한국소성가공학회 2004년도 추계학술대회 논문집 pp.271~275

고분자소재 성형용 마이크로 금형에 관한 연구

허영무* · 신광호* · 윤길상* · 정우철*

A Study about Micro Mold for Polymer Injection

Y. M. Heo , K. H. Shin, G. S. Yoon and W. C. Jung

Abstract

In recent industry, according to pursuit the miniaturization and high-precision of machine part with development of new technology as IT and BT, the development of mold manufacturing technology for mass production is accompanied. This study proposes the design of micro mold-base, predicts the error of product through estimating transformation of injection process using FEM. Therefore the mold-base which is suitable for micro injection proposed in this study. Finally, the error of feature is analyzed by measuring the manufactured micro mold-base.

Key Words : Micro Mold(미세 금형), Spiral flow test (스파이럴 플로우 테스트), FEM(유한요소해석)

1. 서 론

현재 기계부품의 소형화, 고정밀화가 추구됨에 따라, 제작을 위한 가공기술 또한 발전되어 왔다. 또한, 세계시장 및 국내의 경우도 마찬가지로 IT, BT, NT 의 발달과 함께 새로운 형태의 제품군이 탄생하고 있으며, 초미세형상을 포함한 기능성 제품의 수요가 급증하고 있는 추세이다. 이러한 경향은 앞으로도 더욱 확장 되어질 전망이며, 이러한 기술개발을 위하여 선진국에서도 기술개발에 노력해오고 있는 실정이다. 또한 필요한 부품, 제품의 확산을 위해서는 대량 생산용 틀인 금형 기술의 발달이 필수불가결한 상황이며 금형 기술의 확보 없이는 동 분야의 발전 또한 제약을 받을 수밖에 없는 실정이다. 더욱이 마이크로 금형 제작 기술뿐만 아니라, 마이크로 금형을 이용한 성형기술의 동시개발을 수행하지 않고서는 미세제품, 미세형상 제품 등의 생산을 위한 공정을 완성하기 어렵다. 따라서 본 연구는 미세 사출성형 테스트를 위한 마이크로 금형에 대한 설계, 구조해석, 금형 제작 및 금형의 측정등을 통하여 마이크로 금형에 대한 고찰을 하고자 한다.

* 한국 생산기술 연구원 정밀 금형팀

2. 성형품과 금형의 설계

2.1 성형품 설계

본 연구에서 제작한 미세 사출 성형 설계는 스파이럴 형태로 제작 하였고, 두께 t=0.4mm 로 결정하였다. 성형품이 스파이럴 형태를 가지고 있는 것은 금형의 동일 면적에 스파이럴 형태의 유동길이가 최대이기 때문이며, 스파이럴 플로우 테스트(spiral flow test)를 수행 할 수 있기 때문이다. 스파이럴 플로우 테스트는 사출 후 유동길이를 측정하면, 그 수치로 성형기의 기능이나 성형 작업 구조의 안정도를 간접적으로 측정 할 수 있다. 더욱이 스파이럴을 이용한 시험은 유로의 형상, 치수와 유동길이 사이에 일정한 수식 관계를 가지고 있기 때문에 유동도를 일원화 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

