

บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติเหล็ก AISI 1010 คือ การทดสอบค่าความแข็ง, ค่าความทนต่อแรงกระแทก, ความทนต่อแรงดึง, โมดูลัสความยืดหยุ่น และประมาณค่าคุณสมบัติจากสมการความสัมพันธ์ได้

4.1 ผลการทดสอบความแข็ง

ค่าความแข็งของชิ้นงานต่างๆ สามารถดูได้จาก ตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตัวอย่าง การคำนวณเพื่อหาค่าความแข็ง(HB) ของเหล็ก AISI 1010

ผลการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010 จำนวนทั้งหมด 10 ชิ้นโดยไม่ได้ผ่านการอบชุบดังนี้

ก้อนที่ 1 ได้ รอยกดที่ 1 $d_1=43$, $d_2=43$

รอยกดที่ 2 $d_1=41$, $d_2=41$

รอยกดที่ 3 $d_1=46$, $d_2=46$

(ค่ารอยกดจาก ภาคผนวก)

ขั้นตอนที่ 1 จากข้อมูลการทดสอบของเหล็ก AISI 1010 ก้อนที่ 1 บริเวณรอยกดที่ 1 มีขนาด $d_1=43, d_2=43$

หาค่า Z ได้จาก

$$Z = (43+43) / 2$$

$$Z = 43$$

หาค่า d (mm) ได้จาก

$$d = (Z/2)*0.0486$$

$$d = (43/2)*0.0486$$

$$d = 1.045 \text{ mm}$$

หาค่าความแข็ง(HB) ได้จาก

$$HB = 2P/\pi[D(D-\sqrt{D^2-d^2})]$$

โดยที่ $P = 187.5 \text{ Kg}$

$$D = 2.5 \text{ mm}$$

$$HB = (2*187.5)/((3.14*2.5)(2.5-\sqrt{2.5^2-1.045^2}))$$

$$HB = 207.18$$

ขั้นตอนที่ 2 จากข้อมูลการทดสอบของเหล็ก AISI 1010 ก้อนที่ 1 บริเวณรอยกดที่ 2 มีขนาด $d_1=41, d_2=41$

หาค่า Z ได้จาก

$$Z = (41+41) / 2$$

$$Z = 41$$

หาค่า d (mm) ได้จาก

$$d = (Z/2) * 0.0486$$

$$d = (41/2) * 0.0486$$

$$d = 0.996 \text{ mm}$$

หาค่าความแข็ง(HB) ได้จาก

$$HB = 2P / \pi [D(D - \sqrt{D^2 - d^2})]$$

โดยที่ $P = 187.5 \text{ Kg}$

$$D = 2.5 \text{ mm}$$

$$HB = (2 * 187.5) / (3.14 * 2.5) (2.5 - \sqrt{2.5^2 - 0.996^2})$$

$$HB = 227.41$$

ขั้นตอนที่ 3 จากข้อมูลการทดสอบของเหล็ก AISI 1010 ก้อนที่ 1 บริเวณรอยกดที่ 3 มีขนาด $d_1=46, d_2=46$

หาค่า Z ได้จาก

$$Z = (46+46) / 2$$

$$Z = 46$$

หาค่า d (mm) ได้จาก

$$d = (Z/2) * 0.0486$$

$$d = (46/2) * 0.0486$$

$$d = 1.118 \text{ mm}$$

หาค่าความแข็ง(HB) ได้จาก

$$HB = 2P / \pi [D(D - \sqrt{D^2 - d^2})]$$

โดยที่ $P = 187.5 \text{ Kg}$

$$D = 2.5 \text{ mm}$$

$$HB = (2 \times 187.5) / (3.14 \times 2.5) (2.5 - \sqrt{2.5^2 - 1.118^2})$$

$$HB = 187.50$$

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปใส่ในตารางที่ 4.3

วิธีทำ $(207.18 + 227.41 + 187.50) / 3 = 207.36$

สรุป เหล็ก AISI 1010 ก่อนที่ 1 มีค่าความแข็ง(HB) = 207.36

ดังนั้น เหล็ก AISI 1010 ก่อนที่ 2-10 ก็ใช้วิธีการคำนวณหาค่าความแข็ง(HB) เหมือนกันกับตัวอย่างข้างต้นนี้เช่นกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง
(หน่วย : HB) อบชุบแบบ Hardening

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	616.13	75.63	175.53
2	638.99	76.52	175.53
3	712.72	82.25	167.79
4	645.28	74.77	175.53
5	546.17	81.20	162.90
6	527.31	81.08	163.05
7	562.43	73.10	170.32
8	601.56	77.38	162.90
9	440.27	74.77	167.79
10	411.63	75.63	160.53
Average	570.25	77.23	233.44

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง

(หน่วย : HB) ออบรูปแบบ Annealing

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	285.75	66.15	149.61
2	239.18	62.56	149.36
3	260.51	58.58	145.63
4	251.40	60.53	145.27
5	242.64	60.53	147.38
6	260.86	64.04	151.59
7	247.02	60.51	154.21
8	247.02	65.42	149.88
9	226.96	63.28	155.92
10	247.02	64.66	145.27
Average	250.84	62.63	149.41

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง
(หน่วย : HB) ไม่ได้ผ่านการอบชุบ

Type ลำดับที่	AISI 1010	Aluminium	Brass
1	207.36	40.51	143.17
2	229.31	45.75	153.69
3	239.18	46.64	141.42
4	200.67	53.37	149.36
5	242.96	49.80	141.88
6	239.18	49.29	133.69
7	239.18	48.76	139.31
8	242.96	47.20	141.88
9	251.40	46.19	145.96
10	242.96	48.79	137.33
Average	233.44	47.63	142.77

4.2 ผลการทดสอบแรงกระแทก

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการทดสอบแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง $W_v(J)$

(หน่วย : J) ออบชุบแบบ Hardening

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	17.19	22.77	11.75
2	13.09	25.08	13.54
3	11.75	20.45	11.32
4	18.58	15.35	11.75
5	17.66	15.81	17.19
6	15.81	23.24	13.99
7	17.19	19.52	12.64
8	12.20	18.12	17.19
9	10.02	20.91	24.67
10	11.75	22.77	15.35
Average	14.52	20.40	14.94

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการทดสอบแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง $W_v(J)$
(หน่วย : J) อบชุบแบบ Annealing

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	46.11	32.15	27.81
2	46.95	39.65	27.36
3	46.24	45.98	29.58
4	46.35	46.35	26.45
5	46.24	43.63	27.81
6	46.95	45.98	27.36
7	46.24	39.65	26.45
8	46.11	32.15	29.58
9	46.35	46.35	27.81
10	46.95	32.15	29.58
Average	46.45	40.40	27.98

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการทดสอบแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง $W_v(J)$
(หน่วย : J) ไม่ได้ผ่านการอบชุบ

ลำดับที่ \ Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
1	47.04	43.33	25.08
2	47.08	35.38	36.51
3	47.08	46.56	30.01
4	47.08	38.66	31.73
5	47.13	47.04	32.15
6	47.08	43.33	36.51
7	47.13	47.04	31.73
8	47.04	35.38	25.08
9	47.13	46.55	32.15
10	47.08	38.66	30.01
Average	47.09	42.19	31.10

4.3 ผลการทดสอบแรงดึง

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการทดสอบแรงดึง ณ จุด Yield ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง (Mpa) ออบชุบแบบ Hardening

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	1049.98	371.51	566.03
2	1121.85	317.28	526.91
3	1153.14	350.43	664.67
4	1122.91	385.17	787.05
5	1075.23	410.23	707.55
6	1122.98	354.54	703.68
7	1133.73	345.63	713.20
8	1111.34	385.17	640.04
9	1138.50	399.49	690.13
10	1148.88	393.87	681.38
Average	1117.85	371.33	668.06

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Elongation (at tensile stress) ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม,
ทองเหลือง (mm) ออบชุบแบบ Hardening

