

รายการอ้างอิง

1. Bernhard, Sivertsen, James T. Silver alloy composition, and master alloy compositions therefor. US.Patent No 5,039,479 DateAug13,1991.
2. Sasaki Hiroyuki, Sasaki Kenzo, Murayama Kentaro. Silver alloy for casting ornament. JP.Patent No 2002-309324, DateOct23, 2002.
3. Richard V. Carrano. Improving your silver casting. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): p.162-163.
4. มอก.๒๑-๒๕๑๕ (UDC671.11), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2415.
5. Allison Butts,1967,Silver economics, metallurgy, and use. Lehigh University, Pennsylvania, p.249.
6. Aldo M.Reti. Metallurgical aspects of silver/copper-based brazing filler metal.selection,Limitations and recent trends. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1989): p.168-170.
7. Aldo M.Reti.Understanding sterling silver. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): p.340-344.
8. Merchant, H.D., Kattamis, T.Z. and Morris,J.G. Continuous Casting of Aluminium alloys. Continuous Casting of Non-Ferrous Metal Metals and Alloys, September 28-29th, 1988, p.83-85.
9. Peter Johns. Firestain resistant silver alloys. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1997): p.38-42.
10. สงวนลักษณะ โสฬ์วานิชย์เจริญ. ผลของตึกงต่อสมบัติทางกลของสปริงเงินสเตอร์ลิง. ปรญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
11. ASM Handbook . Properties and selection nonferrous alloys and special - purpose materials. Vol. 2, ASM International,1992, p. 702.
12. Humphrey,F.J. and Hatherly,M. Recrystallization of Two-phase alloys. Recrystallization and Related Annealing Phenomena,1995,p.235-276.
13. สมณี กัดมนศรียกูล และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของโลหะเงินเจือสำหรับการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), มกราคม 2544, หน้า 13.

14. ธนวัฒน์ เมืองมัน และสุทธิ สุอำพัน. อิทธิพลของแมงกานีสต่อโครงสร้างจุลภาคและความแข็งของเงินสเตอร์ลิง. วิทยุยานพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
15. สุภิญญา วงษ์ศรีรักษา . สมบัติทางกลและความต้านทานการหมองของโลหะผสมเงิน 92.5% - ทองแดง- แมงกานีส. วิทยุยานพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
16. นันทิชา นรินทร์สุรรัตน์. การปรับปรุงความแข็งของลึนสปริงเงินสเตอร์ลิงด้วยกระบวนการทางความร้อน. โครงการงานทางวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
17. Eagar et al. Silver Alloys of Exceptional and Reversible Hardness. US.Patent No. 4,869,757. Date Sep 26, 1989.
18. Scoott M. Croce. Anti-tarnish silver alloy. US.Patent No 0219055 A1 DateNov4, 2004.
20. วสันต์ คุรัตน์. ผลของธาตุผสมแคลเซียมและซิลิคอนที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาค สมบัติทางกล และความต้านทานการหมองของโลหะผสมเงิน-ทองแดง. วิทยุยานพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
21. J.J. Moore. Chemical metallurgy. (n.p.): Butterworth Heinemann, 1990, p. 85.
22. D.P. Agarwal and G. Raykhtsaum. Color technology for jewelry alloy applications The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1988): 229-234.
23. D.P. Agarwal and G. Raykhtsaum. Tarnish behavior of low carat jewelry alloys - quantitative analysis. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1989): p.115-116.
24. American Society of Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard. Vol03.02, ASTM G 5-94, 1994, p. 49.
25. F.N. Rhines. Phase diagram in metallurgy. New York: McGraw-Hill, 1956.
26. Douglas A. Skoog, Donald M. West and F. James Holler, Foundamental of analytical chemistry. Seventh Edition, United State of America, Saunders College Publishing, 1996, p.388-389.
27. American Society of Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard. Vol03.01, ASTM E 92-82, 1992, p. 206-214.

ภาคผนวก

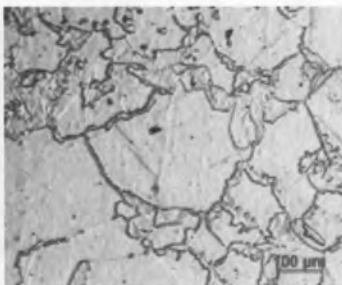
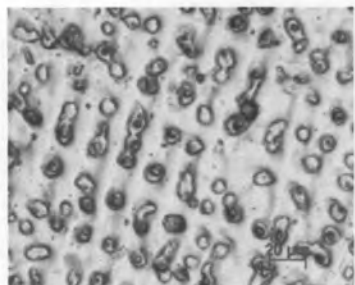
ภาคผนวก ก-1

โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน สภาพหล่อ
ผ่านการอบไฮโมจิโนเซชันที่ 750 องศาเซลเซียส 30 และ 60 นาที กำลังขยาย 50 เท่า

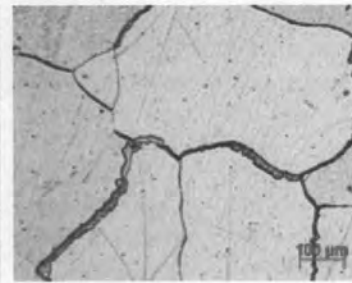
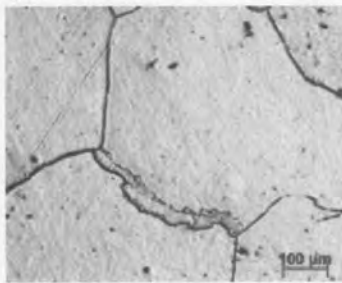
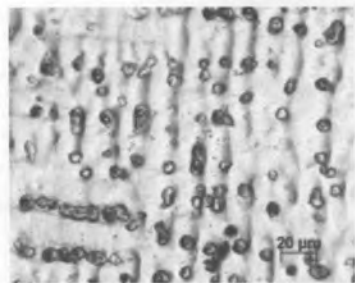
หล่อ

อบ 750 °C 30 นาที

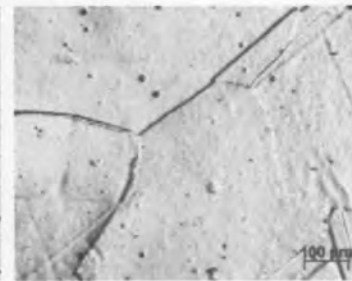
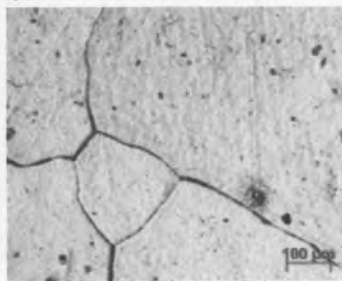
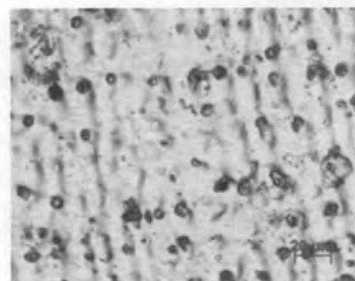
อบ 750 °C 60 นาที



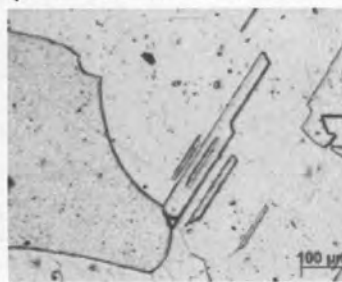
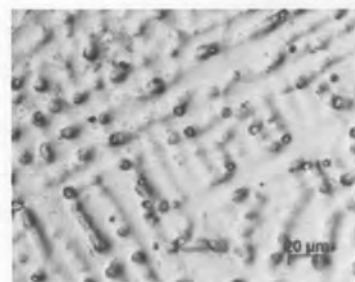
โลหะผสมชุดที่ 1 : 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag



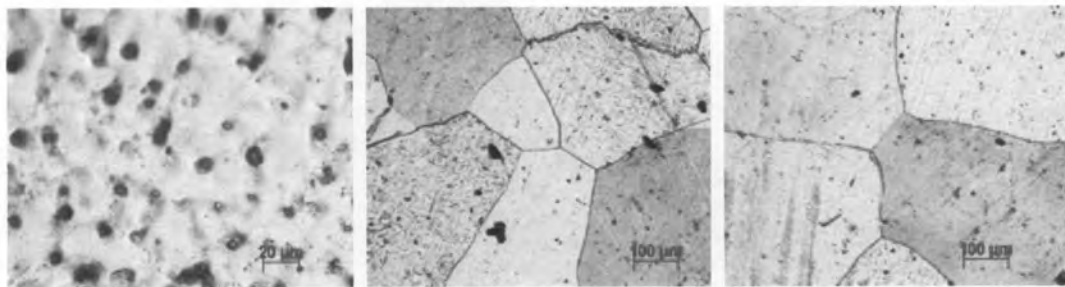
โลหะผสมชุดที่ 2 : 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag



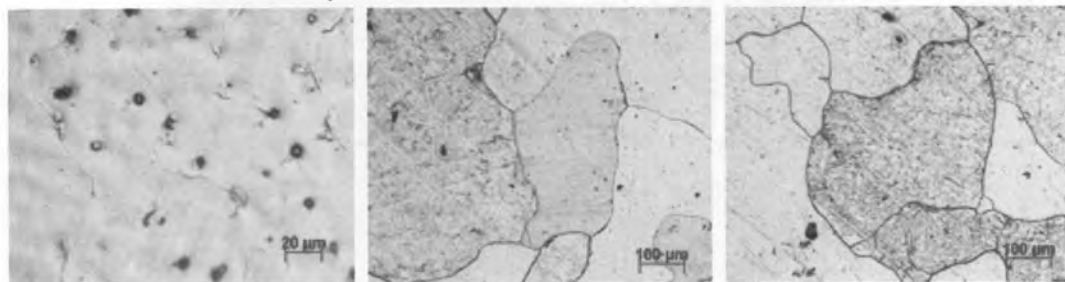
โลหะผสมชุดที่ 3 : 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag



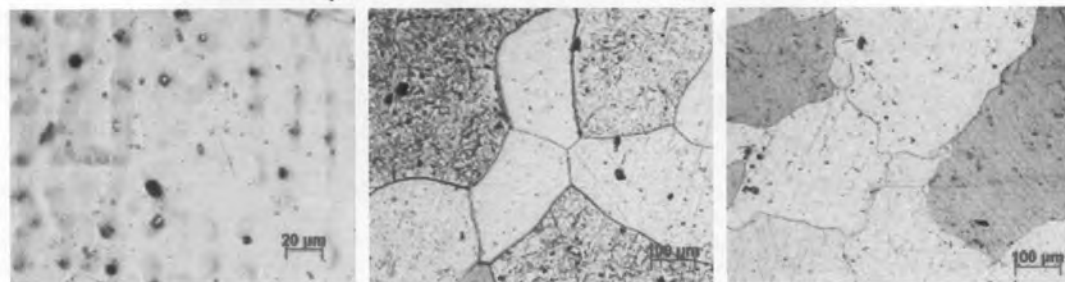
โลหะผสมชุดที่ 4 : 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag



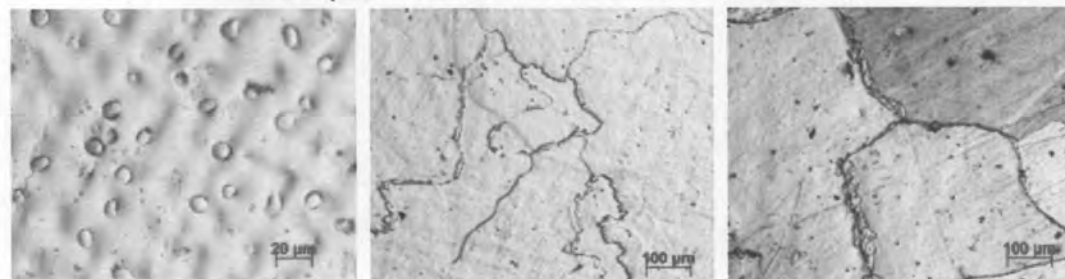
โลหะผสมชุดที่ 5 : 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag



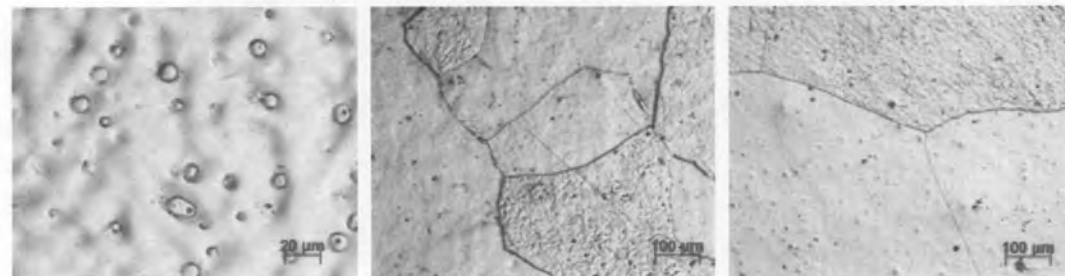
โลหะผสมชุดที่ 6 : 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-balance of Ag



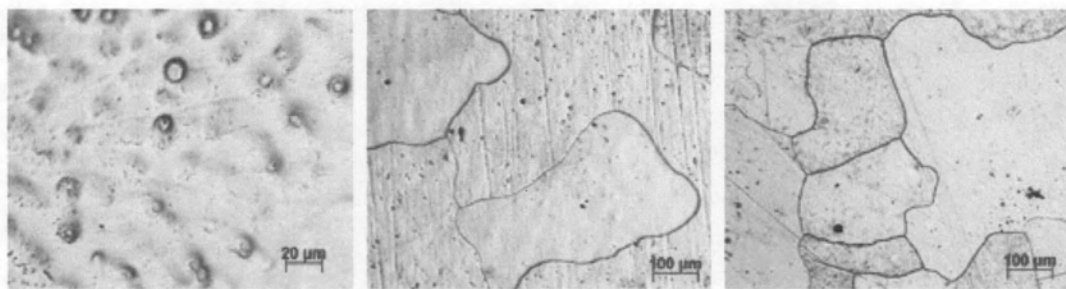
โลหะผสมชุดที่ 7 : 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 8 : 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 9 : 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชนิดที่ 10 : 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag

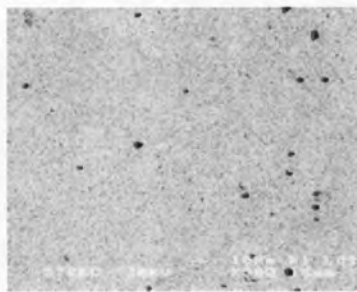
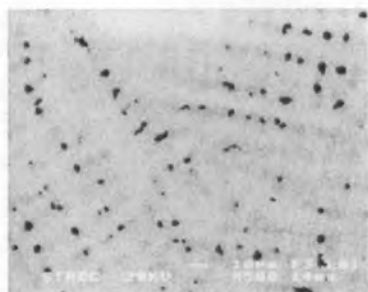
ภาคผนวก ก-2

การกระจายตัวของโครงสร้างยูเทคติกโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน
สภาพหล่อ ผ่านการอบไฮโดรเจนในเซชันที่ 750 องศาเซลเซียส นาน 30 และ 60 นาที

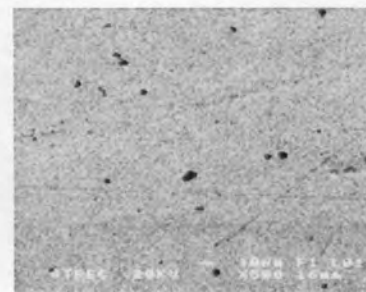
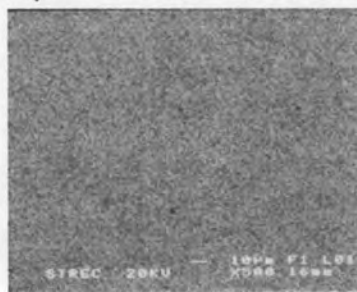
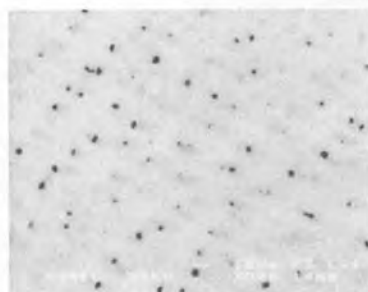
หล่อ

อบ 750 °C 30 นาที

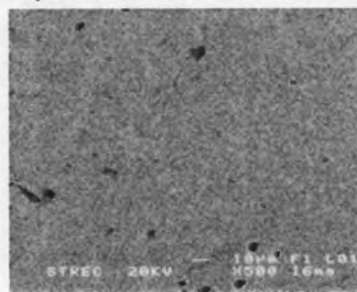
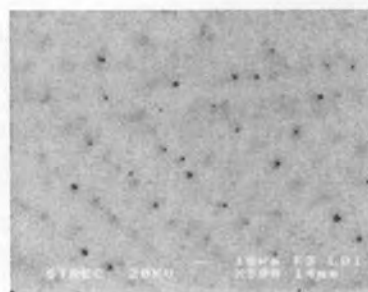
อบ 750 °C 60 นาที



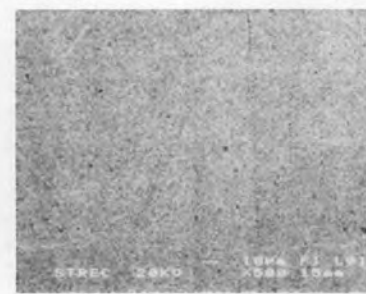
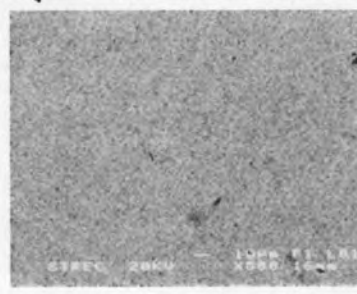
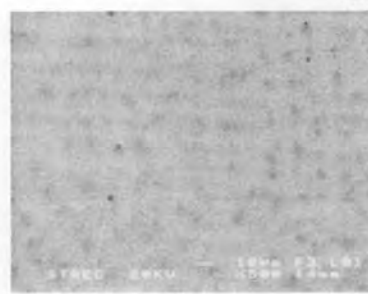
โลหะผสมชุดที่ 1 : 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 2 : 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag

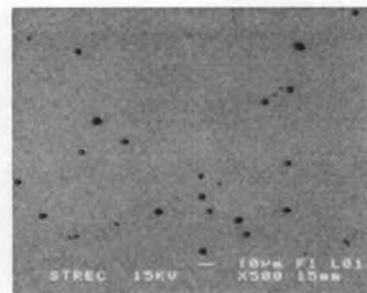
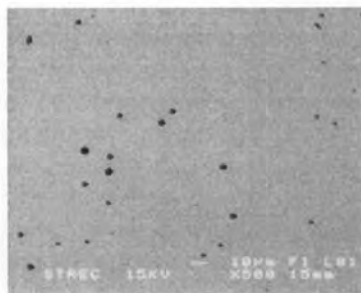
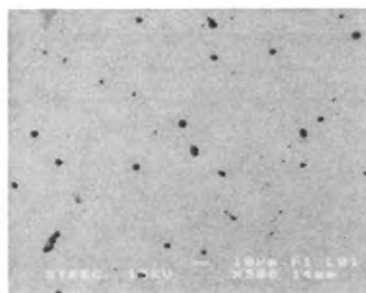


โลหะผสมชุดที่ 3 : 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag

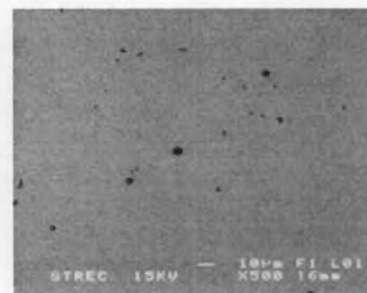
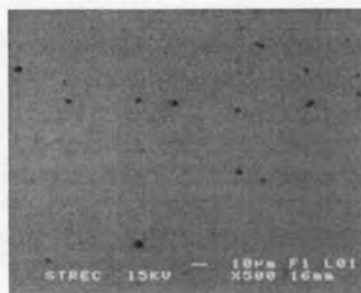


โลหะผสมชุดที่ 4 : 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag

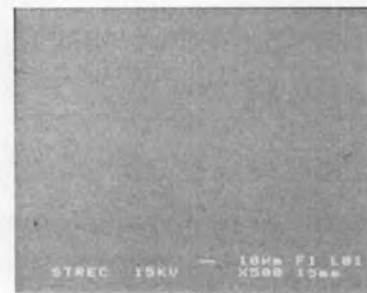
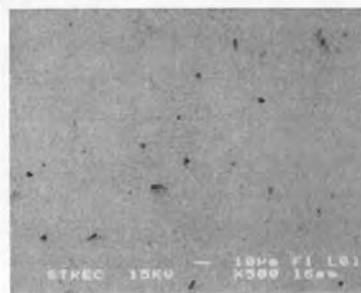
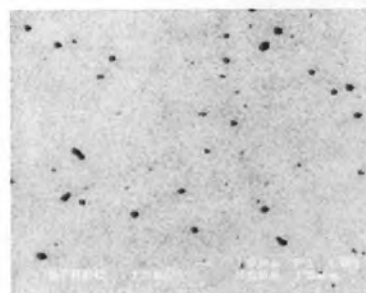




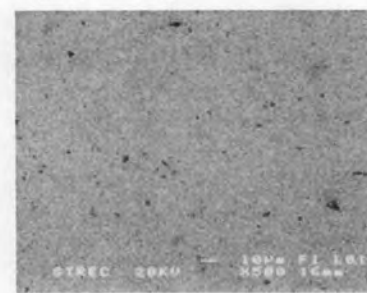
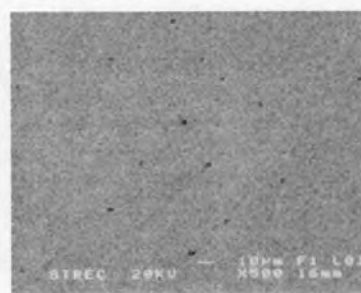
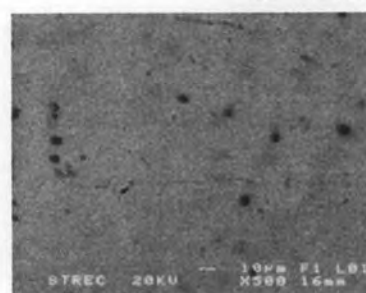
โลหะผสมชุดที่ 5 : 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag



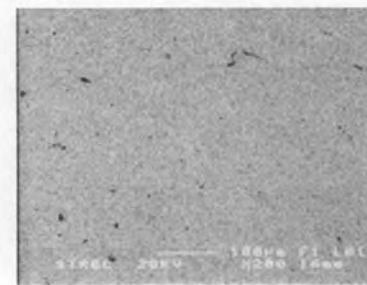
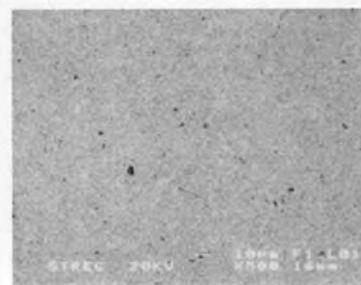
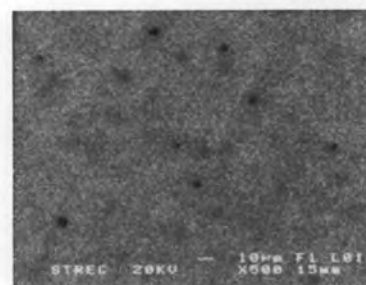
โลหะผสมชุดที่ 6 : 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-balance of Ag



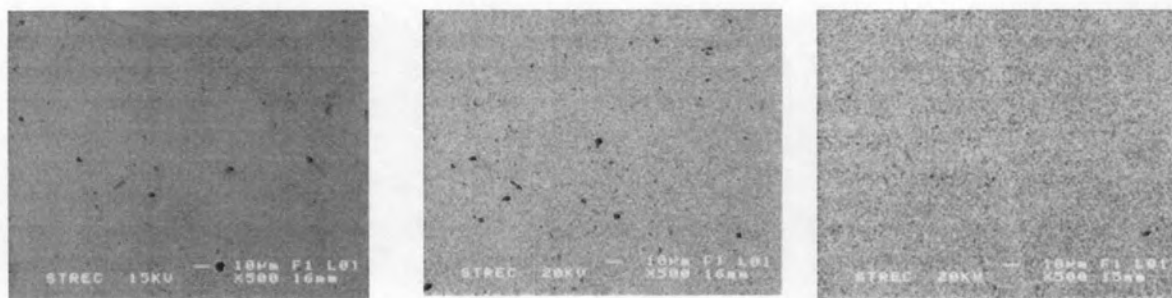
โลหะผสมชุดที่ 7 : 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 8 : 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 9 : 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 10 : 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag

ภาคผนวก ก-3

โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน ผ่านการลดขนาด
ด้วยอัตราการลดขนาด 89 เปอร์เซ็นต์ที่กำลังขยาย 50 เท่า

หล่อ



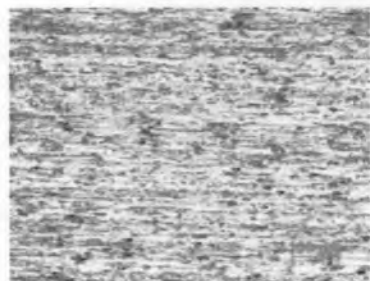
อบ 750 °C 30 นาที



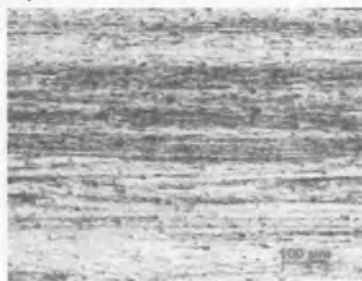
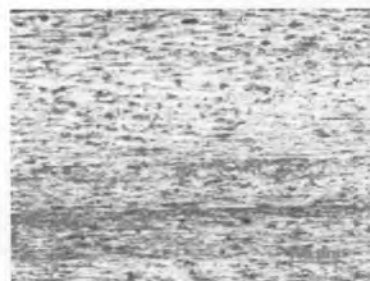
อบ 750 °C 60 นาที



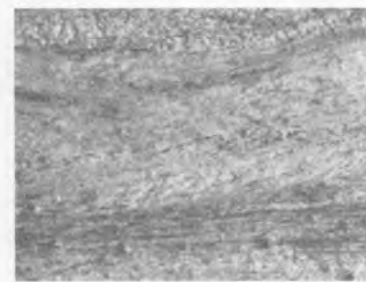
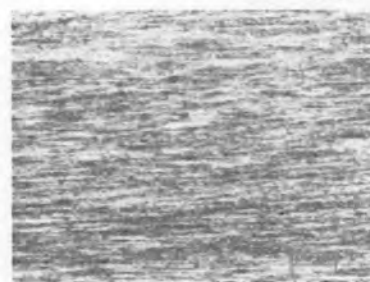
โลหะผสมชุดที่ 1 : 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 2 : 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag

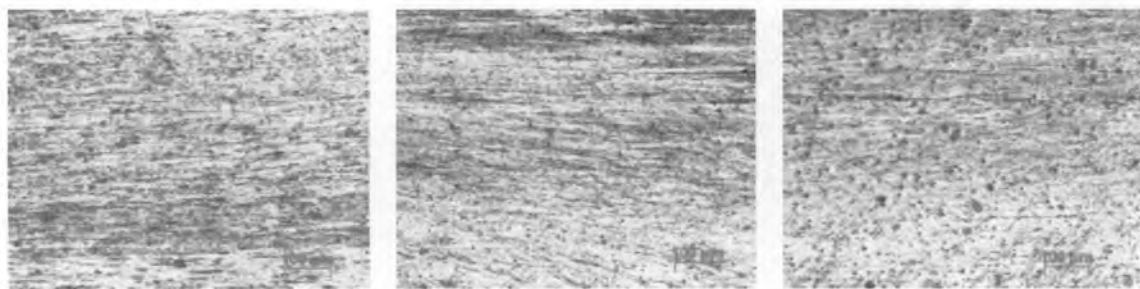


โลหะผสมชุดที่ 3 : 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 4 : 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag





โลหะผสมชุดที่ 5 : 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag



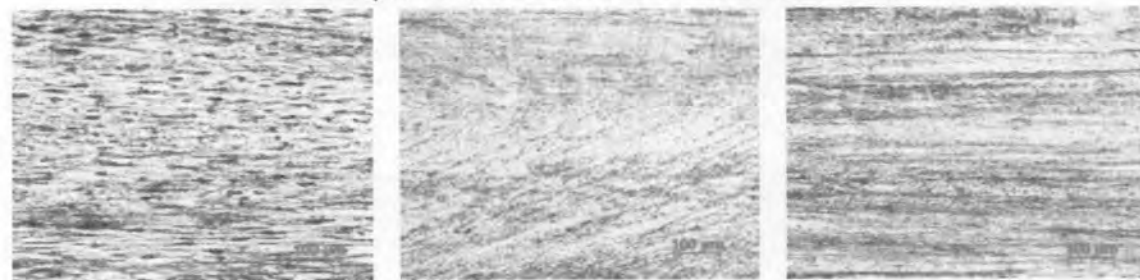
โลหะผสมชุดที่ 6 : 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 7 : 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 8 : 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 9 : 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-balance of Ag



โลหะผสมชุดที่ 10 : 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag

ภาคผนวก ข

ตาราง ข-1 แสดงปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด (SEM) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร สภาพหล่อ

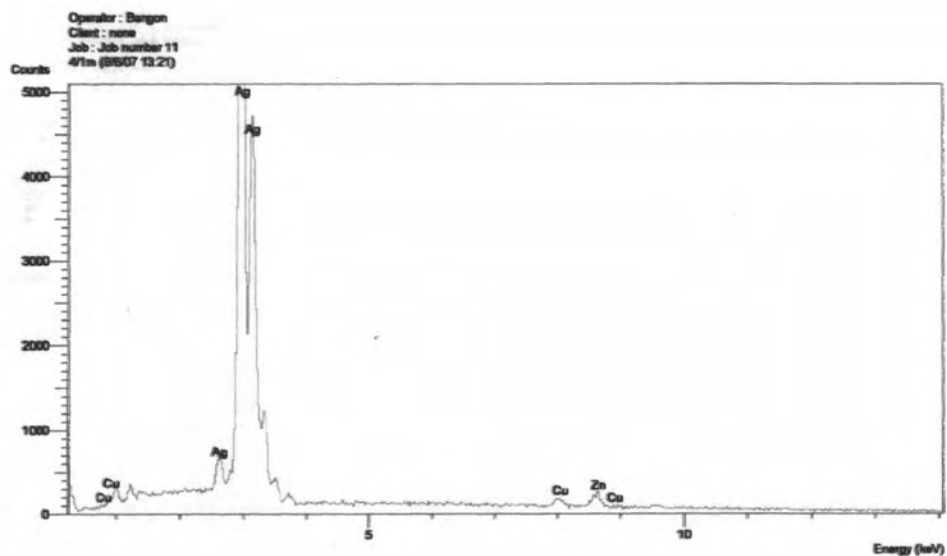
Sample	Chemical Composition of Samples				Chemical Composition from EDX* (wt.%)							
					Matrix				Eutectic			
	Ag	Cu	Zn	Si	Ag	Cu	Zn	Si	Ag	Cu	Zn	Si
1	balance	4.95	1.18	-	95.90	3.20	0.90	-	95.28	3.22	1.50	-
2	balance	4.12	1.96	-	95.1	3.11	1.79	-	73.46	21.47	5.08	-
3	balance	3.18	3.01	-	95.33	2.14	2.52	-	70.94	20.89	16.35	-
4	balance	2.10	3.97	-	94.25	1.77	3.98	-	-	-	-	-
5	balance	3.87	1.93	0.02	96.64	1.79	1.38	0.20	35.74	56.01	5.26	2.40
6	balance	3.13	2.93	0.02	96.13	1.56	2.21	0.10	18.13	71.42	5.94	4.51
7	balance	2.01	4.11	0.02	95.50	1.29	3.07	0.14	22.14	67.08	4.95	6.19
8	balance	3.77	1.66	0.040	94.75	3.46	1.78	0.01	88.01	4.38	2.30	5.33
9	balance	2.93	2.65	0.065	96.02	1.97	1.97	0.04	76.47	17.15	6.17	0.21
10	balance	2.30	3.23	0.036	94.56	2.06	3.30	0.04	-	-	-	-

ตาราง ข-2 แสดงปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด (SEM) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร ผ่านการอบไฮโมจิในเซชันที่ 750 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

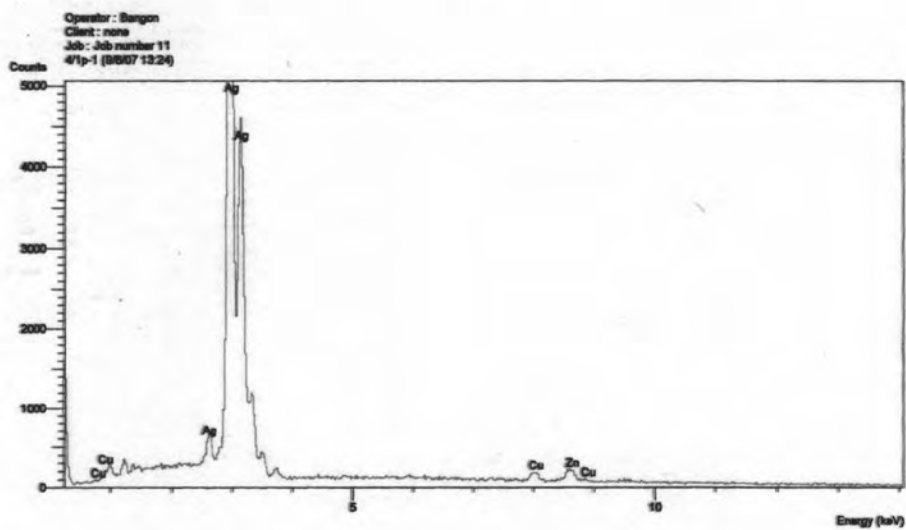
Sample	Chemical Composition of Samples				Chemical Composition from EDX* (wt.%)							
					Matrix				Eutectic			
	Ag	Cu	Zn	Si	Ag	Cu	Zn	Si	Ag	Cu	Zn	Si
1	balance	4.95	1.18	-	94.64	4.14	1.22	-	94.88	4.03	1.09	-
2	balance	4.12	1.96	-	93.91	4.14	1.95	-	94.04	3.98	1.98	-
3	balance	3.18	3.01	-	94.40	2.70	2.90	-	-	-	-	-
4	balance	2.10	3.97	-	94.36	1.92	3.72	-	-	-	-	-
5	balance	3.87	1.93	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
6	balance	3.13	2.93	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
7	balance	2.01	4.11	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
8	balance	3.77	1.66	0.040	94.89	3.56	1.55	-	-	-	-	-
9	balance	2.93	2.65	0.065	94.56	2.75	2.69	-	-	-	-	-
10	balance	2.30	3.23	0.036	95.08	2.08	2.84	-	-	-	-	-

