

## รายการอ้างอิง

1. Richard V. Carrano. Improving your silver casting. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 162-163.
2. Aldo M. Reti. Understanding sterling silver. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 339.
3. Price L.E and Thomas G.J. The tarnishing of silver and silver alloys and its prevention. Inst. Metals (January 1938): 357.
4. Gardam G.E. A sterling silver containing aluminium. Metallurgia 47, No.279: 29-33.
5. Peter Johns. Firestain resistant silver alloys. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 38-42.
6. John C. McCloskey, Paul R. Welch and Shankar Aithal. Gold Technology No. 30 (Winter 2000): 4-7.
7. Aldo M. Reti. Understanding sterling silver. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 353.
8. L. Gal-Or. Tarnishing and corrosion of silver and gold alloys. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1990): 21.
9. J.C. Chaston. Oxygen in Silver. Silver (Florida : Krieger): 304-307.
10. Richard V. Carrano. Sterling silver casting problems. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (September 1990): 91-103.
11. J.J. Moore. Chemical metallurgy. (n.p.): Butterworth Heinemann, 1990, p. 85.
12. Allison Butts. The chemical properties of silver. Lehigh University, Pennsylvania, pp. 130-131.
13. D.P. Agarwal and G. Raykhtsaum. Color technology for jewelry alloy applications The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1988): 229-234.
14. D.P. Agarwal and G. Raykhtsaum. Tarnish behavior of low carat jewelry alloys – quantitative analysis. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1989): 115-116.
15. A.J. Sedriks. Corrosion of Stainless Steel. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.
16. American Society of Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard. Vol03.02, ASTM G 5-94, 1994, p. 49.

17. Christopher M.A. Brett and Ana Maria Oliveira Brett. Electrochemistry principles, method, and applications. United Kingdom: Oxford Science, 1993, p. 23.
18. Douglas A. Skoog, Donald M. West and F. James Holler. Fundamental of analytical chemistry. 7<sup>th</sup> ed. United State of America: Saunders College Publishing, 1996, pp. 388-389.
19. Aldo M. Reti. Understanding sterling silver. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 342.
20. ASM Handbook . Alloy phase diagrams. Vol. 3, ASM International, 1992, p. 2•32.
21. ASM Handbook . Alloy phase diagrams. Vol. 3, ASM International, 1992, p.2•172.
22. P. Villars, A. Prince and H. Okamoto. Handbook of ternary alloy phase diagrams. Vol. 3, ASM International, 1995, p. 2303.
23. William F. Smith. Principles of materials science and engineering. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1996, pp. 869-872.
24. F.N. Rhines. Phase diagram in metallurgy. New York: McGraw-Hill, 1956.
25. Aldo M. Reti. Understanding sterling silver. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 345-349.
26. Peter Johns. Firestain resistant silver alloys. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): 43.
27. ASM Handbook . Properties and selection nonferrous alloys and special - purpose materials. Vol. 2, ASM International, 1992, p. 702.
28. สมนึก วัฒนศรียกูล และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของโลหะเงินเงินเพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), มกราคม 2544, หน้า 13.
29. ธนวัฒน์ เมืองมั่น และสุทธิ สุอำพัน. อิทธิพลของแมงกานีสต่อโครงสร้างจุลภาคและความแข็งแรงของเงินสเตอร์ลิง. ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
30. Lawrence Addicks. Silver in industry. (n.p.): Reinhold Publishing, 1940, pp. 60-120.
31. American Society of Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard. Vol03.01, ASTM E 92-82, 1992, pp. 206-214.
32. American Society of Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard. Vol03.01, ASTM E 8M-96, 1996, pp. 76-96.
33. T.K.Vaidyanathan and A.Prasad. Corrosion and Tarnish of Ag-In and Ag-In-Pd Alloys. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Precious Metals Institute Conference. (n.p.): Pergammon Press, 1980, pp. 293-299.

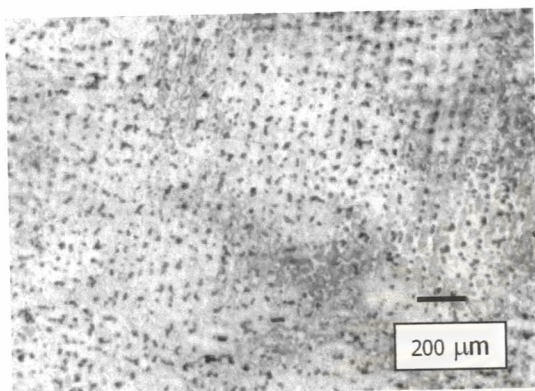


ภาคผนวก

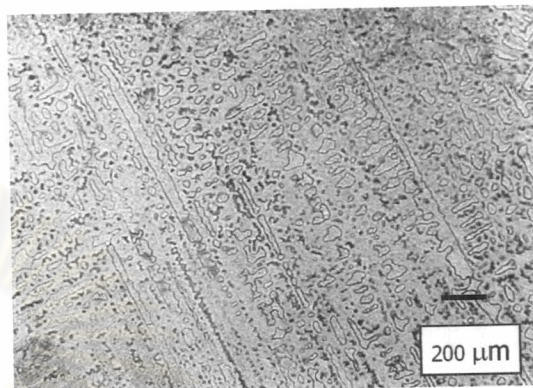
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

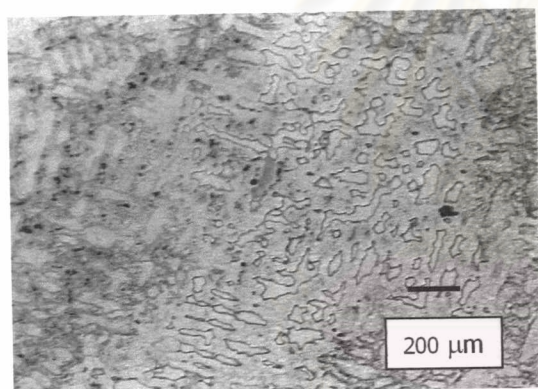
โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ในสภาพหล่อขึ้นรูป



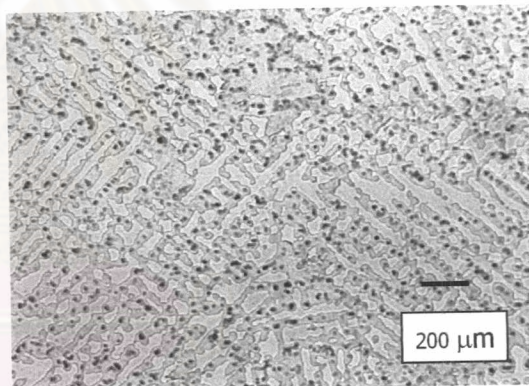
ก1-1



ก1-2



ก1-3



ก1-4

รูปที่ ก1 ภาพแสดงโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส

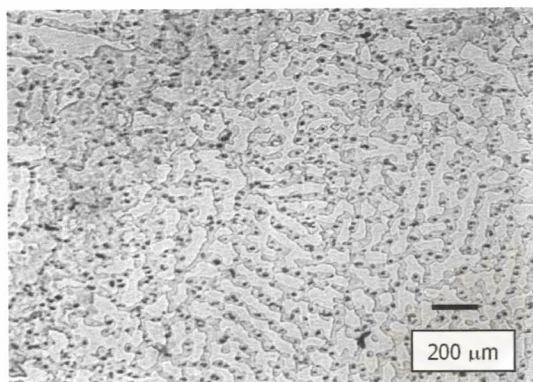
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 50 เท่า

ก1-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : 7.65%Cu – balance of Ag

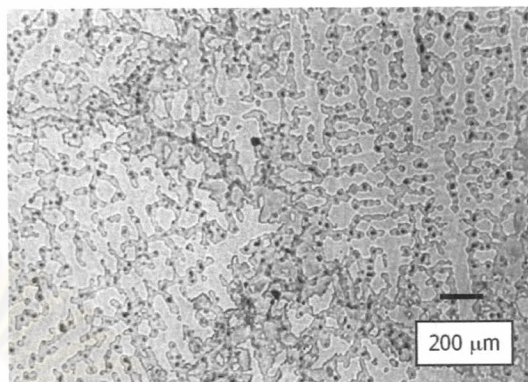
ก1-2 โลหะผสมชุดที่ 2 : 6.97%Cu – 0.38%Mn – balance of Ag

ก1-3 โลหะผสมชุดที่ 3 : 6.63%Cu – 0.76%Mn – balance of Ag

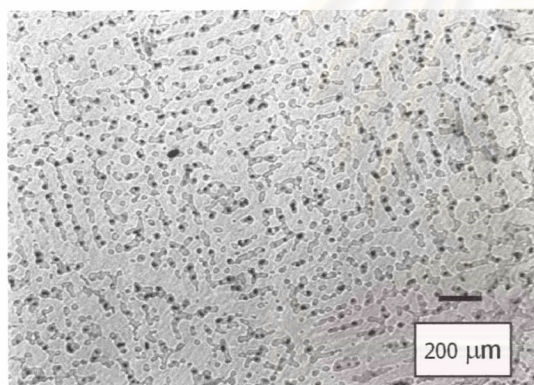
ก1-4 โลหะผสมชุดที่ 4 : 6.14%Cu – 1.30%Mn – balance of Ag



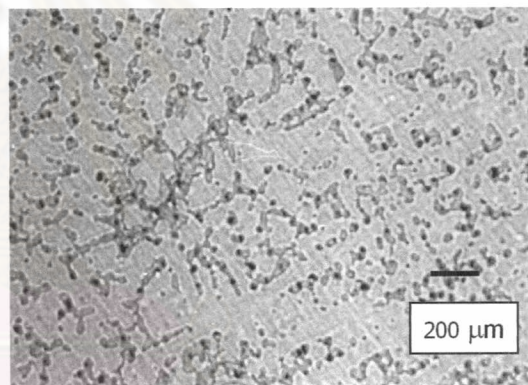
ก1-5



ก1-6



ก1-7



ก1-8

รูปที่ ก1 (ต่อ) ภาพแสดงโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส

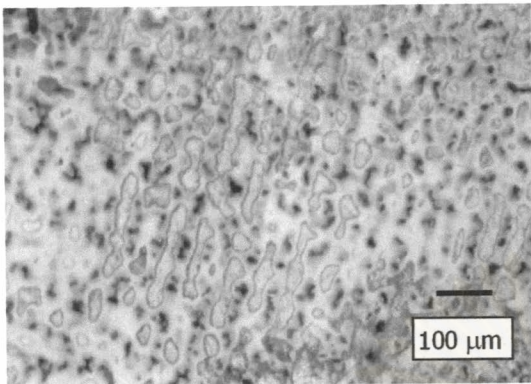
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 50 เท่า

ก1-5 โลหะผสมชุดที่ 5 : 5.40%Cu – 1.70%Mn – balance of Ag

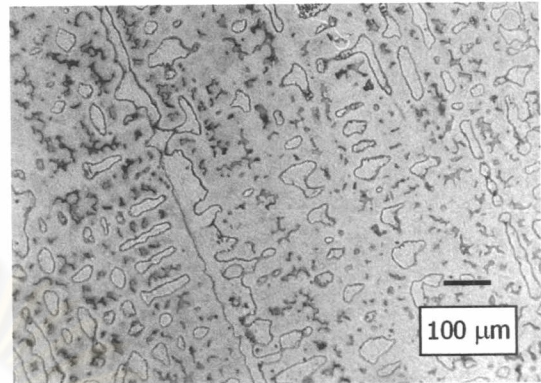
ก1-6 โลหะผสมชุดที่ 6 : 4.90%Cu – 2.10%Mn – balance of Ag

