

전해 방전법에 의한 유리의 미세 구멍 가공

Microscopic hole fabrication of glass using electro-chemical discharge method

이왕훈*, 이영태**

(Wang Hoon Lee*, Young Tae Lee**)

Abstract

In this paper, we studied on drilling a microscopic hole of glass using electro-chemical discharge method. In this research, we fabricated a electro-chemical discharge machine for drilling glass hole. The used parameters to get a fine microscopic hole are the concentration of NaOH solution from 5wt% to 50wt%, the supply voltage from 10V to 40V and the fabricating time from 5 second to 50 second. Also, we used a 0.16mm glass plate. We learned from our experiment that, the fabrication most efficient when supply voltage is 25V-30V and concentration of NaOH solution 35wt% or less.

Key Words : Glass, Hole, Drilling, Electro-chemical discharge

1. 서 론

최근 MEMS 기술은 급격한 발전을 거듭해 3차원 구조물의 제작도 가능하게 되었다. 이 3차원 구조물의 제작에 사용되어지는 기술들은 micro-streolithography 기술 등이 있다[1]. 이러한 기술에 의해 제작되어진 구조물을 이용한 시스템에 다양한 용도로 사용될 미세한 구멍을 가공하기 위해 본 연구에서는 전해 방전가공법을 적용했다.

전해방전을 이용한 유리의 구멍 가공에 관한 연구는, 일본의 동북대학 공학부 에서 35wt%의 수산화나트륨(NaOH) 수용액에 백금(Pt)과 바늘

(Needle)을 전극으로 사용하고, 백금전극과 바늘에 교류전압(Full wave)을 인가하여, 이때 바늘 끝에서 발생하는 방전에 의한 고온의 열을 이용하여 유리에 미세 구멍을 가공한 연구 결과가 발표되어 있다[2].

본 논문에서는 이를 기반으로 하여 백금과 바늘의 두 전극에 직류(DC)전압만을 사용하고, 수산화나트륨 수용액의 wt%, 인가전압 및 가공 시간을 파라미터로한 실험을 통하여 안정적인 유리의 미세 구멍 제작에 적합한 조건을 찾아내서 MEMS 제작 현장에서의 적극적인 적용을 모색한다.

2. 전해방전가공

방전가공은 1928년에 발명이 되었으며, 1943년 구 소련의 라자렌코 부부에 의해 경질금속에 구멍을 뚫는데 성공한 것이 오늘날의 방전가공의 기원

* : 안동대학교 대학원 전자공학과
(안동시 송천동 388 안동대학교,
Fax : 054-820-5915
E-mail : blnwh@chollian.net)
** : 안동대학교 전기전자공학교육과

이 되었다.

전해방전가공(Electric-chemical discharge)은 기계공작의 정밀 가공에 쓰여지는 방법으로 용액 속의 전극과 바늘 사이에 전압을 인가해서 방전을 일으킴으로서, 이 때 발생하는 방전 열을 이용하여 피가공물을 가공하는 방법이다.[3] 방전가공은 공구의 회전이 불필요하여 임의의 복잡한 모양의 가공(구멍뚫기, 다이가공)이 가능하며 동일한 목적의 초음파 가공에 비하여 가공속도가 빠른 장점을 가지고 있다. [4]

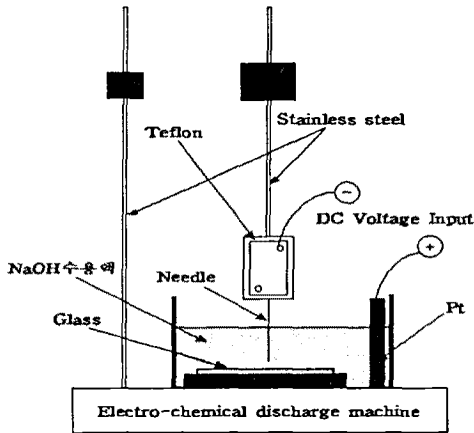


그림 1. 전해방전가공기의 구조

Fig. 1. Structure of electro-chemical discharge machine

본 연구에서 제작한 전해방전가공기의 구조를 그림 1에 나타냈다. 방전을 가급적 바늘 끝에 집중시키기 위해서, 바늘 끝 부분을 제외한 나머지 부분을 테프론(Teflon)으로 보호하여 외부와 차단시키고, 스테인리스스틸(stainless steel)로 제작된 지지대에 고정시킨다.

기준 전극(reference electrode)으로 백금을 사용하여, 전극의 산화에 의한 저항 변화를 최소화 했다.전원으로는 전원공급기(Power supply)를 직접 사용하고, 유리에 미세 구멍 가공을 위한 위치조정(Align)을 위해서 x-y stage를 사용하였다. 그림 2에 제작한 전해방전가공기를 나타냈다.

