

# 방전가공기의 효율적인 아크 검출과 제어방법

박양재

가천대학교 컴퓨터공학과 교수

## Efficient Arc Detection and Control Method in Electro-discharge Machining

Yang-Jae Park

Dept.of Computer Engineering, Gachon University Professor

요 약 방전 현상을 에너지로 이용하여 금속을 가공하는, 특히 초경 및 난삭 소재의 가공과 정밀가공에 효과적인 방전가공 시 빠른 가공속도와 향상된 정밀도 및 면조도를 달성하기 위하여 효율적인 아크의 검출과 제어방법에 대해 연구하였다. 단일 방전 파형을 Td(Time-Delay), Ton(Time-on), Toff(Time-off)의 세 가지 구간으로 나누어 HDL 언어를 이용하여 게이트 제어 타이밍을 시뮬레이션 하고, 실제 방전가공기에 적용하여 파형을 실측하였으며, 비교기 회로를 통한 Td 구간의 샘플링을 통해 서보기구의 동작을 결정함으로써 전극과 가공물 간의 간격 제어와 가공 결과에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과 형성되는 파형의 Td 구간을 보다 정밀하게 고속으로 샘플링하여 이를 토대로 전극과 가공물 간의 gap 제어에 적용하였을 때 보다 향상된 결과를 나타내었다.

주제어 : 방전, 방전가공, 아크 검출, 아크 제어, Gap 제어, 펄스 샘플링

**Abstract** In this paper, propose an efficient arc detection and control method to achieve fast machining speed, improved precision and surface roughness in discharge machining, especially for carbide and hard material processing and metal processing using discharge phenomenon as energy. A single discharge waveform is divided into three sections of Td (Time-Delay), Ton (Time-on) and Toff (Time-off) and the gate control timing is simulated using the HDL language. In this paper, we analyze the effect of the gap between the electrode and the workpiece on the machining results by determining the operation of the servo mechanism by sampling the Td section through the comparator circuit. As a result of the analysis, the Td section of the formed waveform was more precisely sampled at a high speed and the results were improved when applied to the gap control between the electrode and the workpiece.

**Key Words** : Discharge, EDM, Arc Detection, Arc Controlling, Gap Controlling, Pulse Sampling

### 1. 서론

방전현상을 에너지로 이용하여 금속을 가공하는 기술은 초기에는 금속의 구멍을 뚫는 작업에서 시작하여 전자제어 기술과 반도체 기술의 혁신으로 오늘날 금형가공, 전자공업, 우주항공 등 산업전반에 다양하게 적용되고

있다. 방전가공 기술은 내열재료, 형상가공, 절단, 고경도 금속재료, 비철금속 재료 등에 많이 적용되고 있다.

정밀방전가공 기술은 단발 방전 에너지의 극소화, 정확한 위치설정, 방전 주기의 제어 기술이 필요하며, 제품의 형상이 성형되는 각 부위의 치수가 마이크로미터 단위에 이르는 3차원 금형을 가공하는 기술로 재료의 강성

\*Corresponding Author : Yang-Jae Park(parkyj@gachon.ac.kr)

Received October 31, 2018

Accepted December 20, 2018

Revised December 3, 2018

Published December 28, 2018

과 다양한 모양을 지닌 3차원 금형을 쉽게 가공할 수 있는 장점이 있다[1,2].

본 연구는 방전가공의 많은 가공변수 중에서 아크 파형을 더욱 세분화하여 검출하고, 이를 토대로 가공 각각의 단계에서 변화하는 파형의 상태에 따라 선택적으로 검출 조건을 적용하고, 이를 이용한 FPGA기반의 게이트 제어를 통해 가공효율 및 품질을 극대화하는 최적화된 Gap 제어를 실현할 수 있도록 실험을 통하여 연구 및 검증하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 방전현상

인공적으로 플라즈마를 생성하기 위해서 기체의 이온화가 필요하다. 형광등과 같이 봉인된 유리관 안에 기체를 넣고 전기장을 인가하여 이온화 시키면 플라즈마가 발생된다. 발생된 플라즈마를 필요에 따라 유지를 제어할 수 있어야 사용이 가능해진다. 플라즈마 상태를 유지하는데 필수적인 것은 전자의 가속과 적당한 압력이다.

