

티타늄 금속 표면 양극산화장치 개발

양근호* · 민병운**

Development of Titanium Metal Surface Anodizing Equipment

Keun-Ho Yang* · Byung-Woon, Min**

요 약

본 논문에서는 알칼리성 또는 산성을 띠는 특정 용액 내에서 전기분해 원리를 이용하여 금속 표면을 산화시켜 절연피막을 형성하는 장치를 개발한다. 기존에는 주로 양극에만 펄스 형태로 전압을 인가하는 단극성(unipolar) 방식이지만 본 논문에서는 H-브리지를 이용하여 양극에 양(+)전압과 음(-)전압을 번갈아 가면서 전압을 공급하는 양극성(bipolar) 장치를 제작하였으며, 금속 시편의 특성에 맞는 다양한 전기적인 조건을 가지고 산화피막을 형성할 수 있는 장치를 개발하였다. 공급전류 가변은 PWM 변조를 이용하였으며, (+)와 (-)의 극성변화는 H-브리지를 이용하여 양극성 펄스전압을 공급할 수 있도록 하였다. 그 결과로써 단극성보다 균일한 기공을 갖는 피막이 형성되었다.

ABSTRACT

In this paper, alkaline or acidic solution, in particular the principle of electrolysis to oxidize the metal surface to form a device isolation film is developed. In the past, mainly in the form of pulse voltage is applied to the anode only a unipolar method, but in this paper by using the H-bridge to the amount of the positive (+) voltage and the negative supply voltage, alternating voltage polarity devices were fabricated according to the characteristics of metal specimens with different electrical conditions to form an oxide film on the device was developed. Supply current variable was used for the PWM modulation, (+) and (-) polarity change of the H-bridge bipolar pulse voltage to supply the was that. As a result, a more uniform pores with unipolar film was formed.

키워드

PEO, Bipolar Anodizing, Micro-Arc Oxidation(MAO), SCR, Electrolyte
플라즈마 전해 산화, 양극성 양극산화, 마이크로 아크 산화, 제어정류기, 전해액

1. 서 론

일반적으로 금속은 표면에 기계적 부동태인 산화박막을 만들어 줌으로써 부식을 방지할 수 있다[1]. 산화제가 함유된 수산화나트륨 용액에서 금속을 산화시키면 흑색의 산화피막이 생성되며, 이때 생성된 마

그네타이트(Fe_3O_4)는 흑갈색의 산화층을 이룬다.

이때 생성된 산화 박막층은 방청유나 방청그리스를 칠하기에 매우 적합한 소지(base)가 되며, 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg) 등과 같은 특정 금속의 경우 전기분해에 의해 두꺼운 산화피막층을 만드는 것이 용이하다.

* 한려대학교 경영학과(khyang@hanlyo.ac.kr)

** 교신저자(corresponding author) : 한려대학교 임상병리학과(byung7761@hanmail.net)

접수일자 : 2013. 07. 10

심사(수정)일자 : 2013. 08. 23

게재확정일자 : 2013. 09. 23

또한 요즈음 치과에서 많이 활용하고 있는 임플랜트는 생체조직과의 긴밀하면서도 생체 친화적인 반응을 유도할 수 있는 임플랜트의 표면조성, 구조, 산화막의 두께와 형태 등 표면특성(surface characteristics)이 매우 중요하다. 특히 티타늄과 생체조직 간의 최적의 친화성을 가져다주는 이상적인 표면처리 방법에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

표면을 개선시키기 위한 표면처리 방법은 크게 3가지로 분류할 수 있다[1-4]. 첫째, 물질 첨가 방법으로 써 하이드로시아파타이트, 티타늄 입자 등을 플라즈마 분사(TPS : Titanium Plasma Spray), 화학적 진공 증착(CVD : Chemical Vapor Deposition), 물리적 진공 증착(PVD : Physical Vapor Deposition)하는 방법 등이 있으며, 둘째, 표면 삭제 방법으로서 산 부식, 알칼리 부식, 화학적 또는 전기-기계적인 부식 방법과 표면의 형상을 변경하는 방법으로서 e-beam 열처리, 레이저 처리, 이온 임플랜테이션, 그리고 양극산화법 등이 있다[4,5].

