

미세 리브 구조에서 COC 및 PP의 사출성형 특성

정우철[#]· 허영무¹· 신광호¹· 윤길상¹· 장성호¹

Injection Molding Characteristics of COC and PP in Micro Rib Structure

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

(Received October 6, 2005)

Abstract

The demand for the miniaturization and high-precision of machine part has recently increased in new technology like biotechnology(BT) and nanotechnology(NT). The purpose of this study is to analyze the molding characteristics according to injection conditions by measuring the filling height in micro injection molding of the polypropylene(PP) and cyclic olefin copolymer(COC). The result shows that the filling effect of COC is better than that of PP in micro rib structure with injection molding process.

Key Words : Micro Injection Molding, Micro Mold, COC, PP, High Aspect Ratio

1. 서 론

미세사출성형 공정은 기존의 사출성형 공정에 비해 매우 다른 특성을 가지고 있다. 이것은 소형화된 치수 및 매우 큰 종횡비(aspect ratio)를 가지면서도 허용되는 오차가 매우 작다는 것에 기인한다[1].

미세사출성형용 금형의 미세 형상 제작을 위한 기반기술은 절삭을 비롯한 특수가공 방법을 활용하여 많은 성과를 보이고 있지만, 마이크로 금형을 이용한 미세 제품의 양산화 기술에 대한 연구는 미비한 상태이다. 또한 BT, NT 등의 산업이 발전하고 미세 형상품 대량생산의 필요성이 대두됨에 따라 미세사출성형에 대한 중요성 또한 커지고 있다[2~3].

현재 국내의 미세사출 성형기술은 전반적으로 외국의 기술에 대한 의존도가 크지만 일부 단순 미세 형상 가공기술에 있어서는 큰 어려움이 없이 생산을 하고 있다. 그러나 마이크로(micro) 이하의 정밀도를 가지는 사출성형 기술에 대한 연

구는 매우 미미한 상태이며, 미세사출 성형기술에서 개발하고자 하는 마이크로 수준의 정밀도, 고종횡비(high aspect ratio)를 갖는 구조물의 성형에 대한 기술은 도입기에 위치하고 있는 실정이다[4].

본 연구에서는 PP(polypropylene)와 COC(cyclic olefin copolymer)를 이용하여 미세 사출성형 특성을 파악하는데 그 목적이 있으며, 이를 위하여 고종횡비의 판상 미세 리브 형상 금형을 제작하였다. 또한 성형실험을 통하여 수지별, 조건별 충전 높이를 측정함으로써 고종횡비의 미세사출 성형성을 평가하였다.

2. 사용수지

본 연구에 사용된 고분자는 Ticona사 Topas 8007S-04인 COC와 GS caltax Hi-prene M540 PP를 사용하였다. 사용된 수지의 점도 특성은 Fig. 1, Fig. 2와 Table 1에 각각 나타내었다.

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀
교신저자: 한국생산기술연구원 정밀금형팀
E-mail: bogus2@kitech.re.kr

