บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการทดลอง

ลักษณะของชิ้นงานภายหลังการชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้า

จากการเตรียมน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปทำการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าบนชิ้นงานเหล็กกล้าละมุน จะได้ชิ้นงานที่มีผิวชุบเรียบ มีความเงางาม ดังรูป

รูปที่ 49 ลักษณะชิ้นงานที่ผ่านการชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่สำหรับชิ้นงานที่แต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 ชิ้นงานที่ได้ภายหลังการแต้มจะมีลักษณะของผิวชุบไม่ค่อยเรียบ แสดงถึงการเกาะติดที่ไม่สม่ำเสมอของโครเมี่ยมที่ผิวชิ้นงาน

หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการชุบด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรต่างๆ เหล่านั้น มาทำการทดสอบคุณภาพของน้ำยาชุบ พบว่าได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ก. การวัดค่าความแข็ง (Hardness Test) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Microdur II Hardness Tester ทำการวัดค่าความแข็งของผิวชุบโครเมี่ยมเปรียบเทียบกับค่าความแข็งของโลหะพื้น หน่วยวัดเป็น Brinelle (HB) ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อค่าความแข็งของผิวชุบ

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ค่าความแข็งของผิวชุบโครเมี่ยม (HB)	ค่าความแข็งของโลหะพื้น (HB)	ค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้น (HB)
75 : 1	232.48	186.00	46.48
100 : 1	244.42	177.80	66.62
125 : 1	251.39	181.70	69.69
150 : 1	220.91	155.40	65.51
175 : 1	236.85	187.50	49.35

หมายเหตุ ค่าความแข็ง (HB) ที่ปรากฏในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสุ่มวัดหลายๆจุดบนชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. การทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ

1. การทดสอบการติดแน่นของผิวชุบด้วยวิธีตะไบ (File Test) ให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีตะไบ

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ (โดยทำการทดสอบด้วยวิธีตะไบ)		
	1	2	3
75 : 1	ดี	ดี	ดี
100 : 1	ดี	ดี	ดี
125 : 1	ดี	ดี	ดี
150 : 1	ดี	ดี	ดี
175 : 1	ผิวชุบหลุดลอกง่ายกว่า	ดี	ผิวชุบหลุดลอกง่ายกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การทดสอบการติดแน่นของผิวชุบด้วยวิธีดัดโค้ง (Bending Test) เป็นการทดสอบเพื่อดูรอยปริแตกที่ผิวชุบเมื่อให้แรงกดค่าต่างๆ (kgf) โดยใช้เครื่องมือทดสอบ คือ Shimadzu Universal Testing Machine (DSS-10T) (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) โดยกำหนดให้ความยาวพิกัดชิ้นงานเท่ากับ 40 มม. ผลการทดสอบการดัดโค้ง 3 ครั้ง ได้ค่าแรงกดสูงสุด (Maximum load) ซึ่งชิ้นงานไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีดัดโค้ง

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ผลการดัดโค้ง	แรงกดสูงสุด Maximum load (kgf)			ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด (kgf)
		1	2	3	
75 : 1	ไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ	153.0	160.0	155.5	156.17
100 : 1	ไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ	153.5	157.5	158.5	156.50
125 : 1	ไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ	157.0	160.0	157.5	158.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีดัดโค้ง (ต่อ)

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ผลการดัดโค้ง	แรงกดสูงสุด Maximum load (kgf)			ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด (kgf)
		1	2	3	
150 : 1	ไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ	156.5	161.0	156.0	157.83
175 : 1	ไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ	151.0	155.0	157.5	154.50

ค. การวัดความหนาของผิวชุบ (โครเมี่ยม)

1. โดยวิธีการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนและหลังการแต้ม จะทำให้ทราบน้ำหนักโครเมี่ยม (กรัม) ที่ใช้ในการแต้มชิ้นงานแต่ละตัวอย่าง หลังจากนั้นนำค่าน้ำหนักโครเมี่ยมที่ได้นี้ไปคำนวนหาค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ไมครอน หรือไมโครเมตร) ในพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว ผลการทดสอบและผลการคำนวนเป็นดังแสดงในตารางที่ 12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง การคำนวนหาค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม ของชิ้นงานลำดับที่ 1

สูตรที่ใช้ในการคำนวน $D = m/v$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของโครเมี่ยม มีค่า 7.19 g/cm^3

m = น้ำหนักของโครเมี่ยม (กรัม)

v = กว้าง x ยาว x หนา (cm^3)

สำหรับชิ้นงานลำดับที่ 1

น้ำหนักชิ้นงานก่อนแต้ม = 45.1537 กรัม

น้ำหนักชิ้นงานหลังแต้ม = 45.1723 กรัม

น้ำหนักโครเมี่ยม (m) = 0.0186 กรัม

ความหนาแน่นของโครเมี่ยม (D) = 7.19 g/cm^3

จากสูตร $D = m/v$ ดังนั้น ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม ของชิ้นงานลำดับที่ 1

$= 0.0186\ g/\{7.19\ g/cm^3 * (2.54\ cm * 2.54\ cm)\}$

$= 0.000401\ cm$

$= 4.01$ ไมโครเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อความหนาของผิวชุบ (ทดสอบโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก)

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ชิ้นงานลำดับที่	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)		น้ำหนักโครเมี่ยม (กรัม)	ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ไมครอน)
		ก่อนแต้ม	หลังแต้ม		
75 : 1	1	45.1537	45.1723	0.0186	4.01
	2	45.2646	45.2833	0.0187	4.03
	3	45.1331	45.1511	0.0180	3.88
100 : 1	4	45.3354	45.3549	0.0195	4.20
	5	45.4565	45.4766	0.0201	4.33
	6	45.6582	45.6786	0.0204	4.40
125 : 1	7	45.2948	45.3248	0.0300	6.47
	8	45.3959	45.4254	0.0295	6.36
	9	45.5776	45.6066	0.0290	6.25
150 : 1	10	45.6381	45.6578	0.0197	4.25
	11	45.8406	45.8606	0.0200	4.31
	12	45.6179	45.6378	0.0199	4.29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อความหนาของผิวชุบ (ทดสอบโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก) (ต่อ)

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ชิ้นงานลำดับที่	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)		น้ำหนักโครเมี่ยม (กรัม)	ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ไมครอน)
		ก่อนแต้ม	หลังแต้ม		
175 : 1	13	45.1132	45.1272	0.0140	3.02
	14	45.7244	45.7381	0.0137	2.95
	15	45.4460	45.4595	0.0135	2.91

ตารางที่ 13 ความหนาโดยเฉลี่ยของผิวชุบโครเมี่ยมสำหรับน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตร (ทดสอบโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก)

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ค่าเฉลี่ยความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ไมโครเมตร)
75 : 1	3.97
100 : 1	4.31
125 : 1	6.36
150 : 1	4.28
175 : 1	2.96

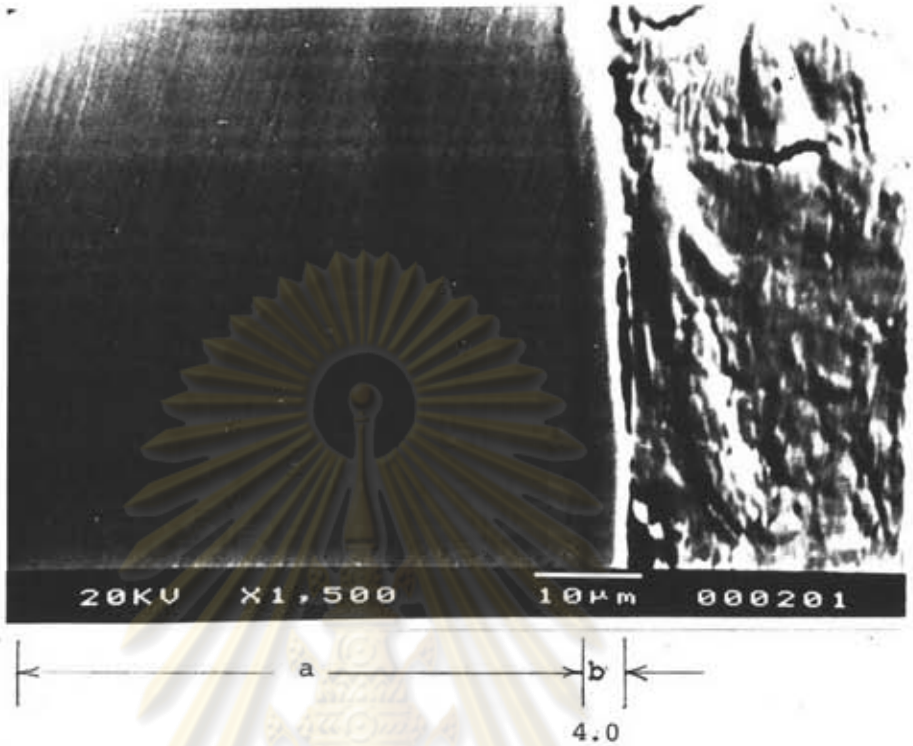
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. โดยวิธีการถ่ายภาพ ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-T220A (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ซึ่งทำได้โดยการตัดชิ้นงานตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอัด bakelite แล้วนำไปขัดผิวให้เรียบ หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 1500 เท่า 20 KV (รูปที่ 50-54) ผลการวัดความหนาเป็นดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลของน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตรที่มีต่อความหนาของผิวชุบ (ทดสอบโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM)

