

냉각·윤활방식 변화에 따른 가공면의 미시적 정밀도 평가

황인옥*, 권동희, 강명창(부산대 정밀정형 및 금형가공연구소), 김정석(부산대 정밀기계공학과)

Microscopic precision evaluation of machined surface according to the variation of cooling and lubrication method

I. O. Hwang, D. H. Kwon, M. C. Kang(ERC/NSDM, PNU), J. S. Kim(Mech. Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

As the technique of high-speed end-milling is widely adopted to machining field. The investigation for microscopic precision of workpiece is necessary for machinability evolution. The environmental pollution has become a big problem in industry and many researcher have investigated in order to preserve the environment. The environmentally conscious machining and technology have more important position in machining process. In the milling process, the cutting fluid has greatly bad influence on the environment. The damaged layer affect mold life and machine parts in machining. In this study, the cutting force, the surface roughness, micro hardness and residual stress is evaluated according to machining environment. Finally, it is obtained that the characteristics of damaged layer in environmentally conscious machining is better than that in conventional machining using cutting fluid.

Key Words : Damaged Layer (가공변질층), Cutting fluid (절삭유제), Oil mist (오일미스트), Compressed cold air (압축 냉각공기), Residual stress (잔류응력)

1. 서론

가공 표면부로부터 가공변질층과 잔류응력의 존재는 기계부품, 공구 및 금형 등에서 변형과 파손의 원인이 되며 피로수명과 내식성 등에 영향을 주고 있다.⁽¹⁻²⁾ 따라서 가공변질층에 대한 고찰은 가공부품의 성능, 수명 또는 가공공정에 영향을 미친다는 점에서 매우 중요하다. 본 연구에서는 엔드밀 가공시 냉각·윤활방식 변화에 따른 가공면의 미시적 정밀도를 평가하였다. 실험을 통해 건식, 절삭유제, 오일미스트(Oil mist), 압축냉각공기(Compressed cold air)를 이용한 가공에서의 절삭력, 표면거칠기, 표면 잔류응력 및 가공변질층 발생정도를 측정하였다. 이로 인해 환경친화적인 고속가공에서 가공할 때 가공변질층이 더 작게 발생하여 금형 및 기계부품의 품질에 더 유리함을 제시하고자 한다.

2. 실험장치

본 실험에서는 최대 주축 회전수 20,000rpm 인 고속 머시닝센터(MAKINO-V55)에서 초경 플랫엔드 밀을 이용하여 진공 열처리를 한 냉간금형강 STD11 (HRC52) 소재를 가공하였다. 그리고 냉각·윤활방식 변화 조건을 위해서 건식가공과 절삭유제, 오일미스트 장치와 압축냉각공기 시스템을 적용하였다. 가공면 정밀도 평가를 위해서 표면조도기를 이용하여 가공환경에 따른 표면거칠기를 비교·분석하였

고, 경도법을 통한 가공변질층 깊이 평가를 위해 비커스 경도기를 사용하였다. 표면 잔류응력 측정을 위해 X-선 회절법을 이용한 X-선 회절장치를 사용하였고, 가공변질층을 가시적으로 관찰하기 위해 광학현미경 시스템을 사용하였다.

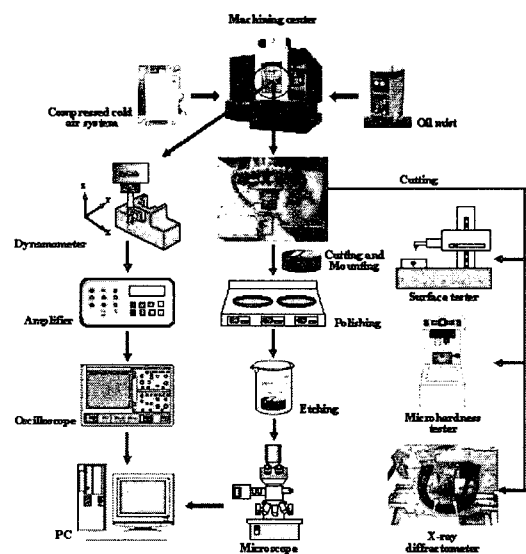


Fig. 1 Experimental set up

3. 실험결과

Fig. 2는 절삭력 측정 결과이고, Fig. 3은 평균거칠기(Ra) 측정 결과이다. 압축냉각공기와 냉풍미스트를 사용했을 때 평균거칠기가 비교적 안정적으로 나타났고, 각각 약 $1.56 \mu\text{m}$, $1.54 \mu\text{m}$ 으로 측정되었다. Fig. 4는 표면하층부로 미소경도를 측정한 결과이다. 건식가공의 경우 경도가 안정화되는 깊이는 약 $70\sim 90 \mu\text{m}$ 정도이고 절삭유제의 경우는 약 $60\sim 70 \mu\text{m}$ 정도에서 경도의 안정화가 측정되었다. 압축냉각공기, 오일미스트, 냉풍미스트의 경우에는 약 $50\sim 60 \mu\text{m}$ 정도에서 경도가 안정화됨을 알 수 있다. Fig. 5는 표면 잔류응력 측정 결과이다. 환경친화가공시 작은 압축잔류응력이 발생함을 보이고, 냉각·윤활작용이 없을 때 잔류응력이 크게 발생하는 것은 건식가공시 급속한 플랭크 마멸(Flank wear)에 의한 공구마멸면과 공작물의 접촉면 증가에 의한 마찰력 증가가 그 하나의 원인으로 사료된다.

