

## 無電解 Ni-Cu-B 廢 鍍金液의 再使用에 관한 研究

\*吳伊植 · 裴英漢

釜慶大學校 材料共學部

### A Study on Reusing of Electroless Ni-Cu-B Waste Solution

\*Iee-Sik Oh and Young-Han Bai

*Division of Materials Science and Engineering, Pukyong National University*

#### 요 약

무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사용에 대해 소정의 조건에서 조사하였다. 아연화처리한 후 니켈 촉매의 처리는 니켈 촉매처리를 하지 않았을 때 보다 도금시간이 연장되었다. Batch type에서 새로 제조한 도금액에 폐 도금액을 40% 첨가하여도 무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사용이 가능하였다. 새로 제조한 도금액에 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충하여 도금하면(continuous type), 보충하지 않았을 경우(batch type) 보다 도금시간이 6배 연장되었다. 새로 제조한 도금액에 폐 도금액 40%를 첨가하여 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충할 경우(continuous type)의 도금시간은 보충하지 않았을 경우(batch type)의 도금시간 보다 2배 연장되었다. 도금층의 불량과 급격한 도금속도의 감소는 도금층의 Ni과 Cu의 성분 변화에 큰 영향을 미쳤다.

**주제어** : 무전해 도금, 도금시간, 도금속도, 아연화처리, 니켈 촉매

#### ABSTRACT

Reusing of electroless Ni-Cu-B waste solution was investigated in the plating time, plating rate, solution composition and deposit. Plating time of nickel-catalytic surface took longer than that of zincated-catalytic surface. Initial solution with 40% waste solution additive at batch type was possible to reusing of waste solution. Plating time of initial solution at continuous type took longer 6 times over than that of batch type. Plating time of 40% waste solution additive at continuous type took longer 2 times over than that of batch type. Component change of nickel-copper for electroless deposition was greatly affected by deposited inferiority and larger decreased plating rate.

**Key words** : Electroless plating, plating time, plating rate, zincated treatment, nickel catalyst

#### 1. 서 론

무전해 도금은 그 목적에 따라 4원계, 5원계 합금 까지도 다양하게 개발되었고, 많은연구가 이루어 지고 있다. 그러므로 무전해 도금의 도금액 처리와 장기간 연속적으로 사용할 수 있는 도금액의 수명 연장 등의 관리가 대단히 중요하나 이에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다.

Ni, Co, Fe의 금속 중에서 적어도 1개의 금속과 Cu를 주성분으로 하는 무전해 도금층은 구리의 특성이 부여되기 때문에 전자부품이나 전기부품 외에 시계 부품과 같은 정밀부품, 기타 용도에 유용하게 사용할 수 있다고 보고<sup>1)</sup>되어 있다. 이 중에서도 무전해 Co-Cu계와 무전해 Fe-Cu계 및 무전해 Ni-Cu계 중에서 무전해 Ni-Cu-B 도금의 자료는 매우 부족하다고 생각된다. 본 연구자는 무전해 Ni-Cu-B 도금에 적합한 도금액의 조성과 도금조건, 도금층의 표면상태 등을 조사하여 무전해 Ni-Cu-B 도금이 충분히 활용할 수 있는 가능성을

\* 2002년 9월 6일 접수, 2003년 1월 21일 수리

\* E-mail: metsiko@pknu.ac.kr

보고<sup>2,3)</sup>한 바 있다. 그러나 무전해 Ni-Cu-B 3원 합금 도금은 도금이 진행됨에 따라, 도금액 중의 금속이온 ( $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) 관리가 매우 어려워 Cu 이온의 농도가 급속히 감소하는 등, 금속이온 농도 변화가 심하기 때문에, 필요로 하는 도금층의 조성과 균일한 조성의 두꺼운 도금층을 얻기가 대단히 곤란하다. 또한 일정기간 사용한 무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사용과 사용중에 감소한 도금액의 소모분을 보충하여 장기적으로 연속해서 도금해야 하나, 이에 대한 자료는 거의 없는 실정이다.

