

# PIM기술을 이용한 마이크로 구조체 성형기술 개발

## Fabrication of Micro Structures by Powder Injection Molding

\*#이원식<sup>1</sup>, 손성호<sup>2</sup>, 고세현<sup>1</sup>, 장진만<sup>1</sup>, 차범하<sup>1</sup>, 서정식<sup>1</sup>, 나영삼<sup>3</sup>

\* #Wonsik Lee(wonslee@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, S. H. Son<sup>2</sup>, S. H. Ko<sup>1</sup>, J. M. Jang<sup>1</sup>, B. H. Cha<sup>1</sup>, J. S. Soe<sup>1</sup>, Y. S. Na<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원 에코공정연구부, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 열표면기술센터,  
<sup>3</sup>재료연구소 재료물성평가연구그룹

Key words : powder injection molding, micro structure, electroforming, micro gear, micro pattern

### 1. 서 론

마이크로 시스템(micro system)은 최근 소형화 및 초정밀화에 대한 산업의 요구에 의해 많은 연구가 진행되어지고 있으며, 그 응용범위도 전기·전자 산업, 자동차산업, 의료산업, 정밀기계산업 등으로 나날이 넓어지고 있다. 마이크로 시스템은 마이크로 부품으로 이루어지게 되며, 이러한 마이크로 부품들을 제조하는 방법들로는 마이크로 부품의 형상, 재료 및 용도에 따라 다양한 방법이 사용되어지고 있다. 그 중에서도 마이크로 분말사출법(micro powder injection molding)은 금속 및 세라믹 분말과 고분자 바인더를 혼합하여 분말의 유동성 및 성형성을 향상시켜 마이크로 구조체를 용이하게 제조하는 방법으로서, 대량생산에 가장 유리할 뿐만 아니라 다양한 종류의 금속 및 세라믹 등 재료의 선택에 있어서도 자유로우며 복잡한 3차원 형상을 제조할 수 있다는 장점을 가지고 있어서 크게 주목받고 있다.

마이크로 분말사출법은 크게 금속 및 세라믹 분말과 유기바인더들을 혼합하여 피드스탁을 제조하는 공정, 마이크로 금형을 제조하는 공정, 사출 공정 및 탈지/소결공정으로 나누어질 수 있다. 이들 각각의 공정은 마이크로 구조체의 형상 및 특성에 밀접하게 직접적인 영향을 미치기 때문에 모든 공정에서 최적화되어야만 한다.

본 연구에서는 분말사출성형법에 의해 다양한 형상의 마이크로 구조체를 제조하기 위해 마이크로 2단기어와 마이크로패턴 금형을 제조하고, STS 316L 분말의 피드스탁을 이용하여 각각의 최적 사출조건을 확립하였다. 또한 탈지 및 소결공정을 거쳐 제조된 마이크로 2단기어를 조립하여 마이크로 기어 감속기 시제품을 제작하였다.

### 2. 실험방법

본 연구에서 마이크로 2단기어 금형은 UV 리소그래피(lithography)법을 사용하여 제조하였으며, 마이크로 패턴 금형은 기계가공을 통해 제조하였다. 마이크로 2단기어의 소기어 외경은 560 $\mu$ m, 대기어 외경은 1700 $\mu$ m이 되도록 metal mask film을 설계하여 제조한 후, UV리소그래피 공정을 통해 electroforming용 mandrel을 제조하고, 그 위에 Ni-Fe를 합금도금하여 금형으로 사용하였다. 마이크로 패턴 금형은 Fig. 1과 같이 패턴 선포 및 깊이가 각각 300 $\times$ 400 $\mu$ m 및 500 $\times$ 600 $\mu$ m이 되도록 설계를 하였으며 다양한 패턴의 형상에 사출물이 모두 채우는 최적사출조건을 확립하였다.

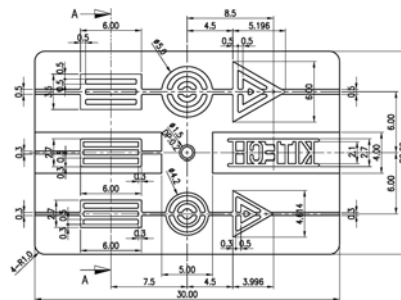


Fig. 1 마이크로 패턴용 금형 설계도

재료는 평균입도(D<sub>50</sub>) 2-4 $\mu$ m의 Atmix사 물분사(water atomized) STS 316L 분말을 이용하여 ceramo사에서 제조한 피드스탁(feedstock)을 사용하였다.

