

## 다수 빼기 사출성형에서 캐비티간 충전균형을 위한 새로운 런너의 설계

박서리\* · 김지현\* · 류민영†

서울산업대학교 금형설계학과, \*서울산업대학교 NID융합기술대학원  
(2009년 5월 29일 접수, 2009년 7월 7일 수정, 2009년 7월 9일 채택)

### A Novel Runner Design for Flow Balance of Cavities in Multi-Cavity Injection Molding

Seo Ri Park\*, Ji-Hyun Kim\*, and Min-Young Lyu†

Department of Die & Mould Engineering, Seoul National Univ. of Technology,  
172 Gongneung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 149-743, Korea  
\*Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National Univ. of Technology,  
172 Gongneung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 149-743, Korea  
(Received May 29, 2009; Revised July 7, 2009; Accepted July 9, 2009)

**초록:** 소형 플라스틱 부품들은 대부분 다수 캐비티 빼기 사출금형에서 성형된다. 이러한 다수 빼기 캐비티 금형에서의 사출성형은 캐비티간의 흐름 균형이 중요하다. 캐비티간 흐름의 불균형은 성형품의 캐비티간 물성 및 품질의 편차를 초래한다. 캐비티간의 흐름균형은 런너와 게이트에서의 흐름균형을 통하여 이루어지게 되는데 런너와 게이트에서 기하학적인 균형을 이루어도 열적 불균형으로 캐비티간 흐름의 불균형을 초래한다. 본 연구에서는 캐비티간 흐름의 균형을 위해 고안한 스크류 타입의 런너를 이용하여 캐비티간 충전균형을 고찰하였다. 여러 형태의 스크류 런너에서 결정성 수지와 비결정성 수지, 그리고 점도가 높은 수지와 점도가 낮은 수지를 이용하여 캐비티간 흐름을 관찰하였다. 흐름의 균형은 성형조건 중 사출속도에 따라 다르게 나타나기 때문에 사출속도를 변화해 가며 관찰하였다. 실험 결과를 성형해석과 비교 검토하였으며 서로 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 스크류 런너에서 수지가 흐르면서 스크류 채널을 따라 회전운동을 하여 스크류 단면에서 온도가 균일하게 됨을 확인하였다. 그리고, 이러한 균일한 온도 때문에 캐비티간 흐름 균형이 이루어지고 있음을 확인하였다. 결론적으로 실험에 사용된 새롭게 고안된 스크류 타입의 런너는 캐비티간 충전균형을 이루는데 매우 효과적임을 실험과 해석을 통해 검증할 수 있었다.

**Abstract:** Small injection molded articles are generally molded by multi-cavity injection molding. The most important thing in multi-cavity molding is flow imbalance among the cavities because it affects the physical property and the quality of products. The cavity filling balance can be achieved by flow balance in the runner through the thermal balance. In this study, novel screw type runner or helical type runner has been developed for the flow balance in the runner and performed experiment and computer simulation. Flow balance has been observed using various screw type runners for several resins such as amorphous and crystalline polymers including low and high viscosities grades. Flow balance experiments have been performed for various injection speeds since the flow balance can be affected by injection speed among the injection conditions. Experimental results have been compared with computational results and they showed good agreement. The cavity filling balance can be achieved by the screw runner where the temperature distribution is uniform through the circulation flow along the screw channel in the screw runner. It has been verified that the novel screw runner is very effective device in flow balance in the multi-cavity injection molding.

**Keywords:** cavity filling imbalance, multi-cavity injection molding, runner design, screw runner, thermal balance.

## 서 론

플라스틱 제품의 성형에서 사출성형은 가장 생산성이 높고 또한 정

밀한 제품을 생산하는데 가장 많이 활용되는 성형법이다.<sup>1,2</sup> 사출성형에서 크기가 큰 제품은 단일 캐비티로 성형하지만 렌즈나 휴대폰 부품과 같은 소형 부품들은 한 번의 성형에서 여러 개의 성형품을 얻을 수 있는 다수 빼기 캐비티 금형을 사용하여 성형한다. 이러한 금형에서의 사출성형은 각 캐비티간 편차가 없이 균일한 물성의 제품이 성형

†To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: mylyu@snut.ac.kr

되도록 충전의 균형이 이루어져야 한다. 충전의 불균형은 사출품의 치수 및 중량의 편차뿐 아니라 제품의 물리적 특성에도 영향을 미친다.<sup>3</sup>

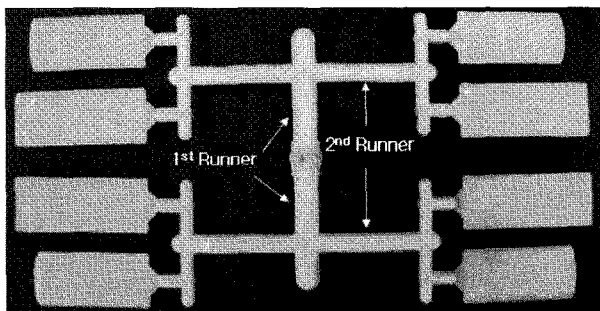
충전 불균형 현상에 관한 연구는 충전 불균형 현상의 원인 및 변수 파악을 위한 실험과 이론적 분석,<sup>4-8</sup> 컴퓨터 모사를 통한 충전 불균형의 예측,<sup>9,10</sup> 런너에서 전단열의 형성 및 거동의 분석<sup>11-14</sup> 그리고 충전 불균형 현상의 개선을 위한 금형설계<sup>15,16</sup> 등이다. 이 중 충전 불균형 현상을 해결하기 위한 연구는 모든 캐비티의 압력이 균형을 이루도록 인위적으로 설계된 런너 시스템의 연구와<sup>16</sup> melt rotate technology를 적용한 금형에서 충전 불균형에 영향을 주는 변수와 이를 해결하기 위한 방법<sup>14</sup> 및 런너 내 전단열에 의한 불균일한 흐름을 균일하게 하는 Melt Flipper 등이다.<sup>17</sup> 또한, 가변 런너 시스템의 개발과<sup>18</sup> 런너 코어판을 설치한 런너 시스템의 개발 등을 포함한 연구와 특허도 있다.<sup>19-25</sup> 이처럼 충전 불균형의 원인 파악에 관한 연구는 많이 진행되어 왔으나 충전 불균형 개선을 위한 연구는 아직도 만족한 상태는 아니어서 충전 불균형을 개선하기 위한 사출 금형설계 및 연구가 더 필요하다.

