

PZT의 無電解 니켈鍍金에 미치는 液組成의 影響

김 제 경¹⁾, 문 경 만²⁾

Effect of Solution Composition on Electroless Ni Plating of PZT

Je Kyung Kim, Kyung Man Moon

ABSTRACT

In this paper, when electroless nickel plating was conformed on the Pb(Zr,Ti)O₃(PZT) with varying of solution composition such as NaOH, Pb(NO₃)₂ and H₂NCH₂COOH, the effect of the rate of plating, adhesion strength and corrosion resistance were investigated.

1. 서론

1950년 Brenner와 Riddle이 차아인산 나트륨(Sodium Hypophite)를 환원제로 사용하여 니켈-인 합금 도금 방법에 대한 특허를 발표한 이후 여러 가지 금속원과 환원제를 사용하는 無電解 鍍金 방법이 개발되어 사용되고 있다.¹⁾ 無電解 鍍金에서는 환원제의 산화 반응에 대해 촉매 활성인 핵을 부여하면 電氣를 통하지 않는 유리, 세라믹, 플라스틱과 같은 소재에 대해서도 도금이 가능하며, 전류 분포의 영향이 없기 때문에 복잡한 형상의 부품에 대해서도 균일한 도금이 가능하다는 특징이 있다.

無電解鍍金法은 조작성이 간단하다는 장점이 있으나, 도금층과 소재와의 밀착력이 떨어지는 단점이 있어서 이의 보완이 시급한 실정이다.²⁾ 그리고, 無電解鍍金에서 얻을 수 있는 금속 피막도 다양화되어 니켈 및 코발트기 합금도금에서는 다원화에 의해 고 기능성 피막의 연구개발이 진행 중에 있으며, 무전해 동도금에서는 고속도·고품질화를 목표로 한 연구가 되어지고 있다. 그리고, 귀금속도금이나 동도금에서는

1) 한국해양대학교 재료공학과 석사과정

2) 한국해양대학교 재료공학과 교수

종래와는 다른 환원제와 도금 방식을 채용한 새로운 無電解鍍金이 개발되어 세라믹 기판상의 無電解鍍金도 그 개발이 기대되고 있다.³⁾

그러나, 실생산을 하는데는 아직도 어려운 점이 남아 있다. 그것은 작업 온도가 높은 점, 소지재료와 도금층과의 밀착력이 나쁜 점, 석출금속의 내부응력으로 인한 구배 및 도금속의 빠른 노화 등이다.⁴⁾

2. 실험방법

2.1 試片製作 및 前處理

본 實驗에서는 emery paper No.2000에서 연마한 직경 20.5mm, 두께 2.3mm인 원형의 $Pb(Zr,Ti)O_3$ (PZT) 세라믹을 사용하였다.

試片의 前處理는 증류수로 表面洗滌 후, 초음파洗滌을 하였고, 아세톤으로 脫脂하였고, 마지막으로 증류수에서 洗滌하였다. 그후, 상온의 $SnCl_2$ 96g/l + HCl 56ml/l에서 5분간 Sensitizing처리를 하였으며, 수세후 80℃의 $PdCl_2$ 0.1g/l+HCl 0.1 ml에서 1분간 Activating처리를 하였다. 試片의 形象은 Fig.2.1과 같다.

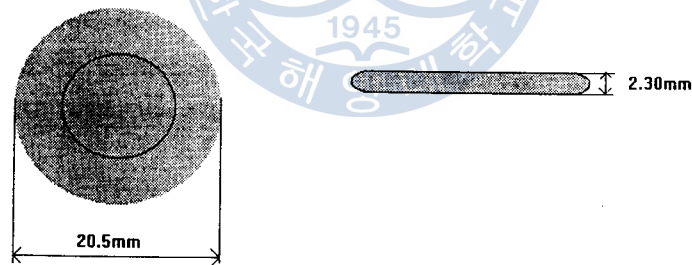


Fig. 2.1. Appearance of specimen

2.2 鍍金條件과 鍍金裝置

鍍金浴의 액조성은 Table 2.1과 같으며 NaOH, $Pb(NO_3)_2$, H_2NCH_2COOH 의 첨가량을 변수로 하여 각각의 욕조성에서 도금하였다. 그리고, 욕조성에 사용한 약품은 모두 1급 시약을 사용하였다.

시험 지지대는 테프론 테이프를 감은 것을 사용하였으며, 도금욕조는 자동온도조

절장치($0\sim 110^{\circ}\text{C}$)가 부착된 항온조(동양과학기술사제)를 사용하여 항온조내의 온도를 $90\pm 3^{\circ}\text{C}$ 로 유지시키면서 도금액의 용량은 100ml 로 하여 일정시간 도금하였다. 도금장치의 개략도는 Fig.2.2과 같다.

Table 2.1 Plating bath condition

Composition	Volume	Variation volume
$\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30g/l	-
$\text{NaPH}_2\text{O}\cdot\text{H}_2\text{O}$	30g/l	-
$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	15g/l	-
$\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	5g/l	-
Glycine ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$)	14g/l	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 g/l
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	2ppm	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ppm
NaOH	3g/l	1, 2, 3, 4, 5, 6 g/l

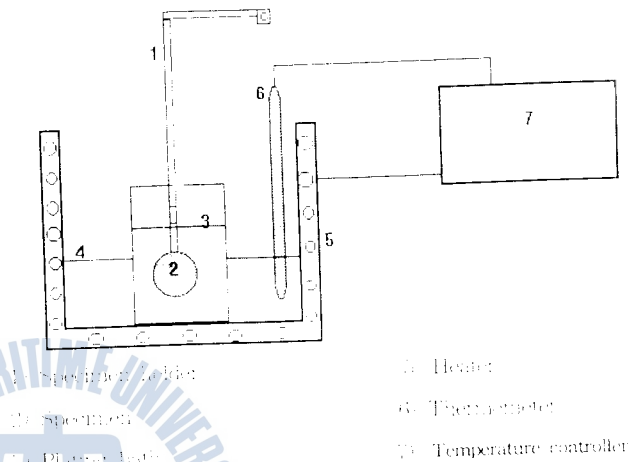


Fig. 2.2 Experimental apparatus

2.3 析出速度, 密着力, 耐食性試驗 및 表面觀察

析出速度는 도금시간을 1시간과 4시간으로 도금을 하여 도금시간과 시편의 도금 전·후의 무게차를 전자저울(ER-182A)을 사용하여 측정하였다. 그리고, 1시간 도금한 경우의 析出速度와 4시간 도금한 경우의 析出速度를 비교하기 위해 1시간 도금한 경우의 시간당 평균석출량을 구해서 도금액의 劣化程度를 조사하였다.

密着力試驗은 아세톤으로 表面脫脂 후 도금면에 1cm^2 의 면적으로 도금면에 납땀을 한 후 Pull Tester(Imada Co.)를 사용하여 L자 인장법⁵⁾으로 측정하였다.

