

마이크로 디버링에서의 미세형상 제거에 관한 연구

A Study of micro feature MRR for micro de-burring process

*손종인¹, 김건희², 허영무¹, #윤길상¹

*J. I. Sohn¹, G. H. Kim², Y. M. Heo¹, #G. S. Yoon¹(seviaygs@kitech.re.kr)

¹ 한국생산기술연구원 금형성형연구부, ²인하대학교 대학원

Key words : Micro de-burring, micro feature, MRR(Material removal rate), Abrasive, micro blast

1. 서론

산업의 발달과 더불어 초소형, 고정밀 기계 부품의 수요가 점차 증가하고 있다. 이를 제작하기 위하여 전해가공, 방전가공 등 전기 화학적인 방법을 이용한 방법과 초소형 엔드밀을 이용한 기계적 가공 방법이 가장 대표적으로 사용되고 있다. 초소형 엔드밀을 이용한 기계적 가공은 점차 정밀화 되고 있는 공작기계의 발달과 더불어 가장 널리 사용되고 있는 가공 방법이다. 기계적 가공을 이용한 제작은 공작물이 공구에 의하여 절삭되면서 원하는 형상을 만들게 되는데 이때 필연적으로 불필요한 잔재물인 버(burr)가 발생된다. 생성된 버는 가공물의 정밀도에 좋지 않은 영향을 미치게 되는 요인이며, 반드시 이를 제거해 주어야 한다. 특히, $\Phi 0.5\text{mm}$ 이하의 초소형 엔드밀을 이용한 마이크로 절삭에서 발생하는 버의 경우 일반적인 매크로 가공에서 보다 버의 크기가 가공 형상에 비하여 상대적으로 크게 발생되며, 기존의 매크로 디버링 공구를 이용한 제거가 어려운 단점을 가지고 있다. 우선적으로 버를 제거하기 이전 기계적 가공 단계에서 버를 저감하는 연구가 Lee등에 의해서 진행하였는데, 기본적으로 기계적 절삭에서는 가공 조건에 따라서 일정 수준의 버 저감효과를 가져올 수는 있으나 원천적으로 버를 생성하지 않을 수 없다.¹ 이에 따라서 다양한 버 제거 방법이 선행 연구되었다. 우선 전기 화학적 방법을 이용하여 수십 마이크로 수준의 버를 제거하는 방법을 들 수 있다.^{2,3} 전기화학적 방법을 이용한 디버링의 경우 전극과 버 사이의 간극 조절을 위한 초정밀 이송장치가 별도로 요구되며 공작물의 재질에 따라서 다양한 종류의 전해액이 필요하다. 이는 시간적, 비용적인 요소들이 단점으로 작용되게 된다. 이와 다른 방법으로 분사재를 일정 압력으로 분사하여 버를 제거하는 연구가 진행되었다.^{4,5} 분사재를 이용한 디버링 공정은 일반적으로 형상 가공을 위한 산화알루미늄을 많이 이용하며 그 결과 에지부의 가공형상에 많은 영향을 미치게 된다. 디버링 공정은 버를 제거함과 동시에 가공 형상에 영향을 적게 주어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 초소형 연료전지의 분리판, 바이오 칩에 많이 이용되는 마이크로 리브 형상을 $\Phi 0.4\text{mm}$ 의 초소형 엔드밀을 통하여 가공한 후 이때 발생하는 버에 대하여 산화 알루미늄 분사재와 이보다 경도가 낮아 디버링 공정시 산화알루미늄 분사재에 비하여 가공형상에 영향을 덜 미칠것으로 예상되는 폴리머 분사재를 이용한 디버링 공정을 수행하였으며, 버의 제거 및 형상 제거에 대하여 비접촉 측정기구 및 SEM 이미지를 통하여 비교 분석하였다.

2. 마이크로 리브의 생성

마이크로 리브는 초소형 연료전지, 바이오 칩에서 미소 유체가 흐를 수 있는 채널 형상을 구성한다. 이를 위하여 $\Phi 0.4\text{mm}$ 의 엔드밀을 이용하여 높이 0.1mm, 폭 0.2mm의 리브를 가공하였다. 공구를 이용한 기계적 가공의 경우 공구 주축 회전수, 이송속도, 공구날이 공작물에 절입되는 양 등에 따라서 생성되는 버의 크기가 달라진다. 이에 따라서 공구 크기 및 가공물의 경도 조건에 따라서 공구 제조사에서 권장하고 있는 가공 조건을 이용하였다. 자세한 가공 조건 및 가공 형상은 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다.

마이크로 리브를 가공하면서 발생하는 버의 크기는 항상 일정한 크기로 발생되지 않으며 리브의 일정부분에서 발생한 버의 크기만으로 정량적으로 표현하기가 어려운 단점을 가지고 있다.

