

การสร้างแผนภูมิพอร์เบซสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม 316L
ในสารละลายที่มีคลอไรด์ผสมด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี



นายประทีป วงศ์บัณฑิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0301-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

16 ต.ค. 2545

1 198 12 ๗ 11

CONSTRUCTION OF POURBAIX DIAGRAMS FOR THE 316L
STAINLESS STEEL IN AQUEOUS SOLUTION CONTAINING CHLORIDE
BY AN ELECTROCHEMICAL TECHNIQUE

Mr. Pratip Vongbandit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment for the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Metallurgical Engineering

Department of Metallurgical Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic year 2000


ISBN 974-13-0301-7

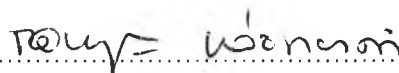
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างแผนภูมิพอร์เบซสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่มีคลอไรด์
ผสมด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี
โดย นายประทีป วงศ์บัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.นงลักษณ์ ปานเกิดดี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.นงลักษณ์ ปานเกิดดี)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชاکกร จารุพิสิฐธร)

ประทีป วงศ์บัณฑิต : การสร้างแผนภูมิพอร์เบซสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่มี
 คลอไรด์ผสมด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี (CONSTRUCTION OF POURBAIX
 DIAGRAMS FOR THE 316L STAINLESS STEEL IN AQUEOUS SOLUTION
 CONTAINING CHLORIDE BY AN ELECTROCHEMICAL TECHNIQUE)
 อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร.นงลักษณ์
 ปานเกิดดี .หน้า 75 ISBN 974-13-0301-7

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 500 และ 5,000
 พีพีเอ็ม ต่อการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายอิ่มตัวด้วยออกซิเจนจากอากาศที่ค่า
 พีเอช 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 โดยใช้เทคนิคทางไฟฟ้าเคมี และนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแผนภูมิพอร์เบซ
 การเพิ่มปริมาณคลอไรด์ในสารละลายอิ่มตัวด้วยออกซิเจนจากอากาศ มีผลต่อการ
 เปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้ากัดกร่อนและศักย์ไฟฟ้าพาสซีเวชันปฐมของเหล็กกล้าไร้สนิม 316 L อย่างไม่
 มีนัยสำคัญ แต่มีผลทำให้ศักย์ไฟฟ้ากัดกร่อนแบบรูเข็มและศักย์ไฟฟ้าป้องกันลดลง ซึ่งมีผลต่อรูปร่าง
 แผนภูมิพอร์เบซ โดยพื้นที่พาสซีวิตีจะลดลงซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ชั้นฟิล์มพาสซีฟไม่สมบูรณ์และพื้นที่
 ชั้นฟิล์มพาสซีฟสมบูรณ์ แต่มีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่โลหะเสถียรและพื้นที่โลหะ
 กัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ คลอไรด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภายในแผนภูมิพอร์เบซ ในสภาวะที่
 สารละลายมีสภาพเป็นกรดมากกว่าในสภาวะที่สารละลายมีสภาพด่าง

จากการตรวจวิเคราะห์ไอออนของธาตุที่เป็นส่วนผสมหลักของเหล็กกล้าไร้สนิม 316 L ใน
 สารละลายในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ พบเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ส่วนไอออนที่ตรวจพบในพื้นที่
 การกัดกร่อนแบบรูเข็มคือ เฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}), เฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}), โครมิกไอออน (Cr^{3+}), นิกเกิลดี
 อไซด์ (Ni^{2+}) และ โมลิบเดตไอออน (MoO_4^{2-})

ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ.....
 สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ.....
 ปีการศึกษา2543.....

