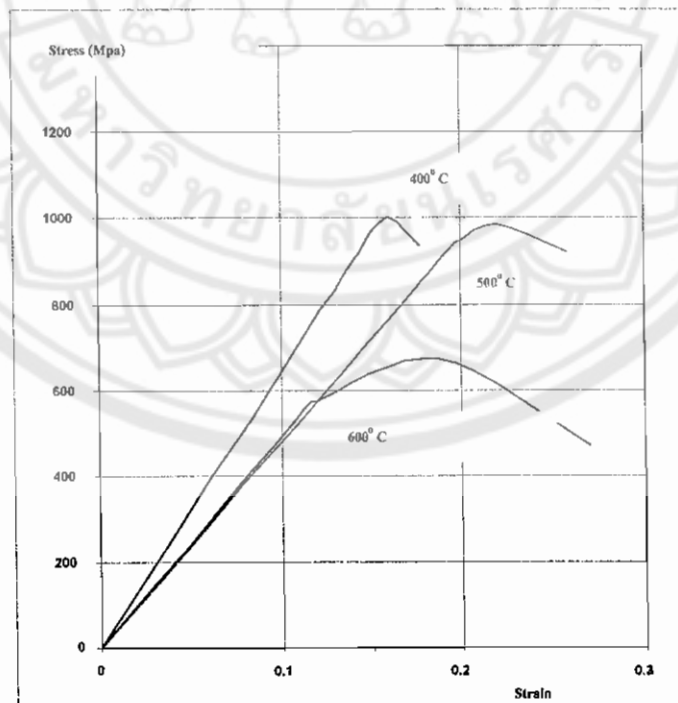
รูปที่ 4.40 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C สารชุบ น้ำมัน



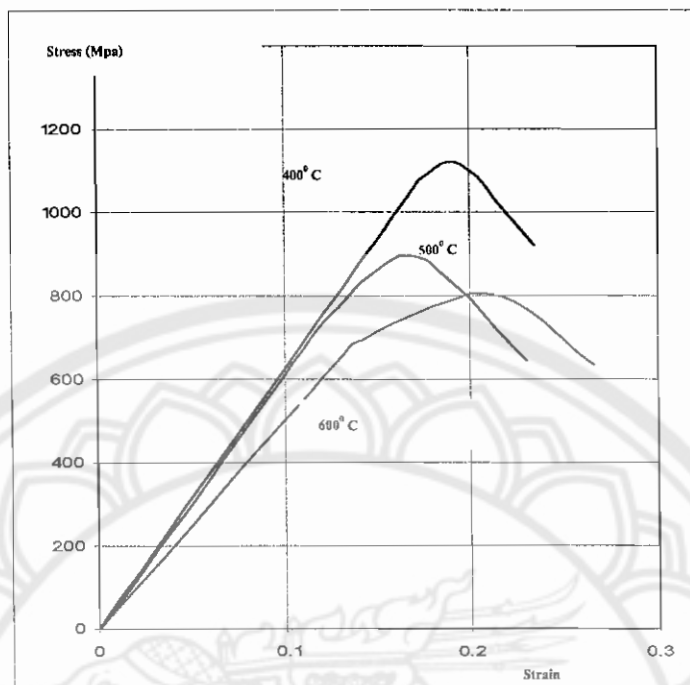
รูปที่ 4.41 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C สารชุบ น้ำมัน



รูปที่ 4.42 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850⁰ C สารชุบ น้ำเกลือ



รูปที่ 4.43 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 900⁰ C สารชุบ น้ำเกลือ

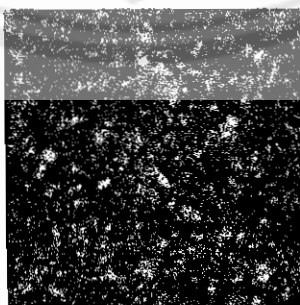


รูปที่ 4.44 กราฟทดสอบแรงดึงที่อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C สารชุบ น้ำเกลือ

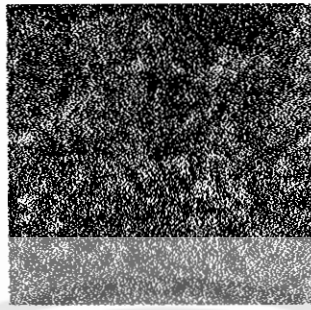
4.4 โครงสร้างจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคของโลหะสามารถดูได้จากการจัดเรียงตัวของอะตอมของโลหะ ซึ่งการจัดเรียงตัวของอะตอมของโลหะจะถูกแบ่งแยกด้วยขอบเกรน และแต่ละเกรนจะสามารถบอกได้ถึงความแข็งแรงของโลหะ เพราะถ้าเกรนมีขนาดเล็กแสดงว่ามีความแข็งแรง เพราะถ้าเกรนขนาดเล็กทำให้ตัว dislocation ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้มาก และตัว dislocation ก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามขอบเกรนแต่ละเกรนได้ การเคลื่อนที่ของ ตัว dislocation ถ้ามีการเคลื่อนที่น้อยสุดก็จะทำให้โลหะมีความแข็งแรงสูงขึ้นด้วย

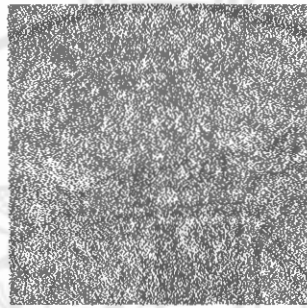
โครงสร้างจุลภาค ที่ได้จากชิ้นงานทดสอบความแข็ง จำนวน 27 ชิ้น เมื่อนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ จะได้ภาพ ดังรูปต่อไปนี้



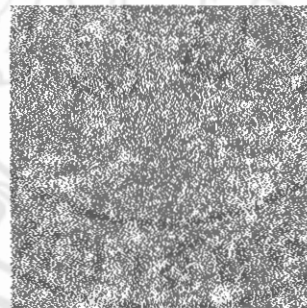
รูปที่ 4.45 อุณหภูมิ Austeniteizing 850 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 400



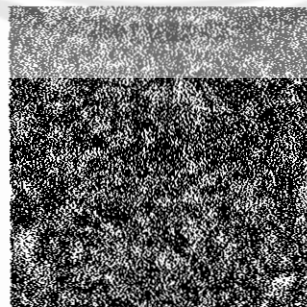
รูปที่ 4.46 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 500



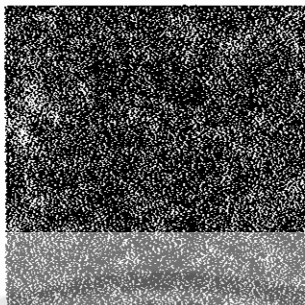
รูปที่ 4.47 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 600



