

방전유 분사시스템에 의한 냉간금형용 합금강의 형조방전가공

Die-sinking Electrical Discharge Machining of Cold Die Alloy Steel with Dielectric Fluid Ejection System

우정윤*(경남대 대학원), 왕덕현(경남대 기계자동차공학부) 김중엽(창원기능대학)
J. Y. Woo(Graduate School, Kyungnam Univ.), D. H. Wang(Kyungnam Univ.)
J. U. Kim(Changwon Polytechnic College)

Abstract

The experimental study of die-sinking Electrical Discharge Machining(EDM) was conducted for Cold Die Alloy Steel of SKD-11 with rotary electrode according to the peak current of 11A, 15A and 19A, and the duty factor of 0.24, 0.45. Dielectric fluid flow through the electrode inside according to the change of electrode internal diameter during the EDM working. Material removal rate(MRR) was increased with flushing & rotation of electrode at the condition for the peak current of 15A, 19A, but the MRR is decreased at the flushing only. The more surface roughness was obtained for the case of the flushing & rotation under the peak current of 19A.

Key Words : Die-sinking EDM(형조방전가공), MRR(공작물 제거속도), DF(듀티팩터), Rmax(최대표면거칠기), Cold Die Alloy Steel(냉간금형용 합금강)

1. 서론

각종 형태의 첨단산업과 금형산업이 성장함에 따라 다용도에 이용될 수 있는 고강도, 고경도 등의 재료를 사용하여 제품의 생산성과 고품질화를 지향하고 있는 실정이다. 고탄소-고크롬 공구강(SKD-11)은 고속절삭시에 충분한 경도를 얻을 수 없고, 또한 너무 취약하기 때문에 이러한 용도로는 사용이 제한되었다. 그러나 기계적, 물리적 및 내마멸성이 우수하고, 강도가 크기 때문에 냉간가공용 금형강으로서 매우 유용하게 사용되고 있으며, 이 강종의 주된 용도는 항공우주산업, 선박, 펀치, 블랭킹 다이, 냉간성형용 다이, 인발 및 압출다이 등에 적용되고 있다.

방전가공에 관련된 연구로써 Kunieda[1]등은 3차원가공의 가능성을 제시하였고, 얇은 파이프형 전극봉을 사용하여 방전가공성을 비교하였다. 또한 가공중 발생하는 칩의 입자크기 및 온도분포를 연구하였다. 그리고 Koshy[2]는 방전유의 속도분포를 모델링하였으며, 기존의 방법과 회전전극봉을 이용한 방전가공을 통해서 공작물 제거속도 및 표면상태를 나타내었다. Mohri[3] 등은 복합재료 전극봉을 이용한 피삭재의 표면형상과 크랙, 부식저항 및 마멸저항에 관해서 연구를 하였다.

본 연구에서는 난삭재인 고탄소-고크롬 공구강을 피삭재로 사용하여 기존의 가공방법과 전극봉 내경을 변화시켜 그 구멍속으로 방전유를 분사시킴과 동시에 일정한 속도로 회전을 시켜 그에 따른 공작물제거속도, 최대표면거칠기 및 가공면의 미세조직상태를 분석하여 가공성을 평가하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 실험장치는 형조방전가공기 SERVO III이며, Fig. 1에서 나타내고 있는 것처럼 피삭재를 방전유에 완전히 잠기게 하고, 또한 내경이 서로 다른 전극봉을 사용하여 그 구멍속으로 방전유를 분사시키는 방법으로 칩제거와 냉각효과를 돕게 하였다.