본 연구에서는 두께가 0.16mm 인 일반 유리를 사용했으며, 수산화나트륨(NaOH)수용액의 농도를 변화시키면서 인가전압 및 가공시간에 따른 유리 미세 구멍의 생성을 관찰했다.

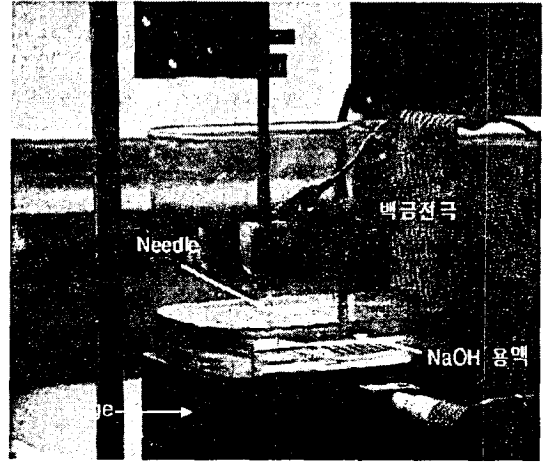


그림 2. 전해방전가공기의 사진

Fig. 2. Photograph of the electro-chemical discharge machine

3. 결과 및 고찰

실험은 수산화나트륨 수용액의 농도를 5wt%에서 50wt%까지, 인가전압은 DC 10V에서 40V까지, 가공시간은 5초에서 50초까지 각각 변화시키면서 유리의 구멍 가공상태를 분석했다.

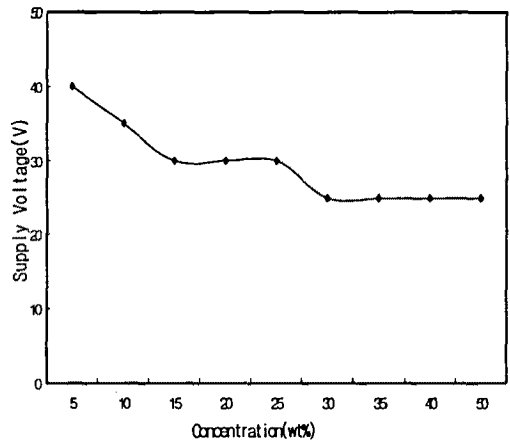


그림 3. 농도에 대한 미세 구멍 생성 전압

Fig. 3. Hole creating voltage as a function of NaOH concentration

그림 3은 수산화나트륨 수용액의 wt%의 변화에 따른 구멍의 최초 생성 전압을 나타냈다. 그림 3에서도 알 수 있듯이 수산화나트륨 수용액의 농도가

높아질수록 미세 구멍이 생성되는 전압은 낮아지나, 30wt%에서부터는 더 이상 전압이 낮아지지 않고 포화 상태를 나타낸다.

특정 농도에서 전압과 가공시간을 증가시킬 수록 생성되는 구멍의 지름이 커지며, 일정 전압 및 시간을 경과하면 구멍의 가공 면이 거칠어지고, 균열이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 인가전압 및 가공시간을 조절하여, 0.2mm에서 0.5mm까지의 구멍을 가공할 수 있었다.

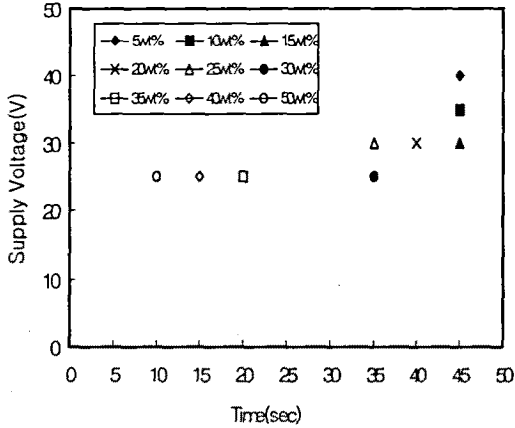


그림 4. 미세 구멍 생성 시점
Fig. 4. Hole creating time

특정 농도에서 미세 구멍이 생성되는 전압 및 가공시간을 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서의 시간은 안정된 상태(균열이 없는 원형)의 미세 구멍이 생성되는 가공시간의 평균치를 나타내고 있다.

그림 5에 유리의 전해 방전가공에 소요되는 전력량을 수용액의 농도의 함수로 나타냈다. 미세 구멍 가공 시에 0.3[A]에서 1.45[A]까지의 전류 변화를 나타낸다. 그림 5의 결과는 최대 전류인 1.45[A]를 사용하여 구해진 농도별 전력량을 나타내고 있다.

