

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

“ ผลของการเตรียมผิวต่อความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิม ”
(Effects of Surface Preparation on Corrosion Resistance of Stainless Steel)

โดย

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะผู้วิจัย

นางสาวกนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ

นางสาวปราณี รัตนวลิตโรจน์

นายอดิศักดิ์ ถือพลอย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ร่วมวิจัย

กุมภาพันธ์ 2550

รายงานการวิจัย

" ผลของการเตรียมผิวต่อความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิม " (Effects of Surface Preparation on Corrosion Resistance of Stainless Steel)

ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ
หัวหน้าโครงการ	นางสาวกนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ
ผู้ร่วมโครงการ	นางสาวปราณี รัตนวลิตโรจน์ นายอดิศักดิ์ ถือพลอย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเตรียมผิวทางกลและทางเคมีต่อความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 และเฟอร์ริติกเกรด 430 ด้วยเทคนิคโพเทนชิโอสแตติกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่า ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางกลมีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อน โดยชิ้นงานที่มีผิวเรียบมีเสถียรภาพของฟิล์มและความต้านทานการกัดกร่อนดีกว่าชิ้นงานที่มีผิวหยาบ ทั้งนี้เหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีมีความต้านทานการกัดกร่อนมากกว่าวิธีการเตรียมผิวทางกล โดยการเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริก อุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมผิวทางเคมีมีแนวโน้มทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น ส่วนในกรณีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 พบว่า การใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที ในการเตรียมผิว เป็นสภาวะที่ทำให้ชิ้นงานมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนแบบรูพรุนสูงสุด ทั้งนี้ลักษณะพื้นผิวและรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวชิ้นงานนั้นได้ทำการตรวจสอบโดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

Abstract

The effects of mechanical polishing and chemical polishing on corrosion resistance of 304 austenitic and 430 ferritic stainless steel have been studied. The corrosion resistance of stainless steels was analyzed by potentiodynamic technique in 3.5 wt.% NaCl solution. The results showed that polarization behavior of the mechanical polished specimen was dependent on its surface roughness. The smooth surface has more passive film stability than the rough surface. It was found that chemical polished specimen showed higher corrosion potential than that finished by mechanical method. For 304 stainless steel, the pitting potential tended to increase with increasing of nitric acid concentration, temperature and chemical treatment time. In case of 430 stainless steel, the highest pitting potential was found in the condition using 35% nitric acid at 50°C for 30 minutes. The surface and pits on the specimen were observed by scanning electron microscope.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโลหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการและการใช้เครื่องโพเทนชิโอสแตทสำหรับการวิเคราะห์ทดสอบชิ้นงาน ขอขอบคุณบริษัทไทยน็อคส์ สเตนเลส จำกัด (มหาชน) ในความอนุเคราะห์แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม สำหรับการทดลอง ขอขอบคุณ ดร.จุฑาทิพย์ นมะหุต ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณ คุณสุทธวิรัตน์ ลิคนันท์ และบุคลากรของสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และเนื่องจากทุนการวิจัยทั้งหมดในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2549 คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญเรื่อง.....	iv
สารบัญตาราง.....	v
สารบัญรูป.....	vi
อธิบายคำย่อ.....	viii
บทนำ.....	1
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
ผลการทดลอง.....	4
อภิปรายผลการทดลอง.....	18
สรุปผลการทดลอง.....	19
บรรณานุกรม.....	20
ภาคผนวก.....	22
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	สภาวิชาการเตรียมผิวทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 และ เกรด 430.....	2
ตารางที่ 2	ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดออสเทนนิติก 304 และเกรดเฟอร์ริติก 430 ที่ใช้ในการทดลอง.....	4



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1	ชุดอุปกรณ์ทดสอบการกัดกร่อนด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี.....	3
รูปที่ 2	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของพื้นผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ที่กำลังขยาย 1500X.....	5
รูปที่ 3	ค่าความหยาบผิว (Ra) ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND.....	6
รูปที่ 4	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาไรเซชันของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C.....	6
รูปที่ 5	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาไรเซชันของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C.....	7
รูปที่ 6	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของพื้นผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No. 4, HL และ ND ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X.....	8
รูปที่ 7	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No. 4, HL และ ND ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 250X.....	9
รูปที่ 8	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 1500X.....	9
รูปที่ 9	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาไรเซชันในสถานะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 30 นาที.....	10
รูปที่ 10	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาไรเซชันในสถานะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 27 °C ระยะเวลา 30 และ 60 นาที.....	10
รูปที่ 11	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาไรเซชันในสถานะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% ระยะเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	12

หน้า

รูปที่ 12	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่เตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X.....	13
รูปที่ 13	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ณ อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X.....	13
รูปที่ 14	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นเวลา 30 นาที.....	14
รูปที่ 15	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 27°C ระยะเวลา 30 และ 60 นาที.....	15
รูปที่ 16	ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% ระยะเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	15
รูปที่ 17	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่เตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X.....	16
รูปที่ 18	ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ณ อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X.....	17

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

E_{cor}	=	ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (Corrosion potential)
E_{pit}	=	ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (Pitting potential)
I_{pass}	=	ค่าความหนาแน่นกระแสในช่วงพาสซีฟ (Passive current density)
HL	=	Hair line
ND	=	Non direction
Ra	=	Roughness average



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. บทนำ

การเตรียมผิว (surface preparation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตโลหะและการเคลือบผิวโลหะ วัตถุประสงค์หลักในการเตรียมผิวคือ เพื่อทำความสะอาด เพิ่มความแข็งแรง เพิ่มความสามารถในการยึดเกาะ หรือเพิ่มความต้านทานการสึกหรอ โดยทั่วไปกระบวนการเตรียมผิวสามารถเตรียมได้โดยวิธีทางกล (mechanical finishing) และวิธีทางเคมี (chemical finishing) ซึ่งทั้งสองกระบวนการจะได้ผิวชิ้นงานที่มีความเรียบและความต้านทานการกัดกร่อนเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน

อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนและวิธีการเตรียมผิวทางกลและทางเคมีมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องของหลายตัวแปร เช่น ความหยาบ ความละเอียดของสารขัด ชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ เวลา และอัตราการไหลเวียนของสารละลายซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลให้คุณภาพของผิวที่เตรียมได้มีความต้านทานการกัดกร่อนแตกต่างกัน สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมการเตรียมผิวด้วยวิธีทางกลและวิธีทางเคมีเป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการผลิตเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเป้าหมายของกระบวนการเตรียมผิวทางกล คือ การกำจัดออกไซด์ ส่วนวิธีทางเคมีนั้นจะเป็นการใช้สารละลายที่มีสมบัติแทรกซึมผ่านชั้นผิวของออกไซด์ได้ง่าย และละลายชั้นของโครเมียมได้เร็ว โดยทำให้ชั้นผิวของโลหะผสมละลายออกมาน้อยที่สุด

จากการค้นคว้าเอกสารและสิ่งตีพิมพ์ พบว่า มีผลงานวิจัยมากมายที่ศึกษาผลของการเตรียมผิวต่อความต้านทานการกัดกร่อน ดังเช่นงานวิจัยของ Wallinder และคณะ^[1] ที่ได้ศึกษาผลของการเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิม 304L ต่อความต้านทานการกัดกร่อนของบรรยากาศในเมือง Stockholm และบรรยากาศชายทะเลของเมือง Bohus-Malmön ชายฝั่งตะวันตกของประเทศสวีเดน เป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่า การเตรียมผิวมีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อนและความเรียบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม โดยเหล็กกล้าไร้สนิมที่เตรียมผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 มีความต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศชายทะเลน้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีผิวมันเงาและผ่านการอบอ่อน ซึ่งเป็นผลจากปริมาณโครเมียมในฟิล์มของเหล็กกล้าไร้สนิมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมผิว

ในงานวิจัยของ Hilbert และคณะ^[2] พบว่า ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุนของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเรียบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมต่ำกว่า $0.8 \mu\text{m}$ โดยเหล็กกล้าไร้สนิมที่เตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้าจะมีความต้านทานการกัดกร่อนสูงกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 80 4000 120 และ ชนิด 2B ตามลำดับ

นอกจากนี้งานวิจัยของ Lee และคณะ^[3] ยังพบว่า การเตรียมผิวด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีทำให้ความเรียบผิวเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่า และทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นด้วย จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า วิธีการเตรียมผิวมีบทบาทที่สำคัญต่อความต้านทานการกัดกร่อนและความเรียบผิว

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่ม ออสเทนนิติกและเฟอริติกซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการใช้งานกันมากในอุตสาหกรรมเหล็กกล้าไร้สนิม ด้วยวิธีทางกลและวิธีทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM A380-99^[4] จำนวน 6 สภาวะ โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ ความเข้มข้น

ของกรดไนตริก อุณหภูมิการเตรียมผิว และระยะเวลาการเตรียมผิว โดยศึกษาสมบัติความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี และตรวจสอบสภาพผิวและความหยาบผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อเป็นข้อมูลการวิจัยและเป็นแนวทางการเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดกร่อน

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

2.1.1 เตรียมผิวชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยวิธีทางกลและวิธีทางเคมี ดังนี้

วิธีทางกล เตรียมผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 ชนิด 2B ขนาด 0.8×100×1220 มิลลิเมตร ด้วยวิธีทางกลโดยใช้เครื่องขัดอัตโนมัติ ซึ่งภายหลังจากขัดจะได้พื้นผิวที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ผิว No.4 เป็นผิวที่ผ่านการขัดเทียบเท่ากับการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 150-180 ซึ่งชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะรอยขีดเป็นเส้นตรง ผิว Hair line (HL) เป็นผิวที่มีรอยขีดเป็นเส้นต่อเนื่องคล้ายเส้นผม และผิว Non direction (ND) เป็นผิวที่มีลวดลายไม่เป็นระเบียบ พื้นผิวโดยทั่วไปมีลักษณะหยาบ และมีรอยขีดกินลึกชัดเจน จากนั้นทำการตัดชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละชนิดให้มีขนาด 30×30 มิลลิเมตร ทำความสะอาดผิวชิ้นงานด้วยอะซิโตนและเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิค เพื่อล้างสิ่งสกปรกและคราบไขมัน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

วิธีทางเคมี ตัดชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 และเฟอร์ริติกเกรด 430 ชนิด 2B ให้มีขนาด 30×30 มิลลิเมตร ทำความสะอาดผิวชิ้นงานด้วยอะซิโตน และเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิค เพื่อล้างสิ่งสกปรกและคราบไขมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำชิ้นงานมาทำการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM A380-99 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดไนตริกอยู่ในช่วง 20-50% อุณหภูมิ 27-70°C ระยะเวลา 30 และ 60 นาที โดยทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดไนตริก อุณหภูมิและเวลา จำนวนทั้งสิ้น 6 สภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะการเตรียมผิวทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 และ เกรด 430

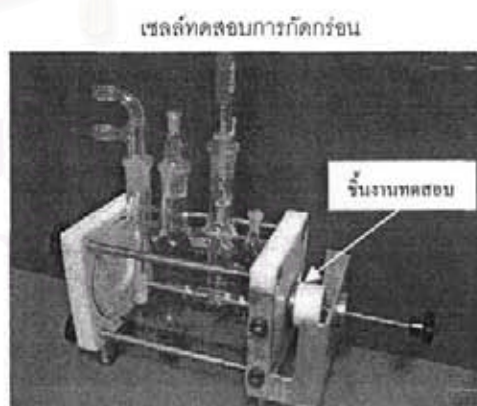
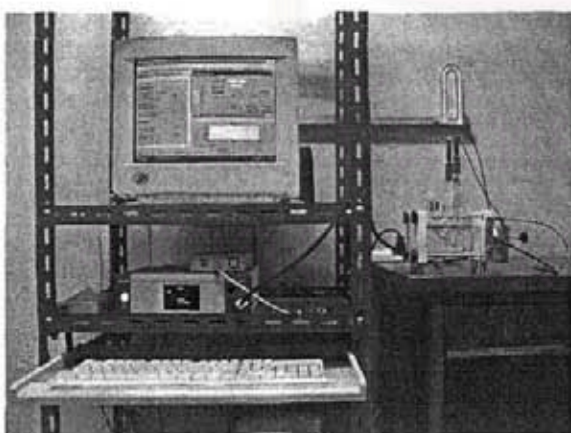
Condition	[HNO ₃] %	Temp (°C)	Time (min)
1	20	27	30
2	35	27	30
3	35	27	60
4	35	50	30
5	35	70	30
6	50	27	30

- 2.1.2 อบชิ้นงานให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วเก็บในโถแก้วดูดความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบความต้านทานการกัดกร่อน

2.2 การทดสอบชิ้นงาน

- 2.2.1 ทำการตรวจวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 และ 430 ด้วยเครื่อง Optical emission spectrometer
- 2.2.2 ทดสอบค่าความหยาบผิว (Surface Roughness) ของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยเครื่อง Surface roughness tester : SV-3000S4 โดยวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Roughness average: Ra)
- 2.2.3 การทดสอบวัดเส้นโพลาริเซชันของชิ้นงาน