대부분의 임플랜트에 사용하는 소재의 표면처리 방법은 티타늄의 표면 거칠기를 조절하여 사용한다. 즉, 표면 거칠기가 증가하면 표면적이 넓어지므로 치골과의 유착을 증가시킴으로서 치골과 임플랜트의 결합력을 증가시킨다.

본 논문에서는 치과용 임플랜트에 사용되는 티타늄 금속의 표면처리를 위한 효율적인 양극산화 처리 방법을 제안하고 실험하였다.

양극산화(anodization) 기술은 금속표면처리 기술의 하나로써 표면의 부식 반응을 억제하여 금속을 보호하거나 금속 표면에 다양한 종류의 염색을 하기 위해 널리 사용하는 방법이다.

전해액 속의 미세 방전에 의한 세라믹 피막 처리 기술은 1980년대부터 Plasma Electrolytic Oxidation (PEO), Micro Arc Oxidation(MAO), Micro-arc Discharge Oxidation(MDO), Spark Anodizing, Anodic Spark Deposition, Micro arc Anodizing, Micro plasma Anodizing, Micro plasma Oxidation, Electro plasma Oxidation 등의 명칭으로 많은 연구가 진행되었으며, 다양한 방법의 기술로 산업현장에서 이용되고 있다[1].

II. 플라즈마 양극산화장치

플라즈마 전해 산화(PEO)의 피막층 형성 방법은 전해액 속에서 산화 피막을 성장시키는 양극산화피막 처리 방법과 동일한 원리를 이용한다. 전해액과 전류 밀도, 전압, 주파수 및 파형 등과 같은 전기적인 조건을 변화 주면서 전해액 내에서 금속 재료의 표면에 미세방전(micro arc)을 시켜 양극산화피막처리 기술 중에서 매우 우수한 내마모, 내식성의 세라믹층을 형성시키는 기술이다.

PEO는 러시아에서 개발되어 세계 각국에서 사용하고 있으며, 영국의 Keronite사와 미국의 Technology Application Group, Inc. 등이 있다.

양극산화피막처리 방법은 황산, 인산 등과 같은 산성용액의 전해액을 사용하지만, PEO는 규산수산화나트륨과 같은 알칼리 용액을 주로 사용한다.

티타늄의 표면처리 방법 중의 하나로서 양극산화법이 각광 받고 있으며, 비교적 간단한 공정으로 산화막의 두께, 구조, 구성 및 미세 형태 등을 다양하게 변형시킬 수 있으며, 산화물의 생물학적 성상까지도 조절할 수 있다[1].

그림 1은 본 실험에서 사용한 양극산화장치를 보인 것이며, 수산화나트륨(NaOH) 용액 내에 음극에는 백금(Platinum)판을 양극에는 티타늄 시편을 사용한다. 또한 용액이 시편에서 골고루 반응할 수 있도록 마그네틱 교반기(Magnetic Stirrer)를 이용하여 용액과 시편이 골고루 반응할 수 있도록 함으로써 양극산화작용이 원활하게 반응하도록 한다.

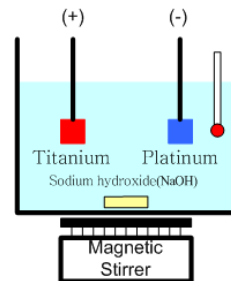


그림 1. 일반적인 양극산화 장치
Fig. 1 The general anodizing apparatus

양극산화장치는 전기적으로는 전압, 전류, 주파수 및 변조율 등에 따라 양극산화 특성이 달라질 수 있

으며, 화학적으로는 전해질의 종류, 실험조건 등에 따라 다른 실험결과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 화학적 조건은 일정하게 수산화나트륨(NaOH) 전해질을 사용하고 교반기로 교반하면서 다양한 전기적 조건들에 대하여 실험하고 고찰하는 방법을 채택하였다.

