

주석-니켈합금 도금층의 내식성 및 경도

예길촌, 채영욱

영남대학교 재료·금속공학부

Corrosion resistance and Hardness of Tin-Nickel Electrodeposits

G. C. Ye and Y. W. Chae

School of Materials Science and Metallurgical Eng.,
Yeungnam University, Gyungbuk, KOREA

Abstract

The corrosion resistance and the hardness of the tin-nickel alloy deposits electroplated in pyrophosphate bath were investigated according to electrolysis conditions and microstructure of the alloy. The weight loss of alloy deposits increased with the Sn content of single phase (Ni-Sn) alloy showing the lowest weight loss in the alloy with 54~57wt% Sn.

On the other hand, the multiphase alloy with 35~42wt% Sn showed the highest one. The CASS test result was consistent with that of immersion test, and was good agreement with the corrosion data of polarization measurements. The hardness of alloy deposits decreased with the increase of Sn ratio in bath due to the grain size increase of the alloy. However, it increased noticeably with decreasing current density in the bath condition of low Sn ratio (0.1)

1. 서 론

Sn-Ni 합금도금은 내식성, 용접성 및 내마모성이 우수하여 자동차 및 전기전자부품등에 장식 및 기능성도금으로 연구활용되고 있다. 본 합금은 주로 산성염화물욕^{1, 2)} 및 염화불화물욕^{3, 4)}등을 사용하여 연구 개발되어 왔다. 그러나 최근에는 공해성이 적은 피로인산염욕을 사용하여 Sn-Ni 합금도금층의 조성 및 상조직⁵⁻⁹⁾과 내식성¹⁰⁻¹²⁾등에

미치는 전해조건의 영향을 연구한 바 있다. 특히 Enomoto등¹⁰⁾은 일정 조성(70% Sn)의 Sn-Ni 합금도금의 부식 거동에 미치는 부식 용액의 종류 및 다층도금의 영향을 연구하였고 Abdel등¹¹⁾은 양극분극현상에 미치는 알카리성 부식 용액의 영향을 조사한 바 있으나 피로인산염욕을 사용한 Sn-Ni합금도금층의 내식성과 조직(상 구조 및 우선방위등)의 연관성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 피로인산염욕을 사용

한 Sn-Ni 합금 도금층의 조직 변화에 대한 Ye^등의 선행연구를 기준으로 하여 전해조건 또는 조직 변화에 따른 합금층의 내식성 및 경도를 조사하고 이들간의 상호연관성을 조사 검토함을 목적으로 하였다.

2. 실험방법

Sn-Ni 합금도금층은 피로인산염욕을 사용하여 Table 1과 같은 전해조건으로 전착하였으며 이때 욕중의 금속염의 전체함량은 0.25M/l로 유지하고 Sn 함량비(Sn/(Sn+Ni), 몰비)를 0.1~0.4범위에서 변화하였다. 또한 그리신 첨가량의 영향을 조사한 경우를 제외하고는 욕중의 그리신 함량은 0.4M/l로 고정하였다. 전해조는 700ml용량의 아크릴조를 사용하고 교반봉으로 교반한 상태에서 도금층 두께가 15 μ m되도록 전해하였다. 전해조건에 따른 합금도금층의 표면조직, 조성 및 상구조 등은 Ye^등의 선행연구⁷⁾ 결과를 기준으로 삼고, 원자 흡광 분석법 및 X-선 회절장치(Rikagu, D/Max-2500, Cu K α)를 사용하여 선별적으로 재확인 분석을 행하였다. 합금의 부식 특성을 조사하기 위하여 침적 시험, CASS 시험 및 분극 곡선을 측정하였다. 침적 시험은 0.5M/l의 염산과 황산

수용액을 사용하여 3 \times 5cm 크기의 합금 시편을 25 $^{\circ}$ C, 24시간동안 침적한 후 무게 감량을 측정하였다. 이때 실험결과는 각 조건당 5개의 시편에 대한 평균치로 결정하였다. CASS시험은 KSD 9504 규정에 따라서 3 \times 5cm크기의 합금 시편을 50 $^{\circ}$ C의 온도 및 1kg/cm²의 분무압으로써 12~48hr의 분무 시간으로 실험하였다. 이때 분무 용액은 0.26g/l의 CuCl₂가 첨가된 5% NaCl 수용액을 사용하였으며 분무시험결과는 Rating number로 나타내었다. 분극곡선은 potentiostat(EG & G Model 273)를 사용하여 125mV/min의 주사속도로 측정하였다. 이때 시험용액은 25 $^{\circ}$ C조건에서 0.5M 황산수용액을 질소 개스로 탈산소시켜 사용하였다.

