

# 알루미늄 아노다이징, 레이저 가공, 전해 에칭을 이용한 미세 홈 가공

## Fabrication of Micro Groove on Aluminum using Anodizing, Laser Beam and Electrochemical Etching

\*권민호<sup>1</sup>, #신홍식<sup>1</sup>, 박종욱<sup>1</sup>, 조철희<sup>1</sup>, 주광남<sup>1</sup>

\*M. H. Kwon<sup>1</sup>, #H. S. Shin(shinhs05@snu.ac.kr)<sup>1</sup>, J. W. Park<sup>1</sup>, C. H. Cho<sup>1</sup>, C. N. Chu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부

Key words : Anodizing, Laser beam machining, Electrochemical etching, Micro groove

### 1. 서론

미세 가공법을 실제 양산에 적용시키기 위해서는 생산 속도 및 비용이 크게 고려되기 때문에 전해 에칭(electrochemical etching)과 같은 습식 에칭(wet etching)을 이용하는 것이 유리하다고 알려져 있다.<sup>1</sup> 그러나 습식 에칭은 고세장비의 가공이 어려운 단점이 있고, 감광막(photo-resist layer)를 이용한 전해 에칭의 경우에는 마스크 제작을 위해 포토리소그래피(photo-lithography)를 이용한 복잡한 공정이 필요하다.<sup>2</sup>

따라서 공정 비용이 저렴하면서도 고세장비의 구조물을 가공할 수 있는 가공 기술의 개발이 필요하다. 아노다이징(anodizing)에 의해 형성된 산화막은 전기적으로 뛰어난 절연성을 갖기 때문에 전해 에칭에서의 감광막과 같이 보호층으로 활용할 수 있다.

본 연구에서는 아노다이징과 레이저 가공(laser beam machining)을 이용하여 미세 패턴을 갖는 보호층을 알루미늄의 표면에 형성시키고, 순차적으로 전해 에칭을 수행하는 공정을 반복하여 효율적인 고세장비의 미세 홈 가공 가능성을 살펴보았다.

### 2. 실험방법

순도 99% 이상의 알루미늄을 1.5 M의 황산 수용액에서 15 분간 15 V의 직류(DC) 전원을 인가하여 표면에 산화막을 형성시켰다. 그리고 나노 초 펄스 레이저를 이용하여 산화막만을

국부적으로 제거하여 산화막에 미세 홈 형상의 패턴을 제작하였다. 전해 에칭 단계에서는 스테인리스 강(STS 304)을 공구 전극으로 사용하여 공작물과 400  $\mu\text{m}$ 의 간극을 유지하며 500  $\mu\text{m/s}$ 의 속도로 1 회 왕복하여 가공이 수행되었다. 이러한 순차적인 공정은 Fig. 1에 간략하게 나타내었으며, 각 가공 단계에서 사용한 가공 조건은 Table 1에 기술하였다. 이러한 방법으로 미세 홈을 가공하여 공정의



Fig. 1 Sequential process of anodizing, laser beam and electrochemical etching

Table 1 Machining condition

Process	condition	value
Anodizing	Electrolyte	1.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	Voltage	15 V
Laser	Average power	4 W
	Repetition rate	80 kHz
	Scan speed	9.8 mm/s
	Number of scan	20
Electrochemical etching	Electrolyte	2 M NaNO <sub>3</sub>
	Applied voltage	15 V
	Pulse on-time	0.1 ms
	Pulse period	1 ms

유효성을 확인한 후, 순차적 공정을 세 번 반복하여 언더컷(under cut)의 증가를 억제하면서 깊이 방향의 가공이 수행되는지 확인하였다.

### 3. 실험결과

Fig. 2 는 아노다이징, 레이저 가공, 전해 에칭의 순차적 공정에 의하여 가공된 미세 홈이다. 아노다이징에 의하여 형성된 산화막이 전해 에칭시 보호 마스크 역할을 수행하여 미세 홈이 성공적으로 가공된 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 3 은 순차적인 공정을 한번 수행하여 가공한 미세 홈과 세 번 반복 수행하여 가공한 미세 홈의 옆면을 비교한 가공 사진이다. Fig. 3(a)는 Fig. 1 의 공정을 한 번만 수행하여 얻은 미세 홈의 단면 사진으로서 등방성 에칭의 전형적인 형상을 보여준다. Fig. 3(b)은 세 번의 가공 공정이 반복되는 동안 언더컷이 산화막에 의해 억제되면서 전해 에칭이 깊이 방향으로 진행되어, 세 번의 전해 에칭에 의한 가공 단면을 명확히 나타내고 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 아노다이징을 이용하여 형성시킨 산화막에 레이저 가공으로 미세 홈 패턴을 만들고, 그것을 마스크로 이용하여 전해 에칭을 수행하였다. 또한, 이러한 공정을 반복함으로써 고세장비 미세 홈의 가공 가능 여부를 확인하였다. 단계별 공정의 조건을 적절히 조절하면 가공된 옆면이 깊이 방향으로

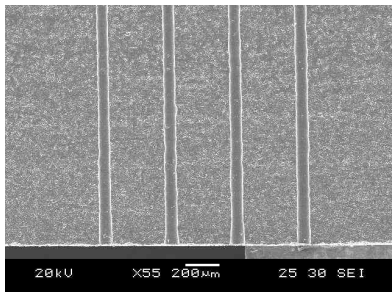
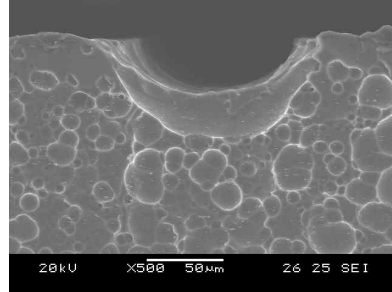
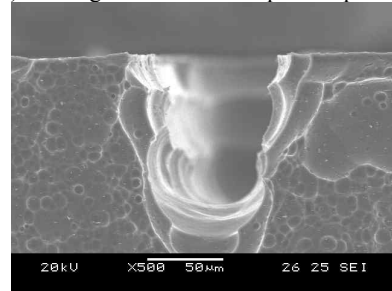


Fig. 2 Micro grooves with anodizing, laser beam and electrochemical etching



(a) Micro groove after 1<sup>st</sup> sequential process



(b) Micro groove after 3<sup>rd</sup> sequential process

Fig. 3 Side view of micro groove

직진도를 갖는 고세장비의 깊은 미세 홈 또는 미세 구멍을 가공할 수 있을 것으로 기대된다.

### 후기

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0000192).

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT 융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음.(NIPA-2011-C6150-1101-0004)

### 참고문헌

1. Brevnov, D. A., and Mardilovich, P., "Electrochemical Micromachining and Microstructuring of Aluminum and Anodic Alumina," Modern Aspects of Electrochemistry, **48**, 222-230, 2010.
2. Datta, M., and Landolt, D., "Fundamental aspects and applications of electrochemical microfabrication," Electrochimica Acta, **45**, 2535-2558, 2000.