

รายการอ้างอิง

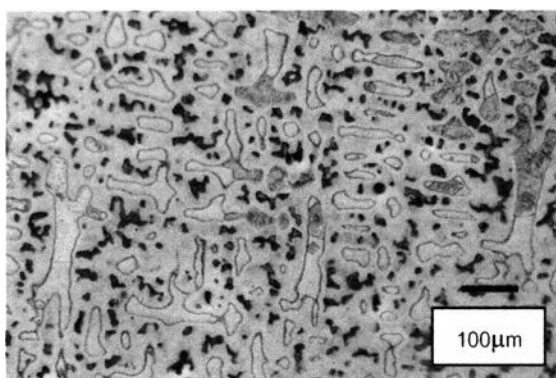
1. สมนึก วัฒนศรียุทธ และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของโลหะเงินเจือสำหรับการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ. กรุงเทพฯ; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.),มกราคม 2544, หน้า 13.
2. นันทิชา นิรันตสุขรัตน์. การปรับปรุงความแข็งของลึนสปริงเงินสเตอร์ลิงด้วยกระบวนการทางความร้อน. โครงการงานทางวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
3. Bernhard, Sivertsen, James T. Silver alloy composition, and master alloy compositions therefor. US.Patent No 5,039,479 DateAug13, 1991.
4. Sasaki Hiroyuki, Sasaki Kenzo, Murayama Kentaro. Silver alloy for casting ornament. JP.Patent No 2002-309324, DateOct23,2002.
5. Scott M. Anti-Tarnish Silver Alloys. US. Patent No.6,841,012. Date Jan11, 2005.
6. DR. Christoph Raub. Use of Silver in Jewelry. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1989): 241-255.
7. ASM Handbook. Alloy phase diagrams. Vol 3, ASM International, 1992,p.2•28.
8. ASM Handbook. Alloy phase diagrams. Vol 3, ASM International, 1992,p.2•37.
9. ASM Handbook. Alloy phase diagrams. Vol 3, ASM International, 1992,p.2•178.
10. G.Petzow and G.Effenberg. Ternary alloys A Comprehensive Compredium of Evaluate Constitutional Data and Phase Diagram Ag-Al-Au...Ag-Cu-P Volume1..p42.
11. F.N.Rhines. Phase diagram in metallurgy. New York : McGraw-Hill, 1956.
12. ศ.มนัส สติรจินดา. โลหะนอกกลุ่มเหล็ก. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543,หน้า 28.
13. Peter Johns. Firestain resistant silver alloys. The Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology(1997) : 43.
14. J.Howard Mendenhall Olin Brass, Understanding Copper Alloys, John Wiley&Son, p228.

15. Michael F.ASHBY, Materials selection in Mechanical Design, Butterworth Heinemann, 1999.
16. Michael F.ASHBY and David R.H.Jones, Engineering Materials1. Butterworth Heinemann Ltd, 1996.
17. ผศ.ดร.อภิวัฒน์ พลชัย. ความแข็งแรงของวัสดุตอนสอง. โครงการตำราภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พฤษภาคม 2531.
18. American Society of Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard. Vol03.01, ASTM E8M-96, 1996, pp.76-96.
19. Richard V. Sterling Silver Casting Problems. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1990): 91-103.
20. Dieter Ott. Examples of Defects in Jewelry Making. The Santa Fe Symposium On Jewelry Manufacturing Technology (1989): 297-309.
21. Robert C. West, Samuel M. Selby, Charles D.Hodgman. Handbook of Chemistry and Physics. The Chemical Rubber Co, 1964-1965.
22. Eagar et al. Silver Alloys of Exceptional and Reversible Hardness. US.Patent No. 4,869,757. Date Sep 26, 1989.

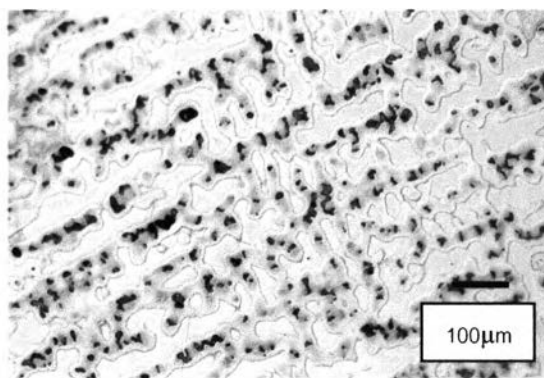
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

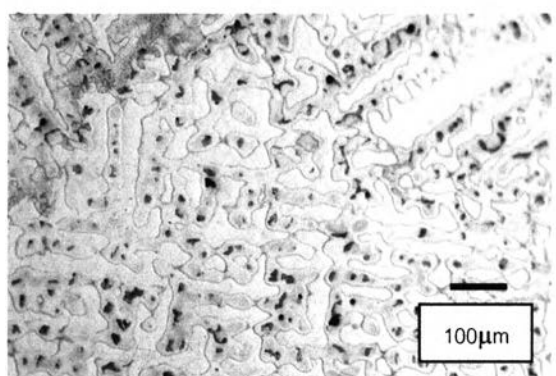
โครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก
ในสภาพหล่อ



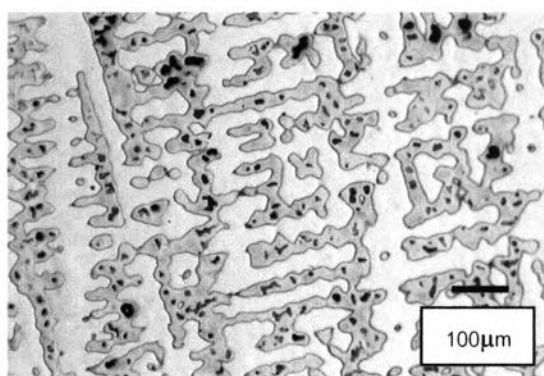
n1-1



n1-2

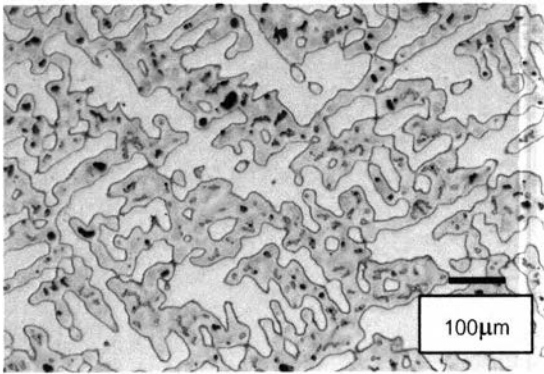


n1-3

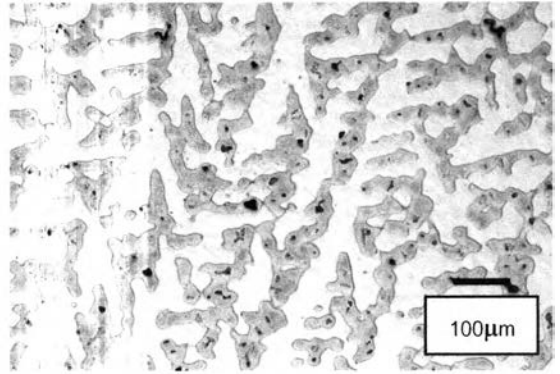


n1-4

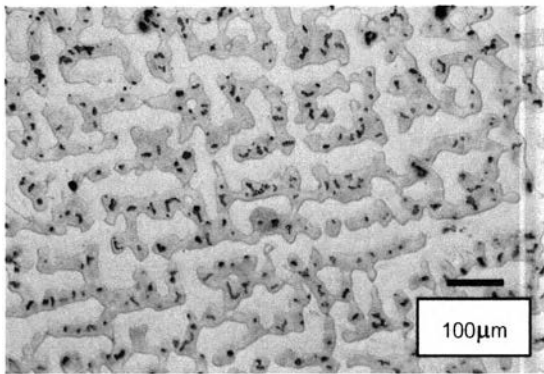
- รูปที่ ก1** ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า
- n1-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : Ag-7.35%Cu
- n1-2 โลหะผสมชุดที่ 2 : Ag-6.36%Cu
- n1-3 โลหะผสมชุดที่ 3 : Ag-5.95%Cu-0.31%Sn
- n1-4 โลหะผสมชุดที่ 4 : Ag-5.85%Cu-0.38%Sn



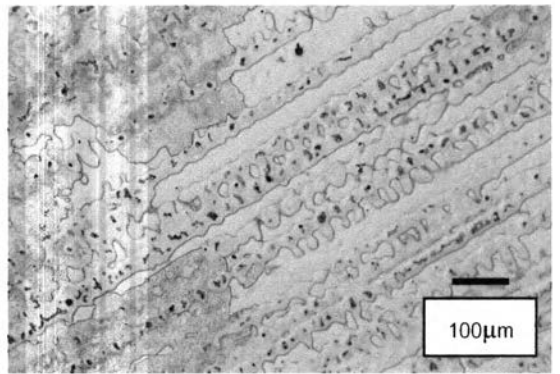
n1-5



n1-6



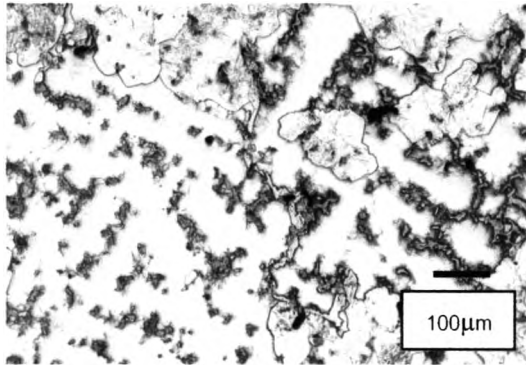
n1-7



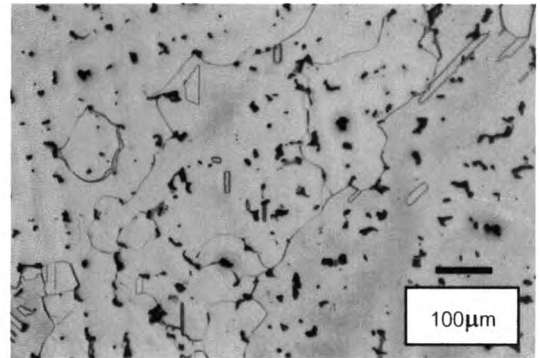
n1-8

- รูปที่ n1(ต่อ)** ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง- ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า
- n1-5 โลหะผสมชุดที่ 5 : Ag-5.78%Cu-0.43%Sn
 - n1-6 โลหะผสมชุดที่ 6 : Ag-5.74%Cu-0.50%Sn
 - n1-7 โลหะผสมชุดที่ 7 : Ag-5.68%Cu-0.54%Sn
 - n1-8 โลหะผสมชุดที่ 8 : Ag-5.61%Cu-0.63%Sn

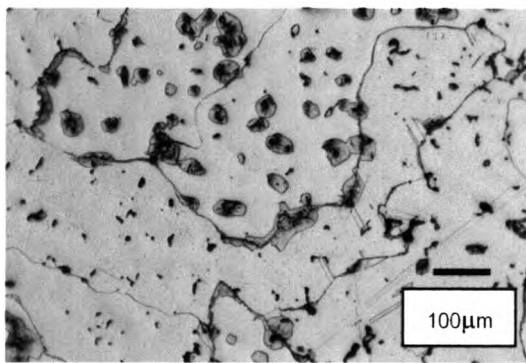
โครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก
ภายหลังจากการอบให้เป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



