

## รายการอ้างอิง

1. P. Lacombe, B. Baroux and G. Beranger, Stainless Steels, Les Editions de Physique Les Ulis., France, 1991.
2. กัญจนา ตระกูลคุ, เทคโนโลยีการกัดกร่อน, 2534.
3. ภาณุพงศ์ กอประศรีสวัสดิ์ "ผลของไนโตรเจนต่อความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนิติกเกรด 304L" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2544.
4. M. G. Fontana, Corrosion Engineering, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1987.
5. A. J. Sedriks, Corrosion of Stainless Steels, 2<sup>nd</sup> ed., John-Wiley & Sons, New York, 1996.
6. ประทีป วงศ์บัณฑิต "การสร้างแผนภูมิพอร์แบ็กซ์ของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในสารละลายที่มีคลอไรด์ผสม ด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2543.
7. K. Osozawa, N. Okato, Effect of alloying elements, especially nitrogen, on the initiation of pitting in stainless steels, passivity, and its breakdown on iron-base alloys, NACE, (1976): 135.
8. R. F. A. Jargelius-Petterson, Electrochemical investigation of the influence of nitrogen alloying on pitting corrosion of austenitic stainless steels, Corrosion Science 41, (1999): 1639-1664.
9. J. E. Truman, Proc. UK Corrosion (1987), Brighton: 111-128.
10. U. K. Mudali, R. K. Dayal, T. P. S. Gill and J. B. Gnanamourthy, Pitting corrosion resistance of nitrogen-added type 304 stainless steel weld metal with different heat input, Corrosion 46, 6 (June 1990): 454-460.
11. U. K. Mudali, B. Reynders, M. Stratmann, Localised corrosion behaviour of Fe-N model alloys, Corrosion Science 41, (1999): 179-189.
12. R. D. Willenbrich, C. R. Clayton, M. Oversluizen, D. Kim and Y. Lu, Corrosion Science 31, (1990): 179.

13. R. C. Newman, Y. C. Lu, R. Bandy and C. R. Clayton, Mechanism of passivation in stainless steels containing high concentration of nitrogen, International Congress on Metallic Corrosion 3 (June, 1984), National research council Canada: 394-399.
14. G. P. Halada, D. Kim and C. R. Clayton, Influence of nitrogen on electrochemical passivation of high-nickel stainless steels and thin molybdenum-nickel films, Corrosion 52, 1 (January, 1996): 36-46.
15. I. Olefjord and L. Wegrelius, The influence of nitrogen on the passivation of stainless steels, Corrosion Science 38, 7 (1996): 1203-1220.
16. H. J. Grabke, The role of nitrogen in the corrosion of iron and steels (review), ISIJ international 36, 7 (1996): 777-786.
17. C. R. Clayton and K. G. Martin, Evidence of anodic segregation of nitrogen in high nitrogen stainless steels and its influence on passivity, HNS 88, London: 256-260.
18. R. Bandy, Y. C. Lu, R. C. Newman and C. R. Clayton, Proc. Electrochemical Society 84, 9 (1984): 471-481.
19. R. C. Newman and T. Shahrabi, The effect of alloyed nitrogen or dissolved nitrate ions on the anodic behaviour of austenitic stainless steels in hydrochloric acid, Corrosion Science 27, 8 (1987): 827-838.
20. A. S. Vanini, J. P. Audouard and P. Marcus, Corrosion Science 36, 11 (1994): 1825-1834.
21. C. V. Roseoe and K. J. Gradwell, International conference on duplex stainless steels, the Hague, N. L., Preprints (1986): paper no. 34 127-135.
22. D. Tromaus. Corrosion 45, no. 10 (1989): 804-810.
23. R. Sriram and G. Hochoertter and K. Kriszt, International conference on duplex stainless steels, the Hague, N. L., Preprints (1986), paper no. 14 114-120.
24. W. Gysel, G. Dybowski, H. J. Wojtas and R. Schenk, International conference on duplex stainless steels, the Hague, N. L. Preprints (1986): paper no. 15 98-108.
25. H. Hoffmeister and G. Lothongkum, Welding in the world 33, 2 (1994).

26. Underwood, E. Quantitative metallography. In Kathleen Mills (ed.), ASM Metal Handbook, 9<sup>th</sup> ed. 9 (1985): 123-134.
27. K. Saenkietiyut and G. Lothongkum, Effect of nitrogen on pitting corrosion of the AISI 304 and AISI 316L stainless steel weld metals in 3.5wt% NaCl and the NACE solution, Proceedings of the 11<sup>th</sup> APCCC, Hojimin City, Vietnam, 1-5 Nov., (1999).
28. P. Marcus and J. Oudar, Corrosion mechanisms in the theory and practice, Marcel Dekker, Inc. 270 Madiso Avenue, New York, 1995.
29. C. A. Olsson, The influence of nitrogen and molybdenum on passive fillms formed on the austeno-ferritic stainless steel 2205 studied by AES and XPS, Corrosion Science 37, 3 (1995): 467-479.
30. J. Olefjord and P. Marcus, Proceeding, Eurocorr '87, European Corrosion Meeting, Karlsruhe, Germany, (1987): 361.
31. B. P. Lochel and H. -H. Strehblow, Electrochim. Acta, 28 (1983): 565
32. H. -H. Strehblow , B. Titze and B. P. Lochel, corrosion Science 19 (1979): 1047
33. B. P. Lochel and H. -H. Strehblow, Passivity of Metals and Semiconductors (M. Froment, ed.), Elsevier Science Publishers, New York, 1983: 379.
34. J. A. Jimenez, G. Frommeyer, Superplastic properties of a  $\delta\gamma$  stainless steel, Materials science & engineering A307 (2001): 134-142.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### วิธีการหาสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ในชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์

การหาสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ด้วยวิธีการ Quantitative Metallography {26} เป็นการหาสัดส่วนจากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานทดลองที่ผ่านการ Polishing และกัดกรด จากเครื่อง Image Analyzer วิธีการนี้เป็นการหาสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เนื่องจากภาพโครงสร้างจุลภาคที่ได้เป็นแบบ 2 เฟส โดยเห็นโครงสร้างเฟอร์ไรต์เป็นสีเทา-ดำ และโครงสร้างออสเตไนต์เป็นสีขาว ซึ่งสามารถหาสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ได้จากสมการ

$$\lambda = (L_3)_\gamma [1 - (V_v)_\gamma / (V_v)_\gamma]$$

เมื่อ	$\lambda$	=	ระยะห่างของ $\gamma$ โดยเฉลี่ย
	$(V_v)_\gamma$	=	อัตราส่วนโดยปริมาตรของ $\gamma$
	$(L_3)_\gamma$	=	ระยะเฉลี่ยของ $\gamma$ ที่เส้นทดสอบลากผ่าน

การหาค่า  $\lambda$  และ  $(L_3)_\gamma$  สามารถหาได้จากการลากเส้นทดสอบตัดผ่านโครงสร้างจุลภาคที่ต้องการหาค่า volume fraction ดังแสดงในรูปที่ ก.1

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการหาค่าสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ คือ ต้องพิจารณาถึงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ที่เกิดขึ้นเพื่อหาขอบเขตความเชื่อมั่นสำหรับค่าสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์เฉลี่ยในชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ดังสมการต่อไปนี้

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [X - \bar{X}]^2}^{1/2}$$

เมื่อ	$n$	=	จำนวนครั้งการวัด
	$X$	=	ค่าจากการวัดปริมาณแต่ละครั้ง
	$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัดปริมาณ

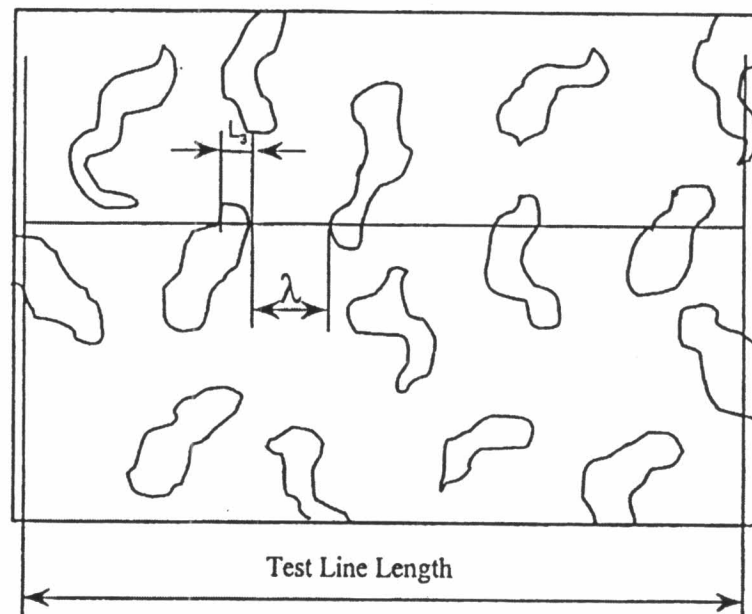
เมื่อกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น 95% จะได้ขอบเขตความเชื่อมั่น (CI) ของค่าเฉลี่ยสัดส่วน  
โครงสร้างออสเตไนต์ในโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ดังสมการต่อไปนี้

$$CI = \pm 1.96 s/\sqrt{n}$$

และสัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์เป็นสัดส่วนโดยปริมาตรในชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม  
ดูเพล็กซ์ได้ดังสมการ

$$V_v = \bar{X} \pm CI$$

$$\%Error = [CI/\bar{X}] * 100$$



รูปที่ ก.1 ตำแหน่งการวัดค่า  $\lambda$  และ  $(L_3)_\gamma$  จากเส้นทดสอบ

ตารางที่ ก.1 สัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชิ้นงาน K1

0.31	0.31	0.22	0.13	0.57	0.73	0.42	0.50	0.50	0.28	0.28	0.44
0.50	0.60	0.50	0.83	0.67	0.56	0.43	0.80	0.67	0.33	0.29	0.33
0.40	0.57	0.50	0.40	0.15	0.44	0.14	0.40	0.67	0.33	0.67	0.25
0.57	0.50	0.33	0.40	0.33	0.30	0.25	0.50	0.29	0.33	0.60	0.50

$$\sum X = 21.37$$

$$\bar{X} = 0.45$$

$$n = 48$$

$$S = 0.16$$

$$CI = 0.05$$

$$\%error = 10.41$$

$$V_v = 0.45 \pm 0.05$$

ตารางที่ ก.2 สัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชิ้นงาน K2

0.50	0.78	0.67	0.60	0.50	0.80	0.80	0.50	0.69	0.47	0.38	0.38
0.28	0.40	0.37	0.40	0.55	0.60	0.33	0.57	0.50	0.80	0.43	0.55
0.43	0.50	0.41	0.40	0.44	0.39	0.58	0.50	0.43	0.50	0.44	0.67
0.50	0.50	0.20	0.38	0.38	0.60	0.30	0.63	0.57	0.43	0.40	0.33

$$\sum X = 23.76$$

$$\bar{X} = 0.50$$

$$n = 48$$

$$S = 0.14$$

$$CI = 0.04$$

$$\%error = 7.94$$

$$V_v = 0.50 \pm 0.04$$

ตารางที่ ก.3 สัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชิ้นงาน K3

0.33	0.55	0.70	0.30	0.43	0.43	0.50	0.63	0.58	0.57	0.53	0.42
0.55	0.55	0.55	0.60	0.50	0.55	0.60	0.55	0.50	0.53	0.50	0.44
0.43	0.55	0.63	0.63	0.77	0.67	0.53	0.57	0.60	0.55	0.44	0.44
0.53	0.50	0.50	0.52	0.29	0.44	0.50	0.33	0.33	0.38	0.38	0.44

$$\sum X = 24.34$$

$$\bar{X} = 0.51$$

$$n = 48$$

$$S = 0.10$$

$$CI = 0.03$$

$$\%error = 5.75$$

$$V_v = 0.51 \pm 0.03$$

ตารางที่ ก.4 สัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชิ้นงาน K4

0.63	0.68	0.65	0.60	0.62	0.67	0.45	0.54	0.56	0.68	0.40	0.44
0.84	0.82	0.69	0.75	0.58	0.67	0.77	0.71	0.69	0.71	0.71	0.54
0.81	0.64	0.72	0.64	0.70	0.76	0.75	0.86	0.67	0.71	0.67	0.60
0.45	0.77	0.38	0.33	0.83	0.60	0.50	0.71	0.55	0.58	0.50	0.58

$$\sum X = 30.71$$

$$\bar{X} = 0.64$$

$$n = 48$$

$$S = 0.12$$

$$CI = 0.04$$

$$\%error = 5.50$$

$$V_v = 0.64 \pm 0.04$$

ตารางที่ ก.5 สัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชิ้นงาน L1

0.43	0.38	0.60	0.50	0.50	0.40	0.44	0.17	0.20	0.33	0.16	0.16
0.30	0.43	0.43	0.45	0.29	0.36	0.22	0.50	0.73	0.77	0.43	0.29
0.71	0.50	0.40	0.50	0.44	0.80	0.80	0.44	0.50	0.33	0.50	0.33
0.60	0.60	0.27	0.43	0.50	0.67	0.29	0.50	0.70	0.38	0.33	0.75

$$\sum X = 21.74$$

$$\bar{X} = 0.45$$

$$n = 48$$

$$S = 0.17$$

$$CI = 0.05$$

$$\%error = 10.63$$

$$V_v = 0.45 \pm 0.05$$

ตารางที่ ก.6 สัดส่วนโครงสร้างออสเตไนต์ (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชิ้นงาน L2

0.43	0.27	0.50	0.15	0.20	0.40	0.40	0.36	0.23	0.17	0.33	0.20
0.18	0.38	0.44	0.29	0.29	0.25	0.33	0.36	0.44	0.42	0.50	0.40
0.43	0.40	0.38	0.20	0.20	0.38	0.40	0.40	0.43	0.50	0.60	0.71
0.40	0.23	0.28	0.43	0.43	0.57	0.33	0.29	0.23	0.23	0.28	0.33

$$\sum X = 16.98$$

$$\bar{X} = 0.35$$

$$n = 48$$

$$S = 0.12$$

$$CI = 0.03$$

$$\%error = 9.54$$

$$V_v = 0.35 \pm 0.03$$



ตารางที่ ก.7 สัดส่วนโครงสร้างออสเตรเลีย (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชั้นงาน L3

0.40	0.50	0.75	0.75	0.71	0.67	0.67	0.71	0.43	0.43	0.78	0.50
0.27	0.20	0.70	0.57	0.56	0.67	0.50	0.40	0.50	0.50	0.63	0.67
0.71	0.82	0.56	0.64	0.71	0.60	0.56	0.50	0.80	0.75	0.57	0.70
0.67	0.50	0.60	0.50	0.57	0.57	0.67	0.60	0.33	0.67	0.56	0.73

$$\sum X = 28.36$$

$$\bar{X} = 0.59$$

$$n = 48$$

$$S = 0.14$$

$$CI = 0.04$$

$$\%error = 6.54$$

$$V_v = 0.59 \pm 0.04$$

ตารางที่ ก.8 สัดส่วนโครงสร้างออสเตรเลีย (สัดส่วนโดยปริมาตร) ของชั้นงาน L4

0.45	0.45	0.67	0.57	0.60	0.64	0.50	0.70	0.50	0.45	0.50	0.60
0.56	0.56	0.40	0.57	0.70	0.43	0.56	0.50	0.57	0.63	0.58	0.73
0.73	0.71	0.80	0.62	0.44	0.56	0.50	0.67	0.63	0.45	0.60	0.58
0.75	0.82	0.41	0.44	0.58	0.55	0.60	0.69	0.60	0.60	0.63	0.63

$$\sum X = 28.01$$

$$\bar{X} = 0.58$$

$$n = 48$$

$$S = 0.10$$

$$CI = 0.03$$

$$\%error = 4.98$$

$$V_v = 0.58 \pm 0.03$$

## ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน  
จากเครื่อง Leco Ce 400 oxygen-nitrogen analyzer

ตารางที่ ข.1 ปริมาณไนโตรเจนในชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1-K4)

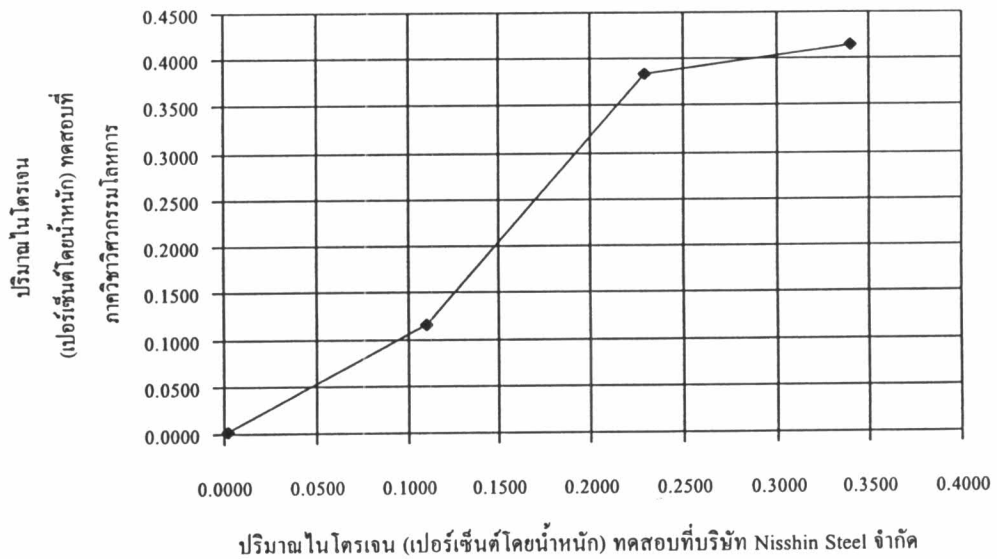
ครั้งที่	ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)			
	K1	K2	K3	K4
1	0.0018	0.1201	0.3648	0.4138
2	0.0025	0.1091	0.4024	0.4140
3	0.0023	0.1203	0.3861	0.4195
ค่าเฉลี่ย	0.0022	0.1165	0.3844	0.4158
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0034	0.0052	0.0154	0.0026

ตารางที่ ข.2 ปริมาณไนโตรเจนในชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1-L4)

ครั้งที่	ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)			
	L1	L2	L3	L4
1	0.0024	0.0318	0.0943	0.2655
2	0.0016	0.0557	0.0999	0.2811
3	0.0029	0.0505	0.1018	0.2747
ค่าเฉลี่ย	0.0023	0.0460	0.0987	0.2738
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0007	0.0126	0.0039	0.0078

หมายเหตุ : ชิ้นงานที่ใช้ในการสอบเทียบมีปริมาณไนโตรเจน 0.009, 0.172 และ 0.532  
เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ระหว่างบริษัท Nisshin Steel Co., Ltd. และ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ



รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ระหว่างบริษัท Nisshin Steel Co., Ltd. และ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ

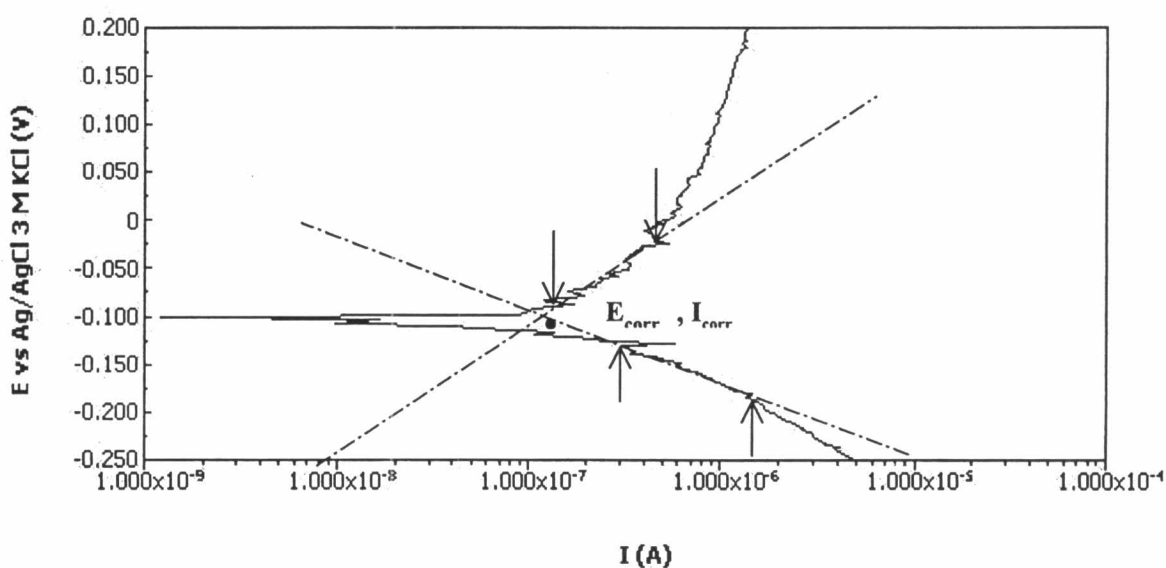
## ภาคผนวก ค

### การหาค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ค่ากระแสไฟฟ้าการกัดกร่อน ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิว ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุม และค่าอัตราการกัดกร่อน

