

NaOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판의 미세가공

홍석우*, 제우성**, 최영규***, 정귀상*

*동서대학교 전자기계공학부, **동명정보대학교 정보공학부, ***신라대학교 광공학과

Microdrilling of Glass Substrates by Electrochemical Discharge Machining in NaOH Solutions

Seogwoo-Hong*, Wooseong-Che**, Younggkuy-Chio***, Gwiysang-Chung*

*Dongseo Univ., **Tongmyong Uni. Infor.Tech., ***Silla Univ.

Abstract - Electro Discharge Machining (EDM) is a so-call nonconventional 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 various concentration of NaOH or KOH 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. EDM in NaOH solution causes the fabrication to have better the surface condition, higher selective of electrode, lower concentration of solution with respect to EDM in KOH solution machined fabrication.

1. 서 론

최근 마이크로머시닝기술은 전극간격, 면적 그리고 멤브레인 두께 등 소자의 크기를 정확하게 제어할 수 있기 때문에 활발히 연구개발되고 있다. 마이크로머시닝기술의 발달과 함께 전기방전가공기술이 마이크로머신 제작에 응용되고 있다. 방전가공기술에는 전기방전가공법과 전기화학적 방전가공법이 있다.^[1-3] 전기화학적 방전가공법은 국부적으로 활성화된 수용액의 화학적 반응으로 가공물을 가공하는 방법으로 전기방전가공법에 비해 저전압에서도 가공이 용이하고, 미세가공에 적합하지만 도체인 경우에는 가공이 불가능하다. 또한, 파이렉스 유리는 열팽창계수가 실리콘과 비슷하여 양극접합 후에도 접합 경계면에 존재하는 잔류응력을 최대한 줄일 수 있어서 MEMS 분야에 널리 사용되고 있다. 이러한 파이렉스 유리를 전기화학적 방전가공법으로 가공하여 마이크로 밸브의 유로, 압력센서의 전극보호^[4-6] 그리고 공진 검출용 센서 등에 응용되고 있다.^[7]

보통 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판의 미세가공시 KOH 수용액을 많이 사용하고 있으나 표면상태가 나쁘며, 높은 농도에서 가공해야하고 전극선택시 직경이 충분히 얇은 전극을 사용하지 못한다.

본 연구에서는 NaOH와 KOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공법에 의한 파이렉스 유리기판 미세가공시 인가전압, 수용액의 농도, 전극의 직경크기의 변화 따른 홀의 상·하부 직경, 가공시간, 가공 후 유리기판의 표면상태를 측정하여 최적의 유리기판 미세가공기술을 확립하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

그림 1은 전기화학적 방전가공법에 의한 유리기판을 가공하기 위한 장치도를 개략적으로 나타낸 것이다. 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 양극으로는 구리를 각각 사용하였다. 음전극은 직경이 각각 150-450 μm 직경의

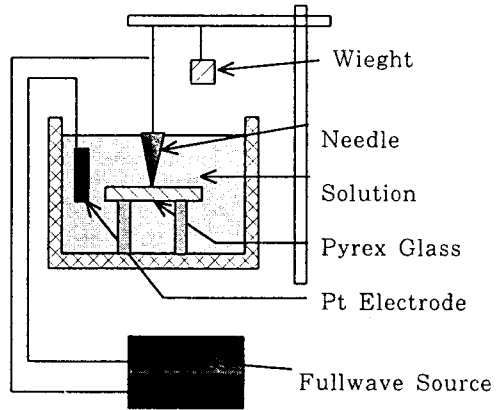


그림 1. 전기화학적 방전가공법에 의한 유리가공 장치도.