이러한 배경하에, 본 연구에서는 이미 보고<sup>2,3)</sup>된 무전해 Ni-Cu-B 도금액 조성과 도금조건에서 연속적으로 도금하여 소모된 도금액의 성분율, 폐기된 도금액을 재사용하여 보충할 때와 새로운 도금액으로 보충할 경우, 도금속도에 미치는 도금시간을 비교 검토하고자 한다. 그리고 도금액 조성과 도금층의 조성을 조사하여 무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사용과 도금액의 수명연장 및 균일한 도금층의 조성에 대한 기초자료를 얻고자 한다.

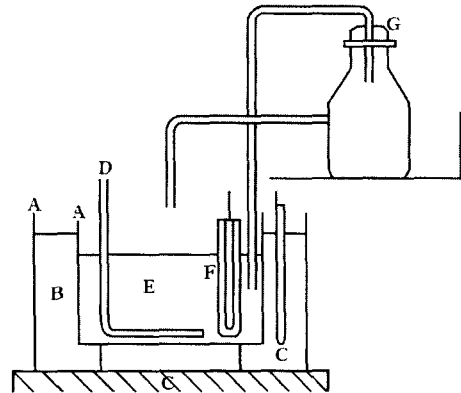
## 2. 실험방법

본 실험의 소지용으로 사용된 재료는 Table 1과 같은 10 mm 두께의 5086 알루미늄 판재를 430°C에서 3 시간 용체화처리 시킨 후 50% 냉간압연을 2회하여 25×20×2.5 mm의 크기로 제작하여 사용하였고, 각종 도금액 조성이나 전처리액 및 아연화처리액의 제조에는 1급 시약을 사용하였다.

사용된 도금장치는 Fig. 1과 같다. 도금액의 교반은 비닐관을 통해 용액 하부로부터 기포 발생기를 사용하여 공기교반을 하였고, 도금액의 용기와 시편걸이는 내열온도가 95°C 이상이고 내알칼리성 및 내산성이 강한 폴리에틸렌 백을 내벽재료로 사용하였다. 처리물량은 도금속도를 고려하여 소지면적 10 cm<sup>2</sup>당 도금액 부피를 300 ml로 하였다.

전처리는 Fig. 2의 공정에 따라 2중 아연화처리법으로 하였고, 아연화처리는 Table 2 액을 사용하였으며 상세한 처리과정은 전에 보고<sup>2,3)</sup>한 방법과 같다.

도금액은 Table 3과 같이 이미 보고<sup>2,3)</sup>된 무전해 Ni-



- A : Steel bath
- B : Silicone oil
- C : Heater
- D : Air, bubbling equipment
- E : Solution
- F : Thermo-couple
- G : Water-supply equipment

Fig. 1. Schematic diagram of experiment apparatus.

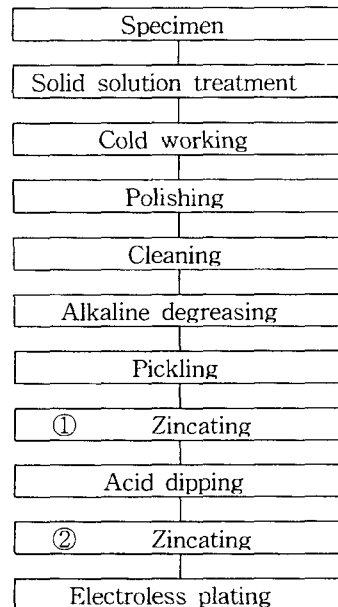


Fig. 2. Flow chart of electroless Ni-Cu-B plating process.

Table 1. Composition of 5086 aluminum substrate (Wt. %)

Mg	Mn	Si	Fe	Zn	Cu	Ni	Cr	Al
3.61	0.32	0.093	0.21	0.023	0.018	0.0058	tr.	bal.

Table 2. Composition of zincate solution (g/L)

NaOH	ZnO	FeCl <sub>3</sub>	Rochelle salt	NaNO <sub>3</sub>	Container
120	20	2.5	2.5	1	steel

**Table 3.** Basic bath composition and plating condition for electroless Ni-Cu-B plating

Classification	Reagent	Concentration
Metal source	NiSO <sub>4</sub>	0.1 M
	CuSO <sub>4</sub>	0.02 M
Reducing agent	DMAB	0.07 M
Complexing agent	Malic acid	0.15 M
Stabilizer	Thiourea	0.8 ppm/l
pH		8.0
Bath temperature		70°C

Cu-B 도금액 조성과 도금조건을 선정하여 사용하였다. 금속원에는 황산니켈과 황산구리, 환원제에 Dimethylamine borane [(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH · BH<sub>3</sub>, 이하 DMAB라 함], 착화제는 Malic acid를 첨가하였고, 안정제는 Thiourea를 선택하였다.