น้ำยาชุบโครเมี่ยม (CrO_3 : H_2SO_4)	ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ไมโครเมตร)			ค่าเฉลี่ยความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ไมโครเมตร)
	ชิ้นงานที่ 1	ชิ้นงานที่ 2	ชิ้นงานที่ 3	
75 : 1	4.0	4.0	4.0	4.00
100 : 1	5.0	4.5	4.5	4.67
125 : 1	8.0	8.0	8.5	8.17
150 : 1	6.0	6.5	6.0	6.17
175 : 1	0.5	0.5	0.5	0.50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



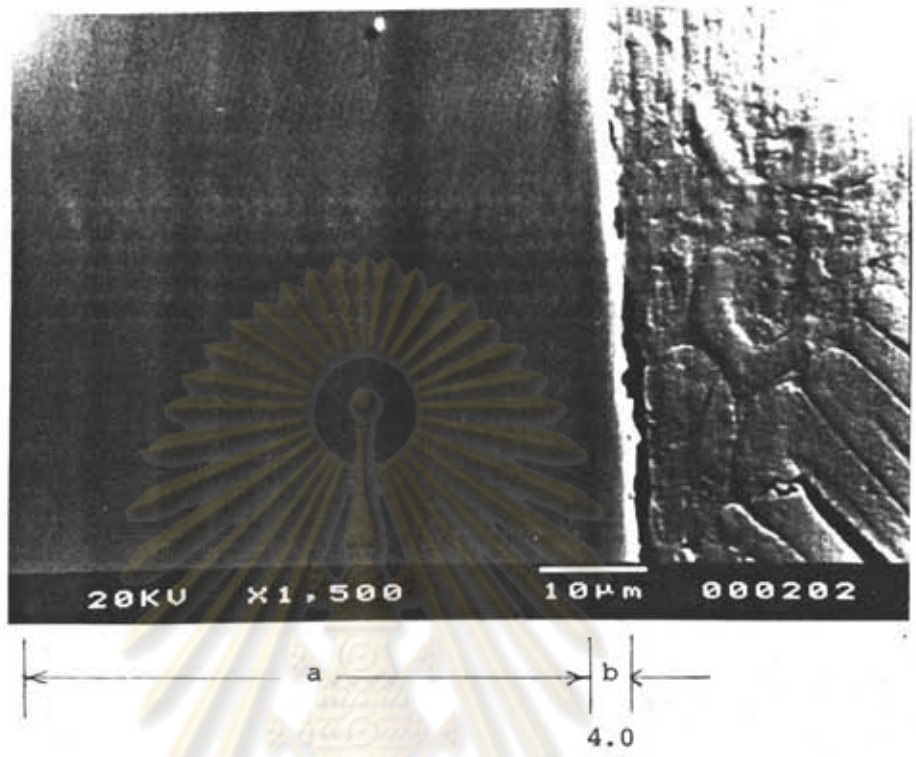
รูปที่ 50 (a) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 75:1

(ชิ้นงานทดสอบที่ 1)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

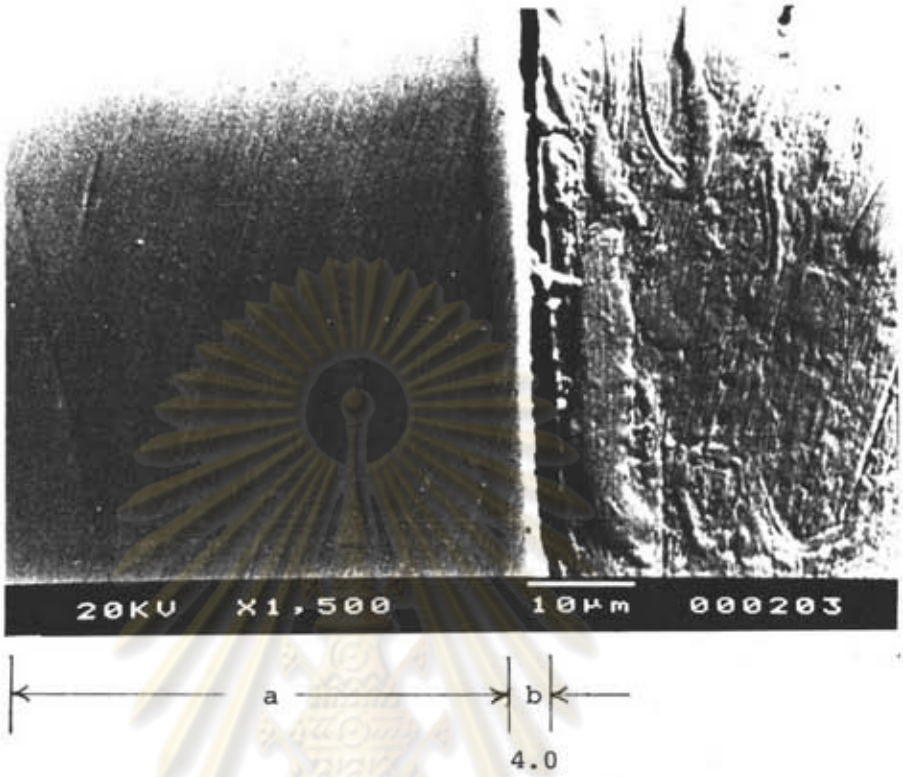


รูปที่ 50 (b) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 75:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 2)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

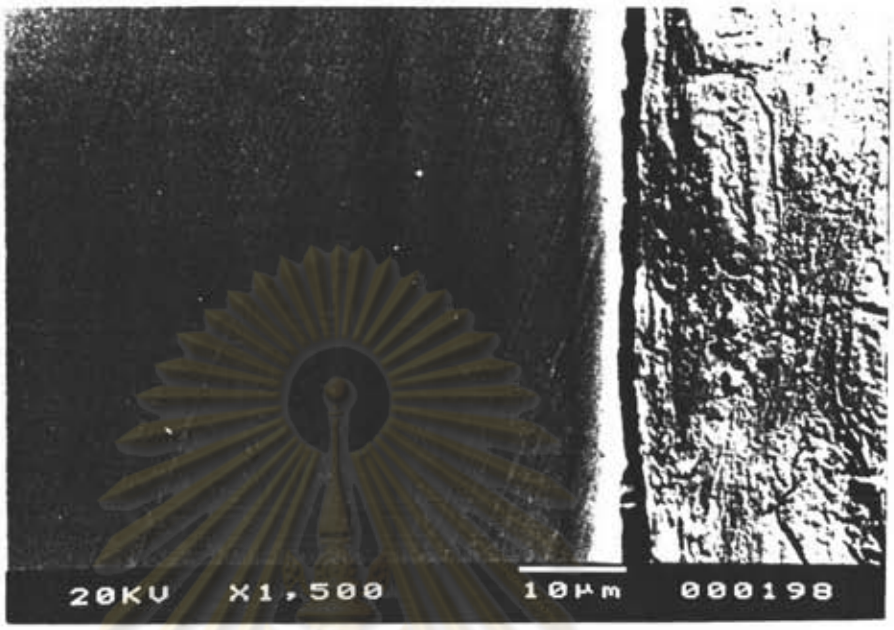


รูปที่ 50 (c) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 75:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 3)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