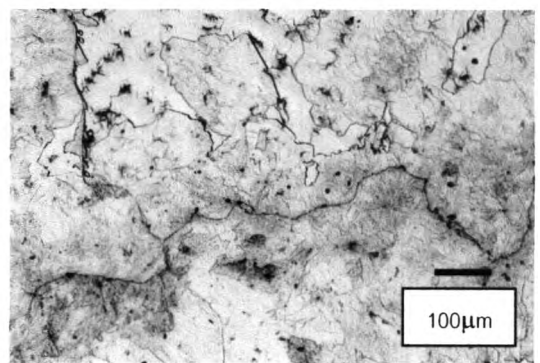
ก2-1



ก2-2



ก2-3



ก2-4

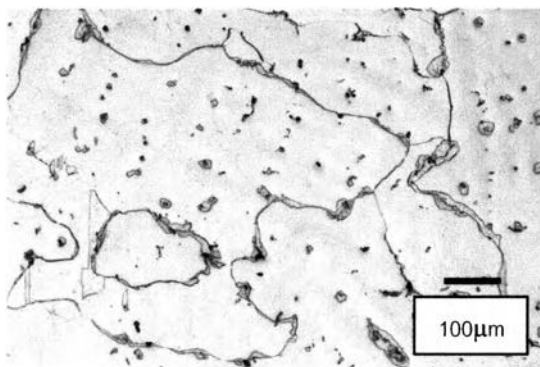
รูปที่ ก2 ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า

ก2-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : Ag-7.35%Cu

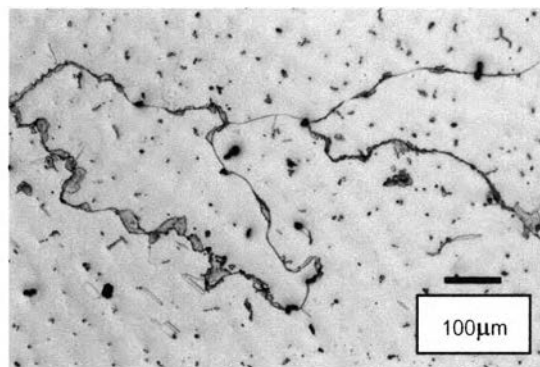
ก2-2 โลหะผสมชุดที่ 2 : Ag-6.36%Cu

ก2-3 โลหะผสมชุดที่ 3 : Ag-5.95%Cu-0.31%Sn

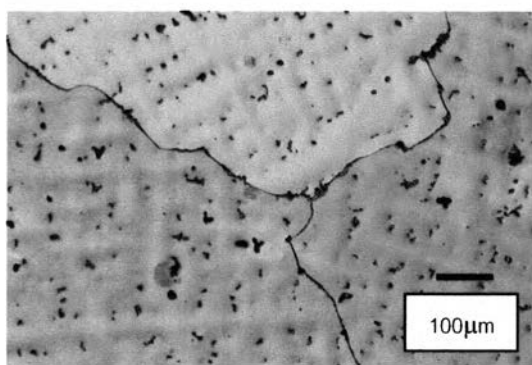
ก2-4 โลหะผสมชุดที่ 4 : Ag-5.85%Cu-0.38%Sn



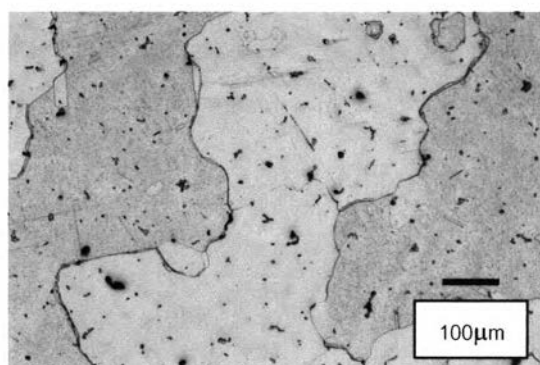
ก2-5



ก2-6



ก2-7



ก2-8

รูปที่ ก2(ต่อ) ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า

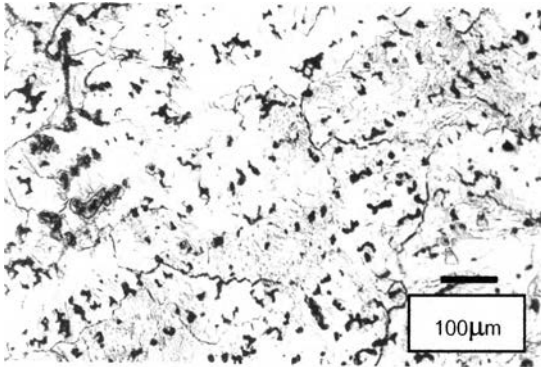
ก2-5 โลหะผสมชุดที่ 5 : Ag-5.78%Cu-0.43%Sn

ก2-6 โลหะผสมชุดที่ 6 : Ag-5.74%Cu-0.50%Sn

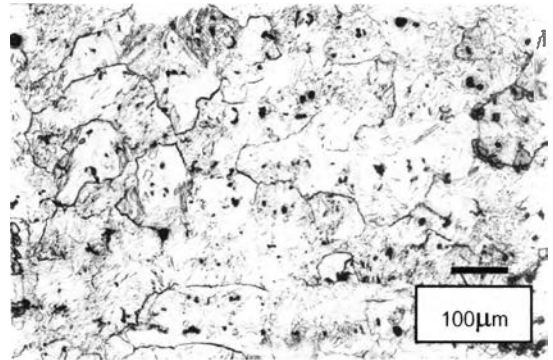
ก2-7 โลหะผสมชุดที่ 7 : Ag-5.68%Cu-0.54%Sn

ก2-8 โลหะผสมชุดที่ 8 : Ag-5.61%Cu-0.63%Sn

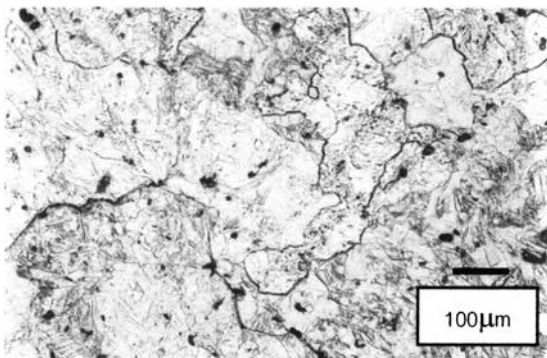
โครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ภายหลังจากการอบให้เป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบ่มเพิ่ม ความแข็งที่อุณหภูมิ 260°C เป็นเวลา 120 นาที



ก3-1



ก3-2



ก3-3

รูปที่ ก3 ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-

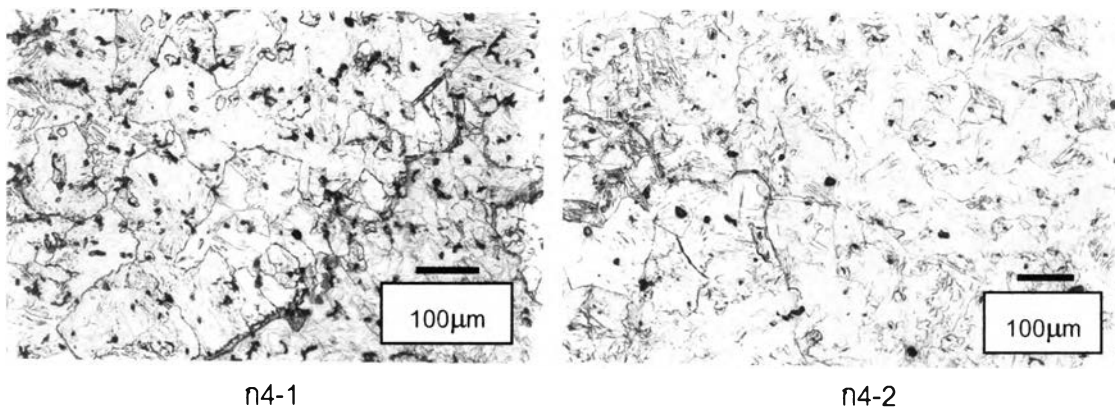
ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า

ก3-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : Ag-7.35%Cu

ก3-2 โลหะผสมชุดที่ 3 : Ag-5.95%Cu-0.31%Sn

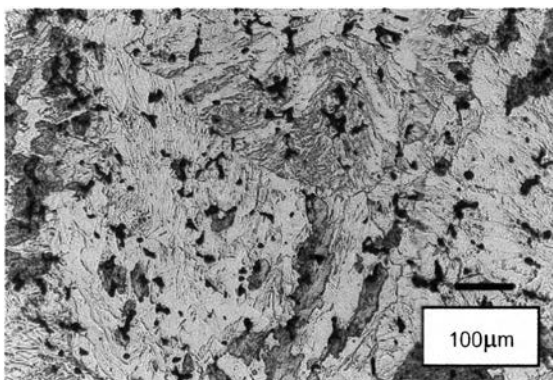
ก3-3 โลหะผสมชุดที่ 5 : Ag-5.78%Cu-0.43%Sn

โครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก
 ภายหลังจากการอบให้เป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบ่มเพิ่ม
 ความแข็งที่อุณหภูมิ 350 °C เป็นเวลา 30 นาที

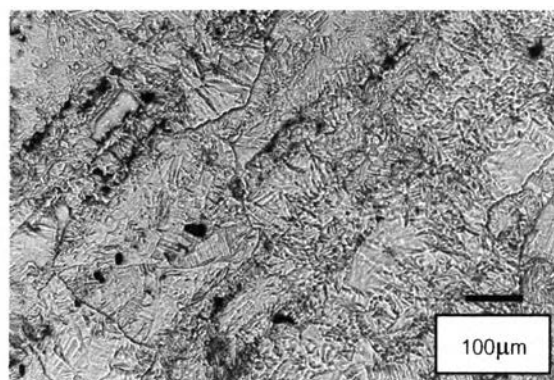


รูปที่ ก4 ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า
 n4-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : Ag-7.35%Cu
 n4-2 โลหะผสมชุดที่ 5 : Ag-5.78%Cu-0.43%Sn

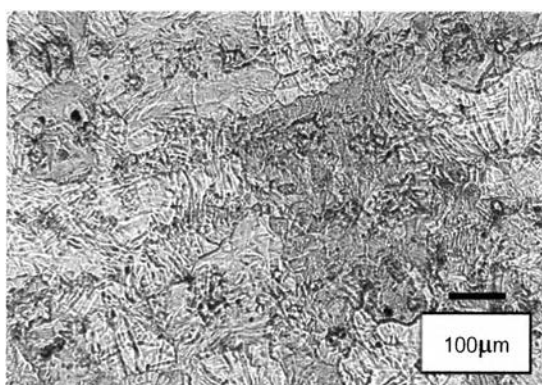
โครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก
 ภายหลังจากการอบให้เป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบ่มเพิ่ม
 ความแข็งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ



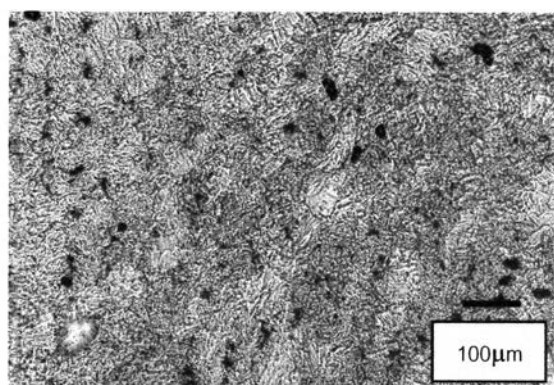
ก5-1



ก5-2



ก5-3



ก5-4

รูปที่ ก5 ภาพโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง กำลังขยาย 100 เท่า

ก5-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : Ag-7.35%Cu บ่มที่ 350°C เวลา 240 นาที

