

전기도금용 펄스 전원 장치

구헌회, 권순걸, 서기영, 이현우, 임창섭*
경남대학교

Pulse Rectifier For Electroplating

Heun-Hoi Koo, Soon-Kurl Kwon, Ki-Young Suh, Hyun-Woo Lee, Chang-Seob Lim
KyungNam University

ABSTRACT

Pulse plating is able to deposit material at high current density compared to conventional DC plating. For example, pulse plating can get more fine grain, can improve adhesion and metal distribution and current efficiency, can reduce internal stress and crack. Therefore, we studied pulsed power supply which has high current density and improve deposition quality and increase plating speed in this paper.

1. 서론

전기도금은 도금하는 금속을 하지의 음극금속상에 석출시키는 것이다. 금속은 음극에 결정으로 석출한다. 결정의 크기가 균일하고 미세한 쪽이 좋은 도금이 된다. 결정의 크기는 전해 조건에 따라 영향을 받는다. 전류밀도가 작으면 천천히 석출이 일어나기 때문에, 큰 결정이 되기 쉽다. 역으로, 큰 전류밀도로 도금하면 하나의 결정이 성장해서 진행하는 것 보다 새로운 결정이 잇달아 생기기 때문에 작은 결정이 얻어진다. 그러나 너무 지나치게 큰 전류밀도로 하면 금속의 석출과 동시에 수소도 발생해서, 도금에 기공이 생기거나 부스러지기 쉬운 도금이 된다. 일반적인 정류기는 연속적인 DC를 공급하지만 펄스정류기는 단속된 전류를 사용함으로써 인해 크기 및 ON, OFF 시간을 독립적으로 변화시킬 수 있다.

DC도금시 전류밀도가 증가함에 따라 전착이온 농도가 고갈되나 펄스정류기에 의한 전기도금의 장점은 고갈된 이온이 Current-off 시기동안 도금표면층으로 재확산할 수 있는 기회를 주어 DC 도금에 비해 고전류밀도에서는 전착을 가능하게 한다. 이

점이 펄스도금을 하는 이유이며 한계전류 밀도는 DC전류를 사용할 때보다 펄스 전류를 사용하므로서 상당히 증가시킬 수 있다. 이러한 특성으로 인해 펄스도금은 DC도금에 비해 결정립 미세화, 밀착력 및 피복력 개선, 수소취성 감소, 균일한 합금도금, 내부응력 및 미세균열 감소, 전류효율 증가 등의 여러가지 장점을 갖고 있다.

2. 펄스전기도금의 제어변수

일반적인 정류기에서는 전압이나 전류의 크기만 조절할 수 있다. 펄스정류기에서는 전압, 전류는 일정하게 공급되지 않고 그림 1과 같이 최소치(Base)와 최대치(Pulse)사이를 연속적으로 진동을 계속하여 최대치, 최소치 양쪽다 조정가능하다. 또한 Base와 Pulse의 지속시간도 조정가능하다. 따라서 펄스의 특성은 아래 4가지 변수의 조정에 따라 결정된다.

- Base 진폭
- Pulse 진폭 (Peak치)
- Base 지속시간 (OFF Time)
- Pulse지속시간 (ON Time)

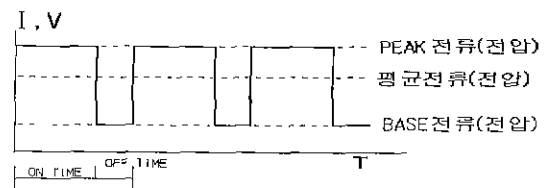


그림 1 펄스파형
fig. 1 Pulse wave

조정할수 있는 Parameter는 표준전압, 전류조정을 제외하고, On 과 Off Time의 독립적인 조정이다. Conventional DC Rectifier에서는 전류나 전압의 단지 한 Parameter 만 조정할수 있다. 펄스파형

의 정류장치 사용시에는 DC정류기에서 보다 많은 변수가 포함된다. Duty Cycle은 도금시간과 비도금시간 혹은 Zero 출력시간의 비율이다. 이것은 On Time과 Off Time으로 식(1)로 표현된다.

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{On time}}{\text{On time} + \text{Off time}} \quad (1)$$

Peak는 On/Off Cycle에서 출력이 On되는 부분이다. 평균치는 Peak치와 Duty Cycle의 곱이 된다. 평균전류는 펄스출력의 DC성분처럼 보이며, 작업하는 전류의 값이 된다. Base=0 일 때 Peak전류, 평균전류, Duty Cycle 사이에는 식(2)의 관계가 있다.

$$\text{Peak전류} = \frac{\text{평균전류}}{\text{Duty Cycle}} \quad (2)$$

Peak전압은 주어진 Duty Cycle에서 전해조에 요구하는 전류를 흘리는데 필요한 전압레벨이다. Base=0 일 때 평균치전압의 향으로 표시하면 식(3)과 같이 된다.

$$V_{\text{peak}} = \frac{V_{\text{average}}}{\text{Duty Cycle}} \quad (3)$$

Duty Cycle은 때때로 동일한 금속에 대해서는 크게 변화한다. Duty Cycle에 기여하는 요소는 전착에서 요구되는 특성과 전착의 두께, 그리고 표면 평탄도 등이다.