한편 합금도금의 경도는 미시 경도계(HMV-2000)를 사용하여 25g의 하중으로 측정하였고 각 경도값은 5개의 측정값에 대한 평균치로 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1. 침적시험 및 CASS시험 결과

전해조건에 따른 Sn-Ni 합금도금층의 침적시험 결과는 Table 2와 같이 전해액의 Sn 함량비(Sn/(Sn+Ni)) 및 전류밀도 등의 변화에 따른 합금의 조직 특성에 밀접한 관련성을 나타내었다. 먼저 염산 수용액을 침적액으로 사용한 조건에서 합금층의 무게감량 결과는 다음과 같았다. Sn 함량비가 0.1인 낮은 조건에서 전류밀도가 0.25~0.5A/dm²에서 1.0~1.5A/dm²으로 증가함에 따라서 무게감량은 1.03~1.05mg/cm²에서 1.8mg 이상으로 현저히 증가하였다. 이때 전류밀도 증가에 따라서 합금도금층은 Sn 함량이 46~50%에서 35~42% 범위로 감소하였고, 동시에 상조직은 2상조직(Ni+NiSn)에서 3상조직(Ni+NiSn+Ni₃Sn₂)으로 변화되어 각각 상이한 조직특성을 나타낸 결과에 상응

Table 1. Composition of bath and Electrolysis conditions

Composition (mol/L)	SnCl ₂ · 2H ₂ O	: 0.025~0.15
	NiCl ₂ · 6H ₂ O	: 0.225~0.1
	K ₄ P ₂ O ₇	: 0.5
	Glycine	: 0.4~0.8
Electrolysis conditions	pH	: 8.5 \pm 0.1
	Temperature	: 50 \pm 1 $^{\circ}$ C
	Cathode	: Copper sheet
	Anode	: Platinum sheet
	Electrode area	: 4cm \times 4cm
	Electrode distance	: 5.5cm
	Current density	: 0.25~2.00A/dm ²
Agitation speed	: 400rpm	

하였다. Sn 함량비가 0.2에서 0.4로 증가함에 따라서 무게감량은 1.01mg에서 1.13mg으로 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 이 때 합금도금층은 NiSn 단상(hcp)의 조직으로써 Sn 함량이 54.6~57%에서 65.8~70.1% 범위로 증가되었으며, 또한 합금의 우선방위가 (110) 또는 (110) + (101) 혼합방위를 형성한 조직특성을 나타내었다.

Fig. 1은 합금도금층의 Sn 함량의 변화에 따른 무게감량의 변화를 나타내었다. 합금의 Sn 함량이 42% 이하인 조건에서 무게감량이 최대값을 나타낸 반면에 54~57%의 조성에서 그 감량이 1.01~1.03mg으로 최소값을 나타내었으며, Sn 함량이 60~70% 범위로 증가함에 따라서 무게감량은 다시 미소하게 증가하는 경향을 나타내었다.

한편, 황산수용액을 침적액으로 사용한 경우에도 전해조건에 따른 합금의 무게감량의 변화는 염산수용액의 결과와 동일한 변화경향을 나타내었으나, 무게감량은 염산의 경우에 비교하여 뚜렷이 감소되었다. 이 실험결과는 H.Enomoto 등¹⁰⁾의 Sn-Ni 합금(70%Sn)에 대한 침적시험결과와 같은

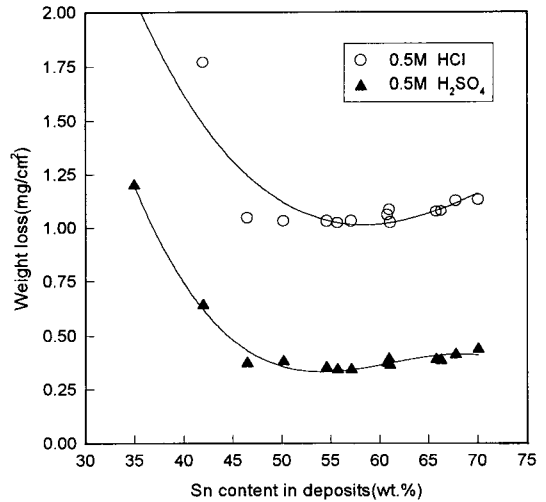


Fig. 1. Weight loss vs. Sn content of alloy deposit.

경향이였다.

