

MQL에 의한 엔드밀 가공에서의 절삭력 분석 및 표면 거칠기 향상에 관한 연구

*박수현¹, 정종윤², 이춘만³

¹ 창원대학교 기계설계공학과 대학원, ² 창원대학교 산업시스템공학과, ³ 창원대학교 기계설계공학과

A Study on the Improvement of Surface Roughness and Analysis of Cutting Force in MQL End-milling

*S. H. Park¹, J. Y. Jung², C. M. Lee³,

¹ Dept. of Mech. Design & Manuf. Eng., Changwon National Univ., ² Dept. of Industrial & System Eng. Changwon National Univ.

³ Dept. of Mech. Design & Manuf. Eng. Changwon National Univ.

Key words : Minimum Quantity Lubrication, Full factorial design

1. 서론

최근 오존층 파괴, 지구온난화 등 환경 문제가 전 세계적으로 중요시됨에 따라 이에 대응하기 위해 제품의 개발 생산·사용 폐기 등 모든 단계에서 지구 친환경 제조를 추진하고 있다. 특히 생산가공시 발생하는 환경오염 물질에는 폐공구, 절삭유, 칩 등이 있다. 이중 절삭유는 절삭과정 동안에 냉각 작용, 윤활 작용, 칩처리 작용, 그리고 부식 방지 작용의 이점으로 대부분 절삭 작업에서 사용되고 있지만 비산 또는 누설에 의해서 작업 환경을 악화시키며, 장기간 사용 시 부패 및 세균 번식에 의한 악취, 작업자의 피부질환 등을 유발시킨다. 또한 절삭유는 윤활성을 높이기 위해 염소, 유황, 인이 첨가된다. 이 첨가제는 인체에 해로운 유독성 물질이며, 특히 염소 화합물을 소각하면 발암성 유해물질인 다이옥신이 발생해 환경에 매우 큰 악영향을 끼친다.

본 연구에서는 현장에서 많이 사용 되고 있는 알루미늄의 MQL(Minimum Quantity Lubrication) 엔드밀 가공시 절삭조건에 따른 절삭력과 표면 거칠기를 분석하여 최적의 절삭조건을 선정하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다. 또한 일반 습식가공과 MQL가공과의 비교실험을 함으로써 그 효과를 검증하고자 하였다. 이를 위해 완전 요인 실험(Full factorial design)을 적용하여 Al 6061를 TiCN 코팅 2날(Flutes) 플랫 엔드밀로 편면 정삭시의 MQL 및 절삭유의 토출량, 날당 이송량, 스핀들 회전수 등의 절삭조건이 표면 거칠기와 절삭력에 미치는 영향을 고찰하였다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

2.1 실험 장치

MQL을 이용한 엔드밀 가공에서 가공특성을 분석하고, 최적 절삭 조건을 찾기 위해 Table 1과 같은 실험 장치를 사용하였다.

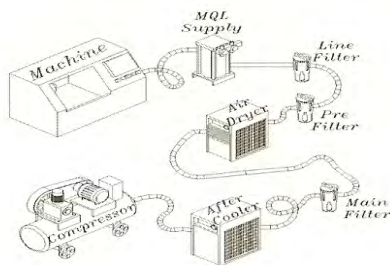


Fig. 1 Experimental set up

Table 1 Instrument and specification

Instrument	Company	Specification
Machining center	HWACHEON	Sirius-2
Dynamometer	Kistler	9256A2
Charge amplifier	Kistler	5017
Surface roughness tester	Mitutoyo	Surftest SV-624
MQL supply equipment	VOGEL	Vario UFV10-001

Fig. 1은 실험에 사용된 가공시스템을 나타내며 머시닝 센터, MQL 공급장치, Air cleaning system, Compressor로 구성하였다. 일반 공장 환경에서의 공급 공기압으로는 MQL 공급 장치 제조사에서 제시하는 사용 추천 압력(6bar)을 만족할 수 없으므로, Compressor를 설치하였다. 또한 Compressor의 공기 압축·팽창을 통한 수분의 발생으로 인한 MQL 공급장치의 오작동의 원인이 되므로 이를 제거하기 위하여 Air cleaning system을 추가적으로 설치하여 전체 가공 시스템을 구성하였다.