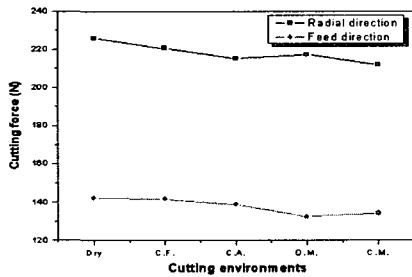


Fig. 2 Cutting force according to cutting environments [C.F.:Cutting fluid, C.A.:Compressed cold air, O.M.:Oil mist, C.M.:Compressed cold air + Oil mist]

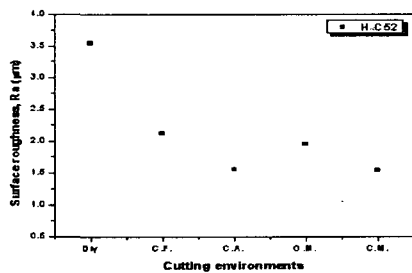


Fig. 3 The surface roughness according to cutting environments

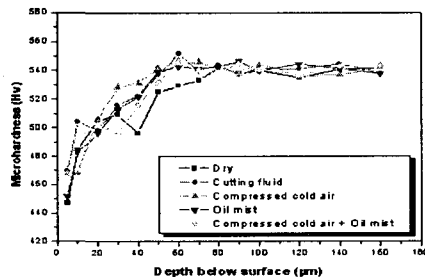


Fig. 4 Microhardness result according to cutting environments

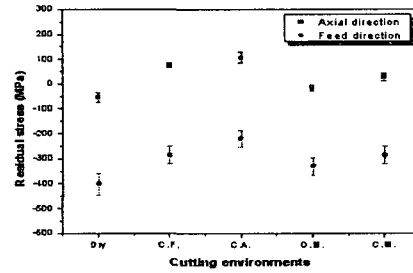
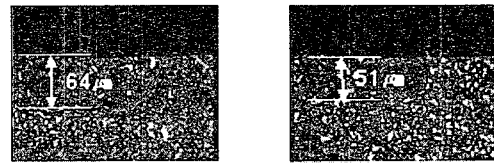


Fig. 5 Residual stress result according to cutting environments



(a) Cutting fluid (b) Compressed cold air + Oil mist

Fig. 6 Variation of damaged layer according to cutting environments

Fig. 6에서 보는 바와 같이 건식가공에서 약 $80 \mu\text{m}$ 의 가공변질층이 발생하였으며, 환경친화가공의 경우 약 $50 \mu\text{m}$ 의 가공변질층이 발생하였다. 절삭유제를 사용한 가공의 경우 환경친화가공보다 약 $5\sim 15 \mu\text{m}$ 정도 깊게 나타나는데, 이것은 환경친화가공은 가공접점에 고압, 집중적 분사로 인해 냉각·윤활효과를 극대화시키고, 칩의 배출을 원활하게 하는 반면, 절삭유제의 경우에는 환경친화적인 가공방법보다는 그 효율이 떨어지는 것으로 사료된다.

4. 결론

압축냉각공기 분사시 미소경도 측정 결과 약 $50\sim 60 \mu\text{m}$ 의 가공변질층이 측정되었고, 현미경 측정에서는 약 $50 \mu\text{m}$ 의 가공변질층이 측정되어 가공변질층 깊이의 간접적 측정방법에서 비슷한 경향의 결과를 얻을 수 있었다. 또한 가공면의 미시적 정밀도는 냉각·윤활효과 극대화로 인해 압축냉각공기와 오일미스트를 사용했을 때 절삭유제보다 미시적 정밀도가 향상되어, 전반적으로 환경친화가공법을 적용하였을 때 가공변질층이 작음을 확인하였다.

참고문헌

1. Y. Kevin Chou, Chris J. Evans, "White layers and thermal modeling of hard turned surfaces", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol.39, pp. 1863-1881, 1999.
2. S. W. Lee, H. Z. Choi, H. D. Jeong, "A Comparison of the Cooling Effect for the Compressed Cold Air and Coolant on the Cylindrical with WA Wheel", Journal of the KSPE, Vol. 17, pp. 155-161, 2000.