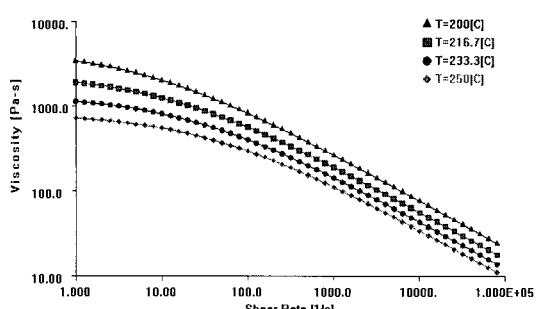


Fig. 1 Viscosity diagram of Ticona 8007S-04

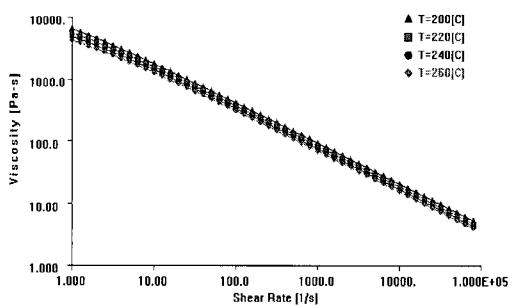


Fig. 2 Viscosity diagram of Hi-prene M540

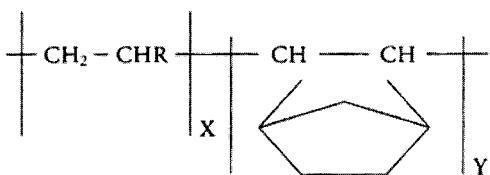


Fig. 3 The cyclic olefin copolymer molecular structure

Table 1 Thermal properties of COC and PP

	8007S-04	M540
Melting Point	230°C	150°C
Glass Transition Temp.	80°C	115°C
Viscosity Index*	VI(260)0091	VI(240)0076

* : MPI data

2.1 COC의 특성

COC(cyclic olefin copolymer)의 분자구조는 Fig. 3과 같으며, 부분적 결정성 폴리올레핀에 비하여 COC는 사이클릭 올레핀 및 선형 올레핀에 기초

한 비결정성 투명수지이다. 사이클릭 올레핀 공중합체는 중합반응 중에 그 성질을 다양하게 변화시킬 수 있는 새로운 계통의 고분자 물질이며, 이것의 화학적 구조를 변화시킴으로써 요구하는 다양한 물성들을 조합 할 수 있다고 알려져 있다[5].

또한, 고투명성 및 성형 후 낮은 복굴절, 낮은 흡수성, 수분 차단성을 가지고 있으며, 우수한 혈액 친화성 및 생체에 적합한 특성을 갖고 있어 최근에는 바이오칩(bio chip), 마이크로 니들(micro niddle)등 바이오 부품생산에 많이 적용되고 있다.

2.2 PP의 특성

PP는 Propylene을 중합하여 만든 것으로 플라스틱 중에 가장 가볍고 표면광택이 우수하다. 또한 내열성이 우수하여 고온에서도 계속 사용이 가능하며, 기계적 강도, 내마모성 화학적 안정성 및 무독성 특성을 가지고 있기 때문에 많은 제품에 적용되고 있다[6].

3. 제품 설계 및 금형 제작

3.1 성형품 설계

본 연구에서는 미세 수직 구조물의 미세사출성형시 성형 조건에 따른 충전 높이를 확인하기 위하여, 고종횡비(aspect ratio=10)를 가질 수 있도록 설계 하였으며, 설계형상은 Fig.4에 도시하였으며 판상에 모두 4개의 수직 구조물을 가지고 있다. 구조물의 폭은 각각 50μm, 100μm, 150μm, 200μm이고, 각 구조물의 높이는 종횡비 10이 될 수 있도록 하기 위하여 각각 500μm, 1000μm, 1500μm, 2000μm로 설계 하였다.

3.2 미세 금형 설계 및 제작

본 연구에서 사용된 금형은 교체 삽입형으로 제작 하였다. 몰드 베이스는 상측 클램핑 플레이트, 케비티 플레이트, 코어 플레이트, 이젝터 플레이트, 하측 플레이트 등으로 구성되어 있으며, 금형 온도를 조절하기 위하여 히팅 카트리지 및 열전대를 설치 하여 컨트롤러와 연결 하였다. 또한 게이트는 유동거리 및 각 구조물의 위치 차이에 대한 영향력을 최소화 하기 위하여 필름 게이트(film gate)를 사용하여 제작 하였다. 제작된 금형은 Fig. 5에 도시하였다.