นำชิ้นงานทดสอบติดตั้งในชุดอุปกรณ์ทดสอบการกัดกร่อน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งบริเวณพื้นผิวชิ้นงานที่จะสัมผัสกับสารละลายไฮเดียมคลอไรด์นั้นมีพื้นที่ประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร จากนั้นจึงเทสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในเซลล์ทดสอบการกัดกร่อน แล้ววัดเส้นโพลาริเซชันของชิ้นงาน โดยติดตั้งชิ้นงานที่เซลล์ทดสอบการกัดกร่อน แล้วเชื่อมต่อกับเครื่อง μ Autolab Type III ใช้ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์ - ซิลเวอร์คลอไรด์ เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) และใช้ขั้วไฟฟ้าแพลทินัมเป็นขั้วไฟฟ้าวัฏกระแส (counter electrode) กำหนดให้ศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นที่ -0.75 V และให้อัตราการเพิ่มความต่างศักย์ (scan rate) 1 mV/s จนกว่าจะได้เส้นโพลาริเซชันที่แสดงว่ามีการทำลายฟิล์มบนผิวชิ้นงานทดสอบ และเกิดการกัดกร่อนแบบรูพรุนขึ้น โดยเปรียบเทียบค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_{pit}) และค่าความหนาแน่นกระแสในช่วงพาสซีฟ (I_{pass}) จากเส้นโพลาริเซชันที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบการกัดกร่อนด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี

- 2.2.4 ตรวจสอบสภาพผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

3. ผลการทดลอง

ผลการตรวจวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีและการทดสอบความหยาบผิวของชิ้นงาน

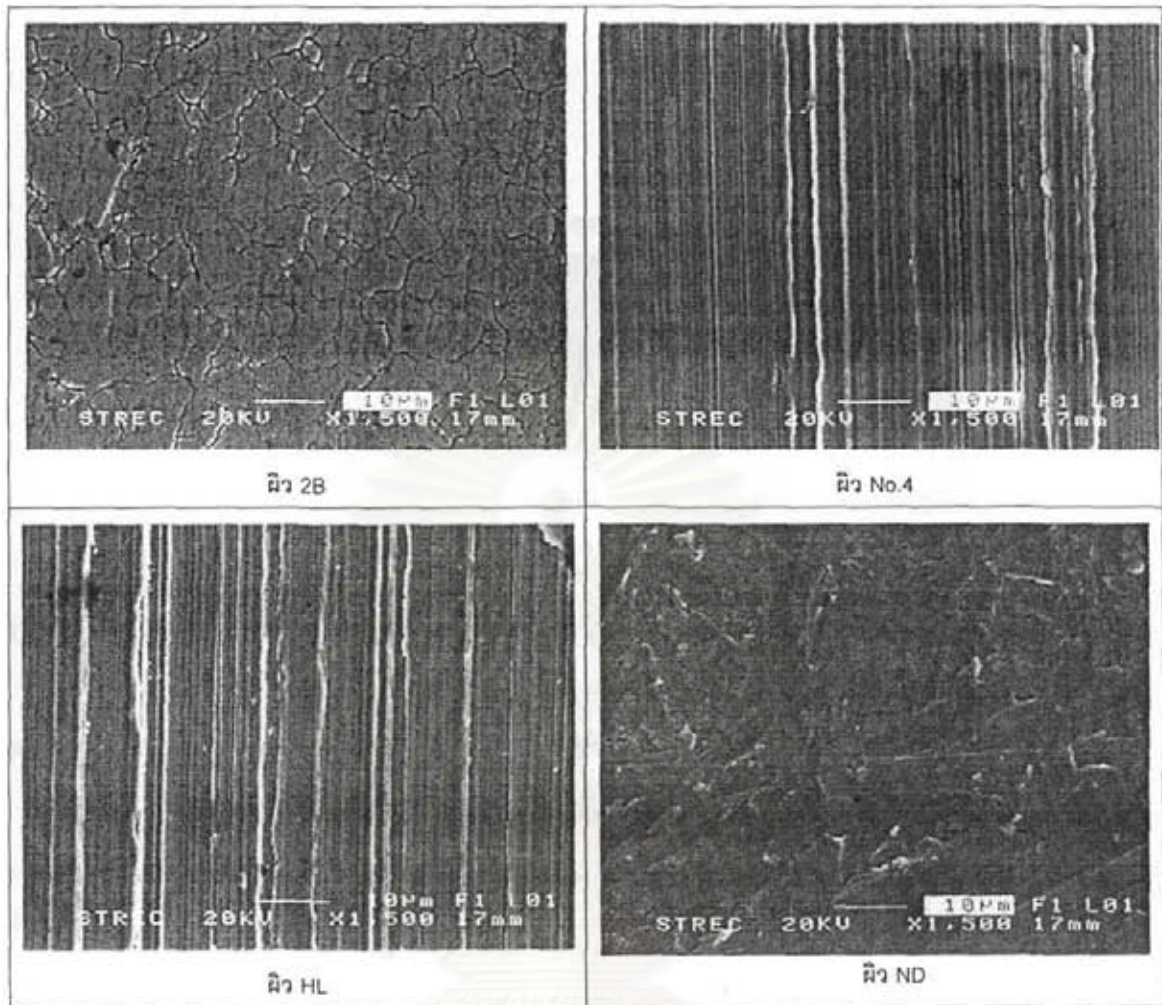
แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ เกรดออสเทนนิติก 304 ชนิด 2B และเกรดเฟอร์ริติก 430 ชนิด 2B ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีจากเครื่อง Optical emission spectrometer แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดออสเทนนิติก 304 และเกรดเฟอร์ริติก 430 ที่ใช้ในการทดลอง

เหล็กกล้าไร้สนิม	ปริมาณธาตุ (%โดยน้ำหนัก)										
	V	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Fe
เกรด 304	0.124	0.044	0.464	1.14	0.027	0.007	18.16	0.164	8.46	0.115	balance
เกรด 430	0.120	0.032	0.436	0.635	0.021	0.001	16.28	0.055	0.134	0.105	balance

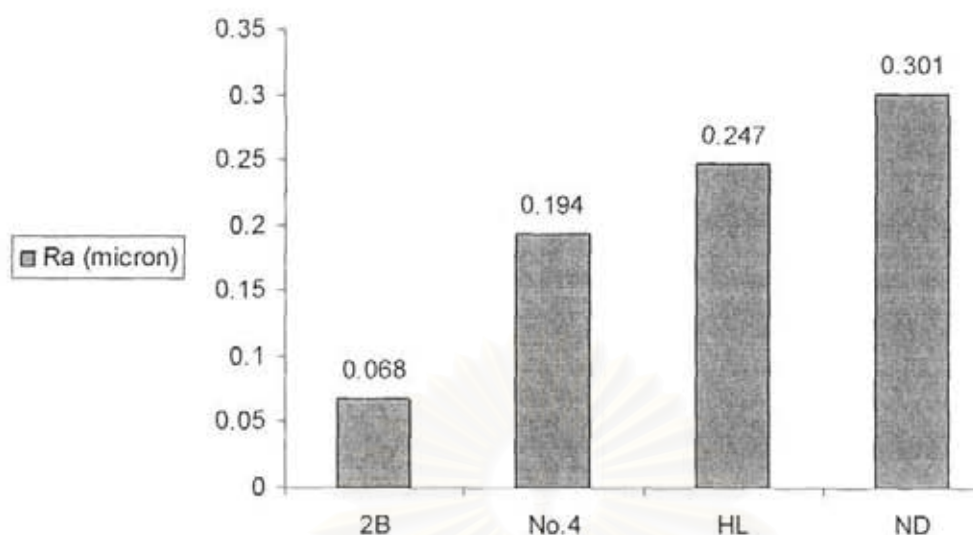
รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของพื้นผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 ที่ได้จากการเตรียมผิวทางกลทั้ง 4 ชนิด คือ ผิว 2B ผิว No.4 ผิว Hair line (HL) และผิว Non direction (ND) โดยภายหลังจากตรวจสอบความหยาบผิวของชิ้นงานทั้ง 4 ชนิด ด้วยเครื่อง Surface roughness tester พบว่า ผิวชนิด 2B มีค่าความหยาบผิว (Ra) น้อยกว่าผิวชิ้นงาน No.4 , HL และ ND ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผิวชิ้นงานชนิด 2B มีความเรียบมากกว่าผิวของชิ้นงาน No.4 , HL และ ND ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการวัดความหยาบผิวของพื้นผิวชนิด No.4 และ HL ในทิศทางที่ต่างกันจะให้ค่าความหยาบผิวที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน No.4 และ HL สำหรับการทดลองนี้ จึงเป็นการวัดในทิศทางตั้งฉากกับแนวเส้นขีดเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของพื้นผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ที่กำลังขยาย 1500x

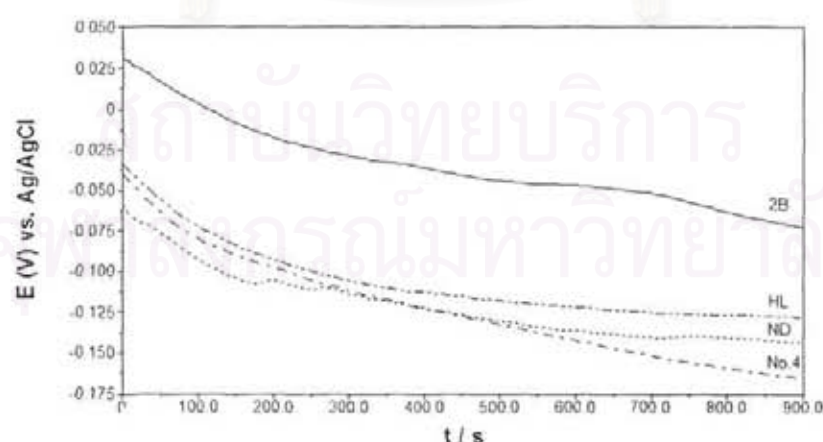
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 ค่าความหยาบผิว (Ra) ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND

ผลการเตรียมผิวทางกลต่อความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304

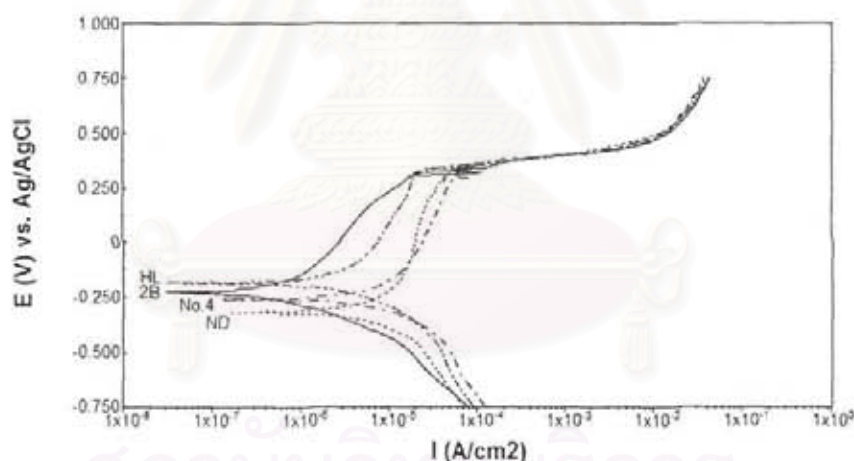
จากการทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27°C เทียบกับค่าศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์ - ซิลเวอร์คลอไรด์ เป็นเวลา 15 นาที ด้วยเทคนิค Chrono method (potentiometry : zero current) พบว่า ผิวชนิด 2B จะให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) สูงกว่าผิว HL ND และ No.4 ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27°C

เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการวัดด้วยเทคนิค Chrono method มาวัดเส้นโพลาริเซชันด้วยเทคนิค Linear sweep voltammetry ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก อัตราการเพิ่มความต่างศักย์ 1 มิลลิโวลต์/วินาที ค่าศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นที่ -0.75 โวลต์ พบว่า เมื่อนำเส้นโพลาริเซชันของชิ้นงาน 2B, No.4, HL และ ND มาซ้อนทับกันจะเห็นได้ชัดเจนว่า ชิ้นงาน HL มีค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบทั่วไปสูงกว่าชิ้นงาน 2B , No.4 และ ND ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยชิ้นงานทั้ง 4 ชนิดมีค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูพรุนใกล้เคียงกัน แต่ค่าความหนาแน่นของกระแสในช่วงพาสซีฟของชิ้นงาน 2B มีค่าน้อยกว่าชิ้นงาน HL, ND และ No.4 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าฟิล์มบนผิวชิ้นงาน 2B มีเสถียรภาพดีกว่าผิวชนิดอื่นจึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลง

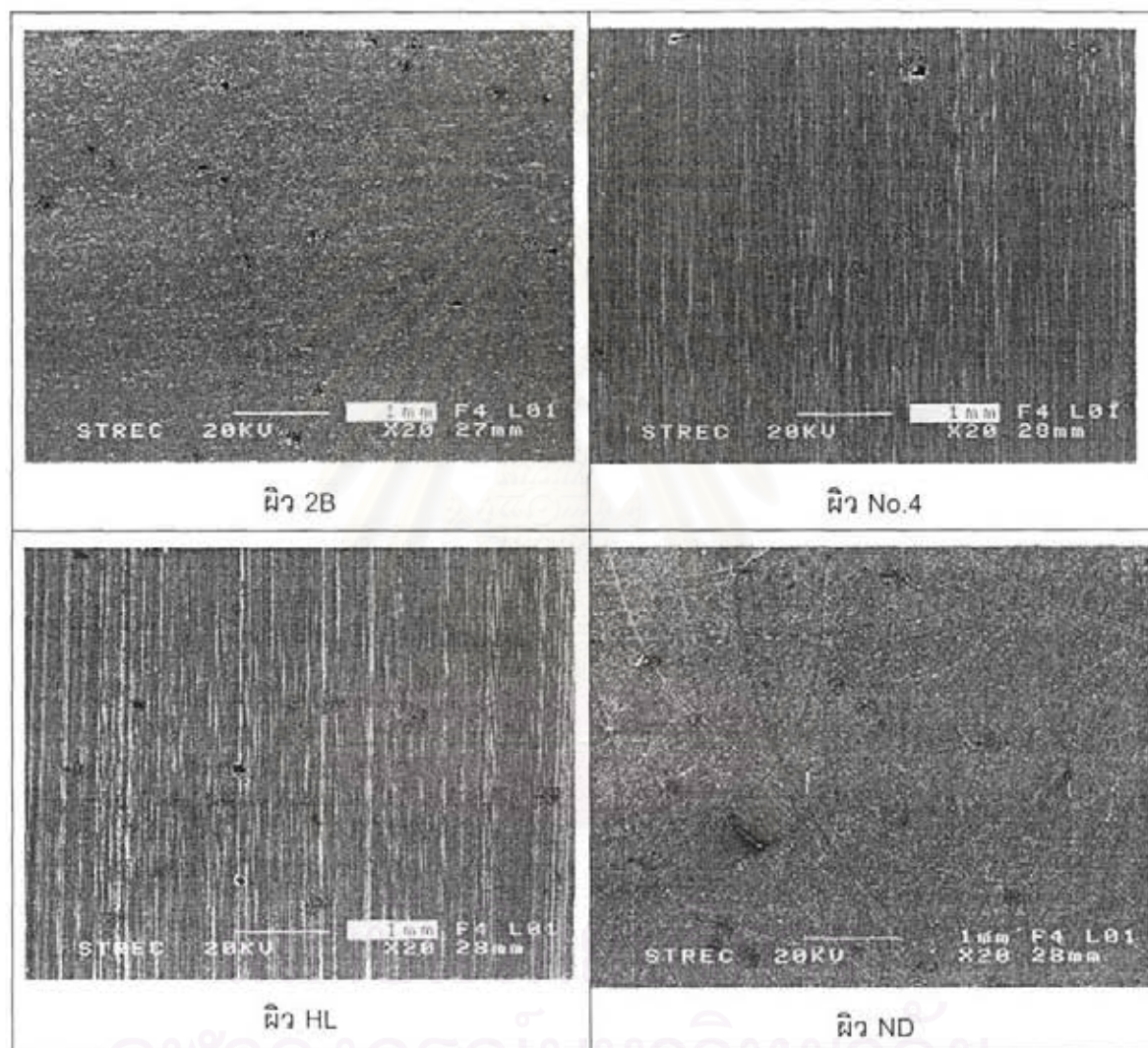
เมื่อพิจารณาจากค่าความหนาแน่นผิวของชิ้นงาน พบว่า ชิ้นงาน HL และ No.4 มีลักษณะผิวเป็นร่องขนานกันในแนวเส้นตรง จึงทำให้ค่าความหนาแน่นผิวที่วัดได้ในแนวตั้งฉากกับแนวขีดไม่สามารถใช้เป็นค่าเฉลี่ยความหนาแน่นผิวของชิ้นงานชนิด HL และ No.4 ได้ การทดลองในที่นี้จึงทำการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นผิวต่อค่าความต้านทานการกัดกร่อนระหว่างชิ้นงานชนิด 2B และ ND เท่านั้น โดยพบว่า ชิ้นงาน 2B ซึ่งผิวมีความเรียบมากกว่าจะให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนสูงกว่าชิ้นงาน ND และฟิล์มของชิ้นงาน 2B ก็มีเสถียรภาพดีกว่าชิ้นงาน ND ด้วย



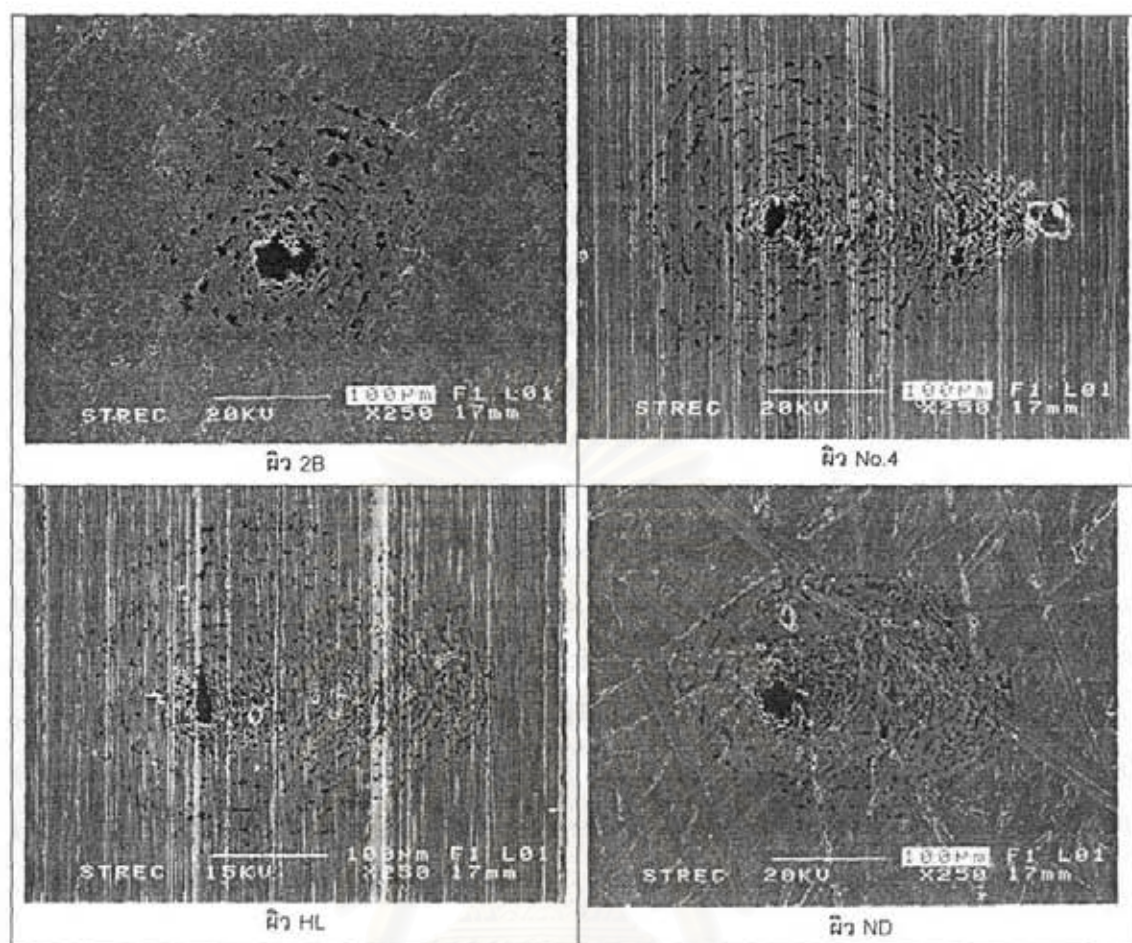
รูปที่ 5 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No.4, HL และ ND ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C

ผลการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวชิ้นงาน 2B, No.4, HL และ ND ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมีในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า พื้นผิวของชิ้นงาน 2B, No.4, HL และ ND ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมีมีรูพรุนเกิดขึ้นกระจายอยู่โดยทั่วไปบนผิวชิ้นงาน ณ บริเวณที่สัมผัสกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ โดยจากภาพถ่ายที่กำลังขยายสูงขึ้นในรูปที่ 7 พบว่า

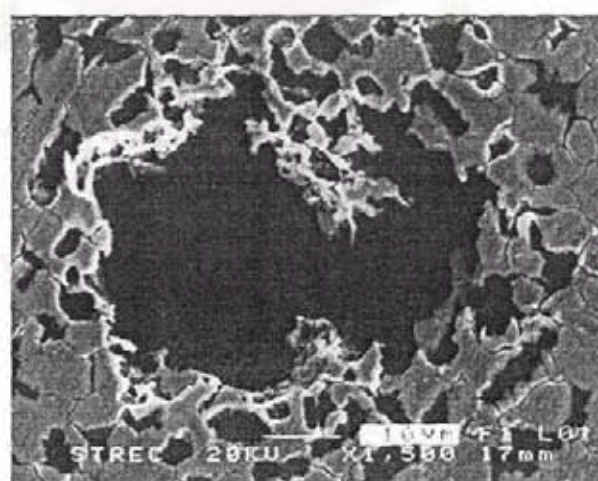
รูปพรุนที่เกิดขึ้นบนพื้นผิว No.4 และ HL มีลักษณะเป็นวงรีขนาดความกว้างประมาณ 20 ไมโครเมตร โดยมีความยาวของวงรีขนานไปในทิศทางเดียวกับแนวขีด และมีรูปพรุนขนาดเล็กจำนวนมากกระจายอยู่โดยรอบ ส่วนรูปพรุนที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน 2B และ ND มีลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 30-60 ไมโครเมตร และมีรูปพรุนขนาดเล็กจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะชิ้นงาน 2B การกัดกร่อนแบบรูปพรุนจะเกิดขึ้นบริเวณขอบเกรนเป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของพื้นผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No. 4, HL และ ND ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X



รูปที่ 7 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B, No. 4, HL และ ND ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 250X



รูปที่ 8 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 1500X

ผลการเตรียมผิวทางเคมีต่อความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิม

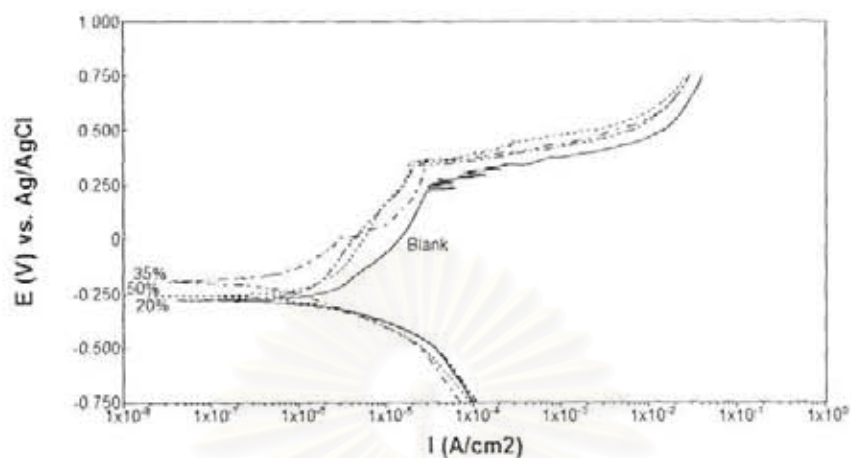
เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304

ภายหลังจากเตรียมผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ชนิด 2B ด้วยวิธีทางเคมี ตามมาตรฐาน ASTM A 380-99 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดไนตริกอยู่ในช่วง 20-50% อุณหภูมิ 27-70°C เป็นเวลา 30 และ 60 นาที ตามสภาวะการเตรียมผิวในตารางที่ 1 พบว่า การเตรียมผิวทางเคมีโดยใช้กรดไนตริกที่สภาวะต่างๆ มีผลทำให้ผิวชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีฟิล์มบางสีขาวขุ่นเคลือบอยู่บนผิว ทั้งนี้เป็นผลจากกรดไนตริกทำปฏิกิริยากับธาตุผสมในเหล็กกล้าไร้สนิมจึงทำให้เกิดการสร้างฟิล์มขึ้นบนผิวเหล็กกล้าไร้สนิม