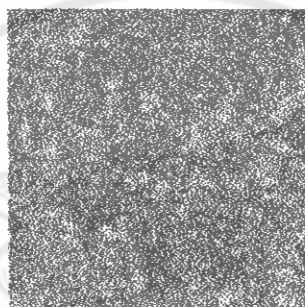
รูปที่ 4.48 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 400



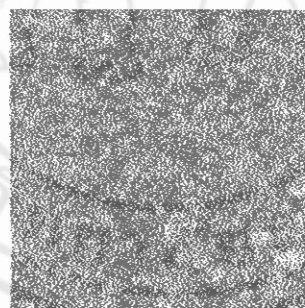
รูปที่ 4.49 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 500



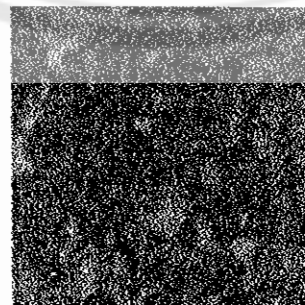
รูปที่ 4.50 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 600



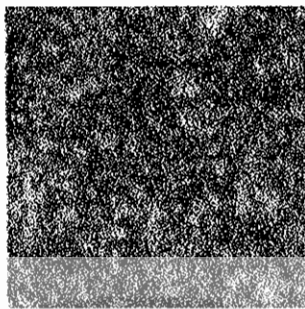
รูปที่ 4.51 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 400



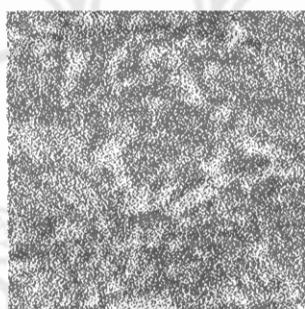
รูปที่ 4.52 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 500



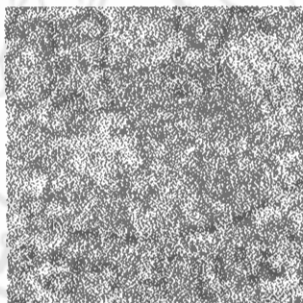
รูปที่ 4.53 อุณหภูมิ Austenitizing 850 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 600



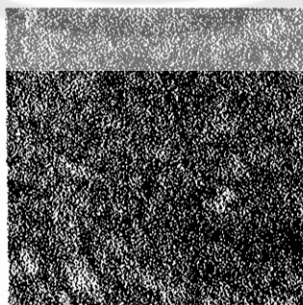
รูปที่ 4.54 อุณหภูมิ Austenitizing 900 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 400



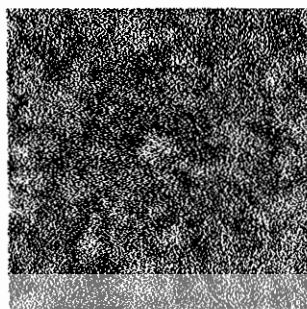
รูปที่ 4.55 อุณหภูมิ Austenitizing 900 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 500



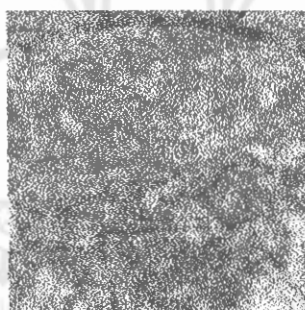
รูปที่ 4.56 อุณหภูมิ Austenitizing 900 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 600



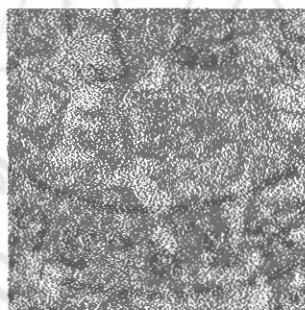
รูปที่ 4.57 อุณหภูมิ Austenitizing 900 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 400



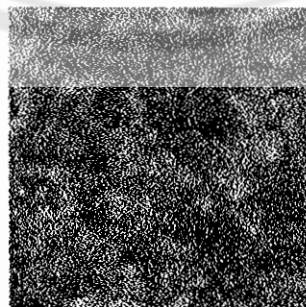
รูปที่ 4.62 อุณหภูมิ Austeniteizing 900 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 600



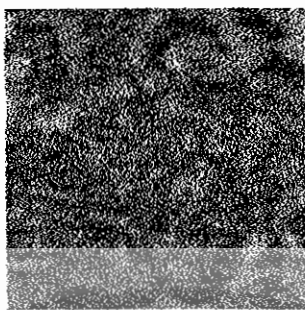
รูปที่ 4.63 อุณหภูมิ Austeniteizing 950 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 400



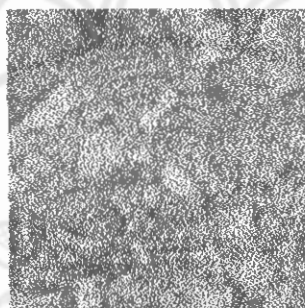
รูปที่ 4.64 อุณหภูมิ Austeniteizing 950 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 500



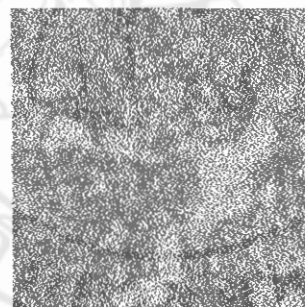
รูปที่ 4.65 อุณหภูมิ Austeniteizing 950 สารชุบน้ำมัน อุณหภูมิ Tempering 600



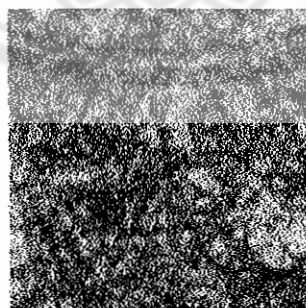
รูปที่ 4.66 อุณหภูมิ Austenitizing 950 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 400



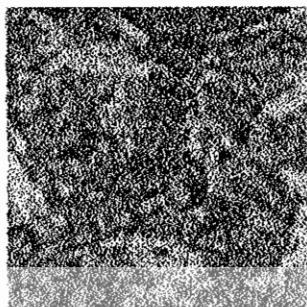
รูปที่ 4.67 อุณหภูมิ Austenitizing 950 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 500



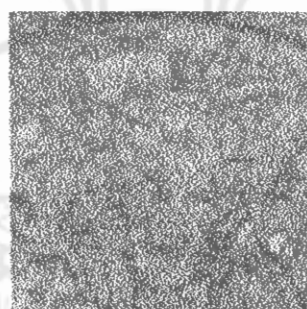
รูปที่ 4.68 อุณหภูมิ Austenitizing 950 สารชุบน้ำ อุณหภูมิ Tempering 600



