

รายการอ้างอิง

1. Levey, P.R. ; and Bennekom, A.van. A Mechanistic Study of the Effects of Nitrogen on the Corrosion Properties of Stainless Steels. Corrosion 51 (December 1995) : 911-921.
2. Ogawa, T. ; Suzuki, K. ; and Zaizen, T. The Weldability of Nitrogen-Containing Austenitic Stainless Steel. Welding Journal 64 (June 1984) : 213-s to 223-s.
3. Okagawa, R.K. ; Dixon, R.D. ; and Olson, D.L. The Influence of Nitrogen from Welding on Stainless Steel Weld Metal Microstructures. Welding Journal 62 (August 1983) : 204-s to 209-s.
4. Shirwaikar, C.V. ; and Reddy, G.P. Purging with Nitrogen in the Welding of Austenitic Stainless Steels. Welding Journal 54 (January 1975) : 12-s to 15-s.
5. Gill, T.P.S., et al. Effect of Heat Input and Microstructure on Pitting Corrosion in AISI 316L Submerged Arc Welds. Corrosion 44 (August 1988) : 511-515.
6. Mudali, U.Kamachi., et al. Pitting Corrosion Resistance of Nitrogen-Added Type 304 Stainless Steel Weld Metal with Different Heat Inputs. Corrosion 46 (June 1990) : 454-460.
7. Mudali, U.Kamachi., et al. Role of Nitrogen in Improving the Passive Film Stability and Pitting Corrosion Resistance of Austenitic Stainless Steels. Trans Indian Inst Met 50 (January 1997) : 39-47.
8. Ogawa, T., et al. The Weldability of Nitrogen-Containing Austenitic Stainless Steel : Part I-Chloride Pitting Corrosion Resistance. Welding Journal 61 (May 1982): 139-s to 148-s.
9. Ujiro, T. ; and Satoh, S. Effect of Nitrogen on the Corrosion Behavior of Stainless Steel Solutions with Low pH and a High Concentration of Chloride. (Technical research Labs at Kawasaki Steel Corp).

10. Torchio, S. Stress Corrosion Cracking of Type AISI 304 Stainless Steel at Room Temperature : Influence of Chloride Content and Acidity. Corrosion Science 20 (April 1980) : 555-561.
11. Raja, K.S. ; and Rao, K.P. Pitting Behavior of Type 17-4 pH Stainless Steel Weldments. Corrosion 51 (August 1995) : 586-592.
12. Hertzman, Staffan., et al. Influence of Shielding Gas Composition and Welding Parameters on the N-content and Corrosion Properties of Welds in N-alloyed Stainless Steel Grades. ISIJ International 36 (July 1996) : 968-976.
13. Garner, A. Pitting Corrosion of High Alloy Stainless Steel Weldments in Oxidizing Environments. Welding Journal 62 (January 1983) : 27-34.
14. Brooks, J.A. Weldability of High N, High Mn Austenitic Stainless Steel. Welding Journal 54 (June 1975) : 189-s to 195-s.
15. Lancaster, J.F. Metallurgical effects of the weld thermal cycle. Metallurgy of Welding , pp.123-163. London: Chapman & Hall , 1993.
16. Pawel, S.J. ; Stansbury, E.E. ; and Lundin, C.D. Role of Nitrogen in the Pitting Resistance of Cast Duplex CF-Type Stainless Steels. Corrosion 45 (February 1989) : 125-133.
17. Marshall, P.I. ; and Gooch, T.G. Effect of Composition on Corrosion Resistance of High-Alloy Austenitic Stainless Steel Weld Metals. Corrosion 49 (June 1993) : 514-526.
18. Ogawa, T. ; and Koseki, T. Weldability of Newly Developes Austenitic Alloys for Cryogenic Service: Part II-High-Nitrogen Stainless Steel Weld Metal. Welding Journal 67 (January 1988) : 8-s to 17-s.
19. Espy, R.H. Weldability of Nitrogen-Strengthened Stainless Steels. Welding Journal 61 (May 1982) : 152-s to 159-s.
20. Grabke, H.J. The Role of Nitrogen in the Corrosion of Iron and Steels. ISIJ International 36 (July 1996) : 777-786.