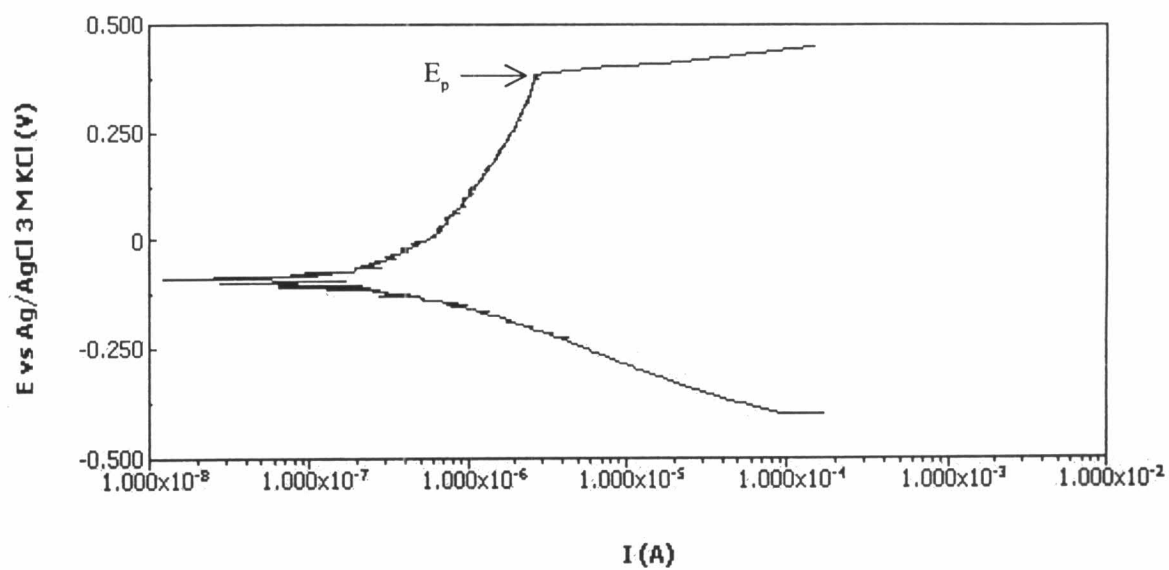
ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนหาได้จากการใช้โปรแกรมลิเนียร์รีเกรสชัน (linear regression program) ซึ่งมีวิธีการหาโดยกำหนดตำแหน่ง 2 จุดบนบนเส้นโค้งโพลาริเซชันแล้วใช้คำสั่งทำลิเนียร์รีเกรสชัน โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นตรงระหว่างจุด 2 จุด ที่กำหนดไว้ดังรูปที่ ค.1 ซึ่งแสดงจุดตัดระหว่างเส้นความชันของเส้นกราฟช่วงที่เกิดปฏิกิริยาแอโนด และเส้นความชันของเส้นกราฟช่วงที่เกิดปฏิกิริยาแคโทด โดยที่จุดตัดนี้จะสามารถหาค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนและค่ากระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนได้

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงจากกระแสช่วงพาสซีฟไปเป็นกระแสช่วงทรานพาสซีฟอย่างกะทันหัน จะกำหนดให้จุดดังกล่าวเป็นค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุม ดังแสดงในรูปที่ ค.2 และ ค.3

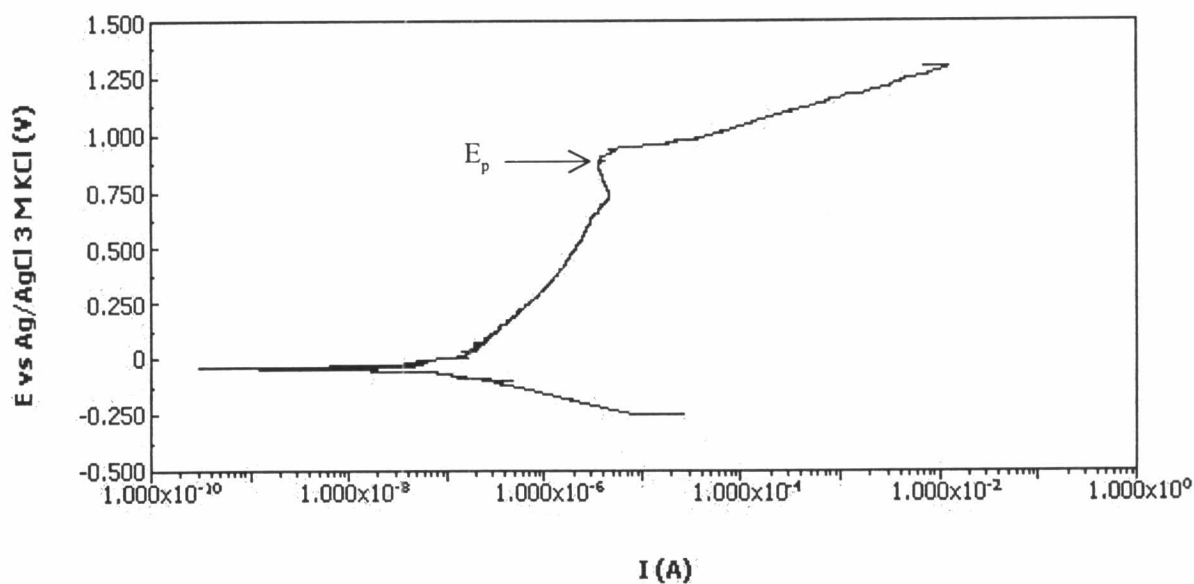
ส่วนค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิวนั้น สามารถหาได้จากการนำข้อมูลช่วงพาสซีฟมาทำการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.1 วิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนและกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนจากเส้นโพลาริเซชัน



รูปที่ ค.2 วิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้าการกักกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุม



รูปที่ ค.3 วิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้าการกักกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุม

### การคำนวณอัตราการกัดกร่อน ( $R_{mpy}$ )

สามารถคำนวณหาอัตราการกัดกร่อนได้จาก

$$R_{mpy} = [0.13 * I_{corr} * e] / \rho$$

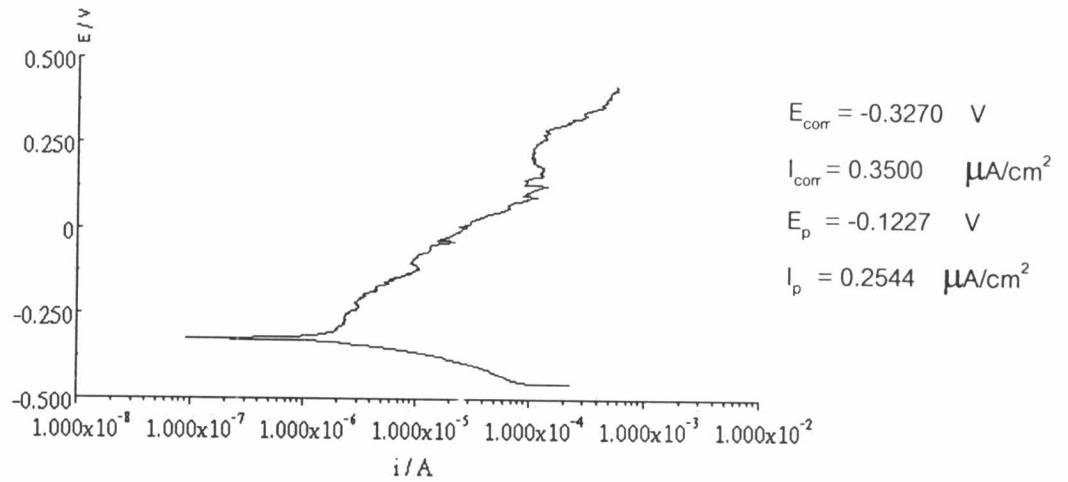
เมื่อ	$R_{mpy}$	คือ	อัตราการเกิดการกัดกร่อน(มิลต่อปี)
	$I_{corr}$	คือ	ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อน (ไมโครแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร)
	$e$	คือ	น้ำหนักกรัมสมมูลของโลหะ ในที่นี้คือ 27.92
	$\rho$	คือ	ความหนาแน่นของโลหะ ในที่นี้คือ 7.87

## ภาคผนวก ง

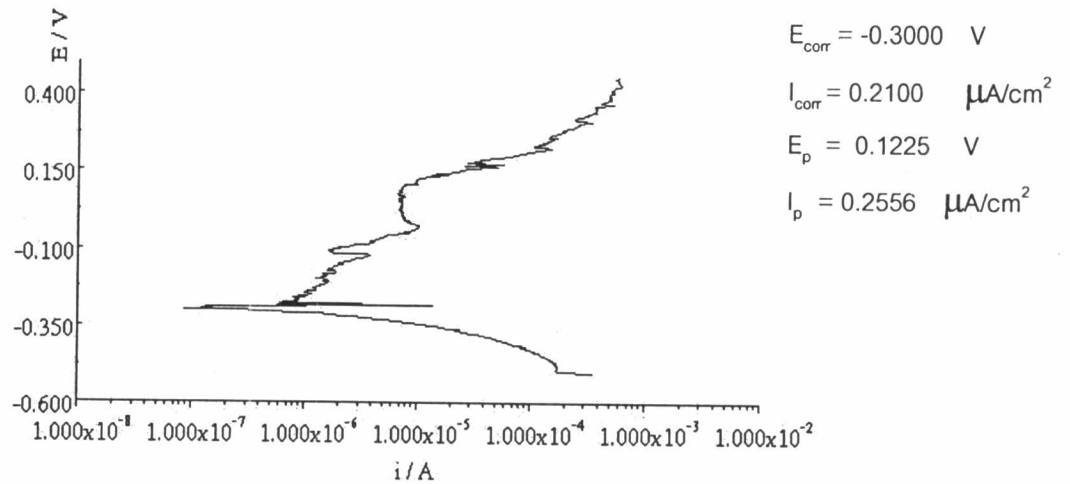
### เส้นโพลาริเซชันที่ได้จากการทดลอง

#### สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

- เวลาที่ใช้ในการทำให้ออกซิเจนอิ่มตัวในสารละลายเท่ากับ 5 นาที
- อัตราการสแกนเท่ากับ 0.1 มิลลิโวลต์ต่อวินาที
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส
- ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- เวลาที่ใช้ในการจุ่มแซ่ชิ้นงานก่อนการสแกนเท่ากับ 45 นาที
- สภาวะความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 2, 7 และ 10

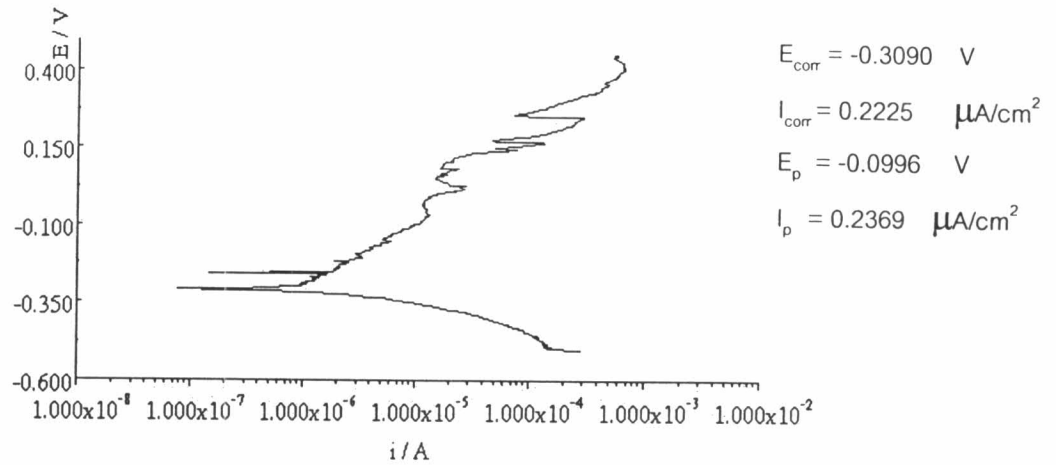


รูปที่ ง.1 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1

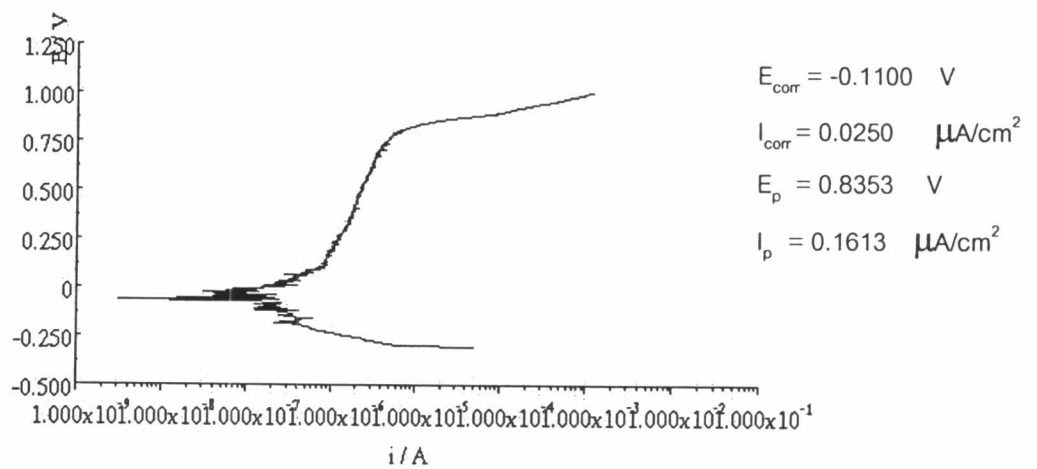


รูปที่ ง.2 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2

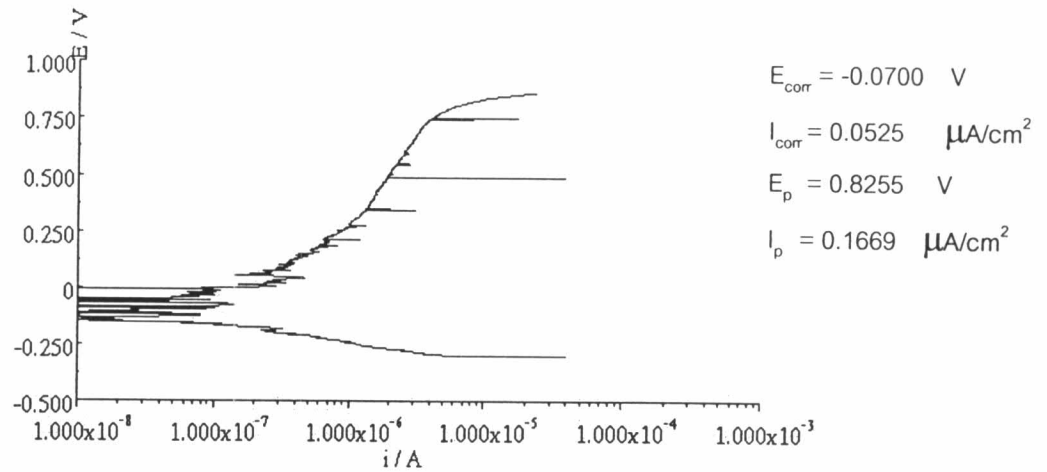




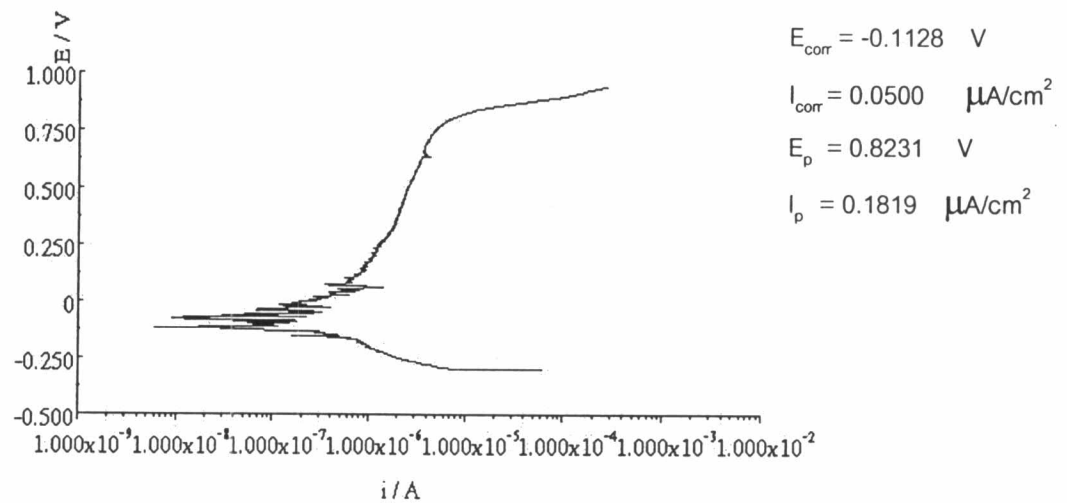
รูปที่ ง.3 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3



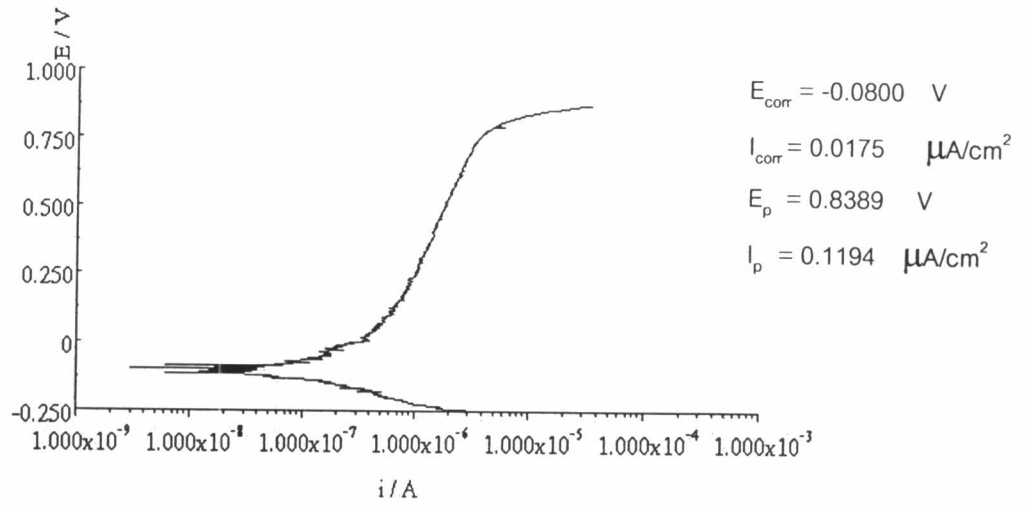
รูปที่ ง.4 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1



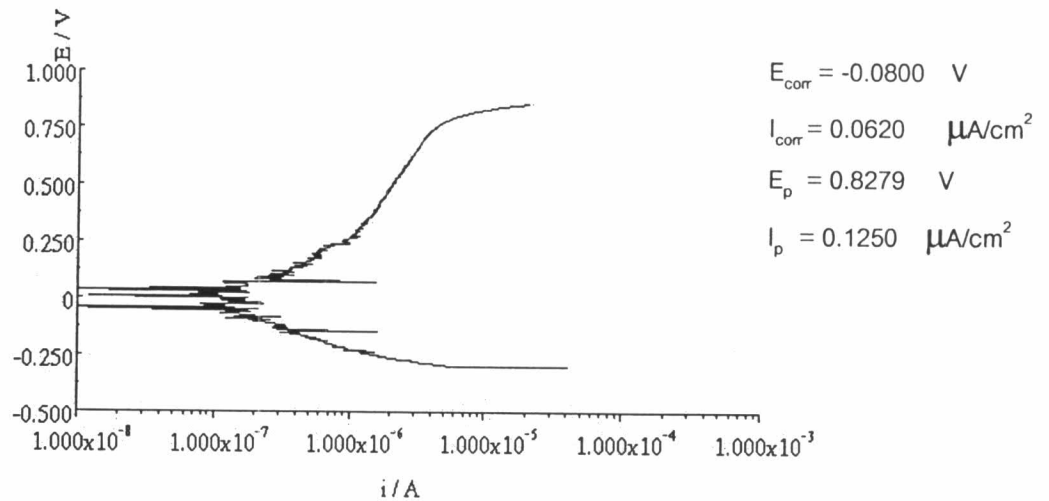
รูปที่ ๖.5 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2



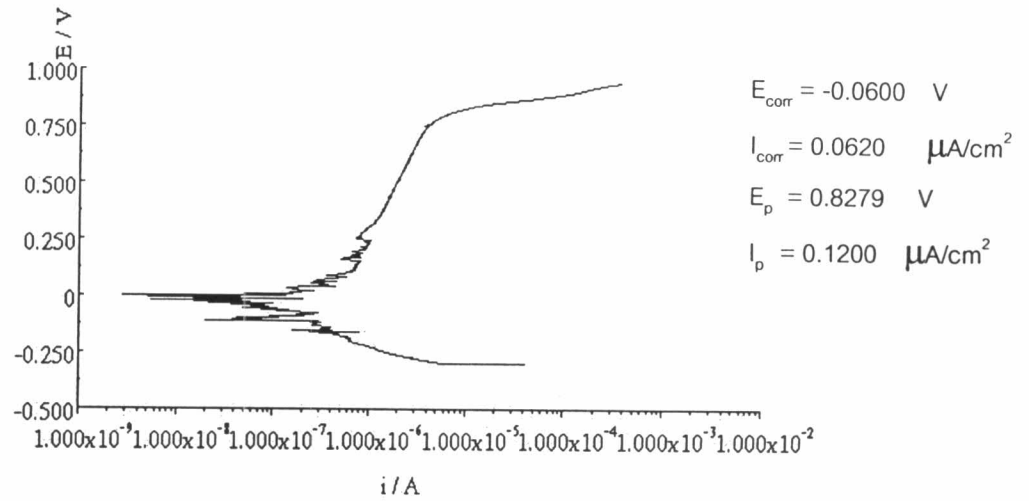
รูปที่ ๖.6 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3



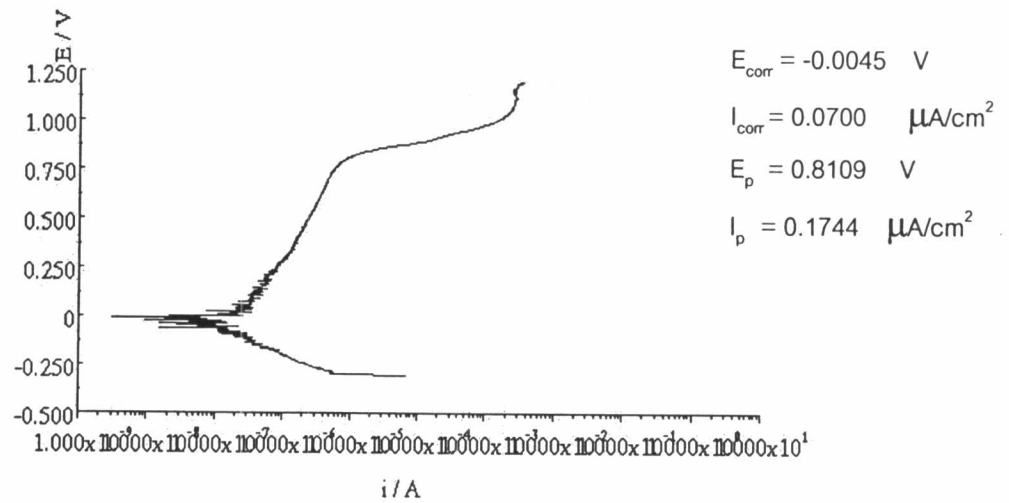
รูปที่ ง.7 เส้น โพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมคูเพิล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1



