

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการ และเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)	2
1.5 ขอบเขตของการดำเนินโครงการ	2
1.6 วิธีการดำเนินโครงการ	2
1.7 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินโครงการและรวบรวมข้อมูล	2
1.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 แผนภูมิสมดุลงเหล็ก กับเหล็กคาร์ไบด์ (Iron – Iron Carbide Diagram)	4
2.2 กรรมวิธีทางความร้อน	5
2.3 การศึกษาโครงสร้างจากแผนภูมิสมดุลงเหล็กกับเหล็กคาร์บอน	8
2.4 คุณสมบัติเชิงกล	21
2.5 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microscope)	33
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	41
3.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ	41
3.2 จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการตรวจสอบ	43
3.3 กรรมวิธีทางความร้อนที่ใช้กับโลหะที่นำมาทดสอบ	44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง	45
4.1 ผลการทดสอบความแข็ง	45
4.2 ผลการทดสอบแรงกระแทก	50
4.3 ผลการทดสอบแรงดึง	53
4.4 โครงสร้างจุลภาค	62
4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะแต่ละชนิด	66
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลโครงงาน	81
5.1 คุณสมบัติเชิงกล	81
5.2 โครงสร้างจุลภาค	82
5.3 สรุปการวิเคราะห์ผล	83
5.4 ปัญหาข้อเสนอนแนะ	89
เอกสารอ้างอิง	90
ภาคผนวก	
ประวัติผู้วิจัย	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิสมมูลเหล็กกับเหล็กคาร์บอน	6
2.2 โครงสร้างเลเดบไนต์	9
2.3 โครงสร้างจุลภาคแบบเฟอร์ไรต์	10
2.4 โครงสร้างจุลภาคแบบเพิร์ลไลต์	11
2.5 โครงสร้างจุลภาคแบบซีเมนไทต์แบบตาข่าย	13
2.6 โครงสร้างจุลภาคแบบซีเมนไทต์ก้อนกลม	14
2.7 โครงสร้างจุลภาคแบบเฟอร์ไรต์และเพิร์ลไลต์	15
2.8 โครงสร้างจุลภาคแบบมาเทนไซต์	17
2.9 การอบชุบเหล็กกล้าเพื่อให้ได้โครงสร้างแบบเบนไนต์	18
2.10 โครงสร้างจุลภาคของเบนไนต์แบบเข็มหรือ โลเวอร์เบนไนต์	19
2.11 ความสัมพันธ์ของการเกิดออสเทนไนต์ตกค้าง	20
2.12 ลักษณะรูปร่างของชิ้นงานทดสอบ	24
2.13 ตัวอย่างประเภทของรอยแตกหักของชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าชนิดต่างๆ	24
2.14 แผนภาพความต้านแรงกระแทก	25
2.15 เส้นโค้ง ak-T ของเหล็กกล้าไม่เจือ	26
2.16 รอยแตกจากการตีกระแทกที่อุณหภูมิต่างกัน วัสดุ St 37	26
2.17 แสดงแบบต่างๆ ของรอยแตกหัก	27
2.18 ขนาดมาตรฐานในการทดสอบชิ้นงาน ทดสอบแบบชาร์ปี	
ตาม ISO 83 – 1976 (E)	27
2.19 ตัวอย่างการนำชิ้นงานทดสอบด้วยการกระแทก	
และแรงดึงจากหัวโรเตอร์ เฮลิคอปเตอร์	28
2.20 ชิ้นทดสอบความต้านแรงดึง	29
2.21 เส้นโค้งของแรงดึงอัตราการยืดตัวในช่วง 0.2%	31
2.22 แผนภาพความต้านแรงดึง – ความยืด	32

สารบัญรูป (ต่อ)

3.1 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่ใช้ทดสอบความแข็ง และการศึกษาโครงสร้างจุลภาค (ตามมาตรฐาน ASTM – 370)	41
3.2 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่ใช้ทดสอบความทนต่อแรงกระแทก (ตามมาตรฐาน ASTM – 370)	42
3.3 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่ใช้ทดสอบความทนต่อแรงดึง	42
4.1 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 1010 แบบไม่ผ่านการอบชุบ, อบชุบแบบ Hardening และอบชุบแบบAnnealing ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 800 °C ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า	62
4.2 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel Aluminium แบบไม่ผ่าน การอบชุบ, อบชุบแบบ Hardening และอบชุบแบบAnnealing ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 500 °C ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า	63
4.3 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel Brass แบบไม่ผ่านการอบชุบ, อบชุบแบบ Hardening และอบชุบแบบAnnealing ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 650 °C ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า	64
4.4 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของเหล็ก AISI 1010	66
4.5 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของเหล็ก อะลูมิเนียม	67
4.6 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของเหล็ก ทองเหลือง	67
4.7 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010	69
4.8 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก อะลูมิเนียม	70
4.9 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงกระแทกของเหล็ก ทองเหลือง	71
4.10 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของเหล็ก AISI 1010	72
4.11 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของเหล็ก อะลูมิเนียม	73
4.12 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของเหล็ก ทองเหลือง	74
4.13 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบการยืดตัวของเหล็ก AISI 1010	75
4.14 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบการยืดตัวของเหล็ก อะลูมิเนียม	76
4.15 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบการยืดตัวของเหล็ก ทองเหลือง	77
4.16 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1010	78
4.17 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบความยืดหยุ่นของเหล็กอะลูมิเนียม	79
4.18 แผนภูมิแสดงคุณสมบัติเชิงกลด้านความทดสอบความยืดหยุ่นของเหล็กทองเหลือง	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหวักดกับน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ (load) และความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางหวักด	23
2.2 แสดงวิธีการกัดผิวงาน	35
2.3 แสดงรายละเอียดของน้ำยากัดชิ้นงานทดสอบที่เป็นโลหะ	36
3.1 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ทดสอบแรงดึง (ตามมาตรฐาน ASTM – 370)	43
3.2 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ทดสอบแรงกระแทก (ตามมาตรฐาน ASTM – 370)	43
3.3 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ทดสอบความแข็ง และโครงสร้างจุลภาค (ตามมาตรฐาน ASTM – 370)	43
4.1 แสดงค่าการทดสอบความแข็ง ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง	47
4.2 แสดงค่าการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง	48
4.3 แสดงค่าการทดสอบความแข็งของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง	49
4.4 แสดงค่าการทดสอบแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง W _V (J)	50
4.5 แสดงค่าการทดสอบแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง	51
4.6 แสดงค่าการทดสอบแรงกระแทกของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง	52
4.7 แสดงค่าการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ตามอุณหภูมิการอบชุบ ค่า Yield strength	53
4.8 แสดงค่าการทดสอบแรงดึง ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ตามอุณหภูมิการอบชุบ ค่า Elongation	54
4.9 แสดงค่าการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ตามอุณหภูมิการอบชุบ ค่า Modulus of Elasticity	55
4.10 แสดงค่าการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ตามอุณหภูมิการอบชุบ ค่า Yield strength	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.11 แสดงค่าการทดสอบแรงดึง ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ตามอุณหภูมิการอบชุบ ค่า Elongation	57
4.12 แสดงค่าการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ตามอุณหภูมิการอบชุบ ค่า Modulus of Elasticity	58
4.13 แสดงค่าการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ค่า Yield strength	59
4.14 แสดงค่าการทดสอบแรงดึง ของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ค่า Elongation	60
4.15 แสดงค่าการทดสอบแรงดึงของเหล็ก AISI 1010, อลูมิเนียม, ทองเหลือง ค่า Modulus of Elasticity	61