그림 5에서 보는 바와 같이 전력량은 농도가 높아질수록 직선적으로 감소하는 형태를 하고 있어서 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W = -0.013C + 0.76 \text{ [Wh]} \quad (1)$$

여기서, W는 전력량, C는 수산화나트륨 수용액의 농도(wt%)를 나타내고 있다. 식 (1)은 수산화나

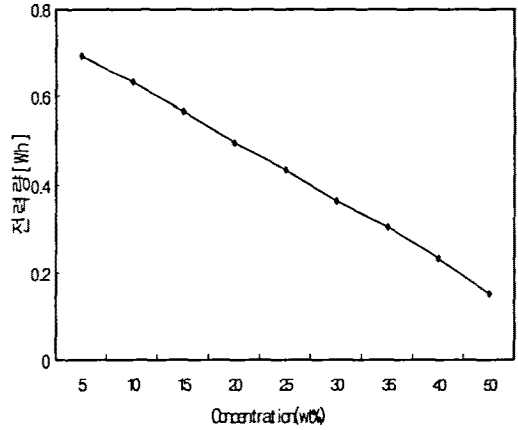


그림 5. 농도에 대한 전력량
Fig. 5. Electric power as a function of NaOH concentration

트륨 수용액의 농도가 5wt%에서 50wt% 내이고 두께가 0.16mm인 유리에서만 적용할 수 있다.

수용액의 농도를 높이면 일정 구간까지는 미세 구멍가공을 위한 인가전압을 낮출 수 있고, 가공시간도 줄일 수 있지만, 그 이상의 구간에서는 포화 상태에 이르게되어 더 이상 인가전압을 낮출 수 없지만, 전력량은 농도가 높아질수록 선형적으로 낮아지는 것을 알 수 있었다.

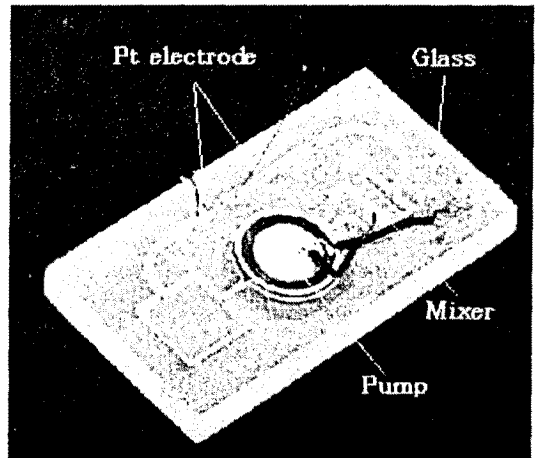


그림 6. 유체분석소자
Fig. 6. Liquid analyzer

그림 6에 본 기술을 적용하여 제작한 용액분석소자를 나타냈다. 용액분석소자는 용액을 저장하기

위한 챔버(chamber), 용액을 순환하기 위한 펌프(pump), 믹서(mixer) 및 용액 중의 이온 농도를 측정하기 위한 백금 전극으로 구성되어 있다. 용액분 석소자의 제작은, stereolithography 기술로 제작된 소자 본체 위에 0.16mm의 유리판을 접착하고, 유리판 위에 PZT disk를 접착하여 펌프를 제작한다. 백금 전극은, 전해 방전가공 기술을 이용하여 약 0.3mm의 두 개의 원형 구멍을 형성하고, 구멍을 통하여 백금선을 채널 내부로 삽입하여 제작할 수 있었다. 그 밖에도 유리판에 다수의 구멍의 배열 제작, 유체소자의 입구 및 출구 등 다양한 MEMS 구조물 제작에의 응용이 기대된다.

4. 결 론

본 논문에서는 전해 방전가공법을 이용하여 유리의 미세 구멍 가공을 안정적으로 실시하기 위한 방법에 대해 검토했다. 수산화나트륨 수용액의 농도, 인가 전압 및 전력량 등을 고려할 때, 미세 구멍 제작 시에, 인가전압은 25V에서 30V 사이에서, 수산화나트륨 수용액의 농도는 35wt%를 넘지 않는 한도 내에서 제작할 때 보다 효율적인 가공이 가능할 것으로 생각된다.

전해 방전가공을 이용한 유리의 미세 구멍 가공법은 유체소자 등 MEMS 구조물 제작에의 효과적인 응용이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2001-1-30400-003-1) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 이영태, "Stereolithography를 이용한 유체소자 제작", 제3회 MEMS학술대회 논문집, pp. 302-309, 2001.
- [2] 和田 敏忠, 永田富夫, 庄子習一, "電解放電 加工法 による ガラスの 穴加工條件の 検討", 電氣關係學會 東北支部連合大會.
- [3] 백인환, 김정석, 전언찬, 김남경, 최만성, 이득우, "공작기계-구동기구 및 설계원리-", 청문

각, pp. 56, 1999.

- [4] 고승진, "기계 공작법", 한빛지적소유권센터, pp. 552, 1999.