

초정밀 사출성형 금형의 마이크로 홈가공과 전사성

곽태수*(요업(세라믹)기술원), 오오모리 히토시(이화학연구소(일))

Study of transcription ability of optic polymer and Micro-grooving machining of ultra-precision injection molding moulds

T. S. Kwak(KICET), H. Ohmori(RIKEN, Japan)

ABSTRACT

Micro injection molding is a branch of micro system technology and has been under development for the mass manufacture of micro parts. Enhanced technological products like micro optical devices are entering the market. This paper presents fundamental research on the injection molding technique in micro fabrication. In order to successful manufacturing of micro plastic parts, it is necessary to research for development of micro-injection machine, machining of micro mold, decision of optimum injection conditions and the research for polymer material. Therefore in this study, in order to machining of micro mold, a mold core with microscopic V-shaped groove was tooled by ultra-precise tooling machine. The transcription experiments with a polymer, PMMA resin on the surface of core with Ni plating were carried out and surface profile of injected parts was measured with AFM.

Key Words : Micro-groove machining(마이크로 홈가공), Ultra-precision machine(초정밀 가공기), Single crystal diamond bite(단결정 다이아몬드 바이트), Transcription rate(전사율)

1. 서론

마이크로 광학부품은 나노수준의 경면가공이 요구되고 있으며 가공표면에 V형 또는 U형 등의 마이크로 홈과 같은 회절격자가 형성되어 있는 경우가 많다. 경면가공을 위해서는 초정밀 연삭 또는 유리 지립에 의한 폴리싱으로 제작되고 있다. 마이크로 홈가공을 위해서는 연삭 가공 또는 단결정 다이아몬드에 의한 절삭가공 등에 의해 형성이 가능하다. 서브 마이크론의 미세 홈 가공은 나노 수준의 이송이 가능한 초정밀 가공기가 요구될 뿐만 아니라 공구와 피가공재의 셋팅 기술과 단결정 다이아몬드의 초정밀 날세움 가공기술이 요구되고 있다.

본 연구에서는 회절격자가 형성되어 있는 광학 사출 성형품을 대상으로 수 μm 의 마이크로 격자가 형성된 금형코어를 개발하고, 마이크로 격자의 형상 및 크기에 따른 사출성형후의 플라스틱 수지의 금형 전사성을 평가하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 가공장치는 비마찰 서보시스템으로 이송되는 공기정압 베어링과 X,Y,Z 축 분해능이 1nm인 초정밀 가공기(Robonano, Fanuc co. ltd.)를 사용하였다(Fig.1). 마이크로 미세 홈가공을 위해서 먼저 단결정 다이아몬드 엔드밀에 의해 초평할 가공을 수행한 후 팁선단이 90°인 단결정 다이아몬드 바이트(Fig.2)로 미세홈 형상을 가공하여 길이 200mm에 걸쳐 서브마이크론 수준의 V형 격자를 가공하였다.

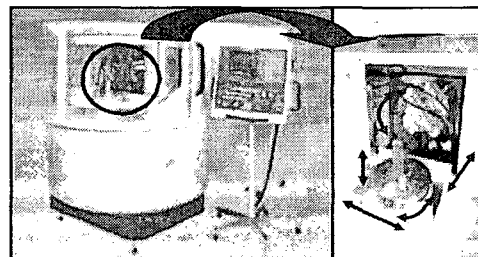


Fig. 1 Robo-nano machine used micro V-grooving

금형 코아는 무전해 니켈도금이 되어 있는 부산 소동을 사용하였으며, 가공중 바이트의 이송속도는 10mm/min 였다.