한 관계가 있기 때문에 목표전압에 도달하는 시간은 필요에 따라 조절이 가능하도록 하였다.

단극성과 양극성 출력, 고주파 펄스를 불연속적으로 변조출력 등 다양한 형태의 출력 파형을 형성하는 것은 그림 3과 같은 H-브리지를 활용하여 해결할 수 있다.

III. 전원공급장치

양극산화장치를 위한 전원공급장치는 많은 개발이 이루어져 산업현장에 많이 사용하고 있다[6-9].

본 연구에서는 플라즈마 양극산화장치에 적합한 전원장치를 개발하고자 한다.

첫째 직류전압의 발생은 AC220V를 SCR을 2개 이용하여 (+)성분과 (-)성분을 각각 위상제어를 통해서 AC 전압을 가변하고 브리지 정류하여 최저 0[V]에서 최대 350[V]까지 가변이 가능한 직류전압을 얻는다.

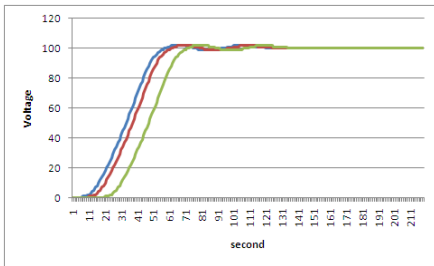


그림 2. 목표전압 수렴특성

Fig. 2 Convergence characteristic of target voltage

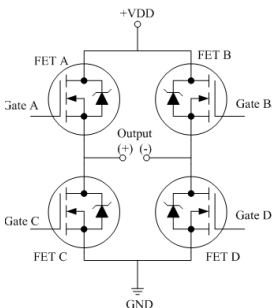
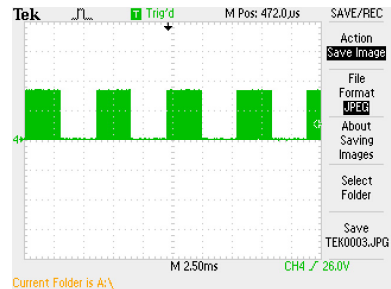
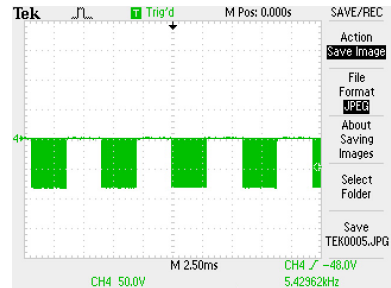


그림 3. H-브리지
Fig. 3 H-Bridge

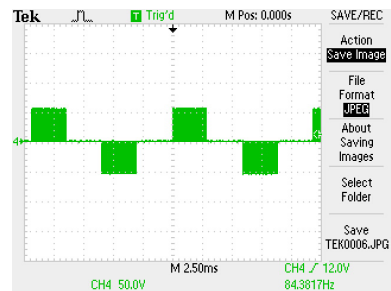
목표전압을 도달하는 시간은 초기 인가전압과 밀접



(a) (+)성분 단극성



(b) (-)성분 단극성



(c) 양극성

그림 4. H-브리지 출력파형
Fig. 4 H-bridge output waveform

가변직류전압을 H-브리지의 +VDD와 GND에 인가하고 H-브리지의 게이트를 각각 제어하여 그림 4와 같은 다양한 형태의 출력을 얻어낸다. 그림 4(a)는

(+)성분을 변조하여 출력하는 경우이며, 그림 4(b)는 (-)성분만을 출력하는 경우이다. 또한 그림 4(c)는 (+) 성분과 (-)성분을 교번하며 출력하는 경우를 보여주고 있다. 즉 그림 4(a)와 (b)는 단극성 출력이며, 그림 4(c)는 양극성 출력을 보인 것이다.

