

전주도금법에 의한 전자파 차폐용 Ni메쉬 제조기술

김 만* · 권식철** · 박상언*** · 이경렬****

Nickel Mesh for EMI Shielding by Continuous Electroforming

Mankim · Sikchol Kwon** · Sangun Park*** · Kyungyul Lee *****

ABSTRACT

Today, We have used many electronic equipment such as computer, TV, cellular phone and so on. These equipment radiate a large amount of EMI(Electromagnetic interference) which is occurred trouble of airplane, medical equipment, communicate equipment, and especially, human health. So, Ni mesh fabrication for EMI shielding by continuous electroforming process was investigated. Continuous electroforming apparatus was made by means of rotating cathode drum. And We investigated the characteristics of two types of Ni electroforming solution. One was made by laboratory and the other was produced by M cooperation.

The grain size increased with increasing current density and bath temperature, and decreasing rotating speed of cathode drum. EDX results indicate that the Ni mesh electroformed by the KIMM solution is composed of pure Ni. But the Ni mesh electroformed by the M cooperation solution has Ni and S element. The incorporation of S element in the Ni mesh has a profoundly effect on mechanical properties such as hardness, internal stress and so on.

Key Words : Ni mesh, EMI(electromagnetic interference) Shielding, Electroforming, Internal stress

* 표면연구부 전기화학응용그룹 책임연구원

** 표면연구부 박막공정그룹 책임연구원

*** 표면연구부 전기화학응용그룹 위촉연구원

**** (주)에프테크 사장

1. 서 론

최근 정보저장장치 및 전자사무용 기기의 급속한 확산과 고집적화로 이들 기기에서 발생하는 전자파로 인하여 항공기 및 각종 통신 장비 등에 이상잡음이나 오동작, 성능저하 등 심각한 문제를 유발하며 특히 인체에 미치는 영향은 매우 심각하여 각국에서는 규제법안을 만들어 엄격하게 제한하고 있다. 그러나 display의 대형화 추세에 따라 각종 모니터에서 발생하는 전자파 발생량은 증가하고 있으나 그대로 인체에 직접 노출되어 심각한 수준에 이르고 있다. 따라서 모니터나 display에 전자파를 차폐할 수 있는 금속박판 mesh를 설치하여 빛 투과율은 저하시키지 않고 기기에서 발생하는 전자파는 차폐하고자 한다. 특히 군용설비들도 첨단화됨에 따라 모니터 수요가 증가하고 있어 향후 군용에도 많은 수요가 예상된다. 따라서 본 연구에서는 민수용 대형 display제품이나 군수용 모니터 등 각종 전자 및 통신기기의 전자파 차폐를 목적으로 금속메쉬를 연속적인 전주도금 공정으로 음극드럼에 전착하여 박리함으로써 박판의 금속메쉬를 연속으로 제조하기 위하여 니켈 연속전주기술에 대한 기초연구를 수행하였다.

2. 실험장치 제작 및 실험방법

2.1 연속전주장치 제작

연속전주를 위한 도금조는 2단 도금조를 사용하였으며 직접 도금되는 부분의 도금조의 용량은 50L로 하고 over flow된 도금액은 바깥쪽 도금조로 흘러나와 아래쪽에 모여지고 여과기로 흘러가 여과되어 연속적으로 공급되

게 제작하였다. 도금액은 양극의 중간부분을 분리하여 아래에서 위쪽으로 음극드럼을 향하여 분사되도록 하였으며, 분사되는 도금액의 양을 조절하기 위하여 밸브를 설치하여 조절할 수 있게 하였다. 연속 전주를 위한 음극드럼의 회전속도는 시간당 1회전을 기준으로 하여 주파수를 조절하여 회전속도를 조절할 수 있게 제작하였다. 전주용 도금 장치는 음극용 드럼에서 형성되어진 도금층을 박리하여 다른 편의 롤러에 감기는 형태로 제품이 생산된다. 도금층의 박리와 일정한 속도로 도금층의 파단 없이 지속적인 박판의 형성이 중요하므로 가이드롤러의 구조도 중요하다.

도금중에 발생하는 침전물이나 이물질의 제거를 위해 여과장치를 장착하였으며, 도금액의 온도와 전류밀도를 자동 조절장치에 의해 조절되게 장치를 구성하였다. 또한 음극용 드럼의 회전속도에 있어서도 자동 조절장치에 의해 자동 조절 가능하도록 하였다. 이렇게 구성되어진 전주용 니켈 도금장치의 전체 모습을 그림 1에 나타내었다.

