

레이저 ablation 을 이용한 초발수성 금형 재료 가공 Fabrication of Superhydrophobic mold surface using laser ablation

*노지환¹, 서정¹, 손현기¹, 신동식¹, #이제훈¹

*Jiwhan Noh¹, Jung Suh¹, Hyonkee Sohn¹, Dongsig Shin¹, #Jae-Hoon Lee(jaholee@kimm.re.kr)¹

¹ 한국기계연구원 지능형 정밀 연구 본부

Key words : Hydrophobic surface, laser ablation processing

1. 서론

레이저 ablation 공정은 레이저 빔을 집속 시켜서 재료에 조사함으로써 재료를 폭발 시키는 일종의 제거 공정이다. 최근 극초단 펄스 레이저의 개발로 레이저 ablation 공정을 이용하여 기존에는 제작이 불가능했던 자연계의 표면들이 제작이 가능해지고 있다. 특히 연꽃잎을 모사하려는 가공도 많이 시도 되어지고 있다. 연꽃잎이 주목을 받는 이유는 연꽃 잎의 초발수성 특성 때문이다. 초발수성 표면은 표면에 물방울을 떨어뜨렸을 때 접촉각이 160 도 이상이 되는 표면을 의미한다.. 표면이 초발수성이 되면서 작은 슬라이딩 앵글에서도 물방울이 굴러 가게 된다. 이런 효과를 이용하여 연꽃잎은 자기 세정 효과 (Self cleaning effect) 가 있다.[1,2.] 이런 자기 세정 효과를 이용하여, 이 초발수성 표면을 자동차 사이드 미러와 앞 유리, 건축용 유리, 태양전지의 표면에 적용하려는 연구가 많이 진행 중이다. [3,4]

기존에는 초발수성 표면을 화학적 방법을 이용하여 제작하려는 연구가 많이 진행 되어 왔다. 그러나 미세 가공기술의 발전으로 연꽃잎의 마이크로 나노 구조물을 제작하여 초발수성을 특성을 향상 시키려는 연구가 활발히 진행 중이다. 연꽃잎의 자연 모사를 위해서는 10 μm 을 패턴 위에 나노 사이즈의 리플(ripple) 이 존재 해야 한다. (Fig.1 참조). 이런 이중 구조물을 제작하기 위해 많은 방법이 시도 되었다. 플라즈마 애칭을 이용하여 초발수성 표면 제작 [5,6], 탄소 나노 튜브를 이용한 초발수성 표면 제작, 반도체 에칭 공정을 이용한 초발수성 표면 제작, ion beam 을 이용한 초발수성 표면 제작 등이다. 그러나 이런 방법들은 대부분 재료의 한계성과 공정의 복잡성 때문에 실용화 되지 못하고 있다. 특히 미세 가공의 대표적 방법인 반도체 애칭 공정(photo-lithography in semiconductor industry)은 소재에 제약이 있고, 습식 공정으로 환경 문제를 야기 시키며, 공정 자체가 복잡해지는 단점이 있다. 게다가 3 차원 곡면에 마이크로 패턴을 한다는 것이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 레이저 어블레이션을 이용하여 연꽃잎의 마이크로 패턴을 제작한다. 레이저 어블레이션 공정의 장점으로는 단일 공정 단일 장비로 가공이 가능하고, 건식 공정으므로 친환경적 공정이며, 3 차원 곡면에도 가공이 가능하다. 특히 다른 공정에 비해서 가공 소재의 선택이 자유롭다. 그러나 레이저 어블레이션 공정이 단점으로는 반도체 공정에 비해서 가공 선포이 크다. 본 논문에서는 이 레이저 어블레이션 방법의 단점을 개선 하여 연꽃잎의 마이크로 스트럭처를 금형 위에 모사 하였다.

