

초정밀 박육 플라스틱 제품 성형기술에 관한 연구

허영무[†] · 신광호¹

한국생산기술연구원 금형기술그룹^{1,†}

A study on the injection molding technology for thin wall plastic part

Young-Moo Heo[†] · Kwang-Ho Shin¹

Dies and Molds Technology Group, Korea Institute of Industrial Technology^{1,†}

(Received May 09, 2016 / Revised May 27, 2016 / Accepted June 03, 2016)

Abstract: In the semiconductor industry the final products were checked for several environments before sell the products. The burning test of memory and chip was implemented in reliability for all of parts. The memory and chip were developed to high density memory and high performance chip, so circuit design was also high integrated and the test bed was needed to be thin and fine pitch socket. LGA(Land Grid Array) IC socket with thin wall thickness was designed to satisfy this requirement. The LGA IC socket plastic part was manufacture by injection molding process, it was needed accuracy, stiffness and suit resin with high flowability. In this study, injection molding process analysis was executed for 2 and 4 cavities moldings with runner, gate and sprue. The warpage analysis was also implemented for further gate removal process. Through the analyses the total deformations of the moldings were predicted within maximum 0.05mm deformation. Finally in consideration of these results, 2 and 4 cavities molds were designed and made and tested in injection molding process.

Key Words: CAE analysis, Cold cutting, Cutting behavior, Punch, Roughness, Side gate

1. 서 론

현대사회는 과학기술의 발전으로 인해 많은 제품들이 생산되고 있으며 최근에는 매우 소형의 제품들이 다양한 기능들을 가지고 시장에 출품되고 있으며, 이중 반도체부품은 그 대표적인 제품이라고 할 수 있다. 이러한 반도체 부품의 특징은 제품의 크기가 작고 연결회로 간의 간격 또는 피치 등이 매우 적은 것이 특징일 수 있다. 또한 커넥터 부품^{1,2)} 또한 정밀도 등에서 매우 중요한 부품이 되곤 한다. 이러한 반도체 부품의 신뢰성을 확보하기 위하여 시험을 통하여 통과된 제품이 시장에서 판매가 되게 된다. 따라서 반도체 부품에 있어서 시험제품의 경우는 동반적으로 그 성능이 같이 향상이 필요하

며 이러한 것이 담보되어야 신뢰성이 확보된 제품이 판매될 수 있는 것이다. 반도체 테스트용 소켓은 이러한 반도체부품의 테스트를 위하여 사용되는 부품의 일환으로 BGA(Ball Grid Array), LGA(Land Grid Array) 등의 부품들이 있을 수 있다. 이 중 LGA 부품의 경우는 매우 얇은 다수의 제품을 적층하여 반도체 테스트용 소켓에 조립하여 사용되어지는 부품으로 제품의 특성은 재질은 플라스틱이며 두께가 얇고 피치가 적은 것이 특징이며 형상 또한 복잡성을 가지고 있고 요구되어지는 정밀도 또한 매우 높은 정밀도를 요구하고 있다^{3,4)}. 여기에 사용되는 LGA 부품 중 Separator 부품은 20~40매 정도를 적층하여 사용하는 제품으로 사출성형을 사용하여 제작되어지며 사출성형 후 제품을 마무리하여 조립공정을 거쳐 반도체를 테스트하는 소켓으로 조립되게 된다. Fig. 1에 Separator 제품과 조립된 테스트 소켓형상을 보여주고 있다.

[†] 교신저자: 한국생산기술연구원 금형기술그룹
E-mail: ymheo@kitech.re.kr

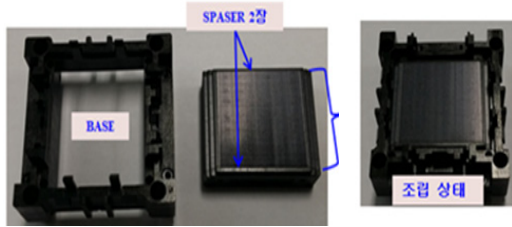


Fig. 1 Separator parts and test socket assembled

두께가 얇은 제품을 사출 성형하기 위하여 성형성이 우수한 게이트 방식을 채용하게 되며 대부분 사용되어지는 게이트 형식은 사이드 게이트 또는 필름 게이트가 사용되고 있다. 성형품으로부터 스프루와 러너 및 게이트를 제거하고 캐비티 부분을 사용하기 위해서는 성형 후 게이트 부분의 절단이 필요하다.

