

미세 방전 가공을 이용한 디버링 가공 Deburring process using Micro Electrical Discharge Machining

*유병한¹, 정영훈², #민병권¹, 이상조¹

*Byung Han Yoo¹, Yeong Hun Jeong², #Byung-Kwon Min(bkmin@yonsei.ac.kr)¹, Sang Jo Lee¹

¹ 연세대학교 기계공학과, ² 일리노이 주립대학교 기계공학과

Key words : Burr finishing, Micro machining

1. Introduction

버(Burr)는 전단가공(shearing sheet material), 캐스팅(casting), 머시닝(machining) 등의 공정에서 공작물의 끝단(edge)부에 발생한다. 발생한 버는 부품 조립 공정에서 각 부품간에 간섭을 일으켜 조립 품질을 떨어뜨리는데 영향을 미친다. 게다가 대부분, 버는 예리한 형상을 띄고 있기 때문에, 부품의 수명을 저하시키는 요인으로 작용하게 된다.¹ 특히, 미세 정밀 기계 부품에서 발생한 버의 영향은 크게 나타난다.

미세 기계 부품의 가공에서 발생하는 버의 제거는 기계의 정밀도 확보에 있어서 필수적이다. 효과적인 디버링 공정을 위해 다양한 방법들이 연구 되어왔다. 회전하는 통속에서 공작물과 연마입자 등을 혼합한 후 버를 제거하는 방법(Barrel tumbling)², 고압의 연마입자를 이용한 방법(abrasive jet machining)³, 초음파를 이용한 방법(ultrasonic vibratory finishing)⁴ 등은 전통적 기계 가공 공정에서는 효과적이었으나, 물리적인 힘을 이용하여 발생한 버를 제거하기 때문에 미세 부품에서는 디버링 과정에서 공작물이 손상될 가능성이 높아 적용이 힘들다는 단점이 있다. 미세 부품의 디버링에서 발생하는 문제점을 개선하기 위해 레이저를 이용한 디버링 방법이 연구되었다.⁵ 레이저를 이용한 디버링 방법은 비접촉식으로 가공이 이루어지기 때문에 공작물에 변형을 일으키지 않고 공정을 수행할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 레이저 빔의 직경이 고정되어있고, 가공량이 레이저 조사시간에 비례하기 때문에 디버링 공정에서 버 뿐만 아니라 공작물 표면이 손상될 가능성이 높다.

이번 연구에서는 미세 부품에서의 디버링 공정에 미세 방전 가공을 적용하였다. 방전 가공은 레이저 가공과 같이 비접촉식 가공이기 때문에 공작물에 기계적 변형을 일으키지 않는 장점이 있다. 또한, 방전 가공은 열에너지를 이용하여 재료제거가 이루어지기 때문에, 난삭재의 경우에도 가공이 가능한 장점이 있다. 방전 현상은 전극과 공작물간에 최단거리에 위치한 두 지점 사이에서 먼저 발생하게 된다.⁶ 버의 경우 공작물의 끝단 부분에서 위로 향하고 있기 때문에 전극과 버와의 거리가 전극과 공작물 표면과의 거리에 비해 가깝다. 따라서, 방전현상이 공작물 표면과 일어나기 전에 버에서 먼저 발생하게 된다. 버의 폭은 공작물 형상에 비해 매우 좁다. 방전 현상을 통해 버에 유입된 열에너지는 열전도 과정에서 버의 온도는 국부적으로 상승하지만, 공작물로 전도된 열은 높은 열전도도로 인하여 급속히 냉각되게 된다. 이로 인해, 방전 현상을 이용한 방법은 공작물에 변형을 일으키지 않고 버 만을 선택적으로 제거할 수 있었다. 이를 통해, 미세 방전 가공을 이용한 디버링 가공 방법이 미세 정밀 부품 가공에서 발생하는 버의 효과적인 제거 방법이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

2. Experimental setup

디버링 가공에 이용할 시편은 알루미늄, 구리, 철 등 세종류에 직선 패턴 형상으로 밀링 가공하였다. 미세 부품에서의 방전 가공 방법을 이용한 디버링 가공 가능성을 확인하기 위해 직선 패턴의 폭을 다양하게(200 μ m, 100 μ m, 50 μ m) 하였다.

미세 방전 가공은 상용 미세 방전 가공기(SX200, SARIX)를 이용하였으며, 전극은 200 μ m 직경의 텅스텐 전극을 이용하였다. Fig.1 은 미세 방전 가공기를 이용한 디버링 가공 방법을 보여주고 있다.

