

Flat TV Front Cover 의 Gas 사출 금형에 대한 연구

문영대*

(2003 년 9 월 8 일 접수)

A Study on Gas-Assisted Plastic Injection Mould of Flat TV Front Cover

Y. D. Moon

Abstract

The major problems of a plastic injection mould can be divided into two kinds, one is in mould another in injected parts. Most of defects of the former comes from mould design, such as, structure and working. The latter are weld line, warpage, sink mark, burning, flow mark, scratching, shading, black hole and so on. Most of problems in injection molding are difficult to find the reason because of complexity. The purpose of this paper is to improve the quality of plastic injection mould and parts with inquiring the counter plan and analyzing troubles of the part of Flat TV Front Cover by flow control method and gas-assisted injection moulding. For minimizing defects of the injection moulded parts, computer aided simulation method for injection mould filling was used. Based on these numerical results, the guidelines of mould design and injection processing condition were established. As a result, the improvement of quality, such as minimizing surface defects of injection moulding parts and troubles in mould was achieved.

Key Words : Plastic Injection Moulding , Paintless, Weld Line, Sink Mark, Flow Mark, Gas Fingering, Curved Tunnel Gate, Flow Control, Gas Assisted Injection Moulding

1. 서 론

일반적으로 플라스틱 사출성형(Plastic injection molding)은 고분자 수지를 가열하여 유동상태가 된 재료를 단혀진 금형의 공동구(Cavity)내로 가압 주입하여 금형내에서 냉각시킴으로서 금형 공동구내의 형상에 상응하는 성형품을 만드는 방법이다. 금형의 종류는 용도에 따라 또는 제품의 생산 방식 등에 따라 다양하나 본 논문은 Flat TV Front Cover 를 사례로 플라스틱 사출성형금형을 소개하고자 한다. 흔히 문제점으로는 금형 설계상의 불량과 성형품의 외관상 불량으로 나눌 수 있

다. 금형상의 문제점은 작동상의 문제, 구조상의 문제, 양산성의 문제 등을 제외하고는 대부분 성형품 외관불량으로 재현된다고 볼 때 궁극적으로는 외관불량은 금형 설계상의 문제와 성형시 공정조건과의 복합적인 문제라고 볼 수 있다. 성형품 외관상 불량으로는 웰드라인(Weld line), 휨, 표면수축(Sink mark), 플로우 마크(Flow mark), 얼룩(Shading), 광택(반짝이), 굽힘, 흑점 등을 들 수 있다. 성형의 특성상 이런 외관불량을 아직까지는 완전히 개선될 수 있는 기술이 갖추어 있지 못하고 있는 실정이며 모니터의 대부분은 금형의 부식치리를 통하여 TV Front Cover 의 경우 성형품에

* 중앙대학교

도장(painting)이 공정으로 추가되 외관불량이 어느 정도 은폐되기는 하나 도장 공정은 환경성의 문제, 제조물책임법의 시행 등으로 해마다 규제가 엄격해지고 있어 기피시 되고 있는 실정이다. 이에 따라 단순히 고객의 주문에 따라 금형을 제작만 한다는 논리로 책임을 고객에 전가 시키는 기업은 더 이상 생존하기 힘들며 문제점 발생시 이에 대한 기술적인 대응 방안을 함께 제시하는 능동적 자세가 필요하다. 특히 외관 불량 중 웰드 라인의 개선은 그 특성상 아직까지는 완전히 해결될 수 없는 문제이나 성형 공정조건 또는 금형 구조상 온도 조절(Control)에 의한 방법과 CAE (Computer Aided Engineering)기법을 이용하여 웰드 라인이 발생하는 위치를 예측하여 눈에 보이지 않는 부분으로 유도하는 유동해석법 등 최소한의 해결방안만이 사용되고 있다. 현재 외관상 불량을 해결하기위한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직까지 현실성이 없고 해결되어도 실용성에는 한계가 있는 것으로 알고 있다. 여기서는 CAE 에 의한 방법으로 웰드 라인의 위치를 예상 후 Gate 위치를 선정하였고 표면수축, 강도보강 등의 문제점을 보완하기 위하여 가스(Gas)사출성형을 적용하였다. 본 논문은 Flat TV Front Cover 사례를 실험 대상으로 하였다. 또한 사출 성형시 문제점을 최소화 시키고자 유동 해석법을 적용하여 분석하였으며 그 결과를 금형제작에 반영 후 실험 수행하여 결과를 비교검토 하였다.