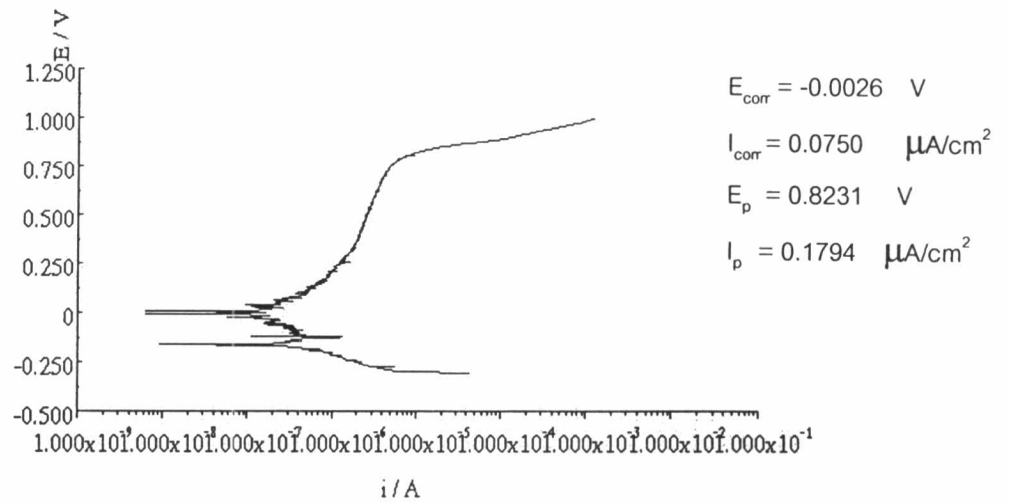
รูปที่ ง.8 เส้น โพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมคูเพิล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2



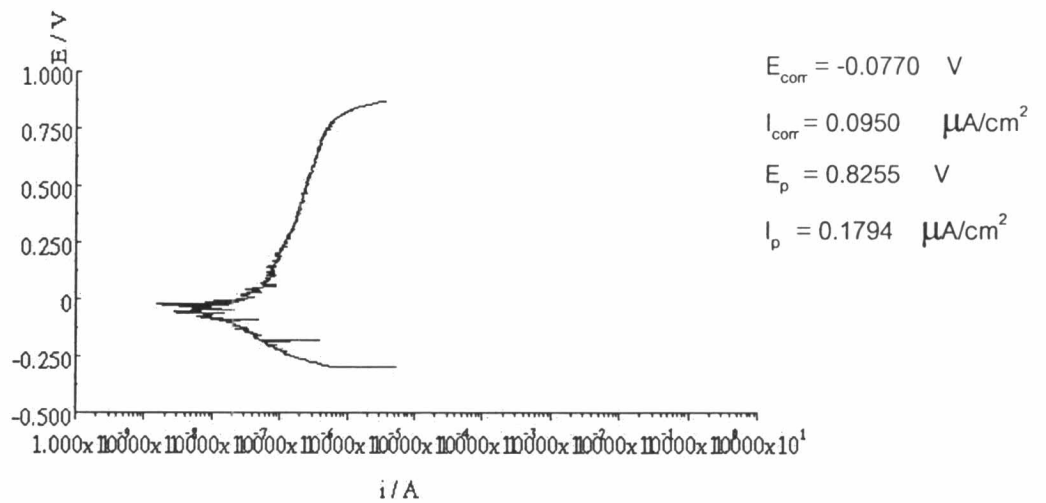
รูปที่ ง.9 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3



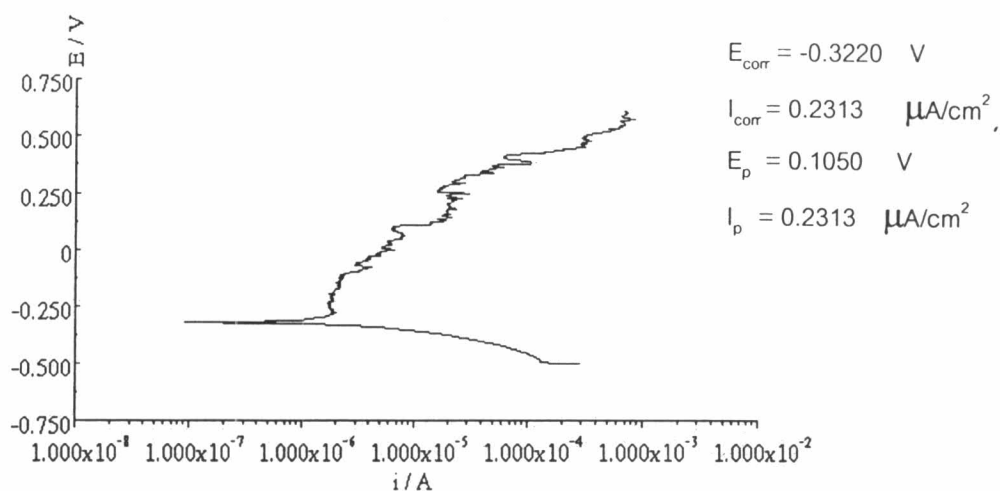
รูปที่ ง.10 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1



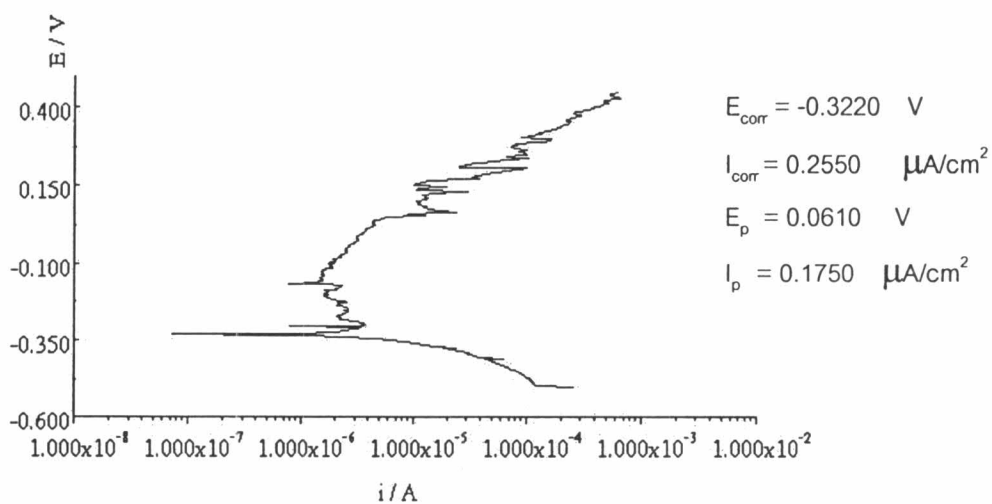
รูปที่ ง.11 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2



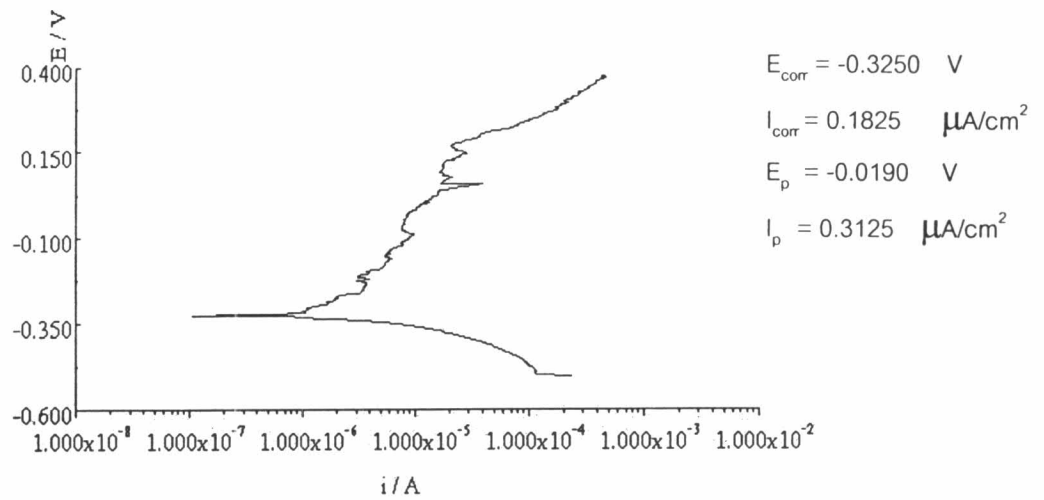
รูปที่ ง.12 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3



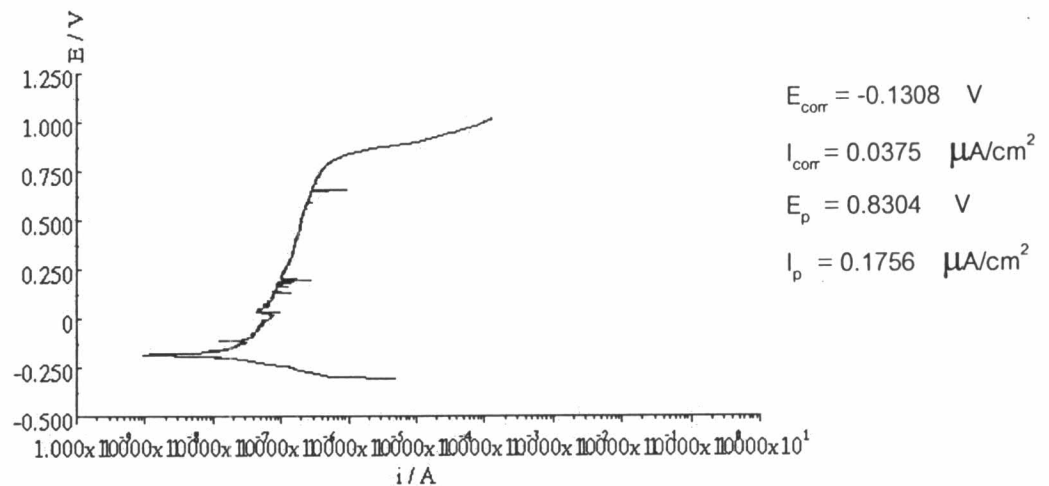
รูปที่ ง.13 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1



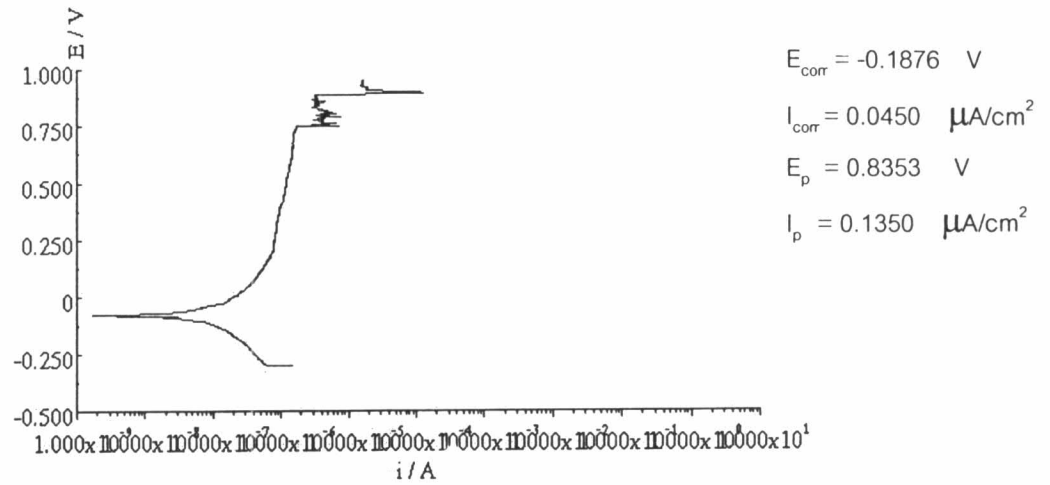
รูปที่ ง.14 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2



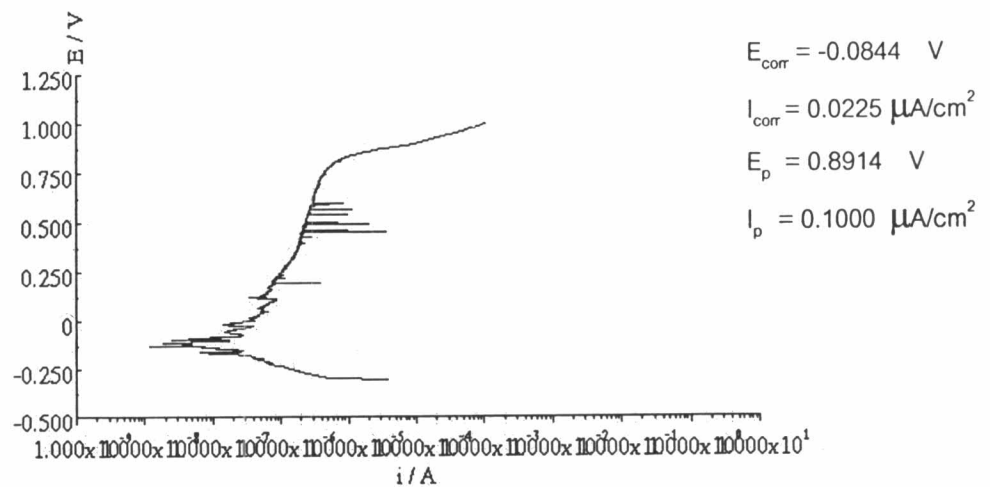
รูปที่ ง.15 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3



รูปที่ ง.16 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1

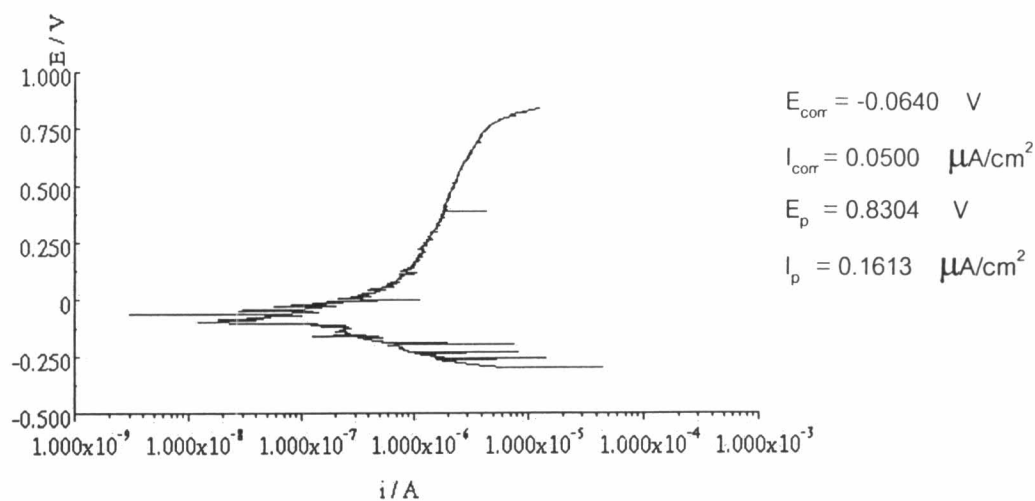


รูปที่ ง.17 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2

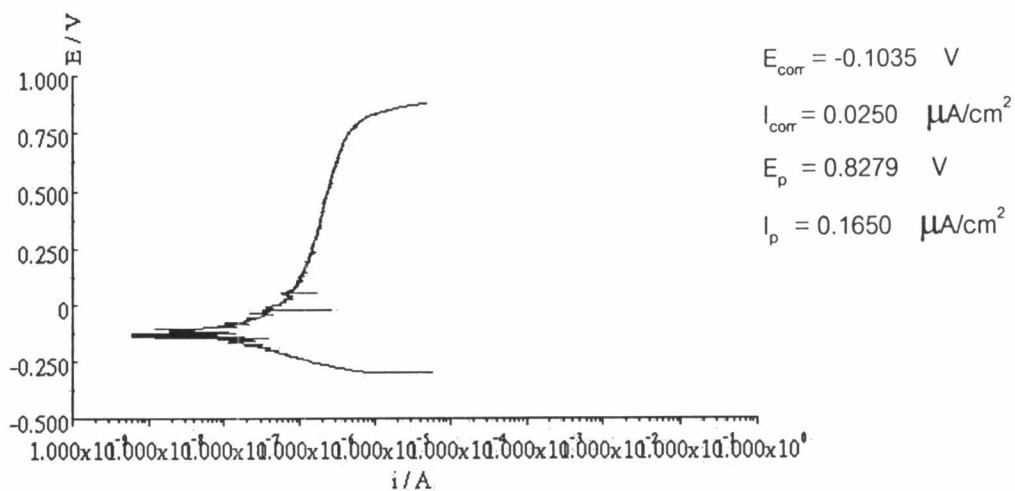


รูปที่ ง.18 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3

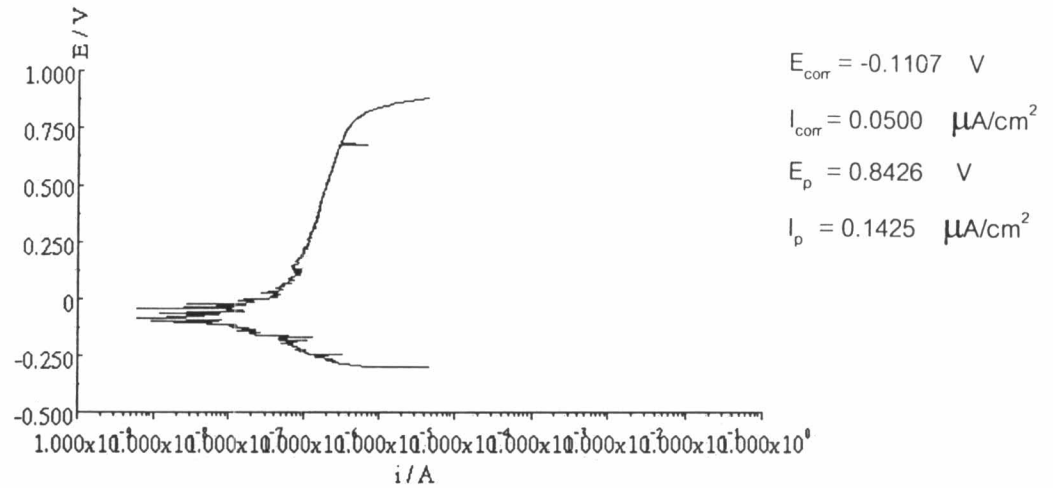




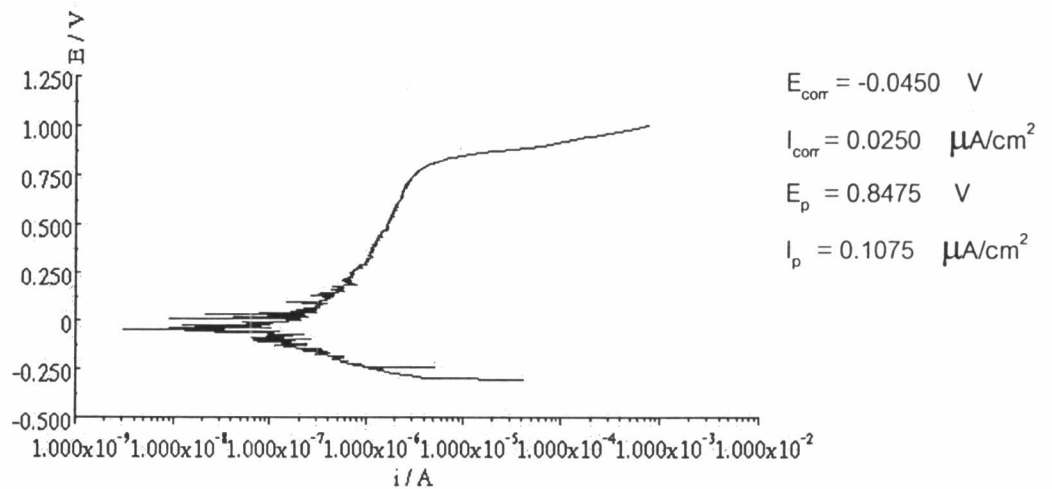
รูปที่ ง.19 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1



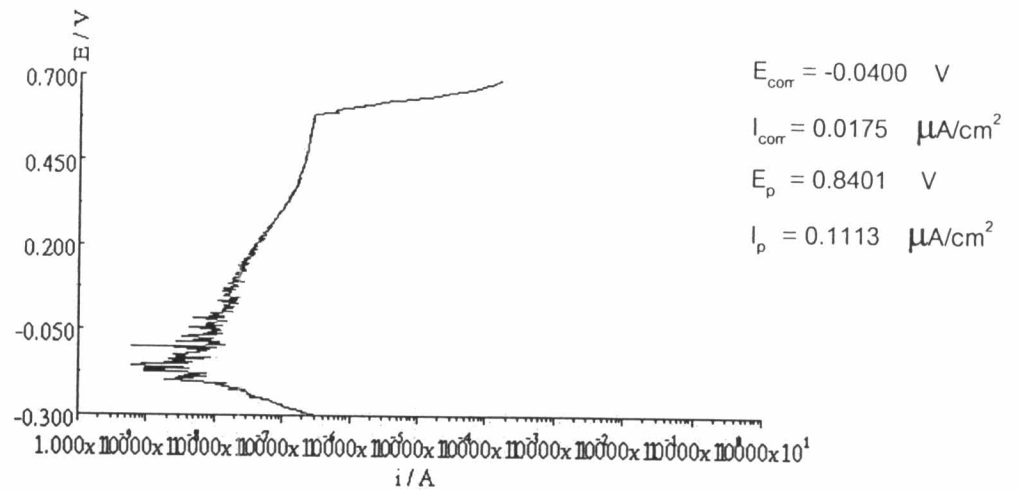
รูปที่ ง.20 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2