21. Kikuchi, Yasushi., et al. Nitrogen Content of 316L Weld Metal and Its Fine Particle by Means of high-pressure MIG Arc Welding. ISIJ International 36 (July 1996) : 977-982.
22. Lim, A.S. ; and Atrens, A. ESCA Studies of Nitrogen-Containing Stainless Steels. Applied Physics A 51 (1990) : 411-418.
23. ASM Metal Handbook. Quantitative Metallurgy 9 , ASM International : USA , 1985.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าตัวแปรในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด AISI 304 และ AISI 316L

ตารางที่ ก.1 ค่าตัวแปรในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 และ AISI 316L ด้วยวิธีการเชื่อมแบบทิกพัลส์ โดยใช้แก๊สปกคลุมอาร์กอนและแก๊สอาร์กอนผสมแก๊สไนโตรเจนในอัตราส่วน 1-4% โดยปริมาตร

ค่าตัวแปรในการเชื่อม	AISI 304	AISI 316L
ความหนาชิ้นงาน (mm)	6.0	6.0
ความเร็ว (mm/s)	2.2	2.2
กระแสไฟฟ้าพัลส์ (A)	305	303
กระแสไฟฟ้าเบส (A)	105	105
เวลาในช่วงกระแสพัลส์ (s)	0.55	0.55
เวลาในช่วงกระแสเบส (s)	0.45	0.45
ความถี่พัลส์ (pulse/s)	2	2
ปริมาณแก๊สปกคลุมด้านบน (l/s)	16	16
ปริมาณแก๊สปกคลุมด้านล่าง (l/s)	8	8

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบจากการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี จากเครื่อง emission spectroscopy

ตารางที่ ข.1 ส่วนผสมทางเคมีของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304
(%โดยน้ำหนัก)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Cu	Cr	Ni	Fe	N
0.041	0.499	1.71	0.032	0.003	0.263	0.430	18.16	8.08	70.50	0.051
0.041	0.497	1.71	0.031	0.003	0.263	0.428	18.15	8.07	70.52	0.050
0.041	0.500	1.71	0.031	0.003	0.262	0.426	18.13	8.03	70.59	0.050
0.042	0.499	1.70	0.031	0.003	0.263	0.426	18.05	8.01	70.70	0.052
0.042	0.501	1.70	0.032	0.003	0.263	0.428	18.12	8.01	70.62	0.052

ตารางที่ ข.2 ส่วนผสมทางเคมีของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 316L
(%โดยน้ำหนัก)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Cu	Cr	Ni	Fe	N
<0.006	0.362	1.43	0.028	0.003	2.13	0.340	17.20	11.20	66.83	0.035
<0.006	0.367	1.43	0.029	0.003	2.15	0.340	17.18	11.11	66.98	0.038
<0.006	0.365	1.43	0.030	0.003	2.15	0.341	17.17	11.14	66.96	0.039
<0.006	0.366	1.43	0.030	0.003	2.15	0.347	17.16	11.11	67.00	0.039
<0.005	0.368	1.43	0.029	0.003	2.13	0.340	17.20	11.20	66.96	0.037

ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน จากเครื่อง leco ce400 oxygen-nitrogen analyzer

ตารางที่ ค.1 ปริมาณไนโตรเจนในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 และ AISI 316L ทำการเชื่อมด้วยวิธีทิกพัลส์ โดยใช้แก๊สปกคลุมอาร์กอนและแก๊สอาร์กอนผสมแก๊สไนโตรเจนในอัตราส่วน 1-4% โดยปริมาตร

ปริมาณไนโตรเจน ในแก๊สปกคลุมอาร์กอน (%โดยปริมาตร)	ปริมาณไนโตรเจนในรอยเชื่อม (% โดยน้ำหนัก)	
	AISI 304	AISI 316L
Base	0.05068	0.04409
0	0.04577	0.05040
1	0.06894	0.07092
2	0.07499	0.08010
3	0.07915	0.08672
4	0.09350	0.10113

ภาคผนวก ง

ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดเส้นโพลาริเซชัน จากเครื่องโพเทนชิโอสแตท

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_p) และค่าความหนาแน่นของกระแสในช่วงพาสซีฟ (I_p) ของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 26°C

