

中性鹽化物浴에서 亞鉛의 高電流密度 電着特性

김 영 근

포항종합제철(주) 기술연구소 광양압연연구팀

Electrodeposition behaviors of zinc from neutral chloride baths at high current density

Y. G. Kim

Kwangyang Rolling Products Research Team,
Technical Research Laboratories, POSCO
Kwangyang-city, Cheonnam, 544-090, KOREA

Abstract

Neutral Zinc Electroplating(NZE) utilizing the electrolyte of pH 6 to 8 has advantages in waste treatment and the protection of equipment. NZE is beneficially used in chromating treatment, but the limiting current density and the current efficiency are low. Therefore this study is investigated to analyse the characteristics of NZE and to obtain high current density and current efficiency.

The deposition potential of zinc in the NZE bath is about 110mV, which is lower than acidic bath. The current density possibly increases up to 60A/dm² in lower complexing agent content and pH 6. More than 90% of cathodic current efficiency was obtained in NZE bath. The NZE morphology shows smaller grains than acidic bath. The addition of 4mℓ/l second brightener gives finer morphology. As pH becomes higher, (002) plan decreases and (100), (101) and (110) planes increase in the no additives solution.

1. 서 론

1921년에 시안화아연도금욕이 개발되어 약 반세기 동안은 광택이 좋고 크로메이트처리성이 우수하며 내식성도 좋은 아연도금으로서 사용되다가 아연도금에 대한 수요가 급격하게 증가하면서 시안과 6가 크롬에 대한 공해문제가 대두되므로서 1965

년 부터는 no-cyanide 아연도금에 대한 연구가 활발하게 진행되어 저시안욕, 징케이트욕, 염화아연욕 및 황산아연욕 등이 개발되게 되었다.^{1,2)}

최근에 개발된 산성아연도금욕은 염화욕, 황산욕, 피로인산욕 및 붕불화욕으로 대별할 수 있으며, 이들은 모두 전도성이 좋기 때문에 전력소모가 적고 또한 폐수처리에 절감이 되므로 사용하고 있

은 곳이 많다. 염화아연용액은 산성용액 중에서도 전도도가 특히 우수하여 전력비가 적고 폐수처리에 유리한 점이 있으나 설비부식이 심하고 용액이 유독한 단점을 가지고 있다.³⁾ 산성용액은 달리 중성에서 도금할 수 있는 도금법이 1970년 네델란드의 C.A. Boose¹⁾에 의해 처음 개발되어 현재는 스웨덴, 네델란드, 독일 등 유럽 여러나라에서 이 도금법을 적용하고 있으며 우리나라에서도 최근에 관심을 가지기 시작하여 현재는 단지 소수의 중소기업체가 소형의 기기부품을 생산하는데 이 방법을 채택하고 있다.

중성아연도금법은 용액의 pH가 6~8에서 도금이 이루어지고 "closed loop system"¹⁾을 적용할 수 있기 때문에 폐수가 거의 없어 환경오염에 대한 비용을 절감할 수 있으며 아연의 농도가 다른 도금액에 비하여 낮고 수세가 잘되며 도금액이 무독하고 도금층의 수소취성이 적으며 균일전착성이 우수할 뿐만 아니라 도금층이 극히 미세하고 치밀하여 크로메이트 처리에도 유리하며 설비의 부식도 적은 여러가지 우수한 장점을 가지고 있다.^{4~7)} 그러나 이와같은 장점에도 불구하고 용액중에 착화제와 첨가제가 투입되고 과전압이 크기 때문에 바렐도금의 경우 pH 6.5인 용액에서 한계전류밀도는 5A/dm² 수준이고 음극전류효율도 낮아 2A/dm²의 전류밀도에서 80% 정도이며 전류밀도가 증가할수록 효율은 급격하게 떨어지는 경향을 가진다.¹⁾

따라서 본 연구에서는 한계전류밀도를 향상시키고 전류효율을 높이기 위하여 용액조성별로 5A/d

m²이상의 전류밀도에서 얻어지는 도금층 표면외관을 분석하고 음극전류효율과 한계전류밀도를 측정하였으며 용액조성에 따른 아연의 석출거동을 분석하였다.

2. 실험방법

실험에 사용한 음극용 소재는 광양제철소에서 생산되고 있는 0.7 mm 두께의 저탄소 냉연강판이었고, 전처리 과정인 탈지와 산세를 거친후 Table 1 과 같은 여러가지 용액에서 전류밀도에 따라 부착량 20g/m²이 되도록 도금을 하였다. 이때 용액의 온도는 50°C로 일정하게 하였고 유속은 2m/s와 3m/s를 사용하였으며 용액의 pH는 A, B, E용액이 7이고 C, D, F는 6으로 하였다.