Peak치, 평균치, Duty Cycle이 정의된후 출력전압 용량은 다음사항을 고려해야한다. 특정한 응용분야에 대해서 출력전압값은 DC전류를 흘리기 위해 요구되고 있다. 펄스도금에서 전원장치는 On Time동안 Peak 출력을 발생한다. 그러므로, 요구되는 전압치는 DC등가전류나 평균전류가 아니라 전류의 Peak치를 충분히 흘릴 수 있을 만큼 커야 한다.

3. 전원장치의 구성방식

단시간에 고밀도의 전류를 공급할 수 있는 펄스 전기도금방식은 DC방식에 비해서 많은 이득이 있다. 펄스전원을 구성하는 한가지 방식은 그림2와 같이 Chopper회로를 이용하여 만들어진다.

이 회로에서 일반적인 정류기에서 만들어진 DC는 콘버터입력으로 되고 Chopping하여 가변주파수 펄

스출력으로 된다. 이론적으로 이 원리는 아주 좋다. 그러나 실제적으로는 많은 소자가 필요하고 초퍼에서 도금에 필요한 전류를 공급할 수 있는 능력이 있어야하기 때문에 매우 비현실적이고 비경제적인 시스템이다. 이 타잎의 회로가 사용되는 이유의 한가지는 매우 침예한 상승시간과 하강시간을 갖는 고주파펄스를 얻을 수 있는 것이다. 최근의 테스트에서는 고주파수와 펄스의 매우 침예한 상승 시간 및 하강시간은 대다수의 응용분야에서 실제 필요하지 않다고 알려져 있다.

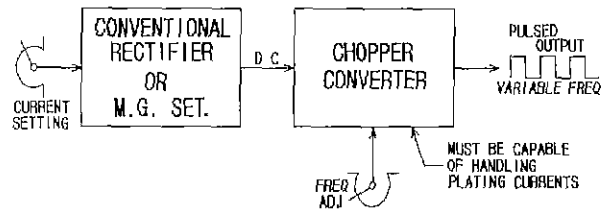


그림 2 펄스전원장치의 구성(1)

fig 2. The construction of pulse power supply no. 1

다른한가지 방식은 그림3과 같이 Conventional 정류기의 제어부의 제어에 의해 펄스출력이 가능하도록 하는 것이다. 이 방식은 Chopper Type의 배열에 비해서 여러가지 이점이 있다. 이들이점 중 가장 중요한 것은 Pulsing Rectifier는 Conventional DC Rectifier와 같은 높은 정격으로 만들 수 있다. 또 다른 특징은 Base Level을 조절할 수 있는 것이다. 이것은 펄스의 Off Time동안 출력전류를 제어한다. 어떤 응용분야에서는 Off Time동안 Pulse와 전류가 Zero로 되는 것은 도금에 유해한 현상이 나타날 수 있다. Zero Condition은 완성품에 De-Plating이나 Layering효과가 일어날 수 있으나 Base Level의 상승에 의해 펄스현상의 이득을 가지고 이 효과를 완전히 제거하는 것이 가능하다. Base Level 조절은 Off Time의 진폭을 상승시키므로 100% Base Level도 있으며, 이것은 Off Time이 Zero가 되고 Pulse Plating Rectifier는 Conventional DC Rectifier가 된다.

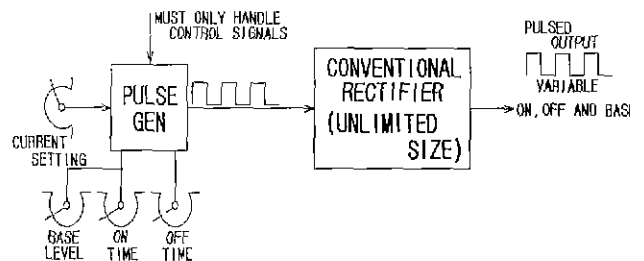


그림 3 펄스전원장치의 구성(2)

fig. 3 The construction of pulse power supply no. 2

4. 전체시스템의 구성

전기도급용 펄스전원장치는 그림 4와 같이 구성하였다. 주회로는 2중성형 결선을 사용하였으며 전압출력범위는 0~30V 전류는 0~1000A(peak 2000A)로 설계하였다.