ก1-7 โลหะผสมชุดที่ 7 : 4.40%Cu – 2.60%Mn – balance of Ag

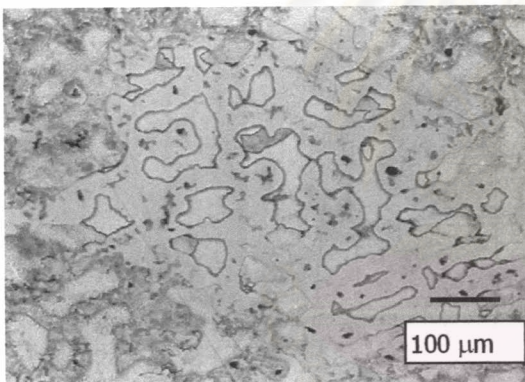
ก1-8 โลหะผสมชุดที่ 8 : 4.00%Cu – 3.00%Mn – balance of Ag



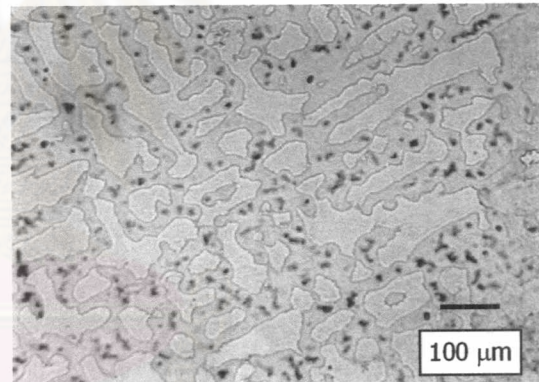
ก2-1



ก2-2



ก2-3



ก2-4

**รูปที่ ก2** ภาพแสดงโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส

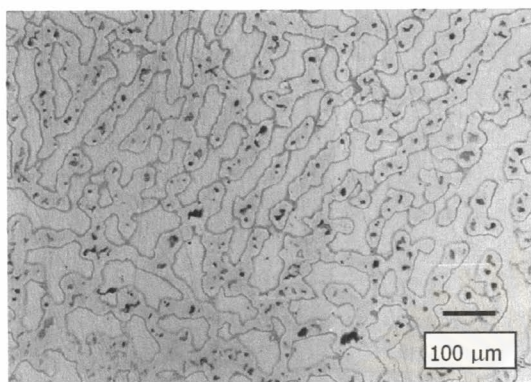
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า

ก2-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : 7.65%Cu - balance of Ag

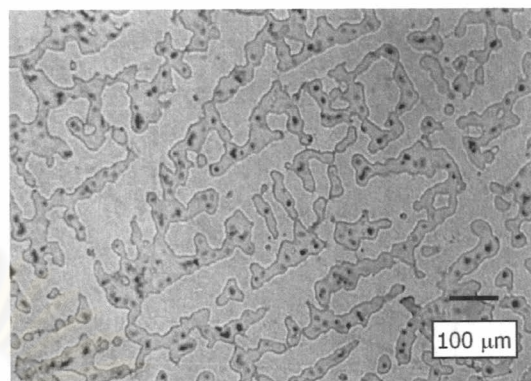
ก2-2 โลหะผสมชุดที่ 2 : 6.97%Cu - 0.38%Mn - balance of Ag

ก2-3 โลหะผสมชุดที่ 3 : 6.63%Cu - 0.76%Mn - balance of Ag

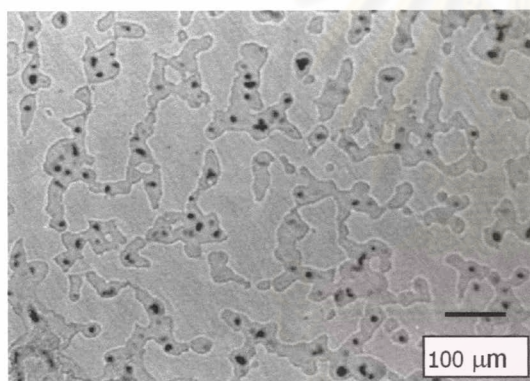
ก2-4 โลหะผสมชุดที่ 4 : 6.14%Cu - 1.30%Mn - balance of Ag



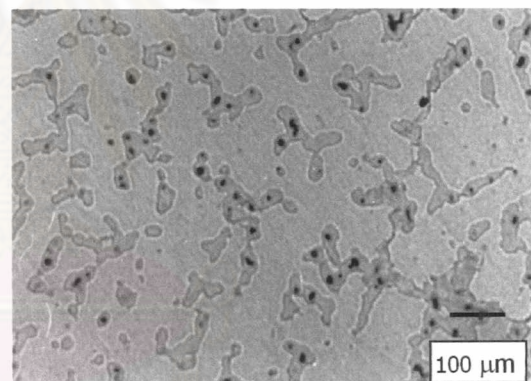
ก2-5



ก2-6



ก2-7



ก2-8

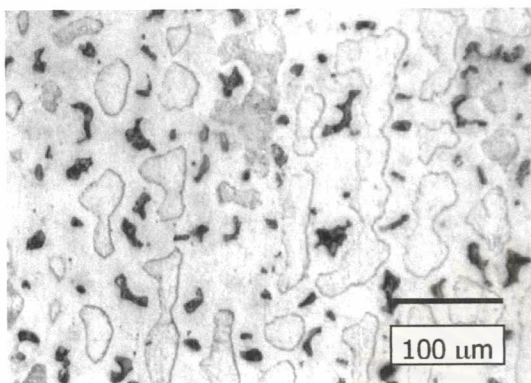
รูปที่ ก2 (ต่อ) ภาพแสดงโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส  
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า

ก2-5 โลหะผสมชุดที่ 5 : 5.40%Cu – 1.70%Mn – balance of Ag

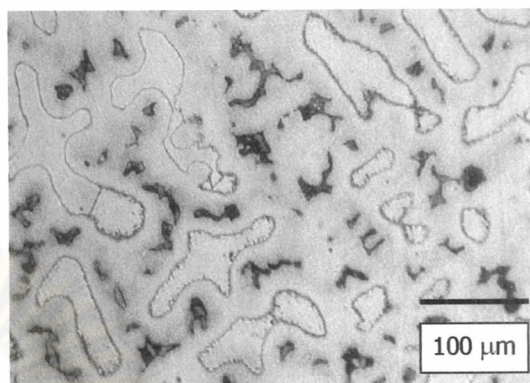
ก2-6 โลหะผสมชุดที่ 6 : 4.90%Cu – 2.10%Mn – balance of Ag

ก2-7 โลหะผสมชุดที่ 7 : 4.40%Cu – 2.60%Mn – balance of Ag

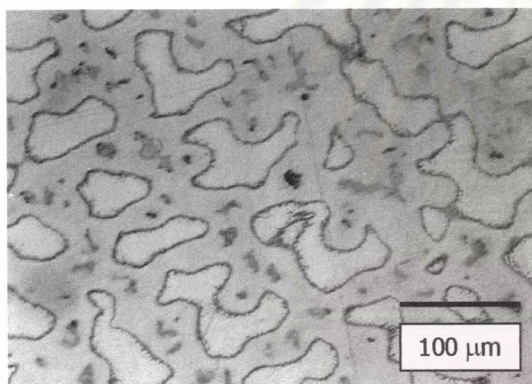
ก2-8 โลหะผสมชุดที่ 8 : 4.00%Cu – 3.00%Mn – balance of Ag



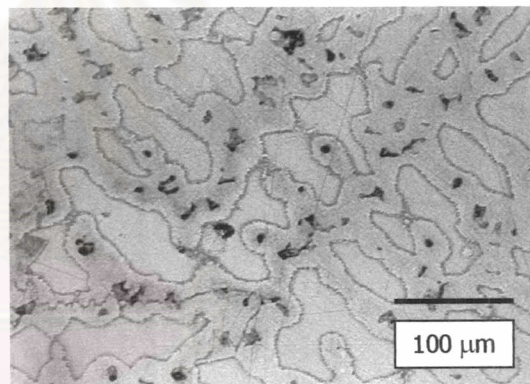
ก3-1



ก3-2



ก3-3



ก3-4

รูปที่ ก3 ภาพแสดงโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส  
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 200 เท่า

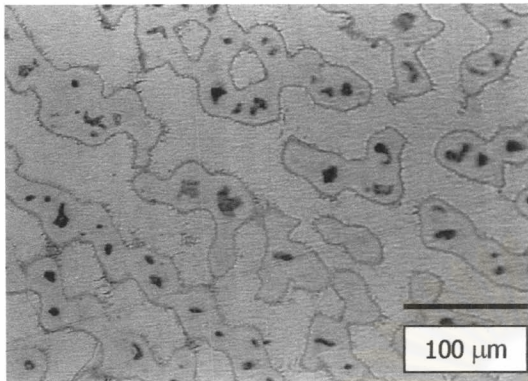
ก3-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : 7.65%Cu - balance of Ag

ก3-2 โลหะผสมชุดที่ 2 : 6.97%Cu - 0.38%Mn - balance of Ag

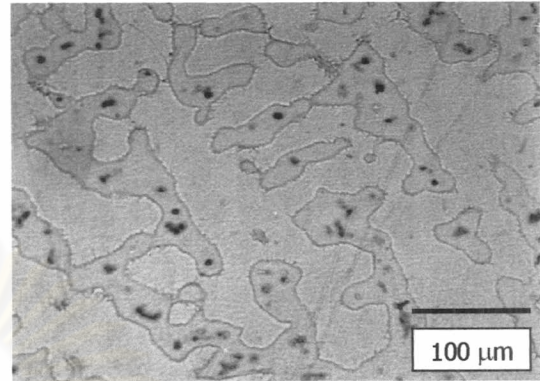
ก3-3 โลหะผสมชุดที่ 3 : 6.63%Cu - 0.76%Mn - balance of Ag

ก3-4 โลหะผสมชุดที่ 4 : 6.14%Cu - 1.30%Mn - balance of Ag

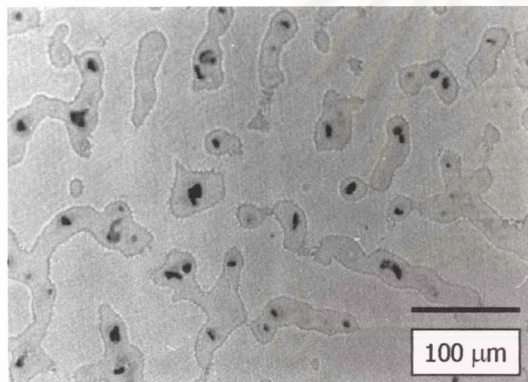




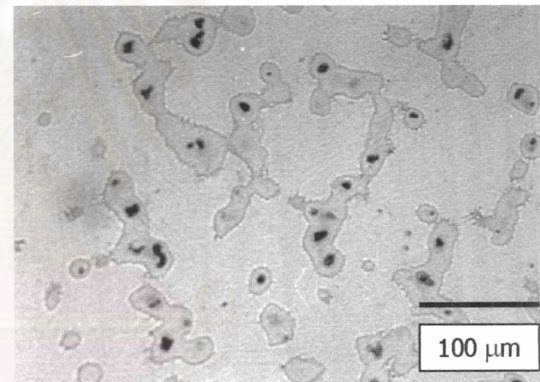
ก3-5



ก3-6



ก3-7



ก3-8

รูปที่ ก3 (ต่อ) ภาพแสดงโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส  
ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 200 เท่า

