

방전가공면을 복제한 PDMS 표면의 발수 특성 연구

Hydrophobic Characteristic of PDMS Surface Replicated with WEDM Surface

*김영훈^{1,3}, 홍석관¹, 이상용², 김영근², 이성희², 김권희⁴, #강정진¹

*Y. H. Kim^{1,3}, S. K. Hong¹, S. Y. Lee², Y. G. Kim², S. H. Lee², K. H. Kim³, #J. J. Kang(doublej@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원 미래융합연구그룹, ²한국생산기술연구원 금형기술센터

³고려대학교 대학원 기계공학과, ⁴고려대학교 기계공학부

Key words : Hydrophobicity, Wire EDM, NAK80, PDMS, Roughness, Contact Angle

1. 서론

연꽃잎의 표면은 수많은 마이크로/나노구조물의 복합체로 구성되어 있어 발수성(hydrophobicity)이 있으며, 이로 인해 항상 청정상태를 유지한다. 마이크로/나노구조물의 이러한 특성을 응용하여 청정표면이 요구되는 제품에 자가세정(self cleaning)기능을 부여함으로써 친환경적이면서 부가가치가 높은 제품을 개발하기 위한 연구가 여러 분야에서 진행 중이다.

발수성 표면은 보통 반도체공정에서 쓰이는 노광방식, 레이저, 전자빔, 금속양극산화 등을 이용한 물리적인 방법과 코팅제를 이용한 화학적 방법 등으로 제작되어 왔다. 발수표면에 대한 요구가 다양화됨과 동시에 양산에 대한 수요가 생기면서 제품의 기하학적형상, 지속성, 유해성 및 생산성 등의 이해타산을 고려할 필요가 있다.

본 연구에서는 와이어방전가공(wire electric discharge machining, WEDM)을 기반으로 하여 발수성 표면을 제작하고자 한다. 와이어방전가공 시에 전극와이어와 공작물 사이의 전기방전 시 발생하는 스파크에 의해 공작물이 급격히 가열되면

재료가 부분적으로 용융되거나 기화되면서 제거된다. 이로 인해 가공표면에는 마이크로 및 나노크기의 규칙성이 없는 수많은 크레이터(crater)구조가 형성된다. 이러한 구조는 보통 연꽃잎에서 보이는 마이크로 및 나노구조로 모사되어 발수성 표면으로 응용될 수 있고, 기존에 반도체공정 등으로 제작된 Wafer기판(substrate) 위주의 구조물 제작에서 벗어나 다양한 표면형상으로 응용될 수 있다는 장점이 있다. 또한 제품으로 응용하기 위해 열경화성 폴리머인 PDMS(polydimethylsiloxane)을 사용하여 방전가공면을 복제하였으며 표면조도에 따른 표면형상에 대해 발수 특성을 평가하였다.

2. 제작 방법

마스터(master)를 제작하기 위해 본 실험에서는 와이어 방전가공 기술을 이용해 25mm×25mm면적의 NAK80 금형강(일본 다이도社) 표면을 가공하였다. 가공 금속면은 패턴이 없는 평평한 면으로 가공하였고, 단지 표면조도(roughness)에 변화를 주어 제작하였다.

제작된 마스터의 표면을 복제하기 위해서 PDMS(Sylgard 184)를 사용하였다. 구성품인 주제와 경화제를 10:1비율로 혼합하여 마스터가 놓인 기판 위에 PDMS를 붓고, 기포를 제거하기 위해 30분 이상 진공처리를 하였다. 그리고 70℃온도의 오븐에서 6시간동안 열경화 처리하고 나면, 경화된 PDMS를 마스터와 분리하여 필요한 형상으로 재단한다. 분리과정에서 두 계면간의 이형을 용이하게 하기 위하여, 복제하기 이전 마스터의 표면을 70℃온도의 챔버(chamber) 내에서 Trichloro(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl)silane (FOTS)를 20분간 기상증착 하였다.