ก5-2 โลหะผสมชุดที่ 3 : Ag-5.95%Cu-0.31%Sn บ่มที่ 260°C เวลา 60 นาที

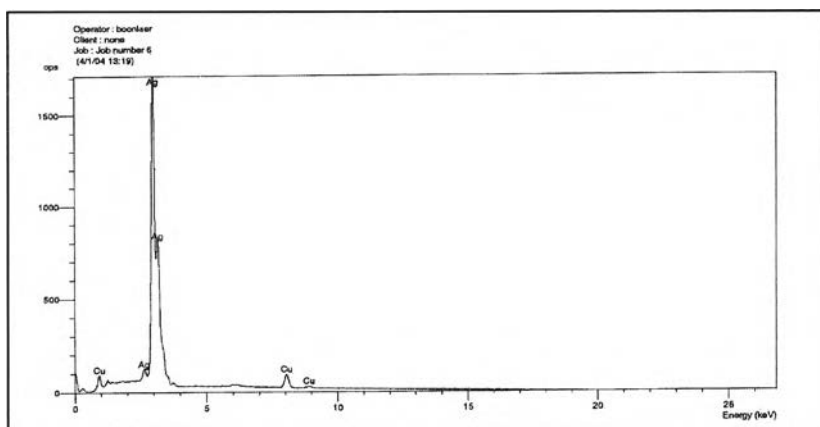
ก5-3 โลหะผสมชุดที่ 5 : Ag-5.78%Cu-0.43%Sn บ่มที่ 350 °C เวลา 7 นาที

ก5-4 โลหะผสมชุดที่ 7 : Ag-5.68%Cu-0.54%Sn บ่มที่ 350°C เวลา 240 นาที

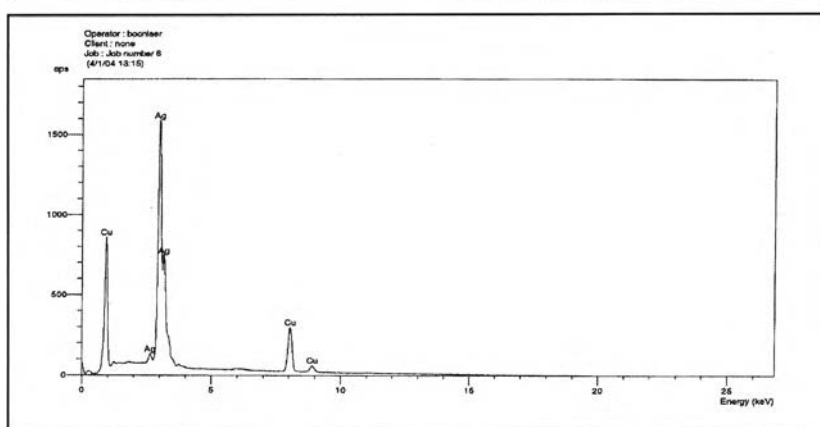
ภาคผนวก ข

ตาราง ข1 แสดงปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของเงินสเตอร์ลิง 925 และเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด (SEM)

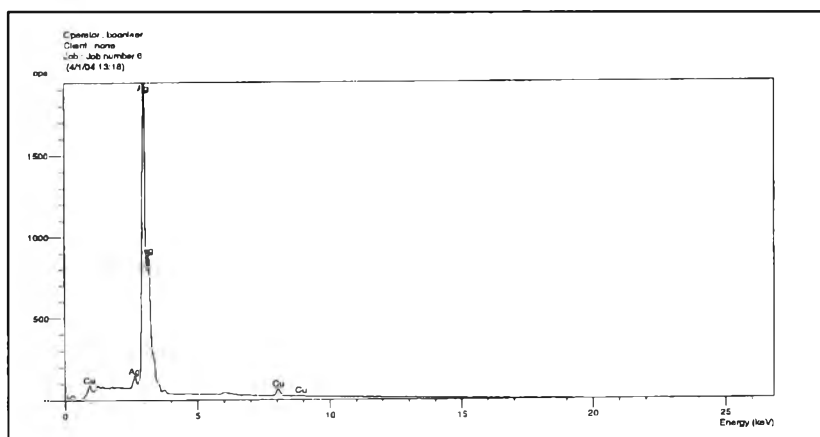
ชุดโลหะผสม	ส่วนผสมทางเคมี (wt%)			ส่วนผสมทางเคมีที่ตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด(SEM) (wt%)								
	Cu	Sn	Ag	All			Matrix			Second phase(สีดำ)		
				Cu	Sn	Ag	Cu	Sn	Ag	Cu	Sn	Ag
1	7.35	-	Balance	7.82	-	92.18	4.42	-	95.58	25.71	-	74.30
2	6.36	-	Balance	6.72	-	93.28	4.67	-	95.33	37.86	-	62.14
3	5.95	0.31	Balance	6.76	ND	92.89	4.46	0.47	95.08	36.00	ND	63.78
4	5.85	0.38	Balance	6.71	0.47	92.83	6.79	0.83	92.38	43.60	ND	56.21
5	5.78	0.43	Balance	6.30	ND	93.36	8.61	0.52	90.87	58.09	0.31	41.60
6	5.74	0.50	Balance	6.31	0.48	93.22	6.00	0.57	93.43	31.41	0.61	67.98
7	5.68	0.54	Balance	6.44	0.40	93.21	7.32	0.73	91.95	61.39	0.48	38.13
8	5.61	0.63	Balance	5.85	0.58	93.57	4.36	0.67	94.97	68.31	0.61	31.09



ข1-1



ข1-2



ข1-3

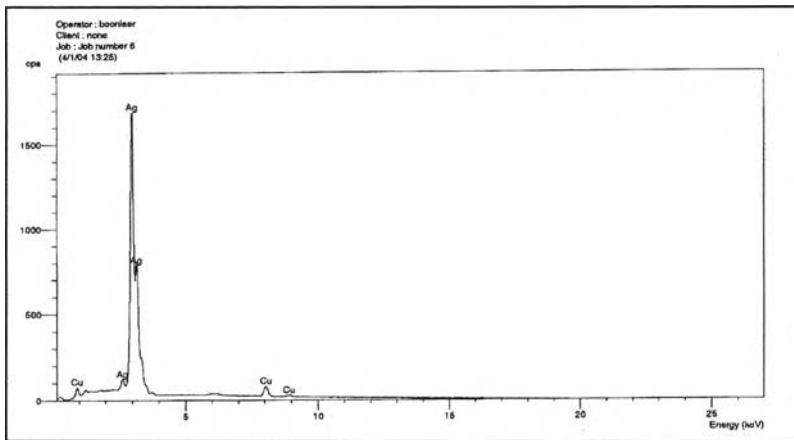
รูปที่ ข1 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 ด้วย

EDX

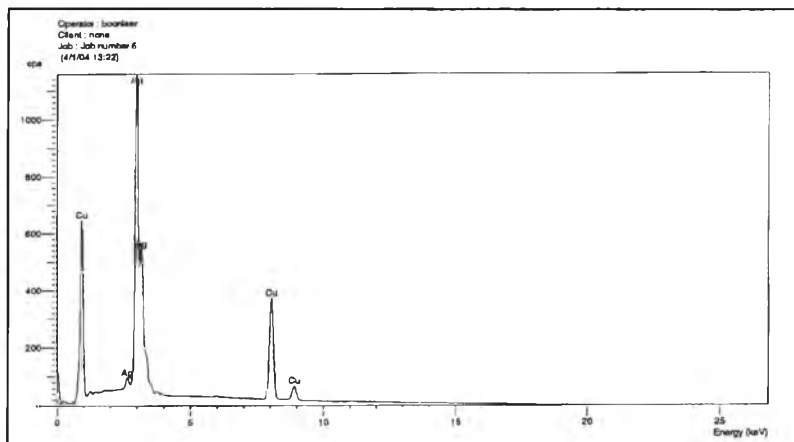
ข1-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 92.18%Ag-7.82%Cu

ข1-2 : Second phase บนโครงสร้างยูเทคติก : 74.30%Ag-25.71%Cu

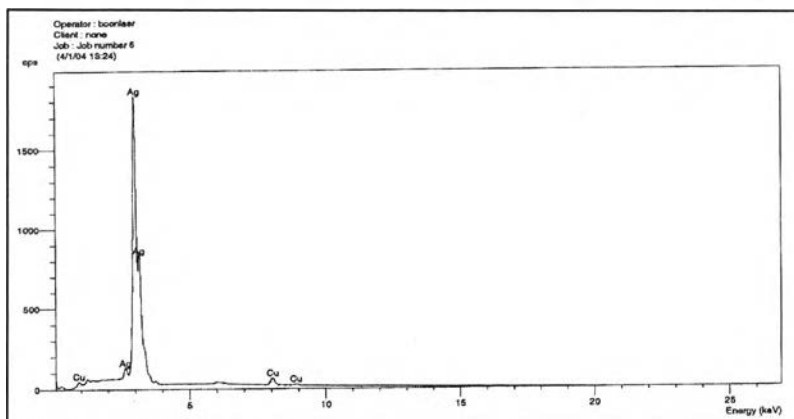
ข1-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.58%Ag-4.42%Cu



ข2-1



ข2-2



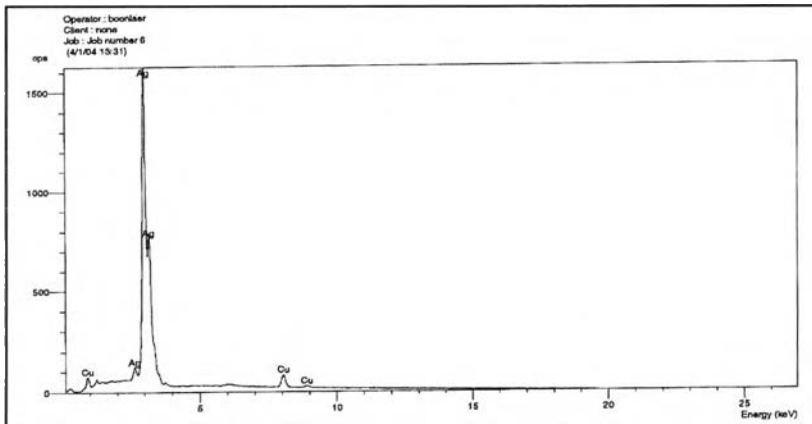
ข2-3

รูปที่ ข2 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 935 ด้วย EDX

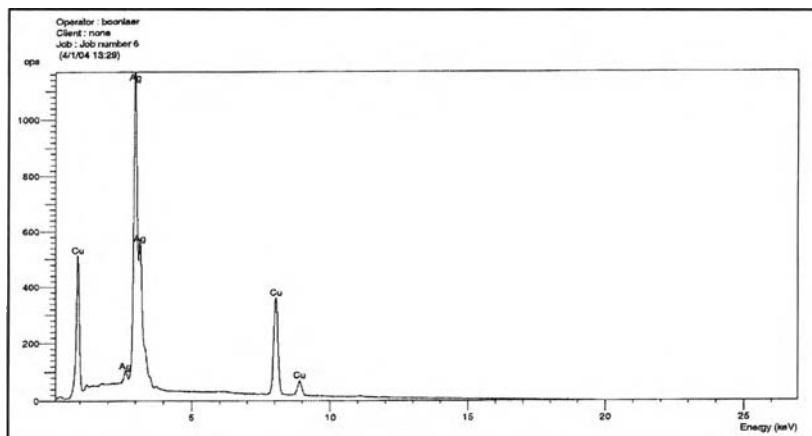
ข2-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 93.28%Ag-6.72%Cu

ข2-2 : Second phase บนโครงสร้างยูเทคติก : 62.14%Ag-37.86%Cu

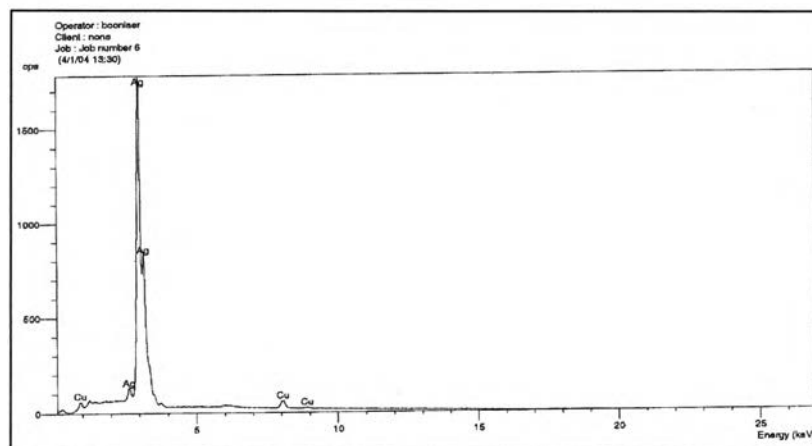
ข2-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.33%Ag-4.67%Cu