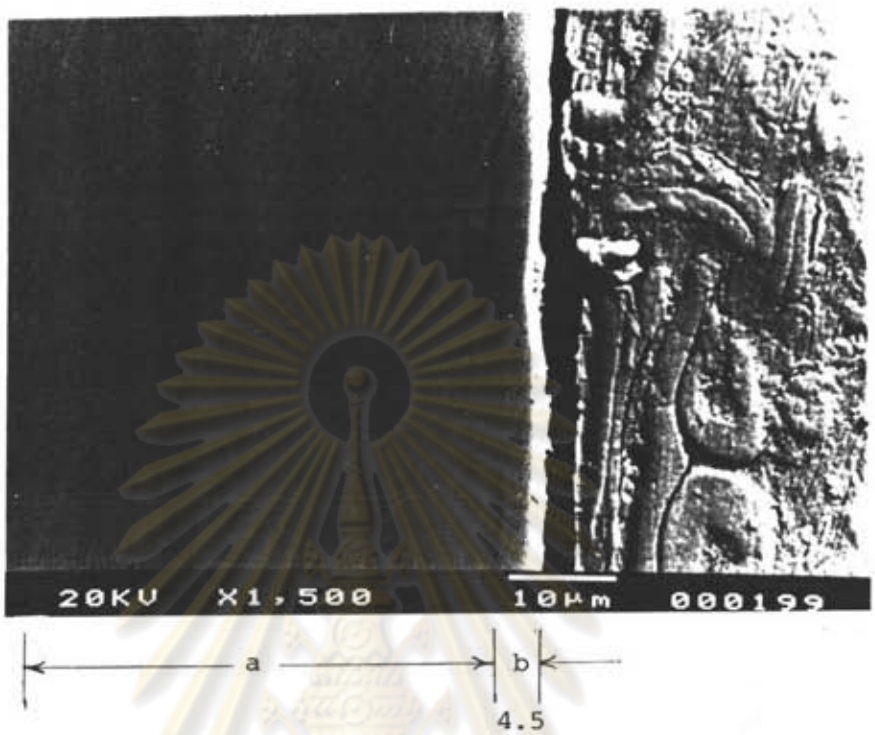
5.0

รูปที่ 51 (a) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 100:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 1)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

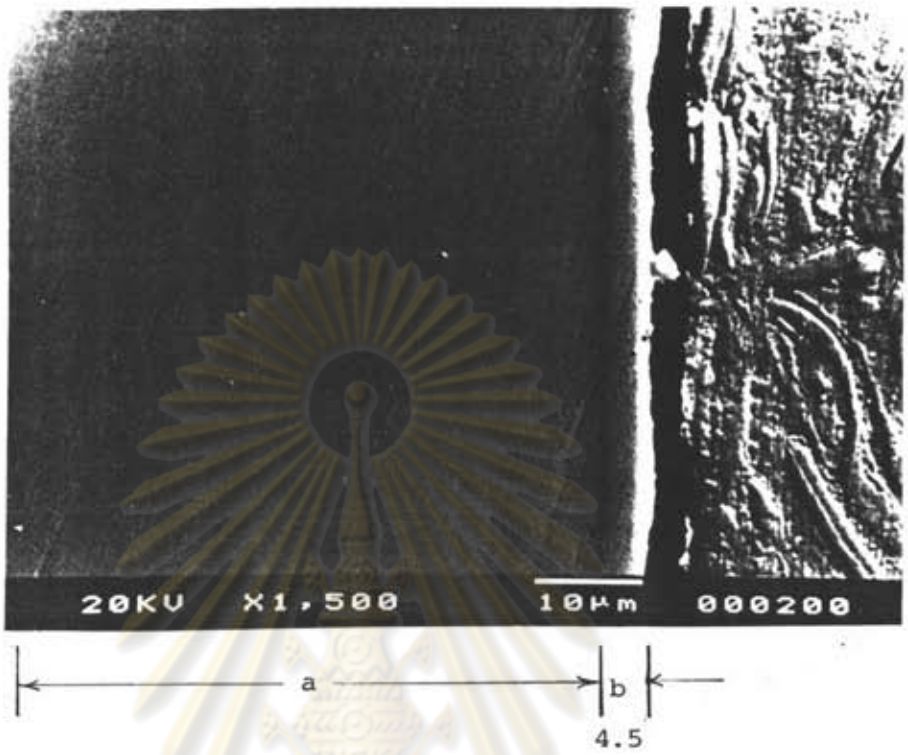


รูปที่ 51 (b) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 100:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 2)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

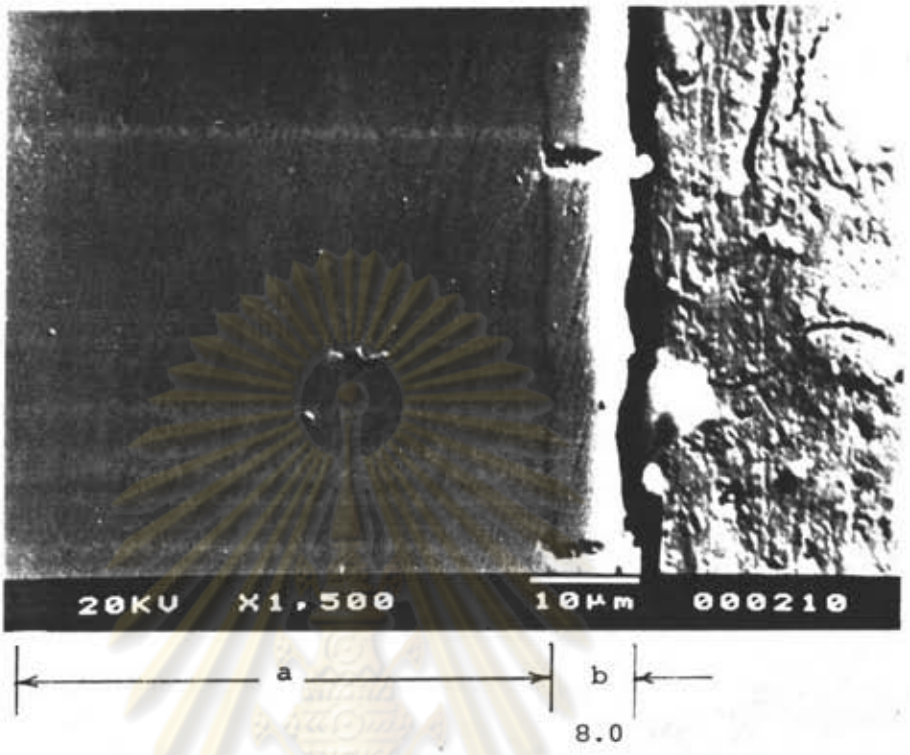


รูปที่ 51 (c) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 100:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 3)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

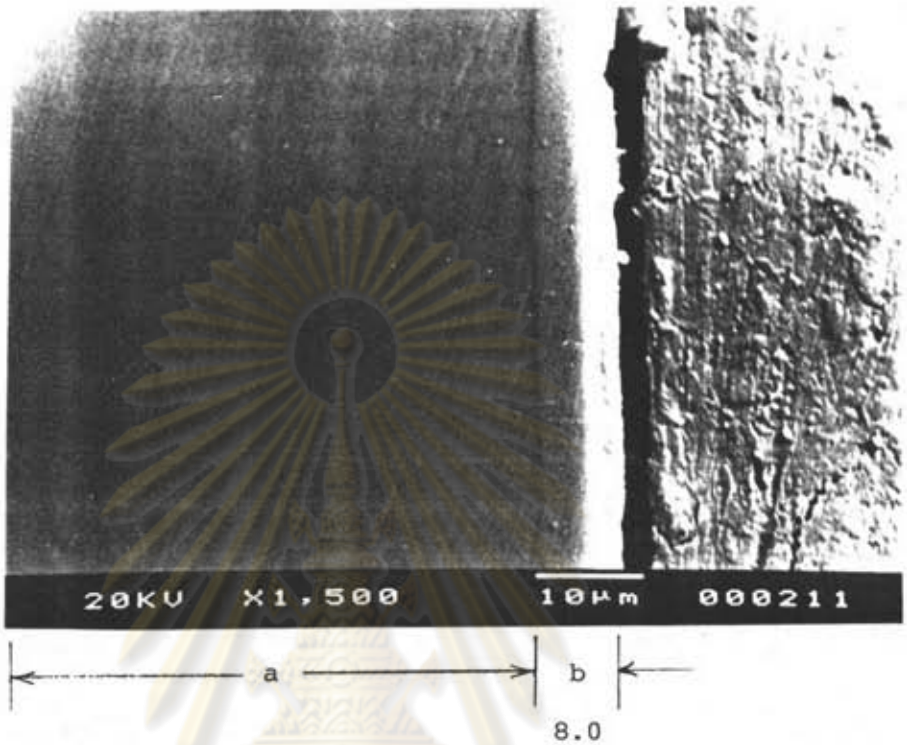


รูปที่ 52 (a) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 1)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