간단한 실험을 위하여는 130×60×65mmH 크기의 haring cell을 사용하였고 유속을 변화시키면서 한계전류와 전류효율을 측정하기 위하여는 Fig. 1에 나타낸 바와같은 대형 전기도금장치를 이용하였다. Haring cell에는 40×50mm 크기의 음극을 사용하였고 대형 전기도금장치에 사용한 음극은 100×200mm가 도금될 수 있도록 적당한 크기로 시편을 절단하여 사용하였다. Fig. 1에 나타낸 대형 전기도금장치의 용액보관조는 70리터 용량이며 도금액을 전극사이로 최대 4m/sec속도까지 순환시킬 수 있고 모든 밸브의 작동 및 유속조절은 PC에 의해 자동으로 작동되며 cell에서 음극과 양극의 거리는 15mm이다. 착화제는 polyhydroxide organic

Table 1. Composition of baths used

Baths	A	B	C	D	E	F
Zinc chloride	0.3mol/l	0.3mol/l	0.3mol/l	0.3mol/l	0.3mol/l	0.3mol/l
Potassium chloride	0.8mol/l	0.8mol/l	0.8mol/l	0.8mol/l	0.8mol/l	0.8mol/l
Complexing agent	0.8mol/l	0.8mol/l	0.4mol/l	0.4mol/l	0.8mol/l	0.4mol/l
Boric acid	—	0.8mol/l	—	0.8mol/l	0.8mol/l	0.8mol/l
Brightener 1(BTR1)	—	0.1vol. %	—	0.1vol. %	0.1vol. %	0.1vol. %
Brightener 2(BTR2)	—	0.4vol. %	—	0.4vol. %	—	—

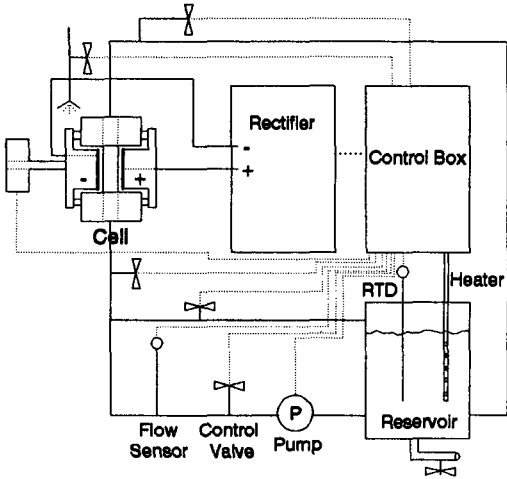


Fig. 1. Schematic diagram of electroplating apparatus.

acid의 일종을 사용하였고 광택제 가운데 BTR1 (TNO-B)은 고전류밀도에서 burning을 감소시킬 수 있는 고분자화합물이고 BTR2(TNO-A)는 levelling과 광택을 동시에 향상시킬 수 있는 방향족 알데히드로서 이들을 각각 혹은 적당하게 혼합하여 사용하였다.^{1, 8)}

단순염용액과는 달리 용액중에 착화제가 함유되면 아연의 석출전위가 달라지기 때문에 증성욕에서 아연의 석출전위를 측정하기 위하여 정전위전해법을 이용하여 인가전위를 -700mV에서 -1500mV까지 4mV/sec속도로 변화시켜 주었다. 또한 산성욕과도 비교하기 위하여 염산욕과 황산욕에 대하여도 석출거동을 관찰하였다. 염산욕의 pH는 4.6이었으며 농도는 Zn²⁺ 65g/l, Cl⁻ 220g/l로 하였고, 황산욕은 pH 1.2 및 Zn²⁺ 65g/l, Na₂SO₄ 100g/l로 하여 사용하였다.

얻어진 석출물의 음극전류효율은 도금전, 후 시편의 무게차를 이론석출량으로 나누어 주므로서 구하였고, 도금후 표면을 육안으로 관찰하여 시편의 가장자리에 burning이 발생하기 시작한 시점을 한계전류밀도로 결정하였다. 또한 도금층의 광택도는 Gloss Meter(SUGA UGV-5DP)를 이용하여 입사각 60°로 하여 측정하였고 백색도는 Multi Spe-

ctro Color Meter(SUGA MSC-IS-2B)를 각각 이용하였다. 도금층의 표면조직 관찰은 SEM (Scanning Electron Microscope)을 이용하였고 우선배향성의 측정은 Table 2와 같은 조건으로 XRD(X-ray Diffractor Meter, RIGAKU)를 이용하여 diffraction pattern을 분석하였으며 회절강도를 상대강도로 환산하기 위하여 식 (1)을 사용하였다.^{9, 10)}

$$T.C(hkl) = \frac{I(hkl)/I_0(hkl)}{[1/n \sum I(hkl)/I_0(hkl)]} \quad (1)$$

Table 2. Experimental conditions for X-ray diffraction

Target	Cu
Filter	Ni
Voltage	30kV
Current	25mA
Scanning speed	5°/min

3. 결과 및 고찰

3. 1. 표면외관과 한계전류밀도

식 (2)는 단순염용액에서 아연이 농도에 따라 금속수산화물 혹은 산화물을 형성하는 임계 pH를 나타내는 것으로, 용액중에 아연이온이 1mol/l 함유되어 있으면 pH 5.5이상에서 아연은 침전물을 형성한다는 것을 알 수 있다.¹¹⁾ 물론 아연농도가 1mol/l이하로 묽어지면 수산화물을 형성하는 임계 pH도 약간 상승하지만 희박용액이 아니고는 농도에 따라 큰 차이는 없다.

$$pH = [10.96 - \log(Zn^{2+})] / 2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

따라서 단순염 용액을 이용한 아연도금의 경우에는 용액의 pH를 최소 5.5 이하로 유지해 주어야 침전물 없이 도금할 수 있으나 본 연구는 아연이 침전물을 형성하는 pH 6~7의 중성에서 도금이

이루어지기 때문에 용액중에 착화제를 첨가하지 않고는 실험할 수 없다.