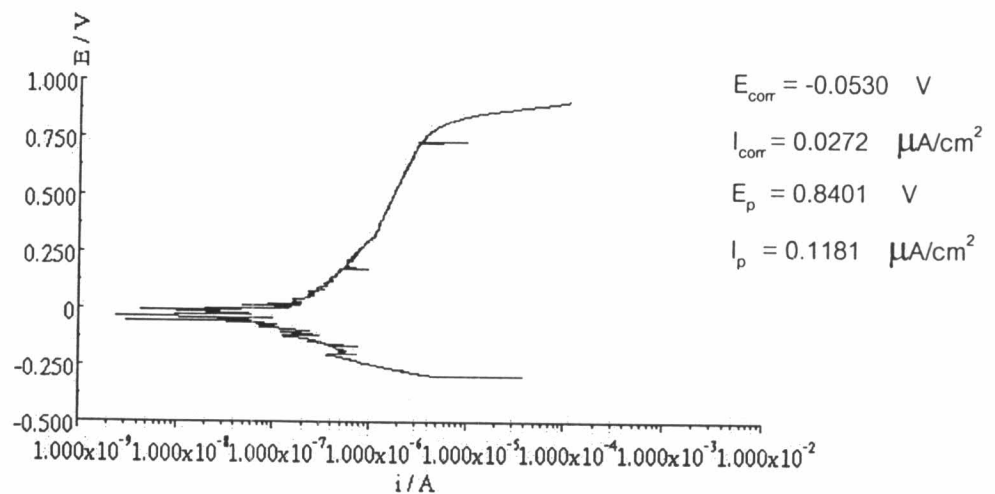
รูปที่ ง.21 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่พีเอช 2 ครั้งที่ 3



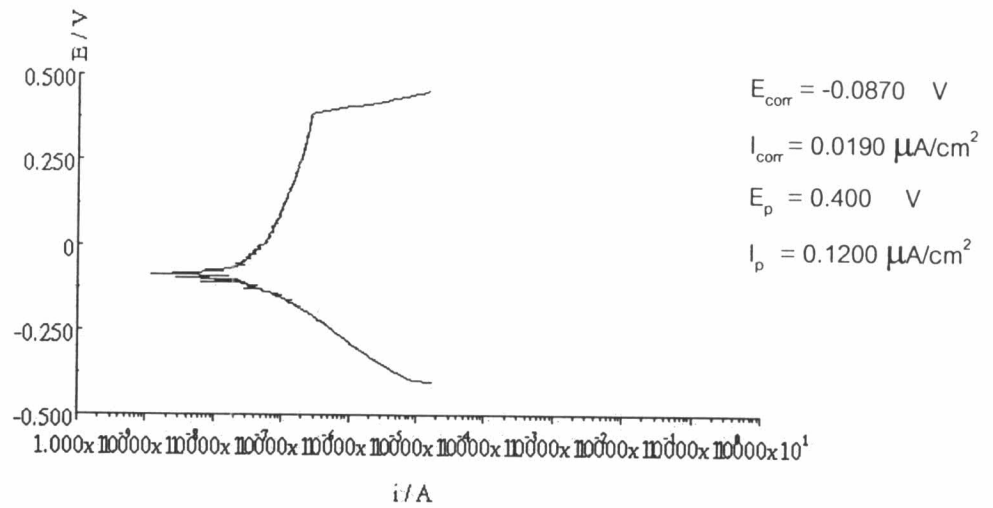
รูปที่ ง.22 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 1



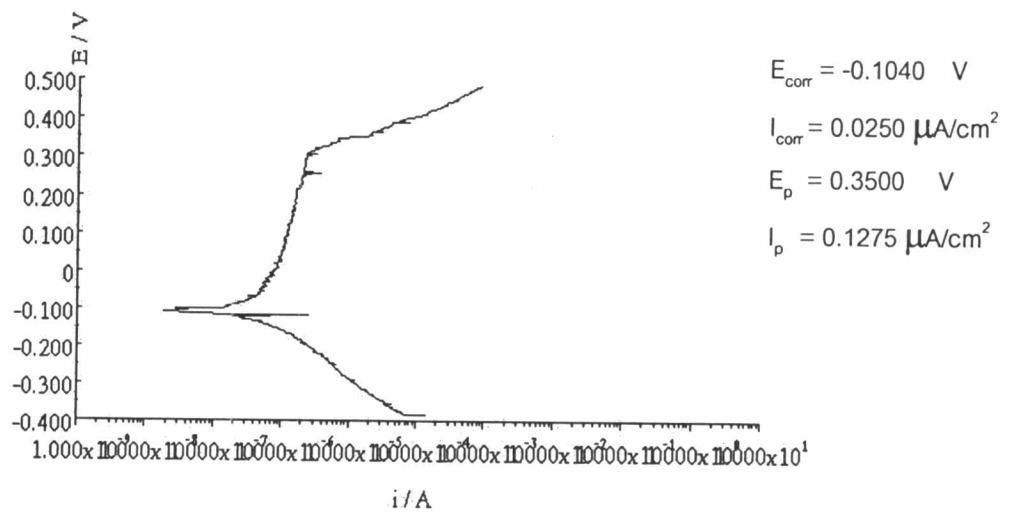
รูปที่ ง.23 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 2



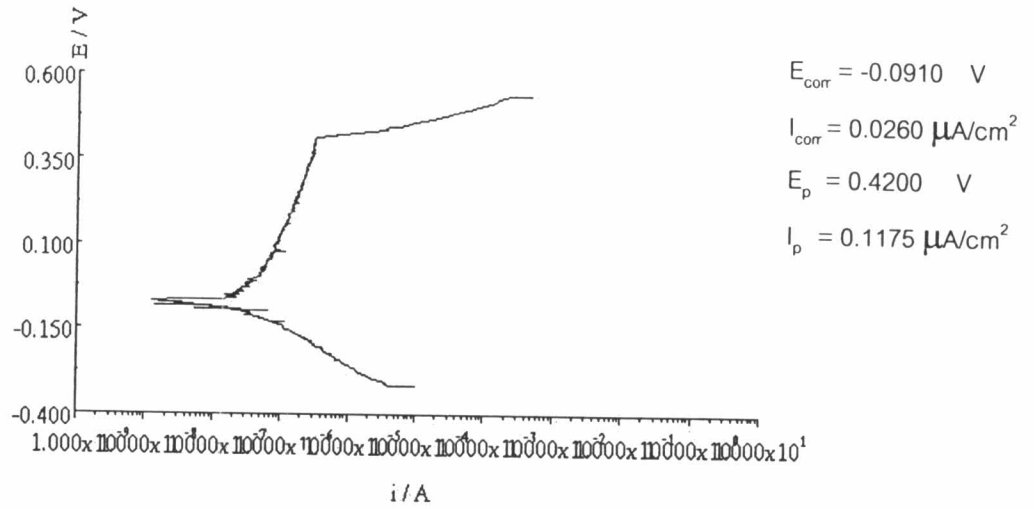
รูปที่ ง.24 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 2 ครั้งที่ 3



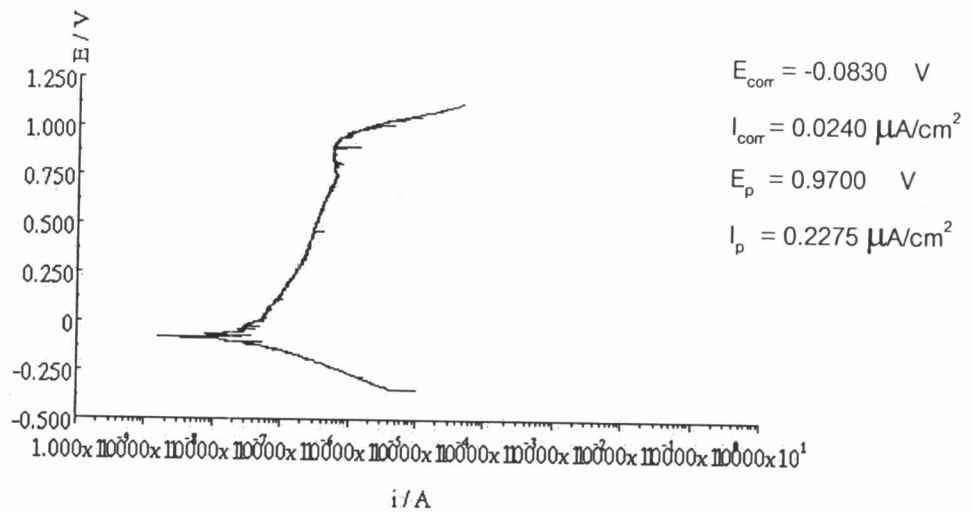
รูปที่ ง.25 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



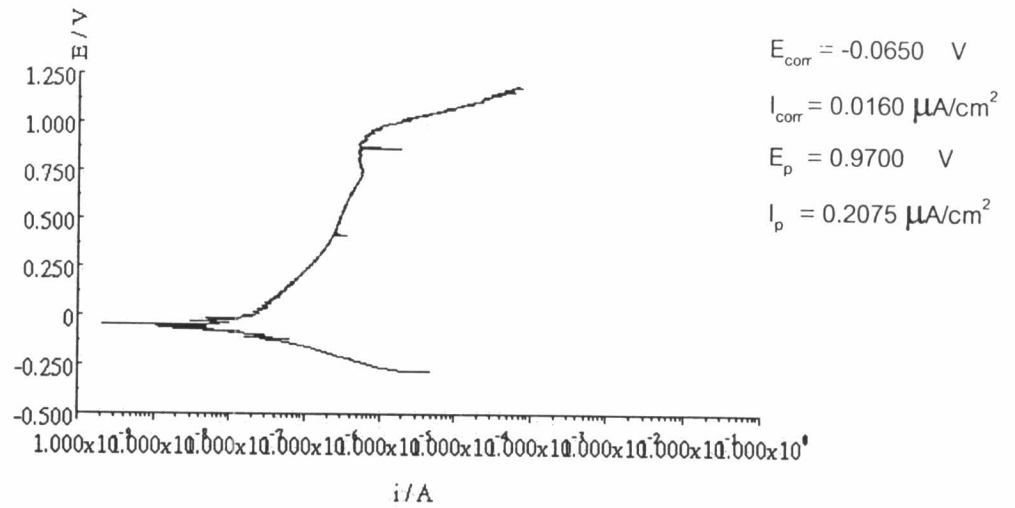
รูปที่ ง.26 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



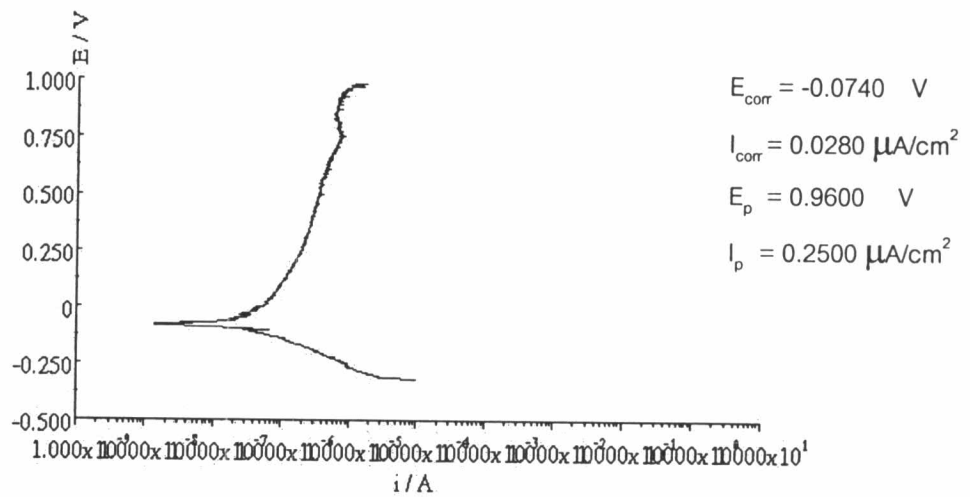
รูปที่ ง.27 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3



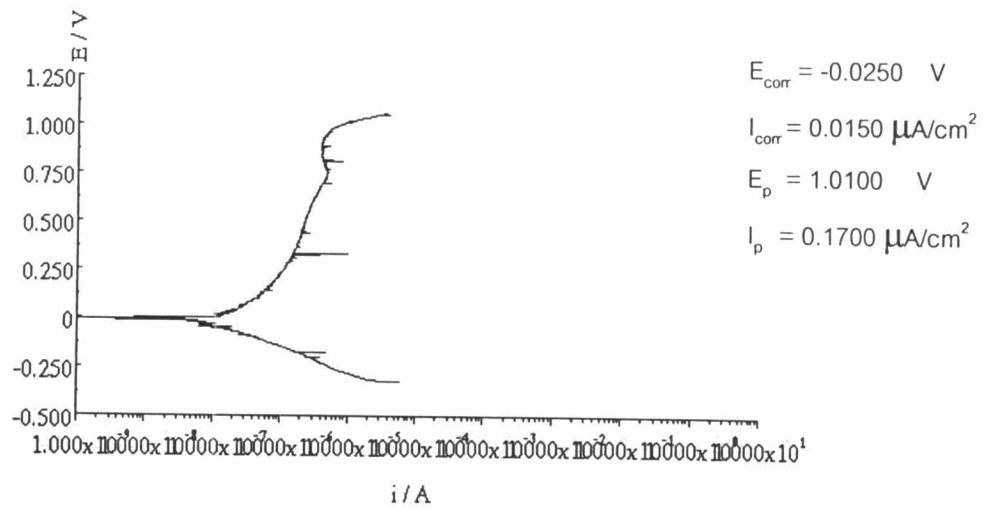
รูปที่ ง.28 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



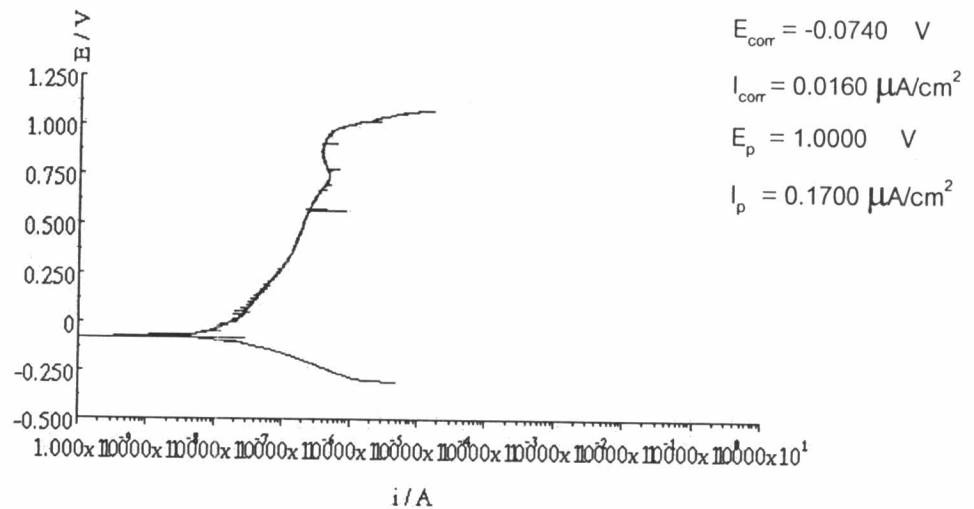
รูปที่ ง.29 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลาย  
ไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส  
ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



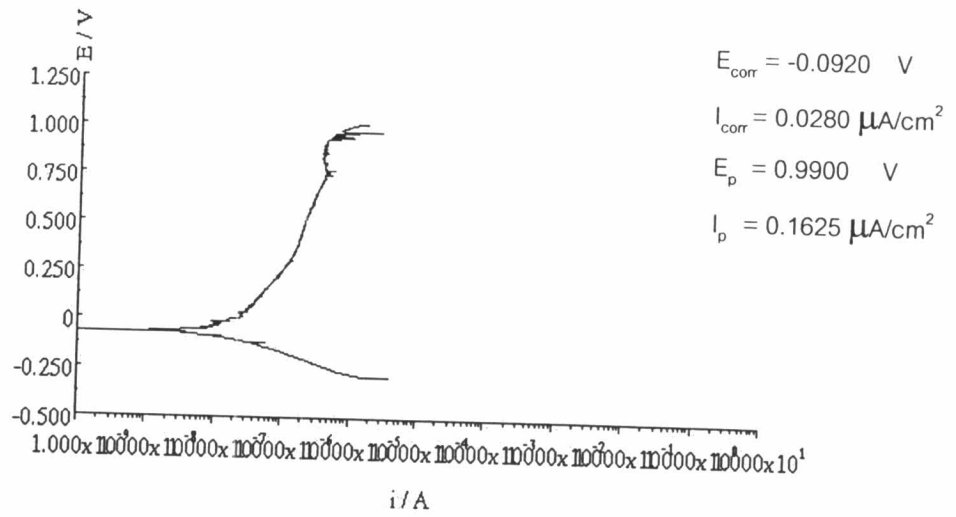
รูปที่ ง.30 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลาย  
ไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส  
ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3



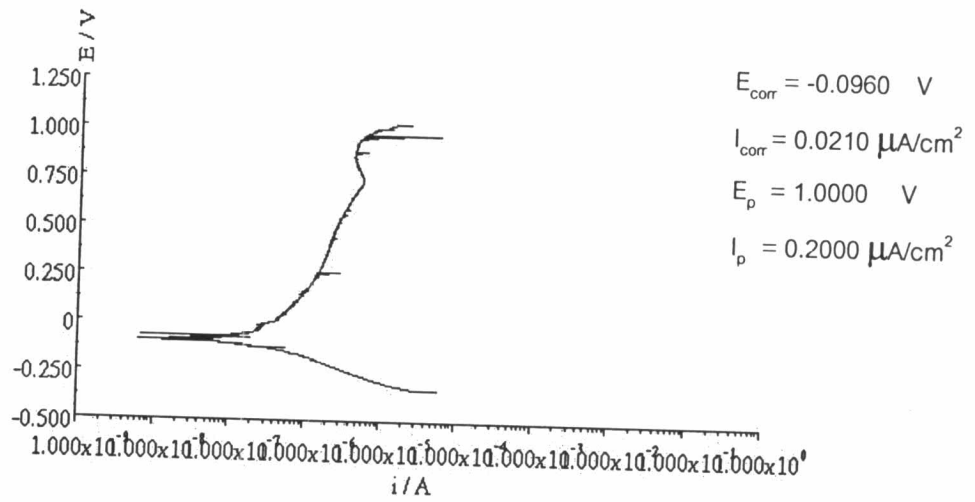
รูปที่ ง.31 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



รูปที่ ง.32 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2

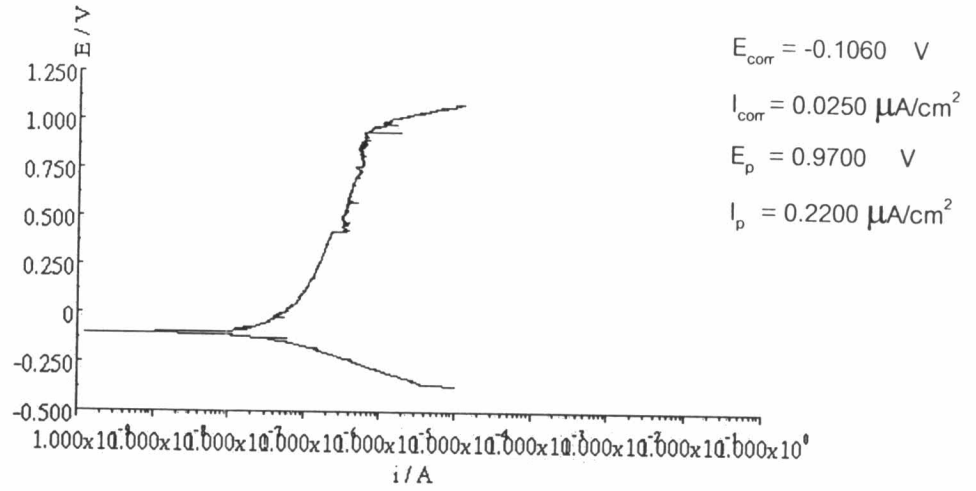


รูปที่ ง.33 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3

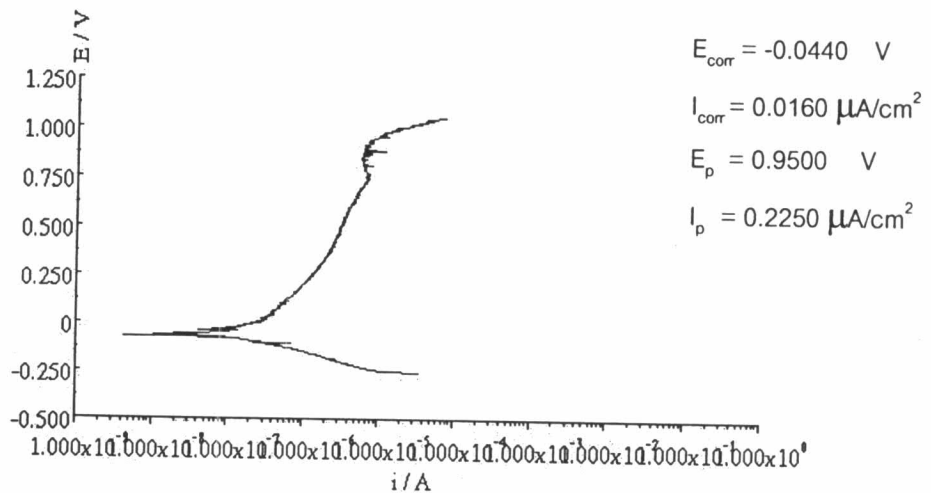


รูปที่ ง.34 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1

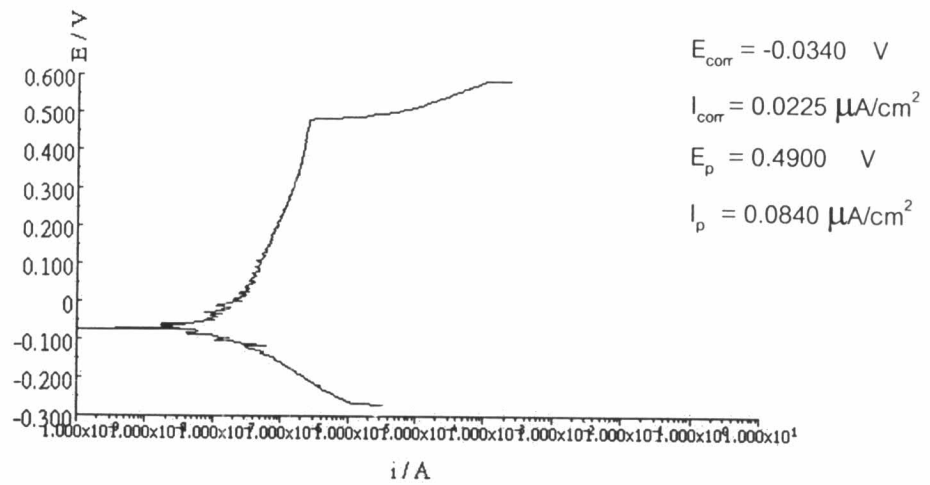




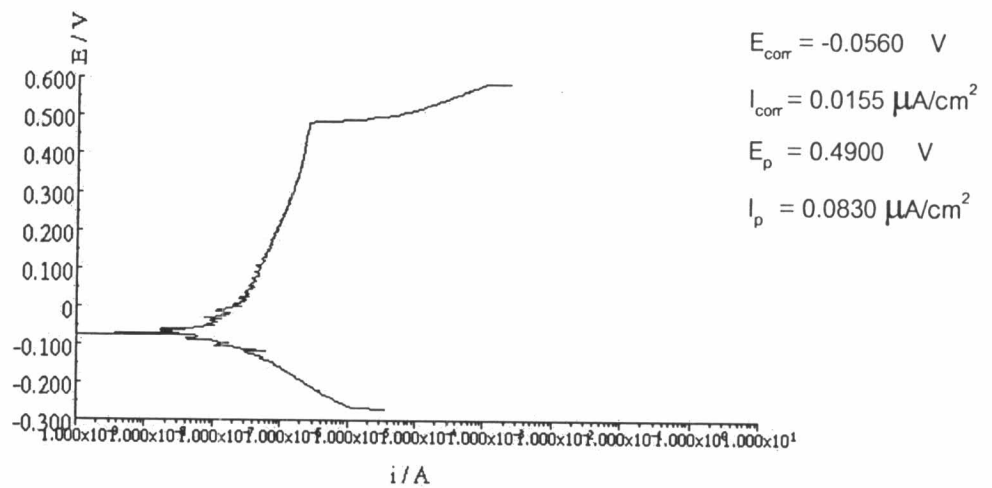
รูปที่ ง.35 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



