

디스플레이용 외장패널의 가스사출공정 개발

최두순¹ · 김홍석[#]

Development of a Gas Assisted Injection Molding Process for Exterior Display Panels

D. S. Choi, H. S. Kim

(Received September 30, 2011 / Revised December 23, 2011 / Accepted January 10, 2012)

Abstract

Gas Assisted Injection Molding is a relatively new low-pressure injection molding technique that provides benefits such as reduced part warpage, excellent surface quality without shrink marks, greater design flexibility, etc. In the gas assisted injection molding process, the injected pressurized nitrogen gas flows through designed gas channels and forms hollow sections within the part. However, due to the characteristics of the gas, the design of the gas channels which are the paths for the injected gas is important in order to avoid defects such as gas blowout, fingering, etc. Therefore, in this study, the gas channel design for gas assisted injection molding of exterior display panels was conducted by examining the results of three CAE analyses. The designed gas channel was verified by conducting tryouts using a 450 ton injection molding machine with 3-stage pressure controlled gas kit. In addition, the hollow shapes which were formed by the gas with the installed gas channels were examined by examining the cross sections of the prototypes that were produced. As a result, it was found that exterior display panels can be produced without any defect by applying the gas assisted injection molding technique.

Key Words : Gas Assisted Injection Molding, Gas Channel, CAE Analysis, Injection Molding Tryout

1. 서론

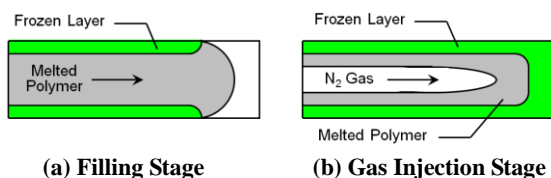


Fig. 1 The schematic diagram of gas assisted injection molding process

가스사출성형(Gas Assisted Injection Molding)이란 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 금형 내에 적정량의

용융 수지를 주입한 후 질소와 같은 비활성 가스를 주입하여 제품 내에 중공 구조를 형성하는 방법이다[1]. 가스사출성형은 일반 사출성형에 비해 낮은 압력의 가스 주입으로 충전(Filling) 및 보압(Packing) 과정을 수행하기 때문에 제품의 변형을 감소시킬 수 있으며, 주입 가스의 경로라고 할 수 있는 가스채널(Gas Channel)의 적절한 배치를 통해 보압 전달이 어려운 부위의 수축을 감소시킬 수 있다[2, 3]. 또한 중공 구조의 형성을 통해 제품의 강성이 증대될 수 있으며, 자동차의 손잡이와 같은 후속 제품의 경우 수지 절감 및 수축 방지의 효과를 기대할 수도 있다[4].

1. 인하공업전문대학 기계설계과
교신저자: 대구대학교 기계·자동차공학부,
E-mail: kimong@daegu.ac.kr

그러나, 이러한 장점에도 불구하고 용융수지에 비하여 압력과 온도에 민감한 가스의 속성 때문에 가스채널의 설계나 가스의 주입 압력 및 시간 등의 공정 조건이 적절하게 설정되지 않으면 일반 사출에서는 볼 수 없었던 불량 발생 가능하다. 대표적인 불량으로는 수지의 충전이 완료되기 전에 가스가 수지의 유동선단을 뚫고 나가는 가스터짐(Gas Blowout)과 가스채널이 설치되지 않은 제품 영역으로 가스가 침투하는 가스퍼짐(Fingering)을 들 수 있으며, 의도한 부위까지 가스가 도달하지 않을 경우 심한 수축이 발생할 수도 있다[5]. 따라서, 가스사출성형의 적용을 통하여 고품질의 제품을 얻기 위해서는 제품의 형상 특성과 기능을 면밀하게 고려하여 원하는 부위에 중공형상을 형성시킬 수 있는 가스채널의 설계가 필요하다.

본 연구에서는 디스플레이용 외장패널을 대상으로 CAE 해석을 이용한 가스채널 설계를 수행하였으며, 성형 실험을 통하여 얻어진 시제품의 중공형상을 고찰하여 설계된 가스채널의 타당성을 검증하였다.

2. 제품 분석 및 가스채널 구상

2.1 제품 형상 분석

본 연구의 적용 대상인 디스플레이용 외장패널의 형상을 Fig. 2에 나타내었는데, 제품 크기가 417.1×376.4(mm×mm)로서 중형 사출품에 해당된다. 또한 제품의 기본 두께는 2.7mm이고, 성형 소재는 PC/ABS로서 (주)LG화학의 LUPOY GN5001 TF가 사용되었다.