4-1. 주회로

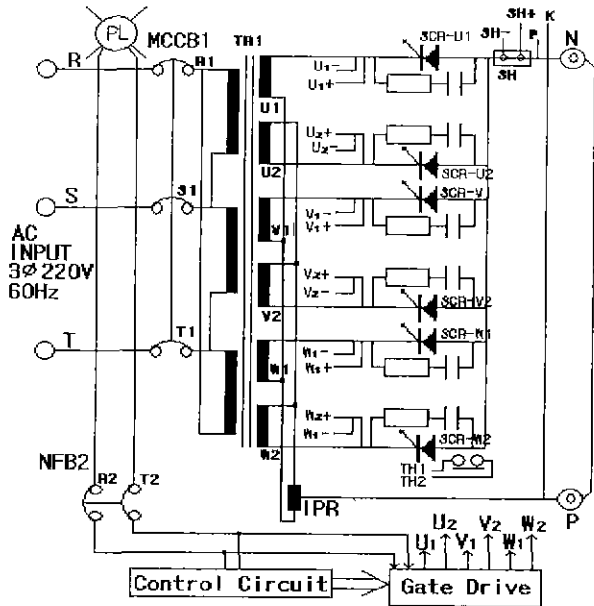


그림 4 전체시스템 구성
fig 4. The construction of full system

주회로 구성은 3상반파 접속을 2조 병렬로 한 다중접속법이다. 이 2조의 기본접속사이에는 순환전류를 방지하기 위해 중간점에 탭이 있는 상간리액터를 사용하고 있다.

3상 2중 성형접속은, 변압기 이용율이 좋고, 전압변동율이 작으며, 출력전압은 6상정류기와 같이 맥동이 작다. 정류 암의 양극전류의 진폭이 브리지접속의 1/2이 되기 때문에, 저압 대전류의 정류장치에 적당한 접속법이다. 2조의 3상접속군은 서로 60°의 위상차로 운전된다. 이 60°의 위상이 다른 3상 접속군의 중성점은 중간에 탭이 있는 상간리액터로 접속되어 있기 때문에, 변압기 작용에 의하여, 각 정류군의 출력전류는 균등화되어, 중점에 대한 접속군의 전압의 순시치도 같게 되어 병렬운전이 행해지는 것이다.

4-2 제어회로의 구성

아날로그 방식의 제어회로는 Soft Starter회로, 과전류 보호회로, 연산회로, 펄스회로 및 Gate

Drive회로로 구성되어 있다.

Soft Starter회로는 전원투입시 전압이나 전류의 급격한 상승을 방지하기 위하여 정전압제어시에는 전압상승시간을, 정전류 제어시에는 전류상승시간을 지연시키기 위한 회로이다.

과전류 보호회로는 분류기를 통하여 전류를 검출하여 정격전류의 120%이상이 될때 주회로를 차단하기 위한 회로이다. 연산회로는 직류단자전압과 분류기를 통하여 검출된 전류를 증폭하여 설정된 기준전류신호 및 전압신호와 비교 보상하여 그 편차가 펄스발생회로의 입력이 된다.

펄스 발생회로는 연산회로에서의 편차신호를 입력으로 하여 펄스의 Base Level을 조정하고 On Time과 Off Time을 조정하여 기준설정신호에 비례한 드라이브 신호를 발생한다.

게이트구동회로는 펄스발생회로의 드라이브 신호에 따라서 이에 일치하여 제어지연각을 발생시키고 증폭하여 주회로 다이리스터를 제어한다.

5. 실험결과 및 고찰

제작한 전원장치는 그림 5에서와 같이 저항 부하에서 전압 및 전류파형 측정을 하였으며, 크롬도금 실시하여 크랙의 발생상태를 비교하였다.

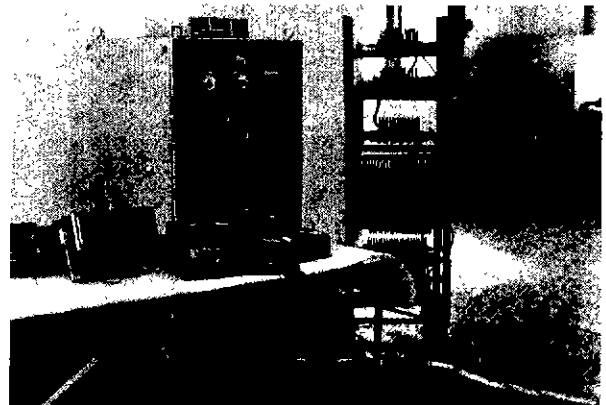
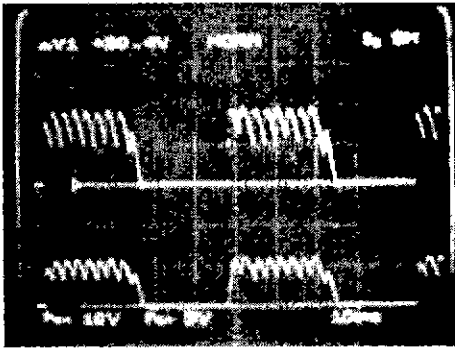
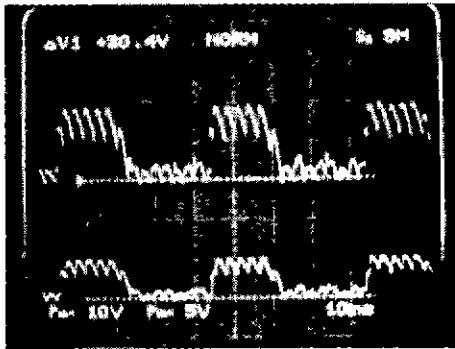