또한, I.Titova 등¹²⁾은 Sn-Zn 합금의 경우 금속성분의 양극활성도 또는 용해도가 염소이온의 침적액의 경우가 황산이온의 경우보다 높고, 따라서 무게감량이 증가됨을 발표한 바 있어 본 실험결과

Table 2. Weight loss in 24hours (25°C)

Electrolysis condition		Structure of dposit ⁷⁾		Weight loss (mg/cm ²)	
Sn/(Sn+Ni)	Current density (A/dm ²)	Sn content (wt.%)	Phase	0.5M HCl	0.5M H ₂ SO ₄
0.1	0.25	50.2	Ni(200) + NiSn(110)	1.031	0.381
	0.5	46.5		1.046	0.373
	1.0	42.0	Ni(200) + Ni ₃ Sn ₂ (102) + NiSn(110)	1.770	0.640
	1.5	35.0		용해	1.197
0.2	0.25	57.1	NiSn(110)	1.013	0.344
	0.5	55.7		1.022	0.342
	1.0	54.6		1.030	0.351
0.3	0.5	61.1	NiSn(110) + (101)	1.024	0.364
	1.0	60.8		1.059	0.374
	2.0	61.0		1.083	0.392
0.4	0.25	65.8	NiSn(110)	1.075	0.389
	0.5	66.3		1.078	0.386
	1.0	67.8	NiSn(110) + (101)	1.126	0.411
	1.5	70.1		1.131	0.437

도 이와 동일한 경향을 나타낸 것으로 판단된다.

Table 3 및 Fig. 2는 Sn-Ni 합금도금층의 전해 조건에 따른 CASS 시험결과를 나타내었다. 액 중의 Sn 함량비가 0.1인 낮은 조건에서 전류밀도가 0.25A/dm²에서 1.5A/dm²으로 증가함에 따라서 R.N.값이 12~48시간의 염수분무시간 범위에서 9.8~8.0 범위에서 5.0~3.0 범위로 현저히 감소되어 1.5A/dm²의 조건에서 내식성이 가장 저하됨을 알 수 있었다. 위의 결과는 전류밀도 증가에 따라서 합금의 Sn 함량이 50~35% 범위에서 감소되어 합금조직이 2상조직에서 3상의 조직으로 변화된 결과에 상응하였다.

한편, 액 중의 Sn 함량비가 0.2에서 0.4로 증가함에 따라서 R.N.값은 감소되어 내식성이 저하되는 결과를 나타내었으며, 따라서 Sn 함량비가 0.2인 전해조건의 합금도금이 가장 높은 R.N.값(9.0~9.8)을 보여 가장 양호한 내식성을 나타냄을 알 수 있었다. Fig. 2는 합금의 Sn 함량에 따른 R.N. 값의 변화를 나타내고 있다. Sn 함량이 낮은 조건

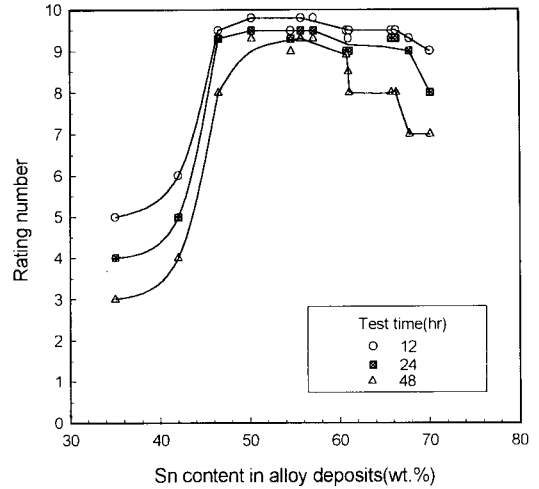


Fig. 2. The rating number vs. Sn content of the alloy deposits (wt. %)

(35~42%)의 합금도금층은 Ni 상이 상당량 혼성된 3상 조직으로써 R.N.값이 3.0~6.0으로 가장 낮은 값을 보였고, Sn 함량이 50~57% 범위인 NiSn 단상조직의 합금 경우 그 값이 9.0~9.8 범

Table 3. Rating number of tin-nickel alloy electrodeposits (CASS test)

