

박판 플라스틱 부품의 Outsert Molding 기술에 대한 연구

이성희[#] · 고영배¹ · 이종원¹

A Study of Outsert Molding Technology for Thin-walled Plastic Part

S. H. Lee, Y. B. Ko, J. W. Lee

(Received March 4, 2009)

Abstract

A work of thin-walled outsert injection molding technology for a plastic part of moldframe applicable in a display product was performed in the present study. The thin-walled plastic part is one of the core parts in the display product, which supports and protects a light guide plate and back light unit from external environmental conditions. It globally has the shape of rectangular and surrounds the light guide plate and back light unit for each class of inch, however, the cross section of the part is not clear to define the thickness. This causes the difficult problem of injection molding itself for the part. Moreover, a metal outsert part makes a difficult problem in injection molding over it. Because the mold temperature control of the parts are not uniform in thickness direction due to the metal part. A careful injection molding analysis and injection mold design from the analysis results have to be proceeded to obtain a production of precision moldframe. Therefore, optimization for injection molding process and analysis of warpage characteristics were studied. Consequently, it was possible from the presented virtual manufacturing process that the manufacturing of precision thin-walled outsert moldframe.

Key Words : Thin-walled Plastic, Outsert, Display, Moldframe, Injection Molding, Mold, Optimization

1. 서 론

최근 들어 국가 주력 제품군인 IT 제품(Mobile phone, Mobile TV, Digital TV, PMP, MP3, Navigation, DVC 등) 및 이를 구성하는 고분자 플라스틱 부품은 소비자의 요구로 인해 계속적으로 슬림(slim)화되고 있는 실정이다. 특히 휴대폰 및 디스플레이 산업의 급속한 발전으로 인해 BLU(back light unit, Fig. 1)에 대한 수요 및 이를 구성하는 부품 중 핵심 부품인 LGP(light guide plate)[1~2]의 수요는 계속적으로 증가하고 있다. 특히 박판 LGP의 경우

현재 그 두께가 점점 얇아지고 있는 추세에 있으며, 약 300 μm 에 대한 양산기술이 진행되고 있는 실정이다. 박판 LGP가 기능을 발휘하기 위해서는 사용중에 안정적으로 지지될 수 있는 외부 구조물이 필요하며, 이러한 구조물이 바로 몰드프레임(moldframe)이다. 비록 부품 형상 측면에서는 단순한 플라스틱 부품이나, 이를 사출성형기술로 제작하기 위해서는 많은 전문기술들이 요구되게 된다.

즉, 고분자 수지선정, 부품설계 및 수정, 사출성형특성 사전분석, 금형설계 및 제작, 초정밀 사출성형기술 등이 요구된다. 한편 기존의 몰드프레

1. 한국생산기술연구원 금형성형기술연구부

교신저자: 한국생산기술연구원 금형성형기술연구부,

E-mail: birdlee@kitech.re.kr

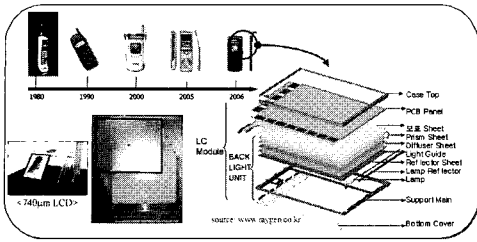


Fig. 1 Slim trend in mobile phone and components of BLU with moldframe

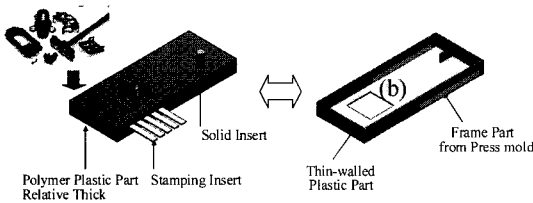


Fig. 2 Comparison of technology between insert injection molding and outsert injection molding((a) Insert molded part, (b) Outsert molded part)

임은 계속적으로 얇아지는 추세에 있었으나, 플라스틱이 갖는 기계적 특성으로 인해 두께 감소에 한계가 있어 전체적인 베이스 형상은 메탈로 그리고 기존의 몰드 프레임 형상부는 플라스틱으로 성형하는 방법이 적용되고 있다. Fig. 2에서는 기존의 인서트(insert) 사출성형부품과 본 연구에서 제안된 아웃서트(outsert) 사출성형부품의 구조적인 차이점을 보여주고 있다.