전자의 충돌 에너지로 이온화 시키기 때문에 필수조건으로 전자를 가속 시키는 충분한 전기장이 공급되어야 한다. 이온화에 필요한 에너지는 Table 1과 같이 각각의 원소마다 다르기 때문에 기체의 종류에 따라 선택되어야 한다[3].

Table 1. Ionization energy of several elements

The name of element	Ionization energy [eV]
Helium(He)	24.5
Argon(Ar)	15.8
Nitrogen(N)	14.5
Chromium(Cr)	6.8
Neon(Ne)	15.7
Krypton(Kr)	14.0
Xenon(Xe)	12.2
Oxygen(O)	13.6
Tantalum(Ta)	7.9

방전 현상은 Fig. 1과 같은 방전 회로에서 전극과 가공물에 서로 다른 극성의 전기를 인가하고 전압을 0[V]에서부터 점진적으로 증가시키면 처음에는 아주 작은 전류만 흐르다가 어느 순간에 전압이 높아지면 전류는 거의 일정하게 흐르게 되며 계속 전압을 올리면 방전이 발생된다.

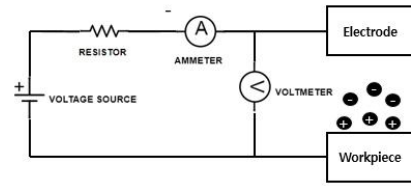


Fig. 1. Discharge circuit

### 2.2. 방전의 종류

방전은 가공의 목적형상을 띄는 전극과 가공 대상이 되는 가공물(이하 두 전극) 간의 일정한 간격을 유지하고 전류를 가할 때, 초기 상태가 되는 (1)암류, 간극의 거리에 의해 유지되는 절연이 일부 파괴되는 특정 전압에 이르렀을 때의 상태를 (2)코로나 방전, 전압이 더욱 상승하여 금속 중의 자유전자가 더욱 강하게 끌려 나와 이동속도가 빨라지고 이온이 급격히 증가함에 따라 전류가 크게 상승하며 완전한 절연 파괴가 이루어지는 (3)불꽃방전, 이 상태가 지나고 일정한 전류가 정상적으로 지속되는 (4)아크방전의 네 가지 상태로 크게 나누어진다. 방전가공 시 실제로 가공물에 직접적인 에너지를 전달하여 크리에이터를 형성하는 방전은 (3)불꽃방전과 (4)아크방전이다[4,5].

### 2.3. 파형의 구분 및 가공 상태에 따른 형성

방전가공 시 나타나는 파형의 구간은 크게 네 가지로 구분되는데, 두 전극 간의 전압을 인가하는 TR(FET) Gate 신호의 인가를 의미하는  $T_i$ , 단락을 의미하는  $T_{off}$ . 그리고 전극 간의 거리(Gap)에 따라 결정되는  $T_d$ , 불꽃방전과 아크방전이 이루어지는 구간인  $T_{on}$ 으로 구분된다.

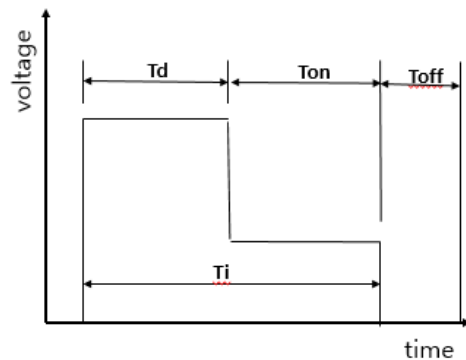


Fig. 2. Normal state of discharge wave

정상적인 가공 상태에서의 파형은 Fig. 2와 같이  $T_d$ ,  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ 의 구간이 비교적 명확하게 구분되며,  $T_d$ 와  $T_{on}$ 의 구간을 합쳐  $T_i$ 로 정의한다[6,7].

방전가공 시 사전 결정(가공물의 종류 및 황삭, 정삭의 구분, 유도하고자 하는 면조도에 따라)되어야 하는 파라미터는 크게 가공 전압, 가공 전류,  $T_{on}$ ,  $T_{off}$  (uSec, 마이크로초 단위)로 나누어진다.

