

펨토초 레이저를 이용한 SUS304 의 마이크로 홈가공

곽태수*(요업(세라믹)기술원), 오오모리 히토시(이화학연구소(일))

Micro-groove machining of SUS304 using by femto second laser

T. S. Kwak(KICET), H. Ohmori(RIKEN, Japan)

ABSTRACT

3D micro scaled shapes are fabricated with the method of direct writing and superposing grooving in ambient air using femto-second laser pulses and copper, aiming at establishing an industrially useful femto-second laser processing machine to be able to fabricate three dimensional micro-scale structures, especially micro scaled molds, and processing techniques. For the several advantages, there is no thermally influenced region around the area irradiated by the laser beam and surfaces irradiated laser beam are smooth and substances ablated to form are no attached on the surface of works and so on, the femto-second laser technology is anticipated for advanced micro/nano precision technology.

Key Words : Micro-groove machining(마이크로 홈가공), Femto-second laser(펨토초레이저), Laser Scanning area (피가공영역), Condensing lens(집광렌즈)

1. 서론

최근 단파펄스 광원으로 주목 받고 있는 펨토초 레이저를 이용한 가공기술이 개발되어 산업적 활용 가치에 대한 기대가 증가하고 있다. 펨토초 레이저는 초단펄스를 광원으로 하고 있으며 고퍼크 출력을 가지므로 피가공 재료의 열에 의한 변질층을 줄이므로써 빔 직경보다 작은 미세가공에 유리한 것으로 알려져 있다. 따라서 펨토초 레이저 가공은 초미세 가공에 있어서 기계적 가공의 한계를 보완해 주는 가공법으로 주목 받고 있다. 또한, 가공중 발열에 의한 재료특성의 저하가 심각한 소형부품과 마이크로 단위의 매우 얇은 부품에도 높은 치수정밀도로 가공이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 5um 의 마이크로 SUS304 박판에 마이크로 유로가공을 하는데 있어서 집광렌즈의 종류와 가공영역과의 상관관계를 조사하고 초점 위치에 따른 피가공 특성을 조사하였다.

2. 실험방법 및 가공장치

Ti:Sapphire 레이저를 이용하여 피가공재 표면에 조사하였다. 펨토초 레이저 가공을 위한 장치로서 레

이저 발전기 외에 분해능 10nm 로 제어할 수 있는 NC 시스템 및 XYZ 스테이지를 구성하고 다수의 반사경과 셔터를 이용하고 있으며 집광부의 렌즈는 20 배 현미경용 대물렌즈와 사용빔의 직경을 줄이기 위해 비구면 렌즈를 장착하여 각각 실험하였다. 표 1 은 실험에서 사용한 레이저 발전기의 사양과 피가공재 이동을 위한 선형 스테이지의 기본사양이다. 그림 1 은 펨토초 레이저 가공장치를 보여주는 구성도이다. 본 가공장치는 레이저 발전부, 가공스테인지, 제어부로 구성되어 있으며 발전기에서 나온 레이저의 출력은 일정하므로 흡수형 ND 필터로 출력을 조정할 수 있도록 구성하였다. 셔터 속도 10ms 와 공기 정압 3 축 동시가공 선형 스테이지를 제어하여 원하는 위치에 레이저를 조사할 수 있는 시스템을 구축하였다.

Table 1 Femto-second laser machining device

Femto-second laser device		Stage for positioning	
Pulse width	150fs	Straightness	0.3×1.2×0.3 μm
Wavelength	775nm	Stroke	100×100×20mm
Ave. Power	800mW	Resolution	10nm
Repetition	1kHz	Table size	180×180mm