ตาราง ข-3 แสดงปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด (SEM) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร สภาพผ่านการอบไฮโมจิในเซชันที่ 750 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

Sample	Chemical Composition of Samples				Chemical Composition from EDX* (wt.%)							
					Matrix				Eutectic			
	Ag	Cu	Zn	Si	Ag	Cu	Zn	Si	Ag	Cu	Zn	Si
1	balance	4.95	1.18	-	94.36	4.49	1.15	-	-	-	-	-
2	balance	4.12	1.96	-	93.76	4.08	2.16	-	-	-	-	-
3	balance	3.18	3.01	-	93.83	3.16	3.01	-	-	-	-	-
4	balance	2.10	3.97	-	95.76	1.46	2.78	-	-	-	-	-
5	balance	3.87	1.93	0.02	96.84	2.03	1.04	0.09	-	-	-	-
6	balance	3.13	2.93	0.02	95.82	1.94	2.14	0.10	-	-	-	-
7	balance	2.01	4.11	0.02	95.52	1.31	2.83	0.34	-	-	-	-
8	balance	3.77	1.66	0.040	94.63	3.52	1.85	-	-	-	-	-
9	balance	2.93	2.65	0.065	94.61	2.95	2.44	-	-	-	-	-
10	balance	2.30	3.23	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-



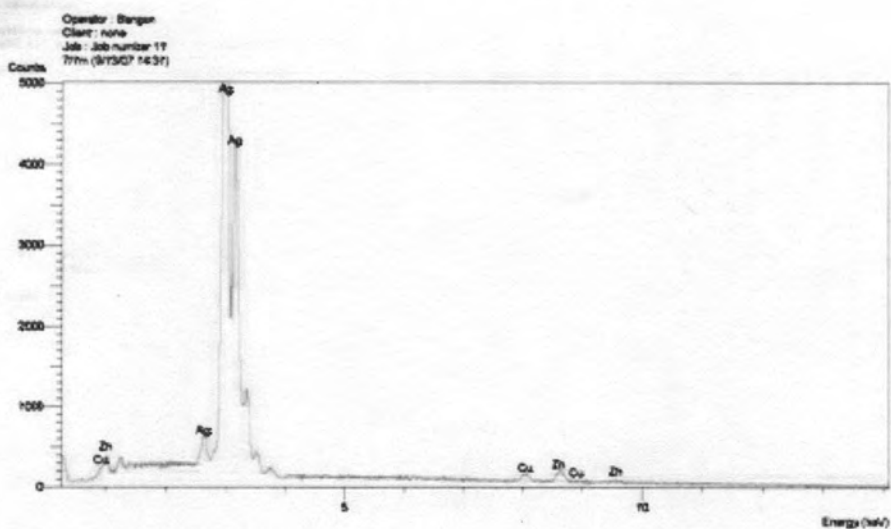
ข1-1



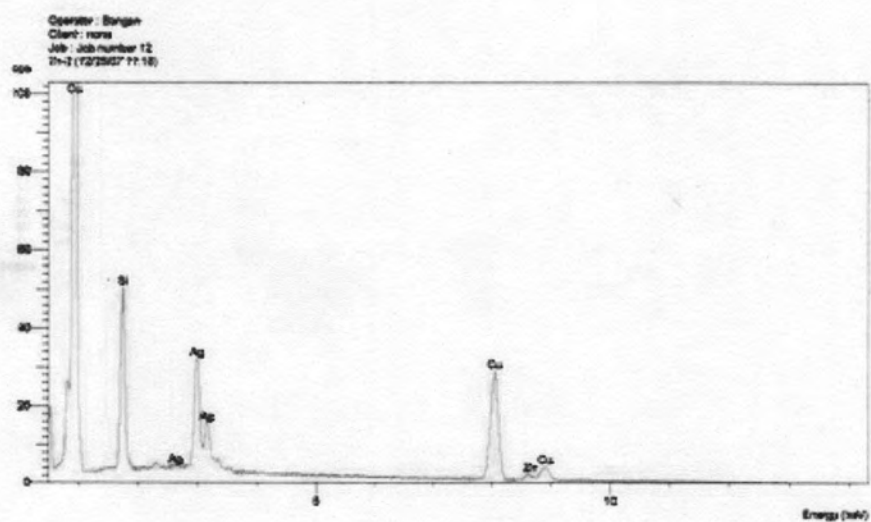
ข1-2

รูปที่ ข1 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของ
โลหะผสมชุดที่ 4 : 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag ด้วย EDX
ข1-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 94.25%Ag : 1.77%Cu : 3.98%Zn
ข1-2:บริเวณโครงสร้างยูเทคติก : 86.61%Ag : 5.34%Cu : 8.06%Zn

1 2529684X



ข2-1

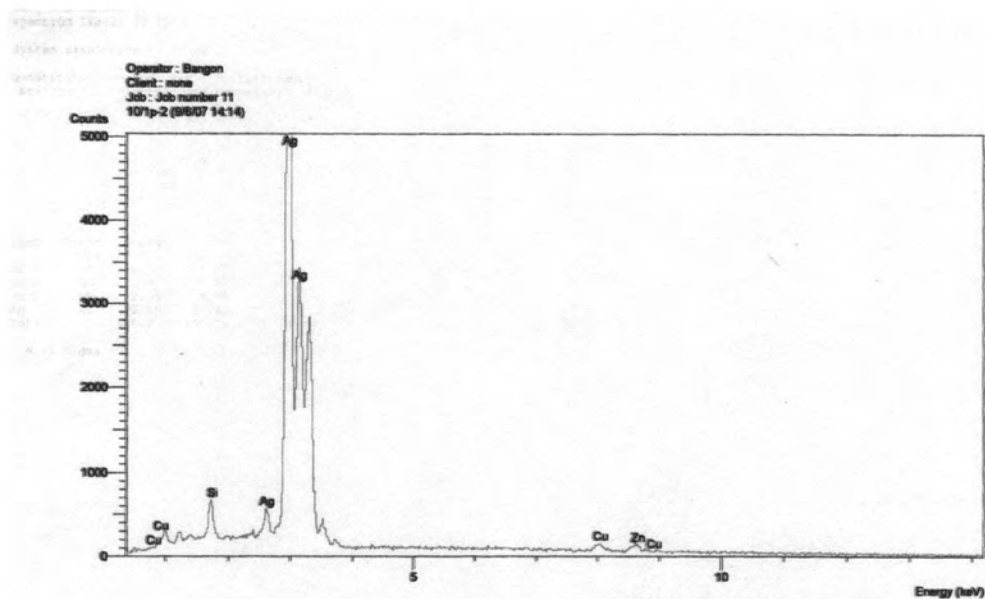


ข2-2

รูปที่ ข2 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะผสมชุดที่ 7 : 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag ด้วย EDX

ข2-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.50%Ag : 1.29%Cu : 3.07%Zn : 0.14%Si

ข2-2 บริเวณโครงสร้างยูเทคติก : 22.14%Ag : 67.08%Cu : 4.59%Zn : 6.19%Si



ข3-1

-

ข3-2

รูปที่ ข3 กราฟแสดงผลจากการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะผสมชุดที่ 10 : 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag ด้วย EDX
 ข3-1 บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 94.56%Ag : 2.06%Cu : 3.30%%Zn : 0.04%Si
 ข3-2:บริเวณโครงสร้างยูเทคติก : ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบความแข็งของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน
 ตาราง ค-1 ความยาวเส้นทแยงมุม 2 ด้าน (d_1 และ d_2) และความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers
 hardness; $HV_{0.025}$) ของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน สภาพหล่อ

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ ทดสอบ	d_1 (mm)	d_2 (mm)	ค่าความแข็งวิกเกอร์ (HV)	ค่าความแข็ง เฉลี่ย (HV)
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	22.44	23.58	87.5	76.9
	2	22.31	23.75	87.4	
	3	23.39	23.04	86.0	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	25.46	24.94	73.0	72.9
	2	24.30	25.49	74.8	
	3	24.72	26.36	71.1	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	26.20	25.60	69.1	68.9
	2	25.57	26.21	69.2	
	3	27.54	26.38	68.8	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	28.46	29.22	55.7	55.3
	2	29.19	28.56	55.6	
	3	29.32	29.24	54.1	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag	1	24.75	26.12	71.6	72.1
	2	23.84	26.30	73.8	
	3	25.07	26.00	71.0	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-balance of Ag	1	28.19	26.51	62.0	62.5
	2	27.62	26.72	62.8	
	3	27.29	27.08	62.7	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag	1	27.16	28.55	59.7	58.3
	2	28.06	29.94	55.1	
	3	27.13	28.37	60.2	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-balance of Ag	1	25.85	25.55	70.2	70.5
	2	26.61	24.67	70.5	
	3	25.31	25.87	70.8	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu- balance of Ag	1	29.04	27.39	60.25	59.9
	2	28.73	27.42	59.75	
	3	26.84	29.37	59.8	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu- balance of Ag	1	28.42	27.84	58.6	58.6
	2	28.00	28.19	58.7	
	3	27.84	28.64	58.7	

ตาราง ค-2 ความยาวเส้นทแยงมุม 2 ด้าน (d_1 และ d_2) และความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers hardness; $HV_{0.025}$) ของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน ผ่านการอบไฮโมจีไนเซชัน 750 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	d_1 (mm)	d_2 (mm)	ค่าความแข็งวิกเกอร์ (HV)	ค่าความแข็งเฉลี่ย (HV)
จุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	20.72	21.17	105.6	106.2
	2	21.18	20.82	105.1	
	3	20.72	20.72	107.9	
จุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	21.97	22.55	94.0	91.1
	2	21.93	22.49	94.8	
	3	21.81	22.36	85.9	
จุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	23.42	24.05	82.3	82.6
	2	24.03	23.51	82.1	
	3	23.55	23.55	83.6	
จุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	25.39	27.37	66.6	68.4
	2	26.37	25.32	69.4	
	3	26.07	25.70	69.2	
จุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag	1	23.01	23.46	85.9	86.4
	2	22.83	23.56	86.9	
	3	22.99	23.35	86.4	
จุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-balance of Ag	1	26.21	25.60	69.1	69.0
	2	25.57	26.20	69.2	
	3	26.54	25.38	68.8	
จุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag	1	26.27	27.30	64.6	65.7
	2	25.37	27.00	67.6	
	3	26.92	26.53	64.9	
จุดที่ 8 0.04%Si-1.86%Zn -3.77%Cu-balance of Ag	1	23.33	23.90	83.1	83.1
	2	23.25	24.06	82.9	
	3	23.87	23.28	83.4	
จุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-balance of Ag	1	24.69	26.42	71.0	71.3
	2	25.41	26.26	69.5	
	3	24.87	25.32	73.6	
จุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag	1	26.50	27.05	64.8	64.5
	2	27.20	26.59	64.1	
	3	27.05	26.52	64.6	

