

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	6
2.1 ทฤษฎีสภาพต้านทานไฟฟ้าของของแข็ง	6
2.2 การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของของแข็ง	6
2.3 สภาพนำความร้อนของของแข็ง	13
2.4 การทดสอบแรงดึงของโลหะ	18
2.5 ความแข็งแรง และความแข็ง	25
2.6 การทดสอบความแข็ง	31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	39
3.1 การวัดหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า	39
3.2 วงจรวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 4 จุด	42
3.3 การทดสอบความแข็ง	43
3.4 การทดสอบแรงดึงของโลหะ	43
3.5 การขัดเพื่อดูพื้นผิวและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบภายใน	44
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
4.1 ผลการวัดหาสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 4 จุด	45
4.2 ผลการวัดความแข็งของโลหะ	51
4.3 ผลการทดสอบแรงดึง	54

4.4 การขจัดพื้นที่ผิวเพื่อโครงสร้าง	60
4.5 ผลการวิเคราะห์ทางองค์ประกอบภายในของโลหะ	
แต่ละตัวอย่างโดยวิเคราะห์ EDS	63

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง	67
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	69

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	73
ภาคผนวก ข	79
ภาคผนวก ค	102

ประวัติผู้เขียน

117

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 การวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าโดยวิธี Ohmmeter	7
2.2 การวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าโดยวิธี Potential – Probe Measurements	8
2.3 Square array probe	9
2.4 Four – point In - line array probe	9
2.5 การใช้ Four probe วัดแท่งสารบาง ๆ	11
2.6 ความนำความร้อนโดยฟิโนนตามทิศทางของลูกศร	14
2.7 แบบจำลองการถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านระนาบ	14
2.8 วิธีการทดสอบแรงดึง	18
2.9 กราฟความเค้น – ความเครียดของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำในสภาพอบอ่อน	21
2.10 กราฟความเค้น - ความเครียด ของเหล็กกล้าคาร์บอนที่ผ่านการชุบแข็ง (A) และที่ผ่านการชุบแข็ง และอบคืนตัว	23
2.11 กราฟความเค้น - ความเครียด ของเหล็กกล้าคาร์บอนที่ผ่านการอบอ่อนและ ปรับรีดผิว	24
2.12 Modulus of Toughness ของวัสดุเหนียว (a) และ วัสดุเปราะ (b)	24
2.13 หัวเข็มทดสอบของเครื่องมือวัดความแข็งแบบต่าง ๆ	30
2.14 การทดสอบแบบ Brinell	32
2.15 ลักษณะการทดสอบแบบ Brinell ที่ไม่ถูกต้อง	33
2.16 ลักษณะรอยกดจากหัวเพชรของ Vicker Hardness Test	34
2.17 วิธีการทดสอบแบบ Rockwell Hardness Test	36
3.1 ฐานของหัววัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 4 จุด	40
3.2 หัววัดที่สร้างขึ้นเองพร้อมประกอบบนฐานวัด	41
3.3 D.C. Power Supply และ Digital Voltmeter	41
3.4 วงจรการวัดแบบ สี่จุด	42
3.5 เครื่องมือวัดความแข็งของวัสดุแบบ วิกเกอร์ (Vicker)	43
3.6 เครื่องมือทดสอบแรงดึง	44
3.7 การทดสอบแรงดึง	44

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแส ของโลหะPREMIUM ความหนา 1.6 mm.	46
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแส ของโลหะUCC ความหนา 1.6 mm.	47
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแส ของโลหะNHK ความหนา 1.6 mm.	49
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับระยะยืดของโลหะ PREMIUM	55
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับระยะยืดของโลหะ UCC	57
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับระยะยืดของโลหะ NHK	59
4.7 พื้นผิวโลหะ PREMIUM	60
4.8 พื้นผิวโลหะ UCC	61
4.9 พื้นผิวโลหะ NHK	62
4.10 พื้นผิวโลหะ PREMIUM ที่ได้จากการวิเคราะห์ EDS	63
4.11 กราฟแสดงองค์ประกอบภายในของโลหะ PREMIUM	63
4.12 พื้นผิวโลหะUCC ที่ได้จากการวิเคราะห์ EDS	64
4.13 กราฟแสดงองค์ประกอบภายในของโลหะ UCC	64
4.14 พื้นผิวโลหะ NHK ที่ได้จากการวิเคราะห์ EDS	65
4.15 กราฟแสดงองค์ประกอบภายในของโลหะ NHK	65

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ค่าคงที่ของการยึดตัวของ Isotropic Materials ที่อุณหภูมิห้อง	19
2.2 ความแข็งแรงจากการทดสอบโดยวิธีการขีดข่วนตามระดับความแข็งแรงของโมห์ส	28
2.3 การเปรียบเทียบระดับความแข็งแรงของโมห์สกับความแข็งแรงจากเครื่องมือทดสอบ	31
2.4 อัตราส่วนของ P/D^2	33
2.5 การวัดความแข็งแรงแบบ Rockwell สเกลต่าง ๆ	36
4.1 ผลการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของโลหะ PREMIUM ความหนา 1.6 mm.	45
4.2 ผลการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของโลหะ UCC ความหนา 1.6 mm.	45
4.3 ผลการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของโลหะ NHK ความหนา 1.6 mm.	45
4.4 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของโลหะ PREMIUM จำนวน 4 ตัวอย่าง	51
4.5 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของโลหะ UCC จำนวน 4 ตัวอย่าง	52
4.6 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของโลหะ NHK จำนวน 4 ตัวอย่าง	53
4.7 ผลการทดสอบแรงดึงของโลหะ PREMIUM	54
4.8 ผลการทดสอบแรงดึงของโลหะ UCC	54
4.9 ผลการทดสอบแรงดึงของโลหะ NHK	54
4.10 องค์ประกอบภายในของโลหะ PREMIUM	63
4.11 องค์ประกอบภายในของโลหะ UCC	64
4.12 องค์ประกอบภายในของโลหะ NHK	65