

## 비금속 분체를 이용한 무전해 니켈 복합도금에 관한 연구

김 옹 규\* · 박 수 훈\*\*

\*홍익공업전문대학 금속과

\*\*한국에너지연구소 부식공학연구실

A Study on Composite Electroless Nickel Plating  
with Ceramic Dispersive

Young Kyu Kim\* and Su Hoon Park\*\*

\*Department of Metallurgical Engineering

Hong-ik Technical College

\*\*Nuclear Materials Corrosion Eng. Dept.,

Korea Advanced Energy Research Institute

The characteristics of composite electroless Nickel plating on the condition of adding 3 kinds of ceramic dispersives,  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$  and artificial diamond powder were studied.

Decreasing solution temperature for composite plating was required to depress the spontaneous decomposition caused by dispersive including enlargement of reaction surface.

The rate of composite plating was faster than that of general electroless - Nickel plating without dispersive. This increasing tendency of plating rate was remarkable for the active catalysis, like diamond powder.

## 1. 서 론

비금속 분체를 이용한 복합 도금은 높은 경도를 가지는 비금속 입자를 도금시 용액중에 혼입하여 교반시킴으로서 도금이 진행될때 금속 기지 내에 비금속 입자를 분산시켜 강화시키는 표면처리 방법을 말한다.

이러한 복합 도금 방법은 전기 도금방법을 이용할 때 전극간 거리와 피도금체의 형상에 따른 전류 밀도의 불균일에 의하여 도금층의 두께가 불균일하고, 분산체의 편중현상을 일으키는 등의 어려움으

로 인하여 그 적용에 여러가지 제한 요소를 가지고 있다. 이에 반하여 무전해 도금 방법은 용액중 환원체의 산화반응을 이용한 도금 방법이므로 도금층의 두께가 전체 용액 접촉면에 걸쳐 균일하여 단순히 적절한 교반만으로 분산체의 편중을 억제할 수 있고, 특히 피도금체의 최종 치수 조절이 용이하다는 등 전기도금 방법이 가지는 여러 문제점을 쉽게 해결할 수 있다.<sup>(1,2)</sup>

현재 이와 같은 복합 도금방법은 내마멸성<sup>(3,4)</sup> 내식성이<sup>(5,6)</sup> 요구되는 자동차 부품으로부터 내마멸성과 함께 정밀한 치수가 요구되는 반도체 가공용 공구에 이르기까지 재료의 표면 처리 기술 뿐 아니

\*이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음

라 기능소재의 제조기술로서 그 활용 범위가 넓어지고 있다.<sup>7-12)</sup>

본 연구에서는 이전의 연구<sup>(13-15)</sup>를 통해 확립된 무전해 니켈도금방법을 바탕으로  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$ , Diamond분말 등 여러가지 비금속 분체를 분산체로 하여 복합 도금을 수행하면서 분산체의 종류 및 농도 등 도금시 여러 인자 변화에 따른 도금 특성의 변화의 대하여 조사, 연구하였다.

## 2. 실험방법

무전해 니켈 복합 도금을 수행하기 위한 무전해 니켈 도금 용액의 조성은 다음과 같다. 즉  $NiSO_4 \cdot 6H_2O$  20kgm<sup>-3</sup>,  $NaH_2PO_2 \cdot H_2O$  20kgm<sup>-3</sup>, 착화제 16kgm<sup>-3</sup>, 완충제 18kgm<sup>-3</sup>, 축진제 (NaF) 250ppm, 억제제 (티오요소) 0.6ppm 습윤제 20ppm이다. 이들 용액의 조성은 이전의 연구<sup>(13-15)</sup>를 바탕으로 복합 도금에 적합하도록 몇몇 성분의 함량을 조정하여 개선한 것으로 숙신산, 시트르산, 아미노아세트산, 말산의 혼합물인 착화제는 도금속도의 증가와 도금층의 인함량 증가를 기하기 위하여 다소 적게 첨가하였으며 분산체에 의한 용액의 분해를 억제하기 위하여 축진제의 함량은 줄이면서 억제제의 함량을 증가시켰다. 또한 습윤제를 첨가함으로써 용액의 표면장력을 줄여 분산체 표면의 용액의 습윤특성을 증가시켜 복합도금이 용이하도록 배려하였다.

이상과 같이 준비된 용액중에  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$ , Diamond분말을 첨가하였는데 분산체의 형상 및 크기에 따른 영향을 조사하고자  $Al_2O_3$ 는 단변이 5 $\mu$ m 이하, 장변이 10~20 $\mu$ m인 침상 분말을,  $Si_3N_4$ 는 1 $\mu$ m이하의 입자상 분말을, Diamond는 각기 0.5 $\mu$ m 이하와, 2~4 $\mu$ m의 크기를 가지는 인공 Diamond분말을 사용하였다. 소시 금속으로는 표면적 0.1dm<sup>2</sup>인 냉간 압연된 구리판을 사용하여 알칼리탈지(5% NaOH용액, 6분간 침지), 산세척(15% 질산용액, 1분간침지), 활성화 처리<sup>(16-17)</sup>(5% PdCl<sub>2</sub>, 30초간 침지)로 이어지는 전처리 과정을<sup>(2, 13, 18-20)</sup> 거쳐 도금하였는데, 각 과정 후에는 증류수로 2회씩 세척하였다.

