

나노 초 펄스 레이저를 이용한 복합 미세 전해 가공 Micro ECM Using Nanosecond Pulsed Laser

*권민호¹, #신홍식¹, 정도관¹, 주종남¹

*M. H. Kwon¹, #H. S. Shin(shinhs05@snu.ac.kr)¹, D. K. Chung¹, C. N. Chu¹

¹서울대학교 기계항공공학부

Key words : Micro machining, Electrochemical machining, Nanosecond pulsed laser, Hybrid machining

1. 서론

미세 형상 가공은 반도체 공정을 이용하여 만드는 것이 비교적 경제적이고 정밀도도 높은 것으로 알려져 있지만, 가공 가능한 소재가 한정되어 있고 2 차원 가공에 국한되는 등의 단점이 있다. 이에 비해 다양한 금속 재료에 3 차원 형상 가공이 가능한 미세 가공 기술로서 방전 가공, 전해 가공, 레이저 가공 등의 특수 가공 기술이 있다.

나노 초 펄스 레이저 가공(LBM)은 빠른 가공 속도로 가공할 수 있지만 열영향부와 재용고층이 발생하여 정밀도가 상대적으로 낮다. 피코 초 또는 펨토 초 펄스 레이저를 이용하면 높은 정밀도의 가공이 가능하지만 시스템 및 유지 보수 비용이 높다.¹

미세 전해 가공(Micro ECM)은 초단 펄스 전원을 이용하여 가공 영역을 국부화하여 가공 간극을 수 마이크로 미터 이내로 조절할 수 있고, 원자 단위로 재료의 제거가 이루어지기 때문에 가공면의 품질이 우수하다.² 하지만 다른 특수 가공법에 비해 가공 속도가 느린 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 나노 초 펄스 레이저를 고속의 선가공으로 이용하고 미세 전해 가공을 정밀한 후가공으로 이용하여 미세 홈을 가공하고 가공 특성을 살펴봄으로써 복합 가공의 가공 효율 향상 여부를 살펴보았다.

2. 실험 방법

나노 초 펄스 레이저를 이용한 복합 미세 전해 가공은 Fig. 1 과 같이 나노 초 펄스 레이저로 선가공하여 재료를 빠르게 제거함으로써 미세 전해 가공 시 가공해야 할 가공 부피를 줄여주고, 후가공으로 미세 전해 가공을 수행하여 레이저 가공에 의해 발생한 재용고층 등을 제거하여 형상 정밀도를 향상시킨다. 나노 초 펄스 레이저를 이용한 복합 미세 전해 가공을 통해서 기존의 미세 전해 가공만을 이용한 경우에 비해 가공 시간을 단축시키면서도 미세 전해 가공과 같은 수준의 가공 품질을 갖는 미세 구조물을 제작할 수 있다. 스테인리스 강(STS 304)에 깊이 300 μm , 깊이 60 μm 의 미세 홈을 가공하

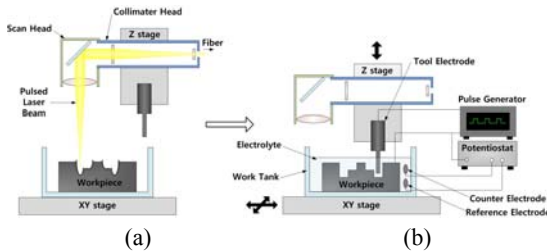


Fig. 1 System for hybrid micro machining using LBM and ECM (a) Pre-machining by LBM (b) Post-machining by ECM

Table 1 Machining conditions

LBM	Average power	20 W
	Repetition rate	20 kHz
	Scan speed	100 mm/s
	Number of scan	2
Micro ECM	Tool electrode	WC ϕ 70 μm
	Electrolyte	0.1 M H_2SO_4
	Pulse amplitude	6 V
	Pulse on/off time	100 ns / 1 μs
	Feed rate	2 ~ 16 $\mu\text{m/s}$

였다. 세부적인 미세 홈의 가공 조건은 Table 1에 나타내었다. 미세 전해 가공과 복합 가공으로 각각 미세 홈을 가공하여 가공 특성을 살펴보았다.

