

NaOH 수용액을 이용한 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판의 미세가공

Microdrilling of Glass Substrates by Electrochemical Discharge Machining in NaOH Solution

홍 석 우*, 최 영 규**, 정 귀 상*
*동서대학교 전자기계공학부
**신라대학교 광공학과

Seogwoo-Hong*, Youngkyu-Choi**, Gwiysang-Chung*
*Division of Electrical and Mechanical Engineering, Dongseo University
**Optical Engineering, Silla University

Abstract

Electro Discharge Machining (EDM) is a so-call non-conventional machining technique. This paper presents the experimental results of an EDM technique for the fabrication of microholes on #7440 pyrex glass substrates. With various applied voltages and at various concentration of NaOH solution, the glass substrates have been microdrilled using the copper electrodes of which diameters are 250 μm to 450 μm . The machined throughholes have been observed the top diameter, the bottom diameter and machining time have been measured. The experimental results show that the machining time decreases as the concentration of NaOH solution increases, the applied voltage increases and the needle diameter decreases. Also, the top diameter increases as the needle diameter increases or the applied voltage increases. The bottom diameter decreases as the needle diameter decreases or the applied voltage decreases.

1. 서 론

최근 마이크로머시닝기술의 급속한 발전으로 전극간격, 면적 그리고 멤브레인 두께 등 소자의 크기를 정확하게 제어할 수 있다. 마이크로머시닝 제작기술의 발달과 함께 전기방전가공기술이 마이크로머신 제작에 응용되고 있다. 방전가공기술에는 전기방전가공법과 전기화학적 방전가공법이 있다.^[1-3] 전기화학적 방전가공법은 국부적으로 활성화된 수용액의 화학적 반응으로 가공물을 가공하는 방법이다. 전기방전가공법에 비해 저전압에서도 가공이 용이하고, 미세가공에 적합하지만 도체인 경우에는 가공

이 불가능하다. 또한, 파이렉스 유리는 열팽창계수가 실리콘과 비슷하여 양극접합 후에도 접합 경계에 존재하는 잔류응력을 최대한 줄일 수 있어서 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 분야에 널리 사용되고 있다. 이러한 파이렉스 유리를 전기화학적 방전가공법으로 가공하여 마이크로 밸브의 유로, 압력센서의 전극보호^[4-6] 그리고 공진검출용 센서 등에 응용되고 있다.^[7]

보통 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판의 미세 가공시 KOH 수용액을 많이 사용하고 있으나 표면상태가 나쁘다.^[8] 본 연구에서는 NaOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공법에 의한 파이렉스

유리기판 미세가공시 인가전압, 수용액의 농도, 전극의 직경크기의 변화 따른 홀의 상·하부 직경, 가공시간, 가공 후 유리기판의 표면상태를 측정·분석하여 최적의 유리기판 미세가공기술을 확립하였다.

2. 실험 방법

그림 1은 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판을 가공하기 위한 장치도를 개략적으로 나타낸 것이다.

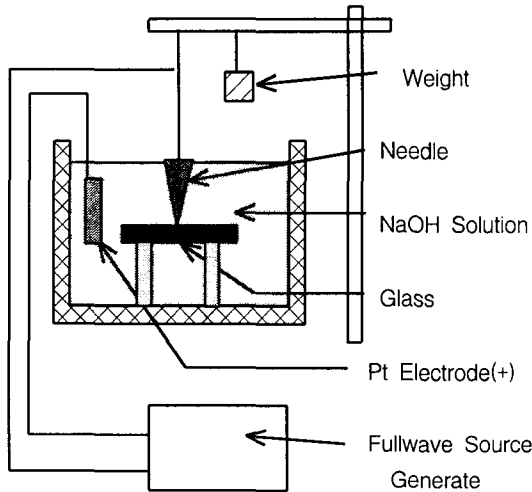


그림 1. 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판의 미세가공을 위한 장치도.