2. 본 론

2.1 유동해석법

유동해석을 위해 Moldflow 사 MPA 프로그램이 사용되었으며 3D Modeling 파일은 STEP 파일로 기타 성형조건을 적용하여 해석하였다. 최적의 조건을 찾고자 다음과 같은 방법으로 해석하였다.

첫째, 수치 유동해석에 따른 유동균형분석과 게이트 및 런너의 크기를 선정하여 성형성을 분석 후 Weld line 의 예상위치를 파악하여 웰드 라인의 문제점을 최소화 시켰다.

둘째, 버닝(Burning)현상을 사전 방지하기 위해 Air trap 의 위치를 분석하였다.

셋째, 위의 결과를 금형제작에 반영하고 실제 사출 성형 결과와 비교 검토하였다.

2.2 사용설비 및 실험방법

사용설비는 다음과 같다.

2.2.1 사출성형기 및 온도 조절기

LG 기계 사의 850 톤으로써 유압에 의한 직압식 수평성형기를 사용하였다. 온도 조절기는 YUDO 사의 YPC1800 모델을 사용하였다.

2.2.2 온도측정기 및 가스주입장치(gas kit)

온도측정을 위해 일본 Line Seiki 사의 접촉식 온도측정기인 TC-700 을 사용하였으며, 가스주입장치(Gas kit)은 Gain 사 Panel view 1200 을 사용하였다.

2.2.3 금형의 기본사양

금형의 기본사양은 Table1 과 같다.

Table 1 Specification of the mould

Main Core Material	KP4	Schedule (Try 1by Try 1)	50day
Cavity Material	KP4	Cycle Time	65S
Speaker Hole Area Material	NAK 80	Gate type	Tunnel gate
CRT Mounting Boss & Rib Area Marerial	A7075-T651	Number of gas injection	4point
		Resin	HIPS

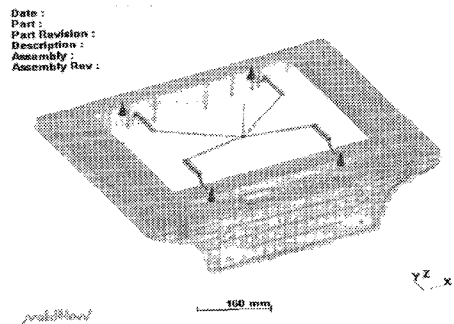


Fig. 1 Part shape and delivery system

Fig. 1 은 제품형상 및 gate 위치를 나타낸 것으로 제품 size 는 728mm x 536mm x 236.8mm(WxDxH), 기본두께는 2.5mm 이며, 콜드 런너(cold runner)의 커브형 터널게이트(curved tunnel gate)방식을 적용하였다. 금형은 2 단형식으로 1080mm x 1000mm x 975mm(WxDxH)의 크기로 설정하였으며, Fig. 2 과 Fig. 3 에 정면 조립도 및 단면 조립도를 각각 나타내었다.