ปริมาณไนโตรเจน ในรอยเชื่อม (% โดยน้ำหนัก)	E_{cor} (V) vs. Ag/AgCl		E_p (V) vs. Ag/AgCl		I_p (mA/cm ²)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Base(0.05068)	-0.253	-0.254	0.242	0.267	0.635	0.645
0.04577	-0.196	-0.223	0.237	0.326	0.630	0.654
0.06894	-0.247	-0.215	0.294	0.334	0.543	0.585
0.07499	-0.219	-0.206	0.284	0.344	0.482	0.505
0.07915	-0.220	-0.237	0.303	0.354	0.456	0.474
0.09350	-0.208	-0.235	0.352	0.329	0.400	0.456

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน(E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_p) และค่าความหนาแน่นของกระแสในช่วงพาสซีฟ (I_p) ของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายมาตรฐาน NACE ที่อุณหภูมิ 26°C

ปริมาณไนโตรเจน ในรอยเชื่อม (% โดยน้ำหนัก)	E_{cor} (V) vs. Ag/AgCl		E_p (V) vs. Ag/AgCl		I_p (mA/cm ²)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Base(0.05068)	-0.343	-0.352	0.227	0.235	0.710	0.801
0.04577	-0.345	-0.356	0.217	0.233	0.681	0.968
0.06894	-0.339	-0.357	0.248	0.297	0.564	0.936
0.07499	-0.346	-0.362	0.243	0.306	0.559	0.905
0.07915	-0.345	-0.369	0.233	0.316	0.565	0.891
0.09350	-0.336	-0.347	0.300	0.341	0.512	0.832

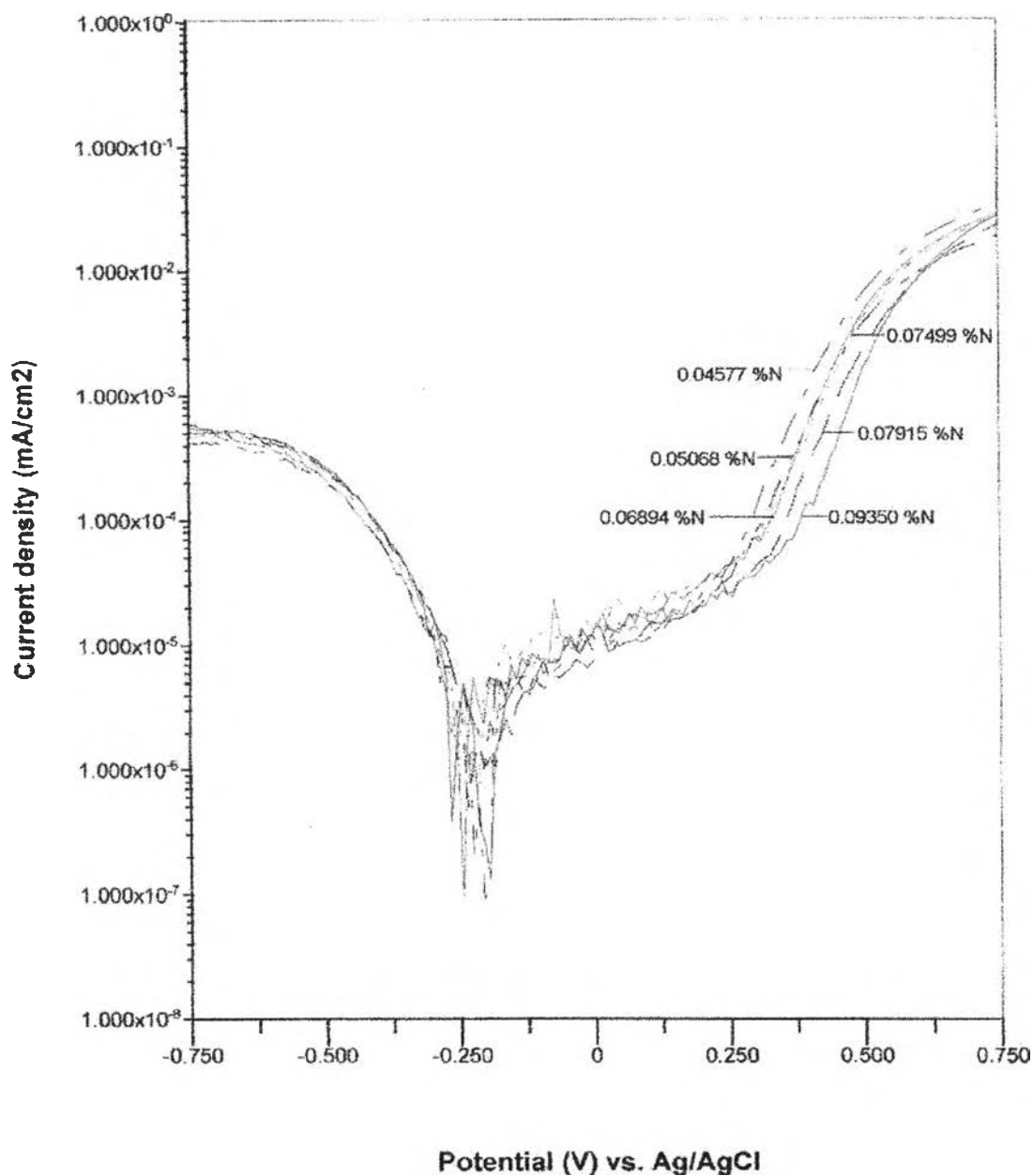
ตารางที่ ง.3 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_p) และค่าความหนาแน่นของกระแสในช่วงพาสซีฟ (I_p) ของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 316L ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 26°C