본 연구에서는 다수 캐비티 금형에서 캐비티의 충전균형을 위해 새로운 런너를 고안하였다. 런너의 단면에서 온도가 균일해야 충전균형을 만족시키므로 런너의 단면에서 균일한 온도를 확보하기 위해 스크류 런너 또는 헬리컬 런너를 채용한 새로운 런너 시스템을 제시하였다. 스크류 런너의 나선산 높기와 감은 수를 변경하여 네 가지 타입의 스크류 런너를 설계하였다. 비결정성 수지인 ABS, 결정성 수지인 PBT에서 각각 고점도, 저점도 수지를 선정하여 새롭게 고안한 스크류 런너에서 충전실험을 수행하였다. 컴퓨터해석을 통해 충전실험과 비교 검토하였으며 충전균형이 이루어지는 현상과 이유를 분석하였다.

**실험 모델 및 사출성형 해석**

**실험 모델.** Figure 1은 8-캐비티 금형 사출성형에서 충전 불균형 현상을 보여주고 있다. 이러한 다수캐 캐비티에서의 캐비티 충전 불균형은 1차 런너에서 2차 런너로 분기되면서 1차 런너 단면에서 표면부분과 중앙부분의 온도가 달라 2차 런너로 분기된 후 좌측과 우측의 온도 편차가 생기기 때문이다.<sup>3</sup>

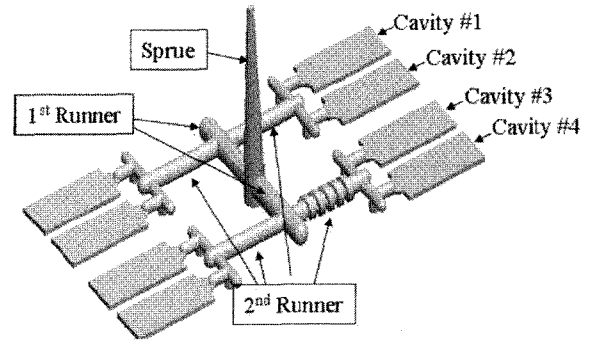
본 연구에서는 이러한 다수캐 캐비티에서 충전균형 실험을 위해 새로운 런너를 고안하였다. Figure 2는 본 연구에서 고안한 스크류 형상의 런너 및 캐비티 형상을 보여주고 있다. 일반적인 원형 런너의 경우 단면의 코어부분과 스킨부분의 온도가 균일하지 않아 캐비티간 충전의 편차가 생긴다.<sup>3</sup> 그래서, 런너의 단면에서 수지가 잘 섞이어 온



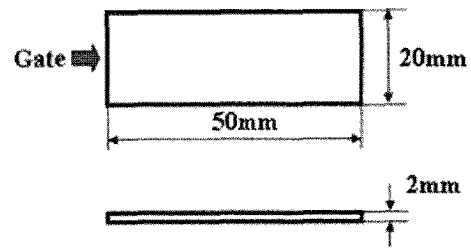
**Figure 1.** Flow imbalance phenomenon in 8-cavity mold with conventional circular runner.

도가 균일하게 되도록 하기 위해 스크류 런너를 고안하였다. 스크류 형상의 통로에서는 회전운동이 생기어 믹싱을 잘 해주기 때문이다. 스크류 형상의 설계는 회전운동의 양에 영향을 주는 나선의 감긴 수와 회전하는 통로의 단면 크기에 영향을 주는 나선산 높이를 변수로 하여 각각 두 가지로 총 네 가지의 스크류 형상을 설계하였다. 이러한 스크류 런너 금형은 방전가공으로 쉽게 가공할 수 있고 성형 후 제품과 런너가 금형에서 쉽게 분리되는 것이 장점이다. 스크류 형상의 런너는 첫 번째 런너에서 분기되어 두 번째 런너를 이루는 부분 즉 2차 런너에 적용하였다.

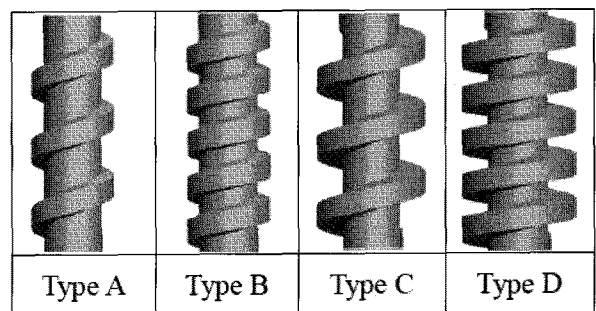
네 군데의 2차 런너에서 한 곳에 스크류 런너를 적용하여 서로 비교할 수 있도록 하였다. 2차 런너의 지름은 7 mm이다. 캐비티의 두께는 2 mm이고 폭은 20 mm, 길이는 50 mm이다. 각 캐비티에서 게이트의 크기는 폭 12 mm, 두께 0.8 mm, 그리고 랜드 길이는 5 mm이다. Figure 2(c)에 나타난 스크류 런너 타입은 총 네 가지로 나선산 높기와 스크류 감긴 수가 다른 형태이다. A 타입과 B 타입은 나선산 높이가 1.5 mm이고, 감긴 수는 각각 3.5와 5.5 바퀴이다. C 타입과 D 타입은 나선산 높이가 3 mm이고 감긴 수는 각각 3.5와 5.5바



(a) Arrangement of sprue, circular runner, screw runner, and cavity



(b) Dimension of cavity

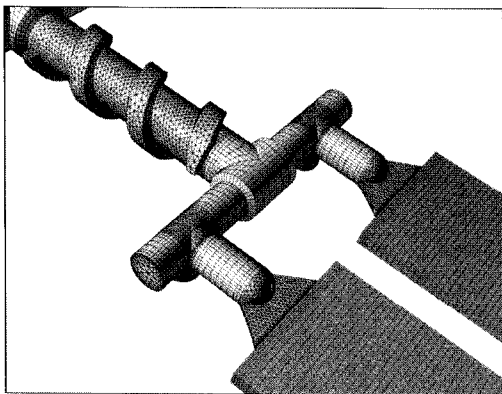


(c) Types of screw runners

**Figure 2.** Experimental model and screw type runners for filling balance.

**Table 1. Injection Conditions for Experiment and Simulation**

Grade	Resin	Injection temperature (°C)	Mold temperature (°C)	Injection speed (mm/sec)
	MI (g/10 min)			
ABS	43(220 °C, 10 kg)	240	50	50, 150, 250
HF 380	10 kg)			
ABS	12(220 °C, 10 kg)			
HI 100	10 kg)	220		
PBT Tribit 1500	40(235 °C, 2.16 kg)			
PBT Tribit 1700S	17(235 °C, 2.16 kg)			



**Figure 3.** Mesh for computer simulation using Moldex3D.

쿼이다.

