

피코초 레이저를 이용한 마이크로 패터닝의 초소수성 연구 A Study on hydrophobic of micro patterning using pico second laser

*조일환¹, #이제훈¹, 노지환¹, 이승원²

*I. H. Cho¹, #J. H. Lee(jaholee@kimm.re.kr)¹, J. W. Noh¹, S. W. Lee²

¹한국기계연구원, ²충남대학교

Key words : Pico second laser, Micro patterning, Hydrophobic, PDMS, Groove, Wetting, Contact angle, Lotus effect

1. 서론

레이저 ablation 공정은 레이저 빔을 집속 시켜서 재료에 조사함으로써 재료를 폭발 시키는 일종의 제거 공정이다. 최근에 극초단 펄스 레이저의 개발로 레이저 ablation 공정을 이용하여 기존에는 제작이 불가능했던 자연계 표면들의 제작이 가능해지고 있다. 특히 연꽃잎을 모사하려는 가공도 많이 시도 되어지고 있다. 연꽃잎은 초소수성 표면의 대표적인 모델로서 연꽃잎 표면에 수많은 마이크로 크기의 섬모돌기가 그 역할을 하고 있다. 초소수성 표면은 표면에 물방울을 떨어뜨렸을 때 접촉각이 150° 이상이 되는 표면을 의미한다. 초소수성 표면을 가지면 작은 앵글에서도 물방울이 굴러가게 된다. 이런 효과를 이용하여 연꽃잎은 자기세정 효과(self cleaning effect)가 있다.⁽¹⁻²⁾ 이러한 효과를 이용하여, 여러 분야에 초소수성 표면이 적용되고 있는데 자동차 사이드 미러와 전면 유리, 고층 건축물의 유리, 태양전지의 표면 등에 적용하려는 연구가 많이 진행 중이다.

기존에는 초소수성 표면을 화학적 방법을 이용하여 제작하는 연구가 많이 진행되어 왔다. 그러나 미세 가공기술의 발전으로 마이크로 구조물을 제작하여 초소수성의 특성을 향상 시키려는 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 마이크로 구조물을 제작하기 위해 많은 방법이 시도되었다. 기계 공구를 이용한 가공은 가공면이 거칠며 미세한 가공의 제어가 불가능하고 반도체 공정(Photo-lithography)은 소재의 제약이 많고 습식 공정등 공정이 복잡해진다는 단점이 있다. 그리고 E-beam 을 이용한 가공은 진공이 필요하여 장비 가격이 고가이며 Micro 가공 보다 Nano 급의 가공에 적합하다.

따라서 본 논문에서는 레이저 ablation 을 이용하여 마이크로 구조물을 제작한다. 레이저 ablation

공정은 단일 공정 단일 장비로 가공이 가능하고, 건식 공정이므로 친환경적이며, 3차원 곡면에도 가공이 가능하다. 특히 다른 공정에 비해서 가공 소재의 선택이 자유로운 장점이 있다. 이러한 레이저 ablation 공정을 이용하여 금형용 금속에 마이크로 패터닝을 하면 반복적인 캐스팅으로 초소수성을 가지는 패턴의 대량 생산이 가능해진다.

본 논문에서는 사출 성형용 금형에 다이렉트로 가공을 하여 마이크로 골(groove) 를 제작하고 PDMS 로 사출하여 골 간격(groove interval) 에 따른 PDMS 의 접촉각을 측정하여 가장 높은 접촉각을 얻을 수 있는 구조물을 제작하였다.

2. 실험 방법

본 논문에서 사용된 재료는 일본 다이도社에서 생산하는 금형용 특수강인 NAK80 을 사용하였고 화학성분은 Table 1 과 같다. 피코초 레이저는 12ps 의 펄스폭을 가지고 있으며, 최대 반복율은 640kHz 이고 기본적인 파장대는 1064nm 이다. harmonic generator 와 third harmonic generator 를 사용하여 532nm 와 355nm 의 파장대를 만들어 낸다. 본 실험에서는 가공 선폴을 최소로 줄이기 위하여 355nm 의 파장대를 사용하였다. 위상 지연판과 편광판을 사용하여 레이저 파워를 조절하였다. 캐스팅은 폴리머 소재인 PDMS 를 사용하였고 측정 방법으로는 접촉각 측정기(Contact Angle Analyze) 와 전자주사현미경(SEM), 광학현미경을 사용하였다.