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	6.81	5.06	8.64
2	7.00	4.14	9.28
3	7.15	4.69	10.16
4	7.07	4.75	11.23
5	6.91	4.90	10.74
6	7.07	4.83	10.59
7	7.08	4.06	10.99
8	6.99	4.75	9.99
9	7.11	5.47	10.40
10	7.14	4.90	10.29
Average	7.03	4.75	10.23

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง (Mpa)
 อบชุบแบบ Hardening

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	924.28	440.71	392.80
2	961.31	459.17	340.60
3	967.40	447.55	392.14
4	953.23	486.33	420.43
5	933.36	508.12	395.06
6	952.49	439.88	398.46
7	959.97	510.54	389.09
8	953.12	486.33	384.17
9	960.76	438.04	398.00
10	963.83	481.11	397.07
Average	952.97	469.78	390.78

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการทดสอบแรงดึง ณ จุด Yield ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม,
ทองเหลือง (Mpa) อบชุบแบบ Annealing

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	1056.08	182.44	643.19
2	855.74	194.77	632.96
3	920.04	186.95	637.78
4	857.73	171.30	644.09
5	857.75	188.94	654.01
6	920.05	204.72	690.45
7	935.26	172.23	661.25
8	896.97	198.35	638.05
9	1048.13	174.96	640.89
10	1055.37	211.85	647.97
Average	940.31	188.65	649.06

ตารางที่ 4.11 แสดงค่า Elongation (at tensile stress) ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม,
ทองเหลือง (mm) ออบชุบแบบ Annealing

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	8.73	7.92	11.06
2	5.66	6.36	10.21
3	6.96	8.18	10.96
4	6.85	7.83	11.06
5	6.86	8.23	12.86
6	6.96	8.38	15.07
7	6.98	7.53	12.91
8	6.91	8.31	10.99
9	8.73	7.90	11.04
10	8.73	8.49	12.49
Average	7.34	7.91	11.86

ตารางที่ 4.12 แสดงค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง (Mpa) อบอุ่นแบบ Annealing

Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
Temp.(°C) ลำดับที่	800	500	650
1	725.33	138.11	348.80
2	906.50	183.57	371.89
3	792.46	137.06	348.89
4	750.41	130.76	349.29
5	750.44	137.71	305.04
6	792.47	146.43	274.75
7	803.48	137.13	307.27
8	778.62	143.11	348.28
9	720.37	132.75	348.12
10	725.34	149.61	311.22
Average	774.54	143.62	331.35

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าการทดสอบแรงดึง ณ จุด Yield ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง (Mpa) ไม่ได้ผ่านการอบชุบ

ลำดับที่ \ Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
1	560.85	166.53	619.06
2	589.57	123.57	567.09
3	672.63	117.21	600.23
4	633.70	130.07	611.53
5	637.64	146.38	638.05
6	605.92	148.21	629.77
7	625.86	130.89	620.20
8	596.26	159.53	624.21
9	636.92	142.87	597.05
10	636.27	150.83	626.67
Average	619.56	141.61	613.39

ตารางที่ 4.14 แสดงค่า Elongation (at tensile stress) ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง (mm) แบบไม่ผ่านการอบชุบ

ลำดับที่ / Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
1	8.59	7.68	11.42
2	8.20	7.69	14.02
3	7.82	7.77	13.10
4	8.31	7.92	12.28
5	8.09	8.45	10.24
6	8.39	8.42	10.98
7	8.37	7.92	11.39
8	8.40	7.70	11.24
9	8.09	8.06	13.12
10	8.30	8.43	11.14
Average	8.26	8.00	11.89

ตารางที่ 4.15 แสดงค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง (Mpa) แบบไม่ได้ผ่านการอบชุบ

ลำดับที่ \ Type	AISI 1010	Aluminium	Brass
1	391.66	130.10	324.96
2	430.97	96.31	242.55
3	491.69	90.50	274.83
4	457.21	98.46	298.60
5	472.67	103.88	373.78
6	433.11	105.63	339.63
7	448.65	99.08	326.59
8	425.90	124.34	328.70
9	629.37	106.30	273.00
10	262.48	107.35	337.46
Average	444.37	106.20	312.01

4.4 โครงสร้างจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคของโลหะสามารถดูได้จากการจัดเรียงตัวของอะตอมของโลหะ ซึ่งการจัดเรียงตัวของอะตอมของโลหะจะถูกแบ่งแยกด้วยขอบเกรน และแต่ละเกรนจะสามารถบอกได้ถึง ความแข็งแรงของโลหะ เพราะถ้าเกรนมีขนาดเล็กแสดงว่ามีความแข็งแรง เพราะถ้าเกรนขนาดเล็ก ทำให้ตัว Dislocation ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้มาก และตัว Dislocation ก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ข้าม ขอบเกรนแต่ละเกรนได้ การเคลื่อนของตัว Dislocation ถ้ามีการเคลื่อนน้อยที่สุดก็จะทำให้โลหะมี ความแข็งแรงสูงขึ้นด้วย

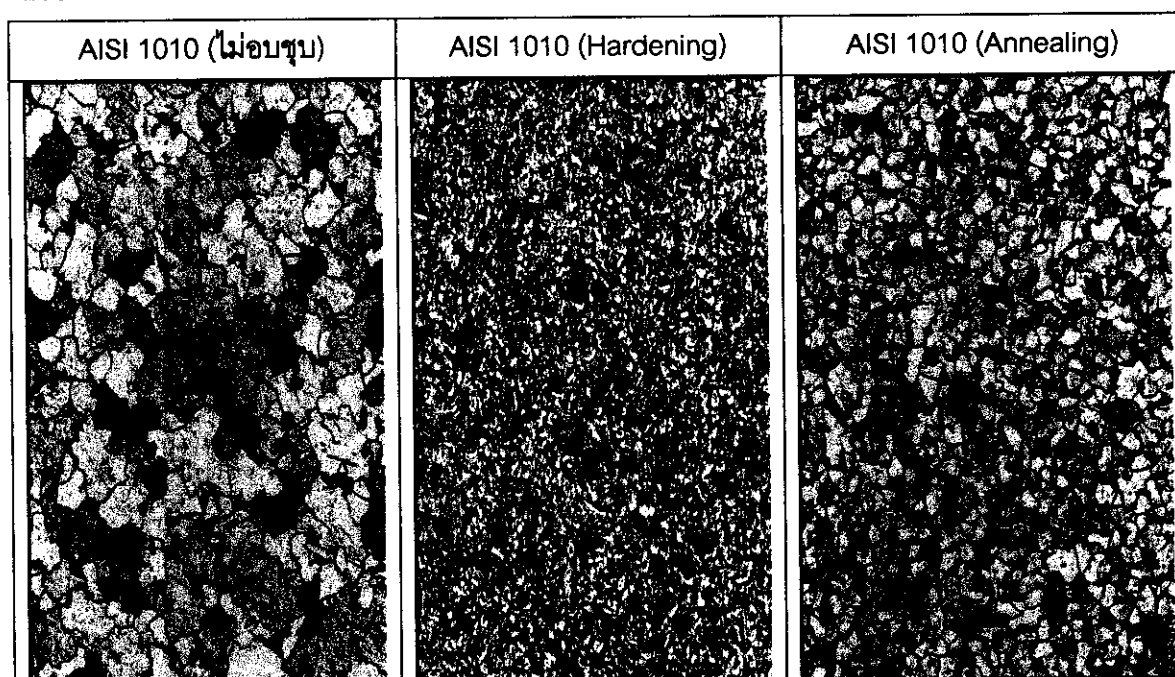
โครงสร้างจุลภาคที่ได้จากชิ้นงานการทดสอบความแข็งก่อนผ่านการอบชุบของเหล็ก AISI 1010 จำนวน 10 ชิ้น อลูมิเนียม (Aluminium) 10 ชิ้น และทองเหลือง (Brass)