Electrolysis condition		Structure of deposit ⁷⁾		CASS test (R.N)			
Sn/(Sn+Ni)	Current density (A/dm ²)	Sn content (wt.%)	Phase	12hr	24hr	36hr	48hr
0.1	0.25	50.2	Ni(200) + NiSn(110)	9.8	9.5	9.5	9.3
	0.5	46.5		9.5	9.3	9.3	8.0
	1.0	42.0	Ni(200) + Ni ₃ Sn ₂ (102) + NiSn(110)	6.0	5.0	4.0	4.0
	1.5	35.0		5.0	4.0	3.0	3.0
0.2	0.25	57.1	NiSn(110)	9.8	9.5	9.5	9.3
	0.5	55.7		9.8	9.5	9.5	9.3
	1.0	54.6		9.5	9.3	9.3	9.0
0.3	0.5	61.1	NiSn(110) + (101)	9.5	9.0	8.0	8.0
	1.0	60.8		9.5	9.0	8.0	7.0
	2.0	61.0		9.3	8.0	7.0	7.0
0.4	0.25	65.8	NiSn(110)	9.5	9.3	9.0	8.0
	0.5	66.3		9.5	9.3	9.0	8.0
	1.0	67.8	NiSn(110) + (101)	9.3	9.0	8.0	7.0
	1.5	70.1		9.0	8.0	7.0	7.0

위로 가장 양호한 내식성을 나타내었다.

그러나 Sn 함량이 61~70% 범위로 증가된 NiSn 단상조직의 합금인 경우 R.N.값이 7.0~9.5 범위로 보다 감소되었으며, 또한 유사한 Sn조성을 갖는 합금층에 (110) + (101) 혼합방위를 갖는 합금의 R.N.값이 (110) 우선방위의 경우에 비교하여 보다 감소된 결과(Table 3)를 나타내었다.

이상과 같이 전해조건에 따른 합금도금층에 대한 CASS 시험결과는 침적시험에 의한 무게감량의 변화와 대체로 일치하는 경향임을 알 수 있었다.

따라서 위에서 기술된 전해조건에 따른 Sn-Ni 합금도금층의 내식특성의 결과는 선행연구⁷⁾에서 조사된 Sn-Ni 합금의 조직특성과 연관지어서 다음과 같이 해석하였다.

전해액 중의 Sn 함량비가 0.1로써 전류밀도가 1.5~2.0A/dm²로 증가된 조건에서 합금도금의 내식성이 가장 저하된 결과는 이 합금조직이 Sn 함량 35~42%의 3상의 혼합조직(Ni+NiSn+Ni₃Sn₂)을 갖음으로써 NiSn 상보다 비한 Ni 상의 우선적 부식이 조장되고, 또한 선행연구⁷⁾의 조직사진 Fig. 3-(a), (b)과 같이 3상의 경쟁적 성장에 의해 표면조직이 불규칙하고 다소 조대한 결정립으로 구성되며 또한 균열 등 결절결합이 형성된 데 기인한 것으로 판단된다. 반면에 저전류밀도의 조건(0.5~1.0A/dm²)의 2상조직의 합금은 Sn 함량이 47~50% 범위로 보다 증가하여 합금층의 Ni상의 형성이 감소되고 동시에 표면조직이 Fig. 3-(c)와 같이 미세한 결정립의 평활조직을 형성함으로써 그 내식성은 3상조직의 경우보다 향상된 것으로 생각된다.

한편 액 중의 Sn 함량비가 0.2~0.4 범위로 증가된 조건에서 합금층은 NiSn 단상조직을 형성하였고, 앞의 2상 및 3상 조직의 합금에 비하여 내식성이 보다 향상되었으며 특히, Sn 함량비가 0.2인 조건의 경우 합금층은 가장 양호한 내식성을 나타내었다. 이 경우 가장 양호한 내식성은 Fig. 3-d, e와 같이 합금층이 (110) 우선 방위가 형성된

미세한 결정립의 평활한 표면상태를 나타내며 기인한 것으로 판단된다. 반면에 Sn 함량비가 0.4로써 합금의 Sn 함량이 68~70%인 경우 내식성은 가장 저하된 결과를 나타내며 이 경우는 합금층의 표면조직이 Fig. 3-(h)와 같이 다소 거친표면의 조대결정립을 나타내었고, 동시에 균열 등 표면결합이 형성된 데 기인한 것으로 판단된다.

또한 합금의 Sn 함량이 각각 55~61% 또는 66~70% 범위의 유사한 조성의 조건에서 합금의 우선방위가 (110) + (101) 혼합조직인 경우가 (110) 우선방위의 경우에 비하여 내식성은 다소 저하된 결과를 나타낸 바 이 결과는 결정의 혼합적 성장으로 인하여 결정립의 불규칙성 또는 결함이 보다 증가한 때문이라 생각된다.

Fig. 4 및 Table 4는 위의 합금도금층들에 대한 분극곡선의 측정결과를 나타내었다. 합금의 부식전위는 3상조직인 합금도금층의 경우가 NiSn 단상합금의 경우에 비교하여 뚜렷이 증가하여 가장 비한 부식전위(-170mV)를 나타내었다.