ตาราง ค-3 ความยาวเส้นทแยงมุม 2 ด้าน (d_1 และ d_2) และความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers hardness; $HV_{0.025}$) ของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน ผ่านการอบไฮโมจีไนเซชัน 750 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	d_1 (mm)	d_2 (mm)	ค่าความแข็งวิกเกอร์ (HV)	ค่าความแข็งเฉลี่ย* (HV)
จุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	22.59	21.97	93.4	93.1
	2	22.49	22.02	93.6	
	3	22.61	22.17	92.5	
จุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	23.12	23.42	85.6	85.5
	2	23.02	23.19	86.8	
	3	23.62	23.31	84.2	
จุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	25.64	25.84	70.0	70.8
	2	25.21	25.66	71.7	
	3	25.37	25.77	70.9	
จุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	27.74	29.16	57.3	57.7
	2	28.76	28.16	57.3	
	3	28.07	28.12	58.7	
จุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag	1	24.97	25.09	74.0	75.9
	2	24.65	24.61	76.4	
	3	24.57	24.41	77.3	
จุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-balance of Ag	1	26.77	25.92	66.8	66.2
	2	26.78	26.07	66.4	
	3	25.71	27.38	65.5	
จุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-balance of Ag	1	29.04	27.39	58.2	58.5
	2	28.73	27.42	58.8	
	3	26.84	29.37	58.7	
จุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-balance of Ag	1	24.64	26.43	71.1	71.9
	2	24.39	26.21	72.4	
	3	24.38	26.31	72.2	
จุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-balance of Ag	1	26.85	26.67	64.7	64.3
	2	26.47	27.02	64.8	
	3	27.11	26.97	63.4	
จุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag	1	27.34	27.14	62.5	62.0
	2	27.50	27.84	60.6	
	3	27.29	26.91	63.1	

ตาราง ค-4 แสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์(HV_{0.025}) เปรียบเทียบกับปริมาณส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมเงิน 94% -ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.68 มิลลิเมตร) สภาพหล่อ หลังการอบอ่อน

โลหะผสมชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี(%wt)				ค่าความแข็งเฉลี่ย* (HV) as-cast condition หลังการอบอ่อน								
					500 °C			550 °C			600 °C		
	Ag	Cu	Zn	Si	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
1	balance	4.95	1.18	-	98.2	83.7	82.2	83.2	78.2	73.4	78.4	77.9	77.4
2	balance	4.12	1.96	-	87.0	83.2	80.3	80.0	77.8	64.9	75.7	74.4	71.3
3	balance	3.18	3.01	-	83.4	81.7	78.7	76.7	68.7	62.9	73.9	63.6	62.2
4	balance	2.10	3.97	-	71.8	66.5	55.9	67.8	61.1	54.5	63.9	61.0	52.8
5	balance	3.87	1.93	0.02	79.4	76.1	69.6	74.9	74.7	68.6	67.9	64.0	62.7
6	balance	3.13	2.93	0.02	72.5	72.2	67.3	68.4	67.2	66.2	64.5	61.1	61.0
7	balance	2.01	4.11	0.02	66.8	66.4	62.7	63.9	63.1	59.1	61.0	55.8	54.2
8	balance	3.77	1.66	0.040	79.8	76.1	69.7	77.3	72.5	66.4	71.5	66.4	66.1
9	balance	2.93	2.65	0.065	73.7	69.4	68.2	75.6	68.2	63.9	64.2	60.8	60.3
10	balance	2.30	3.23	0.036	70.0	68.4	66.0	69.8	66.1	63.0	63.5	60.0	56.7

ตาราง ค-5 แสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์(HV_{0.025}) เปรียบเทียบกับปริมาณส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมเงิน 94% -ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.68 มิลลิเมตร) สภาพผ่านการอบไฮโมจิโนเซชัน 750 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังการอบอ่อน

โลหะผสมชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี(%wt)				ค่าความแข็งเฉลี่ย* (HV) homo.750 °C 30 นาที หลังการอบอ่อน								
					500 °C			550 °C			600 °C		
	Ag	Cu	Zn	Si	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
1	balance	4.95	1.18	-	103.9	93.9	92.3	94.6	87.0	84.5	82.3	74.2	73.8
2	balance	4.12	1.96	-	94.8	91.1	84.8	84.7	81.5	79.7	74.6	72.0	70.9
3	balance	3.18	3.01	-	82.8	81.5	77.1	76.2	68.2	65.2	66.7	62.1	61.9
4	balance	2.10	3.97	-	71.4	63.7	59.6	67.3	60.6	58.0	63.2	60.5	56.1
5	balance	3.87	1.93	0.02	88.1	83.9	79.6	76.9	73.9	73.8	69.7	68.7	65.8
6	balance	3.13	2.93	0.02	77.7	73.1	69.3	76.2	72.4	63.3	66.5	65.6	60.7
7	balance	2.01	4.11	0.02	74.3	67.6	64.2	71.4	66.2	58.7	66.1	64.1	54.8
8	balance	3.77	1.66	0.040	88.7	84.1	75.4	82.8	78.2	70.1	71.0	71.0	69.6
9	balance	2.93	2.65	0.065	73.4	70.5	67.1	73.4	67.4	64.0	67.4	64.1	63.6
10	balance	2.30	3.23	0.036	71.4	69.1	64.9	69.6	63.6	60.5	61.8	61.1	59.6

ตาราง ค-6 แสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์(HV_{0.025}) เปรียบเทียบกับปริมาณส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมเงิน 94% -ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.68 มิลลิเมตร) สภาพผ่านการอบไฮโมจิโนเซชัน 750 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หลังการอบอ่อน

โลหะผสมชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี(%wt)				ค่าความแข็งเฉลี่ย* (HV) homo.750 °C 60 นาที หลังการอบอ่อน								
					500 °C			550 °C			600 °C		
	Ag	Cu	Zn	Si	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
1	balance	4.95	1.18	-	100.6	87.3	84.5	91.0	85.0	83.5	83.8	71.7	67.9
2	balance	4.12	1.96	-	98.9	86.9	81.8	77.5	74.4	69.1	73.8	67.8	64.4
3	balance	3.18	3.01	-	95.2	77.4	77.3	77.4	68.7	65.6	68.0	63.9	58.6
4	balance	2.10	3.97	-	69.4	62.8	58.8	67.6	59.3	56.1	58.9	57.7	55.3
5	balance	3.87	1.93	0.02	79.7	79.5	78.6	76.2	73.6	73.3	69.2	69.1	68.0
6	balance	3.13	2.93	0.02	76.8	75.7	70.5	69.0	67.3	66.3	66.0	65.0	62.3
7	balance	2.01	4.11	0.02	70.4	70.1	65.3	67.3	68.4	64.5	63.5	62.1	59.8
8	balance	3.77	1.66	0.040	84.5	82.8	80.9	77.9	76.5	72.7	68.4	64.3	60.4
9	balance	2.93	2.65	0.065	73.6	70.8	66.9	68.4	63.5	63.4	64.3	60.4	59.4
10	balance	2.30	3.23	0.036	72.5	68.8	65.6	64.8	63.3	60.9	60.5	60.1	59.2

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบแรงดึงของโลหะผสมเงิน 94% - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน

ตาราง ง-1 แสดงผลการทดสอบแรงดึงของโลหะผสมเงิน 94% -ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร)

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี(%wt)				as-cast		homo.750 ^o C 30 นาที		homo.750 ^o C 60 นาที	
	Ag	Cu	Zn	Si	Tensile stress(Mpa)	%elongation	Tensile stress(Mpa)	%elongation	Tensile stress(Mpa)	%elongation
1	balance	4.95	1.18	-	217.8	78.7	212.1	80.8	202.1	109.8
2	balance	4.12	1.96	-	204.1	82.5	187.3	110.8	184.7	126.3
3	balance	3.18	3.01	-	187.3	99.6	177.1	115.8	175.9	130.1
4	balance	2.10	3.97	-	175.4	112.3	166.3	129.5	163.7	138.0
5	balance	3.87	1.93	0.02	201.3	60.7	191.1	61.0	162.8	65.2
6	balance	3.13	2.93	0.02	184.1	61.4	177.7	81.5	156.1	86.6
7	balance	2.01	4.11	0.02	175.7	67.7	175.0	92.7	142.0	117.6
8	balance	3.77	1.66	0.040	195.1	67.5	168.9	70.9	158.9	79.2
9	balance	2.93	2.65	0.065	166.8	70.7	158.3	77.5	146.8	80.2
10	balance	2.30	3.23	0.036	161.9	115.1	144.0	93.2	138.5	94.9

ตาราง ง-2 แสดงผลการทดสอบแรงดึงของโลหะผสมเงิน 94% -ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 มิลลิเมตร)

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี(%wt)				as-cast		homo.750 °C 30 นาที		homo.750 °C 60 นาที	
	Ag	Cu	Zn	Si	Tensile stress(Mpa)	%elongation	Tensile stress(Mpa)	%elongation	Tensile stress(Mpa)	%elongation
1	balance	4.95	1.18	-	549.0	4.7	528.5	4.9	523.0	4.9
2	balance	4.12	1.96	-	544.0	5.5	525.5	5.5	508.0	5.3
3	balance	3.18	3.01	-	489.4	6.0	487.5	5.7	477.5	6.2
4	balance	2.10	3.97	-	479.4	6.6	461.2	6.4	458.0	6.3
5	balance	3.87	1.93	0.02	521.6	4.9	518.5	5.0	506.1	5.5
6	balance	3.13	2.93	0.02	487.3	6.0	471.8	5.3	473.0	5.9
7	balance	2.01	4.11	0.02	462.5	6.5	443.8	6.0	434.2	6.1
8	balance	3.77	1.66	0.040	513.3	5.8	488.0	5.2	483.3	5.5
9	balance	2.93	2.65	0.065	471.5	6.4	465.2	6.5	464.7	5.7
10	balance	2.30	3.23	0.036	466.4	7.0	462.6	6.8	432.8	7.2

ตาราง ง-3 ผลการทดสอบแรงดึงโลหะผสมเงิน 940-ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร) สภาพหล่อ

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด* (Mpa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว*
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	202.5	217.8	71.7	78.7
	2	215.8		85.0	
	3	235.2		79.5	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	205.6	204.1	86.2	82.5
	2	205.3		79.5	
	3	201.9		81.7	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	201.6	187.3	95.5	99.6
	2	176.6		97.7	
	3	183.5		105.5	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	170.5	175.4	106.7	112.3
	2	178.2		110.5	
	3	177.5		119.7	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn - 3.97%Cu-balance of Ag	1	202.1	201.3	57.3	60.7
	2	210.5		59.0	
	3	191.3		65.7	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag	1	182.7	184.1	55.7	61.4
	2	179.5		68.3	
	3	190.1		60.2	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-balance of Ag	1	181.7	175.7	65.2	67.7
	2	177.5		70.9	
	3	168.0		67.1	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn - 3.77%Cu-balance of Ag	1	194.0	195.1	68.4	67.5
	2	199.7		71.3	
	3	191.5		62.7	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn - 2.93%Cu-balance of Ag	1	159.3	166.8	77.3	70.7
	2	162.7		68.2	
	3	178.3		66.7	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn - 2.30%Cu-balance of Ag	1	163.5	161.8	108.3	115.1
	2	159.9		119.7	
	3	162.1		117.2	

