

마이크로캔틸레버 사출성형을 위한 금형설계 및 성형성연구 Mold design and filling characteristics for polymer microcantilever

*김원우¹, #김옥배²

*W. W. Kim¹, #W. B. Kim(wkim@kpu.ac.kr)²

¹한국산업기술대학교 지식기반기술 에너지대학원, ²한국산업기술대학교 기계설계공학과

Key words : microcantilever, microinjection molding, moldability

1. 서론

MEMS(Micro Electro Mechanical System) 및 마이크로 시스템에서는 그 응용분야에 따라 다양한 형태소자의 제작이 필요하다. 특히 마이크로 캔틸레버는 미세한 탄성변위나 공진주파수의 변화를 검출하는 방식에 의해 초미세 스케일에서의 측정, 분석도구로 활용할 수 있다.^{1,2}

대표적으로 마이크로캔틸레버(micro-cantilever)는 화학적 센싱, 열량계, force spectroscopy, 유동학 등 많은 분야에 이용되어지고 있으며, 또한 바이오센서, 노즈온어칩(nose on a chip) 등 다양한 분야에서 연구가 활발하게 진행되고 있다.^{1,3}

기존의 마이크로 캔틸레버의 제작은 실리콘 소재를 주재료로 하여 반도체 공정을 기반으로 하는 리소그래피 공정, 증착 및 식각 공정 등이 주로 이용되어 왔다. 그러나 실리콘에 비해 낮은 폴리머의 탄성계수는 마이크로 캔틸레버 응용계측에서 매우 유리하며 특히 사출성형을 통한 저가의 대량 생산성은 의미가 깊다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 마이크로 사출성형을 이용하여 마이크로캔틸레버의 제작을 위한 mold insert의 설계/제작과 성형성에 관해 연구 하였으며, 이하 제반특성에 대해 설명하고자 한다.

2. 마이크로캔틸레버 금형 설계 및 제작

2.1 마이크로 캔틸레버 성형물의 구조

Fig. 1 에 마이크로 캔틸레버의 설계안을 나타내었다. 전체 제품의 두께는 1mm이며, 제품의 끝단에 캔틸레버가 위치하게 된다. 성형성 검토를 위하여 캔틸레버의 두께 50 μ m, 길이 2mm, 폭 300 μ m, 200 μ m, 100 μ m으로 설계하였다.

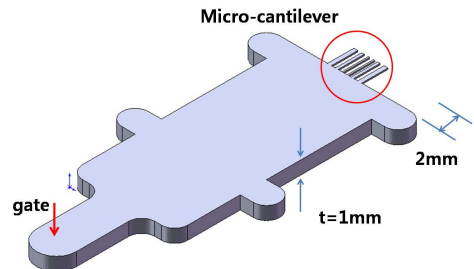


Fig. 1 Designed part with microcantilevers

2.2 Micro mold insert 제작

마이크로 캔틸레버를 성형할 수 있는 금형 코어의 제작은 실리콘을 소재로 하는 반도체 기술 기반 공정과, 기존의 마이크로 머시닝 등의 기계적인 가공 방법이 있으나, 본 논문에서는 micro wire cutting 을 이용하여 캔틸레버를 제작하였다. Fig. 2 는 마이크로 캔틸레버 코어의 현미경 사진이다.

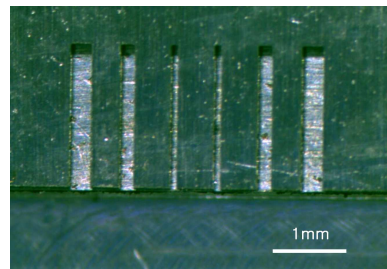


Fig. 2 Photograph of microcantilever insert

2.3 금형설계

마이크로캔틸레버의 사출성형에서는 성형수지의 전체 체적에 비해 금형벽면과의 접촉하는 면적의 비율이 높기 때문에 열전달이 매우 빨라 용융수지는 매우 급속하게 냉각된다.

기존 연구에 따르면 마이크로캔틸레버의 성형성을 높이기 위해서는 금형의 온도를 수지의 용융온도와 유사하게 해야 한다고 알려져 있다. 본 논문에서는 금형의 온도를 높이기 위하여 코어의 소재를 열전도율이 높은 소재를 사용했으며, 히터를 이용하여 금형의 온도를 상승시킬 수 있도록 하였다. 또한 금형의 온도가 높아지면 사이클 타임이 증가하기 때문에 냉각채널을 설치함으로써 사이클 타임을 줄일 수 있다.

