

# 금형강의 사상 방전가공시 동전극 표면조도의 영향

## Influence of the Copper Electrode Surface Roughness on Super-finishing EDM of Mold Steel

\*양진석<sup>1</sup>, 이상용<sup>1</sup>, 김영근<sup>1</sup>

\*J. S. Yang(jsyang@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, S. Y. Lee<sup>1</sup>, Y. K. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 금형기술센터

Key words : Die-sink EDM, Copper Electrode, Surface Roughness, Mold steel

### 1. 서론

최근 고속가공기술의 급속한 발전에 따라 고경도 금형강의 가공시 종래 방전가공으로 이루어지던 많은 부분이 고속 절삭가공으로 대체되고 있고 방전가공은 깊은 리브, 보스, 홀과 같이 절삭공구의 접근이 어렵거나 가공 중 공구나 제품 손상이 우려되는 경우 또는 아주 미세한 복잡 형상을 가공해야 할 때와 같이 제한적으로 사용하고 있는 추세이나 방전가공기술의 발전에 따라 기존 형조방전기의 가공속도와 기능이 예전보다 크게 향상되어 금형 제작공정에서 방전가공은 절삭가공을 보완하는 가공기술로서 그 중요도가 줄지 않고 있다.

사출제품의 표면이 높은 조도를 요구할 경우 가공된 금형 표면은 시간이 많이 소요되는 수작업 사상공정을 거치게 되는데 이를 최소화하기 위한 방안으로 방전가공시 표면 품질에 대한 연구가 이루어져 왔고<sup>1-4</sup> 초음파 진동을 부가하거나 미세한 도전성 분말을 방전액에 혼합하여 방전가공면의 표면조도와 가공속도를 높일 수 있는 무사상(polishingless) 금형방전가공법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

형조방전가공에서 전극 재료는 순동, 동합금과 흑연이 주로 쓰이고 있다. 흑연전극은 동에 비하여 전극가공이 쉽고 방전시 보다 높은 전류를 흘릴 수 있고 전극마모가 작기 때문에 황삭가공에 주로 사용하고 높은 표면조도를 요구할 경우 최종 정삭방전은 동 또는 동합금 전극을 사용한다. 사상방전은 방전에너지가 작은 영역에서 하므로 방전필스당 소재제거율이 매우 작으므로 목표 조도 및 방전가공시 flushing 방법에 따라서 전극표면의 거칠기 형상이 방전가공 표면에 전사되어 표면품질이 나빠질 수 있으므로 사상방전용 전극은 전극의 제작과정에서 생긴 거칠기를 다듬질로 제거하는 과정을 거친다. 본 연구에서는 이런 경우 사상용 전극의 마무리 거칠기 정도를 판단하는 기준을 확립하기 위하여 방전가공에 주로 쓰이는 동전극의 경면방전가공특성을 실험하여 표면품질 측면에서 분석하였다.

### 2. 방전가공실험 및 방법

전극 표면거칠기의 영향을 파악하기 위하여 그림 1과 같이 15 x 15 mm 크기의 사각형 무산소동 전극의 가공면을 mesh #80, 220, 600, 1000의 4 종류의 사포로 일정 방향으로 다듬질하여 임의의 표면거칠기를 가진 전극을 제작하였다. 피삭재는 경면가공성이 우수한 금형강인 STAVAX를 열처리하여 사용하였다. 사용한 방전가공기는 AGIE사의 AGIETRON EXACT3이고 방전가공 파라미터는 가공기가 지원하는 가장 우수한 면조도인 Ra 0.2 μm를 얻을 수 있는 추천 가공조건 중 방전에너지가 가장 작은 2개의 조건을 선정하여 2 단계로 방전가공 하였고 표 1에 가공 파라미터를 표시하였다. 시편의 방전 깊이는 0.04mm로 하였고 step 1로 0.03mm, step 2로 0.01mm 깊이를 가공하였다. 동전극으로 강재를 방전가공할 경우 전극 극성은 일반적으로 (+)로 하지만 본 실험에서와 같이 최소 표면조도를 얻기 위해서 짧은 펄스를 사용해야 할 경우에는 (-) 극성을 사용하는 것이 펄스폭이 작아질수록 전극마모가 작아지므로 음극 극성을 사용하였다.

또한 전극의 요동운동(planetary motion)이 가공면 품질에 미치는 영향을 판단하기 위하여 동일 규격의 전극과 가공조건으로

요동운동을 부가하여 방전가공 시험을 하였다.