그리고, 耐食性 試驗은 각 시편을 1cm^2 만 노출되도록 실리콘 본드로 피복하여 3%NaCl용액에 48시간동안 침지하여서, 그 시간 동안의 전위변화를 포화카로멜전극을 기준전극으로 하여 전위차계(Digital Multimeter, IC-8901)로 측정하였다. 그리고 전위가 가장 낮은 것과 높은 것, 그리고 그 중간의 것을 Potentiostat(IA501-G)를 사용하여, X-Y기록계(XYR-2B)로 분극곡선을 측정하여 耐食性을 조사하였다.⁶⁾ 또한 주사식전자현미경(SEM, JSM-360CF model)을 사용하여 석출금속의 표면을 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 NaOH의 영향

3.1.1 析出速度에 대한 NaOH의 影響

일반적으로 무전해 니켈도금에서는 소지상에 니켈이 석출하면서 다량의 水素가스가 발생하고, 동시에 착체를 형성하지 못한 니켈 이온이 수산화니켈로의 침전 등의 반응이 일어나게 된다. 이러한 현상이 많아질수록 析出速度에 영향을 미치게 된다.

Fig.3.1에서 NaOH의 첨가량이 많아질수록 析出速度가 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 NaOH의 첨가량이 증가할수록 pH는 증가하게 되는데, 이때의 니켈의 환원 전위와 차아인산이온의 산화전위와의 전위차가 커져서 니켈의 析出速度가 증가하는 것으로 생각된다.⁷⁾ 그리고 NaOH의 첨가량이 6g/l 이상에서는 도금욕의 노화가 심하였고, 도금이 되지 않았다. 無電解鍍金은 사용되는 환원제가 소모됨에 따라 도금욕의 노화가 일어나게 되는데 즉, 환원제로 사용되는 차아인산 이온이 도금이 진행됨에 따라 소모되어 도금욕의 노화가 일어나게 된다.

따라서, 1시간 도금의 석출량과 4시간 도금의 평균석출량을 비교해보면 4시간의 평균석출량은 1시간 도금의 경우에 비해 작았다. 이것은 도금시간이 길어짐에 따라 니켈이온, 차아인산 이온의 농도가 감소하게 되고, 수산화니켈의 침전량이 많아짐에 따라 도금욕의 노화가 촉진되어⁸⁾ 4시간의 析出速度가 1시간의 경우보다 작은 것으로 사료된다.

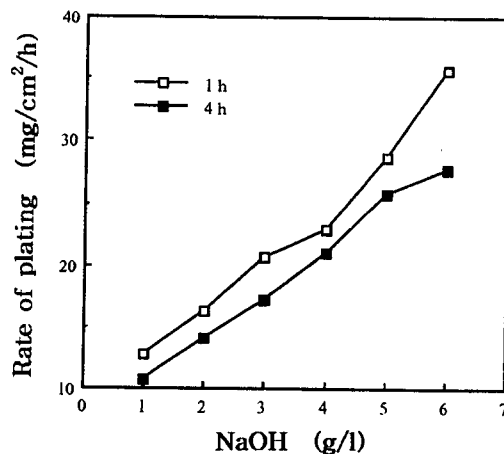


Fig. 3.1 Variation of rate of plating as a function of NaOH addition

3.1.2 密着力에 대한 NaOH의 影響

無電解 鍍金의 경우 석출금속의 密着力은 석출금속의 내부응력에 큰 영향을 받는다. 이러한 석출금속의 내부응력의 원인은 산소, 수소, 물, 기타 불순물의 공석에 의한 것이 대부분이다.⁹⁾

한편, Baldwin 등은 인 함유량이 약 8.7%에서 내부응력이 0이 된다고 보고하였고, 인 함유량의 증가는 내부응력을 감소시킨다고 하였다.¹⁰⁾ 그리고 차아인산나트륨을 환원제로 사용하는 無電解 鍍金욕에서는 차아인산 이온이 환원되어 인이 공석된다는 보고가 있다.¹¹⁾

Fig.3.2는 NaOH첨가량 변화에 따른 석출금속의 밀착력의 변화를 나타낸 것이다. NaOH의 첨가는 析出速度를 증가시키지만, 반면에 인의 석출량은 감소하게 되어 상대적으로 密着力은 감소하는 것으로 사료된다.¹²⁾ 그림에서 알 수 있듯이 NaOH첨가량이 증가할수록 密着力은 감소하였다. 그리고 Fig.3.1에 의하면 4시간의 析出速度가 1시간의 경우보다 적었다는 사실을 고려할 때 析出速度와 密着力은 반비례 관계가 있다는 사실을 알 수 있다.

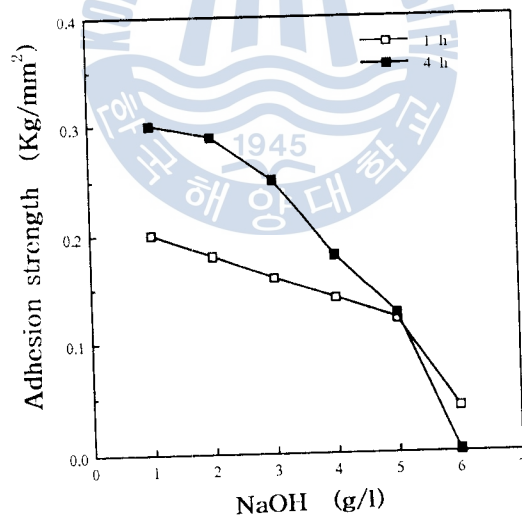


Fig. 3.2 Variation of adhesion strength as a function of NaOH addition

3.1.3 耐食性에 대한 NaOH의 影響

일반적으로 無電解 鍍金에서는 석출금속의 인 함유량에 따라 耐食性은 향상된다. 이의 원인은 인 함유량이 많을수록 표면의 활성이 저하되기 때문에 부식전위가 상

승하고 부식전위는 감소하여 耐食性은 증가하고, 인 함유량의 증가에 따라 비정질이 이루어지며 이 비정질의 균일한 조직이 표면에서의 국부부식을 억제하고, 또한 석출금속중의 니켈의 부식으로 인해 표면에서 인의 농도가 증가하여 이것이 耐食性 보호피막으로 작용하기 때문이라고 알려져있다.¹³⁾

Fig.3.3은 침지시간의 변화에 따른 NaOH의 조성을 달리 하였을 경우의 부식전위 변화를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 NaOH 첨가량이 많을수록 부식전위는 저하하고 NaOH 첨가량이 적을수록 부식전위는 귀 방향으로 이동하는 사실을 알 수 있었다. 따라서 NaOH 첨가량이 증가할수록 析出速度는 증가하나 상대적으로 인의 석출량은 저하하여 耐食性은 저하하는 것으로 사료된다.¹⁴⁾

Fig.3.4는 4시간 도금한 시편의 부식전위 변화이다. Fig.3.3과 같은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그리고, Fig.3.5는 1시간과 4시간의 도금을 한 시험편의 부식전위 변화이다. 1시간보다 4시간 도금한 경우의 부식전위 변화가 귀한 전위값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 4시간 도금한 경우의 평균析出速度는 1시간의 경우보다 적었다.

Fig.3.6과 Fig.3.7은 耐食性의 관계를 재차 확인하기 위하여 구한 양극 분극곡선이다. 그림에서 알 수 있듯이 일정 전류에 대한 전위값이 NaOH 첨가량이 적을수록 귀한 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

Fig.3.8은 NaOH 첨가량과 도금시간의 변수에 의한 SEM사진이다. 그림에서 알 수 있듯이 NaOH첨가량이 1g/l가 6g/l보다 결정립이 미세하고 치밀하다는 사실을 알 수 있었다. 따라서 결정립이 미세할수록 耐食性, 密着力은 우수하고 析出速度는 저하한다는 사실을 전술한 그림과 종합적으로 평가하여 알 수 있었다.