โครงสร้างจุลภาคที่ได้จากชิ้นงานการทดสอบความแข็งหลังผ่านการอบชุบของเหล็ก AISI 1010 จำนวน 10 ชิ้น อลูมิเนียม (Aluminium) 10 ชิ้น และทองเหลือง (Brass)

เมื่อนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์จะได้ภาพดังรูปต่อไปนี้

4.4.1 เปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาค

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 1010 แบบไม่ผ่านการอบชุบ, อบชุบแบบ Hardening และอบชุบแบบAnnealing ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 800 °C ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

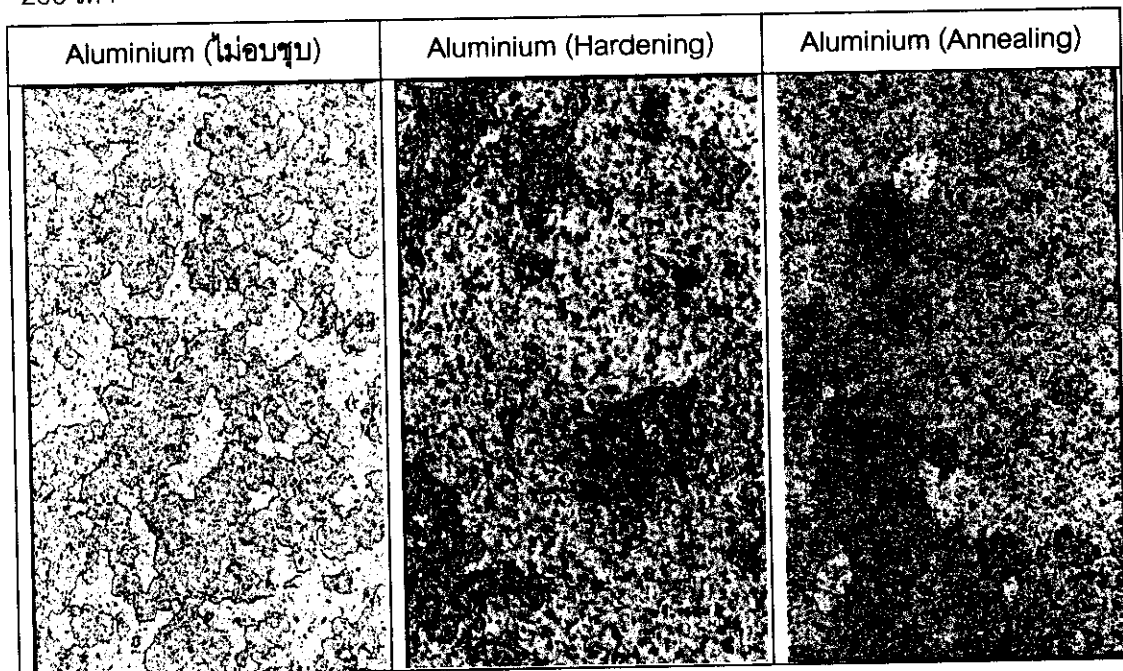


AISI 1010(ไม่ผ่านการอบชุบ) ใช้เวลากัดกรด 10 วินาที โครงสร้างเป็น เฟอร์ไรต์

AISI 1010 (Hardening) ใช้เวลากัดกรด 10 วินาที โครงสร้างเป็น ทุไรต์ เพราะจากรูป จะเห็นว่ามีส่วนประกอบ ของเฟอไรต์ คือส่วนสีดำจำนวนมาก ทุไรต์ คือ เฟอร์ไรต์ชนิดหนึ่งแต่ขนาดเกรนที่มีความละเอียด และเล็กมากกว่าโครงสร้างเฟอร์ไรต์ธรรมดาโครงสร้างทุไรต์ที่เห็นนี้เกิดขึ้นได้เพราะเหล็กAISI1010 ที่นำมาทดลองนี้มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนเท่ากับ 0.3 % แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีทางความร้อนแบบHardening ที่อุณหภูมิ 800 °C และทำให้เย็นตัวด้วยสารตัวกลาง คือ น้ำ

AISI 1010 (Annealing) ใช้เวลากัดกรด 10 วินาที โครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์ ผสมกับ เฟอร์ไรต์ เฟอร์ไรต์ คือ ส่วนสีดำ เฟอร์ไรต์คือส่วนสีขาว เหล็ก AISI 1010 ในรูปนี้ขนาดเกรนจะเล็กลงเพราะทำการอบชุบแบบ Annealingซึ่งเหล็ก AISI1010 แบบที่ไม่ได้ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อน โครงสร้างก็เป็นเฟอร์ไรต์แต่ขนาดเกรนจะใหญ่กว่า

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel Aluminium แบบไม่ผ่านการอบชุบ, อบชุบแบบ Hardening และอบชุบแบบAnnealing ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 500 °C ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

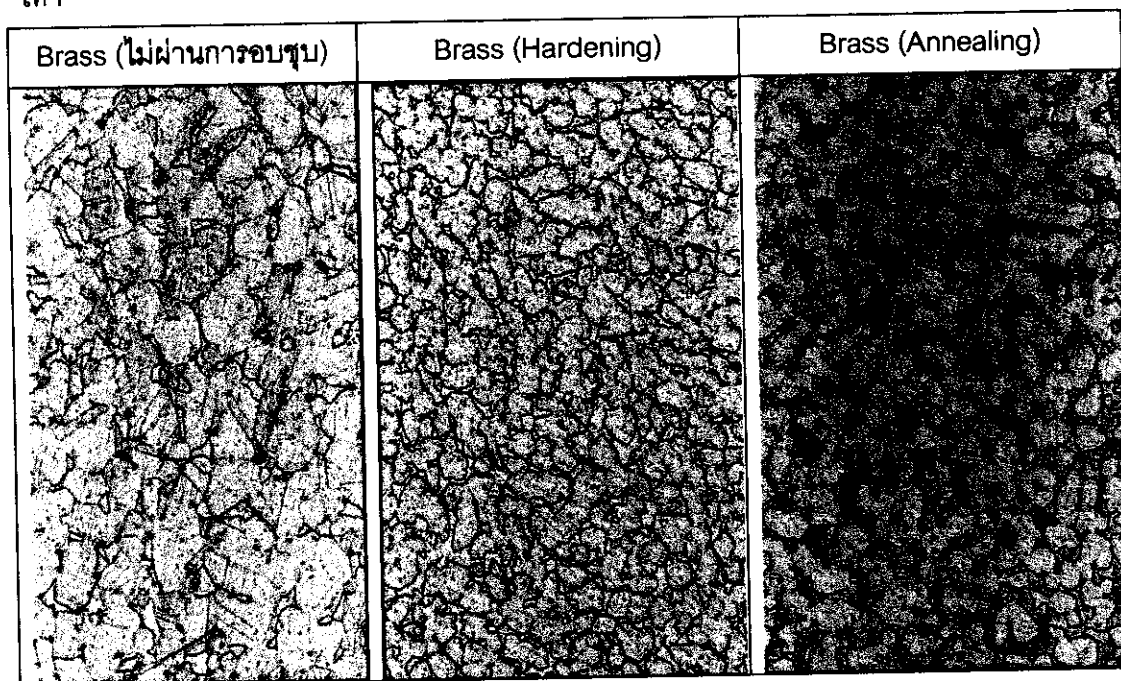


Aluminium (ไม่อบชุบ)ใช้เวลากัดกรด 34 วินาที โครงสร้างเป็นโครงสร้างเฉพาะของอะลูมิเนียม
Aluminium(Hardening) ใช้เวลากัดกรด 32 วินาที โครงสร้างเป็นโครงสร้างเฉพาะของอะลูมิเนียม ผสมกับโครงสร้างของแอลฟา และเบตา บริเวณที่เป็นโครงสร้างเบตาคือบริเวณจุดที่มีสีดำ ส่วน