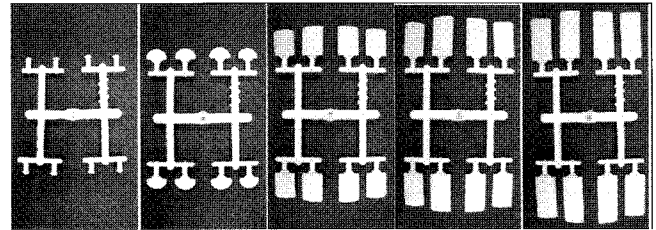
**실험장비 및 재료.** 본 연구에서 사용한 사출기는 (주)우진세렉스의 SELEX NA110로 형체력은 110 ton, 최대 사출압은 2610 kg/cm<sup>2</sup>, 최대 사출속도는 300 mm/sec, 그리고 스크류 지름은 28 mm이다. 사용한 수지는 비결정성 수지로 LG화학의 ABS(HF380-저점도 그레이드, HI100-고점도 그레이드)와 결정성 수지로 삼양사의 PBT (Tribit 1500-저점도 그레이드, Tribit 1700S-고점도 그레이드)를 사용하였다. 결정성 수지와 비결정 수지의 흐름특성을 비교하고, 또한 각각의 수지에서 유동성이 큰 경우와 작은 경우의 흐름의 균형을 파악할 수 있도록 수지를 선정하였다.

**실험조건 및 성형해석.** 각 수지에 따른 성형조건은 Table 1에 나타나 있다. ABS와 PBT의 사출온도를 각각 240 °C와 220 °C로 하였고, 금형의 온도는 공히 50 °C로 하였다. 사출속도는 50, 150 그리고 250 mm/sec로 다양하게 하여 실험하였다. 사출속도에 따른 캐비티간 충전균형을 관찰하기 위해서 속도변화를 크게하여 실험하였다.

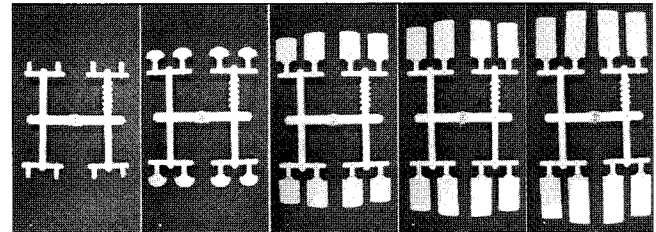
각 캐비티에서의 충전현상을 모사하기 위해 사출성형해석 전용 프로그램인 Moldex3D를 사용하였다. Figure 3은 해석을 위한 메쉬를 보여주고 있다. 헥사와 테트라 복합메쉬 형태의 3차원 요소로 해석을 하였으며 해석 조건은 사출실험의 조건과 동일하게 적용하였다.

### 결과 및 토론

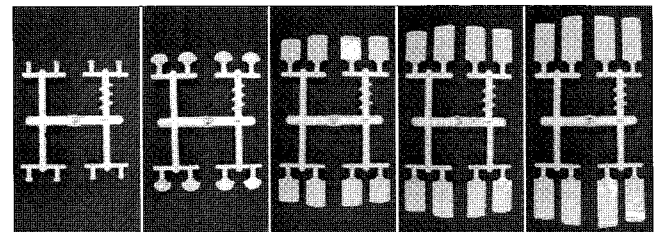
**스크류 런너의 타입에 따른 충전현상.** 충전 불균형을 해소하기 위해 다수 캐비티 사출금형에서 스크류 형상의 런너를 적용하여 사출



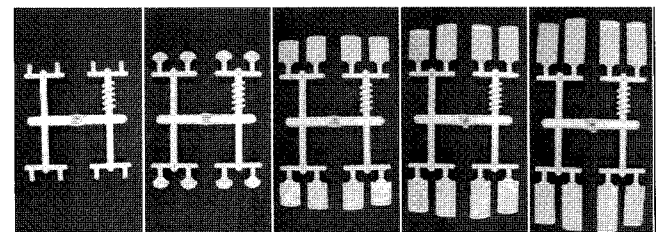
(a) Screw type A



(b) Screw type B



(c) Screw type C



(d) Screw type D

**Figure 4.** Cavity filling pattern of ABS(HF 380) for various screw types at 150 mm/sec of injection speed.

성형 실험을 수행하였다. 수지의 종류와 스크류 런너의 타입에 따라서 충전에 미치는 영향을 관찰하였다.

Figure 4는 ABS(HF 380)에서 스크류 타입에 따른 충전결과를 나타내고 있다. 성형조건은 Table 1과 같으며 사출속도는 150 mm/sec 이었다. 실험결과 둥근 형상의 2차 런너를 통과하는 캐비티에서는 스프루에 가까운 중앙부분 캐비티(#2)가 바깥 부분 캐비티보다 먼저 채워지는 캐비티간 충전 불균형을 보였다. 반면, 스크류 형상의 런너(왼쪽의 우측 런너)를 통과한 캐비티에서는 안쪽 캐비티와 바깥쪽 캐비티가 둥근 형상의 런너에 비해 균일하게 충전됨을 확인할 수 있었다. 그러나, 스크류 런너의 타입에 따라 즉, 나사산의 높이와 감긴 수에 따라 충전 패턴이 다소 차이가 났다.