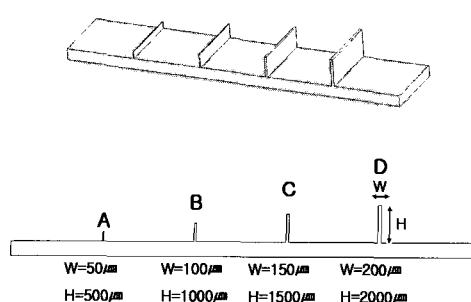


Fig. 4 Product design & dimensions

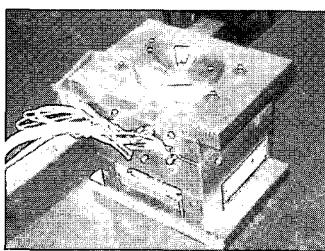


Fig. 5 Mold & heating system

4. 제품 설계 및 금형 제작

4.1 성형인자 및 사출조건의 설정

미세사출 성형품에 대한 수지의 유동특성을 파악하기 위해 수지의 유동에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 대표적 인자를 선행된 연구의 결과를 통하여 선정하였다[7]. 수지의 유동에 직접적인 영향이 있는 인자로는 수지의 온도(melt temperature), 사출압력(injection pressure), 유동률(flow rate)을 선정하였으며, Table 2 와 같은 조건으로 각각의 수지를 성형 하였다. 성형인자 중 수지온도와 금형온도는 각 수지의 용융점(melting point)과 유리전이 온도(glass transition temperature)에 따라 서로 다르게 설정되었음을 알 수 있다. 기타 미세 사출품의 성형성에 영향을 주는 금형온도(mold temperature), 냉각시간(cooling time), 사출시간(injection time), 보압력(packing pressure) 등은 각 수지별로 동일한 조건하에 실험을 수행하였다.

4.2 실험장치 및 방법

실험은 성형조건에 따른 충전 높이와 각 구조물의 폭에 대한 충전 높이의 차이를 확인하기 위하여 수행하였으며, 사용된 사출기는 형체력

Table 2 Injection conditions

No.	Melt Temperature		Injection Pressure	Flow Rate	
	8007S-04	M540			
1	250°C	170°C	1263kgf/cm ²	23cm ³ /sec	
2				33.2cm ³ /sec	
3				41.4cm ³ /sec	
4				23cm ³ /sec	
5	260°C	180°C	1768kgf/cm ²	33.2cm ³ /sec	
6				41.4cm ³ /sec	
7				23cm ³ /sec	
8				33.2cm ³ /sec	
9	270°C	190°C	2273kgf/cm ²	41.4cm ³ /sec	
10				23cm ³ /sec	
11				33.2cm ³ /sec	
12				41.4cm ³ /sec	
13	260°C	180°C	1768kgf/cm ²	23cm ³ /sec	
14				33.2cm ³ /sec	
15				41.4cm ³ /sec	
16				23cm ³ /sec	
17	270°C	190°C	2273kgf/cm ²	33.2cm ³ /sec	
18				41.4cm ³ /sec	
19	260°C	180°C	1263kgf/cm ²	23cm ³ /sec	
20				33.2cm ³ /sec	
21				41.4cm ³ /sec	
22				23cm ³ /sec	
23	270°C	190°C	1768kgf/cm ²	33.2cm ³ /sec	
24				41.4cm ³ /sec	
25				23cm ³ /sec	
26				33.2cm ³ /sec	
27				41.4cm ³ /sec	
Mold Temperature		8007S-04	M540		
		70°C	80°C		
Packing Pressure		Injection Pressure 90%			
Cooling Time		10 sec			
Injection Time		3.5 sec			

(clamping force) 55Ton, 최대 사출압력은 2526kgf/cm², 최대유동률 46cm³/sec 인 Multiplas 사의 장비를 사용하였다.

또한, 실험 순서에 따른 오차를 최소화 하기 위하여 Table 2 의 실험 조건에 대해서 실험 순서를 랜덤(random)하게 선정하였으며, 각 조건당 10 회

의 성형을 수행한 뒤, 최초 5 회의 제품을 제외한 각 조건당 5 개의 성형품을 수거하여 충전 높이를 측정하였다. Fig. 6은 Hi-prene M540을 사용한 성형품의 충전 모습이며, Fig. 7은 Topas 8007S-04를 이용하여 제작된 성형품의 충전 모습을 보여주고 있다.

