

無電解 Ni-Cu-P 廢 鍍金液의 再使用에 관한 研究

*吳 伊 植

釜慶大學校 材料工學部

A Study on Reusing of Electroless Ni-Cu-P Waste Solution

*Lee-Sik Oh

Division of Materials Science and Engineering, Pukyong National University

요 약

무전해 Ni-Cu-P 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 50% 첨가하여도 무전해 Ni-Cu-P 폐 도금액의 재사용이 가능하였다. 새로 제조한 도금액에 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충하여 도금하면(Continuous type), 보충하지 않았을 경우(Batch type) 보다 도금시간이 10배 연장되었다. 새로 제조한 도금액에 폐 도금액 50%를 첨가하여 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충할 경우(Continuous type)의 도금시간은 보충하지 않았을 경우(Batch type)의 도금시간 보다 3.7배 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-P 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 50% waste solution additive at batch type was possible to reusing of waste solution. Plating time of initial solution at continuous type took longer 10 times over than that of batch type. Plating time of 50% waste solution additive at continuous type took longer 3.7 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

대부분의 무전해 도금은 2원계 합금 외에 4원계, 5원계 합금도 그 목적에 따라 다양하게 개발되었고, 연구 중이나 폐 도금액의 처리와 장기간 연속적으로 사용할 수 있는 도금액의 수명 연장 등의 관리가 대단히 중요하며 이에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다.

구리의 특성을 부여하기 위해 니켈, 코발트, 철의 금속 중에서 적어도 1개의 금속과 구리를 주성분으로 하

는 무전해 도금층은 전자기적 특성, 내식성, 비자성(非磁性) 등이 우수하여 전자부품이나 전기부품 외에 시계부속과 같은 정밀부품, 기타 용도에 유용하게 사용할 수 있다고 보고¹⁾되어 있다. 이 중에서도 무전해 Co-Cu계와 무전해 Fe-Cu계의 자료는 매우 부족하다고 생각되고, 무전해 Ni-Cu계에서 무전해 Ni-Cu-P 도금의 도금조건이나 도금층의 몇 가지 성질에 대해서는 일부 보고²⁻⁵⁾되어 있으며, 본 연구자는 무전해 Ni-Cu-P 도금에 적합한 도금액의 조성과 도금조건, 도금층의 경도와 내식성 및 열처리에 따른 도금층의 물성 등을 조사하여 무전해 Ni-Cu-P 도금이 충분히 활용할 수 있음을 보고^{6,7)}한 바 있

* 2001년 3월 14일 접수, 2001년 4월 4일 수리

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

다. 그러나 무전해 Ni-Cu-P 3원 합금도금은 도금이 진행됨에 따라, 도금액 중의 금속이온(Ni^{2+} , Cu^{2+}) 관리가 매우 어려워 구리이온의 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-P 폐 도금액의 재 사용과 사용 중에 감소한 도금액의 소모분을 보급하여 장기적으로 연속해서 도금해야 하나, 이에 대한 자료는 거의 없는 실정이다.

이러한 배경하에, 본 연구에서는 이미 보고²⁻⁷⁾된 무전해 Ni-Cu-P 도금액 조성 and 도금조건에서 연속적으로 도금하여 소모된 도금액의 성분율, 폐기된 도금액을 재사용하여 보충할 때와 새로운 도금액으로 보충할 경우, 도금속도에 미치는 도금시간을 비교 검토하고자 한다. 그리고 도금액 조성 and 도금층의 조성을 조사하여 무전해 Ni-Cu-P 폐 도금액의 재사용과 도금액의 수명연장 및 균일한 도금층의 조성에 대한 기초자료를 얻고자 한다.

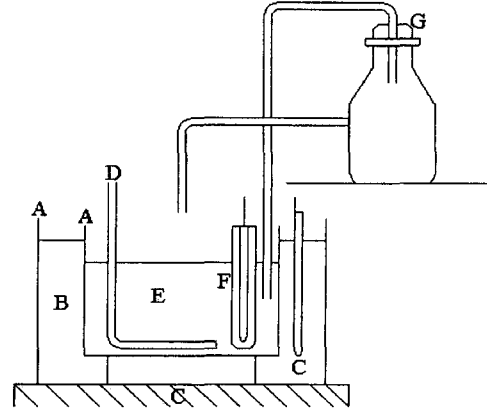
2. 실험방법

본 실험의 소지용으로 사용된 재료는 Table 1 과 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 1 급 시약을 사용하였다.