Table 1 Chemistry ingredient of NAK80

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Cu
0.15	0.36	1.50	0.01	0.008	3.00	0.12	0.25	0.008	1.05	0.99

3. 결과 및 토의

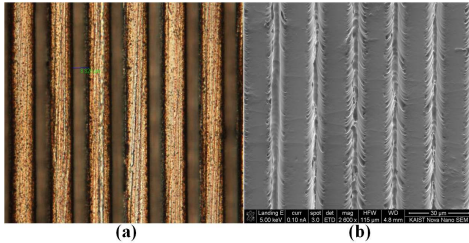


Fig. 1 SEM and microscope image of micro structure

Fig. 1 은 레이저 ablation 방법으로 금형용강 NAK80에 가공하여 골(groove)을 제작 하였다. Fig. 1 (a) 는 가공된 NAK80을 현미경으로 측정 한 것이고 Fig. 1 (b) 는 금형에 PDMS를 캐스팅하여 금형의 패턴을 전사하여 SEM으로 측정 하였다. 가공 조건은 355nm 파장영역과 focal length 100mm의 렌즈를 사용하였다. 스테이지의 속도는 100mm/sec, 골 간격 20um, fluence는 25.98mJ/cm² 이다.

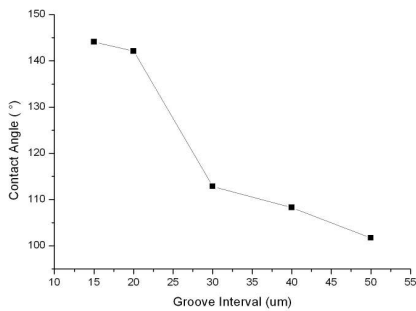


Fig. 2 Contact angle by Groove interval

Fig. 2 는 골 간격에 따른 접촉각을 나타낸다. 그래프에서 볼 수 있듯이 골 간격이 작아지면 높은 접촉각을 나타내고 있다. 가장 높은 접촉각은 15um 간격에서 144°가 측정 되었다. 그러나 골의 가공 후 형상은 연꽃잎 섬모돌기의 형태와는 다르다. 이러한 형상을 모사하기 위해 바둑판 형태로 가공을 하여 PDMS를 캐스팅 후 접촉각을 측정하여 비교 하였다. Fig. 3 (a) 는 Fig. 1 과 같은 조건으로 20um 간격의 골을 가공 하여 PDMS 캐스팅 후 접촉각을 측정한 것이다. Fig. 3 (b) 는 (a) 와 같은 조건에서 바둑판 형상으로 가공하였다. 바둑판 형상의 패턴이 147°의 접촉각으로 가장 높게 나온 것을 확인 하였다.

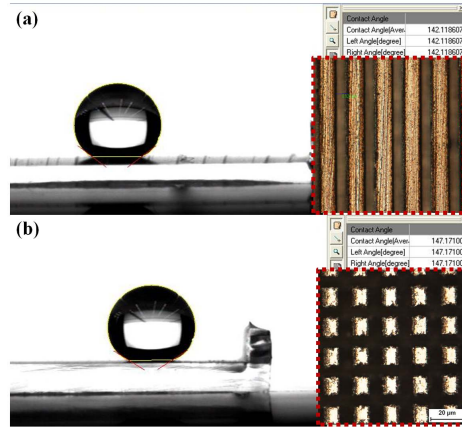


Fig. 3 picture of water contact angle (a) line pattern groove (b) cross pattern groove.

4. 결론

본 논문에서는 피코초 레이저 ablation 방법으로 금형용강에 다이렉트로 마이크로 골(groove)을 가공 하였다. 가공 된 금형의 패턴을 PDMS로 캐스팅 하여 접촉각(contact angle)을 측정 하였다. 측정 결과 골 간격(groove interval)이 15um에서 144°을 얻었고 골 간격 20um에서 바둑판으로 가공했을 때 147°가 확인 되었다. 따라서 높은 접촉각의 초소수성 표면을 얻기 위해서는 골 간격(groove interval)을 작게 가공 할수록 접촉각이 높아지고, 또한 바둑판 형상으로 가공을 하면 더 높은 접촉각을 얻을 수 있다는 것을 알게 되었다.

후기

본 연구는 지식경제부의 국가연구개발 사업인 “초발수 표면 제작을 위한 레이저 미세 가공 기술 개발” 과제의 지원으로 작성되었음.

참고문헌

1. Barthlott, W. and Neinhuis, C., "Purity of the Sacred Lotus, or Escape from Contamination in Biological Surface," *Planta*, **202**, 1-8, 1997.
2. Neinhuis, C. and Barthlott, W., "Characterization and Distribution of Water-repellent, Self-cleaning Plant Surfaces," *Annals of Botany*, **79**, 667-677, 1997.