소지면적은 20 × 25 × 2.5 mm로 하고 목적 외의 부분은 석출을 방지하기 위하여 수지로 도포하고, 무전해 Ni-Cu-B 도금 전후의 무게를 0.1 mg까지 정밀하게 평량하여 단위면적당의 석출된 무게 차이로 도금속도를 결정하였다. 처리물량(V/A)은 도금액의 총부피(ml)/피도금체의 총면적(cm<sup>2</sup>) 비율로 결정하였다. pH의 조절은 NH<sub>4</sub>OH를 사용하여 조절하였고, 도금액의 온도편차는 ±1°C, pH의 편차는 ±0.1 범위에서 조사하였다. 무전해 도금액의 조성 및 미립으로 석출하도록 한 도금층의 조성은 화학분석 하였고, 소지금속은 30분마다 교체하였다.

무전해 Ni-Cu-B 도금은 Table 3과 같은 도금액 조성으로 제조하여 도금중에 도금액의 보충없이 도금액의 수명이 끝날 때까지 도금하는 Batch type과 도금시간 30분마다 소모된 도금액의 조성을 보충하여 연속적으로 도금을 하는 Continuous type으로 하였다. 또한 5086 알루미늄 합금판을 Fig. 2의 공정에 따라 2중 아연화처리한 다음 계속하여 무전해 Ni-Cu-B 도금하는 아연화처리 촉매면과 2중 아연화처리한 다음 새로 제조한 무전해 Ni-Cu-B 도금액에서 3~4분 도금시켜 준 후 본 도금액에 도금을 하는 Ni 촉매면으로 구별하여 도금하였다.

무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사용에 대해 조사하기 위해, Batch type에서 2시간 도금한 결과 소모된 폐 도금액의 각 성분을 보충하여 도금액의 조성을 조절 한 도금액을 새로 제조한 도금액에 20%와 40%를 첨가하였을 때와 첨가하지 않았을 때의 도금 시간에 미치

**Table 4.** Replenishment solution

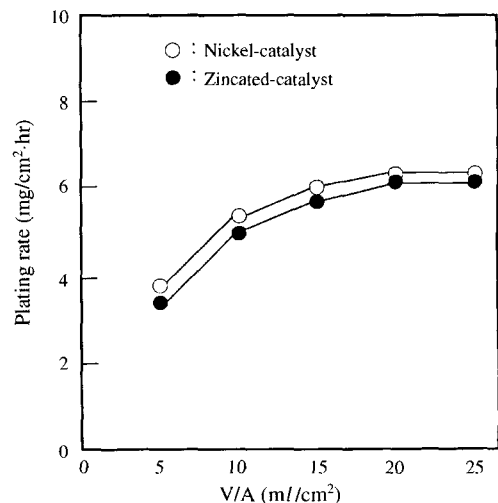
Classification	Reagent	Concentration
A	NiSO <sub>4</sub>	1.7 M
	Malic acid	0.7 M
B	CuSO <sub>4</sub>	0.8 M
C	DMAB	0.8 M
	Thiourea	100 ppm/l
D	NH <sub>4</sub> OH	120 ml/l

는 도금속도, 도금액의 조성 및 도금층의 조성을 검토하였다.

사용된 보충액의 조성<sup>1)</sup>은 Table 4와 같으며, 보충방법으로 Ni 이온 1g 부족에 대해 보충액 A를 10 ml의 비율과 Cu 이온 농도 0.5g 부족에 대해 보충액 B를 10 ml 비율로 보충하였으며, 보충시는 보충액 A와 B를 서로 혼합해서 보충하였다. 보충액 A와 B를 보충한 후 보충액 C를 보충하였다. 즉 DMAB와 Thiourea의 보충을 Ni과 Cu의 전체 석출량 1g에 대하여 10 ml의 비율로 보충하였고, pH의 감소에 대한 보충을 보충액 D로 보충하였으며, 보충방법은 보충액 C를 첨가하는 것과 같은 방법으로 보충하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 Table 3의 도금액 조성 및 도금조건(batch type)에서 처리물량에 따른 도금속도를 나타낸 것이다. Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면 모두 처리물량 증가에