ก3-5 โลหะผสมชุดที่ 5 : 5.40%Cu - 1.70%Mn - balance of Ag

ก3-6 โลหะผสมชุดที่ 6 : 4.90%Cu - 2.10%Mn - balance of Ag

ก3-7 โลหะผสมชุดที่ 7 : 4.40%Cu - 2.60%Mn - balance of Ag

ก3-8 โลหะผสมชุดที่ 8 : 4.00%Cu - 3.00%Mn - balance of Ag

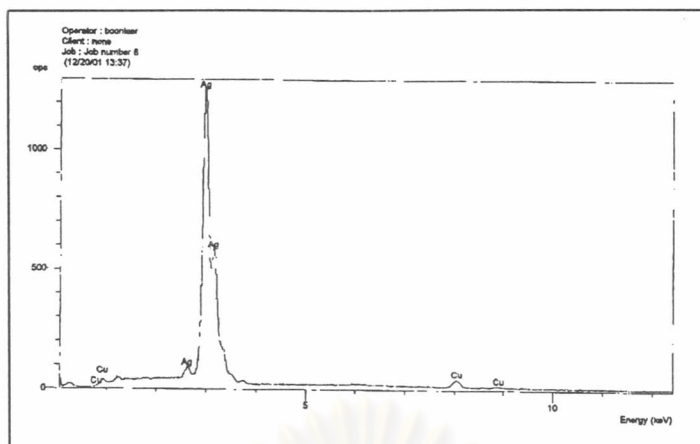
## ภาคผนวก ข

ตาราง ข แสดงปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส  
ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวด (SEM)

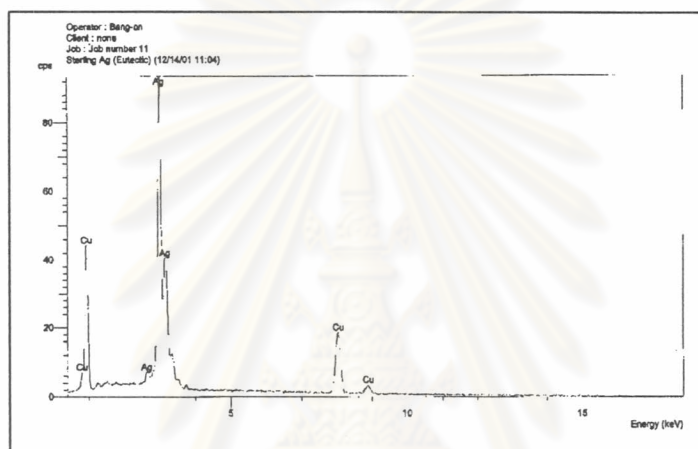
Sample	Chemical Composition of Samples						Chemical Composition from EDX * (wt.%)					
	Matrix			Secondary Structure			Eutectic (overall)			Black Particle in Eutectic		
	Ag	Cu	Mn	Ag	Cu	Mn	Ag	Cu	Mn	Ag	Cu	Mn
1	balance	7.65	-	95.53	4.47	-	69.53	30.47	-	22.09	77.91	-
2	balance	6.97	0.38	92.46	7.23	0.31	70.90	28.62	0.48	29.29	70.17	0.54
3	balance	6.63	0.76	98.11	6.22	0.67	71.74	27.10	1.17	ND	ND	ND
4	balance	6.14	1.30	95.52	3.41	1.07	65.19	32.92	1.88	20.96	76.69	2.35
5	balance	5.40	1.70	94.16	4.22	1.62	60.84	36.54	2.61	ND	ND	ND
6	balance	4.90	2.10	93.80	4.14	2.05	57.41	39.20	3.39	ND	ND	ND
7	balance	4.40	2.60	92.81	4.62	2.57	66.58	29.36	4.06	15.76	78.52	5.71
8	balance	4.00	3.00	91.42	5.33	3.25	53.99	40.41	5.60	ND	ND	ND

\*Determined quantitatively by standardless

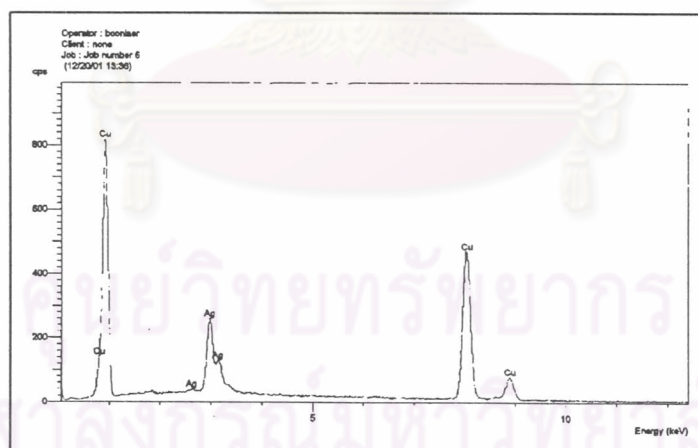
ND = not determined



X1-1



X1-2



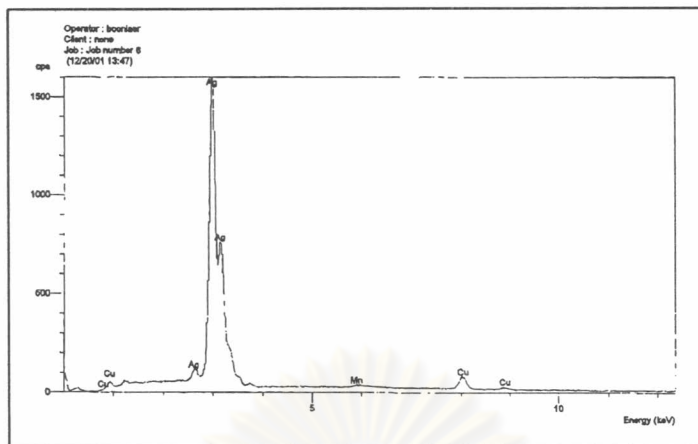
X1-3

รูปที่ ข1 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ไม่มีแมงกานีสผสม ด้วย EDX

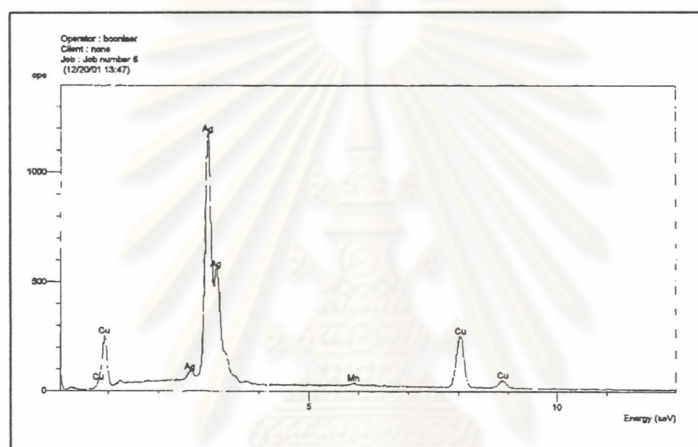
X1-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.53%Ag - 4.47%Cu

X1-2 บริเวณโครงสร้างยูเทคติก : 69.53%Ag - 30.47Cu

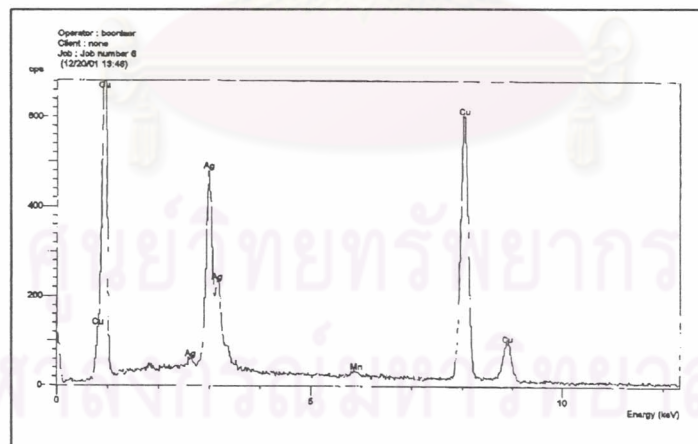
X1-3 บริเวณอนุภาคสีดำในโครงสร้างยูเทคติก : 22.09%Ag - 77.91%Cu



ข2-1



ข2-2



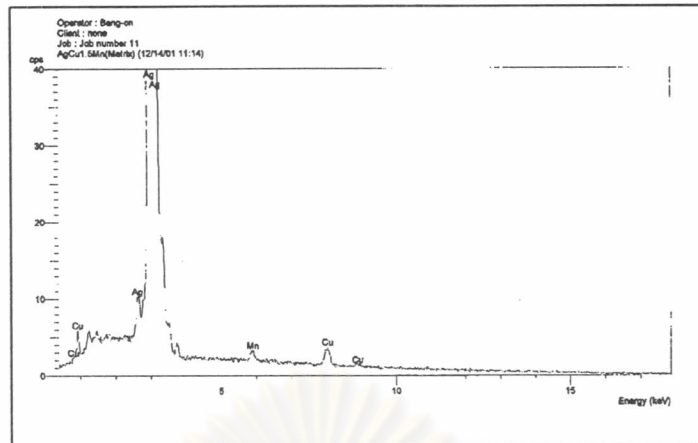
ข2-3

รูปที่ ข2 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง ที่มีแมงกานีส 0.38 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วย EDX

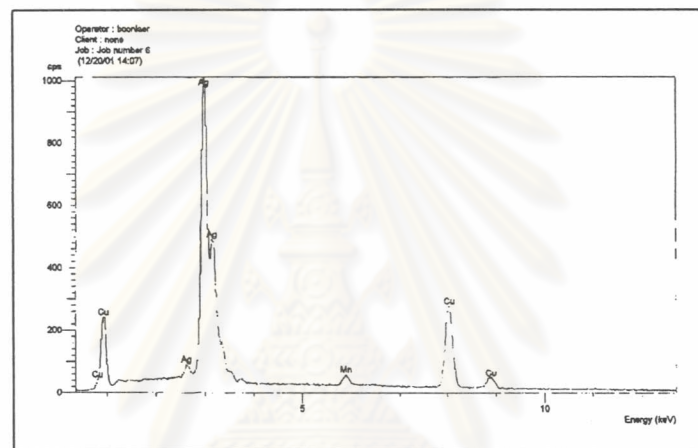
ข2-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น: 92.46%Ag - 7.23%Cu - 0.31%Mn

ข2-2 บริเวณโครงสร้างยูเทคติก: 70.90%Ag - 28.62Cu - 0.48%Mn

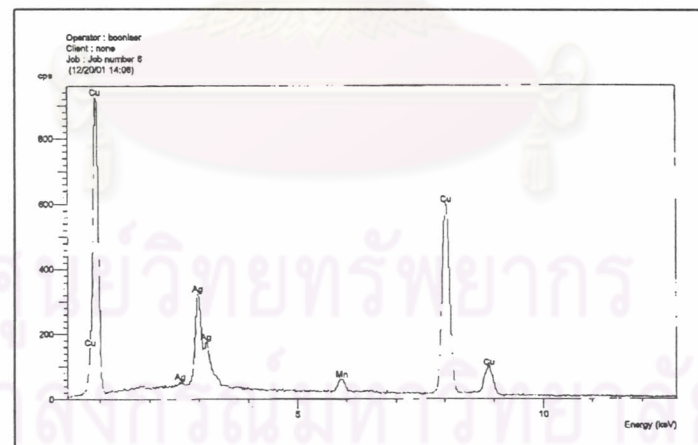
ข2-3 บริเวณอนุภาคสีดำในโครงสร้างยูเทคติก: 29.29%Ag-70.17%Cu-0.54%Mn



ข3-1



ข3-2



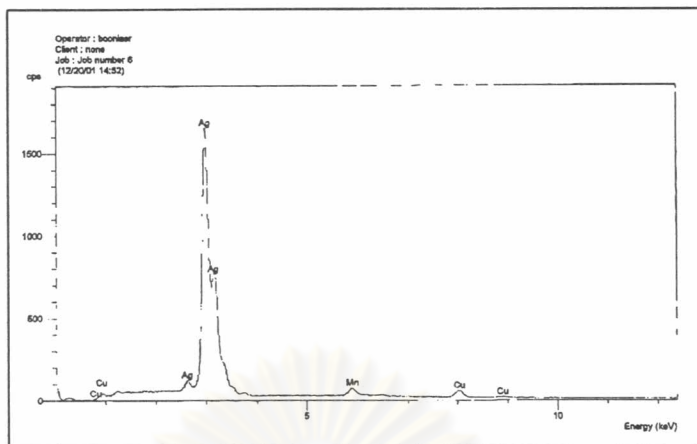
ข3-3

รูปที่ ข3 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีแมงกานีส 1.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วย EDX