그림 1은 도금에 이용된 실험 장치를 나타낸 것이다. 도금장치는 물을 이용한 간접 가열 방식으로

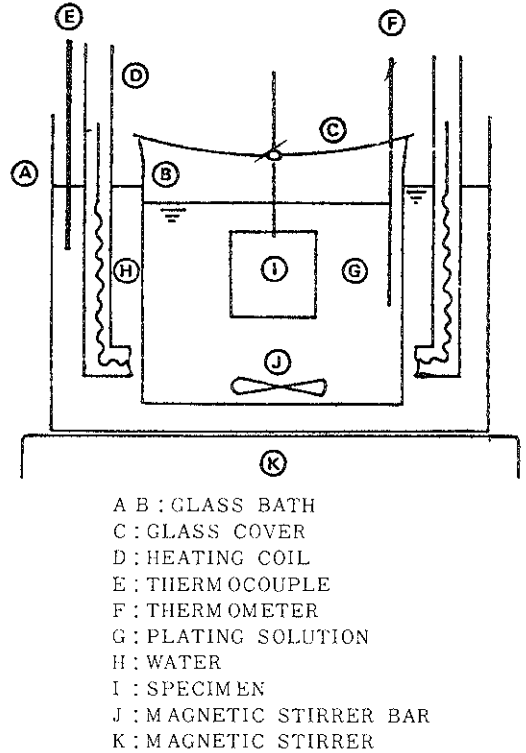


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

용액을 가열하며 용액의 온도 변화를 최소화하고자 하였으며, 분말의 교반은 자기 교반기를 용액하여 용액의 하부에서 교반하였다. 실험에 이용된 용기로는 바닥이 평평한 유리비이커를 사용하여 교반 중에 분말이 바닥에 가라앉는 것을 가능한 한 억제하고자 하였으며, 첨가된 분말의 량은 각기 분말의 입도를 따라  $Al_2O_3$ 는 0.5, 1.0, 2.0, 3.0kgm<sup>-3</sup>을,  $Si_3N_4$ 는 0.25, 0.5, 1.0, 1.5kgm<sup>-3</sup>, Diamond분말은 0.5, 1.0, 2.0, 3.0kgm<sup>-3</sup> 씩 첨가하면서 실험하였다.

도금 용액의 온도와 pH는 70~85 $^{\circ}C$ , 4.3~5.0범위에서 각기 1시간씩 도금하여 분말의 첨가에 따른 적정온도와 pH를 조사하였으며, 이를 바탕으로 다시 2시간, 4시간 도금하므로써 용액 안정성 및 도금 특성을 확인하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### (도금 특성)

차아인산 나트륨을 환원제로 사용한 무전해 니켈

도금은 일반적으로 용액온도  $89 \pm 5^\circ\text{C}$ , pH 4.3~5.0의 범위에서 인함량 7~11wt.%를 가지는 도금층을 형성한다.<sup>(18, 21)</sup> 이러한 무전해 니켈 도금을 수행함에 있어 너무 낮은 용액의 온도나 pH는 도금 속도를 저하시켜 도금의 진행을 억제하며, 반대로 너무 높은 용액의 온도나 pH는 용액의 안정성을 떨어뜨려 용액의 자발적 분해를 유발시킨다.

복합 도금에 있어서도 이와 마찬가지로 용액의 온도와 pH는 매우 중요한 인자인데 분산체의 첨가로 인하여 도금 용액 중 용액과 접촉하는 물질의 비표면적이 증대되면 용액은 그 안정성을 잃어버리게 되고 자발적 분해를 유발시키는 요인이 된다

(22, 23)

본 연구에서는 적정 도금 조건을 찾기 위하여 매우 광범위하게 분산체의 첨가량을 변화시켜 가면서 용액의 도금 특성을 조사하였다. 먼저  $\text{Al}_2\text{O}_3$  분말과  $\text{Si}_3\text{N}_4$  분말을 첨가하면서 조사한 결과 적정 도금 조건은 용액 온도  $80^\circ\text{C}$ , pH 4.7에서 안정된 도금 조건을 유지함을 알 수 있었으며,  $85^\circ\text{C}$ 에서는 2시간 까지는 성공적으로 도금이 진행되나 4시간 이내

에 용액은 자발적 분해를 일으켰다. 또한 온도를  $75^\circ\text{C}$  이하로 낮춘 경우에는 도금 속도가 매우 느려 측정이 곤란하였다. 용액의 pH에 따라서는 초기 pH가 5.0인 경우 용액은 2시간 전후에서 분해되었으며 초기 pH가 4.3인 경우 도금의 진행이 어려웠다.

Diamond분말을 첨가한 경우 적정 도금 조건은 초기 pH 4.7에서 용액 온도  $75^\circ\text{C}$ 를 가지는 것을 확인할 수 있었는데 이 경우  $80^\circ\text{C}$  용액에서는 분말의 크기에 관계없이 약 2~4시간 사이에 자발적 분해를 일으켰으며 용액 온도  $70^\circ\text{C}$ 인 경우 도금이 거의 진행되지 않음을 알 수 있었다.