**Fig. 3.** Effect of load on plating rate (batch type)

따라 도금속도가 증가하였고, V/A=20 이상에서 도금속도가 거의 일정하였다. 그러나 V/A=10 이하에서는 도금액의 안정성이 떨어지고 V/A=5 이하에서 자발적분해(spontaneous decomposition)반응이 일어났다. 이것은 도금액의 부피에 비해 도금할려고 하는 소지금속이 너무 많은 경우, 도금액의 경제성이 떨어짐은 물론 도금액 중에 과다한 촉매면의 존재로 인해 도금액 조성 불량에 따른 도금액 안정성의 저하로 도금액이 불안정해지기 때문에, 자발적 분해반응이 일어나 도금속도가 크게 감소된다고 생각된다. 따라서 처리물량 V/A=5 이하에서는 도금하기가 곤란하므로 실제 도금 작업시 장시간 도금할 경우에 처리물량의 선택이 중요하게 된다. 그러므로 V/A=20 이상에서 도금하는 것이 바람직하나 본 실험에서의 처리물량은 도금속도 등 여러 요인을 비교하기 위해 V/A=30에서 도금 하였다. Ni 촉매면이 아연화처리 촉매면 보다 모든 처리물량에서 도금속도가 약간 큰 것이 확인되었다. 이러한 원인으로서는 아연화처리시 발생하는 식(1)<sup>4)</sup>의 반응으로 알루미늄이 용해함과 동시에 아연이 석출되고, 무전해 Ni-Cu-B 도금액에서 도금을 하면 식(2)<sup>4)</sup>와 같은 치환반응이 일어나기 때문에 Ni 촉매면에서는 식(2)의 반응으로 생긴 아연의 오염이 없기 때문이라고 생각된다.

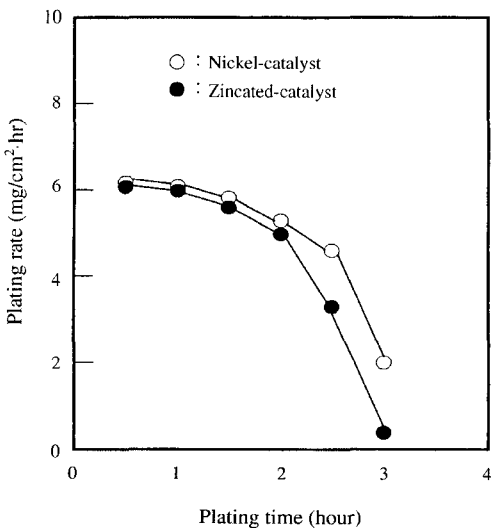
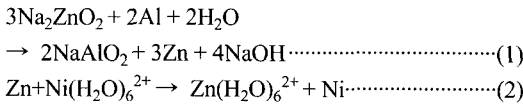


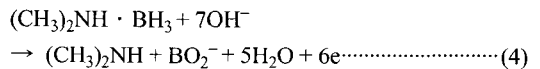
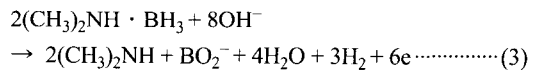
Fig. 4. Effect of plating time on plating rate (batch type)

Fig. 4는 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(batch type)에서 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면의 도금시간에 대한 도금속도를 보여준다. 대체로 도금시간이 적을 때는 아연화처리 촉매면과 Ni 촉매면의 도금속도가 크게 차이가 없었으나, 도금시간이 증가할수록 아연화처리 촉매면이 Ni 처리 촉매면 보다 도금속도가 급격히 감소하였다.

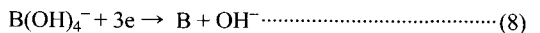
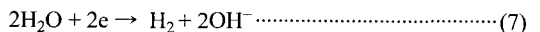
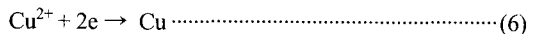
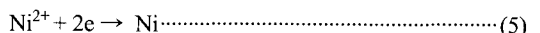
아연화 촉매면은 2시간까지는 도금속도가 완만하게 감소하였으나 2시간 이후로는 급속히 감소하였고 도금층도 불량하였다. Ni 촉매면은 2.5시간까지는 대체로 완만하게 감소하였으나 2.5시간 이후에는 도금속도가 급속하게 감소하였고 도금층도 불량하였다. 이러한 결과는 Batch type에서 아연화처리 촉매면의 도금액 수명이 2시간이었으나 Ni 촉매면의 도금액 수명이 2.5시간으로 Ni 촉매처리는 Ni 촉매처리를 하지 않았을 때 보다 도금시간을 1.25배 연장시킬 수 있었다.