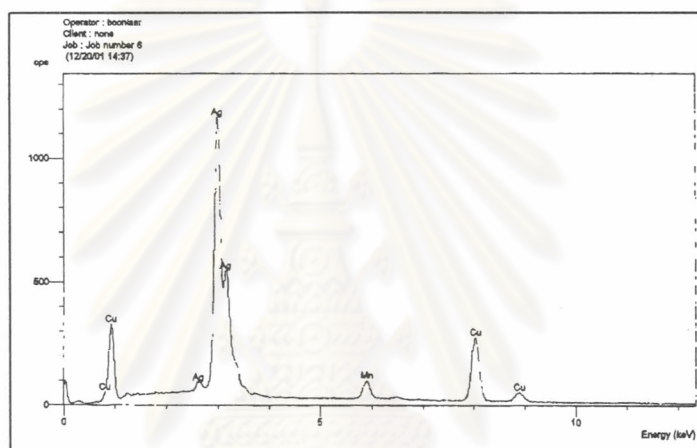
ข3-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.52%Ag - 3.41%Cu - 1.07%Mn

ข3-2 บริเวณโครงสร้างยูเทคติก : 65.19%Ag - 32.92Cu - 1.88%Mn

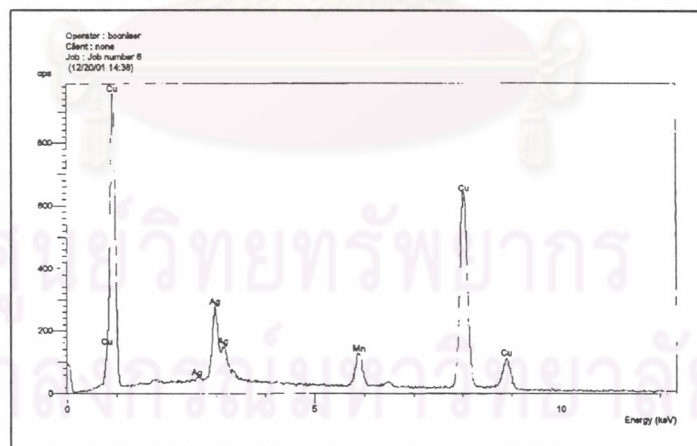
ข3-3 บริเวณอนุภาคสีดำในโครงสร้างยูเทคติก: 20.96%Ag-76.69%Cu-2.35%Mn



ข4-1



ข4-2



ข4-3

รูปที่ ข4 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีแมงกานีส 2.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วย EDX

ข4-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 92.81%Ag - 4.62%Cu - 2.57%Mn

ข4-2 บริเวณโครงสร้างยูเทคติก : 66.58%Ag - 29.36Cu - 4.06%Mn

ข4-3 บริเวณอนุภาคสีดำในโครงสร้างยูเทคติก: 15.76%Ag-78.52%Cu-5.71%Mn

## ภาคผนวก ค

## ผลการทดสอบสมบัติทางกลของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส

ตาราง ค1 ความยาวเส้นทแยงมุม 2 ด้าน ( $d_1$  และ  $d_2$ ) และความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers Hardness; HV) ของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)	ค่าความแข็ง วิกเกอร์ (HV)	ค่าความแข็ง เฉลี่ย (HV)
ชุดที่ 1 7.65%Cu - Ag	1	168.7	164.6	66.8	66.8
	2	170.4	160.8	67.6	
	3	170.4	165.6	65.7	
	4	168.4	163.8	67.2	
ชุดที่ 2 6.97%Cu - 0.38%Mn - Ag	1	168.7	162.7	67.5	66.3
	2	169.5	168.4	65.0	
	3	166.3	167.5	66.6	
	4	166.3	168.4	66.2	
ชุดที่ 3 6.63%Cu - 0.76%Mn - Ag	1	167.9	171.3	64.5	65.4
	2	173.7	164.6	64.8	
	3	170.4	167.5	65.0	
	4	163.8	168.4	67.2	
ชุดที่ 4 6.14%Cu - 1.30%Mn - Ag	1	169.5	170.3	64.2	64.6
	2	173.7	166.5	64.1	
	3	174.5	169.4	62.7	
	4	169.5	162.7	67.2	
ชุดที่ 5 5.40%Cu - 1.70%Mn - Ag	1	177.0	178.0	58.9	59.6
	2	175.3	175.1	60.4	
	3	172.0	176.1	61.2	
	4	178.6	178.9	58.0	
ชุดที่ 6 4.90%Cu - 2.10%Mn - Ag	1	181.1	178.0	57.5	58.3
	2	182.7	177.0	57.3	
	3	174.5	177.0	60.0	
	4	181.1	175.1	58.5	
ชุดที่ 7 4.40%Cu - 2.60%Mn - Ag	1	181.1	173.2	59.1	54.9
	2	190.9	180.9	53.7	
	3	187.7	188.5	52.4	
	4	184.4	185.6	54.2	
ชุดที่ 8 4.00%Cu - 3.00%Mn - Ag	1	190.1	186.6	52.3	52.1
	2	192.6	188.5	51.1	
	3	187.7	188.5	52.4	
	4	186.0	190.4	52.4	

ตาราง ค2 ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength; UTS) และความเค้นจุดคราก (Yield Strength;  $\sigma_y$ ) ของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	UTS (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	UTS เฉลี่ย (MPa)	$\sigma_y$ เฉลี่ย (MPa)	หมายเหตุ
ชุดที่ 1 7.65%Cu - Ag	1	-	-			ก)
	2	208.7	80.88	208.7	80.88	-
	3	-	-			ก)
	4	-	-			ก)
ชุดที่ 2 6.97%Cu - 0.38%Mn - Ag	1	-	-			ข)
	2	-	-			ก)
	3	-	-			ค)
	4	-	-			ค)
ชุดที่ 3 6.63%Cu - 0.76%Mn - Ag	1	191.3	-			ง)
	2	-	63.6	196.3	63.6	ฉ)
	3	201.2	-			ง)
	4	-	-			ช)
ชุดที่ 4 6.14%Cu - 1.30%Mn - Ag	1	241.2	53.5			-
	2	-	85.5	219.1	69.5	ฉ)
	3	193.7	-			ง)
	4	222.3	-			ง)
ชุดที่ 5 5.40%Cu - 1.70%Mn - Ag	1	-	68.8			ช)
	2	-	53.9	183.3	61.4	ช)
	3	171.8	-			ง)
	4	194.7	-			ง)
ชุดที่ 6 4.90%Cu - 2.10%Mn - Ag	1	-	-			ช)
	2	-	-			ก)
	3	-	-			ช)
	4	-	-			ก)
ชุดที่ 7 4.40%Cu - 2.60%Mn - Ag	1	-	-			ก)
	2	-	-	149.7		ช)
	3	-	-			ค)
	4	149.7	-			ง)
ชุดที่ 8 4.00%Cu - 3.00%Mn - Ag	1	-	48.6			จ)
	2	-	43.5	191.0	46.1	จ)
	3	-	-			ก)
	4	191.0	-			ง)

หมายเหตุ :

- ก) ชิ้นงานแตกนอกบริเวณ gage length
- ข) ชิ้นงานแตกบริเวณหัวจับ (grip)
- ค) ชิ้นงานเสียในขั้นตอนการกลึง
- ง) ค่าความเค้นจุดครากใช้ไม่ได้ เนื่องจากกราฟช่วงแรกไม่สม่ำเสมอ
- จ) ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดใช้ไม่ได้ เนื่องจากกราฟช่วงก่อนรับแรงดึงสูงสุดไม่สม่ำเสมอ
- ฉ) บริเวณรอยแตกมีรูพรุน
- ช) บริเวณรอยแตกมีรูพรุน และรอยแตกมีสีดำ
- ช) ชิ้นงานไม่ขาด(break)



## ภาคผนวก ง

ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีผิวของโลหะเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส  
ที่ได้จากเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ตารางที่ ง1 แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสี  $a^*$ ,  $b^*$  และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $DE^*$ ) ของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ทั้ง 8 ชุด ที่มีปริมาณแมงกานีส 0, 0.38, 0.76, 1.3, 1.7, 2.1, 2.6 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยทดสอบความต้านทานการหมองเป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง

โลหะผสม ชุดที่	ก่อนการทดสอบการหมอง			หลังการทดสอบการหมอง			ค่า $DE^*$
	$L^*_1$	$a^*_1$	$b^*_1$	$L^*_2$	$a^*_2$	$b^*_2$	
1	74.480	-0.619	4.998	71.285	-0.263	11.515	7.27
2	75.058	-0.664	4.748	71.496	-0.550	9.766	6.16
3	74.618	-0.605	4.467	70.963	-0.208	9.661	6.36
4	70.892	-0.276	7.558	66.621	-0.417	11.581	5.87
5	73.469	-0.529	4.329	71.814	-0.385	7.460	3.54
6	74.198	-0.451	4.508	71.700	-0.508	8.135	4.40
7	73.879	-0.474	5.714	71.117	-0.700	7.200	3.15
8	73.307	-0.352	4.719	71.441	-0.461	6.696	2.72

ตารางที่ ง2 แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสี  $a^*$ ,  $b^*$  และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $DE^*$ ) ของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ทั้ง 8 ชุด ที่มีปริมาณแมงกานีส 0, 0.38, 0.76, 1.3, 1.7, 2.1, 2.6 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยทดสอบความต้านทานการหมองเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

โลหะผสม ชุดที่	ก่อนการทดสอบการหมอง			หลังการทดสอบการหมอง			ค่า $DE^*$
	$L^*_1$	$a^*_1$	$b^*_1$	$L^*_2$	$a^*_2$	$b^*_2$	
1	75.625	-0.636	4.609	64.339	2.737	25.288	23.80
2	74.548	-0.642	4.999	66.418	0.311	19.834	16.94
3	75.470	-0.654	4.580	69.184	-0.087	12.283	9.96
4	72.273	-0.215	5.498	69.282	-0.323	7.796	3.77
5	74.785	-0.573	4.465	71.371	-0.356	8.448	5.25
6	72.459	-0.266	5.167	70.177	-0.329	8.215	3.81
7	74.494	-0.528	5.024	69.439	-0.353	8.698	6.25
8	73.451	-0.350	4.883	70.497	-0.326	7.926	4.24

ตารางที่ 3 แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสี  $a^*$ ,  $b^*$  และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $DE^*$ ) ของ โลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ทั้ง 8 ชุด ที่มีปริมาณแมงกานีส 0, 0.38, 0.76, 1.3, 1.7, 2.1, 2.6 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยทดสอบความต้านทานการหมองเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

โลหะผสม ชุดที่	ก่อนการทดสอบการหมอง			หลังการทดสอบการหมอง			ค่า $DE^*$
	$L^*_1$	$a^*_1$	$b^*_1$	$L^*_2$	$a^*_2$	$b^*_2$	
1	75.200	-0.683	4.692	41.712	18.411	9.607	38.86
2	74.874	-0.657	4.764	55.156	7.518	29.487	32.66
3	75.410	-0.674	4.650	59.255	3.067	19.907	22.53
4	73.044	-0.221	4.806	65.740	1.026	11.553	10.02
5	75.056	-0.591	4.397	66.747	0.598	11.933	11.28
6	73.180	-0.377	5.140	61.627	0.987	10.738	12.91
7	75.154	-0.572	4.829	63.792	0.728	10.684	12.85
8	71.174	-0.124	5.529	64.300	0.015	8.493	7.49

ตารางที่ 4 แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสี  $a^*$ ,  $b^*$  และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $DE^*$ ) ของ โลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ทั้ง 8 ชุด ที่มีปริมาณแมงกานีส 0, 0.38, 0.76, 1.3, 1.7, 2.1, 2.6 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยทดสอบความต้านทานการหมองเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