사진 1은  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와  $\text{Si}_3\text{N}_4$  분말을 각각  $0.5$ ;  $1.0\text{kgm}^{-3}$  첨가하여 4시간 도금된 도금층의 광학 현미경 사진이며 사진 2는  $0.5\mu\text{m}$ 이하의 크기를 가지는 Diamond분말을  $0.5$ ;  $1.0\text{kgm}^{-3}$  2~ $4\mu\text{m}$  크기의 Diamond분말을  $1.0$ ;  $2.0\text{kgm}^{-3}$  첨가하였을 때의 단면사진이다. 분말의 종류에 관계없이 복합 도금층은 용액중 분말의 첨가량이 증가함에 따라 분산체의 함량이 증가하는 경향을 나타낸다.

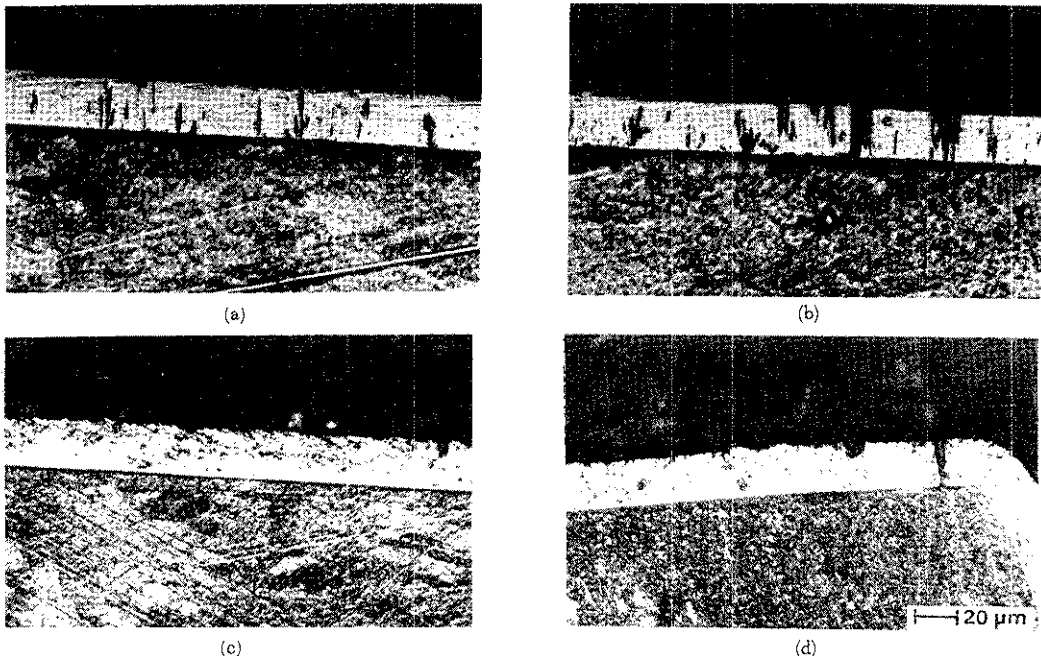


Photo 1. Cross sectional view of electroless Nickel composite with various powder concentration at pH 4.7,  $80^\circ\text{C}$ , 4 hour deposit.

(a)  $0.5\text{kgm}^{-3}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  (b)  $1.0\text{kgm}^{-3}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  (c)  $0.5\text{kgm}^{-3}$   $\text{Si}_3\text{N}_4$  (d)  $1.0\text{kgm}^{-3}$   $\text{Si}_3\text{N}_4$

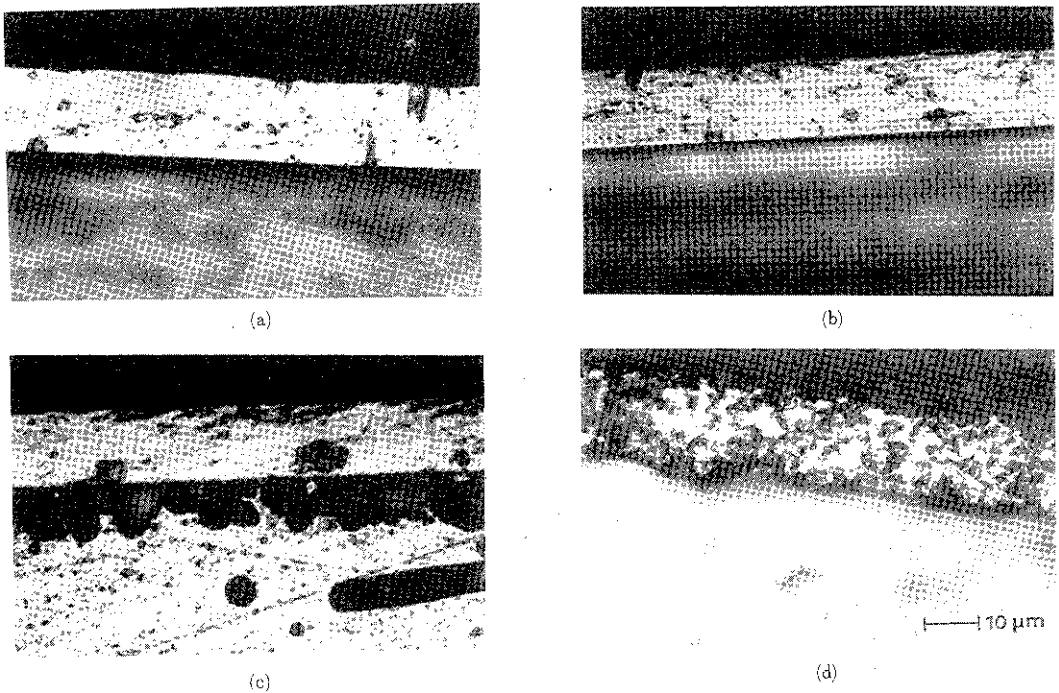


Photo 2. Cross sectional view of electroless Nickel composit with various concentration of diamond powder at pH 4.7, 75°C, 2hour deposit.