한편, NiSn 단상합금의 경우 합금의 Sn 함량이 54.6~68.0% 범위에서 증가함에 따라서 부식전위는 +28mV~-100mV 범위에서 비한 방향으로 증가되는 경향을 나타내었으며 따라서 액 중의 Sn 함량비가 0.2인 조건에서 전착된 합금(54.6~57% Sn)의 부식전위가 가장 귀한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

또한 합금의 Sn 함량이 54.6~61% 또는 66~70% 범위의 유사한 조성의 영역에서 우선방위가 (110)에서 (110) + (101) 혼합방위로 변화됨에 따라서 부식전위는 보다 비한 방향으로 증가되는 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

한편, 합금층의 부식전류 및 임계전류밀도는 Sn 함량이 54.6~57%인 NiSn 단상조직의 합금경우 가장 낮은 값을 나타내었으며, 68%Sn 조성의 합금층의 경우는 그 값이 전자에 비교하여 현저히 증가하였다. 반면에 3상합금의 부식전류는 최대값을 나타내었다. 또한 합금의 Sn 함량이 유사한 조

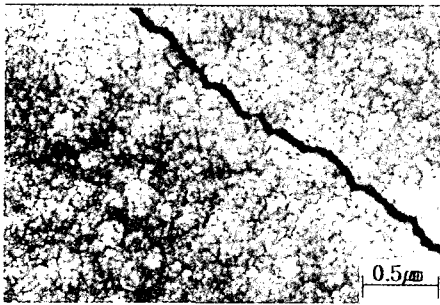
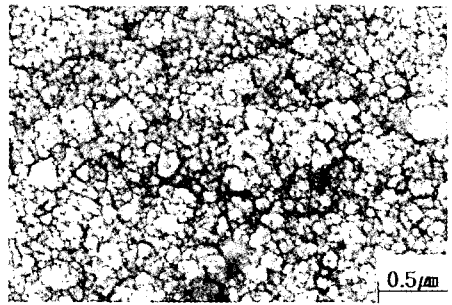
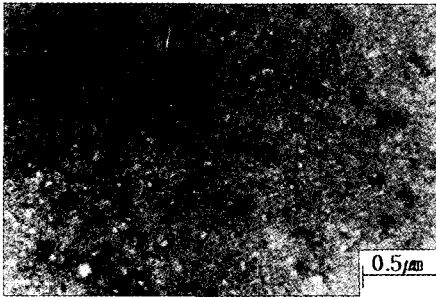
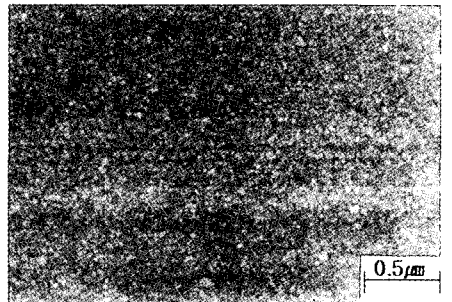
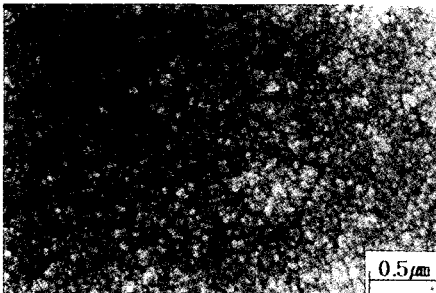
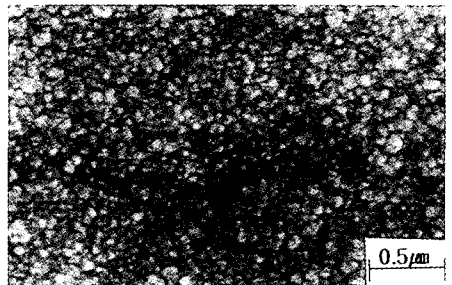
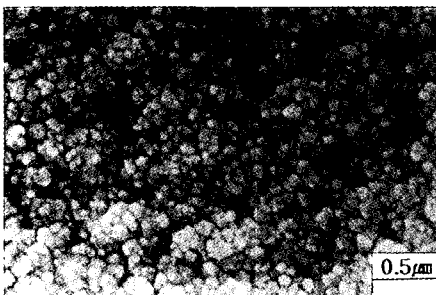
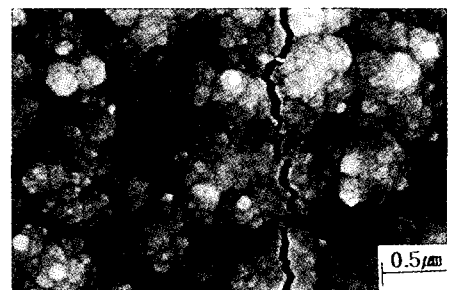
(a) Sn ratio (0.1) 1.5A/dm²(b) Sn ratio (0.1) 1.0A/dm²(c) Sn ratio (0.1) 0.5A/dm²(d) Sn ratio (0.2) 1.0A/dm²(e) Sn ratio (0.2) 0.25A/dm²(f) Sn ratio (0.3) 2A/dm²(g) Sn ratio (0.4) 0.5A/dm²(h) Sn ratio (0.4) 1.5A/dm²