บริเวณที่มีสีขาวเป็นโครงสร้างเฉพาะของอะลูมิเนียมและแอลฟา เมื่อผ่านการอบชุบแบบ Hardening จะมีบริเวณที่เป็นจุดสีดำหรือเรียกว่าโครงสร้างเบตา มีจำนวนมากกว่า อะลูมิเนียมที่ผ่านการอบชุบแบบ Annealing

Aluminium (Annealing) ใช้เวลากัดกรด 35 วินาที โครงสร้างเป็นโครงสร้างเฉพาะของอะลูมิเนียม ผสมกับโครงสร้างของแอลฟาและเบตา บริเวณที่เป็นโครงสร้างเบตา คือ บริเวณจุดที่มีสีดำ ส่วนบริเวณที่มีสีขาวเป็นโครงสร้างเฉพาะของอะลูมิเนียมและแอลฟา

รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel Brass แบบไม่ผ่านการอบชุบ, อบชุบแบบ Hardening และอบชุบแบบ Annealing ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 650 °C ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า



Brass (ไม่ผ่านการอบชุบ) ใช้เวลากัดกรด 19 วินาที โครงสร้างเป็นโครงสร้างเฉพาะของทองเหลือง

Brass (Hardening) ใช้เวลากัดกรด 18 วินาที โครงสร้างเป็นโครงสร้างเฉพาะของทองเหลืองผสมกับโครงสร้างของเหล็ก ซึ่งในทองเหลืองประกอบไปด้วยส่วนผสมระหว่าง Cu กับ Zn 30% และเป็นแบบ non-Ferrous บริเวณที่เป็นโครงสร้างของเหล็ก คือ บริเวณที่มีสีดำ ส่วนบริเวณที่มีสีเหลืองทั้งหมด เป็นโครงสร้างเฉพาะของทองเหลือง เมื่อผ่านการอบชุบแบบ Hardening จะมีบริเวณที่เป็นสีดำ หรือเรียกว่าโครงสร้างของ เหล็ก มีจำนวนมากกว่า ทองเหลืองที่ผ่านการอบชุบแบบ Annealing

Brass (Annealing) ใช้เวลาดักกรด 18 วินาที โครงสร้างเป็นโครงสร้างเฉพาะของทองเหลืองผสมกับโครงสร้างของเหล็ก ซึ่งในทองเหลืองประกอบไปด้วยส่วนผสมระหว่าง Cu กับ Zn บริเวณที่เป็นโครงสร้างของเหล็ก คือบริเวณที่มีสีดำ ส่วนบริเวณที่มีสีเหลืองทั้งหมด เป็นโครงสร้างเฉพาะของทองเหลือง เมื่อผ่านการอบชุบแบบ Annealing จะมีบริเวณที่เป็นสีดำ หรือเรียกว่าโครงสร้างของเหล็ก มีจำนวนน้อยกว่า ทองเหลืองที่ผ่านการอบชุบแบบ Hardening

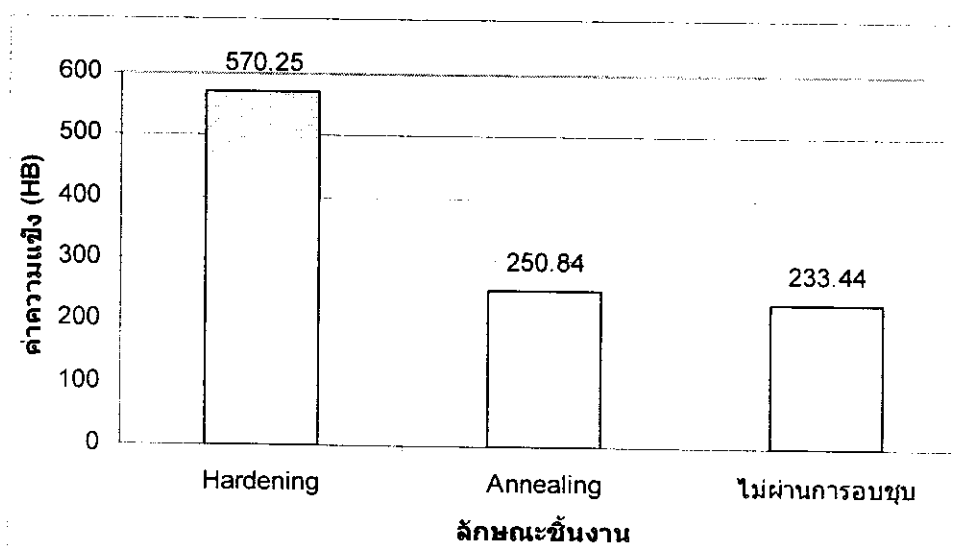
เปรียบเทียบขนาดของเกรนและรูปแบบของโครงสร้างทางจุลภาค เมื่อผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 800°C ของเหล็ก AISI 1010, 500°C ของอะลูมิเนียม (Aluminium) และ 650°C ของทองเหลือง (Brass) จะได้โครงสร้างที่เปลี่ยนไป เหล็ก AISI 1010 เมื่อผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแล้วแบบ Hardening ที่อุณหภูมิ 800°C เกรนจะมีขนาดเล็กลงกว่าเกรนของเหล็ก AISI1010 แบบที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบเพราะมีความแข็งมากขึ้น ส่วนอะลูมิเนียม (Aluminium) เมื่อผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ที่อุณหภูมิ 500°C เกรนจะมีขนาดเล็กลงกว่าเกรนของ อะลูมิเนียม (Aluminium) แบบที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบเพราะมีความแข็งมากขึ้น ส่วนทองเหลือง (Brass) เมื่อผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ที่อุณหภูมิ 650°C เกรนจะมีขนาดเล็กลงกว่าเกรนของ ทองเหลือง (Brass) แบบที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบเพราะมีความแข็งมากขึ้น

4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะแต่ละชนิด

เหล็กที่ทำการทดสอบได้แก่

1. AISI 1010
2. อะลูมิเนียม
3. ทองเหลือง

4.5.1 ค่าความแข็ง (Hardness) ของเหล็ก AISI 1010 (หน่วย: HB)



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็ง

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.4 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความแข็ง (Hardness) ของเหล็ก AISI 1010 จะเพิ่มขึ้นดังนี้

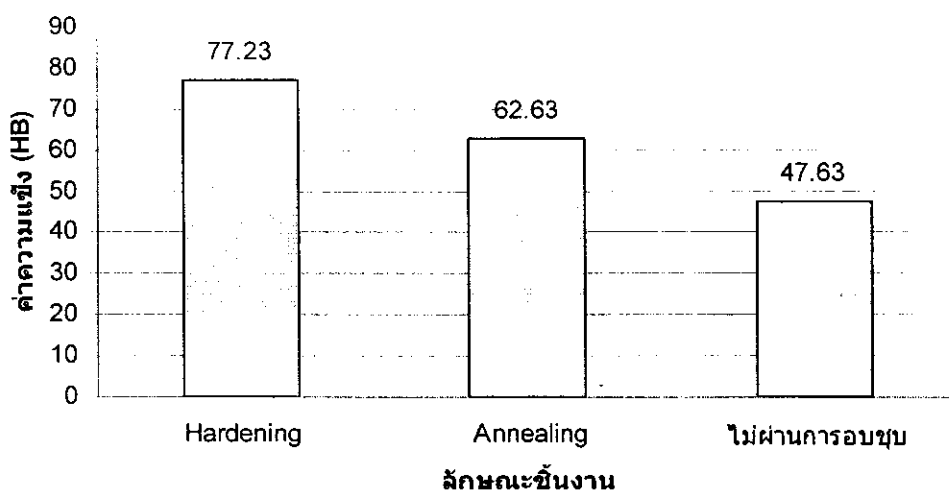
ค่าความแข็ง (Hardness) ของเหล็ก AISI 1010 ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 233.44 HB

