

30 μm 엔드밀링을 이용한 유체분석기용 미세채널 가공기술 Machining Technology of Micro Channel for Microfluidics Using 30 μm End-mill

*최환진¹, 박언석¹, #제태진², 전은채², 최두선², 이응숙²

*H. J. Choi¹, E. S. Park¹, #T. J. Je(jtj@kimm.re.kr)², E.c.Jeon², D.S.Choi², E.S.Lee²

¹과학기술연합대학원 대학교, ²한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key words : Micro end-mill, Micro channel, Microfluidics chip, Machining conditions

1. 서론

마이크로 엔드밀링은 마이크로 부품 가공기술로 다양한 형상의 가공과 가공 소재의 제약이 적은 유용한 미세가공법 중의 하나이다. 그러나 초소형 부품 가공을 위해 엔드밀의 사이즈가 작아지면서 가공중 공구의 파손 및 마모 문제가 심각하며, 이에 대한 대책이 요구된다.

본 논문에서는 직경 30 μm 엔드밀을 이용하여 공구의 파손이 발생하지 않는 가공조건의 확립과 고품질 마이크로 채널의 가공기술을 개발하고 이를 응용하여 유체분석기용 마이크로 채널 가공에 응용하고자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

Fig. 1은 본 실험을 위해서 구성된 시스템의 장치를 나타낸 것이다. X, Y, Z 3축으로 구성되었으며 X-Y table에는 실시간으로 절삭력을 측정할 수 있도록 Tool dynamometer가 설치되었다. 공구의 런아웃을 최소화 하기위하여 Vision system을 설치하였고, Indicator로 측정하여 1 μm 이내로 조정하였다. 세부적인 내용은 Table. 1과 같다.

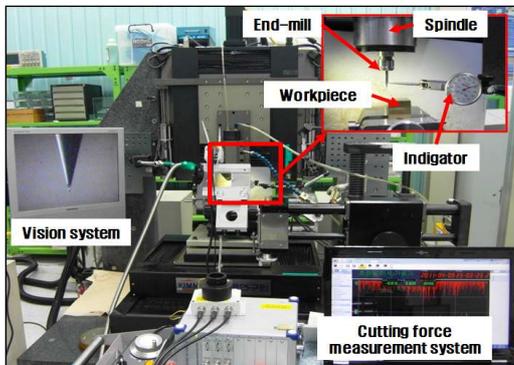


Fig. 1 System set-up for experiment

Table 1 Cutting conditions

Cutting method	Endmilling
X, Y, Z resolution	5, 5, 40 nm
Cutting tool	WC ϕ 30 μm Flat end-mill
Spindle revolution	50,000 RPM
Tool feed rate	10 mm/min
Depth of cut(Axial), ap	2, 4, 6, 10 μm
Workpiece	6:4 Brass

가공방법은 Fig. 2와 같이 황동시편에 Slot 가공을 이용하여 채널 형상을 가공하였다. 스핀들의 회전수 및 공구의 이송은 고정하고 절삭깊이를 2, 4, 6, 10 μm 의 변화를 주어서 그에 따른 채널의 형상 및 버의 형태를 관찰하였다. 본 실험에 사용된 공구는 직경 30 μm 의 초경 엔드밀이고 그 형상을 Fig. 3에 나타내었다. 세부적인 가공조건은 Table. 1에 나타내었다.

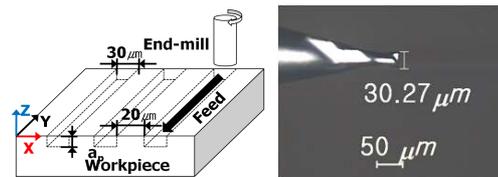


Fig. 2 Machining method Fig. 3 Micro end-mill

3. 절삭깊이의 변화에 따른 영향 분석

Fig. 4는 절삭깊이에 따른 가공면을 광학현미경을 이용하여 분석한 것이다. 가공폭이 가공 폭이 넓어졌지만 전반적으로 가공 상태는 양호한 모습을 볼 수 있었다. 절삭깊이 2, 4, 6 μm 는 큰 차이없는 가공면의 상태를 볼 수 있었고 10 μm 일 때 버의 크기가 상대적으로 미세하게 커진 것을 볼 수 있었다. 따라서 30 μm 엔드밀을 이용한 채널 가공에서는 6 μm 이하의 절삭깊이를 적용하는 것이 바람직하다.