ปริมาณไนโตรเจน ในรอยเชื่อม (% โดยน้ำหนัก)	E_{cor} (V) vs. Ag/AgCl		E_p (V) vs. Ag/AgCl		I_p (mA/cm ²)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Base(0.04409)	-0.332	-0.245	0.362	0.357	0.958	0.457
0.05040	-0.212	-0.210	0.330	0.406	0.909	0.281
0.07092	-0.207	-0.204	0.336	0.409	0.642	0.399
0.08010	-0.209	-0.215	0.324	0.413	0.558	0.361
0.08672	-0.209	-0.225	0.352	0.434	0.495	0.322
0.10113	-0.211	-0.220	0.360	0.435	0.552	0.147

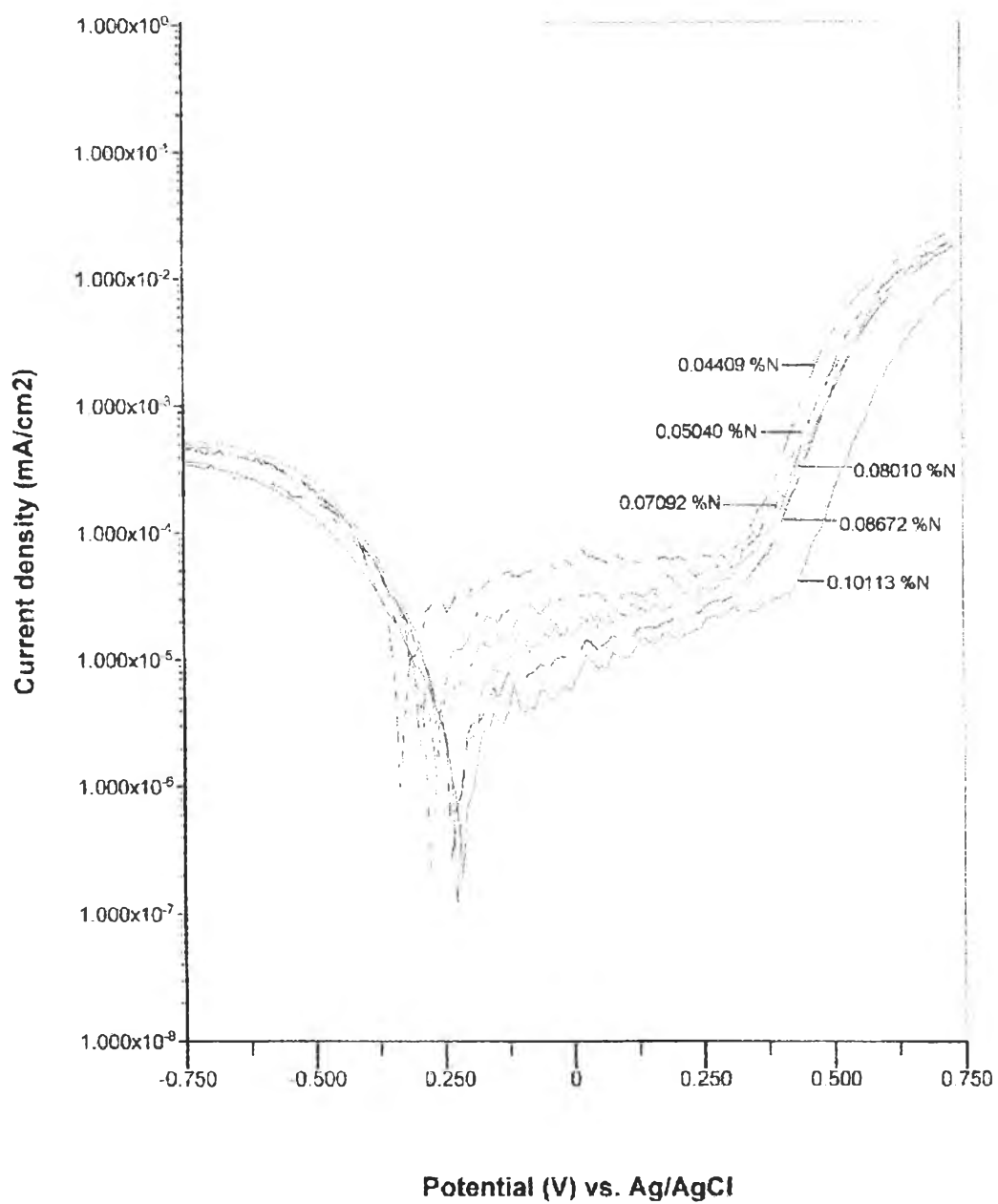
ตารางที่ ง.4 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_p) และ ค่าความหนาแน่นของกระแสในช่วงพาสซีฟ (I_p) ของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 316L ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายมาตรฐาน NACE ที่อุณหภูมิ 26°C