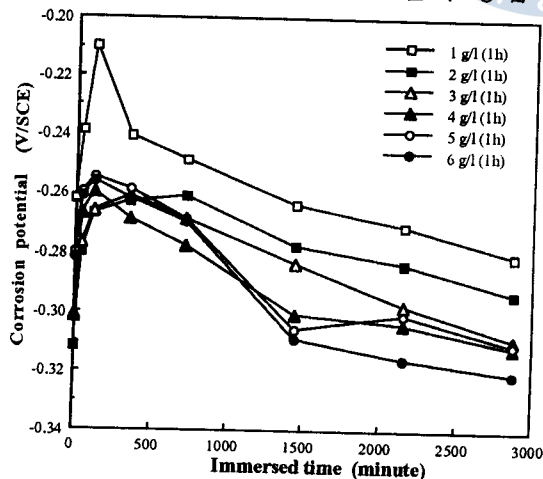


Fig. 3.3 Variation of corrosion potential according to NaOH addition as a function of immersed time in 3% NaCl solution

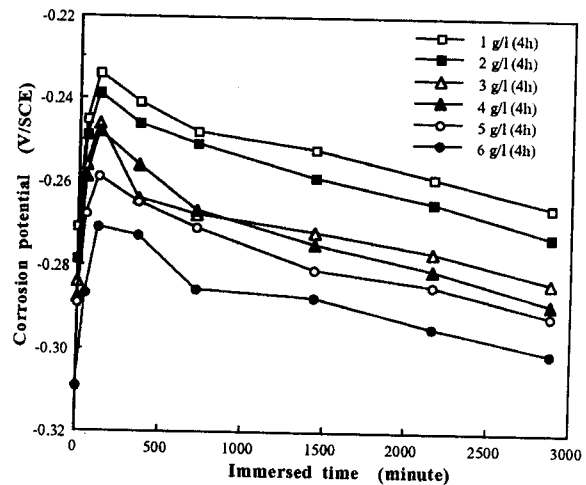


Fig. 3.4 Variation of corrosion potential according to NaOH addition as a function of immersed time in 3% NaCl solution

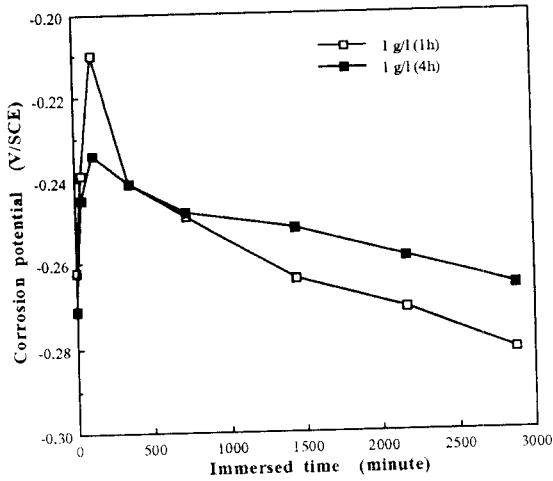


Fig. 3.5 Variation of corrosion potential of 1h plating and 4h plating

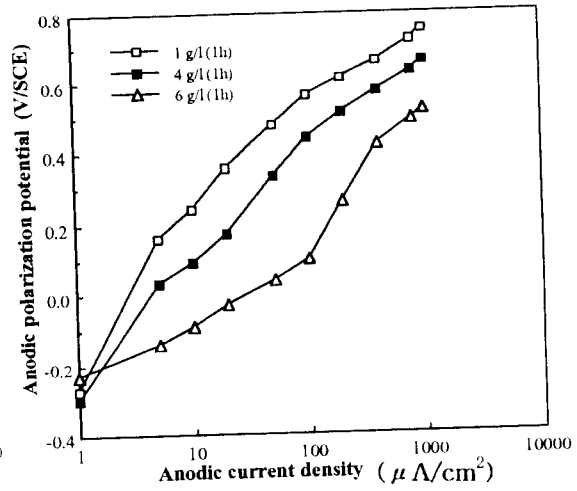


Fig. 3.6 Variation of anodic polarization curves as a function of NaOH addition in 3% NaCl solution

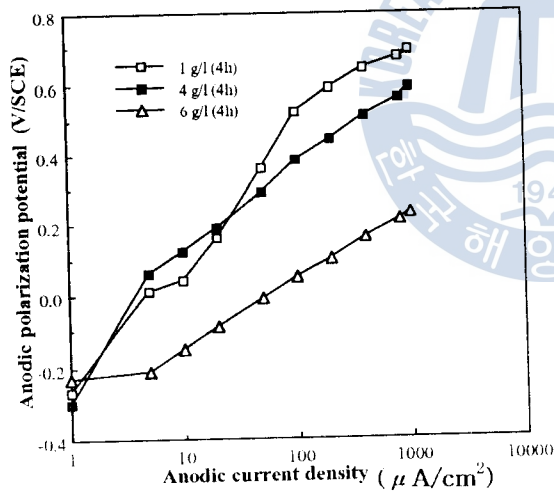


Fig. 3.7 Variation of polarization curves as a function of NaOH addition in 3% NaCl solution