5. 측정 결과 및 고찰

5.1 측정

성형품의 측정은 비접촉식 비전(vision) 측정기를 이용하여, 실험 후 수거된 각 조건별로 5 개씩의 제품을 대상으로 충전 높이를 측정하여 평균 높이를 측정값으로 사용하였다.

1차적으로 각 제품의 충전 상태를 육안으로 판단한 결과 두 수지 모두 폭이 $100\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$ 의 경우에는 양호한 충전 결과를 보인다. 그러나 폭이 $50\mu\text{m}$ 인 경우의 리브 구조에서 Hi-prene M540의 경우 Fig. 7에서 나타나듯이 매우 불균일한 충전 상태를 나타내었다. 반면에 Fig. 7에서 확인할 수 있듯이 Topas 8007S-04는 양호한 충전 결과를 나타내었다. $50\mu\text{m}$ 인 경우를 제외한 나머지 리브 구조물의 측정은 리브의 길이방향으로 축면 높이를 측정하였으며, 두 수지 모두 $50\mu\text{m}$ 인 경우에는 리브의 길이 방향에 수직한 위치에서 최대 충전 높이와 최소 충전 높이를 측정하였다.

5.2 Hi-prene M540의 측정결과

5.2.1 폭 $50\mu\text{m}$ 구조물의 측정결과

$50\mu\text{m}$ 의 폭을 가지고 있는 리브 구조물은 매우 불균일한 충전 상태를 보이기 때문에 최대 충전 높이와 최소 충전 높이로 구분하여 측정한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 최대 충전 높이값이 설계 값과 같아지는 경우는 수지온도 190°C 인 경우였으며, 최대 충전 높이가 $500\mu\text{m}$ 로 측정된 조건에서는 최대, 최소 충전 높이의 차이 또한 다른 조건들보다 작게 나타났다. 최소 충전 높이의 결과를 살펴보면 수지온도와 사출압력이 같은 경우에서 유동률이 가장 작은 조건($23\text{cm}^3/\text{sec}$)에서 최소 충전 높이값을 나타내었다.

5.2.2 폭 $100\mu\text{m}$ 구조물의 측정결과

폭 $100\mu\text{m}$ 를 가지고 있는 리브 구조물의 경우에는 대체적으로 조건별로 균일한 충전 높이를 보

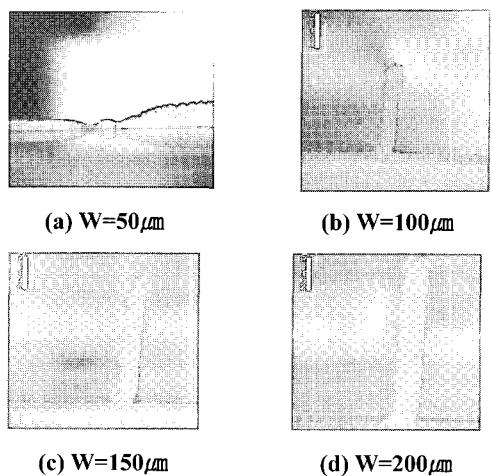


Fig. 6 Filling shape of Hi-prene M540

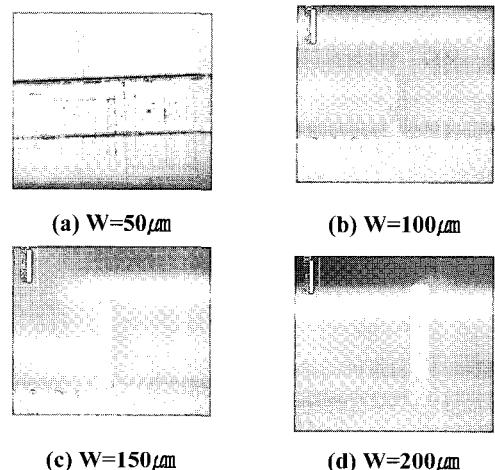


Fig. 7 Filling shape of Topas 8007S-04

인다(Fig. 9). 최대 충전 높이값은 $1005\mu\text{m}$ 이며, 최소 충전 높이값은 $965\mu\text{m}$ 이다. 최대 측정값의 경우에는 설계된 리브 구조의 높이인 $1000\mu\text{m}$ 보다 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 미세 사출 성형품에 발생한 버(burr)로 인한 측정 오차로 와 측정기 자체 오차의 결과로 판단된다.

