# 방전 가공의 기초적 연구

## (A Basic Study on Electrical Discharge Machining)

김 해종*, 마 대영, 김 상현
(Hae-Jong Kim*, Dae Young Ma, Sang-Hyun Kim)

경상 대학교 공과대학 전기 공학과
Department of Electrical Engineering,
Gyeongsang University

**Abstract**

In this paper, we will report on the effect of the pointed end shape of an electrode, discharge energy, pulse width and discharge current on machining characteristics. The results obtained are as follows:

1) As the discharge energy increases, the diameter and the depth of the discharged crater becomes larger and deeper.
2) The discharge energy is not constant during discharge but varies depending on the pointed end shape of the electrode.
3) The shape of crater depends on the pulse width and discharge current.

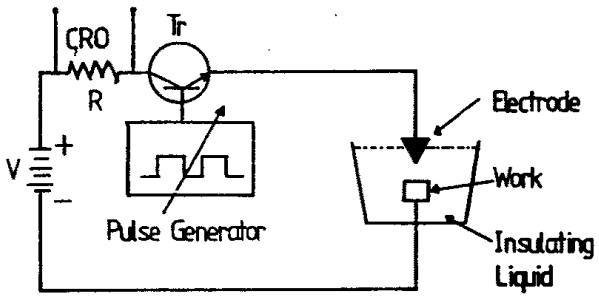
## 1. 서론

방전 가공기는[1)-3)] 절연성 액체중에 전극과 피가공물을 넣고 지극히 짧은 전극간격(수10 ㎛ )에서 발생하는 전기적인 arc 방전의 수천℃ 의 열에너지를 이용하여 가공하는 소모 가공기로 형조 방전기와 와이어컷 방전가공기가 있다.

이와같은 방전가공기의 연구는 1970년대 이래 스위스, 일본, 독일을 중심으로 본격적인 연구[4)-6)]가 진행 되어 최근에는 가공속도 300㎟/min, 가공 정밀도 ±1-2㎛ 정도가 혁신적인 향상을 이루고있는 실정이다. 그러나 국내의 경우는 외국에서 도입한 댓수도 많지 않으며 국산화는 거의 불모지 상태를 면치 못하고 있다.

한편 방전 가공기에 있어서는 정밀도 향상과 비용절감, 더우기 가공속도의 향상과 운전상의 안전성을 위하여는 방전 가공기의 심장인 전기적인 방전(discharge) 특히 arc 방전 기술의 확립 및 이것을 지지하는 재료의 개발이 요구되고 있다.

본 연구는 이와같은 관점에서 방전 가공의 기초 연구로서 가공액에 역극성을 가한 경우의 단발방전 특성과 가공면의 형상 등의 관계를 실험적으로 검토한 결과를 보고한다.

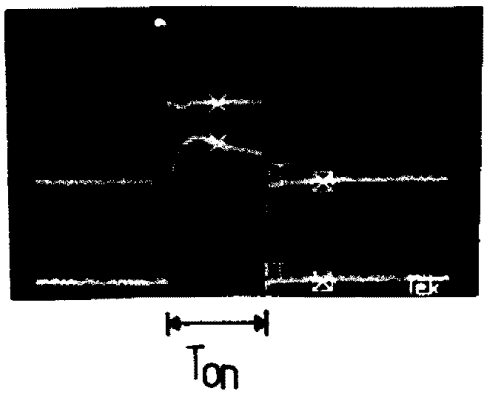



그 림 1. 실 험 장 치

Fig. 1. Experimental apparatus

## 2. 실험장치 및 방법

그림1에 실험장치의 개요를 표시한다. 가공전원은 대전력용 트랜지스터의 통전시간을 펄스발진기로 제어하여 스윗칭하고 직류전원을 단속하는 가공회로로 방형파전류를 전극간에 공급한다. 가공직류전압(V)170(v), 방전전류(Ip)는 80-400(A), 방전시간(Ton)은 50-1000(μs)을 가변하여 사용하였으며 이때의 방전전압, 전류파형은 storage oscilloscope (Tektronix 2230, Tektronix社)로 관측하였다. 그림2는 방전전압과 전류를 동시에 관측한 예를 표시한다. 또한 방전 에너지는 storage oscilloscope로 관측된 방전 전류, 방전전압과 방전 시간의 곱으로 구했다.




그 림 2. 방전 전압, 전류 파형

Fig. 2. Voltage and current wave

전극으로서는 철-니켈의 침전극(곡률반경 :30°, 직경:0.8mm)을사용하였으며, 전극 극성은 정극성(공작물에 정극성), 역극성(공작물에 부극성)으로 하였다. 전극계의 배치는 침전극이 상, 공작물이 하로 되는 수평배치이며 전극 간격의 조정은 마이크로메타(micrometer)(오차:±1μm)에 의하여 영점을 구한 후 전극 간격을 일정한 거리로(5μm) 유지시켰다. 공작물로서는 스테인레스강 평판전극을 사용 하였으며, 공작물의 표면은 입자 크기가 1.0μm, 0.3μm, 0.05μm인 알루미나($Al_2O_3$) 분말과 다이아몬드 페스트(3.1μm) 연마액에 의해 차례로 연마기에서 polishing을 한후 아세톤에 넣어서 5분간 초음파 세척하고 건조시켰다. 이때의 표면조도는 $R_{max}$=0.094μm이다.

또한 단발 방전후의 공작물 표면의 방전 흔적의 단면 형상은 전자현미경(SEM, JSM6400, Jeol社)(그림3), 촉침식표면조도계(Surfatest 402, Mitutoyo社)및 비접촉식표면조도계(Nano-surf 488, S.A.S社)로 관측 하였으며 이때 방전흔적의 깊이를 $h_1$, 높이를 $h_2$, 직경을 D로 했다.

가공액으로서는 krosene油, 탈이온수등을 사용하였다.

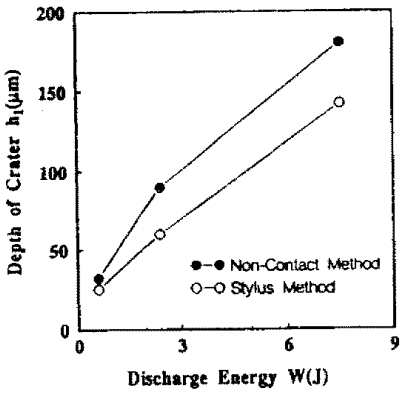
그 림 3. 방 전 흔 적

Fig. 3. Discharge crater

## 3. 실험결과 및 고찰

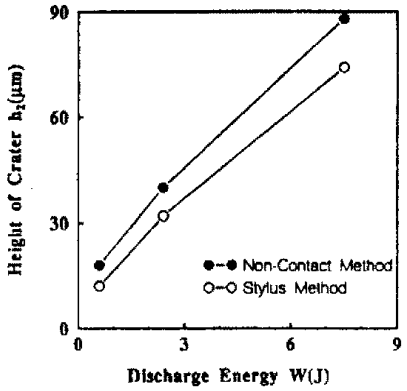
그림4에 방전횟수 N=1인 경우 단발방전 흔적의 깊이 $h_1$(μm)을 촉침식 및 비 접촉식 표면 조도계에 의해 비교 측정한 결과를 표시한다. 어느 경우에나 방전 에너지의 증가에 따라 $h_1$은 증가하나, 비 접촉식 표면 조도계에 의한 측정 결과가 촉침식 표면 조도계의 경우보다 약 1.5배 큼을 알 수 있다. 또한 동일한 방식으로 단발 방전의 높이$h_2$(μm)를 측정 비교하면(그림5) 비 접촉식의 경우가 약 1.3배를 나타내며 방전 흔적의 직경 D(mm)의 경우는 측정 방법에 의한 차이가 없어 측정 결과가 거의 일치한다.

이것은 비 접촉식 표면 조도계의 경우는 빛이 방전 흔적의 중앙부를 통과하여 최대치를 표시하는 반면에 촉침식의 경우는 촉침(곡률반경 10μm)의 통과단면 현상에 따라 반드시 최대치를 표시하지 못하기 때문 이라고 생각된다. 따라서 본 연구는 번잡을 피하기 위하여 비 접촉식 표면 조도계에 의한 측정치 만을 사용한다.




그 림 4. 촉침식 및 비 접촉식에 의한 방전흔적 깊이($h_1$) 비교

Fig. 4. Depth of crater $h_1$ by stylus and non-contact method



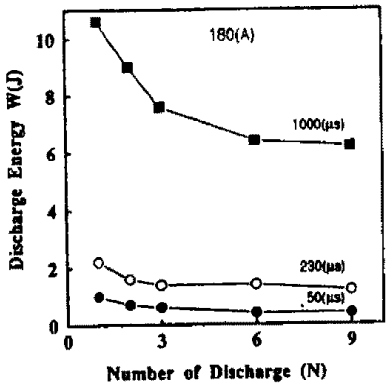

그 림 5. 촉침식 및 비 접촉식에 의한 방전흔적 높이($h_2$) 비교

Fig. 5. Height of crater $h_2$ by stylus and non-contact method

그림6은 Kerosene油에 전극간격 5μm, 방전전류180(A)로 일정히 하고 방전시간($T_{on}$)을 변화한 경우의 방전 에너지의 방전횟수(N) 의존성을 표시한다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 방전 횟수가 증가함에 따라 방전 에너지는 감소하며 N=6회 이후는 거의 일정한 경향을 나타내며 방전 시간이 큰 경우 특히 현저하다.

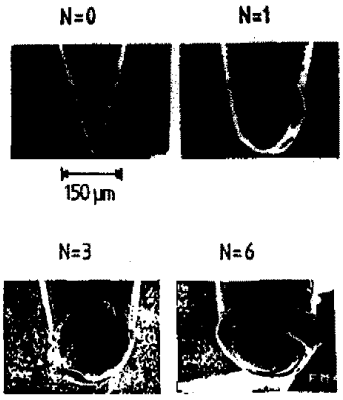
한편 방전 횟수에 따른 침 전극의 선단 형상을 전자 현미경으로 관측한 결과를 그림7에 표시한다. 방전 횟수의 증가에 따라 침전극 선단의 면적이 증가함과 더불어 침전극 선단부의 손상 흔적 및 융기가 증가 하는 것을 알 수 있다. 이때 각 방전 횟수의 변화에 따른 방전 전압(V)을 측정하면 방전 횟수의 증가에 따라 감소 하고 있다.

따라서 그림6과 결부하여 고찰하면 방전 횟수의 증가에 따라 전극의 결함이 증가하며 방전 전압이 감소하고 이에따라 방전 에너지가 감소하는 경향이 나타남을 알 수 있다.




그 림 6. 방전 에너지의 방전횟수 의존성

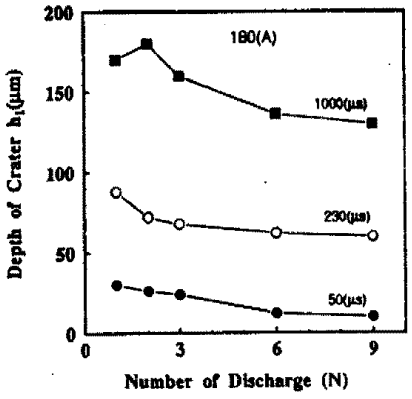
Fig. 6. Dependence on the discharge number of discharge energy




그 림 7. 방전 횟수에 의한 전극 선단 형상

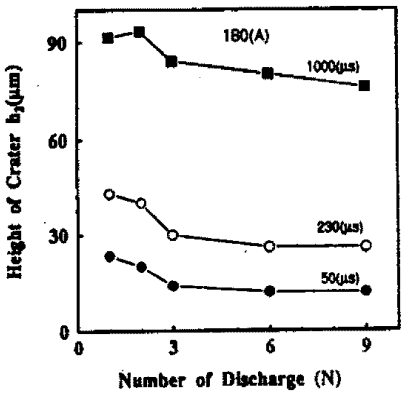
Fig. 7. The end shape of the electrode by number of discharge

그림8, 9, 10은 각각 그림6과 동일한 상태 에서의 방전 흔적의 깊이$h_1$(μm), 높이$h_2$(μm) 및 직경D(mm)의 방전 횟수 의존성을 표시한다. 어느 경우에나 방전 횟수의 증가에 따라 감소함을 알 수 있다. 그러나 방전 에너지가 큰 경우에 초기 방전(N=1, 2회)에서는 큰 오차가 발생하고 있으며 이러한 현상은 이상방전에 의한 가능성으로 현재 검토중이다.



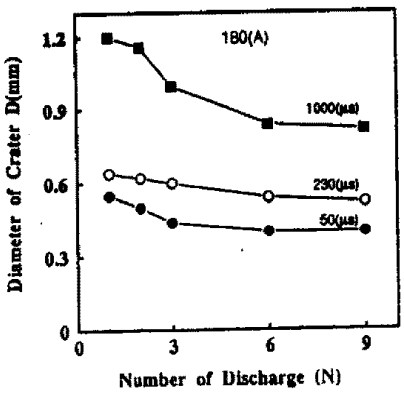

그 림 8.방전흔적 깊이의 방전 횟수 의존성

Fig. 8. Dependence on the discharge number of crater $h_1$




그 림 9.방전흔적 높이의 방전 횟수 의존성

Fig. 9.Dependence on the discharge number of crater $h_2$




그 림 10.방전흔적 직경의 방전 횟수 의존성

Fig. 10.Dependence on the discharge number of crater D

또한 동일한 상태 에서의 방전 흔적의 형상을 관찰하면 방전 시간이 작은 경우는 단순한 원형의 형상을 이루나 방전 시간이 증가 함에 따라 찌그러진 원형을 형성한다. 이것은 방전이 동시에 수개소에서 분산하여 발생한 것으로 생각된다.

## 4.결 론

본 연구는 방전 가공에 대한 기초적인 연구로서 방전 횟수에 따른 방전 흔적에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 방전 횟수가 증가함에 따라 방전 에너지는 감소한다.

(2) 방전 흔적의 직경.깊이.높이는 방전 에너지에 의존한다.

(3) 방전 에너지가 큰 초기방전(N=1,2회)에서는 이상 방전으로 인해 오차가 크다.

(4) 방전 시간이 증가 함에 따라 방전 흔적의 형상은 찌그러진 원형으로 되어진다.

## 5.참 고 문 헌

1)創藤長男: "최근의 전기 가공기술(1)", 일본 기계의 연구, Vol. 29, pp. 689-697, 1977.

2)J D. Cobine and E .E .Burger:"Analysis of Electrode Phenomena in the High Current Arc" ,Jour.of Apply. Phys, Vol. 26, pp.895 - 900, 1955.

3)유 제 구: "방전가공", 대광서림,1985.

4)創藤長男: "放電加工メカニズム", 精密機械 Vol. 29, No.10, 1963.

5)田中餅次: "Wire 방전가공기의 활용법" (기술 평론사), 1982.

6)向山芳世,緒方勳,日原正彦: "방전 가공의 응력 분포에 관한 연구", 일본 가공학회지, Vol.1, pp.20 - 41, 1980.