일반적으로 가공 전압과 가공 전류는 소재의 특성과 가공하고자 하는 속도에 따라 비교적 정적으로 설정하고, 단발 방전의 생성 이후 에너지를 전달하는 주기인  $T_{on}$ 과 그 후 절연을 회복하여 두 전극 간의 간격을 회복하는데 필요한 주기인  $T_{off}$ 는 매 상황에 따라 비교적 동적으로 설정한다. 이러한 파라미터들이 가공에 적합하게 설정되지 않는 경우, Fig. 3과 같이 비정상적인 파형의 형태로 나타날 수 있는데, (1)두 전극간의 간격( $T_d$ , 절연)이 회복되지 않고 펄스가 인가되는 상태, (2)두 전극간의 간격이 너무 넓게 형성되어 아크가 발생하지 않는 오픈회로 상태, (3)두 전극이 밀착하여 쇼트인 상태로 나타난다.

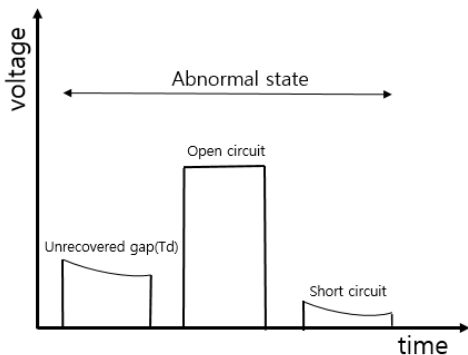


Fig. 3. Abnormal state of discharge wave

### 3. 아크의 검출과 제어

앞선 장에서 방전의 종류를 크게 네 가지로 구분하였다[8]. 그 중, 방전가공에서 가공성과 품질에 직접적인 영향을 미치는 두 전극의 간격을 최적으로 제어하기 위해서는 압류, 코로나, 불꽃방전의 세 단계로 구성되는  $T_d$  구간의 정밀한 검출이 필요하다. 이를 통해 아크방전 단계인  $T_{on}$ 의 정확한 시간 제어가 가능하여 각각의 방전 펄스마다 가공물에 대한 일정한 에너지 전달이 가능해진다[8-10].

아크의 검출 방법에는 다양한 방법이 있지만, 본 논문

에서는 실질적으로 적용 가능한 비교기 회로를 이용하는 검출방법을 적용하였다.

#### 3.1 비교기(Comparator) 회로를 이용한 검출

논리회로와 마이크로프로세서를 이용한 Gap 자동제어를 실현하는 방전가공기의 출현 이후 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 검출 방법으로써, 파형의 세 구간 즉  $T_d$ ,  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ 의 기준 전압 레벨(Threshold)을 각각 다르게 설정하고, 피드백(Feedback) 되는 두 전극 간의 전압( $V_{p-p}$ )을 비교하여 논리 신호인 True 또는 False의 출력을 도출하는 방법이다[11,12]. Fig. 4는 방전 펄스 피드백의 비교기 회로를 적용하였을 때 방전 펄스의 구간별 레벨 설정에 따른 논리 신호 출력을 나타낸다.

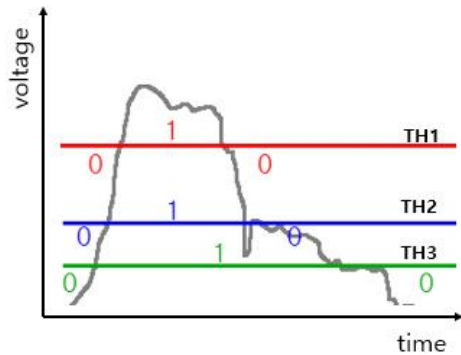


Fig. 4. Logic signal output by threshold voltage

#### 3.2 인터럽트를 이용한 아크 샘플링

LM 311M 비교기 회로에 방전 두 전극 간의  $V_{p-p}$ 를 피드백 받아 입력한다. 이때, 피드백 전압의 비율은 비교기 회로의 처리전압에 맞추어 약 1/10 정도로 낮추어 준다. 처리하고자 하는 구간별로 기준 전압을 가변 저항을 이용한 회로 등을 통해 설정하여 준다. 일반적으로 최소 3개의 비교기 회로를 이용하며, 각각의 기준 전압에 대하여 논리값을 취득하여 샘플링에 이용한다. Fig. 4와 같이 방전 펄스가 형성될 때, 각 기준 전압에 대하여 논리값을 얻을 수 있으며, 이를 이용해 파형의 현재 구간을 파악할 수 있다.