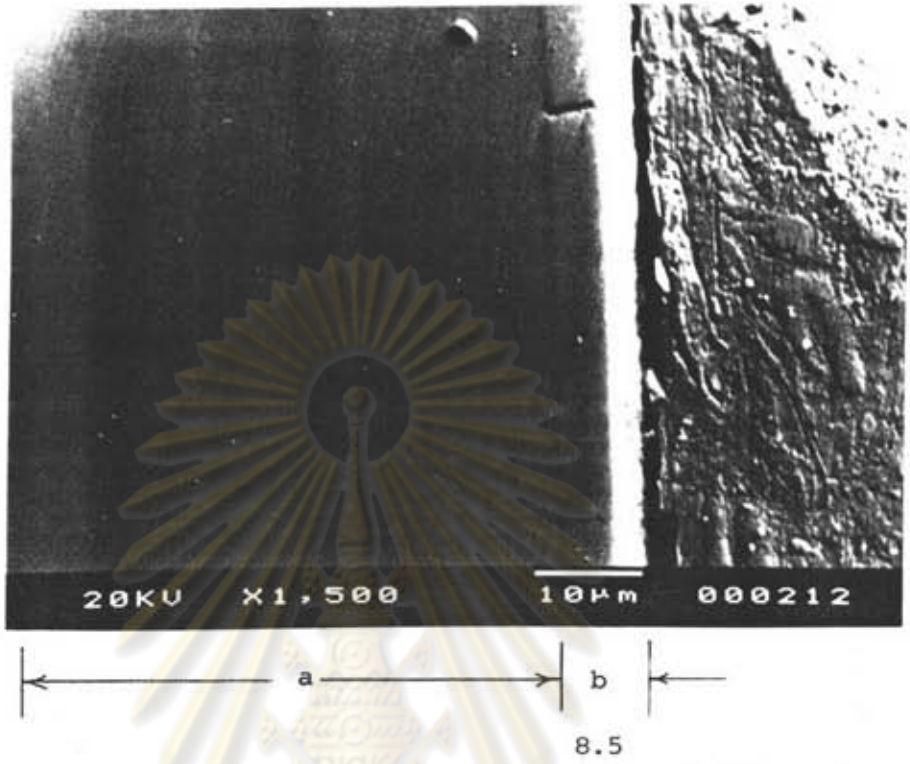


รูปที่ 52 (b) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 2)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

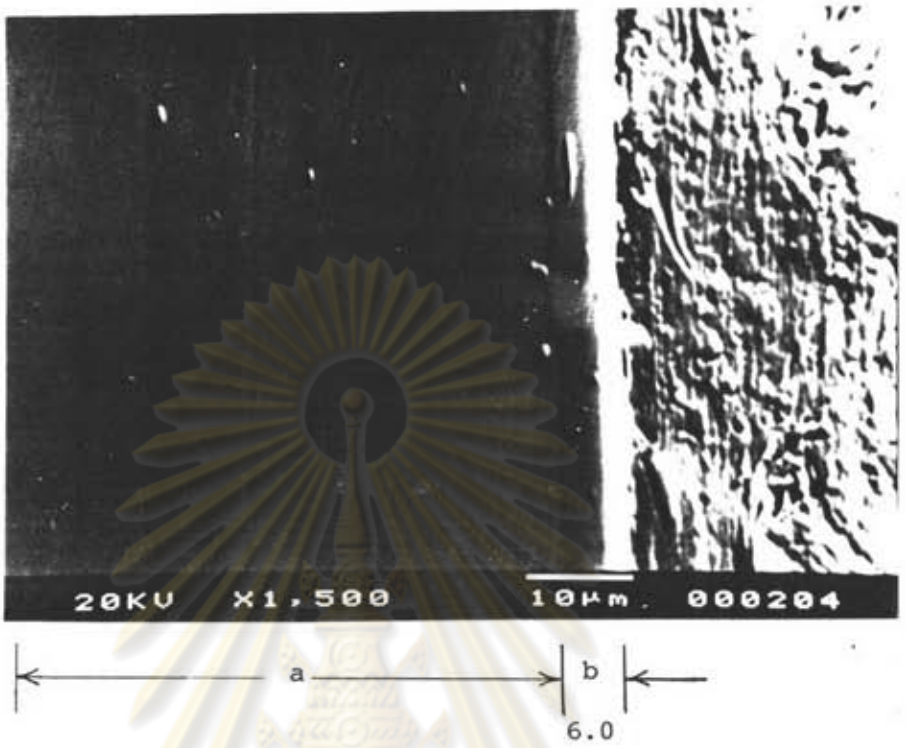


รูปที่ 52 (c) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 3)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

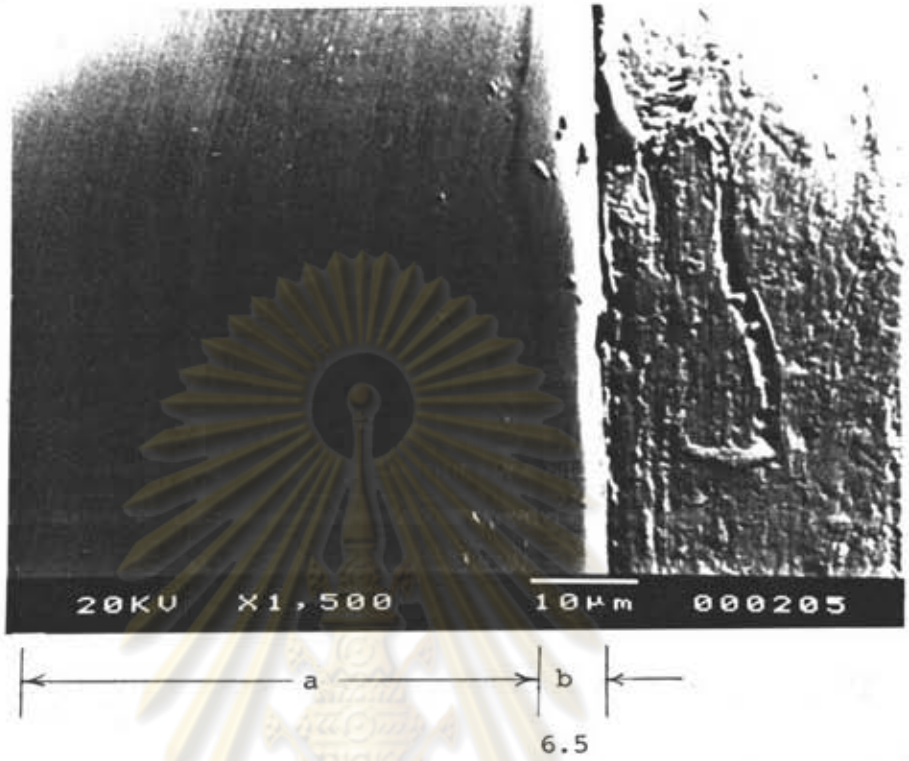


รูปที่ 53 (a) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 150:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 1)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

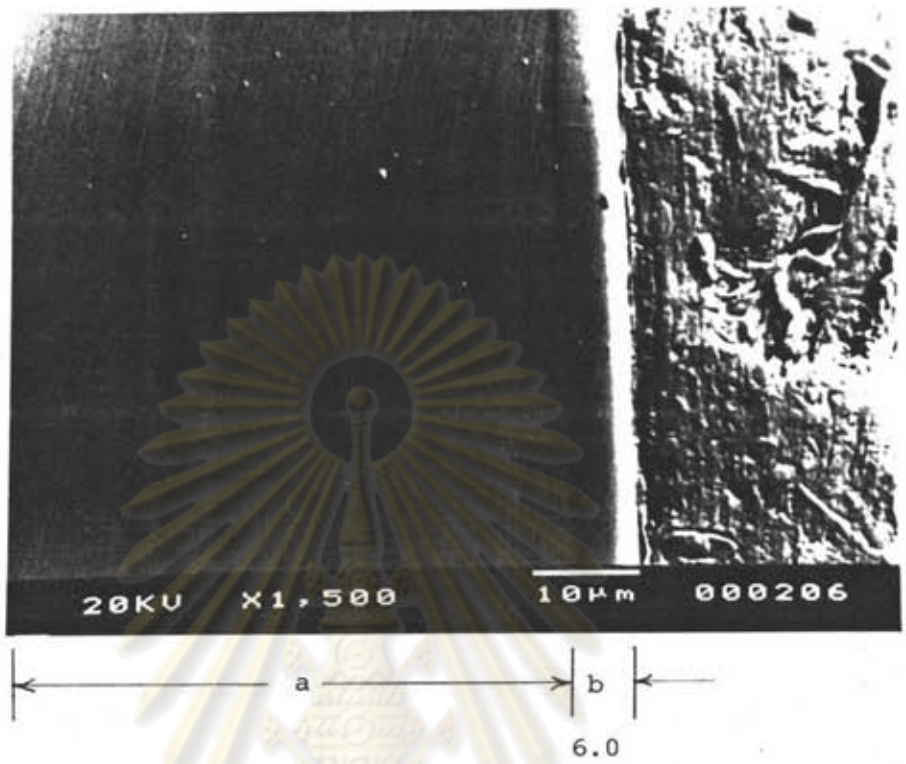


รูปที่ 53 (b) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 150:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 2)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

