

연속방전 시뮬레이션을 이용한 미세방전가공 표면의 예측

김태곤*, 민병권, 이상조 (연세대 기계공학부)

Prediction of the Surface Machined by EDM Using Iterative Discharge Simulation

T.-G. Kim*, B.-K. Min, S. J. Lee (School of Mechanical Engineering, Yonsei University)

ABSTRACT

Simulation of micro electrical discharge machining (micro-EDM) process using finite element analysis is proposed. Multiphysics model which has three steps; heat transfer analysis, structural analysis and electric field analysis is developed for simulation. Machined surface for successive five discharges is simulated using developed multiphysics model. Machined surface roughness was simulated under two discharge conditions and the simulated results are compared with actual machined surfaces. From the comparison it is demonstrated that the model can accurately predict the machined surface with the error less than $0.5 \mu\text{m}$

Key Words : EDM simulation (EDM 시뮬레이션), Multiphysics simulation (복합 시뮬레이션), Surface roughness (표면 거칠기)

1. 서론

마이크로 방전가공은 전기 전도성을 가진 금속을 미세한 크기로 가공할 수 있는 방법이다. 방전 플라즈마에 의해 금속을 가공하기 때문에 미세한 가공이 가능한 반면 전압, 전류 등의 가공 조건에 따라 표면거칠기, 열영향층 등 공작물의 표면 품질이 달라져 이러한 가공 품질을 미리 예측하여 가공 조건을 조절하기는 힘들다.⁴

본 연구에서는 방전가공 모델을 세우고 이를 이용하여 방전 조건에 따른 표면의 형상을 예측하여 방전가공 조건에 따른 가공 표면을 예측하였다.

2. 모델링

방전가공은 공작물과 전극사이의 절연파괴에 의해 발생하는 방전 플라즈마의 열에 의해 공작물을 제거되고 이러한 플라즈마가 반복됨으로써 가공이 일어난다.

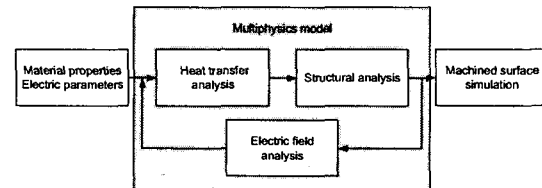
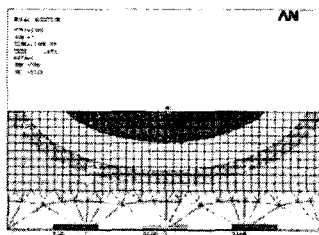
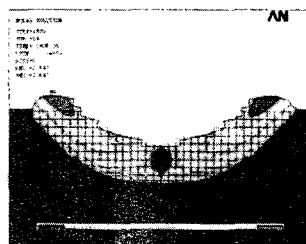


Fig.1 Multiphysics model for EDM simulation

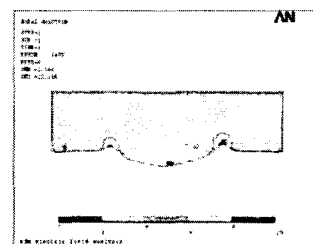
Figure 1 은 방전가공의 시뮬레이션을 위해 세운 multiphysics model 이다. 공작물의 물성치와 플라즈마 열원 모델^{1,3}을 이용해 열전달 해석 단계에서 열해석을 한 후 온도 분포 데이터를 바탕으로 재료의 증발 부분을 제거한 후 고온의 물성치를 다시 입력하여 구조 해석 단계에서 크레이터를 시뮬레이션 한다. 단발 방전 플라즈마에 의해 가공된 크레이터를 시뮬레이션한 후 다음 방전위치를 예측하기 위해 전기장 해석 단계에서 전기장의 크기가 가장 큰 곳을 계산한다.



(a) Heat transfer analysis



(b) Structural analysis



(c) Electric field analysis

Fig.2 Results of multi physics model²

Figure 2 는 multiphysics model 의 각 단계에서의 결과이다. Figure 2 (a)는 공작물에 방전 플라즈마의 열이 전달되어 나타난 온도분포이다. 이러한 온도분포를 기준으로 재료의 증발된 부분을 제거한 후 플라즈마의 압력을 가하면 Fig. 2 (b)와 같이 단발의 플라즈마에 의해 가공된 크레이터의 형상을 계산할 수 있다. 다음 방전이 발생하는 곳은 가공표면에서 전기장의 세기가 가장 큰 곳이므로 크레이터의 형상을 이용하여 전기장 해석을 수행하면 Fig. 2 (c)와 같이 크레이터의 벽면에서 다음 방전이 일어날 것이라는 것을 예측할 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 결과

Figure 3 는 가공표면을 시뮬레이션 하기 위해 방전모델을 5 번 반복한 결과이다. 단발 크레이터를 시뮬레이션 한 후 전기장이 집중되는 크레이터 벽에 다시 한발의 방전 플라즈마에 의한 가공을 시뮬레이션 하여 Fig. 3 (e)와 같이 가공 표면을 계산하였다.

