

미세 유리 광부품 성형용 초경합금 코어의 표면거칠기 향상에 관한 연구

이자용* · 김옥배* · 민병권** · 강신일**

Improvement of surface quality of Tungsten-carbide core for glass micro molding

J. Lee*, W. Kim*, B. Min** and S. Kang**

Abstract

Glass molding is an advantageous method to manufacture glass micro optical components. However, it is difficult to make Tungsten Carbide core for glass microlens array. We have developed novel method to fabricate Tungsten Carbide core for micro glass components using pressure forming. Silicon masters were fabricated by micro machining. Tungsten Carbide core was fabricated by pressure forming and sintering. And we made high quality surface of Tungsten Carbide core by using the magnetic-field-assisted polishing process.

Key Words : Glass Molding, Tungsten Carbide Core, Glass Microlens Array

1. 서론

광부품 재료로서 유리는 플라스틱에 비하여 굴절률이 높고 종류가 다양하여 렌즈등의 제작에 있어 설계 자유도가 높은 장점이 있다. 또한 굴절률의 온도변화 및 선 팽창계수와 같은 광학적 성질과 화학적 성질이 안정적인 특징을 갖는다.

유리재료가 갖는 이러한 다양한 장점에도 불구하고 최근 수요가 급증하고 있는 수백마이크로 미터 이하의 미세 광부품에서는 유리재료의 적용이 어려운 실정이다. 그 이유는 일반적인 유리 광부품 제작 방식인 절삭이나 폴리싱으로는 초미세 광부품의 제작이 어렵기 때문이다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 마이크로 리소그래피(micro-lithography) 공정 및 에칭 공정에 의한 유리 미세 광부품 성형법이 개발되었다.

그러나 이러한 성형 방법은 제작단가가 높고

대량생산이 힘들어 특수한 목적을 갖는 경우에 일부 적용되고 있는 실정이다.

한편 유리 광부품의 대량 생산 방법으로 글라스 몰딩법이 사용되고 있다. 글라스 몰딩법은 원하는 형상과 표면 조도를 가지는 금형 위에 광학 유리를 가열 가압하여 성형하는 방법이다. 이 방법은 이후의 추가 연마공정이 필요 없을 만큼 높은 정밀도와 신뢰도를 갖는 광부품을 낮은 비용으로 제작할 수 있는 장점이 있다.

하지만 글라스 몰딩은 높은 성형온도가 요구되기 때문에 일반적인 금형용 금속의 사용이 어렵다. 글라스 몰딩용 금형 및 코어의 재료로는 글라스 몰딩시의 가공온도를 견디며 대단히 높은 경도를 갖고 있는 초경합금이 널리 이용되고 있다. 그러나 초경합금의 사용은 코어의 정밀한 가공을 어렵게 하는 문제점을 발생시킨다. 현재는 DTM (Diamond Turning Machine)을 이용하여 코어를 가공하고 있다. 그러나 DTM을 이용한

* 연세대학교 기계공학과 대학원

** 연세대학교 기계공학부

글라스 몰딩용 코어 제작방법은 제작단가가 높고 미세한 곡률을 갖는 렌즈의 가공이 어려우며 특히 렌즈 어레이 형태의 가공이 매우 어려운 단점을 갖는다.

본 연구에서는 미세 패턴을 이용한 신개념의 초경합금 코어를 이용하여 마이크로 렌즈 어레이 형상의 초경합금 코어를 제작하였고, magnetic-field-assisted polishing 을 이용해서 제작된 코어의 표면 거칠기 향상시켰다. 또한 이를 통하여 글라스 몰딩에 적용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

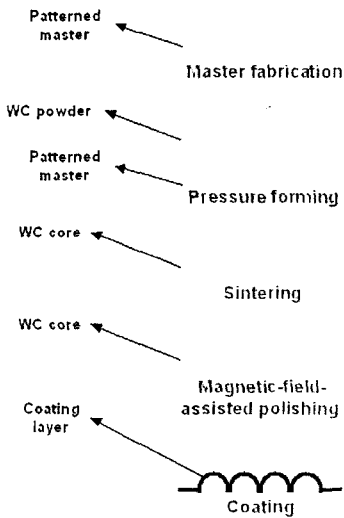


Fig. 1 Process flow of novel core fabrication method for glass molding

2. 미세 초경합금 코어제작

2.1 제작 과정

기존의 글라스 몰딩의 한계를 극복하고 유리 미세 마이크로 렌즈 어레이의 제작을 위해 fig.1 과 같은 공정을 이용한 새로운 미세 초경 합금 코어 제작 방식을 개발하였다. 음각의 마이크로 렌즈 어레이 형상을 갖는 초경 몰드 제작을 위해 먼저 양각의 마이크로 렌즈 형상의 마스터를 제작하고 이를 압축성형한 후 열처리 및 후처리 공정을 순차적으로 진행하였다.