Fig. 3. Scanning electron micrographs of Sn-Ni alloy deposits(ref.7)

Table 4. Corrosion Data for anodic polanzation measurements

Electrolysis condition		Structure of dposit ⁷⁾		Test results		
Sn/(Sn+Ni)	Current density (A/dm ²)	Sn content (wt.%)	Phase	E _{Corr} (mV)	i _{Corr} (μA/cm ²)	i _{Critt} (μA/cm ²)
0.1	0.25	50.2	Ni(200) + NiSn(110)	24	9.2	33.5
	0.5	46.5		53	9.7	40.0
	1.0	42.00	Ni(200) + Ni ₃ Sn ₂ (102) + NiSn(110)	-170	32.0	130.0
0.2	0.25	57.1	NiSn(110)	28	8.3	35.2
	0.5	55.7		18	10.2	31
	1.0	54.6		10	9.1	38
0.3	0.5	61.1	NiSn(110) + (101)	-99	10.7	64.6
	1.0	60.8		-2	14.1	68.8
	2.0	61.0		-5	12.5	75.2
0.4	0.25	65.8	NiSn(110)	21	12.4	30.0
	0.5	66.3		-71	14.3	57.8
	1.0	67.8	NiSn(110) + (101)	-103	20.0	112.0

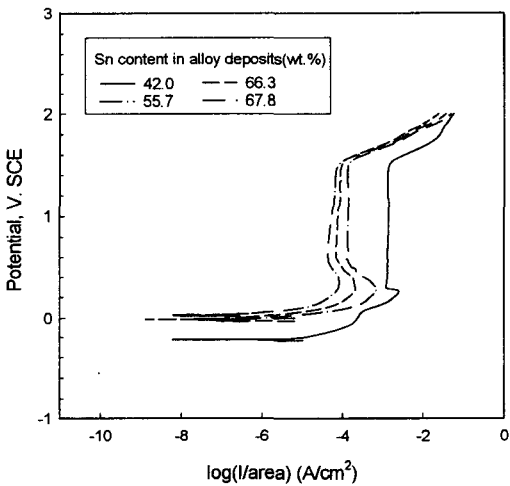


Fig. 4. Anodic polarization curves of Sn-Ni alloy deposits in 0.5M H₂SO₄ solution deaerated at 25°C

건에서 단일 우선방위의 합금의 경우 보다 혼합방위의 경우가 부식전류밀도가 보다 증가된 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

이상의 분극곡선측정결과를 검토하면 합금층의 부식특성이 주로 합금의 상조직, 우선방위 및 표면조직의 변화에 관련되었으며, 따라서 위의 침적

및 CASS 시험결과와 대체로 동일한 변화경향을 나타냄을 알 수 있었다.