또한, 3개의 비교기 회로에 비교 대상이 되는 기준 전압을 각각 한 가지씩만 고정하는 것이 아니라 릴레이(혹은 DAC)를 이용하여 여러 단계로 쪼개어 기준 전압을 가공 진행 상황에 따라 선택적으로 적용할 수 있도록 구성한다.

3.3 FPGA 및 HDL을 이용한 펄스 제어

논리화된 현재의 펄스 상태를 이용하여 양 전극 간에 부여되는 전류의 TR(FET) 게이트 신호를 제어한다. 이전에는 논리회로를 포함하는 74 계열 로직 IC들의 조합으로 제어회로를 구성하였으나, 90년대 초반부터 점차 FPGA의 사용이 일반화되어, 제어 로직을 구현하는 데에 큰 효율을 보여주는 HDL 언어를 이용하여 펄스제어 상태도는 Fig. 5와 같이 정의 하였다[13].

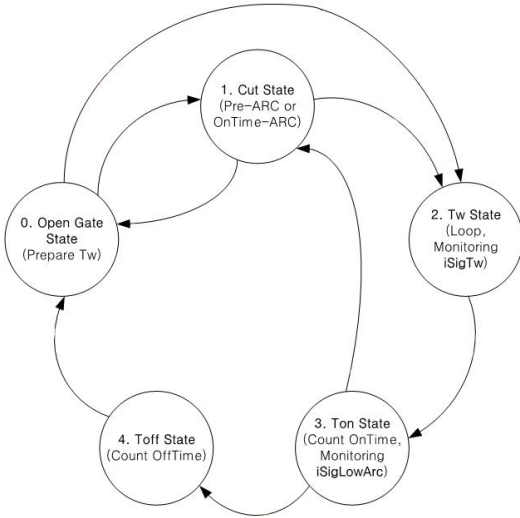


Fig. 5. FPGA state machine

Fig. 4에서 Th1의 논리 출력이 1일 경우 절연이 회복되어 Td가 형성된 상태임을 의미하고, 절연 회복 후 다시 Th1의 논리 출력이 0으로 변화하는 시점이 불꽃방전이 발생하는 시점이다. 따라서 Th1의 논리 출력이 0에서 1로 변화하여 1을 유지하는 구간이 Td의 구간이다. TR(FET) 게이트의 출력신호는 On을 유지한다.

Fig.5의 상태도에서 Td의 구간(State 2)이 종료된 시점부터 타이밍을 카운트 하여 주어진 Ton의 길이만큼 (uSec), TR(FET) 게이트의 출력을 유지(State 3)하고, 이후에 절연 회복을 위해 Toff의 길이만큼 게이트의 출력을 단절(State 4)한다. 다시 게이트의 출력을 On(State 0)시킨 후 절연이 회복되어 전극 간 전압이 정상적으로 상승하는지를 검사하는데, Th1의 논리 출력값을 이용한다. 만약 절연이 회복되지 않았을 경우 두 전극간의 Gap이 충분히 회복되지 않은 쇼트 상태이므로 게이트의 출력을 단절(State 1)한 후 일정시간 이후에 다시 출력을 On으로 설정한다. 이와 같이 일련의 단계를 반복하게 되

면 초당 수백회~수천회의 단발 방전이 연속되는데 이를 통해 가공이 이루어진다.

4. 샘플링을 통한 Gap 제어

앞에서 다룬 아크의 검출과 제어를 기반으로, 효과적인 연속 방전을 발생시켜 가공을 진행하기 위해서는 두 전극(형상 전극, 가공 대상물) 간의 효과적인 단발 방전이 일어날 수 있는 일정한 Gap을 유지하는 것이 중요하다. 방전가공은, 방전 펄스를 생성하고 검출하는 전자, 전기적인 제어 외에도 두 전극간의 일정한 간격을 유지하도록 하는 기구적인 모션 제어가 병행되어야 효과적인 가공이 가능해진다[14].