ค่าความแข็ง (Hardness) ของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Annealing = 250.84 HB

ค่าความแข็ง (Hardness) ของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Hardening = 570.25 HB

เพราะว่า การทำกรรมวิธีทางความร้อนสามารถเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของโลหะได้ ขึ้นอยู่ที่ว่าจะใช้กรรมวิธีทางความร้อนแบบใด แต่จะเห็นได้ว่าการใช้การอบชุบแบบ Hardening จะได้คุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งมากที่สุด

4.5.2 ค่าความแข็ง (Hardness) ของอะลูมิเนียม (Aluminium)



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของอะลูมิเนียม

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.5 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความแข็งของ Aluminium

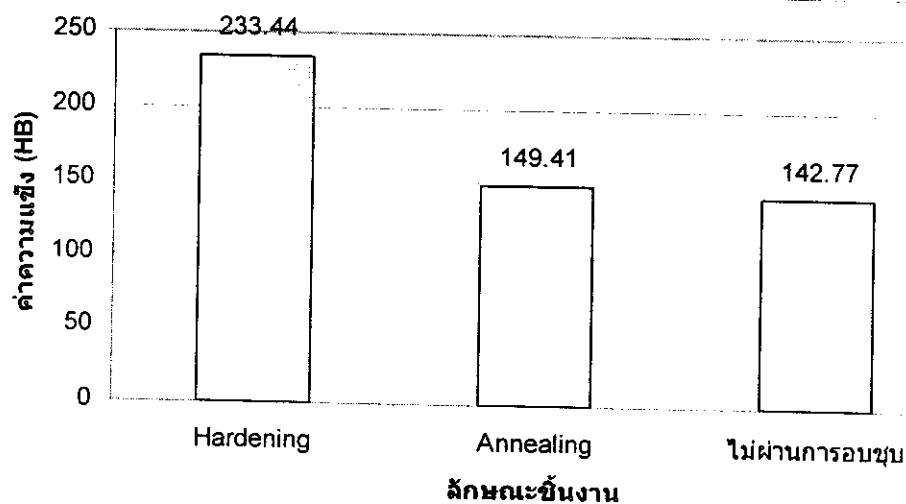
ค่าความแข็ง (Hardness) ของ Aluminium ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 47.63 HB

ค่าความแข็ง (Hardness) ของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Annealing = 62.63 HB

ค่าความแข็ง (Hardness) ของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Hardening = 77.23 HB

เพราะว่า การทำกรรมวิธีทางความร้อนสามารถเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของโลหะได้ ขึ้นอยู่ที่ว่าจะใช้กรรมวิธีทางความร้อนแบบใด แต่จะเห็นได้ว่าการใช้การอบชุบแบบ Hardening จะได้คุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งมากที่สุด

4.5.3 ค่าความแข็ง (Hardness) ของทองเหลือง (Brass)



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของ ทองเหลือง

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.6 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความแข็ง (Hardness) ของทองเหลือง

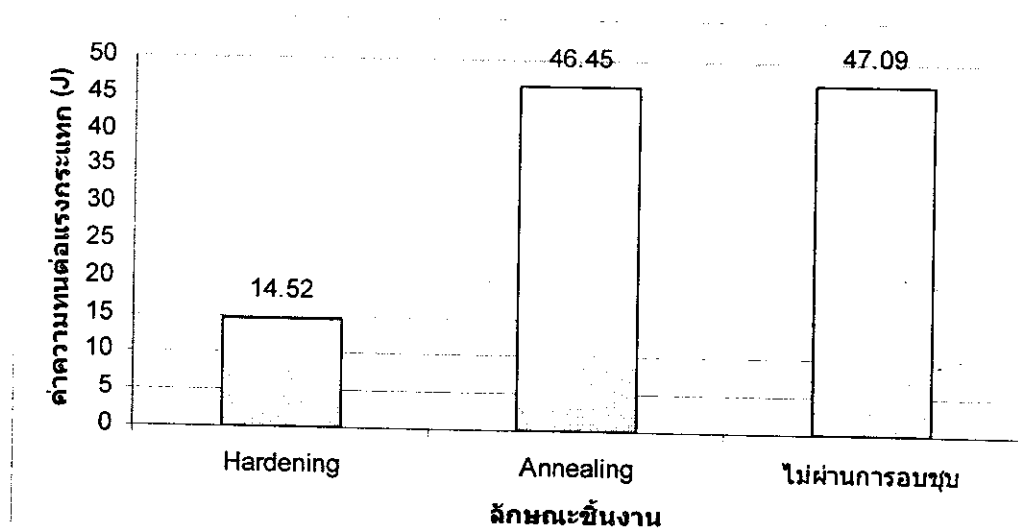
ค่าความแข็ง (Hardness) ของ Brass ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 142.77 HB

ค่าความแข็ง (Hardness) ของ Brass ที่อบชุบแบบ Annealing = 149.41 HB

ค่าความแข็ง (Hardness) ของ Brass ที่อบชุบแบบ Hardening = 233.44 HB

เพราะว่า การทำกรรมวิธีทางความร้อนสามารถเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของโลหะได้ ขึ้นอยู่ที่ว่าจะใช้กรรมวิธีทางความร้อนแบบใด แต่จะเห็นได้ว่าการใช้การอบชุบแบบ Hardening จะได้คุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งมากที่สุด

4.5.4 ค่าความทนต่อแรงกระแทก ของเหล็ก AISI 1010



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.7 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010

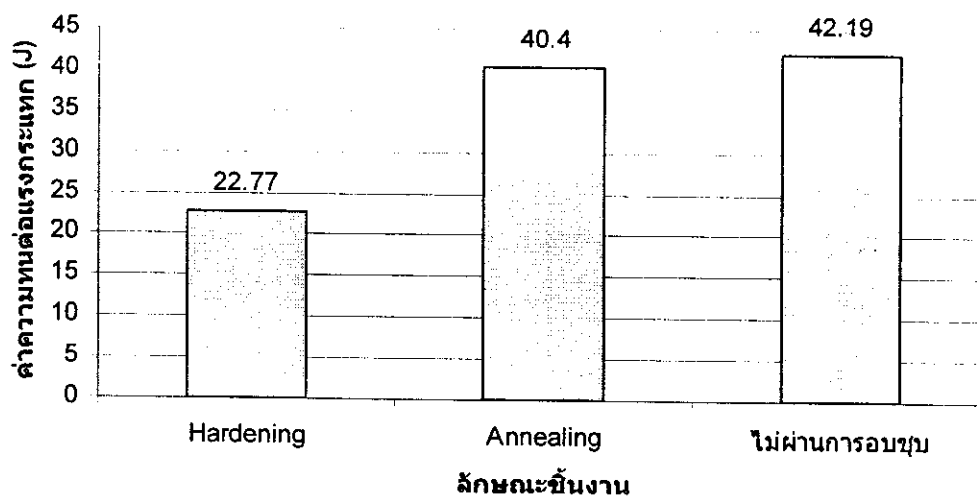
ค่าความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010 ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 47.09 จูล

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Annealing = 46.45 จูล

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Hardening = 14.52 จูล

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทกนั้นน้อยลง เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งเปราะแตกหักได้ง่ายขึ้นจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.5 ค่าความทนต่อแรงกระแทก ของอะลูมิเนียม (Aluminium)



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงกระแทกของอะลูมิเนียม

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.8 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Aluminium

