

유리 미세 구멍 가공을 위한 전해 방전 가공기 제작

The fabrication of electro-chemical discharge machine

for drilling microscopic glass hole

이왕훈*, 이영태**

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

Abstract

In this paper, we fabricated a electro-chemical discharge machine for drilling microscopic glass hole. In this research, we used a glass plate and NaOH solution. From the experimental result, we knew that the change of voltage wave was caused by drilling microscopic hole of glass using electro-chemical discharge method. So, we can give a function of the power auto stop to electro-chemical discharge machine with the change of voltage wave.

Key Words : Glass, Hole, Electro-chemical discharge, Power auto stop

1. 서 론²⁾

반도체 공정 기술을 중심으로 한 MEMS 기술이 비약적인 발전을 하고있지만, MEMS의 구조가 복잡해지면서 보다 고도의 가공 기술이 요구되고 있다.[1] 이러한 요구에 부응하기 위해 광범위한 가공 대상과 우수한 표면 거칠기를 가질 수 있고 비접촉 가공방식으로 정밀 가공에 적합한 미세 방전가공이 주목받고 있다.[2]

본 연구에서는 전해 방전가공법을 적용하여 유리에 미세한 구멍을 가공하는 실험을 했다.

전해 방전법을 이용한 유리의 미세 구멍 가공에 관한 연구는 일본의 동북대학에서 방전에 의한 고온의 방전열을 이용하여 유리에 미세 구멍을 가공

한 연구결과가 발표되어있다.[3]

본 논문에서는 이를 기반으로 하여 수산화나트륨 수용액 안에서 백금과 바늘의 두 전극에 직류(DC) 전압만을 사용하여 유리에 미세 구멍 가공을 하기 위한 전해 방전 가공기를 직접 설계, 제작하여 실험에 사용했다.

수산화나트륨 수용액의 wt%, 인가전압 및 가공 시간을 파라미터로 한 실험을 통해 안정적인 유리의 미세 구멍 제작에 적합한 조건을 찾아내고 전해 방전 가공시 발생하는 전압 파형의 변화를 이용하여 전원자동정지(Power auto stop) 기능을 가진 전해 방전 가공기의 제작이 가능했다.

본 논문을 통해 저전력, 저전압에 의한 전해 방전 가공의 MEMS 현장에서의 적극적인 적용과 실험에 사용된 전해 방전 가공기의 상품화 가능성을 모색한다.

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

** : 안동대학교 전기전자공학교육과

2. 전해 방전 가공

1928년에 발명이 된 방전가공은 1943년 구소련의

라자렌코 부부에 의해 경질금속에 구멍을 뚫는데 성공한 것이 오늘날의 방전가공의 기원이 되었으며, 공구의 회전이 불필요하여 임의의 복잡한 모양의 가공이 가능하며 동일한 목적의 초음파 가공에 비하여 가공 속도가 빠른 장점을 가지고 있다.[4]

전해방전가공은 기계공작의 정밀 가공에 쓰여지는 방법으로 가공액 속의 전극과 바늘 사이에 방전을 일으킴으로서, 이때 발생하는 방전열을 이용하여 피가공물을 가공하는 방법이다.[5]

2.1 전해 방전 가공기 제작

본 연구에서 제작한 전해 방전 가공기의 구조를 그림 1에 나타냈다.

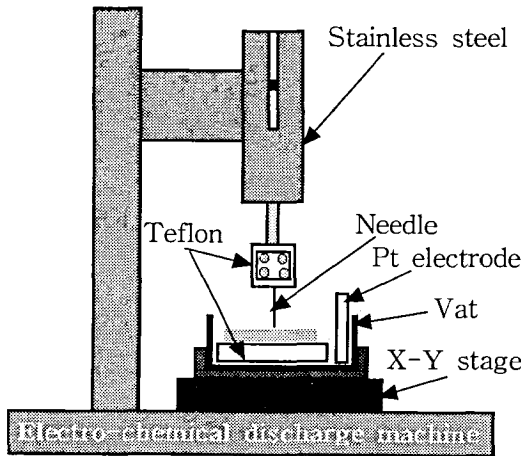


그림 1. 전해 방전 가공기 구조

Fig. 1. Structure of electro-chemical discharge machine

방전을 가급적 바늘 끝에 집중시키기 위해서 바늘 끝부분을 제외한 나머지 부분은 테프론(Teflon)으로 보호하여 외부와 차단시키고, 스테인리스스틸(stainless steel)로 제작된 지지대에 고정을 시킨다. 전극의 산화에 의한 저항 변화를 최소화하기 위해 기준 전극(reference electrode)으로 백금을 사용했다. 전원은 전원공급기(Power supply)를 직접 사용하여 DC전압을 인가해주고, x-y stage를 이용하여 유리에 미세 구멍 가공을 위한 위치조정(alignment)을 했다. 그림 2에 제작한 전해 방전 가공기를 나타냈

다.