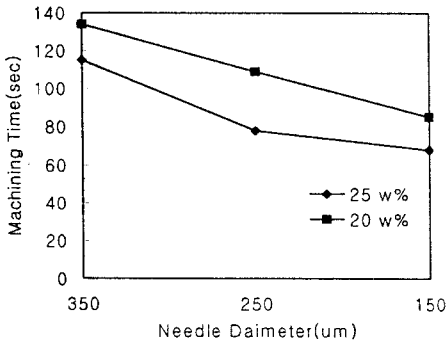
재현성을 고려하여 원통형 구리 Needle을 사용하였다. 또한, 음전극의 수용액에 노출되는 표면적에 따라서 전하의 집중도가 달라지므로 1 mm 정도로 테프론 테이프를 감아서 사용하였다. 가공물은 두께 580 μm 정도의 #7740 파이렉스 유리기판을 사용했으며 가공시 방전에너지에 의해 미끄러지지 않게 하기 위해 일정한 하중을 인가한 상태에서 가공하였다. 접촉하중이 적으면 방전에너지에 의해 미끄러지는 현상이 생기고 하중이 너무 크면 조개어지는 현상이 생긴다. 접촉하중은 30 g 정도 인가한 상태에서 가공해야 올바른 형상을 얻을 수 있다. 가공시 서서히 인가전압을 높여주면 수용액 내부에서 음전하의 흐름에 의해 기전력이 발생하고, 이 기전력에 의해 전기분해 현상으로 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 측정하였다.

인가전압, 전극직경, 수용액 농도 변화 등의 조건에 따른 가공시간, 홀의 상·하부 표면상태 및 크기를 각각 측정·분석하였다

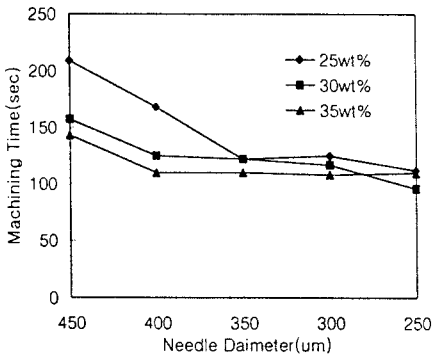
2.2 결과 및 고찰

2.2.1 전극의 선택

그림 2는 인가전압 35 V일때, 수용액 농도 및 전극 크기에 따른 가공 시간을 나타낸 것이다. 전극의 직경이 작으면 작을수록, 가공시간이 짧아짐을 알 수 있다. KOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공시 전극직경이 250 μm 이하에서는 부식성에 의해 낮은 전압인가시 완전한 형상을 얻기전에 전극형태가 구부러졌다. 또한, 가공된 홀의 상·하부직경은 수용액의 농도, 인가전압 그리고 전극직경 등에 의해 의존하지만, 특히 전극직경에 의해 가장 큰 영향을 받는다. 따라서, NaOH 수용액을 사용하면 전극의 선택성을 높일 수 있다



(a)



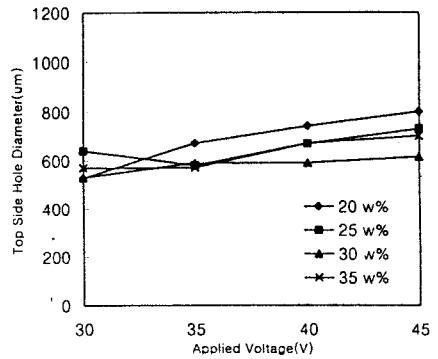
(b)

