

초음파 진동을 이용한 티타늄 연삭 가공의 연삭력 특성에 관한 연구

A Study on Characteristics of Grinding force in Ultrasonic Vibration Assisted Grinding of Titanium Alloy

*김경태¹, 최준석², 박경희³, 이석우¹, 최헌종⁴, 최영재⁴

*K. T. Kim¹, J. S. Choi², K. H. Park³, S. W. Lee¹, H. Z. Choi², #Y. J. Choi(youngjae@kitech.re.kr)²

¹한국생산기술연구원 충청권지역본부장실, ²현대자동차(주) 기계연구팀,

³한국생산기술연구원 스마트시스템연구그룹, ⁴한국생산기술연구원 IT융합생산시스템연구그룹

Key words : Ultrasonic grinding, Grinding force, CBN grinding tool

1. 서론

초음파 진동을 이용한 연삭 가공은 세라믹, 유리, 고강도 소재 등과 같이 가공하기 어려운 소재를 가공하기 위하여 개발이 요구되는 가공 방법이다. 많은 연구자들이 공구의 회전 축 방향으로 초음파 진동하는 초음파 연삭 가공의 운동 메커니즘에 대해 연구를 하였고, 선행된 연구들이 일반적인 연삭 가공과 비교하여 초음파 연삭 가공이 연삭력을 줄여주고, 공구 마모를 줄여주는 효과가 있음을 알려주고 있다. [1-3]

Onikura 등은 Micro Cylindrical Tools을 사용하여 초음파 연삭 가공을 수행하였고, 초음파 연삭 가공이 연삭력을 감소시키고 공구의 파손을 줄여주는 현상이 있음을 발견하였다. 따라서 연삭 가공에 초음파 진동을 응용할 경우 연삭력을 줄여주고 공구의 수명을 증가 시키는 효과가 있음을 확인하였다. [4]

본 논문은 초음파 연삭 가공에서 연삭력에 영향을 미칠 수 있는 가공 인자를 선정하고, 실험계획법을 적용하여 가공실험을 한 후 가공 인자에 따른 연삭력의 변화 경향을 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

실험에 사용한 장비는 초음파 연삭 가공이 가능한 3축 CNC 가공 장비이고, 톨 규격이 HSK-63이고 최대 10,000RPM까지 회전이 가능한 스핀들이 장착되어 있다. 실험에 사용한 공구는 20kHz로 초음파 진동이 가능한 초음파 액추에이터가 장착되어 있고, 직경이 10mm이며, 공구의 끝에는 200mesh (FEPA D91) 크기의 CBN 연삭 입자가 전착되어

있다. 가공물은 크랭크샤프트 소재로 사용되는 구상흑연주철 (FCD70) 의 연삭 가공 특성을 분석하기 위한 선행 연구로 기계적 성질이 더 우수한 Titanium (Ti6Al4V) 을 사용하여 실험을 진행하였다. 다음 Fig 1은 실험 장비 및 초음파 액추에이터가 장착된 연삭 공구의 모습이다.

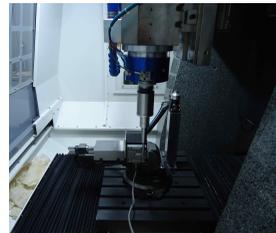


Fig. 1 Image of machine and tool

가공 실험은 Table 1의 가공조건에 따라 20kHz로 초음파 진동하는 연삭 공구가 일정한 연삭 깊이를 유지하며 가공물의 측면을 하향 연삭으로 가공하면서 수행되었다. 또한 가공 실험은 Table 2와 같이 가공 인자 및 수준을 정의한 후 실험계획법의 요인 배치법을 적용하여 총 12회 실시하였다.

Table 1 The machining conditions

Rotation speed of spindle (RPM)	4000, 6000
Coolant	Dry
Feed rate (mm/min)	20, 30, 40
Depth of grinding (mm)	0.002
Ultrasonic Vibration Frequency (kHz)	20
Ultrasonic Vibration Power (%)	20, 30

Table 2 Factors and levels used in experiment

	Feed rate (mm/min)	Rotation speed of spindle (RPM)	Ultrasonic Vibration Power (%)
Level 1	20	4000	20
Level 2	30	6000	30
Level 3	40		

연삭력 측정은 공구동력계 (KISTLER's Type 9256C) 를 사용하여 수행되었다. 측정된 연삭력의 산출 방법은 먼저 ASCII 코드로 검출된 연삭력 데이터의 신호 왜곡 현상을 제거하기 위하여 High pass filter를 이용하여 낮은 주파수의 노이즈를 제거하였다. 그 다음, 연삭력 데이터에 절대값을 취한 후 측정된 샘플링 주파수의 1/10 구간 당 최대 연삭력 데이터를 추출하였다. 마지막으로 추출된 각각의 연삭력 데이터들의 평균을 계산하여 최종 연삭력을 산출하였다.

3. 실험 결과

Fig. 2, 3은 초음파 연삭 가공에서 가공 인자의 변화에 따른 연삭력의 변화 경향을 분석하기 위하여 실험계획법을 적용하여 연삭력에 대한 가공 인자의 주효과와 상호작용을 그래프로 정리한 것이다. Fig. 2, 3의 연삭력 분석 결과는 가공물에 작용하는 Normal force와 Tangential force의 합력으로서 정리된 것이다.

주효과 그래프는 이송 속도가 작아지고 주축 회전 속도와 초음파 진동 파워가 커질수록 연삭력이 줄어드는 것을 보여주고 있다. 특히 초음파 진동 파워의 증가로 인하여 공구가 진동하는 진폭이 증가하게 되면 연삭력이 줄어든다는 것을 알 수 있다. 그리고 상호작용 그래프는 3가지의 서로 다른 가공인자에 대해서 상호작용이 없음을 보여주고 있다.

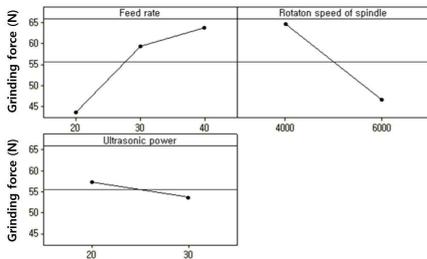


Fig. 2 Main effects plot of grinding force

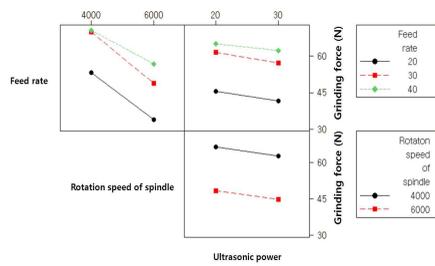


Fig. 3 Interaction plot of grinding force

4. 결론

본 논문은 초음파 연삭 가공의 특성을 알아보기 위하여 가공 인자에 따른 연삭력의 변화 경향을 분석하였다. 3가지 가공 인자 (이송 속도, 주축 회전 속도, 초음파 진동 파워) 를 선정한 후 실험계획법을 적용하여 연삭력을 분석한 결과, 이송 속도가 작아지고 회전 속도와 초음파 진동 파워 (초음파 진폭) 가 커질수록 연삭력이 줄어드는 경향을 확인하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 (“차세대 하이브리드 연삭시스템 개발”) 과제의 지원을 받아 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- Zeng, W. M., Li, Z. C., Pei, Z. J. and Treadwell, C., "Experimental observation of tool wear in rotary ultrasonic machining of advanced ceramics", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, **45**,1468-1473, 2005.
- Guzzo, P. L., Shinohara, A. H. and Raslan, A. A., "A Comparative Study on Ultrasonic Machining of Hard and Brittle Materials", *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.* **26**, 56-61, 2004.
- Egashira K., Mizutani, K. and Nagao, T., "Ultrasonic vibration drilling of micro holes in glass", *CIRP Annals Manufacturing Technology*, **51**, 339-342, 2002.
- Onikura, H., Ohnishi, O., Take, Y. and Kobayashi, A., "Fabrication of micro carbide tools by ultrasonic vibration grinding", *CIRP Annals Manufacturing Technology*, **49**, 257-260, 2000.