무전해 도금은 도금조건에 대한 반응기구가 아직도 정확하게 밝혀져 있지 않은 상태이나, 환원제로 DMAB를 사용하는 무전해 Ni-Cu-B 도금반응을 환원매개체로 전자를 사용하는 기구<sup>5)</sup>로 설명하면 다음과 같다고 생각된다.

Anode 반응 : 먼저 촉매표면에서 탈수소하는 반응이 복잡하게 일어난다. 또한 이 반응에서 수소이온이 결합하여 수소기체를 형성하는 반응과 수소이온이 OH<sup>-</sup>과 결합해서 H<sub>2</sub>O와 여분의 전자를 형성하는 반응 등으로, Anode 반응에서는 대단히 복잡한 반응이 있으나 이를 요약하면 다음과 같다고 생각된다.



Cathode 반응 : Cathode 반응에서는 금속이온과 비정질인 B는 직접적인 환원반응에 의해 석출되며, 물(H<sub>2</sub>O)의 환원은 알칼리 분위기에서 일어날 수도 있고, 자발적 분해 반응 등 복잡한 반응이 일어난다고 생각되나 그 반응식을 요약하면 다음과 같다고 생각된다.



그리고 일부의 구리이온은 식(5)의 반응결과 석출된

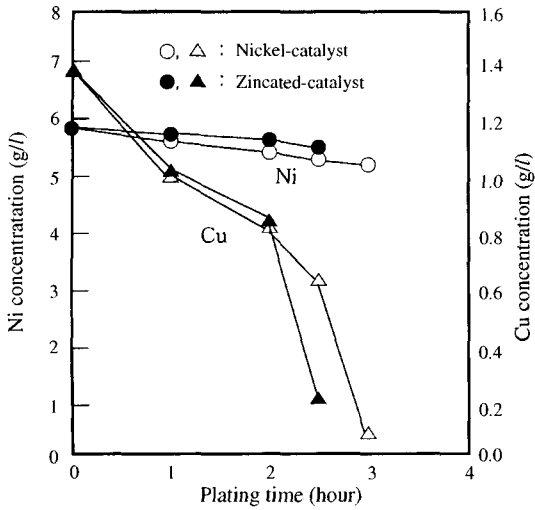


Fig. 5. Variation of solution nickel and copper concentration on plating time (batch type)

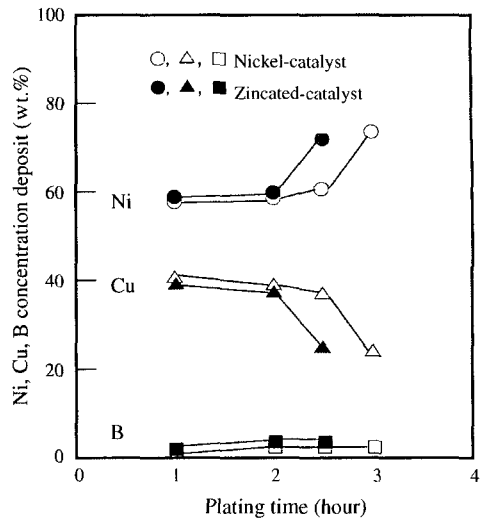
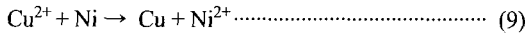


Fig. 6. Composition variation of plating deposit on plating time (batch type)

금속 Ni과 다음과 같은 치환반응에 의해서도 석출될 가능성이 있다고 생각된다.<sup>6,7)</sup>



상기의 반응으로 전자에 의해 환원된 Ni, Cu, B가 소지표면에 동시에 석출된다고 생각된다.

그러므로 Fig. 4에서 아연화처리 촉매면의 도금속도가 Ni 촉매면의 도금속도보다 도금속도가 약간 감소하는 것은 식(2)의 반응으로 생긴 아연의 오염 때문에 식(3)-(9)의 도금반응이 방해되기 때문이라고 생각된다.