그림 2. (a) NaOH와 (b) KOH 수용액에 있어서 전극직경 및 수용액 농도에 따른 가공시간의 변화

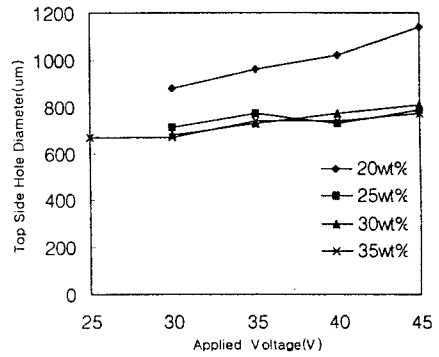
2.2.2 홀의 특성 및 표면분석

그림 3은 인가전압 및 NaOH와 KOH 수용액 농도에 따른 상부직경을 나타낸 것이다. 상부직경은 인가전압이 들수록 NaOH 및 KOH 수용액의 농도가 낮을수록 커지는 경향을 보였다. 상부직경은 KOH 수용액에서 전기화학적 방전가공시 25 w% 이하의 수용액 농도에서는 급격히 상부직경이 커짐을 알 수 있다. NaOH 수용액에서 가공시 KOH 수용액 보다 낮은 농도에서 가공하여도 비슷한 크기의 상부직경을 얻을 수 있었다.

그림 4는 인가 전압 및 NaOH와 KOH 수용액 농도에 따른 하부직경을 나타낸 것이다. 하부직경은 인가전압을 높일수록 커지는 경향이 있으나, NaOH와 KOH 수용액 농도와는 무관하였다. 가공시 전극의 방전에너지가 직접적으로 받지 않기 때문에 제어하기가 곤란하였다.

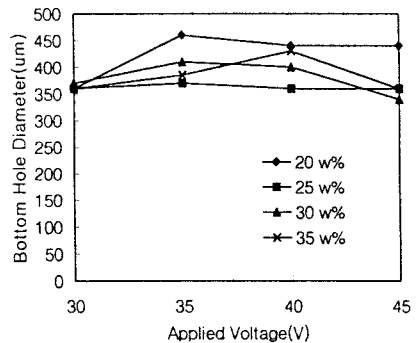


(a)

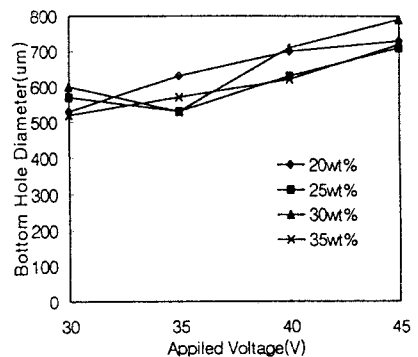


(b)

그림 3. (a) NaOH와 (b) KOH 수용액에 있어서 수용액 농도 및 인가전압에 따른 하부직경의 변화,



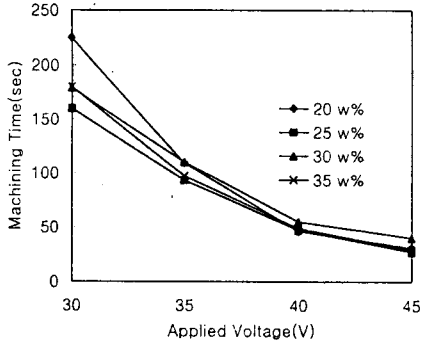
(a)



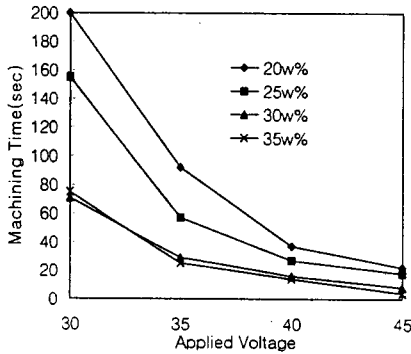
(b)

그림 4. (a) NaOH와 (b) KOH 수용액에 있어서 수용액 농도 및 인가전압에 따른 하부직경의 변화,

그림 5은 인가전압 및 수용액 농도에 따른 유리기판을 가공하는데 필요한 시간을 나타낸 것이다. 가공시간은 NaOH와 KOH 수용액에 있어서 가공한 가공물의 가공시간은 인가전압이 40 V까지 크게 줄어 들었고 수용액 농도가 25 w% 이상에서는 큰 변화가 없었다. 인가전압이 높을수록 수용액 농도가 클수록 가공되는 방전에너지 및 수용액의 용량이 커져서 가공시간이 줄어든다. 가공한 가공물의 가공시간은 인가전압 40 V까지 크게 줄어 들었고 30 w% 수용액 농도에서는 큰 변화가 없었다.