ตาราง ง-4 ผลการทดสอบแรงดึงโลหะผสมเงิน 940-ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร) ผ่านการอบไฮโมจิในเซชันที่ 750 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด* (Mpa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว*
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	208.01	212.15	81.6	80.85
	2	215.65		78.9	
	3	212.7		82.05	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	186.75	187.35	113.75	110.8
	2	190.27		107.2	
	3	185.03		111.45	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	181.25	177.15	131.3	115.8
	2	175.5		98.9	
	3	174.7		117.2	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	161.4	166.35	120.7	129.5
	2	164.3		125.9	
	3	173.35		141.9	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn - 3.97%Cu-balance of Ag	1	182.45	191.1	61.01	61.05
	2	198.1		55.9	
	3	192.75		66.24	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag	1	175.5	177.7	81.9	81.55
	2	173.9		76.5	
	3	183.7		86.25	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-balance of Ag	1	173.0	175.0	106.3	92.75
	2	177.2		82.7	
	3	174.8		89.25	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn - 3.77%Cu-balance of Ag	1	170.9	168.9	67.2	70.95
	2	165.9		72.1	
	3	169.9		73.55	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn - 2.93%Cu-balance of Ag	1	155.7	158.35	75.6	77.5
	2	166.0		74.3	
	3	153.35		82.6	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn - 2.30%Cu-balance of Ag	1	140.09	144.0	92.75	93.25
	2	145.1		98.9	
	3	146.81		88.1	

ตาราง ง-5 ผลการทดสอบแรงดึงโลหะผสมเงิน 940-ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร) ผ่านการอบไฮโมจิไนเซชันที่ 750 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด* (Mpa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว*
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	201.3	202.1	106.3	109.8
	2	206.5		103.7	
	3	198.5		119.3	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	185.8	184.7	114.9	126.3
	2	182.4		131.3	
	3	186.0		132.7	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	177.7	175.9	125.3	130.1
	2	179.9		129.7	
	3	170.1		135.4	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	166.0	163.7	144.2	138.0
	2	166.9		136.3	
	3	158.3		133.5	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn - 3.97%Cu-balance of Ag	1	156.4	162.8	67.7	65.2
	2	161.7		61.4	
	3	170.4		66.4	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag	1	154.0	156.1	82.7	86.6
	2	158.9		85.5	
	3	155.4		91.5	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-balance of Ag	1	147.0	142.0	111.3	117.6
	2	141.5		119.6	
	3	137.4		121.8	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn - 3.77%Cu-balance of Ag	1	158.7	158.9	79.3	79.2
	2	160.3		75.6	
	3	157.8		82.7	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn - 2.93%Cu-balance of Ag	1	148.6	146.8	80.0	80.2
	2	146.1		81.5	
	3	145.8		79.2	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn - 2.30%Cu-balance of Ag	1	138.3	138.5	90.0	94.9
	2	135.7		98.9	
	3	141.5		95.9	

ตาราง ๔-6 ผลการทดสอบแรงดึงโลหะผสมเงิน 940-ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 มิลลิเมตร (อัตราการผลิตขนาด 89 เปอร์เซ็นต์) สภาพหล่อ

ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด* (Mpa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว*
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	561.0	549.0	4.7	4.7
	2	556.0		4.4	
	3	530.0		4.9	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	538.0	544.0	5.5	5.5
	2	546.0		5.7	
	3	548.0		5.2	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	485.8	489.4	6.2	6.0
	2	488.8		6.0	
	3	493.6		5.9	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	484.0	479.4	6.8	6.6
	2	484.8		6.0	
	3	469.5		6.9	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn - 3.97%Cu-balance of Ag	1	524.0	521.6	4.5	4.9
	2	522.0		4.4	
	3	518.9		5.9	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag	1	484.6	487.3	6.0	6.0
	2	478.2		6.0	
	3	499.1		6.0	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-balance of Ag	1	459.8	462.5	6.3	6.5
	2	457.9		7.7	
	3	469.8		5.6	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn - 3.77%Cu-balance of Ag	1	520.0	513.3	7.0	5.8
	2	516.0		4.3	
	3	504.0		6.1	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn - 2.93%Cu-balance of Ag	1	485.8	471.5	6.1	6.4
	2	457.3		5.9	
	3	471.5		7.2	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn - 2.30%Cu-balance of Ag	1	465.0	466.4	7.1	7.0
	2	475.5		6.9	
	3	458.7		7.0	

ตาราง ง-7 ผลการทดสอบแรงดึงโลหะผสมเงิน 940-ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 มิลลิเมตร (อัตราการลดขนาด 89 เปอร์เซ็นต์) ผ่านการอบไฮโมจิโนเซชัน 750 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

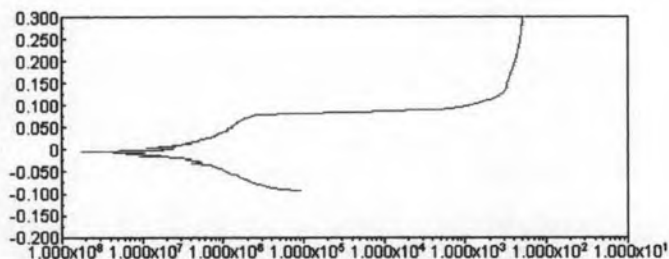
ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด* (Mpa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว*
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	535.0	528.5	4.7	4.9
	2	536.0		5.1	
	3	514.5		5.1	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	525.0	525.5	5.6	5.5
	2	521.0		5.0	
	3	530.5		5.7	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	476.6	487.5	5.3	5.7
	2	495.0		5.9	
	3	491.0		5.8	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	461.3	461.2	5.6	6.4
	2	467.8		6.6	
	3	456.6		7.1	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn - 3.97%Cu-balance of Ag	1	529.8	518.5	4.3	5.0
	2	530.0		5.0	
	3	495.7		5.7	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag	1	479.4	473.0	5.6	5.3
	2	479.9		5.0	
	3	459.8		5.1	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-balance of Ag	1	416.1	443.8	6.9	6.0
	2	449.5		5.0	
	3	465.9		6.0	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn - 3.77%Cu-balance of Ag	1	505.2	488.0	4.3	5.2
	2	487.3		5.6	
	3	471.6		5.8	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn - 2.93%Cu-balance of Ag	1	471.1	465.2	7.0	6.5
	2	466.2		5.4	
	3	458.3		7.2	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn - 2.30%Cu-balance of Ag	1	463.2	462.6	7.0	6.8
	2	459.3		6.3	
	3	465.3		7.2	

ตาราง ๙-8 ผลการทดสอบแรงดึงโลหะผสมเงิน 940-ทองแดง-สังกะสี-ซิลิคอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 มิลลิเมตร(อัตราการลดขนาด 89 เปอร์เซ็นต์) ผ่านการอบไฮโมจิโนเซชัน 750 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

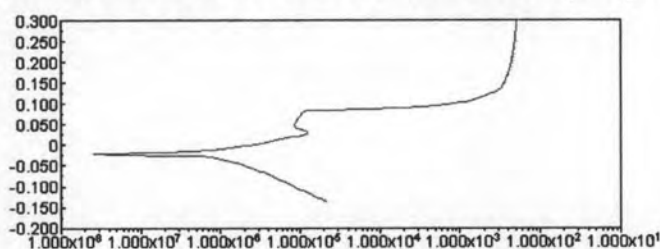
ส่วนผสมทางเคมี (wt.%)	ครั้งที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด* (Mpa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว*
ชุดที่ 1 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag	1	537.0	523.5	5.0	4.9
	2	530.0		4.3	
	3	503.3		5.5	
ชุดที่ 2 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag	1	498.1	508.0	4.7	5.3
	2	498.0		5.1	
	3	528.0		5.9	
ชุดที่ 3 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag	1	465.8	477.5	5.6	6.2
	2	478.9		6.3	
	3	487.8		6.5	
ชุดที่ 4 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag	1	449.1	458.0	6.6	6.3
	2	459.8		6.3	
	3	465.2		6.0	
ชุดที่ 5 0.02%Si-1.93%Zn - 3.97%Cu-balance of Ag	1	527.0	506.1	4.6	5.5
	2	496.3		5.6	
	3	495.1		6.2	
ชุดที่ 6 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag	1	486.0	471.8	5.5	5.9
	2	461.3		5.5	
	3	468.1		6.8	
ชุดที่ 7 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-balance of Ag	1	411.6	434.2	6.1	6.1
	2	445.9		6.0	
	3	445.2		6.1	
ชุดที่ 8 0.04%Si-1.66%Zn - 3.77%Cu-balance of Ag	1	495.0	483.3	6.0	5.5
	2	471.6		5.1	
	3	483.4		5.4	
ชุดที่ 9 0.065%Si-2.65%Zn - 2.93%Cu-balance of Ag	1	478.0	464.7	6.6	5.7
	2	458.3		5.1	
	3	457.8		5.4	
ชุดที่ 10 0.036%Si-3.23%Zn - 2.30%Cu-balance of Ag	1	433.8	432.8	7.7	7.2
	2	430.2		7.2	
	3	434.4		6.5	

ภาคผนวก จ

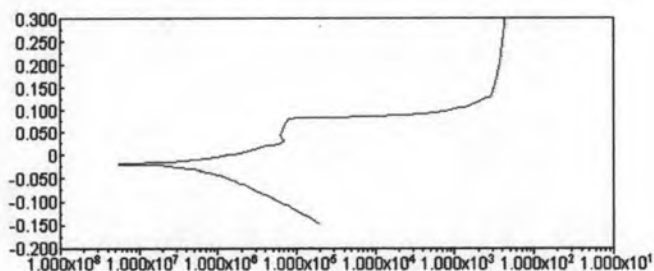
เส้นโพลาริเซชันที่ได้จากการทดสอบการกัดกร่อนของ
โลหะผสมเงิน 94%- ทองแดง- สังกะสี - ซิลิคอน โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า



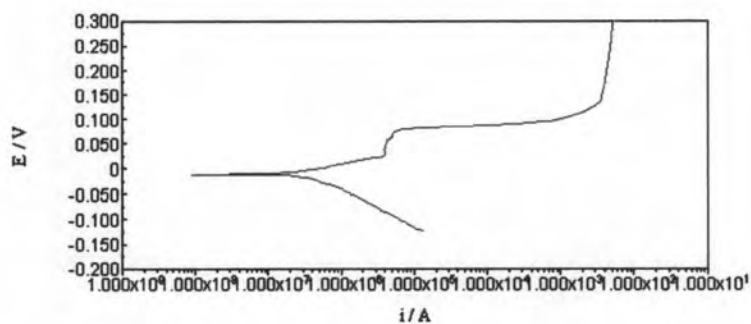
รูปที่ จ1-1 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 1 : 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag
ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 °C



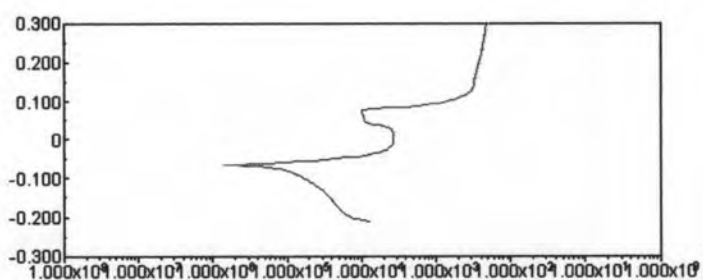
รูปที่ จ1-2 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 2 : 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag
ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 25 °C