Table 1 Cutting condition of micro rib

Workpiece	Tool	Feed (mm/min)	Spindle speed (RPM)	Depth of cut (mm)	Lubrication
Brass	$\Phi 0.4\text{mm}$, 2flute flat end-mill	100	40,000	0.1 (5step)	Wet cutting

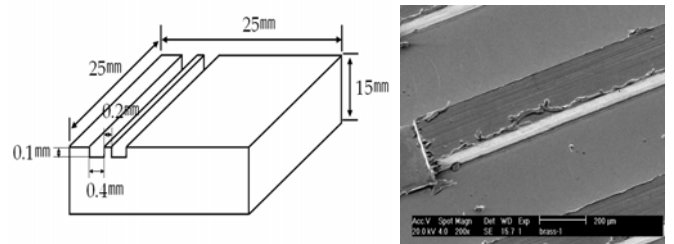


Fig. 1 Cutting profile and SEM image

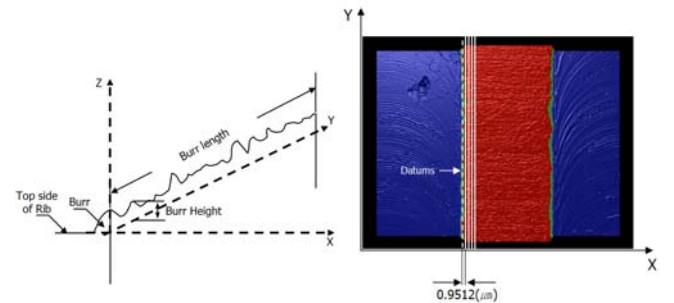


Fig. 2 Method of burr height measurement

리브에서 발생한 버는 주로 에지부분의 티어버(Tear burr)가 주를 이루고 있다.1 이를 측정하기 위하여 리브의 에지부를 기준으로 하여 리브의 상단 부분에 발생한 버의 크기를 3차원 비접촉 측정기를 이용하여 측정한 후 그 평균값을 계산하여 버의 크기를 나타내었다. 또한 에지부에서 버가 발생한 넓이가 일정하지 않기 때문에 Fig. 2에 도식화 한 것처럼 기준면에서 0.9512µm 간격으로 5회를 측정하여 각 라인에서 버의 평균값을 측정하였다. 이때 버의 크기를 측정하기 위한 장비는 Veeco NT 1000을 사용하였다.

3. 디버링 공정

분사재를 이용한 디버링 공정은 분사압력, 분사거리, 분사시간, 노즐의 크기 등의 공정변수에 의하여 버의 제거 및 형상변수가 영향을 받게 된다. 이에 대하여 많은 공정 변수를 적용할 경우 실험의 횟수가 매우 많아지게 됨에 따라서 가공 형상에 가장 많은 영향을 줄 것으로 예상되는 가공압력 및 가공시간에 따른 에지부 형상 변화에 대하여 실험을 시행하였다. 자세한 디버링 공정을 위한 블라스트 장비를 도식화 한 그림과 가공 조건은 Fig. 3과 Table 2에 나타내었다. 가공 시간은 디버링 대상이 되는 공작물이 X stage 위에서 좌우로 움직여 디버링 노즐에 스캐닝 되는 횟수와 비례한다.

4. 결론

버를 제거하기 위하여 폴리머 및 산화알루미늄 분사재를 이용하여 디버링 공정을 수행하였다. 실험 후 결과를 분석하여 보면

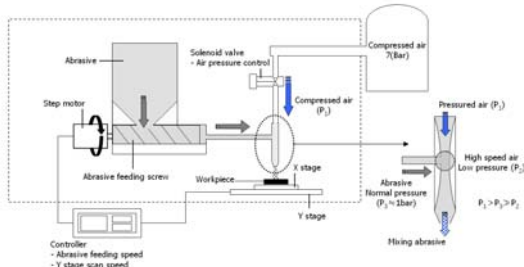


Fig. 3 Schematic illustration of abrasive de-burring machine

Table 2 De-burring condition

Pressure (bar)	Scan speed (mm/sec)	Scan time	Nozzle size (mm)	Stand-off distance (mm)
3, 4	50	40, 60, 80	Φ2	12