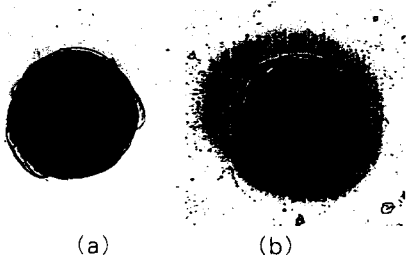
(a)



(b)

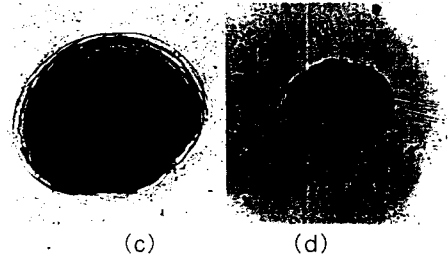
그림 5. (a) NaOH와 (b) KOH 수용액에 있어서 인가전압 및 수용액 농도에 따른 가공시간의 변화.

그림 6(a), (b)는 NaOH 수용액 농도 25 w%. 인가전압 35 V 최적조건하에서 전기화학적 방전가공법으로 가공된 유리기판의 상·하부표면 사진이며 (c), (d)는 KOH 수용액 농도 30 w%. 인가전압 35 V 최적조건하에서 전기화학적 방전가공법으로 가공된 유리기판의 상·하부표면 사진이다. KOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공한 가공물보다 NaOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공한 가공물이 표면상태가 매우 양호하다. 상부직경은 수용액에 장시간 노출되어 넓고 아래로 가공되어 갈수록 좁아진 형태이다. 전기화학적 방전가공법에 의해서 미세가공된 하부표면은 Hollow width가 형성되어 상부에서부터 좁아진 구멍이 다시 커짐을 알 수 있다.



(a)

(b)



(c)

(d)

그림 3. NaOH 수용액속에서 가공된 (a) 상부표면, (b) 하부 표면과 KOH 수용액 속에서 가공된 (c) 상부표면, (d) 하부표면 사진.

3. 결론

본 논문에서는 NaOH와 KOH 수용액에서 각각 전기화학적 방전가공법으로 파이렉스 유리를 미세가공할때 인가전압, 전극의 직경크기, 수용액 농도의 변화에 따른 가공물의 상·하부 직경과 구멍직경, 가공시간, 표면상태 등을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다

- ① 전극의 직경이 작을수록 가공시간 및 홀 직경을 줄일 수 있었다.
- ② 전기화학적 방전가공시 KOH 수용액보다 NaOH 수용액을 사용하는 것이 양호한 표면상태를 얻을 수 있었고 낮은 수용액 농도에서 가공이 가능하였다.
- ③ 상부직경은 높은 인가전압과 NaOH 수용액 농도를 줄일수록 커졌고, 하부직경은 인가전압을 높일수록 커졌다.
- ④ 가공시간은 높은 인가전압 및 수용액 농도를 높일수록 줄일 수 있었다.

따라서, NaOH 수용액에 있어서 전기화학적 방전가공법은 개선된 수용액, 전극재료에 의해 보다 나은 최적조건을 구할수 있으며, 마이크로머시닝기술에 의한 마이크로 센서 및 액츄에이터 개발에 유용하게 사용될 것이다.

V.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, A60, 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, H. Han, "Fabrication of an Electrostatic Actuator and Passive Valves with p+ Silicon Diaphragms for Micro-pumps", ASME Winter Annul 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 Semsors by Air-tight Electrical Feedthrough Structure", Sensors & Actuators, A21-A23, 1048-1052(1990).