스크류 런너에서도 나사산의 높이가 3 mm인 타입 C와 타입 D의 경우가 나사산의 높이가 1.5 mm인 타입 A와 B인 경우 보다 안쪽 캐비티와 바깥부분 캐비티간 충전균형이 더 잘 이루어지고 있다. ABS(HF 380) 수지의 경우 사출속도 150 mm/sec에서 충전균형을 가장

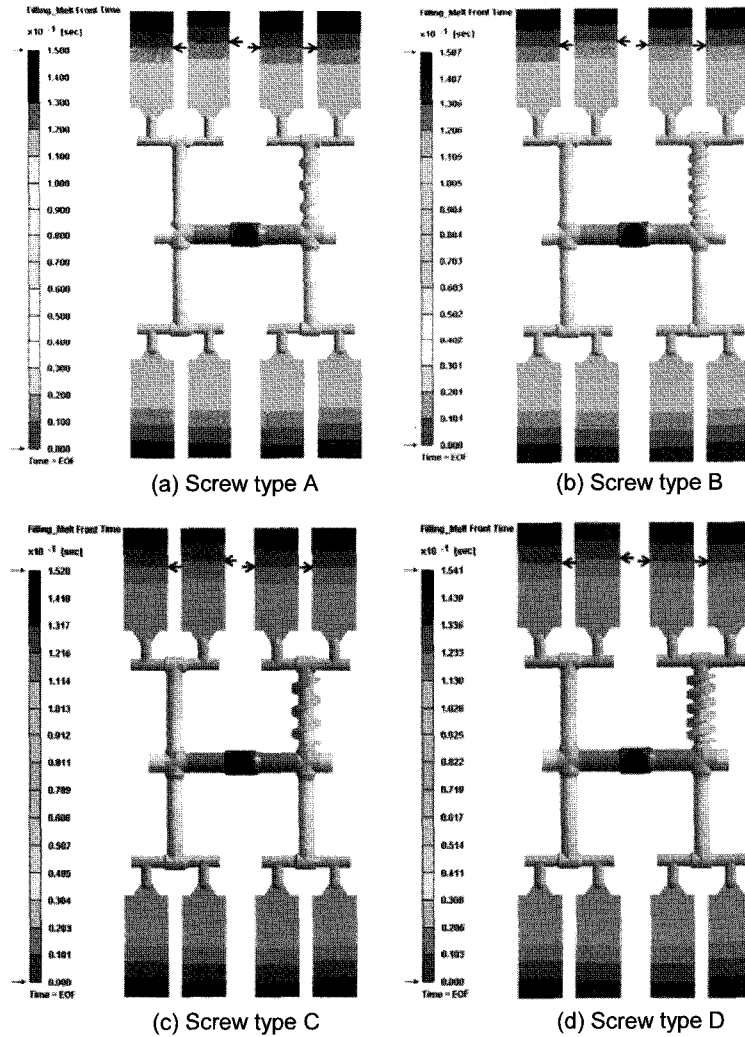


Figure 5. Computational results of filling pattern for various screw types for ABS(HF 380) at 150 mm/sec of injection speed.

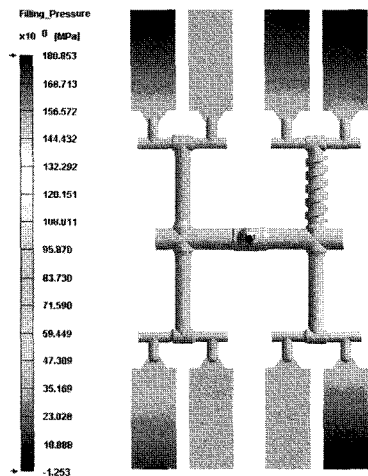


Figure 6. Computational result of pressure distribution for screw runner (type B) for ABS(HF 380) at 150 mm/sec of injection speed.

잘 이루고 있는 스크류 런너는 타입 D로 보여진다.

Figure 5는 ABS(HF 380)에서 스크류 런너의 타입에 따른 캐비

티간 충전 패턴의 컴퓨터 모사 결과를 보여주고 있는데 시간에 따른 유동선단의 위치이다. 그림에서 화살표는 임의의 같은 시간에서 충전 선단을 표시하고 있는데, 화살표 위치의 차이로 캐비티간 충전균형을 판단할 수 있다. 모든 스크류 타입의 해석에서 원형 형상의 런너를 지나는 캐비티(#1, 2)에서 캐비티간 충전이 불균형이 나타나고 있는 반면 스크류 런너를 지나는 캐비티(#3, 4)에서는 캐비티간의 충전균형이 잘 이루어지고 있다. Figure 6은 ABS(HF 380)수지의 스크류 런너 타입 B에서의 압력분포를 보여주고 있다. 스크류 런너를 통한 캐비티에서 균형있는 흐름이 이루어지고 있어 압력분포도 균형을 이루고 있음을 알 수 있다.

Figure 7은 Figure 4의 실험인 ABS(HF 380) 수지에서 스크류 런너의 타입에 따른 런너 및 캐비티에서 온도분포를 보여주고 있다. 원형 형상의 런너를 갖는 캐비티에서 캐비티간의 온도분포는 안쪽 캐비티(#2)의 온도가 바깥쪽 캐비티(#1)의 온도보다 높게 나타나는 반면 스크류 런너를 가진 두 캐비티(#3, 4)에서는 캐비티간의 온도분포가 균일하다. 이러한 현상은 스크류 런너를 지나면서 온도가 균일해지기 때문이다. Figure 8에는 각 스크류 런너 타입에서 스크류 런너를 지나면서 온도가 균일하게 변화하는 현상을 보여주고 있