인서트 사출성형방법은 수직형 사출성형기를 사용하여 자동차 커넥터와 같은 체결용, 전극용 등 비교적 두꺼운 플라스틱제품의 성형에 적용된 반면, 본 연구에서 제안된 아웃서트 사출성형기술은 기존의 수평형 사출성형기를 사용하여 박육 디스플레이 몰드프레임류 성형이 가능한 기술로 박육 대형화 추세에 대응 가능한 기술이다. 즉, 전체적인 구조적 강성 및 강도는 메탈부분이 담당하고, 체결을 위한 자유로운 삼차원 형상은 플라스틱이 담당하게 함으로써 디스플레이용 부품의 슬림화에 대응 가능한 성형기술이다. 그러나 부품을 직접 성형해야하는 기술자 측면에서는 전자의 경우 프레스 부품의 정확한 안착이 매우 중요하고, 후자의 경우는 근본적으로 박육사출성형 [3~5] 특성으로 인해 충전자체의 문제와 메탈과 플라스틱 부품의 이종계면간의 비접촉 문제로 인

한 부품간 이탈 문제가 발생되게 된다.

따라서 본 연구에서는 점점 슬림화 되어가는 디스플레이용 몰드프레임의 강도 및 구조적 강성 문제를 해결할 수 있는 아웃서트 몰드프레임의 사출성형기술에 대해 연구를 수행하고자 한다. 이를 위해 정밀사출 유동해석기술을 통해 설계된 스프루, 런너 및 게이트의 충전특성평가, 저압사출성형을 위한 충전압력최적화, 변형 및 냉각최적화 및 아웃서트 메탈 부품특성을 고려한 유동해석을 수행하여 최적의 부품성형 공정조건을 도출하고자 한다. 도출된 최적의 성형공정조건을 금형설계 및 사출성형과정에 적용하여 치수안정성이 확보된 아웃서트 몰드프레임을 제작하고자 한다.

2. Outsert Molding Analysis

2.1 Outsert Moldframe

본 연구에서 개발대상인 아웃서트 몰드프레임 형상을 Fig. 3 에 제시하였다. 전체적인 길이, 폭 및 두께는 79.89 x 46.48 x 2.38mm 이다. 비록 Fig. 3 에 제시된 아웃서트 몰드프레임 부품은 거시적으로는 2 차원구조를 보이고 있으나, 플라스틱 부분의 위치변화에 따라 두께가 불균일한 형상을 포함하고 있으며, 상대적으로도 얇은(thin-walled) 부분을 포함하고 있어 사출성형이 매우 힘든 구조이다[6]. 특히 기존의 일반 몰드프레임과는 달리 사출성형과정에서 용융된 수지의 한 면이 금형면이 아닌 아웃서트 프레임(SUS)부를 만나게 되므로 수지유동상 매우 큰 제약을 받게 된다.

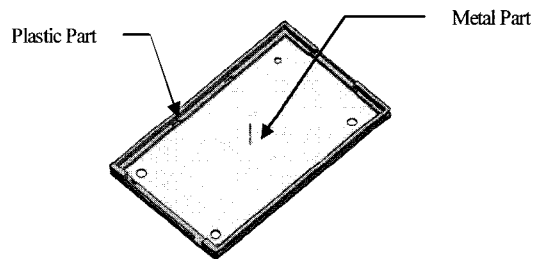


Fig. 3 Outsert moldframe model with plastic and metal part(76.89 x 46.48 x 2.38mm)