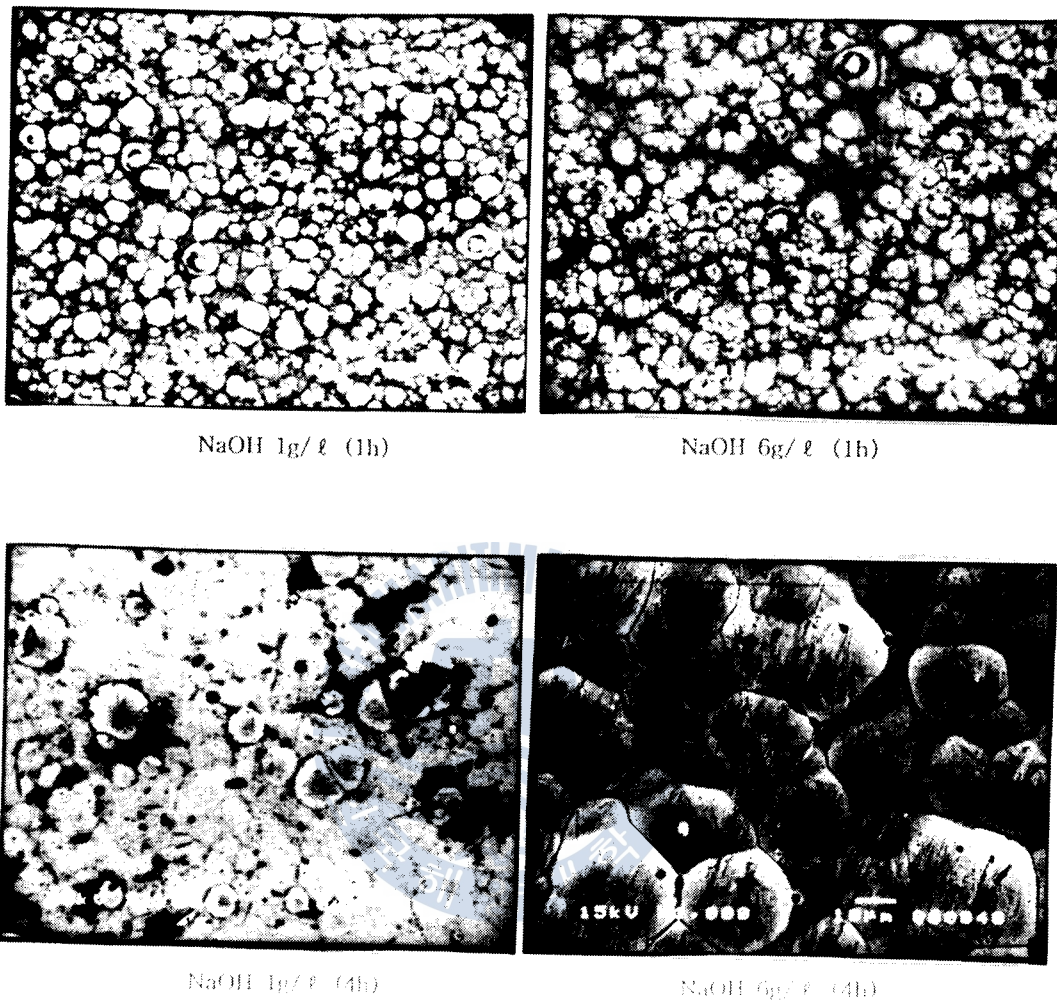


Fig. 3.8 SEM photographs of deposited surface as a function of NaOH addition

3.2 $Pb(NO_3)_2$ 의 영향

3.2.1 析出速度에 대한 $Pb(NO_3)_2$ 의 影響

無電解鍍金을 할 경우에 석출금속의 환원반응 이외에 다른 환원반응이 일어나거나, 도금액의 자연분해, 도금액의 노화로 생기는 침전과 환원제와 반응하여 수소가 발생하게 되는데, 이를 방지하기 위해서 납의 염화물, 황화물, 질화물 등이 보통 사용되고 있다.¹⁵⁾

본 실험에서는 $Pb(NO_3)_2$ 가 무전해 니켈도금의 析出速度에 미치는 영향을 Fig.3.9에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 $Pb(NO_3)_2$ 가 3ppm까지는 析出速度의 변화가 크게 없었으나 3ppm이상에서는 析出速度가 급격하게 떨어지고 있음을 알 수 있다.

그리고 4시간의 경우가 1시간의 경우보다 析出速度가 저하 하였다. $Pb(NO_3)_2$ 는 도금욕의 안정제로 알려져 있으나 본 실험의 경우, 4시간의 경우와 역시 析出速度가 저하하였다는 것은 도금욕의 단시간내의 안정제로서 크게 효과가 없는 것으로 사료된다.

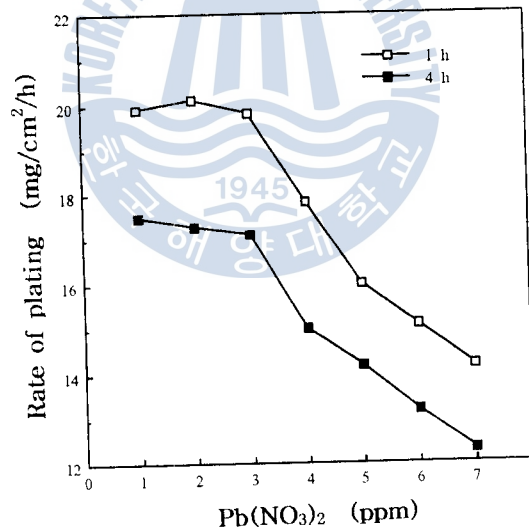


Fig. 3.9 Variarion of rate of plating as a function of $Pb(NO_3)_2$ addition

3.2.2 密着力에 대한 $Pb(NO_3)_2$ 의 影響

$Pb(NO_3)_2$ 는 1ppm 첨가시에 무첨가의 경우보다 약간의 密着力이 증가하는 것으로 알려져 있다. 그러나, 과량 첨가시에는 니켈이온이 금속으로 석출하는 반응에 대해 방해 작용을 하여 密着力의 저하를 가져오는 것으로 보고되고 있다.¹⁶⁾

Fig.3.10은 $Pb(NO_3)_2$ 의 첨가량 변화와 密着力 변화 관계를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 $Pb(NO_3)_2$ 의 첨가량이 증가할수록 密着力은 저하하였음을 알 수 있다. 이것은 과량의 첨가는 전술한 바와 같이 니켈이온의 석출반응을 방해하며 표면에 부착하는 촉매 독작용을 하기 때문으로 사료된다.

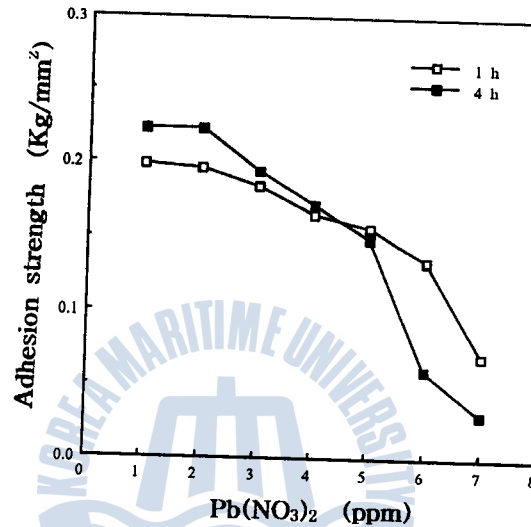


Fig. 3.10 Variation of adhesion strength as a function of $Pb(NO_3)_2$ addition

3.2.3 耐食性에 대한 $Pb(NO_3)_2$ 의 影響

무전해 니켈도금에서는 같은 pH라고 할지라도 납의 첨가유·무에 따라 인의 함유량은 변화하게 된다고 보고하고 있다.¹⁷⁾ Fig.3.11은 1시간 無電解 鍍金한 시험편의 부식전위 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 $Pb(NO_3)_2$ 의 첨가량이 증가할수록 부식전위는 저하하고 있음을 알 수 있었다. 1ppm 첨가의 경우가 가장 높은 전위값을 나타내었다.

그리고, Fig.3.12는 4시간의 경우인데 역시 Fig.3.11과 같은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그런데, Fig.3.13에서는 1시간 도금한 경우와 4시간 도금한 경우의 전위변화 비교를 나타내고 있다. 역시 4시간 도금한 경우가 析出速度는 저하하지만 耐食性은 우수함을 알 수 있었다. 이들의 관계를 구체적으로 확인하기 위해 양극분극곡선을 구하여 Fig.3.14, Fig.3.15에 나타내었다.

첨가량이 적을수록 도금시간에 관계없이 일정전류에 대한 전위값은 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 그리고 Fig.3.16은 $Pb(NO_3)_2$ 의 첨가량 변화에 따른 시험편

표면의 SEM 사진이다. $Pb(NO_3)_2$ 의 첨가량이 많을수록 결정립은 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 이와같은 경향은 NaOH 첨가량 변화와 유사하였으며 결정립이 적을수록 耐食性, 密着力은 우수하였다.