사용된 도금장치는 Fig. 1 과 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 cm²당 도금액 부피를 300 ml로 하였다.

전처리는 Fig. 2 의 공정에 따라 2중 아연화처리법으로 하였고, 아연화처리에는 Table 2 액을 사용하였으며 상세한 처리과정은 전에 보고^{6,7)}한 방법과 같다.

도금액은 Table 3 과 같이 이미 보고²⁻⁷⁾된 무전해 Ni-Cu-P 도금액 조성 and 도금조건을 선정하여 사용하였



- 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.

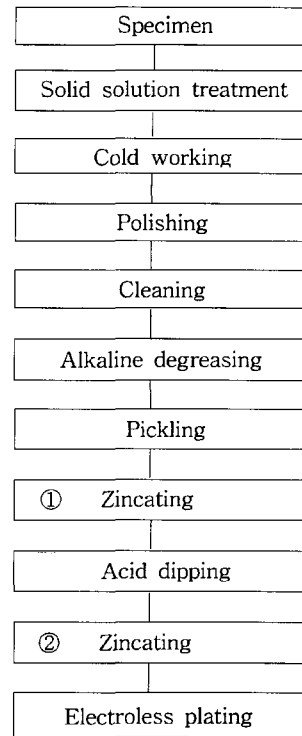


Fig. 2. Flow chart of electroless Ni-Cu-P plating process

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 ₃	Rochelle salt	NaNO ₃	Container
120	20	2.5	25	1	steel

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

Classification	Reagent	Concentration
Metal source	NiSO ₄	0.1 M
	CuSO ₄	0.01 M
Reducing agent	NaH ₂ PO ₂	0.2 M
Complexing agent	Sodium citrate	0.2 M
	Ethylenediamine	0.05 M
Stabilizer	Thiourea	1 ppm
pH		9.0
Bath temperature		80°C

다. 금속원에는 황산니켈과 황산구리, 환원제에 차아인산나트륨, 착화제는 sodium citrate와 ethylenediamine을 동시에 첨가하였고, 안정제는 thiourea를 선택하였다.

소지면적은 20×25×2.5 mm로 하고 목적 외의 부분은 석출을 방지하기 위하여 수지로 도포하고, 무전해 Ni-Cu-P 도금 전후의 무게를 0.1 mg까지 정밀하게 평량하여 단위면적당의 석출된 무게 차이로 도금속도를 결정하였다. 처리물량(V/A)은 도금액의 총부피(ml)/피도금체의 총면적(cm²)의 비율로 결정하였다. pH의 조절은 NH₄OH를 사용하여 조절하였고, 도금액의 온도편차는 ±1°C, pH의 편차는 ±0.1 범위에서 조사하였다. 무전해 도금액의 조성 및 미립으로 석출하도록 한 도금층의 조성은 화학분석 하였고, 소지면적은 30분마다 교체하였다.

무전해 Ni-Cu-P 도금은 Table 3 과 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-P도금하는 아연화처리 촉매면과 2중 아연화처리한 다음 새로 제조한 무전해 Ni-Cu-P 도금액에서 3~4분 도금시켜 준 후 본 도금액에 도금을 하는 니켈 촉매면으로 구별하여 도금하였다.

무전해 Ni-Cu-P 폐 도금액의 재사용에 대해 조사하기 위해, Batch type에서 2시간 도금한 결과 소모된

Table 4. Replenishment solution

Classification	Reagent	Concentration
A	NiSO ₄	1.7 M
	Sodium citrate	0.2 M
B	CuSO ₄	0.8 M
	Sodium citrate	0.3 M
C	NaH ₂ PO ₂	5.0 M
	Thiourea	50 ppm
D	NH ₄ OH	1 M
	Ethylenediamine	0.2 M

폐 도금액의 각 성분을 보충하여 도금액의 조성을 조절 한 도금액을 새로 제조한 도금액에 25%와 50%을 첨가하였을 때와 첨가하지 않았을 때의 도금 시간에 미치는 도금속도, 도금액의 조성 및 도금층의 조성을 검토하였다.