본 연구에서는 LGA IC 테스트 소켓용 제품 생산을 위한 사출성형용 금형에 있어서 추후 게이트 절단을 고려하여 설계된 러너에 대한 사출성형 해석을 통한 사출 성형 특성을 파악하고자 하였다.

2. 본론

2.1. LGA IC 제품

LGA IC 제품의 경우 두께가 0.4mm 수준으로 매우 얇으며 전체적인 구조 측면에서 기계적 강도가 약하여 수작업이나 커터 등을 활용한 성형 후 게이트 제거 작업은 변형 등의 우려로 인하여 배제하였으며 게이트 절단을 위한 제품의 파손 등을 방지하기 위하여 러너의 형상을 기계적인 강도를 유지할 수 있는 구조로 설계하였으며 게이트 절단시 전체 성형품을 위치시킨 후 작업을 진행할 수 있도록 러너를 고안하였다. Fig. 2에 유동주입기구가 부착된 2, 4 캐비티 성형품 형상을 보여주고 있다. 성형후 게이트 절단을 원활히 수행하기 위하여 러너의 형상을 견고하게 설계하였다.

본 연구에서 사용되어진 플라스틱 재료는 유동성이 우수하고 얇은 두께의 제품성형에 사용되어지는 PEI(PolyEtherimide)수지로서 Sabc의 Ultem SF2250 그레이드가 사용되었으며 동 재료의 유변학적 물성은 Fig. 3에서 (a)점도 변화 선도 및 (b)P-v-T 선도를 보여주고 있다. 본 연구에 사용된 재료의 경우 점도는 전달을 및 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이고 있으며 온도 차이에 의한 감소 추이는 크

게 나타나지 않고 있다. P-v-T 선도의 경우 온도가 높은 구간에서 비체적의 변화가 크게 나타나고 있는 특성을 보이는 재료이다. 또한 연화온도가 200℃ 이상인 수지로서 성형을 위한 용융수지온도는 400℃ 이상을 사용하였다. Table 1에 사용된 재료에 대한 기계적, 열적 물성 값들을 서술하였다.

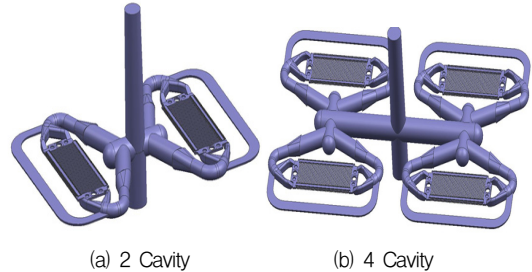


Fig. 2 LGA IC parts models with runners and sprue

Table 1 Mechanical and thermal properties of Ultem SF2250 material

Classification	Values
Young's modulus	12680 MPa
Poisson's ratio	0.4
Tensile strength	162 MPa
Elongation	3 %
Heat distortion temperature	203℃
Specific gravity	1.44
Mold shrinkage flow--xflow	0.46%~0.54%

2.2. 일반 사출성형 해석

본 해석에 있어서 2, 4 캐비 성형품의 경우 해석의 효율성을 위하여 1/2, 1/4 부분을 해석에 활용하였고 해석에 사용된 프로그램은 Autodesk사의 MPI 프로그램을 활용하였다. 사출성형기 Sodick 30톤 모델의 사양을 고려하여 해석조건을 결정하였다.

사출성형 해석 조건은 2, 4 캐비티 제품의 경우 용융수지 온도 및 보압은 동일하게 설정하였으며, 금형의 온도는 4 캐비티의 경우 5℃가 높은 105℃로 설정하였다. 충전시간은 Ram speed 로 설정하였다. Table 2에 2, 4 각 캐비티의 경우 성형 해석 조건을 나타내고 있다. 충전 해석 결과 2, 4 캐비티 공히 제품의 중앙부위에 미충전 현상이 예측되었다. 성형이 완료되기 전에 유동선단부의 온도가 고화온도 부근까지 저하가 발생하여 더 이상 용융수지의 선단이 진행하지 못한 것으로 보인다.