(a) 0.5kgm<sup>-3</sup> under 0.5μm powder  
(b) 1.0kgm<sup>-3</sup> under 0.5μm powder

(c) 1.0kgm<sup>-3</sup> 2~4μm powder  
(d) 2.0kgm<sup>-3</sup> 2~4μm powder

그림 2는 이를 바탕으로 분말의 종류 및 첨가량 변화에 따른 도금층 두께의 변화를 나타낸 것이다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>분말의 경우 4시간 도금하였을 때 평균 도금 속도는 5~5.5μm/hr로 용액 중 분말의 첨가량의 변화에 따라 큰 차이를 나타내지 않는다.

Diamond분말의 경우 역시 각각 2시간 또는 4시간 도금된 도금층을 측정하여 얻은 평균 도금 속도는 7~7.5μm/hr로 큰 차이를 나타내지 않으나 분말의 첨가량이 증가하면 도금 속도가 다소 빨라지는 경향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

그림 3은 본 실험에 사용된 용액에 분산체를 첨가하지 않은 상태에서 도금하여, 용액의 온도 변화에 따른 평균 도금 속도의 변화를 나타낸 것이다. 그림 3에서 확인할 수 있는 바와 같이 분말을 첨가하지 않은 상태에서 도금 속도는 용액 온도 80°C일 때 4~4.5μm/hr, 75°C일 때 2.5~3μm/hr 정도의 작은 값을 가진다. 이러한 도금 속도는 용액 중에

분말을 첨가하여 복합도금을 수행함으로써 빨라지는 것을 알 수 있으며, 특히 Diamond분말을 첨가한 경우에는 75°C에서 도금되었음에도 불구하고 80°C에서 도금된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>분말을 첨가한 시료보다 훨씬 빠른 도금 속도를 나타내며 이는 분말을 첨가하지 않은 경우에 비하여 3배 정도의 도금속도를 나타낸다. 이와 같은 도금 속도의 변화에 대하여 고찰하고자 우선 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>분말을 첨가한 경우를 생각해 본다. 먼저 첨가된 분말이 도금 용액 중에서 활성 계면으로 작용하지 않고 복합 도금은 단지 용액 중 부유되어 교반 중인 분말이 피도금체의 활성 계면에 접촉할 때에 진행된다고 생각할 때, 복합 도금층의 평균도금 속도는 도금층 내에 분산체가 차지하는 체적분율이 증가함에 따라 질 것이다. 그러나 도금 용액 중에 분산되어 있는 분말의 표면에서도 도금속도는 피도금체의 표면보다는 속도가 느리지만 도금이 서서히 진행된다면

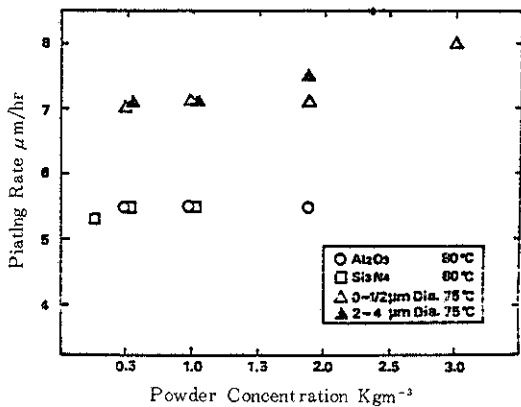


Fig. 2. Effect of powder concentration on the plating rate at pH 4.7. (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> : 80°C, Diamond 75°C)

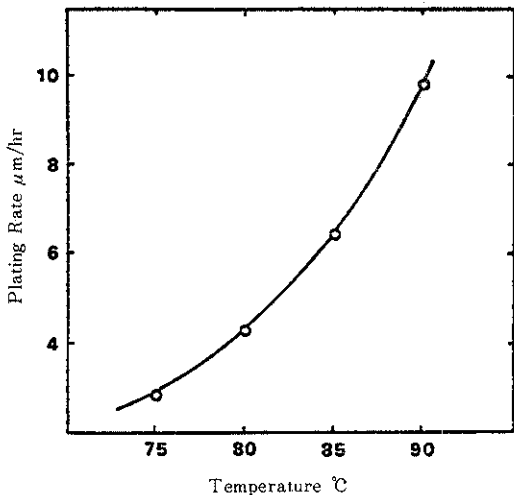


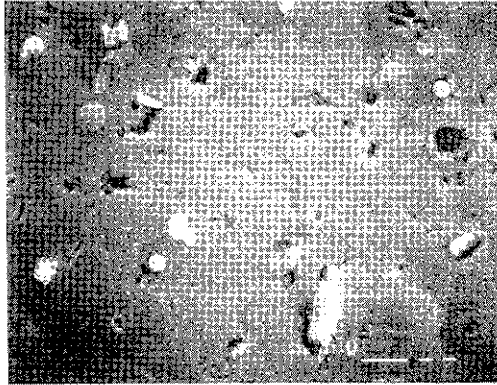
Fig. 3. Effect of solution temperature on the plating rate with no added powder at pH 4.7, 4 hour deposit.