5.2.3 폭 $150\mu\text{m}$ 구조물의 측정결과

폭 $150\mu\text{m}$ 을 가지고 있는 리브 구조물 또한 $100\mu\text{m}$ 의 폭을 가지고 있는 구조물과 같이 양호한 충전 결과를 나타내었다. 최대 충전 높이는 $1508\mu\text{m}$, 최소 충전 높이는 $1480\mu\text{m}$ 로 측정되었다(Fig. 9).

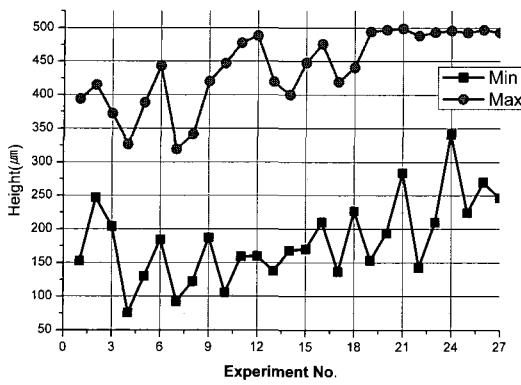


Fig. 8 Max height & Min height ($50\mu\text{m}$) of M540

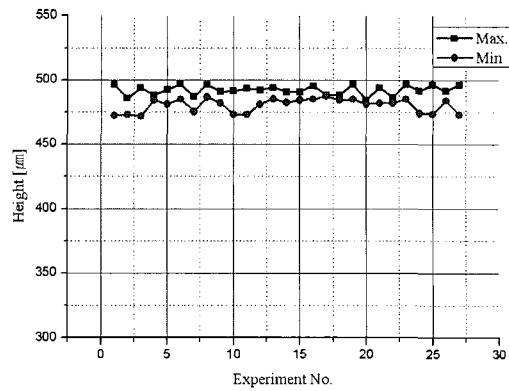


Fig.10 Max & Min height ($50\mu\text{m}$) of 8007S-04

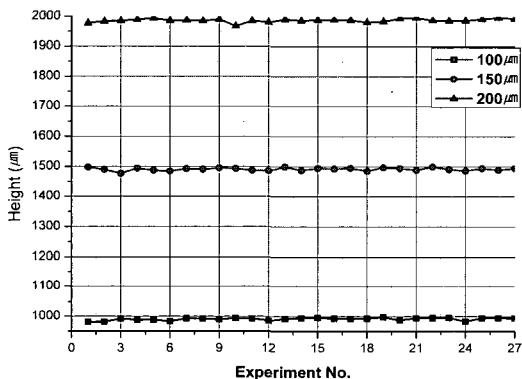


Fig. 9 Filling height ($100\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$) of M540

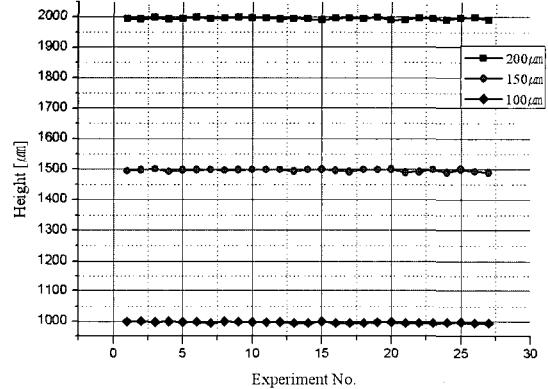


Fig.11 Filling height($100\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$) of 8007S-04

5.2.4 폭 $200\mu\text{m}$ 구조물의 측정결과

양호한 충전 결과를 나타내었으며, 최대 충전 높이는 $2002\mu\text{m}$, 최소 충전 높이는 $1990\mu\text{m}$ 로 측정되었다(Fig. 9).