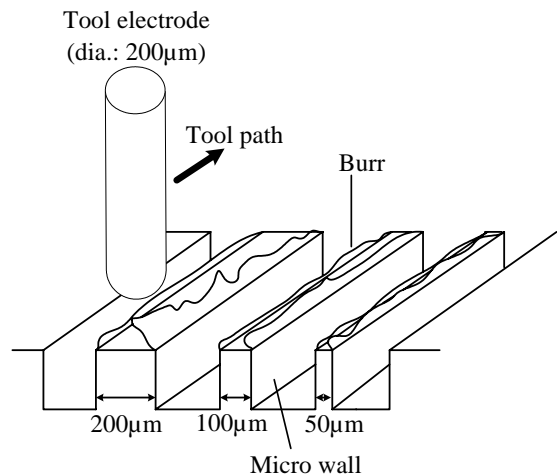


Fig. 1 Experiment setup

3. Results

방전 가공을 이용하여 디버링 가공을 할 경우, 버 만을 선택적으로 제거할 수 있어야 한다. 전극과 공작물의 최단 거리에서 방전현상이 발생하기 때문에 버는 제거 되면서도 공작물 표면에는 영향을 미치지 않도록 전극과 공작물간의 일정한 방전 간극을 유지하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해 디버링 가공에 사용된 전압에 따른 방전 간극을 측정하였다. Fig.2 는 전압에 따른 방전 간극을 보여준다.

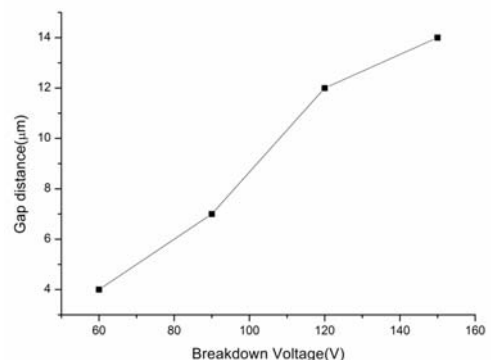


Fig. 2 Relation between breakdown voltage and gap distance

Fig.2 의 그래프는 나타난 인가전압에 따른 방전 간극은 각 전압에서 방전 현상이 일어나기 위한 전극과 공작물 사이에 최대 거리를 나타낸다. 따라서 전극과 공작물 사이의 거리를 그래프에서 나타난 거리만큼은 유지해야 공작물 표면에 미치는 방전의 영향을 최소화 할 수 있다. Fig.3 는 디버링 가공 하기 전의 시편 상태를 보여주고 있다.

Fig.3 에서 보여지는 것처럼 재료의 특성에 따라 형성된 버의 크기나 형상이 달라짐을 알 수 있다. 버가 발생한 시편을 대상으로 디버링 가공을 수행하였다. 버 만을 효과

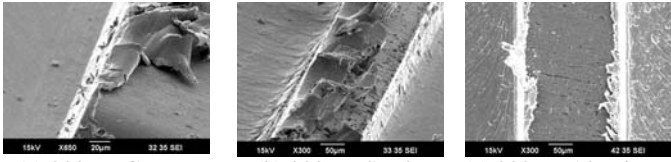


Fig. 3 Burr formation after milling process

적으로 제거하기 위해서 전극의 회전 중심을 버가 발생한 끝단에 위치시킨 후, 공정을 수행하였다. Fig.4 는 디버링 가공을 수행한 후의 상태를 보여주고 있다.

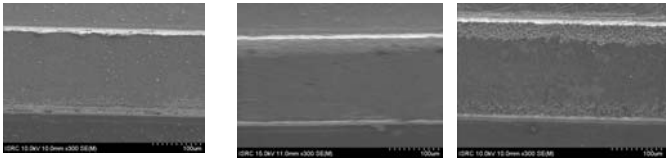


Fig.4 Deburred surface using micro electrical discharge machining

전압 조건은 60V 를 사용하여 전극과 공작물을 최대한 근접시켜(4µm) 디버링 공정을 진행하였다. 결과에서 보여지는 것처럼 버가 분포했던 공작물의 끝단 부분이 깨끗하게 제거 되었음을 알 수 있다. 버가 제거된 곳에 남아있는 방전 흔적의 영향을 알아보기 위하여 디버링 하기 전과 후의 결과를 비교하였다.

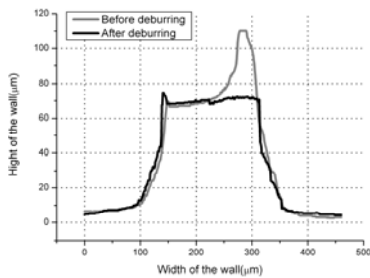


Fig. 5 Comparison of the cross section between before and after deburring (200µm Steel)

Fig.5 는 철의 경우에 대하여 디버링 가공 전후의 가공 단면 형상을 나타낸 결과이다. 회색 실선은 디버링 가공 전 밀링 가공된 후의 단면을 나타내며, 흑색 실선은 디버링 가공 후 단면 형상을 나타낸다. 위의 그림에서 보여지는 바와 같이 디버링 가공전 오른쪽 윗부분이 솟아 올라와있던 버 부분만이 디버링 가공 후, 흑색 실선부분에서는 제거되어 없어졌음을 알 수 있다. 이 결과는 통하여 미세 방전 가공을 이용한 방법이 미세 부품에서의 디버링 공정에 효과적으로 적용될 수 있음을 입증하고 있다.