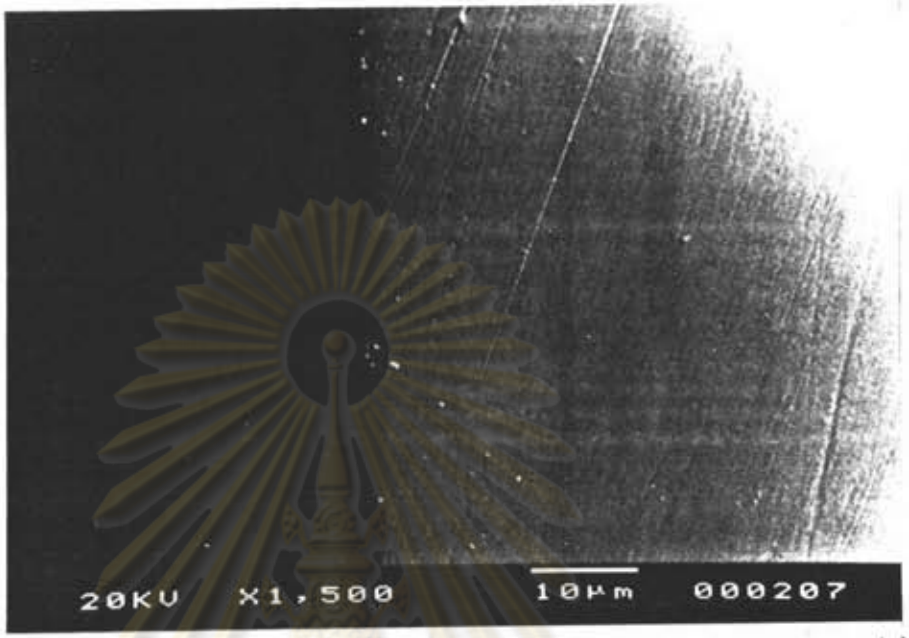


รูปที่ 53 (c) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 150:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 3)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

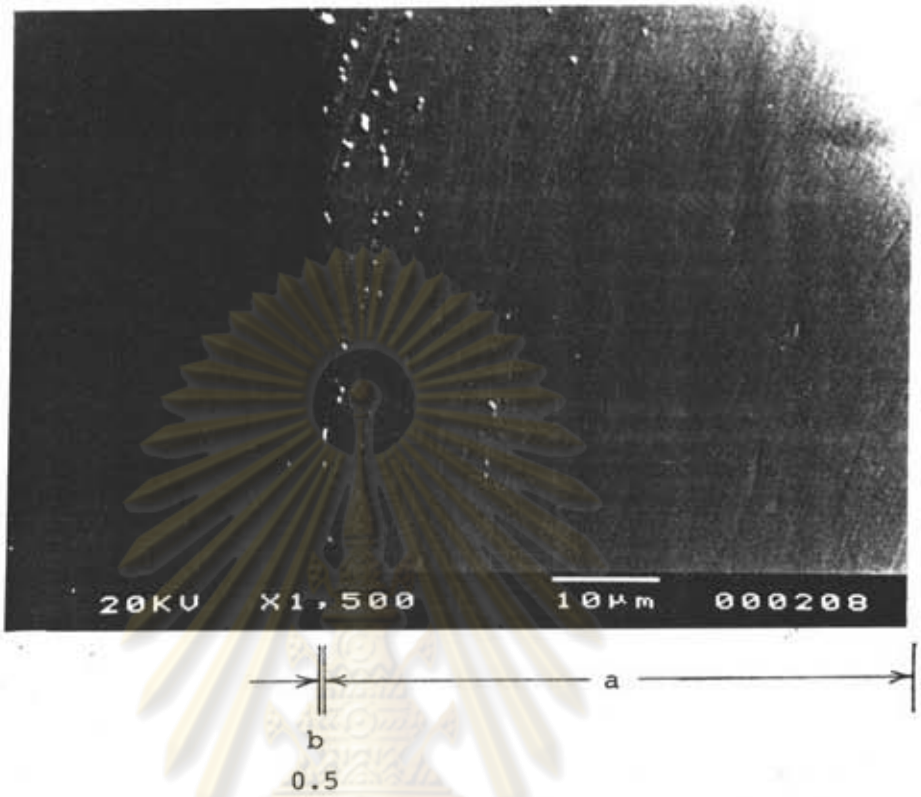


รูปที่ 54 (a) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 1)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

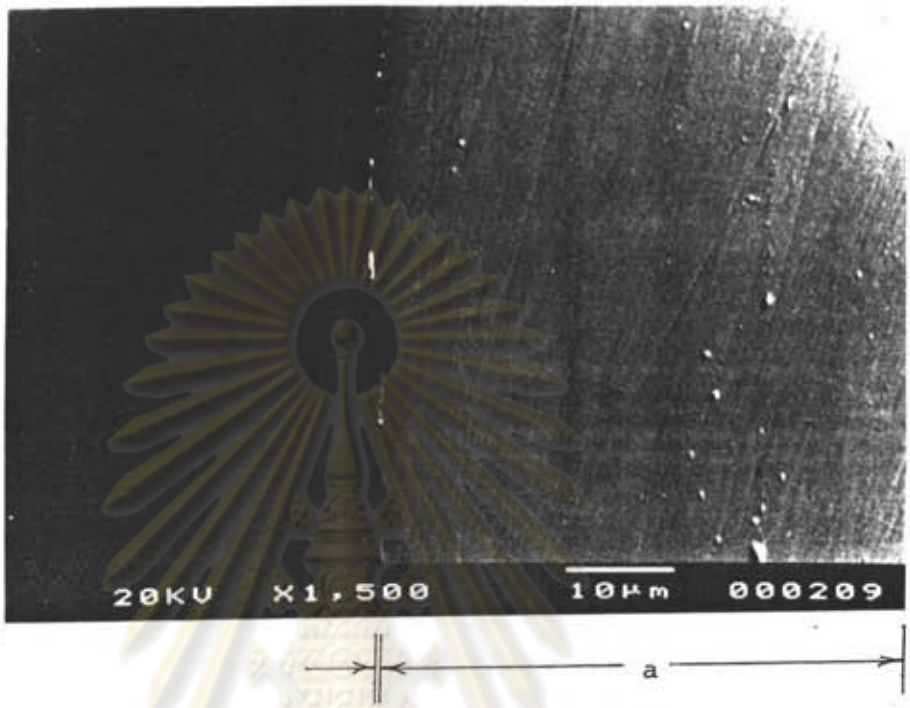


รูปที่ 54 (b) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 2)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 54 (c) ภาพถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope แสดงความหนาของผิวชุบ เมื่อทำการแต้มชิ้นงานด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีบริมาณกรดโครมิคต่อบริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 (ชิ้นงานทดสอบที่ 3)

หมายเหตุ a = ชิ้นงาน

b = ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม

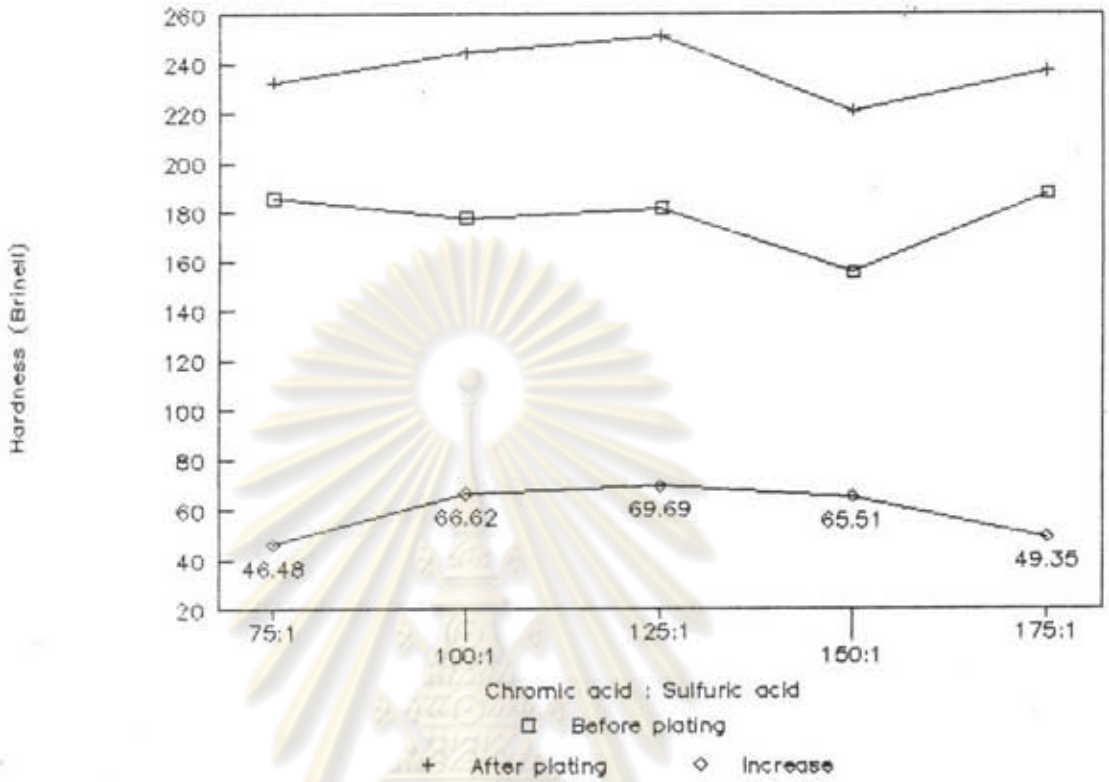
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ก. การทดสอบความแข็ง (Hardness Test)