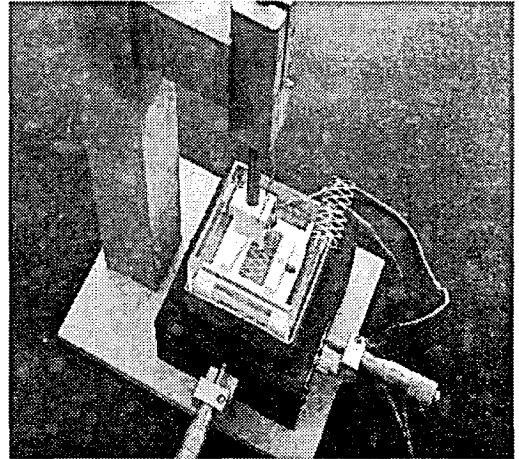


그림 2. 전해 방전 가공기 사진

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

2.2 전해 방전 가공 실험

전해 방전 가공액으로 사용된 수산화나트륨 수용액내에 백금 전극에는 (+)를 바늘에 (-)의 DC전압을 전원공급기(Power supply)로 직접 인가하고 피가공물로 일반 유리를 사용했다.

수산화나트륨 수용액의 wt%와 인가전압을 파라미터로 하여 각각의 파라미터들을 변화시키며 유리에 미세 구멍 가공 실험을 했다. 또한, 백금 전극과 바늘간의 전압의 변화를 디지털 오실로스코프를 이용하여 파형의 변화를 관찰했다.

3. 결과 및 고찰

실험은 수산화나트륨 수용액의 농도를 5wt%에서 50wt%까지, 인가전압은 방전가공에서는 비교적 저전압인 DC 10V에서 40V까지 변화시키면서 유리의 구멍 가공상태를 분석했다.

실험에서는 수산화나트륨 수용액의 wt% 농도가 높아질수록 미세 구멍이 생성되는 전압이 낮아지고 가공시간 또한 단축되었다. 특정 농도에서 두께 0.16mm의 일반 유리의 미세 구멍이 생성되는 전압 및 가공시간을 그림 3에 나타내었다.

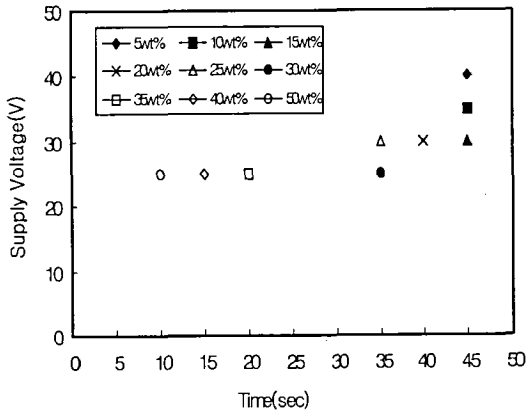
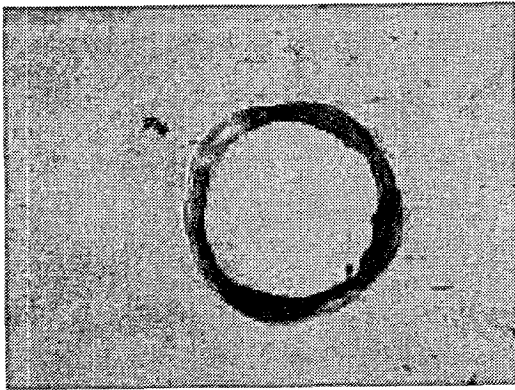
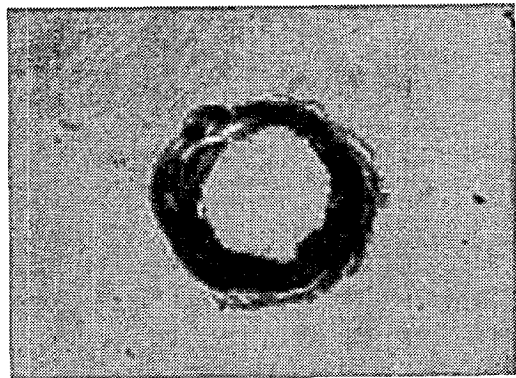


그림 3. 미세 구멍 생성 시점

Fig. 3. Hole creating time



(a)



(b)

그림 4. 유리의 미세 구멍 사진

Fig. 4. Photograph of the microscopic glass hole

특정 농도에서 전압과 가공시간을 증가시킬수록 생성되는 구멍의 지름이 커지며, 일정 전압 및 시간을 경과하면 구멍의 가공 면이 거칠어지고, 균열이 발생했다.

그림 4의 (a)는 유리의 안정적인 미세 구멍 가공이 이루어진 상태이고, (b)는 구멍에 균열이 발생한 모습을 나타내는 사진이다.

전해 방전에 의한 유리의 미세 구멍 가공시에 백금 전극과 바늘 양단에는 전압 파형의 변화가 발생했다. DC전압을 인가했음에도 불구하고 두 전극 사이에는 고주파 펄스형태의 파형이 나타났다. 이 변화된 전압 파형은 구멍 가공중과 가공 완료후의 변화폭에 차이가 있었다.

그림 5는 35wt%의 수산화나트륨 수용액에 DC 40V의 전압을 인가한 전해 방전 가공시 백금 전극과 바늘 양단의 전압 파형의 변화를 나타낸다. 전해 방전 가공에 의한 고주파 펄스형태의 전압 변화가 발생했다.

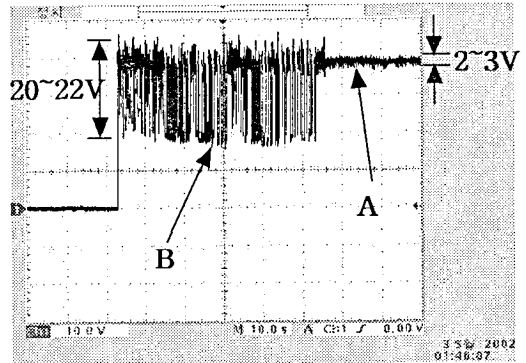


그림 5. 전해 방전에 의한 전압의 변화

Fig. 5. The change of voltage by electro-chemical discharge

그림 5의 결과로 유리 미세 구멍 가공 중에는 백금 전극과 바늘 양단의 전압 변화가 대략 20~22V 정도였고, 가공이 완료되면 2~3V의 변화폭을 보였다.

전해 방전 가공은 수산화나트륨 용액 속에서 가공이 이루어지기 때문에 방전이 일어나면 수산화나트륨 용액 내에 전기분해 현상이 일어나 바늘 끝에 고온의 열과 함께 기포가 발생한다. 전해 방전 중에는 통전 전류의 일부는 주울열로서 손실이 되기 때문에 많은 전류를 필요로 한다.[6]

실험에서는 최대 3A의 전류를 출력하는 저용량 전원 공급기(Power supply)를 사용하여 그림 5의 A 지점과 같은 전압의 변화가 나타났다. 또한 유리 미세 구멍 가공 중에 발생한 기포가 저항의 역할을 하게 되어 백금 전극과 바늘 양단의 전압강하를 일으키게 되어 그림 4의 B지점과 같이 전압의 변화 폭이 크게 발생했다. 이를 이용하여 인가 전원부분에 필터링(Filtering)을 이용한 시스템을 추가하여 전해 방전에 의한 유리 미세 구멍 가공 완료시 전원 자동 정지(Power auto stop) 기능을 가진 전해 방전 가공기를 제작할 수 있다.

본 연구에서 실험한 전해 방전법에 의한 유리 미세 구멍 가공 기술은 유리판에 다수의 구멍의 배열 제작 및 유체소자의 미소 채널 가공등 다양한 MEMS 구조물 제작에의 응용이 기대 된다.

4. 결 론

본 논문에서는 유리의 미세 구멍을 가공하기 위해 비교적 저전압에서 사용 가능한 전해 방전가공법을 이용하여 실험했다. 전해 방전 가공시 백금 전극과 바늘 양단에서 발생하는 전압 파형의 변화를 이용하여 유리 미세 구멍 가공 완료시 전원 자동 정지(Power auto stop) 기능을 가진 전해 방전 가공기의 제작이 가능했다.

본 연구에서 사용한 전원 자동 정지 기능을 가진 전해 방전 가공기는 유체소자 등 MEMS 구조물 제작에의 효과적인 응용과 상품화 가능성이 기대된다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] 이영태,서희돈, "Stereolithography 기술을 이용한 마이크로 펌프 제작", 센서학회지, 10권, 4호, p.232, 2001.
- [2] 최영식, "미세 방전가공에서의 가공 파라미터에 따른 가공특성에 관한 연구", 서울대학교 대학원 기계설계학과 석사학위 논문, 1998.

- [3] 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.
- [4] 고승진, "기계 공작법", 한빛지적소유권센터, p. 552, 1999.
- [5] 백인환,김정석,전연찬,김남경,최만성,이득우, "공작기계-구동기구 및 설계원리-", 청문각, p. 56, 1999.
- [6] 지철근, "電氣應用", 문운당, p.424, 1987