3. 실험 및 결과

Fig. 2는 레이저 가공으로 선가공하고 미세 전해 가공으로 후 가공한 미세 홈이다. 레이저 가공에서 발생한 열영향부 및 재응고층은 미세 전해 가공을 이용한 후가공 공정에서 성공적으로 제거되었다. 가공 시간은 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 미세 전해 가공만으로 가공하였을 경우보다 55%가 감소하였다. 가공된 표면의 표면 조도를 측정된 결과 $Ra = 0.022 \mu\text{m}$ 로 측정되었으며, 이는 기존의 미세 전해 가공으로 가공된 미세 홈의 표면조도³와 동등한 수준이었다.

또한, 이러한 복합 가공을 이용하여 Fig. 4의 채널 형상의 가공을 성공적으로 수행하였다. 이를 통하여 3차원 미세 구조물의 제작에 나노 초 펄스 레이저를 이용한 복합 미세 전해

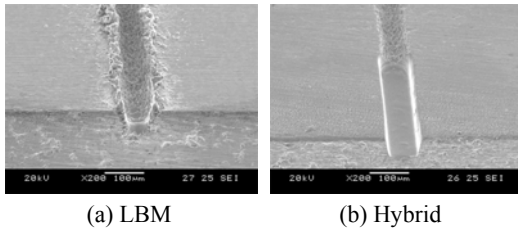


Fig. 2 Micro groove machined by LBM and hybrid process

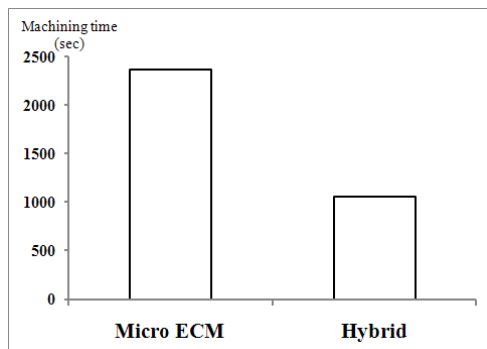


Fig. 3 Machining time for micro groove (300 μm length, 60 μm depth)

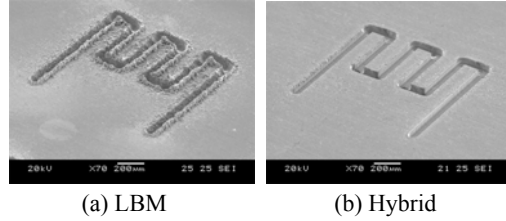


Fig. 4 Micro structure machined by LBM and hybrid process

가공의 응용 가능성을 확인하였다.

4. 결론

나노 초 펄스 레이저 가공을 금속에 응용하는 경우 가공 속도가 빠르지만 열변형층 등으로 인해 형상 정밀도가 좋지않다. 반면, 미세 전해 가공은 가공 품질이 매우 우수하지만, 가공 속도가 매우 느린 단점이 있다. 미세 전해 가공의 단점을 보완하기 위해 나노 초 펄스 레이저를 이용한 복합 미세 전해 가공을 제안하였으며, 이를 통해 기존의 미세 전해 가공에 비해 가공 효율이 개선된 것을 확인하였다.

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20100000441).

참고문헌

1. Meijer, J., Du, K., Gilner, A., Hoffmann, D., Kovalenko, V. S., Masuzawa, T., Ostendon, A., Poprawe, R., and Schulz, W., "Laser Machining by Short and Ultrashort Pulses, State of the Art and New Opportunities in the Age of the Photons," *Annals of the CIRP*, **51**, 531-550, 2002.
2. Schuster, R., Kirchner, V., Allongue, P., and Ertl, G., "Electrochemical Micromachining," *Science*, **289**, 98-101, 2000.
3. Kim, B. H., Ryu, S. H., Choi, D. K., and Chu, C. N., "Micro electrochemical milling," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, **15**, 124-129, 2005.