



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2019년도 2 월
공학석사학위논문

그린몰드시스템을 적용한 친환경자동차 외장재 신뢰성 평가

조선대학교 대학원

기계공학과

김 무 현

그린몰드시스템을 적용한 친환경자동차 외장재 신뢰성 평가

The Reliability Evaluation of Eco-friendly Vehicle
Exterior Materials to apply Green Mold System

2019 년 2 월 25 일

조선대학교 대학원

기계공학과

김 무 현

그린몰드시스템을 적용한 친환경자동차 외장재 신뢰성 평가

지도교수 차 용 훈

이 논문을 공학석사학위 신청논문으로 제출함.

2018 년 11 월

조선대학교 대학원

기계공학과

김 무 현

김무현의 공학석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 최 병 기 인

위 원 조선대학교 교수 차 용 훈 인

위 원 조선대학교 교수 성 백 섭 인

2018 년 11 월

조선대학교 대학원

목 차

List of tables	
List of photographs	
List of figures	
Abstract	

제 1 장 서 론 1

1.1 연구배경 및 목적 1

1.2 연구방법 4

제 2 장 관련이론 5

2.1 급속 가열 냉각법 5

2.2 이중사출성형 5

2.3 사출압축성형 7

2.4 뮤셀 발포사출 9

제 3 장 실험	12
3.1 기계적 성질	12
3.2 발포 사출금형 설계	15
3.3 금형 코어의 코어백 구조 검토	17
3.4 그린 몰드시스템 발포사출	19
제 4 장 결과 및 고찰	20
4.1 기계적 성질	20
4.2 사출금형 유동해석	23
4.3 그린몰드시스템 사출금형 유동해석	26
4.4 시사출결과	35
제 5 장 결론	38
참고문헌	40

List of tables

Table 5.1 Ground plan test results of Mucell 21

Table 5.2 Test results of brilliance test, tensile strength and hardness 22

List of photographs

Photo. 3.1 Scratch test equipment 12

Photo. 3.2 Discharging uniformity measurement equipment 13

Photo. 3.3 Test equipment of HRR hardness and tensile strength 14

List of figures

Fig. 2.1 Mimic mold of RHCM 5

Fig. 2.2 Mimic mold of HIT 5

Fig. 2.3 General injection molding 6

Fig. 2.4 Double injection molding(model halfturn method) 7

Fig. 2.5 Injection press moulding 8

Fig. 2.6 General injection molding process 8

Fig. 2.7 Injection press molding process 9

Fig. 2.8 MuCell jet ejaculation 10

Fig. 2.9 Discharge conception form the MuCell and core back 11

Fig. 3.1 Data of MuCell discharge mold parts and ejaculation gate setting
..... 15

Fig. 3.2 Mold design 16

Fig. 3.3 Core structured review of Core Back and design 17

Fig. 3.4 Eject block design 18

Fig. 3.5	Flow analysis of MuCell injection mold	19
Fig. 4.1	Resins flow analysis of CAE	23
Fig. 4.2	Recognition of problem and change results from the flow analysis	42
Fig. 4.3	CAE analysis results of optimization injection press	25
Fig. 4.4	Injection flow analysis to the cavity temperature	27
Fig. 4.5	Injection flow analysis of cavity temperature	28
Fig. 4.6	Flow analysis results of 1-point gate	29
Fig. 4.7	Injection flow analysis of 3-point Gate	31
Fig. 4.8	Injection flow analysis results of 3-point Gate	32
Fig. 4.9	Injection flow analysis results of 3-point Gate	33
Fig. 4.10	Injection flow analysis results of 3-point Gate	34
Fig. 4.11	Test injection summary and mold	35
Fig. 4.12	Compare existing product with test injection	36
Fig. 4.13	The last MuCell injection development prototype	36

ABSTRACT

The Reliability Evaluation of Eco-friendly Vehicle Exterior Material to apply Green Mold System

By Kim, Mu-Hyun

Adv. Prof. : Cha, Yong Hun

Major in Mechanical Engineering

Graduate School of Industry,

Chosun University

In the industry of injection mold in general, weight reduction of the injection products and improvement of the surface high-gloss quality are key objectives of the related field, and the research is actively conducted because they have a great influence on the reduction of production costs and injection molding process. Although defects occurring in the post-processing processes such as coating, plating, vacuum deposition of products produced by injection molding include those occurring in the post-processing stage itself, a considerable part of them are caused by faults in the products made by injection molding also account. The most basic problem to be solved in order to reduce such defects is mold technology.

The faults in the products made by injection molding include various types of defects such as premature molding, deformation, and sinking marks, and these defects have been largely solved by the recent development of mold designing technology and processing technology.

However, defects such as weld-line and flow mark have yet to be solved. Physical discharge injection technology is a processing technology by which supercritical carbon dioxide or nitrogen is mixed with resin to produce micro cellular foam plastics to form and mold plastic products. This is a technology that can reduce the costs of a wide range of injection molding products by the modified structure (5 ~ 50 μ m) of foam cells, and it is an environmentally friendly processing technology that does not use a chemical foaming agent or Freon. In addition, it enables not only weight reduction of products, but also improvement of fluidity of plastics and reduction of clamping force emission pressure. However, due to the nature of discharge forming, the surface quality of products cannot be guaranteed, and surface defects such as flow marks are present in most products, so they cannot be applied to molded products requiring high transparency or high-gloss surface products. For this reason, it is important to ensure the high-gloss surface quality of foam injection molding products through the green mold system and vacuum gas vent.

The green mold system is an innovative technology that can precisely control the temperature of molds to form high-gloss products by rapidly heating and cooling the surface of molded products during injection, and to remarkably reduce weld-lines and various defects. Currently, the green mold system has been widely adopted and applied to injection molding of the parts of domestic and foreign vehicles and electrical home appliances, although there are still many problems that need to be overcome technically in the application of the products. The demand for this technology is continuously increasing because it is a technology which not only ensures high quality of products but also obviates the need for post-processing processes. Accordingly, research for development of high-gloss and lightweight injection products for plastic interior parts of vehicles has been actively conducted by applying foam

injection molding technology and green mold technology for development of high-gloss and lightweight plastic products in accordance with the recent tendency of weight reduction of automobile parts. The green mold system and discharge injection technology are environment-friendly technologies, and they are highly likely to be next generation technologies encompassing the entire area of injection molding if the existing problems of the surface quality of molded products and disadvantages of gas vent can be dealt with. Thus, it is important to increase the quality of foam injection molding by applying the green mold system and vacuum gas vent technology to molds.

In recent years, Hiper moulding (High Performance Injection Molds and Molding Process) project, which is an international research and development project, is being carried out in a collaborative way by related companies and associations of various countries in the EU. In this project, the development of a new injection molding method is being proceeded with through the financial support of 4.5 million € funding for research over 3 years with the aim of reducing the injection molding cycle time by 35% and also reducing the production costs by 20% by developing a new injection molding method combined with the conformal cooling method. The molds to adopt this technology are expected to have conformal cooling and temperature control capabilities that cannot be achieved by conventional methods, and this technology also includes the design and production of molds and injection molding processes.

Therefore, in this study, we aim to develop a high-quality and high-value-added injection mold that can be applied as a vehicle exterior material by combining the green mold system, which is an environmentally friendly resin transfer molding technology, with foam cell injection for weight reduction of injection molding products. The developed product is equipped with the quality suitable for the

no-painting and lightweight trend of vehicle exterior materials, and it can also be applied to parts where existing discharge injection products have not been used through the green mold technology. The developed products can also be widely applied to all parts of exterior parts of vehicles, and compared with existing products, the product weight can be reduced by more than 25% and no-painting high gloss surface can be realized, thereby leading to the reduction in the production costs and the costs for conventional post processing. In order to verify the reliability of the manufactured parts, reliability of the parts was verified by conducting flow analysis and the measurement of the Mucell gloss property and mechanical properties. As a result, the following conclusions were obtained by conducting a series of experiments.

1. As a result of the scratch test, the color difference value of each sample was measured to be 1.2 or less. The discharge thickness measurement showed that the minimum discharge thickness was 1.523 mm, satisfying the quantificational target, and the maximum discharge thickness was 1.991 mm.

2. As a result of the measurement of discharge homogeneity, discharge homogeneity was measured to range from 16.8 to 54.4, and these values satisfied the quantitative target value of 150 or less.

3. The shape examination and analysis for the product thickness according to the product coreback distance are shown. Case 1 (3.0mm): For the left and right fluidity flow balance, imbalance was observed but moldability was found to be good. In Case 2 (2.0mm), Case 3 (1.8mm) and Case 4 (1.5mm), it was found that the flow congestion occurred.

4. The flatness of the parts was measured using the high precision 3d measurement system and the mean flatness of the parts measured using digital electronic scales was found to be $20.6\mu m$, and the weight of the

injection product was 191g, indicating that weight reduction of about 26% was achieved.

5. After the operation of the gas vent following the insertion of a pressure sensor, the examination of changes in the vacuum pressure in the mold showed an average degree of vacuum of 8.1 (bar), exceeding the target value of 0.78 (bar), and the surface quality and gloss property of injection molding products were found to be good by heating the green mold system to 95~105°C.

6. The degree of the Mucell gloss was measured to be 86.4GU, and the average surface gloss, tensile strength and hardness were measured to be 425kgf/cm² and 108HRR, respectively.

As light weight and high quality injection molding products can be produced by replacing the injection process with the developed technology through reduction of manufacturing costs, quality improvement, reinforcement of material properties and reduction of environmental costs by this technology, it is expected that a large increase of sales will be accomplished through the development and production of molds for client companies. In addition, it is possible to improve the surface quality of injection molding products, which is a disadvantage of conventional discharge injection, and this technology can be applied to various injection molding products used in vehicles where conventional injection molding products have not been applied previously, so the developed technology can be considered as a technology which is capable of producing high value added products after commercialization in addition to the technology value. The green mold system, which is an environmentally friendly resin transfer molding technology, and foam cell injection for weight production are combined to provide a quality suitable for no-painting and lightweight trends in

vehicle exterior materials. Through the green mold technology, injection molding products can be widely applied to the parts where conventional foam injection molding products have not been used due to surface defects. Thus, by developing high quality and high value added injection molds, the final products can be widely applied to all parts of the vehicle exterior, and it is expected that it is possible to achieve a weight reduction of 26% or more compared to existing products and to realize a no-painting high gloss surface, thereby reducing production costs and costs for conventional post-processing.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경 및 목적

사출금형 산업 전반에서 사출품의 중량감소와 표면 고광택 품질 향상은 관련분야의 핵심 목표로써 생산 코스트 감소 및 사출 공정에도 큰 영향을 끼치기 때문에 활발한 연구가 진행되고 있으며, 사출 성형에 의해 만들어지는 제품의 후가공(도장, 도금, 진공증착 등)에서 발생하는 불량은 후 가공 공정 자체에서 발생하는 불량도 있지만, 사출 성형에서 만들어진 제품 자체의 결함에 의한 불량도 상당부분을 차지하고 있고, 이러한 불량을 줄이기 위해서 가장 기본적으로 해결되어야 하는 문제는 금형기술이라고 할 수 있다. 일반적으로 사출성형에서 금형온도가 30~80℃ 정도 유지되는 것이 일반적이다. 온도를 낮게하는 이유로는 급냉을 시켜서 냉각시간을 줄여 생산성을 높이게 하는 목적이 있고, 온도를 높게하는 이유는 수지 유동성을 좋게 하고, 압력전달이 잘 이루어지게 하여 외관 품질을 좋게 하고자 한다⁽¹⁻⁴⁾.

사출 성형에서 만들어진 제품 자체의 결함은 미성형, 변형, 싱킹 마크 등 여러가지 유형의 결함이 발생되고 있고, 최근 금형의 설계기술 및 가공기술의 발달로 이러한 결함들은 상당부분 해결하고 있지만, 아직도 웰드 라인(weld-line)이나 플로우 마크(flow mark) 등의 결함은 해결하지 못하고 있으나, 미세한 발포상태 플라스틱을 만들어 성형하는 공정 기술로, 발포셀(Cell)의 미세화(5~50 μ m)에 의해 광범위한 사출성형품 비용을 절감할 수 있는 기술로, 화학 발포제나 프레온류를 이용하지 않은 환경 친화적인 프로세서 기술이며 제품의 경량화 뿐만 아니라, 플라스틱의 유동성 향상, 형체력 사출 압력의 저감 등을 실현시킬 수 있다. 하지만 발포 성형의 특성상 사출품의 표면 품질을 보장할 수 없으며 플로우 마크 등의 표면 불량이 대부분 제품에서 나타나기 때문에 투명성을 요하는 성형품이나 고광택 표면 제품에는 적용할 수 없다는 단점이 존재함에 따라 그린몰드 시스템과 진공가스빼기를 통해 발포 사출성형품의 고광택 표면 품질을 확보하는 것이 중요하다⁽⁵⁻¹⁰⁾.