น้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อนำไปทำการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าบนเหล็กกล้าละมุน แล้วทดสอบค่าความแข็งโดยใช้เครื่อง Microdur II Hardness Tester พบว่าค่าความแข็งที่ได้เป็นไปดังตารางที่ 9 ซึ่งเมื่อนำค่าความแข็งก่อนการแต้ม (ค่าความแข็งของโลหะพื้น) และค่าความแข็งหลังการแต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตร พร้อมทั้งค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นของชิ้นงานภายหลังการแต้มมาทำการพล็อตกราฟดังรูปที่ 55 จะเห็นว่า น้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 จะให้ค่าความแข็งภายหลังการแต้มเพิ่มขึ้นจากค่าความแข็งของโลหะพื้นสูงสุด (เท่ากับ 69.69 HB) จึงอาจกล่าวได้ว่า น้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 นี้เป็นสูตรที่ดีที่สุดในการทดลอง เมื่อทำการทดสอบคุณภาพน้ำยาชุบด้วยการทดสอบความแข็ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสูตรน้ำยาชุบโครเมี่ยมกับค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้า

ข. การทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ

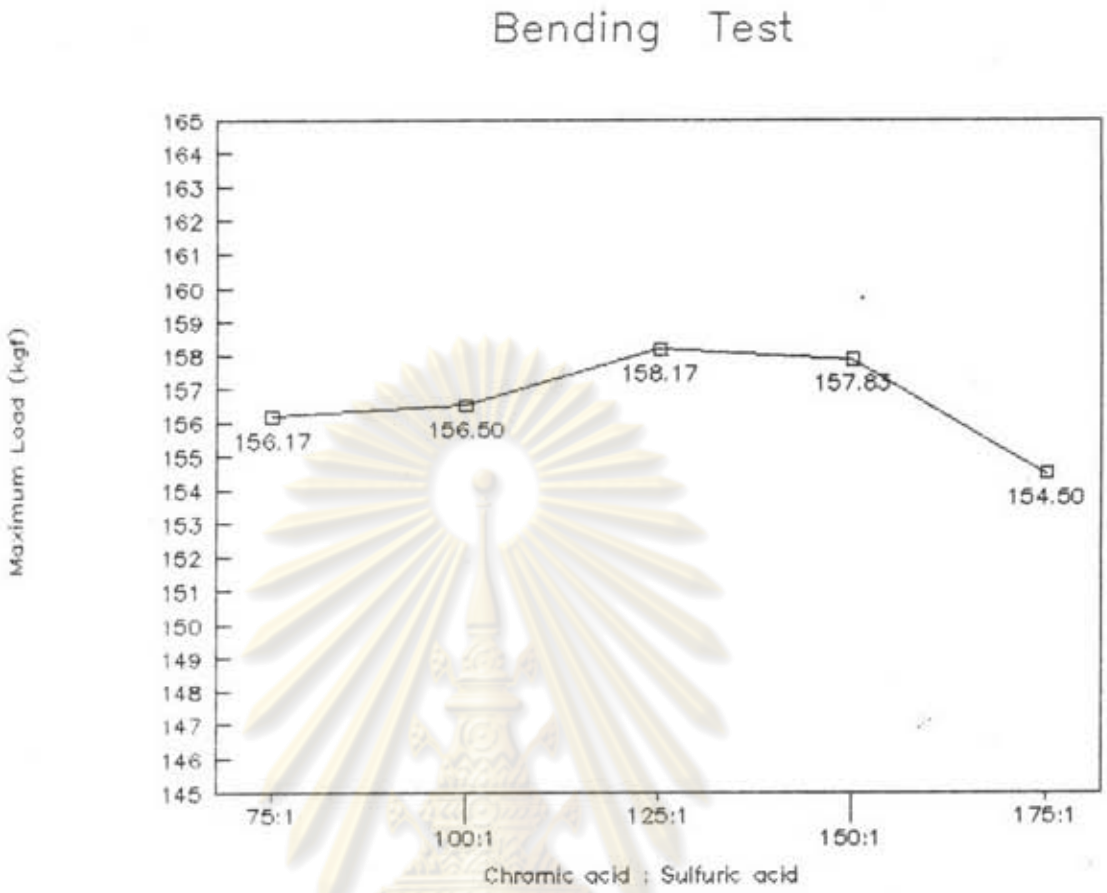
จากตารางที่ 10 การทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ ด้วยวิธีตะไบ (File Test) เป็นการทดสอบทางกลโดยอาศัยการสังเกตและตัดสินใจของผู้ทดสอบ เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้งสำหรับน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตร พบว่าได้ผลการตะไบที่ดีกับน้ำยาชุบโครเมี่ยมเกือบทุกสูตร กล่าวคือเมื่อทำการตะไบแล้วผิวชุบไม่หลุดลอกออกโดยง่าย ยกเว้นน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 ซึ่ง

เมื่อทดสอบด้วยการตะไบ พบว่าบางครั้งผิวชุบจะหลุดลอกง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผิวชุบของน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 นี้ ให้กำลังการเคลือบผิวที่ไม่ดี อันเนื่องมาจากอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสมของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถัน กล่าวคือปริมาณกรดโครมิคมีมากกว่ากรดกำมะถันมาก ทำให้กรดกำมะถันซึ่งมีคุณสมบัติช่วยในการนำไฟฟ้ามีน้อยจนเกิดการนำไฟฟ้าไม่ดี ชิ้นงานที่ได้ภายหลังการแต้มจึงมีลักษณะของผิวชุบไม่ค่อยเรียบ การเกาะติดของโครเมี่ยมที่ผิวชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ผิวชุบหลุดลอกออกง่ายกว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธีการตะไบ

จากตารางที่ 11 เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้าไปทำการทดสอบด้วยการดัดโค้ง โดยให้แรงกดค่าต่างๆ (kgf) พบว่าค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด (Maximum load) ที่ชิ้นงานสามารถรับได้โดยไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับชิ้นงานที่ผ่านการแต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรต่างๆ โดยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 จะให้ชิ้นงานที่สามารถรับแรงกดสูงสุดโดยไม่เกิดรอยปริแตกที่ผิวชุบ ได้ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดมากที่สุดเท่ากับ 158.17 kgf ดังรูปที่ 56

จากผลการทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่าน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรต่างๆ ให้ความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมที่ผิวชุบดีพอๆกัน ยกเว้นน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175:1 มีความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมไม่ดีนัก และกล่าวได้ว่าน้ำยาชุบที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 125:1 เป็นน้ำยาชุบที่ให้การติดแน่นของโครเมี่ยมที่ผิวชุบดีที่สุดในการทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