전압원은 AC 0-50 V까지 충분히 변화할 수 있어야 하고 인가전압은 전압의 진폭을 의미한다. 수용액속의 두 전극은 전기음성도 차가 크면 전자는 전기음성도가 큰 쪽으로 쉽게 옮겨가므로 전기음성도차가 클수록 적당하다. 따라서 음전극으로는 백금을 양전극으로는 구리를 각각 사용하였다. 음전극은 직경이 각각 150, 250, 350 μm 직경의 재현성을 고려 하여 원통형 구리 Needle을 사용하였다. 또한, 음전극의 수용액에 노출되는 표면적에 따라서 전하의 집중도가 달라지므로 1 mm정도로 테프론 테이프를 감아서 사용하였다. 가공물은 두께 580 μm 정도의 #7740 파이렉스 유리기판을 사용했으며 가공시 방전의 에너지에 의해 미끄러지지 않게 하기 위해 일정한 하중을 인가한 상태에서 가공하였다. 접촉하중이 적으면 미끄러지는 현상이 생기고 하중이 너무 크면 쪼개어지는 현상이 생긴다. 접촉하중은 30 g 정도 인가

한 상태에서 가공해야 올바른 형상을 얻을 수 있다. 인가전압이란 전압원의 전압 진폭을 의미하고 가공시 서서히 인가전압을 높여주면 수용액 내부에서 음전하의 흐름에 의해 기전력이 발생하고, 전기분해현상에 의해 수소기포가 발생한다. 인가전압이 기전력보다 크게 되면 음전하의 흐르는 방향이 바뀌는 현상인 전기분해 현상이 방전현상으로 바뀐다. 수용액의 농도는 20-30 w% 범위에서 5 w% 단계로 수행하였고, 인가전압은 30-45 V 범위에서 5 V씩 증가시켰다. 가공시간은 인가전압을 인가하면서부터 가공물이 완전히 가공되기까지 시간을 측정 한 것이다.

인가전압, 전극직경, 수용액농도 변화등의 조건에 따른 가공시간, 홀의 상태 및 크기를 각각 측정·분석 하였다

3. 결과 및 고찰

3.1 전극선택 및 가공시간

그림 2는 인가전압 35 V일 때 수용액 농도 및 전극크기에 따른 가공 시간을 나타낸 그림이다. 전극의 직경이 작으면 작을수록 가공시간이 짧아짐을 알 수 있다. 그러나 전극직경이 250 μm 이하에서는 부식성에 의해 낮은 전압인가시 완전한 형상을 얻기전에 전극형태가 구부러졌다.

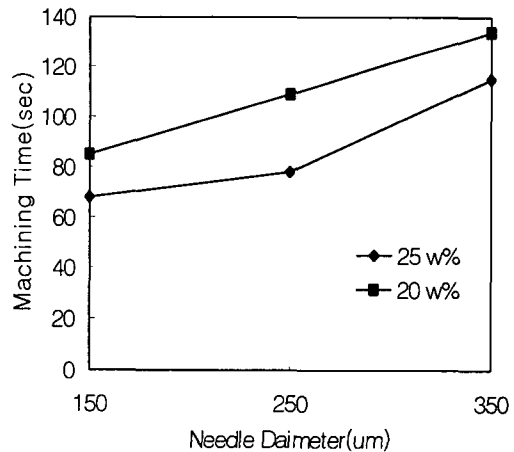


그림 2. 전극직경 및 수용액 농도변화에 따른 가공시간의 변화.

그림 3은 전극직경 및 수용액 농도에 따른 상부 직경 및 하부직경을 나타낸 것이다. 홀의 상부 및 하부 직경은 전극직경, 인가전압, 수용액의 농도에 따라 변화하지만 전극직경에 가장 많이 의존한다. 따라서, 본 실험에서는 250 μm 크기의 전극직경을 사용하였다.

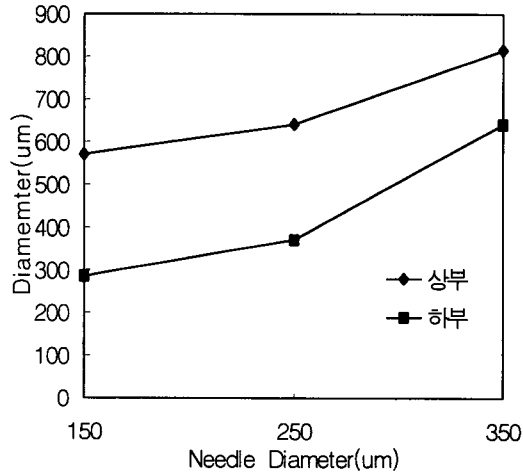


그림 3. 전극직경 및 NaOH 수용액 농도에 따른 상·하부직경의 변화.