사용된 보충액의 조성¹⁾은 Table 4 와 같으며, 보충방법으로 니켈이온 1 g 부족에 대해 보충액 A를 10 ml의 비율과 구리이온 농도 0.5 g 부족에 대해 보충액 B를 10 ml 비율로 보충하였으며, 보충시는 보충액 A와 B를 서로 혼합해서 보충하였다. 보충액 A와 B를 보충한 후 보충액 C를 보충하였다. 즉 차아인산나트륨과 Thiourea의 보충을 니켈과 구리의 전체 석출량 1 g에 대하여 10 ml의 비율로 보충하였고, pH의 감소와 Ethylenediamine의 보충을 보충액 D로 보충하였으며, 보충방법은 보충액 C를 첨가하는 방법으로 보충하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3 은 Table 3의 도금액 조성 및 도금조건(Batch type)에서 처리물량에 따른 도금속도를 나타낸 것이다. 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면 모두 처리물량 증가에 따라 도금속도가 증가하였고, V/A=20 이상에서 도금속도가 거의 일정하였다. 그러나 V/A=10 이하에서는 도금액의 안정성이 떨어지고 V/A=5 이하에서 자발적 분해(spontaneous decomposition)반응이 일어났다. 이것은 도금액의 부피에 비해 도금할려고 하는 소지면적이 너무 많은 경우, 도금액의 경제성이 떨어지는 물론 도금액 중에 과다한 촉매면의 존재로 인해 도금액 조성 불량에 따른 도금액 안정성의 저하로 도금액이 불안정해 지기 때문에, 자발적 분해반응이 일어나 도금속도가 크게 감소된다고 생각된다. 따라서 처리물량 V/A=5 이하에서는 도금하기가 곤란하므로 실제 도금 작업시 장시

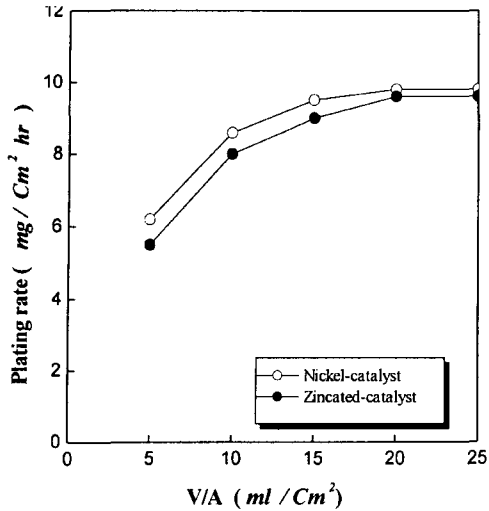


Fig. 3. Effects of load on plating rate (batch type).

간 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 도금하였다. 니켈 촉매면이 아연화처리 촉매면 보다 모든 처리물량에서 도금속도가 약간 큰 것이 확인되었다. 이러한 원인으로서는 아연화처리시 발생하는 식(1)⁸⁾의 반응으로 알루미늄이 용해함과 동시에 아연이 석출되고, 무전해 Ni-Cu-P 도금액에서 도금을 하면 식(2)⁸⁾와 같은 치환반응이 일어나기 때문에 니켈 촉매면에서는 식(2)의 반응으로 생긴 아연의 오염이 없기 때문이라고 생각된다.

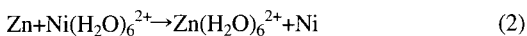
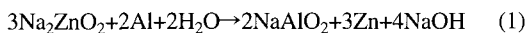


Fig. 4는 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(Batch type)에서 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면의 도금시간에 대한 도금속도를 보여준다. 대체로 도금시간이 적을 때는 아연화처리 촉매면과 니켈 촉매면의 도금속도가 크게 차이가 없었으나, 도금시간이 증가할 수록 아연화처리 촉매면이 니켈처리 촉매면 보다 도금속도가 급격히 감소하였다.

아연화 촉매면은 2시간까지는 도금속도가 완만하게 감소하였으나 2시간 이후로는 급속히 감소하였고 도금층도 불량하였다. 니켈 촉매면은 3시간까지는 대체로 완만하게 감소하였으나 3시간 이후에는 도금속도가 급격히 감소하였고 도금층도 불량하였다. 이러한 결과는