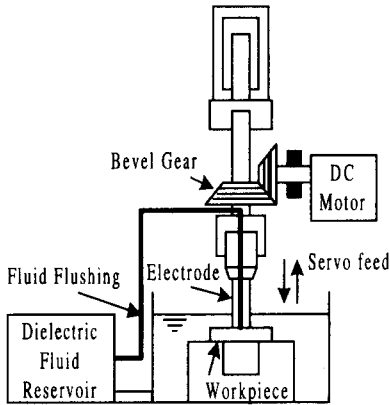


Fig. 1 Diagram of experimental setup

방전가공기는 헤드부분, 작업탱크, 베드 및 조절판으로 구성되어있으며, 회전전극봉은 헤드부분에 설치되어있는 전극봉 홀더에 고정시키고, 전극봉의 회전은 10rpm으로 일정하게 유지하였다. 그리고 방전가공시 전극봉의 회전을 좋게 하기 위하여 깊은 홈 볼베어링(6201) 3개를 나란히 고정시켜 사용하였으며, 전극봉 회전시 동력은 DC 모터에 의하여 전달되면서 동시에 유압제어

식으로 상하 이동에 의해 전극봉과 피삭재의 간극이 수십 마이크로미터를 유지하면서 가공이 이루어진다. 가공깊이는 피삭재 두께 5mm인 시편을 완전히 꿰뚫은 상태로 가공이 이루어지며, 실제로 방전유 분사상태를 Photo. 1에서 나타내고 있는데, 솔리드상태일 경우 노즐을 이용하였고, 파이프형일 때는 노즐과 전극봉내의 구멍속으로 방전유를 분사시키면서 가공을 하였다.

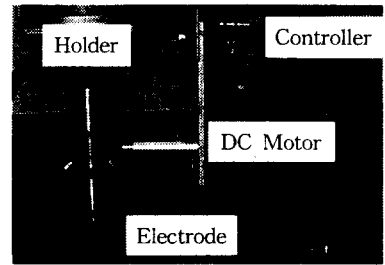


Photo. 1 Experimental setup

그리고 Photo. 2는 실험에 사용되는 전극봉으로써 $\phi 20\text{mm}$ 인 구리를 원형가공하여 $\phi 12\text{mm}$ 의 솔리드상태와 방전유를 전극봉내로 주입시킬 수 있도록 $\phi 4\text{mm}$ 에서 $\phi 10\text{mm}$ 까지 2mm간격으로 4종류의 파이프형과 솔리드(0mm)상태인 전극봉을 사용하였고, 전극봉 홀더에 고정시키기 위하여 전극봉의 끝부분에 M20x2.5인 나사형으로 가공하여 사용하였다.

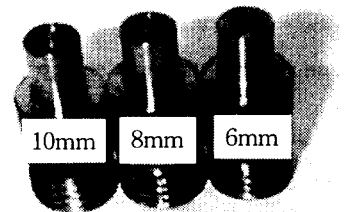


Photo. 2 Shape of electrode

가공되는 피삭재면의 정밀도를 높이기 위하여 샌드페이퍼 2000번을 사용하여 전극봉의 가공

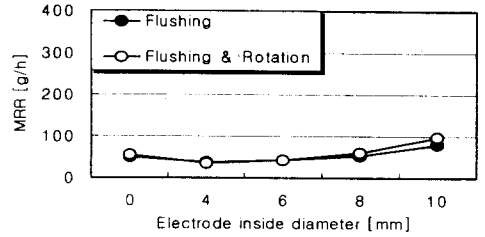
면을 연마한 뒤 다시 입자 3000번의 알루미늄분 말로써 전극봉을 수십번 연마한 후 실험을 하였다. 공작물제거속도(MRR)는 가공진후에 피삭재 무게를 10⁻⁴g의 전자저울을 사용하여 측정된 뒤 공작물제거속도를 구하였으며, 실제 가공된면의 표면상태는 10분가량 초음파로써 세척한후 Surfrest-501을 사용하여 원형을 중심으로 90도 방향으로 4회 측정된 평균값으로 최대표면거칠기를 나타내었다. 본 실험에 사용된 가공조건들은 Table 1에서 보여주고 있다.

