

기계적 가공을 이용한 COC 표면의 젖음성 조절

Wettability change of mechanically machined COC surfaces

*강명구¹, 채기운¹, 이상조¹, 김육배², 정영훈³, #민병권¹

*M. G. Gang¹, K. W. Chae¹, S. J. Lee¹, W. B. Kim², Y. H. Jeong³,

#B.-K. Min(bkmin@yonsei.ac.kr)¹

¹연세대학교 기계공학과, ²한국산업기술대학교 기계설계공학과,

³한국산업기술대학교 기계공학과

Key words : wettability control, polymer micromachining, COC, water contact angle

1. 서론

미세유체칩의 재료로는 폴리머가 일반적으로 사용되며 대량생산을 위해서는 미세금형을 이용한 사출성형, 열-압인 등의 방법이 주로 이용되고 있다. 그러나 소량의 시제품을 제작할 경우에는 마이크로 밀링 등의 기계적 가공으로 미세유체칩을 제작하는 것이 경제적이 수 있다. Bundgaard et al 은 마이크로 밀링으로 COC (Cyclic Olefin Copolymer)에 30 μ m 에서 200 μ m 의 다양한 폭의 채널을 제작하였다. 가공조건에 따른 채널내의 표면거칠기를 분석하여 쾌속공정의 가능성을 보여주었다.¹ 미세유체칩에서 유동특성과 세포점착성에 영향을 주는 젖음성은 표면거칠기에 영향을 받는다.^{2,4}

본 연구에서는 밀링가공 시 가공조건으로 COC 의 표면거칠기를 조절함으로써 기계적 가공을 통한 젖음성 조절의 가능성을 확인하였다. 또한 정량적인 분석을 통해 표면거칠기와 젖음성의 상관관계를 파악하였다.

2. 실험

실험에 사용되는 COC (Topas 5013)⁵는 사출성형기를 이용해 블록 형태로 만들었다. 머시닝 센터와 플랫폼드릴을 사용하여 밀링을 하였고, 가공조건으로 주축회전속도를 3,300rpm 과 10,000rpm 을 사용하였다. 공구 이송속도의 범위는 1mm/min 에서 1,000mm/min 으로 하였다. 가공 시 커슥의 영향을 배제하기 위해, 지름 3.0mm 공구를 사용하여 물방울의 크기보다 크게 가공하였다. 표면거칠기는 백색광간섭계로

측정하였고 산술평균값(Ra)을 사용하였다. 젖음성의 척도인 접촉각은 Sessile-drop method 로 측정하였다.⁶

3. 실험 결과

전통적인 재료의 밀링가공 결과⁷와 마찬가지로 주축회전속도가 높을수록, 공구이송속도가 낮을수록 가공면의 평균 표면거칠기가 낮은 것을 실험적으로 확인하였다. 동일한 주축회전속도에서 표면거칠기는 공구이송속도와 선형적인 관계를 보여주었다.

Fig. 1 은 ϕ 3.0 톨로 가공한 결과로 주축회전속도가 3,300rpm 과 10,000rpm 일 때 공구이송속도에 따른 표면거칠기를 나타낸다. 가장 낮은 표면거칠기 값은 10,000rpm, 1mm/min 일 때 약 80nm 였다. 반대로 가장 높은 표면거칠기 값은 3,300rpm, 1,000 mm/min 일 때 약 2 μ m 였다.