โลหะผสม ชุดที่	ก่อนการทดสอบการหมอง			หลังการทดสอบการหมอง			ค่า $DE^*$
	$L^*_1$	$a^*_1$	$b^*_1$	$L^*_2$	$a^*_2$	$b^*_2$	
1	74.032	-0.699	6.371	50.710	3.545	14.253	24.98
2	75.419	-0.776	4.823	58.341	3.626	28.222	29.30
3	74.299	-0.672	5.296	58.721	2.523	13.207	17.76
4	71.844	-0.072	4.955	64.577	0.836	10.798	9.37
5	75.074	-0.641	4.527	64.583	1.089	11.221	12.56
6	72.773	-0.366	4.646	64.908	0.821	10.929	10.14
7	73.886	-0.576	5.470	62.465	1.136	11.077	12.84
8	71.729	-0.311	4.382	69.012	-0.179	8.800	5.19

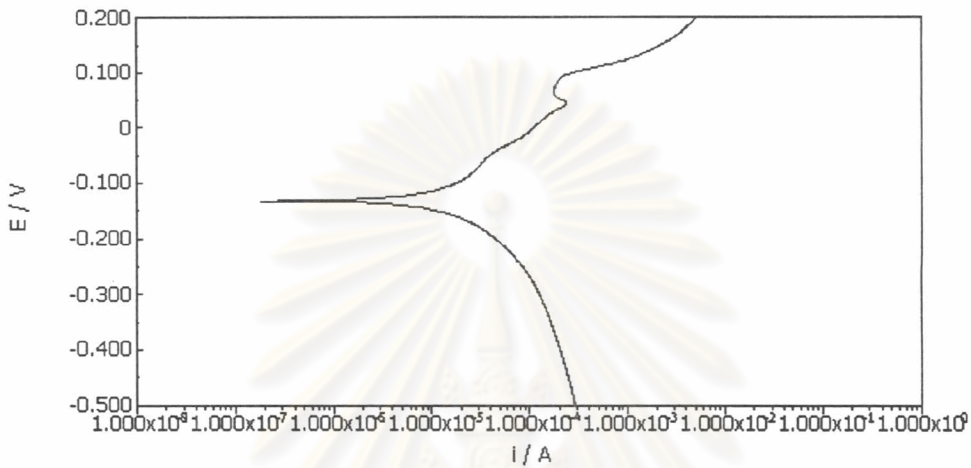
ตารางที่ 5 แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสี  $a^*$ ,  $b^*$  และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $DE^*$ ) ของ โลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ทั้ง 8 ชุด ที่มีปริมาณแมงกานีส 0, 0.38, 0.76, 1.3, 1.7, 2.1, 2.6 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยทดสอบความต้านทานการหมองเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

โลหะผสม ชุดที่	ก่อนการทดสอบการหมอง			หลังการทดสอบการหมอง			ค่า $DE^*$
	$L^*_1$	$a^*_1$	$b^*_1$	$L^*_2$	$a^*_2$	$b^*_2$	
1	73.421	-0.506	6.799	52.096	3.985	16.564	23.88
2	73.837	-0.379	4.908	54.235	5.699	22.280	26.89
3	74.599	-0.677	4.550	55.492	3.992	18.513	24.12
4	72.190	-0.184	4.585	60.792	1.225	11.867	13.60
5	74.836	-0.535	4.493	62.491	1.397	11.951	14.55
6	73.124	-0.278	5.175	60.315	1.590	11.854	14.57
7	73.825	-0.382	4.665	60.565	1.704	9.829	14.38
8	73.669	-0.387	4.126	62.079	1.120	9.880	13.03

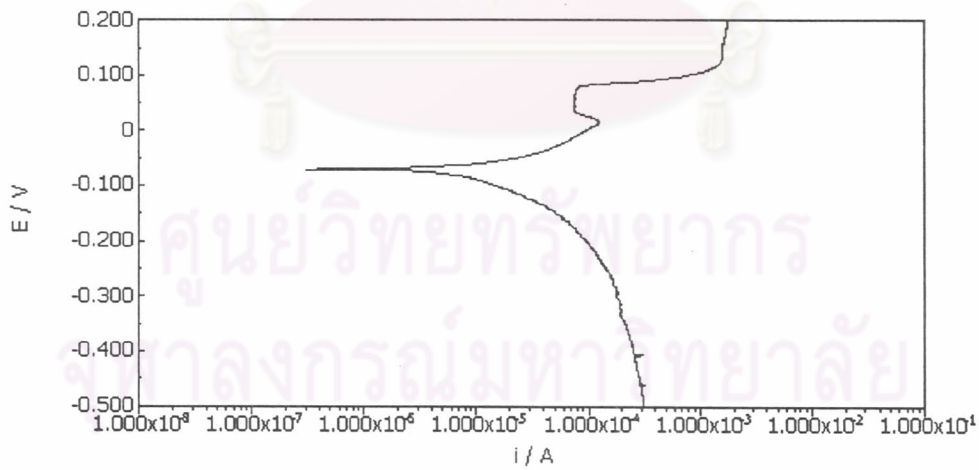
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ

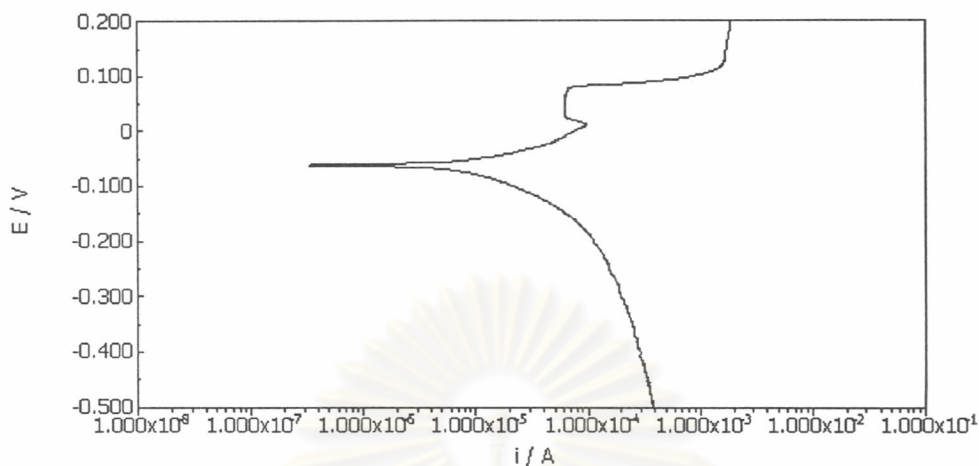
เส้นโพลาริเซชันที่ได้จากการทดสอบการกัดกร่อนของ  
โลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า



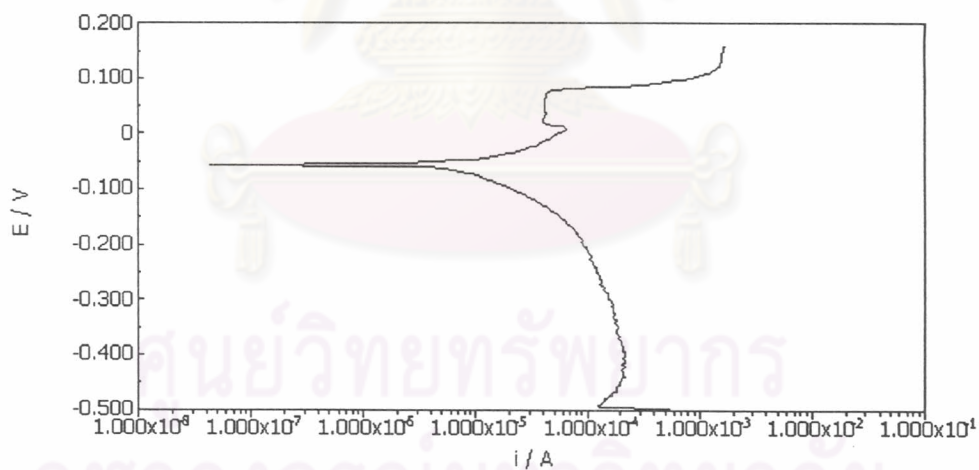
รูปที่ จ1-1 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ไม่มีแมงกานีสผสม ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



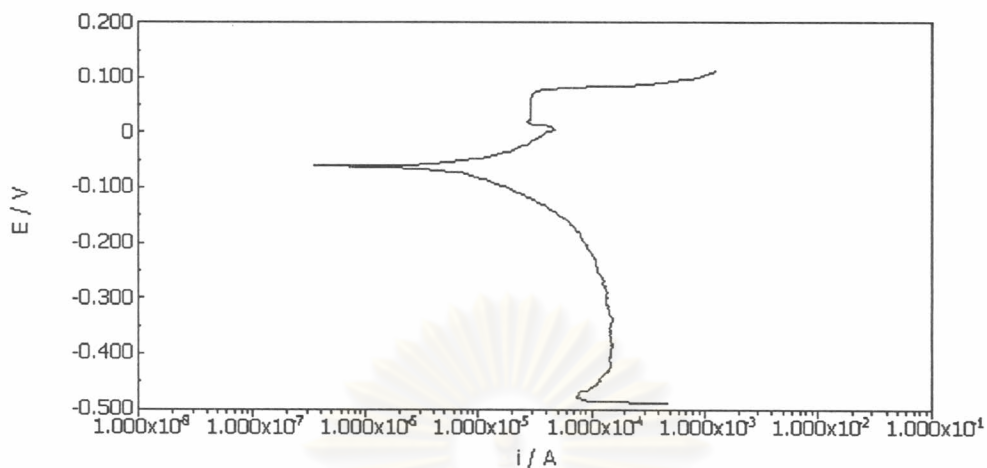
รูปที่ จ1-2 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 0.38 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



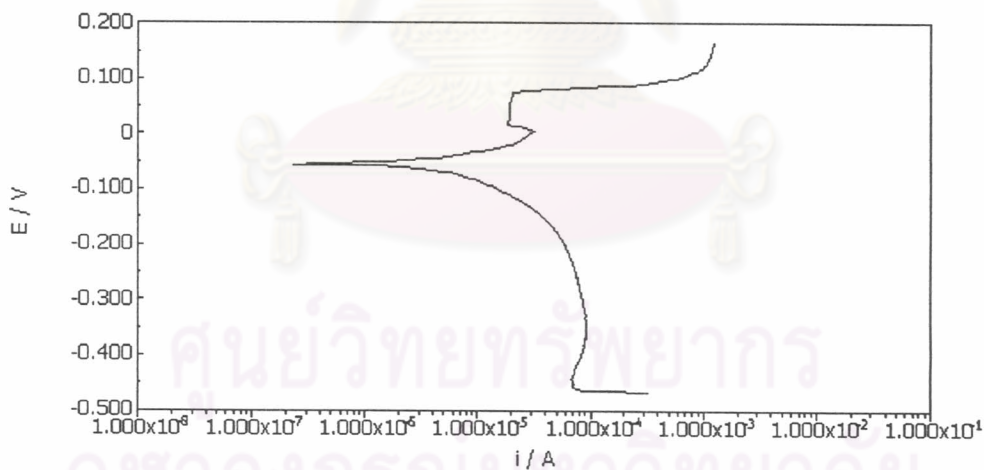
รูปที่ จ1-3 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 0.76 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