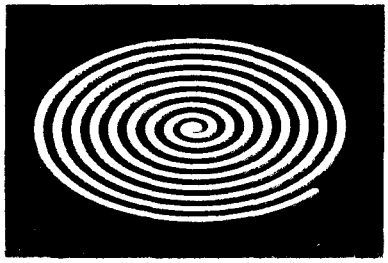

Fig. 1 Product design

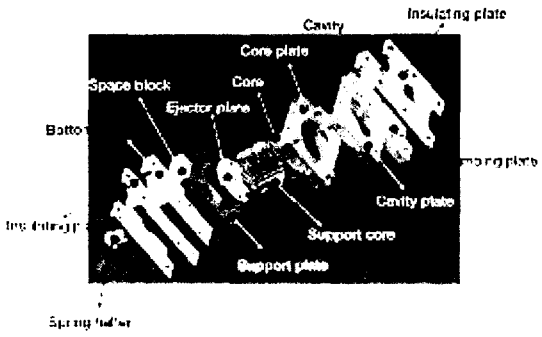

Fig. 2 Micro Mold System

2.2 마이크로 금형 설계

본 연구에서 제작한 마이크로 금형은 케비티(cavity), 코어(core), 클램핑 플레이트(clamping plate), 서포트 플레이트(support plate), 이젝트 플레이트(eject plate)등으로 구성(Fig.2)되어 있으며, 스프링에 의해 이젝터가 자율 복귀할 수 있도록 스프링 홀터(spring halter)를 추가 하였다. 또한 설계한 금형은 절연판(insulate plate)를 추가 설계 하였다. 절연판의 재질은 베이크라이트(bakelite)로 상부, 하부로 구성되어 있으며, 절연판을 추가 설계한 이유는 사출 성형품이 미세한 스파이럴 형태이기 때문에 금형의 열손실을 최대한 막아 수지의 고화를 방지하고 유동성을 보다 원활하게 하기 위한 것이다.

캐비티와 코어 플레이트는 금형에 수지가 완전히 충진된 후 성형품이 빠른 시간에 고화될 수 있도록 플레이트 내부에 냉각채널을 설계하였으며, 냉각 채널은 플레이트와 금형의 온도를 균일하게 냉각 할 수 있도록 원통형 구조로 설계 하였다. 본 연구에서 냉각회로는 충전된 용융수지를 균일한 냉각속도로 고화 시켜 금형에서 제품을 취출할 때, 제품의 각부 온도가 균일하게 되도록 하여 변형 및 내부응력을 제거할 수 있도록 설계에 주안점을 두었다. 냉각 플러그는 냉각 회로가 원하는 방향으로 흐를 수 있도록 유로 설계에 따라 적합한 위치에 설치 하였다.

3. 몰드 베이스 구조해석

3.1 경계조건 및 하중 정의

제작 하고자 하는 마이크로 금형과 마이크로 성형기의 조건, 성형 수지 등을 감안하여 Fig.3 과 같이 경계조건을 결정하였다. 사출 성형시 수지에 의한 압력을 받는 부분은 스파이럴 형상부에 사출시 수지의 최대 압력인 120MPa 을 받을 수 있고, 코어 바닥면의 금형 구조에서 알 수 있듯이 support plate 에 고정된 support core 에 의해 지지되므로 코어의 바닥 면은 z 축을 고정하였다. 또한 금형의 플레이트와 닿는 옆면은 회전을 방지하는 면(alignment plane)이 있기 때문에 3 축을 모두 고정하여 코어 부분의 회전 방향을 고정하였다.

금형 재료인 NAK80 의 물성치는 Table.1 과 같이 적용 하였다.

Table.1 NAK80 Material property

E	200.58 Gpa
υ	0.2915
σ_y	980.6 ~ 1127.7 Mpa
σ_u	1176 ~ 1323.8 Mpa

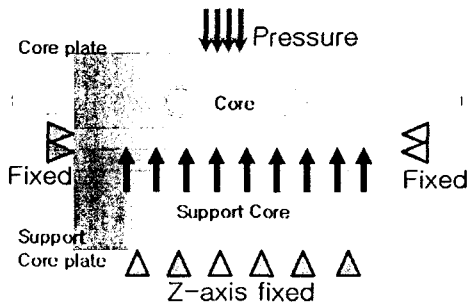

Fig.3 Boundary condition and loading condition

3.2 해석 결과

3.2.1 변형결과

변형이 가장 크게 발생한 곳은 하측 코어의 중

심 부분이며, 최대 변형은 6.289㎛으로 나타났다. 마이크로 금형의 성형품이 2㎛의 변형 한계를 감안하면 상당히 큰 오차라 할 수 있다. 그러나 마이크로 금형에 수지가 유입되면서 작용하는 압력은 코어 형상의 전면적에 최대 응력이 작용하는 것이 아니기 때문에 실제 금형에 가해지는 압력은 해석에 부여한 최대 압력에 비해 감소할 것이며, 변형 또한 비례적으로 감소할 것으로 판단된다. 또한 코어부분이 코어 플레이트에 미치는 힘을 0으로 하여, 코어 바닥 면을 z축으로 고정하였기 때문에 변형 값이 예상치 보다 크게 산출되었으며, 실제 사출 성형에서는 수지의 압력이 코어 부분만 작용하는 것이 아니라 금형 전체에 영향을 미치므로 금형의 변형은 예상치 보다 적게 나올 것이다.

