

## 4. 열처리한 STD11에 있어서 동전극과 흑연전극의 방전가공 특성에 관한 연구

기계공학과 최재용  
지도교수 정재현

최근 재료의 성능에 대한 요구가 증가하여, 재래의 금속재료로써는 대응하기 어려운, 혹독한 사용 환경과 사용 조건에 견딜 수 있는 재료들도 많이 채용되고 있다. 이들 재료들은 일반적으로 경하기 때문에 연마공정의 경우 다이아몬드 스톨을 사용하여 연삭하고 있는데, 비용이 많이 들뿐만 아니라 앞 공정에서의 표면손상이나 정밀도, 그리고 연마 제거량의 관계에 따라서 재료 강도가 충분히 회복되지 않는 일도 많다. 따라서 가공에 의한 표면 손상이나 그것의 정도를 파악하는 것이 중요하고, 경하고 복잡한 형상의 재료에 대한 가공비용은 매우 높아 간편한 가공법의 확립이 요구되고 있다.

따라서 고정밀도의 가공이나 난삭재 등 새로운 재료에 대한 가공의 요구가 높아져 전기에너지를 직접 가공부분에 공급하는 방안이 제안되었는데, 그 중 하나가 방전가공(EDM:Electrical Discharge Machining)이다.

방전가공법을 활용하면 고경도 재료를 비교적 간단히 가공할 수 있고, 복잡한 형상의 가공에 대한 응용 면에서 볼 때, 연삭 가공 등과 비교하여 방전가공의 우위성이 나타나고 있다.

방전가공법의 일반적인 원리는 비교적 절삭하기 쉬운 도전성 재료를 공구전극으로 하고, 또 다른 전극으로서는 도전성 재료의 피가공물을 사용하여 두 전극 사이에 캐로신이나 탈 이온수를 개재시킨다. 그리고 두 간극에 60~300V정도의 펄스전압을 간헐적으로 아크 방전시켜, 그때 용융된 금속의 배출로 발생하는 소모현상을 이용하여 공구전극형상을 피가공물에 전사(轉寫)시켜 가공하는 방법이다. 이 가공법은 방전주와 가공칩의 냉각, 전극의 소모방지, 가공칩의 수송을 위해 가공액의 개재가 필수적이고, 간헐적인 아크방전을 이용하는 점에서 공기 중에서 연속적인 아크방전을 이용하는 용접 등과는 완전히 구별된다.

여러 가공법 중에서 방전가공의 특이한 점은 가공 단위(단위 제거 현상에 기초를 두는 제거량)가 주로 전기적인 성질의 모든 양에 의해 결정되는 점이다. 그리고 전기적인 모든 양은 현재 광범위하게 변화시킬 수 있는 것 중에 가장 용이한 물리량이라고 말할 수 있다. 예를 들면 가공 면의 거칠기가 장치의 구조나 동작과는 상관없이 가공전원에서 발생하는 방전펄스에 의해 정해진다. 그러므로 방전가공에서는 아주 작은 절삭깊이를 방전펄스에너지, 즉 방전펄스폭(pulse-on duration)과 방전전류과고치(peak pluse current)를 작게 함으로써 쉽게 실현될 수 있으므로 이것을 통한 방전가공은 미세 가공에도 적용할 수 있음을 나타낸다.

실제 방전가공에서는 에너지 공급시간이 일반적으로 10-7 ~ 10-3 sec 정도의 극히 단시간이므로 짧은 아크 방전이 발생하며 이 에너지를 이용하여 가공이 이루어지고 있다. 방전펄스폭은 방전전류파고치와 함께 방전에너지를 나타내는 중요한 요소가 되고, 가공할 때의 모든 특성, 즉 공작물 가공량(MRR : Metal Removal Rate), 전극소모비(REW : Relative Electrode Wear) 및 표면거칠기 등에 큰 영향을 미치게 된다.