รูปที่ 4.69 อุณหภูมิ Austenitizing 950 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 400



รูปที่ 4.70 อุณหภูมิ Austeniteizing 950 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 500



รูปที่ 4.71 อุณหภูมิ Austeniteizing 950 สารชุบน้ำเกลือ อุณหภูมิ Tempering 600

4.4.1 เปรียบเทียบโครงการงานสร้างจุลภาค

ตารางที่ 4.6 แสดงการ เปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , 850 °C Austeniteizing

	400° C Tempering	500 °C Tempering	600 °C Tempering
Oil Quenching			
Water Quenching			
Salt Quenching			

เปรียบเทียบจากรูป ขนาดของเกรนและรูปแบบของมาร์เทนไซต์ ยังมีลักษณะเป็นรูปเข็มที่ อุณหภูมิ Tempering 400°C เมื่อใช้อุณหภูมิ Tempering ที่ 500 °C เกรนมีขนาดโตขึ้นเล็กน้อยและรูเข็มจะเปลี่ยนเป็นลักษณะกลมขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิ Tempering 600 °C เกรนมีขนาดโตกว่าอุณหภูมิ Tempering 500 °C และค่อนข้างกลมซึ่งเราเรียกว่า สเฟียร์ไรต์ (Spheroidize) เมื่อเปรียบเทียบความแข็งที่ อุณหภูมิ Tempering 400 °C ย่อมแข็งกว่าที่อุณหภูมิ Tempering 500°C และอุณหภูมิ Tempering 600°C ตามลำดับขนาดเกรน

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , 900 °C Austeniteizing

	400 °C Tempering	500 °C Tempering	600 °C Tempering
Oil Quenching			
Water Quenching			
Salt Quenching			

เปรียบเทียบจากรูป มีลักษณะเหมือนกับอุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C แต่ขนาดเกรนของอุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C จะโตกว่าเล็กน้อย ขนาดของเกรนและรูปแบบของมาร์เทนไซต์ ยังมีลักษณะเป็นรูปเข็มที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C ที่อุณหภูมิ Tempering 500 °C เกรนมีขนาดโตขึ้นเล็กน้อยและรูเข็มจะเปลี่ยนเป็นลักษณะกลมขึ้นส่วนที่อุณหภูมิ Tempering 600 °C เกรนมีขนาดโตกว่า 500 °C และค่อนข้างกลมซึ่งเราเรียกว่า สเฟียร์ไรต์ (Spheroidize) เมื่อเปรียบเทียบความแข็งที่อุณหภูมิ Tempering 400 °C ย่อมแข็งกว่าที่อุณหภูมิ Tempering 500 °C และที่อุณหภูมิ Tempering 600 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140, 950 °C Austeniteizing

	400 °C Tempering	500 °C Tempering	600 °C Tempering
Oil Quenching			
Water Quenching			
Salt Quenching			

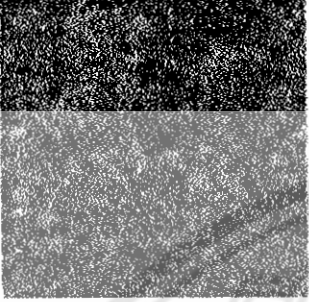
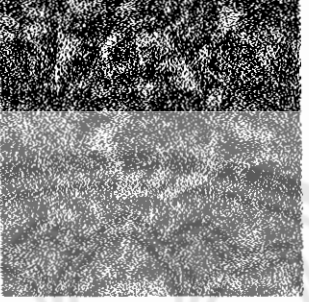
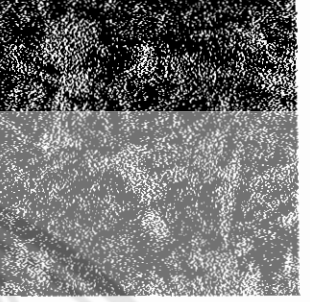
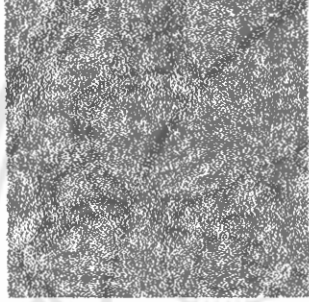
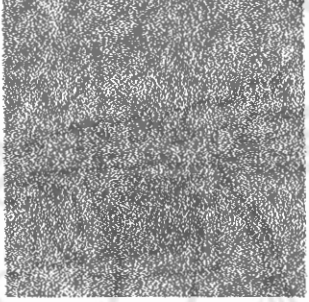
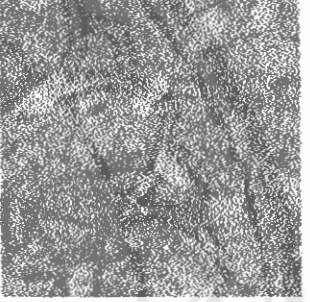
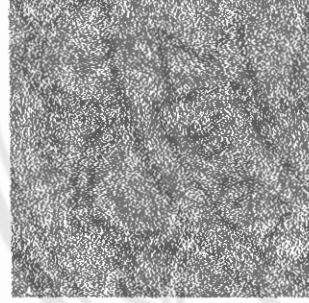
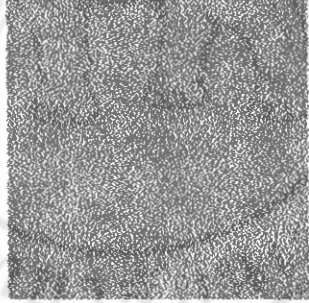
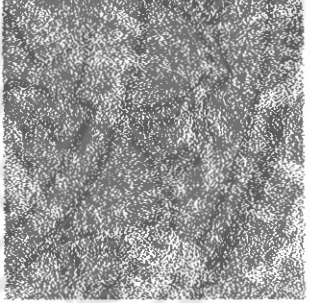
เปรียบเทียบจากรูป มีลักษณะเหมือนกับอนุหภูมิ Austeniteizing 900 °C แต่ขนาดเกรนของอนุหภูมิ Austeniteizing 950 °C จะโตกว่าเล็กน้อย ขนาดของเกรนและรูปแบบของมาร์เทนไซต์ ยังมีลักษณะเป็นรูปเข็มที่อนุหภูมิ Tempering 400 °C ที่กับอนุหภูมิ Tempering 500 °C เกรนมีขนาดโตขึ้นเล็กน้อยและรูเข็มจะเปลี่ยนเป็นลักษณะกลมขึ้นส่วนที่อนุหภูมิ Tempering 600 °C เกรนมีขนาดโตกว่า 500 °C และค่อนข้างกลมซึ่งเราเรียกว่า สเฟียร์ไรต์ (Spherodize) เมื่อเปรียบเทียบความแข็งที่อนุหภูมิ Tempering 400 °C ย่อมแข็งกว่าที่ อนุหภูมิ Tempering 500 °C และอนุหภูมิ Tempering 600 °C ตามลำดับขนาดเกรน