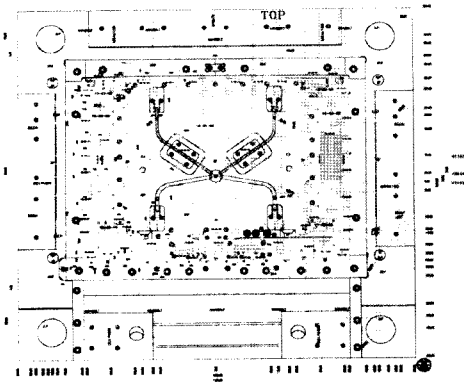


Fig. 2 Front assembly drawing

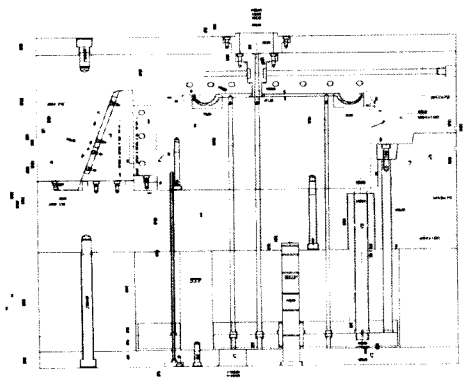


Fig. 3 Sectional assembly drawing

금형 재질은 Table 1 에 나타난 것처럼 고정측 원판 (Cavity) 및 Main core 의 소재는 KP4 을 사용하였으며 CRT Mounting Boss & Rib 4 개소 부분의 경우 보스(Boss)와 리브(Rib)가 깊고 많은 곳은 냉각성을 좋게 하기 위하여 종전에는 HR750 을 많이 사용 하였으나 HR750 은 방전 가공성이 좋지않고 특히 깊고 얇은 Rib 의 경우 가공 중 휨이 발생하여 성형품의 취출시 금힘 등 문제점이 야기되어 왔으므로 이에 대한 보완책으로 초두랄미늄 (A7075-T651)을 사용하였다. 초두랄미늄의 경우가격도 매우 저렴하고 강도가 우수하며 방전 가공성이 좋아 이런 문제가 해결되었으나 마모가 쉬워 수명이 짧은 단점이 있다.

Fig. 4 는 Flat TV Front cover 의 NC 가공 전 하측 (Core) 사진을 나타내고 있다.

가스는 질소(Nitrogen)를 사용하고 Gas 주입기는 Gain 사 장비를 사용하였다. 주입방법에는 로터리

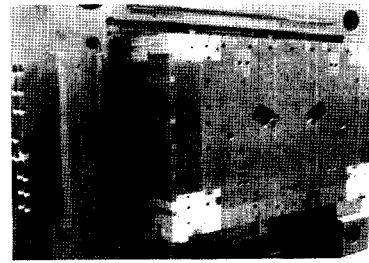


Fig. 4 The mould figure of the NC machine cutting before

스위치를 사용하여 노즐을 통하여 주입되는 노즐 방식(Nozzle type)과 Gas pin 을 사용하여 하측에서 주입되는 핀 방식(Pin type)이 있다. 경험에 의하면 전자는 베어링의 마모 시 가스의 Shut-off 가 어렵고 역류 현상이 있으나 후자는 가스의 양을 조절하기 어렵다는 단점이 있으나 사출 성형 시 사용이 편리하며 가스의 조절은 가스 주입기에 의한 조절만으로도 아무런 하자가 없기 때문에 요즘 가장 많이 쓰이고 있다. 여기서는 후자의 방식을 사용하였다. 가스 주입은 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 코아(Core) 상.하측 좌우 4 개 지점으로 가스를 주입하였다. 주입경로는 1 개의 가스밸브를 이용하여 코아측 금형 외곽에 고정된 가스집중블록으로 상하 2 개 라인으로 분배하여 가스를 주입시켰다. Gas channel 의 크기에 대한 표준규격은 아직 정하여져 있지 않으나 기본두께를 포함하여 4.5mm x 4.5mm 로 설정하였다.

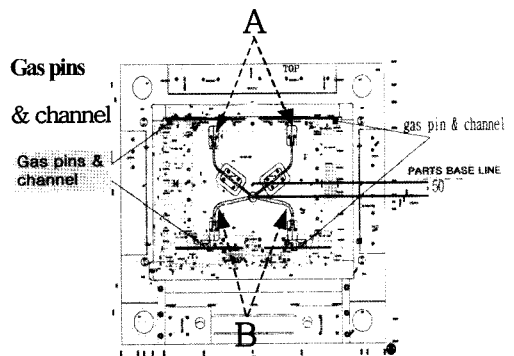


Fig. 5 Positions of gas pins and gas channel layout

2.2.4 실험방법

Moldflow 사의 MPA 로 사출성형해석을 실행하여 수지의 유동패턴에 따른 게이트 방식, 러너 및

게이트 크기, 위치, 웰드라인의 발생 예상위치를 설정 반영하여 금형제작 실험을 수행하였다. 먼저 성형품의 외관불량 중 광택, 표면수축, 얼룩, 긁힘(Scratching)등을 해결하기 위하여 수지의 유동패턴을 분석하여 수지의 좌우 균형있는 유동이력을 파악 후 웰드라인의 발생위치와 에어 트랩(Air trap)의 위치를 분석하였다.

3. 분석 및 실험결과

3.1 분석결과

3.1.1 웰드라인의 위치조절

Fig. 6 에서 보는 바와 같이 눈에 잘 보이지 않는 좌우 상측 스피커 그릴부로 유도하도록 Gate 및 Runner 의 위치를 선정하였다. 그 외 눈에 잘 띄는 상 하단부 센터부에도 수지가 함유되는 지역으로 웰드라인이 나타났으나 상대적으로 미소함을 볼 수 있다.