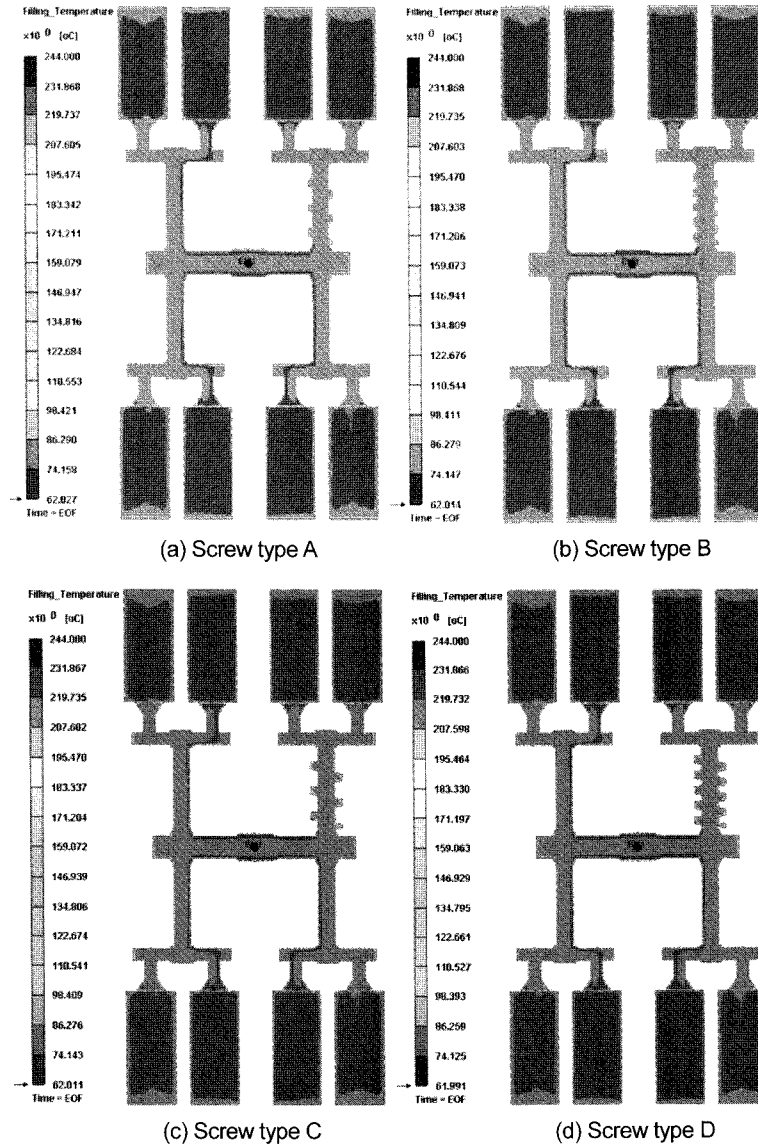


Figure 7. Computational results of temperature distribution for various screw types for ABS(HF 380) at 150 mm/sec of injection speed.

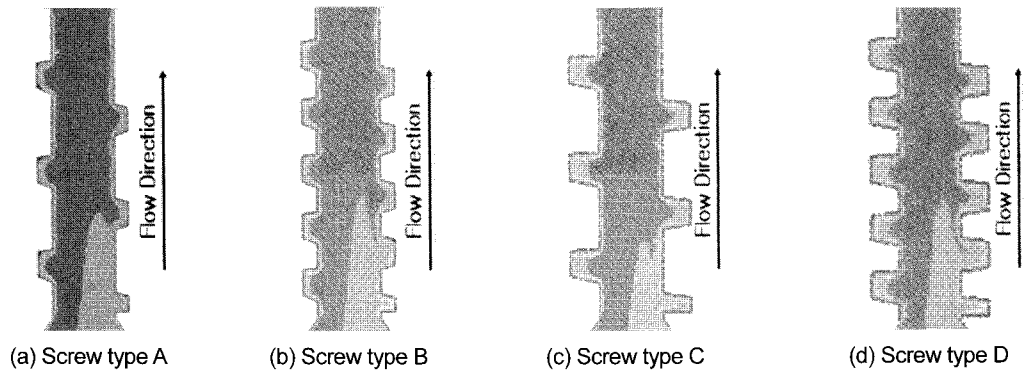


Figure 8. Details of temperature distributions in the various types of screw runners for ABS(HF 380) at 150 mm/sec of injection speed.

다. 스크류 런너 시작 지점에서는 런너의 왼쪽 표면 부분의 온도가 높으나 수지가 스크류 런너를 지나면서 온도가 균일해지고 있다. 스크류 런너의 이러한 기능 때문에 스크류 런너를 가진 캐비티에서는 온

도가 균일하다. 스크류 런너를 통과하면서 온도가 균일해지는 현상을 파악하기 위해 Figure 9와 같이 런너를 지나면서 각 런너 단면에서의 온도 분포를 조사하였다. Figure 9는 스크류 런너 타입 B에서 원

형 형상의 런너와 스크류 런너 단면의 온도분포를 나타내고 있다. 원형 형상의 런너 단면의 온도분포는 a-a'구간에서 e-e'구간까지 어느 구간에서나 스프루와 가까운 안쪽 벽면의 온도가 높게 나타나는 불균일한 온도분포를 보이고 있다. 원형 런너의 단면에서 우측 45도 방향에서 가장 높은 온도를 보이는 이유는 수지가 스프루를 지나면서 벽면에서 온도가 높고, 또한 1차 런너에서도 벽면의 온도가 높는데 이러한 높은 온도의 수지가 2차 런너에 흘러와 나타난 현상이다. 반면, 스크류 런너 단면의 온도 분포를 보면 1차 런너에서 바로 분기된 영역인 A-A'의 런너 단면의 온도분포는 원형 런너 단면인 a-a'와 마찬가지로 스프루와 가까운 벽면의 온도분포가 높게 나타나는 온도 불균일을 보이거나 A-A'에서 E-E'로 흘러 갈수록 런너 단면에서

의 온도가 균일해 짐을 Figure 9를 통해 알 수 있다. 스크류 타입에 따라 약간씩 다르지만 어느 타입이든지 약 3바퀴만 지나면 온도가 균일해 짐을 알 수 있다. 따라서, 스크류 런너를 가진 캐비티에서는 런너를 지나면서 온도가 균일해져 캐비티간 수지의 흐름이 같아지기 때문에 캐비티간 충전균형을 이루게 됨을 알 수 있다.

Figure 10은 스크류 런너 단면에서의 속도 벡터 분포를 나타내고 있다. 원형 런너에서는 단면에서 속도벡터가 점으로 나타나고 있는데 이는 런너 단면을 통하여 앞으로 진행되는 벡터만 존재함을 나타낸다. 스크류 런너에서는 수지가 앞으로 진행하면서 나사산을 따라 회전운동을 하는 속도벡터가 있음을 알 수 있다. 스크류 런너의 단면에서 이러한 회전운동으로 인해 런너 단면에서 온도가 균일하게 되었다고 판단된다.