2.2 Injection Molding Analysis : Pre-Processing

사출성형특성의 사전분석은 전체제조공정의 효율성을 좌우하는 매우 중요한 역할을 하게 된다. 본 절에서는 디스플레이용 아웃서트 몰드프레임

의 정밀사출성형해석기술 중 전처리 과정에 대해 살펴보았다. 사출성형기술은 소재선정, 제품설계, 금형설계, 사출성형 및 측정평가의 일반적인 프로세스를 거치게 된다[7~8]. 대상 부품이 점점 소형화 되면서 정밀사출성형해석의 중요성은 점점 증대되고 있으며, 이러한 정밀 부품생산을 위해서는 정확한 사출성형해석 및 이를 바탕으로 한 금형설계가 진행되어야 한다. 본 연구에서도 정밀 사출성형해석에 앞서 Fig. 3 모델에 대한 유한요소모델링을 수행하였으며, 공정조건 변화에 대한 결과도출에는 Dual Domain Mesh(triangle)를 적용하였고, 최적화 성형공정도출 후 최종 성형 해석에는 3D Mesh(tetrahedral, Fig. 4)를 적용하여 해석을 수행하였다. 전자의 경우 사용된 부품에 대한 총 유한요소수는 72,008 개로 하였으며, 후자의 경우는 605,200 개로 생성하였다. 유한요소 개수 및 정밀도는 해석에서 매우 중요하다. 왜냐하면 유한요소수가 적게 모델을 생성하면 해석시간은 적게 걸리지만 해석결과를 신뢰하기 힘들며, 유한요소수가 많게 모델을 생성하면 비록 해석결과는 좀 더 정확해지겠지만 매우 많은 해석시간을 요구하게 되므로, 본 연구에서와 같이 많은 해석을 반복 수행하는 경우 해석시간 및 해석결과를 고려한 최적의 유한요소개수를 선정하였다. 또한 본 모델과 같이 플라스틱 수지와 메탈의 이종재를 같이 고려해야 해석에서는 그 경계에서의 요소망 처리에 매우 주의를 요구한다. 본 연구에서는 플라스틱과 메탈 접촉부에서의 정밀한 해석결과도출을 위해 메탈 베이스 부의 형상을 분할 처리한 후 국부적으로 요소망 밀도를 조절하여 유한 요소망을 생성하였다.

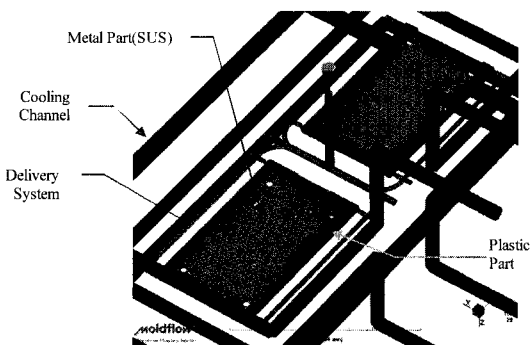


Fig. 4 Process for finite element generation from 3D CAD model(Metal & plastic part : tetrahedral mesh)

본 연구에서 사용된 몰드프레임 성형용 수지는 제일모직의 비결정수지인 폴리카보네이트(PC) 수지이며, 수지 데이터 베이스 상에 제시된 성형조건과 관계된 공정조건을 Table 1에 제시하였다. 표에서 보듯이 PC 수지 특성상 매우 높은 용융수지 및 금형 온도가 요구됨을 볼 수 있다. 사용된 수지의 전단을 변화에 따른 점도 및 압력과 온도변화에 따른 비체적의 변화 결과를 Fig. 5에 제시하였다. 또한 해석에 적용된 사출성형기는 FANUC 50 톤이고 스크류 직경은 22mm 이다. 최대사출률은 138cm³/s 이다.

2.3 Results of Injection Molding Analysis

사출성형특성의 사전분석은 전체제조공정 프로세스의 효율성을 결정하는 매우 중요한 작업이다. 본 연구에서는 일차적으로 주어진 모델에 대한 충전최적화를 수행하였다. 즉, 충전시간의 변화에 따른 압력변화특성을 살펴보았으며, 그 결과를 Fig. 6에 제시하였다. 본 최적화의 목적은 사출성형단계에서 가장 처음 공정인 충전에서부터 최소압력이 발생되도록 성형조건을 결정하여 최종적으로 저압으로 제품이 성형될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 결과에서 보듯이 대략 0.2~0.5 초 부근에서 최소 사출성형압력(노즐선단)이 발생됨을 볼 수 있다. 또한 본 연구에서는 금형온도, 수지온도, 보압조건 및 냉각조건에 따른 압력 및 변형특성을 살펴보았다. Table 2에서는 각 인자에 대한 해석조건 범위 및 압력과 변형의 민감도를 보여주고 있다.