๓3-1



๓3-2



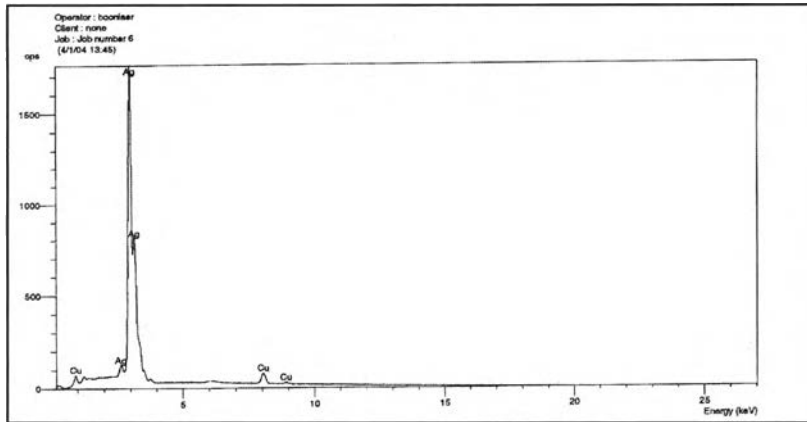
๓3-3

รูปที่ ๓3 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง ที่มีดีบุก 0.31 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วย EDX

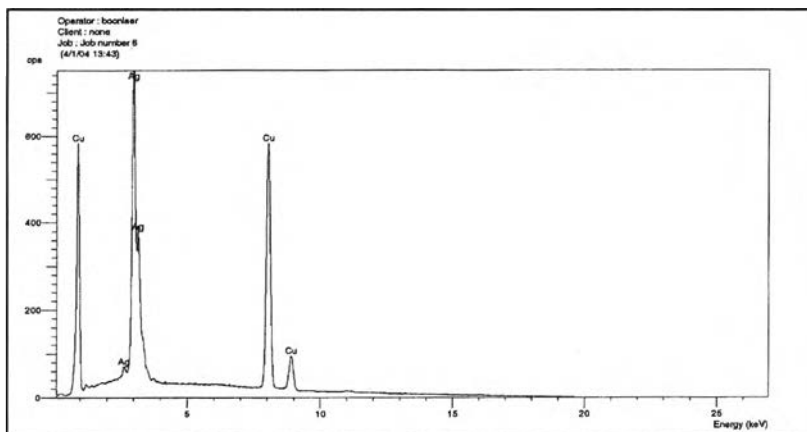
๓3-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 92.89%Ag-6.76%Cu-0.35%Sn

๓3-2 : Second phase บนโครงสร้างยูเทคติก : 63.78%Ag-36.00%Cu-ND%Sn

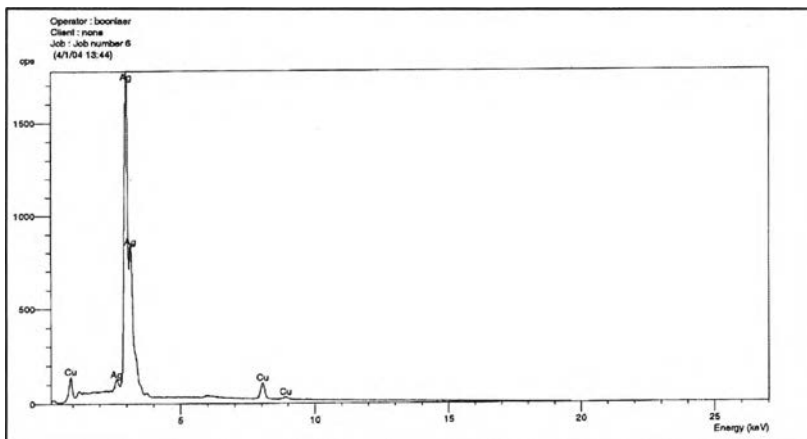
๓3-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.08%Ag-4.46%Cu-0.47%Sn



ข4-1



ข4-2



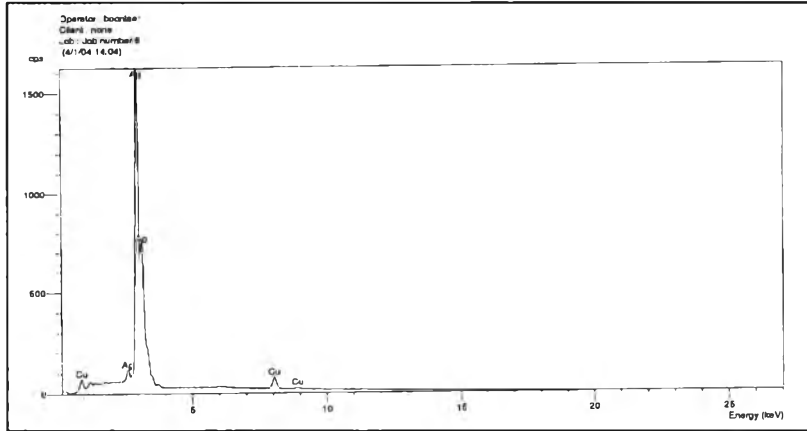
ข4-3

รูปที่ ข4 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง ที่มีดีบุก 0.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วย EDX

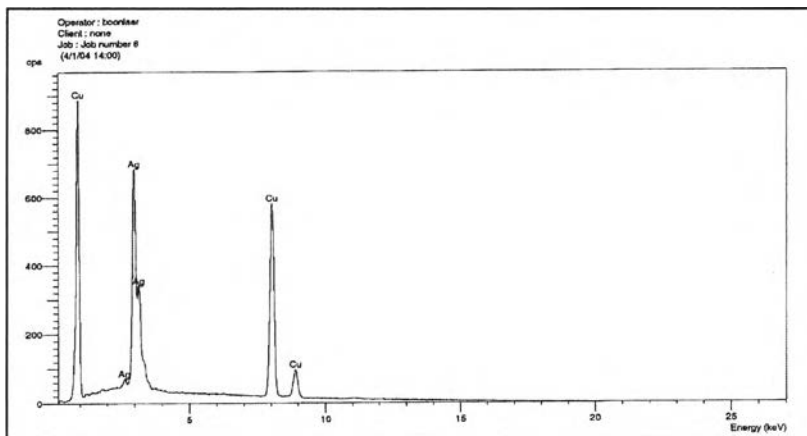
ข4-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 93.36%Ag-6.30%Cu-0.34%Sn

ข4-2 : Second phase บนโครงสร้างยูเทคติก : 41.60%Ag-58.09%Cu-0.31%Sn

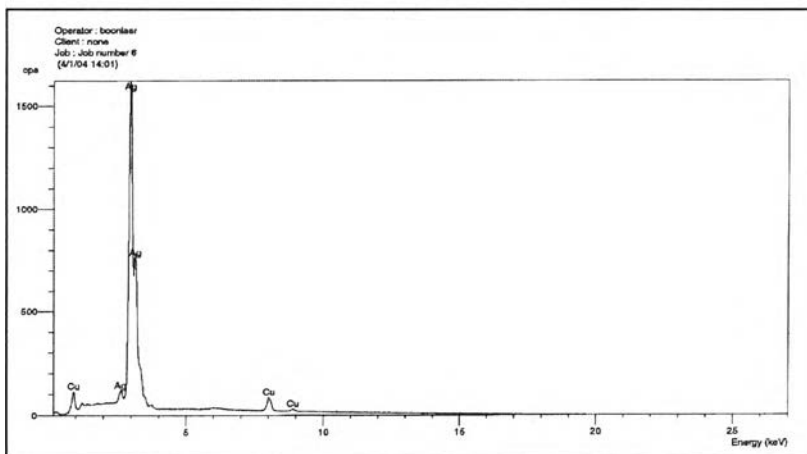
ข4-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 90.87%Ag-8.61%Cu-0.52%Sn



ข5-1



ข5-2



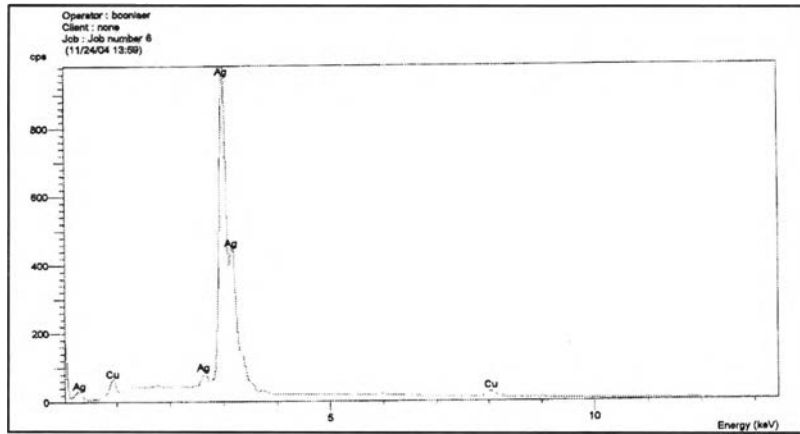
ข5-3

รูปที่ ข5 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะสเตอร์ลิงเงิน 935-ทองแดง ที่มีดีบุก 0.54 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วย EDX

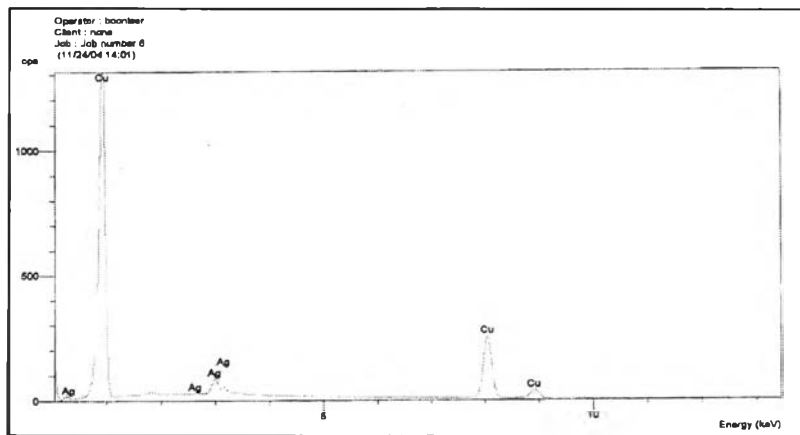
ข5-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 93.21%Ag-6.44%Cu-0.40%Sn

ข5-2 : Second phase บนโครงสร้างยูเทคติก : 38.13%Ag-61.39%Cu-0.48%Sn

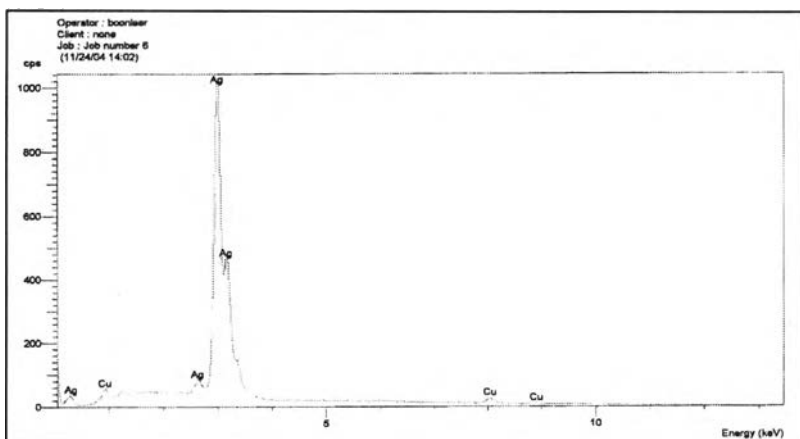
ข5-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 91.95%Ag-7.32%Cu-0.73%Sn