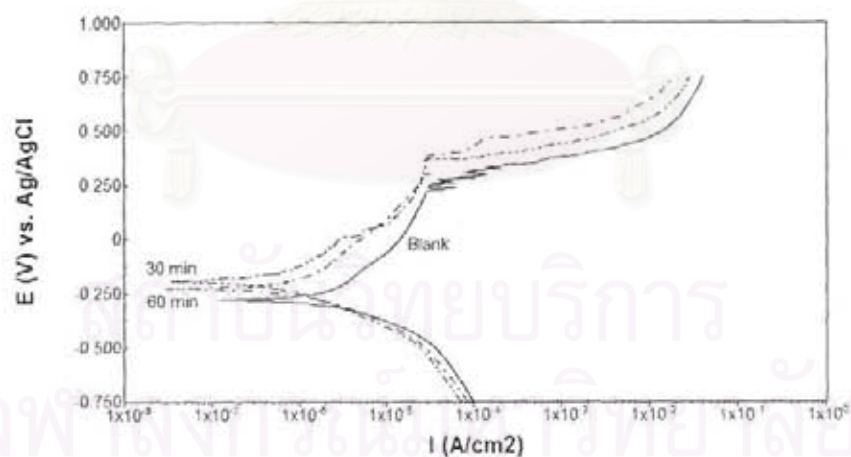
ผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ของชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดไนตริกสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนและค่าศักย์ไฟฟ้าการเกิดรูพรุนของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 สูงขึ้น และยังมีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของ กระแสในช่วงพาสซีฟลดลง ซึ่งแสดงถึงเสถียรภาพของฟิล์มที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยสภาวะการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบทั่วไปดีที่สุด แต่การใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 50% ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการเกิดรูพรุนสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความเข้มข้นของกรดไนตริกที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานมีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อนและเสถียรภาพของฟิล์ม โดยชิ้นงานที่เตรียมผิวด้วยความเข้มข้นของกรดไนตริกสูงจะทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนแบบรูพรุนสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 9

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อทำการเตรียมผิวโดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% ณ อุณหภูมิ 27°C ด้วยระยะเวลาที่นานขึ้นเป็น 60 นาที มีผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุนสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่กรดไนตริกที่ใช้ในการเตรียมผิวทางเคมีมีเวลาในการทำปฏิกิริยากับโครเมียมซึ่งเป็นธาตุผสมในเหล็กกล้าไร้สนิมได้นานขึ้น ทำให้ฟิล์มมีปริมาณโครเมียมสูง ความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนจึงมีค่าสูงตามไปด้วย และในกรณีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมผิวโดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% เป็นเวลา 30 นาที นั้นพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิการเตรียมผิวจะมีผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุนสูงขึ้น และทำให้ฟิล์มของเหล็กกล้าไร้สนิมมีเสถียรภาพดีขึ้น แสดงในรูปที่ 11

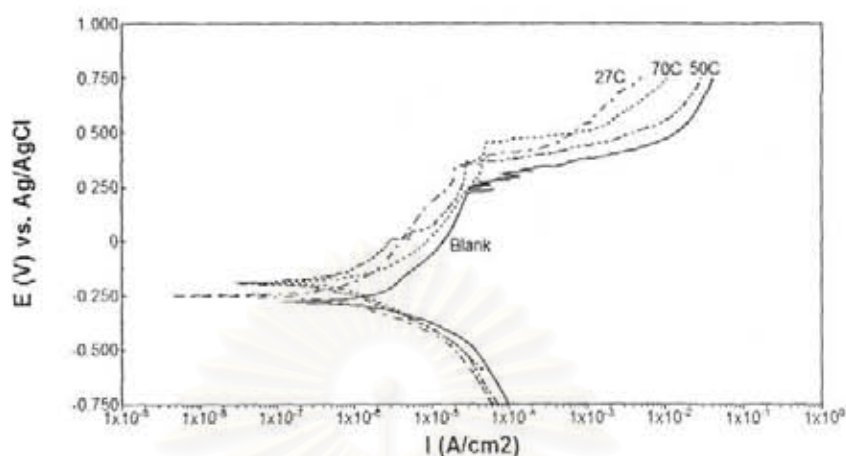
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นเวลา 30 นาที

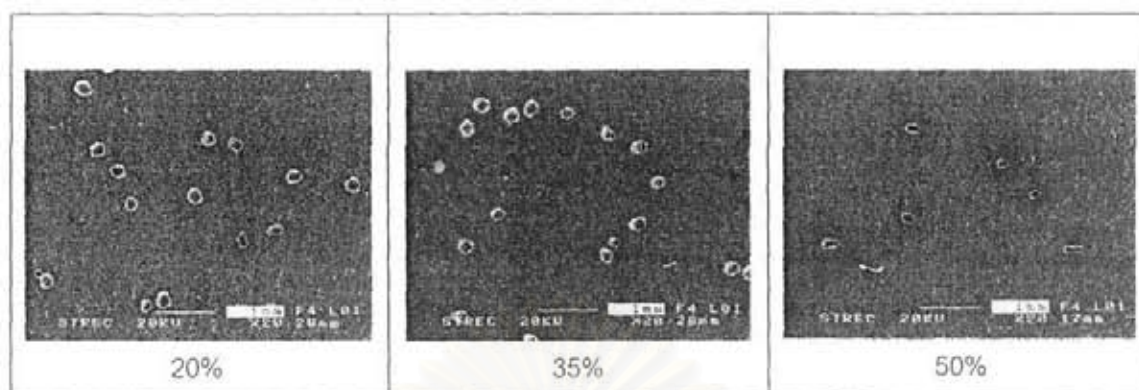


รูปที่ 10 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 27°C ระยะเวลา 30 และ 60 นาที



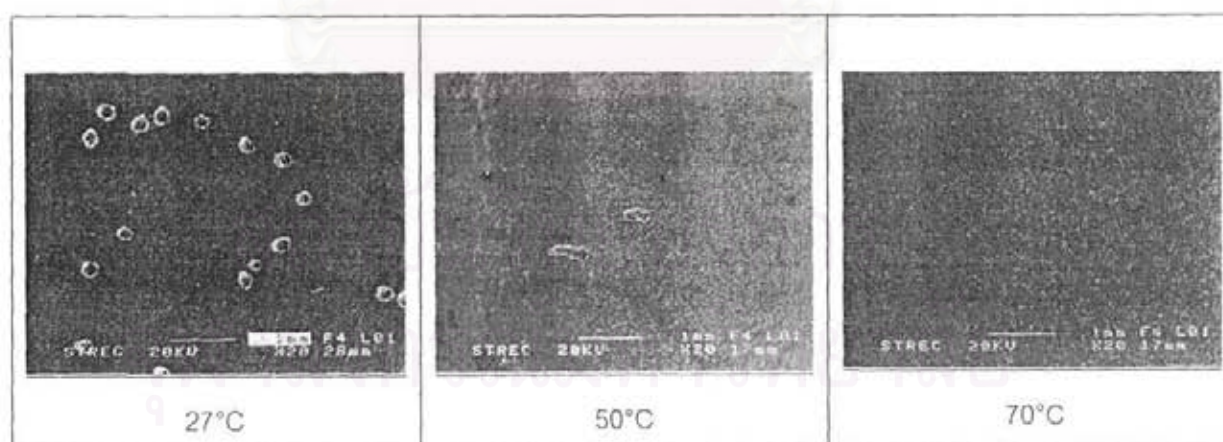
รูปที่ 11 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% ระยะเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิต่างๆ

จากการตรวจสอบผิวชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า รูพรุนที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานตามสภาวะการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี มีลักษณะกว้างและตื้น ไม่มีรูพรุนเล็กๆ กระจายเหมือนรูพรุนที่เกิดขึ้นในเหล็กกล้าไร้สนิมที่เตรียมผิวด้วยวิธีทางกล โดยชิ้นงานที่ผ่านการเตรียมผิวโดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 50% มีความหนาแน่นของรูพรุนน้อยกว่าการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 20% และ 35% ดังแสดงในรูปที่ 12 ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับเส้นโพลาริเซชัน โดยพบว่า การเตรียมผิวที่สภาวะการใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 50% ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการเกิดรูพรุนสูงที่สุด ทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนแบบรูพรุนสูงที่สุดด้วย



รูปที่ 12 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่เตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X

รูปที่ 13 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3.5% โดยน้ำหนัก สำหรับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ณ อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิในการเตรียมผิวสูงขึ้นจะมีความหนาแน่นของรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมลดลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวัดความต้านทานการกัดกร่อนด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี

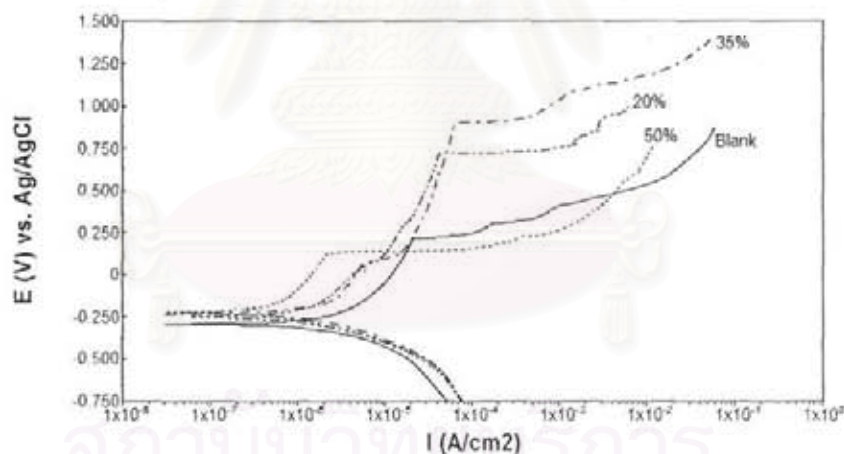


รูปที่ 13 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ณ อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X

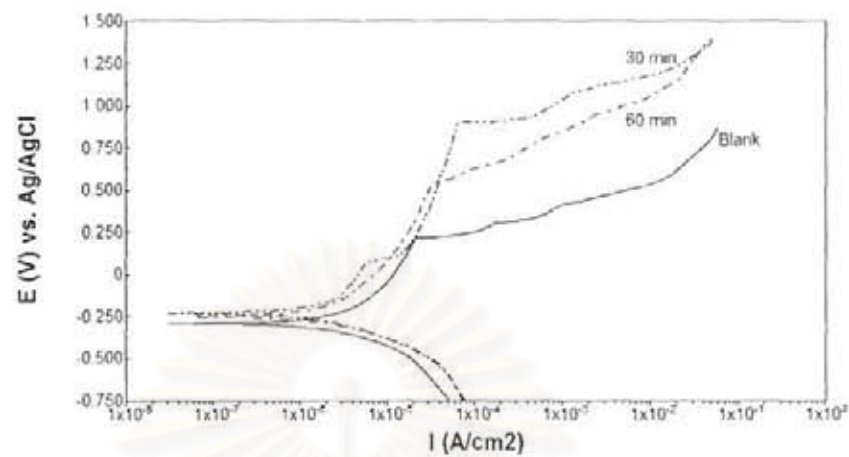
เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกเกรด 430

ผลการวัดความต้านทานการกัดกร่อนชิ้นงานในสภาวะสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก สำหรับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ชนิด 2B ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า การเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 โดยเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริกจาก 20% เป็น 35% ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูพูนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 50% จะมีผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการเกิดรูพูนลดลง ดังแสดงในรูปที่ 14 โดยระยะเวลาในการเตรียมผิวมีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อนและเสถียรภาพของพาสซีฟฟิล์ม จากการทดลองพบว่า การใช้เวลาในการเตรียมผิวนานขึ้นจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพูนลดลง ดังแสดงในรูปที่ 15

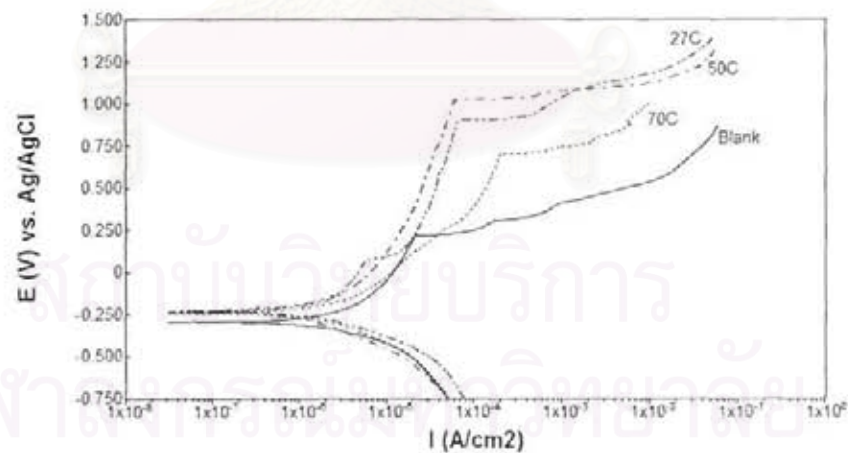
สำหรับผลของอุณหภูมิต่อการเตรียมผิว พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C สำหรับการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ที่ระยะเวลา 30 นาที ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าการเกิดรูพูนสูงที่สุด แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเป็น 70°C จะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพูนลดลง ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 14 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 15 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่ อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรด ไนตริกความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 27°C ระยะเวลา 30 และ 60 นาที