2.2 양극의 설계

본 장치의 제작에 있어서 양극과 음극의 극간거리를 균일하게 유지하기 위하여 처음에는 불용성 양극이 고려되었으나 불용성양극을 채택할 경우 부가적으로 니켈이온을 공급할 수 있는 설비의 제작이 이루어져야하고 부대설비가 도금설비보다 더 커야 되는 점을 고려하여 용해성양극을 사용할 수 있게 양극을 설계하였다. 그러나 용해성양극으로 니켈판을 사용할 경우 니켈판이 용해되어 극간거리가 변화하는 단점이 있기 때문에 이러한 점을 고려하여 니켈판을 그대로 사용하는 대신에 타이타

높으로 양극바스켓을 제작하여 양극바스켓에 니켈 쿠폰을 채워 니켈 쿠폰이 용해하더라도 양극과 음극의 극간거리는 항상 균일하게 유지되도록 하였다.

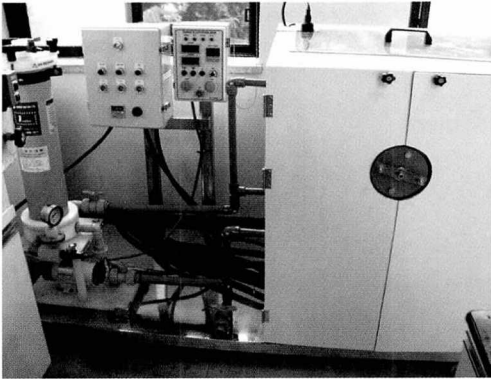


Fig. 1 Schematic diagram of continuous Ni electroforming apparatus

2.3 음극드럼의 설계

음극용 드럼은 일부가 용액에 침적되어 전주도금 공정을 거치게 되어있으며, 외부에 드러난 부위에서는 세척과 동시에 도금층을 박리하는 공정을 거치게 된다. 드럼의 표면형상과 조도에 따라 최종적으로 생산되는 박판의 형상이 결정되므로 드럼의 표면형상이 중요하다. 전원 공급장치는 음극이 회전하면서 도금공정이 실행되므로 지속적인 전원의 공급과 전원의 단락이 없어야 하며 안정적인 전원이 공급되어야 한다.

본 연구에서는 전주용 니켈도금의 조건 설정을 위하여 스테인레스로 가공한 음극용 드럼과 전자파 차폐용 박판으로 사용될 니켈 재질의 mesh 음극용 드럼으로 2가지로 제작하였다.

2.4 연속전주도금 실험방법

본 연구에서는 전자파 차폐용 니켈mesh를 제조하기 위하여 자체 제조한 니켈전주 도금액(이하 K도금액)과 상업화된 니켈전주 도금액(이하 M도금액)을 비교하여 시험하였다. 니켈 전주용 도금액은 설펜산 니켈용을 사용하였으며 구체적인 용 조성은 표 1에 나타내었다. 니켈박판의 제조는 상기에서 건욕된 용액으로 온도(40℃, 50℃), roll speed (41min/1회전, 49min/1회전), 전류밀도(2, 3, 4, 6, 8A/dm²)를 변수로 하여 제조하였다.

Table 1 Chemical composition of K and M solution for continuous Ni electroforming

K solution		M solution	
Nickel Sulfamate	300~400g/L	Barrett SNR-24 (Ni 180g/L)	870ml/L
Nickel Chloride	2~4g/L	Barrett Additive A	3g/L
		H3BO ₃	30g/L
Boric acid	20~40g/L	Barrett SNAP A/M	3ml/L
		Barrett SNHA	7.8ml/L

3. 결과 및 고찰

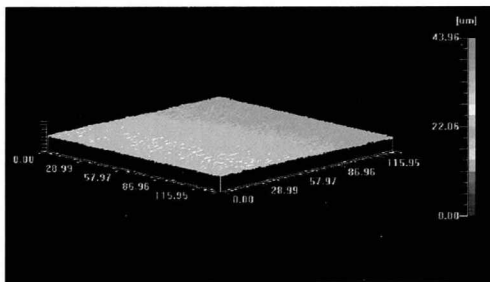
3.1 전주도금층 두께

연속전주 공정에 의해 제조한 도금층의 두께를 측정된 결과 전체적으로 균일한 도금층을 형성하였다. 전류밀도가 올라감에 edge부근의 도금두께가 얇게 올라가거나 두껍게 올라가는 부위가 명확히 나타남을 알 수 있다.