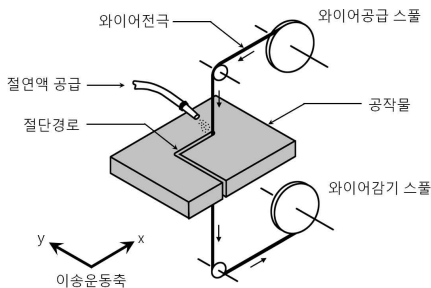


Fig. 1 Schematic of Wire Electric Discharge Machining

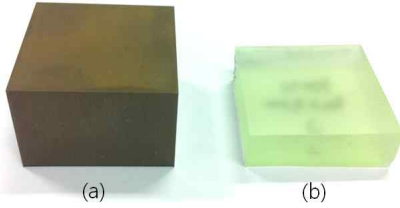


Fig. 2 Photography of (a) NAK80 mold and (b) Replicated PDMS

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 본 실험에 대한 결과물이다. 표면조도를 측정하기 위해 비접촉 광학측정장비(Microsurf, Nano Focus Inc.)를 사용하여 5point 측정한 평균값 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 또한 PDMS 표면의 정접촉각(static contact angle, CA)은 Phoenix 300(SEO Inc.)를 사용하여 측정하였으며 5 μ l 액적에 대한 측정값 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

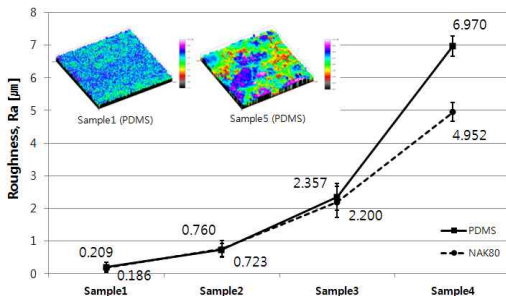


Fig. 3 Surface roughness of NAK80 mold and replicated PDMS

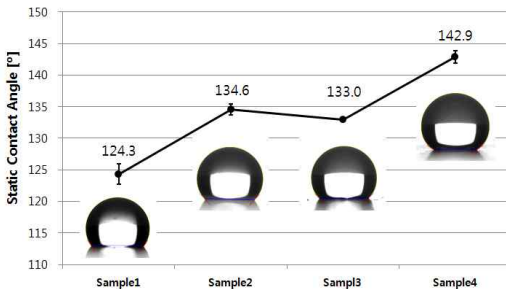


Fig. 4 Water static contact angle of replicated PDMS surface

Fig. 3에서 보는 바와 같이 NAK80의 표면조도와 복제된 PDMS 표면조도는 대체적으로 서로 일치하는 경향을 보였다. Fig. 4는 표면조도 0.209 μ m에서 6.970 μ m범위에서는 표면조도가 커짐에 따라 PDMS 표면의 물 접촉각이 증가하는 경향을 보여 준다. 이러한 현상은 방전가공면이 그대로 전사된 PDMS 표면의 마이크로-나노 구조들이 물 접촉각이 좀 더 커지는 방향으로 작용했기 때문인 것으로 추정된다.

4. 결론

본 연구에서는 와이어방전가공을 통해 NAK80 금속면에 일정한 표면조도를 갖도록 거친 면을 형성한 다음, PDMS를 이용하여 25mm \times 25mm면적의 표면을 복제하였다. 표면조도 6.970 μ m(Ra)인 복제된 PDMS 표면에서의 정접촉각은 평균 142.9로 측정되었다. 이 결과는 평면상태의 PDMS 표면의 접촉각이 105°인 것과 비교하면 약 37° 향상된 결과이다. 와이어방전가공을 기반으로 해서 발수표면을 제작하는 것은 비교적 공정이 단순하고 저가이며 대면적의 평면 및 곡면구조 제작이 용이하다는 장점이 있다. 마이크로 패턴 가공까지 함께 적용되면 150° 이상의 초발수(super-hydrophobic)표면도 제작이 가능할 것으로 기대한다.

후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 지원(No. KC000610)과 기획재정부 및 한국생산기술연구원의 지원(No. 11E-O5-0001)을 받은 연구 과제로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Bhushan, B. and Jung, Y. C., "Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction", *Progress in Materials Science*, 56, 1-108, 2011
2. 배원규, 최재훈, 서갑양, 송기영, 주종남, "EDM을 이용한 마이크로 나노 이중 구조 표면 제작 및 대면적 불투물 공정으로의 응용", 한국정밀공학회 2010 춘계학술대회 논문집, pp. 393~394