Fig. 5는 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(batch type)에서 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면에 도금시 도금시간에 대한 도금액의 Ni과 Cu 성분을 나타낸 것이다. Ni 성분은 도금시간 증가에 따라 완만하게 감소하였으나, 구리성분은 도금시간 증가에 따라 급속히 감소하였다. 이러한 이유는 식(6)의  $\text{Cu}^{2+}$ 의 전위<sup>5)</sup>가 식(5)의  $\text{Ni}^{2+}$ 의 전위<sup>5)</sup>보다 귀(noble)하기 때문에 Ni 보다 Cu의 석출속도가 매우 크며, Table 3의 Ni 농도가 0.1 M에 비해 Cu 농도는 Ni 농도보다 매우 적은 0.02 M이므로 상대적으로 Cu 농도가 급격히 감소한다고 생각된다. 또한 대체로 Ni 촉매면에서 도금할 때가 아연화처리 촉매면에서 도금할 때 보다 Ni과 Cu 성분이 약간 감소한 것은 식(2)의 반응으로 생기는 아연의 오염이 없기 때문에 식(3)-(9)의 도금반응이 Ni 촉매면이 더욱 잘 일어남을 알 수 있었다. 특히 아연화처리 촉매면에서 Cu

성분이 2시간 도금한 후 급격히 감소하였고, Ni 촉매면은 2.5시간 도금한 후 Cu성분이 급속히 감소한 것은 Fig. 4에서 아연화처리 촉매면에서 도금시 2시간 이후 도금속도가 급격히 감소함과 동시에 도금층이 불량하였고, Ni 촉매면에서는 2.5시간 이후 급격한 도금속도 감소와 동시에 도금이 거의 되지 않는 것과 일치한 것으로 보아 도금액의 Cu 성분이 급격히 감소하는 것은 도금속도를 급속히 감소시키고 도금층의 표면 불량한 한 원인으로도 생각될 수 있다고 생각된다.

Fig. 6은 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(batch type)에서 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 도금할 때, 도금시간에 대한 도금층의 조성을 보여준다. 대체로 도금시간 증가에 따라 Ni의 성분은 증가한 반면 Cu의 성분은 감소하였고, B의 성분은 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면의 도금층에서 거의 비슷하였다. Ni 촉매면에서 도금한 도금층의 Ni과 Cu 성분은 2.5시간까지는 크게 변하지 않고 2.5시간 이후의 도금시간에서 크게 변한 반면, 아연화처리 촉매면에서는 Ni과 Cu 성분 모두 2시간까지는 크게 변하지 않았으나 2시간 이후에는 크게 변하였다. 이러한 결과는 Fig. 4에서 Ni 촉매면의 도금액 수명이 2.5시간이고 아연화처리 촉매면의 도금액 수명이 2시간인 것과 일치 하는 것으로 보아 도금속도가 급격히 감소하거나 도금층의 표면이 불량하면 도금층의 Ni과 Cu의 성분은 변화가 크다는 것을 알 수 있었다. 또한 Ni 성분은 증가하고 Cu 성분이 감소하는

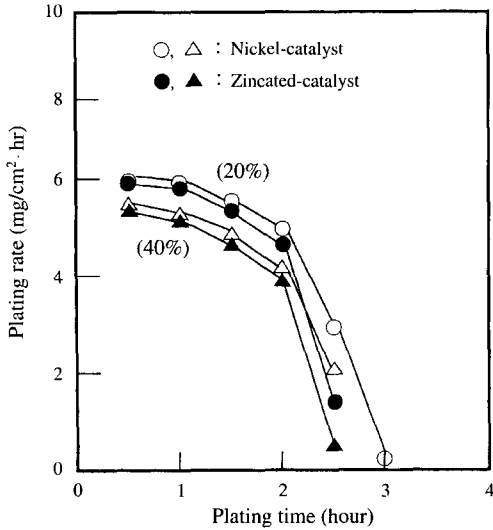


Fig. 7. Effect of plating times on plating rate (batch type) with addition (20, 40%) of waste solution.