Fig. 2는 A, B, C, D 4종류의 용액으로부터 아연도금하였을 경우 음극전류효율 및 표면외관을 측정 한 결과로서 A, B용액은 pH가 7이기 때문에 착화제 투입량이 많은 용액이며, C, D용액은 pH가 6이기 때문에 착화제 첨가량이 비교적 적은 용액이다. 음극전류효율은 B용액 즉 착화제 첨가량이 많고 붕산과 BTR1, 2가 모두 첨가된 경우에서 80%정도의 낮은 효율을 나타내는 것을 제외하고는 A, C, D용액 모두 90%이상의 효율을 나타내고 있다. 이와같이 B용액의 전류효율이 낮은 것은 착화제 투입량이 많고 붕산 및 광택제의 투입에 따른 용액의 과전압 증가라고 볼 수 있다. 그러나 백색도는 C용액으로부터 얻은 도금층만 80을 약간 상회할 뿐 나머지 3종류의 용액은 그 이하를 나타내고 있으며 용액의 종류에 따라 차이가 없다. 표면광택도 A, C용액으로부터 얻은 도금층이 5정도로 상당히 낮은데 반하여 B용액은 190, D용액은 145로 용액종류에 따라 커다란 차이를 나타내고

있다. 특히 붕산과 BTR 1, 2를 모두 첨가한 B, D용액으로부터 얻은 도금층표면은 거의 거울과 같은 광택을 가지고 있으나 A, C용액과 같이 착화제가 투입되어 용액의 과전압은 산성용액보다도 증가하였다고 하나 광택도는 염산 산성용액에 약간의 광택제가 첨가된 용액으로부터 얻은 도금층과 유사하게 상당히 낮은 광택도를 나타내고 있다. 따라서 중성아연도금욕이라 할지라도 광택제를 첨가하지 않고는 도금층의 표면광택도를 크게 향상시킬 수 없다는 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 이들 4종류의 용액에 대하여 한계전류밀도를 측정 한 결과이다. 그림으로부터 알 수 있는 바와같이 유속을 2m/s에서 3m/s로 증가시킴에 따라 한계전류밀도가 증가하였음을 볼 수 있는데 이는 유속증가가 음극면에 확산층 두께를 감소시키기 때문이다. 또한 용액종류에 따라서는 착화제의 첨가량에 따라 큰 차이를 나타내고 있음을 볼 수 있다. 즉 착화제 첨가량이 0.8mol/l로 많은 A, B용액은 유속 3m/s일지라도 20A/dm²의 전류밀도에서 시편의 가장자리에 burning이 발생하

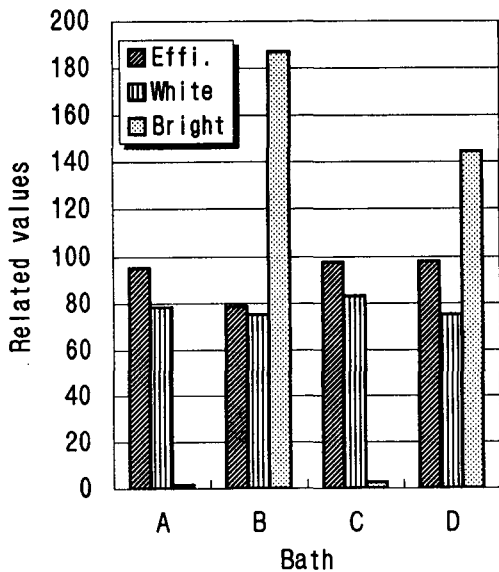


Fig. 2 Effect of bath composition on current efficiency and surface appearance. (A, B pH 7, C, D pH 6)

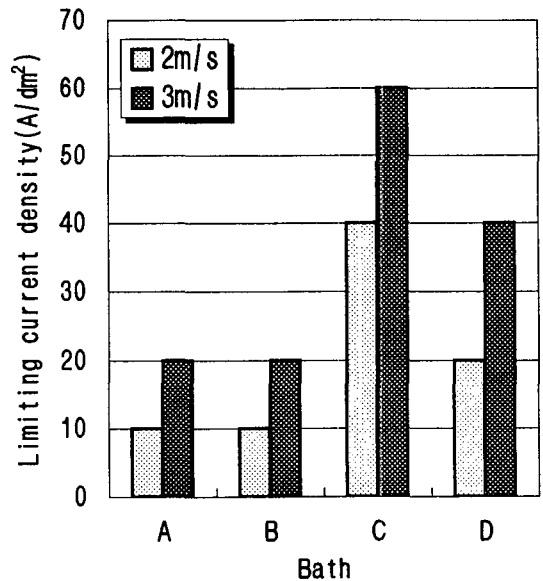


Fig. 3 Limiting current density for various neutral zinc baths. (A, B pH 7, C, D pH 6)