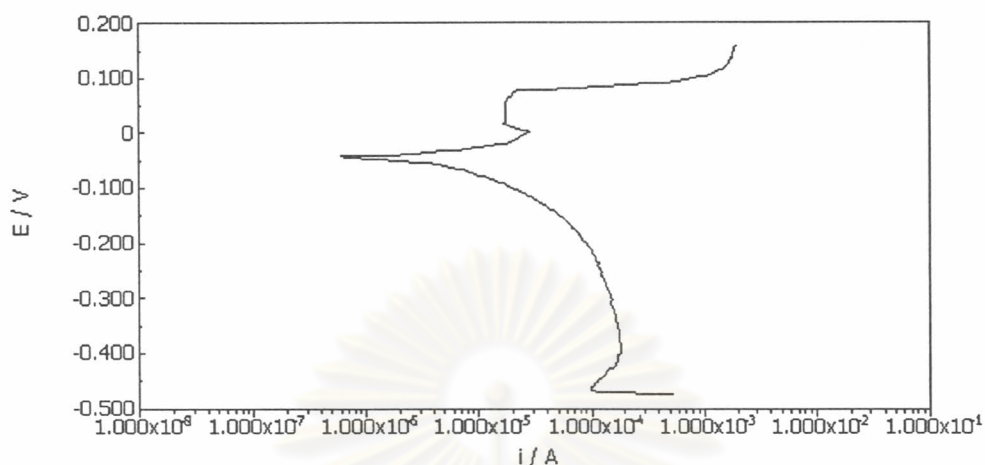
รูปที่ จ1-4 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 1.30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



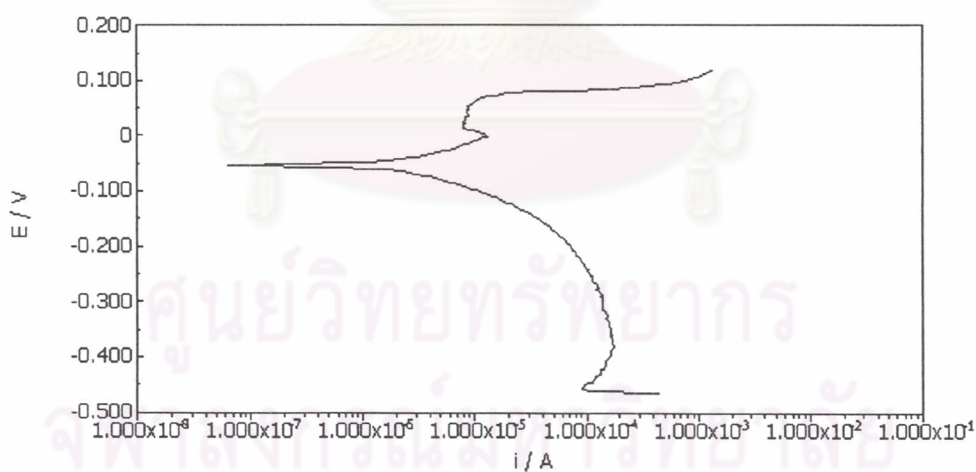
รูปที่ จ1-5 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 1.70 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



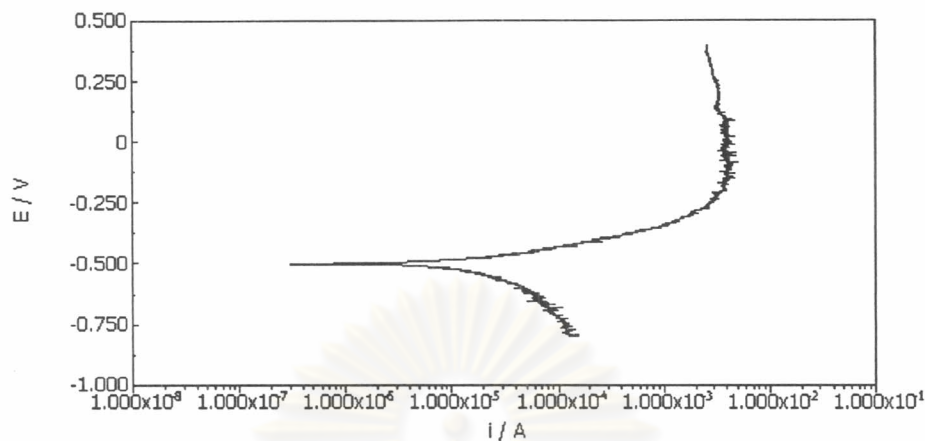
รูปที่ จ1-6 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 2.10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



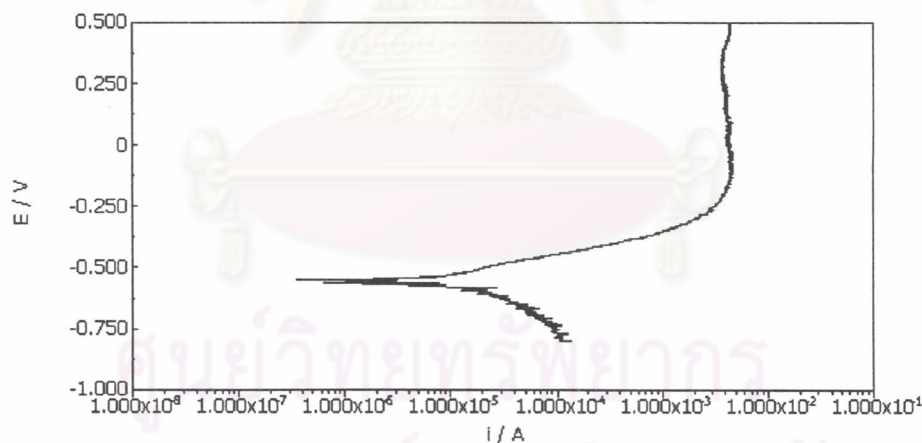
รูปที่ จ1-7 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 2.60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายไซเตียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ จ1-8 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 3.00 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายไซเตียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

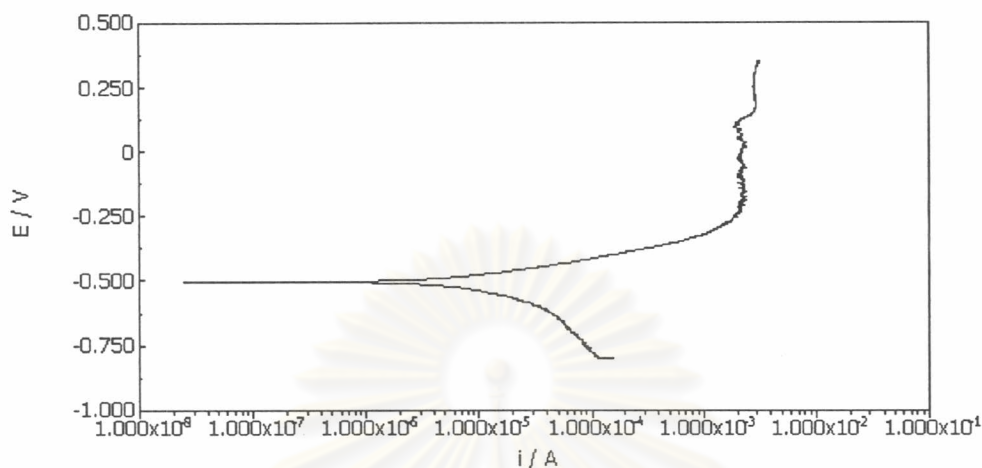


รูปที่ จ2-1 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ไม่มีแมงกานีสผสม ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิมมิตด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

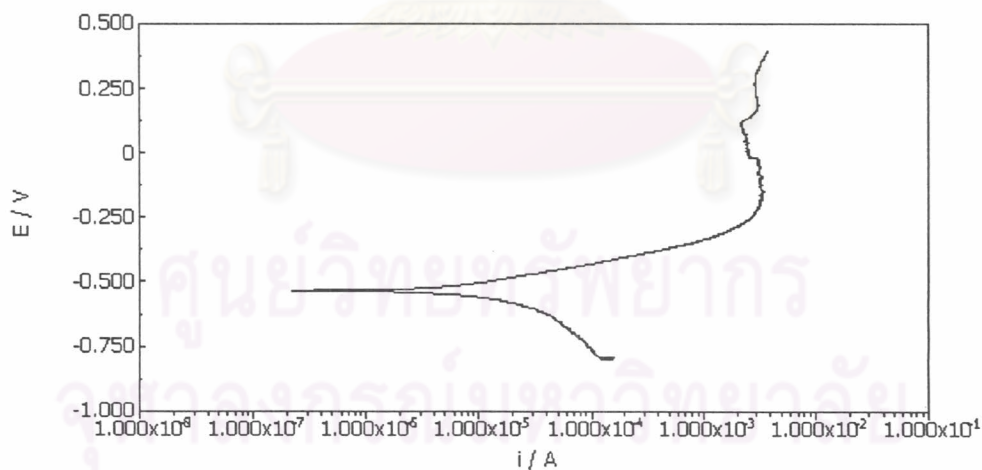


รูปที่ จ2-2 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 0.38 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิมมิตด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

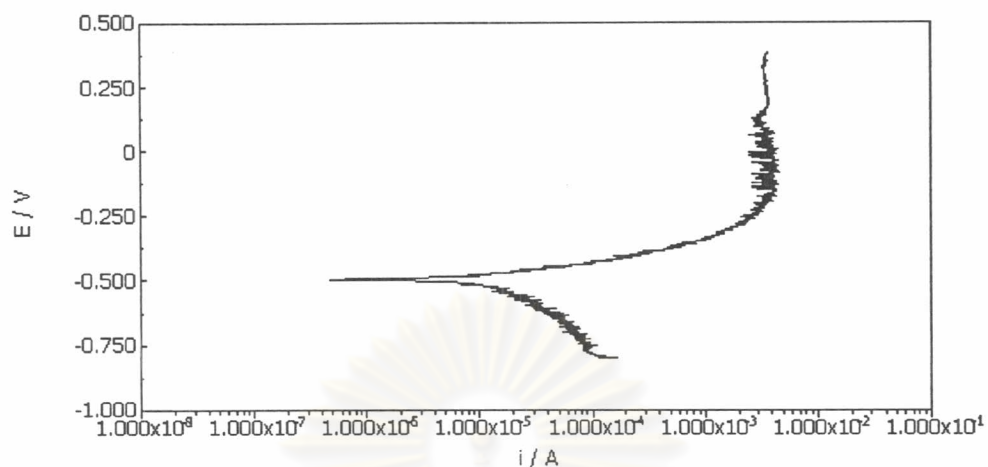




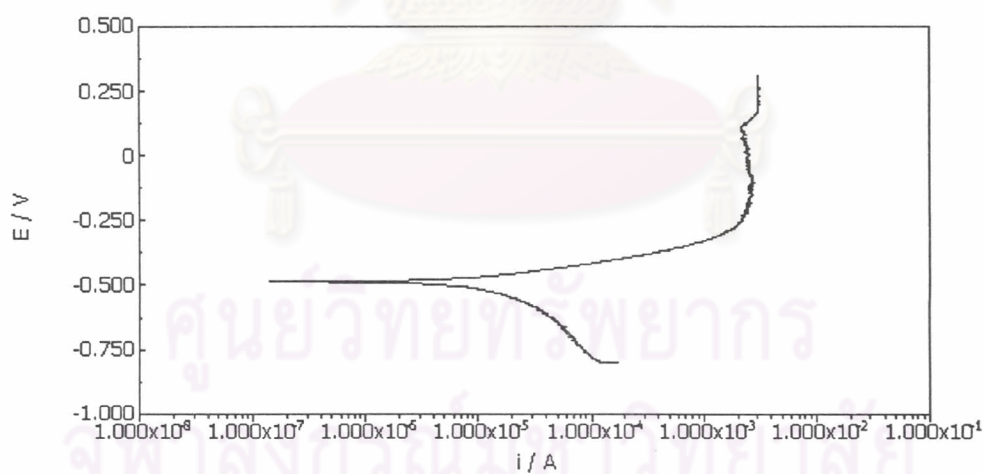
รูปที่ จ2-3 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 0.76 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