용액 중 분말의 양이 많으면 많을 수록 즉 용액 중 분말의 총표면적이 증가할수록 소지금속 재료 표면에서 도금이 진행되는 속도는 느려지게 될 것이다 이를 종합하여 보면 복합 도금층의 평균 도금속도는 용액 중 분말 첨가량의 증가에 따라, 즉 도금층 내의 분산체가 차지하는 체적분율 증가에 따른 도금 속도 증가요인과, 용액 중 분산되어 서서히 도금이 진행되는 분말의 총표면적 증가에 따른 도금 속도 감소 요인이 함께 작용하여 결과적으로는 적

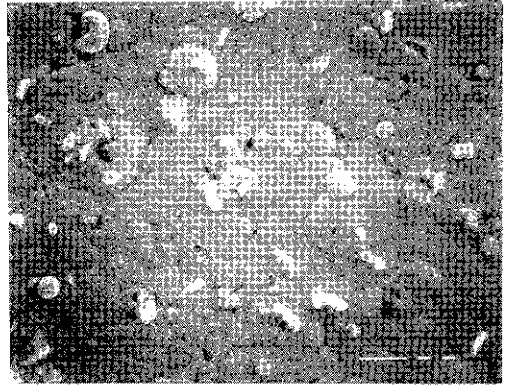
정 분산도금 조건하에서는 용액 중 분말 첨가량의 증가에 별 관계없이 거의 일정한 도금속도를 나타내는 것이라고 설명할 수 있다.

사진 3은 용액 중 부유된 상태에 있는 분말의 표면에서 도금이 진행되었음을 나타내고 있다. 사진 3(c), (d)는 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>분말을 첨가한 도금층의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 것인데 이것은 도금층 표면뿐 아니라 용액중 부유된 상태에 있는 분말의 표면에서도 도금이 진행되어 이것의 집합체가 표면에 덩어리 모양으로 달라 붙으면서 도금이 진행되는 것을 보여주고 있다. 사진 3(a), (b)의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 첨가된 경우에서도 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입도가 조대하여 덩어리 모양으로 형성된 집합체를 관찰할 수는 없으나 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자표면에 도금이 진행되어 있음을 관찰할 수 있다.

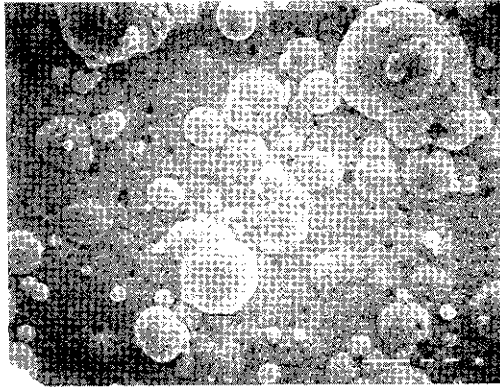
용액 중 첨가된 분말이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 분말보다 활성적인 분말인 Diamond분말의 경우 용액의 분해를 억제하면서 도금을 진행하기 위해서는 보다 낮은 온도에서 도금하여야 함을 알 수 있었는데 이러한 이유로 해서 본 실험에서 확인한 바로는, 다른 분말보다 활성화된 표면을 가지는 Diamond 분말을 첨가한 경우 용액 온도는 75°C가 적정 도금온도임을 알 수 있었다. Feldstein<sup>(6)</sup> 등은 본 실험에서 사용한 것과 같은 다결정 인공 Diamond 분말을 첨가한 경우 그 표면이 무전해 도금시 매우 우수한 촉매면으로 작용한다고 설명하였는데 이처럼 보다 더 활성화된 분말을 첨가한 경우 도금은 피도금체인 소지금속의 표면과 소지금속 보다는 덜 활성적이거나 다른 비금속 분말에 비해 활성표면을 가지는 Diamond 분말의 표면에서 함께 일어나 소지금속에 도금되는 평균 도금속도가 보다 빨라진다고 말할 수 있다. 따라서 Diamond분말을 첨가한 경우 그림 2에서 확인 할 수 있는 바와 같이 용액의 온도가 더 낮음에도 불구하고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 분말을 첨가한 경우에 비해 매우 빠른 도금 속도를 나타낸다. 사진 4는 분산체를 첨가하지 않고 도금된 도금층의 표면과 서로 다른 입도를 갖는 Diamond 분말을 첨가하여 도금한 도금층의 표면을 주사 전자현미경으로 관찰한 것이다. 사진 4(c), (d)는 같은 입도를 갖는 분말의 첨가량을 변화시키면서 도금한 것인데



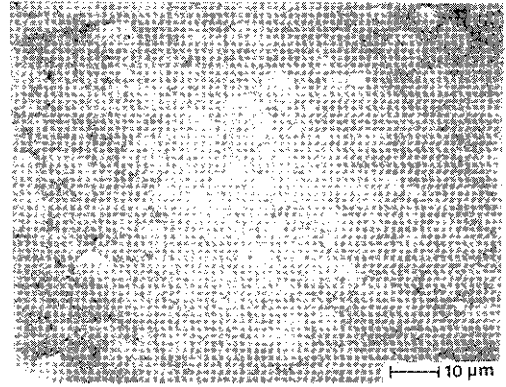
(a)



(b)



(c)



(d)

Photo 3. Scanning electron micrographs of electroless Nickel composite with various powder concentration at pH 4.7, 80°C, 4 hour deposit.

