

마이크로 선반에서의 절삭성 평가

김재건*(영남대원), 정종운(영남대원), 고태조(영남대 기계공), 김희술(영남대 기계공)

주제어 : Micro Turning Lathe(마이크로 선반), Machinability(절삭성), PZT actuator(압전 구동기), Diamond tool(다이아몬드공구), Air spindle(에어 스피들)

Micro/Meso 기계적 가공은 기존 MEMS 공정에서 제작할 수 없었던 높은 세장비(aspect ratio)를 가지는 제품을 가공할 수 있을 뿐만 아니라 보다 높은 가공 정밀도를 획득할 수 있다. 따라서, 미소 부품에 대한 마이크로/메소 단위의 미세 절삭 가공을 위해서는 공간적 측면과 에너지 소비, 정밀도 측면에서 효율적인 시스템을 구성하기 위해서 마이크로 머시닝 전용 기계가 요구된다. 이에 본 연구에서는 '마이크로 팩토리'의 기본 공작기계인 마이크로 선반을 개발하여 초정밀 미소 절삭에 대한 연구를 진행 중에 있다.

머신의 소형화를 위하여 이송계에는 피에조를 이용한 압전 구동기를 설계하여 적용하였다. 선행 제작된 마이크로 선반의 X, Z축은 2개의 압전 소자가 탄성 힌지를 통해 슬라이드의 마이크론 단위의 미세 이송이 이루어지는 스텝와이즈 방식의 압전 구동기로 구성되어 있다. 그 결과, 최소 400nm의 단위 이송 능력을 가진 X-Z 스테이지를 제작할 수 있었다. Fig. 1에서 2차로 제작된 마이크로 선반의 모습을 나타내고 있다. 최대 5,000 rpm의 회전수를 가진 micro DC motor 구동 주축을 사용하고 있으며, 크기는 44mm length, 65mm width, 45mm height 이다. 스텝와이즈 압전 구동기가 가지는 백래쉬 등의 문제를 보완하기 위해 3개의 압전 소자를 이용하여 보다 이송력이 큰 인치웸 압전 구동기를 제작하였고, 이를 최근 제작된 3차 마이크로 선반의 이송계에 적용시켰다. Fig. 2가 최근 완성된 3차 마이크로 선반(145mm length, 70mm width, 95mm height)의 모습이고, 초정밀 절삭 속도에 근거하여 에어 스피들(max. 150,000 rpm)을 주축으로 사용하였다.

본 논문에서는 위의 두 마이크로 선반에 대한 성능 평가와 함께 각각의 선삭 가공 결과를 비교, 분석하고자 한다. 2차 마이크로 선반으로 절삭 깊이(5~30 μ m), 이송 속도(30~200 μ m/s) 등의 파라미터를 사용하여 연성 재료인 알루미늄(2024, 7075계열), 무산소동 등의 피삭재에 대한 선삭 가공을 실행하였고, nose 반경이 0.2mm인 PCD tool을 사용한 결과, 0.2~0.8 μ m의 표면 조도를 가진 가공면을 얻을 수 있었다. 알루미늄의 경우, 대부분 약 100~150 μ m 크기의 crack-chip, shear-chip 등이 배출되었고, 무산소동은 평균 50 μ m size의 crack-chip 등이 배출되는 것을 확인하였다. chip breaker가 없는 bite를 사용하였으므로 절삭 깊이가 30 μ m 이상일 경우에는 flow-chip이 간혹 발생되기도 하였다. 한편, 천연다이아몬드 공구(nose radius, R=0.1mm)를 사용한 선삭 실험에서는 0.1~0.5 μ m의 표면 조도를 획득할 수 있었으며, 이러한 가공물의 표면 조도는 공구 및 절삭 속도, 이송, 절삭 깊이 등의 절삭 조건과 공작물의 재질, 그리고 기계 자체의 강성 등에 따른 다양한 경우에 대한 실험을 거침으로서 개선될 것으로 예상된다. 현재 절삭 속도와 이송에 따른 가공 정밀도를 검증하는 실험과 마이크로 선반에서의 미소 절삭력 평가를 위한 실험을 병행 중이다.

향후 수 십 나노 미터 수준의 가공 정밀도를 얻기 위하여 실험 중에 있으며, 차후 이러한 실험과 측정의 결과를 토대로 마이크로 단위의 절삭 가공에서의 절삭성을 평가하고, 마이크로 절삭 이론을 정립할 계획이다.

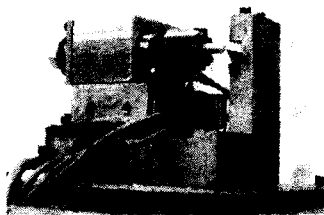


Fig. 1 2nd Micro Turning Lathe

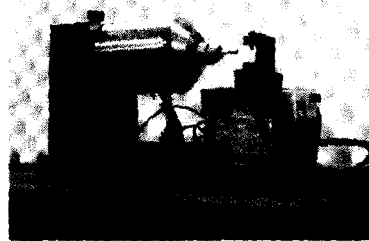


Fig. 2 3rd Micro Turning Lathe