ตารางที่ 4.9 แสดงการ เปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , 400 °C Tempered

	850 °C Austeniteizing	900 °C Austeniteizing	950 °C Austeniteizing
Oil Quenching			
Water Quenching			
Salt Quenching			

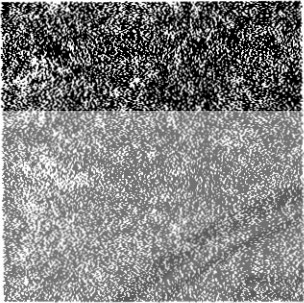
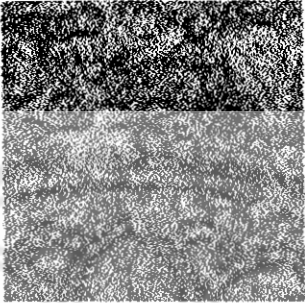
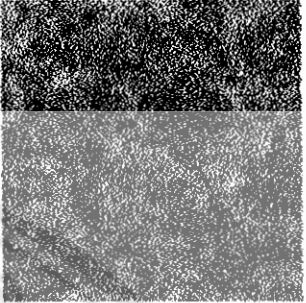
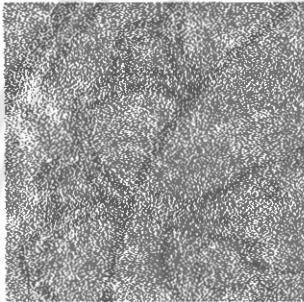
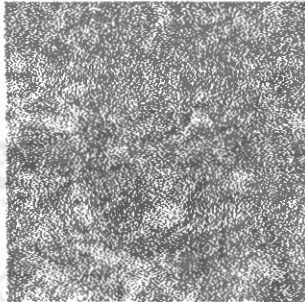
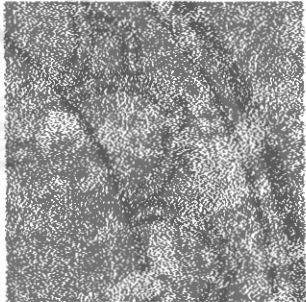
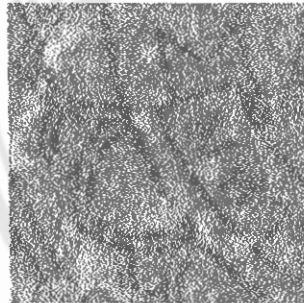
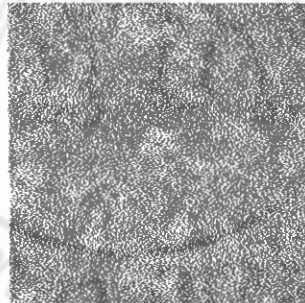
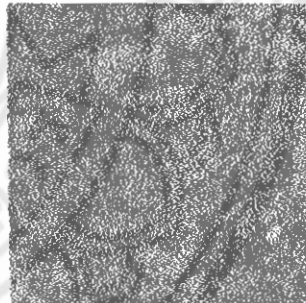
เปรียบเทียบจากรูปสรุปได้ว่า ที่สารชุบเดียวกันอุณหภูมิ Austeniteizing แตกต่างกันขนาดของเกรนจะไม่เท่ากันแต่จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้น ที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C จะให้ความแข็งแรงสูงกว่า อุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C และอุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C ตามลำดับขนาดเกรน

ตารางที่ 4.10 แสดงการ เปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , 500 C⁰ Tempered

	850 °C Austeniteizing	900 °C Austeniteizing	950 °C Austeniteizing
Oil Quenching			
Water Quenching			
Salt Quenching			

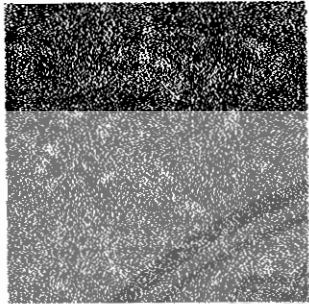
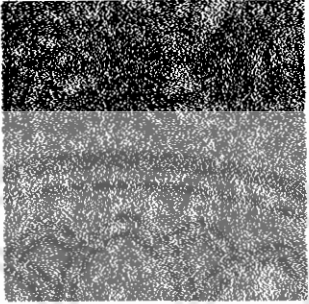
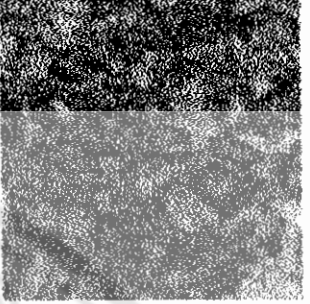
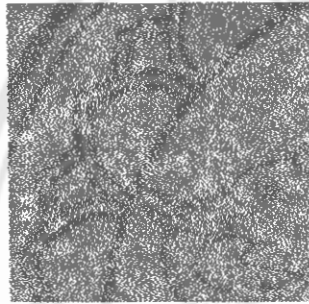
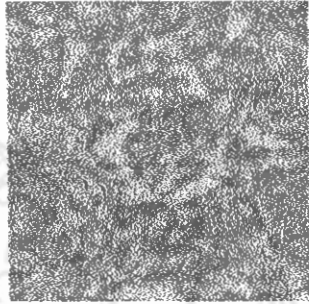
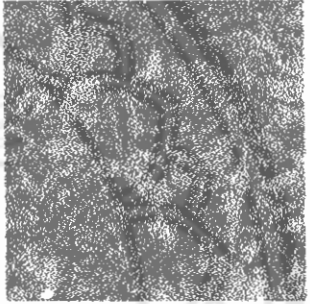
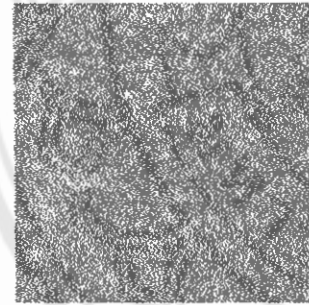
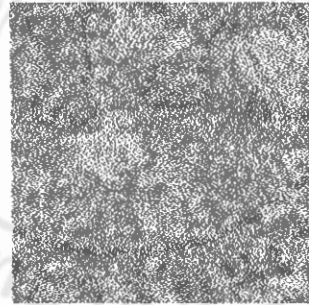
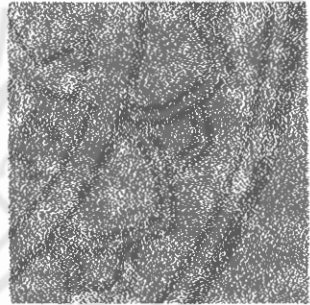
เปรียบเทียบจากรูปสรุปได้ว่า ที่สารชุบเดียวกันอุณหภูมิ Austeniteizing แตกต่างกันขนาดของเกรนจะไม่เท่ากันแต่มีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้น ที่อุณหภูมิ Austeniteizing 850 °C จะให้ความแข็งสูงกว่าอุณหภูมิ Austeniteizing 900 °C และ อุณหภูมิ Austeniteizing 950 °C ตามลำดับขนาดเกรน และเปรียบเทียบที่ อุณหภูมิ Tempering 400 °C ที่อุณหภูมิ Tempering 500 °C จะมีขนาดเกรนโตกว่า และรูปร่างค่อนข้างเปลี่ยนไปจากรูปเข็มมาร์เทนไซต์ เป็นรูปแบบค่อนข้างกลม