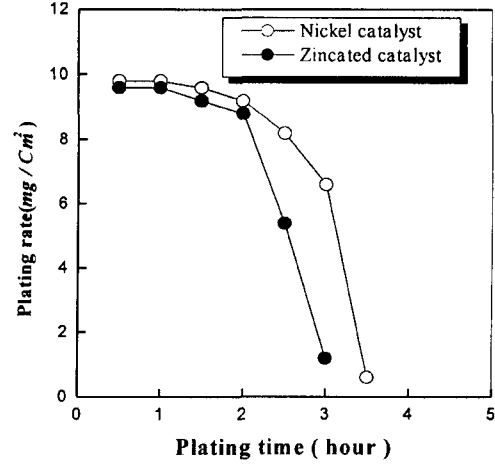
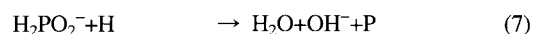
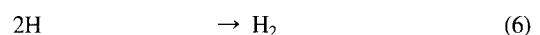
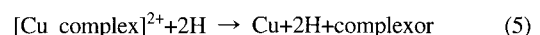
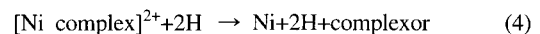
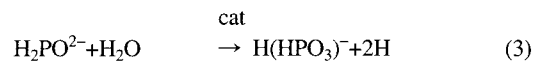


Fig. 4. Effects of plating time on plating rate (batch type).

Batch type에서 아연화처리 촉매면의 도금액 수명이 2시간 이었으나 니켈 촉매면의 도금액 수명이 3시간으로 니켈 촉매처리는 니켈 촉매처리를 하지 않았을 때 보다 도금시간을 1.5배 연장시킬 수 있었다.

무전해 도금은 도금조건에 대한 반응기구가 아직도 정확하게 밝혀져 있지 않는 상태이나, 환원제로 차아인산나트륨을 사용하는 무전해 Ni-Cu-P 도금반응을 환원매개체로 수소원자를 사용하는 기구⁹⁾로 설명하면 다음과 같다.



그러나 환원제로 차아인산나트륨을 사용할 경우 구리이온 단독으로는 구리이온에 대한 환원제의 산화반응에 대한 촉매활성이 없어서 식(3)의 반응이 일어나지 않기 때문에 식(5)의 반응이 일어나지 않으므로 구리도금은 되지 않으나 니켈이온이 공존하기 때문에 식(4)의 반응이 일어남과 동시에 식(5)의 반응이 일어나기 때문에 구리가 도금된다고 생각된다.^{10,11)} 또한 일부의 구리이온이 식(4)의 반응결과 석출된 금속니켈이 식(8)과 같은 치환반응에 의해서도 석출된다고 생각된다.^{10,11)}

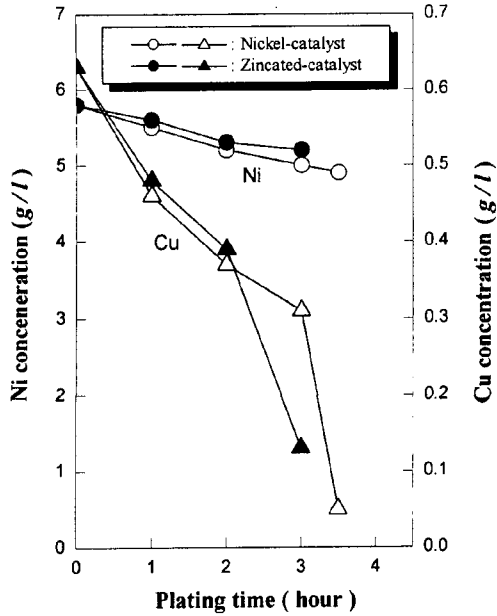


Fig. 5. Variation of solution nickel and copper concentration on plating time (batch type).



그러므로 Fig. 4 에서 아연화처리 촉매면의 도금속도가 니켈 촉매면의 도금속도보다 도금속도가 약간 감소하는 것은 식(2)의 반응으로 생긴 아연의 오염 때문에 식(3)~(8)의 도금반응이 방해되기 때문이라고 생각된다.