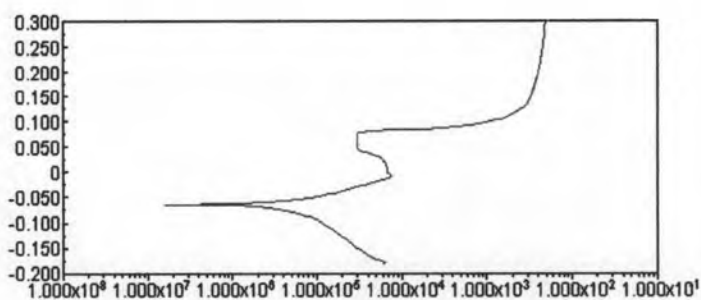
รูปที่ จ1-3 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 3 : 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag
ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 °C



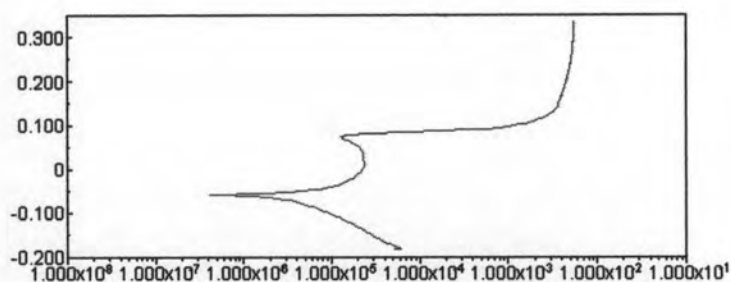
รูปที่ จ1-4 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 4 : 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 °C



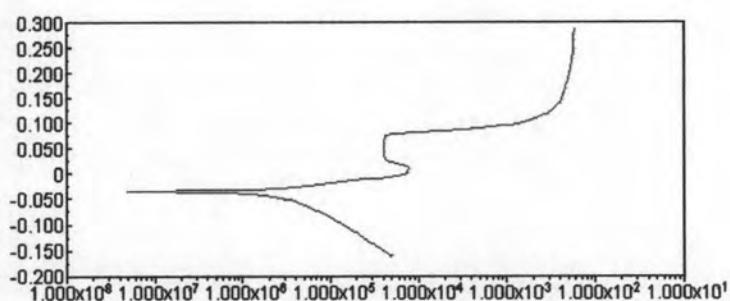
รูปที่ จ1-5 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 5 : 0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu-balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 °C



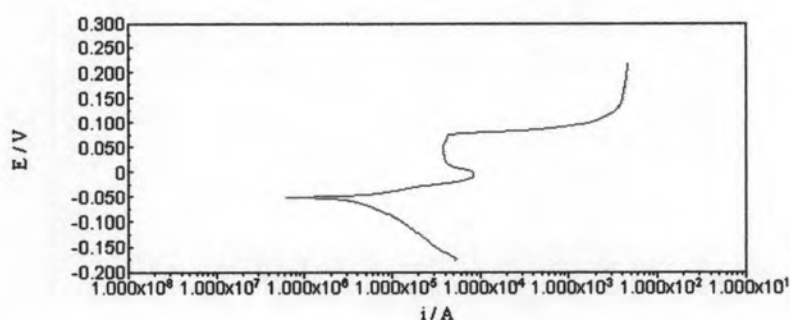
รูปที่ จ1-6 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 6 : 0.02%Si-2.93%Zn - 3.13%Cu-balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 °C



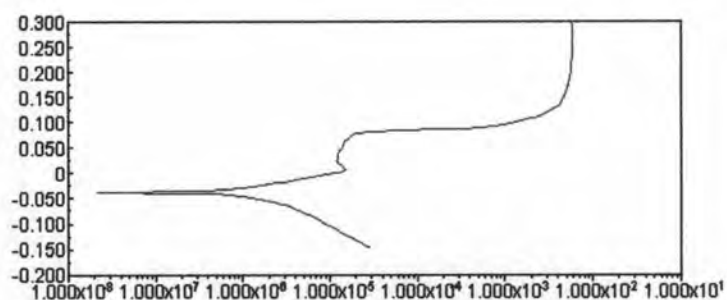
รูปที่ จ1-7 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 7 : 0.02%Si-4.11%Zn - 2.01%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ที่อุณหภูมิ 25 °C



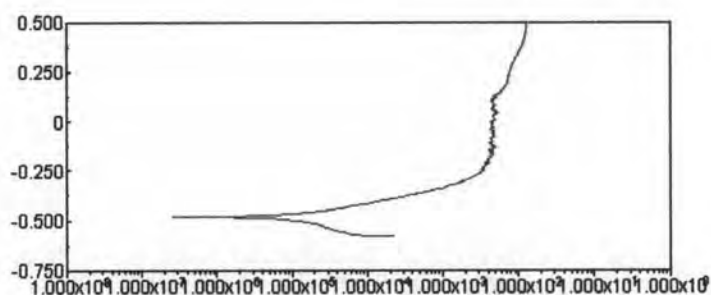
รูปที่ จ1-8 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 8 : 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ที่อุณหภูมิ 25 °C



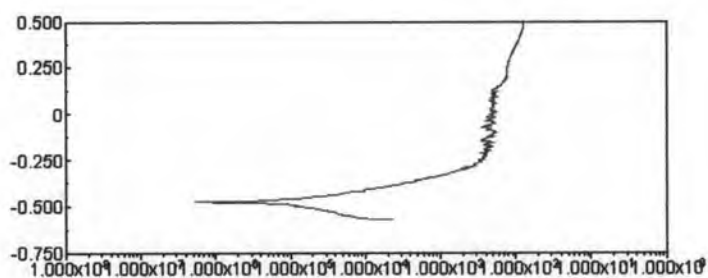
รูปที่ จ1-9 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 9 : 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ที่อุณหภูมิ 25 °C



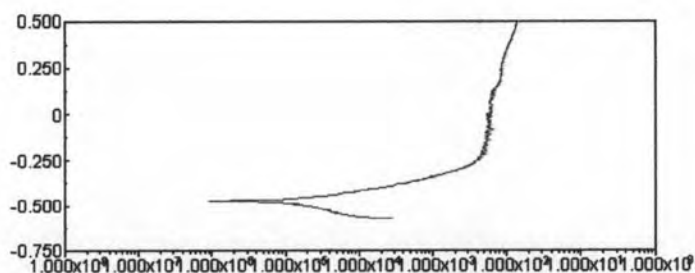
รูปที่ จ1-10 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 10 : 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-balance of Ag ในสารละลายไซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 °C



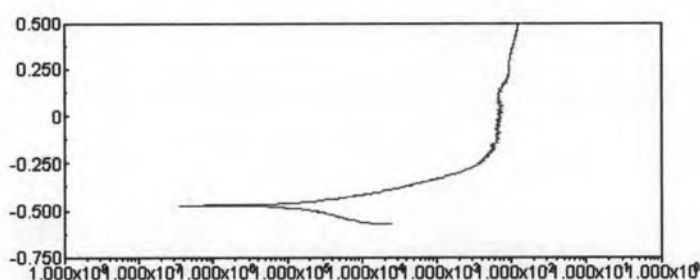
รูปที่ จ2-1 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 1 : 1.18%Zn -4.95%Cu-balance of Ag ในสารละลายไซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



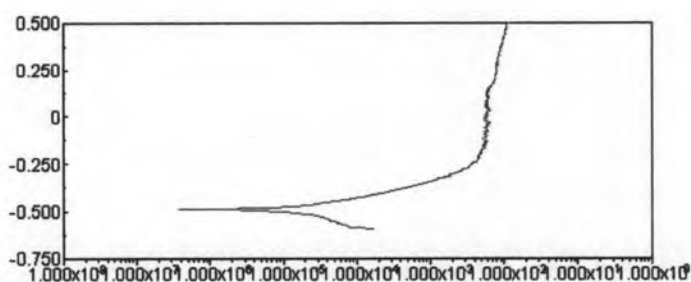
รูปที่ จ2-2 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 2 : 1.96%Zn -4.12%Cu-balance of Ag ในสารละลายไซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



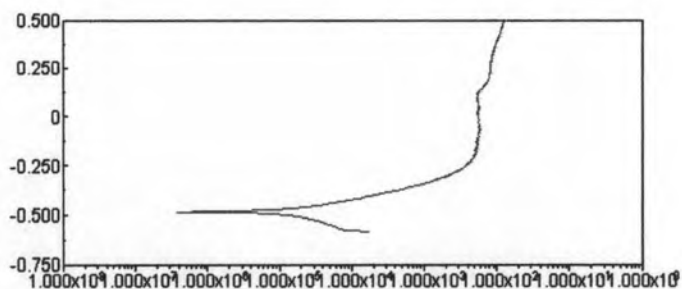
รูปที่ จ2-3 เส้นโพลาริแกรมของโลหะผสมชุดที่ 3 : 3.01%Zn -3.18%Cu-balance of Ag
ในสารละลายไซเตียมคลอไรด์ 1เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วยก๊าซ
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



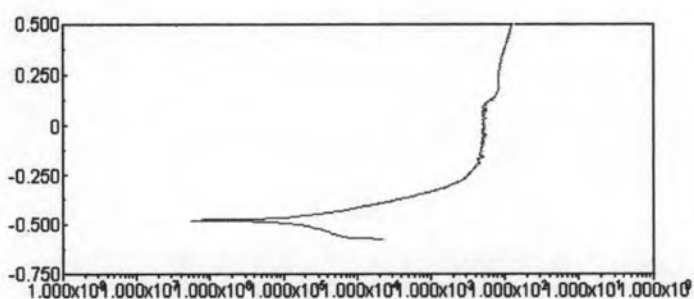
รูปที่ จ2-4 เส้นโพลาริแกรมของโลหะผสมชุดที่ 4 : 3.97%Zn -2.10%Cu-balance of Ag
ในสารละลายไซเตียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อิ่มตัวด้วยก๊าซ
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



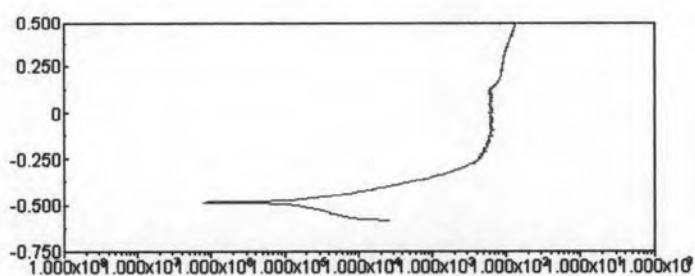
รูปที่ จ2-5 เส้นโพลาริแกรมของโลหะผสมชุดที่ 5 : 0.02%Si-1.18%Zn -4.95%Cu-
balance of Ag ในสารละลายไซเตียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



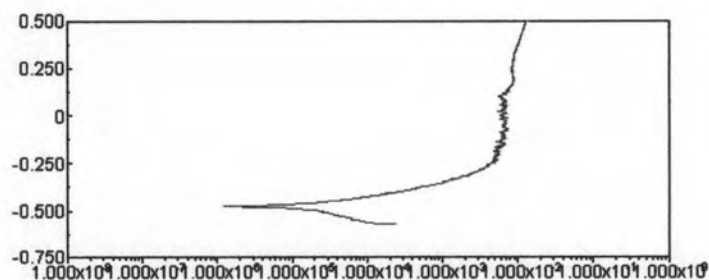
รูปที่ จ2-6 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 6 : 0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



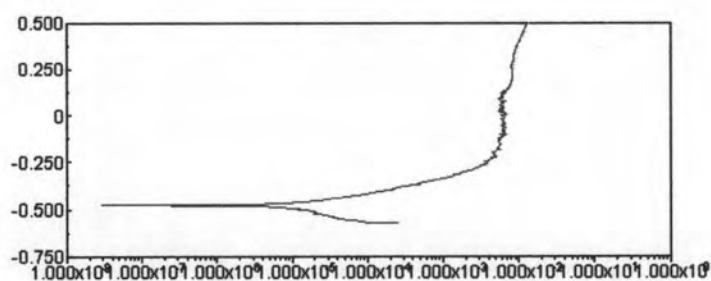
รูปที่ จ2-7 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 7 : 0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