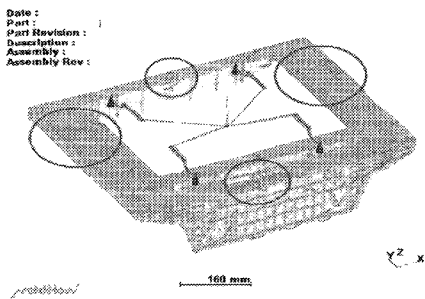
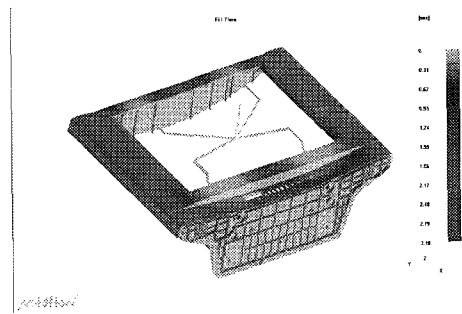


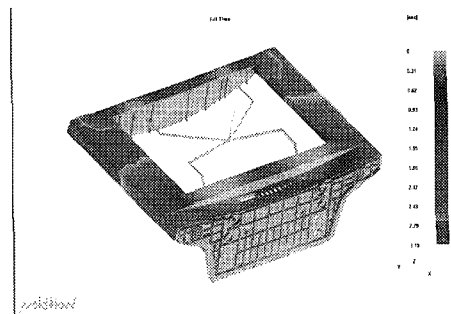
Fig. 6 Positions of weld lines

3.1.2 수지의 유동균형(Balance)분석

먼저 수지의 유동패턴에서 좌우 유동 균형성을 고려하여 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 노즐의 중심을 제품중심으로부터 50mm 아래로 금형을 설계하였고 런너의 지름은 A 측은 ϕ 7mm B 측은 ϕ 10mm로 설계 하였다. Fig. 7 은 4 점의 게이트를 통하여 흘러 들어간 수지의 유동이력을 보여주는 것으로 (a)에서 보는 바와 같이 약 71% 충전율을 이룰 때 상측 좌우 스피커 미세홀부로 수지흐름이 함유되는 것을 볼 수 있으며 Fig. 7 의 (b)에서 보는 바와 같이 약 90% 충전율을 이룰 때 수지의 좌우 유동균형이 잘 이루어 지고 있음을 볼 수 있다. 그러나 가스주입시점을 판단하기 위하여는 97%정도 충전된 상태에서 판단하는 것이 바람직하며 Fig. 7 의 (b)에서는 가스 성형의 해석이 수반되지 않은 관계로 시각적으로 수지의 좌우 유동균형성을 확



(a) Shot volume: 71%



(b) Shot volume: 90%

Fig. 7 Flow pattern for melt history

인하는데 참고하였으며 가스 주입시점은 3.2.1 항에 설명하였다.

3.1.3 사출압력

Fig. 8 은 최종 충전과정의 압력분포를 나타낸 것이다. 수지가 충전(Filling)되기 시작되는 스프루(Sprue)선단에서 압력이 가장 높고, 최종 충전이 이루어지는 좌우 스피커 미세홀부가 가장 낮다. 분석결과 충전에 요구되는 실제압력(Actual injection pressure)은 약 42Mpa 이며 최대사출압력(Max injection pressure)은 98.29Mpa 이다.

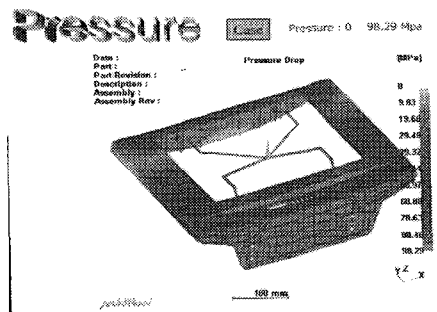


Fig. 8 Pressure distribution during filling stage

3.1.4 온도분포

Fig. 9 은 충전과정에서 유동 선단의 온도분포를 나타낸 것이다. 충전과정 중 유동 선단의 온도분포로 해석 결과가 수지설정온도(230℃)를 기준하여 225~253℃의 온도분포를 보여 충전이 원활하게 보였다. 금형의 설정온도는 40℃로 하였다.