Fig. 3 은 금형의 조립도이며 히터와 냉각채널의 위치가 나타나 있다.

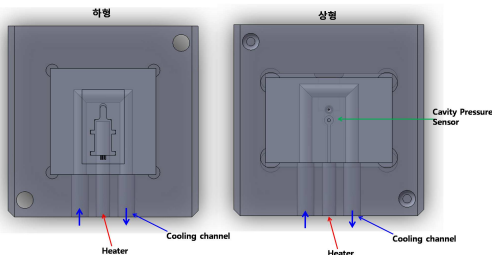


Fig. 3 Exploded view of injection mold setup

Fig. 4 는 상용프로그램을 이용하여 금형의 온도에 대해 열 해석을 진행 해 본 결과이다. Fig. 4 의 좌측 그림의 A, B 점은 캐비티의 중앙부분과 마이크로 캔틸레버가 위치하는 부분으로서 우측 그림에서 시간에 따른 온도변화를 보여주고 있다.

히터와 냉각채널은 코어로 사용되는 소재의 비열과 밀도, 열전도율, 체적 등이 고려되어 선정이 되었으며, 히터와 냉각채널의 용량을 토대로 열 해석이 진행되었다. 해석 결과 비교적 짧은 시간에 금형을 승온 시키고 냉각 시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

3. 기초 사출성형 결과

위에서 설계된 금형을 이용하여 기초 사출성형을 진행하였다. Fig. 5 는 실험은 일반성형 조건에서 COC수지를 사출압력 40MPa, 사출속도 18mm/s, 수지의 용융온도 270°C, 금형온도 150°C의 조건에서 사출한 결과이다. 폭이 200 μ m, 300 μ m일 때 길이는 900 μ m, 1200 μ m로 캔틸레버가 성형되었으나, 100 μ m에서는 300 μ m 정도로 성형이 잘 되지 않았다. 기초 사출성형을 통해서 캔틸레버의 폭에 따라 성형성이 다르다는 것을 알 수 있으며, 폭이 좁아질수록 성형성이 떨어진다는 것을 알 수 있다.

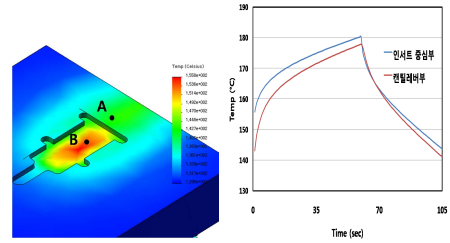


Fig. 4 Simulation results, mold wall temperature control

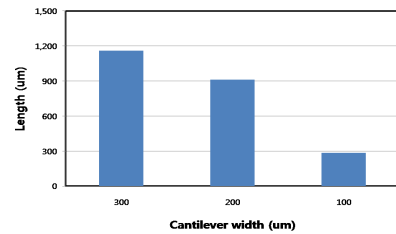


Fig. 5 Length of molded microcantilever according to cantilever width

4. 결론

마이크로캔틸레버를 사출성형을 이용하여 제작하고자 금형 설계 및 제작에 대해 검토하였다. 가변온도제어를 통해 높은 세장비의 성형성 확보가 가능하며, 제작된 초소형 캔틸레버 기계구조물로서 물리적, 화학적 센서부터 바이오 분야에 이르기까지 다양한 분야에 응용 가능할 것으로 여겨진다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012-013828).

참고문헌

1. Andrew W. McFarland and Jonathan S. Colton, "Chemical Sensing With Micromolded Plastic Microcantilevers" Journal of micro electro mechanical systems, Vol 14, No. 6, 1375 - 1385, 2005.
2. Julien Giboz, Thierry Copponnex and Patrice Mélé "Microinjection molding of thermoplastic Polymers" J. Micromech. Microeng. 17 (2007) R96 -R109
3. Nickolay V. Lavrik, Michael J. Sepaniak, Panos G. Datskos "Cantilever transducers as a platform for chemical and biological sensors" Review of scientific instruments Volume 75, No. 7, 2229 - 2253