

초음파 연삭에 의한 세라믹 재료의 표면 특성

Surface Characteristics of Ceramics by Ultrasonic Grinding

*김지윤¹, #정해도¹, 이창석¹, 최영재², 이석우², 최현종²

*J. Y. Kim¹, #H. D. Jeong(hdjeong@pusan.ac.kr)¹, C. S. Lee¹, Y. J. Choi², S. W. Lee², H. Z. Choi²
¹부산대학교 대학원 기계공학부, ²한국생산기술연구원

Key words : Surface characteristics, Ultrasonic grinding, Ceramics material

1. 서론

세라믹은 일반적으로 고경도, 고열저항성, 화학적 안정성, 저열전도도 등과 같은 우수한 특성을 가진 재료이다. 하지만, 세라믹은 금속에 비해 고경도 재료이기 때문에 일반가공에서는 절삭저항의 증가, 공구마모에 의한 수명 단축, 취성과파괴 특성에 의한 정밀한 치수 및 우수한 표면조도 구현의 어려움 등의 많은 문제점이 있다. 현재, 다이아몬드공구를 이용한 연삭이 가장 많이 사용되고 있지만 글레이징(glazing), 로딩(loading), 크랙(crack) 등의 다양한 결함에 의해 장시간 능률적인 가공의 어려움이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 초음파를 이용한 연삭이 제시되고 있다.^{1,2} 실제적으로 초음파 연삭은 현존하는 가공 방법 중에서 난삭재 가공의 생산성 향상을 가져올 수 있는 가장 유망한 가공기술이고, 가공능률 및 가공물의 고품위 표면을 얻을 수 있는 방법으로 확인되고 있다.³ 본 논문에서는 대표적인 난삭재인 알루미늄 세라믹 재료를 대상으로 일반연삭과 초음파 연삭에서 나타나는 가공면의 특성을 비교 및 분석하고자 한다.

2. 실험 방법 및 조건

본 실험을 위해 20kHz의 주파수를 발생시키는 초음파 발진기와 끝단에 다이아몬드가 전착된 종진동 모드를 가지는 공구를 최대 10000 rpm 회전이 가능한 수직형 연삭베드에 장착하여 사용하였다. Table 1은 본 실험의 초음파 연삭 조건을 나타낸 것이다. 알루미늄 세라믹 재료의 크기는 가로 20mm, 세로 10mm, 높이 10mm를 가지는 육면체 형태이고, 초음파 진폭은 0.8 μ m로 설정하였다.

Table 1 Experimental conditions

Parameter	Conditions
Workpiece material	Alumina (96%, 20×10×10mm)
Horn diameter	∅8
Feedrate(mm/min)	300
Rotation speed of spindle (rpm)	4000, 8000
Coolant	Dry
Depth of cut(mm)	0.05 (radial), 2 (axial)
Diamond size(mesh)	80 (D171)
Ultrasonic vibration frequency(kHz)	20 (On, Off)
Amplitude(μ m)	0.8

이송속도는 300mm/min으로 고정하고, 공구의 회전속도를 4000, 8000rpm으로 변화시켜 총 4회의 이송을 통해 가공을 진행하였다.

Fig. 1은 알루미늄 세라믹 재료에 대한 가공 방법을 나타낸 것으로 Y축 방향으로 공구를 이송시켰다. FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope)을 이용하여 각 조건에 대한 가공면을 비교하였다.

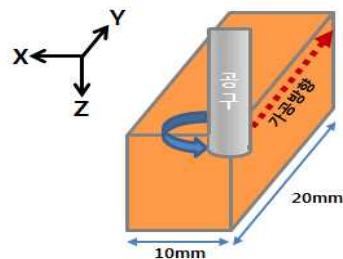


Fig. 1 Grinding tool direction

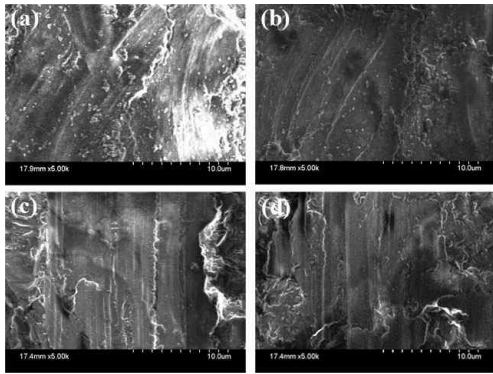


Fig. 2 SEM surface images after conventional grinding with (a) 4000rpm, (b) 8000rpm and after ultrasonic grinding with (c) 4000rpm, (d) 8000rpm of rotational speed of spindle