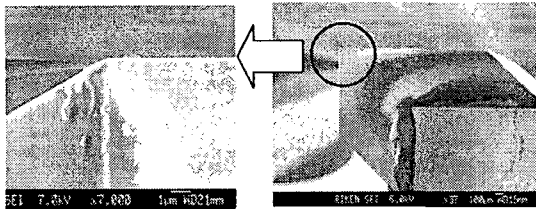


Fig. 2 SEM picture of edge of single-crystal diamond bite

3. 결과 및 고찰

금형 코아에 형성된 마이크로 홈은 피치 1.0um, 0.5um, 0.25um 크기로 각각 가공하였으며 AFM 으로 측정된 결과 각각 0.94um, 0.35um, 0.16um 의 미세홈이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 플라스틱 수지의 금형 전사성을 평가하기 위해서 탁상형 사출성형기(Micro-Molder, Nexsys)를 사용하였다. 사출성형 전사실험을 위한 재료는 투과율이 높고 변형이 비교적 적기 때문에 플라스틱 광학 재료로서 널리 사용되고 있는 PMMA 를 사용하였다. 전사성을 평가하기 위하여 코아면에 피치를 각각 1.0um, 2.0um, 2.5um 로 가공하고 미세 V 홈의 기운 각도를 각각 90°, 70°, 90° 로 가공하여 사출성형 실험을 수행하였다(Fig.3). Table 1 은 실험에서 사용된 사출성형 조건 표를 나타내고 있다.

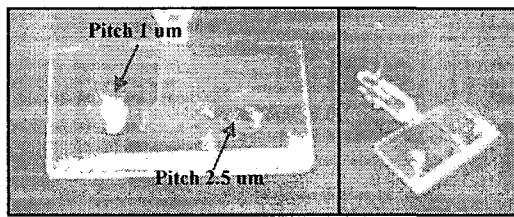


Fig. 3 Picture of injected PMMA resin with micro-groove

Table 1 Injection molding condition on micro-molder

Probe temp.	300℃
Mold temp.	90℃
Injection pressure	80%
Injection time	5sec
Cooling time	7sec

전사율은 금형코아 면의 홈과 대비하여 성형된 플라스틱 수지의 격자 높이를 측정된 비율로 정의

하여 평가하였다. Fig.4 는 AFM 을 이용하여 V 홈의 피치에 따른 전사성을 측정된 결과이다. 피치 1.0um 과 2.0um 에 대해서 피치가 클수록 전사성이 높은 것을 알 수 있었다. 피치 2.5um 의 경우 V 홈의 기운 각도가 70° 로 대칭이 아니므로 전사성이 매우 낮았다. 이러한 결과는 V 홈의 크기에 비해 V 홈이 기운 각도가 전사율에 더 큰 영향을 미친다는 것을 보여준다.

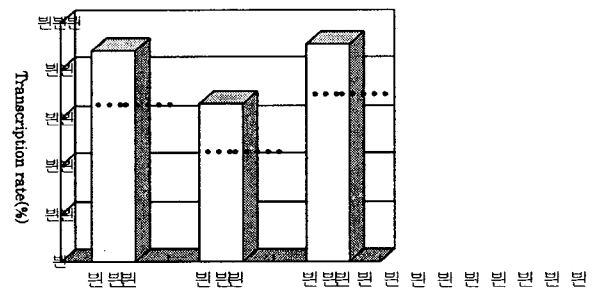


Fig. 3 Block diagram of transcription rate for micro-grooved molds core.

4. 결론

초정밀 가공기를 이용하여 플라스틱 광학부품을 위한 사출성형 금형의 마이크로 홈 가공을 수행하고 성형품의 금형 전사성을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) CNC 컨트롤러를 이용하여 금형 코아면에 피치 1.0um, 0.5um, 0.25um 로 가공한 후 AFM 으로 측정된 결과 각각 0.94um, 0.35um, 0.16um 의 미세홈이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 코아면 피치를 각각 1.0um, 2.0um, 2.5um 로 가공하고 V 홈의 기운 각도를 각각 90°, 70°, 90° 로 가공하여 전사성을 측정된 결과, 전사율은 V 홈의 크기에 비해 V 홈이 기운 각도가 더 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Kwak, T.S., Ohmori, H., Lin, W., Uehara, Y., Suzuki, T., Sasaki, T., Asami, M., Yoshikawa, K.I., "Study on injection molding technique in micro fabrication", 4th Korea-Japan symposium on micro-fabrication, pp. 39-44, 2003.
2. Kwak, T.S., Kim, H.Y., Jung, H.D., Yamanoi, M., Ohmori, H., "Application of Femto second laser machining and micro-cutting", Proceedings of Korea-Japan Joint Symposium on Nanoengineering (NANO 2003), pp. 27-28, 2003.