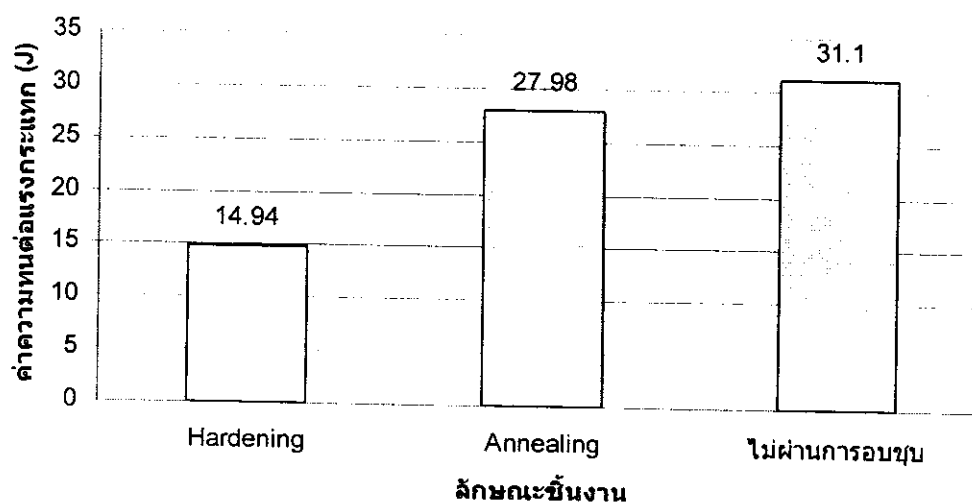
ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Aluminium ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 42.19 จูล

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Annealing = 40.40 จูล

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Hardening = 20.40 จูล

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทกนั้นน้อยลง เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งเปราะแตกหักได้ง่ายขึ้นจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.6 ค่าความทนต่อแรงกระแทก ของทองเหลือง (Brass)



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงกระแทกของ ทองเหลือง

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.9 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้ว

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของทองเหลือง

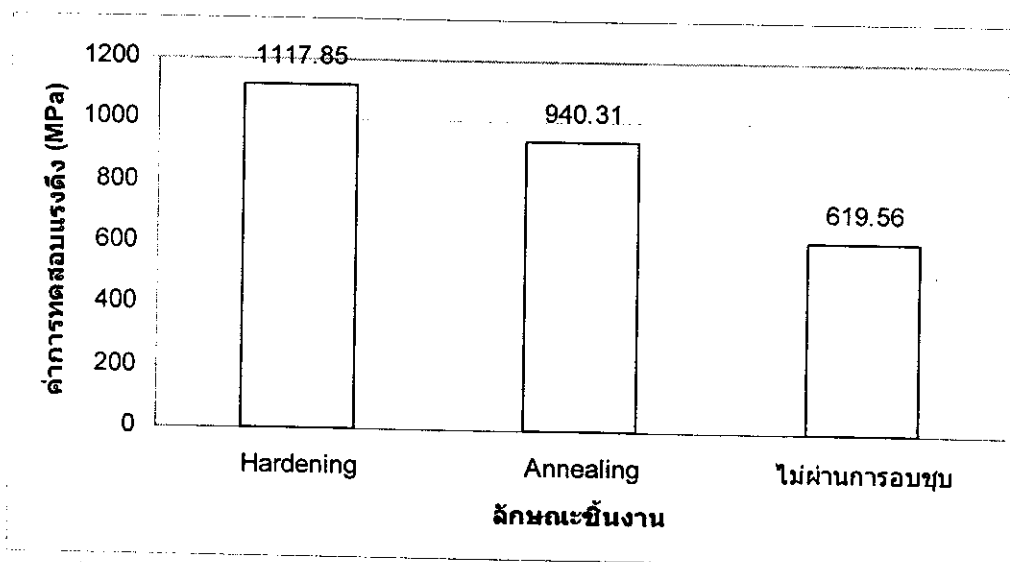
ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Brass ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 31.10 จูล

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Brass ที่อบชุบแบบ Annealing = 27.98 จูล

ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ Brass ที่อบชุบแบบ Hardening = 14.94 จูล

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทกนั้นน้อยลง เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งเปราะแตกหักได้ง่ายขึ้นจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.7 ค่าความทนต่อแรงดึง ของเหล็ก AISI 1010



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของเหล็ก AISI 1010

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.10 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความทนต่อแรงดึงของเหล็ก AISI 1010

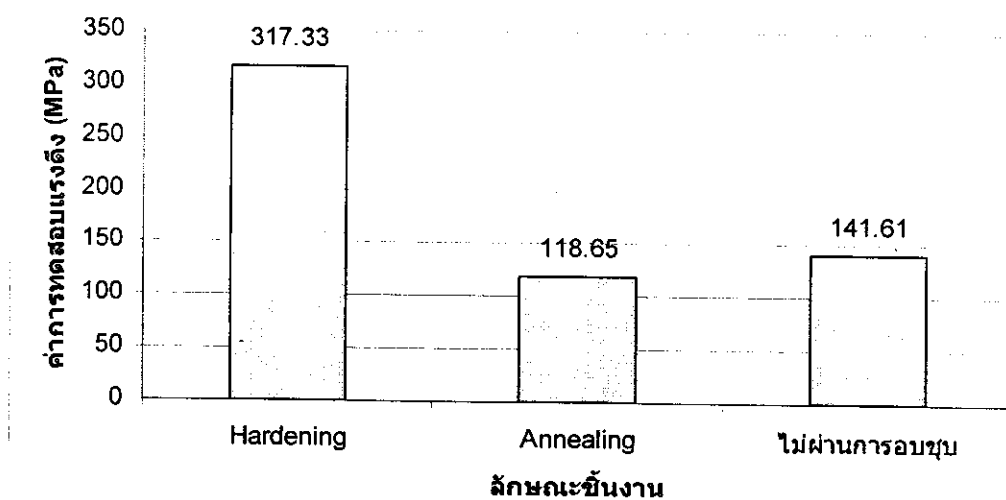
ค่าความทนต่อแรงดึงของเหล็ก AISI 1010 ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 619.56 MPa

ค่าความทนต่อแรงดึงของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Annealing = 940.31 MPa

ค่าความทนต่อแรงดึงของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Hardening = 1117.85 MPa

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงดึงมากขึ้นด้วย เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงให้ขาดได้ยากขึ้นจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.8 ค่าความทนต่อแรงดึง ของอะลูมิเนียม (Aluminium)



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของ อะลูมิเนียม

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.11 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความทนต่อแรงดึงของ Aluminium

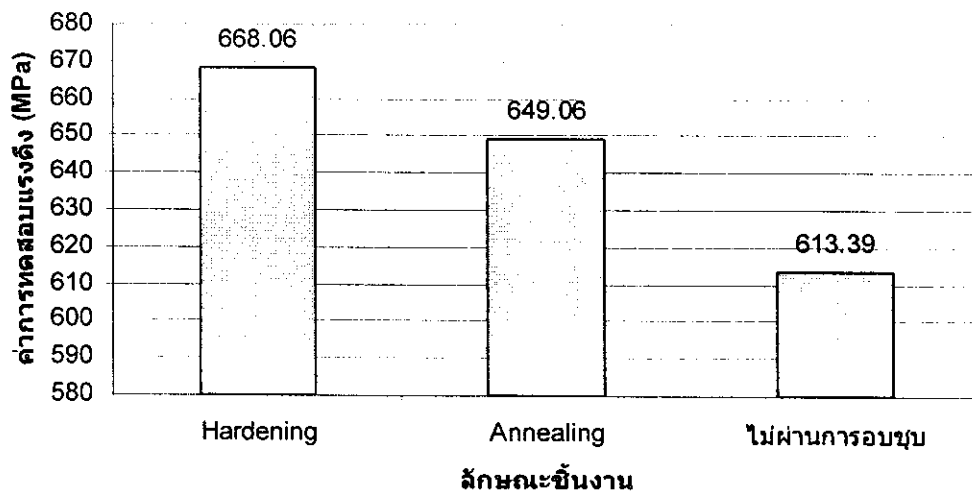
ค่าความทนต่อแรงดึงของ Aluminium ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 141.61 MPa

ค่าความทนต่อแรงดึงของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Annealing = 118.65 MPa

ค่าความทนต่อแรงดึงของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Hardening = 371.33 MPa