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , 600 °C Tempered

	850 °C Austenitizing	900 °C Austenitizing	950 °C Austenitizing
Oil Quenching			
Water Quenching			
Salt Quenching			

เปรียบเทียบจากรูปสรุปได้ว่า ที่สารชุบเดียวกันอุณหภูมิ Austenitizing แยกต่างกันขนาดของเกรนจะไม่เท่ากันแต่มีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้น ที่อุณหภูมิ Austenitizing 850 °C จะให้ความแข็งแรงสูงกว่า อุณหภูมิ Austenitizing 900 °C และอุณหภูมิ Austenitizing 950 °C ตามลำดับขนาดเกรน และเปรียบเทียบกับที่ อุณหภูมิ Tempering 400 °C และ อุณหภูมิ Tempering ที่ 500 °C จะมีขนาดเกรนโตกว่า และรูปร่างค่อนข้างเปลี่ยนไปจากรูปเข็มมาร์เทนไซต์ เป็นรูปแบบค่อนข้างกลมและขนาดโตขึ้นกว่าที่ อุณหภูมิ Tempering 500 °C

ตารางที่ 4.12 แสดงการ เปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , Oil quenching

	850 °C Austenitizing	900 °C Austenitizing	950 °C Austenitizing
400 °C Tempering			
500 °C Tempering			
600 °C Tempering			

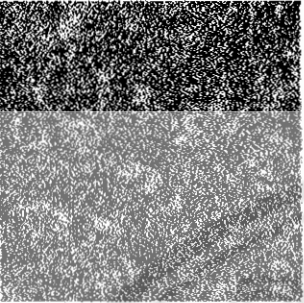
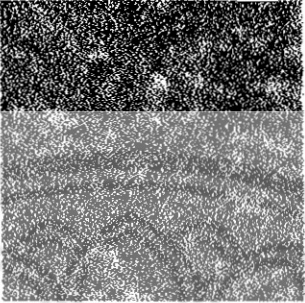
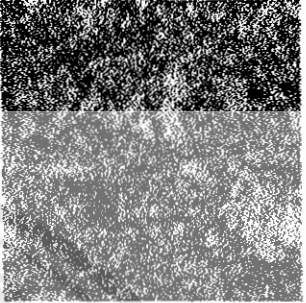
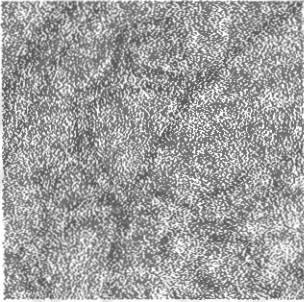
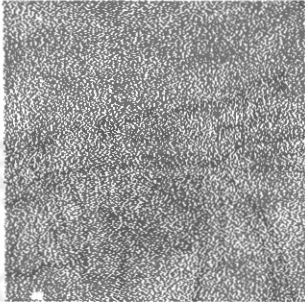
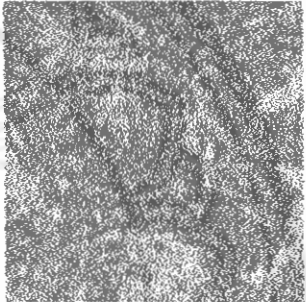
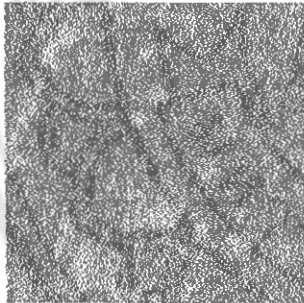
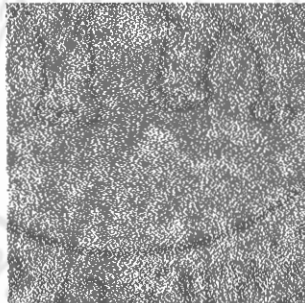
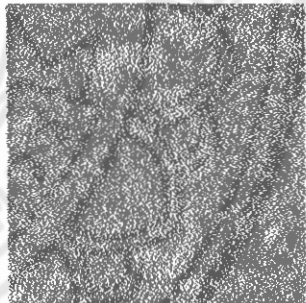
เปรียบเทียบจากรูปเป็นการชุบน้ำมันเปรียบเทียบขนาดของเกรนตามอุณหภูมิ Austenitizing และ Tempering จะเห็นได้ว่าที่ อุณหภูมิ Austenitizing 850°C A กับอุณหภูมิ Tempering 400°C ขนาดเกรนมีขนาดเล็กที่สุด ที่ อุณหภูมิ Austenitizing 950°C กับ อุณหภูมิ Tempering 600°C มีขนาดเกรนใหญ่สุดลำดับขนาดของเกรนจะแปรผันไปตามอุณหภูมิ Austenitizing และอุณหภูมิ Tempering

ตารางที่ 4.13 แสดงการ เปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , Water quenching

	850 °C Austenitizing	900 °C Austenitizing	950 °C Austenitizing
400 °C Tempering			
500 °C Tempering			
600 °C Tempering			

เปรียบเทียบจากรูปเป็นการชุบน้ำมันเปรียบเทียบขนาดของเกรนตามอุณหภูมิ Austenitizing และ Tempering จะเห็นได้ว่าที่ อุณหภูมิ Austenitizing 850°C กับ อุณหภูมิ Tempering 400°C ขนาดเกรนมีขนาดเล็กที่สุด ที่อุณหภูมิ Austenitizing 950°C g กับ อุณหภูมิ Tempering 600°C มีขนาดเกรนใหญ่สุดลำดับขนาดของเกรนจะแปรผันไปตามอุณหภูมิ Austenitizing และอุณหภูมิ Tempering