Figure 4 는 방전 가공시 최대전류(i_p)와 온타입(t_{on})에 따라 시뮬레이션된 표면을 나타낸 것이다.

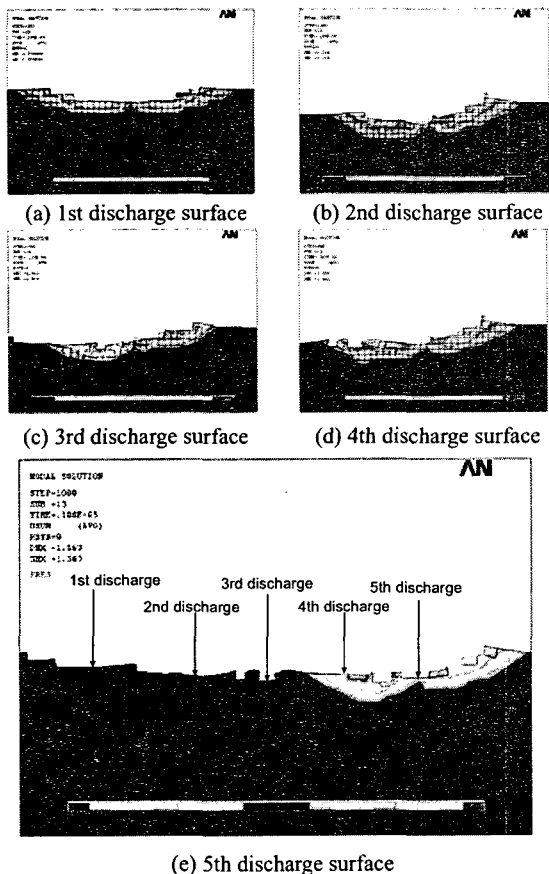
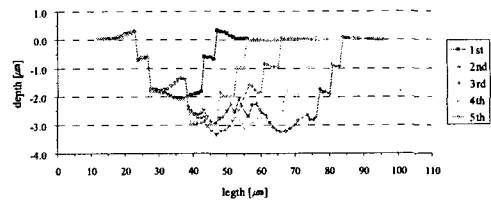
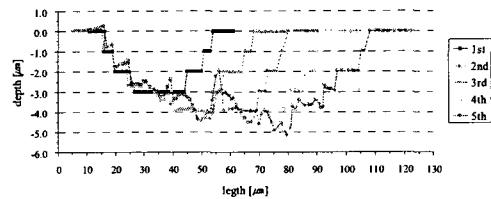


Fig.3 Surface morphology simulation ($i_p=12A$, $t_{on}=1.8\mu sec$)



(a) Successive discharge simulation ($i_p=12A$, $t_{on}=1.8\mu sec$)



(b) Successive discharge simulation ($i_p=22A$, $t_{on}=1.8\mu sec$)

Fig.4 Results of successive discharge simulations

4. 결론

방전 가공조건에 따른 표면 거칠기를 multiphysics model 을 통해 시뮬레이션하였다. 5 번의 플라즈마에 의해 가공된 표면을 실제 같은 가공 조건으로 가공된 표면과 비교하였다. 시뮬레이션 결과 표면거칠기 R_a 는 $i_p=12A$, $t_{on}=1.8\mu sec$ 일 때 $1.2 \mu m$, $i_p=22A$, $t_{on}=1.8\mu sec$ 일 때 $1.65 \mu m$ 였다. 측정된 R_a 는 각각 $1.35 \mu m$, $2.03 \mu m$ 로 오차는 $0.5 \mu m$ 이내였다.

후기

본 연구는 산업자원부가 지원하는 산업기술기반 조성사업 중 마이크로 나노 점 선 가공기반 구축 사업단의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kim, D.-K., Electrical Discharge Machining Mechanism Analysis and Simulation using Finite Element Method, Ph. D. Thesis, Yonsei University, 2004.
2. Yadav, V., Jain, V. K., Dixit, P. M., "Thermal stress due to electrical discharge machining," Int. J. of Machine Tool & Manufacture, Vol.42, pp.877-888, 2002.
3. Schumacher, B. M., "After 60 years of EDM the discharge process remains still disputed," J. of Material Processing Technology, Vol.149, pp.376-381, 2004.
4. Das, S., Klotz, M., and Klocke, F., "EDM simulation: finite element-based calculation of deformation, microstructure and residual stresses," J. of Material Processing Technology, Vol.142/2, pp. 434-451, 2003.