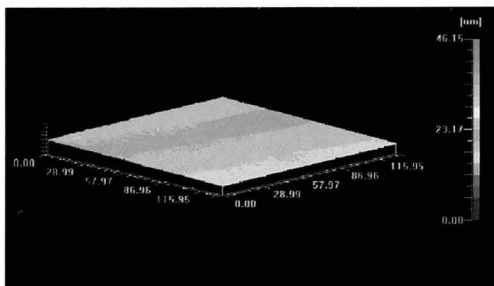
본 실험에서 얻을 수 있는 니켈박판의 최소 두께는 약 $8\mu\text{m}$ 이었다.

3.2 표면조도

각 조건에서 얻어진 니켈박판의 표면조도를 측정하였으며 그 결과를 그림 2에 나타내었다. KIMM의 도금액으로 전해한 경우 조건에 따른 니켈박판의 평균 표면조도(Ra)는 전해 조건에 따라 대체적으로 $0.43\sim 0.57$ 의 범위를 나타내었으며 M사육으로 제조한 경우 평균 표면조도는 $0.24\sim 0.32$ 로 나타남으로서 KIMM 육에 비해 평탄한 면이 얻어짐을 확인할 수 있었다.



(a) K solution, 40°C , $4\text{A}/\text{dm}^2$
 $R_a : 0.53\mu\text{m}$, $R_{\text{max}} : 8.62\mu\text{m}$

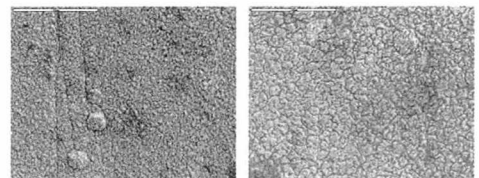


(b) M solution, 40°C , $4\text{A}/\text{dm}^2$
 $R_a : 0.31\mu\text{m}$, $R_{\text{max}} : 9.59\mu\text{m}$

3.3 도금층의 조직

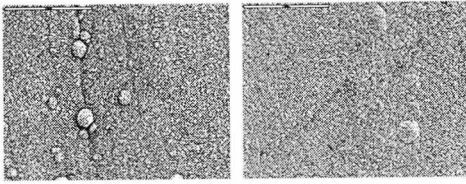
각 조건에서 얻어진 니켈박판의 표면층을 SEM을 이용하여 조사하였으며 그 결과를 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 전류밀도가 증가함에 따라 입자의 크기가 커짐을 알 수 있다. 온도가 증가함에 따라 입자의 크기가 다소 작아짐을 알 수 있으며, 음극드럼의 회전속도가 증가함에 따라 입자의 크기가 다소 작아짐을 관찰할 수 있었다. 그러나 그림 4의 M사의 표면조직 관찰에서는 전체적으로 입자의 형상을 관찰하기 어려운 정도의 미세한 입자로 이루어진 표면조직을 나타내었다. 이는 첨가제에 의한 영향으로 판단된다.

그림 5는 SEM에서 측정되어진 EDX 결과를 나타낸 그림이다. 그림에서 보이는 바와 같이 KIMM 도금액으로 제조된 시편에서는 순수한 니켈의 피크가 나타나고 M사 도금액으로 제조한 시편에서는 니켈피크와 황의 피크가 같이 나타남을 알 수 있다. 이 도금층에 함유된 황의 양은 $0.5\sim 1.5\text{ at}\%$ 로 온도가 올라갈수록, 음극드럼의 회전속도가 낮아질수록 증가함을 관찰할 수 있었다.



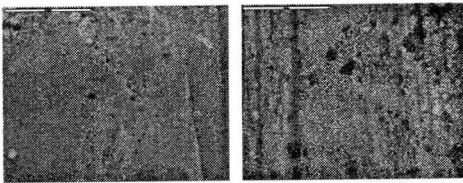
(a) 49min/rotation 40°C , $4\text{A}/\text{dm}^2$ (b) 49min/rotation 40°C , $8\text{A}/\text{dm}^2$

Fig. 2 Surface roughness of electroformed Ni foil.