รูปที่ 16 ตัวอย่างผลการวัดเส้นโพลาริเซชันในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% โดยน้ำหนัก ที่ อุณหภูมิ 27 °C ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้กรด ไนตริกที่ความเข้มข้น 35% ระยะเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิต่างๆ

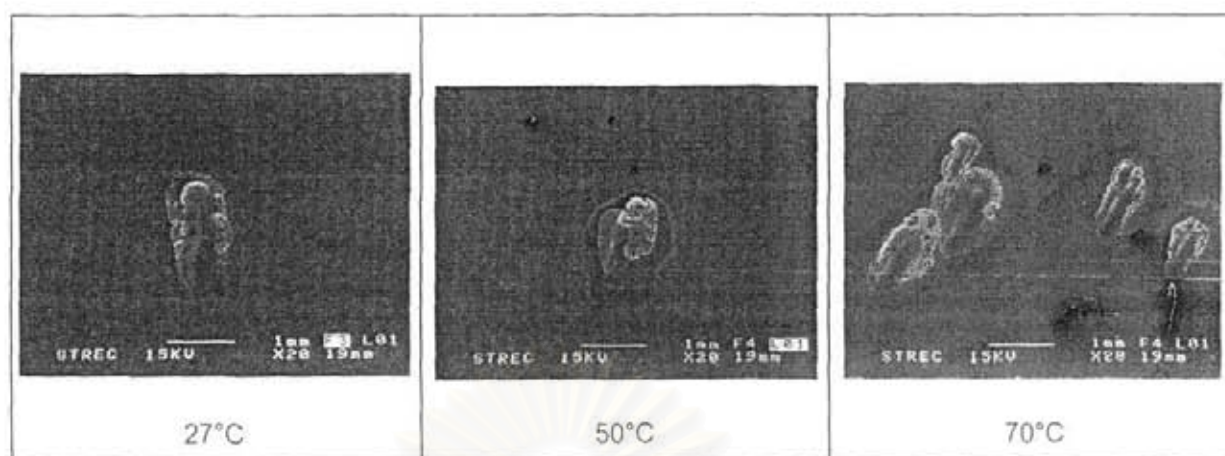
จากการตรวจสอบลักษณะผิวชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน สำหรับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่เตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที แสดงในรูปที่ 17 พบว่า ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี เกิดรูพรุนซึ่งมีลักษณะเรียวยาว ความกว้างประมาณ 0.5-1.0 มิลลิเมตร ซึ่งรูพรุนที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนที่เกิดขึ้นบนเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ค่อนข้างมาก โดยการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 50% มีความหนาแน่นของรูพรุนบนผิวชิ้นงานมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดความต้านทานการกัดกร่อนด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี

รูปที่ 18 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของรูพรุนที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70°C สำหรับการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% เป็นระยะเวลา 30 นาที มีผลทำให้ความหนาแน่นของรูพรุนบนเหล็กกล้าไร้สนิมมากกว่าการเตรียมผิวโดยใช้อุณหภูมิ 27°C และ 50°C



รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่เตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 27°C เป็นระยะเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18 ตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนบริเวณรูปพูนที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 35% ณ อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ที่กำลังขยาย 20X

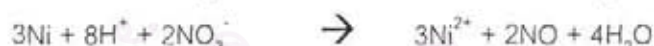
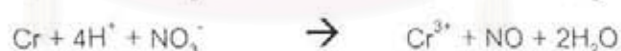
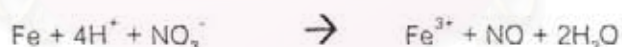
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. อภิปรายผลการทดลอง

การเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยวิธีทางกลเป็นวิธีการขจัดออกไซด์บนพื้นผิว ทำให้พื้นผิวเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางกายภาพ ซึ่งความเรียบผิวและลักษณะของพื้นผิวจะขึ้นกับลักษณะและขนาดอนุภาคของสารขัด โดยสารขัดที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะทำให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบและเป็นมันเงา ในกรณีของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 2B และ ND ซึ่งมีค่าความหยาบผิวแตกต่างกันมาก พบว่า พื้นผิว 2B ซึ่งมีความเรียบผิวมากกว่าจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนสูงกว่าพื้นผิว ND และฟิล์มของพื้นผิว 2B ก็มีเสถียรภาพดีกว่าพื้นผิว ND ด้วย ทำให้พื้นผิว 2B มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดีกว่าชิ้นงาน ND อาจกล่าวได้ว่าชิ้นงานที่มีผิวเรียบมากจะมีเสถียรภาพของฟิล์มและความต้านทานการกัดกร่อนมากกว่าชิ้นงานที่มีผิวหยาบกว่า ซึ่งน่าจะเป็นผลจากความละเอียดของพื้นผิวที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้กับผิวเหล็กกล้าไร้สนิม ทำให้มีพื้นผิวในการสร้างฟิล์มได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังสนับสนุนกับการทดลองของ Hong และคณะ^[5] ที่พบว่า พื้นผิวแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีความเรียบผิวสูงจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าที่รูพรุนเริ่มขยายตัว (Em) สูงด้วย ทำให้การเกิดรูพรุนบนผิวที่มีความเรียบสูงเป็นไปได้ยากกว่าผิวที่มีความหยาบกว่า^[6]

สำหรับการเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 และเกรด 430 ด้วยวิธีทางเคมีในสารละลายกรดไนตริก พบว่า ลักษณะผิวที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างจากลักษณะผิวที่เตรียมด้วยวิธีทางกล โดยภายหลังการเตรียมด้วยวิธีทางเคมีจะมีฟิล์มบางสีขาวขุ่นเคลือบอยู่บนผิวเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่ง Vayer และคณะ^[7] สนับสนุนว่าเป็นผลจากการละลายของชั้นผิวโลหะและชั้นออกไซด์ทำให้ชั้นฟิล์มมีปริมาณโครเมียมเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมสูงขึ้นไปด้วย โดยสันนิษฐานว่าปฏิกิริยาเคมีบนชั้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเกิดขึ้นดังนี้^[8]

1. ปฏิกิริยาการทำละลายชั้นผิวโลหะ



2. ปฏิกิริยาการทำละลายชั้นออกไซด์ของโลหะ

ปฏิกิริยาเคมีการทำลายชั้นออกไซด์ของโลหะเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกัน โดยมีแคทไอออนเกิดขึ้นและมีการปลดปล่อย NO ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์โดยอากาศกลายเป็น NO₂ ต่อไป

จากการทดลองพบว่า การเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ด้วยวิธีทางเคมี โดยการเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริก อุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมผิวมีแนวโน้มทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น คาดว่าเป็นผลจากกรดไนตริกที่ใช้ในการเตรียมผิวทางเคมีมีปริมาณและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้นและนานขึ้นตามลำดับ จึงทำให้การละลายของโครเมียมบนชั้นฟิล์มมากขึ้น^[9,10,11] มีการสร้างฟิล์มออกไซด์ที่เสถียรและแข็งแรง ทำให้ความหนาแน่นของจำนวนรูพรุนที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานภายหลังการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมีลดน้อยลง

สำหรับกรณีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 พบว่า การใช้กรดไนตริกเตรียมผิวทางเคมีทำให้เสถียรภาพของฟิล์มพาสซีฟเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่ง Hong และคณะ^[12] สนับสนุนว่า การเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้กรดไนตริกนั้นมีผลทำให้ปริมาณโครเมียมบนชั้นฟิล์มเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมือนกับในกรณีของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 จากการศึกษาพบว่า การใช้กรดไนตริกเตรียมผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ที่ความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 50°C ระยะเวลา 30 นาที เป็นสภาวะในการเตรียมผิวทางเคมีที่ทำให้ชิ้นงานมีความต้านทานต่อการเกิดรูพรุนสูงที่สุด ทั้งนี้การใช้เวลาการเตรียมผิวที่ 60 นาที และอุณหภูมิเตรียมผิวที่ 70 °C กลับมีผลทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนลดลง อาจเป็นผลจากสภาวะที่ใช้ในการเตรียมผิวทางเคมีมีความรุนแรง จึงทำให้ฟิล์มที่เกิดขึ้นภายหลังการเตรียมผิวมีเสถียรภาพต่ำ นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่ารูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ภายหลังจากทดสอบทางไฟฟ้าเคมีมีขนาดใหญ่มากกว่าในกรณีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ซึ่งเป็นผลจากธาตุโครเมียม ซึ่งเป็นธาตุผสมที่เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนในเหล็กกล้าไร้สนิมในเกรด 430 มีปริมาณน้อยกว่าเกรด 304 โดยลักษณะรูปร่างและขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับอัตราการละลายของสารเคมีภายในรูพรุนกับการแพร่ของผลิตภัณฑ์จากการกัดกร่อน^[13,14] อย่างไรก็ตาม ยังคงมีความจำเป็นต้องทำการพิสูจน์และวิเคราะห์ชนิดของฟิล์มที่เกิดขึ้นบนผิวเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 และเกรด 430 ภายหลังจากเตรียมผิวทางเคมีเพื่อยืนยันถึงเสถียรภาพของฟิล์มที่เกิดขึ้นบนผิวเหล็กกล้าไร้สนิมต่อไป

5. สรุปผลการทดลอง

1. ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางกล มีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อน โดยชิ้นงานที่มีผิวเรียบจะมีเสถียรภาพของฟิล์มและความต้านทานการกัดกร่อนมากกว่าชิ้นงานที่มีผิวหยาบ
2. เหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้กรดไนตริกมีความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนมากกว่าการเตรียมผิวด้วยวิธีทางกล เนื่องจากกรดไนตริกที่ใช้ในการเตรียมผิวช่วยเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มบนผิวเหล็กกล้าไร้สนิม และยังทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนเพิ่มสูงขึ้นด้วย
3. จากผลการทดลองในแต่ละชุดการทดลองพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริก อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเตรียมผิวทางเคมีมีแนวโน้มทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูพรุนเพิ่มสูงขึ้น ส่วนในกรณีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 พบว่า การใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 50°C ระยะเวลา 30 นาที ในการเตรียมผิวเป็นสภาวะที่ทำให้ชิ้นงานมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนแบบรูพรุนสูงที่สุด

บรรณานุกรม

1. Wallinder, D., Odnevall Wallinder, I., and Leygraf, C. "Influence of surface treatment of type 304L stainless steel on atmospheric corrosion resistance in urban and marine environments" Corrosion (2003) : 220-227.
2. Hilbert, L.R., Bagge-Ravn, D., Kold, J. and Gram, L. "Influence of surface roughness of stainless steel on microbial adhesion and corrosion resistance" International Biodeterioration & Biodegradation 52(2003) : 175-185.
3. Lee, S.J. and Lai, J.J. "The effects of electropolishing (EP) process parameters on corrosion resistance of 316L stainless steel" Journal of Materials Processing Technology 140 (2003) : 206-210.
4. ASTM A 380-99. "Standard practice for cleaning, descaling, and passivation of stainless steel parts, equipment and systems" Annual Book of ASTM Standards, ASTM : 1-12.
5. Hong, T. and Nagumo, M. "Effect of surface roughness on early stages of pitting corrosion of type 301 stainless steel" Corrosion Science 39 (1997) : 1665-1672.
6. Sasaki, K. and Burstein, G.T. "The generation of surface roughness during slurry erosion-corrosion and its effect on the pitting potential" Corrosion Science 38 (1996) : 2111-2120.
7. Vayer, M., Reynaud, I. and Erre, R. "XPS characterizations of passive films formed on martensitic stainless steel : qualitative and quantitative investigations" Journal of Materials Science 35 (2000) : 2581-2587.
8. Henriot, D. Stainless steel surface treatments. In P. Lacombe, B. Baroux, and G. Beranger (eds.), Stainless steels, pp. 837-838. Cedex, France: Les Editions de Physique, 1993.
9. Wallinder, D., Pan, J., Leygraf, C. and Delblanc-Bauer, A. "EIS and XPS study of surface modification of 316LVM stainless steel after passivation" Corrosion Science 41 (1999) : 275 - 289.
10. Hong, T., Nagumo, M. and Jepson, W.P. "Influence of HNO₃ treatments on the early stages of pitting of type 430 stainless steel" Corrosion Science 42 (2000) : 289 - 298.
11. Maller, R.R. "Passivation of stainless steel" Trends in Food Science & Technology 9 (1998) : 28-32.
12. Hong, T., Ogushi, T. and Naguma, M. "The effect of chromium enrichment in the film formed by surface treatments on the corrosion resistance of type 430 stainless steel" Corrosion Science 38 (1996) : 881-888.
13. Ernst, P., Laycock, N.J., Moayed, M.H. and Newman, R.C. "The mechanism of lacy cover formation in pitting" Corrosion Science 39 (1997) : 1133-1136.