였으나 착화제 투입량이 0.4mol/l로 적은 D, C용액에서는 한계전류밀도가 큰 폭으로 상승하였으며 특히 C욕의 경우에는 유속 3m/s에서 60A/dm²까지 도금이 가능하였다. 또한 착화제 투입량이 적어도 붕산과 광택제가 첨가되므로써 용액의 과전압이 크게 증가된 D용액은 40A/dm²에서 burning이 발생하였다.

Fig. 4는 용액의 pH 7.0과 전류밀도 5A/dm²는 일정하게 하고 BTR2의 첨가량에 따라 도금층 표면외관을 분석한 결과이다. 백색도는 BTR2가 없는 경우에 80을 나타내다가 첨가량이 증가함에 따라 미소하게 감소하는 경향을 나타내지만 광택도는 BTR2의 첨가량이 증가함에 따라 큰 폭으로 향상되어 BTR2 0.4vol.% 첨가된 경우에는 광택도 120이상을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 따라서 BTR2는 중성아연욕에 0.1vol.% 이상 첨가되면 광택도를 급격하게 향상시키는 우수한 광택제임을 알 수 있다.

Fig. 5는 착화제 첨가량이 적은 pH 6의 용액에서 아연농도별로 한계전류밀도를 측정된 결과이다. 단순염용액에서는 금속이온농도를 증가시키면 농

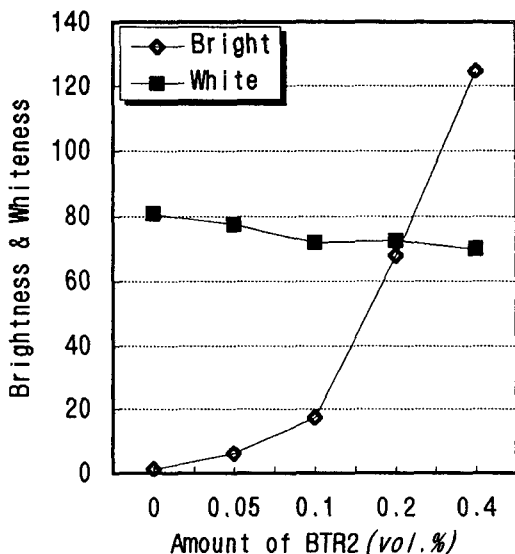


Fig. 4 Effect of the second brightener on surface appearance of coating. (pH 7, F, R 2m/s)

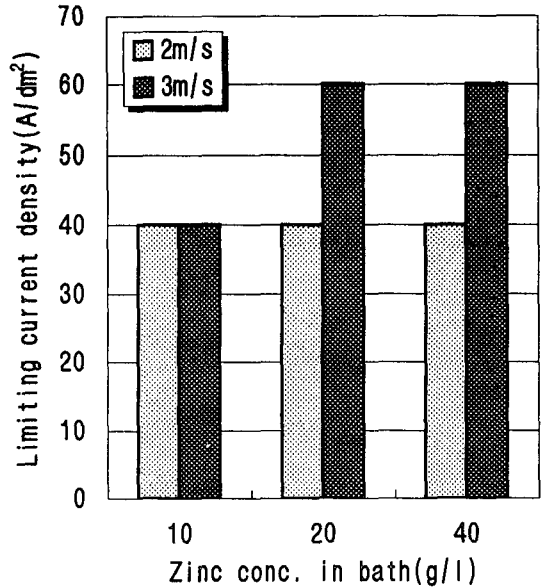


Fig. 5 Relation between limiting current density and zinc concentration in bath. (50°C, pH 6)

도과전압이 감소하기 때문에 한계전류밀도가 크게 향상된다. 중성욕에서도 금속이온농도를 증가시키면 약간의 한계전류밀도를 향상시킬 수 있지만 금속이온농도가 증가하면 착화제의 첨가량도 따라서 증가해야 하기 때문에 너무 과도한 농도증가는 곤란하다. 그림에서 볼 수 있는 바와같이 아연농도 10g/l인 경우에는 40A/dm²에서 약간의 burning이 나타나나 아연농도 20g/l이상과 유속 3m/s인 경우에는 60A/dm²의 전류밀도에서도 도금이 가능함을 볼 수 있다. 따라서 pH 6인 용액에서도 고전류밀도 도금이 가능하기 위하여는 아연농도를 최소 20g/l이상은 유지해 주어야 하는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 C용액 즉 붕산과 광택제가 첨가되지 않은 한계전류밀도가 가장 높은 용액에 대하여 전류밀도별 음극전류효율 및 도금층 표면외관을 분석한 것이다. 전류효율은 모든 전류밀도에서 90% 이상을 나타내고 있으며 백색도는 80~85사이를 나타내고 있으나 광택도는 10이하로 상당히 낮은 값