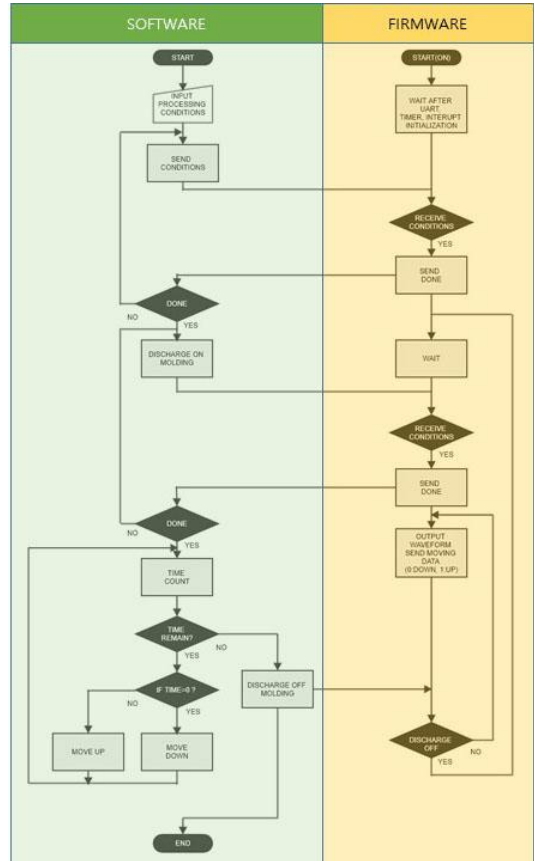


Fig. 6. Flow-chart of gap controlling between software and firmware

Fig. 6은 전용 서보모터 컨트롤러를 제어하는 PC 기반

의 Software와 User Interface, 전자, 전기적 제어를 수행하는 Hardware 레벨의 Firmware의 처리 순서도이다.

가공 시 형성되는 방전 펄스의 전체 구간을 일정한 시간 단위로(예를 들어 1uSec) 분할 하여 Td가 형성되는 밀도를 평균적으로 분석하여 Gap제어에 활용한다. 샘플링 된 Td의 평균 길이가 길게 나타나면 두 전극 간의 간격이 넓다는 의미이므로 서보모터가 부착된 기구물을 하향 조정하여 간격을 좁혀주고, Td의 평균 길이가 짧게 나타나거나 Shortage 현상이 많이 발생할 경우 기구물을 상향 조정하여 간격을 넓혀주는 행위를 한다[15].

이론적으로는 매 펄스 마다 최대한 빠르게 기구물의 이동이 이루어지도록 제어를 수행하는 경우가 가장 이상적이지만, 서보모터에 모션 지령이 이루어지는 딜레이 및 기구물의 중량과 각종 요인으로 인하여 기구가 실제로 반응하는데 걸리는 시간이 이에 미치지 못하므로, 기구물이 대응할 수 있는 최대한 짧은 시간 내에 적정 Gap을 유지하는 모션 제어가 이루어질 수 있도록 구성하는 것이 효과적이다.

5. 실험 결과

방전 아크의 검출과 제어 및 Gap 제어 실험에 이용된 설비는 ㈜진영전기의 50D 모델이다. 해당 설비는 델타타우사의 PMAC 모션 컨트롤러와, 자체 개발된 EDM 컨트롤러로 Fig. 7과 같이 구성되어 있다.

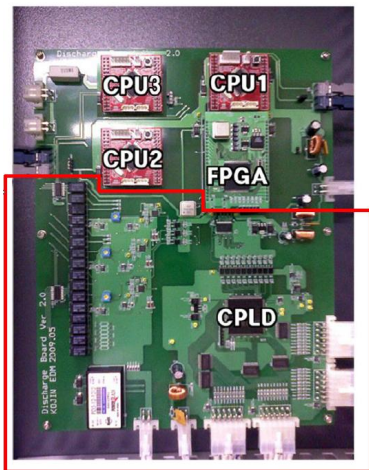


Fig. 7. KOJIN EDM Discharge board ver. 2.0

실험은 두 가지 측면에서 진행하였는데, (1)넓은 폭의 Td 형성을 유도하는 가공의 파라미터는 Table 2와 같이 설정 하였으며, Table 3은 (2)좁은 폭의 Td 형성을 유도하는 가공으로 파라미터 및 Th1의 기준 전압을 구분하여 진행하였다. Table 2의 설정으로 비교적 넓은 Td의 형성을 유도하여 실험을 하였을 때 형성된 방전의 파형은 Fig. 8의 붉은색 원으로 표기한 것과 같이 비교적 길고 뚜렷한 형태로 Td가 형성되며, 그 이후에 에너지가 전달되는 아크 방전(Ton) 이후 절연회복을 위해 전극 간의 전류를 차단하는 Toff 구간도 잔여 전압의 형성 없이 비교적 깨끗하게 나타난다.