ลายมือชื่อนิสิต
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4070327921 : MAJOR METLLURGICAL ENGINEERING

KEY WORD : POURBAIX DIAGRAM / CHLORIDE / STAINLESS STEEL /ELECTROCHEMICAL
TECHNIQUE

PRATIP VONGBANDIT : CONSTRUCTION OF POURBAIX DIAGRAMS FOR
THE 316L STAINLESS STEEL IN AQUEOUS SOLUTION CONTAINING
CHLORIDE BY AN ELECTROCHEMICAL TECHNIQUE. THESIS ADVISOR :
ASSIST.PROF. GOBBOON LOTHONGKUM, Dr.-Ing., THESIS CO-ADVISOR :
NONLUCK PANKURDDEE, Ph.D. pp.75 ISBN 974-13-0301-7

This research studied the effects of chloride concentrations of 0, 50, 500 and 5,000 ppm in the solution saturated with oxygen from air at the pH 2, 4, 6, 8, 10 and 12 at temperature of 25°C on the corrosion behaviors of the AISI 316L stainless steel by using an electrochemical technique. The Pourbaix diagrams were constructed from the electrochemical data.

Increasing of chloride concentration in the solution saturated with oxygen form air has no effects on the corrosion and primary passivation potentials. However, transpassive and protection potentials of the AISI 316L stainless steel decreases with increasing amount of chloride. The results reflect in the Pourbaix diagram that the passivity areas include perfect passivity and imperfect passivity areas are smaller when the chloride concentration increase, but no significant change in the immunity and general corrosion areas. Chloride in acidic solution has more influence on the change of areas in the Pourbaix diagram more than chloride in basic solution.

Possible dissolved ions in general corrosion and pitting corrosion areas were analyzed. Only ferric ion (Fe^{3+}) was detected in general corrosion area. In the pitting corrosion area, ferrous ion (Fe^{2+}), ferric ion (Fe^{3+}), chromic ion (Cr^{3+}), nikelous ion (Ni^{2+}) and molybdate ion (MoO_4^{2-}) were detected.

Department ...Metallurgical Engineering.....
Field of study ...Metallurgical Engineering.....
Academic year2000.....

Student's signature *P. Vongbandit*
Advisor's signature *Gobboon Lothongkum*
Co-advisor's signature *N. Pankurddee*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กอบบุญ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ดร. นงลักษณ์ ปานเกิดดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านทั้งสองได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยด้วยดีมาตลอด ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์ ศรีเจริญชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชากร จารุพิสิฐธรรณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่อง Oxygen Meter ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำกำจัดแร่ธาตุสำหรับการใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโลหการทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และเนื่องจากทุนการวิจัยได้รับการสนับสนุนจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ทำยนี้ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และภรรยา ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
อธิบายคำย่อ.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. การศึกษาข้อมูลและทฤษฎีเบื้องต้น.....	5
2.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	5
2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับแผนภูมิพอร์เบิร์ต.....	5
2.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับเหล็กกล้าไร้สนิม.....	11
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.2.1 ภูมิหลังเส้นโค้งโพลาริเซชัน.....	12
2.2.2 การวิเคราะห์เคมีเชิงคุณภาพ.....	16
3. ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลอง.....	19
3.1 เตรียมวัสดุและอุปกรณ์.....	19
3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	23
3.3 วิธีการทดลอง.....	24
4. ผลการทดลอง.....	28
4.1 การหาเวลาทำให้ออกซิเจนจากอากาศอิมตัวในสารละลาย.....	28
4.2 การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับแช่ชิ้นงานก่อนการสแกน.....	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การหาอัตราสแกนที่เหมาะสมในการหาเส้นโพลาริเซชัน.....	31
4.4 การหาเส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เพื่อนำไปสร้าง.....	36
แผนภูมิฟอร์เบิร์ต	
4.5 การหาอิออนของโลหะในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอและในพื้นที่.....	42
การกัดกร่อนแบบรูเข็ม	
5. อภิปรายผลการทดลอง.....	43
6. สรุปผลการทดลอง.....	50
รายการอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	53
ภาคผนวก ก.....	54
ภาคผนวก ข.....	55
ภาคผนวก ค.....	56
ภาคผนวก ง.....	59
ภาคผนวก จ.....	72
ประวัติผู้เขียน.....	75