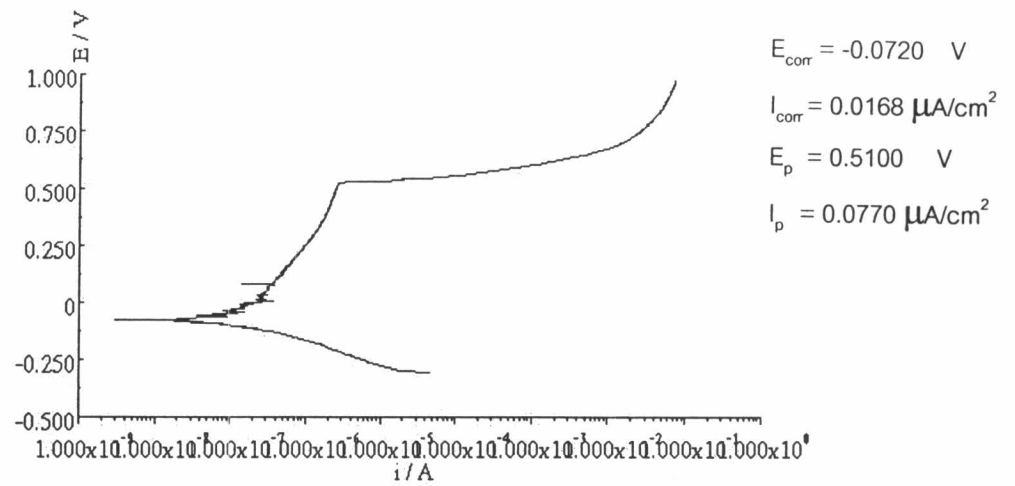
รูปที่ ง.36 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3



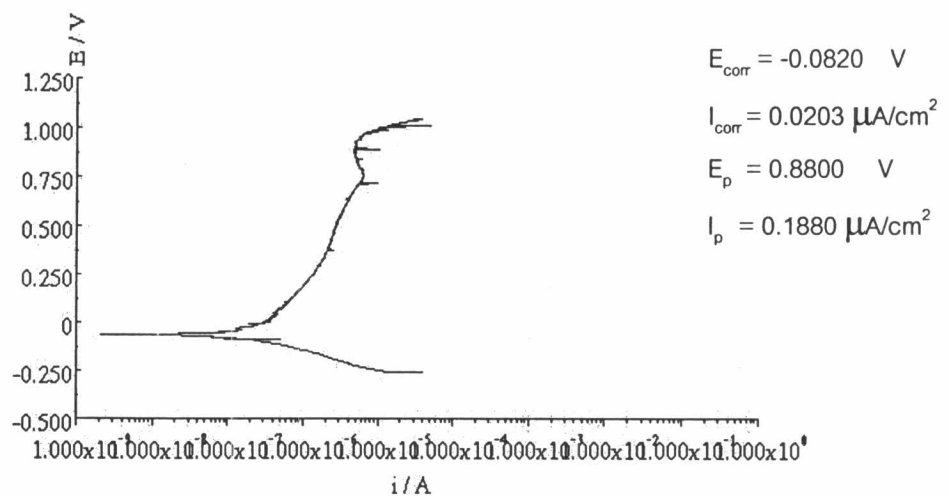
รูปที่ ง.37 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



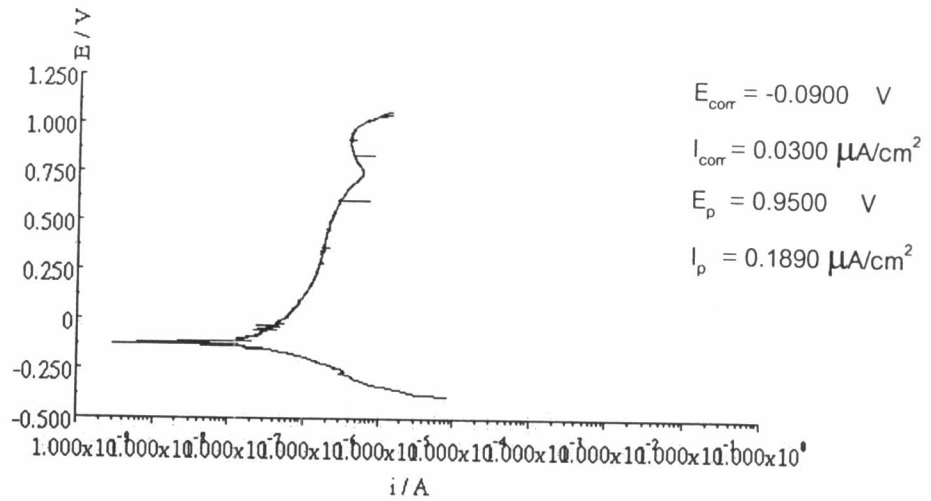
รูปที่ ง.38 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



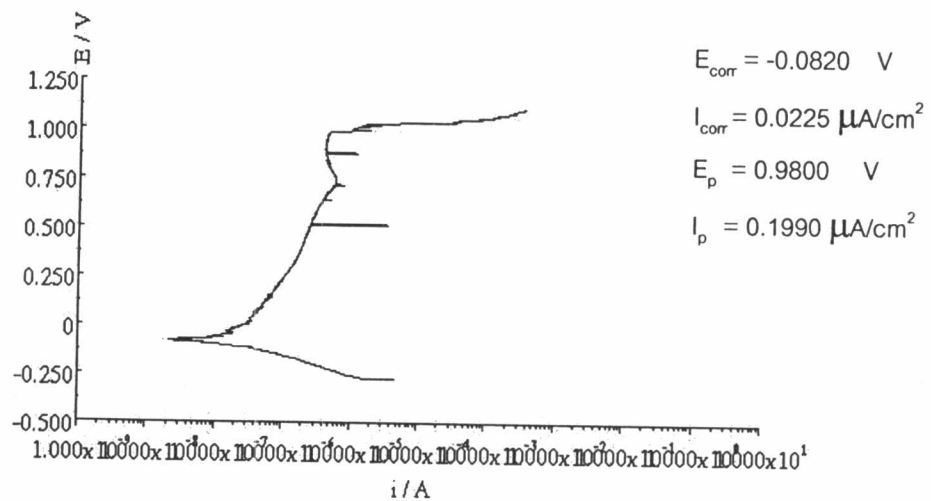
รูปที่ ง.39 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3



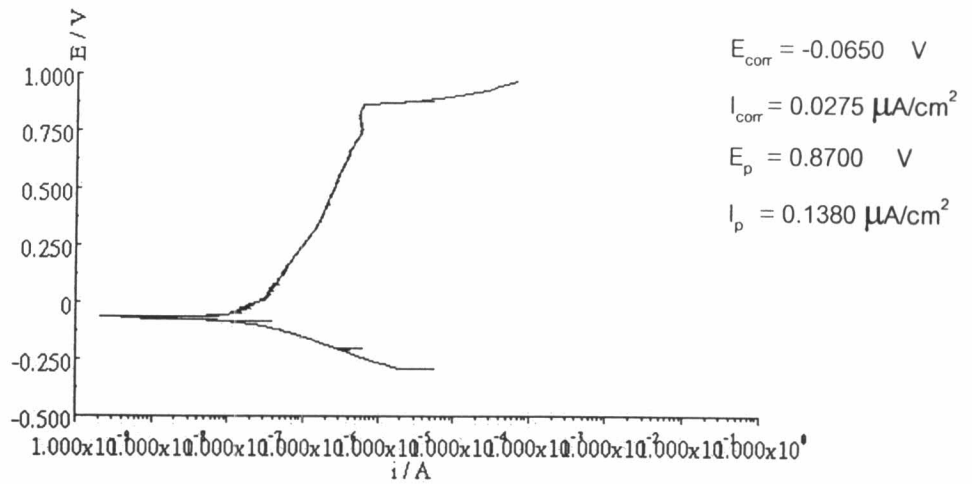
รูปที่ ง.40 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



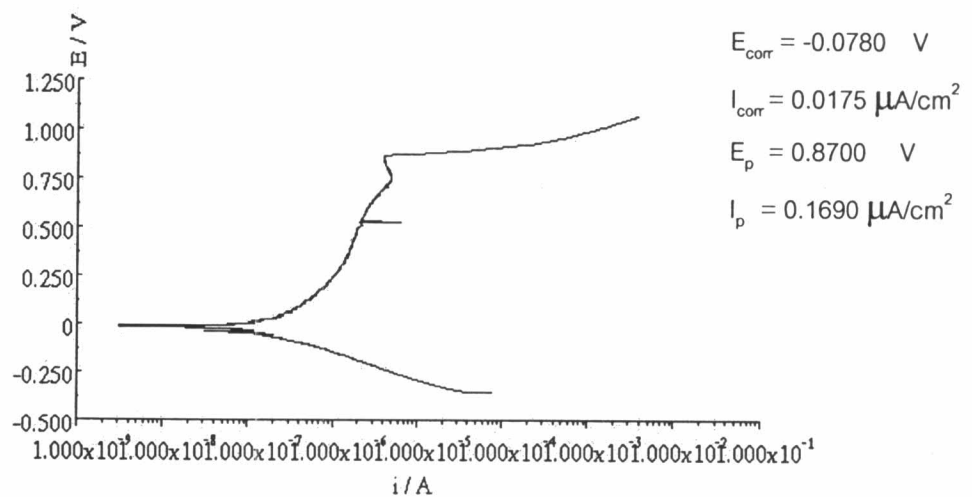
รูปที่ ง.41 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



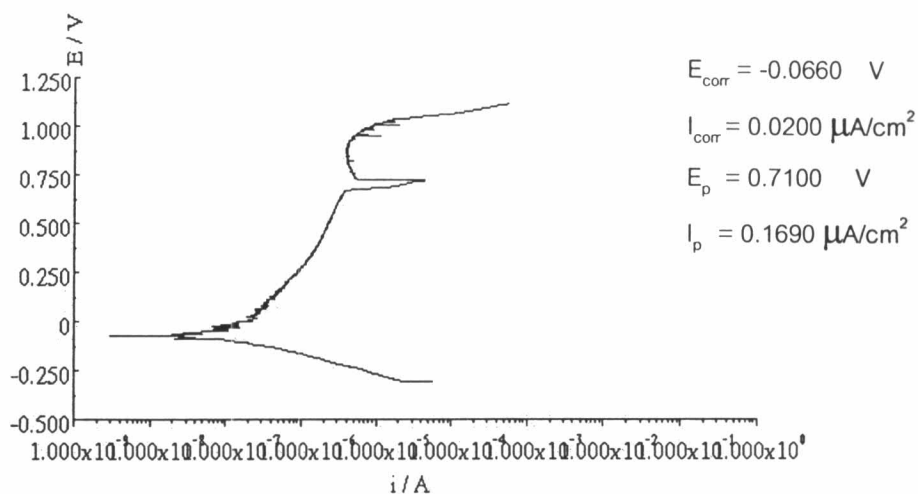
รูปที่ ง.42 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3



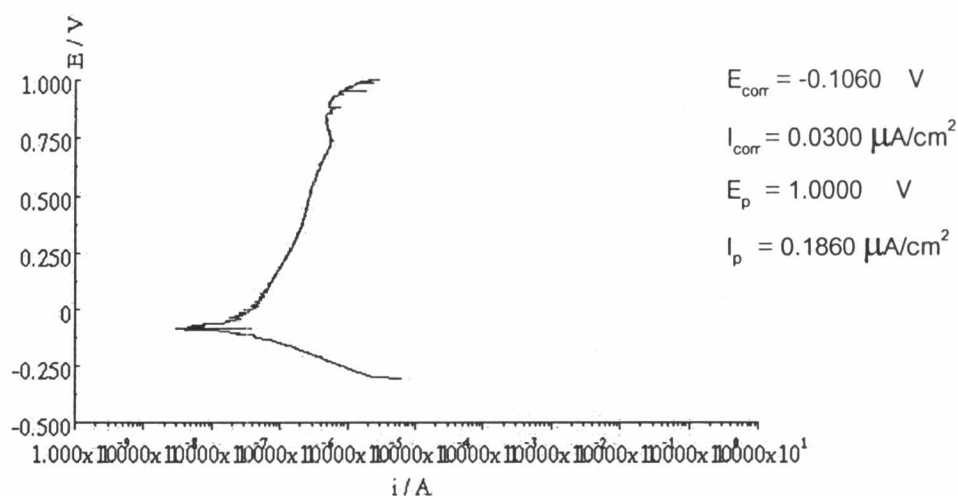
รูปที่ ง.43 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



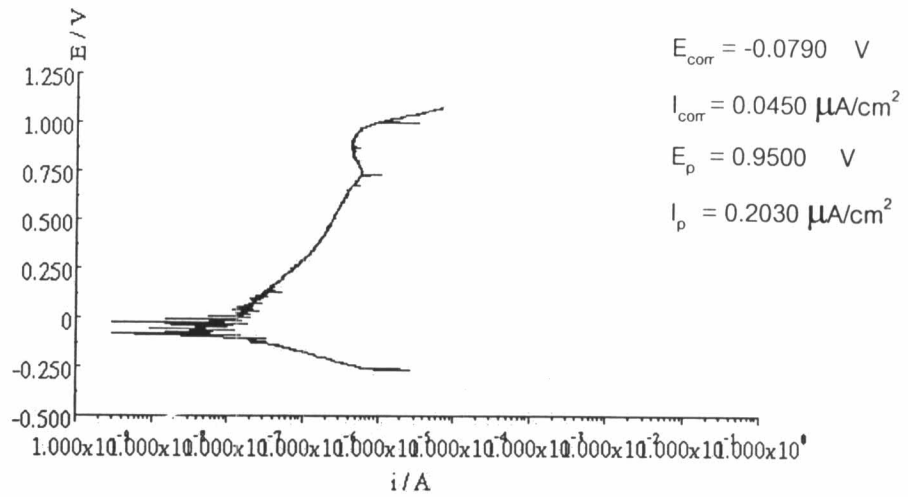
รูปที่ ง.44 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



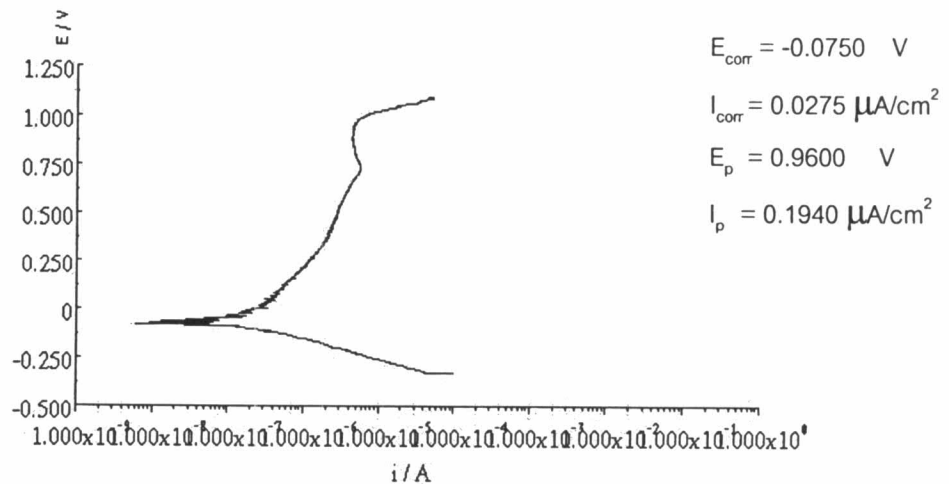
รูปที่ ง.45 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3



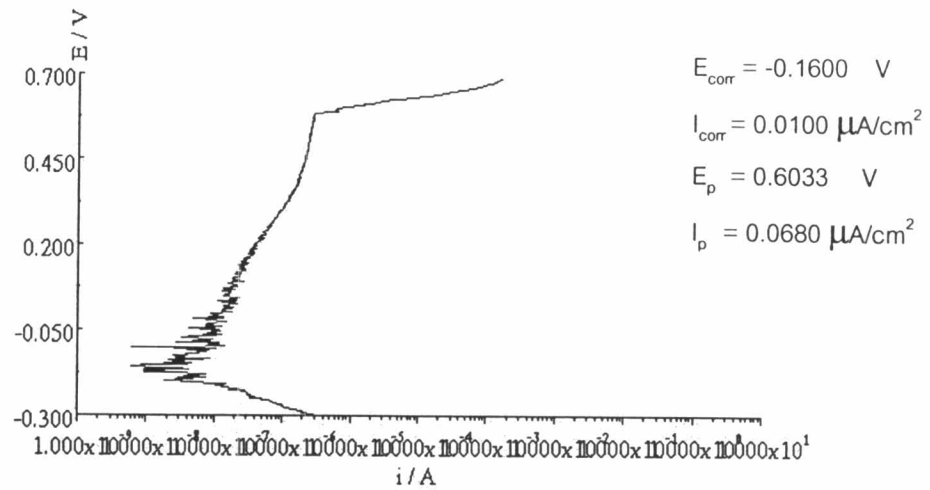
รูปที่ ง.46 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 1



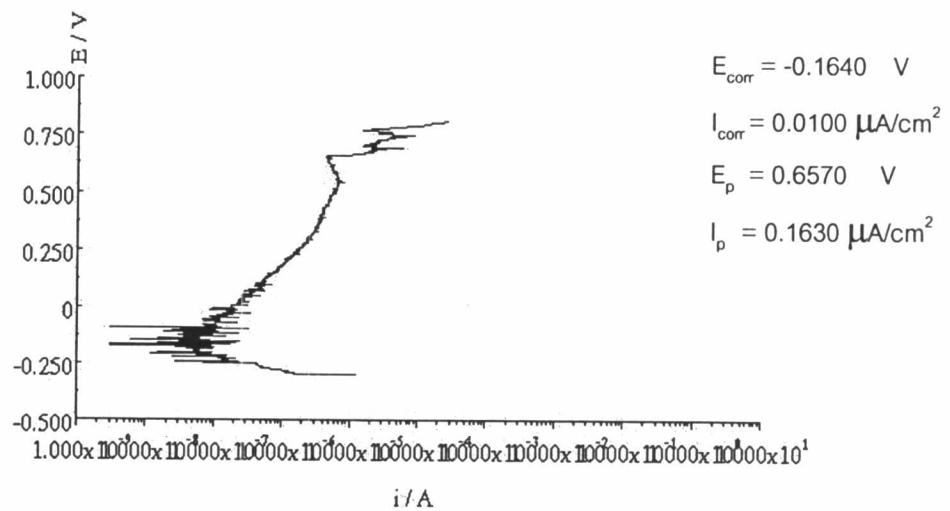
รูปที่ ง.47 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 2