Table 1 Machining conditions

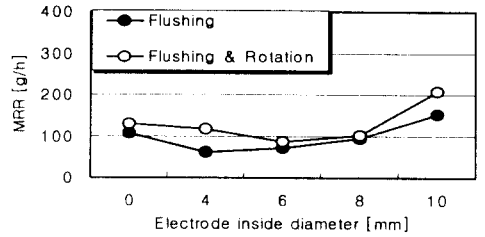
Polarity	Copper(-)
Discharge peak current [A]	11, 15, 19
Pulse duration [μ s]	48, 59, 130
Discharge voltage [V]	30
Open circuit voltage [V]	100
Electrode rotation number [rpm]	10
Machining depth [mm]	through cut

3. 실험결과 및 고찰

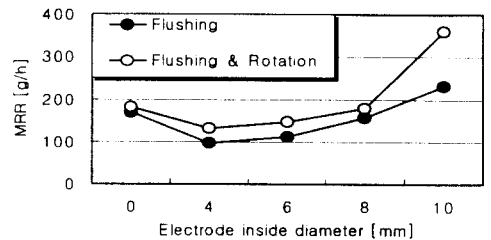
Fig. 2(a), 2(b) 및 2(c)는 전극봉 내경을 통한 방전유 분사와 회전전극봉으로 인한 공작물제거속도를 비교 분석한 것으로 전극봉내경이 4mm에서 8mm까지는 솔리드(0mm)상태일 경우보다 가공시간이 조금 더 소요되었고, 내경이 10mm일 때는 공작물제거속도가 빠른 것으로 나타났는데, 이것은 방전가공이 계속 진행중에서 마지막 단계인 가공깊이 5mm에 근접할 때 전극봉내경에 피삭재 일부분이 닿아 2차방전이 계속적으로 발생하여 가공시간이 지연된 것이다.



(a) Peak current 11A



(b) Peak current 15A



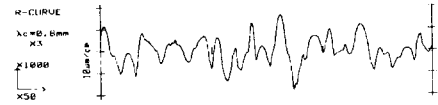
(c) Peak current 19A

Fig. 2 Effects of electrode inside diameter on MRR (DF : 0.45)

많은 차이는 나타나지 않았지만, 특히 피크 전류 11A인 경우에는 거의 유사한 공작물제거속도가 나타났으며, 전체적으로 방전유만 분사시킬 때보다 동시에 전극봉을 회전시킬 경우에 공작물제거속도가 빠르다는 것을 알았고, 또한 피크전류가 11A에서 19A로 증가됨으로서 공작물제거속도가 훨씬 빨라진다는 것을 확인할 수 있었다.

피크전류 11A일 때의 가공조건에서 방전가공된면의 표면상태를 전형적인 프로파일로 나타낸 것으로 Fig. 3(a)는 방전유만 분사시켰을 경우이고, Fig. 3(b)는 방전유를 분사시키면서 동시에 전극봉을 회전시키면서 가공한 상태의 면을 측정

한 것으로써, 프로파일의 상태는 거의 유사한 형상을 이루고 있다는 것을 알 수 있다.