๗16-1



๗16-2



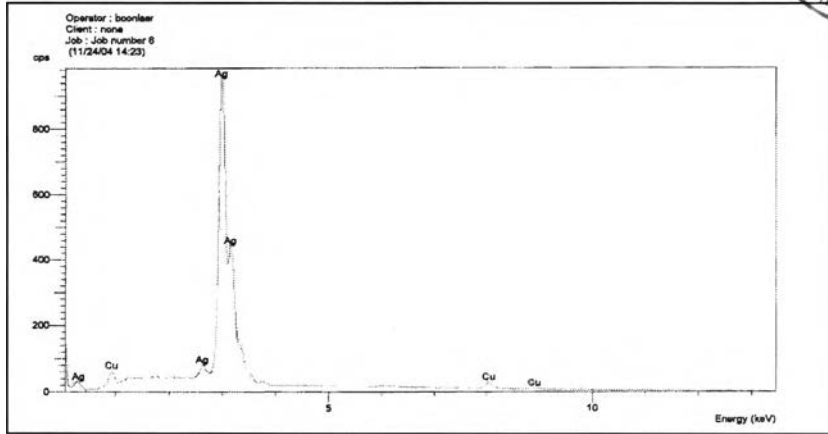
๗16-3

รูปที่ ๗6 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง ที่มีติบูก 0.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หลังอบเป็นเนื้อเดียวที่ 750 °C ด้วย EDX

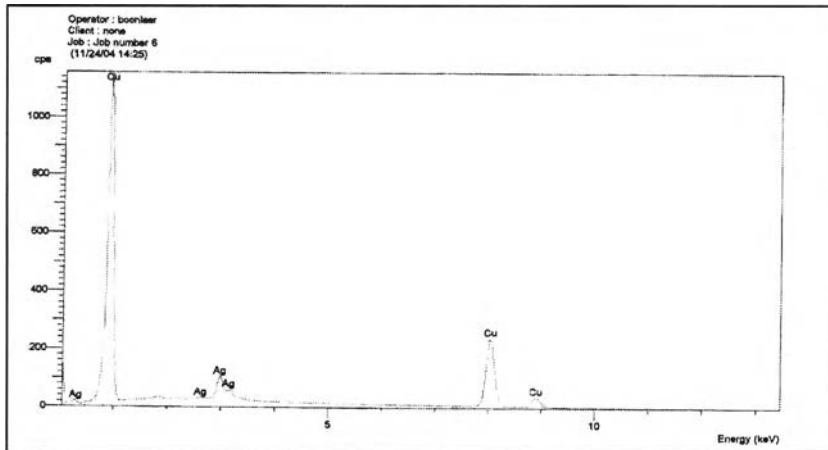
๗16-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 96.15%Ag-3.34%Cu-0.51%Sn

๗16-2 : Second phase : 13.06%Ag-86.22%Cu-0.72%Sn

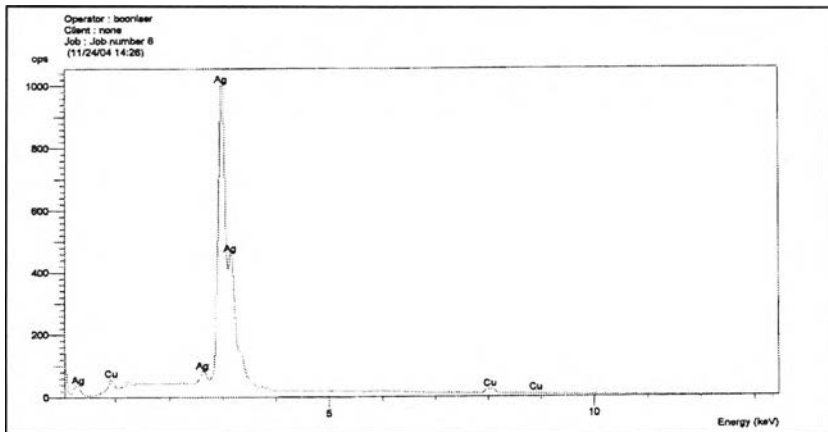
๗16-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 96.52%Ag-2.77%Cu-0.71%Sn



๗7-1



๗7-2



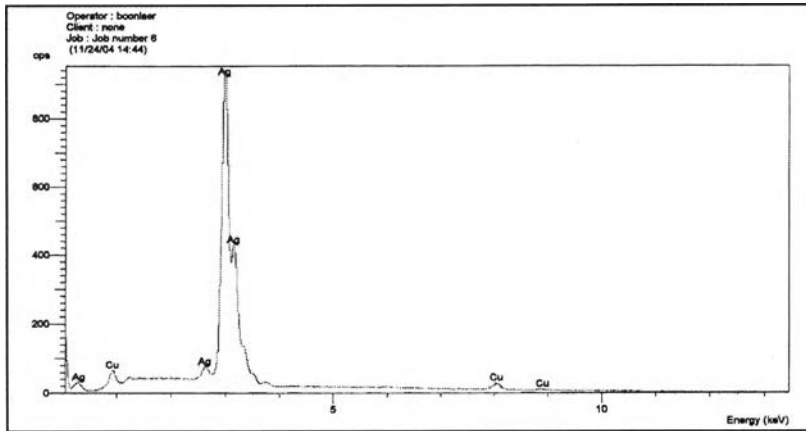
๗7-3

รูปที่ ๗7 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง ที่มีดีบุก 0.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หลังบ่มเพิ่มความแข็งที่ 260 °C เวลา 120 นาที ด้วย EDX

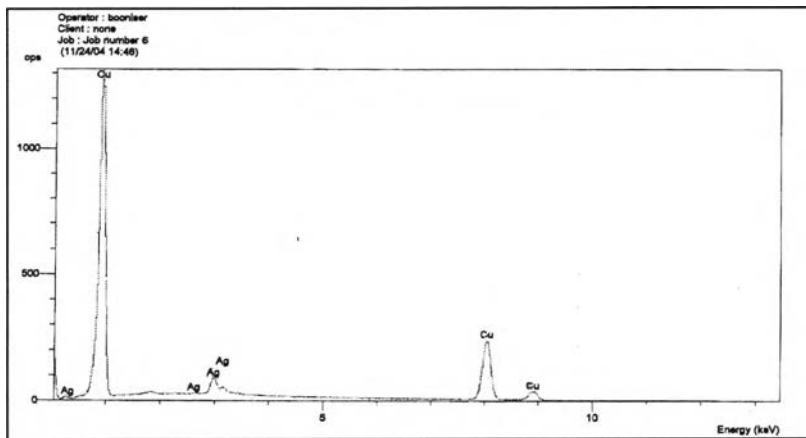
๗7-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 96.07%Ag-3.58%Cu-0.35%Sn

๗7-2 : Second phase : 16.07%Ag-83.36%Cu-0.57%Sn

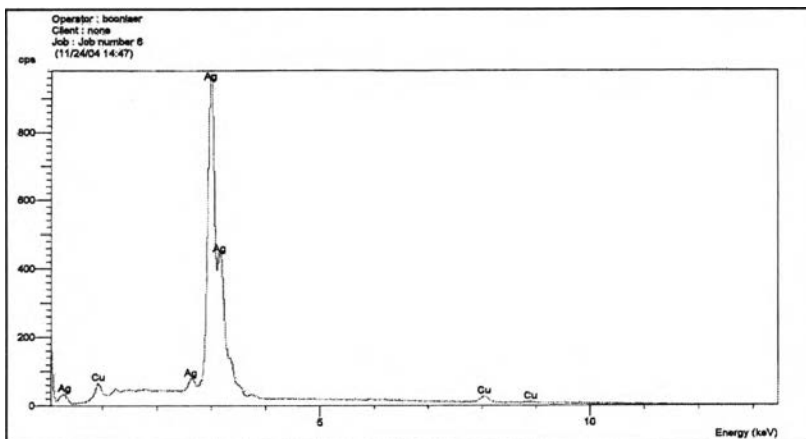
๗7-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 96.37%Ag-2.93%Cu-0.69%Sn



๗8-1



๗8-2



๗8-3

รูปที่ ๗8 กราฟแสดงผลการตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในโครงสร้างของโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง ที่มีดีบุก 0.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หลังบ่มเพิ่มความแข็งที่ 350 °C เวลา 30 นาที ด้วยEDX

๗8-1 : บริเวณโครงสร้างรวม : 96.09%Ag-3.58%Cu-0.29%Sn

๗8-2 : Second phase : 14.03%Ag-85.55%Cu-0.42%Sn

๗8-3 : บริเวณโครงสร้างเนื้อพื้น : 95.91%Ag-3.49%Cu-0.60%Sn

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจสอบสมบัติทางกลของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก

ตาราง ค1 ความแข็งแบบวิกเกอร์(Vickers Hardness;HV) และความยาวเส้นทแยงมุม 2 ด้าน (d_1 และ d_2) ของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก

ส่วนผสมทางเคมี (wt%)	ครั้งที่ทดสอบ	d_1 (mm)	d_2 (mm)	ค่าความแข็งวิกเกอร์ (HV)	ค่าความแข็งเฉลี่ย (HV)
ชุดที่ 1 Ag-7.35%Cu	1	173.7	174.1	61.3	63.5
	2	170.2	166.8	65.3	
	3	169.6	171.5	63.7	
	4	175.4	169.6	62.3	
	5	168.5	169.4	65.0	
ชุดที่ 2 Ag-6.36%Cu	1	186.7	182.9	54.3	56.0
	2	182.3	183.8	55.3	
	3	184.5	179.2	56.1	
	4	179.1	178.1	58.1	
	5	180.8	182.2	56.3	
ชุดที่ 3 Ag-5.95%Cu- 0.38%Sn	1	178.6	178.8	58.1	58.8
	2	176.7	175.8	59.7	
	3	177.6	171.5	60.9	
	4	181.0	179.7	57.0	
	5	178.9	178.3	58.1	
ชุดที่ 4 Ag-5.85%Cu- 0.43%Sn	1	176.9	172.6	60.7	62.7
	2	173.2	173.2	61.8	
	3	170.2	176.8	61.6	
	4	165.5	173.2	64.6	
	5	168.4	169.8	64.9	

ตาราง ค1(ต่อ) ความแข็งแบบวิกเกอร์(Vickers Hardness;HV) และความยาวเส้นทแยงมุม 2 ด้าน (d_1 และ d_2) ของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก

ส่วนผสมทางเคมี (wt%)	ครั้งที่ทดสอบ	d_1 (mm)	d_2 (mm)	ค่าความแข็งวิกเกอร์ (HV)	ค่าความแข็งเฉลี่ย (HV)
ชุดที่ 5 Ag-5.78%Cu- 0.43%Sn	1	172.8	176.5	60.8	62.9
	2	169.5	170.9	64.0	
	3	170.0	172.8	63.1	
	4	171.1	173.4	62.5	
	5	174.5	165.7	64.1	
ชุดที่ 6 Ag-5.74%Cu- 0.50%Sn	1	171.1	169.5	63.9	61.7
	2	171.1	170.0	63.7	
	3	174.7	178.7	59.4	
	4	178.1	179.2	58.1	
	5	174.9	167.0	63.4	
ชุดที่ 7 Ag-5.68%Cu- 0.54%Sn	1	172.3	175.5	61.3	61.2
	2	175	181.9	58.2	
	3	173.2	171.2	62.5	
	4	169.9	175.0	62.3	
	5	172.3	174.4	61.7	
ชุดที่ 8 Ag-5.61%Cu- 0.63%Sn	1	174.5	176.8	60.1	60.5
	2	178.5	171.6	60.5	
	3	172.0	178.6	60.3	
	4	179.8	170.6	60.4	
	5	173.7	174.5	61.2	