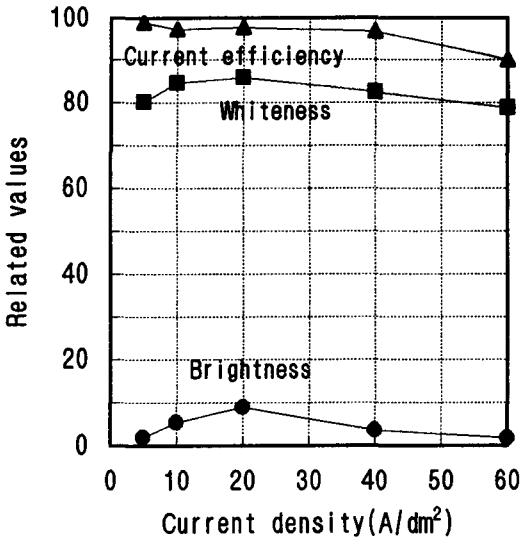


Fig. 6 Effect of current density on current efficiency and surface appearance of zinc deposited from additive-free bath. (pH 6)

을 나타내고 있다. 이와같이 봉산과 광택제가 첨가되지 않고 착화제 투입비율이 아연농도의 4배인 C 용액의 경우에는 한계전류밀도를 60A/dm²까지 향상시킬 수 있고 또한 모든 전류밀도에서 전류효율도 90% 이상을 나타내지만 광택제가 첨가되지 않았기 때문에 광택도는 10이하로 상당히 낮다.

3. 2 석출전위

단순염용액과는 달리 착화제가 함유된 용액은 아연의 석출전위가 달라지기 때문에 용액조성에 따라 음극분극을 측정하였으며 단순염용액인 염산산성 용액과 황산아연용액을 비교제로 사용하였다. 아연의 석출전위는 1mol/l인 경우 -0.763V를 나타내며 농도에 따라 약간의 차이를 나타낸다. 아래 식(3)은 단순염용액에서 아연의 석출전위가 농도에 따라 변화하는 것을 나타낸 것이다.¹¹⁾

$$E_0(V) = E^0(-0.763) + 0.0295 \log(Zn^{2+}) \quad (3)$$

아연농도 20 g/l인 경우 식 (3)을 이용하여 석출전위를 계산하면 표준전극전위 값보다 -0.015V비해져 실제로 석출전위는 -0.778V를 나타

내게 된다. 따라서 아연농도가 크게 묽은 희박용액이 아니고는 농도에 의한 석출전위의 움직임은 고려하지 않아도 된다. 또한 본 실험에서 참조전극으로 사용한 포호감홍전극(SCE)은 표준수소전극(NHE)에 비하여 전극전위가 식 (4)와 같이 차이가 있으므로 온도에 따라 그 만큼 보정해 줄 필요가 있다.¹²⁾

$$SCE \text{ potential}(V) = 0.2415 - 0.00076(T - 25) \quad \dots\dots (4)$$

Fig. 7은 산성인 염산과 황산용액 및 중성용액(B용액)에서 아연의 석출전위를 측정 한 것이다. 실선의 염산용액은 -0.7V에서 전류의 흐름 없이 계속 분극되다가 전위가 감소함에 따라 약 -1.05V에서 급격하게 전류의 흐름이 증가하였고 -1.15V에서 다시 심하게 분극되는 현상을 나타내고 있다. 따라서 염산용액에서 아연의 석출전위는 -1.05V이고 이 전위에서 상당히 많은 량의 전류가 흐른다는 것을 알 수 있다. 그러나 묽은 점선으로 나타난 황산용액의 경우에는 똑같은 산성용액이면서도 염산용액과는 전혀 다른 분극거동을 나타내

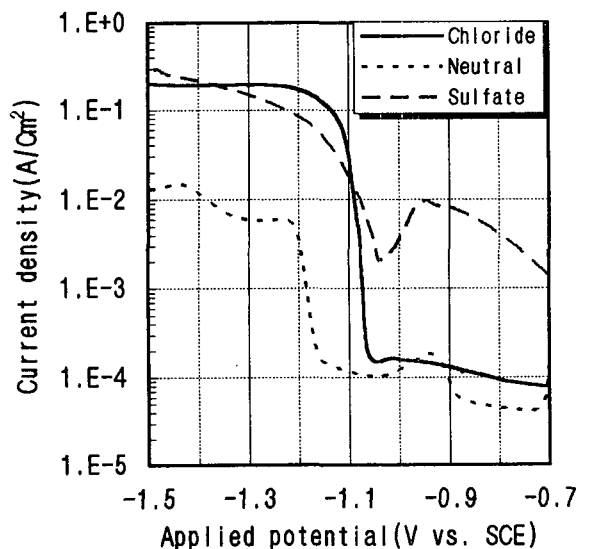


Fig. 7 Cathodic polarization curves of zinc obtained from various electrolytes.