그린몰드 시스템은 금형의 정밀온도제어를 통해 사출 시 성형품 표면을 급가열/

냉각하여 고품질 제품을 성형하고 웰드 라인 및 각종 불량을 현저하게 줄일 수 있는 혁신적인 기술로 현재 그린몰드 시스템은 국내/외 차량 및 가전 사출성형에 폭넓게 도입 및 적용하고 있는 실정이며, 제품적용에는 아직 기술적으로 극복해야 할 부분이 많으며, 사출품의 고품질 확보뿐 아니라 후가공 공정의 생략이 가능한 기술이기에 그 수요가 지속적으로 늘어가고 있는 추세이다. 이에 따라 고품질, 경량화 플라스틱 제품 개발을 위한 발포 사출 기술과 그린몰드의 금형기술을 적용하여 요즘 대두되고 있는 자동차 부품 경량화의 추세에 따라 플라스틱 내장부품의 고품질/경량화 사출품 개발이 활발하게 연구되고 있다. 그린몰드 시스템과 발포 사출 기술은 친환경적 기술로 기존 문제점인 성형품 표면 품질과 가스벤트의 단점을 극복할 수 있다면 사출성형 전반에 걸친 차세대 기술이 될 가능성이 매우 높으며, 금형에 그린몰드 시스템과 진공 가스벤트 기술까지 적용하여 발포 사출성형의 품질을 끌어올리는 것이 중요하다.

금형의 온도를 급속하게 가열하는 국내의 관련 기술은 삼성전자에서 2009년도 제품에 적용 예가 처음이라 할 수 있으며, 삼성전자에서 초슬림 LCD TV의 외관 케이스의 전체를 광택처리하기 위하여 협력회사인 제일정공(주)와 금형가열 기술을 개발하여 제품에 적용한 사례가 있다. 금형의 냉각 온도를 제어하는 국내의 관련 기술은 여러 중소기업에서 기술을 개발하고 있는 상황이다.

국내의 금형 온도 조절 시스템 제조사는 케이엠인터내셔널, 제일산기, 상원엔테크 등을 비롯한 20여개 내외의 중소기업체가 있는 것으로 파악되고 있으며, 이와 관계된 제조업체들은 금형 온도 조절기에 적용되는 기술은 봉 히터를 사용하여 가열하고, 공조시스템과 연계된 냉각기를 운용하는 방식이 절반 이상으로서 사출 성형 제품의 표면 결함을 완벽하게 제거하지 못하는 상황이고, 현재 발포 사출과 관련하여 별도의 가스 주입 장치, 특수 전용 사출성형기 등이 필요하고 발포의 특성상 외관 표면이 우수하지 못해 외관 제품에는 적용사례가 거의 없다.

최근 해외에서는 EU내 여러 국가의 관련 기업 및 협의회 등이 연합하여 국제 연구개발 과제인 Hiper moulding 사업을 진행하고 있으며, 사출성형 사이클 타임을 35%로 줄였으며, 추가적으로 20%의 생산비 절감 효과를 목표로 개발을 진행하고 있다^(11~14).

따라서, 본 논문에서는 친환경 가열금형 기술인 그린몰드시스템과 사출품 경량화를 위한 발포 셀 사출을 융합하여 차량 외장재로 적용될 수 있는 고품질/고부가 가치 사출 금형을 개발하고, 개발 제품은 차량 외장재의 무도장/경량화 추세에 매

우 적합한 품질을 갖추고 있으며, 그린몰드 기술을 통해 기존 발포 사출 제품이 사용되지 못했던 부품에도 적용 가능성과 개발 제품은 차량 외장재 전 부품에 폭 넓게 적용이 가능하며, 기존 제품과 대비하여 25% 이상의 경량화와 무도장 표면 고광택 구현이 가능하여 생산 단가 및 후가공에 소비되는 비용을 절감할 수 있고, 제작된 부품에 대한 신뢰성 검증을 하고자 유동해석, MuCell 광택도 및 기계적 성질을 측정하여 부품의 신뢰성 검증을 실시하고자 한다.

1.2 연구방법

1. 친환경 가열금형 기술인 그린몰드 시스템과 사출품 경량화를 위한 발포 사출 기술의 융합을 통해 차량 외장재에 고품질/초경량 부품을 적용하기 위하여 사출품의 3차원 곡면 가열/냉각이 가능한 그린몰드 히팅 시스템이 금형에 적용될 수 있도록 발포사출 금형설계를 수행하고자 하였다.

2. 히터 카트리지가 적용된 차량 내장재 금형의 사출 유동해석을 수행하여 히터 위치 및 수량을 최적화하고, 유동해석 결과에 따른 그린몰드 히팅 시스템을 적용, 무도장 차량 외장재 발포 사출 금형 제작 방안을 제시한다.

3. 그린몰드 시스템을 통해 가스벤트 공정을 확보하고, 최적 사출 조건을 적용하여 개발된 금형의 사출을 수행하여 제품의 품질 평가를 통해 문제점과 보완점을 파악하기 위하여 내스크래치성 측정, 발포 두께측정, 발포균일도, 표면 광택도, 인장강도 및 경도측정을 하여 개발된 시스템의 신뢰성 정도를 검증하고자 한다.

제 2 장 관련이론

2.1 급속 가열 냉각법

보일러를 이용하여 증기(150℃, 5 kg/cm²)를 금형 내에 3차원적 열수관을 통하여 금형을 가열하고, 냉각은 통상적인 냉각수를 사용 열수관보다 냉각관이 금형표면 쪽에 가깝다. 이것은 Fig. 2.1과 Fig. 2.2와 같이 직경의 냉각관을 많이 설치하여 균일한 냉각을 유도하고자 함이다.

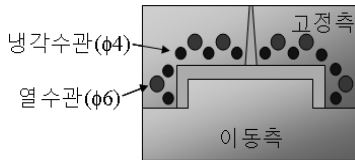


Fig. 2.1 Mimic mold of RHCM

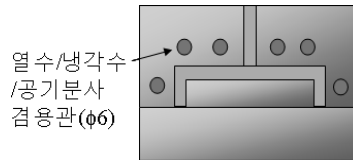


Fig. 2.2 Mimic mold of HIT

2.2 이중사출성형

이중사출성형이 최근에 개발된 기술은 아니지만, 다성분 사출성형공법 (multi-component injection molding)의 일부분으로서 지금까지 중소형 제품에 국내외에서 간간히 적용되어왔다. 명맥을 유지하던 수준의 기술인 이중사출성형이 최근 다시 주목받는 이유가 정밀도 문제로 각종 불량률 유발하기 쉬운 이 공법이 축적된 높은 정밀도의 금형 가공기술 및 사출 성형기술을 기본으로 디스플레이 등 대형제품에 적용하기 시작하면서 고품질 제품 출시에 크게 기여하고 있다.

일반 사출성형은 형체부와 사출부가 각각 1개씩 있고, 1회 사출로 1개 제품을 성형할 수 있다. 만약, 금형 2벌로 이중 사출성형과 일반 사출성형기 2대로 같은 효과를 내려면, Fig. 2.3(a)와 같이 첫 번째 사출기와 금형으로 1차 사출 후 Fig. 2.3(b)와 같이 두 번째 사출기와 금형에 1차 성형품을 삽입하고, 2차 성형을 한다. 이렇게 할 경우, 2차 사출시 고온의 2차 성형 수지에 의해 1차 성형품 표면에서 온도차가 생겨 변형과 수축이 발생하며, 2차 사출압에 의한 1차 성형품에 균열이 발생할 가능성이 있는 등 불량으로 이어질 소지가 매우 크다. 또한, 1차 성형품과

2차 성형품과의 계면에서의 접착성도 저하되는 기능상의 불량도 문제될 수 있다.

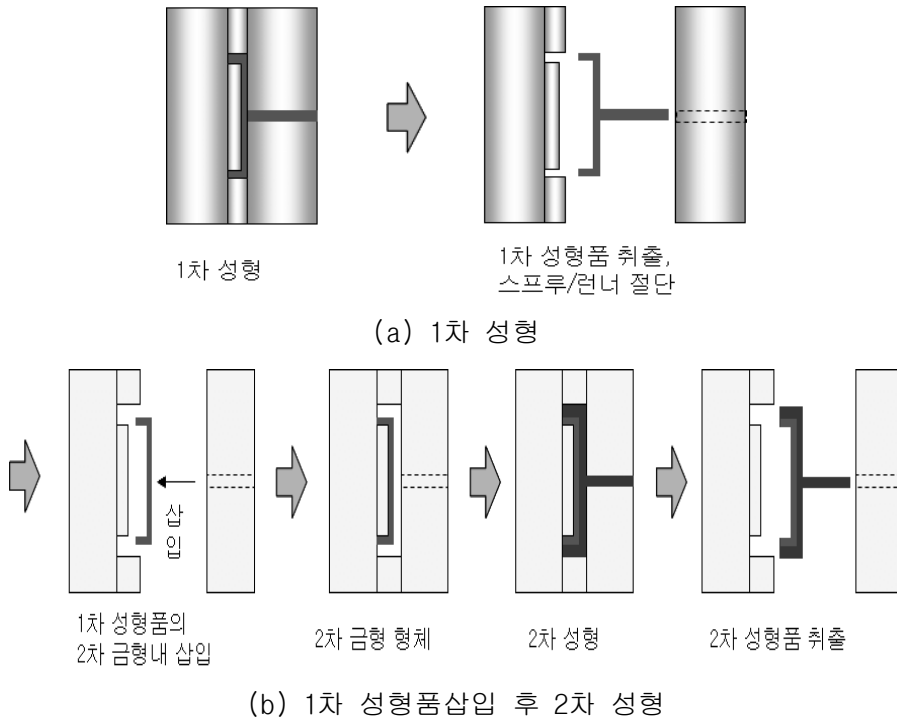


Fig. 2.3 General injection molding

이중 사출로 제품을 성형하게 되면, 사출기에 사출부 2대와 제품 2종의 cavity가 있는 금형 1벌이 필요하다. Fig. 2.4와 같이 금형내 고정측 캐비티가 서로 같지 않고, 한 쪽이 다른 쪽보다 큰 형상이어야 한다^(15~18).

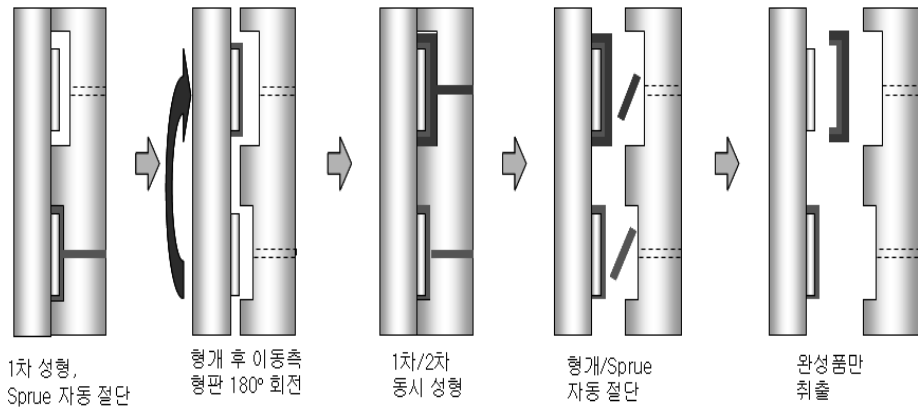


Fig. 2.4 Double injection molding(model halfturn method)

2.3 사출압축성형

일반적인 사출성형 제품은 충전 및 보압과정에서 매우 높은 사출압을 받게 되고, 이 압력이 사출성형공정 내에서 완전히 제거되지 못하고 잔류응력으로 존재하게 된다. 사용 환경에서 온도의 영향을 받거나 시간의 변화에 따라 내부의 잔류응력이 해소되는 과정에서 변형이나 성능저하가 발생한다. 특히 최근 사출제품의 동향으로 볼때 두께가 얇아지는 경우 사출압은 더 증가하고, 잔류응력은 더욱 커진다. 이를 해소하기 위한 처방으로 사출압축성형이 채택되고 있으며, 사출압력방식과 사출압축방식이 있다.

