

## 유한요소법을 이용한 단발 방전의 시뮬레이션

김동길\*(연세대학교 대학원), 민병권, 이상조(연세대학교 기계공학부)

주제어: 방전가공, 플라즈마, 유한요소법, 소성변형, 열해석, 크레이터

방전가공은 현재의 정밀 금형산업에서는 필수적인 가공방법이나, 공작물과 전극사이에서 방전이 발생할 때 고온고압의 플라즈마 상태에서 재료를 제거하는 메카니즘에 대한 해석은 아직도 많은 연구 대상이다.

방전가공은 기본적으로 3단계의 과정으로 구별할 수 있는데, 첫째 공작물과 전극의 간격과 기하학적 형상, 전압에 의해서 전계가 집중되어 절연체의 절연강도보다 초과하면 절연체가 이온화 되어 방전이 시작된다. 둘째, 전극과 공작물이 통전이 되어 플라즈마 채널이 형성되면서 열에너지에 의하여 공작물이 용융 증발이 발생한다. 셋째 플라즈마 압력에 의하여 공작물의 용융된 부분이 가장자리로 소성 변형하면서 크레이터를 형성하게 되며, 이 크레이터는 그 다음 방전의 시작점이 된다.

본 연구에서는 범용 유한요소 해석 패키지인 ANSYS Multiphysics를 이용하여 단발 방전 과정을 시뮬레이션 하였다. 첫째 시간에 따른 플라즈마채널의 반경을 모델링하였고, 가우스 분포의 열원의 모양을 모델링하여 공작물의 온도를 계산하여, 용융 및 증발 부분을 찾게 되고, 증발온도 이상이 되면 재료를 제거 시킨다. 구조해석을 통하여 공작물의 온도에 따른 점성등을 고려하여 가우스 분포의 압력을 공작물에 적용하여 크레이터 형상을 시뮬레이션 하였다.

공작물에 단발 방전을 발생하도록 하기 위하여, 텅스텐 재료의 미세 탐침을 제작하여 1마이크로미터 씩 미세 이동하면서 오실로스코프로 방전시 발생하는 전압과 전류 파형을 검출하여 공작물의 형상을 3차원 광간섭기로 측정하여 시뮬레이션과 비교하였다.

시뮬레이션 결과 플라즈마 중심부의 최고 압력은 약250기압 정도이며 이때 생성된 크레이터의 높이/깊이의 비는 약 0.3정도이며, 직경/깊이의 비는 약 0.1정도로, 이는 단발방전에 의한 실험 결과 거의 일치하였다.

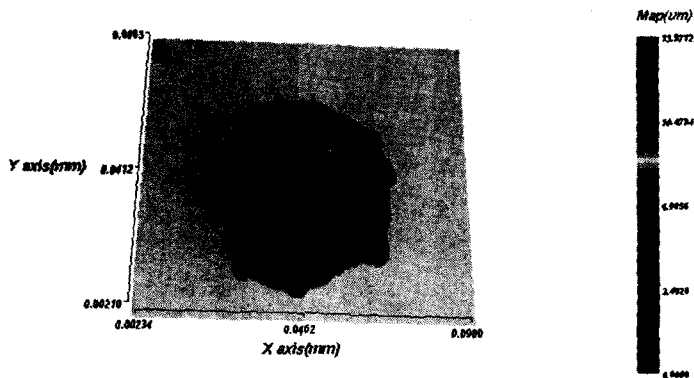


Fig. 1 Image of Single Discharge Crater scanned by NANO SCAN  
(Peak current:20A, On time=2us)