고 있음을 볼 수 있다.

즉 아연의 석출전위는 $-1.05V$ 로 같지만 석출개시 시점에서 높은 전류를 필요로 하고 석출이 시작되면서 바로 심한 분극현상을 나타낸다. 따라서 황산용액에서 아연이 석출되기 위해서는 염산용액에 비하여 그 만큼 많은 과전압이 필요하다는 것을 의미하며 실제로 용액의 전도도 및 음극전류효율에 있어서 염산용액이 황산용액 보다 훨씬 우수하다. 반면에 희미한 점선으로 나타낸 중성아연욕은 착화제가 함유되어 있기 때문에 석출전위도 약 $-1.16V$ 로 산성용액에 비하여 $110mV$ 비한 방향으로 이동하였고 석출개시 전후로 분극되는 현상도 복잡한 형태를 나타내고 있다.

이와같이 중성욕에서 아연의 석출전위가 산성용액에 비하여 $100mV$ 이상 비한 방향으로 이동한 것은 용액중의 금속이온이 착화되어 있기 때문이며 석출개시 전후로 복잡한 분극현상을 나타내는 것은 용액의 과전압이 그 만큼 크고 아연이 착이온으로부터 유리되기 위한 과전압의 증대에 기인한다고 생각된다.

Fig. 8은 중성욕에서 측정된 음극분극곡선으로 점선은 B용액 즉 착화제 투입비율이 많고 모든 첨가제가 첨가된 pH 7인 용액이고 실선은 착화제 투입비율이 적은 pH 6의 용액을 나타낸 것이다. 용액의 pH를 6으로 하고 착화제 투입량을 줄이면 석출전위는 $-1.09V$ 로 산성욕에 비하여 약 $40mV$ 비한 방향으로, pH 7인 용액보다는 약 $70mV$ 귀한 방향으로 이동하였음을 볼 수 있다. 또한 분극 현상도 심하지 않고 석출완료 시점의 전류밀도도 pH 7인 용액보다 약 10배 높은 것을 볼 수 있다. 결국 아연에 대한 착화제 혼합비율을 감소시키지 않고는 산성용액에 가까운 석출거동, 즉 높은 한계 전류밀도와 높은 전류효율을 얻을 수 없다는 것을 의미한다.

3. 3. 우선배향성과 도금층조직

Fig. 9는 A, B, C, D 각각의 용액으로부터 전류

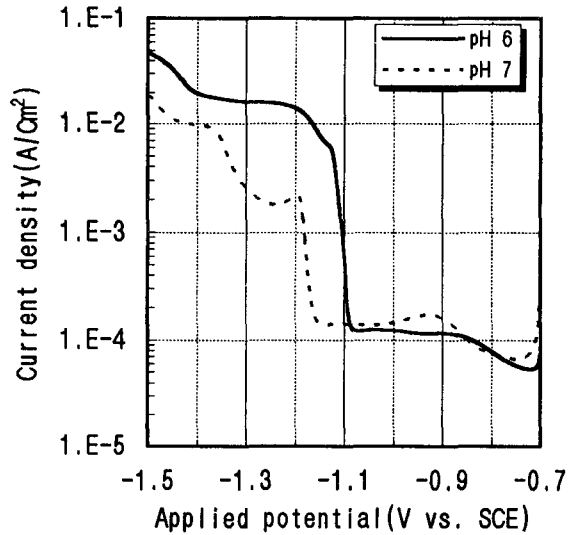


Fig. 8 Effect of solution pH on cathodic polarization in neutral zinc baths.

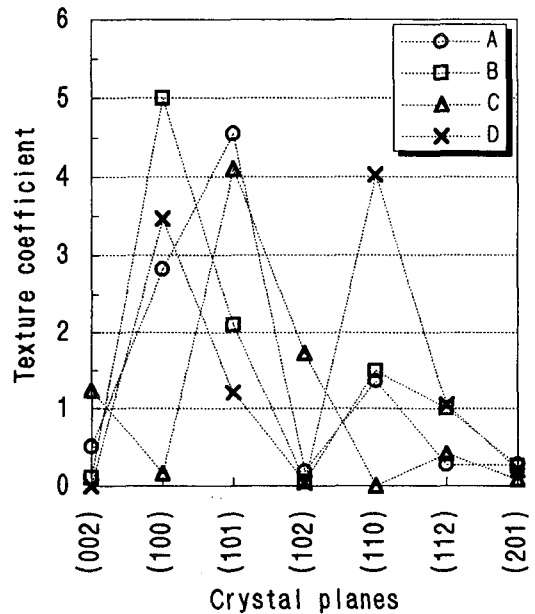


Fig. 9 Textures of zinc deposited from various neutral baths.