본 제품의 중앙부에는 화상 패널이 장착되는데, 이를 위하여 제품의 상단 및 하단 모서리 부위에 조립을 위한 보스(Boss)와 리브(Rib)가 배치되어 있고, 하단 중앙부에 스위치 모듈의 조립을 위한 보스, 리브가 다수 설치되어 있다. 이러한 유형의 제품에서 가장 흔하게 발생하는 불량은 보스와 리브 부위의 싱크마크(Sink Mark)로서 사용자의 시선에 직접 노출되는 디스플레이용 제품에서는 이러한 외관 불량이 허용되지 않는다. 사출 성형에서 보스와 리브 부위에 싱크마크의 발생 빈도가 높은 이유는 기본 두께에 비해 큰 유효 두께를 가지고 있고 가동측 금형부에서의 열 집중 현상이 발생하기 때문인데, 일반 사출에서는 이를 억제하기 위하여 충전 및 보압 단계에서 과도한 압력을 가하는 경우가 많다. 따라서, 본 연구에서는

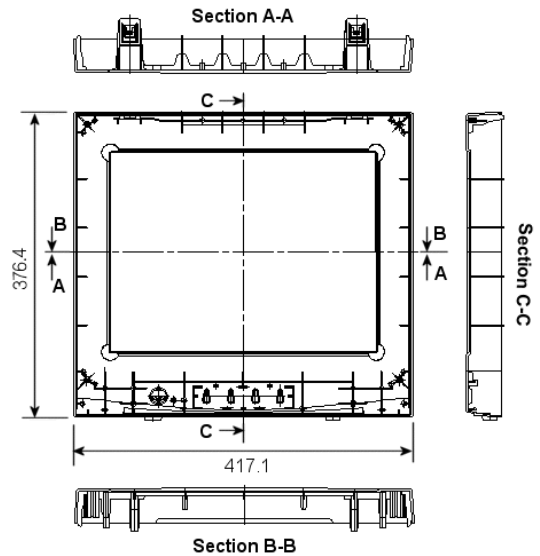


Fig. 2 The part geometry of the exterior panel for display units

가스사출성형의 적용을 통하여 일반 사출성형보다 낮은 압력으로 싱크마크 등의 외관 불량이 없는 제품을 얻고자 한다.

2.2 가스채널 설계

가스채널이란 가스의 주입을 통하여 미응고 상태의 수지를 밀어냄으로써 형성되는 중공부를 의미한다. 제품 내측의 모서리 부위에 설치되는 가스채널의 설계 표준을 Fig. 3(a)에 나타내었는데, 제품의 기본 두께보다 모서리부의 유효두께가 크기 때문에 용융수지의 응고가 지연된다. 따라서, 주입된 가스가 미응고 상태의 용융수지를 밀어내며 가스채널을 따라 중공형상이 자연스럽게 형성된다. 모서리 형상 외에도 Fig. 3(b)에 화살표로 표시된 실제 가공 사례와 같이 제품의 평면 부위에도 가스채널이 설치되며, 별도의 가스채널 가공이 없다고 할지라도 형상 특징에 따라 유효 두께가 커지는 경우 가스의 주입이 이루어질 수 있다[6].

가스채널의 설계는 가스 주입구의 위치와 수량을 결정하고 이에 따라 가스의 주입 경로를 배치하는 과정으로 진행된다. 일반적으로 압력이 높고 수축량이 작은 부위에 가스 주입구를 설치하고, 용융수지의 최종 충전부위로 가스가 진행할 수 있도록 가스 채널을 배치하는 것이 권장되고 있으나, 제시되고 있는 설계 가이드라인은 정성적인 수준에 머무르고 있어 가스채널은 설계자의

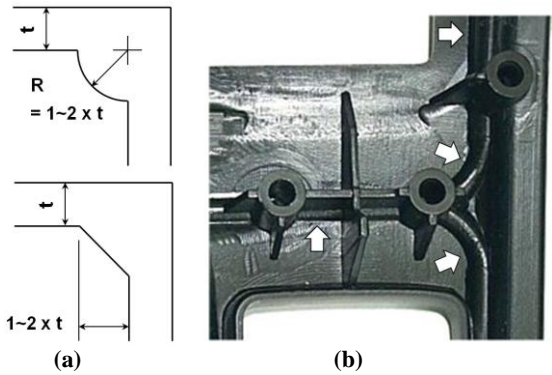


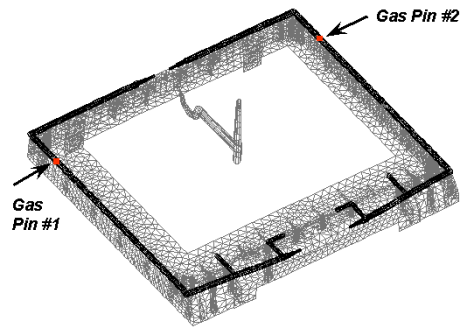
Fig. 3 The geometries of gas channel: (a) design guidelines and (b) examples of a real part

경험과 판단에 크게 의존한다[4].

