

Max-phase Ti₂AlN 세라믹소재와 Ti-6Al-4V 합금소재의 펨토초 레이저 마이크로가공에서 반복률 조건변화에 따른 표면 특성 비교

황기하^{1,2}, 강명창¹, 최원석², 조성학^{2*}

Surface characteristics on repetition rate for femtosecond-laser micro machining of Ti-6Al-4V alloy and Max-phase Ti₂AlN ceramic

K. H. Hwang, M. C. Kang, W. S. Choi, S. H. Cho*

부산대학교 기계공학부¹, 한국기계연구원 나노공정연구실²

Key Words : Femtosecond laser, Max-Phase, micro machining, Ultrashort-pulse laser, ablation

1. 서론

티타늄합금과 세라믹소재는 각각 내열특성과 일적, 기계적, 화학적 안정성을 가지고 있어서 광범위한 산업의 핵심소재로 다양하게 사용되고 있다. 특히 기계적인 가공 (Mechanical machining)에 있어서 대표적인 난삭재 (Difficult-to cut materials) 중의 하나로 새로운 가공법에 대한 연구가 요구되고 있다. 그 방안으로 극초단 펄스레이저를 이용한 가공은 고정밀도와 높은 첨두출력(Peak power)으로 열확산 현상이 일어나는 시간보다 짧은 펄스폭을 가지기 때문에 가공부 주위의 열전달이 거의 일어나지 않아 비열적 가공이 가능하며, 이러한 비열적 가공은 가공부 주변의 열적 변형 또는 결함형성을 억제함으로써 고정밀가공이 가능하다. 극초단 펄스 레이저 중에서도 펨토초 영역의 펄스를 가지는 펨토초 레이저는 10⁻¹⁵ 초의 매우 짧은 펄스폭으로 인해 극도로 높은 레이저 강도(Intensity)를 가지는 데, 이는 펄스 당 수백 GW(Giga watt) ~ 수 TW (Tera watt) 의 첨두출력의 방출을 가능하게 한다. 한편, 최근 세라믹과 금속의 성질을 동시에 가지는 MAX 상에 대한 연구가 활발, 소결 그리고 특성평가관점에서 주로 보고되고 있다(1). 특히 Ti, Al, TiN 파우더의 물비 조성에 따른 Ti₂AlN 단일상에 대한 연구를 통하여, 고온부품 등에 대한 박막 및 벌크의 응용에 대한 활발한 보고가 이루어지고 있지만, 실제 가공응용에 대한 연구는 거의 보고되고 있지 않다. 따라서, 본 연구에서는 상용소재로 많이 사용되고 있는 산화알루미늄(Al₂O₃), 티타늄합금(Ti-6Al-4V)과 펨토초 레이저 소스에 의한 마이크로 선가공을 비교하기 위하여 Ti₂AlN 소재를 고에너지방열인 방전플라즈마소결법을 통하여 고밀도의 소결체를 제조하고, 그에 따른 각각의 소재에 대한 반복률 조건변화에 따른 표면특성을 조사하고자 한다

2. 실험장치 및 방법

본 실험에 앞서 사용된 Al₂O₃ 소결체 (파우더, AES-11, 500 μ m, Sumitomo Co. Ltd.)와 Ti₂AlN의 Ti(99.5% purity, 10 μ m) Al(99.8% purity, 3 μ m) 그리고 TiN(99.5% purity, 3 μ m)분말을 분말을 통하여 균일분산 혼합하였고, 스파크 플라즈마 고에너지 소결장치 (Dr.Sinter, SPS-825)를 이용하여 소결온도 1400 $^{\circ}$ C, 압력 40MPa, 10분동안 유지시켜 제조하였다. 그리고 레이저 가공에서의 레이저빔의 산란 손실을 최소화하기 위하여 시편의 표면연마를 중심선 평균거칠기로 1 μ m로 실시하였다. Fig. 1에서는 본 실험에 사용된 펨토초 레이저 시스템 (Yb:KGW, Pharos SP, Germany) 구성의 개략도와 각 시편에 대한 사진을 나타내고 있고, 가공용 대물렌즈와 동일 한 축에 설치된 CCD를 통하여 레이저 초점을 결정하고 가공 상태를 모니터링하며 가공을 수행하였다. 펨토초 레이저 장치의 주요사양은 1027 μ m의 파장과 반복률 ~200kHz를 가지고 있으며, 반복률 100, 150, 200kHz 3가지의 변화에 따른 재료특성을 고찰하였다.

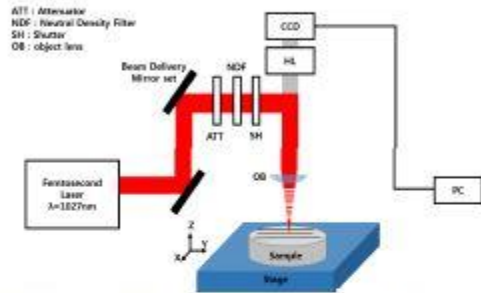


Fig. 1 Experimental setup ablated by femtosecond laser in sample

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 반복률에 따른 펨토초 레이저로 선가공한 표면 사진이다. 3개의 소재에 있어서 선 가공된 폭은 큰 차이는 없지만, Ti-6Al-4V합금의 경우는 두 소재에 다르게 열전도도가 낮아서 열축적 현상에 의하여 열영향(HAZ) 부위가 좀 더 크게 발생하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 세라믹인 Al₂O₃가 Ablation 깊이가 가장 작았으며, 금속과 세라믹의 기능을 동시에 가지는 Max-phase Ti₂AlN는 세라믹과 같이 열영향(HAZ)을 적게 받았고, 금속과 같이 선가공성도 양호함을 확인하였다. 이러한 결과로부터, Max-phase Ti₂AlN소재는 펨토초 레이저에 의한 마이크로 가공이 유용함을 알 수 있다.

Repetition Rate	Ti ₂ AlN	Ti-6Al-4V	Al ₂ O ₃
100kHz			
150kHz			
200kHz			

참고 문헌

- (1) Lee, J. Y, Cho, S.H, Kang M.C, 2016, Effect of optical absorbance with ablation characteristics in femtosecond laser irradiation of carbon reinforced Al₂O₃ composites, *Advance in Applied Ceramics*, 115 123-128.