사출압력방식은 Fig. 2.5와 같이 금형을 완전히 닫지 않고 약간 열린 상태에서 충전되는 방식이고, 사출압축방식은 금형이 닫힌 상태에서 충전되지만, 매우 낮은 형체력을 설정하였으므로 충전압에 의해 금형이 약간 열리게 된다. 두 방식 다 압축단계에서는 보압 대신 형체력으로 이동측을 닫아 압축하는 방식으로 별다른 차이가 없다. 따라서, 가스배출 면에서는 거의 차이가 없지만, 사출압축방식은 사출압력 방식보다 몰드 플래시를 줄일 수 있고, 사출압력방식에서 쉽게 나타날 수 있는 플로우 마크를 줄일 수 있다.

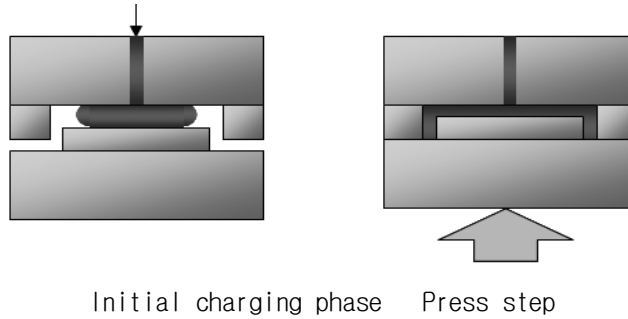


Fig. 2.5 Injection press moulding

Fig. 2.6과 같이 제품에서 게이트로부터 최종 충전 위치에 이르기까지 압력차이가 있으므로 보압단계에서 압력차이가 해소되지 않으면 수축 차이가 발생하여 변형이 발생하기 쉽고, 잔류응력이 많아진다. 사출압축 성형은 Fig. 2.7과 같이 초기 사출단계에서 공기 저항이 없고 유동층 단면이 두꺼워서 게이트로부터 최종 충전 위치까지의 압력차이는 약간 발생하지만, 전반적으로 충전압이 낮다. 보압단계에서는 제품의 전체 면적에 걸쳐 고르게 형체에 의한 보압을 받으므로 제품의 위치에 따른 압력차이가 거의 없어서 수축차이가 거의 없고 변형과 잔류응력이 최소화 된다.

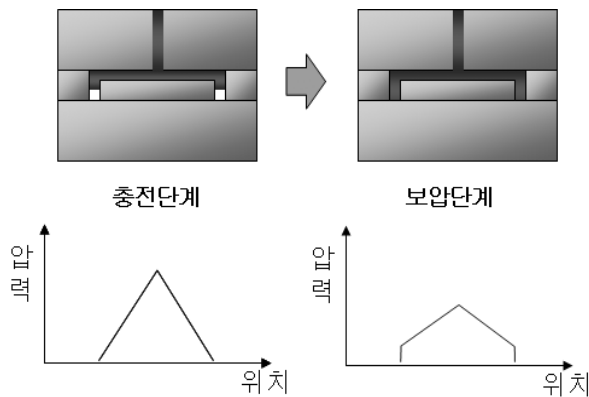


Fig. 2.6 General injection molding process

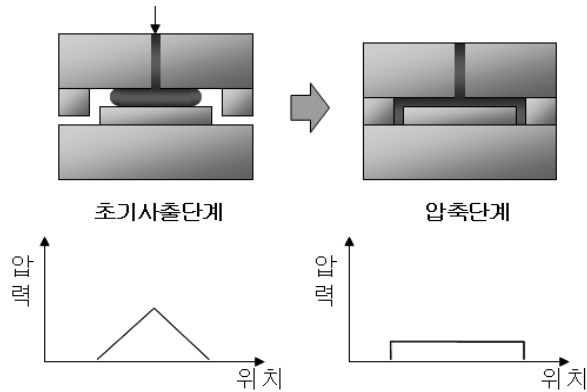


Fig. 2.7 Injection press molding process

최근 동향으로 금형가열과 이중 사출성형 및 사출압축성형 등 3종의 기술을 함께 접목하여 LCD TV 등 대형 디스플레이 제품에 표면 전체를 투명 수지(예 : 투명 ABS, PMMA, PC 등)로 내부 플레임 부분형화, 게이트로부터 멀리 떨어진 부분까지의 압력 차이를 최소화하면서 2개 이상의 게이트를 사용할 경우 웰드 라인도 제거하고자 금형가열 및 이중사출성형 적용하여 외관 광택도도 높이고 일체화 성형도 가능하게 하면서 사출압축성형으로 충전압을 낮출 수 있어서 잔류응력 및 변형도 최소화한다. 잔류응력이 낮아지면 투명 부분에 주로 발생하는 복굴절을 차이에 의한 무지개 색과 같은 색상차이도 제거할 수 있다. 과거에 새로운 성형기술로 적용되던 사출성형 최신공법들이 지금은 새롭게 재조명 받으면서 2~3종의 공법이 동시에 한 제품 개발에 적용되는 경우가 있다. 이러한 기술들을 활용하여 쉽게 모방할 수 없는 매우 우수한 품질 제품을 만들 수 있어 제품의 대외 경쟁력을 높일 수 있다.

2.4 미세 발포사출

Fig. 2.8과 같이 MuCell은 고온고압 가스(CO_2 나 N_2)를 수지 내에 용해시켜 고유동 SCF(super critical fluid)를 만들어 충전 후 보압과정에서 이들 가스가 성형품 내부에서 미세발포를 하여 발포 셀(cell)의 미세화($5\sim 50\mu m$)에 의해서 넓은 범위의 사출성형품의 비용을 절감할 수 있는 독창적인 기술로써 알려지고 있다. 보

압이 없이 싱크마크나 변형을 개선할 수 있으며, 발포율에 따라 7~15%의 중량을 감소시켜 경량화를 달성할 수 있다.

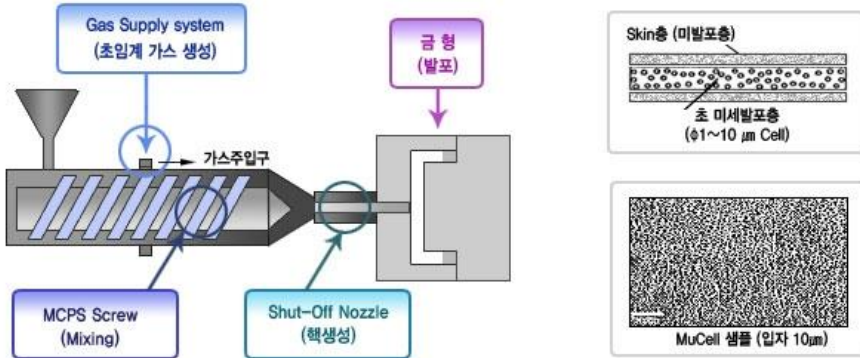


Fig. 2.8 MuCell jet ejection

이는 최근에 나온 기술이 아니라 95년말 상업화되기 시작하여 해외 자동차 업체 및 IT/OA업체에서 널리 사용되고 있는 기술인데, 최근에 Fig. 2.9와 같이 MuCell 과 금형 가열기술을 접목한 연구 또는 사출 압축성형(core back 방식) 등과 접목한 방법이다.

이 기술은 화학 발포제나 프레온류를 이용하지 않은 환경 친화적인 프로세스 기술이며, 단순히 제품의 경량화뿐만 아니라 플라스틱의 유동성 향상, 형체력 사출 압력의 저감, 저온성형, 성형 사이클의 단축, 성형품의 싱크마크 형 개선 등을 실현할 수 있는 기술로서 충전압을 낮추어 잔류응력을 줄이면서 보압과정에서 보압 대신 발포로 수축을 개선할 수 있어서, 미려한 표면을 가지면서도 외관 불량이 없는 개선된 대형 제품을 성형할 수 있다. Trexel사가 전세계에 특허 실시 허용권을 보유하고 있다.

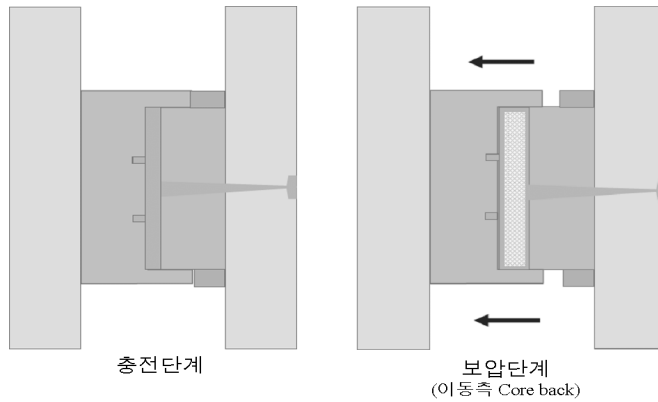


Fig. 2.9 Discharge conception from the MuCell and core back

금형가열 기술이 다양한 제품에 적용되고 있는데, 양면 가열방식을 사용하는 경우가 드물고 주로 제품의 외관면에만 가열하므로 성형후 변형이 쉽게 발생하고 또한, 발포기체가 성형품 표면으로 나타나 실버 스트레이크(silver streak) 등과 같은 외관불량이 쉽게 나타날 수 있는데, 금형가열기술을 적용하면 외관불량을 감소시킬 수 있다. 실험적으로 건조하지 않은 수지를 일반성형으로 사출하면 표면에 실버 스트레이크 등이 많이 나타나지만, 금형가열을 하면 건조하지 않은 수지라도 표면에 실버 스트레이크 등이 많이 나타나지 않는 현상을 관찰할 수 있다⁽¹⁹⁻²¹⁾.

이는 차가운 금형표면에 닿은 수지는 고화되기 시작하면서 가스를 포함하게 되고 이후 밀려오는 용융수지에 의해 고화중인 표면의 수지와 가스의 혼합층이 함께 늘어나면서 미세한 백화 현상이 발생하여 실버 스트레이크가 나타나는데, 금형온도가 높으면 금형 표면에서 수지와 가스가 혼합되지도 않고, 혼합되었더라도 가스를 둘러싸고 있는 용융 유체의 온도가 높아 점도가 매우 낮기 때문에 혼합가스가 압력이 낮은 지역으로 쉽게 이동할 수 있으므로 안쪽으로 이동하여 표면에는 실버 스트레이크 등 가스에 의한 불량이 낮아진다.

제 3 장 실험

3.1 기계적 성질

Photo. 3.1에서는 발포두께 및 발포균일도 측정은 Measuring Microscope를 활용하여 측정하였으며, Photo. 3.2 내스크래치성 측정은 에릭슨법을 사용하여 시료에 스크래치를 낸 후 전/후 색차값을 비교하였으며, 매크로 스크래치 시험기 (Revetest)를 활용하여 시료 스크래치를 수행하였다. 사출품의 각 부위별 시료의 발포층 두께를 일일이 측정하여 비교하였다. 3차원 측정기로 제품 표면평탄도를 측정하였으며, Photo. 3.3과 같이 경도 및 인장강도를 측정하였다.