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 4140 , Salt water quenching

	850 °C Austenitizing	900 °C Austenitizing	950 °C Austenitizing
400 °C Tempering			
500 °C Tempering			
600 °C Tempering			

เทียบจากรูปเป็นการชุบด้วยน้ำมันเปรียบเทียบขนาดของเกรนตามอุณหภูมิ Austenitizing และ Tempering จะเห็นได้ว่าที่ อุณหภูมิ Austenitizing 850°C กับ อุณหภูมิ Tempering 400°C ขนาดเกรนมีขนาดเล็กที่สุด ที่ อุณหภูมิ Austenitizing 950°C กับ อุณหภูมิ Tempering 600°C มีขนาดเกรนใหญ่สุด ลำดับขนาดของเกรนจะแปรผันไปตามอุณหภูมิ Austenitizing และอุณหภูมิ Tempering

4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

4.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดสอบความแข็ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งของเหล็กในที่นี้ก็คือ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.15 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าความแข็ง (Dependent Variable : HARDNESS)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3330.097	26	128.081	363.501	0
Intercept	106196.326	1	106196.326	301398.122	0
Austenitizing	566.759	2	283.379	804.265	0
Tempering	2484.794	2	1242.397	3526.074	0
Quenching	10.848	2	5.424	15.393	0
Austenitizing * Tempering	74.726	4	18.682	53.02	0
Tempering * Quenching	33.851	4	8.463	24.0181	0
Austenitizing*Tempering * Quenching	96.362	8	12.045	34.185	0
Error	19.027	54	0.352		
Total	109545.45	81			
Corrected Total	3349.124	80			

จากการวิเคราะห์ ANOVA วิเคราะห์ความแข็งที่ค่าร้อยละระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ว่า

- 1) อุณหภูมิ Austenitizing มีอิทธิพลต่อความแข็งของเหล็ก ซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing
- 2) อุณหภูมิ Tempering มีอิทธิพลต่อความแข็งของเหล็ก ซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิ Tempering
- 3) สารชุบหรือตัวกลางที่ใช้ในการชุบเหล็ก ได้แก่ น้ำ น้ำมัน ละอุน้ำเกลือ ที่มีอัตราการเย็นตัวต่างกัน ซึ่งมีผลต่อความแข็งของเหล็กต่างกัน

4) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering ที่มีผลต่อความแข็งของเหล็กซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing และ อุณหภูมิ Tempering เปลี่ยน

5) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing และ สารชุบ ที่มีผลต่อความแข็งของเหล็กซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing และ สารชุบ เปลี่ยน

6) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ ที่มีผลต่อความแข็งของเหล็กซึ่งทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ เปลี่ยน

7) อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบทั้ง 3 ปัจจัยนี้จะส่งผลต่อความแข็ง

4.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดสอบความทนต่อแรงกระแทก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความทนต่อแรงกระแทกในที่นี้ก็คืออุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และสารชุบดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.16 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของความทนต่อแรงกระแทก Dependent Variable: impact energy (J/Cm^2)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1006859.08	17	59227.005	16.644	0
Intercept	10455218.42	1	10455218.42	2938.14	0
Austenitizing	217104.629	2	108552.314	30.505	0
Tempering	726074.264	1	726074.264	204.042	0
Quenching	3765.4108	2	1882.705	0.529	0.594
Austenitizing * Tempering	41809.81	2	20904.905	5.873	0.006
Austenitizing * Quenching	15779.661	4	3944.915	1.109	0.368
Tempering * Quenching	501.709	2	250.855	0.07	0.932
Austenitizing * Tempering * Quenching	1823.597	4	455.899	0.128	0.971
Error	128104.181	36	3558.449		
Total	11590181.68	54			
Corrected Total	1134963.261	53			

จากการวิเคราะห์ ANOVA วิเคราะห์ความทนต่อแรงกระแทกที่ค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ว่า

- 1) อุณหภูมิ Austenitizing มีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก ทำให้ความทนต่อแรงกระแทกของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing สูงขึ้น ความทนต่อแรงกระแทกก็สูงขึ้น ไปด้วย ซึ่งความทนต่อแรงกระแทกนี้จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ Austenitizing
- 2) อุณหภูมิ Tempering มีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก ทำให้ความทนต่อแรงกระแทกของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Tempering กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิ Tempering สูงขึ้นความทนต่อแรงกระแทกก็สูงขึ้น ไปด้วย ซึ่งความทนต่อแรงกระแทกนี้จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ Tempering
- 3) สารชุบหรือตัวกลางที่ใช้ในการชุบเหล็ก ได้แก่ น้ำ น้ำมัน ละอองเกลือ ที่มีอัตราการเย็นตัวต่างกัน ไม่มีผลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็กต่างกัน
- 4) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering ที่มีผลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็กซึ่งทำให้ความทนต่อแรงกระแทกของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing และ อุณหภูมิ Tempering เปลี่ยน
- 5) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing และ สารชุบ ไม่มีผลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็กและไม่ทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing และ สารชุบ เปลี่ยนไป
- 6) อิทธิพลของอุณหภูมิในการ Tempering และ สารชุบ ไม่มีผลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก
- 7) อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบทั้ง 3 ปัจจัยนี้ไม่ส่งผลต่อความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก

4.5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดสอบแรงดึง (Tensile strength)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของเหล็กในที่นี่ก็คือ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.17 ANOVA ที่ใช้วิเคราะห์ความทนต่อแรงดึง (Dependent Variable: TENSIN STRENGTH)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2249749.384	26	86528.822	6.44	0
Intercept	59534904.11	1	59534904.11	4430.919	0
Austenitizing	296113.311	2	148056.655	11.0192	0
Tempering	1465600.823	2	732800.412	54.54	0
Quenching	72746.171	2	36373.09	2.7071	0.07721
Austenitizing * Tempering	103255.133	4	25813.784	1.921	0.122
Austenitizing * Quenching	22865.571	4	5716.393	0.425	0.789
Austenitizing * Tempering * Quenching	62821.553	8	7852.694	0.584	0.785
Error	631503.533	47	13436.245		
Total	63959526.22	74			
Corrected Total	2881252.918	73			

จากการวิเคราะห์ ANOVA วิเคราะห์ความทนต่อแรงดึงที่ค่าันัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ว่า

1) อุณหภูมิ Austenitizing มีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงดึงของเหล็ก ซึ่งทำให้ความทนต่อแรงดึงของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Austenitizing กล่าวคือ อุณหภูมิในการทำ Austenitizing จะแปรผกผันกับค่าความทนต่อแรงดึงของเหล็ก