2.2 시편 및 절삭공구

실험에 사용된 실험재는 Al6061이며, 시편의 크기는 80mm×35mm이며, 반경 방향 절입량은 공구 추천 값인 2mm로 고정하여 평면 가공하였다.

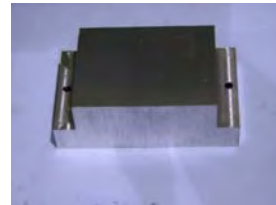


Fig. 2 Shape of test specimen

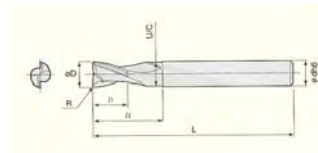


Fig. 3 Shape of two flutes end-mill

절삭공구는 일반적으로 생산현장에서 많이 쓰이는 TiCN 코팅 2날 엔드밀(TaeguTec)를 사용하였으며 직경 8mm, 노우즈 반경 0.6mm, 헬릭스 각 30°, 전장 70mm이다. Fig. 2는 시편의 형상이고 Fig. 3은 엔드밀의 형상이다.

3. 실험 방법

MQL을 이용한 가공과 절삭유를 이용한 가공에서 가공조건이 표면 거칠기 및 절삭력에 미치는 인자를 분석하여 가공조건을 찾고, 가공환경에 따른 특성을 비교하기 위해 MINITAB을 이용하여 실험계획법을 수립하였다. 실험계획에 따라 절삭력과 표면 거칠기(Ra)를 측정하였다.

실험 배치는 완전요인배치법으로 랜덤하게 배치하였으며, 인자 및 수준의 선정은 기존 연구결과를 바탕으로 스핀들 회전수, MQL 토출량, 절입량, 날당 이송량, MQL 라인 길이로 선정하였고 공기압은 7기압으로 고정 하였다. 여기서 MQL 토출량은 직경 $\varnothing 2\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$ 의 노즐을 사용하여 MQL 토출량을 구분하였다. MQL과 절삭유의 분사거리는 20mm이고 Fig. 4와 같이 진행방향의 135°, 수직 방향의 45°로 고정하였다.

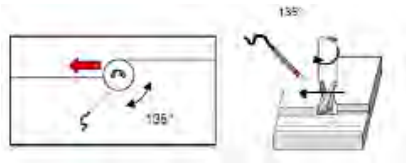


Fig. 4 Spray angle

4. 실험 결과

각각의 인자들이 특성치에 미치는 영향을 분석하기 위해 본 연구에서는 얻어진 데이터를 상용소프트웨어인 MINITAB을 사용하여 분산분석을 실시했고, 표면거칠기를 측정하기위해 Mitutoyo사의 Surftest SV-624를 이용하여 중심선 평균 거칠기 (Ra)를 측정하였다. 절삭력은 이송 테이블위에 장착한 Kistler사의 Tool Dynamometer 9256A2으로 주분력을 측정하였다

4.1 습식 가공

Fig. 5, 6은 표면 거칠기 및 절삭력에 대해 주효과의 크기를 비교하기 위해 그래프를 그려 본 것이다.

표면 거칠기에서는 날당 이송량의 효과가 가장 크고, 그 다음 스펀들의 회전수가 영향을 미치는 것을 확인할 수 있으며, 절입량, 토출량은 영향을 거의 미치지 않는 것으로 나타났다.

절삭력에는 절입량과 라인 길이 효과가 가장 크다는 것을 확인할 수 있고, 날당 이송량과 토출량을 영향을 크게 미치지 않는 것으로 나타났다. 이상의 실험 결과에서 스펀들 회전수와 절입량은 낮을수록 표면 거칠기와 절삭력에 좋다는 것을 확인할 수 있다. 또한 토출량에 따라서 표면 거칠기와 절삭력은 상반되는 결과가 나왔다. 따라서 가공성의 기준에 따라서 절삭 조건을 선정하여야 한다.

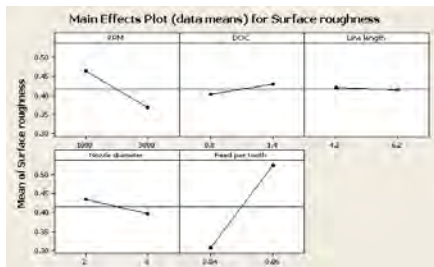


Fig. 5 Main effects plot for surface roughness

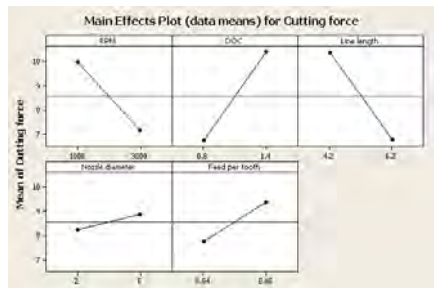


Fig. 6 Main effects plot for cutting force

4.2 MQL 가공

MQL 가공에 대한 실험배치, 절삭력, 표면 거칠기의 측정은 습식 가공의 경우와 동일하게 측정하였다.

표면 거칠기에서는 날당 이송량의 효과가 가장 크며, 다음으로 스펀들 회전수의 영향이 미치는 것으로 나타났고, 스펀들 회전수와 날당 이송량 및 절입량과 날당 이송량의 2차 교호작용이 유의하다는 것을 확인할 수 있다.

절삭력에는 절입량의 효과가 가장 크고, 라인 길이가 다음으로

효과가 크게 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 그리고 표면 거칠기에서는 날당 이송량의 효과가 유의하였지만, 절삭력 측면에서는 유의하지 않음을 알 수 있다.

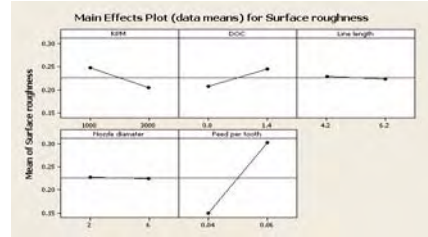


Fig. 7 Main effects plot for surface roughness

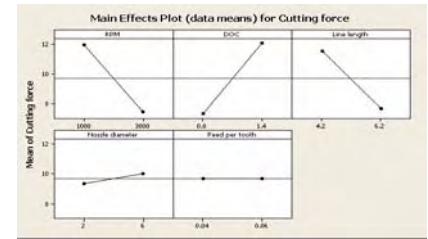


Fig. 8 Main effects plot for cutting force

5. 결론 및 고찰

MQL을 이용한 엔드밀 평면 정삭가공과 절삭유를 이용한 가공에서 가공조건이 표면 거칠기 및 절삭력에 미치는 영향을 분석하여 가공성을 향상시키는 최적 절삭 조건을 찾고, 각각의 인자에 따른 가공 특성을 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 가공기 및 공구 등의 절삭성에 영향을 미치는 다른 요인을 최대한 배제한 환경에서 실험한 결과 MQL을 이용한 엔드밀 가공이 절삭유를 이용한 엔드밀 가공보다 표면 거칠기 측면에서 칩의 배출이 더 잘되어 유리하게 나타났으며, 절삭력 측면에서는 비슷한 것으로 나타났다.
- (2) 실험 결과 절삭유를 이용한 엔드밀 가공을 MQL을 이용한 엔드밀 가공으로 바꿀 경우 표면 거칠기와 절삭력 측면에서만 비교할 경우에는 환경 및 경제적인 이득을 상당히 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 창원대학교 공작기계기술연구센터의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 전형주, 장지현, "End Milling 가공에서 절삭력과 표면 거칠기", 순천대학교 논문집, 16, 261-272, 1997
2. 이영문, 이선호, 태원익, 권오진, 최봉환, "인코닐 718의 상향 및 하향 엔드밀링시 헬릭스각에 따른 절삭력 변화", 한국정밀공학회지, 7, 143-148, 2001
3. L. N. Lopez de Lacalle, C. Angulo, A. Lamikiz, J. A. Sanchez "Experimental and numerical investigation of the effect of spray cutting fluids in high speed milling", MPT, 172,11-15,2006
4. 황영국, 정원지, 정종윤, 이춘만, "MQL 선삭가공에서 절삭력과 표면 거칠기 향상에 관한 연구", 한국공작기계학회논문집, 4, 83-91, 2006