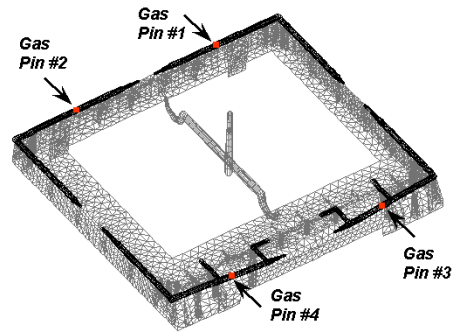
본 제품에서 가스사출성형의 적용 목적은 싱크마크의 방지와 과압(Over-Packing)의 회피로서 낮은 가스 주입 압력으로 보스와 리브 부위에 효과적인 압력 전달이 이루어져야 한다. 따라서, Fig. 4에 나타난 바와 같이 가스채널이 보스와 리브가 다수 배치되어 있는 모서리와 하단 중앙부를 경유하도록 3가지의 가스채널안을 구상하였다.

가스사출성형의 경우 두꺼운 가스채널을 통하여 수지의 유동이 촉진되며 가스 주입을 통하여 충전이 완료되기 때문에 일반 사출에 비하여 낮은 사출 압력으로 제품의 성형이 가능하다. 따라서, 일반 사출에 비해 보다 적은 수의 게이트(gate)를 사용할 수 있는데, 게이트의 개수가 감소되면 금형의 제작 비용과 재료의 소모량을 절감시킬 수 있다. 또한, 가스의 주입 경향은 기주입된 용융수지가 형성하고 있는 압력의 영향을 받기 때문에 Fig. 4에 나타난 바와 같이 게이트의 위치에 따라 가스의 주입구 역할을 하는 가스핀(Gas Pin)의 위치를 변화시켜 3가지의 가스채널배치를 구성하였다.

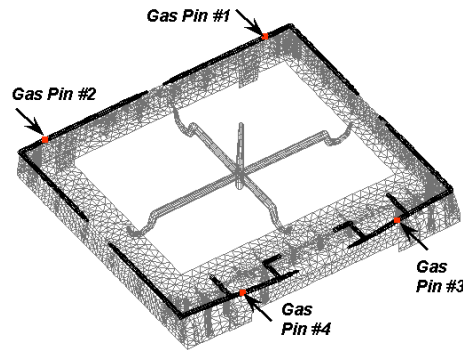
Fig. 4(a)에 나타난 Case 1의 경우 제품 상단의 중앙부에서 수지를 주입하고 2열의 가스채널을 통하여 가스를 주입 시킨다. Case 2의 경우에는 제품 상하단에 설치된 2개의 게이트에서 수지가 주입되는데, 용융 수지의 최종 충전부가 제품의 양측면에 형성되어 가스가 통과할 수 없으므로 측면의 가스채널을 측면 중앙에서 분리하여 총 4열의 가스채널을 구성하였다. Case 1과 2의 경우에는 수지가 금형을 완전히 채우지 않은 상태에서 가스를 주입하는 미충전(Short Shot) 방식을 기반으로



(a) Case 1: 1 gate and 2 gas pins



(b) Case 2: 2 gates and 4 gas pins



(c) Case 3: 4 gates and 4 gas pins

Fig. 4 The 4 cases of designed gas channels according to gate and runner systems

설계되었는데, Case 3의 경우에는 수지가 금형을 완전히 채운 후에 가스를 주입하는 완전충전(Full Shot) 방식을 가정하여 설계하였다. 미충전 방식에서는 용융수지가 채우지 못한 미충전 영역을 가스의 주입을 통한 증공형상의 형성으로 대처하는 반면에 완전충전 방식에서는 고분자 수지의 압축성만을 이용하기 때문에 비교적 미세한 증공형상

이 형성된다. 일반적으로 후속제품의 경우에는 미충전 방식이 주로 사용되지만 국부적인 수축방지의 목적이라면 완전충전 방식이 효과적인 경우도 있다.