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงดึงมากขึ้นด้วย เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงให้ขาดได้ยากขึ้นจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.9 ค่าความทนต่อแรงดึง ของ ทองเหลือง (Brass)



รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของ ทองเหลือง

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.12 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความทนต่อแรงดึงของทองเหลือง

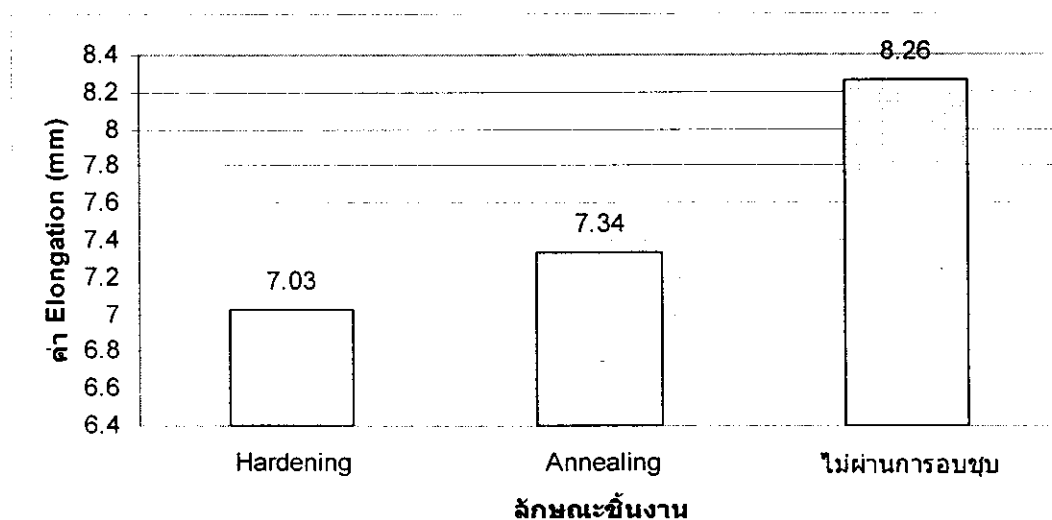
ค่าความทนต่อแรงดึงของ Brass ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 613.39 MPa

ค่าความทนต่อแรงดึงของ Brass ที่อบชุบแบบ Annealing = 649.06 MPa

ค่าความทนต่อแรงดึงของ Brass ที่อบชุบแบบ Hardening = 668.06 MPa

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงดึงมากขึ้นด้วย เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงให้ขาดได้ยากขึ้นจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.10 ค่าความทดสอบการยืดตัว (Elongation) ของเหล็ก AISI 1010



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบการยืดตัวของเหล็ก AISI 1010

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.13 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าการยืดตัว Elongation (at tensile stress) ของเหล็ก AISI 1010

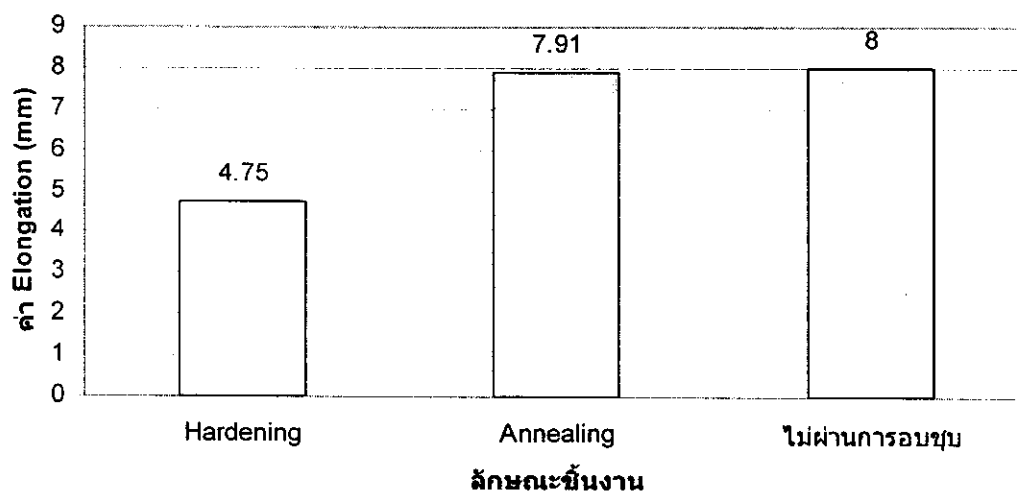
ค่าการยืดตัว (Elongation) ของเหล็ก AISI 1010 ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 8.26 mm

ค่าการยืดตัว (Elongation) ของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Annealing = 7.34 mm

ค่าการยืดตัว (Elongation) ของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Hardening = 7.03 mm

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านการยืดตัวของเหล็กนั้นน้อยลง เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งเปราะแตกหักได้ง่าย จึงทำให้การยืดตัวของเหล็กเมื่อทำการดึงได้ระยะที่น้อยลงจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.11 ค่าความทดสอบการยืดตัว (Elongation) ของอะลูมิเนียม (Aluminium)



รูปที่ 4.14 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบการยืดตัวของ อะลูมิเนียม

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.14 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าการยืดตัว

Elongation (at tensile stress) ของ Aluminium

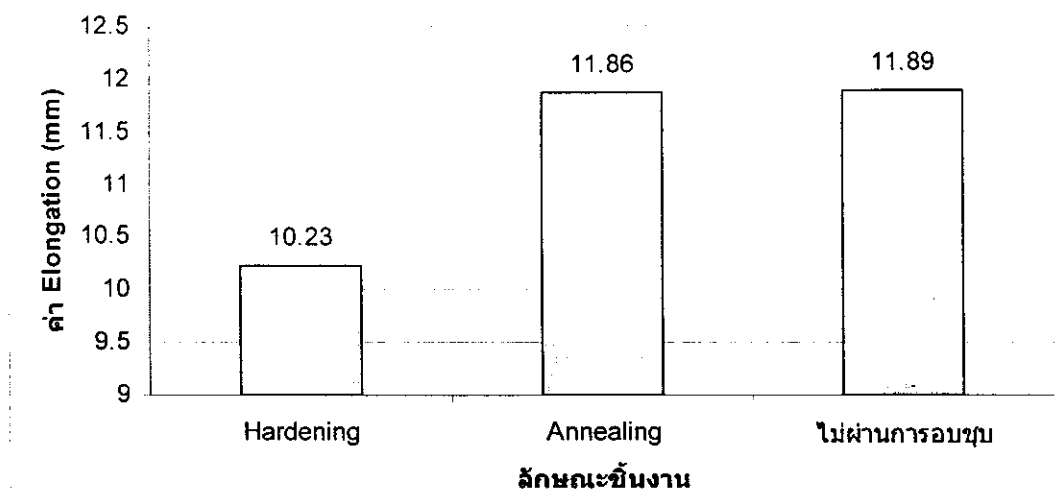
ค่าการยืดตัว (Elongation) ของ Aluminium ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 8.00 mm

ค่าการยืดตัว (Elongation) ของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Annealing = 7.91 mm

ค่าการยืดตัว (Elongation) ของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Hardening = 4.75 mm

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านการยืดตัวของเหล็กนั้นน้อยลง เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งเปราะแตกหักได้ง่าย จึงทำให้การยืดตัวของเหล็กเมื่อทำการดึงได้ระยะที่น้อยลงจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.12 ค่าความทดสอบการยืดตัว (Elongation) ของทองเหลือง (Brass)



รูปที่ 4.15 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบการยืดตัวของ ทองเหลือง

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.15 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าการยืดตัว