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงรีเอเจนต์ที่ใช้ในการทดสอบอ็อกซิเจนในองค์ประกอบของเหล็กกล้าไร้สนิม.....17 316 L และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น	
3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L.....22	
4.1 แสดงผลการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลายที่อุณหภูมิ 25°C ค่า.....28 พีเอช 2 และ 12 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 และ 5,000 พีพีเอ็ม	
4.2 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเปิด(open circuit potential; E_{ocp}) ของชิ้นงานในสารละลาย.....30 ณ เวลาต่างๆ ที่ค่าพีเอช 2 และ 12 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 และ 5,000 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 25°C	
4.3 แสดงค่าการวัดค่า E_{corr} , E_{pp} , E_i และ E_{pr} ของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L.....36 ในสารละลายที่มีคลอไรด์ 0 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 2, 4, 6, 8, 10 และ 12	
4.4 แสดงค่าการวัดค่า E_{corr} , E_{pp} , E_i และ E_{pr} ของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L.....37 ในสารละลายที่มีคลอไรด์ 50 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 2, 4, 6, 8, 10 และ 12	
4.5 แสดงค่าการวัดค่า E_{corr} , E_{pp} , E_i และ E_{pr} ของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L.....38 ในสารละลายที่มีคลอไรด์ 500 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 2, 4, 6, 8, 10 และ 12	
4.6 แสดงค่าการวัดค่า E_{corr} , E_{pp} , E_i และ E_{pr} ของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L.....39 ในสารละลายที่มีคลอไรด์ 5,000 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 2, 4, 6, 8, 10 และ 12.	
4.7 แสดงผลการทดสอบอ็อกซิเจน ที่ละลายลงสู่สารละลายที่ใช้ทดสอบที่ศักย์ไฟฟ้า.....42 E_{corr} และ E_i ที่ค่าพีเอช 2, 6, 8 และ 12	
ก แสดงคุณภาพของชั้นน้ำต่างๆ ในเขต กรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง.....54	
ข แสดงปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท.....55	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิพอร์เบิร์ตของเหล็ก ค่าแอกติวิตี้ของอ็อกซิเจนทุกตัวเท่ากับ 10^{-6} โมลาร์.....	5
2.2 (ก) เส้นกราฟ โฟเทนซิโอไคเนติกโพลาริเซชัน ของเหล็กในสารละลายที่ไม่มีคลอไรด์ผสมที่ค่าพีเอชต่าง ๆ และ (ข) แผนภูมิพอร์เบิร์ต ที่สร้างขึ้นจากชุดข้อมูลในรูป (ก)	6
2.3 (ก) เส้นกราฟ โฟเทนซิโอไคเนติกโพลาริเซชัน มาตรฐานของเหล็กในสารละลายมีคลอไรด์ 10^{-2} โมลาร์ ที่ค่าพีเอชต่าง ๆ และ (ข) แผนภูมิพอร์เบิร์ต ที่สร้างขึ้นจากชุดข้อมูลในรูป (ก)	7
2.4 E_{corr} และ $E_{localized}$ ของ 304 และ 316 ในสารละลายสภาวะต่าง ๆ.....	8
2.5 แผนภูมิพอร์เบิร์ต ของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่อุณหภูมิ $20^{\circ}C$	9
โดยวิธีการวัดเส้นโพลาริเซชัน (ก) ไม่มีคลอไรด์ผสมอยู่ (ข) มีคลอไรด์ผสม 3550 พีพีเอ็ม	
2.6 แผนภูมิเบอร์เบิร์ตของโลหะเจือระบบเทอร์นารี Fe-Cr-Ni (ก) สปีชีส์เหล็ก (ข) สปีชีส์โครเมียม (ค) สปีชีส์นิกเกิล	10
2.7 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสที่ได้จากการวัดด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมีเปรียบเทียบกับการประยุกต์ใช้ ทฤษฎีไฟฟาร่วม	13
2.8 (ก) เครื่องโฟเทนซิโอสแตท (ข) เซลล์ไฟฟ้า.....	14
2.9 ส่วนต่างๆ ที่สำคัญของเส้นโพลาริเซชัน.....	15
3.1 เครื่องโฟเทนซิโอสแตทรุ่น PGSTAT 20.....	19
3.2 อิเล็กโทรดอ้างอิง (Ag/AgCl 3M KCl).....	20
3.3 อิเล็กโทรดวัดกระแส (Pt).....	20
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลายกับเวลาที่ค่าพีเอช 2 และ 12	29
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของชิ้นงานกับเวลาหลังจากแช่ชิ้นงานที่ค่าพีเอช 2 และ 12 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 และ 5,000 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ $25^{\circ}C$	31