IV. 실험 및 결과

본 연구에서는 그림 5에서 보인 바와 같이 H-브리지, SCR 등을 제어하는 주제어기를 제작하였으며, 이 주제어기는 컴퓨터와 RS-232를 통해서 컴퓨터의 제어를 받는다. 즉 사용자는 컴퓨터 GUI(graphics user interface) 환경에서 주제어기를 통해 시스템을 조작하고 필요한 데이터를 수집할 수 있도록 만들었다. 또한 National Instruments사의 DAQ 보드를 이용하여 H-브리지의 출력전압과 출력전류의 파형을 수집할 수 있도록 하였다.

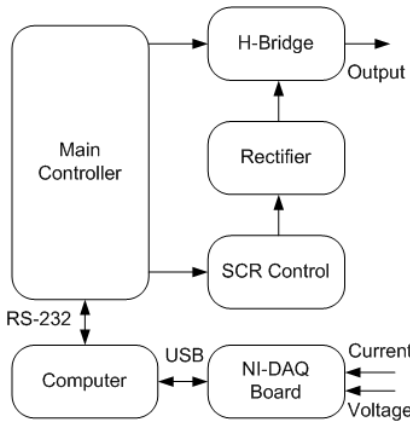
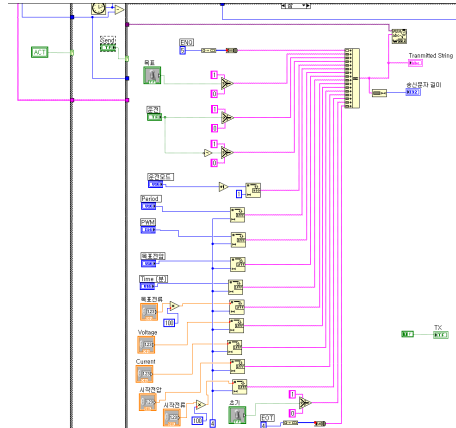
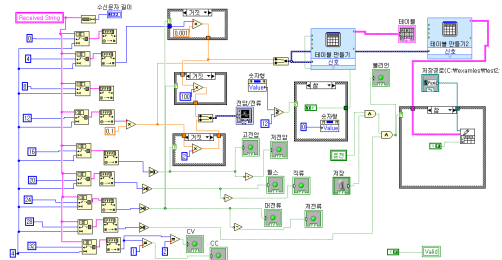


그림 5. 시스템 블록도
Fig. 5 The system block diagram

그림 6은 그림 5에서 보인 NI사의 DAQ 보드를 제어하는 프로그램으로서 데이터 통신부분과 데이터를 수집하여 저장하는 부분을 보인 것이다. 그림 6(a)는 PC에서 주제어기 동작을 제어하는 명령 또는 데이터를 전송하는 부분이며, 그림 6(b)는 주제어기에서 수집한 데이터를 컴퓨터로 보낸 것을 수신하는 컴퓨터 화면에 표시하고 또는 필요에 따라 데이터를 저장하는 부분을 보인 것이다.



(a) 데이터 통신부



(b) 데이터 수집 및 저장부

그림 6. LabVIEW 프로그램
Fig. 6 LabVIEW programs

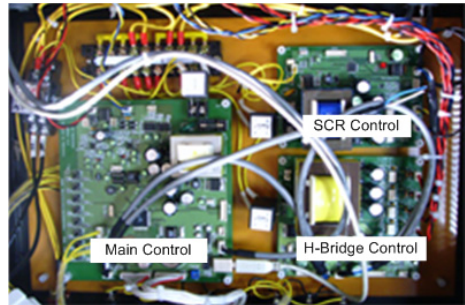
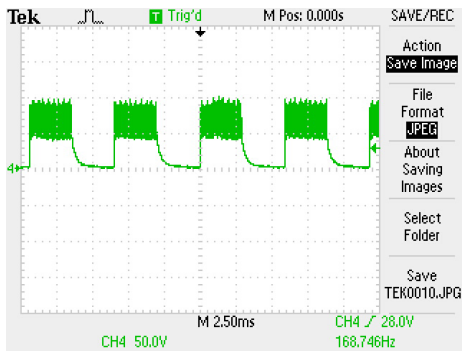