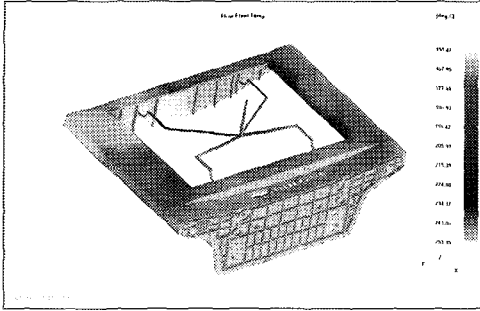


Fig. 9 Temperature distribution of Melt front

3.2 실험결과

3.2.1 수지의 유동패턴

첫째, 먼저 실험 사출 시 Fig. 10 에서 보는 바와 같이 수지의 유동 균형성(Balancing)을 최적의 상태로 만들기 위하여 금형상 살두께의 변화를 주었다. 그 이유는 수지의 불균형 충전은 가스의 주입시 불균형, 사출압력의 불균형으로 인한 외관 불량 등의 문제가 수반되어 문제발생시 정확한 원인파악이 어려워지기 때문이다. 그러나 금형상의 수정은 해석상의 조건과 부적합을 의미할 때에는 게이트의 위치변경 또는 좌우 그릴부의 게이트 추가 등 해석상의 조건을 변경하여 금형 설계 전에 좀더 연구 검토할 필요가 있었다고 사료된다.

둘째, 가스의 주입시점을 고려할 때 수지의 유동 균형성에서 고려 되어야 할 부분은 가스 충전시 가스로 채워질 공간 만큼 수지의 양을 고려하여 국부적으로 미성형 양을 확인 후 가스 핀을 통해 가스를 주입시켰다. 국부적인 부분의 미성형은 시사출을 통하여 Fig. 10 의 C 부(Slide 부)에서 그 양은 성형품의 중량으로 볼 때 4%정도가 최적의 조건을 도출하였으며 그 외의 부분은 가스가 새거나 터짐 현상으로 부적합하였다.

셋째, 시사출을 통하여 가스 주입구 주변에 나타난 가스 핑거링(gas fingering)현상을 완화하기 위하여 계량, 금형온도, 수지온도, 가스주입시간, 가스압력 등의 공정조건을 고려하여 Table 2 의 사출조건에서 최적의 결과를 도출하였다.

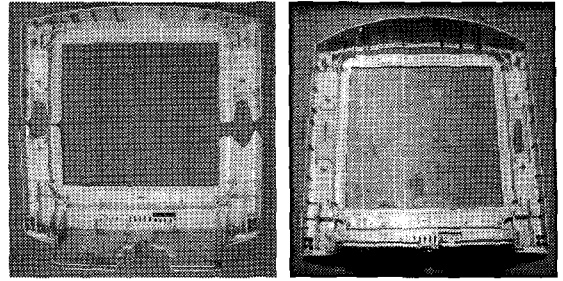


Fig. 10 The balancing fill configuration of Resin

Table 2 Injection molding operating conditions

Speed(%)	1	2	3	4	
	63	78	60	40	
Screw position(mm)	1	2	3	4	Injection meter
	214	10	6	5	
Pressures(%)	1	2	3		
	93	90	60		
Time	6 sec				
Cooling time	45 sec				
Cylinder Temperature(℃)	Nozzle	H1	H2	H3	H4
	225	220	210	190	50
Gas condition	Delay		0.5 sec		
	Pressure 1		2000 psi		
	Inject 1 on		8 sec		
	Pressure 2		1000 psi		
	2 on		5 sec		
	Venting time		10 sec		

실험 사출기 사양은 LG 사 850ton 으로 하였다. 성형품 및 런너 중량은 1780g 과 81g 이었으며 수지의 충전시간은 6 초로 하였다. 실험 사출중 Gas 누수현상으로 이를 보완하기 위하여 코아와 원판의 접촉부위는 우레탄 특수 오링(Oring)을 사용하였다.

3.2.2 금형온도의 설정

웰드 라인이 발생하는 원인은 서로 다른 온도가 낮은 상태에서 수지가 합류됨으로써 발생하기 때문에 성형품의 좋은 외관 품질을 얻기 위해서는 금형의 적정한 온도관리는 매우 중요하다. 본 논문은 상하 동일하게 냉각수를 적용하였으며 38~42 도로 온도관리를 하였다.