2) อุณหภูมิ Tempering มีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงดึงของเหล็ก ซึ่งทำให้ความทนต่อแรงดึงของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Tempering เปลี่ยนไปกล่าวคือ อุณหภูมิในการทำ Tempering จะแปรผกผันกับค่าความทนต่อแรงดึงของเหล็ก

3) สารชุบหรือตัวกลางที่ใช้ในการชุบเหล็ก ได้แก่ น้ำ น้ำมัน ใช้น้ำเกลือ ที่มีอัตราการเย็นตัวต่างกัน ไม่มีผลต่อความทนต่อแรงดึงของเหล็ก

4) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering ไม่มีผลต่อค่าแรงดึงของเหล็ก 5)

อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing และ สารชุบ ไม่มีผลต่อค่าแรงดึงของเหล็ก

6) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ ไม่มีผลต่อค่าแรงดึงของเหล็ก

7) อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบทั้ง 3 ปัจจัยนี้เมื่อนำมาพิจารณารวมกันแล้วจะไม่ส่งผลต่อความทนต่อแรงดึง

4.5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation) ของเหล็กในที่นี้ก็คือ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.18 ความแปรปรวนการทดสอบแรงดึงส่วนของเปอร์เซ็นต์การยืดตัว(Percent Elongation)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	647.745	26	24.913	4.008	0
Intercept	26092.77	1	26092.77	4197.635	0
Austenitizing	11.449	2	5.7247	0.921	0.405
Tempering	187.566	2	93.783	15.087	0
Quenching	86.953	2	43.477	6.994	0.002
Austenitizing * Tempering	38.214	4	9.553	1.537	0.207
Austenitizing * Quenching	51.1679	4	12.792	2.058	0.101
Tempering * Quenching	169.349	4	42.337	6.811	0
Austenitizing* Tempering * Quenching	79.61482	8	9.952	1.601	0.15
Error	292.155	47	6.216		
Total	28161.69	74			
Corrected Total	939.9	73			

จากการวิเคราะห์ ANOVA วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเหล็ก ที่ค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ว่า

- 1) อุณหภูมิ Austenitizing ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก
- 2) อุณหภูมิ Tempering มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็กเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ Tempering เปลี่ยนไปกล่าวคือ อุณหภูมิในการทำ Tempering จะแปรผันตรงกับค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก
- 3) สารชุบหรือตัวกลางที่ใช้ในการชุบเหล็ก ได้แก่ น้ำ น้ำมัน ละอองเกลือ ที่มีอัตราการเย็นตัวต่างกัน ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก
- 4) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก
- 5) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitizing และ สารชุบ ไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก
- 6) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเหล็ก
- 7) อุณหภูมิ Austenitizing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบทั้ง 3 ปัจจัยนี้เมื่อนำมาพิจารณารวมกันแล้วจะไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัว



4.5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อความสามารถในการคืนตัว (Modulus of Elasticity)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางหรือมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการคืนตัว (Modulus of Elasticity) ของเหล็กในที่นี้ก็คือ อุณหภูมิ Austenitezing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ ดังตาราง

ตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อความสามารถในการคืนตัว (Modulus of Elasticity)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	221640331.5	26	8524628.134	6.361	0
Intercept	1834596752	1	1.83E+09	1368.87	0
Austenitezing	16465105.2	2	8232552.598	6.1427	0.004
Tempering	98761248.31	2	49380624.15	36.845	0
Quenching	15685131.09	2	7842565.544	5.852	0.005
Austenitezing * Tempering	10659516.61	4	2664879.153	1.988	0.112
Austenitezing * Quenching	2199853.114	4	549963.278	0.41	0.8
Tempering * Quenching	54250710.65	4	13562677.66	10.12	0
Austenitezing * Tempering * Quenching	10416929.27	8	1302116.16	0.971	0.47
Error	62990516.63	47	1340223.758		
Total	2.16E+90	74			
Corrected Total	284630848.1	73			

จากการวิเคราะห์ ANOVA วิเคราะห์ความสามารถในการคืนตัว ของเหล็ก ที่ค่านัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% สรุปได้ว่า

- 1) อุณหภูมิ Austenitezing มีอิทธิพลต่อค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก โดยจะแปรผกผันกับอุณหภูมิการทำ Austenitezing
- 2) อุณหภูมิ Tempering มีอิทธิพลต่อค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก กล่าวคือ อุณหภูมิในการทำ Tempering จะแปรผกผันกับค่า Modulus of Elasticity ของเหล็กของเหล็กถ้าอุณหภูมิในการทำ Tempering ต่ำค่า Modulus of Elasticity สูง
- 3) สารชุบหรือตัวกลางที่ใช้ในการชุบเหล็ก ได้แก่ น้ำ น้ำมัน ละน้ำเกลือ ที่มีอัตราการเย็นตัวต่างกัน มีผลต่อค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก กล่าวคือถ้าอัตราการเย็นตัวมีค่ามากก็จะให้ค่า Modulus

of Elasticity สูงหรือแปรผันตรงกับอัตราการเย็นตัว ดังนั้นเหล็กที่ชุบใน น้ำเกลือก็จะมีค่า Modulus of Elasticity สูงกว่าเหล็กที่ชุบใน น้ำ และน้ำมันตามลำดับ

4) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitezing อุณหภูมิ Tempering ไม่มีผลต่อค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก

5) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Austenitezing และ สารชุบ ไม่มีผลต่อ ค่า Modulus of Elasticity ของเหล็กของเหล็ก

6) อิทธิพลของ อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบ มีผลต่อค่า Modulus of Elasticityของเหล็ก

7) อุณหภูมิ Austenitezing อุณหภูมิ Tempering และ สารชุบทั้ง 3ปัจจัยนี้เมื่อนำมาพิจารณารวมกันแล้วจะไม่ส่งผลต่อค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก

4.6 การวิเคราะห์การถดถอย

4.6.1 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความแข็ง

ตารางที่ 4.20 การคำนวณสมการถดถอยของค่าความแข็ง Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.950 ^a	.902	.898	2.0684

ตารางที่ 4.21 การคำนวณสมการถดถอยของค่าความแข็ง Model Summary

Model	CHange Statistics				
	R Square CHange	F CHange	df1	df2	Sig. F CHange
1	.902	235.272	3	77	.000

ตารางที่ 4.22 แสดงตาราง Coefficients เป็นตารางที่แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงกับตัวแปรอิสระทีละตัว

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	125.929	5.293		23.790	.000
Austenitezing	-6.267E-02	.006	-.398	-11.132	.000
Tempering	-6.783E-02	.003	-.861	-24.099	.000
Quenching	.298	.281	.038	1.059	.293