Table 2 Analysis conditions

Classification		2 Cavity	4 Cavity
Injection+Packing+Cooling time(sec.)		5.6	5.6
Melt temperature(°C)		415	415
Packing pressure(Mpa)		30	30
Fixed half core temperature(°C)		100	105
Moving half core temperature(°C)		100	105
Fill time	Position(mm)	13.8	15.6
	Speed(mm/s)	500	500

러너가 장착된 부위까지는 용융수지가 빠르게 충전이 일어나다가 금형 캐비티 벽면과 접촉하는 부위에서 냉각 고화층의 발달에 따른 유동을 위한 단면 두께가 급격히 감소하여 충전이 완전히 이루어지지 않았다. Fig. 3 (a)2 캐비티, (b)4 캐비티에 대한 각각의 충전해석결과를 시간별로 보여주고 있다.

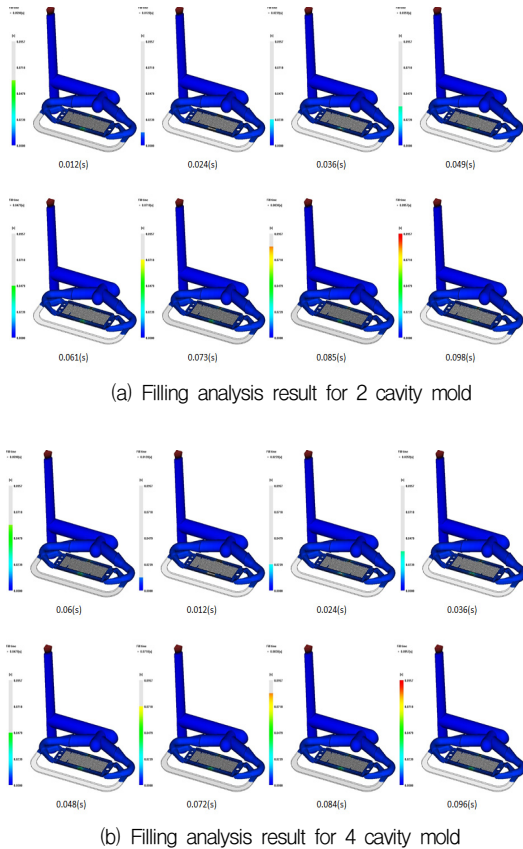


Fig. 3 Filling analysis results

Fig. 3과 같이 일반 사출성형조건으로의 성형이 곤란하여 고속사출성형 조건으로 성형조건을 변경하여 성형 해석후 변형의 경향을 살펴보았다.

2.3. 고속 사출성형 해석

Table 3에 수정한 고속사출성형 해석 조건을 보여주고 있다. 수정된 성형 조건은 충전시간 및 보압을 변경하였으며 용융수지온도, 금형온도는 일반성형 조건을 그대로 유지하였다⁵⁻⁷⁾. Fig. 4, 5에 고속성형 해석한 결과를 보여주고 있다.

Table 3 Modified analysis conditions

Classification		2 Cavity	4 Cavity
Injection+Packing+Cooling time(sec.)		5.517	5.53
Melt temperature(°C)		415	415
Packing pressure(Mpa)		45	30
Fixed half core temperature(°C)		100	105
Moving half core temperature(°C)		100	105
Fill time	Time(second)	0.03	0.042
	Speed(mm/s)	900	900