Table 2. Wide-Td Parameters

The name of parameter	Value
A(Ampere)	10A
V(Voltage)	180V
Ton	100 uSec
Toff	40 uSec
Th1	6.8V

Table 3. Narrow-Td Parameters

The name of parameter	Value
A(Ampere)	10A
V(Voltage)	180V
Ton	100 uSec
Toff	40 uSec
Th1	5.8V

반면, Fig. 9의 붉은색 원으로 표기한 것과 같이 상대적으로 좁은 Td를 유도하였을 때에는 절연이 정상적으로 회복되지 않아 Td가 제대로 형성되지 않는 모습이 나타나며, Toff 구간도 잔여 전압이 형성되므로 정확한 에너지 전달에 방해를 받는다. 그러나 Fig. 8의 경우 안정적인 Td의 형성과 적은 전극소모, 비교적 고른 가공 면조도를 나타내는 반면, 일정한 단위 시간당 발생하는 방전 파형의 개수가 적기 때문에 비교적 느린 가공속도를 보인다.

## 6. 결론

방전 현상을 에너지로 금속을 가공하는 정밀가공에서 효과적이고 빠른 가공속도와 향상된 정밀도 및 면조도를 얻기 위하여 효율적인 아크의 검출과 제어방법은 필수적인 요소이다. 본 연구에서는 단일 방전 파형을 Td(Time-Delay), Ton(Time-on), Toff(Time-off)의 세 가지 구간으로 나누어 HDL 언어를 이용하여 게이트 제어 타이밍을 시뮬레이션 하고, 실제 방전 가공기에 적용하여 파형을 실측하며, 비교기 회로를 통한 Td 구간의 샘플링을 통해 서보기구의 동작을 결정함으로써 전극과 가공물 간의 간격 제어와 가공 결과에 미치는 영향을 분석하였다.



Fig. 8. Captured wave of wide-Td setting

이것은 가공 초기 빠른 속도로 러프한 성형을 하는 황삭 가공에는 적합하지 않고, 가공물의 형상이나 면의 조도를 안정화 시키며 마무리하는 정삭 가공에 적합한 것으로 측정되었다.



Fig. 9. Captured wave of narrow-Td setting

반대로 Fig. 9의 경우에는, 절연의 완전한 회복이 되지 않는 짧은 Td 파형이 많이 형성되므로 정확한 에너지 전달에 불리하고, 전극의 소모도 비교적 크게 나타나지만, 단위 시간당 발생하는 방전 파형의 개수가 많으므로 가공 속도면에서는 유리하기 때문에 황삭 가공에 적합한 것으로 측정 되었으며, Fig. 8과 Fig. 9의 오실로스코프 측정 파형은, 측정 환경의 요소로 인해 극성이 상하 반전된 형태로 측정하였다.

Td의 형성과 검출, 이에 따른 Gap의 효과적인 제어가 다양한 형태로 방전가공의 결과를 좌우하는 것을 볼 수 있으며, 고정된 단일 상황에만 맞게 제어될 것이 아니라 가공의 특성이나 상황, 가공 형상이나 재질, 주변 여러 가지 환경적인 상황에 따라 유동적으로 대응하여 제어해야 한다. 실제로 에너지가 전달되기 시작하여 게이트 신호로 제어 가능한 Ton 구간과 Toff 구간을 제외한 Td 구간은 기구적, 환경적, 전자적 요인 및 기타 다양한 상황에 의해 유동적으로 나타나며, 이는 가공의 효율과 정밀도에 직접적인 영향을 준다.

본 연구에 이용된 FPGA와 마이크로프로세서를 이용한 하드웨어 레벨의 아크 검출과 제어, 소프트웨어 레벨의 모션 제어로 분리하여 연동한 기법은, 기존의 로직IC 위주의 제어회로 구성과 하드웨어 레벨에서만 통합된 제어회로 구성에 비하여 다양한 상황에서의 유연한 파라미터 변경이 가능하게 되었다. 현재의 가공 상태가 황삭인지 정삭인지의 여부에 따라 Td를 보다 적합한 형태로 형성할 수 있는 아크 검출 레벨을 유연하게 적용하여 파형을 능동적으로 형성할 수 있게 되었으며, 이는 기존 방식에 비하여 황삭에서는 약 12~15%정도 향상된 가공속도를 보이며, 정삭에서는 약 6~8%정도 향상된 면조도를 보여주었다.