(a) 0.5kgm<sup>-3</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(b) 2.0kgm<sup>-3</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(c) 0.5kgm<sup>-3</sup> Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

(d) 1.0kgm<sup>-3</sup> Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

분말의 첨가량 증가에 따라 분산체의 분율이 증가함을 나타내고 있다. 그러나 이 경우에도 역시 위의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 분말을 첨가한 경우와 같이 도금층의 평균도금속도는 분말의 첨가량 증가에 따라 도금층 내에 분산체가 차지하는 체적 분율이 증가함에도 불구하고 거의 일정한 값을 나타낸다.

본 실험에서 이와 같이 분말 첨가량의 변화에도 불구하고 일정한 도금 속도를 나타내는 현상은 용액이 그 안정성을 잃지 않고 도금이 원만히 진행되는 적정 도금조건하에서의 현상으로, 만약 용액중에 분말을 지나치게 많이 첨가하여 용액의 총 체적

에 비해 분말의 총 표면적이 지나치게 커지게 되면 도금층의 평균도금 속도가 거의 일정한 값을 갖는 범위를 벗어나게 되면서 용액은 짧은 시간 내에 안정성을 잃어버리게 되어 자발적 분해를 일으킨다.

본 연구에서는 용액의 안정성을 유지하면서 복합도금을 수행하기 위한 중요한 인자가 용액의 pH와 용액의 온도임을 확인할 수 있었는데, 용액의 높은 pH나 높은 온도는 분말 표면에서의 반응을 촉진시켜 빠른 시간 내에 용액의 분해를 일으키며 반대로 너무 낮은 pH나 온도에서는 도금이 진행되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

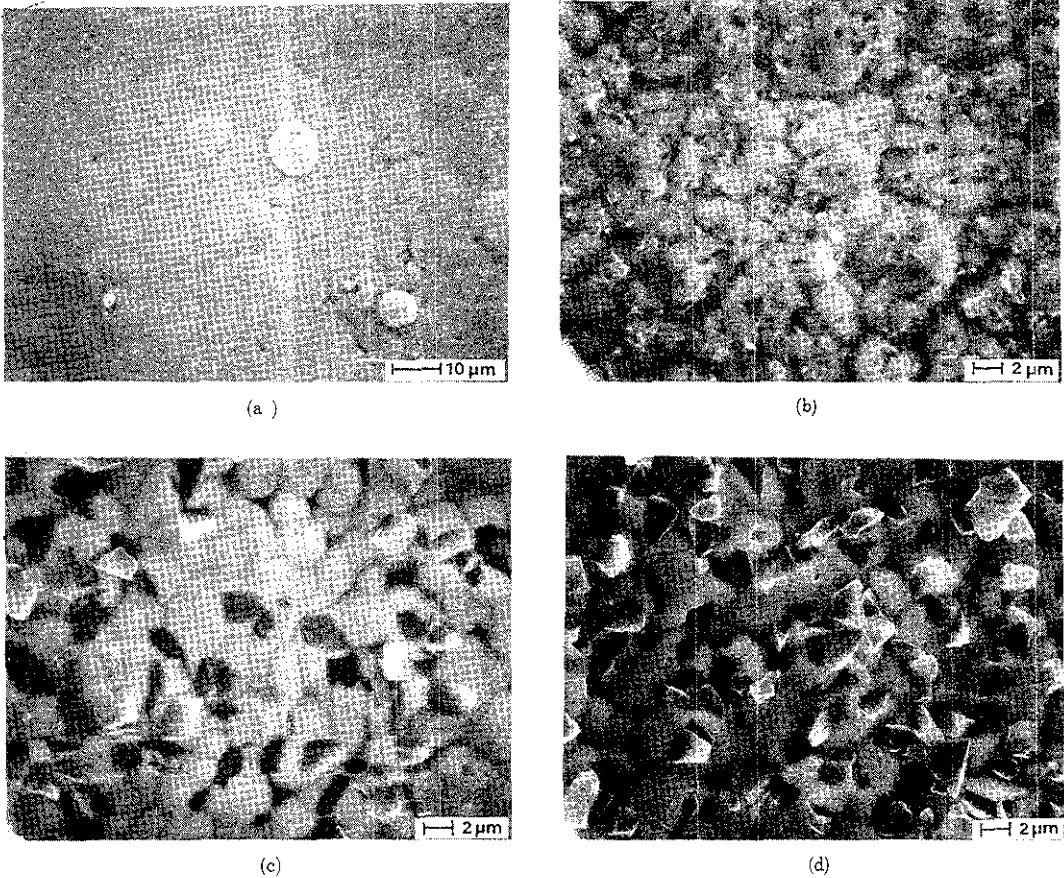


Photo 4. Scanning electron micrographs of electroless Nickel composit with various concentration of diamond powder at pH 4.7.