가스채널의 형상은 일반적으로 사용되는 원호형을 사용하였으며, 가스채널의 반지름은 미충전 방식이 적용되는 Case 1과 Case 2의 경우 제품 모서리를 따라 설치된 주채널(Main Channel)은 4.0mm, 주채널에서 분기되는 보조채널(Sub Channel)은 2.5mm로 설정하였다. 또한, Case 3의 경우 완전충전 방식이 적용되었기 때문에 가스채널의 크기를 감소시켜 주채널과 보조채널의 반지름을 각각 2.5mm와 1.5mm으로 설정하였다. 각 경우에 대하여 가스채널의 종단부는 가스의 주입을 촉진시키고 가스의 불충분 침투 시 발생할 수 있는 수축을 최소화하기 위해 최종 25mm 구간에서 테이퍼처리를 하였다.

3. CAE 해석을 통한 최종안 선정

3.1 CAE 해석 조건

성형 수지는 LG 화학의 LUPOY GN5001TF(PC/ABS)로서 해석에는 Moldflow의 수치 데이터베이스에 저장된 해당 소재의 물성치를 사용하였다. 용융 수지와 금형의 온도는 PC/ABS 수지의 권장 성형 조건 내의 값으로서 각각 270°C와 70°C로 설정하였다.

용융수지의 사출시간과 충전량, 가스의 주입 시간과 압력은 Table 1에 나타난 바와 같이 설정하였는데, 미충전 방식이 적용되는 Case 1, 2와 완전충전 방식이 적용되는 Case 3에 대해 각각의 공정 특성을 고려하여 서로 다른 성형조건을 설정하였다. Table 1에서 지연시간(Delay Time)이란 용융수지의 충전이 완료된 후 가스 주입이 개시되기 전까지의 시간으로서 지연시간이 너무 짧으면 유동선단의 점성이 너무 낮아 주입 가스가 유동선단을 통과하여 중공부가 제품 외부로 노출되는 가스터짐(Gas Blowout)이 발생할 수 있으며, 반면에 지연시간이 너무 길면 용융수지의 응고가 지나치게 진행되어 충분한 가스가 주입되지 못할 수 있다. 가스 주입 압력의 경우 제품의 특성에 따라 다양한 프로파일을 구성할 수 있으나, 본 제품의 경우 다양한 가스 주입조건으로 선행 해석을 수행한 결과 미충전 방식에서는 고압에서 저압으로 감소시키고, 완전충전 방식에서는 저압에서 고압으로 증가시키는 것이

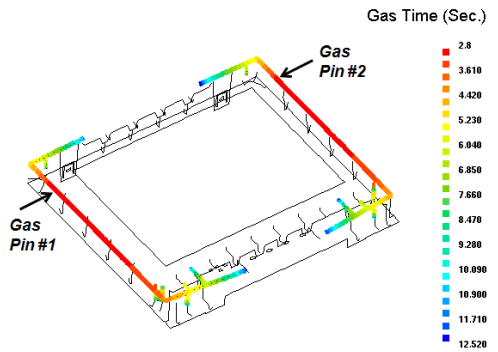
Table 1 Gas assisted injection molding conditions for the designed gas channels

Gas Channel Layout	Case 1, 2			Case 3		
Gas Assisted Injection Type	Short Shot			Full Shot		
Resin Filling Volume Ratio(%)	98			100		
Resin Injection Time(sec.)	2.2			2.5		
Delay Time(sec.)	0.3			0.5		
Gas Injection Pressure(MPa)	12	9	6	6	9	12
Gas Injection Time(sec.)	3	3	3	3	3	3

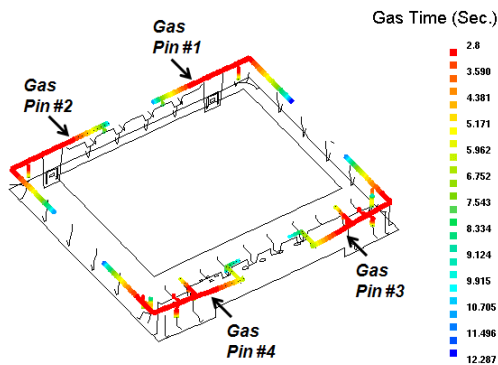
가스 주입 길이를 증가시키는 데 유리한 것으로 판단되었다. 따라서, 본 연구에서는 6, 9, 12MPa의 압력을 3단계로 증가 또는 감소하도록 가스 주입 압력을 설정하였는데, 본 제품과 유사한 크기의 외장패널을 일반 사출로 성형할 경우 최대 사출압력이 60~70MPa 정도로 형성되는 것에 비하면 최종 충전 및 보압 단계에서 가해지는 압력이 크게 감소된다고 할 수 있다.