3.2 홀의 특성 및 표면분석

그림 4는 수용액 농도 25 w%, 인가전압 35 V 조건하에서 전기화학적 방전가공법으로 가공된 유리기관의 (a) 상부와 (b) 하부표면 사진이다. 상부직경은 수용액에 장시간 노출되어 넓고 아래로 가공되어 갈수록 좁아진 형태이다.

그림 5는 NaOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공법에 의해서 미세가공된 하부표면은 Hollow width가 형성되어 상부에서부터 좁아진 구멍이 다시 커짐을 알 수 있다. 여기서, H는 유리두께, Dt는 상부직경, Db는 하부직경으로 정의하면 가공경사각은 Hollow width를 무시하면 가공경사각 α 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\alpha = \arctan \frac{Dt - Db}{2H}$$

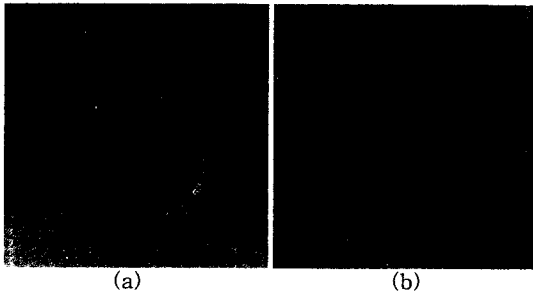


그림 4. 수용액농도 25 w%, 인가전압 35 V조건하에서 가공된 상·하부 표면사진. (a) 상부. (b) 하부.

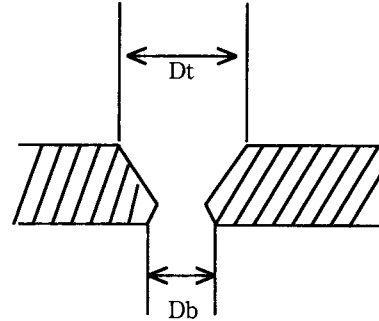


그림 5. 가공물의 단면 개략도.

그림 6은 인가전압 및 NaOH 수용액농도 변화에 따른 상부직경을 나타낸 것이다. 상부직경은 인가전압을 높일수록 NaOH 수용액의 농도가 낮을수록 커지는 경향을 보였다.

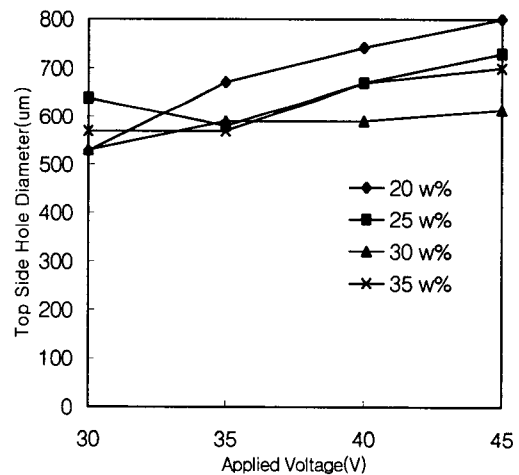


그림 6. 인가전압 및 NaOH 수용액 농도에 따른 상부직경.

그림 7은 인가전압 및 NaOH 수용액 농도변화에 따른 하부직경을 나타낸 것이다. 하부직경은 인가전압을 높일수록 커지는 경향이 있으나, NaOH 수용액 농도와는 무관하다.

그림 8은 인가전압 및 수용액 농도에 따른 유리기관을 가공하는데 필요한 시간을 나타낸 것이다. 가공시간은 인가전압이 높을수록 NaOH 수용액 농도가 클수록 가중되는 방전에너지 및 수용액의 용량이 커져서 가공시간이 줄어든다. 인가전압이 40 V까지 크게 줄어 들었고 수용액 농도가 25 w%이상에서는 큰 변화가 없었다.