Table 1 Recommended and initial processing parameter for polycarbonate resin

PC : Staren LB1020 : Cheil Industries Incorporated	Value	initial data
Recommended mold temp. range (°C)	60~80	70
Recommended meld temp. range (°C)	290~310	300
Absolute max. melt temp. (°C)	350	-
Ejecting temp. (°C)	140	-

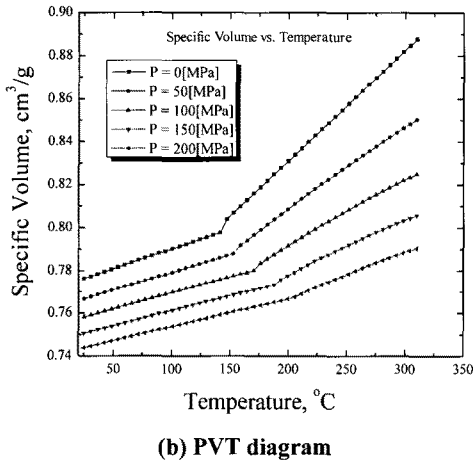
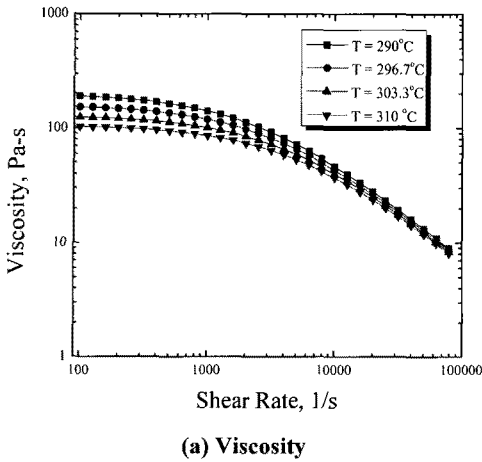


Fig. 5 Viscosity and PVT diagram for polycarbonate resin

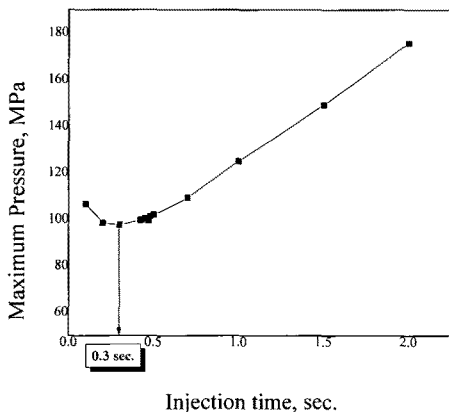


Fig. 6 Pressure vs. injection time for outsert moldframe

Table 2 Pressure and warpage sensitivity of various processing conditions for outsert moldframe

	Unit	Range	N	$\sigma P(P_avg)$	$\sigma W(W_avg)$
Mold T	°C	50~90	5	1.52(91.1)	0.04(0.07)
Melt T	°C	290~320	5	14.58(100.6)	0.06(0.66)
Packing P	%	20~120	6	8.14(103.38)	0.32(0.80)
Packing t	sec.	0~2.5	9	0(100.1)	0.36(0.90)
Cooling t	sec.	2~12	6	0.16(90.75)	0.00(0.72)
Cooling T	°C	25~95	8	2.73(90.99)	0.04(0.72)

* T: Temperature, P: Pressure, t: Time, N: No. of analysis, W: Warpage, σP , W: Standard deviation of P & W, P_avg: Average of P & W

Table 3 Optimized injection molding conditions from numerical analysis for outsert moldframe

Parameter	Unit	Value
Mold temperature	°C	65
Melt temperature	°C	315
Cooling time	sec.	2
Cooling temperature	°C	65
Injection time	sec.	0.28
V/P switchover	%	auto
Packing time	sec.	1.5
Packing pressure	%	80

Table 2 에서 보듯이 사출성형시 발생하는 최대 압력은 수지온도와 보압력이 가장 큰 영향을 미침을 볼 수 있으며, 변형의 경우는 보압력과 보압시간이 가장 큰 영향을 미침을 확인 할 수 있다. Fig. 6 와 Table 2 의 결과를 바탕으로 하여 최적 사출성형 공정조건을 도출하였으며, 그 결과를 Table 3 에 제시하였으며, 공정조건이 적용된 최종해석 결과 중 최대 변형결과를 Fig. 7 에서 보여주고 있다. 결과에서 보듯이 최대 변형은 모서리 부에서 44 μ m 이 발생되어 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