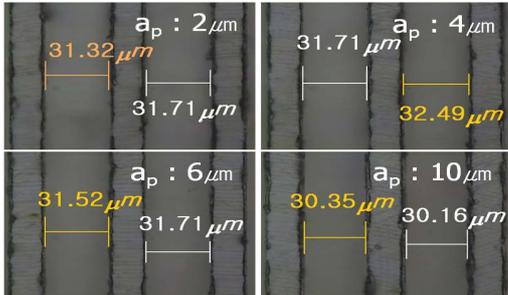


Fig. 4 Comparison of machined surface according to a_p

Fig 5는 절삭 깊이의 변화에 따른 각축의 절삭력을 나타낸 그래프이다. 절삭력은 Dewesoft를 이용하여 주파수 분석을 통하여 공구 RPM에 맞는 절삭력을 Band filter를 이용하여 Filtering하였다. 절삭 깊이가 증가할수록 절삭력이 증가하였고 공구 진행방향의 절삭력인 Y축의 절삭력은 0.005N으로 가장 크게 나타났다. 다음으로 Z축, X축의 순서로 절삭력이 발생하였다. 절삭깊이의 증가는 Y축의 절삭력의 크기에 큰 영향을 미치고 이는 공구의 파손에 영향을 줄 수 있으므로 적절한 절삭깊이의 선정이 필요한 것으로 사료된다.

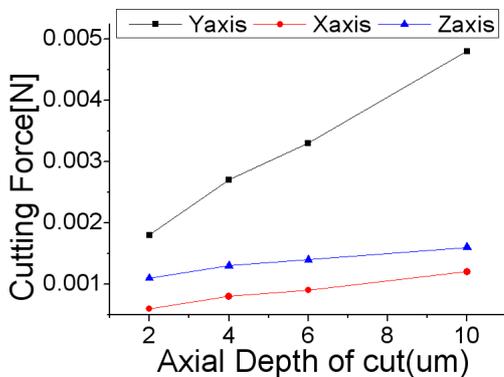


Fig. 5 Comparison of cutting force according to a_p

4. 유체분석기 미세 채널 가공

가공면과 절삭력의 파형을 분석한 결과, 채널 가공에는 절삭깊이 4 μ m가 적정 가공 깊이로 판단하고 이를 이용하여 유체분석기에 적용되는 마이크로 채널을 가공하였다.

유체분석기의 마이크로 채널은 출구부에 미세하게 버가 발생했지만 채널부에는 큰 버가 없이 깨끗하게 가공된 결과를 볼 수 있었다. 마이크로 엔드밀의 날 끝부분은 큰 마모 흔적을 찾아 볼 수 없었다.

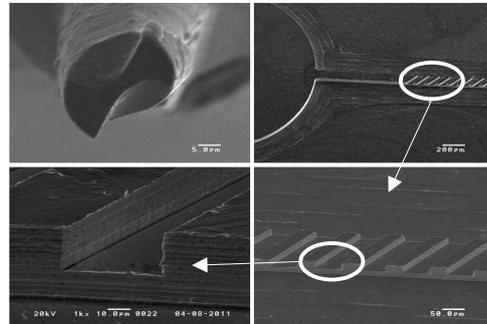


Fig. 10 Results of machining microfluidics

5. 결론

본 연구를 통하여 직경 30 μ m의 마이크로 엔드밀을 이용한 가공기술을 개발하였고 이를 응용하여 유체분석기용 채널을 가공하였다.

직경 30 μ m 엔드밀을 이용하여 가공 깊이에 따른 채널의 가공상태를 분석한 결과 가공깊이가 10 μ m 이상이 되면 버가 크게 발생하였다. 절삭력의 파형은 공구의 진행 방향인 Y축에서 0.005N으로 가장 크게 발생하였고 Z축, X축 순으로 나타났다.

적정 절삭깊이를 4 μ m로 선정하고 이를 이용하여 유체분석기용 채널을 가공하였다. 채널의 가공결과 출구부에 미세하게 버가 발생하였지만 채널의 상면부에는 버가 거의 발생하지 않았고 가공공구의 마모 또한 크게 찾아볼 수 없었다.

후기

본 연구는 지식 경제부의 전략기술개발사업 생 기반 연구 결과임을 밝히며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. J. S. Noh, B. D. Kim, T. J. Je, "Machining condition for channel structure of SUS316L materials using micro endmill, KSPE, 401-402, 2009
2. Hongtao Li, Xinmin Lai, Chengfeng Li, "Modelling and experimental analysis of the effects of tool wear, minimum chip thickness and micro tool geometry on the surface roughness in micro-end-milling," Journal of Micromechanics and Microengineering, 2007