Figure 11은 ABS(HI 100), PBT(Tribit 1500), 그리고 PBT(Tribit 1700S)에 대한 사출속도 150 mm/sec에서 충전실험 결과를 보여주고 있다. 수지의 종류와 흐름성에 따라 충전현상에 다소 차이가 있지만 스크류 런너를 가진 캐비티에서는 충전의 균형이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

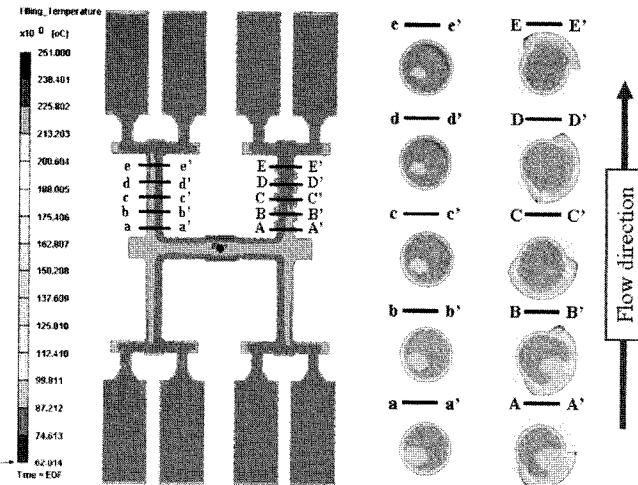


Figure 9. Comparison of temperature distributions in the cross-sections of circular runner and screw runner (type B) for ABS (HF 380) at 150 mm/sec of injection speed.

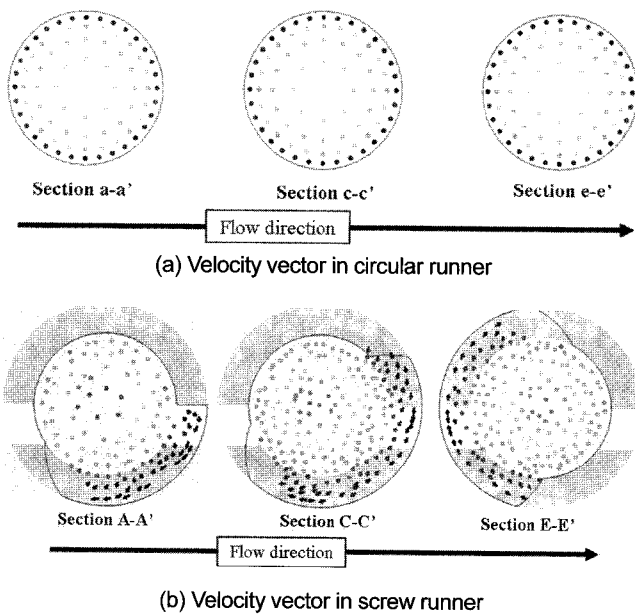


Figure 10. Velocity vectors in the cross section of circular runner and screw runner (type B) for ABS (HF 380) at 150 mm/sec of injection speed.

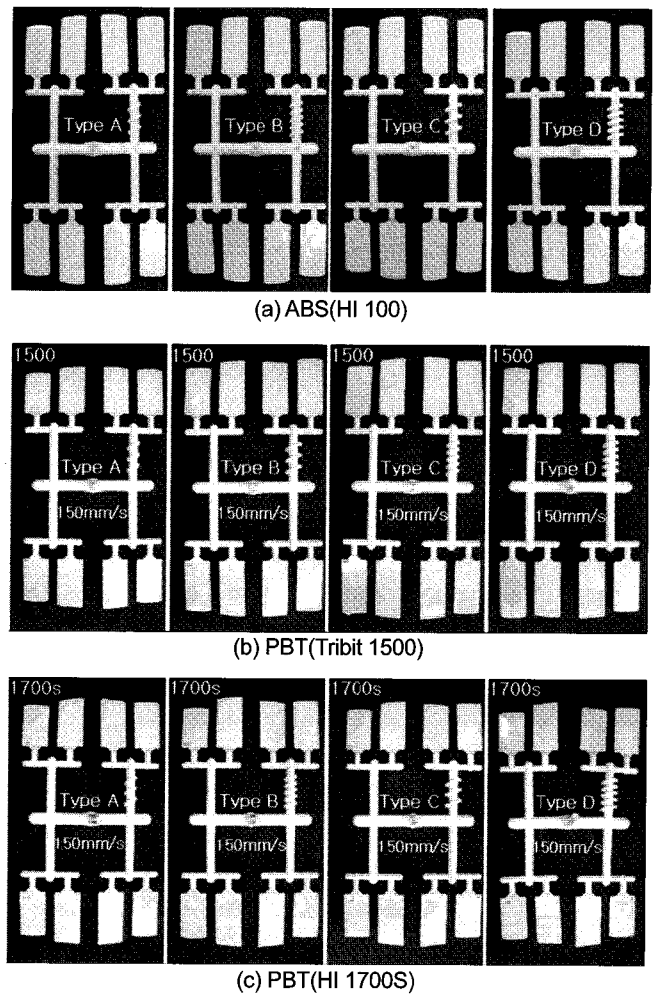


Figure 11. Cavity filling patterns of ABS (HI 100), PBT (Tribit 1500), and PBT (Tribit 1700S) for various screw runner types at 150 mm/sec of injection speed.

캐비티 내의 흐름을 보면 원형 런너를 갖는 캐비티에서 안쪽 캐비티(#2)의 안쪽 면에서 흐름이 빠르게 나타남을 ABS와 PBT 수지에 서 확인할 수 있다. 이는 캐비티 내의 온도분포 때문에 나타나는 현상인데 런너에서의 온도 불균형이 캐비티까지 영향을 주어 나타나는 현상이다. 이는 Figures 7과 8의 온도분포에서도 확인할 수 있다. 스크류 런너에서는 단면에서의 온도가 균일하기 때문에 이러한 현상이 크게 줄어들 수 있다. ABS(HI 100), PBT(Tribit 1500), 그리고 PBT(Tribit 1700S) 수지에서 각각 스크류 타입 A, D, 그리고 B에서 충

전균형이 가장 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다.