방전가공에서 공구전극과 공작물사이에 방전이 일어나는 점은, 공구전극의 전면 중에서 단 한곳이다. 그 이유는 일단 절연파괴가 생긴 경우에는 증발 금속원자와 그 전리이온이나 전자 등으로 이루어지는 플라즈마에 싸여, 다른 장소에 비해 전류가 흐르기 쉽게 되기 때문이다

방전가공은 두 전극사이에 발생하는 펄스방전에 의한 열 가공임은 잘 알려진 그대로이나, 두 전극사이에 존재하는 가공액은 가공속도가 향상되면 될수록 가공액중에 칩의 농도나 액체 분해 생성물이 증가하여 방전 발생 환경이 악화되기도 한다. 더구나 가공틈새는 보통 수십 $\mu$ m 정도로 아주 작은 값이어서 가공이 진전됨에 따라 가공틈새의 상태는 급격히 변한다. 따라서 방전 가공에서는 가공에너지의 공급을 펄스 형태로 하여, 휴지시간중에 앞의 방전에서 생성된 플라즈마를 충분히 가라앉히고 가공칩을 배출시킨 뒤에 다음 펄스를 발생시킨다. 그렇게 함으로써 1회 방전마다 미소한 방전흔적이 생기고 방전의 반복에 의해 전극형상이 공작물에 뚜렷하게 전사되어 간다.

가공면에 대해서는 치수 정밀도나 표면 거칠기 등과 같은 외관적인 평가 이외에 제품으로서의 내마모성, 내식성 등에 대한 성능적인 평가도 포함하는 표면성상(surface integrity)이라는 평가방법이 가끔 요구되고 있으므로 가공 면의 개선에 대한 관심이 점점 높아지고 있다.

한편 와이어 컷(Wire-cut) EDM에 의한 가공 특성에 미치는 방전가공조건에 대하여 많은 연구가 이루어져 왔으나, 다이 싱킹(Die sinking) EDM에 의한 방전가공의 특성과 전극재료에 따른 최적의 방전가공조건에 대하여는 아직 미흡한 실정이다. 방전가공 프로세스는 매우 복잡하지만 이 가공법이 창시된 이후 형조방전가공기는 그 나름대로 방전가공프로세스를 좌우하는 변수가 도출되어 제어되고 있다.

그러나 방전가공은 가공속도가 낮고 경험에 의존하는 정도가 종전의 가공법에 비하여 크다는 등의 단점 때문에 방전가공법에 대한 기존의 연구들은 방전가공기의 성능을 향상시키기 위한 방법에 대한 연구가 대부분이었다.

한편 금형 제품의 재료로 STD11이 널리 사용되고 있으며 그 가공에는 방전가공이 주로 이용되고 있으나, STD11에 대한 최적 방전 가공조건 확립에 대한 연구는 미비한 실정이다. 즉 방전가공에 의한 정밀한 치수의 제품을 생산하기 위하여 전극의 소모현상을 주의 깊게 고려해야 한다. 또한 방전가공 공정을 고능률화하여 생산성을 향상시키고 방전 현상을 안정시키기 위하여, 전극의 재료와 크기에 따른 방전 가공면의 성상변화 및 전극의 소모 등 적절한 방전가공 조건의 설정을 명백히 할 필요가 있다.

그리고 공구전극으로 제품자체의 균질성, 전극형상의 가공성 등이 흑연전극에 비해 동전극이 우수하여 많이 사용되고 있지만 미국에서는 90%이상이 흑연전극을 사용할 정도로 비중이 높다. 따라서 전극의 재질에 따른 방전가공특성을 규명해야 한다. 또한 방전가공에서 방전조건의 설정이나 계산은 주로 기능공의 경험에 의존하고 있으며 이에 대한 정량화가 이루어지지 않아 방전가공의 자동화를 저해하는 요인으로 작용하고 있으므로 시급히 해결해야 할 과제이다.

따라서 본 연구에서는 CNC 방전가공기에서 동전극(copper electrode)과 흑연전극(graphite electrode)을 사용하여 전극의 크기에 따라 금형 제품에 널리 이용되고 있는 STD11합금에 대하여 가공조건, 즉 방전가공에서 가장 크게 영향을 미치는 방전펄스폭 및 방전전류파고치를 변화

시켜, 이에 따른 공작물의 가공량 및 표면거칠기를 비교·분석하였다. 또한 방전에너지가 전극 소모에 미치는 영향을 분석하였으며 가공단면의 열변질층 및 경도변화 등 방전가공면의 성상을 관찰하여 전극의 재질에 따른 특성도 평가했다. 그리고 기능공의 숙련도와 경험에 의존하여 이루어지는 방전가공프로세스를 개선하기 위하여 기능인력의 숙련된 경험적 지식과 본 연구에서 얻은 실험결과를 함께 모듈(module)화 하여 방전가공의 미숙련자들이 쉽게 활용할 수 있는 대화형 자동프로그램을 개발하였다.