ตาราง ค2 ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength; UTS) ความเค้นจุดคราก (Yield Strength; σ_y), ค้ำมอดุลลัษยัดหยุ่น (Young's Modulus; E) และค่า %Elongation

ส่วนผสมทางเคมี (wt%)	ครั้งที่ทดสอบ	σ_y (MPa)	UTS (MPa)	E (GPa)	%Elongation	σ_y เฉลี่ย (MPa)	UTS เฉลี่ย (MPa)	E เฉลี่ย (GPa)	%Elongation
ชุดที่ 1 Ag-7.35%Cu	1	101.5	218.0	51.0	20.8	90.9	199.6	54.5	19.7
	2	73.3	182.4	49.5	20.2				
	3	97.8	198.3	63.1	18.3				
ชุดที่ 2 Ag-6.36%Cu	1	90.8	182.4	50.6	19.6	82.7	184.9	48.6	22.2
	2	81.0	189.2	50.8	26.7				
	3	76.3	183.2	44.5	20.4				
ชุดที่ 3 5.95%Cu- 0.31%Sn-Ag	1	84.9	200.8	56.1	26.7	84.1	187.6	55.5	24.1
	2	81.7	177.0	51.6	23.3				
	3	85.7	185.1	58.9	22.3				
ชุดที่ 4 5.85%Cu- 0.38%Sn-Ag	1	86.7	197.4	59.0	22.8	85.3	189.5	54.1	24.3
	2	82.0	178.5	51.9	26.7				
	3	87.2	192.5	51.4	23.3				
ชุดที่ 5 5.78%Cu- 0.43%Sn-Ag	1	88.6	197.7	56.5	26.7	87.8	195.7	57.4	28.4
	2	87.0	193.6	58.3	30.0				
	3	-	-	-	-				
ชุดที่ 6 5.74%Cu- 0.50%Sn-Ag	1	85.4	178.0	48.0	23.6	82.2	179.2	49.4	34.3
	2	79.0	180.4	50.8	45.0				
	3	-	-	-	-				
ชุดที่ 7 5.68%Cu- 0.54%Sn-Ag	1	80.0	202.4	53.6	26.7	83.2	184.0	51.7	27.1
	2	82.9	175.3	52.5	30.0				
	3	86.7	174.4	49	24.7				
ชุดที่ 8 5.61%Cu- 0.63%Sn-Ag	1	104.4	199.5	50.8	28.3	88.0	187.5	51.4	25.0
	2	71.5	175.4	52.0	21.7				
	3	-	-	-	-				

ภาคผนวก ง

ผลทดสอบสมบัติทางกลของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-
ทองแดง-ดีบุก หลังจากบ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอน

ตาราง ง1 แสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์หลังจากการอบให้เป็นเนื้อเดียวกันที่ 750°C และบ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอนที่ 260°C ที่เวลา 0, 7, 15, 30, 60, 120 และ 240 นาที

ชุดโลหะผสม	ส่วนผสมทางเคมี (wt%)			ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์(HV)						
				เวลา(นาที)						
	Ag	Cu	Sn	0	7	15	30	60	120	240
1	Balance	7.35	_	55.4	64.4	83.8	123.2	127.8	134.5	<u>139.8</u>
2	Balance	6.36	_	50.5	61.5	72.8	111.8	125.4	<u>133.8</u>	132.8
3	Balance	5.95	0.31	55.5	78.5	83.3	133.4	<u>138.2</u>	135.0	126.2
4	Balance	5.85	0.38	53.9	96.4	108.2	134.9	<u>140.6</u>	134.4	128.5
5	Balance	5.78	0.43	54.5	62.4	68.9	122.6	132.3	<u>134.6</u>	124.4
6	Balance	5.74	0.50	55.5	59.4	74.4	108.6	129.6	<u>132.6</u>	127.4
7	Balance	5.68	0.54	54.3	63.0	71.6	104.5	115.0	128.0	<u>132.0</u>
8	Balance	5.61	0.63	51.2	67.6	92.8	118.8	129.3	130.6	<u>137.4</u>

ตาราง ง2 แสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์หลังจากการอบให้เป็นเนื้อเดียวกันที่ 750°C และบ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอนที่ 350°C ที่เวลา 0, 7, 15, 30, 60, 120 และ 240 นาที

ชุดโลหะผสม	ส่วนผสมทางเคมี (wt%)			ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์(HV)						
				เวลา(นาที)						
	Ag	Cu	Sn	0	7	15	30	60	120	240
1	Balance	7.35	_	57.1	144.2	<u>146.6</u>	140.6	135.4	126.4	113.9
2	Balance	6.36	_	55.4	142.5	<u>144.4</u>	137.7	135.7	134.6	127.5
3	Balance	5.95	0.31	57.8	133.5	136.8	143.6	<u>145.2</u>	131.2	130.1
4	Balance	5.85	0.38	51.5	<u>140.0</u>	137.3	130.2	125.8	125.1	119.3
5	Balance	5.78	0.43	57.0	<u>140.1</u>	135.1	125.6	124.5	123.4	114.5
6	Balance	5.74	0.50	57.3	119.8	121.9	<u>137.2</u>	128.6	125.2	120.6
7	Balance	5.68	0.54	56.1	108.8	114.6	<u>136.5</u>	114.8	115.0	108.8
8	Balance	5.61	0.63	56.5	127.0	127.3	130.0	132.5	<u>135.1</u>	114.5

ตาราง ง3 ความเค้นจุดคราก(Yield Strength; σ_y) ความต้านทานแรงดึงสูงสุด(Ultimate Tensile Strength; UTS) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น(Young's Modulus) และ %Elongation ภายหลังจากบ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอน ที่อุณหภูมิ 260°C เป็นเวลา 120 นาที

ส่วนผสมทางเคมี (wt%)	ครั้งที่ ทดสอบ	σ_y (MPa)	UTS (MPa)	E (GPa)	%Elongation	σ_y (MPa) เฉลี่ย	UTS (MPa) เฉลี่ย	E(GPa) เฉลี่ย	%Elongation เฉลี่ย
ชุดที่ 1 7.35%Cu-Ag	1	215.8	301.6	2.8	14.7	189.5	322.4	2.8	14.7
ชุดที่ 2 6.36%Cu-Ag	1	156.7	261.3	2.8	17.3	146.1	261.3	2.8	17.3
ชุดที่ 3 5.95%Cu-0.31%Sn- Ag	1	285.2	398.4	3.8	17.7	285.2	398.4	3.8	17.7
ชุดที่ 4 5.85%Cu-0.38%Sn- Ag	1	277.8	382.5	3.6	10.3	277.8	382.5	3.6	10.3
ชุดที่ 5 5.78%cu-0.43%Sn- Ag	1	272.2	365.1	4.2	11.0	272.2	365.1	4.2	11.0
ชุดที่ 6 5.74%Cu-0.50%Sn- Ag	1	268.5	357.7	4.2	11.8	268.5	357.7	4.2	11.8
ชุดที่ 7 5.68%Cu-0.54%Sn- Ag	1	250.0	356.0	5.0	12.7	250.0	356.0	5.0	12.7
ชุดที่ 8 5.61%cu-0.63%Sn- Ag	1	275.9	365.8	3.6	12.3	275.9	365.8	3.6	12.3

ตาราง ๑4 ความเค้นจุดคราก(Yield Strength; σ_y) ความต้านทานแรงดึงสูงสุด(Ultimate Tensile Strength; UTS) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น(Young's Modulus) และ %Elongation ภายหลังจากบ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอน ที่อุณหภูมิ 350°C เป็นเวลา 30 นาที

ส่วนผสมทางเคมี (wt%)	ครั้งที่ทดสอบ	σ_y (MPa)	UTS (MPa)	E (GPa)	%Elongation	σ_y เฉลี่ย (MPa)	UTS เฉลี่ย (MPa)	E(GPa) เฉลี่ย	%Elongation
ชุดที่ 1 7.35%Cu-Ag	1	269.2	371.6	3.3	13.3	275.4	380.9	3.6	15.0
	2	281.5	390.2	3.7	16.7				
	3	275.4	381.0	3.8	15.0				
ชุดที่ 2 6.36%Cu-Ag	1	243.8	357.2	3.5	10.0	252.3	353.9	3.4	11.7
	2	261.0	345.0	3.2	6.7				
	3	252.1	259.5	3.5	18.3				
ชุดที่ 3 5.95%Cu-0.31%Sn-Ag	1	257.6	354.0	3.2	6.7	258.0	353.5	3.4	15.7
	2	255.5	349.8	3.2	20.0				
	3	261.0	356.6	3.8	20.3				
ชุดที่ 4 5.85%Cu-0.38%Sn-Ag	1	252.1	350.2	3.1	13.3	248.7	314.2	3.4	15.2
	2	243.8	353.3	3.4	15.0				
	3	250.2	320.1	3.7	17.3				
ชุดที่ 5 5.78%Cu-0.43%Sn-Ag	1	261.8	367.4	3.8	18.3	252.0	351.6	3.7	15.8
	2	240.3	344.3	3.4	13.3				
	3	253.9	343.1	3.9	14.7				
ชุดที่ 6 5.74%Cu-0.50%Sn-Ag	1	245.3	329.3	3.7	6.7	234.3	325.3	3.7	6.2
	2	222.6	314.2	3.7	5.0				
	3	234.9	332.3	3.7	7.3				
ชุดที่ 7 5.68%Cu-0.54%Sn-Ag	1	221.9	330.4	3.3	8.3	226.0	336.3	3.4	11.4
	2	238.7	340.6	3.5	13.3				
	3	217.3	337.9	3.4	12.7				
ชุดที่ 8 5.61%Cu-0.63%Sn-Ag	1	232.0	313.3	3.3	13.3	224.0	329.5	3.6	10.0
	2	215.1	336.0	3.6	6.7				
	3	225.0	339.2	3.9	10.5				

ภาคผนวก จ

ลักษณะสีผิวของชิ้นงาน, น้ำหนักของชิ้นงานและค่าความแข็ง



จ1-1

จ1-2

จ1-3

จ1-4

จ1-5

รูปที่ จ1 ลักษณะสีผิวของชิ้นงานหลังอบที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

จ1-1 Ag-7.35%Cu

จ1-2 Ag-6.36%Cu

จ1-3 Ag-5.95%Cu-0.31%Sn

จ1-4 Ag-5.78%Cu-0.43%Sn

จ1-5 Ag-5.68%Cu-0.54%Sn



จ2-1

จ2-2

จ2-3

จ2-4

จ2-5

รูปที่ จ2 ลักษณะสีผิวของชิ้นงานที่ผ่าครึ่งหลังอบที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

จ2-1 Ag-7.35%Cu

จ2-2 Ag-6.36%Cu

จ2-3 Ag-5.95%Cu-0.31%Sn

จ2-4 Ag-5.78%Cu-0.43%Sn

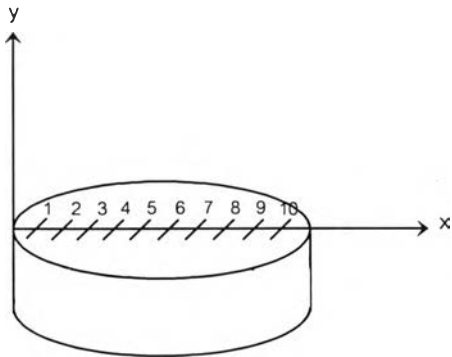
จ2.5 Ag-5.68%Cu-0.54%Sn

ตาราง จ1 น้ำหนัก(กรัม) ของชิ้นงานก่อนและหลังอบที่ 750 °C เวลา 15, 30, 45, 60 นาที