**사출속도에 따른 충전 현상.** Figures 12와 13에는 4가지 스크류 런너 타입에서 각각 PBT(Tribit 1500)과 PBT(Tribit 1700S)의 속도에 따른 충전 상태를 보여주고 있다. PBT(Tribit 1500)의 경우 속도가 가장 작은 50 mm/sec인 경우에 모든 타입의 스크류 런너에서 가장 균형 있는 충전을 보여주고 있다. 스크류 타입 A는 모든 속도에서 안쪽의 캐비티(#3)가 다소 빨리 충전되고, 스크류 타입 B를 통과한 캐비티는 모든 속도에서 동시에 충전되거나 안쪽 캐비티

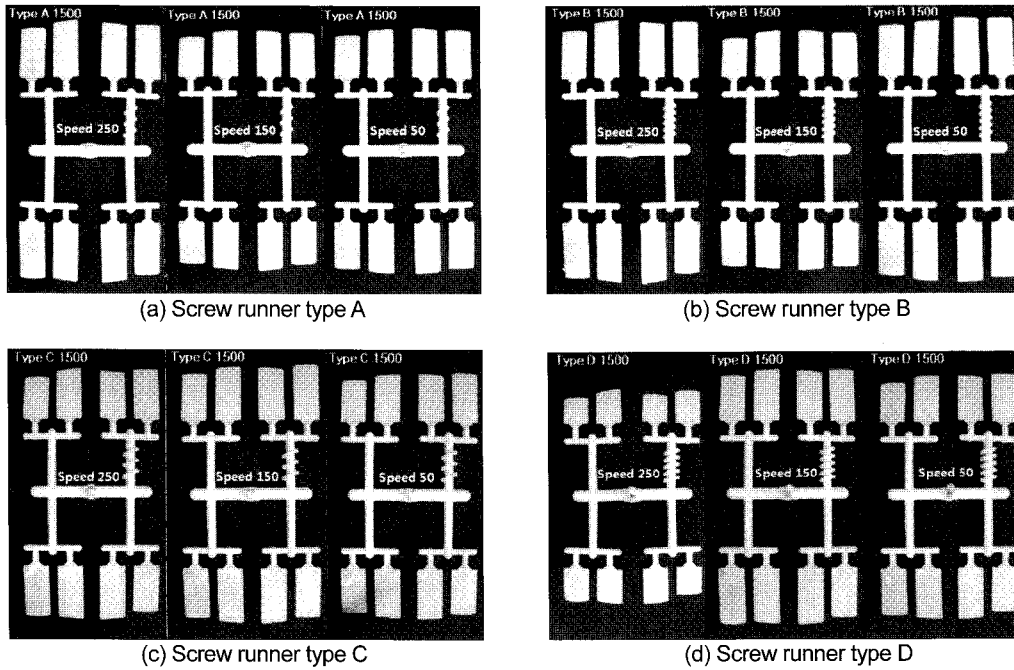


Figure 12. Cavity filling patterns of PBT (Tribit 1500) for various injection speeds (Unit: mm/sec).

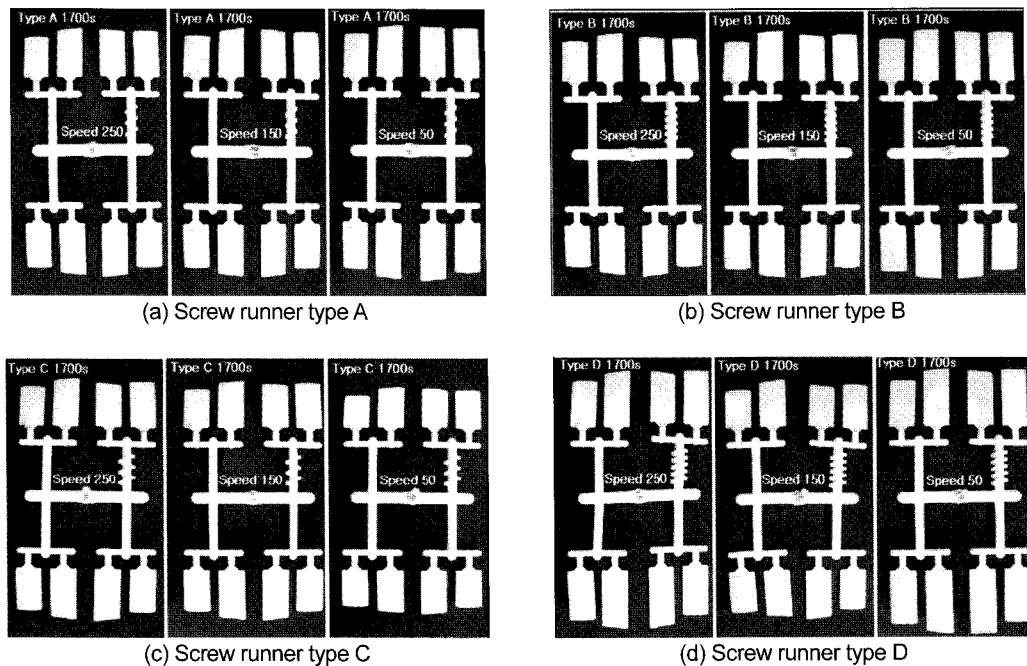


Figure 13. Cavity filling patterns of PBT (Tribit 1700S) for various injection speeds (Unit: mm/sec).



(#3)가 다소 빨리 충전되고 있다. 그러나, 스크류 타입 C와 D에서는 모든 속도에서 바깥쪽 캐비티(#4)가 다소 빨리 충전되고 있다. 모든 속도를 감안할 때 대체로 모든 스크류 런너 타입에서 충전균형이 잘 잡히고 있으나 스크류 런너 타입 B에서 속도에 관계없이 충전균형이 가장 잘 이루어지고 있다.

PBT(Tribit 1700S)의 경우도 모든 스크류 런너 타입에서 캐비티간 충전균형이 잘 이루어지고 있다. 그리고, 속도에 따른 충전의 차이는 없어 보인다. 스크류 런너 타입 A에서 안쪽 캐비티(#3)가 다소 빠른 충전을 보이고 있고 스크류 런너 타입 B는 타입 A보다 균형있는 충전을 보이고 있다. 그러나, 스크류 런너 타입 C와 D에서는 거의 동시에 충전되고 있으나 바깥쪽 캐비티(#4)가 다소 빨리 충전되는 경향을 보인다. 스크류 런너 타입 A는 가장 작은 속도인 50 mm/sec에서, 타입 B는 중간속도인 150 mm/sec에서, 그리고 타입 C와 D는 중간 및 작은 속도에서 캐비티간 충전균형이 가장 좋다. PBT(Tribit 1700S)가 PBT(Tribit 1500)보다 점성이 큰 것으로 보아 유동성이 낮은 수지의 경우가 캐비티간 충전균형을 이루는 속도 범위가 다소 넓음을 알 수 있다.