เมื่อนำค่าในตารางความแข็งแรงในตารางที่ 4.1 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลดังตารางที่ 4.18 ถึง 4.20 และสามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95% ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = 125.929 - 0.06267 X_1 - 0.06783 X_2 + 0.298 X_3$$

โดยที่ Y = ค่าความแข็งแรงเฉลี่ย (HRC)

X_1 = ค่าของอุณหภูมิ Austenitezing ($^{\circ}\text{C}$)

X_2 = ค่าของอุณหภูมิ Tempering ($^{\circ}\text{C}$)

X_3 = ค่าของอัตราการเย็นตัวของสารชุบ (Quenching) ($^{\circ}\text{C/s}$)

4.6.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทก

ตารางที่ 4.23 การคำนวณถดถอยของค่าความทนต่อแรงกระแทก Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.906 ^a	.821	.811	63.6705

ตารางที่ 4.24 การคำนวณถดถอยของค่าความทนต่อแรงกระแทก Model Summary

Model	Change Statistics				
	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.821	76.655	3	50	.000

ตารางที่ 4.25 แสดงตาราง Coefficients เป็นตารางที่แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงกระแทกกับตัวแปรอิสระที่ละตัว

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-1974.161	207.585		-9.510	.000
Austenitezing	1.503	0.212	0.423	7.080	.000
Tempering	2.319	0.173	0.800	13.383	.000
Quenching	9.079	10.612	0.051	0.856	.396

เมื่อนำค่าในตารางค่าความทนต่อแรงกระแทก ในตารางที่ 4.2 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลดังตารางที่ 4.21 ถึง 4.23 และสามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95% ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = -1974.161 + 1.503 X_1 + 2.319 X_2 + 9.079 X_3$$

โดยที่ Y = ค่าความทนต่อแรงกระแทก (J/Cm²)

X₁ = ค่าของอุณหภูมิ Austenitezing (°C)

X₂ = ค่าของอุณหภูมิ Tempering (°C)

X₃ = ค่าของอัตราการเย็นตัวของสารชุบ (Quenching) (°C/s)

4.6.3 การคำนวณสมการถดถอยของค่าความทนต่อแรงดึง

ตารางที่ 4.26 การคำนวณค่าความทนต่อแรงดึง Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.802 ^a	.643	.628	121.1934

ตารางที่ 4.27 การคำนวณค่าความทนต่อแรงดึง Model Summary

Model	CHange Statistics					Durbin-Watson
	R Square	F CHange	df1	df2	Sig. F CHange	
1	.643	42.055	3	70	.000	1.737

ตารางที่ 4.28 แสดงตาราง Coefficients เป็นตารางที่แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับตัวแปรอิสระทีละตัว

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	3082.620	317.786		9.700	.000
Austenitezing	-1.412	0.336	-.300	-4.202	.000
Tempering	-1.804	0.174	-.743	-10.385	.000
Quenching	3.046	17.526	.012	0.174	.863

เมื่อนำค่าในตารางค่าความทนต่อแรงดึง ในตารางที่ 4.3 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลดังตารางที่ 4.24 ถึง 4.26 และสามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95% ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = 3082.620 - 1.412 X_1 - 1.804 X_2 + 3.046 X_3$$

โดยที่ Y = ค่าความทนต่อแรงดึง (MPa)

X_1 = ค่าของอุณหภูมิ Austenitezing ($^{\circ}\text{C}$)

X_2 = ค่าของอุณหภูมิ Tempering ($^{\circ}\text{C}$)

X_3 = ค่าของอัตราการเย็นตัวของสารชุบ (Quenching) ($^{\circ}\text{C/s}$)

4.6.4. การคำนวณสมการถดถอยของค่าเปอร์เซ็นต์การยืคตัว

ตารางที่ 4.29 การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยืคตัว Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.515 ^a	.265	.234	3.1406

ตารางที่ 4.30 การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว Model Summary^b

Model	CHange Statistics				
	R Square CHange	F CHange	df1	df2	Sig. F CHange
1	.265	8.431	3	70	.000

ตารางที่ 4.31 แสดงตาราง Coefficients เป็นตารางที่แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยึดตัวกับตัวแปรอิสระที่ละตัว

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	12.628	8.235		9.700	.130
Austenitezing	-3.077E-04	0.009	-.004	-4.202	.972
Tempering	1.837E-02	0.005	-.419	-10.385	.000
Quenching	-1.216	0.454	.012	-2.75	.009

เมื่อนำค่าในตารางค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวในตารางที่ 4.4 มาทำการวิเคราะห์ก็จะได้ผลดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.29 และสามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95% ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = 12.628 - 3.077E-04X_1 + 1.837E-02X_2 - 1.216X_3$$

โดยที่ Y = เปอร์เซนต์การยึดตัวเฉลี่ย

X_1 = ค่าของอุณหภูมิ Austenitezing ($^{\circ}$ C)

X_2 = ค่าของอุณหภูมิ Tempering ($^{\circ}$ C)

X_3 = ค่าของอัตราการเย็นตัวของสารชุบ (Quenching) ($^{\circ}$ C/s)

4.6.5 การคำนวณสมการถดถอยของค่า Modulus of Elasticity

ตารางที่ 4.32 การคำนวณสมการถดถอยของค่า Modulus of Elasticity Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.688 ^a	.474	.451	1462.9501

ตารางที่ 4.33 การคำนวณสมการถดถอยของค่า Modulus of Elasticity

Model	CHange Statistics				
	R Square CHange	F CHange	df1	df2	Sig. F CHange
1	.474	20.997	3	70	.000

ตารางที่ 4.34 แสดงตาราง Coefficients เป็นตารางที่แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่า Modulus of Elasticity กับตัวแปรอิสระที่ละตัว

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	21581.563	3836.061		5.626	.000
Austenitezing	-11.153	4.057	-.238	-2.749	.008
Tempering	-14.676	2.097	-.608	-7.00	.000
Quenching	443.974	211.565	.182	2.099	.039

เมื่อนำค่าในตารางค่า Modulus of Elasticity ในตารางที่ 4.4 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลดังตารางที่ 4.30 ถึง 4.32 และสามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95% ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = 21581.563 - 11.153 X_1 - 14.676 X_2 + 443.974 X_3$$

โดยที่ Y = Modulus of Elasticity

X_1 = ค่าของอุณหภูมิ Austenitezing ($^{\circ}\text{C}$)

X_2 = ค่าของอุณหภูมิ Tempering ($^{\circ}\text{C}$)

X_3 = ค่าของอัตราการเย็นตัวของสารชุบ (Quenching) ($^{\circ}\text{C/s}$)