2.4 Structural analysis of mold

아웃서트 몰드프레임의 박육특성으로 인해 사출성형과정에서 고압의 성형조건이 형성되므로,

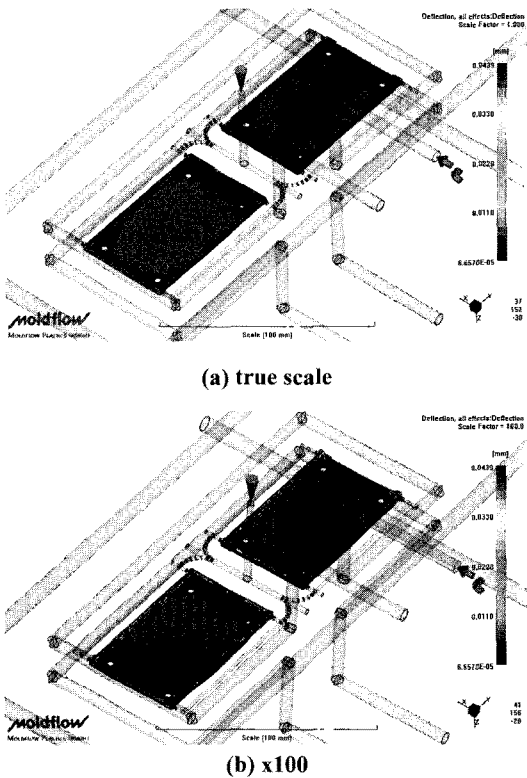


Fig. 7 Result of filling and warpage for outsert moldframe(Maximum deformation=44µm)

이에 따른 금형의 구조적 변형이 검토되어야 한다. 일반적인 두께를 갖는 사출성형품의 경우는 수십 마이크로의 금형변형이 전체적인 충전패턴에 영향을 미치지 않는으나, 본 연구에서 제안된 모델과 같이 평균 두께가 수백마이크로인 경우는 금형의 변형자체가 성형제품의 두께를 변화시켜 사출성형과정에서 문제를 일으킬 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 사출성형해석을 통해 검토된 사출압력을 기준으로 하여 금형의 열구조해석을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 8에 제시하였다. 해석에 사용된 프로그램은 ANSYS™ V11이며, 모델의 대칭성을 고려하여 ¼ 금형모델에 대해 해석을 수행하였다.

결과에서 보듯이 용융수지의 양이 미소하여 투입된 열이 금형의 외부로 잘 방출되고 있음을 볼 수 있으며, 100MPa의 내부 압력에 대해 최대 변형이 금형외부에서 약 143µm가 발생되지만 금형코어 부분에서는 50µm이내의 변형이 발생되어 성형상 큰 문제점이 없을 것으로 사료된다. 한편 Fig. 8의 하부 그래프는 최대 성형압력에 따른 선형

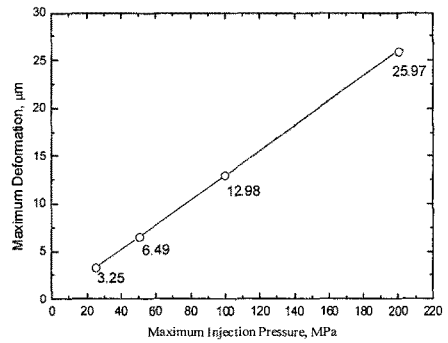
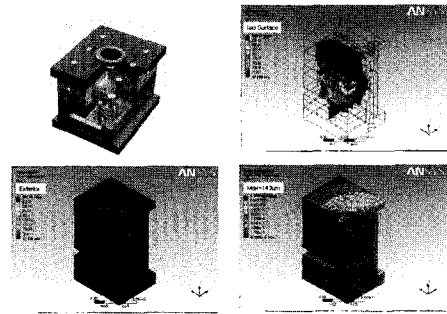


Fig. 8 Result of deformation for designed outsert moldframe injection mold

변형 거동치를 보여주는 그래프로서 설계시 사출성형압력과 금형의 변형을 평가할 수 있는 기준으로 활용될 수 있다. 본 그래프는 금형코어부에 대해서만 해석된 결과이다. 실제 몰드베이스를 고려한 경우보다는 크게 강성이 높은 결과(12.98µm)를 보여주고 있음을 알 수 있다.

3. 금형제작 및 최종사출성형

앞 절에서 얻어진 결과를 기초로 하여 본 연구에서는 디스플레이 부품중 하나인 아웃서트 몰드프레임의 주어진 범위 및 스펙안에서 최적의 설계안 및 공정조건을 도출하였다. 그 결과를 최종 금형설계에 반영하였으며, Fig. 9에 설계된 결과 및 최종 제작된 아웃서트 몰드프레임 성형용 금형 및 이를 이용하여 사출성형된 최종 부품을 제시하였다.