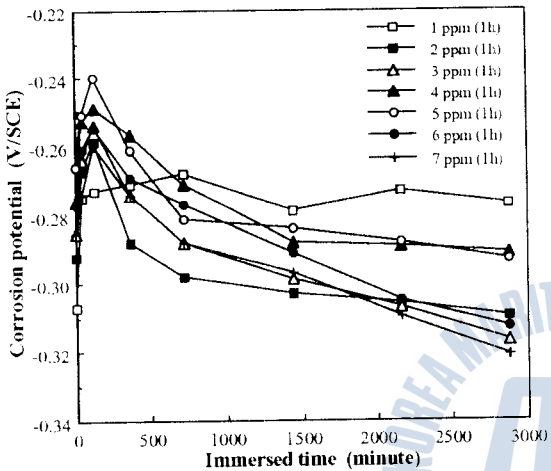


Fig. 3.11 Variation of corrosion potential according to $Pb(NO_3)_2$ addition as a function of immersed time in 3% NaCl solution

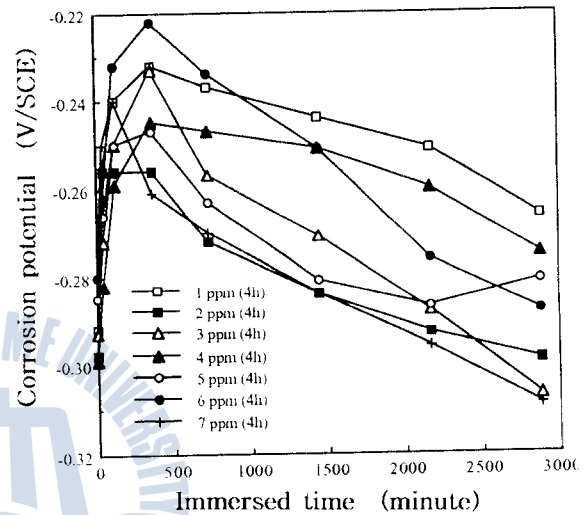


Fig. 3.12 Variation of corrosion potential according to $Pb(NO_3)_2$ addition as a function of immersed time in 3% NaCl solution

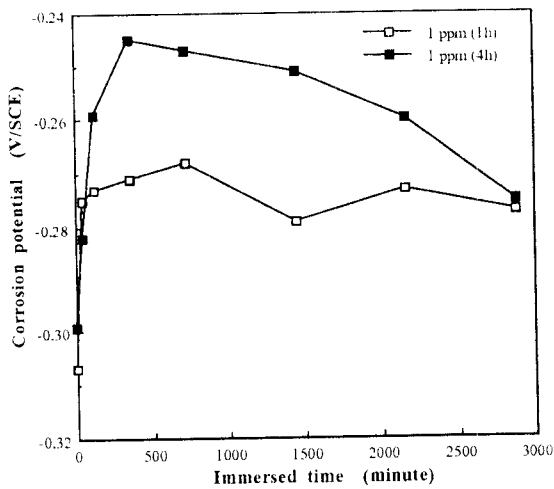


Fig. 3.13 Variation of corrosion potential of 1h plating and 4h plating

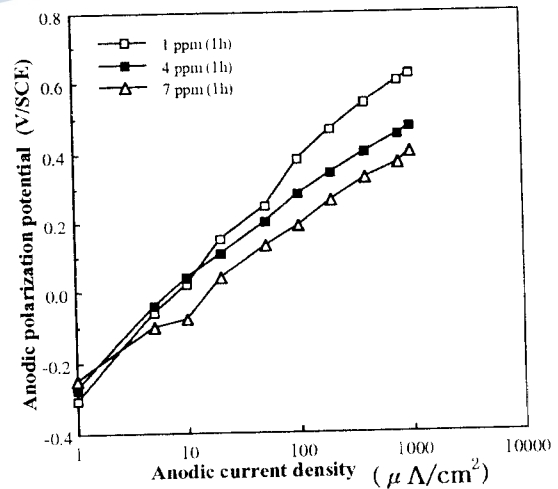


Fig. 3.14 Variation of anodic polarization curves as a function of $Pb(NO_3)_2$ addition in 3% NaCl solution

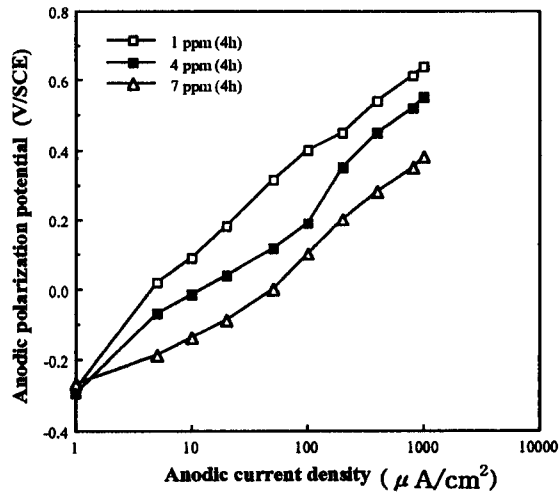
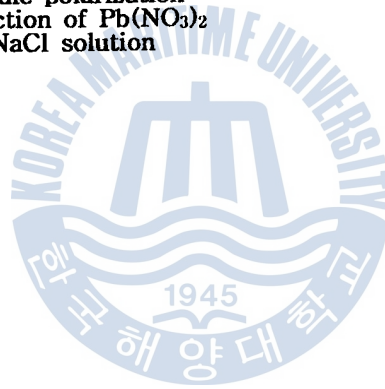


Fig. 3.15 Variation of anodic polarization curves as a function of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ addition in 3% NaCl solution



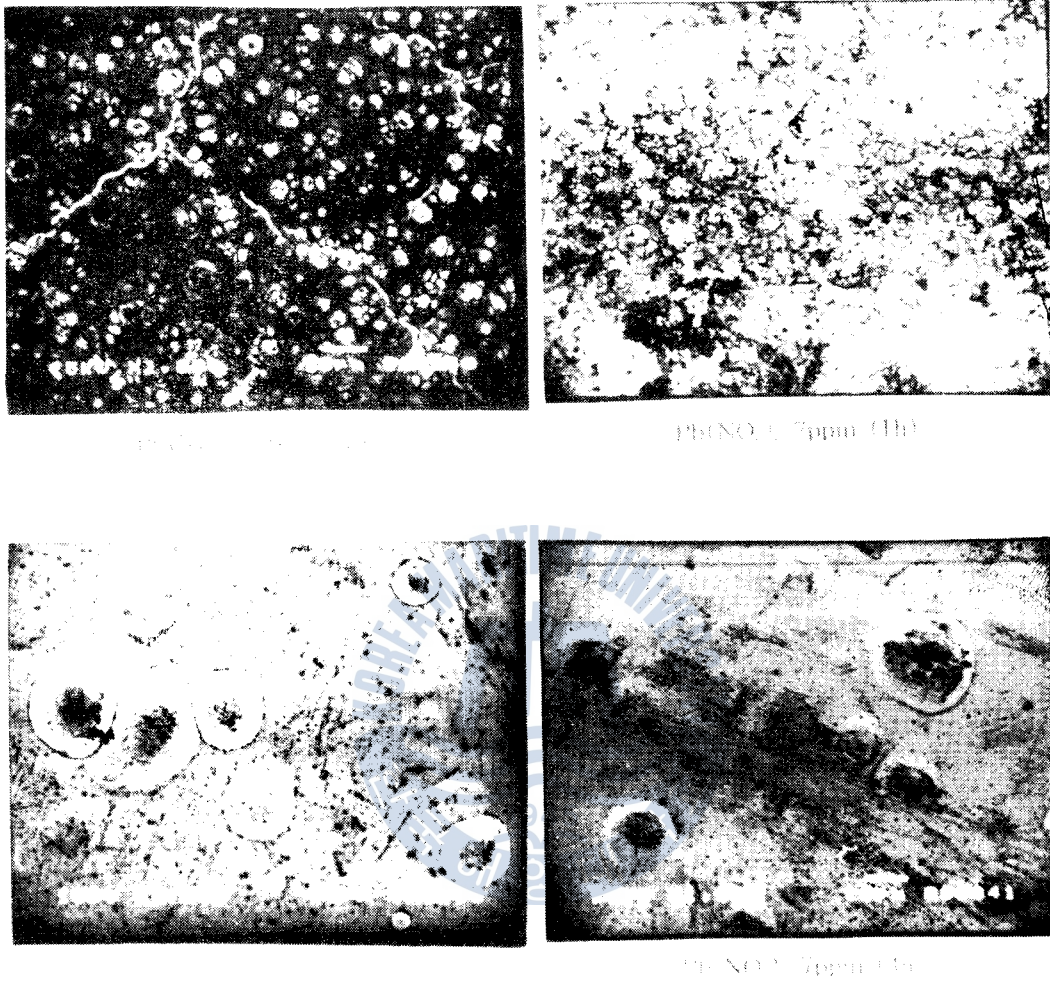


Fig. 3.16 SEM photographs of deposited surface as a function of $Pb(NO_3)_2$ addition