3.2.2 응력 해석 결과

Fig.4 은 마이크로 금형의 Von-Mises Stress 결과이며, 최대 응력은 금형 코어의 윗면과 바닥면의 중앙 부분에 나타났다. 이는 위에서 변형에 대한 해석결과에서 볼 수 있듯이 코어의 중앙부에 응력이 집중되는 것은 당연한 결과이다. 코어 중앙부의 초대 응력은 84 MPa로 항복응력에 비해 적기 때문에 설계된 마이크로 금형은 사출에 있어 이상이 없을 것으로 판단된다. 응력 해석 결과 또한 변형과 마찬가지로 코어부의 미세 형상 전체에 최대 압력을 부과한 것이기 때문에 실제 사출시 수지의 유동으로 인한 압력을 고려한다면, 해석에서 부과한 압력에 비해 적기 때문에 응력 또한 해석 결과보다는 적을 것으로 판단된다.

4. 금형 제작 및 측정

4.1 금형의 구조

제작된 금형은 43 개의 이젝트핀을 가지고 있으며, 교체 삽입형으로 제작하였다. 제작한 몰드 베이스는 Top Clamping plate, cavity plate, core plate, ejector plate, bottom plate 등의 플레이트로 구성되어 있다.

4.2 금형측정

제작된 금형은 표면과 형상정밀도를 분석하기 위하여 광학식 미세 형상 측정기, 광학시 표면 조도 측정기, 3 차원 레이저 변위 측정기등의 장비를

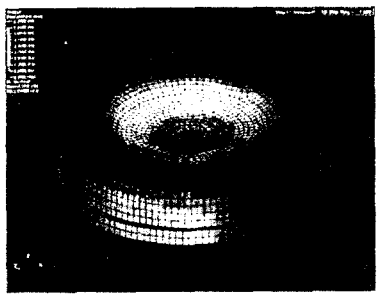

Fig.3 Deformation(Top)

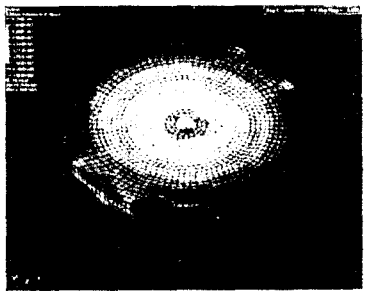

Fig.4 Von-Mises Stress (Bottom)

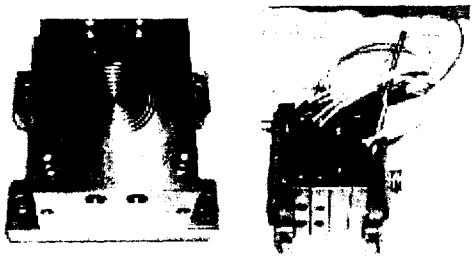

Fig.5 Bottom Mold and Heating System

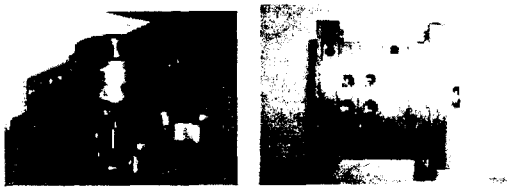

Fig.6 Mold Base

병행하여 측정하였다. 측정대상은 마이크로 금형(A)과 연마 후 제작한 마이크로 금형 패턴(B), 그리고 방전가공을 위해 제작한 전극(C)등 3 개의 시편을 제작하였다.

4.2.1 마이크로 금형(A) 측정결과

표면조도 측정결과 케비티 부분에서는 Ra=43.8

nm이며, 정밀가공된 미세형상 패턴이 있는 부분은 앤드밀의 절삭 흔적이 표면에 잔존하고 있기 때문에 Ra=0.67㎛로 상대적으로 크게 나왔다. 또한 광학식 미세 형상 측정기를 이용한 측정 데이터와 설계 데이터를 비교 하였다.(Fig.9)

4.2.2 연마 후 제작한 마이크로금형 (B) 측정결과

연마 처리 후 가공한 마이크로 금형(B)에대한 측정은 광학식 미세 형상측정기, 광학식 표면조도 측정기, 레이저 변위 측정기를 이용하여 측정을 수행하였다. 미세 형상 측정기를 이용하여 형상 오차는 Fig.9 와 같고, 레이저 변위 측정기를 이용하여 형상을 측정한 것으로 획득한 측정점은 48,957 이며, 형상 정밀도는 8.8 ㎛로 광학식 미세 형상 측정기에서 얻은 형상 정밀도에 비해 다소 높게 나왔다. 또한 미세형상 패턴이 있는 부분의 표면조도는 Ra=43.66 ㎚였다.