4. 결론

본 연구에서는 기존 수평형 사출기를 활용한 박막 아웃서트 성형(outsert molding) 기술에 대해

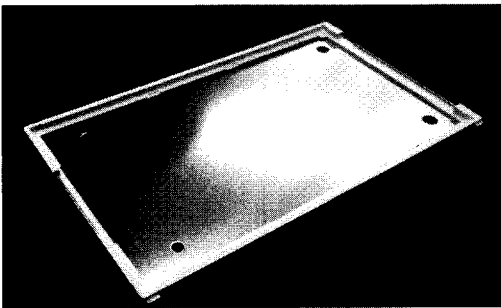
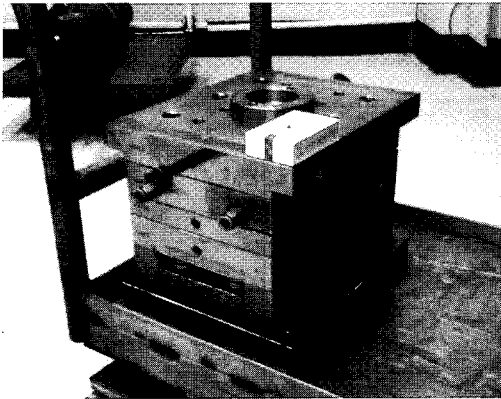


Fig. 9 Manufactured mold and molded part for thin-walled outsert moldframe

연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 기존 박육 사출성형에 비해 아웃서트 SUS 구조물의 삽입으로 인한 고압의 성형조건이 도출됨을 확인하였다.

(2) 아웃서트 사출성형해석을 통해 유한요소모델링시 매우 세심한 주의가 필요함을 확인하였으며, 성형측면에서는 웰드라인(weldline)의 위치제어, 사출압력 및 변형을 최소화 할 수 있는 공정조건을 도출하였고, 그 결과를 실제 사출성형시 반영하였다. 또한 고압성형조건에 따른 금형의 구조해석 및 열구조 연성해석을 통해 응력 및 변형특성을 살펴보았으며, 이러한 일련의 해석을 통해 사출성형부품이 얇아질 수록 더욱 더 구조해석이 필요함을 알 수 있었다.

(3) 실제 사출성형을 수행하는 과정에서 해석과정에서는 직접적으로 확인하기 불가능한 크랙과 같은 성형불량이 발생되어 이를 해결하기 위해서는 국부 수축제어가 가능한 금형 구조가 필요함을 확

인하였고, 금형 및 제품 수정을 통해 성형불량이 발생되지 않는 최종 제품 성형이 가능하였다.

후 기

본 연구는 중소기업청의 2008년도 중소기업기술훈신개발사업(08-SE-1-0042)에 의해 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. 또한 본 논문을 위해 사출성형실험 및 제반 사항에 많은 도움을 주신 (주)민성정밀 관계자 여러분과 특히 하진만 상무님, 김선우 차장님께 진심으로 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] S. Suzuki, M. Okada, et al., 1997, Design of Highly Efficient Waveguide for LCD Backlighting System, Technical Report of IEICE, pp. 67~72.
- [2] T. Nagahara, A. Fukui, et al., 2001, Light-Guiding Plate for Liquid Crystal Display, Matsushita Technical Journal, Vol. 47, No. 3, pp. 2~6.
- [3] S. H. Lee, J. J. Kang, Y. M. Heo, T. S. Jung, 2005, u-Injection Molding Process Analysis for In-plane Microneedle, Transactions of Materials Processing, Vol. 14, No. 6, pp. 491~495.
- [4] S. H. Lee, 2008, A Study on Precision Injection Molding of Light Guide Plate for Improvement of Optical Properties, Journal of Industrial Technology, Vol. 18, pp. 115~125.
- [5] Lee, S. H, 2007, A Study on Injection Molding for Thin-walled Plastic Battery Case," Journal of Industrial Technology Vol. 16, p. 51~60.
- [6] Y. M. Heo, S. H. Lee, K. H. Shin, G. S. Yoon, W. C. Jung, T. S. Jung, 2005, The warpage reduction for intake manifold product, Transactions of Materials Processing, Vol. 14, No. 3, pp. 269~276.
- [7] G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren, 2001, How to Make Injection Molds, 3rd ed., Carl Hanser Verlag, Munich, Germany.
- [8] C. C. Lee, J. M. Castro, 1989, Fundamentals of Computer Modeling for Polymer Processing, Tucker III, C. L. (ed.), Hanser Publisher, New York.