(a; 4 hour deposit at 85°C, b, c, d; 2 hour deposit at 75°C)

(a) No powder added

(b) 3.0kgm<sup>-3</sup> under 0.5μm powder

(c) 1.0kgm<sup>-3</sup> 2~4μm powder

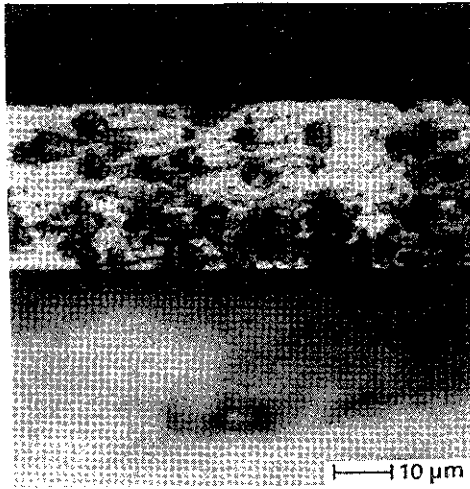
(d) 2.0kgm<sup>-3</sup> 2~4μm powder

〈교반의 영향〉

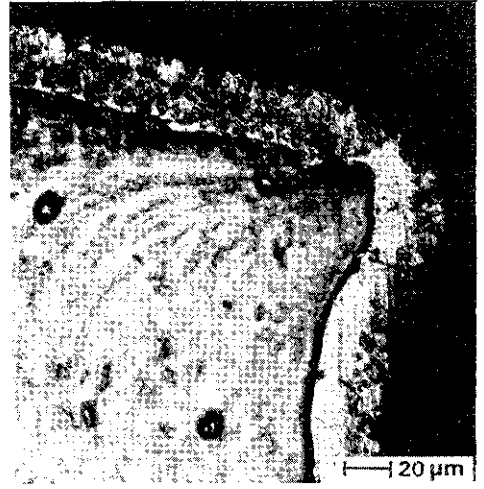
비금속 분체를 용액 중에 혼입하여 복합도금할 때 용액의 교반은 도금층 내의 분산층이 차지하는 분율과 그 분포를 좌우하는 인자로 작용한다.<sup>(7,29)</sup> 사진 5는 2~4μm 크기의 Diamond 분말을 2.0kgm<sup>-3</sup> 첨가한 용액에서 교반의 영향을 관찰하기 위하여 적정 교반속도보다 다소 낮은 속도로 교반하면서 4시간 도금한 시료의 단면을 관찰한 것이다. (a)는 용액의 흐름에 대해 수직으로 놓여 있는 면이고 (b)는 교반의 영향을 확인하기 위해 피도금체 표면에

구멍을 뚫고 그 내부에 복합도금이 진행되는 것을 확인한 것이다.

먼저 사진 5(a)의 경우 전체 두께의 절반, 즉 2시간 경과한 이후에 도금된 부분(사진의 윗부분)에서 분산체가 차지하는 분율이 다소 감소하는 경향을 관찰할 수 있는데 이는 용액 중에 부유되어 있는 분말의 표면에서도 도금이 진행됨에 따라 이의 크기가 점차 커져 분말의 무게가 점차 무거워짐에 따라 큰 분말은 가파랐고 보다 작은 입도를 가지는 분말만이 복합도금되었기 때문이라고 생각된다. (b)



(a)



(b)

Photo 5. Cross sectional view of electroless Nickel composite at 75°C pH 4.7, with addition of  $2\text{kgm}^{-3}$  2-4 $\mu\text{m}$  diamond powder showing the effect of stirring during plating.

(a) surface against flow (b) corner of the hole

는 (a)보다 저배율로 관찰한것으로 소지금속 표면 인 윗면은 (a)와 유사한 경향을 보인다. 그러나 옆면 즉 구멍의 안쪽에 위치한 부분은 최초 2시간 동안에는 거의 분산체가 없이 도금이 진행되다가, 그 후에 분산체를 함유한 복합도금이 진행됨을 관찰할 수 있다. 이것은 다음과 같이 생각할 수 있는데, 즉 소지금속 표면에 위치한 구멍과 같이 분말과의 접촉이 상대적으로 원활하지 못한 부분에서는 도금 초기에 거의 분산체가 없이 도금이 진행되다가 용액 중에서 부유된 분말에 도금이 진행되면서 이러한 미리 도금되어 보다 부착이 용이한 분말로 인해 복합도금이 가능하게 된 것이라 생각된다.

#### (경도 변화)

복합도금된 도금층의 경도를 측정하기 위하여 Knoop경도기를 사용하였는데, 도금층의 경도는 50g 하중을 15초간 가하여 측정하였다. 복합도금층의 경도는 너무 낮은 하중으로 측정하면 측정위치에 따라 경도치가 매우 산란되는 경향 즉 측정결과의 부정확을 초래하며 너무 높은 하중으로 측정하면 압흔의 폭이 도금층 단면 폭의 1/5 이상이 되어 인

접 재료에 의하여 영향을 받게되므로 부정확하다. 본 실험에서는 이상을 고려하여 측정한 결과 도금층의 두께가 20 $\mu\text{m}$  이상인 시료에 대해서만 비교적 균일한 경도 측정치를 얻었다.