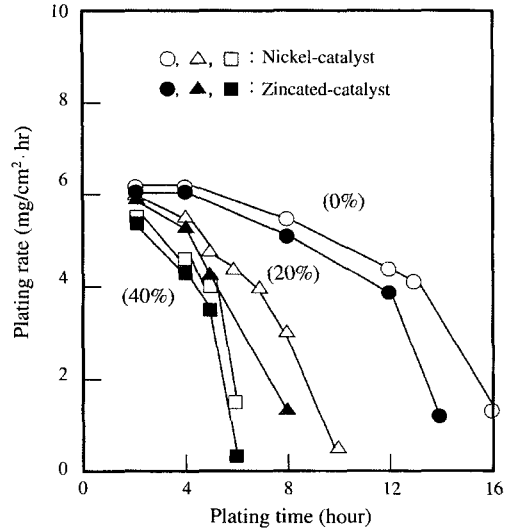


Fig. 8. Effect of plating time on plating rate (continuous type) with addition (0, 20, 40%) of waste solution.

것은 Fig. 5에서 도금시간 증가에 따라 도금액중의 Cu 성분이 급격히 감소하여 식(6)과 식(9)의 반응이 억제되므로 상대적으로 식(5)의 반응이 잘 일어나기 때문이라고 생각된다.

Fig. 7은 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(batch type)에서 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 2시간 도금한 폐 도금액을 Table 4와 같은 방법으로 부족성분을 보충한 후 새로 제조한 도금액에 20%와 40%를 첨가하였을 때, 도금시간에 대한 도금속도를 나타낸다. Fig. 4에서 Ni 촉매면의 도금액 수명은 2.5시간 이었으나 2시간 도금한 도금액을 사용한 것은 같은조건(2시간)에서 재사용에 대한 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 도금한 도금액을 비교 검토하기 때문이다. 폐 도금액 20%첨가와 40% 첨가 모두 도금시간 증가에 따라 도금속도가 크게 감소하였고, 같은 첨가량에 대해 Ni 촉매면 도금속도보다 아연화처리 촉매면의 도금속도가 적었다. 이러한 원인은 식(2)의 반응으로 생긴 Zn의 오염 때문으로, Fig. 4의 설명과 같다고 생각된다. 폐 도금액 20%와 40% 첨가시 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면 모두 2시간 이후에 도금층의 불량량이 생겼고, Fig. 4의 폐도금액을 첨가하지 않았을 때 보다 도금속도가 감소하였다. 그러나 이 결과는 Batch type에서 폐 도금액의 부족성분을 보충하여 새로 제조한 도금액에 40%를 첨가하여도 충분히 재 사용될 수 있다고 생각된다.

Fig. 8은 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(batch

type)에서 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 2시간 도금한 폐 도금액을 Table 4와 같은 방법으로 부족한 성분을 보충한 후, 새로 제조한 도금액에 첨가(0, 20, 40%)하여 도금할 때, 도금시간 30분마다 소모된 도금액의 조성을 연속해서 Table 4의 방법으로 도금액을 보충시(continuous type)의 도금시간에 대한 도금속도를 보여준다. 폐 도금액의 모든 첨가량에 대해 도금시간이 증가하면 도금속도가 감소하였고, 폐 도금액의 첨가량이 많을수록 도금시간은 감소하였다. 이러한 원인도 Fig. 7에서와 같다고 생각된다. 폐 도금액을 첨가하지 않고 새로 제조한 도금액(0%)을 사용할 경우, Ni 촉매면에서는 13시간 이후에 도금층이 불량하였고, 아연화처리 촉매면은 12시간 이후에 불량하였다. 따라서 Fig. 4의 Batch type보다 Continuous type은 Ni 촉매면에서 5배 이상, 아연화처리 촉매면은 6배 도금시간을 연장시킬 수 있었다. 폐 도금액을 20% 첨가하면 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면 각각 7시간과 5시간 이후에 도금층이 불량하여 Batch type보다 각각 도금시간이 2.8배와 2.5배 연장되었다. 폐 도금액 40%를 첨가하는 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면이 각각 5시간과 4시간 이후에 도금층이 불량하여 Batch type 보다 Continuous type에서 각각 2배 도금할 수 있었다. 이러한 결과는 Continuous type으로 도금하면 Batch type시 보다 새로 제조한 도금액은 6배, 폐 도금액을 40% 첨가해도 2배 도금시간을 연장시킬 수 있었다.