4.3 ค่า E_{corr} ที่ค่าพีเอช 2 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 พีพีเอ็ม โดยใช้อัตราการสแกน 1, 0.5, 0.1 และ 0.05 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	32
4.4 ค่า E_{corr} ที่ได้จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ที่ค่าพีเอช 2 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 พีพีเอ็ม โดยใช้อัตราการสแกน 0.1 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ค่า E_{corr} ที่ค่าพีเอช 12 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 พีพีเอ็ม โดยใช้อัตราการสแกน.....	33
1, 0.5, 0.1 และ 0.05 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	
4.6 ค่า E_{corr} ที่ได้จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ที่ค่าพีเอช 12 ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 พีพีเอ็ม.....	33
โดยใช้อัตราการสแกน 0.1 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	
4.7 ค่า E_{corr} ที่มีค่าพีเอช 2 ความเข้มข้นคลอไรด์ 5,000 พีพีเอ็ม โดยใช้อัตราการสแกน.....	34
1, 0.5, 0.1 และ 0.05 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	
4.8 ค่า E_{corr} ที่ได้จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ที่ค่าพีเอช 2 ความเข้มข้นคลอไรด์ 5,000 พีพีเอ็ม.....	34
โดยใช้อัตราการสแกน 0.1 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	
4.9 ค่า E_{corr} ที่มีค่าพีเอช 12 ความเข้มข้นคลอไรด์ 5,000 พีพีเอ็ม โดยใช้อัตราการสแกน.....	35
1, 0.5, 0.1 และ 0.05 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	
4.10 ค่า E_{corr} ที่ได้จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ที่ค่าพีเอช 12 ความเข้มข้นคลอไรด์.....	35
5,000 พีพีเอ็ม โดยใช้อัตราการสแกน 0.1 มิลลิโวลต์ต่อวินาที	
4.11 แผนภูมิพอร์เบิร์ตของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่ไม่มีคลอไรด์.....	40
ที่อุณหภูมิ 25 °C	
4.12 แผนภูมิพอร์เบิร์ตของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่มีคลอไรด์.....	40
50 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 25 °C	
4.13 แผนภูมิพอร์เบิร์ตของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่มีคลอไรด์.....	41
500 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 25 °C	
4.14 แผนภูมิพอร์เบิร์ตของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่มีคลอไรด์.....	41
5,000 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 25 °C	
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง E_{corr} กับความเข้มข้นคลอไรด์ ที่ค่าพีเอชต่างๆ.....	43
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง E_{pp} กับความเข้มข้นคลอไรด์ ที่ค่าพีเอชต่างๆ.....	44
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง E_i กับความเข้มข้นคลอไรด์ ที่ค่าพีเอชต่างๆ.....	44
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง E_{pr} กับความเข้มข้นคลอไรด์ ที่ค่าพีเอชต่างๆ.....	45
ง 1 เส้นโพลวาไรเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก 316L ในสารละลายที่มี.....	60
ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 พีพีเอ็ม อุณหภูมิของสารละลาย 25 °C และค่าพีเอช 2	

คำอธิบายคำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
a_{ox}	ค่าแอกติวิตี้ (activity) ของตัวออกซิไดซ์
a_{re}	ค่าแอกติวิตี้ของตัวรีดิวซ์
E	ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยา
E^0	ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยา
E_{corr}	ศักย์ไฟฟ้ากัดกร่อน (corrosion potential)
E_{ocp}	ศักย์ไฟฟ้าวงจรถัด (open circuit potential)
E_{pp}	ศักย์ไฟฟ้าพาสซีเวชันปฐม (primary passivation potential)
E_{pr}	ศักย์ไฟฟ้าป้องกัน (protection potential)
E_t	ศักย์ไฟฟ้าทรานสปาสซีฟ (transpassive potential)
E_p	ศักย์ไฟฟ้ากัดกร่อนแบบรูเข็ม (pitting potential)
F	ค่าคงที่ฟาราเดย์
Gen.Corr	การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (general corrosion)
n	จำนวนอิเล็กตรอนของปฏิกิริยา
SHE	ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ไฮโดรเจน