Fig. 5 는 Table 3 의 도금액 조성과 도금조건(Batch type)에서 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에 도금시 도금시간에 대한 도금액의 니켈과 구리성분을 나타낸 것이다. 니켈성분은 도금시간 증가에 따라 완만하게 감소하였으나, 구리성분은 도금시간 증가에 따라 급속히 감소하였다. 이러한 이유는 식(5)의 $[\text{Cu Complex}]^{2+}$ 의 전위⁹⁾가 식(4)의 $[\text{Ni Complex}]^{2+}$ 의 전위⁹⁾보다 귀(noble)하기 때문에 니켈보다 구리의 석출속도가 매우 크며, Table 3 의 니켈 농도가 0.1M에 비해 구리 농도는 0.01M이므로 상대적으로 구리농도가 급격히 감소한다고 생각된다. 또한 대체로 니켈 촉매면에서 도금할 때가 아연화처리 촉매면에서 도금할 때 보다 니켈과 구리성분이 약간 감소한 것은 식(2)의 반응으로 생기는 아연의 오염이 없기 때문에 식(3)~(8)의 도금반응이 니켈 촉매면이 더욱 잘 일어남을 알 수 있었다. 특히 아연화처리 촉매면에서 구리 성분이 2시간 도금한 후 급격히 감소하였고, 니켈 촉매면은 3시간 도금한 후 구리성분이 급

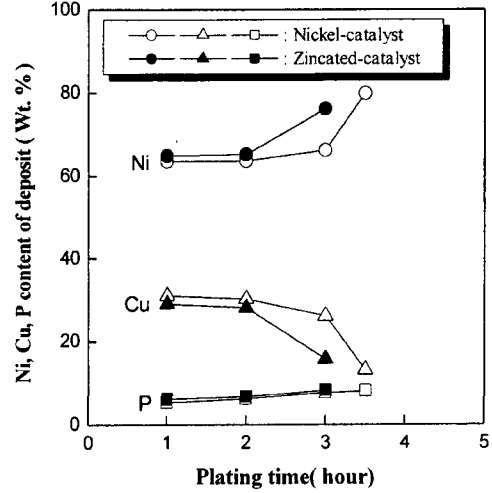


Fig. 6. Composition variation of plating deposit on plating time (batch type).

속히 감소한 것은 Fig. 4 에서 아연화처리 촉매면에서 도금시 2시간 이후 도금속도가 급격히 감소함과 동시에 도금층이 불량하였고, 니켈 촉매면에서는 3시간 이후 급격한 도금속도 감소와 동시에 도금이 거의 되지 않는 것과 일치한 것으로 보아 도금액의 구리성분이 급격히 감소하는 것은 도금속도를 급속히 감소시키고 도금층의 표면 불량한 한 원인으로도 생각될 수 있다고 생각된다.

Fig. 6 은 Table 3 의 도금액 조성과 도금조건(Batch type)에서 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 도금할 때, 도금시간에 대한 도금층의 조성을 보여준다. 대체로 도금시간 증가에 따라 Ni와 P의 성분은 증가한 반면 Cu의 성분은 감소하였다. P의 성분은 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면의 도금층에서 거의 비슷하였으며, 도금시간이 증가하면 P의 성분도 완만하게 증가하나 그 차이는 크지 않았다. 니켈 촉매면에서 도금한 도금층의 Ni와 Cu성분은 3시간까지는 크게 변하지 않고 3시간 이후의 도금시간에서 크게 변한 반면, 아연화처리 촉매면에서는 Ni와 Cu성분 모두 2시간까지는 크게 변하지 않았으나 2시간 이후에는 크게 변하였다. 이러한 결과는 Fig. 4 에서 니켈 촉매면의 도금액 수명이 3시간이고 아연화처리 촉매면의 도금액 수명이 2시간인 것과 일치하는 것으로 보아 도금속도가 급격히 감소하거나 도금층의 표면이 불량하면 도금층의 Ni와 Cu의 성분은 변화가 크다는 것을 알 수 있었다. 또한 Ni 성분은 증가하고 Cu 성분이 감소하는 것은 Fig. 5 에서 도금시간 증가에 따라 도금액중의 Cu성분이 급격히 감소하여 식

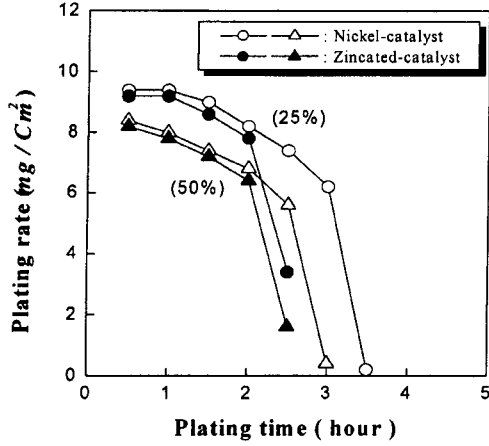


Fig. 7. Effect of plating times on plating rate (batch type) with addition (25, 50%) of waste solution.