5.3 Topas8007S-04 의 측정결과

$50\mu\text{m}$ 인 경우에는 Fig. 10에서와 같이 최대 최소 값 설계 높이인 $500\mu\text{m}$ 보다 조금 낮은 충전 높이를 보이고 있으나, 적용 사출 조건의 모든 범위에서 대체적으로 일정한 충전 높이를 보이고 있음을 확인 할 수 있다. 폭 $100\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$ 인 구조물의 경우에는 본 연구에서 적용한 사출조건의 모든 범위에서 균일한 충전 높이를 보인다(Fig. 11).

5.4 고찰

위의 측정결과에서 확인 할 수 있듯이, 폭 $100\mu\text{m}$

, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$ 구조물에서는 사용된 두 가지 수지 모두 양호한 충전 상태를 보였다. 폭 $50\mu\text{m}$ 구조물에서는 8007S-04는 일정한 충전 높이를 보이고 있으나, M540의 경우에는 매우 불균일한 충전 상태를 보였다. 이는 Table. 1에 제시한 유동지수(viscosity index)의 차이에 따른 결과로 판단된다.

Fig. 8에서 확인 할 수 있듯이, M540의 최대 충전 높이는 수지온도(melt temperature)가 높아짐에 따라 설계 높이에 근접하게 충전되는 경향을 보였다. 수지온도(melt temperature)를 상대적으로 높게 하여 유동성을 확보할 수 있으나 이는 한계가 있기에 본 연구에 사용된 수지 종 미세사출에 적합한 수지는 COC 8007S-04로 볼 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 수지의 종류에 따른 미세사출성형의 특성을 파악하기 위하여 고종횡비를 가지는 미세사출성형용 금형을 제작하였다. 제작된 금형을 통하여 COC 와 PP 수지의 성형성에 영향을 주는 인자와 인자의 범위를 선정한 뒤 성형실험 후 충전 높이를 측정하여 이를 평가 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같이 요약 할 수 있다.

(1) COC 가 PP 보다 미세 사출성형시 양호한 충전 결과를 나타낸다.

(2) COC Topas8007S-04는 폭 50 μm , 100 μm , 150 μm , 200 μm 인 모든 구조물에서 양호한 충전 높이를 나타낸다.

(3) PP 는 폭 100 μm , 150 μm , 200 μm 구조물에서 양호한 충전 결과를 나타내었으나, 폭이 50 μm 인 경우에 미충전이 발생하였다.

(4) PP 는 폭 50 μm 에서 수지 온도가 280°C인 경우에 최대 충전 높이가 설계값이 가장 근접한 결과를 나타내었으며, 최대, 최소 높이 차이 또한 가장 작은 결과를 나타낸다.

(5) 미세사출성형의 특성을 파악하기 위해서는 수지의 종류, 사출기의 종류, 사출조건 등의 변화에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

후 기

본 연구는 “2010 생산기반혁신기술개발사업”의 일환으로 수행중인 “기능성 고분자소재 성형용 마이크로 금형시스템”의 연구비 지원에 의하여 이루어 졌으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 신광호, 윤길상, 장성호, 정우철, 허영무, 2005, 편상 미세 리브 구조의 사출성형 특성, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 444~447.
- [2] 허영무, 신광호, 윤길상, 정우철, 2004, 기능성 고분자 성형용 마이크로 금형 시스템, 한국소성가공학회 추계 학술대회 논문집, pp. 267~270.
- [3] 유영은, 서영효, 제태진, 최두선, 2005, 미세패턴 사출성형 기술, 한국정밀공학회지, Vol. 22, No. 2, pp. 23~29.
- [4] 김정두, 기술뉴스 브리프, 한국과학기술정보연구원.
- [5] <http://www.ticona.com>
- [6] 이국노, 1997, 최신플라스틱재료총람, 바우에이젠시.
- [7] 허영무, 신광호, 윤길상, 장성호, 정우철, 2005, 두께 200 μm 제품의 사출성형 특성고찰, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 1518~1521.