2.1.1 마스터 패턴 제작

본 연구에서 개발한 미세 초경 합금 코어 제

작법에서는 압축성형시 초경 입자에 의한 마스터 패턴의 손상이 발생하지 않는 높은 정도의 마스터가 요구된다. 실리콘은 높은 정도를 갖으며 또한 다양한 마이크로 머시닝 공정을 이용하여 가공이 용이하므로, 본 연구에서는 실리콘을 양각의 마이크로 렌즈 어레이 형상으로 가공하여 마스터 패턴으로 사용하였다.

2.1.2 초경합금 코어 제작

제작된 마스터의 패턴을 압축성형용 금형에 장착한 후 패턴 전사를 위해 텅스텐 카바이드와 코발트에 결합제가 첨가되어 있는 RTP(ready to press) 파우더를 이용하여 압축성형을 진행하고 산화방지를위해 진공분위기 속에서 소결공정을 진행하였다. 사용된 초경 RTP 파우더의 평균 입자 크기는 $0.8 \mu\text{m}$ 와 $0.5 \mu\text{m}$ 이다.

2.2 Microlens 용 코어 제작

Microlens 용 코어 제작을 위한 마스터 패턴의 제작을 RIE etching 을 이용하여 Reflow 렌즈를 Si wafer 에 전사하는 방법을 이용하였다.

Fig. 2 는 압축성형 및 소결 공정을 거쳐서 제작한 마이크로 렌즈용 텅스텐 카바이드 코어의 SEM 사진이다.

성형된 코어의 형상 정밀도를 분석하기 위해 SEM, surface profiler, 3D interferometry 를 이용하여 마스터와 텅스텐 카바이드 코어를 측정 비교하였다. Fig.3 은 실리콘 마스터와 텅스텐 카바이드 코어의 interferogram 이미지이다.

측정 결과를 분석하여 렌즈 형상의 성형시 전 방향에 걸쳐 동일한 수축률을 보이고 있음을 확인하였다. 이는 고온에서의 소결시에 분말간의 결합에 의해 발생하는 것으로 이는 마스터 설계시에 보정으로 해결이 가능하다.

3. 초경합금 코어의 표면 거칠기 향상

3.1 표면처리공정

글라스 몰딩을 사용하여 제작된 광부품의 광학적 품질은 코어의 표면거칠기에 의해 결정된다. RTP 파우더를 이용하여 만든 초경합금 코어의 경우 제작된 코어의 표면 거칠기가 광부품으로 사용하기에는 적합하지 않다. 따라서 코어의 표면 거칠기를 향상시키는 폴리싱 공정이 반드시 필요하다. 그러나 기존의 폴리싱공정은 패턴의

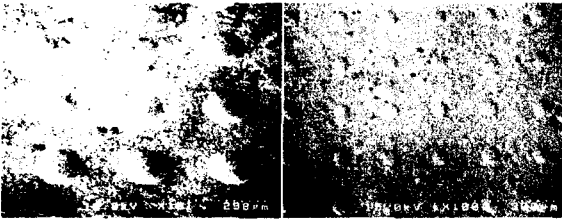


Fig. 2 SEM images of WC core for microlens array with (a) lens diameter of 182 μm and (b) lens diameter of 58.1 μm

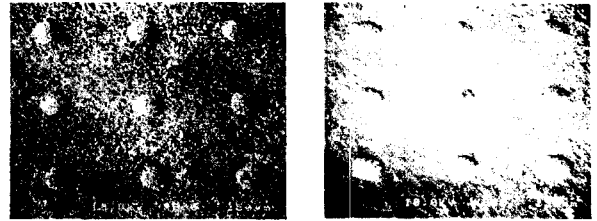


Fig. 5 SEM images of tungsten carbide lens array with a diameter of 58 μm made using RTP with a grain size of 500nm: (a) before polishing and (b) after polishing