3.2.3 에어벤트(Air vent)의 설치

웰드 라인, 버닝(Burning)과 같은 외관상 불량은 금형내의 잔류공기나 수지로부터 발생하는 가스에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 이에 대한 방지책으로 수지가 합류하는 지점인 미세홀 입자코어에 에어 벤트를 설치하였다. 그 외 기타 적용되는 방법으로 상측 원판에는 제품 형상부 둘레에 전주 에어 벤트를 설치하였다.

4. 결론

Flat TV Front Cover 가스사출 금형에 대하여 수지의 충전거동해석 및 실험을 수행하고 외관품질에 대한 문제점 및 대책을 소개하였으며 본 논문을 통하여 얻은 결론을 요약 정리하면 다음과 같다.

- (1) 금형의 설계시 수지 이력의 유동 균형성을 고려하여 광택, 굵힘, 표면수축, 버어 등 외관 불량을 발생시킬 수 있는 원인을 최소화 하였다.
- (2) CRT Mounting Boss & Rib, 제품의 전면부와 같이 표면수축 및 가스 핑거링(Gas fingering), 색차관리를 위해 요구되는 강도 범위 내에서 리브에 두께의 차이를 두어 표면 수축을 최소화 하였다. 표면 형상과 접촉하여 강도를 보강하고 있는 리브의 두께는 표면 형상 두께의 반으로 관리하였다.
- (3) CRT Mounting Boss & Rib 부 4 개소는 HR750 대신 초두랄미늄(A7075-T651)을 사용하여 금형의 가공 불량 및 제품 취출 시 제품의 굵힘, 백화 등 외관 불량을 최소화 하였다.
- (4) Flat TV Front Cover 의 경우 후 공정으로 성형품의 도장 공정이 추가되나 환경성의 문제로 규제가 엄격해지고 있어 도장은 지양하는 추세이며 외관불량을 근본적으로 개선하고자 이에 대한 많은 연구가 요구 되고있다. 금형 설계에서 웰드 라인의 대책으로 게이트 수를 추가하는 방법도 생각 할 수 있다. 런너와 게이트를 개폐가 가능하도록 교환 타입으로 추가 설치하여 게이트 수와 위치의 조정을 가능하게 하여 최소화 방법도 실행하였다. 원가 측면에서 외관 품질의 불안정으로

야기되는 불량비용과 비교분석하여 볼 때 필요에 따라 게이트 수를 늘리는 방법도 최소화 대책의 일환이라고 사료된다.

(5) 해석상의 조건대로 수행하였을 경우 수지의 유동 균형성과 웰드 라인의 의도한 방향으로의 유도에는 최적의 상태라고 볼 수 있으나 가스의 주입시점을 고려할 때 좌우 스피커 그릴부의 수지 충전속도가 약간 늦은 감이 있어 살두께의 변화를 주기 위하여 금형상의 수정을 하였다는 점에서는 해석결과가 최적의 조건은 아니었다고 사료되며 가스금형에서의 수지 유동성 균형은 가스의 주입시점이 고려되었을 때 최적의 조건을 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) 1993, "사출금형설계Ⅱ", 한국생산기술연구원.
- (2) 류민영, 2002, "플라스틱성형법의 개요와 연구 동향의 고찰", 한국소성가공학회지, 제 11 권 제 8 호, P. 651.
- (3) 조웅식, 2001, "사출성형 금형설계기술", 기전연구사.
- (4) 최태주, 1991, "최신 금형공작법", 기전연구사.
- (5) 허영무, 2002, "사출성형용 금형의 기능 및 구조에 대한고찰", 한국소성가공학회지, 제 11 권 제 8 호, P. 641.
- (6) 홍명웅, 1984, "사출성형기술", 기전연구사.
- (7) 浜田修, 1998, "금형온도제어", シグマ出版社.
- (8) 「プラスチック」編集部編, 1984, "사출성형용 금형의설계기술", 工業調査會.
- (9) JI.M.カチャノフ, 大橋義夫, 1980, "靱性理論の基礎", 養賢堂發行.
- (10) Tung, L. S. 1995, "Development and Application of CAE Technology for the Gas-Assisted Injection Molding process", Adv. Poly. Tech. Vol. 14 NO. 1, pp. 11 ~ 13.
- (11) Bassani, J. L., 1977, "Yield characterization of metals with transversely isotropic plastic properties", Int. J. Mech. Sci., Vol. 19, pp. 651 ~ 656.