

유리 마이크로 광부품 어레이의 성형

최우재* · 강신일**

Molding of glass micro optical components

W. Choi, 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 molded micro optics array. We have developed novel method to fabricate tungsten carbide core for glass molding of glass micro optical components. Silicon masters were fabricated by micro machining. Tungsten Carbide cores were fabricated by forming, sintering and coating. Finally we fabricated glass molded V-groove with pitch of $192\mu\text{m}$, and glass microlens array with lens diameter of $36\sim 225\mu\text{m}$ by the present method.

Key Words : Glass molding, Tungsten carbide core, Glass microlens array, Glass micro optical components

1. 서 론

광학 재료로서 유리(glass)는 플라스틱(plastic)에 비하여 굴절률이 높고 재료의 종류가 다양하여 광부품 설계를 함에 있어 자유도가 높은 장점을 갖는다. 또한 굴절률의 온도변화 및 선 팽창 계수와 같은 광학적 성질과 화학적 성질이 안정적인 특징을 갖는다.

유리재료가 갖는 이러한 다양한 장점에도 불구하고 최근 수요가 급증하고 있는 패턴의 크기가 수백 마이크로미터 이하의 미세 광부품에서는 유리재료의 적용이 어려운 실정이다. 이는 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⁽¹⁾. 그러나 이러한 방법은 원하는 미세 유리 광부품의 제작은 가능하나 제작단가가 높아 특수한 목적을 갖는 경우에 일부 적용되는 실정이다.

한편 유리 미세 광부품의 대량 생산 방법으로 글라스 몰딩이 사용되고 있다⁽²⁾. 글라스 몰딩법은 원하는 형상 정도와 표면조도를 갖는 비구면 형상 또는 회절 광학계 형상의 금형 상에 광학 유리를 가열 가압 성형하는 방법이다. 이 방법은 이후의 추가 연마공정 없이 높은 정밀도와 신뢰도를 갖는 글라스 광학 소자를 낮은 비용으로 제작할 수 있는 장점이 있다. 그러나 글라스 몰딩은 최소 300°C 에서부터 1400°C 까지의 높은 성형온도가 요구되기 때문에 금형의 재료로 기존의 일반적인 금형용 금속을 사용하기 어렵다. 글라스 몰딩용 금형 및 코어의 재료로

* 연세대학교 대학원 기계공학과
** 책임저자, 연세대학교 기계공학부

는 글라스 몰딩시의 가공온도를 견디며 대단히 높은 경도를 갖고 있는 초경합금이 널리 이용되고 있다.

초경합금의 이러한 특성은 코어의 정밀한 가공을 어렵게 하는 문제점을 발생시킨다. 현재는 다이아몬드의 높은 경도를 이용하여 연삭 가공하는 DTM(Diamond Turning Machine)을 이용하여 코어를 가공하는 방법이 주로 사용되고 있다⁽³⁾. 그러나 DTM을 이용한 글라스 몰딩용 코어 제작방법은 제작 단가가 높고 곡률 300 μ m이하의 렌즈 형상 가공이 어려우며 특히 어레이 형태의 가공이 매우 어려운 단점을 갖는다.

본 연구에서는 마이크로 머시닝 공정을 이용하여 제작된 미세 패턴을 이용하여 초경 분말 입자를 압축성형하는 신 개념의 초경 합금 코어 제작 기술을 개발하였다⁽⁴⁾. 개발된 기술을 적용하여 V-groove 및 마이크로 렌즈 어레이 형상의 글라스 몰딩용 초경합금 코어를 제작하였다. 최종적으로 제작된 초경합금 코어를 이용하여 유리 미세 렌즈 어레이를 제작 평가함으로써 본 기술이 글라스 몰딩에 적용 가능성을 확인하였다.

2. 미세 초경 합금 코어 제작

2.1 제작 과정

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

2.1.1 마스터 패턴 제작

본 연구에서 개발한 미세 초경 합금 코어 제작법에서는 압축성형시 초경입자에 의한 마스터 패턴의 손상이 발생하지 않는 높은 경도의 마스터가 요구된다. 실리콘은 높은 경도를 갖으며 또한 다양한 마이크로 머시닝 공정을 이용하여 가공이 용이하므로, 본 연구에서는 실리콘을 양각의 마이크로 패턴 어레이 형상으로 가공하여 마스터로 사용하였다.