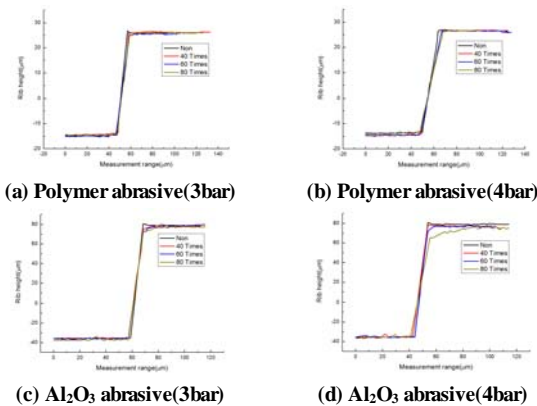
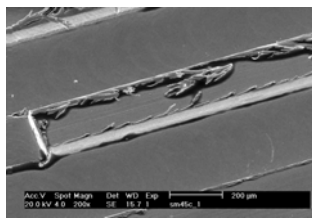
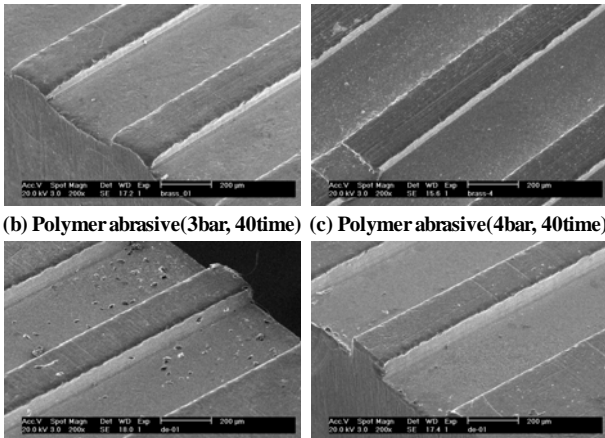


Fig. 4 Edge profile of micro rib after de-burring process



(a) Non de-burring rib



(b) Polymer abrasive(3bar, 40time) (c) Polymer abrasive(4bar, 40time)

(d) Al₂O₃ abrasive(3bar, 40time) (e) Al₂O₃ abrasive(4bar, 40time)

Fig. 5 SEM image of micro rib after de-burring process

디버링 전 최대 10 μ m수준, 최소 3 μ m수준의 버를 산화알루미늄 분사재의 경우 1 μ m 미만 수준으로 감소 시켰으며, 폴리머 분사재의 경우 1 μ m수준으로 감소시켰다. 산화알루미늄의 경우 버의 제거와 동시에 에지부의 재료가 동시에 제거되었다. 블라스트를 이용한 디버링 공정에서 일정 수준의 버 제거에는 폴리머를 이용한 디버링 공정이 효과적이거나 완벽하게 버를 제거하기 위해서는 일정부분 에지부가 제거되는 산화알루미늄을 이용한 디버

링 공정이 필요함을 알 수 있다. 각각의 분사재 및 가공 조건에 따른 에지부 제거에 관한 비교 값은 Fig. 4에 그래프 형태로 측정결과를 나타내었다. 이와 동시에 SEM image를 통하여 실제 발생된 형상 변화 결과를 확인하여 보았다.

5. 고찰

마이크로 블라스트를 이용한 디버링 공정은 버의 제거와 동시에 형상 손실을 가져오며 특히, 산화알루미늄을 이용한 디버링 공정은 공정 시간 및 분사 압력이 증가함에 비례하여 점차 형상 손실이 증가함을 알 수 있었다. 이때, 가공 공차 이내에서 허용되는 형상 손실률과 가공 횟수에 따라서 비례하는 형상 손실률 간 비교를 통하여 블라스트를 이용한 효율적인 버제거 공정 변수를 선정할 수 있다. 또한 에지부의 형상 손실률을 이용하여 금형의 빠기 구배를 형성시킬 수 있는 방법으로도 이용할 수 있다. 이와 같은 연구 결과를 토대로 블라스트를 이용한 디버링 공정 변수 선정에 기초적인 자료로 활용될 수 있을 것이라 기대한다.

참고문헌

1. Kiha Lee, David A. Dornfeld, "Micro-burr formation and mini-mization through process control", Precision Engineering, 29, 264-252, 2005
2. Byung Han Yoo, Byung-Kwon Min and Sang Jo Lee, "Thermal analysis of micro-EDM deburring process", Proceeding of KSMTE autumn conference, 106-110, 2009
3. Min-Jung Shin, Seung-Yub Baek and Enn-Sang Lee, "A Study for Improving Surface Roughness and Micro-deburring Effect of Nitinol Shape Memory Alloy by Electropolishing", Journal of KSMTE, Vol. 16, No. 6, 49-54, 2007
4. R. Balasubramaniam, J. Krishnan and N. Ramakrishnan, "Investigation of AJM for deburring", Journal of Materials Processing Technology, 79, 52-58, 1998
5. Dae Jin Yun, Tae Il Seo and Dong Sam Park, "Fabrication of Biochips with Micro Fluidic Channels by Micro End-milling and Powder Blasting", Sensors, 8, 1308-1320, 2008

후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 초고압력 등방압 응용 핵심 부품 제조 기술 개발사업(과제번호:09-E0-1-0019)지원으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.