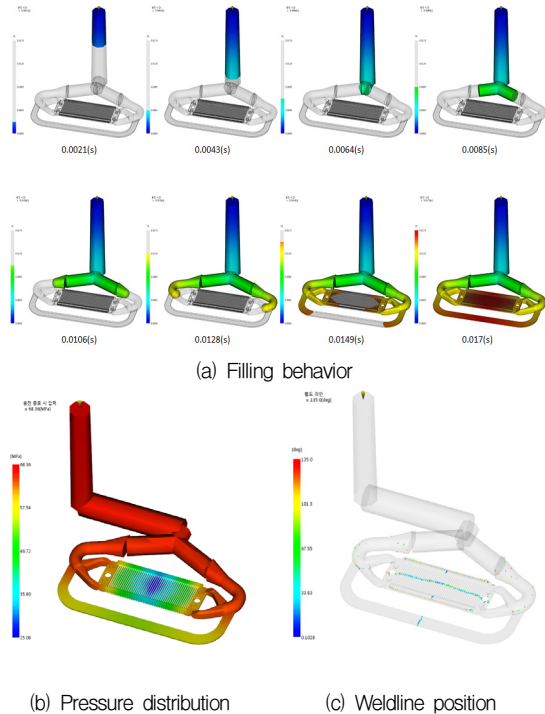


Fig. 4 Filling results of 2 cavity mold

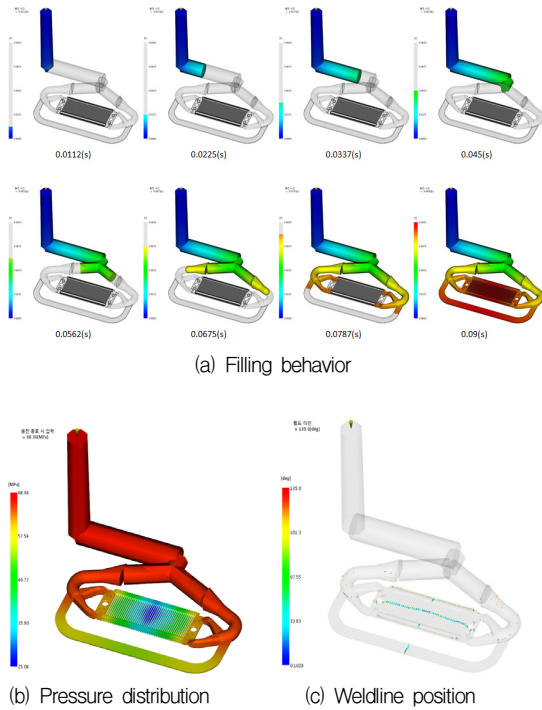


Fig. 5 Filling results of 4 cavity mold

해석결과 충전시간은 2, 4 캐비티 각각 0.17초, 0.09초 정도로 매우 짧은 시간에 충전이 이루어졌고 제품 중심부까지 충전이 완료되었다. 성형 압력의 경우 충전시간이 더욱 짧게 성형 해석된 4 캐비티의 경우가 유동 중 발생하는 마찰열에 의한 용융수진 온도상승으로 점도 하락에 따라 성형압력이 감소하는 결과를 나타내었다. 웰드라인 위치는 각 캐비티 공히 유사하게 예측되었다.

사출성형해석 후 수행한 변형해석의 결과를 Fig. 5, 6에서 2, 4 캐비티 각각의 결과를 나타내고 있다.

2캐비티 금형의 경우 (a)x방향 변형량 $-0.0278 \text{ mm} < x < 0.0281 \text{ mm}$, (b)y방향 변형량 $-0.0140 \text{ mm} < y < 0.0132 \text{ mm}$ 및 (c)z방향 변형량 $-0.0220 \text{ mm} < z < 0.0121 \text{ mm}$ 로 예측되었으며 게이트 부근에서 변형이 크게 발생하였다. 전체 방향변형량은 0.0348 mm 정도로 예측되었다. 4캐비티 금형의 경우 (a)x방향 변형량 $-0.0160 \text{ mm} < x < 0.0142 \text{ mm}$, (b)y방향 변형량 $-0.0318 \text{ mm} < y < 0.0311 \text{ mm}$ 및 (c)z방향 변형량 $-0.0274 \text{ mm} < z < 0.0142 \text{ mm}$ 로 예측되었으며 y방향에서 가장 크게 나타나는 경향을 보였다. 전체 변형량은 0.0409 mm 수준으로 역시 게이트부근에서 가장 크게 예상되었다.