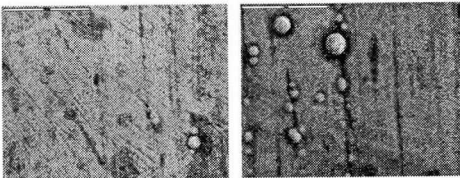


(c) 41min/rotation 40°C, 4A/dm² (d) 41min/rotation 50°C, 4A/dm²

Fig. 3 Surface morphology of electroformed Ni foil (K solution)



(a) 49min/rotation 40°C, 4A/dm² (b) 49min/rotation 50°C, 4A/dm²



(c) 41min/rotation 40°C, 4A/dm² (d) 41min/rotation 50°C, 4A/dm²

Fig. 4 Surface morphology of electroformed Ni foil (M solution)

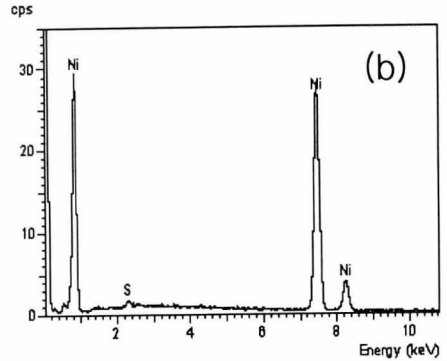
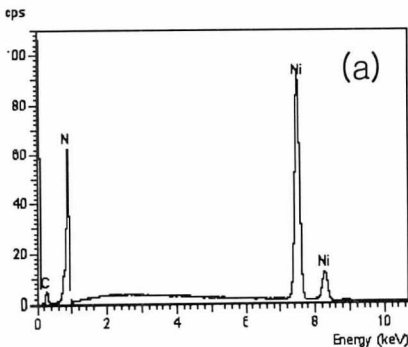


Fig. 5 EDX analysis results of electroformed Ni foil [(a)K solution, (b)M solution]

3.4 도금층의 결정방위

각 조건에서 얻어진 니켈박판의 표면층을 XRD를 이용하여 결정방위를 조사하였으며 그 결과를 그림 6에 나타내었다. KIMM의 도금액에서 얻어진 니켈박판의 경우 대체적으로 (200)면에서 강한 회절 peak가 나타나는 것이 확인된 반면 M사의 전주용 도금액을 사용한 경우 형성된 니켈 박판의 결정방위는 대체로 (111),(200)면이 혼성된 경향이였다. 한편 같은 도금액에 있어서 도금조건에 따른 회절 peak의 변화는 거의 변화가 없었다.

금속 박판은 결정방위에 따라 기계적인 물성뿐만 아니라 전기적, 자기적 물성이 다르게 나타나므로 결정방위의 조사는 매우 중요한 특성을 가진다. 실제로 전자파차폐와 관련되는 자화용이 방향에 있어서 니켈의 경우는 (111) 방향이 자화용이 방향으로 되어 있어 (111) 방향의 배열이 전자파 차폐에 더욱 우수한 특성을 나타낼 것으로 판단된다. 그러나 현 단계에서는 전자파차폐와 관련된 실험은 실시하지 않았으며 추후 지속적으로 추진할 예정이다.

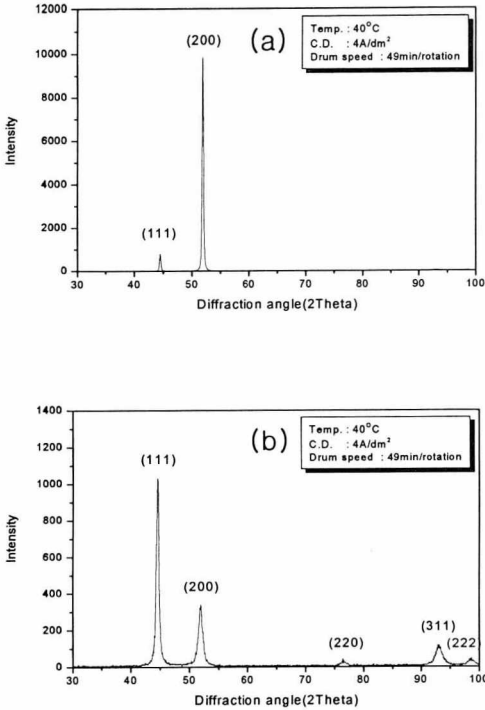


Fig. 6 XRD analysis results of electroformed Ni foil [(a)K solution, (b)M solution]

3.5 도금층의 경도

KIMM 및 M사의 전해액에서의 온도와 인가 전류에 따른 경도값을 조사하였다. KIMM의 경우는 약 Hv 200~250값을 가지며, M사의 경우는 Hv 350~450의 값을 나타내었다. KIMM의 전해액에서 제조한 시편의 경우, 전류밀도가 감소할수록, 온도가 올라갈수록 경도값은 감소하는 경향을 나타내었다. M사의 전해액은 전류밀도의 증가에 따른 경도값은 다소 큰 폭으로 증가하고 있다.