그림 7. 주제어기와 SCR 및 H-브리지 제어기
Fig. 7 Main controller, SCR and H-Bridge controller

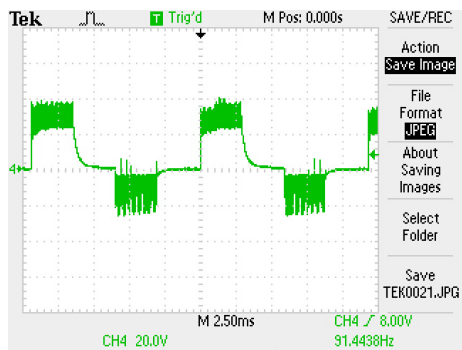
그림 7은 제작한 시스템의 내부를 보인 것으로 SCR을 제어하여 출력전압의 크기를 제어하는 부분과 IGBT로 구성된 H-브리지를 제어하는 부분, 그리고 시스템을 제어하고 컴퓨터와 통신을 담당하는 주제어기부로 구성하였다.

컴퓨터에서 전달된 제어값을 수신한 주제어기는 각각 SCR 제어부와 H-브리지 제어부에 해당 명령을 전달한다. 주제어기는 출력전압을 계측하여 목표전압을 유지하도록 SCR의 출력을 위상제어하여 목표전압에 수렴하도록 한다. 최소 0[V]부터 최대 340[V]까지 가변이 가능하다.

H-브리지 제어부는 주제어기에서 전달된 변조주파수와 목표전류에 해당하는 펄스폭(duty rate)을 출력하도록 하였다. 본 연구에서는 12kHz 반송파 주파수를 사용하였으며, 단극성의 경우 300Hz부터 2,760Hz까지 가변하여 변조할 수 있도록 하였으며, 양극성의 경우는 단극성에 비해 (+)성분과 (-)성분이 같이 교번함으로 15Hz부터 1,380Hz까지 가변이 가능하다.

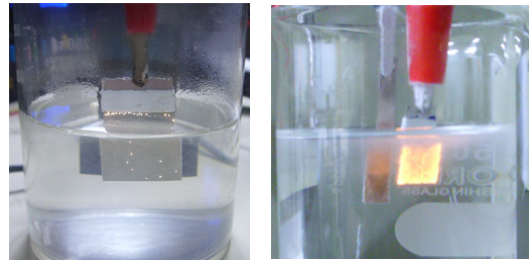


(a) 단극성



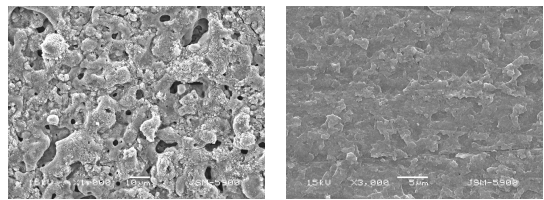
(b) 양극성

그림 8. 단극성과 양극성 양극산화 출력파형
Fig. 8 Anodizing waveform of unipolar and bipolar



(a) 단극성 (b) 양극성

그림 9. 양극산화 실험 장면
Fig. 9 Anodic oxidation experiments scene



(a) 단극성 (1000배 확대) (b) 양극성 (3000배 확대)

그림 10. 단극성과 양극성 피막형성
Fig. 10 Unipolar and bipolar firm formation

그림 8은 단극성과 양극성의 양극산화 할 때의 파형을 보인 것으로 단극성의 경우 100Hz, 양극성의 경우는 50Hz로 반송파를 변조하였을 때의 출력파형의 결과를 보인 것이다.