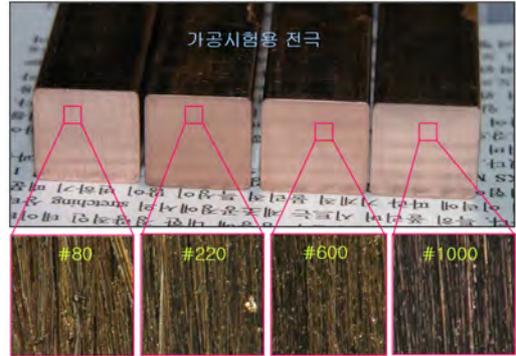


Fig. 1 Photograph of the copper electrodes finished with four different mesh size sand paper

Table 1 EDM parameters for experiment

	Pulse on time (μsec)	Pulse off time (μsec)	Peak current (Amp)	No Load Voltage(V)	Electrode Polarity
step 1	1.51	7.5	1.2	180	Negative
step 2	1.12	6.5	1.2	180	Negative

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 상기 표 1의 조건으로 사상방전 가공된 시편의 사진이다. 그림에서 보는바와 같이 방전가공 표면은 경면에 근사한 조도로 가공되었고 요동운동을 부가한 경우의 가공표면 품질이 요동운동 없이 가공한 경우보다 더 우수하였다. 시편 표면을 보다 자세히 관찰해보면 그림 3-5에서와 같이 부분적으로 표면 품질이 균일하지 못한 부위가 있음을 알 수 있다.



Fig. 2 Photograph of electro discharge machined surface

그림 3은 전극의 요동운동 없이 가공한 경우 가공부 전체를 촬영한 사진이고 그림 4는 전극을 요동운동을 하면서 가공한 시편 표면의 사진이다. 각각의 그림에서 어두운 부분은 정상적인 방전이 이루어져 균일한 가공표면을 가진 부위이고 밝은 부분은 아크나 쇼트와 같은 이상방전이 많이 발생한 부위로 표면이 상대적으로 거친 부위이다. 그림 5는 이 부위를 좀더 확대한 사진이다.

이상방전은 방전 갭에서 가공 부스러기 배출이 원활하지 못하

여 가공 부스러기가 방전면에 재유착 되면서 발생한 것으로 판단된다. 가공 부스러기의 배출은 flushing 방법뿐만 아니라 전극의 크기와 형상에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 동전극을 사용할 경우 일반적으로 경면가공이 가능한 방전면적은 약 2 inch<sup>2</sup> 정도까지로 알려져 있고 면적이 커질수록 경면가공이 더욱 어려워진다. 전극의 요동없이 가공할 경우에는 칩 배출이 전극의 up/down 운동에 의해 이루어지므로 방전 껍에서의 칩 배출이 잘 안될 수도 있다. 사각 형상의 전극을 사용한 본 실험의 경우 정상 방전이 이루어진 부위가 그림 3에서와 같이 사각 전극 중심부에 원형 형상을 이루고 있고, 요동운동을 부가하며 가공한 경우에는 그림 4에서와 같이 사각형 형태로 나타났다. Mesh #80 사포는 연마 입자 크기가 약 170 μm 정도로 거칠기 때문에 이 사포로 다듬질한 전극으로 가공한 시편 표면은 그림에서와 같이 전극의 거칠기가 그대로 전사된 형태로 방전이 이루어졌고 아크와 쇼트에 의한 깊은 방전 crater가 여러군데 관찰되었다. Mesh #220 으로 다듬질한 전극으로 가공한 경우도 전극 거칠기 흔적이 부분적으로 남아있고 이상방전이 발생한 부위도 많이 관찰되었다. 반면 mesh #600과 #1000 의 경우에는 양호한 표면 품질이 얻어졌다.

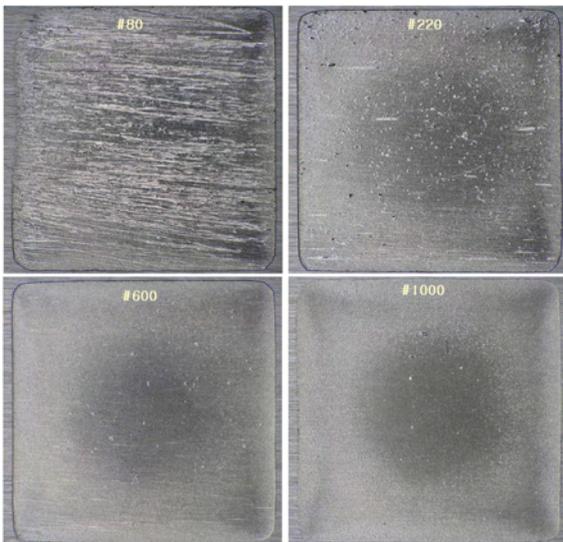


Fig. 3 Photograph of electro discharge machined surfaces (without planetary motion of electrode)