분산체에 의한 도금층의 경도 변화를 조사하기 위하여 분산체를 첨가하지 않고 도금한 시료의 경도값을 측정하였는데, 85°C, pH 4.7에서 도금된 도금층의 경우 310 정도의 경도치를 나타내었다. 이러한 경도값은 80°C 또는 75°C에서 도금하였을 경우 더욱 낮아질 것이라 생각되는데 그 이유는 도금용액의 온도 저하에 따라 도금층의 인함량이 감소함 기인한다.<sup>(18,20)</sup>  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 를 용액 중에  $0.5\text{kgm}^{-3}$  첨가하였을 때 330,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ 를  $0.25\text{kgm}^{-3}$  첨가하였을 때 350 정도의 값을 나타내었는데 이들 분말을 첨가한 경우에 있어 도금층의 경도는 분산체의 함량이 증가할 수록 경도치가 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 분산된 분말이 기공도가 크기 때문에 분산체의 함량이 커질 수록 전체적인 경도치가 떨어지기 때문이라 생각된다. 75°C에서 Diamond분말을 첨가하여 도금한 경우 2~4 $\mu\text{m}$  크기의 분말을  $0.5\text{kgm}^{-3}$  첨가하였을 때 372,  $2.0\text{kgm}^{-3}$  첨가하였을



때 476 정도의 경도치를 나타내었다. 이러한 경도치는 용액 온도 75°C에서 도금된 것임을 고려할 때 크게 향상되고 있다고 말할 수 있는데 이는 다시 복합도금층을 열처리할 경우 도금층 기저조직에 Ni<sub>3</sub>P상을 석출시킴에 따라 더욱 큰 경도의 상승을 기대할 수 있다.<sup>(9,10)</sup>

#### 4. 결 론

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Diamond분말 등을 용액중에 분산체로 첨가하여 복합도금한 무전해 니켈 도금층의 도금 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 복합도금시 첨가된 분말에 의하여 용액과 접촉하는 총 표면적이 크게 증가함에 따라 용액의 안정성을 유지하기 위해서는 도금용액 온도의 저하가 요구되는데 첨가된 분말이 Diamond와 같이 활성측매면의 특성을 가지는 경우 더욱 큰 온도 저하가 요구된다.
2. 복합도금층의 도금속도는 분말을 첨가하지않은 도금층에 비하여 빨라지는데 Diamond 분말의 경우 더욱 현저하다.
3. 복합도금층의 도금속도는 같은 분말을 첨가한 용액 중 분말의 첨가량이 증가하여도 용액이 안정성을 잃지않는 범위 내에서 일정한 값을 유지한다.
4. 용액의 교반은 도금층 내 분산체의 체적분율 및 분포를 좌우하는 인자로 작용한다.

#### 참 고 문 헌

1. G. Gutzeit and A. Krieg : U. S. Pat. 2, 658, 841 (1953)
2. Metal Handbook, vol. 5, (1982)219
3. K. Parker : Plating, Sep. (1974)834
4. D. S. Lashmore and J. F. Weinroth : Plating and Shrface Finishing, Aug. (1982)72
5. L. L. Gruss and F. Pealstein : Plating and Surface Finishing, Feb. (1983)47
6. G. H. Greham : AES Second Electroless Plating Symposium, Orlando, FL. Feb. (1984)
7. C. Nargi The First AES Electroless Plating Symposium, St. Louis, MO. Mar. (1982)
8. N. Feldstein, T. Lancsek and L. Salerno : ibid.
9. R. Zugnoni and W. Lawson : ibid.
10. T. P. Christini, A. L. Eustice and A. H. Greham : U. S. Pat. 3, 936, 577 (1976)
11. W. Metzger : Trans. Inst. Met. Finishing, 52 (1974)87
12. W. Metzger et al : U. S. Pat. 3, 753, 667 (1970)
13. D. W. Lee : Msc Thesis, Seoul National University (1985)
14. S. H. Park : PhD Thesis, Seoul National University (1986)
15. S. H. Park and D. N. Lee : J. Material Science, 23(1988)1643
16. J. Flis and D. J. Duquette : J. Electrochem. Soc. Jan, (1984)51
17. T. Osaka, H. Takematsu and K. Nihei : J. Electrochem. Soc. May. (1980)1021
18. D. W. Baudrand : AES Second Electroless Plating Symposium, Orlando FL. Feb. Fed. (1984)
19. G. A. Dibari : Plating and Surface Finishing, May, (1977)68
- 20) J. B. Hajdu, E. Yarkosky and P. Schultz : AES Second Electroless Plating Symposium, Orlando FL. Feb. (1984)
21. C. R. Shipley Jr : Plating and Surface Finishing, June, (1984)92
22. L. F. Spencer : Metal Finishing, 72(1974)35
23. G. O. Mallory : Plating, Nov. (1974)1005
24. N. Feldstein and P. R. Amodio : Plating, (1969) 1246
25. K. Parker and H. Shah : Plating, 58 (1971)230