3. 2. 합금층의 미소경도

전해액 중의 Sn 함량비 (Sn/Sn+Ni) 및 전류밀도의 변화에 따른 합금층의 미소경도는 Fig. 5의

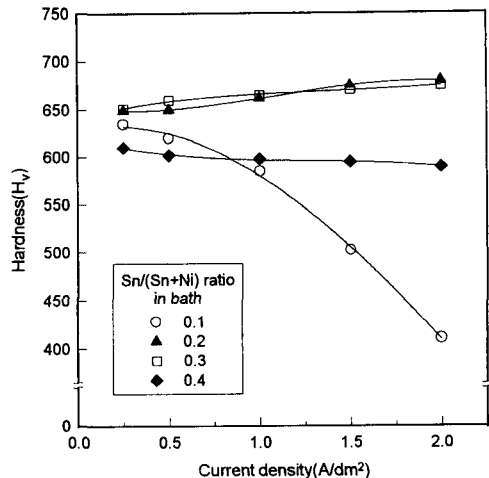


Fig. 5. Hardness of Sn-Ni alloy deposits according to electrolysis conditions

결과와 같다. 전류밀도의 증가에 따른 경도의 변화는 액 중의 Sn 함량비의 변화에 따라서 각각 상이한 경향을 나타내었다. 그 함량비가 0.1인 경우 전류밀도가 증가함에 따라서 경도값은 H_v 635~410 범위에서 감소되었으며, 특히 1.5A/dm² 이상의 전류밀도조건에서 값이 500~410 범위로 현저히 저하되었다. 이 조건에서 경도가 최소값을 나타낸 결과는 합금의 Ni 함량이 65~58% 범위로 크게 함으로써 3상조직 중에 Ni 금속상이 상당량 혼재되고, 또한 결정립이 NiSn 단상조직 (Fig. 3-d, e)에 비하여 Fig. 3-a, b와 같이 다소 조대화된 데 기인한 것으로 판단된다.

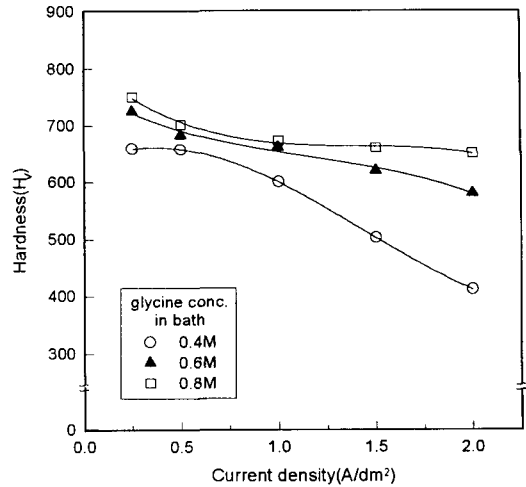
한편, 액 중의 Sn 함량비가 0.2~0.3인 경우 합금의 경도는 본 전류밀도 범위의 조건에서 H_v 650~680 범위로 거의 일정하게 높은 값을 나타내었으며, 그 함량비가 0.4로 증가된 조건에서는 경도가 H_v 590~610 범위로 전자에 비하여 다소 감소되었다.

이 결과는 Sn 함량비가 0.2~0.3 및 0.4인 두 조건에서 합금의 Sn 함량은 각각 54~61% 및 66~70%로써 모두 NiSn 단상조직이나, 전자의 합금층은 Fig. 3-(d~f)와 같이 매우 미세한 결정립의 평활 표면조직인데 비하여 후자의 경우에는 Fig. 3-(g~h)와 같이 결정립이 보다 조대화된 조직을 나타내었기 때문이라 생각된다.

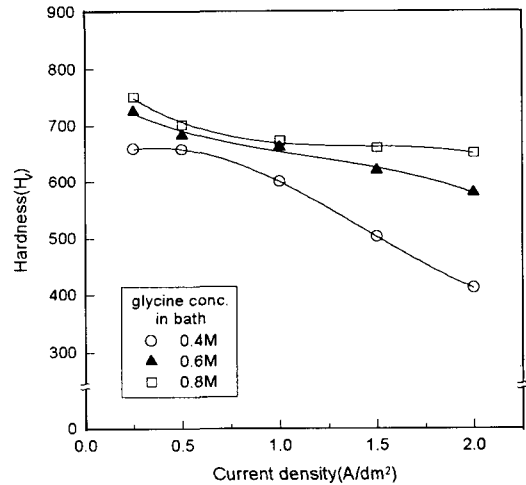
Fig. 6-(a), (b)는 전해액의 그리신 첨가량이 0.4M/l에서 0.6M~0.8M/l로 증가함에 따라서 합금층의 경도가 뚜렷이 증가하는 결과를 보여주고 있다.

액 중의 Sn 함량비가 0.1인 경우 그리신 첨가량이 증가함에 따라서 0.25~2.0A/dm² 범위의 전류밀도조건에서 합금층의 경도값은 H_v 660~410 범위에서 H_v 750~650으로 뚜렷이 증가되었고, 함량비가 0.3인 경우에도 H_v 650~675에서 H_v 700~720 범위로 다소 증가된 결과를 나타내었다.

Ye등은⁷⁾ 전해액에 그리신 첨가량을 증가시킴으로써 합금도금층의 Sn 함량은 미소하게 감소한



(a)



(b)

Fig. 6. Hardness of Sn-Ni alloy deposits vs. Glycine content in bath. Sn molar ratio in bath : (a) 0.1, (b) 0.3

결과를 조사한 바 있으나, 이 정도의 조성 변화는 경도의 변화에 영향이 적은 것으로 사료된다. 따라서 경도의 증가는 합금층의 내부응력의 변화에 기인하지 않나 사료되나 그 원인은 앞으로 더 조사되어야 할 과제라 생각된다.