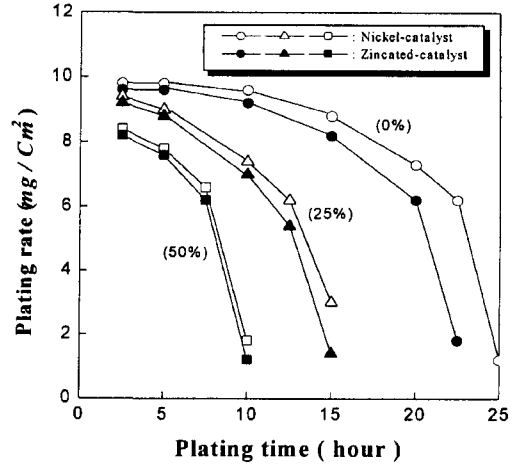


Fig. 8. Effect of plating times on plating rate (continuous type) with addition (0, 25, 50%) of waste solution.

(5)와 식(8)의 반응이 억제되므로 상대적으로 식(4)의 반응이 잘 일어나기 때문이라고 생각된다.

Fig. 7은 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(Batch type)에서 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 2시간 도금한 폐 도금액을 Table 4와 같은 방법으로 부족성분을 보충한 후 새로 제조한 도금액에 25%와 50%를 첨가하였을 때, 도금시간에 대한 도금속도를 나타낸다. Fig. 4에서 니켈 촉매면의 도금액 수명은 3시간이었으나 2시간 도금한 도금액을 사용한 것은 같은 조건(2시간)에서 재사용에 대한 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 도금한 도금액을 비교 검토하기 때문이다. 폐 도금액 25% 첨가와 50% 첨가 모두 도금시간 증가에 따라 도금속도가 크게 감소하였고, 같은 첨가량에 대해 니켈 촉매면 도금속도보다 아연화처리 촉매면의 도금속도가 적었다. 이러한 원인은 식(2)의 반응으로 생긴 아연의 오염 때문으로, Fig. 4의 설명과 같다고 생각된다. 폐 도금액 25% 첨가시 니켈 촉매면에서는 2.5시간 이후에 도금층의 불량 발생하였고, 아연화처리 촉매면은 2시간 이후에 도금층의 불량이 생겼다. 폐 도금액 50% 첨가할 때는 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면이 2시간 이후에 도금층의 불량이 발생하였고, Fig. 4의 폐 도금액을 첨가하지 않았을 때 보다 도금속도가 감소하였다. 그러나 이 결과는 Batch type에서 폐 도금액의 부족성분을 보충하여 새로 제조한 도금액에 50%를 첨가하여도 충분히 재 사용할 수 있다고 생각된다.

Fig. 8은 Table 3의 도금액 조성과 도금조건(Batch type)에서 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 2시간

도금한 폐 도금액을 Table 4와 같은 방법으로 부족한 성분을 보충한 후, 새로 제조한 도금액에 첨가(0, 25, 50%)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, 니켈 촉매면에서는 22.5시간 이후에 도금층이 불량하였고, 아연화처리 촉매면은 20시간 이후에 불량하였다. 따라서 Fig. 4의 Batch type 보다 Continuous type은 니켈 촉매면에서 7배 이상, 아연화처리 촉매면은 10배 도금시간을 연장시킬 수 있었다. 폐 도금액을 25% 첨가하면 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면 각각 12.5시간과 10시간 이후에 도금층이 불량하여 Batch type보다 각각 도금시간이 4배와 5배 연장되었다. 폐 도금액 50%를 첨가하는 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면이 7.5시간 이후에 도금층이 불량하여 Batch type 보다 Continuous type에서 각각 2.5배와 3.7배 이상 도금할 수 있었다. 이러한 결과는 Continuous type으로 도금하면 Batch type시 보다 새로 제조한 도금액은 10배, 폐 도금액을 50% 첨가해도 3.7배 도금시간을 연장시킬 수 있었다.