14. Pistorius, P.C and Burstein. G.T. "Metastable pitting corrosion of stainless steel and the transition to stability" Physical Sciences and Engineering 341 (1992) : 531-559.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH EQUIPMENT CENTRE, CHULALONGKORN UNIVERSITY, Chulalongkorn Rd. Bangkok 10330 Thailand Tel. 0-2254-8032 Fax. 0-2254-0211
ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฝ่ายเทคนิค 3 อาคารศูนย์ 62 ซอยจตุจักร 10330 โทร. 0-2254-8032 โทรสาร 0-2254-0211


รายงานผลวิเคราะห์

หน้า 1/1

รายงานเลขที่ 161/2549

รหัสตัวอย่าง : MTL06/110	เครื่องมือวิเคราะห์ : เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมการเปล่งแสง
ประเภทตัวอย่าง : Stainless steel	วิธีวิเคราะห์ : Spark source optical emission spectrometry
ลักษณะตัวอย่างเดิม : เหมาะสมที่จะวิเคราะห์	Optical emission spectrometer, Spectrolab M7
เจ้าของตัวอย่าง : นางสาวกนกวรรณ สมเกียรติกุล	22 กุมภาพันธ์ 2549
ที่อยู่ : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ	นามสมมติ นพรัตน์
จุดส่งการันตีทางเคมี :	

ชื่อตัวอย่าง	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V
1. Stainless steel	0.044	0.464	1.14	0.027	0.007	18.16	0.164	8.46	0.115	0.124

 (นายสมนึก นพรัตน์) ผู้วิเคราะห์
 (นางอุบล ชิตะวิสุทธิศรี) หัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์

หมายเหตุ : 1. ผลการทดสอบนี้เป็นผลของเฉพาะตัวอย่างที่ส่งให้ทดสอบเท่านั้น 2. รายงานผลวิเคราะห์ที่ส่งไปลูกค้าเฉพาะเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้รับการยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากศูนย์เครื่องมือฯ
 หน่วยงานทำรังฉบับ



SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH EQUIPMENT CENTRE, CHULALONGKORN UNIVERSITY, Chulalongkorn Rd. Bangkok 10330 Thailand Tel: 0-2272-64032 Fax: 0-2254-0211
ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อุทยานรังสรรค์นวัตกรรมอวกาศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสาม จุฬาลงกรณ์ซอย 62 พญาไท กรุงเทพมหานคร 10330 โทร. 0-2272-64032 โทรสาร 0-2254-0211

รายงานผลวิเคราะห์

รายงานเลขที่ 286/2549

หน้า 1/1

<p>รหัสตัวอย่าง : MTL/06/206 - 208 ประเภทตัวอย่าง : Stainless steel plate ลักษณะตัวอย่าง/วัสดุ : หนาสวมที่โรงเตาเหล็ก เจ้าของตัวอย่าง : นางสาวกนกวรรณ แสงเกียรติคุณ ที่อยู่ : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย</p>	<p>วัตถุประสงค์ : เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี วิธีวิเคราะห์ : Spark source optical emission spectrometry เครื่องมือวิเคราะห์ : Optical emission spectrometer, Spectrolab M7 วันที่วิเคราะห์ : 5 เมษายน 2549 ผู้วิเคราะห์ : นนทนันท์ นพนิษฐ์ การพิมพ์ตัวอย่าง : .</p>
---	--

ชื่อตัวอย่าง	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	
1. 304 BA	0.070	0.457	1.21	0.025	0.004	18.22	0.137	8.02	0.078	0.120	
2. 430 BA	0.037	0.189	0.330	0.033	0.003	16.44	0.058	0.151	0.143	0.108	
3. 430 2B	0.032	0.436	0.635	0.021	0.002	16.28	0.055	0.134	0.105	0.120	

 (นายสนั่น นพนิษฐ์) (ผ.ศ. สุพงษ์ นิ่มกุลรัตน์) ผู้วิเคราะห์
 (นางอุทัย คิมวริสุทธิ์) (นางอุทัย คิมวริสุทธิ์) ผู้อำนวยการ
 สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ

หมายเหตุ : 1. ผลการทดสอบเป็นผลเฉพาะตัวอย่างที่ส่งให้ทดสอบเท่านั้น 2. รายงานผลวิเคราะห์ต้องไม่ถูกทำซ้ำหากพบเห็นความผิดปกติในการวิเคราะห์จากผู้ส่งตรวจ
 หน่วยงานที่รับผิดชอบ

ผลการวิเคราะห์ความหยาบผิวของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304

หมายเหตุ ชื่อตัวอย่าง Vib คือ พื้นผิว ND, No.4 คือ พื้นผิว No.4, HL คือ พื้นผิว HL และ 2b คือ พื้นผิว 2B

ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาน 3 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 พญาไท กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0-2218-8101, 0-2218-8032 โทรสาร (662) 254-0211
SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH EQUIPMENT CENTRE CHULALONGKORN UNIVERSITY
CHULALONGKORN SOI 62 PHAYA-THAI ROAD BANGKOK 10330 THAILAND TEL. 0-2218-8101, 0-2218-8032 FAX: (662) 254-0211

รายงานเลขที่ 127/2549

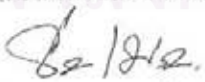
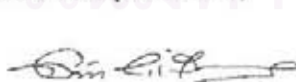

หน้า 1/1

รายงานผลการวิเคราะห์

รหัสตัวอย่าง MTL/06/111 - 115
ประเภทของตัวอย่าง Stainless Steel Plate
เจ้าของตัวอย่าง นางสาวกกรวรรณ แสงเกียรติพิพิธ
ที่อยู่ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วัตถุประสงค์ เพื่อวัดความหยาบผิวของวัสดุ
วิธีทดสอบ Mitutoyo Oldmix Standard
เครื่องมือทดสอบ Surface roughness tester ; SV - 3000S4
วันที่ทดสอบ 14 กุมภาพันธ์ 2549
ผู้ทำการทดสอบ นายธีระ เมฆบุญส่งตาก
ผลการทดสอบ

ชื่อตัวอย่าง	ผลการทดสอบ*
1. Vib	ตามเอกสารแนบที่ MTL/06/111 - VIB 1 - 3 และ MTL/06/111 - VIB 4 - 6 (6 ตำแหน่ง)
2. No. 4	ตามเอกสารแนบที่ MTL/06/112 - No. a 1 - 3 และ MTL/06/112 - No. b 1 - 3 (6 ตำแหน่ง)
3. HL	ตามเอกสารแนบที่ MTL/06/113 - HL a 1 - 3 และ MTL/06/113 - HL b 1 - 3 (6 ตำแหน่ง)
4. 2b	ตามเอกสารแนบที่ MTL/06/114 - 2B
5. No. 8	ตามเอกสารแนบที่ MTL/06/115 - No. 8

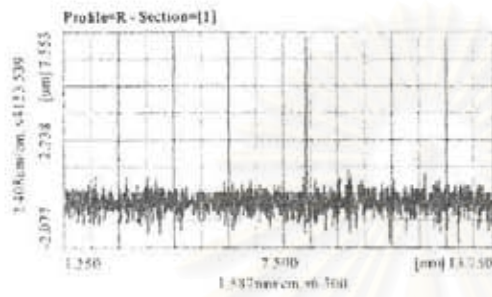
* (รายละเอียดเงื่อนไขการวัดและการแสดงผลระบุไว้ในเอกสารแนบ)

 (นายธีระ เมฆบุญส่งตาก) ผู้ทดสอบ
 (นายอุทัย ดิษฐ์วิสุทธิศรี) หัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ
 (ผศ.ดร. สุพงษ์ นิ่มกุลรัตน์) ผู้อำนวยการ

หมายเหตุ ผลการทดสอบที่ได้รับนี้เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบจาก
ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เท่านั้น

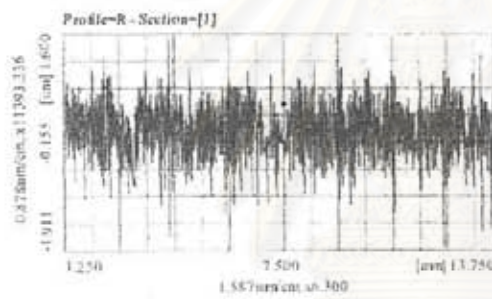
สส/สน

MTL/06/111 -VIB 1-3



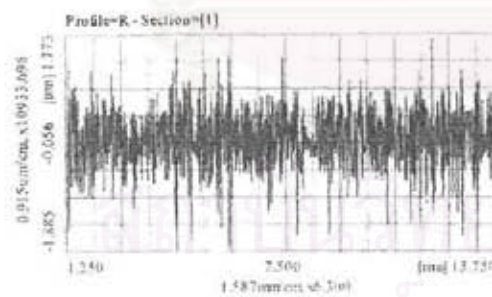
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section-[1]	Average Value
Ra (µm)	0.289	0.289
Rmax (µm)	0.346	0.346
Ry (µm)	4.022	4.022



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section-[1]	Average Value
Ra (µm)	0.273	0.273
Rmax (µm)	0.289	0.289
Ry (µm)	2.624	2.624

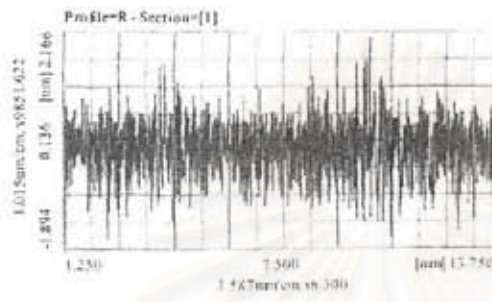


Parameter Sum Table

	Profile-R - Section-[1]	Average Value
Ra (µm)	0.283	0.283
Rmax (µm)	0.304	0.304
Ry (µm)	2.980	2.980

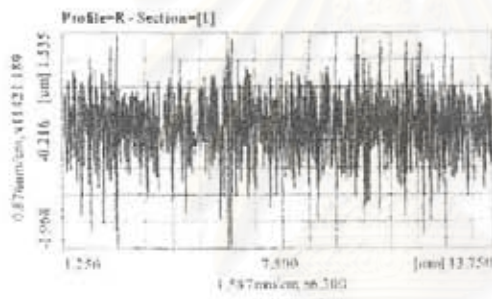
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MTL/06/111 VIB 4-6



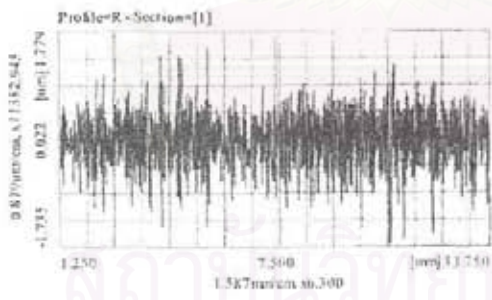
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.322	0.322
Rmax (um)	0.392	0.392
Ry (um)	2.987	2.987



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.312	0.312
Rmax (um)	0.346	0.346
Ry (um)	2.954	2.954



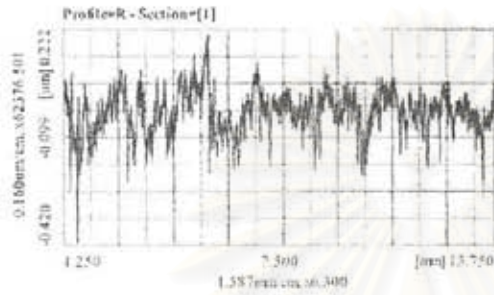
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.270	0.270
Rmax (um)	0.324	0.324
Ry (um)	2.644	2.644

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

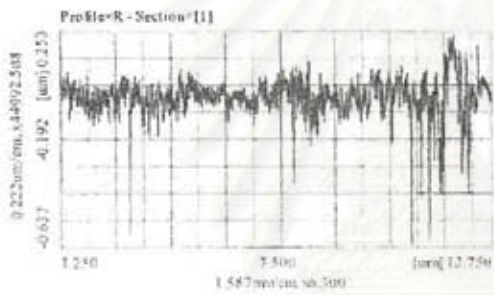
de

MTL / 06 / 112 - NO.a1 - 3



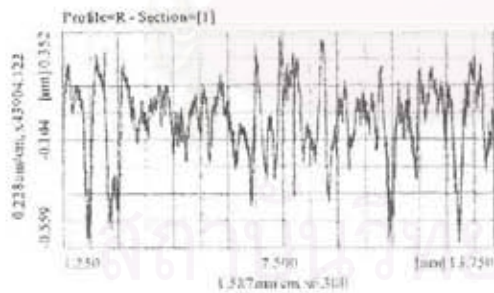
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.050	0.050
Ramx (um)	0.068	0.068
Ry (um)	0.381	0.381



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.048	0.048
Ramx (um)	0.090	0.090
Ry (um)	0.520	0.520

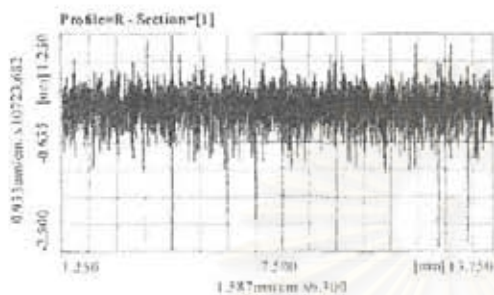


Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.121	0.121
Ramx (um)	0.153	0.153
Ry (um)	0.703	0.703