위의 실험에서는 60V, 공작물 표면과의 거리를 4µm 만큼 떨어진 상태에서 버를 제거 하였기 때문에 전극의 이송 속도를 충분히 느리게 하여야만 공작물 위로 솟아올라있는 버를 충분히 제거할 수 있었다. 이 경우, 버 제거를 위해 소요시간이 길어지게 된다. 이러한 부분을 개선시키기 위해 방전간극은 60V 전압조건에 해당하는 4µm 을 계속 유지한 상태에서, 인가전압을 60V 가 아닌 그보다 높은 전압을 적용하였다. 방전간극을 변화시키지 않고 보다 높은 전압을 적용할 경우, 전극과 공작물 사이에서 방전현상은 매우 활발하게 나타나게 된다. 따라서, 디버링 공정 효과적으로 단축 시킬 수 있다. 방전현상은 전극과 공작물 사이의 간극이 전극의 마모나 공작물의 재료 제거로 방전이 일어날수 있는 최대거리에 도달할 때까지 일어나기 때문에, 공작물 표면에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 알맞은 이송속도의 조절은 매우 중요하다.

Fig.6 은 인가전압에 따라 이송 속도 조절을 통하여 얻은 디버링 결과를 보여주고 있다. 비교를 위하여 공작물의

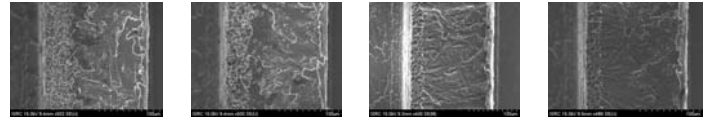


Fig.6 deburred surface according to the applied voltage

왼편 끝단 부분은 디버링 가공을 하고 오른쪽 끝단 부분의 버는 제거하지 않았다. 위의 결과에서 나타난 바와 같이 신속한 가공을 위하여 전극의 이송속도를 높이기 위해 인가 전압의 크기를 증가시키더라도 디버링 가공 품질에는 차이가 없음을 알 수 있다.

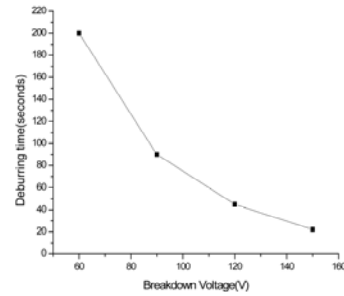


Fig.7 Deburring time according to the breakdown voltage (length: 2mm)

Fig.7 은 각 2mm 구간에 대하여서 디버링 가공을 하였을 경우 소요된 시간을 나타내고 있다. 그래프에서 보여지는 바와 같이 디버링 공정 소요시간이 전압이 증가함에 따라 감소하고 있음을 알 수 있다.

4. Conclusion

미세 방전가공을 이용하여 미세 공작물에 대한 디버링 공정을 성공적으로 수행하였다. 미세 공작물의 경우 기존에 연구된 방법으로는 공작물 표면에 영향을 미치지 않고 버만을 선택적으로 제거하기 어려운 단점이 있으나, 미세 방전 가공을 이용한 디버링 방법은 버의 선택적 제거가 가능함을 알 수 있었다. 또한, 사용 전압을 증가시켜 디버링 공정 소요시간을 줄일 수 있었으며, 사용 전압에 따른 디버링 품질에는 거의 차이가 없었다.

후기

본 연구는 산업자원부의 마이크로 전기화학 복합 형상 제거시스템 개발 사업의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Serope Kalpakjian, "Manufacturing processes for engineering materials", third edition, 607, Addison Wesley, 1997
2. D.J. Willams, W. Johnson, "The Radiusing of Brass Components by Short-Term Dry Self-Tumbling," Journal of Mechanical Working Technology, Vol. 7, 1983, pp. 355-365
3. R. Balasubramaniam, J. Krishnan, N. Ramakrishnan, "Investigation of AJM for deburring," Journal of Material Processing Technology, Vol. 79 1998, pp.52-58
4. H.Z. Choi, S.W. Lee, Y.J. Choi, G.H. Kim, S.L. Ko "Micro Deburring Technology Using Ultrasonic Vibration with Abrasive," Laboratory for Manufacturing and Sustainability, Consortium on Deburring and Edge Finishing, 2004, http://repositories.cdlib.org/lma/codefr/drko_03
5. S.H. Lee, D.A. Dornfeld, "Precision Laser Deburring," Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 123, 2001, pp. 601-308
6. E.C. Jameson, Electrical Discharge Machining, SME, Dearborn, 2001, pp.87-88