밀도 $5A/dm^2$ 에서 얻은 아연도금층의 우선배향성을 분석한 것이다. 어느 욕이나 기저면인 (002)는 거의 나타나지 않고 high angle 피라밋면인 (101)

과 수직면인 (100)(110)등이 잘 발달되어 있음을 볼 수 있으며 욕에 따라 이들 면의 우선배향이 약간씩 차이가 있다. 용액의 과전압이 크고 광택도가 우수한 B, D용액인 경우는 수직인 (100)(110)면을 발달시키고 (101)면의 비율을 감소시키나 A, C용액은 반대로 (101)면이 가장 발달되어 있고 특히 C용액에서는 기저면인 (002)가 약간 나타나기 시작한다. Fig. 10은 용액의 pH가 6이고 광택제는 없으나 KCl 2.2mol/l를 함유하고 있는 용액에서 전류밀도별로 측정된 도금층의 우선배향성을 나타낸 것이다. 낮은 전류밀도에서는 (002)면이 가장 발달되어 있으나 전류밀도가 증가함에 따라 기저면은 감소하고 (101)면이 점차 발달하기 시작하며 low angle피라밋면인 (102) (103)이 등장하였다. 특히 전류밀도가 가장 높은 40A/dm²에서는 (101)면이 급격하게 성장하였고 (002)면은 거의 사라졌다. Fig. 11은 D용액 즉 pH는 6으로 Fig. 10과 동일하나 붕산과 광택제가 함유된 용액으로부터 측정된 우선배향을 나타낸 것이다. 광택제 및

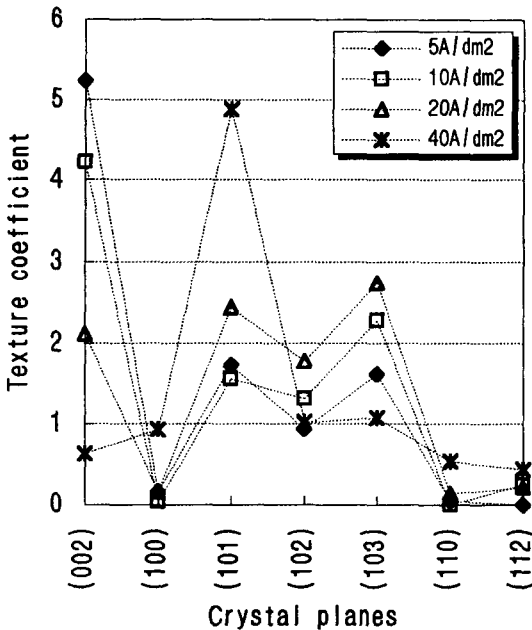


Fig. 10 Textures of zinc deposited from a neutral additive-free bath. (pH 6)

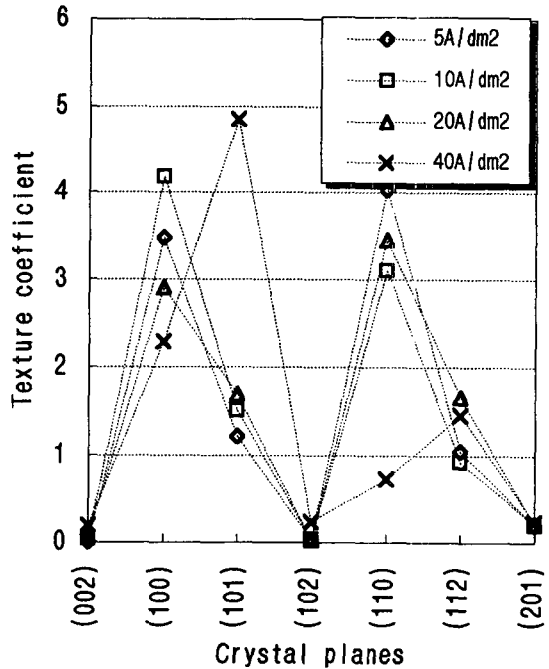
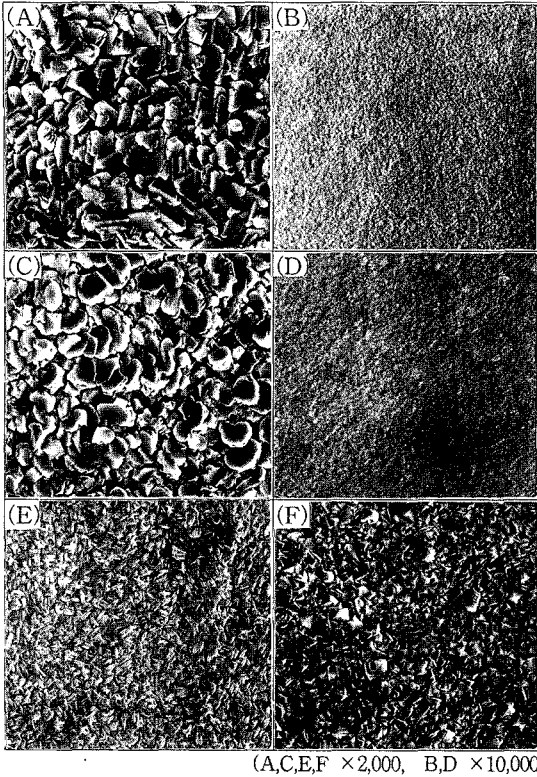