2.1.2 초경 합금 코어 제작

제작된 마스터의 패턴을 압축성형 용 금형에 장착한 후 패턴 전사를 위해 텅스텐 카바이드와 코발트에 결합

제가 첨가되어 있는 RTP(ready to press) 파우더를 이용하여 압축성형을 진행하고 산화방지를 위해 진공분위기에서 소결 공정을 진행하였다. 이후 글라스 몰딩에 적용을 위한 후처리 공정을 거쳐 초경합금 코어를 제작하였다.

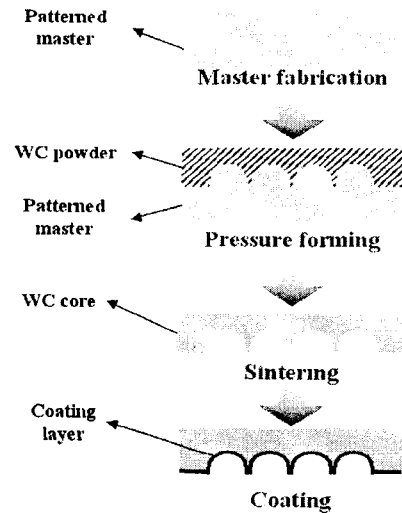


Fig. 1 Process flow of novel core fabrication method for glass molding (Korea patent)

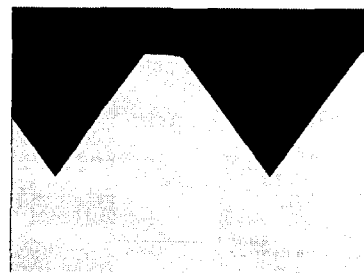


Fig. 2 SEM image of cross section of V-groove silicon master

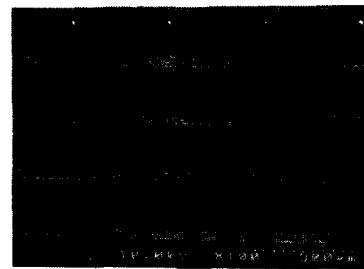


Fig. 3 SEM image of tungsten carbide core for V-groove with pitch of 192 μ m

2.2 V-groove 용 코어 제작

V-groove용 코어제작을 위한 마스터 패턴은 KOH 용액으로 (100) 실리콘 웨이퍼를 이방성 식각하는 방법을 이용하여 제작하였다. Fig.2 는 제작된 V-groove 실리콘 마스터의 단면 SEM 사진이다. 제작된 V-groove의 피치는 $250\mu\text{m}$ 이며 렌즈부의 너비는 $50\mu\text{m}$ 그루브의 깊이는 $89.4\mu\text{m}$ 이다. Fig.3은 압축성형 및 소결 공정을 거쳐서 제작된 V-groove 용 초경 합금 코어의 SEM 사진이다.

제작된 초경 합금 코어의 전사성 확인을 위해 실리콘 마스터와 텅스텐 카바이드 코어의 V-groove 형상을 surface profiler(DEKTAK 6M)를 이용하여 측정하였다. 그 결과 전 방향에 걸쳐 동일한 수축이 발생함을 확인하였다. 이는 고온에서의 소결 반응시 분말간의 결합에 의해 발생하는 것으로 마스터 설계 공정에서 수축에 대한 보정이 가능하다.

2.3 마이크로 렌즈 어레이용 코어 제작

마이크로 렌즈 어레이용 코어제작을 위한마스터 패턴의 제작은 RIE(Reactive ion etching)공정을 이용하여 reflow 렌즈를 실리콘 웨이퍼에 전사하는 방법을 이용하였다⁽²⁾.

Fig. 4는 압축성형 및 소결 공정을 거쳐서 제작한 마이크로 렌즈용 텅스텐 카바이드 코어의 SEM 사진이다. 성형된 코어의 형상 정밀도를 분석하기 위해 SEM, 3D scanning optical profiler(WYKO NT2000 3D profiler), surface profiler(DEKTAK 6M)를 이용하여 마스터와 텅스텐 카바이드 코어를 측정 비교하였다. Fig. 5은 실리콘 마스터와 텅스텐 카바이드 코어의 interferogram 이다.