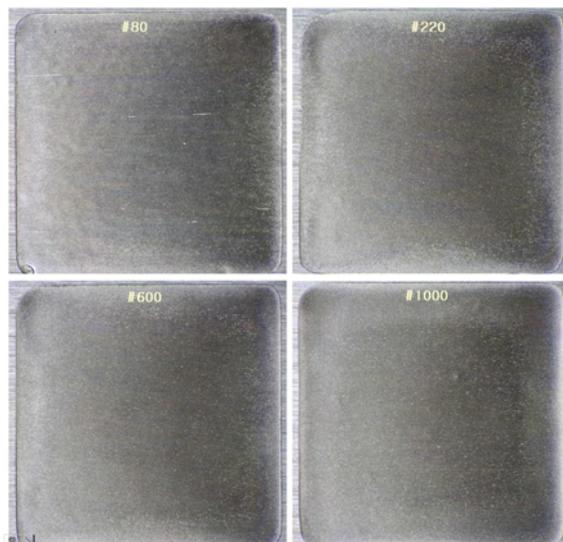


Fig. 4 Photograph of electro discharge machined surfaces (with planetary motion of electrode)

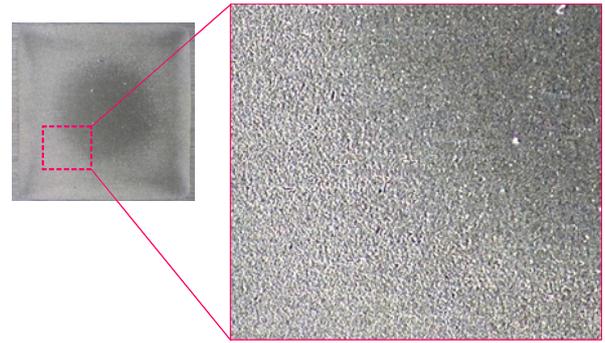


Fig. 5 Enlarged view of surface texture machined by electrode finished by mesh #1000 sand paper

요동운동을 하면서 방전가공한 경우에는 그림 4에서와 같이 이상방전 발생 부위가 크게 감소하였고 매우 양호한 표면상태를 얻을 수 있었다. 특히 mesh #80의 거친 전극표면으로 방전가공하더라도 비교적 양호한 방전표면을 얻을 수 있었고 그림 6에서와 같이 요동운동에 의해 전극표면의 마모가 균일해지면서 방전면 조도가 크게 개선됨을 알 수 있다.

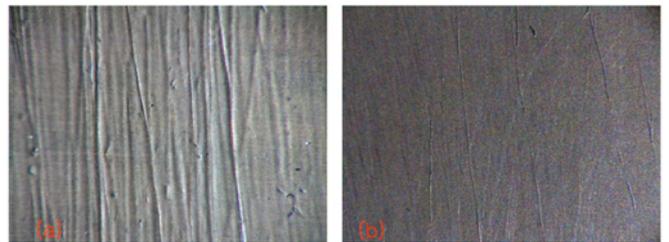


Fig. 6 Enlarged view of electrode(mesh #80 sand paper finished) surface texture after EDM. (a):without planetary motion, (b):with planetary motion

#### 4. 결론

사상 방전가공을 할 경우 동전극 표면의 거칠기가 방전가공 표면에 미치는 영향을 관찰하여 조사하였고 전극 요동운동의 영향을 분석하였다. 목표조도 Ra0.2 μm의 방전가공시험 결과 mesh #220 정도로 연마된 전극의 거칠기도 사상방전과정에서 방전면에 전사되어 표면품질이 악화됨을 알 수 있었고 #1000의 양호한 전극표면에서도 칩 배출 불량 의한 이상방전이 많이 발생하여 전체 방전면적에 대해 경면으로 가공하기가 쉽지 않음을 알 수 있었다. 전극의 요동운동이 Flushing 개선과 전극마모의 균일화 측면에서 표면조도 개선에 큰 영향을 주는 유효한 수단임을 확인하였다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 국가플랫폼 기술개발사업의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. H. S. Payal, R. Choudhary and S. Singh, "Analysys of electro discharge machined surfaces of EN-31 tool steel", J. of Scientific & Industrial Research, Vol. 67, 1072-1077, 2008.
2. 정영도, 김신우, 허윤, "파우더 방전가공을 이용한 동전극 유형에 따른 표면현상 변화에 관한 연구," 한국기계공학회 춘계 학술대회논문집, 238-243, 2006.
3. 왕덕현, 우정윤, 윤준도, "초음파 진동 부가에 의한 세라믹 복합체의 형조방전가공," 한국정밀공학회지, 16, 9-15, 1999.
4. 정태성, 이상훈, "전극소재에 따른 방전가공 특성의 연구," 한국정밀공학회 춘계 학술대회 논문집, 569-570, 2006.