รูปที่ ง.48 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7 ครั้งที่ 3

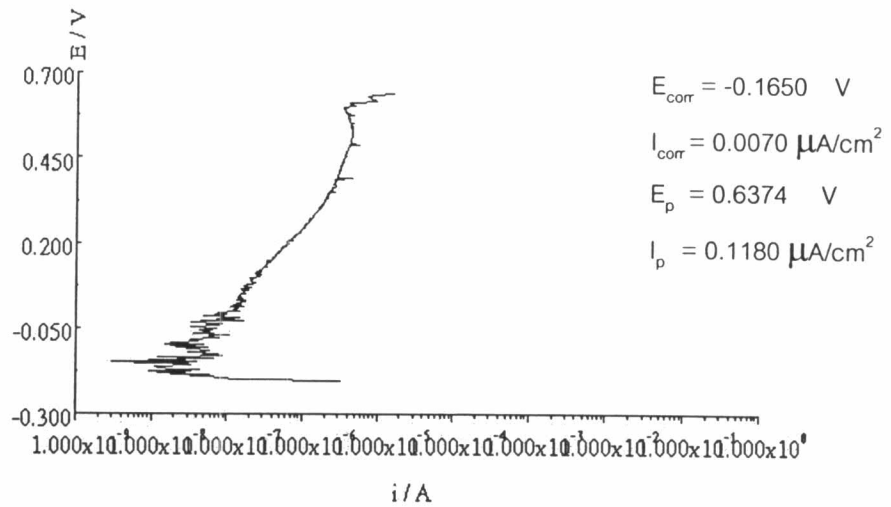


รูปที่ ง.49 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1

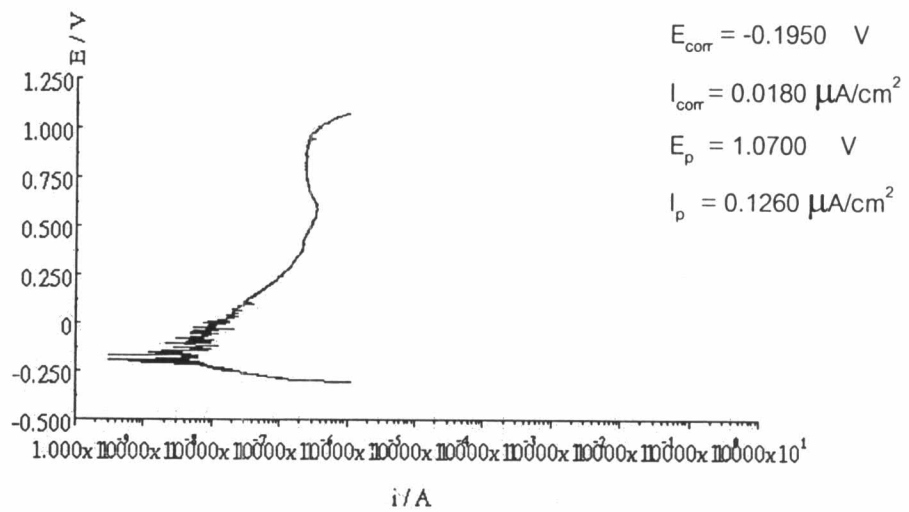


รูปที่ ง.50 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2

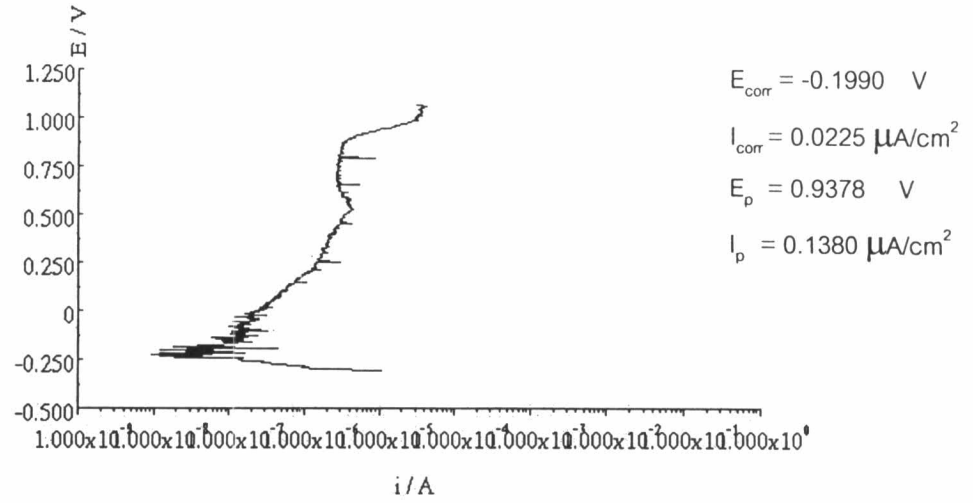




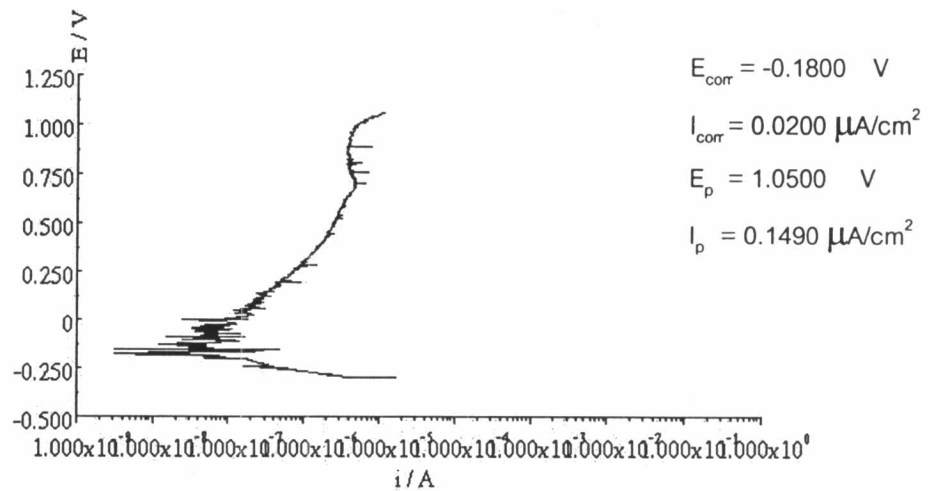
รูปที่ ง.51 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K1, 0.0018 wt.%) ในสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3



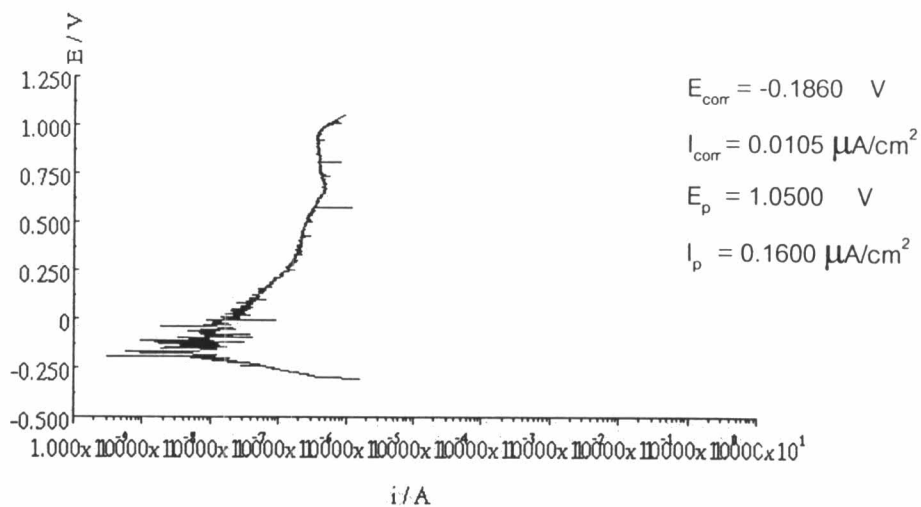
รูปที่ ง.52 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1



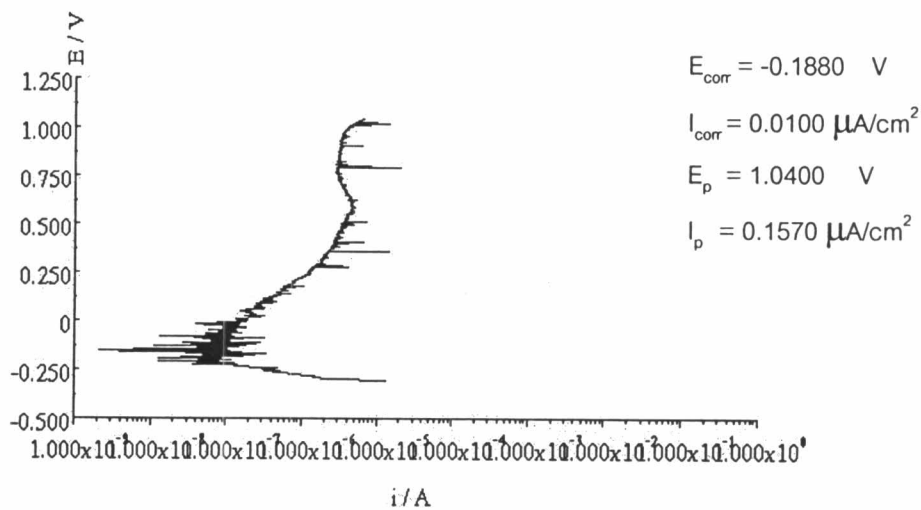
รูปที่ ๕.๕๓ เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2



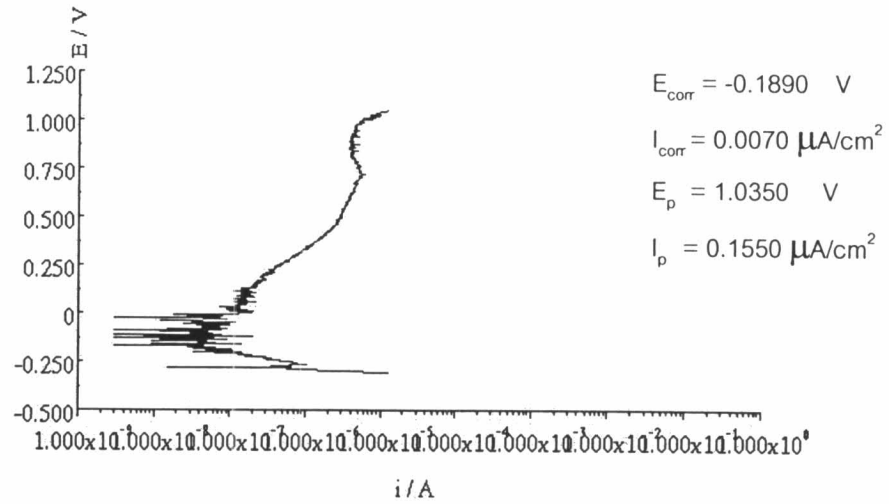
รูปที่ ๕.๕๔ เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K2, 0.1100 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3



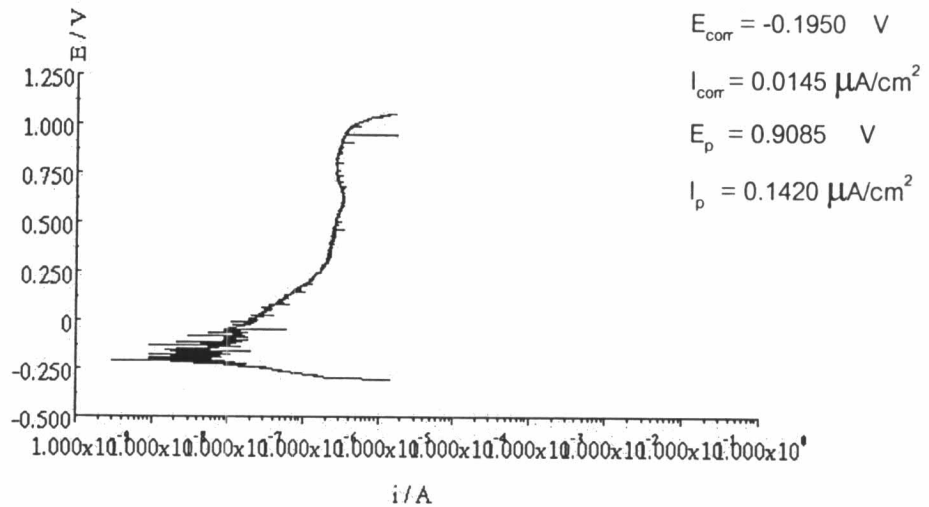
รูปที่ ง.55 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1



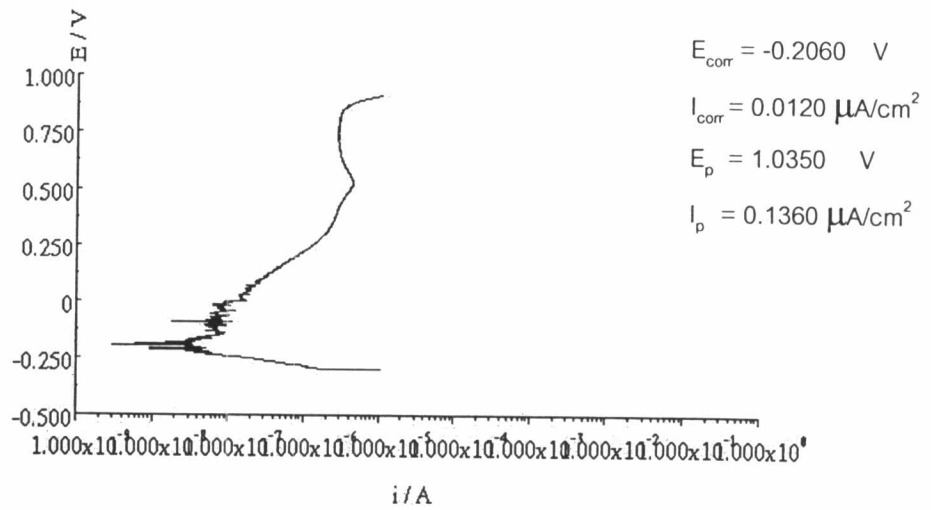
รูปที่ ง.56 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2



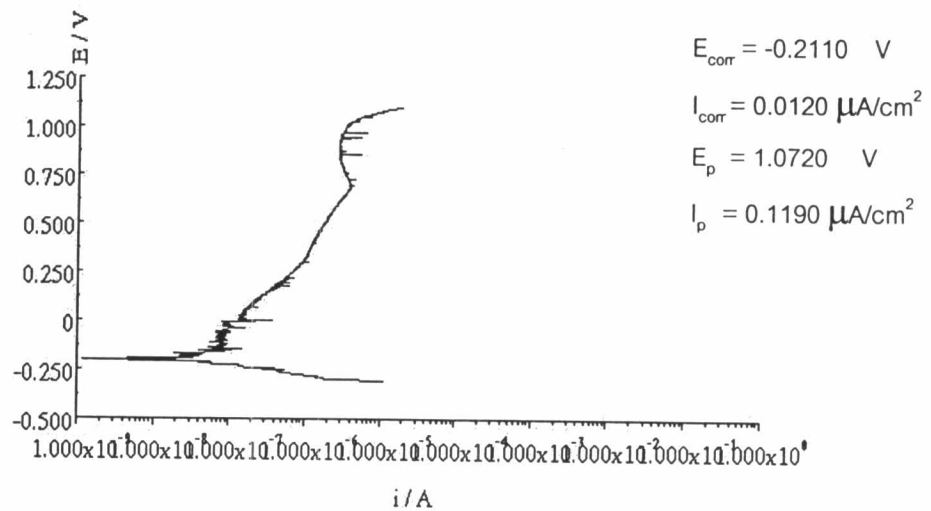
รูปที่ ง.57 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K3, 0.2300 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3



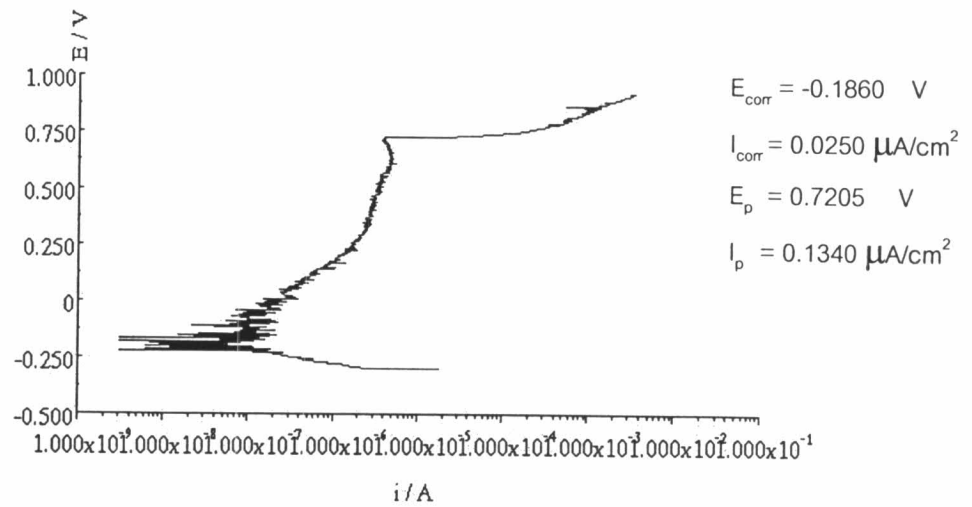
รูปที่ ง.58 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1



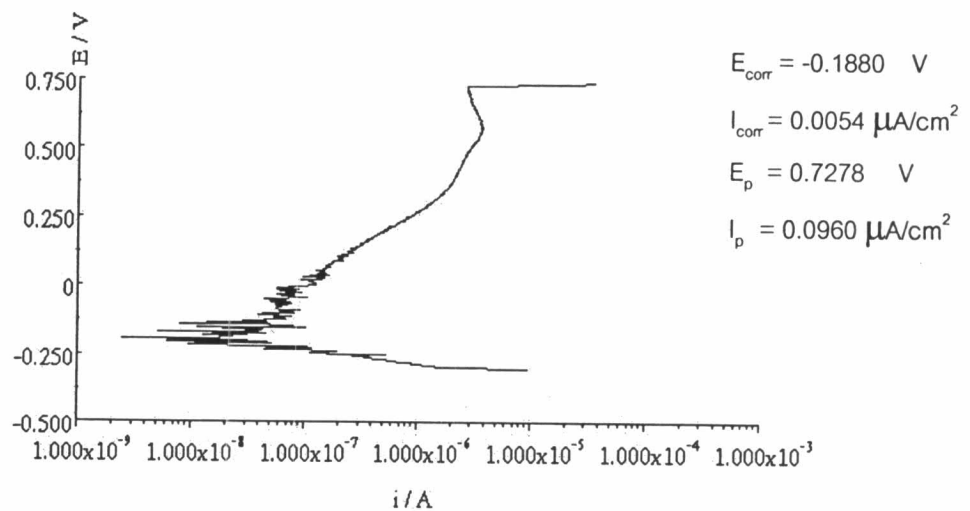
รูปที่ ง.59 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2



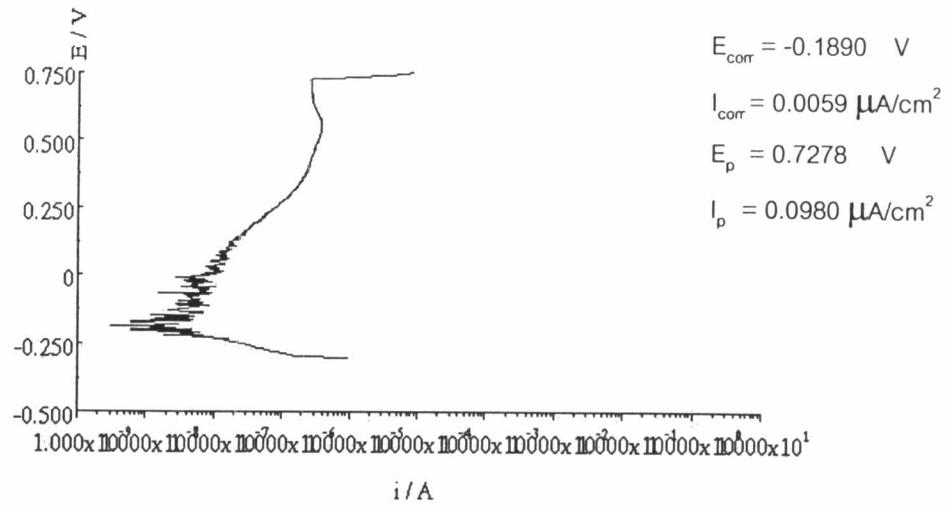
รูปที่ ง.60 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (K4, 0.3400 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3



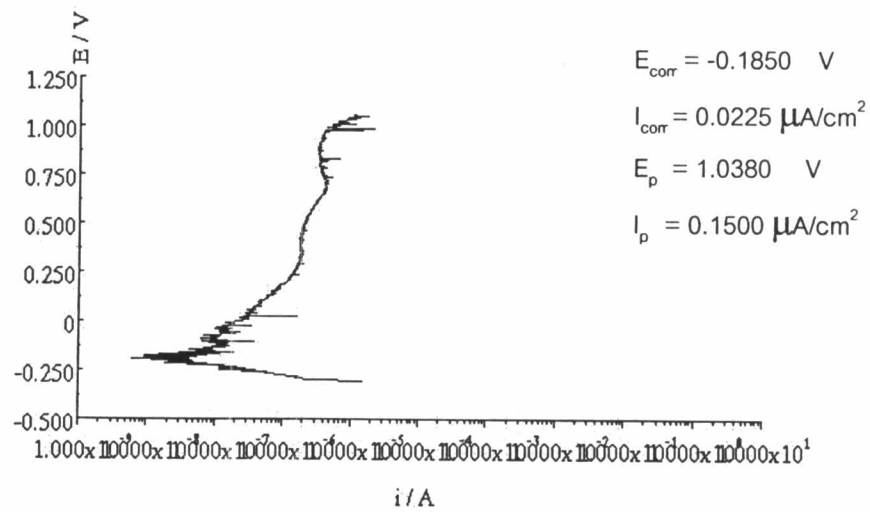
รูปที่ ง.61 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1