2. 실험 방법

본 논문에서 사용된 피코초 레이저는 12ps 의 펄스폭을 가지고 있으며, 최대 반복율은 640kHz 이다. 기본적인 파장대는 1064nm 이다. harmonic generator 와 third harmonic generator 를 사용하여 532nm 와 355nm 의 파장대를 만들어 낸다. 본 실험에서는 가공 선포를 최소로 줄이기 위하여 355nm 의 파장대를 사용하였다. 위상 지연판과 편광판을 사용하여 레이저 파워를 조절하였다. 최근 펨토초

레이저가 개발되어 레이저 어블레이션 고정시 열영향부(heat affection zone) 을 획기적으로 개선한 공정이 소개 되고 있다. 레이저 어블레이션 공정에서 열영향부(heat affection zone) 이 줄어든다는 말은 그만큼 정밀한 가공이 가능하다는 의미이다. 하지만 현재로서는 펨토초 레이저의 average power 가 적고, 펄스 반복율이 낮아서 고속 가공에 불리하다. 게다가 펨토초 레이저 자체의 복잡성 때문에 현재 산업계적 적용이 미미한 상태이다. 그러나 피코초 레이저는 펨초초 레이저에 비해 열영향부는 많이 생기지만, average power 가 상대적으로 높고, 펄스 반복율이 높아 고속 가공에 적합하다. 따라서 본 논문에서는 피코초 레이저를 이용하여 산업체에서 적용이 가능한 연꽃 패턴을 금형에 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

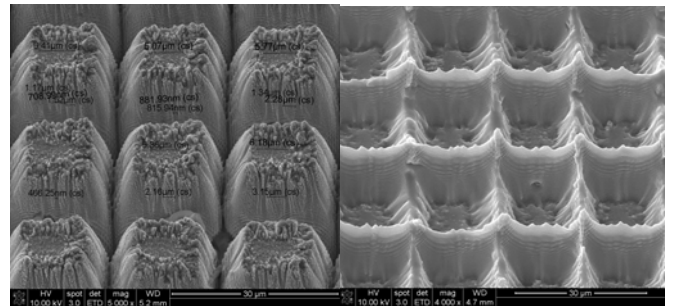


Fig. 1 result of laser ablation process

Fig.1 의 왼쪽은 레이저 어블레이션 방법으로 NAX80 표면에 가공한 결과를 나타낸다. 20um 의 원뿔 위에 1um 의 리플을 제작하였다. 가공 조건은 scan speed 은 0.1m/sec ,line interval 은 10um, fluence 는 25.98mJ/cm² 이다. 가공 방법은 오버랩핑 방법과 ripple formation 방법을 사용하였다. 가공면적은 10mm*10mm 이며, 스테이지와 스캐너를 사용하면 더 넓은 영역도 가공이 가능할 것이다.

Fig.2 의 오른쪽은 레이저 어블레이션 방법으로 제작한 금형에 폴리머 캐스팅 방법을 이용해서 금형의 패턴을 전사한 것을 나타내었다. 이로서 초발수성의 대량 생산이 가능할 것으로 보여진다. 폴리머의 종류는 PDMS 이다.



Fig 2. contact angle of polymer (PDMS)

Fig.2 의 왼쪽은 표면에 패턴이 없는 PDMS 의 물에

대한 접촉각을 측정 한 것이고, Fig.2 의 오른쪽은 Fig.1 과 같은 패턴이 되어 있는 표면의 접촉각을 나타낸다. 접촉각이 160 도 정도로서 초발수 표면이 제작되었음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 피코초 레이저의 어블레이션 현상을 이용하여 연꽃잎의 모사한 패턴을 금형에 제작하였다. 금형에 제작된 패턴을 PDMS 에 전사 시켜, 패턴된 PDMS 의 접촉각 을 측정하였다. 측정 결과 접촉각이 160 이상됨을 관찰하여 초발수성 표면이 됨을 확인하였다.

참고문헌

1. Barthlott W and Neinhuis C 1997 *Planta* 202 1-8
2. Neinhuis C and Barthlott W 1997 *Ann. Bot.* 79 667-77
3. Bico J, Marzolin C and Qu'ér'e D 1999 *Europhys. Lett.* 47 220-6
4. Nakajima A, Hashimoto K and Watanabe T 2001 *Monat.Chem.* 132 31-41
5. Teare D O H, Spanos C G, Ridley P, Kinmond E J, Roucoules V and Badyal J P S 2002 *Chem. Mater.* 14 4566-71
6. Shui J, Kuo C, Chen P and Mou C 2004 *Chem. Mater.* 16 561-4