**수지에 따른 충전 현상.** 결정성 수지인 PBT와 비결정성 수지인 ABS에서 고점도와 저점도 수지를 이용하여 충전의 특성을 살펴보았는데 다양한 형태의 스크류 런너에서 수지에 따른 흐름특성의 차이가 다소 나타났으나 모든 수지에서 충전균형이 잘 이루어 졌다. 원형 런너에서는 심한 충전 불균형이 관찰되었다. ABS와 PBT수지를 비교해 볼 때 PBT수지가 스크류 런너를 지나면서 충전균형이 더욱 잘 이루어졌다. 이는 결정성 수지와 비결정성 수지의 차이 때문이 아니라 두 수지의 유동성의 차이 때문에 나타나는 현상이라 판단된다. 스크류 런너의 타입에 따라 수지간 흐름균형에 약간의 차이는 있지만 차이가 너무 작아 경향성을 가리기는 어려워 보였다.

## 결 론

다수 캐비티 사출금형에서 캐비티간 충전 불균형은 런너에서의 온도 불균형에 의해 발생이 된다. 이러한 캐비티간 충전 불균형은 캐비티간 압력의 불균형을 일으키고 이는 품질의 편차를 유발한다. 본 논문에서는 캐비티간 충전 불균형을 개선하기 위해 새로운 런너 타입을 고안하였으며 이의 유용성을 실험과 해석을 통해 검증하였다. 새롭게 고안한 스크류 형상의 런너에서는 수지가 흘러가면서 스크류의 채널을 따라 런너의 단면에서 회전운동을 한다. 이러한 회전 운동은 런너 단면에서 수지의 온도를 균일하게 믹싱해주는 역할을 한다. 스크류 런너 단면에서의 회전운동은 스크류의 타입, 즉 나선의 감긴 수와 스크류 나선의 깊이에 따라 다소 차이가 있으나 수지가 나선을 따라 약 3바퀴 정도 회전하면 온도가 전 단면에서 균일해 짐을 확인할 수 있었다. 이러한 온도의 균일성 때문에 스크류 타입의 런너가 원형 런너에 비해 매우 뛰어난 캐비티간 균형있는 흐름을 보여주었다. 수지의 종류와 수지의 흐름성의 차이 그리고 사출 속도에 따라 여러 스크류 런너 타입에서 다소 충전균형이 다르게 나타났지만 일반적으로 쓰이는 원형 런너에 비해 매우 뛰어난 캐비티간 흐름의 균형을 얻을 수 있음을 실험과 해석을 통해 확인할 수 있었다. ABS수지보다는 PBT수지가 스크류 런너에서 캐비티간 흐름균형이 더 뛰어 났으며, 같은 PBT수지에서도 흐름성이 낮은 PBT(Tribit 1700S)가 흐름성이 좋은 PBT(Tribit

1500)보다 다양한 속도에서도 스크류 런너에서 충전균형이 잘 이루어 졌다. 향후 더 다양한 수지의 종류와 여러 스크류 런너 타입에서 캐비티간 균형 실험을 통하여 보다 엄밀한 스크류 런너의 설계가 필요하다고 판단된다. 또한, 캐비티간 충전균형의 정도에 따라 어느 정도 품질의 균형이 이루어 지는지를 제품의 치수나 물성측정을 통해 확인하는 연구가 더 진행되어야 할 것으로 본다.

**감사의 글:** 본 과제(연구)는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업으로 수행된 결과임.

## 참 고 문 헌

1. T. A. Osswald, L.-S. Turng, and P. J. Gramann, *Injection Molding Handbook*, Hanser, Munich, 2001.
2. M.-Y. Lyu and H.-Y. Kim, *Polymer Science and Technology*, **20**, 157 (2009).
3. M. A. Kang and M.-Y. Lyu, *Polymer(Korea)*, **32**, 501, (2008).
4. J. P. Beaumont, J. H. Young and M. J. Jaworski, *ANTEC*, **56**, 599 (1998).
5. J. Beaumont, J. Ralston, and A. Shuttleworth, *ANTEC*, **57**, 461 (1999).
6. J. Coulter, K. Takarada, J. Beaumont, and M. Myers, *ANTEC*, **64**, 1098 (2006).
7. R. T. Paszkowski and K. E. Garnavish, *ANTEC*, **60**, 3536 (2002).
8. J. A. Cypher and A. M. Neely, *ANTEC*, **61**, 3363 (2003).
9. C. C. Chien, C. C. Chiang, W. H. Yang, V. Tsai, and D. C. Hsu, *ANTEC*, **63**, 55 (2005).
10. A. Kumar, A. Egelja, E. W. Grald, and J. P. Beaumont, *ANTEC*, **60**, 541 (2002).
11. P. Auell and M. Bailey, *ANTEC*, **60**, 3495 (2002).
12. J. Hoover and R. McKee, *Society of Plastics Engineers*, 2868 (2006).
13. P. S. Cook, H. You, C. V. Kietzmann, and F. S. Costa, *ANTEC*, **63**, 526 (2005).
14. H. E. Casaldi and T. Michel, *ANTEC*, **59**, 3112 (2001).
15. J. P. Beaumont, *ANTEC*, **59**, 3680 (2001).
16. K. Boell, J. P. Beaumont, and B. Young, *ANTEC*, **61**, 430 (2003).
17. J. P. Beaumont and J. Ralston, *ANTEC*, **57**, 77 (1999).
18. H. P. Park, B. S. Cha, and B. O. Rhee, *Transactions of Materials Processing*, **15**, 47 (2006).
19. C. M. Kang, Y. D. Jeong, and K. T. Han, *Transactions of Materials Processing*, **15**, 42 (2006).
20. J. P. Beaumont, US Patent 6,077,470 (2000).
21. J. P. Beaumont, US Patent 6,503,438 (2003).
22. C. A. Wiechard, US Patent 4,620,958 (2003).
23. N. Katstoshi, Japan Patent 0020563 (1993).
24. H. T. Kim and Y. R. Jeon, Korea Patent 10-2006-0079007 (2006).
25. H. T. Kim and Y. R. Jeon, Korea Patent 10-2006-0075199 (2006).