SEM 결과와 비교할 시 입자가 미세할수록 낮은 경도를 나타냄을 알 수 있다. M사 도금액의 경우는 도금액 중에 첨가제에 의한 영향

으로 경도값이 높게 나타난다고 판단된다.

3.6 도금층 내부응력

일반적으로 니켈도금에서 응력에 미치는 소지의 영향은 소지와 도금층간의 격자상수 차이가 클수록 크며 구리보다는 steel의 경우가 더 큰 내부응력을 가진다고 알려져 있다^{[1][2]}. 또한 이러한 응력의 영향은 도금욕의 pH와 온도, 첨가제등에 영향이 있다^{[3][4]}. 전주도금에서 도금층의 물성 확보와 박리를 위해 응력의 영향을 조사하였다^{[5]~[8]}. KIMM 및 M사의 전해액에서의 온도에 따른 내부응력의 변화를 그림 7에 나타내었다. KIMM의 전해액으로부터 얻어진 도금층의 내부응력은 온도변화에 따라 40°C의 온도에서는 4.2kg/mm²의 인장응력을 나타내는 반면 50°C로 증가한 경우 5.06kg/mm²의 압축응력으로 전환되는 것을 확인하였다. 한편 M사의 도금액을 사용한 경우 도금층의 내부응력은 대체로 10.7~9.04kg/mm²의 압축응력이 작용함을 알 수 있었으며 온도의 증가에 따라 압축응력은 약간 감소하는 것이 확인되었다. M사 도금액에서 높은 압축응력이 얻어지는 이유는 도금층의 내부응력에 미치는 유기첨가제의 영향이라고 판단된다. 일반적으로 도금층 내 황을 함유한 경우 도금층의 내부응력을 감소시킬 뿐만 아니라 압축응력으로 바꾸어준다고 알려져 있다. M사의 도금액은 건욕시 KIMM의 도금액과 달리 일정량의 광택제(표면경화제)가 첨가되어 있다. 따라서 M사에서 얻어진 도금층의 내부응력이 압축응력으로 나타나고 있는 것은 첨가제의 효과에 기인한 것으로 판단된다.

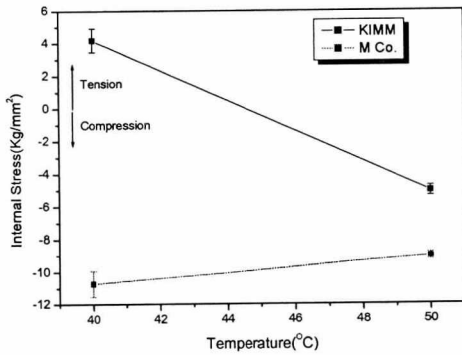
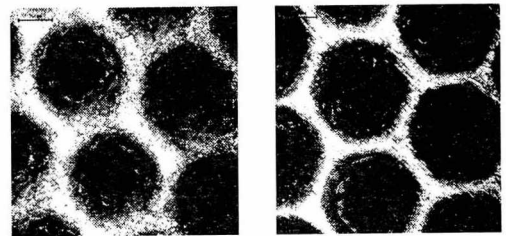