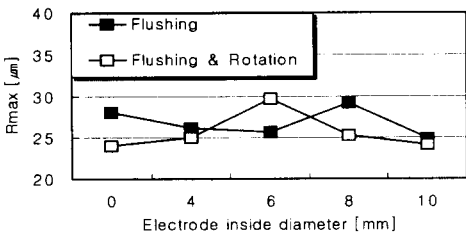
(a) Flushing



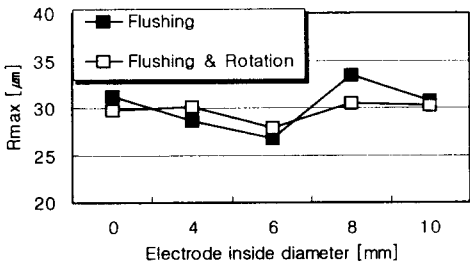
(b) Flushing & rotation

Fig. 3 Typical profiles of maximum surface roughness for peak current of 11A

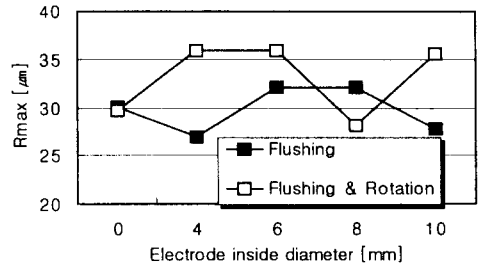
Fig. 3(a) 및 3(b)에 나타내고 있는 것처럼, 각각 동일조건으로 4회 반복 측정하여 평균값에 따른 최대표면거칠기상태를 Fig. 4(a), 4(b) 및 4(c)에서 나타내고 있다. 듀티팩터 0.24에서 피크전류 11A, 15A 및 19A의 가공조건하에서 가공이 이루어진 것으로 피크전류가 증가함에 따라 표면상태가 나빠진다는 것을 알 수 있다.



(a) Peak current 11A



(b) Peak current 15A



(c) Peak current 19A

Fig. 4 Effects of electrode inside diameter on Rmax (DF : 0.24)

특히 피크전류 19A에서는 전극봉 내경변화에 따른 표면상태의 차이는 약간 있지만, 전체적으로 피크전류 11A와 15A에서는 유사한 표면상태가 나타나는 것을 확인하였다. 피크전류 15A와 듀티팩터 0.45에서 방전가공된 피삭재와 전극봉의 미세조직사진을 Fig. 5와 Fig. 6에 각각 배율 100으로 나타내었다. 사진에서 확인할 수 있는 것은 방전가공이 이루어지면서 순간적으로 높은 열에 의해서 용융됨과 동시에 일부는 녹아 흘러 내리다가 녹아 붙어 용융층들을 이루고 있으며, 균테균테 기포가 생긴 것을 볼 수 있다.



Fig. 5 SEM micrographs of EDMed surface with flushing and rotation (X100) (Peak current : 15A, DF : 0.45)



Fig. 6 SEM micrographs of electrode when EDMed with flushing and rotation(X100) (Peak current : 15A, DF : 0.45)

그리고 전극봉면의 미세조직관찰에서는 기포 뿐만 아니라 많은 용융층들이 분포되어있는데, 이것은 가공이 이루어지면서 방전유에 의해서 칩의 일부분은 제거되지만, 일부는 남아 전극봉면에 녹아 붙어 용융층 및 변질층으로 남아있게 되는 것이다.

4. 결론

피삭재인 고탄소-고크롬 공구강(SKD-11)을 사용하고, 전극봉내경변화에 따른 기존의 가공방법에서 방전유 분사와 회전전극봉에 의한 형조방전가공으로써 공작물제거속도, 최대표면거칠기 및 미세조직분석 등을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

피크전류가 증가됨에 따라 공작물제거속도는 빠르다는 것을 알 수 있었고, 피크전류 11A에서는 방전유 분사와 회전전극봉으로 인한 공작물제거속도의 차이는 거의 없었으나, 피크전류 15A와 19A에서는 전체적으로 회전전극봉의 가공이 빨리 이루어진다는 것을 알았다.

표면상태는 피크전류 11A와 15A에서 거의 유사한 값들을 나타내고있는데, 피크전류 19A상태에서는 회전전극봉일 경우에 최대표면거칠기값이 증가한 것을 알 수 있다. 피삭재면과 전극봉의

미세조직 관찰에서 확인할 수 있는 것은 균데균데 많은 기포, 용융층 및 변질층이 분포되어있는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] M. Kunieda and M. Yoshida, "Electrical Discharge Machining in Gas," Annals of the CIRP, Vol. 46, pp. 143-146, 1997.
- [2] P. Koshy, V. K. Jain, and G. K. Lal, "Experimental investigations into electrical discharge machining with a rotating disk electrode," Precision Engineering, Vol. 15, No. 1, pp. 6-15, 1993.
- [3] N. Mohri, N. Saito and Y. Tsunekawa, "Metal Surface Modification by Electrical Discharge Machining with Composite Electrode," Annals of the CIRP Vol. 42, pp. 219-222, 1993.