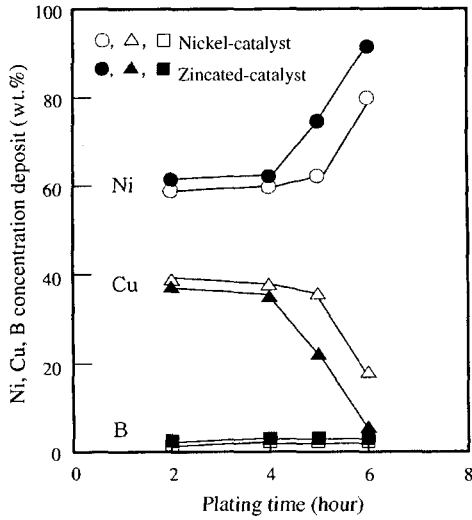


Fig. 9. Composition variation of plating time deposit on plating time (continuous type)

Fig. 9는 Fig. 8의 Continuous type에서 폐 도금액 40% 첨가할 때 도금시간에 대한 도금층의 조성을 나타낸다. 대체로 도금시간 증가에 따라 Ni의 성분은 증가한 반면 Cu 성분은 감소하였고, B의 성분은 거의 비슷하였다. Ni과 Cu 성분은 Ni 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 5시간과 4 시간까지는 크게 변하지 않았으나 이후에는 크게 변하였다. 따라서 Fig. 8에서 폐 도금액을 40% 첨가할 때 Ni촉매면과 아연화처리 촉매면에서 도금시 도금액 수명이 각각 5시간과 4시간인 것과 일치하였다. 그러므로 도금속도가 급속히 감소하고 도금층의 표면이 불량하면 Fig. 6에서와 같이 Ni과 Cu의 성분 변화가 크다는 것이 재확인되었다.

#### 4. 결 론

소정의 조건에서 무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사

용에 대해 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아연화처리한 후 Ni 촉매의 처리는 Ni 촉매처리를 하지 않았을 때 보다 도금시간을 연장시킬 수 있었다.
2. Batch type에서 새로 제조한 도금액에 조정된 폐 도금액을 40% 첨가하여도 무전해 Ni-Cu-B 폐 도금액의 재사용이 가능하였다.
3. 새로 제조한 도금액에 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충하여 도금하면(continuous type) 보충하지 않을 때(batch type) 보다 도금시간을 6배 연장시킨다.
4. 새로 제조한 도금액에 조정된 폐 도금액 40%를 첨가하여 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충할 경우(continuous type)의 도금시간은 보충하지 않을 경우(batch type)의 도금시간보다 2배 연장시킨다.
5. 도금층의 표면이 불량하고 도금속도가 급속히 감소하면 도금층의 Ni과 Cu의 성분 변화도 크게 된다.

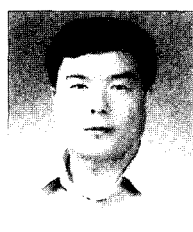
#### 참고문헌

1. 齊藤昌弘, 中林明 : “無電解めつも方法”, 特開昭 60-262973, (1985).
2. 오이식, 정두윤 : “무전해 Ni-Cu-B 도금속도에 미치는 도금액 조성과 도금조건의 영향”, 부경대학교 논문집, 3(2), 239-249 (1998).
3. 오이식, 정두윤 : “무전해 Ni-Cu-B 도금속도에 미치는 도금조건과 표면상태의 영향”, 부경대학교 논문집, 4(4), 453-462 (1999)
4. 이대우 : “무전해 니켈 도금층의 열처리에 따른 물성변화”, 석사학위논문, 서울대학교 (1985).
5. 김 만, 권식철 : “무전해 도금(I)”, 금속표면처리, 19(3), 121-127 (1986).
6. A. Hung : “kinetic of Electroless Copper Deposition with Hypophosphite as a Reducing Agent”, Apr., 74-77 (1988).
7. K. M. Chen and A. Hung : “Mechanism of Hypophosphite-Reduced Electroless Copper”, J. Electrochem., Soc., 136(1), 72-75 (1989).



吳伊植

- 인하대학교 공학사
- 동아대학교 공학석사
- 동아대학교 공학박사
- 현재 부경대학교 재료공학부 교수



裴英漢

- 부산공업대학교 공학사
- 부산공업대학교 공학석사
- 부경대학교 박사과정중
- 현재 진흥케미칼(주) 대표이사