3.2 CAE 해석 결과 및 최종안 선정

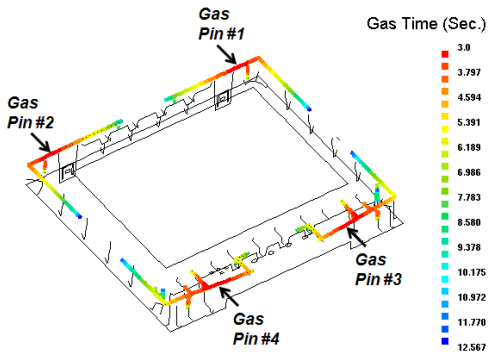
전술한 용융수지 및 가스 사출 조건을 사용하여 예측된 가스 주입 경향을 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5(a)에 나타난 Case 1의 경우 가스 주입 초기에 용융수지의 미충전부인 하단부로의 가스 주입이 빠르게 이루어지고 있으나 최종적으로 상단 및 하단의 중앙부까지 충분한 가스 침투가 이루어지지 못하는 것으로 예측되었다. 일반적으로 가스 주입이 이루어진 지점에서 30~40mm 정도까지 가스압력이 전달되는 것으로 알려져 있는데, Case 1의 경우 설치된 가스채널의 종단부까지 가스가충분히 도달하지 못하기 때문에 수축 발생의 위험이 높은 것으로 예측되었다. Case 1에서 예측된 가스 주입량의 부족은 가스 주입부를 기준으로 하단부의 가스 채널이 너무 길고, 상단의 경우 중앙부에 게이트가 위치해 있어 용융수지의 압력이 높아 가스가 주입되기 어려웠기 때문으로 추측된다. 이에 비해 Case 2의 경우에는 제품 상단 및 좌우 측면으로 충분한 양의 가스가 침투하고 있는 것으로 판단되었다. Case 2의 경우 4열의 가스채널이 설치되기 때문에 2열의 가스채널이 설치되는 Case 1에 비하여 가스가 주입되어야 할 거리가 단축되었으며, 가스 주입부의 위치도 Case 1에 비하여 게이트가 설치된 중앙부에 근접해 있기



(a) Case 1: 1 gate and 2 gas pins



(b) Case 2: 2 gates and 4 gas pins

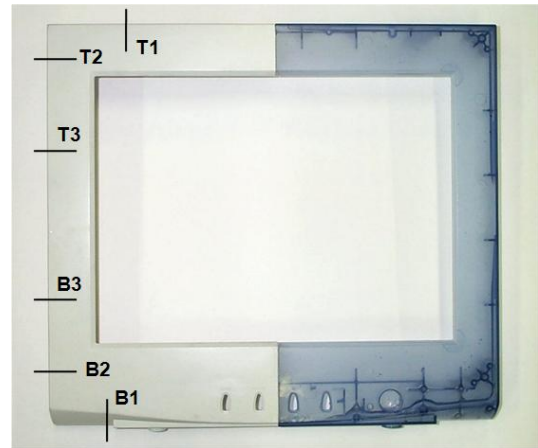


(c) Case 3: 4 gates and 4 gas pins

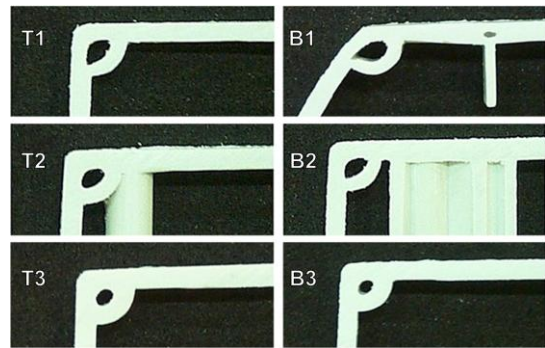
Fig. 5 The gas penetration patterns for 3 cases of the designed gas channels

때문에 수축 발생이 가능한 지점까지 가스의 주입이 이루어졌다고 판단된다. 완전충전 방식이 사용된 Case 3의 경우에도 설치된 가스채널을 따라 가스의 주입이 양호하게 이루어지고 있으며, Case 2에 비해 측면의 가스 주입 길이가 약 10mm 정도 증가하는 것으로 예측되었다.

전술한 바와 같이 3가지 가스채널안에 대한 CAE



(a) The whole part



(b) The hollow geometries of the cross sections

Fig. 6 The prototypes of the exterior panel obtained by gas assisted injection molding process

해석을 통하여 Case 1은 가스의 주입이 불충분하게 이루어지는 반면에 Case 2와 Case 3는 양호한 가스 주입이 이루어짐을 예측할 수 있었다. 그러나 Case 3의 경우에 보다 양호한 가스 주입 경향을 보이고 있지만 4개의 게이트가 사용되어 양산시 소재 사용량이 Case 2에 비해 크고 제품 모서리 4군데에 웰드라인이 발생되어 외관 품질은 Case 2가 더 우수할 것으로 예상되었다. 따라서, 본 연구에서는 가스채널 설계의 최종안으로서 Case 2를 선정하였다.

4. 가스사출 성형실험

성형실험에는 450톤 사출기와 3단 압력제어형 가스주입장비가 사용되었으며, 기본 사출조건은 CAE 해석의 성형조건을 사용하였다. Fig. 6(a)에는

가스사출을 통해 얻어진 제품을 나타내었는데, 제품의 왼편은 양산에 사용될 표준 수지를 사용한 경우이고 오른편은 가스주입 경향의 시각화를 위하여 반투명 PC/ABS 수지를 사용하여 성형한 경우로서 가스 주입을 통하여 형성된 중공부위를 파악할 수 있다. Fig. 6(b)에는 Fig. 6(a)에 표시된 T1~T3와 B1~B3에서의 단면 형상을 나타내었는데, 가스 주입구에서 멀어질수록 형성되는 중공형상이 작아짐을 확인할 수 있다. 특히, 'B1'의 경우 가스채널과 연결된 리브의 경우 가스채널이 가공되지 않아도 유효두께가 크기 때문에 리브 하단에 가스가 주입되어 수축이 방지되고 있음을 알 수 있었다. 이상에 나타난 바와 같이 설치된 가스채널을 따라 가스의 주입이 양호하게 이루어졌으며, 제품 전반에 설치된 리브와 보스의 수축을 효과적으로 방지할 수 있었다. 따라서, 본 제품에 대한 가스사출 공법의 적용을 통하여 일반 사출에 비하여 낮은 압력으로 우수한 외관 품질을 갖는 제품의 성형이 가능함을 확인할 수 있었다.

5. 결론

(1) CAE 해석을 통하여 가스채널의 설계를 수행하였으며, 시험성형을 통하여 설계된 가스채널의 타당성을 검증하였다.

(2) 가스의 주입을 통하여 일반 사출성형보다 낮은 압력으로 우수한 외관 품질을 갖는 제품을 성형할 수 있음을 확인하였다.

(3) 가스채널 단면에 대한 고찰을 통해 가스주입구에서 멀어질수록 중공부의 크기가 감소하며, 제품의 유효두께가 클 경우 가스채널 가공이 없이도 중공형상이 형성됨을 확인하였다.

후 기

본 연구는 대구대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러 분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] S. Shah, 1991, Gas Injection Molding: Current Practice, ANTEC'91, pp. 1494~1508.
- [2] H. S. Lee, 2001, A Study on the Unified Molding for a Box Shaped Thick Part Using Gas-Assisted Injection Molding, Trans. Mater. Process., Vol. 10, No. 5, pp. 402~410.
- [3] C. S. Cho, 2002, A Study on Paintless Molded Parts in TV Mask Front Using Gas-Assisted Injection Molding, Trans. Mater. Process., Vol. 11, No. 8, pp. 691~700.
- [4] H. S. Kim, D. K. Lee, 2005, A Case Study on Development of Automotive Interior Parts Using Gas Assisted Injection Molding Process, Trans. Mater. Process., Vol. 14, No. 5, pp. 452~459.
- [5] S. C. Chen, K. F. Hsu, 1996, Polymer Melt Flow and Gas Penetration in Gas-Assisted Injection Molding of a Thin Part with Gas Channel Design, Int. J. Heat Mass Transfer., Vol. 39, No. 14, pp. 2957~2968.
- [6] M. A. Parvez, N. S. Ong, Y. C. Lam, S. B. Tor, 2002, Gas-Assisted Injection Molding: The Effect of Process Variables and Gas Channel Geometry, J. Mater. Process. Technol., Vol. 121, pp. 27~35.