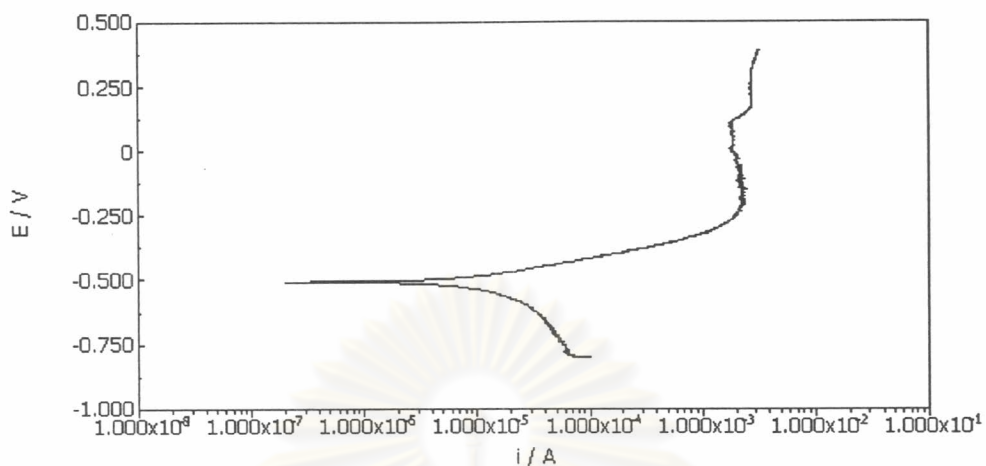
รูปที่ จ2-4 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 1.30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



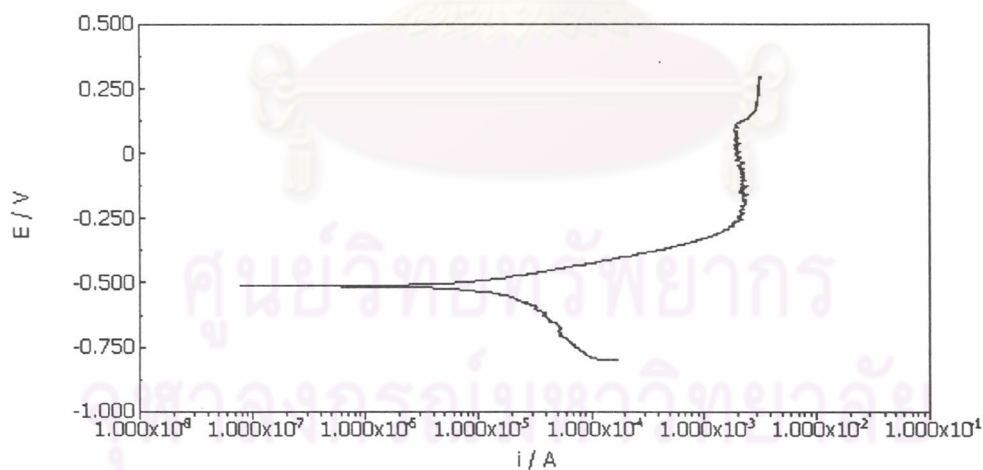
รูปที่ จ2-5 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 1.70 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ จ2-6 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 2.10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

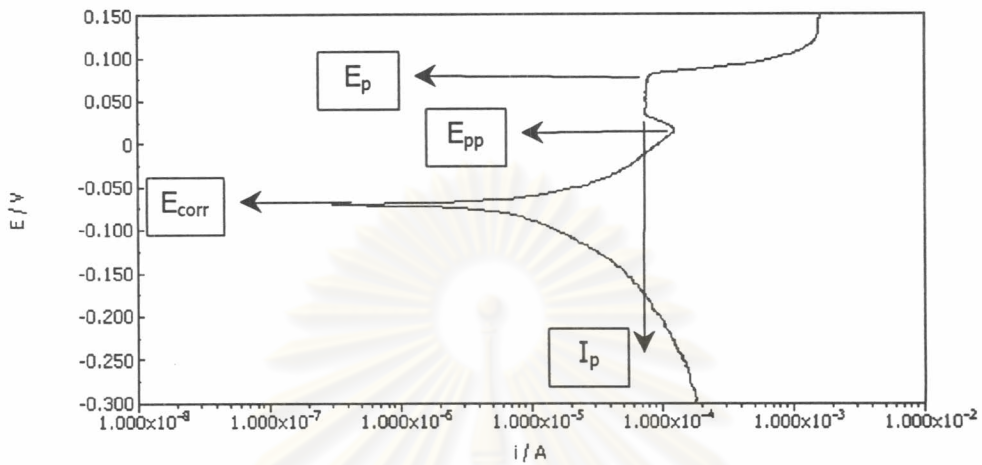


รูปที่ จ2-7 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 2.60 ไมโครเซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

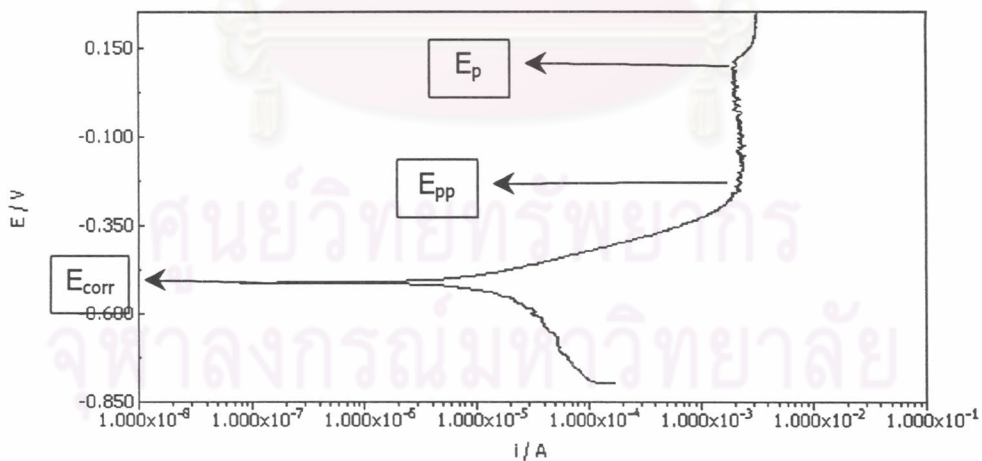


รูปที่ จ2-8 เส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 3.00 ไมโครเซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

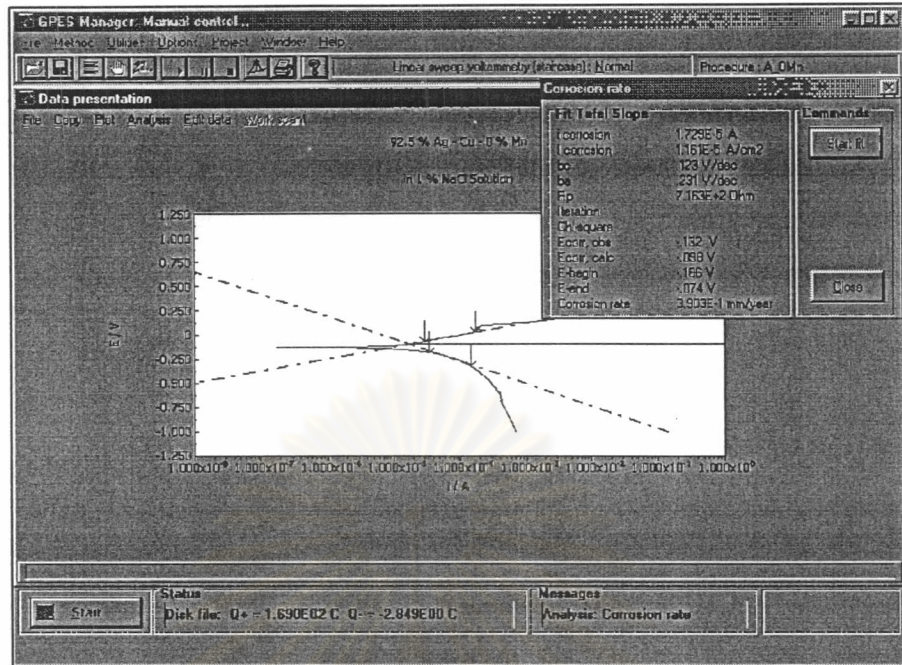
การหาค่า  $E_{\text{corr}}$ ,  $E_p$ ,  $E_{pp}$  และ  $I_p$  และอัตราการกัดกร่อน  
จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิง



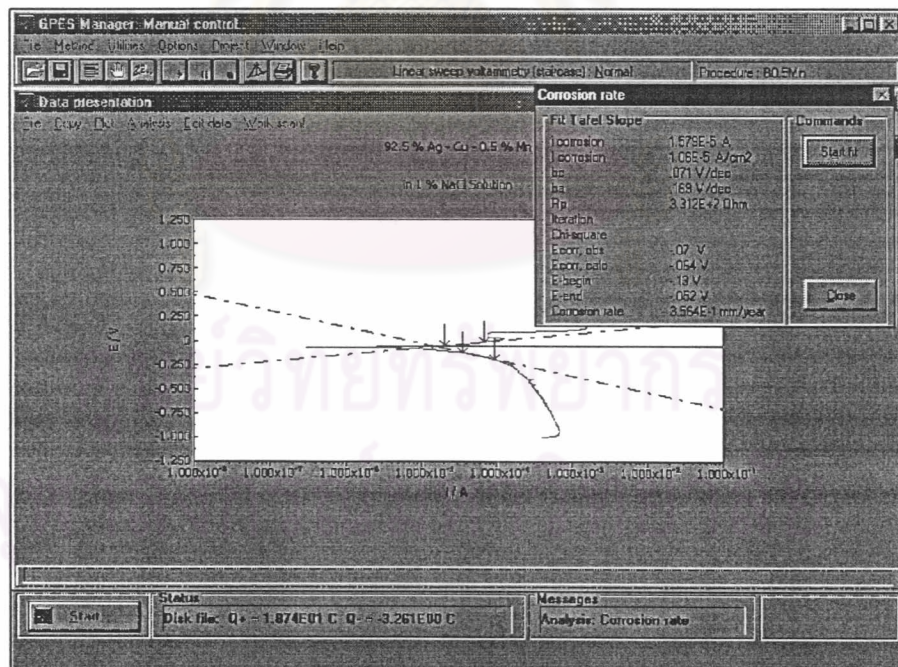
รูปที่ จ3-1 ตัวอย่างการหาค่า  $E_{\text{corr}}$ ,  $E_p$ ,  $E_{pp}$  และ  $I_p$  จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 0.38 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์



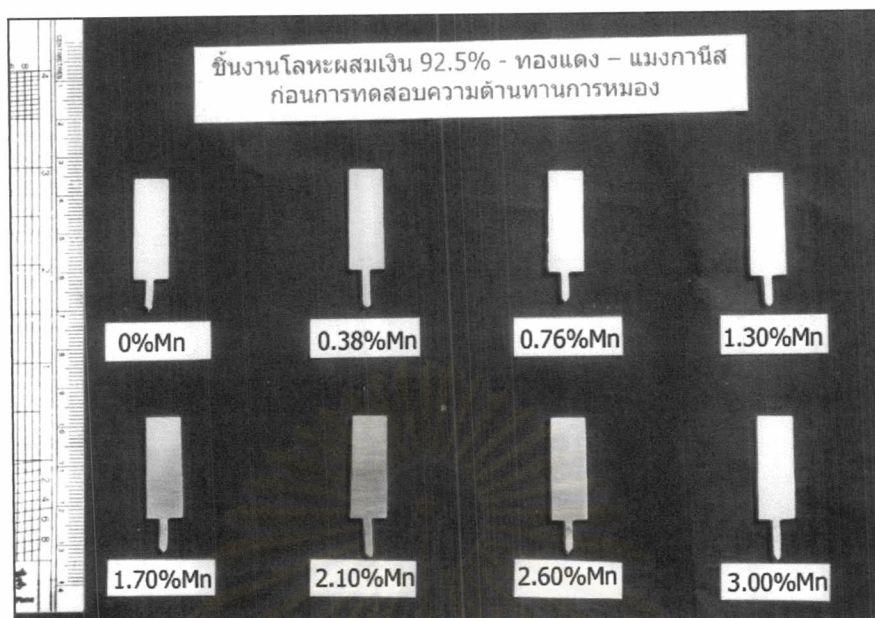
รูปที่ จ3-2 ตัวอย่างการหาค่า  $E_{\text{corr}}$ ,  $E_p$  และ  $E_{pp}$  จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งอิมมิตด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์