형성되는 파형의 Td 구간을 보다 정밀하게 고속으로 샘플링 하여 이를 토대로 전극과 가공물 간의 gap 제어에 적용하였을 때 보다 향상된 결과를 보였다. 파형의 더욱 정밀한 샘플링을 위한 전자 소자의 적용 및 고속신호 처리, 빅데이터 및 딥러닝이 적용된 데이터 샘플링에 대한 지속적인 연구가 요구된다

## REFERENCES

- [1] G. M. Kim, D. K. Choi & J. N. Chu. (1998). Development of Micro-EDM Machine for Microshaft and Microhole Machining. *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 15, 12-15.
- [2] J. Y. Choi, C. S. Ha, S. W. Hwang, H. J. Lee, D. H. Kim & C. H. Park. (2007). The Development of Plasma Jet under Atmospheric Pressure by means of The Sub-Microsecond Pulsed Voltage. *The 4th International Workshop on Microplasmas*, 114.
- [3] M. Kunieda, Y. Miyoshi, T. Takaya, N. Nakajima, Y. Zhanbo & M. Yoshida. (2003). High Speed 3D Milling by Dry EDM, *Annals of the CIRP*, 52(1), 147-150.
- [4] F. Han, S. Wachi & M. Kunieda. (2004). Improvement of machining characteristics of micro-EDM using transistor type isopulse generator and servo feed control. *Precision Engineering*, 28, 378-385.
- [5] Z. Y. Yu, T. Masuzawa & M. Fujino. (1998). 3D micro-EDM with simple shape electrode, Part 1: machining of cavities with sharp corners and electrode wear compensation, *International Journal of Electrical Machining*, 102-106.
- [6] A. Ozgedik & C. Cogun, (2006). An experimental investigation of tool wear in electric discharge machining, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27, 488-500.
- [7] K. H. Ho & S. T. Newman. (2003). State of the art electrical discharge machining (EDM), *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43, 1287-1300.
- [8] S. H. Kim, H. S. Lim, G. S. Lim & B. C. Kim. (2009). Investigation of Machining Characteristics for EDM Milling. *Fusion of IT and MT(Manufacturing technology)*, 111-112.
- [9] H. S. Lim, A. S. Kumar & M. Rahman. (2002). Improvement of form accuracy in hybrid machining of microstructures. *Journal of Electronic Materials*, 31(10), 1032-1038.
- [10] S. Matsui, T. Kaito, J. Fujita, M. Ishida & Y. Ochiai. (2001). Three dimensional nanostructure fabrication by focused ion beam chemical vapor deposition, *Journal of JSPE*, 67, 1412-1415.
- [11] Y. T. Kim, S. J. Park & S. J. Lee. (2003). Machining of Micro-scale Shapes using Micro-EDM Process. *Fusion of IT and MT(Manufacturing technology)*, 109-117
- [12] H. M. Ahn, Y. T. Kim, S. J. Park & S. J. Lee. (2002). Machining Characteristics of Tool Electrode using Micro-EDM. *Proceedings of the KSPE*, 1003-1007.
- [13] H. M. Ahn, Y. T. Kim, S. J. Park & S. J. Lee. (2002). Experimental Study on the Electrode Surface in WEDG, *Proceedings of the KSPE*, 218-222.
- [14] Y. H. Jeong & B. K. Min. (2007). Geometry prediction of EDM-drilled holes and tool electrode shapes of micro-EDM process using simulation. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47(12-13), 1817-1826.
- [15] J. W. Jung, Y. H. Jeong, B. K. Min & S. J. Lee. (2008). Model-based Pulse Frequency Control for Micro-EDM Milling Using Realtime Discharge Pulse Monitoring. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 130(3), 1-11.

박 양 제(Park, Yang Jae)

[정회원]



· 1985년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)

· 1990년 8월 : 인하대학교 정보공학과 (공학석사)

· 2003년 8월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학박사)

· 2001년 1월 ~ 2002년 12월 : 주식회사 이메디피아 원격의료연구소 연구소장

· 1993년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 컴퓨터공학과 교수

· 관심분야 : HCI, 모바일네트워크, 블록체인, 임베디드 시스템

· E-Mail : parkyj@gachon.ac.kr