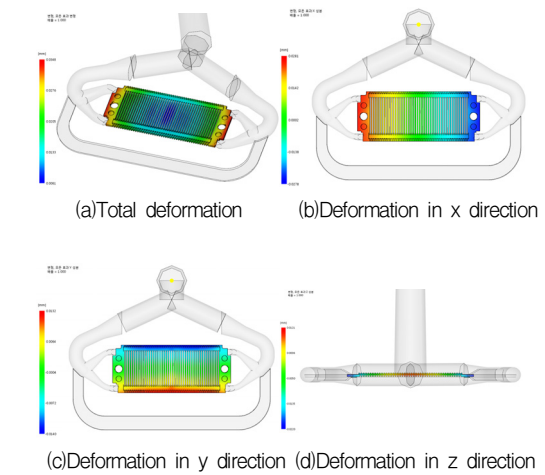


Fig. 6 Deformation results for 2 cavity mold

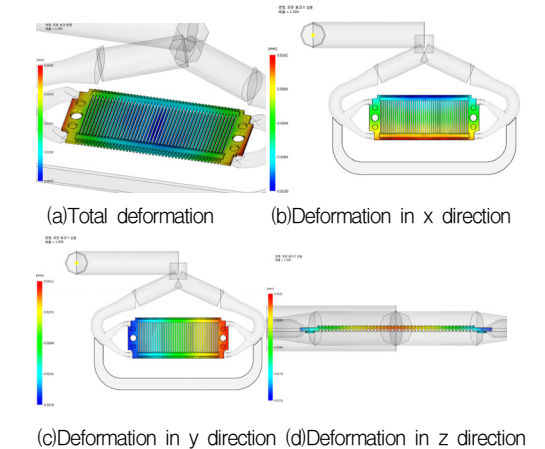


Fig. 7 Deformation results for 4 cavity mold

상기 해석결과를 토대로 금형을 설계, 제작하였으며 성형공정을 통하여 얻어진 2, 4 캐비티 제품 형상을 Fig. 8에서 보여주고 있다. 동 제품들은 추후 게이트 절단을 위한 연구에 활용되어질 것이다.



Fig. 8 Photos of 2 and 4 cavity moldings

3. 결론

본 연구에서는 사이드 게이트로 설계된 박육 플라스틱 제품의 추후 게이트 절단 공정을 위하여 러너가 보강된 제품에 대하여 사출성형을 위한 러너를 수정 보완한 결과를 이용하여 사출성형 해석을 통한 변형결과를 예측 하였다. 이러한 해석 등을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 수정 러너를 장착한 모델에 대하여 해석을 수행한 결과 일반 사출 성형 해석 공정으로 성형이 곤란하였다.

2) 고속 사출성형 공정을 활용하여 성형을 완성할 수 있었으며 이를 실제 금형 설계에 활용 가능하였다.

3) 러너 형상의 경우 유동 거리에 따라 변화하는 단면형상을 부여하여 변형량을 감소시킬 수 있었으며 전체 변형량은 0.05mm 수준으로 달성하였다.

4) 추후 게이트 절단을 위한 러너 수정을 성공적인 것으로 예상되었다.

후기

본 연구는 결과는 산업자원부의 수요대응공동기술지원사업의 지원으로 얻어진 것이다.

참고문헌

- 1) P. Sung and R. Chen, "Connector structure based modeling of assembly sequence planning", Applied Mechanics and Materials Volume 496-500, pp. 2729-2732.
- 2) D.Y. Kim, H.S. Park, W.K. Kim, C.R. Pyo and H.Y. Kim, "Shape design of FPCB connector to improve assembly performance", J. of KSME 36, pp. 347-353, 2012.
- 3) C.H.Yoon, J.G. Park, H.S. Choi and Y.S. Kim "Quality improvement for crimping process of electrical connector using FEM analysis", Trans. of Material Processing 18 pp. 229-235, 2009.
- 4) Y. Heo, J. Kim, H. Lee, S. Won, and S. Yoon "Design of Wire to Board Insulation Displacement Connector for Simplification of Assembling Process Proceeding of the 6th Int. Conf. on Mfg.", Machine Design and Tribology p. 303, 2015.
- 5) 유진, 신희석, 한무근, 허영무, "노트북 PC용 WTB 커넥터 설계", 제 11회 금형가공심포지엄 논문집, pp. 156-162, 2014.
- 6) 허영무, 박형필, 신광호, "커넥터 소켓 하우징 사출 성형해석", 한국자동차공학회 논문집 p. 1745, 2013.
- 7) H.H. Shin, Y.M. Heo, "Study on the Effect of Injection Molding Time for Molding of Small Pitch Connector Housing", POLYCHAR21, p. 274, 2013.