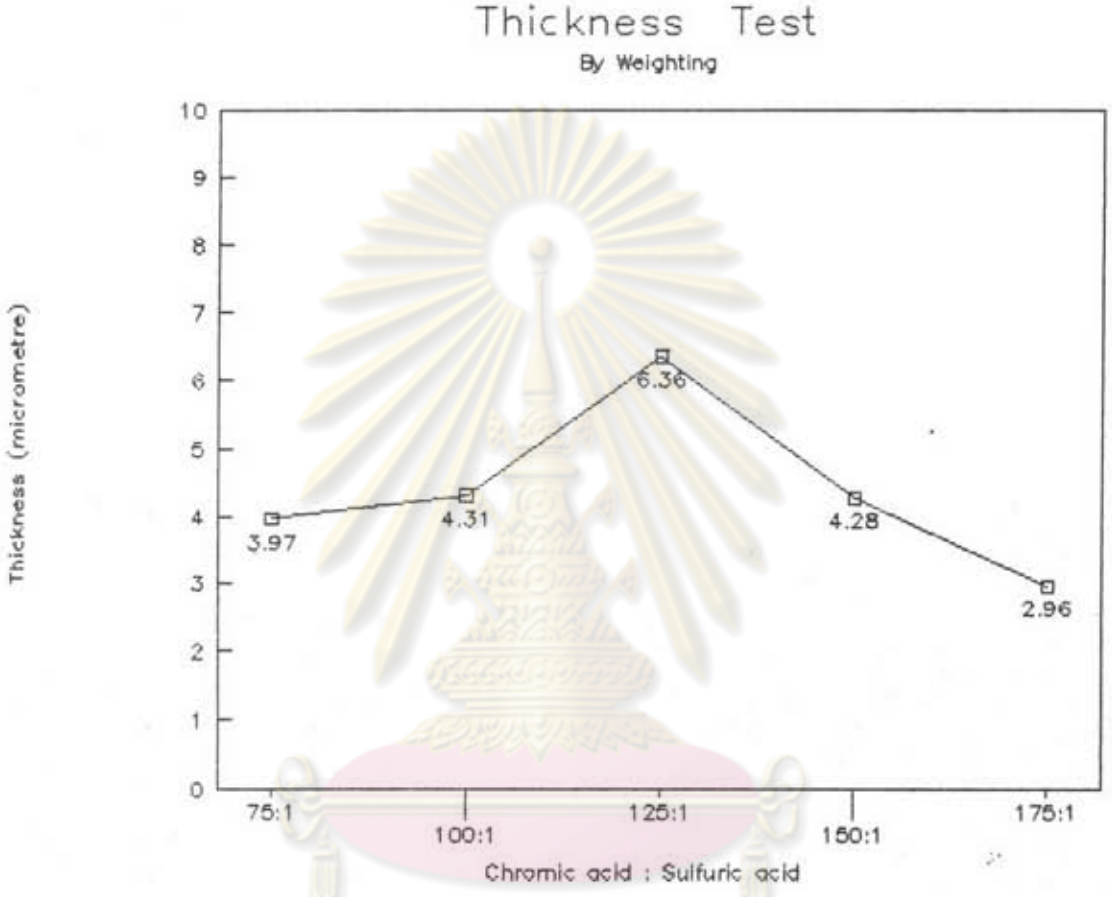
รูปที่ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสูตรน้ำยาชุบโครเมี่ยม กับค่าแรงกดสูงสุด (Maximum load) เมื่อทำการทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังการชุบ ด้วยการดัดโค้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. การทดสอบความหนาของผิวชุบ

จากตารางที่ 12 ซึ่งทดสอบโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก เมื่อนำค่าความหนาที่ได้จากการแต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรต่างๆ เป็นเวลา 15 นาที ไปหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 13 พบว่าน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อกรดกำมะถันในอัตราส่วน 75:1 100:1 125:1 150:1 และ 175:1 จะให้ความหนาเฉลี่ยของผิวชุบโครเมี่ยมเท่ากับ 3.97 4.31 6.36 4.28 และ 2.96 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยเหล่านี้ไปทำการพล็อต

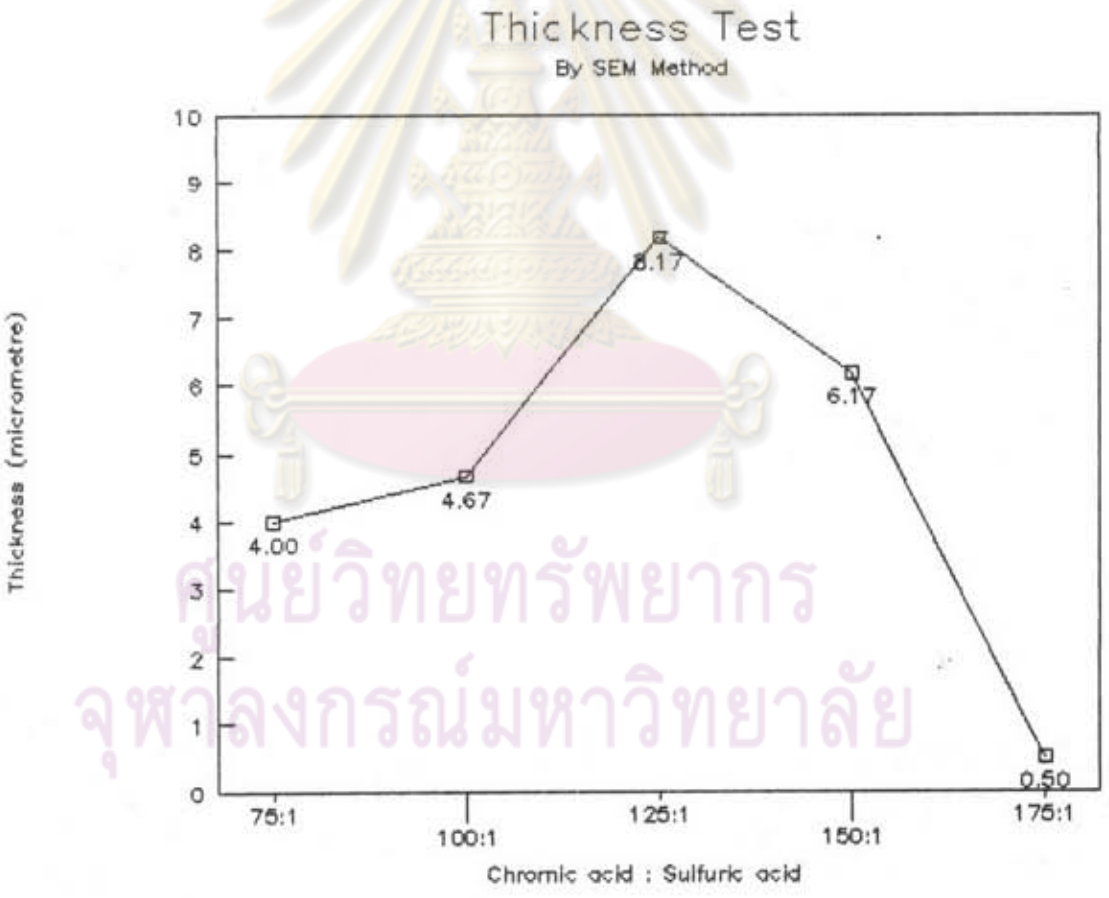
กราฟ จะได้ดังรูปที่ 57



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสูตรน้ำยาชุบโครเมี่ยม กับค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ทดสอบโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก)

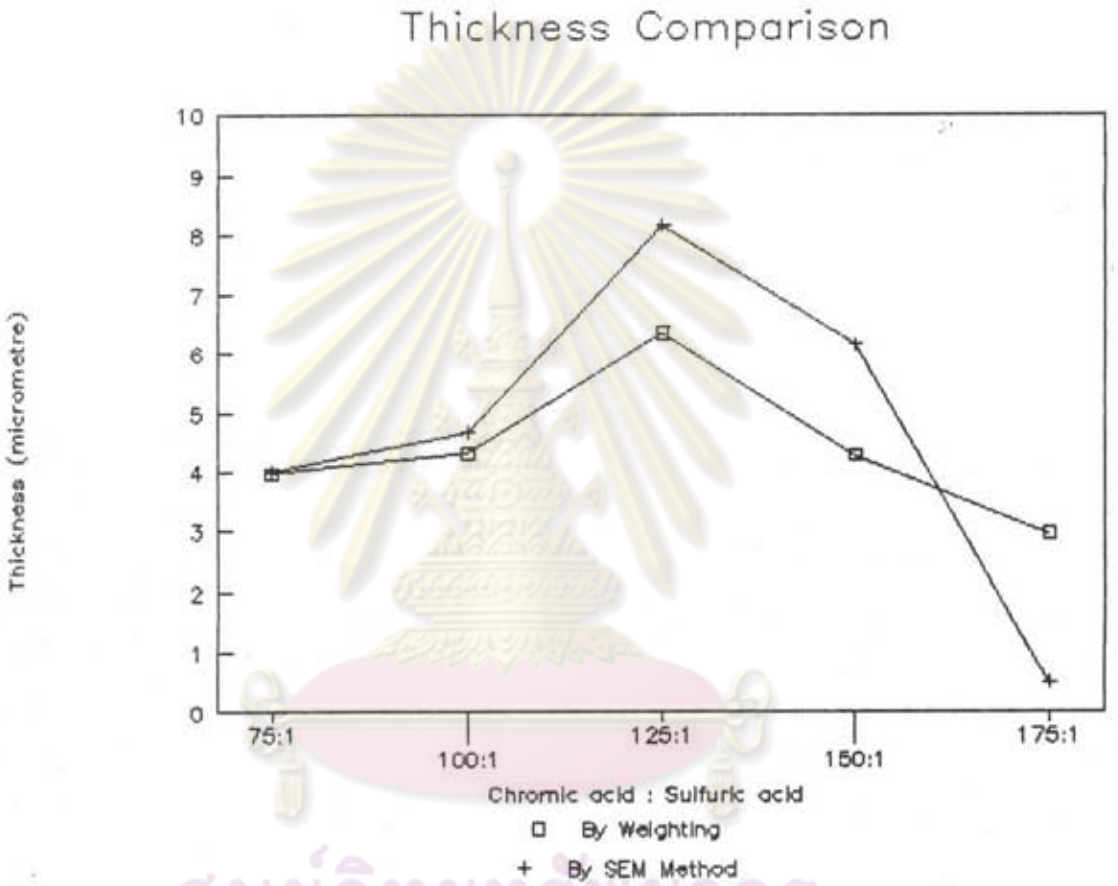
จากตารางที่ 14 และรูปที่ 50-54 น้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 75:1 100:1 125:1 150:1 และ 175:1 เมื่อนำไปทำการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าบนชิ้นงานเป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าจะได้ความหนาเฉลี่ยของผิวชุบโครเมี่ยมเมื่อทำการทดสอบด้วยการถ่ายภาพด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope เท่ากับ 4.00 4.67 8.17 6.17 และ 0.50 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าเหล่านี้ไปพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 58