ปริมาณ ไนโตรเจน ในรอยเชื่อม (% โดยน้ำหนัก)	E_{cor} (V) vs. Ag/AgCl		E_p (V) vs. Ag/AgCl		I_p (mA/cm ²)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Base(0.04409)	-0.344	-0.352	0.298	0.320	0.617	0.864
0.05040	-0.300	-0.371	0.282	0.312	0.590	0.872
0.07092	-0.330	-0.348	0.322	0.322	0.477	0.838
0.08010	-0.331	-0.356	0.314	0.350	0.392	0.753
0.08672	-0.338	-0.352	0.324	0.356	0.430	0.712
0.10113	-0.338	-0.340	0.328	0.362	0.436	0.705

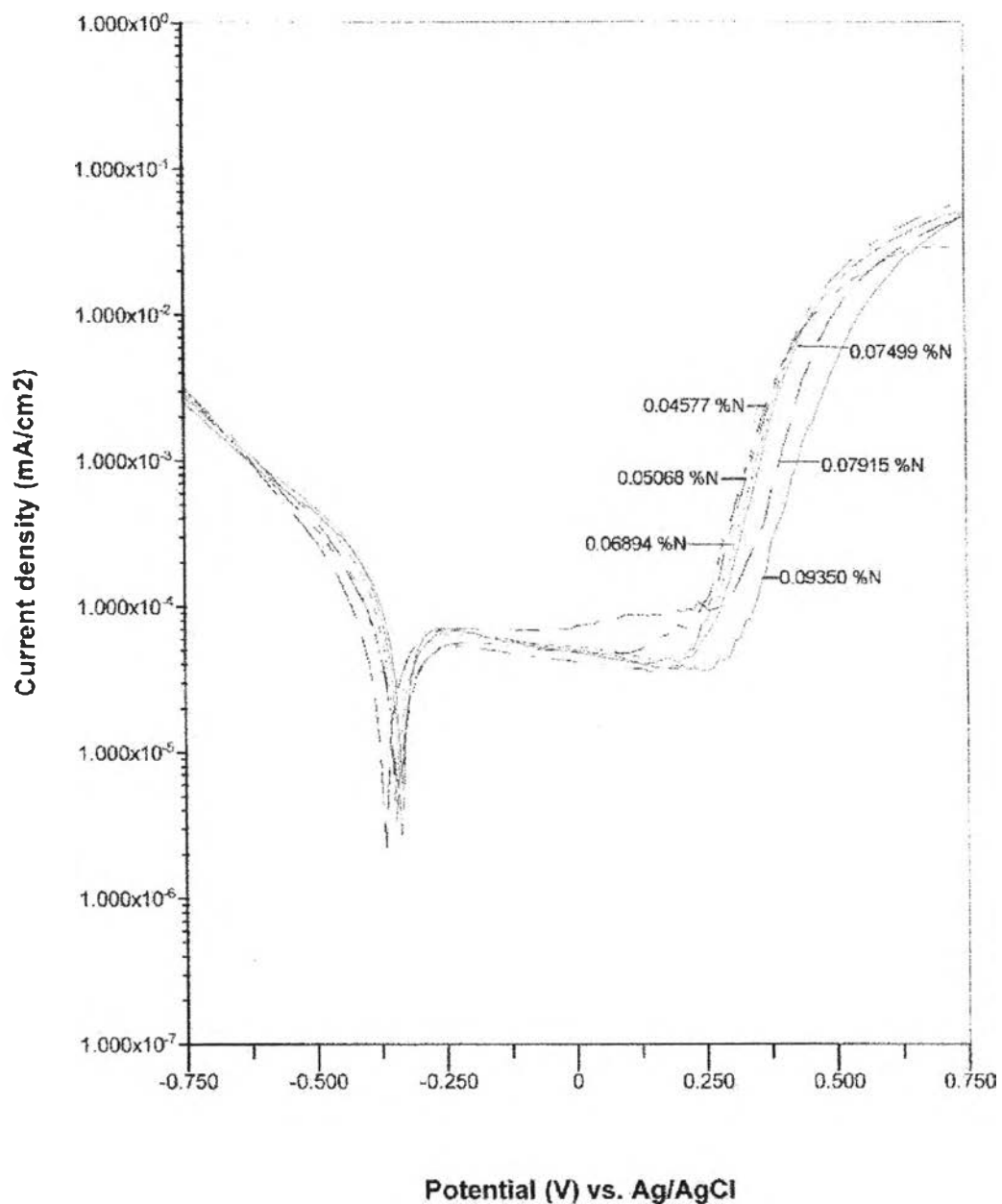
ภาคผนวก จ



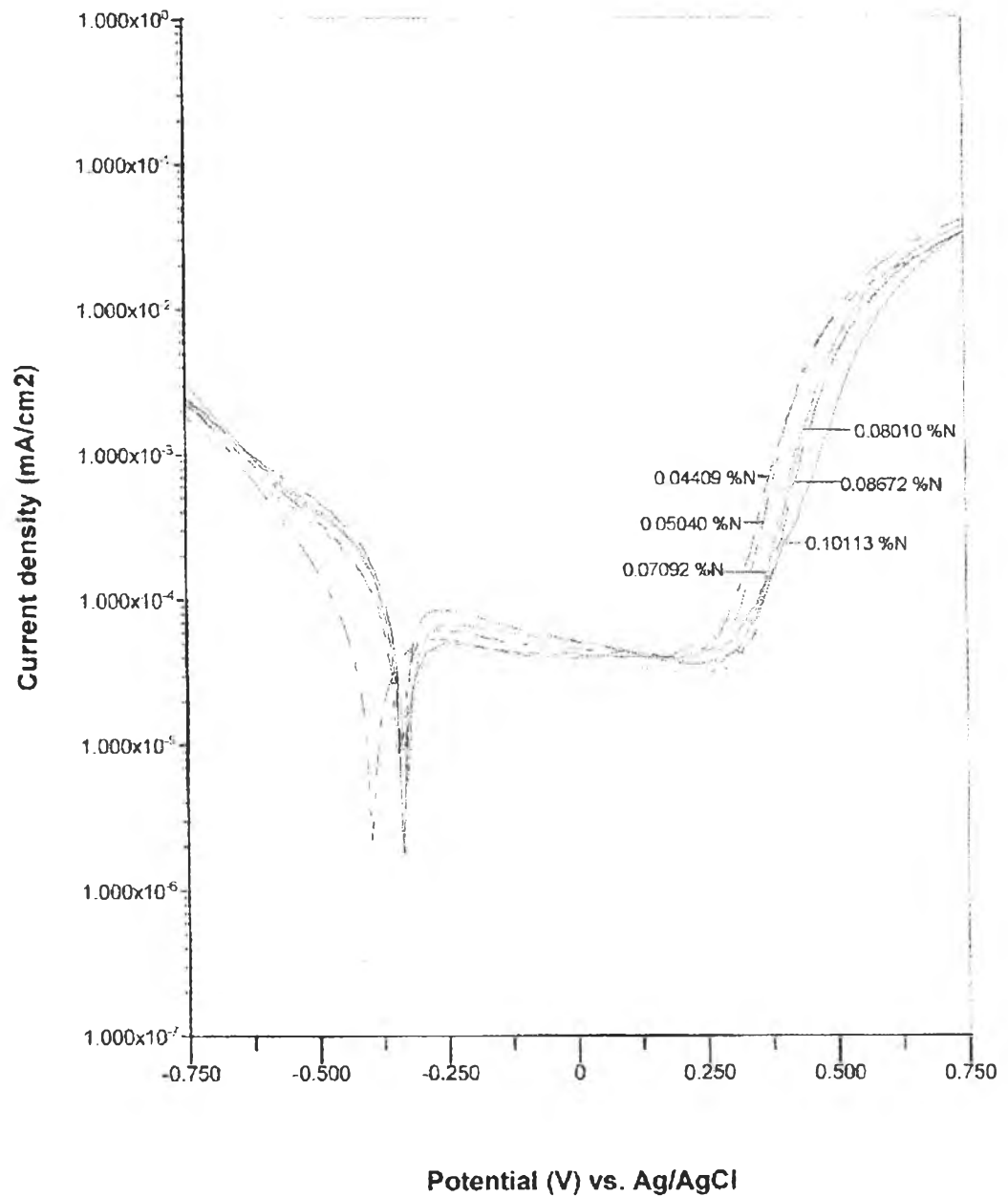
รูปที่ จ.1 ผลการวัดเส้นโพลาไรเซชันของเนื้อโลหะเดิมและรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 26 °C ความเป็นกรดต่าง 6.55