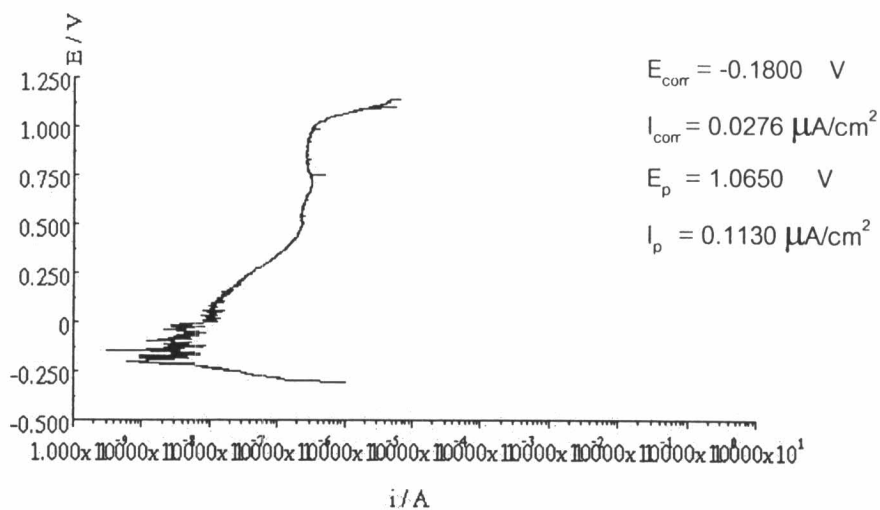
รูปที่ ง.62 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2



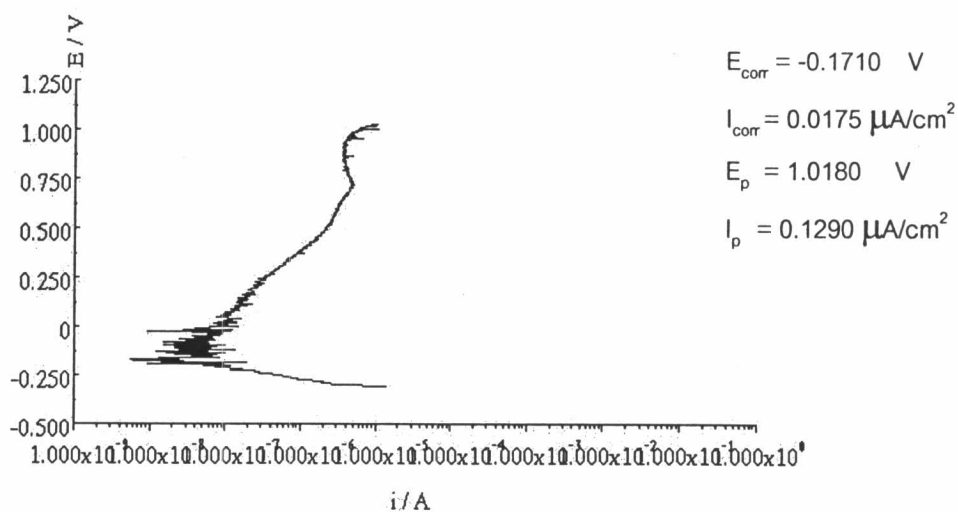
รูปที่ ง.63 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L1, 0.0020 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3



รูปที่ ง.64 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1

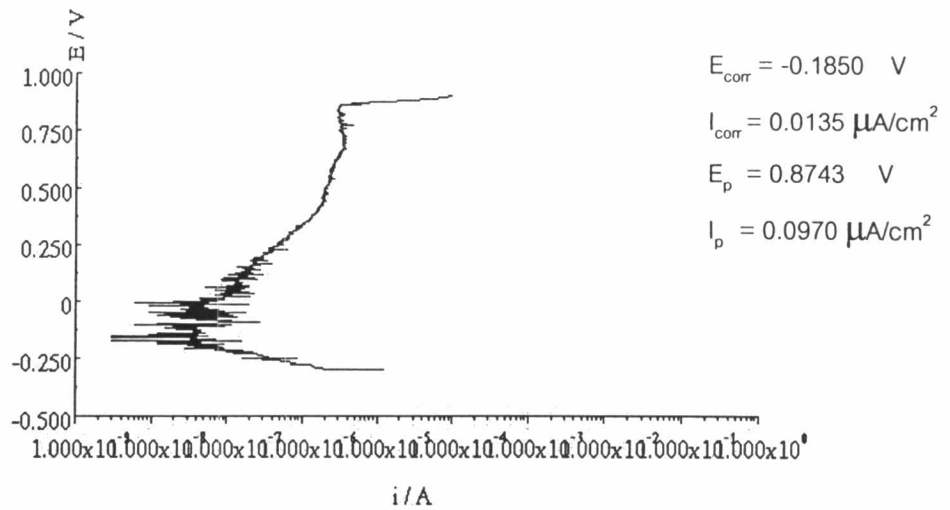


รูปที่ ง.65 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2

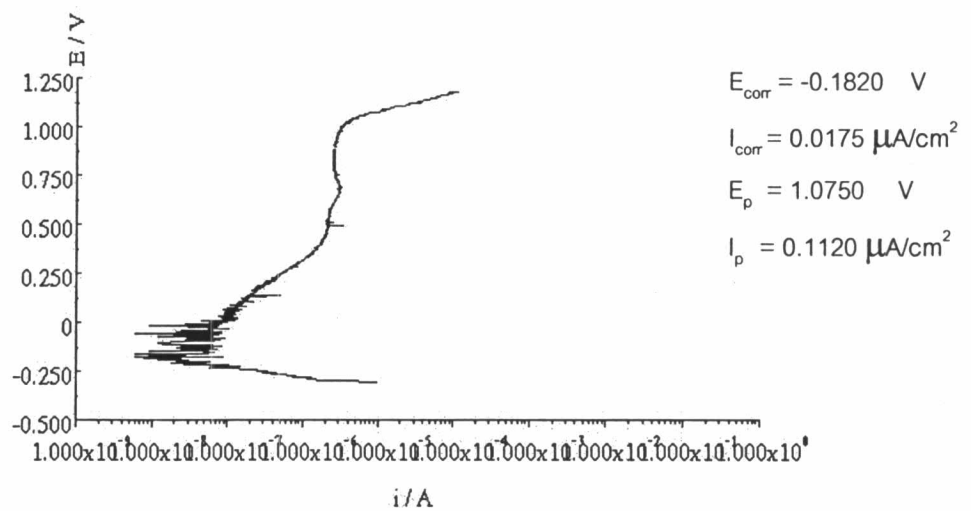


รูปที่ ง.66 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L2, 0.0440 wt.%) ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3

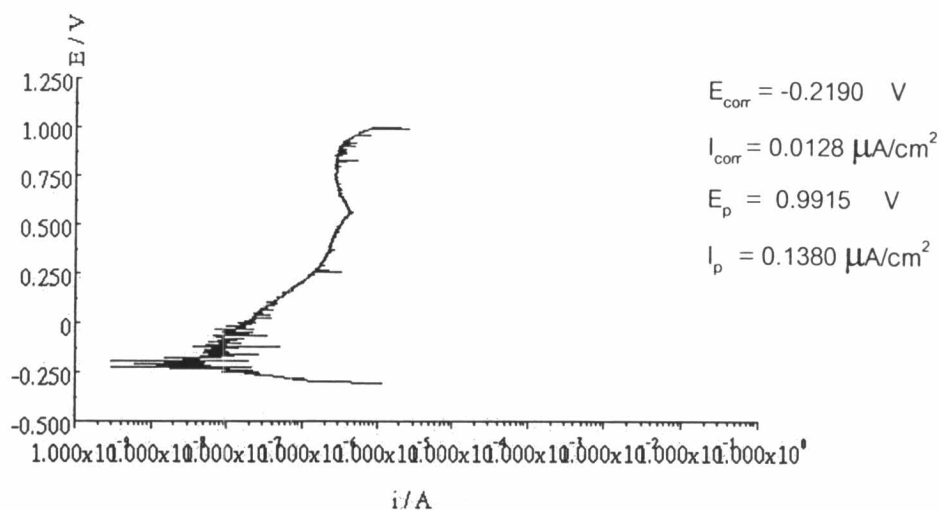




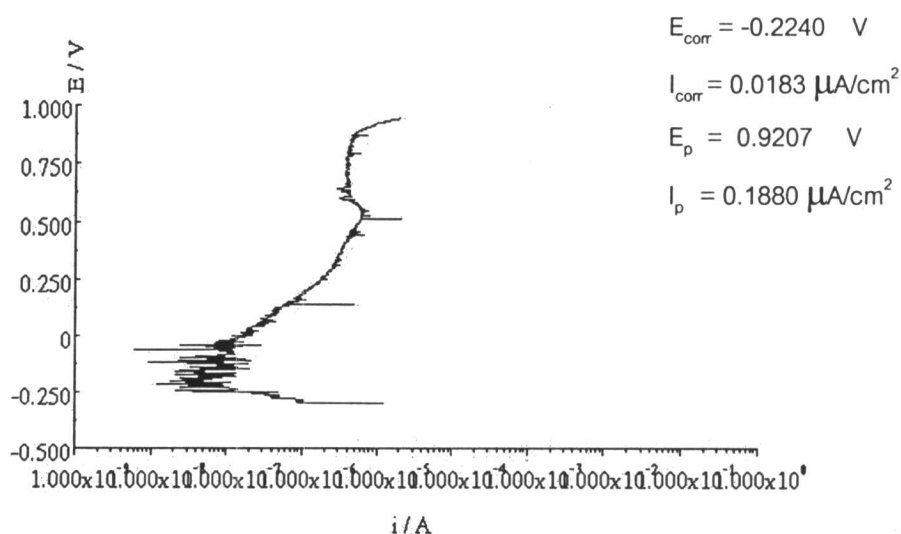
รูปที่ ง.67 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1



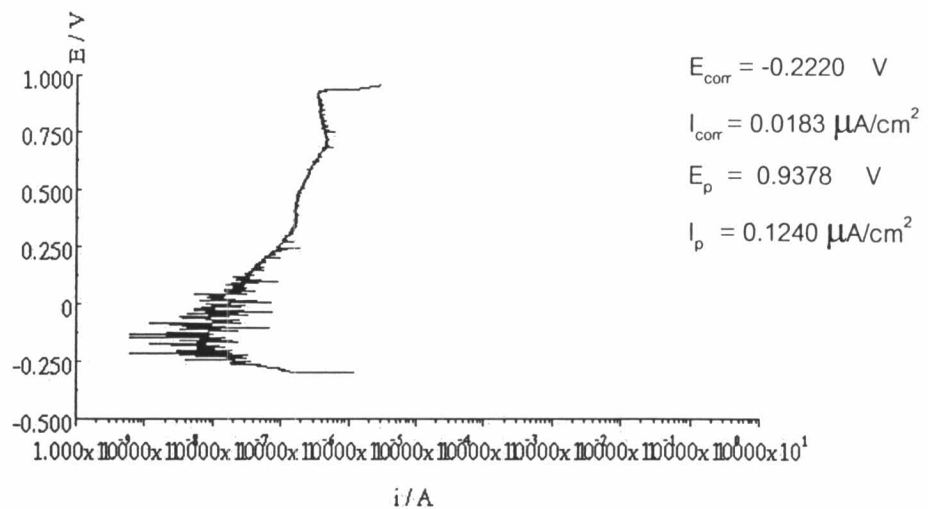
รูปที่ ง.68 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2



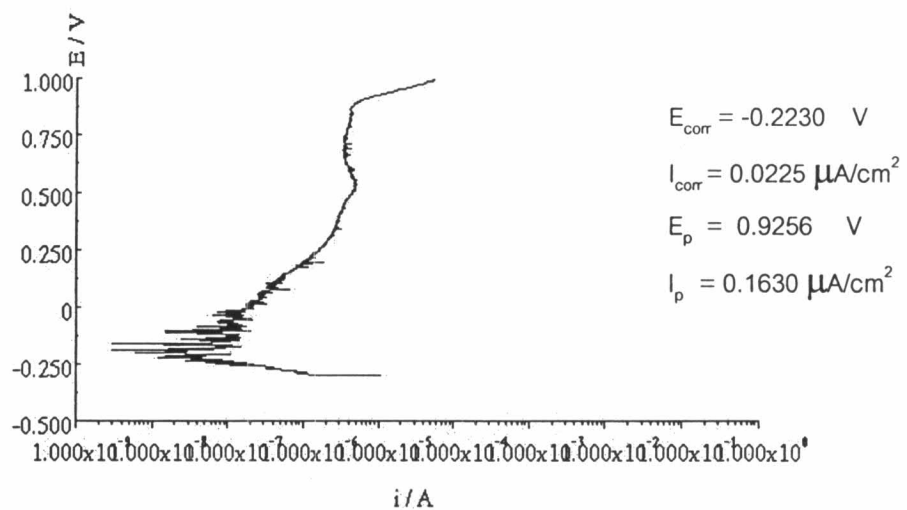
รูปที่ ง.69 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L3, 0.0920 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3



รูปที่ ง.70 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 1



รูปที่ ง.71 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 2



รูปที่ ง.72 เส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิมไมโครดูเพล็กซ์ (L4, 0.1800 wt.%) ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 10 ครั้งที่ 3

## ภาคผนวก จ

ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดเส้นโพลาริเซชัน จากเครื่องโพเทนชิโอสแตท

จ.1 ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดเส้นโพลาริเซชันในสารละลายโซเดียมคลอไรด์  
เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ค่าพีเอช 2

ตารางที่ จ.1 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1 (0.0018%N) (V) vs. Ag/AgCl	K2 (0.1100%N) (V) vs. Ag/AgCl	K3 (0.2300%N) (V) vs. Ag/AgCl	K4 (0.3400%N) (V) vs. Ag/AgCl
1	-0.3270	-0.11	-0.0800	-0.0045
2	-0.300	-0.07	-0.0620	-0.0026
3	-0.3090	-0.1128	-0.0600	-0.077
ค่าเฉลี่ย	-0.3120	-0.0976	-0.0673	-0.0280
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0137	0.0239	0.0110	0.0424

ตารางที่ จ.2 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนที่วัดได้ของชิ้นงาน K1– 4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1 (0.0018%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K2 (0.1100%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K3 (0.2300%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K4 (0.3400%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.3500	0.025	0.0175	0.07
2	0.2100	0.0525	0.0313	0.075
3	0.2250	0.05	0.0313	0.095
ค่าเฉลี่ย	0.2617	0.0425	0.0267	0.08
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0769	0.0152	0.0079	0.0132

ตารางที่ ๑.3 ค่าอัตราการกัดกร่อนชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน	K1	K2	K3	K4
อัตราการกัดกร่อน (มิลต่อปี)	0.1207	0.0196	0.0123	0.0368

ตารางที่ ๑.4 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุมที่วัดได้ของชิ้นงาน K1–K4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1 (0.0018%N) (V) vs.Ag/AgCl	K2 (0.1100%N) (V) vs.Ag/AgCl	K3 (0.2300%N) (V) vs.Ag/AgCl	K4 (0.3400%N) (V) vs.Ag/AgCl
1	-0.1227	0.8353	0.8389	0.8109
2	0.1225	0.8255	0.8279	0.8231
3	-0.0996	0.8231	0.8279	0.8255
ค่าเฉลี่ย	-0.0333	0.8280	0.8316	0.82
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1354	0.0065	0.0064	0.0078

ตารางที่ ๑.5 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิวของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1(0.0018%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K2(0.1100%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K3(0.2300%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K4(0.3400%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.2540	0.1610	0.1190	0.1740
2	0.2760	0.1670	0.1250	0.1790
3	0.2370	0.1820	0.1200	0.1790
ค่าเฉลี่ย	0.2560	0.1700	0.1220	0.1780
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.07760	0.0426	0.0123	0.0115

ตารางที่ ๑.6 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเชอ 2

ครั้งที่	ชิ้นงาน	L1 (0.0020%N)	L2 (0.0440%N)	L3 (0.0920%N)	L4 (0.1800%N)
		(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl
1		-0.3220	-0.1308	-0.064	-0.0450
2		-0.3220	-0.1876	-0.1035	-0.0400
3		-0.3250	-0.0844	-0.1107	-0.0530
	ค่าเฉลี่ย	-0.3230	-0.1343	-0.0927	-0.0460
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0017	0.0517	0.0251	0.0066

ตารางที่ ๑.7 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเชอ 2

ครั้งที่	ชิ้นงาน	L1(0.0020%N)	L2 (0.0440%N)	L3 (0.0920%N)	L4 (0.1800%N)
		( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1		0.2313	0.0375	0.05	0.0250
2		0.2550	0.0450	0.025	0.0175
3		0.1825	0.0225	0.05	0.0272
	ค่าเฉลี่ย	0.2230	0.0350	0.042	0.0233
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0369	0.0115	0.0144	0.0051

ตารางที่ ๑.8 ค่าอัตราการกัดกร่อนชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเชอ 2

ชิ้นงาน	L1	L2	L3	L4
อัตราการกัดกร่อน (มิลต่อปี)	0.1029	0.0161	0.0192	0.0107

ตารางที่ ๑.9 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุมที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน ครั้งที่	L1 (0.0020%N) (V) vs. Ag/AgCl	L2 (0.0440%N) (V) vs. Ag/AgCl	L3 (0.0920%N) (V) vs. Ag/AgCl	L4 (0.1800%N) (V) vs. Ag/AgCl
1	0.1050	0.8304	0.8304	0.8475
2	0.0610	0.8353	0.8279	0.8401
3	-0.019	0.8914	0.8426	0.8401
ค่าเฉลี่ย	0.0490	0.8524	0.8336	0.8426
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0629	0.0339	0.0079	0.0043

ตารางที่ ๑.10 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิวของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 2

ชิ้นงาน ครั้งที่	L1(0.0020%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L2(0.0440%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L3(0.0920%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L4(0.1800%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.2313	0.1756	0.1613	0.1075
2	0.1750	0.1350	0.1650	0.1113
3	0.3125	0.1000	0.1425	0.1181
ค่าเฉลี่ย	0.2396	0.1370	0.1563	0.1123
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.2765	0.1514	0.0482	0.0216

จ.2 ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดเส้นโพลาริเซชันในสารละลายโซเดียมคลอไรด์  
เข้มข้น 3.5% เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่ค่าพีเอช 7

ตารางที่ จ.11 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 7

ครั้งที่ \ ชิ้นงาน	K1 (0.0018%N) (V) vs. Ag/AgCl	K2 (0.1100%N) (V) vs. Ag/AgCl	K3 (0.2300%N) (V) vs. Ag/AgCl	K4 (0.3400%N) (V) vs. Ag/AgCl
1	-0.0870	-0.0830	-0.0250	-0.0960
2	-0.1040	-0.0650	-0.0740	-0.1060
3	-0.0910	-0.0740	-0.0920	-0.0440
ค่าเฉลี่ย	-0.0870	-0.0740	-0.0640	-0.0820
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0070	0.0070	0.0280	0.0270

ตารางที่ จ.12 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 7

ครั้งที่ \ ชิ้นงาน	K1(0.0018%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K2 (0.1100%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K3 (0.2300%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K4 (0.3400%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.0190	0.0240	0.0150	0.0210
2	0.0250	0.0160	0.0160	0.0250
3	0.0260	0.0280	0.0110	0.0160
ค่าเฉลี่ย	0.0230	0.0220	0.0140	0.0210
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0030	0.0050	0.0020	0.0040

ตารางที่ จ.13 ค่าอัตราการกัดกร่อนชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 7

ชิ้นงาน	K1	K2	K3	K4
อัตราการกัดกร่อน (มิลต่อปี)	0.0106	0.0101	0.0065	0.0097



ตารางที่ จ.14 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุมที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 7

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1 (0.0018%N) (V) vs.Ag/AgCl	K2 (0.1100%N) (V) vs.Ag/AgCl	K3 (0.2300%N) (V) vs.Ag/AgCl	K4 (0.3400%N) (V) vs.Ag/AgCl
1	0.4000	0.9700	1.0100	1.0000
2	0.3500	0.9700	1.0000	0.9700
3	0.4200	0.9600	0.9900	0.9500
ค่าเฉลี่ย	0.3900	0.9700	1.0000	0.9700
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0400	0.0100	0.0100	0.0300

ตารางที่ จ.15 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิวของชิ้นงาน K1 – K4  
ที่พีเอช 7

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1(0.0018%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K2(0.1100%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K3(0.2300%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K4(0.3400%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.1200	0.2280	0.1700	0.2000
2	0.1280	0.2080	0.1700	0.2200
3	0.1180	0.2500	0.1630	0.2250
ค่าเฉลี่ย	0.1220	0.2280	0.1630	0.2150
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0900	0.3500	0.0800	0.2200

ตารางที่ จ.16 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 7

ครั้งที่	ชิ้นงาน	L1 (0.0020%N)	L2 (0.0440%N)	L3 (0.0920%N)	L4 (0.1800%N)
		(V) vs.Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl
1		-0.0340	-0.0820	-0.0650	-0.1060
2		-0.0560	-0.0900	-0.0780	-0.0790
3		-0.0720	-0.0820	-0.0660	-0.0750
	ค่าเฉลี่ย	-0.0540	-0.0850	-0.0700	-0.0870
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0200	0.0100	0.0100	0.0200

ตารางที่ จ.17 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 7

ครั้งที่	ชิ้นงาน	L1(0.0020%N)	L2 (0.0440%N)	L3 (0.0920%N)	L4 (0.1800%N)
		( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1		0.0225	0.0203	0.0275	0.0300
2		0.0155	0.0300	0.0175	0.0450
3		0.0168	0.0225	0.0200	0.0275
	ค่าเฉลี่ย	0.0183	0.0242	0.0215	0.0340
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.4900	2.0400	0.2100	0.3800

ตารางที่ จ.18 ค่าอัตราการกัดกร่อนชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 7

ชิ้นงาน	L1	L2	L3	L4
อัตราการกัดกร่อน (มิลต่อปี)	0.0084	0.0111	0.0099	0.0157

ตารางที่ จ.19 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุมที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 7

ชิ้นงาน ครั้งที่	L1 (0.0020%N) (V) vs.Ag/AgCl	L2 (0.0440%N) (V) vs.Ag/AgCl	L3 (0.0920%N) (V) vs.Ag/AgCl	L4 (0.1800%N) (V) vs.Ag/AgCl
1	0.4900	0.8800	0.8700	1.0000
2	0.4900	0.9500	0.8700	0.9500
3	0.5100	0.9800	0.7100	0.9600
ค่าเฉลี่ย	0.5000	0.9400	0.8200	0.9700
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0100	0.0500	0.0900	0.0300

ตารางที่ จ.20 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิว L1 – L4 ที่พีเอช 7