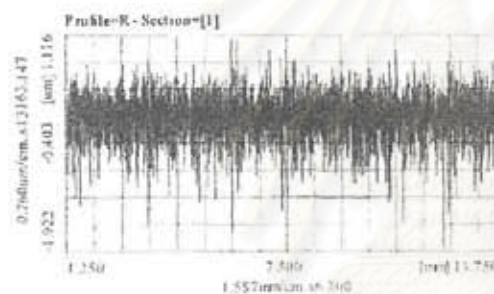
สถาบันวิจัยและพัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MTL / 06 / 12 NO. 4 b 1-3



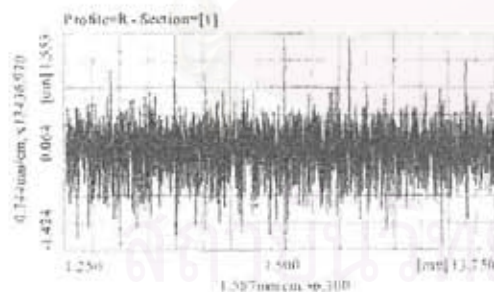
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.192	0.192
Ramax (um)	0.200	0.200
Ry (um)	2.617	2.617



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.200	0.200
Ramax (um)	0.205	0.205
Ry (um)	2.445	2.445

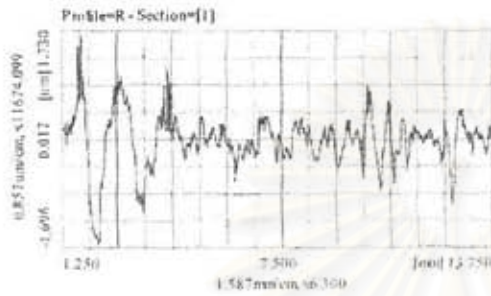


Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.191	0.191
Ramax (um)	0.196	0.196
Ry (um)	2.318	2.318

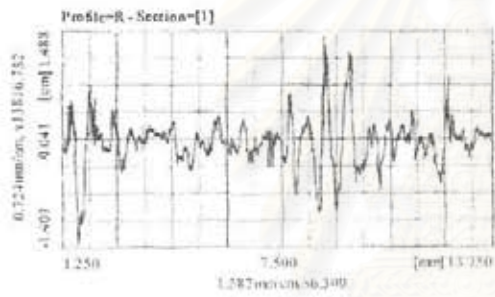
ศูนย์ซ่อมและบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MTL / 06 / 113 - HL a 1-3



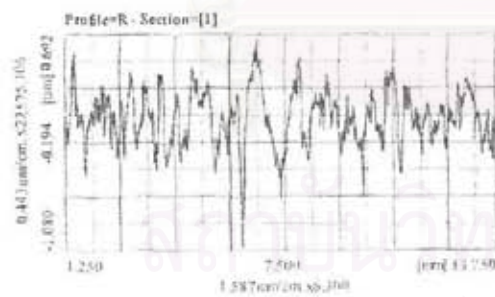
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section-[1]	Average Value
Ra (um)	0.286	0.286
Ramx (um)	0.620	0.620
Ry (um)	1.811	1.811



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section-[1]	Average Value
Ra (um)	0.218	0.218
Ramx (um)	0.357	0.357
Ry (um)	1.625	1.625



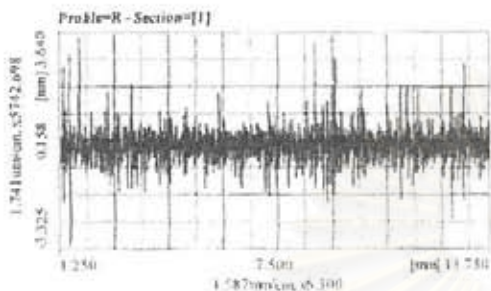
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section-[1]	Average Value
Ra (um)	0.175	0.175
Ramx (um)	0.262	0.262
Ry (um)	1.070	1.070

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

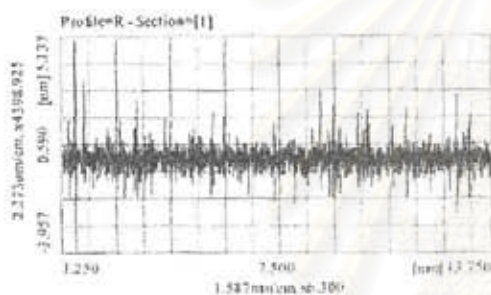
de

MTL / 06 / 113 - HL b 1 - 3



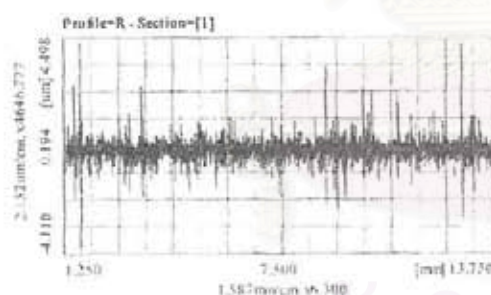
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section*[1]	Average Value
Ra (um)	0.254	0.254
Ramx (um)	0.301	0.303
Ry (um)	4.798	4.798



Parameter Sum Table

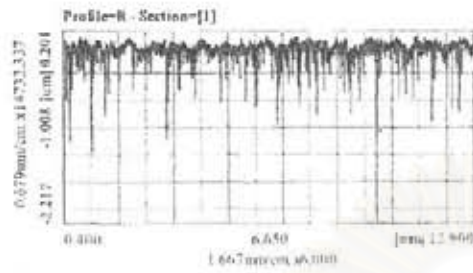
	Profile-R - Section*[1]	Average Value
Ra (um)	0.250	0.250
Ramx (um)	0.277	0.277
Ry (um)	5.098	5.098



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section*[1]	Average Value
Ra (um)	0.247	0.247
Ramx (um)	0.271	0.271
Ry (um)	5.326	5.326

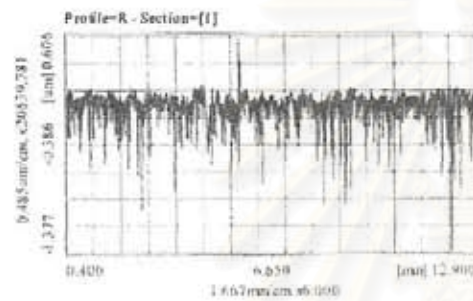
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Sample name 2B
Position 1 - 5

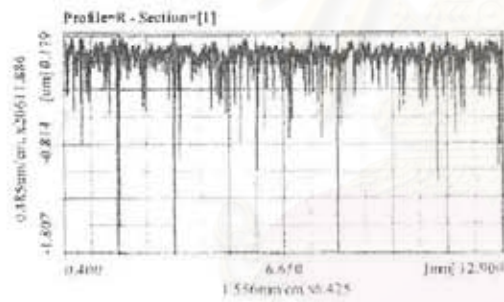
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.070	0.070
Ramx (um)	0.075	0.075
Ry (um)	1.409	1.409



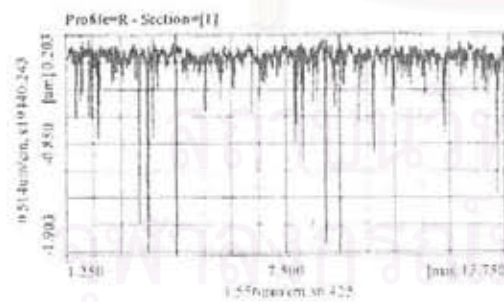
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.069	0.069
Ramx (um)	0.073	0.073
Ry (um)	1.159	1.159



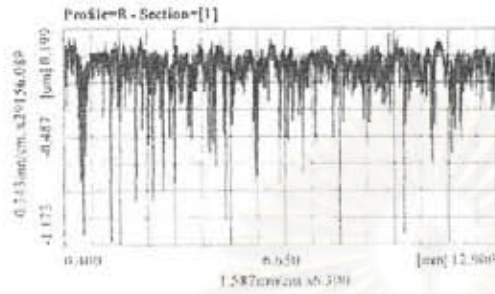
Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.067	0.067
Ramx (um)	0.080	0.080
Ry (um)	1.221	1.221



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.069	0.069
Ramx (um)	0.081	0.081
Ry (um)	1.405	1.405



Parameter Sum Table

	Profile-R - Section=[1]	Average Value
Ra (um)	0.067	0.067
Ramax (um)	0.073	0.073
Ry (um)	1.074	1.074

Measurement Condition

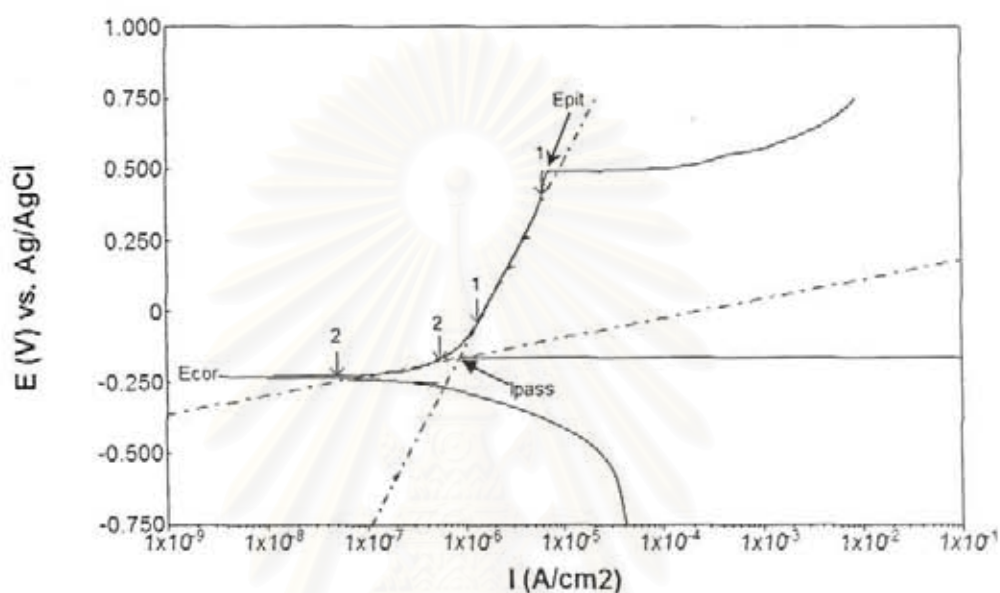
Measurement Length	15.0 mm	Measurement Start Position	0.0 mm
Column Escape	5.0 mm	Measurement Axis Escape	Return
Auto-Leveling	Off	Range	±100.0 um
Speed	0.2 mm/s	R-Surface Auto-Measurement	Off
Over Range	Abort	Stylus Start Position	0.0 mm
Pitch	1.0 um	Number of Points	15000
Machine	SV-1000S4	Measurement Axis	Drive Unit(100mm)
Detector	Detector(0.75mV)	Stylus	Standard (12AAC731-12AAB355)
Polar Reversal	Off	Straightest Compensation	Off
Arm compensation	Off	Stylus Radius Compensation	Off
Auto-Notch(+)	Off	Auto-Notch(-)	Off
Compensation Method	Off		

Evaluate Condition 1, int<<Profile-R - Section=[1]>>

Standard	OLDMX
Kind of Probe	R
Smplg Length(Ls)	2.5 mm
No of Smplg(Le)	5
Lc	2.5 mm
Kind of Filter	Gaussian
Evlin Length(lm)	12.5 mm
Pre-Travel	0.4 mm
Post-Travel	0.4 mm
Smooth Connection	Off
Mean Line Compensation	Off

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการหาค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_{pit}) และค่าความหนาแน่นกระแสในช่วงพาสซีฟ (i_{pass}) จากเส้นโพลาริเซชัน



หมายเหตุ เส้นประคือ เส้นความชันที่คำนวณโดยใช้คำสั่ง Tafel slope analysis ของโปรแกรม GPES เวอร์ชัน 4.9 ซึ่งเกิดขึ้นจากการกำหนดจุดบนเส้นกราฟ ณ ตำแหน่งลูกศรชี้ลงชุดที่ 1 และ 2 ทั้งนี้ i_{pass} คือค่า ณ จุดตัดของเส้นความชันทั้งสอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลดิบจากเส้นโพลาริเซชัน