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 일반연삭과 초음파 연삭에서 공구의 회전속도 변화에 의한 가공면의 상태를 나타낸 것이다. 일반연삭의 경우, 가공물의 표면에 연삭숫돌의 입자에 의한 직선 형태의 이송마크가 나타나는 것을 확인하였다. 반면, 초음파 연삭을 수행한 가공면은 초음파 진동의 영향으로 인해 곡선형태의 이송마크가 나타나는 것을 알 수 있다. 일반연삭은 공구의 가공방향이 일정하기 때문에 집중 부하 및 공구와 가공물 사이에서 높은 연삭열이 발생하기 쉽다. 그리고 연속형태의 칩이 발생되기 때문에 칩 배출이 불리하고 공구의 로딩 현상이 발생하여 나쁜 표면조도를 가지게 된다. 반면, 초음파 연삭은 가공방향이 초음파 진동에 따라 미세하게 변화하기 때문에 부하 및 발열이 분산되는 효과를 가지고 있다. 불연속형태의 칩의 발생으로 칩 배출이 일반연삭에 비해 원활이 이루어지기 때문에 공구에 발생하는 로딩 현상이 지연되어 좋은 표면조도를 가진다. 또한, 공구의 회전속도가 증가할수록 가공면의 표면조도가 향상되는 것을 알 수 있는데, 이는 단위 체적당 연삭에 참여하는 숫돌 입자가 증가함으로써 낮은 연삭저항이 발생되기 때문으로 판단된다. 초음파 연삭에서 연삭숫돌 내에 이웃하는 입자에 의해 형성되는 곡선형태의 이송마크는 공구의 회전속도가 증가할수록 서로 중첩되어 Fig. 3와 같이 나타날 것으로 사료된다.

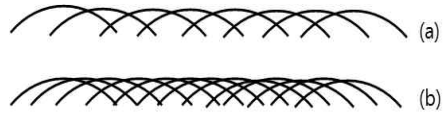


Fig. 3 Feed marks of tool on work surface after ultrasonic grinding with (a) low and (b) high rotation speed of spindle

4. 결론

본 논문은 알루미늄 세라믹의 가공을 위해 초음파를 이용하여 공구의 회전속도를 변화시켜 가공한 면을 평가한 후 다음과 같은 결론을 내렸다.

1. 일반연삭 시 칩 배출이 원활하지 못해 로딩 현상과 높은 열이 발생하여 좋지 못한 표면조도를 가지게 되지만, 초음파 진동을 인가함으로써 이러한 문제점들을 개선하여 향상된 표면 조도를 얻을 수 있었다.

2. 공구의 회전수를 증가시키면 일정 체적에 참여하는 공구입자수가 늘어나 낮은 열저항이 발생하여 좋은 표면 조도가 나타난다.

본 연구를 바탕으로 세라믹 외에 금속재료에서 이송, 회전, 진동 등의 공구 운동 모션에 따른 표면 특성을 알아보고, 가장 적합한 초음파 진동 조건을 구축하고자 한다.

후기

본 논문은 차세대 하이브리드 연삭시스템 개발 사업의 연구비에 의하여 지원되었으며 이에 감사합니다.

참고문헌

1. S. W. Lee, and H. Z. Choi, "A study on the micro ultrasonic machining using ultrasonic vibrator," *Advances in Abrasive Technology*, 969-972, 2001.
2. S. C. Kim, G. C. Kwon, O. H. Kim, E. S. Lee and C. J. Oh, "A Study on the Polishing Characteristics for corrective polishing of Optical Glass," *Advances in Abrasive Technology IV*, 23-30, 2001.
3. 문홍현, 박병규, 이찬호, 김성청, "초음파 폴리싱 가공에 따른 세라믹재료의 표면거칠기에 관한 연구," *한국기계가공학회*, 2, 15-21, 2003.