ชิ้นงาน ครั้งที่	L1(0.0020%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L2(0.0440%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L3(0.0920%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L4(0.1800%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.0840	0.1880	0.1380	0.1860
2	0.0830	0.1890	0.1690	0.2030
3	0.0770	0.1990	0.1690	0.1940
ค่าเฉลี่ย	0.1090	0.1920	0.1590	0.1940
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0600	0.0900	0.2800	0.1400

จ.3 ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดเส้นโพลาริเซชันในสารละลายโซเดียมคลอไรด์  
เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ค่าพีเอช 10

ตารางที่ จ.21 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 10

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1 (0.0018%N) (V) vs. Ag/AgCl	K2 (0.1100%N) (V) vs. Ag/AgCl	K3 (0.2300%N) (V) vs. Ag/AgCl	K4 (0.3400%N) (V) vs. Ag/AgCl
1	-0.1600	-0.1950	-0.1860	-0.1950
2	-0.1640	-0.1990	-0.1880	-0.2060
3	-0.1650	-0.1800	-0.1890	-0.2110
ค่าเฉลี่ย	-0.1630	-0.1913	-0.1877	-0.2040
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0026	0.0100	0.0120	0.0082

ตารางที่ จ.22 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 10

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1(0.0018%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K2 (0.1100%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K3 (0.2300%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K4 (0.3400%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.0100	0.0180	0.0105	0.0145
2	0.0100	0.0225	0.0100	0.0120
3	0.0070	0.0200	0.0070	0.0120
ค่าเฉลี่ย	0.0090	0.0202	0.0092	0.0128
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0017	0.0023	0.0019	0.0014

ตารางที่ จ.23 ค่าอัตราการกัดกร่อนชิ้นงาน K1 – K4 ที่พีเอช 10

ชิ้นงาน	K1	K2	K3	K4
อัตราการกัดกร่อน (มิลต่อปี)	0.0041	0.0093	0.0042	0.0059

ตารางที่ จ.24 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุมที่วัดได้ของชิ้นงาน K1 – K4  
ที่พีไอเอช 10

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1 (0.0018%N) (V) vs.Ag/AgCl	K2 (0.1100%N) (V) vs.Ag/AgCl	K3 (0.2300%N) (V) vs.Ag/AgCl	K4 (0.3400%N) (V) vs.Ag/AgCl
1	0.6033	1.0700	1.0500	0.9085
2	0.6570	0.9378	1.0400	1.0350
3	0.6374	1.0500	1.0350	1.0720
ค่าเฉลี่ย	0.6326	1.0193	1.0420	1.0052
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0272	0.0713	0.0076	0.0857

ตารางที่ จ.25 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่ผิวของชิ้นงาน K1 – K4  
ที่พีไอเอช 10

ชิ้นงาน ครั้งที่	K1(0.0018%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K2(0.1100%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K3(0.2300%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	K4(0.3400%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.0680	0.1260	0.1600	0.1420
2	0.1630	0.1380	0.1570	0.1360
3	0.1180	0.1490	0.1550	0.1190
ค่าเฉลี่ย	0.1160	0.1380	0.1570	0.1320
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1900	0.0475	0.0101	0.0468

ตารางที่ จ.26 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน ที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 10

ครั้งที่	ชิ้นงาน	L1 (0.0020%N)	L2 (0.0440%N)	L3 (0.0920%N)	L4 (0.1800%N)
		(V) vs.Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl	(V) vs. Ag/AgCl
1		-0.1860	-0.1850	-0.1850	-0.2240
2		-0.1880	-0.1800	-0.1820	-0.2220
3		-0.1890	-0.1710	-0.2190	-0.2230
	ค่าเฉลี่ย	-0.1877	-0.1787	-0.1950	-0.2230
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0015	0.0071	0.0015	0.0010

ตารางที่ จ.27 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการกัดกร่อนที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 10

ครั้งที่	ชิ้นงาน	L1(0.0020%N)	L2 (0.0440%N)	L3 (0.0920%N)	L4 (0.1800%N)
		( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1		0.0250	0.0225	0.0135	0.0183
2		0.0054	0.0276	0.0175	0.0225
3		0.0059	0.0175	0.0128	0.0225
	ค่าเฉลี่ย	0.0121	0.0225	0.0146	0.0211
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0112	0.0051	0.0026	0.0024

ตารางที่ จ.28 ค่าอัตราการกัดกร่อนชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 10

ชิ้นงาน	L1	L2	L3	L4
อัตราการกัดกร่อน (มิลต่อปี)	0.0056	0.0104	0.0067	0.0097

ตารางที่ จ.29 ค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อนแบบรูเข็มหรือหลุมที่วัดได้ของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 10

ครั้งที่ \ ชิ้นงาน	L1 (0.0020%N) (V) vs.Ag/AgCl	L2 (0.0440%N) (V) vs.Ag/AgCl	L3 (0.0920%N) (V) vs.Ag/AgCl	L4 (0.1800%N) (V) vs.Ag/AgCl
1	0.7205	1.0380	0.8743	0.9207
2	0.7278	1.0650	1.0750	0.9378
3	0.7278	1.0180	0.9915	0.9256
ค่าเฉลี่ย	0.7254	1.0403	0.9803	0.9280
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0042	0.0235	0.1008	0.0088

ตารางที่ จ.30 ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าขณะวัสดุเกิดฟิล์มที่มีผิวของชิ้นงาน L1 – L4 ที่พีเอช 10

ครั้งที่ \ ชิ้นงาน	L1(0.0020%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L2(0.0440%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L3(0.0920%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	L4(0.1800%N) ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
1	0.1340	0.1500	0.0970	0.1880
2	0.0960	0.1130	0.1120	0.1240
3	0.0980	0.1290	0.1380	0.1630
ค่าเฉลี่ย	0.1090	0.1310	0.1160	0.1580
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0852	0.0751	0.0835	0.1298

## ภาคผนวก จ

ข้อมูลดิบที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโครเมียมและนิกเกิล  
จากเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)  
โดย Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX)

ตารางที่ จ.1 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน K1 (0.0018 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.88	6.79
2	28.82	7.03
ค่าเฉลี่ย	28.85	6.91
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0424	0.1697

ตารางที่ จ.2 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน K2 (0.1100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.52	7.43
2	29.08	7.33
ค่าเฉลี่ย	28.80	7.38
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3960	0.0707



ตารางที่ จ.3 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน K3 (0.2300 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.91	6.81
2	29.11	6.90
ค่าเฉลี่ย	29.01	6.86
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1414	0.0636

ตารางที่ จ.4 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน K4 (0.3400 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.87	7.29
2	28.42	7.84
ค่าเฉลี่ย	28.65	7.57
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3182	0.3890

ตารางที่ จ.5 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน L1 (0.0020 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.84	7.04
2	29.05	6.64
ค่าเฉลี่ย	28.95	6.84
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1485	0.2828

ตารางที่ จ.6 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน L2 (0.0440 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	29.04	6.84
2	29.47	6.76
ค่าเฉลี่ย	29.26	6.80
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3041	0.0566

ตารางที่ จ.7 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน L3 (0.0920 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.28	7.45
2	28.79	7.16
ค่าเฉลี่ย	28.54	7.31
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3606	0.2050

ตารางที่ จ.8 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)  
ของชิ้นงาน L4 (0.1800 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ครั้งที่	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	Cr	Ni
1	28.25	7.52
2	28.25	7.62
ค่าเฉลี่ย	28.25	7.57
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0000	0.0707

ตารางที่ ๑.9 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

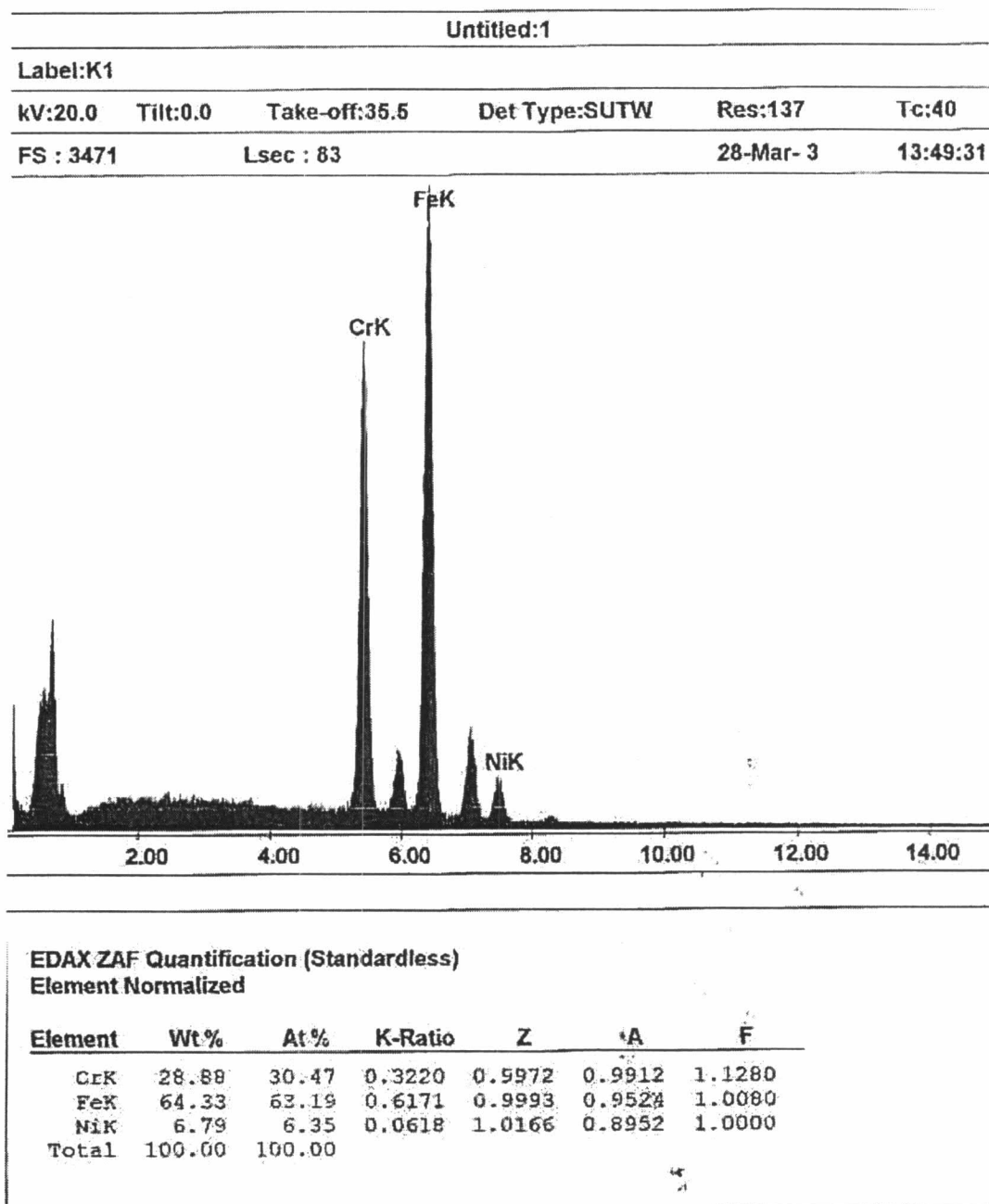
ในโครงสร้างออสเตไนต์และโครงสร้างเฟอร์ไรต์ของชิ้นงาน K1-K4

ครั้งที่	K1		K2		K3		K4	
	Cr	Ni	Cr	Ni	Cr	Ni	Cr	Ni
ออสเตไนต์1	21.35	11.73	26.08	8.95	26.07	9.20	26.85	8.37
ออสเตไนต์2	21.39	11.31	25.74	8.92	25.97	8.62	27.19	8.76
ค่าเฉลี่ย	21.37	11.52	25.91	8.94	26.02	8.91	27.02	8.57
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0283	0.2970	0.2404	0.0212	0.0707	0.4101	0.2404	0.2758
เฟอร์ไรต์1	32.44	4.93	32.19	5.57	31.74	5.28	31.06	5.64
เฟอร์ไรต์2	32.14	4.99	31.49	5.20	31.76	4.97	30.93	5.27
ค่าเฉลี่ย	32.29	4.96	31.84	5.39	31.75	5.13	31.00	5.46
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.2121	0.0424	0.4949	0.2616	0.0141	0.2192	0.0919	0.2616

ตารางที่ ๑.10 ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ในโครงสร้างออสเตไนต์และโครงสร้างเฟอร์ไรต์ของชิ้นงาน L1-L4

ครั้งที่	S1		S2		S3		S4	
	Cr	Ni	Cr	Ni	Cr	Ni	Cr	Ni
ออสเตไนต์1	21.78	11.02	23.77	9.86	23.83	9.84	24.85	9.40
ออสเตไนต์2	21.86	10.97	24.34	10.48	23.53	10.58	24.93	9.35
ค่าเฉลี่ย	21.82	10.99	24.06	10.17	23.68	10.21	24.89	9.38
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0566	0.0354	0.4031	0.4384	0.2121	0.5233	0.0566	0.0353
เฟอร์ไรต์1	30.59	5.66	28.90	7.15	30.88	6.13	30.13	6.08
เฟอร์ไรต์2	31.52	5.48	29.08	6.86	33.01	4.58	30.21	6.43
ค่าเฉลี่ย	31.06	5.57	28.99	7.01	31.95	5.36	30.17	6.26
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.6576	0.1273	0.1273	0.2051	1.5062	1.0960	0.0566	0.2475



รูปที่ ๑.1 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโครเมียม และนิกเกิล (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ตรวจสอบด้วย EDX

## ภาคผนวก ช

### การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับจุ่มแช่ชิ้นงานก่อนการสแกน

ทำการจุ่มแช่ชิ้นงานในสารละลายไซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยชิ้นงานจะถูกบังคับให้อยู่ในวงจรเปิด (open circuit) แล้วทำการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (open circuit potential,  $E_{ocp}$ ) ที่แปรผันกับเวลา เพื่อหาเวลาที่ค่าศักย์ไฟฟ้างวดังกล่าวมีค่าคงที่

ตารางที่ ช.1 ค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิดของชิ้นงานในสารละลายไซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ณ เวลาต่างๆ

เวลาที่ใช้ (นาท)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)
1	-0.094
3	-0.088
5	-0.092
10	-0.082
15	-0.086
20	-0.083
30	-0.072
40	-0.075
45	-0.075
50	-0.075
60	-0.075

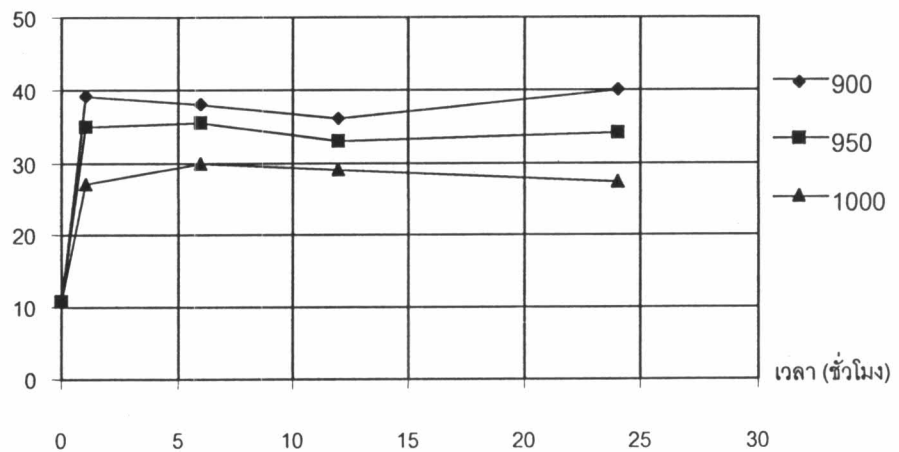
จะเห็นว่าค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเวลาผ่านไป 45 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มแช่ชิ้นงานก่อนที่จะเริ่มสแกน

## ภาคผนวก ฉ

### อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อน

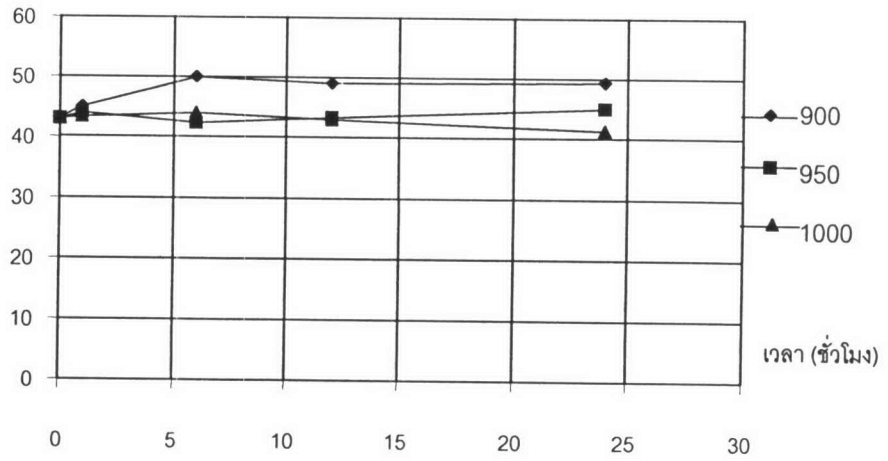
อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อนเพื่อควบคุมสัดส่วนโครงสร้างเฟอไรต์ต่อโครงสร้างออสเตไนต์ให้ได้ประมาณ 1 : 1 แสดงดังรูปที่ ฉ.1 ฉ.2 ฉ.3 และ ฉ.4

ปริมาณโครงสร้างออสเตไนต์  
(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)



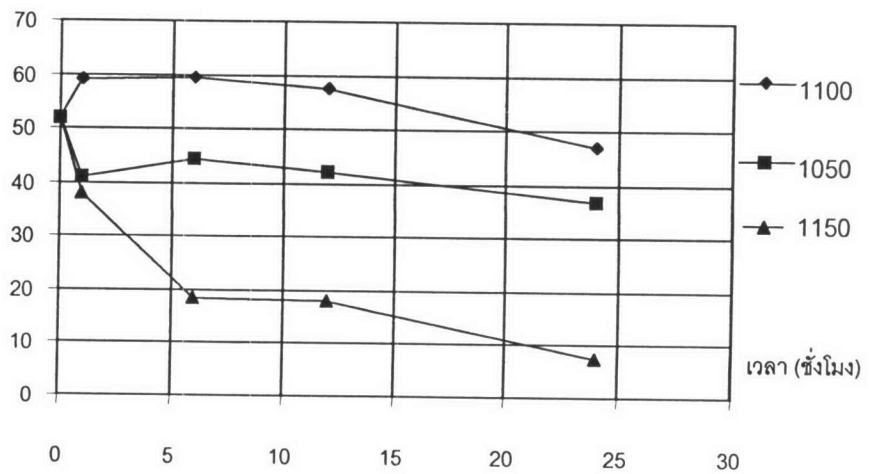
รูปที่ ฉ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครงสร้างออสเตไนต์และเวลาที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อนโดยแยกตามอุณหภูมิของชิ้นงาน K1 และ L1

ปริมาณเฟสออกสเตนไนท์  
(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)



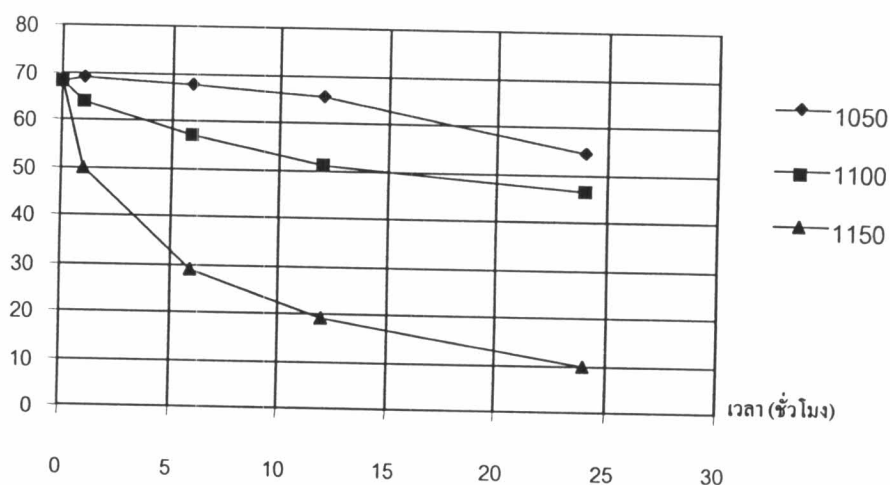
รูปที่ ๓.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างออกสเตนไนท์และเวลาที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อนโดยแยกตามอุณหภูมิของชิ้นงาน K2 และ L3

ปริมาณโครงสร้างออกสเตนไนท์  
(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)



รูปที่ ๓.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครงสร้างออกสเตนไนท์และเวลาที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อนโดยแยกตามอุณหภูมิของชิ้นงาน K3 และ L4

ปริมาณโครงสร้างออกสเตนไนต์  
(เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)



รูปที่ ๔.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครงสร้างออกสเตนไนต์และเวลาที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อนโดยแยกตามอุณหภูมิของชิ้นงาน K4 และ L2

ดังนั้นจะเห็นว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นสามารถแสดงดังตารางที่ ๔.๑

ตารางที่ ๔.๑ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอบชุบด้วยความร้อน

ชิ้นงาน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)
K1 และ L1	900	24
K2 และ L3	900	24
K3 และ L4	1050	24
K4 และ L2	1100	24



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพรวิสา วงศ์ปัญญา
วัน-เดือน-ปีเกิด	21 กรกฎาคม 2520
ที่อยู่	419/5-6 หมู่ที่ 2 ถนนสุขุมวิท 2 อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น 40110
วุฒิการศึกษา	- วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี 2542 - เข้าศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาการศึกษาที่ 2/2544 ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประวัติการทำงาน	- พฤษภาคม-กันยายน 2541 ฝึกงานที่บริษัทศิระ เทสดีง อินสเพ็คชั่น แอนด์ คอนซัลติง จำกัด - มีนาคม-ตุลาคม 2544 ผู้ช่วยวิจัย โครงการพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย