

## 고압 O<sub>2</sub> 가스를 이용한 기체 미세방전가공의 특성 평가

유병한\*, 민병권, 이상조(연세대 기계공학부)

### The Characteristic Evaluations of Oxygen Gas Assisted Dry Micro Electrical Discharge Machining

B. H. Yoo\*, B.-K. Min, S. J. Lee (School of mechanical engineering, Yonsei University)

#### ABSTRACT

Generally, the kerosene or the deionized water has been used for dielectric fluid in the electrical discharge machining. The spark occurs when the voltage is over the breakdown voltage and induces high temperature. In this study, the Oxygen gas is used as the dielectric. The voltage behavior in the dry Micro Electrical discharge machining is compared with that of the conventional Micro Electrical discharge machining. The dry Micro EDM has some advantages. The electrode wear is very smaller than that of the conventional Micro EDM. The contamination in the dry Micro EDM can be drastically reduced comparing to that of the conventional Micro EDM. The Oxygen gas can be replaced as the dielectric successfully.

**Key Words** : Electrical discharge machining (방전가공), Oxygen gas (산소 가스), Dielectric fluid (절연액), Electrode wear (전극 마모),

#### 1. 서론

현재의 미세방전 가공에는 일반적으로 케로신(kerosene)과 탈이온수(Deionized water)가 절연 액으로 사용되고 있다. 미세방전 가공 중에 절연 액은 전극과 공작물 사이에 공급되어 두 도체 사이에 전류가 흐르는 것을 차단하고 절연 파괴전압 이상에서 방전 현상이 발생할 수 있도록 환경을 만들어주는 역할을 한다.

본 연구에서는 절연액으로 쓰이는 케로신이나 탈이온수를 대신하여 고압의 산소 가스를 절연 가스로 이용한 기체 미세 방전가공(Dry micro electrical discharge machining)을 실시 하였다. 기체 미세 방전가공과 기존의 절연액을 이용한 미세방전가공을 이용하여 구멍 가공을 해봄으로써, 기체 미세 방전가공법이 가지는 특성을 비교하였다.

본 연구에서는 전극과 공작물이 대기 중에 노출된 상태에서 고압의 산소 가스(Oxygen gas)를 사용한다. 따라서, 효율적인 절연효과를 위하여 중실축 타입의 전극이 아닌 중공축 타입의 전극을 사용하였으며, 전극의 중앙에 고압의 산소가스를 일정하게 공급해 줄 수 있도록 하는 장비를 구성하였다.

탈 이온수를 이용한 방전 가공과 산소가스를 이

용한 방전 가공에서 전극과 공작물의 전압차를 비교하여 기체 방전가공의 특성을 평가 하였다. 그리고, 산소가스의 절연 효과를 탈이온수와 비교하여 절연 가스로의 이용가능성을 타진하였다. 또한, 기존의 탈이온수를 이용한 방전가공과의 차이점에서 생기는 문제점을 검토하였으며, 실험 장치의 개선을 통하여 이를 해결하였다.

#### 2. 실험 장치 구성

##### 2.1 기체 미세 방전 가공기

본 연구에서 구성한 기체 방전 가공기의 구조를 살펴보면, 산소 가스 연결 장치를 제외한 부분들은 기존의 미세 방전 가공기와 같다. 실험에 사용된 장치는 본래 절연액으로 사용되었던 탈이온수 대신 산소 가스를 사용하기 위해 절연액 탱크를 기존의 방전 가공기로 부터 제거 하고 고압의 산소 가스 공급 부를 절연액 라인이 연결되었던 부분으로 연결하여 Fig.1 과 같이 실험장치를 구성하였다. Fig.2 는 실제 산소가스를 이용한 기체 미세 방전 가공 공정을 보여주고 있다. 산소 가스 출구부에 부착된 압력 게이지를 통하여 전극을 통해 공급되는 산소 가스의 공급량을 일정하게 유지하도록 조절 하였다

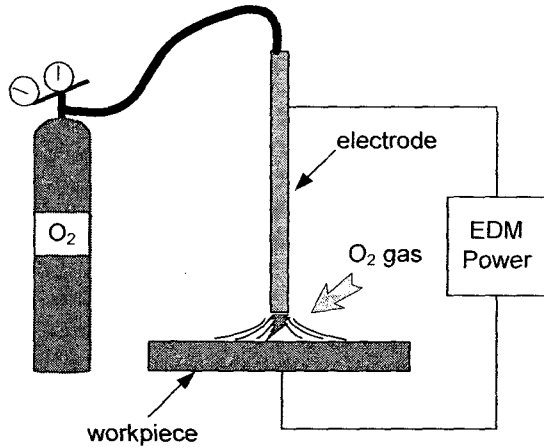


Fig.1 schematic diagram of Dry Micro EDM

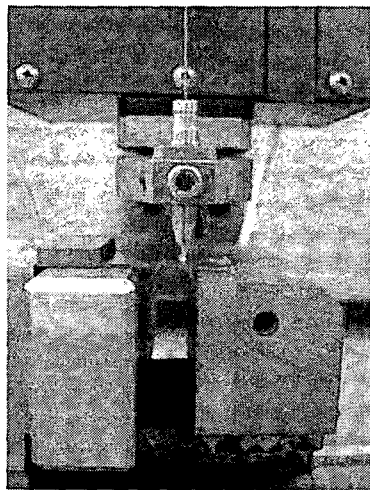


Fig.2 Dry Micro Electrical Discharge Machining

## 2.2 전극의 가공

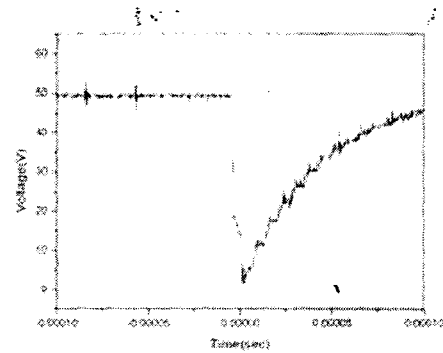
본 연구에서는, 탈이온수를 절연액으로 사용하여 가공에 이용하였을 경우에는 탈이온수가 전극의 중심을 통과하여 발생하는 전극의 회전 공차는 공작물과 근접해 있는 전극 가이드를 통해 줄여 줄 수 있었다. 그러나, 산소가스를 절연가스의 높은 압력으로 인해 전극을 통과 시켰을 경우 가공 정밀도에 큰 영향을 미치는 회전공차가 전극 가이드를 통해 보정을 하였음에도 불구하고 전극 끝단에서  $\pm 0.2\text{mm}$ 의 범위에서 발생하였다. 마이크로 미터 단위의 가공영역에서 이 정도의 오차는 공차 범위를 벗어나는 범위이기 때문에 반드시 보완 되어야 하는 부분이다. 이 문제점은 사용되는 중공축 타입 전극의 길이를 짧게 가공하여 사용함으로써 회전공차

를 공차 범위 안으로 줄여 해결할 수 있었다.

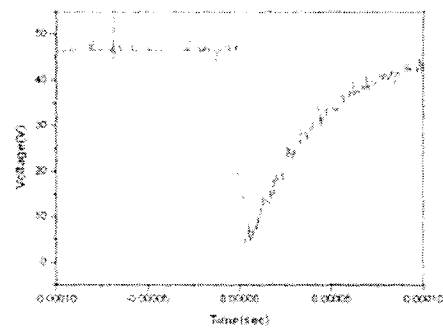
## 3. 결과

### 3.1 방전 파형 비교 분석

방전 가공을 통해 재료가 제거 되는 과정에서 방전이 일어나 전류가 흐르는 것과 마찬가지로, 전류를 끊어주는 절연 과정 역시 재료 제거에서 중요한 역할을 한다. 절연 과정에서 용융된 물질 중 재료에서 떨어져 나온 부분은 응고되어 칩으로 발생되고 떨어져 나오지 못한 부분은 응고되어 크레이터 형상으로 남게 된다. 전극과 공작물 간에 절연이 다시 회복 되어야 방전을 통해 재료를 제거할 수 있다. 이러한 과정의 반복을 통해 재료는 사용자가



(a) Oxygen gas as dielectric



(b) Deionized water as dielectric

Fig.3 Voltage behavior between the electrode and the workpiece according to dielectric fluid materials

원하는 형상으로 가공이 이루어지게 된다. 고압 산소 가스를 절연 가스로 사용하는 경우와 기존의 방

식인 탈이온수를 절연액으로 사용했을 경우를 비교하여, 산소가스의 절연 특성을 확인 하였다.

Fig.3 의 (a)는 산소 가스를, (b)는 탈이온수를 절연 물질로 사용했을 경우의 전압 파형을 나타내고 있다. Fig.3 의 두가지 결과를 비교하기 위해 하나의 평면에 나타낸 그림이 Fig.4 이다. 실선으로 나타낸 파형은 산소가스를 사용했을 때 나타낸 파형이며, 점선으로 나타낸 파형은 탈이온수를 사용했을 때 나타낸 전압 파형이다. 절연 성능은 전극과 공작물 사이에 인가된 전압에서 절연파괴로 인하여 전압이 급강하 하는 부분을 통하여 판단 할 수 있다. Fig.4 의 a 부분에서 보는 바와 같이 방전 현상이 발생하여 전압강하가 발생한 후 다시 상승하는 부분까지, 즉, b 영역을 살펴보면, 두가지 경우 모두 거의 일치하는 경로를 보여주고 있다. 즉, 산소 가스와 탈이온수의 절연 성능에는 차이가 없음을 이를 통해 파악할 수 있다. 전압강하가 발생한 후 다시 전압이 절연 파괴 전압으로 상승하는 단계에서는 방전 가공기의 파워 서플라이의 특성에 따르는 부분이기 때문에 두가지 경우 모두 차이가 없다.

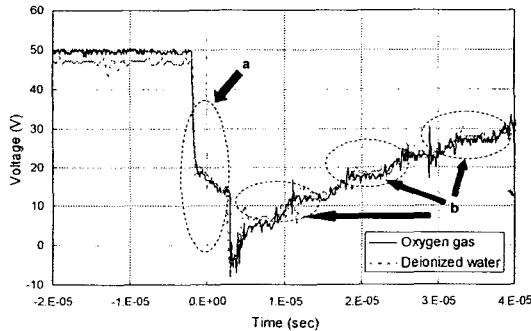


Fig.4 Comparison between the deionized water EDM and the oxygen gas EDM

### 3.2 전극의 마모

탈이온수를 사용한 방전 가공과 산소 가스를 이용한 방전가공에서 발생하는 전극의 마모율에 대하여 알아보았다. 탈이온수를 사용하였을 경우 축 이송량의 약 40%가 전극의 마모로 발생되었지만, 산소가스를 사용하였을 경우 전극의 마모가 1% 내외로 발생하였다. 탈이온수를 이용한 방전 가공에서와는 달리 기체 방전 가공에서는 전극의 마모가 거의 발생하지 않았다.

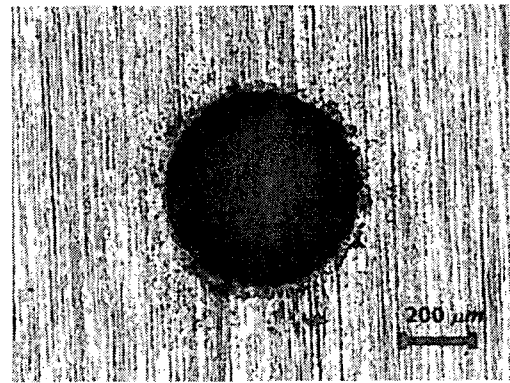
산소가스를 이용한 방전 가공에서 전극의 마모가 억제 되는 것은 사용된 전극의 끝 단에 가공 중 제거된 공작물의 칩들이 부착 되는 현상이 발생하여 부착된 칩들이 전극이 마모되는 것을 막아 주는 역할을 하게 된다. 이는 구멍 가공 후 전극 끝단에

부착되어있는 공작물의 칩(debris)들로 인해 회색 빛을 띠게 되는데 이를 통해 부착 현상을 확인할 수 있다. 공작물의 칩은 가공이 끝나는 순간까지 끊임 없이 발생하여 부착 되는 현상이 반복되고, 전극의 마모는 전극에 부착된 칩들에서 발생되기 때문에, 전극의 마모는 거의 발생하지 않게 된다.

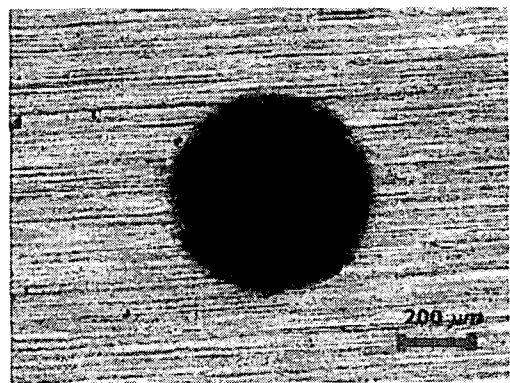
### 3.3 구멍 가공

홀 가공을 통하여 기체 미세 방전가공의 가공 특성을 알아보았다. 아래의 Fig.5 는 산소가스를 이용하여 방전 가공된 홀과 탈이온수를 이용하여 방전 가공된 홀을 보여주고 있다. 두가지 실험 모두 400  $\mu\text{m}$  직경의 파이프 전극을 사용하였으며, 두께 2mm의 SKD11 을 가공하였다.

Fig.5 의 결과에서 보는 바와 같이 산소가스를 이용하여 가공된 구멍과 탈이온수를 이용하여 가공



(a) Machined hole with Oxygen gas



(b) Machined hole with D.I water

Fig.5 Machined holes in two cases

된 구멍에는 직경이나 진원도에서 차이가 없음을 알 수 있다. 방전 가공에서 발생하는 오버컷의 효

과 또한 두가지 경우 모두 나타났으나, 그 양의 차이는 나타나지 않았다. 그러나, 산소가스를 사용한 방전 가공의 경우 가공 중 생성된 부산물(debris)들이 충분히 제거 되지 못하고 가공 물 표면에 남아 Fig.5 의 (a)에서 보는 바와 같이 높은 열로 인해 부산물들이 산화되어 표면에 검게 남아 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

고압의 산소가스를 사용한 방전가공을 기존의 탈이온수를 사용한 방전가공과 비교하여 특성을 알아 보았다. 전압 파형 비교를 통해 산소 가스의 절연 특성이 탈이온수의 절연 성능과 차이가 없음을 알 수 있었다. 직경 400  $\mu\text{m}$ 의 구리 전극을 이용하여 SKD11 재질의 2mm 두께 샘플에 구멍가공을 해봄으로써 확인할 수 있었다. 전극의 마모문제는 공작물 칩의 부착 현상으로 인해 탈이온수를 이용한 기존의 방전 가공법에 비해 거의 발생하지 않았다. 이는 방전 가공을 3 차원 방전 밀링 가공에 적용하는 데에 있어서 기존의 방전가공에서 문제점으로 제시되어왔던 전극의 마모문제를 고려하지 않게 되어 큰 장점으로 제시 될 수 있다. 기체 미세 방전 가공은 절연액으로 고압의 산소가스를 사용하였기 때문에, 별도의 절연액 순환장치가 필요하지 않으므로 구조가 간단해 지며, 가스이기 때문에 공작물이 절연액에 의해 젖지 않게 된다. 또한, 가스만을 사용하기 때문에 절연액의 오염을 방지 할 수 있어 환경오염의 문제를 기존의 방전가공에 비해 줄일 수 있는 장점이 있다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부의 산업기술개발 조성사업인 마이크로 나노 접선 가공 구축기반 사업단의 지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. Masanori Kunieda, Masahiro Yoshida, High Speed Electrical Discharge Machining in Gas? Annals of the CIRP, Vol. 46, pp. 143 - 146, 1997.
2. M. Kunieda, Y. Miyoshi, T. Takaya, N. Nakajima, Yu ZhanBo, M. Yoshida, High Speed 3D Milling by Dry EDM? Annals of the CIRP, Vol. 52, pp. 147 -150, 2003

3. ZhanBo Yu, Takahashi Jun, Kunieda Masanori. High speed electrical discharge machining of cemented carbide? J Materials Processing Technology 149(2004) 353-357
4. M. Kunieda, S.Furuoya, Improvement of EDM Efficiency by Supplying Oxygen Gas into Gap? Annals of the CIRP, Vol. 40/1, pp. 215-218, 1991