사출조건을 최적한 후, 마이크로 2단기어는 0.5L/min의 수소를 연속적으로 흘려주며 1기압하의 수소분위기에서 약 0.43 $^{\circ}$ C/min의 속도로 600 $^{\circ}$ C까지 탈지를 행하였다. 소결 시에는 진공 중에서 1050 $^{\circ}$ C까지 승온한 후 5torr의 Ar가스를 주입하고

1350℃까지 승온한 후 3시간을 유지하는 조건과 1기압의 Ar에서 1350℃까지 승온하는 조건을 사용하였는데, 이때의 승온속도는 약 4℃/min이었다.

소결 후 완성된 마이크로 2단기어를 이용하여 마이크로 감속기의 시제품을 제작한 후, 구동내구성 시험을 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Figure 2는 UV 리소그래피법에 의해 제조된 마이크로 기어 mandrel의 형상을 보여주고 있다. Mandrel 위에 경도 및 표면조도에서 우수한 특성을 나타내는 Ni-Fe 합금조성 및 도금조건을 확립하여 마이크로 기어 금형을 제조하였는데, 최적조건으로 제조된 전주(electroformig) mold의 경도는 495Hv, 표면조도(Ra)는 37.5nm이었다.

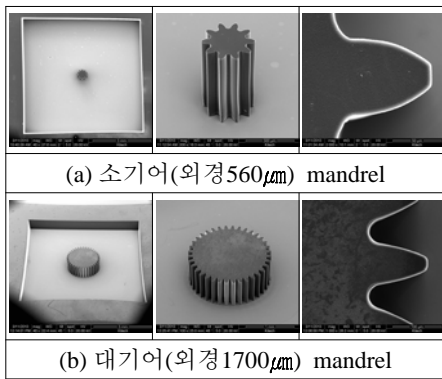


Fig. 2 마이크로 기어 mandrel 형상

마이크로 2단기어 mold를 이용하여 최적 사출조건 확립을 위한 실험을 수행하였으며, 최적사출조건인 사출온도 180℃, 금형온도 65℃, 사출압력 30bar의 조건에서 사출을 수행하여 사출된 green part를 탈지 및 소결을 통해 Fig. 3과 같이 2단기어를 제조하였다. 탈지 및 소결 후 마이크로 2단기어의 평균 수축율은 13.71%이었으며, 평균수축율 대비 편차는 약 4.61µm이었다.

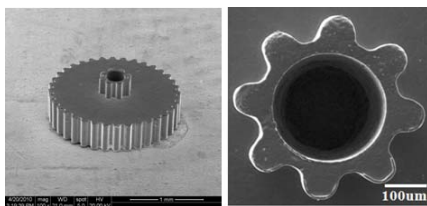


Fig. 3 탈지/소결 후의 마이크로 2단기어

제조된 마이크로 2단기어를 Fig. 4와 같이 3단으로 조립하여 마이크로 감속기 시제품을 제조하였다. 감속기의 외경은 2.5mm이었으며, 감속비는 1:91이었다. 감속기는 2시간의 시운전에서 문제가 발생하지 않았다.

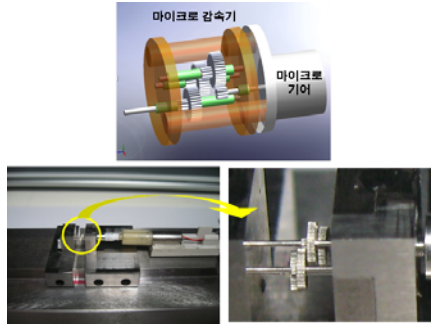


Fig. 4 마이크로 감속기 시제품

마이크로 패턴은 마이크로 mixer 및 마이크로 reactor에서의 패턴을 구현한 것으로서, 금형온도를 75℃로 승온하여 사출온도 180℃, 사출압 25bar의 조건에서 최적 사출조건이 형성되었으며, 모든 마이크로 패턴에 완전한 filling이 이루어지기 위해서는 최소 2.0초 이상의 사출시간이 필요하였다.

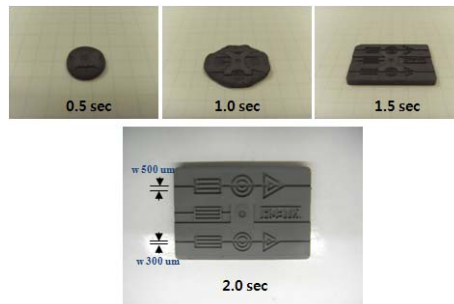


Fig. 5 사출시간에 따른 마이크로패턴 사출체 형상 변화

### 후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. B.Y. Tay, L. Liu, N.H. Loh, S.B. Tor, Y. Murakoshi and R. Maeda, Mater. Char, 57, 80-85, 2006.
2. C.H. Ji, N.H. Loh, K.A. Khor and S.B. Tor, Mater. Sci. and Eng. A 311, 74-82, 2001.
3. M. Imbaby and K. Jiang, Microelectronic Eng., 87, 72-78, 2010.