รูปที่ ๑.2 ผลการวัดเส้นโพลลาไรเซชันของเนื้อโลหะเดิมและรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 316L ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 3.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 26°C ความเป็นกรดต่าง 6.55

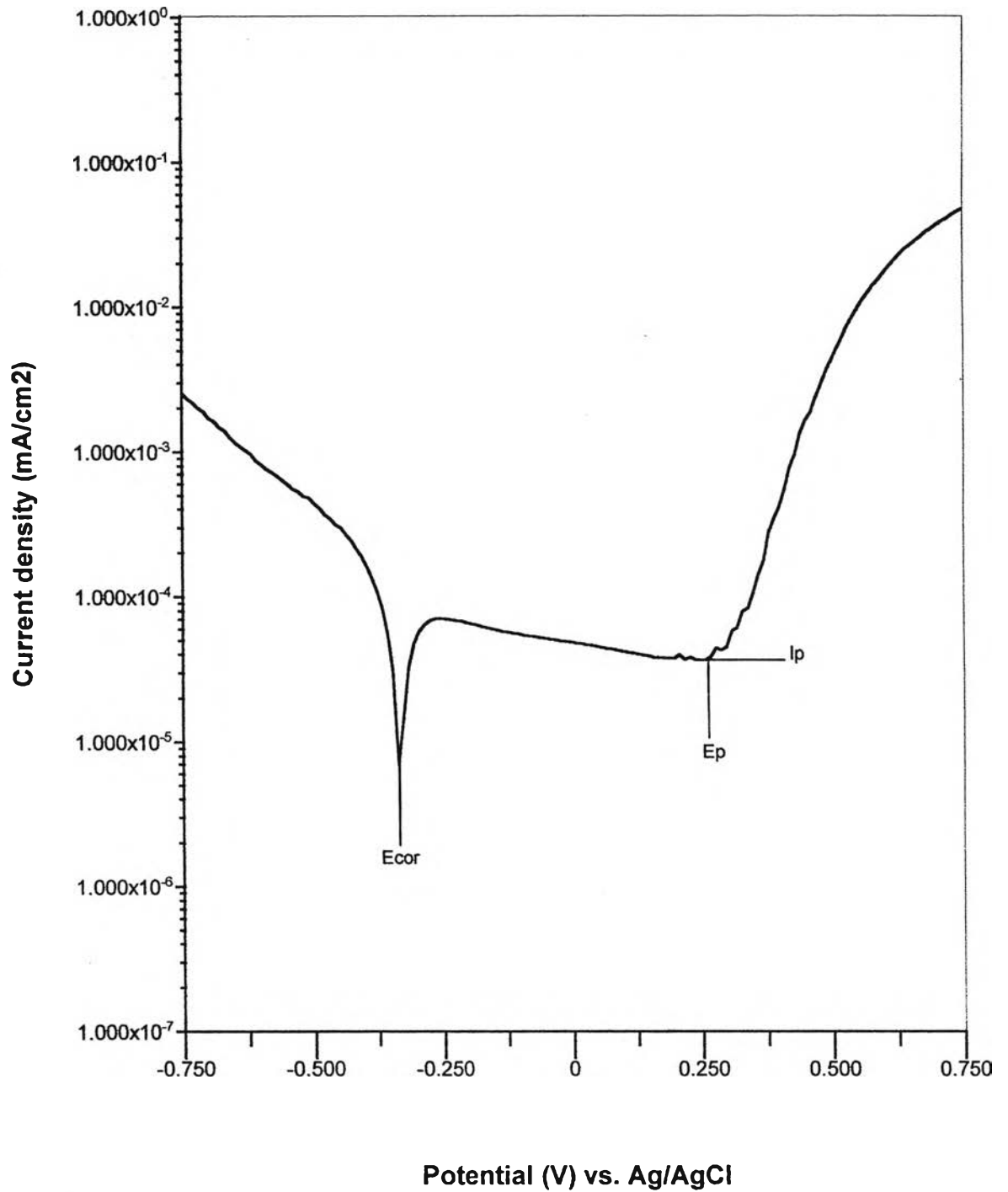


รูปที่ ๓.3 ผลการวัดเส้นโพลาริเซชันของเนื้อโลหะเดิมและรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายมาตรฐาน NACE ที่อุณหภูมิ 26°C ความเป็นกรดต่าง 3.06



รูปที่ ๑.4 ผลการวัดเส้นโพลาริเซชันของเนื้อโลหะเดิมและรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 316L ที่ปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในสารละลายมาตรฐาน NACE ที่อุณหภูมิ 26°C ความเป็นกรดต่าง 3.06

ภาคผนวก จ



รูปที่ จ.1 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าการกัดกร่อน (E_{cor}) ค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดรูพรุน (E_p) และ ค่าความหนาแน่นของกระแสในช่องพาสซีฟ (I_p) จากเส้นโพลาริเซชัน

ภาคผนวก ข

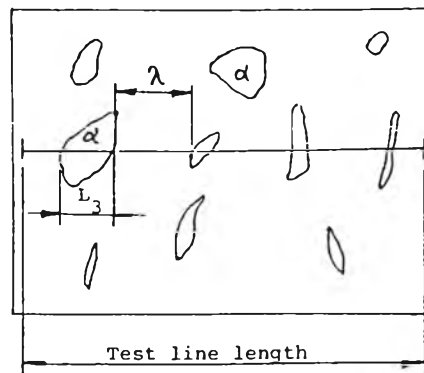
การหาปริมาณเดลต้าเฟอร์ไรท์ของรอยเชื่อม

การหาปริมาณเดลต้าเฟอร์ไรท์จากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI 304 และ AISI 316L ด้วยวิธีการ quantitative metallography เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดขนาดบนระนาบ 2 ทิศทาง ที่ได้จากการ Polish กับขนาดของโครงสร้างจุลภาคใน 3 ทิศทางของโลหะ ในที่นี้ใช้การหาปริมาณของเดลต้าเฟอร์ไรท์เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่ได้จากเครื่อง image analyzer ที่ผ่านทางเครื่องพิมพ์ โดยภาพถ่ายที่ได้เป็นแบบ 2 เฟส คือจะเห็นโครงสร้างเดลต้าเฟอร์ไรท์ที่มีสีเทาดำ และโครงสร้างออสเทนไนท์ที่มีสีขาว สามารถหาสัดส่วนปริมาตรของเดลต้าเฟอร์ไรท์ได้จากสมการ

$$\lambda = \frac{(L_3)_\alpha [1 - (V_v)_\alpha]}{(V_v)_\alpha}$$

- เมื่อ λ = mean free distance
 $(V_v)_\alpha$ = volume fraction ของ α
 $(L_3)_\alpha$ = mean intercept length ของ α

การหาค่า λ และ $(L_3)_\alpha$ สามารถหาได้จากการลากเส้นตัดผ่านโครงสร้างที่ต้องการหาค่าสัดส่วนปริมาตรของเดลต้าเฟอร์ไรท์ แสดงในรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 แสดงตำแหน่งการวัดค่า λ และ $(L_3)_\alpha$ จากเส้นตัดผ่านโครงสร้างจุลภาคที่สนใจ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ เกิดวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2516 ที่อำเภอเมือง จังหวัด นครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ ภาควิชา ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อใน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโลหการ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539