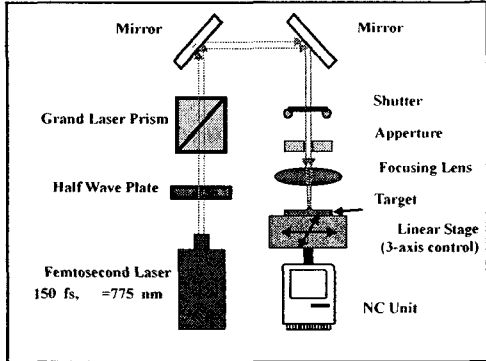


Fig. 1 Schematic of femto-second laser machining device

3. 실험결과 및 고찰

3.1 초점심도와 가공영역

초점심도는 렌즈를 통하여 사물을 볼 때 초점이 맞는 영역을 의미하므로 초점심도와 가공영역을 확인 할 필요가 있으며, 피가공재의 마이크로 유로가공을 위해서는 집광렌즈에 따른 가공영역에 대한 검토가 필요하다. 실험에서 사용된 현미경용 대물렌즈는 초점거리가 50mm 이므로 렌즈의 초점심도 (F_D)는 $N.A. = n \times \sin\theta$ 와 $F_D = \lambda / (N.A.)^2$ 식을 이용하여 N.A.와 파장 λ 로부터 계산 가능하다. 여기서 n 은 굴절율, θ 는 초점에 대한 레이저의 입사각을 의미한다. 한편, 가공시 평균출력은 2mW, 레이저의 주사속도는 1.0mm/s 의 조건으로 하였으며 가공 후 피가공재의 폭과 깊이는 공초점 레이저 현미경을 이용하여 측정하였다(Fig. 2). X 축은 집광렌즈로부터의 거리를 의미하고 있으며 Y 축은 가공영역의 폭과 가공 깊이를 나타내고 있다. 초점에서 멀어질수록 가공 깊이는 감소하고 폭은 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 대물렌즈와 비구면 렌즈의 초점심도는 각각 4.8 μ m, 3.1 μ m 인데 비해 가공영역은 각각 0.6mm, 0.26mm 로 비구면 렌즈가 비교적 좁고 깊게 가공이 이루어 지는 것을 확인할 수 있었다.

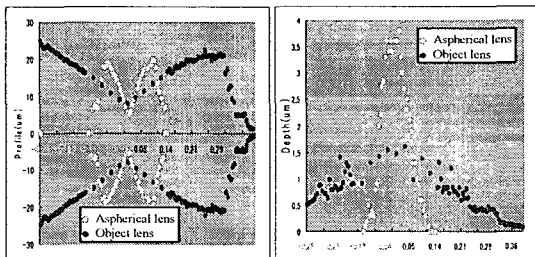


Fig. 2 Comparison of laser scanning area results from experiments

3.2 마이크로 유로가공

3.1 의 결과로부터 비구면 렌즈를 이용하는 것이 미세가공에 유리한 것으로 예상된다. 한편, 미세 유로는 가공 후 벽면의 상태에 따라 유체의 흐름성이 달라지므로, 피가공에 조사되는 레이저의 위치에 따른 피가공 특성을 조사하였다. 실험결과 초점에서 다소 거친 가공면이 얻어지는 것을 확인할 수 있었으며, 초점으로부터 70 μ m 떨어진 곳의 레이저를 이용한 경우 보다 깨끗한 가공면을 얻을 수 있었다. 그림 3 은 레이저를 이용한 마이크로 유로가공 후의 사진이다.

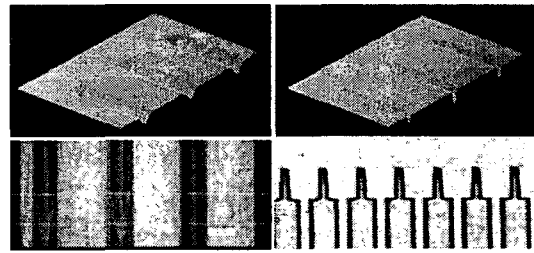


Fig. 3 Measured results after micro-grooving

4. 결론

펄초 레이저 가공장치를 구성하여 마이크로 SUS304 박판에 대해서 마이크로 유로가공을 위한 실험을 수행하였다.

1) 가공면의 상태는 초점에서 가공한 경우보다 초점위치에서 약간 떨어진 곳에서 우수한 가공면을 얻을 수 있었다.

2) 레이저 가공을 위한 평균출력이 같은 경우 초점위치에 따라 가공 폭과 가공 깊이는 반비례하는 것을 확인하였다.

마이크로 가공에 있어서 펄초 레이저의 활용가능성은 매우 높고, 특히 소형부품 등의 미세구조를 형성하는데 있어서 응용이 가능할 것으로 기대된다

참고문헌

1. Srinivasan, R., Sutcliffe, E., Braren, B. "Ablation and etching of polymethylmethacrylate by very short (160 fs) ultraviolet (308 nm) laser pulses", Applied Physics Letters 51, pp. 1285, 1987.
2. 沢田博司, 川原公介, 二宮孝文, 黒澤宏, 横谷篤至, "フェムト秒レーザーによる微細周期構造の形成", JSPE, Vol.69, No.4, pp. 554-558, 2003.
3. Kwak, T.S., Ohmori, H., Anzai, M., Sunouchi., "A study on machining properties and laser scanning area on metallic materials by femto second laser", The spring proceedings of JSPE, pp.703-704, 2004.