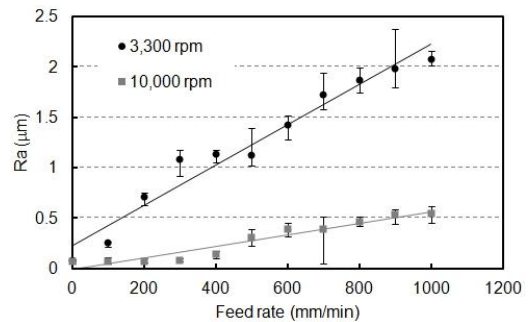


Fig. 1 Surface roughness according to machining parameters: spindle speed and feed rate

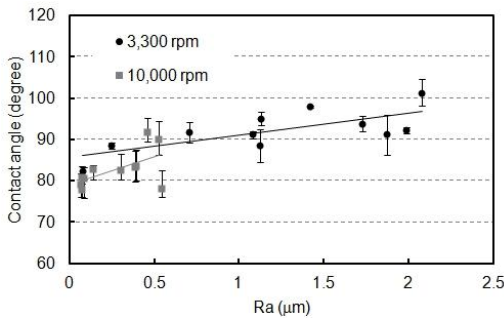


Fig. 2 Measured water contact angle in terms of surface roughness

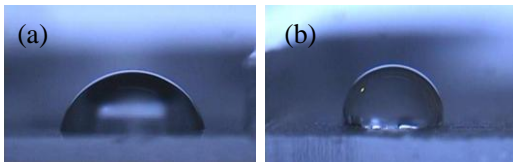


Fig. 3 Change of water contact angle (CA) in terms of surface roughness: (a) CA 80°, Ra 80 nm; (b) CA 110°, Ra 2 μm.

가공표면에서 접촉각을 측정한 결과, 표면 거칠기가 감소할수록 젖음성이 커지는 경향을 확인하였다. Fig. 2 는 표면 거칠기에 따른 접촉각을 측정한 결과이다. 표면거칠기가 80nm 인 경우 약 80°의 접촉각을 나타냈으며, 표면 거칠기 2 μm 인 가장 거친 표면에서는 약 110°의 측정 결과를 보였다.

Fig. 3 는 가공한 표면에서 접촉각을 측정한 사진이다. 표면거칠기가 80nm 일 때 약 80°의 접촉각으로 친수성을 가진다. 또한 표면거칠기가 2μm 일 때 약 110°의 접촉각으로 소수성을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 COC 재료를 기계가공 할 경우 가공 조건에 따른 표면특성의 변화를 실험 하였다. 실험결과 COC 재료의 가공 후 표면특성은 일반적인 금속의 가공 결과와 유사함을 확인하였다. 가공면의 거칠기는 주축회전속도와 공구이송속도의 조절을 통하여 Ra 80nm 에

서 2μm 로 조절이 가능하였다. 각 표면에서의 접촉각을 측정한 결과 표면이 거칠어질수록 접촉각이 커지는 것을 확인 하였다. 주축회전속도가 3,300rpm 일 때 공구이송속도의 변화만으로 가공 표면의 접촉각이 약 80°에서 110° 정도로 조절이 가능하였다.

후기

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0014893).

참고문헌

1. Bundgaard, F., Perozziello, G., and Geschke, O. "Rapid prototyping tools and methods for all-Topas® cyclic olefin copolymer fluidic microsystems," J. Mechanical Engineering Science, 220, 1625-1632, 2006.
2. Busscher, H. J., Vanpelt, A. W. J., Deboer, P., Dejong, H. P., and Arends, J., "The effect of surface roughening of polymers on measured contact angles of liquids," Colloids and Surfaces, 9, 319-331, 1984.
3. Miller, J. D., Veeramasuneni, S., Drelich, J., and Yalamanchili, M. R., "Effect of roughness as determined by atomic force microscopy on the wetting properties of PTFE thin films," Polymer Engineering and Science, 36, 1849-1855, 1996.
4. Tamada, Y., and Ikada, Y., "Effect of preadsorbed proteins on cell adhesion to polymer surfaces," Journal of Colloid and Interface Science, 155, 334-339, 1993.
5. Topas Advanced Polymers GmbH, available from www.topas.com.
6. ASTM D - 7334, "Standard practice for surface wettability of coatings, substrates and pigments by advancing contact angle measurement," 2008.
7. Boothroyd, G., Knight, W. A., "Fundamentals of machining and machine tools, 2nd ed.," Marcel Dekker, 1998.