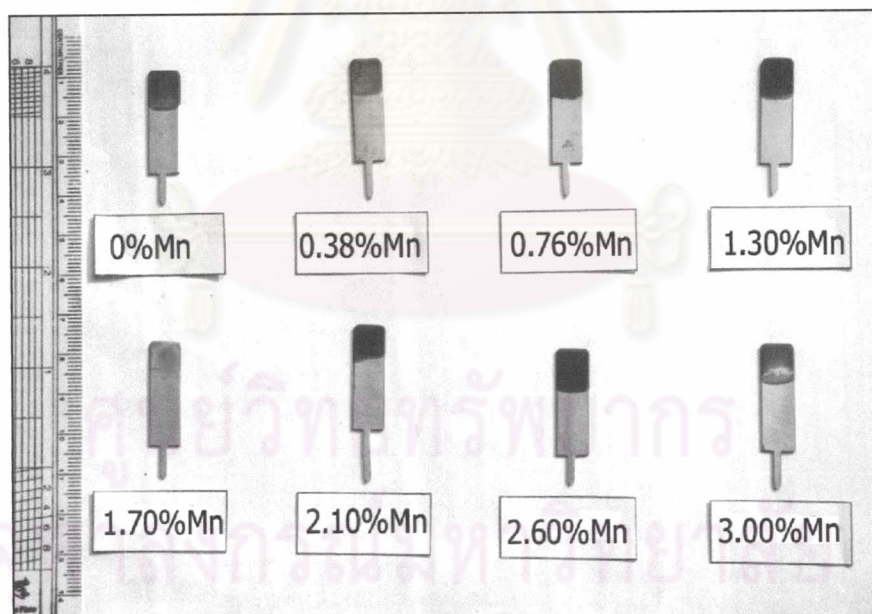
รูปที่ จ3-3 การหาค่า  $I_{corr}$  และอัตราการกัดกร่อนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ไม่มีปริมาณแมงกานีส ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



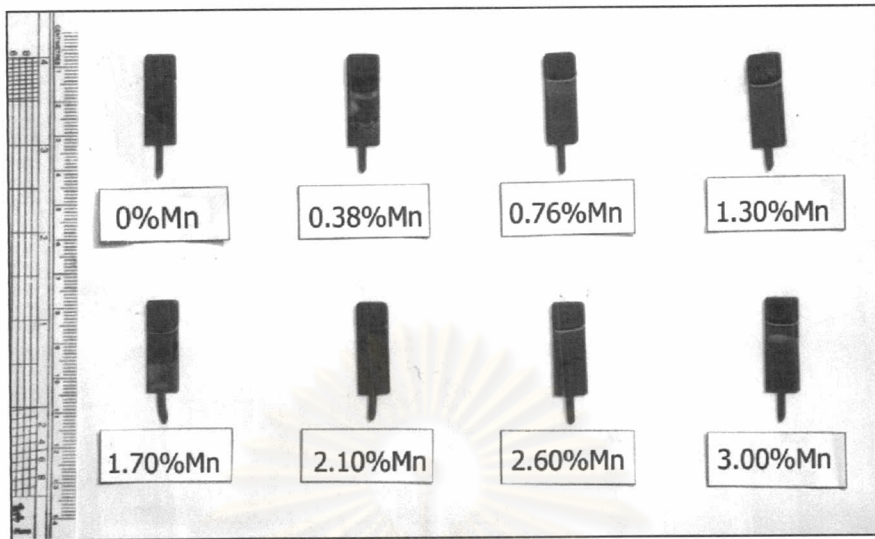
รูปที่ จ3-4 การหาค่า  $I_{corr}$  และอัตราการกัดกร่อนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณแมงกานีส 0.38 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ จ4-1 ภาพแสดงชิ้นงานโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส ก่อนการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนโดยเทคนิคเคมีไฟฟ้า



รูปที่ จ4-2 ภาพแสดงชิ้นงานโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส หลังการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนโดยเทคนิคเคมีไฟฟ้า ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

















รูปที่ จ4-3 ภาพแสดงชิ้นงานโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส หลังการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนโดยเทคนิคเคมีไฟฟ้า ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส















ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ฉ

ลักษณะสีผิวของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง - แมงกานีส  
ที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน (Heat Treatment)

อุณหภูมิ อบชุบความร้อน (°C)	เวลาอบชุบ ความร้อน (ชั่วโมง)	0%Mn	0.38%Mn	0.76%Mn	1.30%Mn	1.70%Mn	2.10%Mn	2.60%Mn	3.00%Mn
		100	2						
	4								

รูปที่ ฉ1 ภาพแสดงลักษณะสีผิวของโลหะผสมทั้ง 8 ชุด ที่อบชุบด้วยความร้อน  
ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ อบชุบความร้อน (°C)	เวลาอบชุบ ความร้อน (ชั่วโมง)	0%Mn	0.38%Mn	0.76%Mn	1.30%Mn	1.70%Mn	2.10%Mn	2.60%Mn	3.00%Mn
		200	2						
	4								

รูปที่ ฉ2 ภาพแสดงลักษณะสีผิวของโลหะผสมทั้ง 8 ชุด ที่อบชุบด้วยความร้อน  
ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส



อุณหภูมิ อบชุบความร้อน (°C)	เวลาอบชุบ ความร้อน (ชั่วโมง)	0%Mn	0.38%Mn	0.76%Mn	1.30%Mn	1.70%Mn	2.10%Mn	2.60%Mn	3.00%Mn
300	2								
	4								

รูปที่ ๓3 ภาพแสดงลักษณะสีผิวของโลหะผสมทั้ง 8 ชุด ที่อบชุบด้วยความร้อน  
ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ช

รายงานผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง -  
แมงกานีส ที่เติมปริมาณแมงกานีส 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์  
โดยน้ำหนัก

ด้วย Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

**dmc<sup>2</sup>**  
Dep. for Metals Calibration Center

Head office  
dmc<sup>2</sup> Metals (Thailand) Ltd.

23 /110-113 , Sorachai Bldg.,  
25-28 Fl., Sukhumvit Road,  
North Klongton, Wattana  
Bangkok 10110 , Thailand  
Phone : (662) 714-3969  
Fax : (662) 714-4224

Factory  
dmc<sup>2</sup> Metals (Thailand) Ltd.

PRECIOUS METAL REFINERY  
47/33 Moo 4, Sukhapiban 2 Road  
Prawas, Bangkok 10260  
Phone : (662) 727-0234-7  
Fax : (662) 727-0238

To : Metallurgy Engineering Department  
Chulalongkorn University

Fax : 218-6942

Attn : Dr.Aekasit

CC. :

Date 30-Oct-01

## ASSAY RESULTS

RECEIPT NO. : 03629

Bar No.	Weight in grams		Au		Ag		Cu		In	
	Received	After Used	%	Fine	%	Fine	%	Fine	%	Fine
A	6.46	5.13		-	92.11		7.65			
B	6.31	5.81		-	92.06		6.97			
C	6.25	5.75		-	91.94		6.63			
D	6.20	5.70		-	92.34		6.14			
		-		-			-			-
		-		-			-			-
		-		-			-			-
Total	25.22	22.39		-			-			-

We would consider the above accepted if we do not hear from you within five (5) working days from today.

Yours sincerely  
dmc<sup>2</sup> Metals (Thailand) Ltd.



Acceptance / Date

\_\_\_\_\_



DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE  
RAMA VI ROAD, RATCHATHEWI DISTRICT  
BANGKOK 10400, THAILAND

Our Ref. No. 0504/16876

Dr. Ekasit Nisarattanaporn  
Department of Metallurgical Engineering,  
Faculty of Engineering,  
Chulalongkorn University,  
Pathumwan  
Bangkok 10400

26 December 2001

Dear Sirs,

With reference to your request of - Ref. No. 7400,  
we are pleased to send you the following report on the sample/s of "metal sheet"  
received on 29 November 2001.

Yours truly,

Division of Chemistry  
Tel. 0 2201 7347-9

*S. Leowchavali*  
(Mr. Song-sang Leowchavali)  
Director, Chemistry Division

REPORT

Sender's Sample Designation	Marking	Laboratory No.	Manganese (Mn) , %
Metal sheet	2A35	VQ.461	not detected
	2B35	VQ.462	0.38
	2C35	VQ.463	0.76

*D. Chaosrimud*

(Miss Duangkamol Chaosrimud)

Scientist 5

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The above report is valid for the received sample/s only. The report does not guarantee any such material of the same brand or marking which may be sold in the market  
THIS REPORT IS NOT TO BE USED FOR ADVERTISING PURPOSES.

UUU 74. 7



Our Ref. No. 0504/16091

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE  
 RAMA VI ROAD, RATCHATHEWI DISTRICT  
 BANGKOK 10400, THAILAND

Dr. Akasit Nisarattanaporn  
 Department of Metallurgical Engineering  
 Faculty of Engineering  
 Chulalongkorn University

11 December 2001

Dear Sirs,

With reference to your request of 26 November 2001, Ref. No. 7264,  
 we are pleased to send you the following report on the sample/s of "Metal sheet"  
 received on 23 November 2001.

Yours truly,

Division of Chemistry  
 Tel. 0 2201 7347-8

*S. Leowchavalit*  
 (Mrs. Song-sang Leowchavalit)  
 Director, Chemistry Division

---

 REPORT
 

---

Sender's Sample Designation	Marking	Laboratory No.		
Metal sheet	2D	VQ.113	Manganese (Mn) , %	1.3

*D. Chaosrimud*

(Miss Duangkamol Chaosrimud)

Scientist 5

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The above report is valid for the received sample/s only. The report does not guarantee  
 any such material of the same brand or marking which may be sold in the market.  
 THIS REPORT IS NOT TO BE USED FOR ADVERTISING PURPOSES.

1/1996

วท. 7



DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE  
RAMA VI ROAD, RATCHATHEWI DISTRICT  
BANGKOK 10400, THAILAND

Our Ref. No. 0504/221

Dr. Ekasit Nisarattanaporn  
Department of Metallurgical Engineering  
Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University  
Pathumwan, Bangkok 10400

8 January 2002

Dear Sirs,

With reference to your request of 4 December 2001, Ref. No. 7465,  
we are pleased to send you the following report on the sample/s of "Metal sheet"  
received on 4 December 2001.

Yours truly,

Division of Chemistry  
Tel. 0 2201 7347-8

*A. Leowchavalit*  
(Mrs. Song-sang Leowchavalit)  
Director, Chemistry Division

REPORT

Sender's Sample Designation	Marking	Laboratory No.	Silver(Ag),%	Copper(Cu),%	Manganese(Mn),%
Metal sheet	2E15	VQ.549	90.6	5.4	1.7
	2F15	VQ.550	91.9	4.9	2.1
	2G15	VQ.551	90.0	4.4	2.6
	2H15	VQ.552	92.4	4.0	3.0

*D. Chaosrimud*  
(Miss Duangkamol Chaosrimud)  
Scientist 5

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The above report is valid for the received sample/s only. The report does not guarantee  
any such material of the same brand or marking which may be sold in the market  
THIS REPORT IS NOT TO BE USED FOR ADVERTISING PURPOSES.

1/1996

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุภิญญา วงษ์ศรีรักษา เกิดเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม พ.ศ.2520 ที่จังหวัดอุดรธานี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ (อัญมณีและเครื่องประดับ) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2540 หลังจบการศึกษา ได้บรรจุเข้ารับราชการที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และได้ลาศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2542 ขณะนี้ได้ กลับเข้ารับราชการที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย