

초음파 가공의 공구 마모 특성에 관한 연구

A Study on Characteristics of Tool Wear in Ultrasonic Machining

*박경희¹, 김경매¹, 홍윤혁², 최현종², #최영재²

*K. H. Park¹, K. T. Kim¹, Y. H. Hong², H. Z. Choi², #Y. J. Choi(youngjae@kitech.re.kr)²

¹한국생산기술연구원 생산시스템연구그룹, ²한국생산기술연구원 디지털협업센터

Key words : Tool Wear, Ultrasonic Machining, Diamond Tool, Alumina Ceramic

1. 서론

최근 반도체, 전자 및 통신기기 등 첨단 산업 전반의 제품들이 고정밀화, 고성능화 되면서 고경도, 고내열성, 고강도의 우수한 기계적 성질을 갖는 재료가 요구된다. 이와 더불어 이러한 재료들을 가공할 수 있는 정밀 가공 기술의 개발이 필요성이 대두되고 있다.

현재 고부가가치 부품소재로 사용되고 있는 대표적인 난삭 재료로는 세라믹(Ceramic)을 들 수 있다. 세라믹은 금속에 비해서 단단하고, 부서지기 쉬운 소재이기 때문에 다이아몬드 휠에 의한 연삭 가공이 주로 사용되고 있다. 그러나 일반 연삭가공의 경우에는 글레이징 또는 로딩 등의 현상이 발생하기 때문에 슷들의 마멸이 빠르고 연삭저항이 증가하여 장시간 능률적인 가공이 곤란하다. 따라서 이러한 문제점들을 최소화하기 위하여 초음파 가공법이 제안되고 있다. 초음파 가공법은 가공 툴에 진동을 주어 가공물을 충격으로 파쇄하는 방식이기 때문에 세라믹 재료와 같은 난삭 재료를 가공하기에 적합하다.

본 논문에서는 난삭 재료인 세라믹을 초음파 가공법을 적용하여 가공을 수행하였고, 가공 툴의 마모 특성을 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

실험에서 사용한 가공장비는 독일 DMG사에서 제작한 5축 가공장비인 Ultrasonic 20 linear 모델이다. 이 장비는 일반 고속가공 뿐만 아니라 초음파 가공이 가능한 장비로서 툴 규격이 HSK-32 인 냉각식 스피들이 장착되어 있다 (Max. spindle speed: 42000rpm). 본 실험에서 사용된 가공 툴은 홀 가공 및 먼 가공에 사용할 수 있는 stainless 재질의 원통형 가공 툴로서 툴의 밑단이 다이아몬드 입자로 전착되어 있다. 전착된 다이아몬드 입자의 크기는

FEPA 표준 규격으로 D151 이다. Fig. 1은 Ultrasonic 20 linear 장비에 다이아몬드 툴을 장착하여 알루미늄 나 세라믹을 가공하는 모습을 보여주고 있다.



Fig. 1 Image of Ultrasonic 20 linear and Tool

가공 실험은 30kHz로 초음파 진동하는 가공 툴이 일정한 절삭 깊이를 유지하며 소재의 측면을 가공하면서 수행되었다. 자세한 가공 실험 조건은 Table. 1에 나타내었다.

Table 1 The conditions for Ultrasonic Machining

Workpiece material	Alumina
Cutter	Ø 8 mm
Rotation speed of spindle (rpm)	4000
Coolant	Water based fluid
Feedrate (mm/min)	300
Depth of cut (mm)	0.1
Cutting distance (mm)	1200, 3900

가공 실험을 수행한 이후에는 다이아몬드로 전착된 가공 툴의 마모 상태를 분석하였다. 툴의 마모 정도를 확인하기 위하여 Leica 사의 공초점 레이저 현미경 (Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM))을 사용하였다 (Fig. 2). 공초점 레이저 현미경의 parameter는 Table 2와 같다.

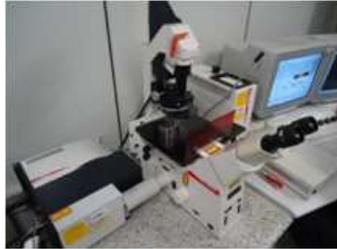


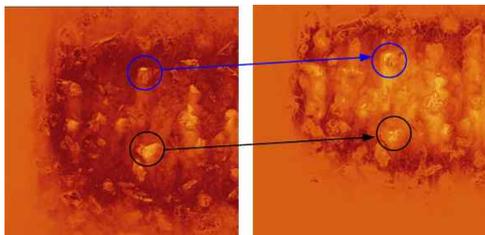
Fig. 2 Image of Confocal Laser Microscope

Table 2 Parameters for CLSM

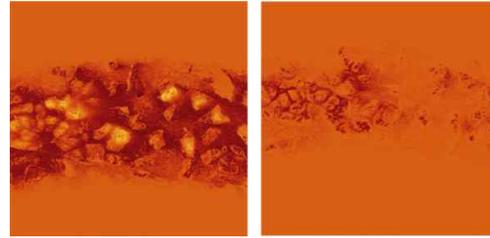
Laser source	Ar
Wavelength	488nm
Objective lens	10X

3. 실험 결과

Fig. 3은 공초점 레이저 현미경으로 측정된 가공 툴의 마모 상태를 보여주고 있다. 일반 전자현미경과 달리 공초점 레이저 현미경은 툴의 아래부분부터 윗부분까지 단층 이미지를 촬영하여 3차원의 입체 형상의 이미지를 측정할 수 있어 가공 툴의 마모 분석에 용이하다. Fig. 3 (a)에서는 가공 툴 측면의 마모 상태를 보여주고 있다. 1200mm 가공 후에도 다이아몬드 입자의 마모량은 많지 않아서 여전히 입자의 날카로움을 유지하고 있었으나 3900mm 가공 후에는 다이아몬드 입자가 blunt해진 것을 확인할 수 있다. 한편, 툴의 바닥면에서의 마모는 측면에서 보다 훨씬 많이 진행되었음을 확인할 수 있었다 (Fig. 3 (b)). 이는 가공 툴에 초음파 진동으로 인한 mechanical impact이 가해져 마모가 급속히 이루어졌기 때문이다. 또한 배출된 세라믹 칩 입자들이 바닥표면에 잔류하여 다이아몬드 입자를 마모 시키는 abrasion 마모가 발생하여 바닥표면의 마모가 보다 빠르게 진행되었음을 알 수 있었다.



(a) side surface (left:1200mm, right:3900mm)



(b) bottom surface (left:1200mm, right:3900mm)
Fig. 3 Tool wear on diamond tool at cutting distances

4. 결론

공초점 레이저 현미경을 이용한 초음파 가공 툴의 마모를 분석하였다. 다이아몬드 툴의 주요 마모 메커니즘은 abrasion 마모로 확인 되었으며 가공 툴의 마모는 측면보다 바닥표면에서 훨씬 많았음을 확인하였다.

후기

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

참고문헌

- Gong, H., Fang, F. Z. and Hu, X. T., "Kinematic view of tool life in rotary ultrasonic side milling of hard and brittle materials", *International Journal of Machine Tool & Manufacture*, **50**, 303-307, 2010.
- 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.
- Jiao, Y., Liu, W. J., Pei, Z. J., Xin, X. J. and Treadwell, C., "Study on edge chipping in rotary ultrasonic machining on ceramics: an integration of designed experiment and FEM analysis", *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, **127**, 1087-1357, 2005.
- Li, Z. C., Cai, L. W., Pei, Z. J., Xin, X. J. and Treadwell, C., "Edge-chipping reduction in rotary ultrasonic machining of ceramics: finite element analysis and experimental verification", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, **46**, 1469-1477, 2006.