ชุดโลหะผสม	ส่วนผสมทางเคมี(wt%)			เวลาที่นำชิ้นงานออกมาตั้ง					น้ำหนักที่เพิ่ม(กรัม)
	Ag	Cu	Sn	ก่อนอบ	15	30	45	60	
1	balance	7.35	_	7.3398	7.3480	7.3546	7.3597	7.3636	0.0238
2	balance	6.36	_	7.1190	7.1227	7.1242	7.1259	7.1266	0.0076
3	balance	5.95	0.31	7.3814	7.3848	7.3861	7.3876	7.3884	0.0070
4	balance	5.85	0.38	6.9322	6.9354	6.9372	6.9387	6.9395	0.0073
5	balance	5.78	0.43	7.7129	7.7170	7.7189	7.7206	7.7218	0.0089
6	balance	5.74	0.50	7.7098	7.7129	7.7144	7.7159	7.7170	0.0072
7	balance	5.68	0.54	8.5439	8.5474	8.5489	8.5507	8.5514	0.0075
8	balance	5.61	0.63	6.6775	6.6807	6.6822	6.6837	6.6848	0.0073

ตาราง จ2 น้ำหนัก(กรัม) ของชิ้นงานหลังจากผ่าครึ่งก่อนและหลังอบที่ 750 °C เวลา 15, 30, 45, 60 นาที

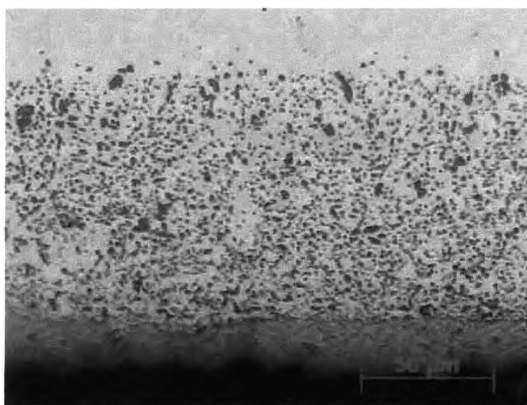
ชุดโลหะผสม	ส่วนผสมทางเคมี(wt%)			เวลาที่นำชิ้นงานออกมาตั้ง					น้ำหนักที่เพิ่ม(กรัม)
	Ag	Cu	Sn	ก่อนอบ	15	30	45	60	
1	balance	7.35	_	3.6227	3.6256	3.6284	3.6306	3.6324	0.0097
2	balance	6.36	_	3.4891	3.4905	3.4917	3.4923	3.4929	0.0038
3	balance	5.95	0.31	2.6820	2.6839	2.6847	2.6855	2.6859	0.0039
4	balance	5.85	0.38	3.2035	3.2050	3.2058	3.2068	3.2074	0.0039
5	balance	5.78	0.43	2.9180	2.9199	2.9205	2.9213	2.9221	0.0041
6	balance	5.74	0.50	2.5868	2.5880	2.5892	2.5899	2.5901	0.0033
7	balance	5.68	0.54	3.3350	3.3368	3.3378	3.3384	3.3389	0.0039
8	balance	5.61	0.63	3.8915	3.8929	3.8939	3.8948	3.8952	0.0037



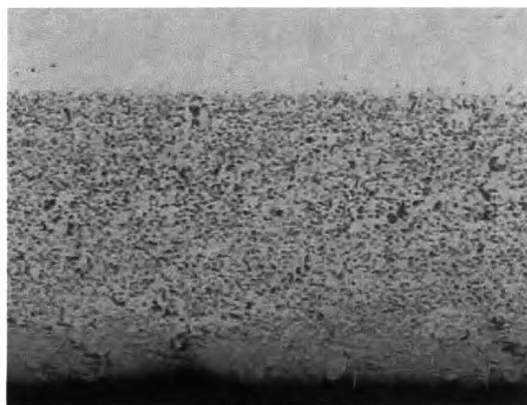
รูปที่ จ3 ตำแหน่งที่ใช้วัดความแข็ง 1-10 ตำแหน่ง

ตาราง จ3 ค่าความแข็ง(HV)หลังอบที่ 750 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วให้เย็นตัวในอากาศ

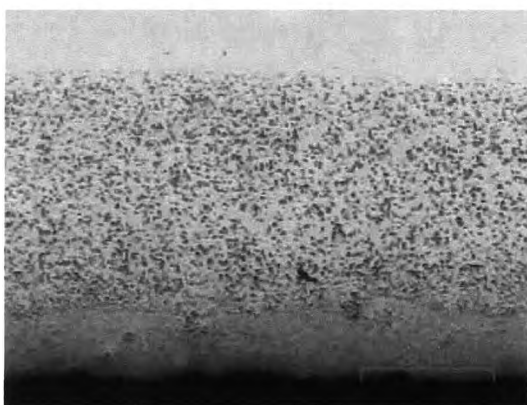
ชุดโลหะผสม	ส่วนผสมทางเคมี(wt%)			ตำแหน่งที่ใช้วัดความแข็ง									
	Cu	Sn	Ag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7.35	—	Balance	58.2	73.5	83.8	80.2	86.0	75.1	75.9	87.7	78.6	81.1
2	6.36	—	Balance	79.9	76.0	79.7	79.8	76.0	77.8	77.2	82.4	83.9	81.1
3	5.95	0.31	Balance	78.0	77.4	78.2	75.4	77.0	79.8	78.4	78.8	78.0	81.1
4	5.85	0.38	Balance	89.3	88.2	83.7	78.9	80.6	79.5	76.0	87.5	87.1	81.1
5	5.78	0.43	Balance	80.0	80.1	79.7	72.2	71.2	72.6	78.6	79.7	81.4	81.1
6	5.74	0.50	Balance	83.1	77.2	78.7	78.2	79.1	79.1	79.2	81.3	81.1	81.1
7	5.68	0.54	Balance	80.2	77.3	80.6	78.4	83.9	80.6	78.2	81.5	80.3	81.1
8	5.61	0.63	Balance	79.3	77.3	79.1	74.3	77.6	77.7	73.1	75.4	78.7	81.1



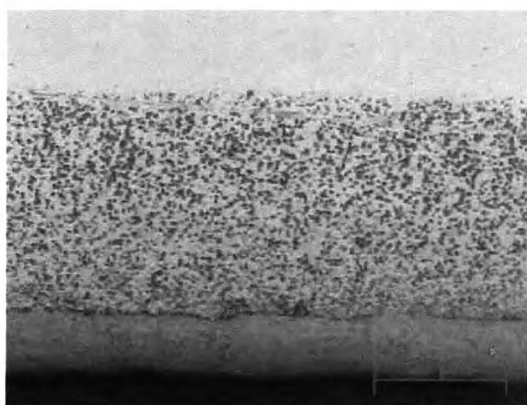
จ4-1



จ4-2



จ4-3



จ4-4

รูปที่ ๑๔ ขอบของชิ้นงานหลังอบที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 1 ชม. ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง
ที่กำลังขยาย 200 เท่า

จ4-1 โลหะผสมชุดที่ 1 : Ag-7.35%Cu

จ4-2 โลหะผสมชุดที่ 2 : Ag-6.36%Cu

จ4-3 โลหะผสมชุดที่ 6 : Ag-5.74%Cu-0.50%Sn

จ4-4 โลหะผสมชุดที่ 8 : Ag-5.61%Cu-0.63%Sn



สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (สอว)
The Gem and Jewelry Institute of Thailand (GIT)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ 401 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10230
Gemological Research and Testing Building 4 Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10230, THAILAND
Tel. (66 2) 218-5476-3, 852-5252 ext. 25 Fax (66 2) 218-5474, 852-5256 Website: www.git.or.th E-mail: jewelry@git.or.th

รายงานผลการวิเคราะห์ / Assay Report

เลขที่ / No OTI0411-004-4
วันที่รับของ 2/11/04 วันที่วิเคราะห์ 5/11/04
ลักษณะของวัตถุ / Specimen characteristic Alloy
น้ำหนัก / Weight
รายละเอียด / Description หมายเลข 5

วิธีการวิเคราะห์ / Method of Assaying

XRF

ICP

ผลการวิเคราะห์ / Result

ธาตุ / element	ร้อยละ / percent	หมายเหตุ / remark
Cu (Copper)	5.856	
Sn (Tin)	0.481	

จักรพันธ์ สุวรรณวิจิตร

(จักรพันธ์ สุวรรณวิจิตร)

ผู้ตรวจสอบ / Assayer

หมายเหตุ: การตรวจความบริสุทธิ์โดยวิธี XRF รับรองความถูกต้องในระดับผิวที่มีความลึกไม่เกิน 100 ไมครอนเท่านั้น
Remark : Assaying by XRF can guarantee the accuracy through a surface layer up to 100 microns only.



สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (สอว)
The Gem and Jewelry Institute of Thailand (GIT)

สาขาวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี ภาควิชาอัญมณีศาสตร์ อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ ถนนพหลโยธิน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
Gemological Research and Training Building in Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok, 10330, THAILAND
Tel: (66 2) 214-5470-3, 552-5282 ext. 25 Fax: (66 2) 218-5474, 852-5256 Website: www.git.or.th E-mail: jewelry@git.or.th

รายงานผลการวิเคราะห์ / Assay Report

เลขที่ / No OTI0411-005-5

วันที่รับของ 2/11/04

วันที่วิเคราะห์ 5/11/04

ลักษณะของวัตถุ / Specimen characteristic

Alloy

น้ำหนัก / Weight

รายละเอียด / Description หมายเลข 7

วิธีการวิเคราะห์ / Method of Assaying

XRF

ICP

ผลการวิเคราะห์ / Result

ธาตุ / element	ร้อยละ / percent	หมายเหตุ / remark
Cu (Copper)	5.892	
Sn (Tin)	0.544	

จิรพันธ์ สุวรรณวิจิตร

(จักรพันธ์ สุวรรณวิจิตร)

ผู้ตรวจสอบ / Assayer

หมายเหตุ : การตรวจความบริสุทธิ์โดยวิธี XRF รับรองความถูกต้องในระดับผิวที่มีความลึกไม่เกิน 100 ไมครอนเท่านั้น
Remark : Assaying by XRF can guarantee the accuracy through a surface layer up to 100 microns only.

รายงานผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของโลหะเงินสเตอร์ลิง 925 และโลหะเงินสเตอร์ลิง 935-ทองแดง-ดีบุก ที่เติมปริมาณดีบุก 0, 0.33, 0.39, 0.46, 0.52, 0.59 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักด้วย Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)



UMICORE
Jewellery &
Electroplating

Umicore Precious Metals (Thailand) Ltd.
47/33 Moo 4, Gemopolis Industrial Estate
Sukhapibal 2 Road, Dokmai
Pravet, Bangkok 10250
Phone : 66 (0) 2727-0234
Fax : 66 (0) 2727-0238

To : คุณทงวนอักษร
Tel : 0 7 047 1809
Attn :
CC. :

Date : May 20, 2004

ASSAY RESULTS

RECEIPT NO. : 07858

Bar no.	Weight in grams		Au		Ag		Cu		Sn	
	Received	Return	%	Fine		Fine	%	Fine	%	Fine
#1	13.52	12.12	-		92.74		7.35		No	
#2 /	9.56	8.14	-		93.61		6.36		No	
#3	8.85	7.41	-		93.58		5.95		0.21	
#4 /	14.05	11.86	-		93.47		5.85		0.30	
#5	11.60	9.41	-		93.55		5.78		0.22	
#6 /	11.97	9.75	-		93.49		5.74		0.43	
#7	7.64	6.22	-		93.33		5.68		0.53	
#8 /	10.09	8.64	-		93.52		5.61		0.31	
Total	87.28	73.55		-		-		-		-

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

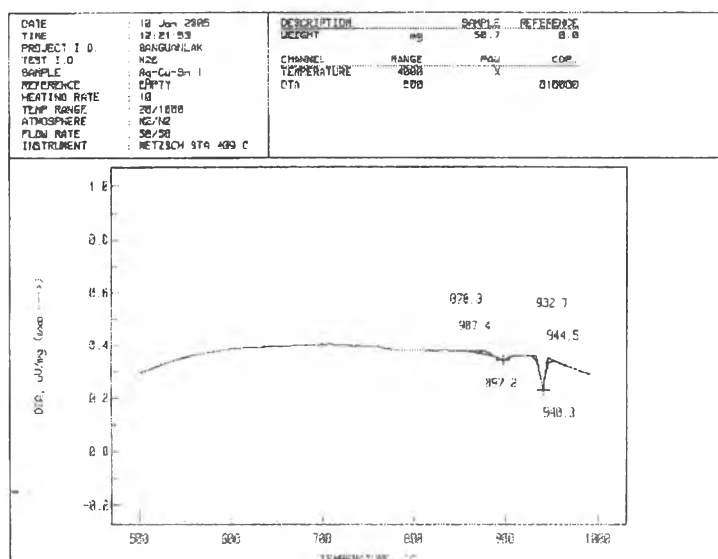
Yours sincerely
Umicore Precious Metals (Thailand) Ltd.