측정 결과를 분석하여 렌즈 형상의 성형시에도 V-groove 형상 성형시 발생한 것과 같이 전 방향에 걸쳐 동일한 수축률을 보이고 있음을 확인하였다.

3. 미세 초경 합금 코어를 이용한 글라스 마이크로 성형

제작된 코어가 글라스 몰딩에 적용이 가능함을 확인하기 위해 고온로를 이용하여 실험 장비를 구축하고 유리 성형을 진행하였다. 실험에 사용한 광학유리는 HOYA사의 FDS90으로 유리전이 온도 615°C 연화점은 650°C 이다.

글라스 몰딩시의 결함을 최소화하기 위해 본 연구에서는 성형온도 680°C , 유지시간 10분, 냉각 속도 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 취출온도 65°C 로 하였다. Fig. 6은 이러한 공정조건에서

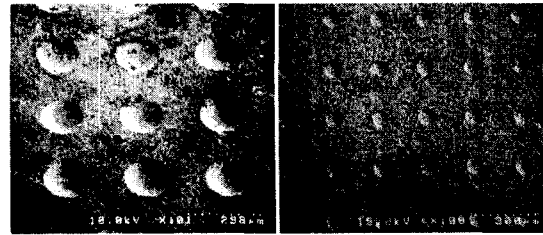


Fig. 4 SEM images of tungsten carbide core for microlens array with (a) lens diameter of $182\mu\text{m}$ and (b) lens diameter of $58.1\mu\text{m}$

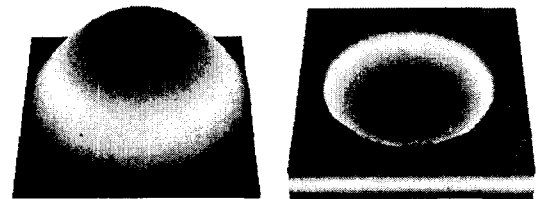


Fig. 5 Interferograms of (a)silicon master and (b) tungsten carbide core; master lens diameter: $240\mu\text{m}$

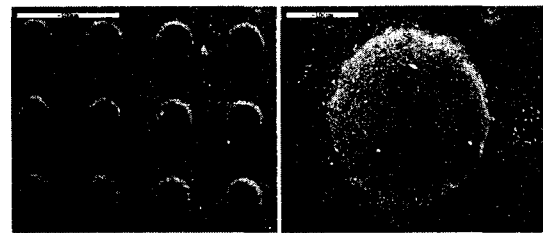


Fig. 6 SEM images of glass molded microlens array; (a) lens diameter: $137\mu\text{m}$, (b) lens diameter: $182\mu\text{m}$

제작된 유리 마이크로 렌즈 어레이의 SEM 사진이다. SEM 사진을 통해 초경합금 코어의 미세 캐비티를 정확하게 전사하였음을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 유리 마이크로 광부품 어레이의 제작을 위해 초경 분말의 압축성형을 이용한 새로운 코어 제작 방법을 개발하였다. 마이크로 머시닝 공정을 이용하여 실리콘 마스터를 제작하였으며 개발된 코어 제작 방법을 이용하여 피치 $192\mu\text{m}$ 의 V-groove 형상과 직경 $36\mu\text{m}$ 에서 $225\mu\text{m}$ 까지 다양한 마이크로 렌즈 어레이 형상의 캐비티

를 갖는 초경 합금 코어를 제작하였다. 또한 제작된 초경 합금 코어를 이용하여 글라스 몰딩 실험을 수행함으로써 마이크로 광부품 어레이 형상에 대한 글라스 몰딩의 가능성을 확인하였다. 현재 제작된 코어의 표면 거칠기 향상 및 글라스 몰딩에 대한 연구가 진행 중에 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단지정 정보저장기기 연구센터의 지원(과제번호 : R11-1997-006203-0)으로 이루어졌습니다. 이에 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

- (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)강신일, 2002, "유리성형용 초경 합금제 마이크로 몰드 인서트 및 그 제조 방법", 대한민국 특허.