Fig. 3 Interferograms of (a) silicon master and (b) Tungsten Carbide core; master lens diameter: 240 μm

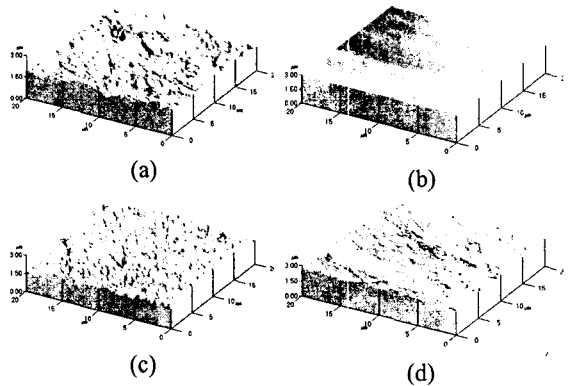


Fig. 6 AFM images of tungsten carbide lens array made using RTP powder with a grain size of 500nm: (a) and (b) plane part, (c) and (d) lens cavity part; (a) and (c) before polishing, (b) and (d) after polishing

크기가 미세하고 코어의 경도가 높은 재질에 대해서는 효과적이지 못하다. 본 연구에서는 제작된 코어의 표면 거칠기 향상을 위해 다이아몬드 입자가 접착된 Magnetic abrasive finishing 공정을 이용하여 폴리싱을 진행하였다. Fig. 4는 magnetic-field-assisted polishing process 의 개략도와 공정에 사용된 연삭입자의 SEM 이미지를 보여주고 있다.

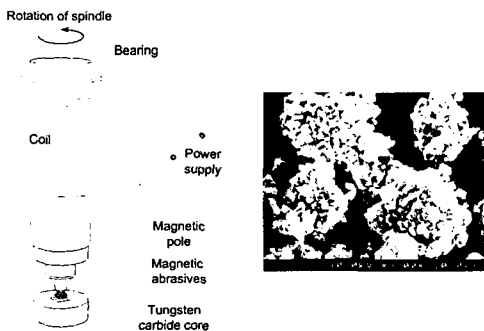


Fig. 4 Schematic diagram of the magnetic-field-assisted polishing process and SEM image of the bonded magnetic abrasives.

3.2 표면처리 결과

Fig. 5는 표면처리후 코어의 SEM 이미지를 보여주고 있다. 그림과 같이 폴리싱 공정을 통하여 향상된 표면 거칠기를 갖는 미세 렌즈 어레이 제작용 초경합금 코어를 성형할 수 있었다. Fig. 6은 초경합금 코어의 lens cavity 부분과 plane 부분의 AFM 이미지이다. 폴리싱을 하기 전 코어의 표면 거칠기는 cavity 부분과 plane 부분이 비슷한 정도를 보이지만 폴리싱 공정이 끝난 후 코어의 표면 거칠기는 그림에서도 볼 수 있듯이 plane 부분이 cavity 부분에 비해 더 좋은 품질을 나타냈다.

4. 결론

참 고 문 헌

본 연구에서는 미세 패턴을 이용한 초경합금 분말로 글라스 몰딩용 마이크로 렌즈 어레이를 성형할수 있는 코어를 제작하였다. 또한 제작된 코어의 표면 거칠기를 향상시킴으로써 글라스 몰딩공정에 적합함을 확인하였다. 현재 균일한 표면 거칠기 향상 및 글라스 마이크로 몰딩에 관한 연구가 진행중에 있다.

후 기

본 연구는 과학기술부가 주관하는 21 세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 나노 메카트로닉스 기술개발사업단의 연구비 지원(M102KN010001-03K1401-00610)에 의해 수행되었습니다.

- (1) Y. Aono, M. Negishi, J. Takano, 2000, "Development of large aperture aspherical lens with glass molding", Proceedings of SPIE Vol. 4231. pp. 16~23.
- (2) M.Eisner, J.Schwider, 1996, "Transferring resist microlenses into silicon by reactive ion etching", Opt. Eng. 35, Vol.10. pp.2979~2982.
- (3) M. Zhou, B.K.A. Ngop, 2003, "Factors affecting form accuracy in diamond turning of optical components", Journal of Materials Processing Technology 138, pp. 586~589.
- (4) Yamaguchi H and Shinmura T 1999, "Study of the surface modification resulting from an internal magnetic abrasive finishing process, Wear 225-229 pp. 246-55.