Fig. 9는 Fig. 8의 Continuous type에서 폐 도금액 50% 첨가할 때 도금시간에 대한 도금층의 조성을 나타낸다. 대체로 도금시간 증가에 따라 Ni과 P의 성분은

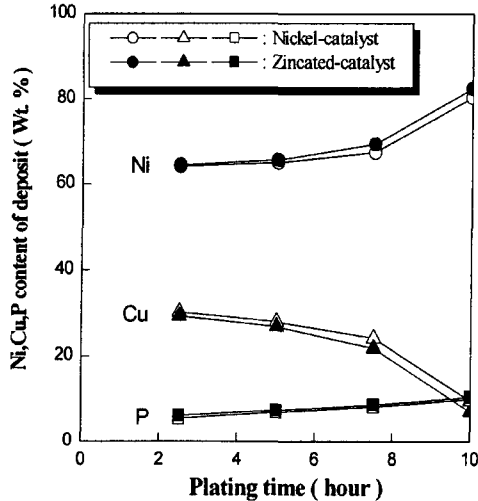


Fig. 9. Composition variation of plating deposit on plating time (continuous type).

증가한 반면 Cu 성분은 감소하였다. 도금시간이 증가함에 따라 P의 성분은 증가하나 그 차이는 크지 않았고, Ni과 Cu 성분은 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 7.5 시간까지는 크게 변하지 않았으나 7.5 시간 이후에는 크게 변하였다. 따라서 Fig. 8 에서 폐 도금액을 50% 첨가할 때 니켈 촉매면과 아연화처리 촉매면에서 도금시 도금액 수명이 7.5 시간인 것과 일치하였다. 그러므로 도금속도가 급속히 감소하고 도금층의 표면이 불량하면 Fig. 6 에서와 같이 Ni과 Cu의 성분 변화가 크다는 것이 재확인되었다.

4. 결 론

소정의 조건에서 무전해 Ni-Cu-P 폐 도금액의 재사용에 대해 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아연화처리한 후 니켈 촉매의 처리는 니켈 촉매처리를 하지 않았을 때 보다 도금시간을 연장시킬 수 있었다.
2. Batch type에서 새로 제조한 도금액에 조정된 폐 도금액을 50%첨가하여도 무전해 Ni-Cu-P 폐 도금액의 재사용이 가능하였다.
3. 새로 제조한 도금액에 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충하여 도금하면(Continuous type) 보충하지 않을 때(Batch type) 보다 도금시간을 10 배 연장시킨다.

4. 새로 제조한 도금액에 조정된 폐 도금액 50%를 첨가하여 소모된 도금액의 성분을 연속적으로 보충할 경우(Continuous type)의 도금시간은 보충하지 않을 경우(Batch type)의 도금시간보다 3.7배 연장시킨다.
5. 도금층의 표면이 불량하고 도금속도가 급속히 감소하면 도금층의 Ni과 Cu의 성분 변화도 크게 된다.

참고문헌

1. 齋藤昌弘, 中林明 : “無電解めっき方法”, 特開昭 60-262973, (1985).
2. 鷹野修, 青松二 : “無電解Ni-Cu-P合金めっき皮膜の電氣抵抗特性”, 金屬表面技術, 34(6), 74-81 (1983).
3. 青松二, 鷹野修, 石橋知 : “無電解ニッケル-銅-リン合金めっきについて” 金屬表面技術, 30(3), 13-17 (1979).
4. 岡村康弘, 二見照治, 河田薫, 古賀篤, 松井富士夫 : “耐熱性無電解Ni-Cu-P合金めっき”, 金屬表面技術, 38(9), 74-78 (1987).
5. 松井富士夫, 齋藤昌弘 : “ハードディスク用下地材料としてのNi-Cu-P皮膜患に關するニ, 三の考察”, 金屬表面技術, 38(9), 96-99 (1987).
6. 오이식, 황용길 : “알루미늄 기판의 무전해 니켈-구리-인 합금도금에 관한 연구(I) 전해액 및 열처리 조건이 무전해 니켈-구리-인 도금층의 제 물성에 미치는 영향”, 한국표면공학회지, 24(2), 103-113 (1991).
7. 오이식, 황용길 : “무전해 니켈-구리-인 도금의 도금속도와 열처리에 따른 경도 및 내식성 변화”, 한국표면공학회지, 23(4) (1990).
8. 이대우 : “무전해 니켈 도금층의 열처리에 따른 물성 변화”, 석사학위논문, 서울대학교 (1985).
9. 김 만, 권식철 : “무전해 도금(I)”, 금속표면처리, 19(3), 121-127 (1986).
10. A. Hung : “kinetic of Electroless Copper Deposition with Hypophosphite as a Reducing Agent”, Apr., 74-77 (1988).
11. 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