그림 5 전원장치 및 저항부하
fig 5. Power supply and resistor load

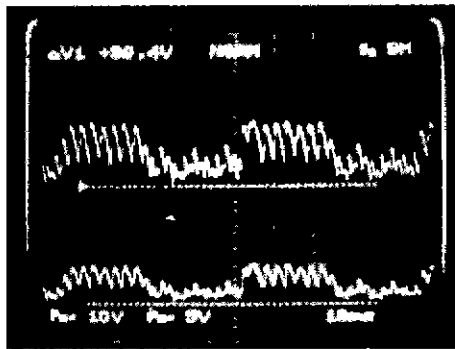
출력전압 및 전류파형은 그림 6에 나타나 있다. 그림 6(a)는 그림 1의 Base Level이 Zero일때 전압 및 전류파형이며 (d)는 Base Level이 100%일때의 전압 및 전류파형을 나타내고 있다. 전류는 Hall Sensor를 사용하여 측정하였다. 그림 7은 크롬도금시 크랙의 발생을 일반적인 DC 정류기와 펄스정류기로 도금한 경우를 비교한 것으로 펄스정류기에 도금시 크랙의 발생이 현저히 감소함을 알 수 있다.



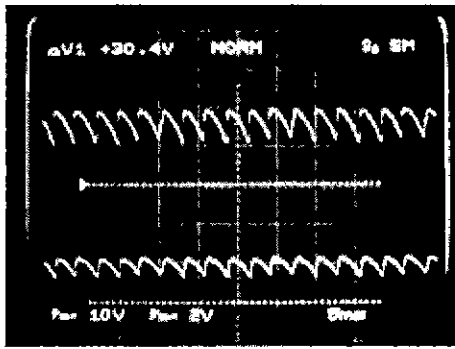
(a)



(b)

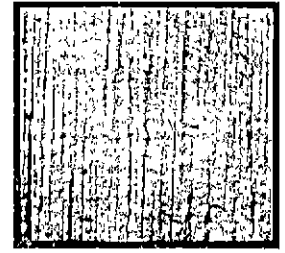
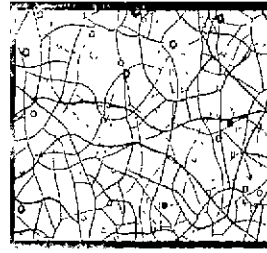


(c)



(d)

그림 6 전원장치의 출력파형(상전압, 하전류)
fig 6. Output waves of power supply



(a)

(b)

그림 7. 크랙의 발생
fig 7. Formed crack

6. 결론

전기도금을 하기 위해서는 피도금물의 표면에 비례하는 전류를 흘리는 것이 필요하다. 도금량은 전류×시간에 비례하기 때문에 단시간에 고밀도의 전류를 흘릴 수 있으며 도금시간을 절약할 수 있다. 그러나 전류밀도가 너무 높으면 도금표면에 Burning 현상이나 기공이 생기게 된다. 따라서 고밀도의 전류를 공급할 수 있으면서 기공이나 Burning 현상을 방지할 수 있는 펄스방식의 전원장치를 개발하면 일정크기의 DC에 의한 도금에서 보다 많은 이점이 생기고 도금시간의 절약 및 도금의 품질개선이 가능하게 된다.

참 고 문 헌

- [1] N.G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System," Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482, 1988, April.
- [2] Claudio Colombini " The Use of Pulse Rectifiers in Anodizing and Platings " Metal Finishing pp31-36 May, 1992
- [3] G.C. Tu and L.Y.Huang " Hard Anodizing of 2024 Aluminium Alloy Using Pulsed DC and AC Power " Trans IMF pp60-66, 1987
- [4] Norman M.Osero and Allan L.Luck Ra로 " Specifications, Applications and Future Development of pulse Plating Equipment " October 6-7, 1981
- [5] Norman M. Osero " An Overview of Pulse Plating " Plating and Surface Finishing pp20-22 March, 1986