Fig. 11 Textures of zinc deposited from a bath containing additives. (pH 6)

붕산이 첨가되므로써 (002)기저면은 완전히 사라지고 다시 (100)(110)이 크게 성장하였으며 용액의 과전압이 크기 때문에 Fig. 10에서 나타난 random한 우선배향과는 달리 전류밀도에 따라 커다란 차이는 볼 수 없다. 전류밀도 40A/dm²에서는 다른 전류밀도에서와는 달리 (101)면이 크게 발달하고 (110)면이 특히 감소한 것은 한계전류밀도에 가까운 곳에서 도금이 이루어졌기 때문으로 생각된다. 따라서 광택제 첨가에 의하여 표면광택도가 크게 향상된 표면은 전류밀도에 관계없이 (100)(110)의 성장을 촉진시키고 기저면인 (002)와 피라밋면 (102)등의 소멸을 가져온다.

Fig. 12는 6종류의 중성용액으로부터 얻은 아연도금층의 표면조직을 SEM으로 관찰한 결과이다. 용액의 pH는 다르지만 착화제와 전도염만으로 구성된 A, C용액으로부터 얻은 표면조직은 비교적 조대하고 여기에 붕산과 BTR1을 첨가한 E, F



(A,C,E,F ×2,000, B,D ×10,000)

Fig. 12 SEM surface morphologies of zinc deposited from various neutral baths. (C/D 5A/dm², F. R 2m/s)

의 경우에는 상당히 미세화하였으며 BTR2까지 첨가한 B, D용액의 경우에는 배울 만배에서도 결정을 찾아 볼 수 없을 정도로 미세해졌다. 결국 무첨가 욕에 비하여 붕산과 BTR1첨가는 그 만큼 용액의 과전압을 증가시키고 광택제의 흡착으로 인한 결정면의 성장을 억제시키기 때문에 결정립이 미세해 졌으며 BTR2 첨가는 결정을 찾아 볼 수 없을 정도로 미세화시키므로 광택도를 140이상 향상시킬 수 있다. 착화제를 첨가하므로써 용액의 전도도가 낮고 과전압이 증가한 중성아연욕이라 할지라도 광택제를 첨가하지 않고는 결정립을 미세화시킬 수 없고 따라서 광택도를 향상시킬 수 없다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

중성아연도금의 특성을 분석하고 한계전류밀도와 전류효율을 높이기 위한 용액 및 도금조건을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) BTR2를 0.4vol.% 첨가하면 결정립을 크게 미세화시키고 표면광택도를 최대 200까지 향상시키나 백색도는 80이하로 낮아진다.

2) 음극전류효율은 용액의 pH가 7이고 착화제 투입 비율이 큰 B용액을 제외한 모든 용액에서 전류밀도에 관계없이 90%이상을 나타낸다.

3) 용액의 pH가 7이면 20A/dm² 전류밀도에서 도금층 표면에 burning이 발생하나 용액의 pH가 6이고 착화제 투입비율을 감소시키면 한계전류밀도를 60A/dm²까지 향상시킬 수 있다.

4) 용액의 pH가 7인 중성도금욕에서 아연의 석출전위는 산성욕에서 보다 110mV비하고 용액의 pH가 6인 용액은 40mV 각각 비하다.

5) 첨가제가 들어있지 않은 A, C용액으로부터 얻은 도금층은 (101)면을 크게 발달시키고 전류밀도에 따라 우선배향이 크게 변화하지만 붕산과 광택제가 첨가되면 (100)(110)면을 성장시키고 전류밀도에 따라서도 큰 변화가 없다.

후 기

본 연구를 위하여 많은 조언을 주신 염희택 박사 님 그리고 실험에 도움을 준 오종기씨에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. M. J. Reidt and C. A. Boose : Electrodepos. Surface Treat., 1(1972/73) 269

2. 廉熙澤, 李柱性 : 鍍金. 表面處理, 文運堂 (1995) 194
3. E. A. Baker and D. Cowell : The Institute of Metal Finishing, Practical paper (1985) 65
4. K. Noji and T. Kobayashi : 金屬表面技術, Vol. 20. No. 4. (1969) 183
5. E. A. Blount : Electroplating and Metal Finishing, 23 (1970) 27
6. K. P. Bellinger : Plating, 56 (1969) 1135
7. R. Ostrow and R. B. Kessler : Plating, 67 (1970) 354
8. R. Albalate, E. Gomez, C. Muller, J. Pregnoas, M. Sarret and E. Valles : J. of Applied Electrochem., 21 (1991) 44
9. S. J. Shaffer, W. E. Nojima, P. N. Skarpelos and J. W. Morris : Zinc-Based Steel Coating Systems, (1990) 251
10. S. J. Shaffer, J. W. Morris and H. R. Wenk : Zinc-Based Steel Coating Systems, (1990) 129
11. J. A. Franklin : Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, (1974) 406
12. 田島榮 : 電氣化學通論, 共立出版(株) (1970) 116