Acceptance / Date

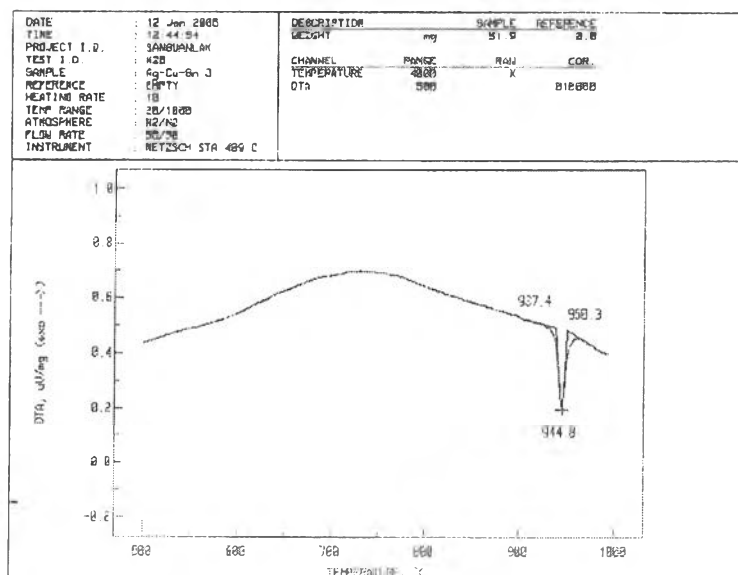
This certificate has been issued for testing purposes only. Umicore Precious Metals (Thailand) Ltd. shall bear no commitment or liability arising from the testing result.

ภาคผนวก ข

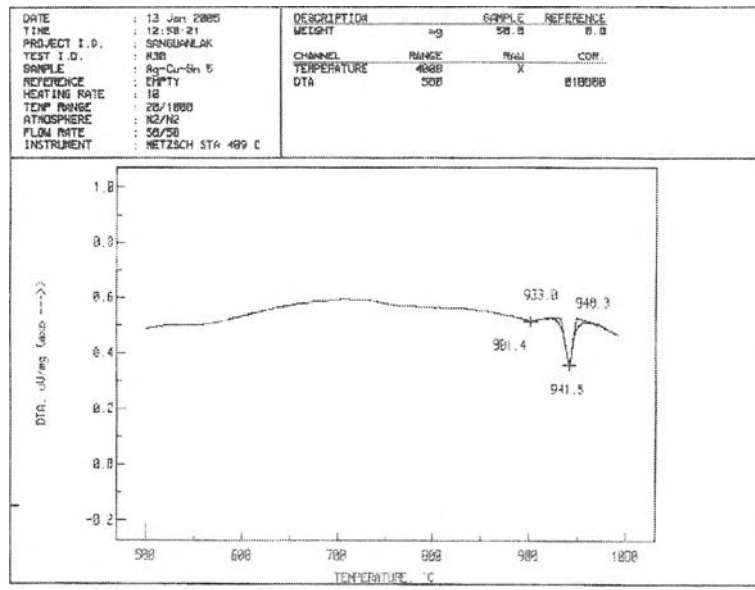
ผลการตรวจสอบจุดหลอมเหลวโดยวิธี DTA



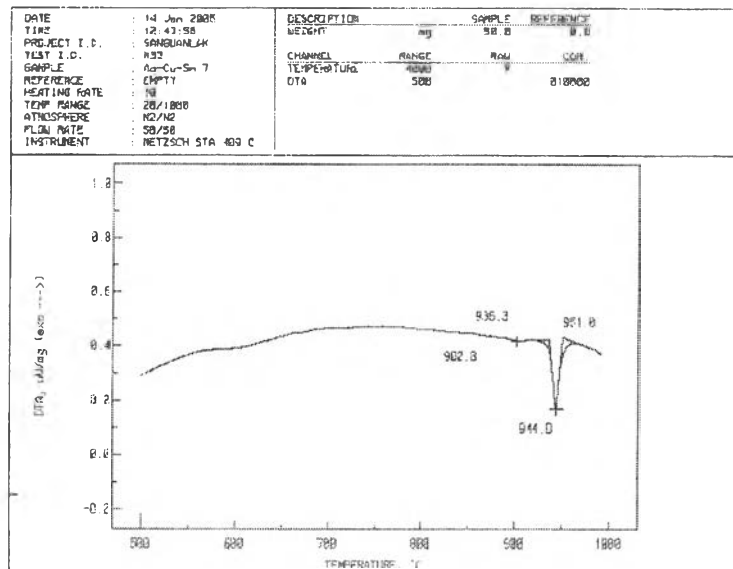
รูปที่ ข1 ผลการตรวจสอบจุดหลอมเหลวของโลหะเงินสเตอร์ลิง Ag-7.35%Cu



รูปที่ ข2 ผลการตรวจสอบจุดหลอมเหลวของโลหะเงินสเตอร์ลิง Ag-5.98%Cu-0.31%Sn



รูปที่ ข3 ผลการตรวจสอบจุดหลอมเหลวของโลหะเงินสเตอริลิง Ag-5.78%Cu-0.43%Sn



รูปที่ ข4 ผลการตรวจสอบจุดหลอมเหลวของโลหะเงินสเตอริลิง Ag-5.68%Cu-0.54%Sn

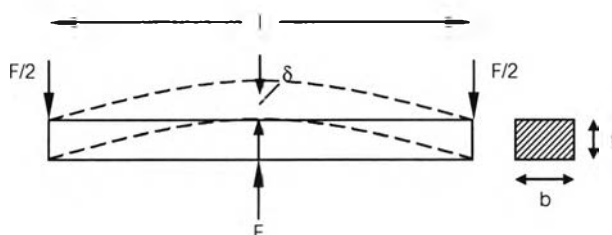


ภาคผนวก ซ

กรณีศึกษา 1 : Elastic Design : วัสดุสำหรับสปริง

The leaf spring

ถึงแม้ว่า leaf spring จะมีหลายรูปแบบแต่โดยพื้นฐานจะมีลักษณะเป็นคานาอิลาสติกรับแรงดัด โดยคานาที่มีภาคตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบตัวรองรับอย่างง่ายรับภาระ F ตรงกลาง จะมีระยะแอ่น δ ดังรูป ซ1



รูป ซ1 แสดง leaf spring ภายใต้ภาระ

$$\text{ดังนั้นระยะแอ่น} \quad \delta = \frac{Fl^3}{4Ebt^3} \quad \text{ซ1}$$

จากสมการข้างต้น

- l - ความยาวของคานา
- t - ความหนา
- b - ความกว้าง
- E - โมดูลัสของวัสดุที่จะนำมาทำสปริง

พลังงานสะสมอิลาสติกต่อหน่วยปริมาตรในสปริง คือ

$$U^{el} = \frac{1}{2} \frac{F\delta}{btl} = \frac{F^2 l^2}{8Eb^2 t^4} \quad \text{ซ2}$$

ค่าความเค้นสูงสุดจะอยู่ที่ผิวตรงจุดกึ่งกลางของคานา(เพราะมีโมเมนต์ดัดมากที่สุด) ดังนั้น

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bt^2} \quad \text{ซ3}$$

สปริงจะไม่เสียรูปอย่างถาวรระหว่างใช้งาน นั่นคือเกิด spring back จะต้องมามีค่าความเค้นสูงสุดต่ำกว่าค่าความเค้นจุดคราก(Yield Strength)

$$\frac{3Fl}{2bt^2} < \sigma_y \quad \text{ท4}$$

จากสมการ ท2 และ ท4 กำจัด t ออกไปจะได้

$$U^{el} = \frac{1}{18} \frac{\sigma_y^2}{E} \quad \text{ท5}$$

จากสมการ ท5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อสปริงรับภาระ F แล้วจะแอ่นตัวไปเป็นระยะ δ ดังนั้นอัตราส่วน σ_y^2/E จะต้องมีค่าสูงเพียงพอที่จะหลีกเลี่ยงการเสียรูปแบบถาวร สปริงที่ดีควรทำด้วยวัสดุที่มีค่าสูง ตารางที่ ท1 แสดงค่าของ σ_y^2/E วัสดุที่จะนำมาทำสปริงจะต้องมีค่าความเค้น(Strength) ที่สูง ซึ่งสามารถทำได้โดย Solid Solution Strengthening และ work-hardening(cold-rolled, single-phase brass และ bronze), Solid Solution และการเพิ่มความแข็งแรงโดยการตกตะกอน (Precipitate Strengthening)(spring steel) การอบอ่อนจะทำให้ความแข็งแรงต่ำลงและเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิตกตะกอนหายขึ้น ค่าความเค้นจุดครากที่ลดลงจะทำให้วัสดุดังกล่าวไม่เหมาะจะทำสปริง

ตาราง ท1 วัสดุสำหรับสปริง

วัสดุสำหรับทำสปริง	E (GNm ⁻²)	σ_y (MNm ⁻²)	σ_y^2/E (MJm ⁻³)	σ_y/E
Brass(cold-rolled)	120	638	3.38	5.32×10^{-3}
Bronze(cold-rolled)	120	640	3.41	5.33×10^{-3}
Phosphor bronze	120	770	4.94	6.43×10^{-3}
Beryllium copper	120	1380	15.9	11.5×10^{-3}
Spring steel	200	1300	8.45	6.5×10^{-3}
Stainless steel(cold-rolled)	200	1000	5.0	5.0×10^{-3}
Nimonic(high-temp. spring)	200	614	1.9	3.08×10^{-3}

การเลือกวัสดุสำหรับสปริงคลัทช์

สปริงคลัทช์จะมีลักษณะคล้าย leaf spring เมื่อทราบขนาดของสปริงดังนี้ $t = 2$ มม., $b = 50$ มม., $l = 127$ มม. และให้ $\delta \leq 6.35$ มม. จากสมการ ช1 และ ช4 เมื่อกำลัง F ออกไปจะได้

$$\frac{\sigma_y}{E} > \frac{6\delta t}{l^2} = \frac{6 \times 6.35 \times 2}{127 \times 127} = 4.7 \times 10^{-3} \quad \text{ช6}$$

จะเห็นว่าวัสดุที่มีค่า σ_y^2 / E ที่สูงจะเป็นวัสดุที่เราต้องการ ถ้าสปริงมีขนาดตามข้างต้นและสปริงแอนเป็นระยะ $\delta = 6.35$ มม. โดยไม่เสียหาย สามารถใช้สมการ ช6 เป็นเกณฑ์ในการเลือกได้

ตารางที่ ช1 แสดงให้เห็นว่า spring steel มีราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุอื่นในตารางและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ได้แต่ค่า safety factor ต่ำไป มีเพียง beryllium-copper ซึ่งมีราคาแพงที่เหมาะสมเพราะมีค่า safety factor ที่สูง



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสงวนลักษณ์ โฉมวณิชย์เจริญ เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2520 ที่จังหวัดอุดรธานี จบการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลการเกษตร จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2542 หลังจบการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2544