Enomoto 등⁸⁾은 Sn-Ni 합금의 내부응력 및 경도가 그리신 첨가량이 0~0.3M 범위에서 증가함

에 따라서 증가하였고, 또한 암모니아수를 첨가함으로써 일정조성의 합금에서 경도가 높은 값을 나타냄을 발표한 바 있다.

4. 결 론

피로인산염욕으로 전해된 Sn-Ni 합금도금층의 부식특성 및 경도 변화를 조사한 결과, 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 침적시험결과 합금층의 무게감량은 NiSn 단상조직의 합금도금의 경우 Sn함량이 54~70wt.% 범위에서 증가함에 따라서 증가하여 54~57wt.% Sn 조성의 합금이 가장 양호한 내식성을 나타내었다. 반면에 3상조직의 합금(35~42wt.%)의 경우 무게 감량이 최대값을 나타내었다.

또한, (110) + (101) 혼합방위의 단상합금 경우 무게감량은 (110) 우선방위의 합금에 비하여 무게감량이 다소 증가되었다. CASS 시험결과도 침적시험의 경우와 동일한 내식성 변화 경향을 나타내었다. 특히 50~70wt.% Sn 조성의 NiSn 단상합금의 경우 가장 양호한 내식성을 나타내었고, 3상조직의 합금 경우 내식성이 가장 저하되었다.

이상과 같이 가장 우수한 내식성은 합금도금층이 단상조직으로써 미세한 결정립의 평활한 표면조직을 형성한데 기인하였으며, 반면에 3상조직의 합금경우는 상조직 및 표면상태의 불균일성이 증가하여 내식성이 현저히 저하된 것으로 판단된다.

2) 분극곡선측정결과 부식전위는 3상조직의 합금 경우가 NiSn 단상의 경우에 비하여 가장 비싼 값을 나타내었고, 액 중의 Sn 함량비가 0.2인 NiSn단상의 합금층의 경우 가장 귀한 부식전위를 나타내었다. 또한 부식전류 및 임계전류밀도도 위의 조건들에 상응하여 각각 최대 및 최소치를 나타내어 침적 및 CASS시험결과와 일치된 경향임을 알 수 있었다.

3) 합금층의 경도는 액 중의 Sn 함량비가 0.2~0.3 범위에서 0.4로 증가함에 따라서 미시경도는 Hv 650~680에서 590~610Hv 범위로 감소되었으며, 이 결과는 합금층의 결정립도의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

한편, Sn 함량비가 0.1로 낮은 조건에서는 전류밀도 증가에 따라서 경도값이 Hv값이 630~410 범위에서 현저히 감소되었다. 이 결과는 혼합상조직중의 Ni상의 분율이 증가하고 동시에 결정립도의 증가에 기인한 것으로 생각된다. 또한 그리신 첨가량이 0.4~0.8M/l 범위에서 증가함에 따라서 경도는 뚜렷히 증가하는 결과를 나타내었다.

후 기

본 연구는 영남대학교의 1998년도 학술연구조성비의 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Tamura and S. Yasuda, Metal Finishing, 44 (1988) 51.
2. E.B Lehman, Surface Technology, 15 (1982) 191.
3. S. K. Jalota, Metal Finishing, 44 (1988) 51.
4. J. W. Cuthbertson, J. Electrochemical Society, 100 (1953) 129.
5. H. Enomoto and A. Nakagawa, Metal Finishing, 76 (1982) 34.
6. *H. Enomoto, M. Ishikawa, and Y. Fujiwara, J. Met. Finish. Soc. of Japan, 33 (1982) 332.
7. G. C. Ye, G. H. Moon and Y. W. Chae, J. of Korean Inst. of Surf. Eng., 30 (1997) 202
8. M. Izaki, H. Enomoto, and T. Omi, Plating and Surface Finishing, 76 (1987) 84.
9. V. V. Orekhova and I. D. Roi, Soviet Electrochemistry, 27 (1991) 638.

10. H. Enomoto and M. Ishikawa, *J. Met. Finish. Soc. of Japan*, 30 (1979) 284.
11. M. S. Abdel and A. H. Osman, *Corrosion*, 36 (1980) 591.
12. I. E. Titova and L. V. Buzko, *Zhurnal Prikladnoi Khimii*, 53(10) (1979) 2228.