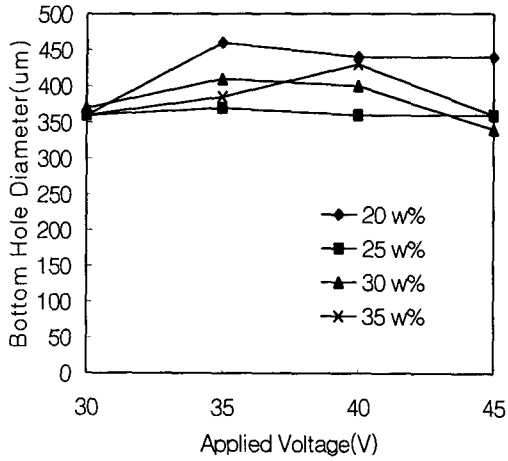


그림 7. 인가전압 및 NaOH 수용액 농도변화에 따른 하부직경.

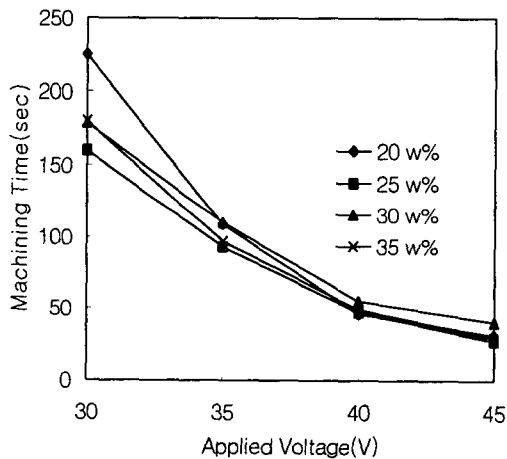


그림 8. 인가전압 및 수용액 농도변화에 따른 가공 시간의 변화.

4. 결론

본 논문에서는 NaOH 수용액에서 전기화학적 방전가공법으로 파이렉스 유리를 미세가공할 때 인가전압, 전극의 직경크기, 수용액 농도 등에 따른 가공물의 상·하부 직경, 가공시간, 표면상태 등을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다

① 전극의 직경이 작을수록 가공시간 및 홀 직경을 줄일 수 있었다.

② 상부직경은 높은 인가전압과 NaOH 수용액 농도를 줄일수록 커졌고, 하부직경은 인가전압을 높일수록 커졌다.

③ 가공시간은 높은 인가전압 및 수용액 농도를 높일수록 줄일 수 있었다.

따라서, 전기화학적 방전가공법은 개선된 수용액, 전극재료에 의해 보다 나은 최적조건을 구할 수 있으며, 마이크로머시닝기술에 의한 마이크로 센서 및 액츄에이터 개발에 유용하게 사용될 것이다.

5.참고 문헌

- [1] Shuichi Shoji, Masayoshi Esashi, "Photo-etching and Electrochemical Discharge Drilling of Pyrex Glass", Tech. Dig. of the 9th Sensor Sympo., A1, 4, 27-30 (1990).
- [2] Dominiek Reynaerts, Paul-Henric's Heeren, Hendrik Van Brussel, "Micro Electro Discharge Machining and Application", Sensors & Actuators, A 60, 212-218 (1997).
- [3] T. Masaki, K. Kawata, and T. Masuzawa, "Micro Electro-Discharge Machining and its Application", Proc. IEEE MEMS Workshop, 21-26 (1990).
- [4] M. Esashi, S. Shoji, and A. Nakano, "Normally Close Microvalve and Micropump fabricated", Proc. IEEE MEMS Workshop, 29-34 (1989).
- [5] S. S. Yang, E. H. Yang, S. Y. Kim, J. D. Seo, S. H. Han, "Fabrication of an Electrostatic Actuator and Passive Valves with p+ Silicon Diaphragms for Micro-pumps", ASME Winter Annual Meeting, 55-2, 733-740 (1994).
- [6] G. Stemme, "Micro Fluid Sensors and Actuators", Proc. IEEE MHS'95, 45-52 (1995).
- [7] M. Esashi, Y. Matsumoto, and S. Shoji, "Absolute Pressure Sensors by Air-tight Electrical Feedthrough Structure", Sensors & Actuators, A21-A23, 1048-1052 (1990).
- [8] 정귀상, 최영규, 홍석우, "전기화학적방전법에 의한 유리기판의 미세가공", 한국전기전자재료학회 추계학술대회 논문집, 393-396 (1997).