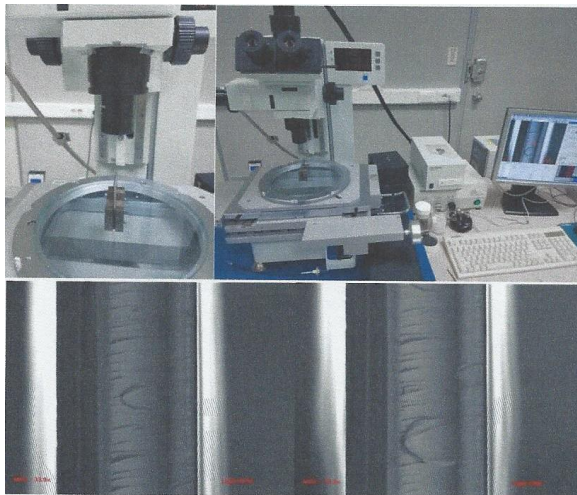


Photo. 3.1 Discharging uniformity measurement equipment

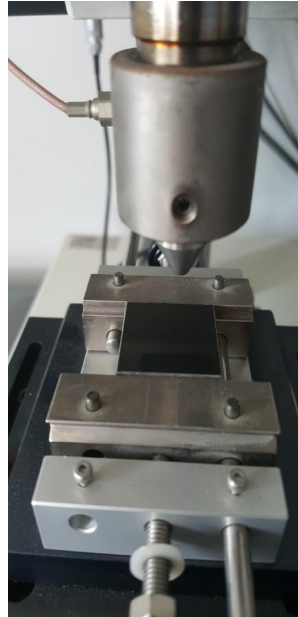
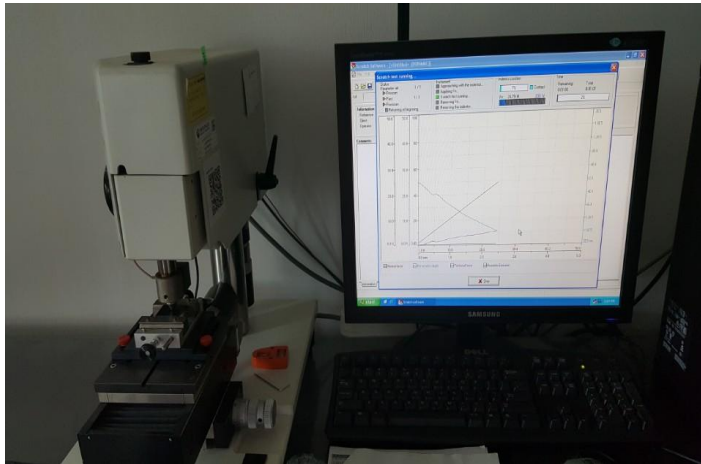


Photo. 3.2 Scratch test equipment



Photo. 3.3 Test equipment of HRR hardness and tensile strength

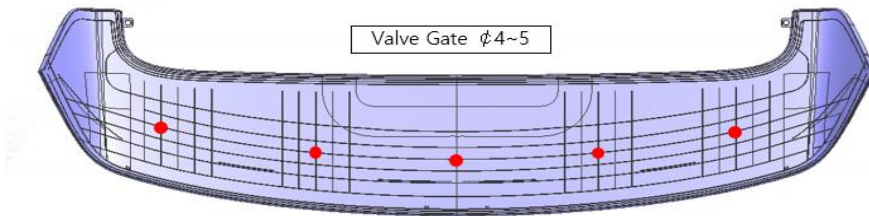
3.2 발포 사출금형 설계

1) 그린몰드 시스템 적용한 사출금형 유동해석

가열 및 냉각과 유셀 발포에 따른 유동해석을 통한 금형설계를 진행하였으며, CAE를 통해 게이트 위치 5점 설정 및 금형 코어에 부하를 적게 받을 수 있도록 구조 해석 및 성형 해석을 수행 하였다. Fig. 3.1과 Fig. 3.2와 같이 사출 압력 및 수지 유동해석을 통해 게이트 위치 및 수량을 5개점으로 설정 하였고 이를 통해 웰드 라인 및 GAS가 뭉치는 위치에 GAS 벤트 추가 설계를 진행하였다.

○ Tooling Specification.

- Cavity ----- 1 Cavity
- Molding material ----- ABS 난연
- Gate Type ----- Hot valve 5 Drop With Sequence / Reverse Injection mold
- Material Shrink ----- 0.0045 /1000
- Main Thickness ----- 3.0t
- Part Weight ----- g



☆ Exact gate location will be determines after Mold flow analysis.

- Size (mm) ----- 1245.8 (L) X 345.12 (W) X 168.57 (H)
- Cavity steel ----- CENA-G
- Core steel ----- HP4M
- Press Tonnage ----- 1300 ton
- Tie Rod Clearance ----- 1600" (H) x 1250 (V)

Fig. 3.1 Data of MuCell discharge mold parts and ejaculation gate setting

○ Tooling Design Concept.

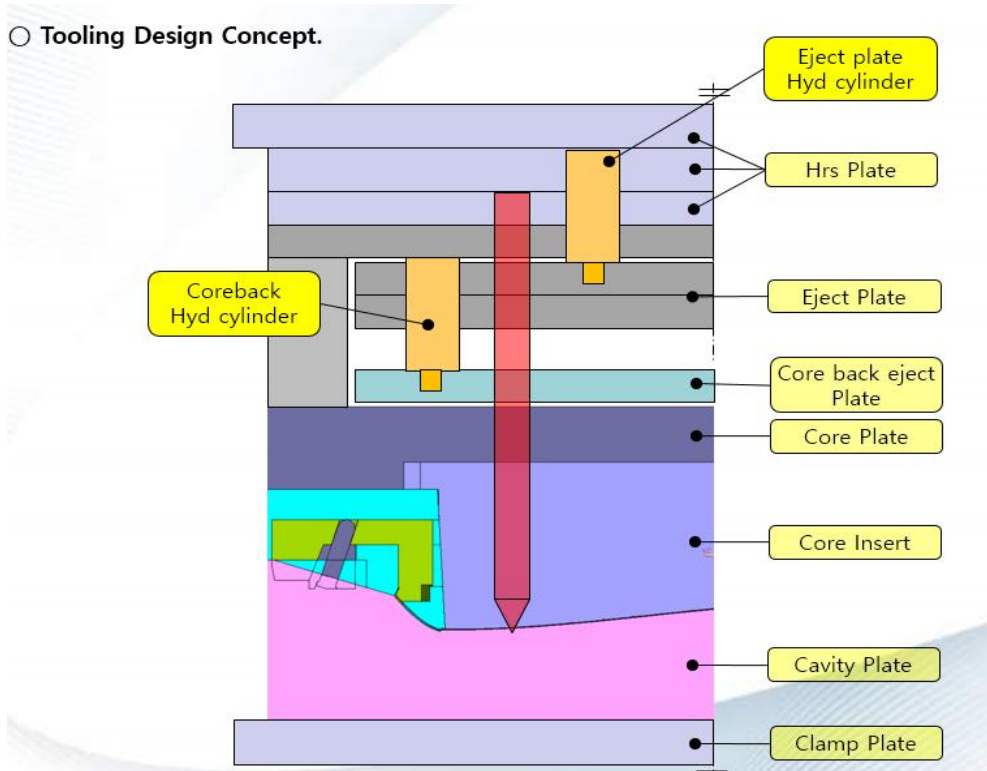


Fig. 3.2 Mold design

3.3 금형 코어의 코어백 구조 검토

사출 후 Coreback 작동 시 내측 Core 구간만 후퇴하고 외측 슬라이드 구간은 Cavity 구간과 밀착되는 금형 구조로 제품의 경량화를 위한 필요한 기술로 사출압에 따른 제품 Burr를 방지하고 원활한 슬라이드 코어 작동을 위해 Inner Slide의 구조를 2 position으로 잡아 설계를 진행하였다. Fig. 3.3과 같이 코어백 전 제품 두께는 1.8mm 이고 코어백 거리는 1.2mm로 설정하여 최종 제품 두께는 3t로 설계하였다.

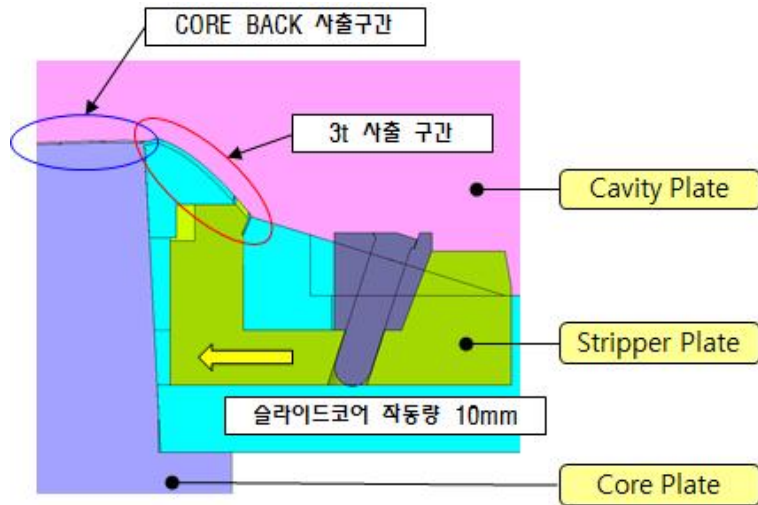


Fig. 3.3 Core structured review of Core Back and design

Fig. 3.4는 코어백 부품에 대한 Eject Block은 11개 구조를 지닌 것으로 설계한 설계도이다. 그림에서와 같이 제품 양 끝단부 파팅 라인 및 RIB 구간에 따른 슬라이드 코어 구조 검토를 진행하였으며, 제품 표면을 고풍택으로 사출을 해야 함에 따라 노즐의 위치를 제품 후방에서 사출할 수 있도록 설계를 진행하였다.

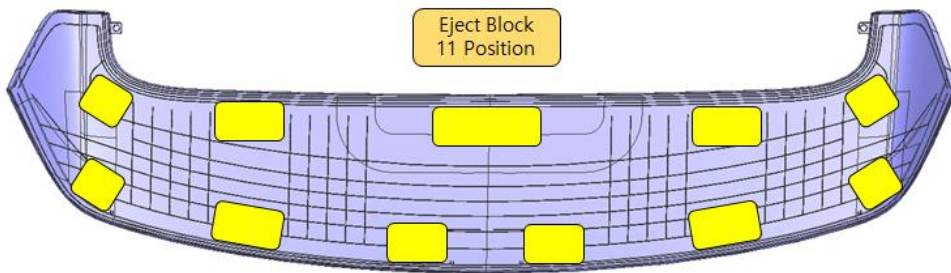


Fig. 3.4 Eject block design

3.4 그린 몰드시스템 발포사출

Fig. 3.5와 같이 가열 및 냉각과 유셀 발포에 따른 유동해석을 통한 금형 설계를 진행하였으며, CAE를 통해 게이트 위치 1점과, 3점을 설정하고, 금형 코어에 부하를 적게 받을 수 있도록 구조 해석 및 성형 해석을 진행하였다.

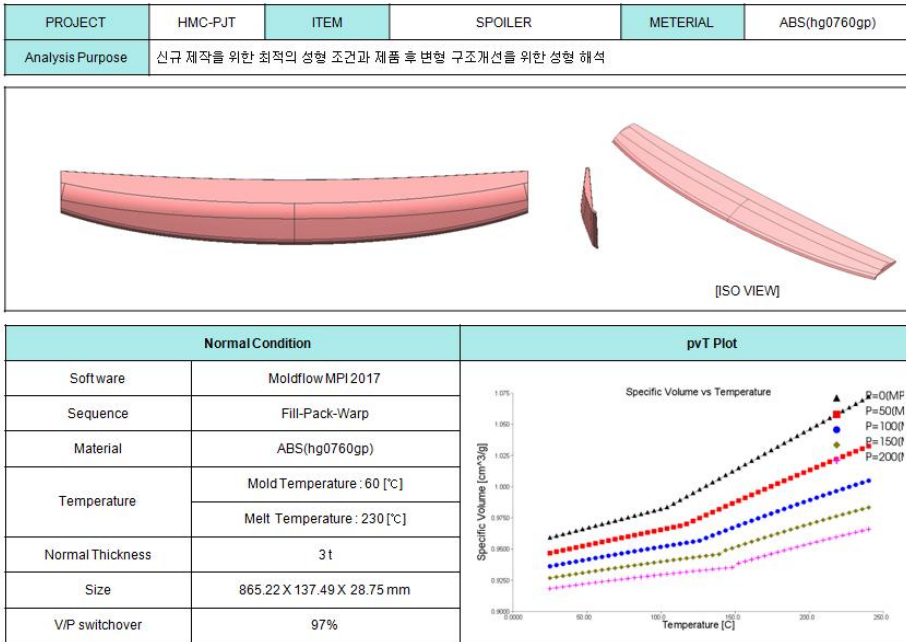


Fig. 3.5 Flow analysis of MuCell injection mold

사출 압력 및 수지 유동해석을 통해 게이트 위치 및 수량을 1개점과 3개점으로 설정하였으며, 제품 생산 시 발생한 다중 게이트 문제점 해결을 위해 반영된 결과이고, 추가로 웰드 라인 및 GAS 문치는 위치에 GAS 벤트 추가 설계를 진행하였으며, 캐비티 온도에 따른 유동해석을 수행하고, GAS 벤트 구조를 통해 GAS 벤트 장치의 효과를 극대화할 수 있도록 하였다.

제 4 장 결과 및 고찰

4.1 기계적 성질

내스크래치성 측정 시험 결과 시료별로 색차 값이 1.2 이하로 측정되었다. 발포두께 측정 시험에서는 측정 결과 최소 발포 두께층이 1.523mm으로 정량적 목표를 만족하였으며, 발포 두께층은 최대 1.991mm까지 형성됨을 확인하였으며, 시료별 발포 두께층의 차이는 사출품 크기 및 코어백 부위에 따라 조금씩 차이를 보이는 것으로 판단되며, 이에 따른 시료 강도에 문제는 내충격성 시험을 통해 문제가 없는 것으로 확인되었다. 또한 경도 및 인장강도에도 영향이 미칠 수 있기 때문에 분석 결과 목표치를 만족하는 것을 확인할 수 있다.

발포균일도 측정 시험결과 발포 균일도는 최소 16.8, 최대 54.4로 측정되었으며, 이는 정량적 목표치인 150이하를 충분히 만족하는 값으로 확인 측정 되었다.

발포두께와 마찬가지로 부위별 균일도 차이가 있지만 균일도 차이는 미세한 수준으로 제품 품질에는 영향을 끼치지 않는 것으로 보이나, 확인을 위해 제품 표면 평탄도를 추가적으로 측정하였다. Table 4.1과 같이 제품 평탄도는 High Precision 3D Measurement System을 이용하여 치수를 측정하였으며, 평균 $22.1\mu m$ 이하 값으로 측정되어 제품 품질의 신뢰성을 높일 수 있었다. Fig. 4. 5에서와 같이 표면 광택도, 인장강도 및 경도측정 값은 평균 402와 108로 측정되었다.

Table 4.1 Ground plan test results of MuCell

No.	measurement value(μm)	etc.
1	24.8	
2	27.7	
3	13.7	
4	15.5	
5	21.5	
6	20.6	
7	23.3	
8	22.6	
9	26.5	
10	24.8	
avg.	22.10	

Table 4.2 Test results of brilliance test, tensile strength and hardness

No.	brilliance test (GU)	tensile strength (kg/cm^2)	hardness (HRC)
1	38.4	402	108
2	38.3	400	107
3	38.7	400	105
4	39.8	401	107
5	39.1	402	105
6	38.9	401	106
7	40.7	400	108
8	39.4	401	107
9	38.3	402	105
10	40.8	401	106
avg.	39.24	401.00	106.40

4.2 사출금형 유동해석

Fig. 4.1에서와 같이 GAS 벤트 구조를 통해 GAS 벤트 장치의 효과를 극대화할 수 있도록 하였으며, 게이트 5점을 동시에 성형을 시작했을 경우 살 두께 차이로 인하여 두꺼운 구간에서 수지의 흐름이 더 빠르게 발생되어 유동정체 현상이 발생됨을 관찰할 수 있었다.

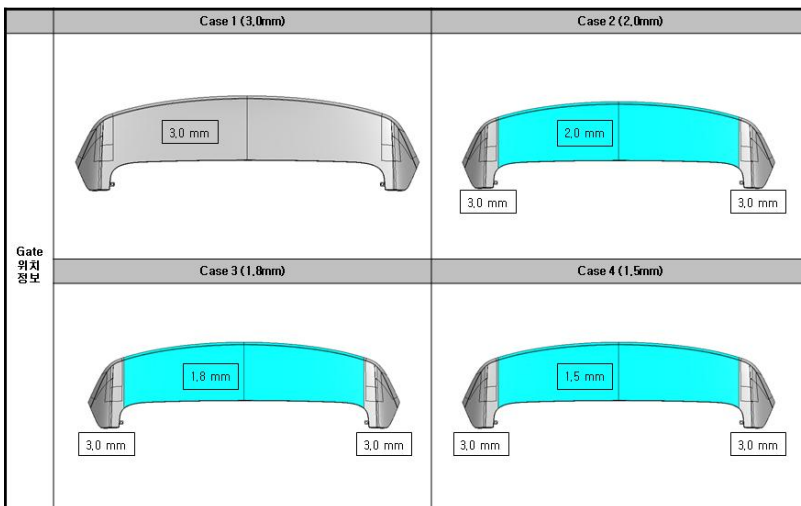
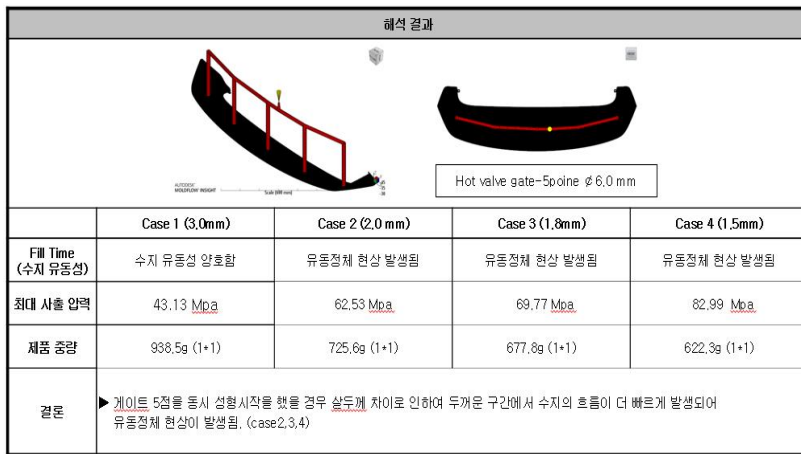


Fig. 4.1 Resins flow analysis of CAE

Fig. 4.2에서는 제품 코어백 이동 거리에 따른 제품 두께에 대한 형상 검토 및 해석을 나타내고 있다. Case 1 (3.0mm) : 좌우 유동 밸런스는 불균형이 발생되나 성형성은 양호함을 확인할 수 있었고, Case 2 (2.0mm), Case 3 (1.8mm) 및 Case 4 (1.5mm)에서는 유동 정체 현상이 발생됨을 확인하였다.

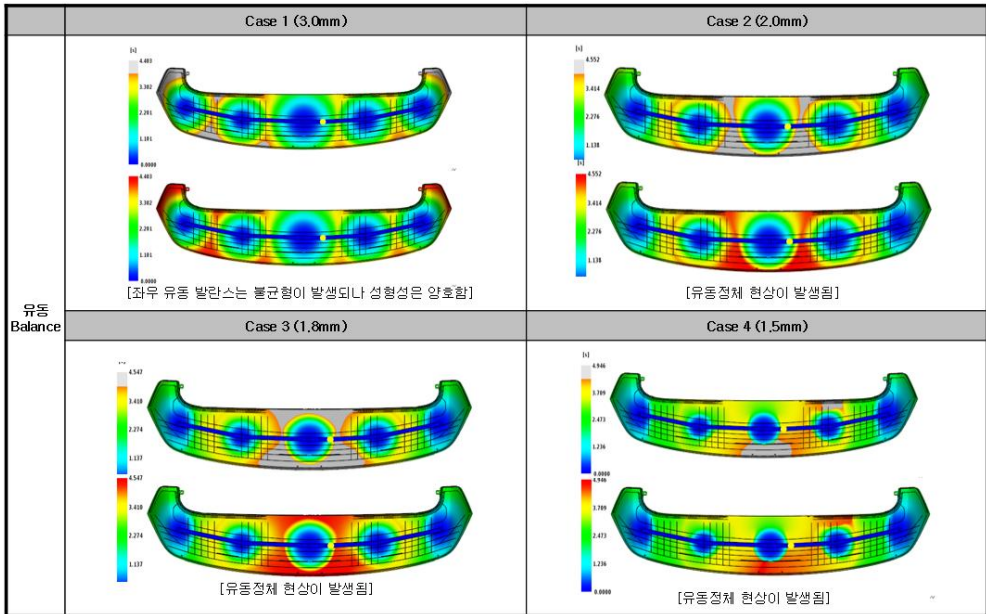


Fig. 4.2 Recognition of problem and change results from the flow analysis

Fig. 4.3에서는 사출 유동성 해석을 통한 문제점 파악 및 수정한 내용으로 Case 1 (3.0mm)에서는 최대 사출압력 43.13 [Mpa]으로 사출 압력이 양호하였고, Case 2 (2.0mm)에서는 62.53 [Mpa]과, Case 3 (1.8mm)에서는 69.77 [Mpa]으로 양호하였으며, Case 4 (1.5mm)에서 최대 사출압력이 82.99 [Mpa]으로 측정되어 사출 압력이 높았음을 확인할 수 있었다.

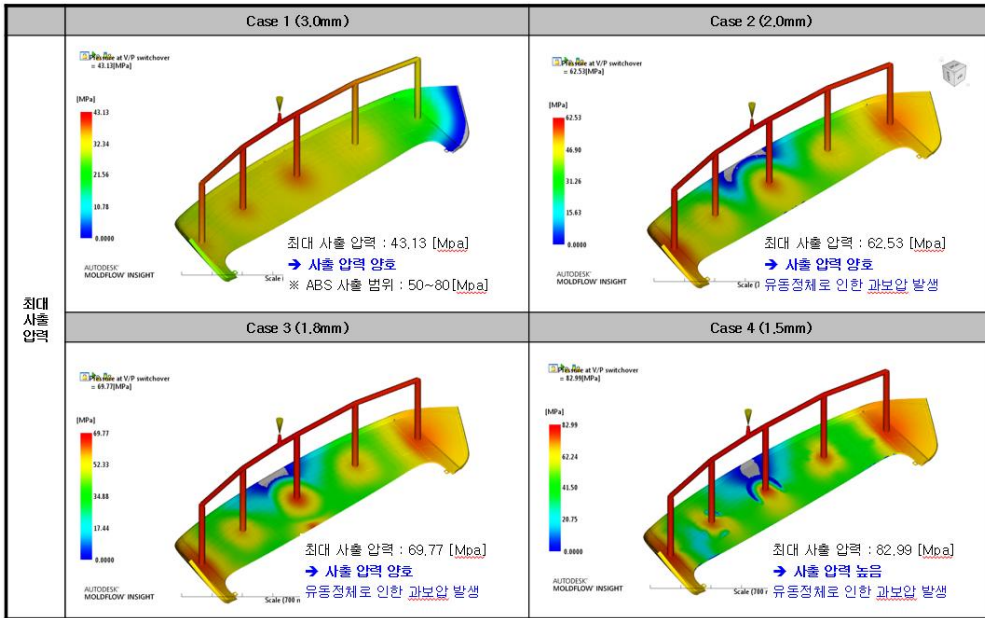


Fig. 4.3 CAE analysis results of optimization injection press

4.3 그린 몰드시스템 사출금형 유동해석

Fig. 4.4와 Fig. 4.5에서와 같이 사출 압력 및 수지 유동해석을 통해 게이트 위치 및 수량을 1개점으로 설정하였으며, 제품 생산 시 발생한 다중 게이트 문제점 해결을 위해 반영된 결과로 웰드 라인 및 가스 멍치는 위치에 가스 벤트 추가 설계를 진행하였으며 캐비티 온도에 따른 유동해석을 수행함으로써 가스 벤트 구조를 통해 가스 벤트 장치의 효과를 극대화할 수 있도록 하였다. 게이트 1점에서 성형을 시작했을 경우 제품 끝단까지 원재료가 충분히 이동할 수 있는지에 대한 여부는 유동 해석 뿐 아니라 실제 사출 과정에서도 심도 있게 고찰해 볼 사항이다. 그린몰드 시스템을 적용한 사출금형 유동해석 결과 캐비티 온도에 따른 유동해석 결과 3개 케이스에서 수지 충전 및 불량 발생 확률은 거의 없는 것으로 나타났으며, 다만, 성형 시 필요한 압력이 고온에서 더 적게 들어가는 현상이 발생하였으며, 이는 사출기 및 그린몰드 시스템에서 실제 사출 시 최적 조건을 찾아 사출을 수행해야 할 것으로 확인하였다. Fig. 4.6에서와 같이 유동 말단구간에서 동일하게 충전이 완료되었으며, 제품을 성형시키는데 필요한 압력 및 형체력이 양호하였으며, 웰드 라인이 발생하지 않았다.

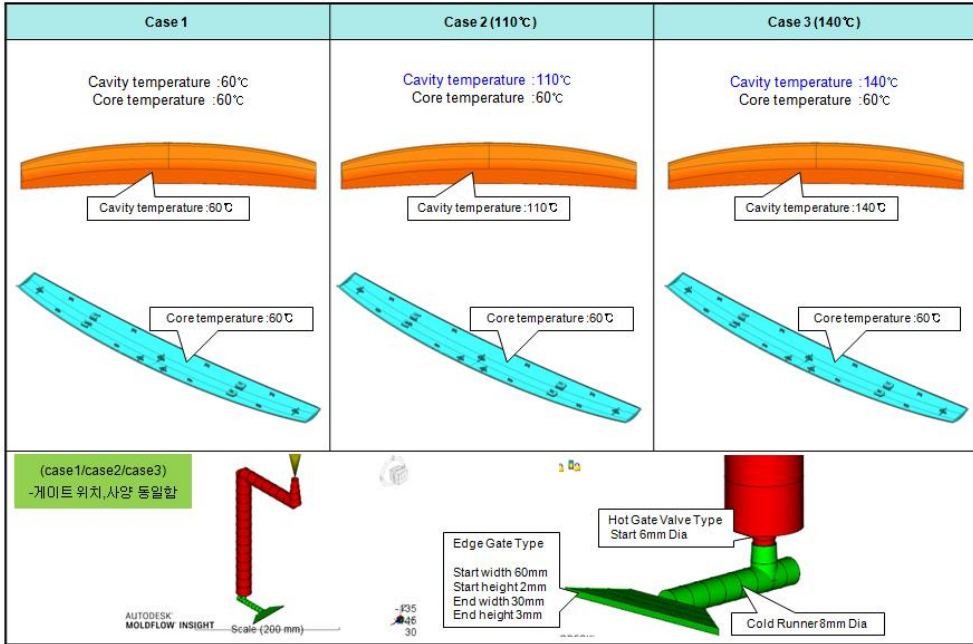


Fig. 4.4 Injection flow analysis to the cavity temperature

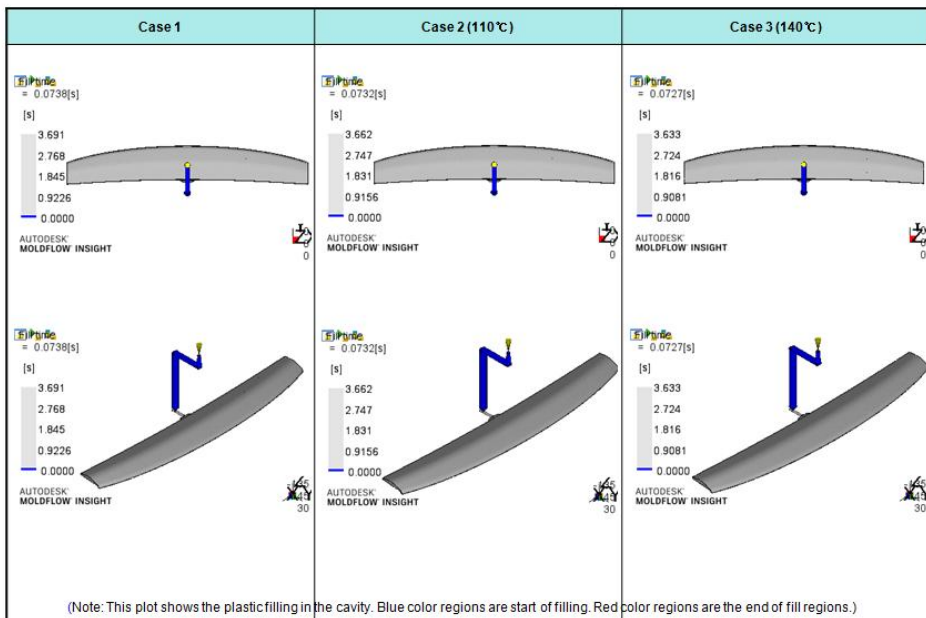
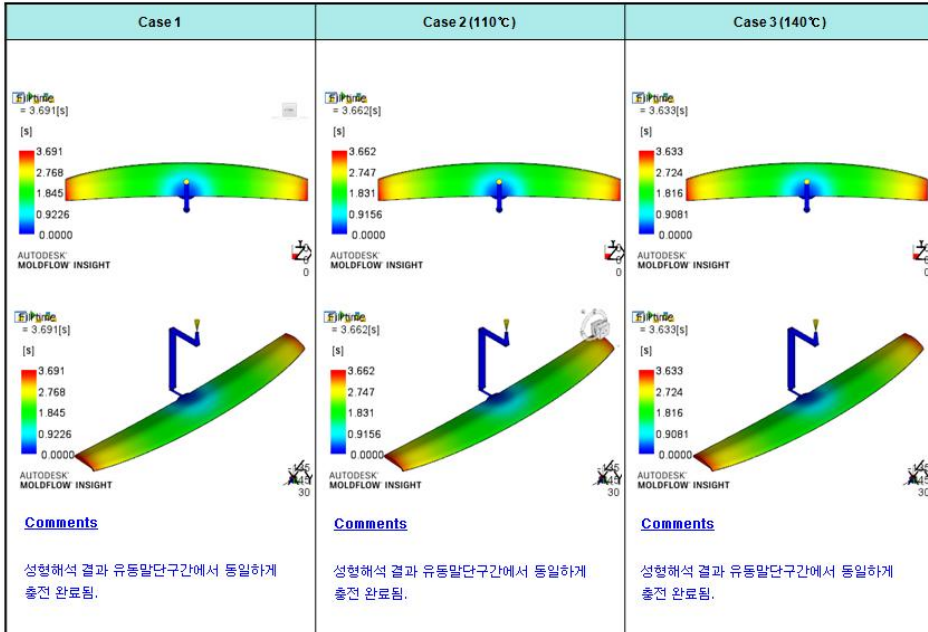
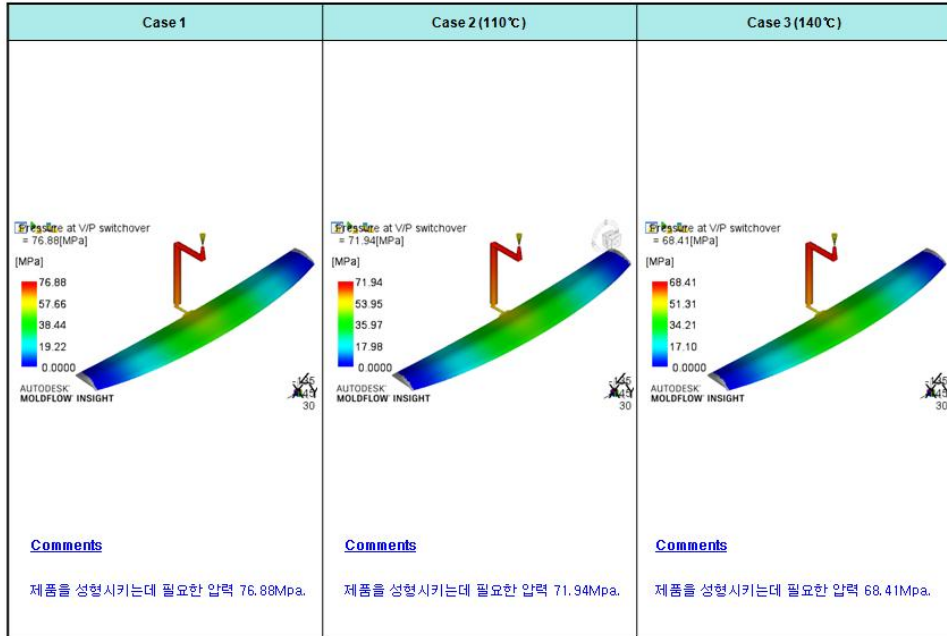


Fig. 4.5 Injection flow analysis of cavity temperature



Analysis Inputs									
Material	ABS(hg0760gp)								
	Case 1	Case 2		Case 3					
Mold Temperature	80 °C	110 °C / 60 °C		140 °C / 60 °C					
Melt Temperature	230 °C	230 °C		230 °C					
Injection Time	3.69 sec (3sec)	3.66 sec (3sec)		3.63 sec (3sec)					
V/P Switch over	97%	97%		97%					
Filling time	10 sec	10 sec		10 sec					
Filling pressure	80%	80%		80%					
Results									
Pressure at V/P Switch over	76.88MPa		71.94 MPa		68.41 MPa				
Maximum Clamp tonnage	399.24 Tons		399.48 Tons		394.44 Tons				
Deflection									
Deflection X - Direction	Max : 2.96	Min : -2.94	5.90 mm	Max : 3.01	Min : -2.99	6 mm	Max : 3.06	Min : -3.05	6.11 mm
Deflection Y - Direction	Max : 0.94	Min : -0.61	1.55 mm	Max : 1.33	Min : -1.49	2.92 mm	Max : 1.49	Min : -1.92	3.41 mm
Deflection Z - Direction	Max : 1.19	Min : -0.61	1.8 mm	Max : 2.95	Min : -2.33	5.29 mm	Max : 3.96	Min : -3.07	7.03 mm
Summary									
<ol style="list-style-type: none"> 1. 성형해석 결과 유동말단구간에서 동일하게 충전 완료됨. 2. 제품을 성형시키는데 필요한 압력 및 항체력 양호함. 3. Case 1, 2, 3-미성형 발생 없음. 4. 성형해석 결과 제품 가시면 구간에서 Weld line 발생 없음. 									

Fig. 4.6 Flow analysis results of 1-point gate

Fig. 4.7에서와 같이 3-Gate 수정을 위한 발포 사출 금형 유동해석 수행과 가열 및 냉각과 유셀 발포에 따른 유동해석을 통한 금형설계를 진행하였으며, CAE를 통

해 게이트 위치는 3점 설정하고, 금형 코어에 부하를 적게 받을 수 있도록 구조 해석 및 성형 해석을 진행하였다.

Fig. 4.8, Fig. 4.9 및 Fig. 4.10에서와 같이 그 결과 지속적으로 발생하는 제품 끝단 가스 뭉침 현상 및 게이트 부 달무리 현상을 완화하기 위해 3점 Gate 유동해석을 수행하였고, 유동해석 수행 결과 3점 Gate에서 각 구간에 동일하게 수지 충전이 완료되는 것을 확인할 수 있었으며, 각 리브별 미성형도 존재하지 않았음을 확인하였다. 또한 순차 밸브 적용을 통해 각 게이트간 웰드 라인도 최소화할 수 있으며, 발생하는 웰드 라인은 그린몰드 시스템에 의해 제거할 수 있었다. 유동 수지가 함유하는 중앙부 및 충전 말단 구간에서 가스 뭉침 현상이 발생할 우려가 있으나 가스벤트 장치 및 순차밸브를 통해 완화가 가능하였으며, 캐비티 온도에 따른 유동해석 결과 3개 케이스에서 수지 충전 및 불량 발생 확률은 거의 없는 것으로 나타났다.

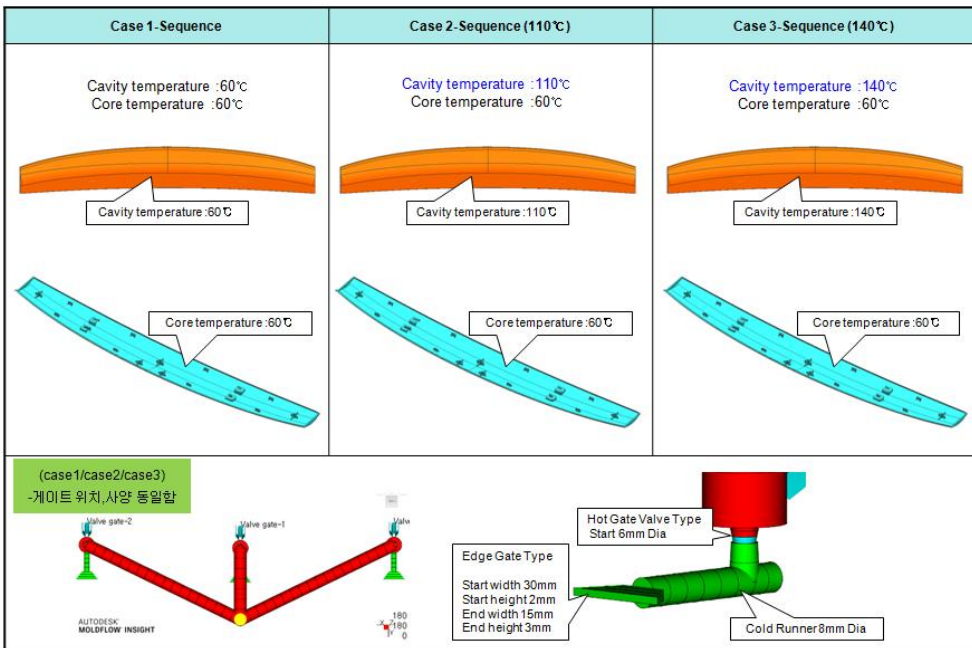
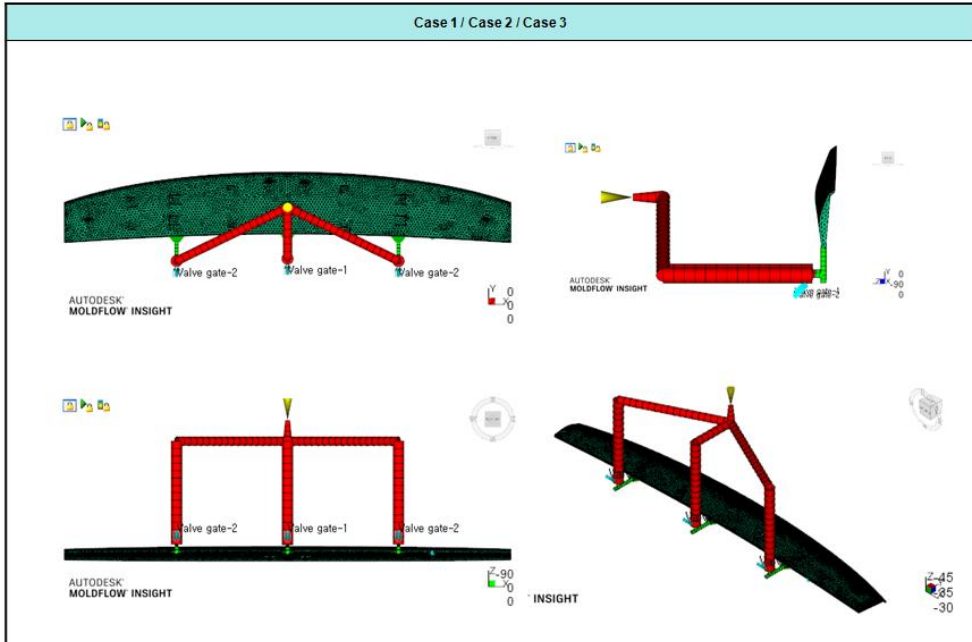


Fig. 4.7 Injection flow analysis of 3-point Gate

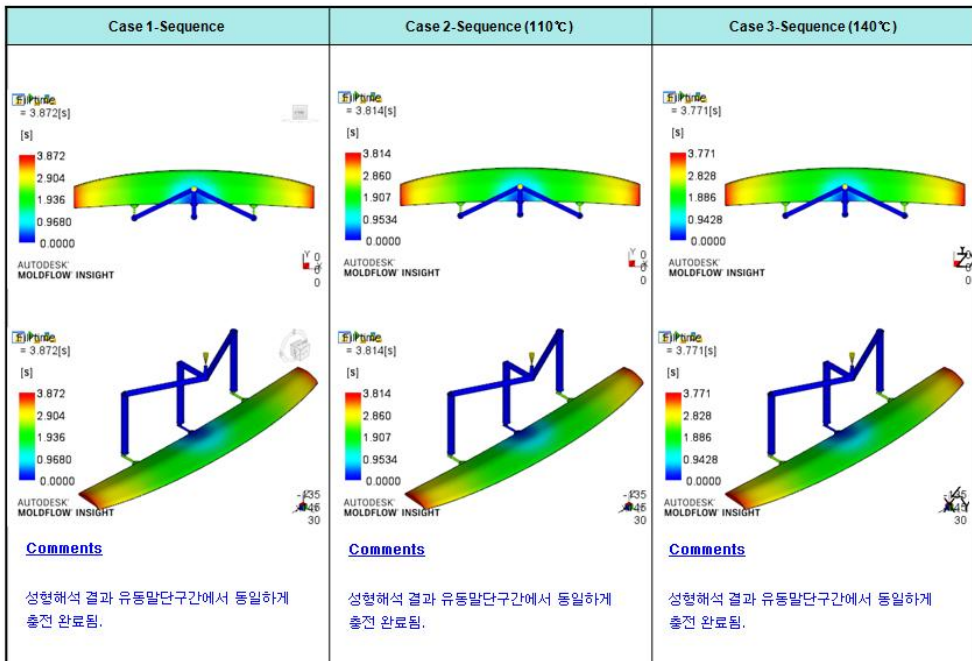
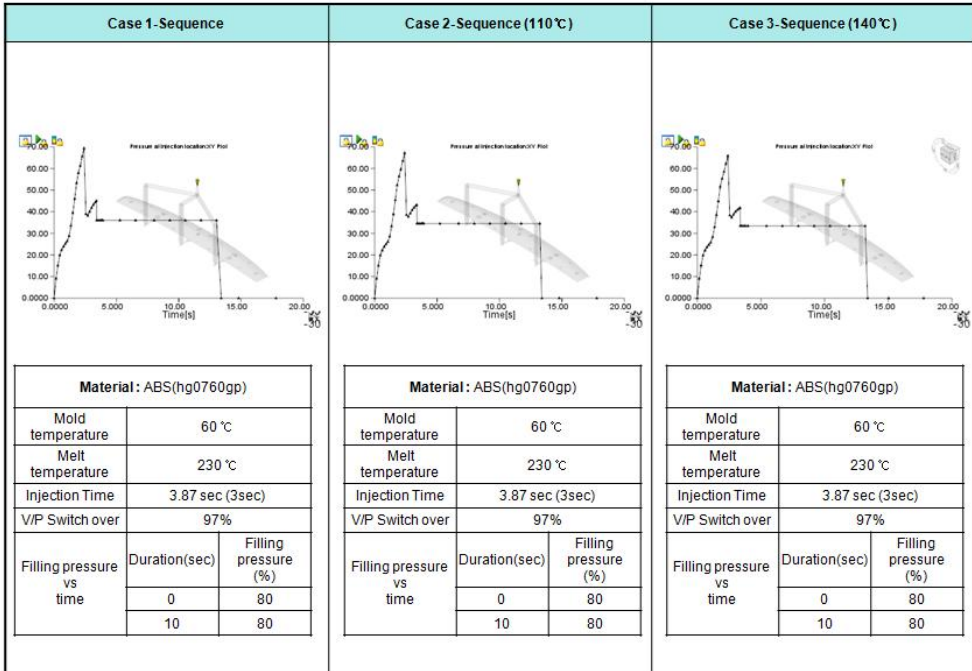


Fig. 4.8 Injection flow analysis results of 3-point Gate

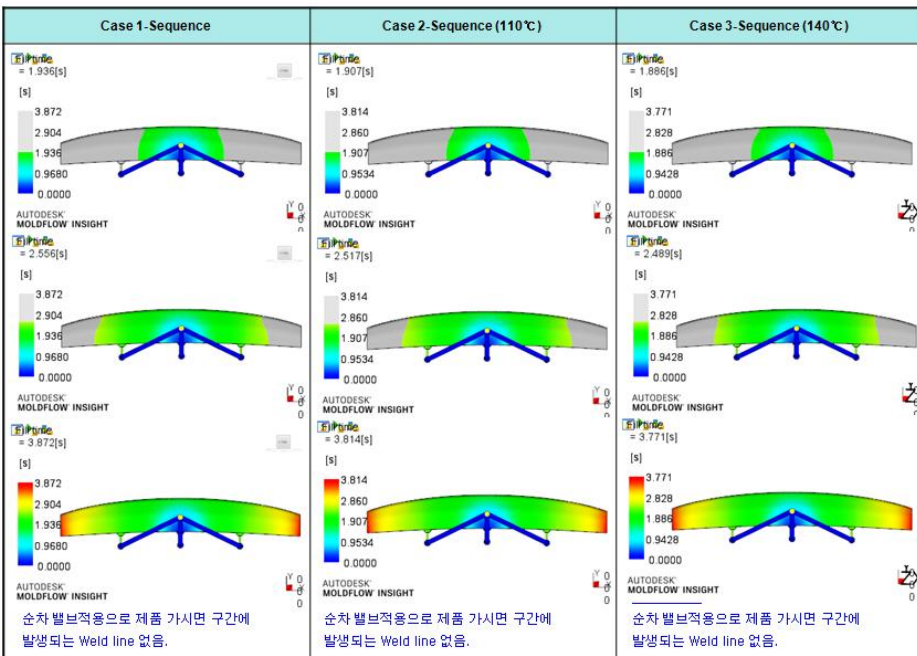
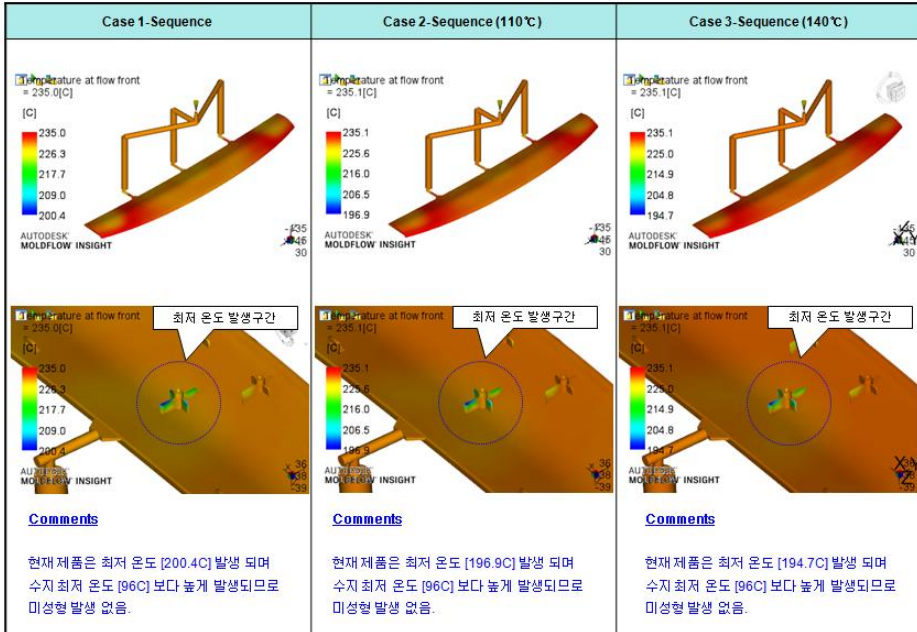
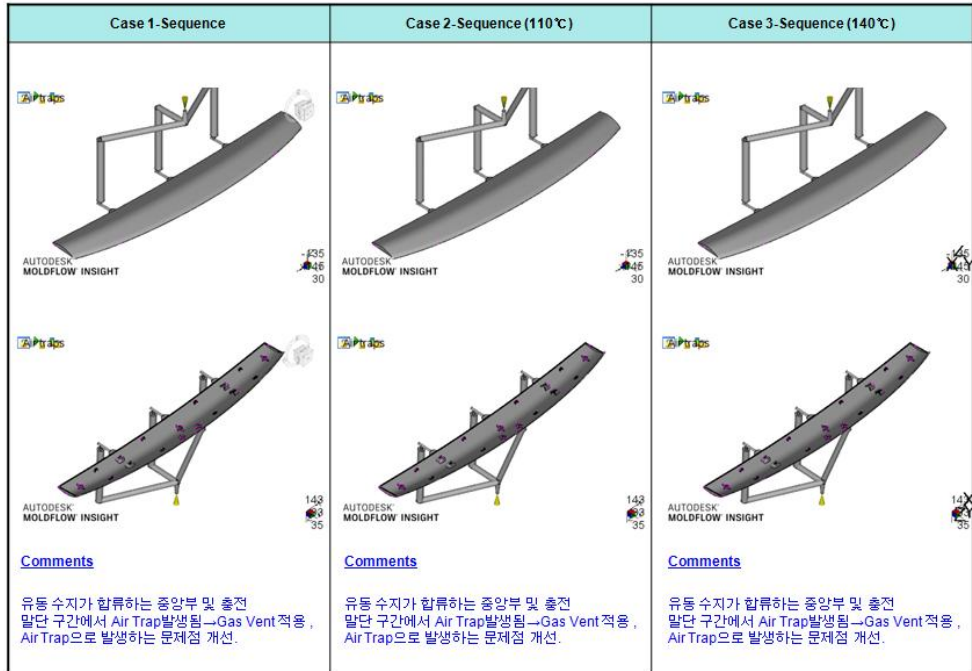


Fig. 4.9 Injection flow analysis results of 3-point Gate



Analysis Inputs									
Material	ABS(hg0760gp)								
	Case 1		Case 2			Case 3			
Mold Temperature	60 ℃		110 ℃ / 60 ℃			140 ℃ / 60 ℃			
Melt Temperature	230 ℃		230 ℃			230 ℃			
Injection Time	3.87 sec (3sec)		3.81 sec (3sec)			3.77 sec (3sec)			
V/P Switch over	97%		97%			97%			
Filling time	10 sec		10 sec			10 sec			
Filling pressure	80%		80%			80%			
Results									
Pressure at V/P Switch over	45.02 MPa		43.12 MPa			41.74 MPa			
Maximum Clamp tonnage	277.44 Tons		278.88 Tons			277.92 Tons			
Deflection									
Deflection X- Direction	Max: 2.92	Min: -2.92	5.84 mm	Max: 2.94	Min: -2.94	5.88 mm	Max: 3.02	Min: -3.0	6.02 mm
Deflection Y- Direction	Max: 1.27	Min: -0.79	2.06 mm	Max: 1.60	Min: -1.26	2.86 mm	Max: 1.78	Min: -1.68	3.46 mm
Deflection Z- Direction	Max: 0.86	Min: -0.58	1.44 mm	Max: 2.66	Min: -1.93	4.59 mm	Max: 4.0	Min: -2.71	6.71 mm
Summary									
<ol style="list-style-type: none"> 1. 성형해석 결과 유동말단구간에서 동일하게 충전 완료됨. 2. 제품을 성형시키는데 필요한 압력 및 형체력 양호함. 3. Case1,2,3- 미성형 발생 없음. 4. 순차밸브 적용으로 인하여 제품 가시면 구간에서 Weld line 발생 없음. 									

Fig. 4.10 Injection flow analysis results of 3-point Gate

4.4 시사출 결과

Fig. 4.11에서와 같이 적용 소재는 LG화학 XR461(내열 ABS)을 그대로 적용하였으며 4차 발포 조건을 우선 적용하였으나, 코어백 속도를 증가시켜 순간적인 발포 가스 뭉침 현상을 최소화 하고자 하였으며, 이전 시사출에서 발생한 사출품 표면 가스 뭉침 현상이 완화 되었으며, 코어백 속도 증가를 통해 사출품 들뜸 불량을 억제하여 최종 사출기 조건을 확립하고, 사출품 표면 전체에 가스 뭉침 현상이 없는 고품택 제품을 사출하였다.




시사출 개요	시사출 금형	
<p>1. 일자 및 장소</p> <ul style="list-style-type: none"> - 장소 : 남도금형㈜ (금형제작 업체, 광주광역시 소재) <p>2. 사출목적</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 뮤셀발포 사출기 도입 및 QL Spoiler 양산적용 소재 적용에 따른 제품품질 확인 <p>3. 성형조건</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 적용소재 <ul style="list-style-type: none"> - LG화학 XR461(내열 ABS) - MI지수 : 14 ▶ 실린더 온도 : 250°C ▶ 금형온도 <ul style="list-style-type: none"> - Cavity : 100~105°C, 양측면부 90~100°C - 3Gate 수정에 따른 온도 분포 유의 <p>4. 성형품 확인 사항</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 제품 경량화 → 25% 이상인지 ▶ 외관표면 상태(Sink, Gas자국, 수축 등) ▶ 발포품질(발포Cell 분포 및 균일도) 	<p>전체</p> 	
	<p>이동측(Cavity)</p> 	<p>고정측(Core)</p> 

Fig. 4.11 Test injection summary and mold

Fig. 4.12와 Fig. 4.13에서와 같이 금형 내 진공압력 측정을 위한 금형 설계 변경 후 진공압력 센서를 장착하여 확인하고자 하였다.

기존 원재료를 유지하여 시사출을 수행하였으며, 이전에서 보여진 경향대로 표

면 Gas 뭉침 현상이나 과열, 웰드 라인 등의 불량률이 현저히 줄어든 것을 확인하였다. 사출 결과 사출품 중량은 191g으로 약 26% 경량화를 달성하였으며, 압력센서 삽입 후 Gas Vent 장치가 작동한 후 금형 내 진공압력 변화를 살펴본 결과 목표치인 0.78(bar)를 넘어서는 평균 8.1(bar)의 진공도를 보였고, 그린몰드 시스템을 95~105℃ 가열하여 사출품 표면 품질 및 광택도가 양호함을 확인 하였다. 외관 품질 및 제품 경량화를 위한 사출 조건 최적화를 위한 다양한 조건을 입력하여 사출을 진행하였고 최종적으로 경량화 및 표면 고광택을 만족하는 양품의 제품 생산이 가능함을 확인 하였다.

코어백 속도는 3.0mm/s, 코어백 힘은 600N으로 적용하여 코어백 시간이 0.333sec 되도록 설정하였으며, 이를 통해 상측 표면 들뜸 현상을 최대한 억제하여 불량을 최소화할 수 있었다.

	일반 사출	발포광택 샘플
사진		
기본두께	3.0t	3.0t
중량	260g	191g
소재	LG XR461	LG XR461
사출공정	일반사출	뮤셀사출+가열처리 후 광택

Fig. 4.12 Compare existing product with test injection



Fig. 4.13 The last MuCell injection development prototype

상기의 결과에서 알 수 있듯이 차량용 내/외장재 사출품 양산을 위해 발포 사출을 위한 각종 조건 및 가열금형 시스템 표준화를 통해 사이클 타임을 최적화함과 동시에 품질 높은 제품을 생산할 수 있음을 확인할 수 있었다.

제 5 장 결론

본 연구는 친환경자동차 차량 외장재 사출품에 즉각적으로 적용할 수 있고, 기존 발포 사출의 단점인 사출품 표면 품질을 월등히 개선시킬 수 있어, 기존에 적용하지 못한 차량내 각종 사출품에도 적용 가능성에 대하여 그린월드시스템의 유동해석 및 기계적 성질을 측정하여 부품의 신뢰성을 확보하고자 하였으며, 그에 따른 일련의 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 내스크래치성 측정 시험 결과 시료별로 색차 값이 1.2 이하로 측정되었다. 발포두께 측정 시험에서는 측정 결과 최소 발포 두께층이 1.523mm으로 정량적 목표를 만족하였으며, 발포 두께층은 최대 1.991mm까지 형성됨을 확인하였다.

2. 발포 균일도 측정 시험결과 발포 균일도는 최소 16.8, 최대 54.4로 측정되었으며, 이는 정량적 목표치인 150이하를 충분히 만족하는 값으로 확인 측정되었다.

3. 제품 코어백 이동 거리에 따른 제품 두께에 대한 형상 검토 및 해석을 나타내고 있다. Case 1 (3.0mm) : 좌우 유동 발란스는 불균형이 발생되나 성형성은 양호함을 확인할 수 있었고, Case 2 (2.0mm), Case 3 (1.8mm) 및 Case 4 (1.5mm)에서는 유동 정체 현상이 발생됨을 확인 하였다.

4. High precision 3D measurement system을 이용한 평면도 측정 및 Digital electronic scales를 이용한 부품의 평면도가 평균 20.6 μ m으로 확인하였으며, 사출결과 사출품 중량은 191g으로 약 26% 경량화를 달성하였다.

5. 압력센서 삽입 후 Gas Vent 장치를 작동하여 금형 내 진공압력 변화를 살펴본 결과 목표치인 0.78(bar)를 넘어서는 평균 8.1(bar)의 진공도를 보였고, 그린월드 시스템을 95~105 $^{\circ}$ C 가열하여 사출품 표면 품질 및 광택도가 양호 확인하였다.

6. MuCell 광택도 측정결과 86.4GU 측정치를 얻었으며, 표면 광택도, 인장강도 및 경도측정 값은 평균 $425kgf/cm^2$ 와 108HRR로 측정되었다.

본 기술로 제조 원가 절감, 품질개선, 재료 물성보강 및 환경비용 절감 등을 통하여 사출 공정 개발 기술로 대체함에 따라 경량화 및 고품질 성형품 사출이 가능하며, 수요기업의 금형 개발 및 제작을 통해 매출 증대가 매우 클 것으로 기대된다. 또한, 기존 발포 사출의 단점인 사출품 표면 품질을 월등히 개선시킬 수 있어 기존에 적용하지 못한 차량내 각종 사출품에도 적용이 가능하여 기술가치 뿐 아니라 사업화 이후 부가적인 가치 생산이 매우 높은 기술이라 할 수 있으며, 경량화와 무도장 표면 고광택 구현이 가능하여 생산단가 및 기존 후가공에 소요되는 비용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이재영, “초미세 발포사출 공법으로 성형한 탄소섬유강화 플라스틱의 기계적 물성 및 수축률 특성 연구” 울산대학교, 자동차선박기술대학원, 2018.
2. 전략산업보고서, 자동차산업의 미래-그린카 현황 및 전망, 전국경제인연합회 (FKI), FIP-2009-0022, 통권 제 146호, 2009년 9월.
3. 임한상, “자동차의 전기/전자화 동향”, 광운대학교, 전자융합공학과, 2011.
4. 곽온섭, “확학발포제를 이용한 발포사출성형품의 표면 개선 및 물성평가”, 순천향대학교, 2006.
5. 김현진, 이형신, 남병국, “발포사출 기술을 이용한 경량 자동차 도어트림용 소재 개발”, 한국공업화학회, Vol.2016, No. 1, pp. 2016.
6. Y.Hori, "Future vehicle driven by electricity and control-research on four-wheel-motored" UOT Electric March II, Industrial Electric, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 954-962, 2004.
7. 김동학, 곽온섭, “발포사출성형품의 외관 품질 개선 관 연구”, 한국산학기술학회, p.292-295, 2004.
8. 정태형, 하영욱, "초미세발포 플라스틱 기어에 관한 연구", 대한기계학회논문집, Vol.29, No.5, pp.647-654, 2005.
9. 강경수, 21세기 현대자동차의 공급사슬재편에 관한 연구 “, 학위논문(박사), 韓國技術教育大學交大學院, 2016.
10. 박승환, “한국 자동차 산업의 산업내무역 구조와 결정요인”, 학위논문(석사), 中央大學校大學院, 2015.
11. S. Okaniwa, "アルミニウム押し出し", 輕金屬, Vol. 45, No. 8, pp. 471~489, 1995.
12. E. Niyama and K. Anzai ; Material process vol. 34, No. 3, 1993.
13. P.N.Hansen, E. Flender and J. C. Sturm : int. Conf. On Best practice in foundries 11, 1993.
14. 서정환, 차성운, “사출 공정에서 MCPs와 화학 발포 동시에 적용하였을 때에

- PLA 특성에 미치는 영향”, 대한기계학회 춘계학술대회, Vol.2011, No.6, 2011.
15. Song, R., Dhatt, G. and Cheikh, A. Ben, "Thermo-Mechanical Finite Element Model of Casting Systems," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 30, pp. 579~599, 1990.
 16. 이정주, 차성운, “ 초미세 발포 사출공정에서 금형의 온도가 스킨층 두께와 충격가공에 미치는 영향, 한국정밀공학회, Vol.2005, No.5, p.217~217, 2005.
 17. B.H.Hu, K.K. Tong, X.P. Niu, I. Pinwill, i Journal of Materials Processing Technology 2000 Vol. 105 pp. 128~133, 2000.
 18. D.G.R. Sharma, M. Krishnan, AFS Transactions, pp. 429~438, 1991.
 19. S. C. Lu, A. B Rebello, R. A. Miller, G. L. Kinzel, R.Y Yagel, "A simple visualization tool to support concurrent engineering design", Computer Aided Design, Vol.29, No.10, pp. 727, 1997.
 20. Zhang Weishan, Xiong Shoumei and Liu Baicheng, "Study on a CAD/ CAE System of Die Casting", J. of Mat . Science and T ech. Vol. 63, pp. 707, 1997.
 21. 조태봉, 양윤석, “플라스틱 사출부품 경량화 및 싱크마크 개선을 위한 발포제 적용에 관한 연구”, 한국자동차공학회, Vol.2017, No.5, 2017.