	ชื่อตัวอย่าง	E_{cor} (V)	E_{pit} (V)	I_{pass} (mA/cm ²)
รูปที่ 5	2B	-0.228	0.304	0.009
	No.4	-0.261	0.346	0.064
	HL	-0.185	0.336	0.023
	ND	-0.321	0.339	0.081
รูปที่ 9	Blank	-0.279	0.269	0.029
	20%	-0.278	0.333	0.016
	35%	-0.192	0.362	0.005
	50%	-0.258	0.353	0.015
รูปที่ 10	30 min	-0.192	0.362	0.005
	60 min	-0.233	0.385	0.005
รูปที่ 11	Blank	-0.279	0.269	0.029
	27 C	-0.192	0.362	0.005
	50 C	-0.255	0.345	0.006
	70 C	-0.193	0.499	0.012
รูปที่ 14	Blank	-0.294	0.212	0.022
	20%	-0.253	0.718	0.016
	35%	-0.232	0.891	0.020
	50%	-0.225	0.133	0.007
รูปที่ 15	30 min	-0.232	0.891	0.020
	60 min	-0.249	0.535	0.036
รูปที่ 16	Blank	-0.294	0.212	0.022
	27 C	-0.232	0.891	0.020
	50 C	-0.228	1.018	0.030
	70 C	-0.243	0.702	0.025

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางสาวกนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ
(ภาษาอังกฤษ)	Miss.Kanokwan Saengkietyut
ตำแหน่ง	นักวิจัย
ที่อยู่	สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช.จุฬา 12 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 4233 โทรสาร 0 2611 7586
E-mail address	kanokwan.s@chula.ac.th

ประวัติการศึกษา

- 2538 ปริญญาตรี สาขาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2542 ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานวิจัย

- ผลงานวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้ว

1. กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ และกอบบุญ หล่อทองคำ (ม.ค.-ธ.ค. 2543) "ผลของอิออนไบคาร์บอเนต อิออนซัลเฟต อิออนโครเมต และอิออนฟอสเฟตในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนักต่อการกัดกร่อนแบบรูพรุนของเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI 304 และ AISI 316L" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ)
2. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, วิกรม วัชระคุปต์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, กิตติพงษ์ อัครวิเศษ, จันทิมา ธรรมโรจน์, อติศักดิ์ ถีอพลอย (ม.ค. 2544-ก.ย. 2545) "โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเหล็กชั้นต้นในประเทศไทย" (แหล่งทุน : กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม)
3. กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สิริพรรณ นิลไพรัช, จุมพฏ วานิชสัมพันธ์, อติศักดิ์ ถีอพลอย (ก.ค. 2545-มิ.ย. 2546) "อุตสาหกรรมโลหะผงในประเทศไทย" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ)
4. กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, ปราวณี รัตนวลิตโรจน์, อติศักดิ์ ถีอพลอย, วีระ ชูกระชั้น (ธ.ค. 2546-ส.ค. 2547) "ผลของการเตรียมผิวต่อความต้านทานการกัดกร่อนของอะลูมิเนียม" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาฯ)
5. ปราวณี รัตนวลิตโรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สวลี เสนาพิทักษ์ (ธ.ค. 2546-ส.ค. 2547) "การศึกษาการใช้โคไตซานัดแปรเป็นสารเคลือบผิวอะลูมิเนียมเพื่อป้องกันการกัดกร่อน" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาฯ)
6. ปราวณี รัตนวลิตโรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สุพิน ต่างวิวัฒน์ (ม.ค.-ก.ย. 2548) "การเตรียมผิวให้มีสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยอนุภาคเงิน" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาฯ)

7. บริษัท ยูโนเต็ด เท็กซ์ไทล์มิลส์ จำกัด ร่วมกับ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ (คณะผู้วิจัย : ปรานี รัตนวลี ตีโรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สุพิน ต่างวิวัฒน์) (ส.ค. 2548-ก.ค. 2549) "นวัตกรรมนาโนซิลเวอร์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ" (แหล่งทุน : สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ)

- ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

1. Kanokwan Saengkiattiyut, Titipan Thongtem and Somchai Thongtem , "Corrosion Protection of Steel Plates Coated with RPF and Coal Tar Epoxy" , Proceedings of the 24th Congress on Science and Technology of Thailand, Thailand, 19-21 October 1998 : 262-263.
2. Kanokwan Saengkiattiyut and Gobboon Logthongkum , "Effect of nitrogen on pitting corrosion of the AISI 304 and AISI 316L stainless steel weld metal in NACE and 3.5 wt% NaCl solutions" Proceedings of the 11th ASIAN-PACIFIC Corrosion Control Conference, Vietnam, 1-5 November 1999 : 462-469.
3. P.Wangyao , S.Joypradit ,P.Tuengsook, V.Homkrajai and K.Saengkiattiyut, "Microstructural rejuvenation in long term exposed turbine blade IN 738 nickel base superalloy by hot isostatic pressing and heat treatment process", Proceedings of the 12th International Symposium on Metallography, Slovakia, April 2004.
4. Kanokwan Saengkiattiyut, Sutthirat Lisnunt and Weera Chukrachan , "A corrosion inhibition study of stainless steel by chromate or phosphate in sodium chloride solution", Proceedings of the 3rd Thailand Materials Science and Technology Conference, Thailand, August 2004 : 313-315.
5. Kanokwan Saengkiattiyut , Sutthirat Lisnunt and Gobboon Logthongkum , "Effects of Sodium Phosphate and Sodium Sulphate on Corrosion Resistance of AISI 316L Stainless Steel in 3.5 wt% Sodium Chloride Solution" Journal of Metals, Materials and Minerals, Vol. 14 (2004) : 33-38.
6. กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ . "การดลึงเหล็กขึ้นต้นด้วยเตาดลึงแบบพ่นลม". วารสารเทคโนโลยีวัสดุ, ฉบับที่ 36 (กรกฎาคม-กันยายน 2547) : 19-21.
7. กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ , "การดลึงเหล็กขึ้นต้นด้วย Direct Smelting Reduction", วารสารเทคโนโลยีวัสดุ, ฉบับที่ 37 (ตุลาคม-ธันวาคม 2547) : 17-19.

2. ผู้ร่วมวิจัย

2.1 ชื่อ-นามสกุล.....นางสาวปราณี รัตนวลิตโรจน์.....
Miss Pranee Rattanawaleedirojn.....
 ตำแหน่งปัจจุบันนักวิจัย.....
 สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน).....สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ข.จฟ้าฯ 12 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330.....
 โทรศัพท์.....0 22184221, 0 2218 4209-12..... โทรสาร.....0 2611 7586.....
 E-mail - address.....pranee.r@chula.ac.th.....

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี - เอก ; สาขา และสถาบัน)

- 2536 ปริญญาตรี สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 2539 ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้ว

1. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และปราณี รัตนวลิตโรจน์ (มี.ค. - พ.ค. 2540) "โครงการการศึกษาแนวทางการวิจัยและพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ" (แหล่งทุน : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)
2. ไสภณ เริงสำราญ, ปราณี รัตนวลิตโรจน์ และศรีใจ ชุนทน (2540) "โครงการการสังเคราะห์คาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย" (แหล่งทุน : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)
3. เข็มชัย เหมะจันทร์, ปราณี รัตนวลิตโรจน์ และรัตเกล้า ภูติวรรณ (2540) "โครงการการตรวจสอบทางสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมเคมีสิ่งทอ" (แหล่งทุน : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)
4. รัตเกล้า ภูติวรรณ, ปราณี รัตนวลิตโรจน์ และปริญญา พวงนาค (2542-2543) "โครงการการนำขยะพลาสติก ABS กลับมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่" (แหล่งทุน : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)
5. กาวี ศรีกุลกิจ และ ปราณี รัตนวลิตโรจน์ (2542) "การรวมขั้นตอนการย้อมสีรีแอคทีฟที่ดัดแปรและการตกแต่งสำเร็จของผ้าฝ้าย" (แหล่งทุน : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)
6. ปราณี รัตนวลิตโรจน์, กฤษณา ศิริเลิศมกุล, ปริญญา พวงนาค, วีระ ชูกระชั้น, กาวี ศรีกุลกิจ (2544) "การศึกษาผลของการใช้กรดซัลฟิวริกและโคโคซานในการตกแต่งผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีไดเรกต์" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
7. ปราณี รัตนวลิตโรจน์, กฤษณา ศิริเลิศมกุล, สุทธิรัตน์ ลิคนันท์ และกาวี ศรีกุลกิจ (2545) "การตกแต่งผ้าฝ้ายเพื่อกันยับและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ภายในชั้นคอนเดียว โดยใช้กรดซัลฟิวริกและโคโคซาน" (แหล่งทุน : กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

8. สุพจน์ นารหนองบัว, สุวลี จันทร์กระจ่าง, ปราณีย์ เลิศสุทธีวงศ์, กฤษณา ศิริเลิศมกุล, ปราณีย์ รัตนวลิตโรจน์ และสุทธิรัตน์ ลิคนันท์ (2546) "การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพของโรงงานผู้ผลิตและตลาดการใช้ไคติน และไคโตซาน" (แหล่งทุน : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ)
9. ปราณีย์ รัตนวลิตโรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สุวลี เสนาพิทักษ์ (ธ.ศ. 2546-ส.ศ. 2547) "การศึกษา การใช้ไคโตซานดัดแปรเป็นสารเคลือบผิวอะลูมิเนียมเพื่อป้องกันการกัดกร่อน" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัย โลหะและวัสดุ จุฬาฯ)
10. ปราณีย์ รัตนวลิตโรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สุพิน ต่างวิวัฒน์ (ม.ค.-ก.ย. 2548) "การเตรียมผ้าให้มี สมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยอนุภาคเงิน" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาฯ)
11. บริษัท ยูโนเด็ด เท็กซ์ไทล์มิลส์ จำกัด ร่วมกับ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ (คณะผู้วิจัย : ปราณีย์ รัตนวลิต โรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สุพิน ต่างวิวัฒน์) (ส.ศ. 2548-ก.ศ. 2549) "นวัตกรรมนาโนซิลเวอร์ใน อุตสาหกรรมสิ่งทอ" (แหล่งทุน : สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ)

ข. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในเอกสารวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

- Rattanawaleedirojn, P., 1997, "Crease Resistant Finishing of Cotton Fabric with Citric Acid", Journal of Metals, Materials and Minerals, Vol. 7, No. 1, pp. 31-38.
- Rattanawaleedirojn, P., Khunton, S. and Roengsumran, S. Preparation of carboxymethylcellulose from bagasse. The 37th Kasetsart University Annual Conference, Feb. 3-5, p. 215. Thailand, 1999.
- Srikulkit, K. and Rattanawaleedirojn, P. Combining the dyeing and finishing of cotton fabric in single-step process using modified reactive dyes. 26th Congress on Science and Technology of Thailand, Oct. 18-20, p. 633. Thailand, 2000.
- Rattanawaleedirojn, P., Siraleartmukul, K., Poungnak, P., Chukachun, V., and Srikulkit, K. Application of Chitosan in Citric Acid Solution as Finishing Agent for Direct Dyed Cotton Fabric. Proceedings of the 5th Asia Pacific Chitin and Chitosan Symposium & Exhibition, March 13-15, p.584-587. Thailand, 2002.
- Rattanawaleedirojn, P., Siraleartmukul, K., Lisnunt, S., and Srikulkit, K. Utilization of citric acid and chitosan as finishing agent for cotton fabric. 28th Congress on Science and Technology of Thailand, Oct. 24-26, p.642. Thailand, 2002.

- 2.2 ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นาย อติศักดิ์ ถือพลอย
 (ภาษาอังกฤษ) Mr. Adisak Thueploy
 ตำแหน่ง พนักงานวิทยาศาสตร์ ระดับ 5
 หน่วยงาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 ซ.จุฬา 12 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
 โทรศัพท์ 0 2218 4241 โทรสาร 0 2611 7586
 E-mail: Adisak.t@chula.ac.th

ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	ปริญญาตรี (ค.บ.)	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ โทรคมนาคม	พ.ศ. 2546

ผลงานวิจัย

- วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, วิจารณ์ วัชรเศวต, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, กิตติพงษ์ อัครวิเศษ, จันทิมา ธรรมโรจน์, อติศักดิ์ ถือพลอย (ม.ค. 2544-ก.ย. 2545) "โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเหล็กชั้นต้นในประเทศไทย" (แหล่งทุน : กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม)
- กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, สิริพรรณ นิลไพรัช, จุมพฏ วานิชสัมพันธ์, อติศักดิ์ ถือพลอย (ก.ค. 2545-มิ.ย. 2546) "อุตสาหกรรมโลหะผงในประเทศไทย" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ)
- กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ, ปราวณี รัตนวลิตโรจน์, อติศักดิ์ ถือพลอย, วีระ ชูกระชั้น (ธ.ค. 2546-ส.ค. 2547) "ผลของการเตรียมผิวต่อความต้านทานการกัดกร่อนของอะลูมิเนียม" (แหล่งทุน : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาฯ)
- Jamreonta Parinyataramas, Somchai Kiatgamolchai, Siripan Nilpairach, Adisak Thueploy, Jumpot Wanichsampan " SYNTHESIS OF COBALT DOPED Fe-Si₂ ALLOY BY MECHANICAL ALLOYING" การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 31
- Somchai Kiatgamonchai, jamreonta Parinyatamas, Siripan Nilpairach, Adisak Thueploy and Jumpot Wanichsampan " Structural and thermoelectric properties of beta- FeSi₂ prepared by the mechanical alloying technique " Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2006)