Fig. 7 Internal stress change of K and M solution

3.7 전자파차폐용 니켈mesh 제조

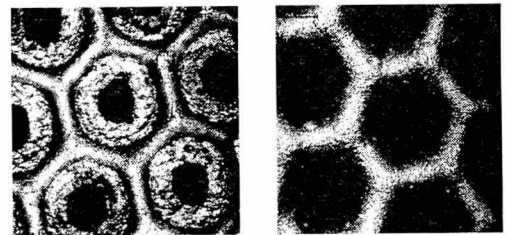
전자파차폐용 니켈mesh를 제조하기 위하여 음극으로 스테인레스의 드럼은 가공상 문제점으로 인하여 원통형 니켈 mesh를 사용하여 전주를 실시하였다. 이러한 음극용 니켈 mesh의 표면형상을 그림 8에 나타내었다. 그림에서 (a)윗면에 해당하는 부분이 도금층이 형성되는 면이며 (b)아랫면은 원통과 접촉하여 있는 면이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 아랫면은 두께 30 μ m 가량 육각형에 가운데 둥근 홀이 있는 형상이고, 윗면은 두께 30 μ m의 육각형에 분화구의 형상으로 중앙에 홀이 형성된 형상으로 홀과 홀 사이의 거리가 90 μ m 가량 된다. 이러한 음극용 니켈mesh에 도금층을 형성하고 박리하여 얻은 니켈mesh의 표면형상을 그림 9에 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 음극용 니켈mesh와 맞닿은 아랫면의 형상은 도금층 두께와 관계없이 30 μ m 두께의 육각형이 형성되는 반면, 윗면은 30 μ m 두께의 육각형을 이루면서 홀과 홀 사이의 거리는 도금층 두께 70 μ m에서는 약 100 μ m, 도금층 두께 50 μ m에서는 약 80 μ m로 나

타나고 있다. 따라서 도금층 두께를 감소시키면 이러한 홀과 홀 사이의 니켈 금속 두께를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 음극드럼을 니켈mesh로 사용할 경우 20~30 μ m으로 얇게 전주 후 박리가 되지않는 문제점이 발생하였다. 따라서 향후 정밀한 형상의 니켈 mesh를 제조하기 위하여 음극드럼의 제조가 가장 중요한 점이 될 것으로 사료된다.

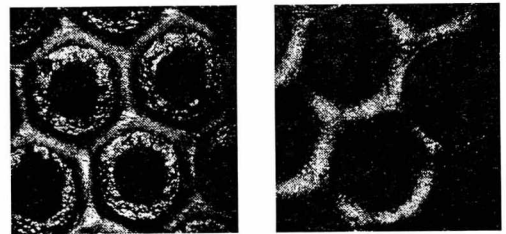


(a) matte side (b) shiny side

Fig. 8 Surface appearance of cathode mesh drum for continuous Ni electroforming



(a)matte side, t:70 μ m (b)shiny side, t:70 μ m



(c)matte side, t:50 μ m (d)shiny side, t:50 μ m

Fig. 9 Surface appearance of electroformed Ni mesh

4. 결 론

모니터나 display에 전자파를 차폐할 수 있는 금속박판 mesh를 제조하기 위한 기초 실험을 수행 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다

- 1) 전류밀도가 증가함에 따라 입자의 크기가 커짐을 알 수 있다. 온도가 증가함에 따라 입자의 크기가 다소 작아짐을 알 수 있으며, 음극드럼의 회전속도가 증가함에 따라 입자의 크기가 감소하였다.
- 2) 시중에 판매되는 전주도금액으로 전착한 경우 도금층에 함유된 황의 양은 0.5-1.5 at% 로 온도가 올라갈수록, 음극드럼의 회전속도가 낮아질수록 증가함을 관찰할 수 있었다.
- 3) 도금층의 결정방위는 도금조건보다 도금액의 특성에 의해 결정되었으며 KIMM의 도금액에서 얻어진 니켈박판의 경우 대체적으로 (200)면에서 강한 회절 peak가 나타나는 것이 확인된 반면 M사의 전주용 도금액을 사용한 경우 형성된 니켈 박판의 결정방위는 대체로 (111),(200)면이 혼성된 경향이었다.
- 4) 연속전주공정에 의한 니켈 mesh제조는 음극드럼의 영향을 많이 받았으며, 음극드럼을 정밀하게 제작하면 전자파 차폐용 금속 mesh의 제조가 가능할 것으로 사료된다.

- 9 (1956) 391.
3. J. B. Kushner; Metal Finishing, 56, 4 (1958)47.
4. A. Brenner, V. Zentner, C.W.Jennings; Plating, 38, 8 (1952) 865.
5. D. T. Ewing, J. K. Werner; Plating, 40, 12 (1953) 1391.
6. S. A. Watson; Trans. Inst. Metal Finish, 40 (1963) 41.
7. I. Jeney, B. Lengyel; Trans. Inst. Metal Finish., 54 (1976) 31
8. A. Brenner, S. Senderoff; Plating, 36 (1949) 810

참고문헌

1. C. Marie, J. Thon; Compt. Rend., 193 (1931) 31.
2. R. Pinner; Electroplating Metal Finishing,