그림 9는 그림 8과 같은 단극성 파형과 양극성 파형을 인가하였을 때 시편의 산화장면을 보인 것으로 단극성의 경우는 그림 9(a)는 시편에 방전 불꽃이 순간적으로 이동하면서 발생하지만 양극성은 그림 9(b)와 같이 시편 전체에서 방전불꽃이 발생하기 때문에 시편의 표면이 단극성에 비해 골고루 형성되며, 표면의 박막형성 자체가 조밀하게 형성되는 결과를 얻을 수 있었다. 그림 10(a)는 단극성으로 산화 피막을 형성하였을 때 1000배 확대한 사진이며, 그림(b)는 양극성으로 산화피막을 형성하였을 때 3000배 확대한 사진이다. 따라서 그림 10에 보인바와 같이 본 논문에서 제안하고 개발한 양극성 방식에 의한 양극산화피막형성 방법이 단극성 방식에 비하여 균일하고 조밀한 기공이 형성됨을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 단극성과 양극성 양극산화가 가능한 장치를 개발하고 실험하였으며, (+)성분의 펄스 전압과 (-)성분의 펄스전압을 교번하면서 인가하였을 때가 직류전압 또는 단극성으로 인가하였을 때 보다 박막의 표면에 기공이 균일하게 형성됨을 확인할 수 있었다. 즉 금속표면에 균일한 산화피막을 형성하기 위해서는 기존의 단극성 방식보다는 양극성 방식의 양극산화장치가 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

참고 문헌

- [1] S.H. Lee, I.H. Cho, "surface characteristics and bioactivity of anodically oxidized titanium surfaces", The Korean Academy of prosthodontics, Vol. 45, No 1, pp. 85-95, 2007.
- [2] J.T. Lim, J.H. chung, Y.H. Kwon, J.B. Park, Ye da Herr, "Micromorphometric influence of anodic oxidation surface implant conditioned with tetracycline-HCL", Korean academy of periodontology, Vol. 37, No. 4, pp. 767-777, 2007.
- [3] J.S. Choi, J.W. Lee, J.H. Lim, S.J. Kim, "Technology trends in fabrication of nanostructures of metal oxides by anodization and their applications", Korean Industrial engineering chemical, Vol. 19, No. 3, pp. 249-258, 2008.
- [4] Y.J. Lim, Y. Oshida, C.J Andres. M.T. Barco, "Surface characterizations of variously treated titanium materials", International journal Oral Maxillofac Implants, Vol. 16, pp. 333-342, 2001.
- [5] W.W. Son, Zhu X, H.I. Shin, Ong J.L, K.H. Kim, "In vivo histological response to anodized and anodized/hydrothermally treated titanium implants", Journal Biomedical Master Res Part B, pp. 520-525, 2003.
- [6] K.H. Yang, "A study on development of bipolar metal surface anodizing equipment using H-bridge", The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 3, pp. 355-362, 2011.
- [7] K.H. Yang, B.W. Min, "The development of detection system of conveyer belt damage

using magnetic flux", The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 8, No. 6, pp. 815-822, 2013.

- [8] B.J. Lee, H.Y. Shin, "Water vapor permeability of SiO₂ oxidative thin film by CVD", The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, No. 1, pp. 81-87, 2010.
- [9] B.J. Lee, "Electrical characteristic of PMMA thin film by plasma polymerization method", The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 5, pp. 697-702, 2011.

저자 소개



양근호(Keun-Ho Yang)

1989년 전북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 한려대학교 경영학과 교수

※ 관심분야 : 영상통신, 회로 및 시스템



민병운(Byung-Woon Min)

1987년 조선대학교 생물학과 졸업(이학사)

1989년 조선대학교 대학원 생물학과 졸업(이학석사)

2006년 순천대학교 대학원 생물학과 졸업(이학박사)

1997년~2005년 광양보건대학 임상병리과 교수

2006년~현재 한려대학교 임상병리학과 교수

※ 관심분야 : 영상통신, 회로 및 시스템