3.3 그리신($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$)의 영향

3.3.1 析出速度에 대한 그리신($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$)의 影響

보통, 구연산 나트륨, 아세트산 나트륨, 그리신 등은 pH 완충제, 촉진제, 착화제 등의 기능을 하는 것으로 알려져 있다.¹⁸⁾ 도금욕이 산성일 경우 착화력이 약한 유기첨가제를 사용할 경우 일정 농도까지는 析出速度를 증가시키지만, 그 이상에서는 析出速度를 감소시킨다. 또한, 2종류이상의 유기첨가제를 사용함으로써 한쪽의 유기첨가제에 의해 억제된 도금속도를 개선시킬 수 있다고 한다.¹⁹⁾

일반적으로 무전해 니켈도금욕을 장시간 사용할 수 있는 조성은 니켈염, 차아인산 나트륨의 기본 조성이외에 그리신과 유기염을 포함하는 것이 유리하기 때문에 이러한 유기화합물의 첨가량이 析出速度에 미치는 영향을 아는 것은 중요하다.

따라서, 본 실험에서는 구연산 나트륨, 아세트산 나트륨 외에 그리신의 첨가량을 조절해서 이것이 석출속도에 미치는 영향을 Fig.3.17에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 그리신의 첨가량이 8g/l에서 析出速度는 1시간과 4시간의 경우 모두 가장 컸으며 그 이상의 첨가에서는 다시 감소하는 경향을 나타내었다.

이것은 그리신 첨가량 8g/l에서 구연산-아세트산의 안정된 니켈 착체를 형성하기 때문인 것으로 사료된다.²⁰⁾

그리고, 4시간 平均析出速度는 그리신양이 8g/l이상에서는 다소 감소하였으나 1시간의 경우보다 析出速度는 증가하였으며 안정된 값을 유지하였다. 따라서 그리신의 첨가는 도금욕의 노화를 억제하는 기능도 겸하고 있는 것으로 사료된다.²¹⁾

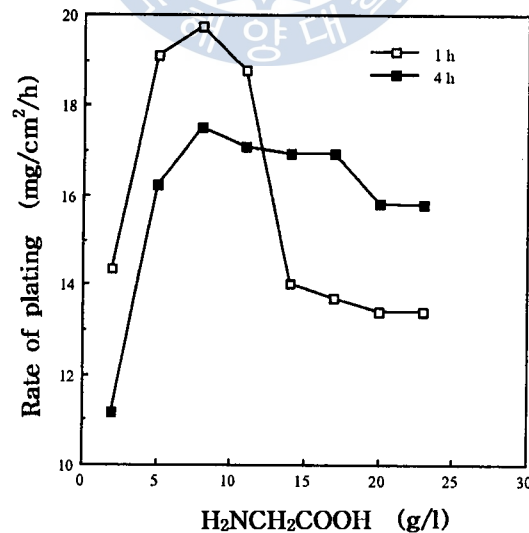


Fig. 3.17 Variation of rate of plating as a function of $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ addition

3.3.2 密着力에 대한 그리신(H_2NCH_2COOH)의 影響

통상 유기염을 첨가제로 사용하는 목적은 석출금속의 내부응력을 감소시켜 密着力을 향상시키기 위함이다. 그리고 Fig.3.18은 그리신의 첨가량에 대한 소지와 도금층간의 밀착력을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 그리신 첨가량이 증가할수록 密着力도 증가하는 경향을 보였으며 4시간의 경우가 1시간의 경우보다 密着力이 우수하였다. 이것은 그리신 첨가량이 많을수록 석출금속의 내부 응력을 감소시켜 密着力을 향상시키는 것으로 사료된다.²²⁾

그리고, 흥미있는 사실은 NaOH, $Pb(NO_3)_2$ 의 첨가의 경우에는 석출속도의 감소와 함께 역으로 密着力이 우수하였으나, 그리신 첨가의 경우에는 析出速度가 안정된 값을 유지하면서도 密着力이 우수한 결과를 나타내었다는 사실이다. 따라서 PZT 상의 無電解 鍍金시에 그리신의 첨가량에 관심을 가질 필요가 있다고 사료된다.

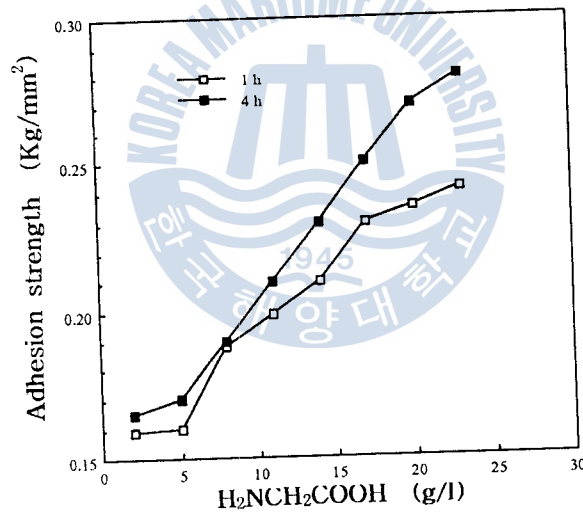


Fig. 3.18 Variation of adhesion strength as a function of H_2NCH_2COOH addition

3.3.3 耐食性에 대한 그리신(H_2NCH_2COOH)의 影響

그리신의 첨가에 따른 부식 전위 변화의 관계를 1시간 도금의 경우 Fig.3.19에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 그리신 첨가량이 증가할수록 부식전위는 貴한 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그리고, 4시간 도금한 경우에도 Fig.3.20에서 알 수 있듯이 같은 경향을 나타내고 있다. 이것은 그리신의 첨가량이 증가할수록 耐食性이 향상되는 것으로 사료된다.²³⁾

그리고, Fig.3.21에서는 4시간과 1시간 도금한 경우의 부식전위변화를 비교하고

있다. 초기에는 1시간의 경우가 높은 전위값을 유지하였으나, 시간의 경과에 따라 4시간의 경우가 귀한 전위값을 나타내었다.

그리고, Fig.3.22, Fig.3.23은 이들의 관계를 양극 분극곡선으로 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 그리신의 첨가량이 많을수록 일정전류에서 높은 전위값을 나타내는 것을 알 수 있다.