4.2.3 방전가공용 전극 (C) 측정 결과

방전가공을 위해 제작한 전극(C)는 미세 형상측정기와 레이저 변위측정기를 이용하여 측정을 수행하였다. 미세 형상 측정기로 측정한 형상 오차는 Fig.9 와 같다. 이는 Fig.7 과 같이 에지 (edge)부분이 굵게 나타나는 현상으로 인해 이미지 상에서 측정 위치를 선정하는데 있어 오차를 포함할 가능성이 있고, 이는 측정결과에 많은 영향을 미치기 때문이다. 레이저 변위 측정기로 측정한 결과는 0.041mm 로 미세형상 측정기에 비해 형상 정밀도가 다소 높게 측정되었다.

5. 결론

본 연구에서는 미세사출 성형 테스트를 위한 마이크로 금형을 설계 제작하였으며, 설계된 금형을 유한 요소법을 이용하여 구조 해석을 행하였다. 소개된 구조해석은 마이크로 금형 뿐만 아니라 일반 금형에서도 사출성형 중 발생할 수 있는 금형의 변형에 따른 성형 오차를 설계 단계에서부터 줄 일 수 있는 기초 데이터로 활용이 가능하다. 또한 가공 후 금형 정밀도 측정을 통하여 미세 사출성형품의 정밀도를 예상하였으며, 측정결과는 Table.2 와 같다. 측정 결과는 연마처리 후 제작한 금형이 가장 오차가 작은 것으로 나왔으며, 전극의 오차는 가장 큰 것으로 나타났으나, 양각

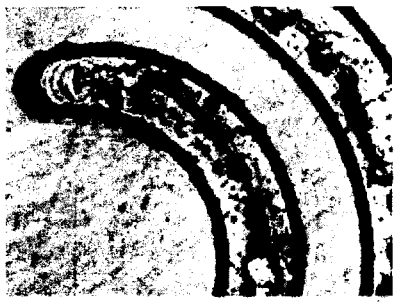

Fig.7 Edge of Electrode

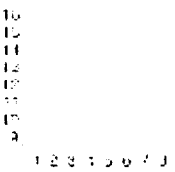

Fig.8 Inspection Point

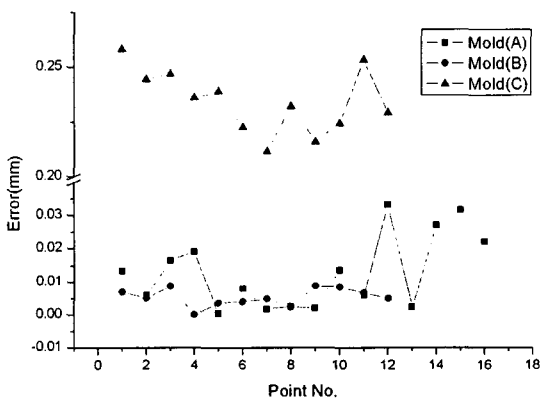

Fig.9 Error

Table.2 Inspection Result

Mold Type	Error(average, mm)
A	0.012817
B	0.005366
C	0.234350

으로 제작된 전극이기 때문에, 미세 영상 측정시 오차 발생요인으로 내제하고 있는 것으로 판단된다. 또한 본 연구를 통해서 Insert mold 형태를 이용한 미세 사출 금형 제작 가능성을 확인 하였다.

참 고 문 헌

(1) 최태주, "최신 금형 제작법", 기전 연구사, 2000.

(2) 이건호 외 1 명, " 최신 금형 재료", 기전 연구사, 2002.

(3) 권태헌 외 4 명, "사출성형 CAE 설계지침", 문운당, 2002.

(4) 이성출, "플라스틱 사출 성형 조건 Control 법", 기전연구사, 2003.