รูปที่ จ2-8 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 8 : 0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C

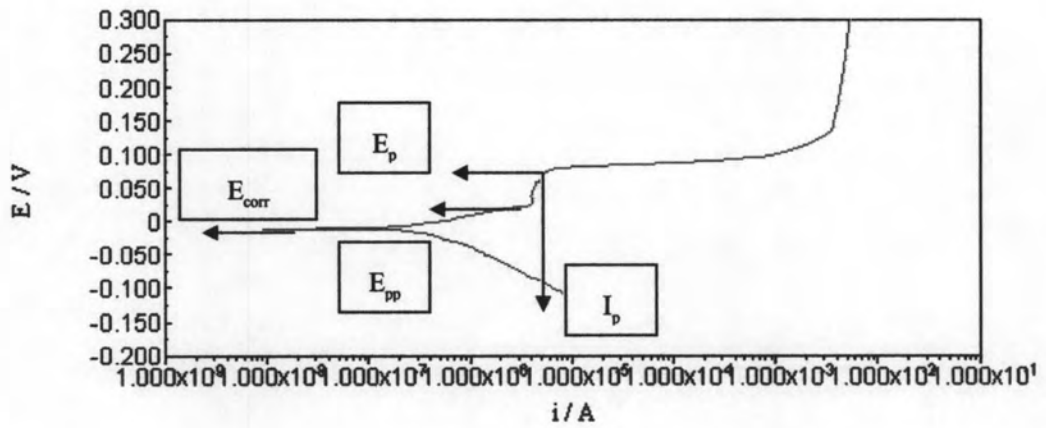


รูปที่ จ2-9 เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 9 : 0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
จุ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C



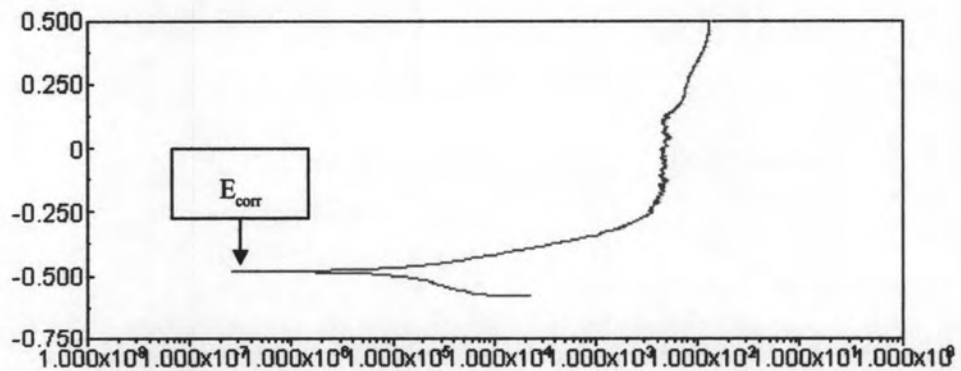
รูปที่จ2-10เส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่10 : 0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu-
balance of Ag ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
จุ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิ 25 °C

การหาค่า E_{corr} , E_p , E_{pp} และ I_p และอัตราการกัดกร่อน
จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมเงินเกรด 940 - ทองแดง - สังกะสี - ซิลิคอน



รูปที่ ๑3-1 ตัวอย่างการหาค่า E_{corr} จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะผสมชุดที่ 4 :

3.97%Zn - 2.10%Cu - balance of Ag ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์



รูปที่ ๑3-2 ตัวอย่างการหาค่า E_{corr} , E_p และ E_{pp} จากเส้นโพลาริเซชันของโลหะผสม

ชุดที่ 1 : 1.18%Zn - 4.95%Cu - balance of Ag ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์

ซึ่งอิ่มตัวด้วยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ภาคผนวก จ

ตาราง จ-1 แสดงค่าค่าความสว่าง L*, ค่าสี a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิว (Color difference; DE*) 0 นาที การทำกันหมอง

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี (%wt) โดย balance of Ag	L*	a*	b*	DE*
1	1.18%Zn -4.95%Cu	95.91	-0.4	+6.81	-
2	1.96%Zn -4.12%Cu	95.14	-0.1	+7.35	-
3	3.01%Zn -3.18%Cu	95.41	-0.27	+6.1	-
4	3.97%Zn -2.10%Cu	97.28	-0.34	+6.68	-
5	0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu	95.04	-0.19	+5.86	-
6	0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu	95.2	-0.29	+6.52	-
7	0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu	94.86	-0.14	+6.46	-
8	0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu	96.9	-0.61	+6.26	-
9	0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu	95.17	-0.32	+5.83	-
10	0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu	94.62	-0.24	+7.6	-

ตาราง จ-2 แสดงค่าค่าความสว่าง L*, ค่าสี a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิว (Color difference; DE*) 30 นาที การทำกันหมอง

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี (%wt) โดย balance of Ag	L*	a*	b*	DE*
1	1.18%Zn -4.95%Cu	92.15	-0.88	+14.14	8.25
2	1.96%Zn -4.12%Cu	92.52	-0.89	+11.93	5.36
3	3.01%Zn -3.18%Cu	90.95	-0.52	+9.26	5.47
4	3.97%Zn -2.10%Cu	92.44	-0.44	+8.36	5.12
5	0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu	90.63	-0.67	+12.07	7.79
6	0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu	92.31	-0.66	+9.42	4.11
7	0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu	92.07	-0.46	+9.05	3.82
8	0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu	93.47	-0.82	+9.67	4.87
9	0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu	93.1	-0.63	+9.76	4.52
10	0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu	91.24	-0.64	+9.78	4.04

ตาราง จ-3 แสดงค่าค่าความสว่าง L*, ค่าสี a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิว (Color difference; DE*) 60 นาที การทำกันหมอง

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี (%wt) โดย balance of Ag	L*	a*	b*	DE*
1	1.18%Zn -4.95%Cu	92.29	-0.86	+12.22	6.53
2	1.96%Zn -4.12%Cu	92.33	-0.75	+10.55	4.31
3	3.01%Zn -3.18%Cu	92.52	-0.58	+9.5	4.47
4	3.97%Zn -2.10%Cu	92.57	-0.38	+9.27	5.38
5	0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu	91.55	-0.69	+12.26	7.31
6	0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu	90.53	-0.55	+10.92	6.42
7	0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu	93.40	-0.55	+8.66	2.67
8	0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu	90.61	-0.77	+11.06	7.91
9	0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu	93.98	-0.95	+10.63	4.99
10	0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu	94.6	-0.58	+8.35	0.82

ตาราง จ-4 แสดงค่าค่าความสว่าง L*, ค่าสี a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิว (Color difference; DE*) 120 นาที การทำกันหมอง

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี (%wt) โดย balance of Ag	L*	a*	b*	DE*
1	1.18%Zn -4.95%Cu	87.53	-0.04	+17.45	13.54
2	1.96%Zn -4.12%Cu	90.37	-0.55	+11.99	6.67
3	3.01%Zn -3.18%Cu	92.35	-0.42	+9.81	3.71
4	3.97%Zn -2.10%Cu	93.17	-0.26	+8.95	3.71
5	0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu	88.3	-0.4	+13.26	10.01
6	0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu	90.39	-0.52	+11.26	6.76
7	0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu	91.55	-0.58	+10.16	4.98
8	0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu	85.58	+0.19	+18.04	16.35
9	0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu	92.79	-0.81	+11.59	6.25
10	0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu	90.52	-0.23	+9.96	4.73

ตาราง จ-5 แสดงค่าค่าความสว่าง L*, ค่าสี a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิว (Color difference; DE*) 180 นาที่ การทำกันหมอง

โลหะผสม ชุดที่	ส่วนผสมทางเคมี (%wt) โดย balance of Ag	L*	a*	b*	DE*
1	1.18%Zn -4.95%Cu	85.88	+0.47	+19.36	16.06
2	1.96%Zn -4.12%Cu	87.2	-0.26	+13.15	9.83
3	3.01%Zn -3.18%Cu	91.81	-0.1	+9.74	4.94
4	3.97%Zn -2.10%Cu	92.37	-0.46	+10.23	6.06
5	0.02%Si-1.93%Zn -3.97%Cu	86.94	-0.07	+17.09	13.85
6	0.02%Si-2.93%Zn -3.13%Cu	89.46	-0.19	+12.47	8.26
7	0.02%Si-4.11%Zn -2.01%Cu	86.89	-+0.05	+11.14	9.24
8	0.04%Si-1.66%Zn -3.77%Cu	85.3	+0.5	+18.44	16.85
9	0.065%Si-2.65%Zn -2.93%Cu	80.13	+0.97	+17.26	18.93
10	0.036%Si-3.23%Zn -2.30%Cu	86.87	-0.02	+10.66	8.34

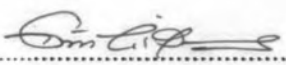
ภาคผนวก ข

รายงานผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมเงินเกรด 940

รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง สารละลาย รหัสใบส่งตัวอย่าง 493486
 เจ้าของตัวอย่าง นางสาว จิรจิตติกาลผ่องศรี หิรัญเกิด
 วัตถุประสงค์ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 วิเคราะห์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ Ag Cu และ Zn
 วิธีการวิเคราะห์ ICP atomic emission spectrometry
 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer
 Perkin Elmer model PLASMA-1000
 วันที่วิเคราะห์ 24 ตุลาคม 2549
 ผลการวิเคราะห์

สารละลาย	ปริมาณธาตุ (mg/L)		
	Ag	Cu	Zn
Ag1	80.49		
Ag2	97.05		
Ag3	69.97		
Ag4	84.25		
Cu		585.2	
CuZn1		70.42	16.79
CuZn2		50.25	23.89
CuZn3		48.38	45.85
CuZn4		30.39	57.44

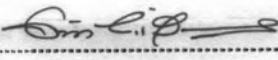

 ผู้วิเคราะห์
 (นายอุทัย ดิยะวิสุทธิศรี)

หมายเหตุ ผลการทดสอบฉบับนี้ เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ส่งทดสอบ
 ณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เท่านั้น

รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	สารละลาย	รหัสใบส่งตัวอย่าง 500442
เจ้าของตัวอย่าง	นางสาว จิรจิตติกาล ทองศรี ทิรัญเกิด	
วัตถุประสงค์	ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
วิธีวิเคราะห์	เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ Ag Cu Zn Si	
เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์	ICP atomic emission spectrometry	
	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer	
	Perkin Elmer model PLASMA-1000	
วันที่วิเคราะห์	9 กุมภาพันธ์ 2550	
ผลการวิเคราะห์		

สารละลาย	ปริมาณธาตุ (mg/L)			
	Ag	Cu	Zn	Si
4	1208	50.46	25.13	0.23
5	1223	41.29	38.59	0.23
6	969	20.59	42.13	0.22


 ผู้วิเคราะห์
 (นายอุทัย คิระวิสุทธิ์ศรี)

หมายเหตุ ผลการทดสอบฉบับนี้ เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ส่งทดสอบ

๗. ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เท่านั้น

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิรัฐติกาลผ่องศรี นิรัญเกิด เกิดเมื่อวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดขอนแก่น จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมโลหการ) สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปีการศึกษา 2546 และในปี พ.ศ. 2547 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทที่ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