NaOH, $Pb(NO_3)_2$ 의 경우에는 첨가량이 적을수록 높은 전위값을 나타내는 것에 비해서 그리신의 경우는 오히려 첨가량이 많을수록 높은 전위값을 나타내어 耐食性이 우수하다는 사실은 그리신의 경우 NaOH와 $Pb(NO_3)_2$ 보다 첨가제로서 우수한 효과를 나타내고 있음을 미루어 추측할 수 있다고 사료된다.

그리고, 그리신의 경우가 $Pb(NO_3)_2$, NaOH 첨가의 경우보다 耐食性이 가장 우수함은 알 수 있었다. Fig.3.24에서는 그리신 첨가량 변화에 따른 SEM 사진을 보여주고 있다.

그리신 첨가량 1g/l와 8g/l의 경우를 비교하여 보면 1시간 도금한 경우 표면의 결정립 크기가 크게 차이를 나타내지 않고 있으며 4시간의 경우에도 $Pb(NO_3)_2$ 및 NaOH첨가에 비해서 표면의 결정립 형태가 뚜렷한 차이를 나타내지 않고 있음을 알 수 있다.

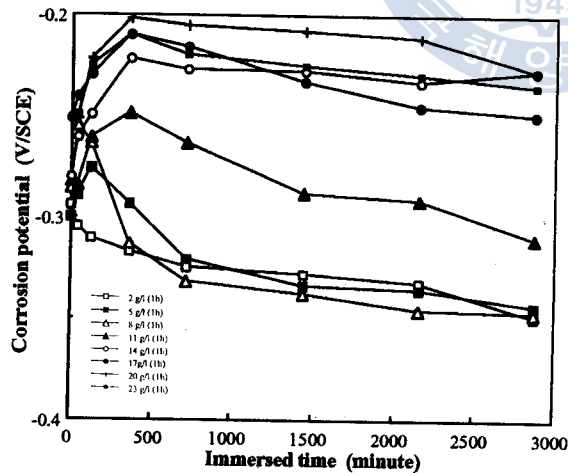


Fig. 3.19 Variation of corrosion potential according to H_2NCH_2COOH addition as a function of immersed time in 3% NaCl solution

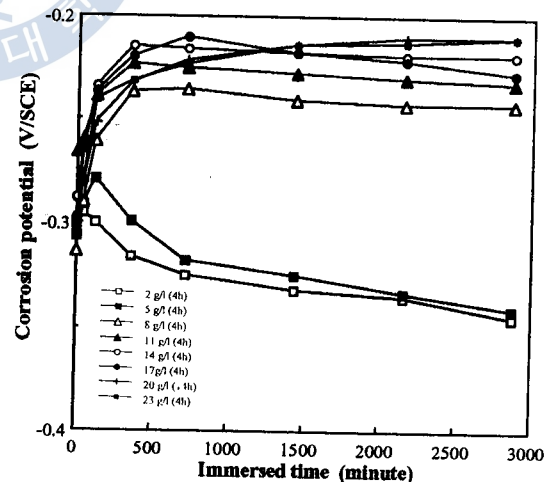


Fig. 3.20 Variation of corrosion potential according to H_2NCH_2COOH addition as a function of immersed time in 3% NaCl solution

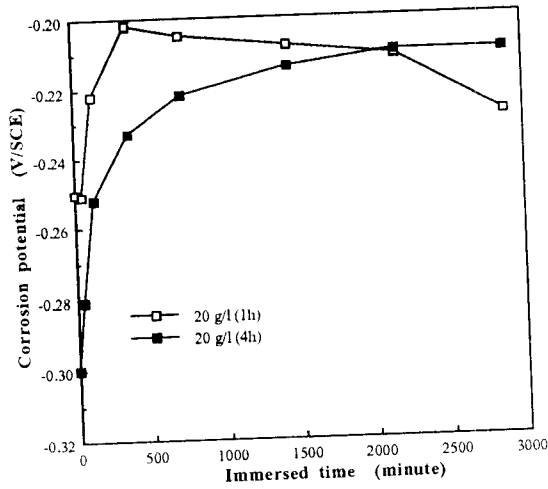


Fig. 3.21 Variation of corrosion potential of 1h plating and 4h plating

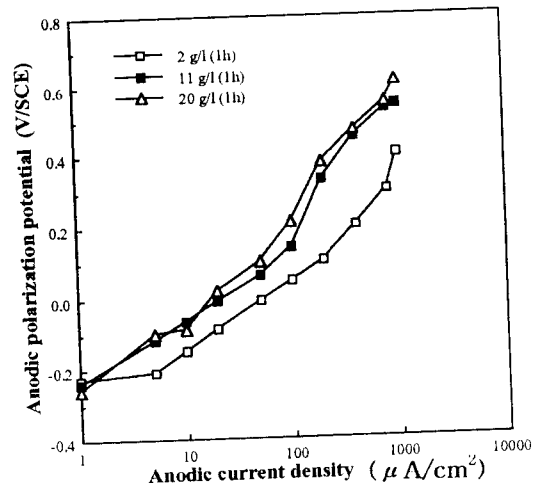


Fig. 3.22 Variation of anodic polarization curves as a function of H_2NCH_2COOH addition in 3% NaCl solution

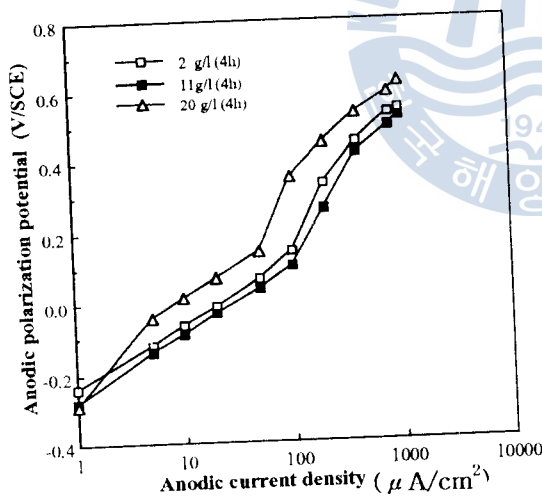


Fig. 3.23 Variation of anodic polarization curves as a function of H_2NCH_2COOH addition in 3% NaCl solution

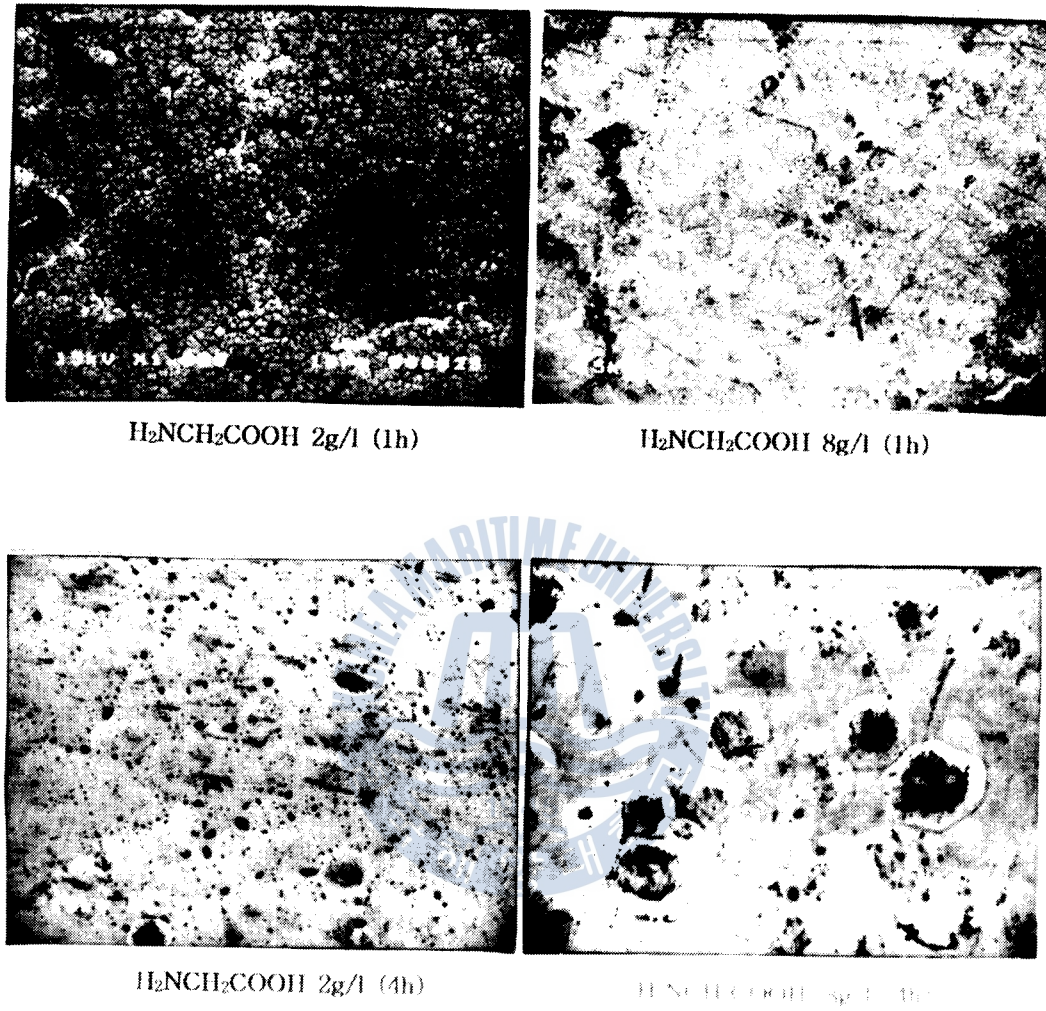
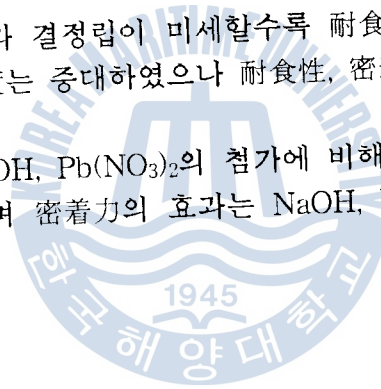


Fig. 3.24 SEM photographs of deposited surface as a function of $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ addition

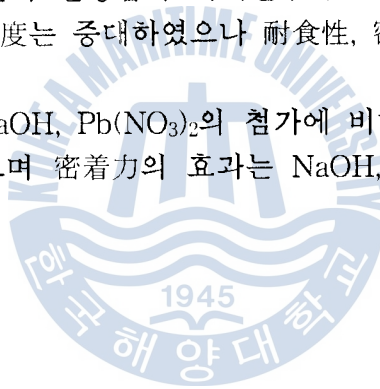
4. 결 론

1. NaOH는 첨가량이 많을수록 析出速度는 증가하였지만, 密着力과 耐食性은 감소하였다.
2. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 는 2ppm까지는 析出速度는 차이가 없었으나, 그 이상에서는 析出速度가 감소하였고, 첨가량이 많을수록 密着力과 耐食性은 감소하였다.
3. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ 은 첨가량이 8g/l에서 析出速度가 가장 컸으며, 과량 첨가시에는 析出速度는 다소 감소하였지만, 密着力과 耐食性은 증가하였다.
4. SEM사진의 분석 결과 결정립이 미세할수록 耐食性, 密着力이 우수하였고 결정립이 클수록 析出速度는 증대하였으나 耐食性, 密着力은 저하 하였다.
5. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ 은 NaOH, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 의 첨가에 비해서 각각의 성능에 미치는 효과가 민감하지 않았으며 密着力의 효과는 NaOH, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 에 비해서 가장 우수하였다.



4. 결 론

1. NaOH는 첨가량이 많을수록 析出速度는 증가하였지만, 密着力과 耐食性은 감소하였다.
2. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 는 2ppm까지는 析出速度는 차이가 없었으나, 그 이상에서는 析出速度가 감소하였고, 첨가량이 많을수록 密着力과 耐食性은 감소하였다.
3. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ 은 첨가량이 8g/l에서 析出速度가 가장 컸으며, 과량 첨가시에는 析出 速度는 다소 감소하였지만, 密着力과 耐食性은 증가하였다.
4. SEM사진의 분석 결과 결정립이 미세할수록 耐食性, 密着力이 우수하였고 결정립이 클수록 析出速度는 증대하였으나 耐食性, 密着力은 저하 하였다.
5. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ 은 NaOH, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 의 첨가에 비해서 각각의 성능에 미치는 효과가 민감하지 않았으며 密着力의 효과는 NaOH, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 에 비해서 가장 우수하였다.



〈参考文献〉

1. A Brenner and G. E. Riddle, U.S. Pat. 2, 532, 283 (1950)
2. T. Osaka, Y. Tamiya, K. Naito and K. Sakaguchi : 表面技術, vol. 40, No.7 (1989) 835
3. 松田 均 : 金屬表面技術, 35, 359 (1984)
4. Y. Okinaka ; Plating, 57, 914 (1970)
5. 神戸徳茂 ; 無電解 めっき, 縝書店, p.51. (1990)
6. G.J. Shawhan, M.W. Bayes, B. Jackson ; The Corrosion Performance of Electroless Nickel ; IMF Conference, Manchester, England, 1983.
7. M. Paunovic, Plating., 55, 1161, (1968)
8. 石橋 知 ; 無電解 メッキ (朝倉書店, 1971)
9. L. F. Spencer ; Metal Finishing, 73, No.1, 38 (1975)
10. C. Baldwin and T. E. Such ; Trans. Inst. Metal Fin 46, 73 (1968)
11. 増本 建 ; 無電解 めっき法の應用 (日刊工業新聞社, 1990)
12. 増本健 ; 金屬表面技術, 32. 1981 (649)
13. 増田實二, 山田毎末, 久松敬弘 ; 金屬表面技術, 32 (1981) 410.
14. B. C. Bartlett. L. Cann. and J. L. Hayward, Plating, 168 (1969)
15. M. Ratzker, D. S. Lashmore. K. W, Pratt ; Plating and Surface finishing, 73 (1986) 74
16. Metheny, D. and E. Browar ; U.S. Patent 2, 874, 073 (Feb. 17, 1959)
17. Talmey, P. and G. Gntzeit ; U. S. Patent 2, 846, 327 (Aug. 12, 1958)
18. 岩松克茂, 大塚邦頭 ; 表面技術, vol.43, No.7, 1992
19. 神戸徳茂 ; 無電解 めっき, 縝書店, p.18. (1990)
20. A. Brenner and C.H de Minjer ; Plating, 44, 1297 (1957)
21. Gutzeit, G. and E. Ramirez ; U.S. Patent 2, 658, 842 (Nov. 10, 1953)
22. 水本省三, 絲丹秀美, 川 元雄 ; 金屬紙, 35, 149 (1984)
23. 外川情人 ; 國立試驗研究機關技術開發研究, 成果普及 テキスト (1984)