

2020/18

สารบัญ

2020/16

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย
Abstract
กิตติกรรมประกาศ

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หัวข้อโครงการ

1.2 อาจารย์ที่ปรึกษา

1.3 หลักการและเหตุผล

1.4 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.5 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

1.6 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.7 ขอบเขต

1.8 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

1.9 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

1.10 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart) ทุก 2 อาทิตย์

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 โครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 การอบชุบ (Heat Treatment)

2.3 สารชุบ (Quenching Medium)

2.4 ความแข็ง (Hardness)

2.5 ความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength)

2.6 การทดสอบความต้านแรงดึง (Tensile test)

2.7 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microscope)

2.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

2.9 การถดถอยเชิงเส้นและสหพันธ์ (Linear Regression and Correlation)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
3.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ	36
3.2 จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ	38
3.3 การอบชุบชิ้นงานตามอุณหภูมิที่วางไว้	39
3.4 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค	40
3.5 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล	41
3.6 ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการคำนวณทางสถิติ	44
บทที่ 4 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง	45
4.1 การทดสอบความแข็ง	45
4.2 การทดสอบแรงกระแทก	47
4.3 การทดสอบแรงดึง	49
4.3.1 ค่าความทนต่อแรงดึง	49
4.3.2 เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	51
4.3.3 โมดูลัสความยืดหยุ่น	52
4.4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค	54
4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	57
4.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความแข็ง	57
4.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความทนต่อแรงกระแทก	58
4.5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความทนต่อแรงดึง	60
4.5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	61
4.5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น	63
4.6 การวิเคราะห์การถดถอย	64
4.6.1 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าความแข็ง	64
4.6.2 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าความทนต่อแรงกระแทก	66
4.6.3 การคำนวณสมการถดถอยของค่าความทนต่อแรงดึง	68
4.6.4 การคำนวณสมการถดถอยของค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	70
4.6.5 การคำนวณสมการถดถอยของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	75
5.1 คุณสมบัติเชิงกล	75
5.1.1 ความแข็ง	75
5.1.2 ความทนต่อแรงกระแทก	75
5.1.3 ความทนต่อแรงดึง	75
5.1.4 เปอร์เซ็นต์การยืดตัว	76
5.1.5 โมดูลัสความยืดหยุ่น	76
5.2 โครงสร้างจุลภาค	76
5.3 ปัญหาข้อเสนอแนะ	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างห้วงดกับน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ (load) และความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางห้วงด	12'
2.2 แสดงวิธีการกัดผิวงาน	25
2.3 รายละเอียดของน้ำยากัดขึ้นทดสอบที่เป็นเหล็ก	26
2.4 แสดงการทดลองประเภทวิเคราะห์ปัจจัยเดียว (experiments with single factor)	28
2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว	29
2.6 แสดงการทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง	30
2.7 ตาราง ANOVA	31
2.8 การประมาณค่าความแปรปรวนของ β	35
4.1 แสดงค่าการทดสอบความแข็งเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : HB)	45
4.2 แสดงค่าความทนต่อแรงกระแทกเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : J)	47
4.3 แสดงค่าความทนต่อแรงดึง ณ จุด Yield ของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : Mpa)	49
4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : mm)	51
4.5 แสดงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : Mpa)	52
4.6 แสดงการเปรียบเทียบ Microstructure of steel AISI 1045 ตามอุณหภูมิอบคืนตัว	56
4.7 แสดงค่าความแข็งที่อุณหภูมิต่างๆ	57
4.8 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าความแข็ง	58
4.9 แสดงค่าความทนต่อแรงกระแทกเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : J)	58
4.10 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าความทนต่อแรงกระแทก	59
4.11 แสดงค่าความทนต่อแรงดึง ณ จุด Yield ของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : Mpa)	60
4.12 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ที่ใช้วิเคราะห์ค่าความทนต่อแรงดึง	60
4.13 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : mm)	61
4.14 ความแปรปรวนการทดสอบแรงดึงส่วนของเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	62
4.15 แสดงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : Mpa)	63
4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)	63
4.17 แสดงค่าความแข็งที่อุณหภูมิต่างๆ	64
4.18 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยการเปรียบเทียบหาค่าสถิติ t ที่ละ 2 อุณหภูมิ	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 แสดงค่าความทนต่อแรงกระแทกเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : J)	66
4.20 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยการเปรียบเทียบค่า สถิติ t ที่ละ 2 อุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์	67
4.21 แสดงค่าความทนต่อแรงดึง ณ จุด Yield ของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : Mpa)	68
4.22 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติ t ที่ละ 2 อุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์	69
4.23 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : mm)	70
4.24 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติ t ที่ละ 2 อุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์	71
4.25 แสดงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก AISI 1045 (หน่วย : Mpa)	72
4.26 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติ t ที่ละ 2 อุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์	73
4.27 สรุปค่าสมการถดถอย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆ	74

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะรูปร่างของชิ้นงานทดสอบ	13
2.2 ตัวอย่างประเภทของรอยแตกหักของชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าชนิดต่างๆ	14
2.3 แผนภาพความต้านแรงกระแทก	15
2.4 เส้นโค้ง a_k-T ของเหล็กกล้าไม่เจือ	16
2.5 รอยแตกจากการตีกระแทกที่อุณหภูมิต่างกัน วัสดุ St 37	16
2.7 ขนาดมาตรฐานในการทดสอบชิ้นงานทดสอบแบบชาร์ปี ตาม iso 83-1976(E)	17
2.8 ตัวอย่างการนำชิ้นงานทดสอบด้วยการกระแทก และแรงดึงจาก หัวโรเตอร์ เฮลิคอปเตอร์(BO 105)	18
2.9 ชิ้นทดสอบความต้านแรงดึง	20
2.10 เส้นโค้งของแรงดึงอัตราการยืดตัวในช่วง 0.2	21
2.11 แผนภาพความต้านแรงดึง – ความยืด	22
3.1 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่ใช้ทดสอบความทนต่อแรงดึง	36
3.2 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่ใช้ทดสอบความแข็งแรง และการศึกษาโครงสร้างจุลภาค	37
3.3 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่ใช้ทดสอบความทนต่อแรงกระแทก	38
3.4 เครื่องทดสอบแรงดึง	42
3.5 เครื่องทดสอบความแข็งแรง	43
3.6 เครื่องทดสอบแรงกระแทก	44
4.1 กราฟทดสอบความแข็งแรงที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ	46
4.2 กราฟทดสอบความแข็งแรงที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ จากทฤษฎี	46
4.3 กราฟทดสอบความทนต่อแรงกระแทกที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ	48
4.4 กราฟทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ จากทฤษฎี	48
4.5 กราฟทดสอบความทนต่อแรงดึงที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ	50
4.6 กราฟทดสอบความทนต่อแรงดึงที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ จากทฤษฎี	50
4.7 กราฟเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ	51
4.8 กราฟโมดูลัสความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิอบคืนตัวต่างๆ	53
4.9 รูปโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการอบคืนตัวที่ 300 องศาเซลเซียส	54
4.10 รูปโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการอบคืนตัวที่ 400 องศาเซลเซียส	55

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 รูปโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการอบคืนตัวที่ 500 องศาเซลเซียส	55
4.12 รูปโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการอบคืนตัวที่ 600 องศาเซลเซียส	56