Elongation (at tensile stress) ของทองเหลือง

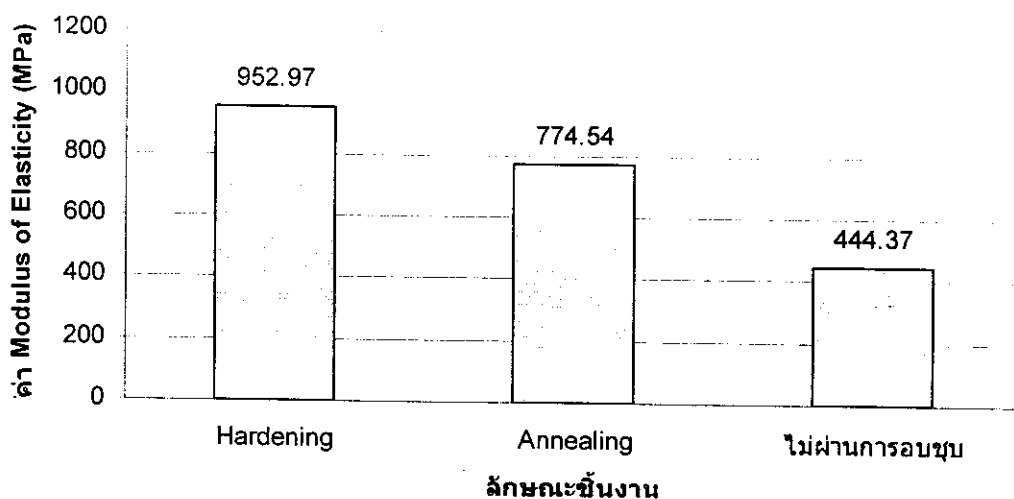
ค่าการยืดตัว (Elongation) ของ Brass ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ = 11.89 mm

ค่าการยืดตัว (Elongation) ของ Brass ที่อบชุบแบบ Annealing = 11.86 mm

ค่าการยืดตัว (Elongation) ของ Brass ที่อบชุบแบบ Hardening = 10.23 mm

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านการยืดตัวของเหล็กนั้นน้อยลง เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งเปราะแตกหักได้ง่าย จึงทำให้การยืดตัวของเหล็กเมื่อทำการดึงได้ระยะที่น้อยลงจึงได้ค่าดังแผนภูมิ

4.5.13 ค่าความทดสอบความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก AISI 1010



รูปที่ 4.16 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1010

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.16 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก AISI 1010

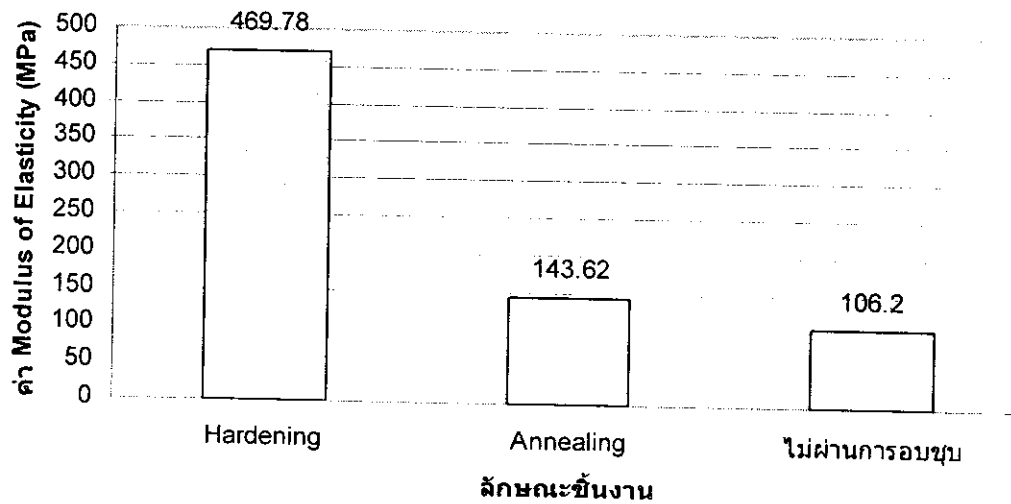
ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก AISI 1010 ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ
= 444.37 MPa

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Annealing
= 774.54 MPa

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก AISI 1010 ที่อบชุบแบบ Hardening
= 952.97 MPa

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านการยืดหยุ่นของเหล็กนั้นมากขึ้นด้วย เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงได้ยาก เหมือนกับว่ามีแรงสปริงดึงด้านไว้ จึงทำให้การยืดหยุ่นของเหล็กเมื่อทำการดึงมีค่ามากดังแผนภูมิ

4.5.14 ค่าความทดสอบความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของอะลูมิเนียม



รูปที่ 4.17 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบความยืดหยุ่นของ อะลูมิเนียม

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.17 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Aluminium

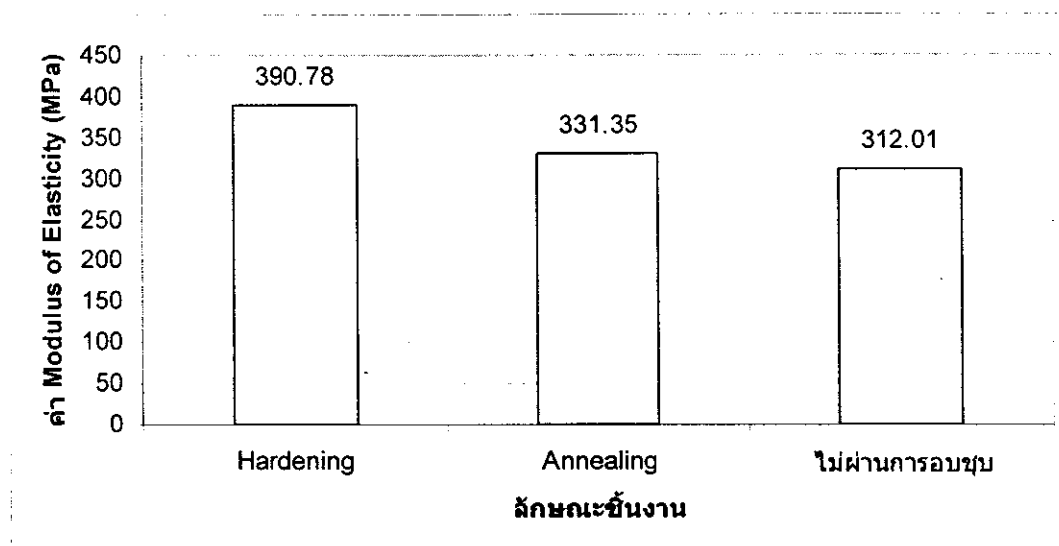
ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Aluminium ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ
= 106.20 MPa

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Annealing
= 143.62 MPa

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Aluminium ที่อบชุบแบบ Hardening
= 469.78 MPa

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านการยืดหยุ่นของเหล็กนั้นมากขึ้นด้วย เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงได้ยาก เหมือนกับว่ามีแรงสปริงดึงด้านไว้ จึงทำให้การยืดหยุ่นของเหล็กเมื่อทำการดึงมีค่ามากดังแผนภูมิ

4.5.15 ค่าความทดสอบความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของทองเหลือง (Brass)



รูปที่ 4.18 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบความยืดหยุ่นของทองเหลือง

จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.18 เมื่อผ่านการอบชุบทางกรรมวิธีทางความร้อนแล้วค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของทองเหลือง

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Brass ที่ไม่ได้ผ่านการอบชุบ

=312.01 MPa

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Brass ที่อบชุบแบบ Annealing

=331.35 MPa

ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของ Brass ที่อบชุบแบบ Hardening

=390.78 MPa

เพราะว่า การทำการอบชุบแบบ Hardening และ Annealing จะได้คุณสมบัติด้านความแข็งมากขึ้นจึงทำให้คุณสมบัติด้านการยืดหยุ่นของเหล็กนั้นมากขึ้นด้วย เนื่องจากยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงได้ยาก เหมือนกับว่ามีแรงสปริงดึงต้านไว้ จึงทำให้การยืดหยุ่นของเหล็กเมื่อทำการดึงมีค่ามากดังแผนภูมิ