รูปที่ 58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสูตรน้ำยาชุบโครเมี่ยม กับค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม (ทดสอบโดยการถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อนำค่าความหนาเฉลี่ยของผิวชุบโครเมี่ยมที่ได้จากทั้ง 2 วิธี เปรียบเทียบกันโดยการพล็อตกราฟรวม จะได้ดังรูปที่ 59



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 59 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยมที่ได้จากวิธีการชั่งน้ำหนักและวิธีการถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM

จากรูปที่ 59 จะเห็นว่าค่าความหนาเฉลี่ยที่ได้จากทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันสำหรับน้ำยาชุบแต่ละสูตร โดยน้ำยาชุบโครเมี่ยม 4 สูตรแรก (75:1 100:1 125:1 และ 150:1) ผลจากการถ่ายภาพด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope จะให้ค่าความหนาเฉลี่ยของผิวชุบมากกว่าค่าที่คำนวนได้จากวิธีการชั่งน้ำหนัก ในขณะที่น้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรที่มีปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันในอัตราส่วน 175 : 1 ค่าความหนาเฉลี่ยที่คำนวนได้จากวิธีการชั่งน้ำหนักเท่ากับ 2.96 ไมโครเมตร และจากวิธีการถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM เท่ากับ 0.50 ไมโครเมตร ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรนี้มีกำลังการเคลือบผิวที่ไม่ดี โดยสังเกตได้จากผิวชิ้นงานที่ผ่านการชุบจะไม่เรียบ มีความไม่สม่ำเสมอของโครเมี่ยมที่มาเกาะติดที่ผิว ประกอบกับวิธีการวัดความหนาโดยการถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM นี้ มีขั้นตอนการทำงานคือต้องนำชิ้นงานไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอัด bakelite หลังจากนั้นนำไปขัดให้เรียบแล้วจึงเข้าเครื่องวัด จึงเป็นได้ว่าส่วนของชิ้นงานที่ตัดออกมามีผิวชุบไม่เรียบ ตื้นบ้างหนาบ้าง ประกอบกับขั้นตอนการนำไปทำการขัดผิวให้เรียบก่อนเข้าเครื่องวัดความหนา อาจทำให้ผิวชุบหลุดลอกออกได้ (เนื่องจากการเคลือบผิวไม่ดี) ทำให้ความหนาที่วัดได้จากวิธีการถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM สำหรับน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรนี้มีค่าน้อยมากแทบไม่เห็นความหนาของผิวชุบเลย

นอกจากนี้ จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรต่างๆ กับค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยม ดังตารางที่ 12-14 และรูปที่ 57-59 จะพบว่า เมื่ออัตราส่วนของปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเพิ่มขึ้น ไม่จำเป็นที่ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยมจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น เมื่อปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถัน เพิ่มขึ้นจาก 125:1 เป็น 175:1 จะได้ว่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยมไม่เพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดโครมิคที่เพิ่มขึ้น แต่ความหนาของผิวชุบโครเมี่ยมที่ได้กลับลดลง ทั้งนี้สามารถอธิบายได้โดยอาศัยกลไกการ

เกิดผิวเคลือบของโครเมี่ยมดังนี้คือ

กลไกการเกิดผิวเคลือบของโครเมี่ยม

ขั้นที่ 1 เมื่อกรดโครมิค (CrO_3) ละลายน้ำจะเกิดเป็นสารประกอบตัวใหม่ ดังสมการ

$$CrO_3 + H_2O \longrightarrow H_2CrO_4$$

ขั้นที่ 2 สารประกอบตัวใหม่นี้จะเกิดการแตกตัว ดังสมการ

$$H_2CrO_4 \longrightarrow H^+ + HCrO_4^-$$

ขั้นที่ 3 เกิดการรับอิเลคตรอนจากกระแสไฟฟ้า ดังสมการ

$$HCrO_4^- + 3H_2O + 3e \longrightarrow Cr^{+3} + 7OH^-$$

โครเมี่ยมซึ่งอยู่ในรูปของ $HCrO_4^-$ มีวาเลนซี 6 จะถูกรีดิวซ์กลายมาเป็น Cr^{+3}

ขั้นที่ 4 กรดกำมะถันเกิดการแตกตัว ดังสมการ

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$

ขั้นที่ 5 $2H^+$ จากการแตกตัวของกรดกำมะถันนี้จะไปรวมตัวกับ Cr^{+3} ทำให้เกิดผิวเคลือบโครเมี่ยมที่ชิ้นงาน ดังสมการ

$$Cr^{+3} + 2H^+ + 5e \longrightarrow Cr + H_2$$

จากกลไกการเกิดผิวเคลือบของโครเมี่ยมดังกล่าวข้างต้น

- เมื่ออัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 175:1 แต่ให้ความหนาของผิวชุบน้อยกว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 125:1 อธิบายได้ว่าปริมาณ H^+ ในสารละลายที่เกิดจากการสลายตัวของกรดกำมะถันมีปริมาณน้อยมาก (ตามปริมาณกรดกำมะถัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเทียบกับ Cr^{+3} (ซึ่งเกิดจากกรดโครมิคโดยผ่านกลไกขั้นที่ 1-3) ทำให้การรวมตัวของ H^{+} กับ Cr^{+3} เกิดเป็นผิวเคลือบโครเมี่ยม (Cr) ที่ชิ้นงานมีน้อยตามไปด้วย ชิ้นงานที่แต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรนี้จึงมีความหนาของผิวชุบน้อยกว่าชิ้นงานที่แต้มด้วยน้ำยาชุบที่มีอัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 125:1

- เมื่ออัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 75:1 ให้ความหนาของผิวชุบน้อยกว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 125:1 อธิบายได้ว่า Cr^{+3} ซึ่งเกิดจากกรดโครมิคโดยผ่านกลไกขั้นที่ 1-3 มีปริมาณน้อยกว่า เมื่อเทียบกับปริมาณ H^{+} ที่ได้จากการสลายตัวของกรดกำมะถัน ทำให้การรวมตัวของ H^{+} กับ Cr^{+3} เกิดเป็นผิวเคลือบโครเมี่ยม (Cr) ที่ชิ้นงานมีน้อยตามไปด้วย ชิ้นงานที่แต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรนี้จึงมีความหนาของผิวชุบน้อยกว่าชิ้นงานที่แต้มด้วยน้ำยาชุบที่มีอัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 125:1

- เมื่ออัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถันเป็น 125:1 ให้ความหนาของผิวชุบมากที่สุด อธิบายได้ว่า Cr^{+3} ซึ่งเกิดจากกรดโครมิคโดยผ่านกลไกขั้นที่ 1-3 และ H^{+} จากการสลายตัวของกรดกำมะถันในขั้นที่ 4 มีปริมาณที่พอเหมาะกัน ทำให้การรวมตัวของ H^{+} กับ Cr^{+3} เกิดเป็นผิวเคลือบโครเมี่ยม (Cr) ที่ชิ้นงานได้อย่างเต็มที่ ชิ้นงานที่แต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรนี้จึงมีความหนาของผิวชุบมากที่สุด

สรุปผลการทดสอบค่าความหนาของผิวชุบโครเมี่ยมจากทั้ง 2 วิธี จะได้ว่า น้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีอัตราส่วนปริมาณกรดโครมิคต่อปริมาณกรดกำมะถัน 125:1 เมื่อนำไปทำการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าบนเหล็กกล้าละมุน เป็นเวลานาน 15 นาที จะให้ค่าความหนามากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย