

스마트폰 카메라용 VCM housing 사출 성형 해석

윤선진[†] · 조용무¹

(주)디팜스테크[†] · 동서울대학교 항공기계과¹

Injection molding analysis of smart phone camera VCM housing

Seon Jhin Yoon[†] · Yong Moo Cho¹

DPAMSTECH Co., Ltd.[†]

Dept. of Aerospace & Mechanical Engineering, DONG SEOUL University¹

(Received September 27, 2017 / Revised November 16, 2017 / Accepted November 24, 2017)

Abstract: The injection molding analysis of VCM (Voice Coil Motor) housing for smart phone cameras were performed. We conducted the analysis in terms of injection molding pressure, the formation of weld lines, flow marks, and flow patterns. The goal of the analysis was targeted for the prediction of the optimal gate locations. Because the quality of VCM housing is strongly dependent on the precise control of the camera lens by its nature, we focused on the lens guiding lanes in the VCM housing. We first calculated the maximum injection molding pressure in terms of the filled volumes. The injection molding pressure were calculated within 146MPa at about 90% volume filled. We also investigated the possibility of the occurrence of design-related defects such flow marks, weld lines. Filling patterns regarding the design of the gate locations were delineated to find the weld lines. Throughout the simulations, the final deformations of the lens guiding lanes for the VCM housing were calculated. The deformations distribute ranging from 0.5 μ m to 2.50 μ m, which were used to find the optimal design of the gates.

Key Words: Camera, Gate, Housing, Injection Molding, VCM

1. 서 론

최근의 휴대용 통신 단말기는 스마트 기기로서 보다 많은 편의 기능을 구현하기 위하여 메모리, 카메라, 플래시, 충전단자 등 다양하면서도 많은 모듈들을 내장하고 있다. 그 중에서도 스마트 폰 카메라는 과거 단순히 사진이나 영상을 단순히 촬영하고 저장하는 기능에서 최근에는 보다 미학적이고 풍부한 질감의 감성적인 이미지를 구현해 주거나, 초 고 해상도 화질의 영상을 장 시간동안 촬영할 수 있게 해주는 종합 예술 구현의 도구로서 그 방향이 맞춰지고 있다.

스마트 폰 카메라에서 디지털 이미지는 단위 면적당 담고 있는 화소 또는 픽셀의 수(dpi, dots per inch)로서 그 해상도를 표현하고 있는데 최근에 발

표되어지고 있는 1,600 dpi급의 폰 카메라는 종래 VGA(Video Graphic Array) 시대의 디스플레이 개념을 월등하게 뛰어넘는 첨단 성능을 자랑하고 있다.

그러나 아무리 폰 카메라 기술이 빠르게 발전한다고 해도 화소수를 무한정 계속 올리는 것은 현실적으로 불가능하며, 설사 높은 수의 화소수를 구현한다고 해도 저장 기술의 한계, 초정밀 제조 기술 적용으로 인한 제품 단가 상승을 피할 수 없게 된다. 따라서 최근의 폰 카메라 기술은 기존 폰 카메라 대비 원가는 고정시킨 상태에서 DSLR (Digital Single Lens Reflex) 카메라 성능의 동급 또는 차별화 된 기능 구현에 그 개발 초점이 맞춰지고 있다.

Fig. 1은 최근에 발표된 스마트 폰에 내장된 듀얼 카메라를 이용하여 컬러 영상과 흑백 영상의 조합을 통하여 DSLR급 영상을 구현하는데 성공한 예를 보여주고 있다¹⁾.

[†] 교신저자: 디팜스테크 기술연구소
E-mail: sjyoon@dpamstech.co.kr

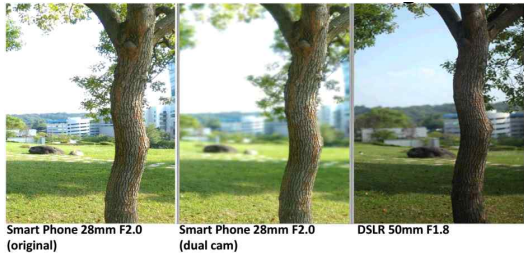


Fig. 1 DSLR-like image by dual phone cameras

이처럼 2대 이상의 카메라를 이용하는 경우 고 해상도를 구현하는 흑백이미지에 저 용량의 컬러 이미지를 조합하여 영상 노이즈가 최소화되면서도 저 용량을 구현하는 기술의 실현이 가능하다.(Fig. 2) 또한 저 용량을 유지하면서도 사진 내에서 필요한 부분만을 선명하게 표현하거나, 부분적으로 색깔을 정밀하게 구현하는 차별화 기능구현이 가능하게 된다. 이러한 저 용량을 유지한 상태에서 영상 해상도의 개선은 매우 중요한데 현 데이터 전송기술은 유선인 경우 5Gbps를 넘지 못하고 있는 현실이기에 고 화질 영상을 저장했다고 하더라도 기기간 데이터 전송기술이 영상 해상도 발전기술을 따라 올수 없기 때문이다¹⁾.

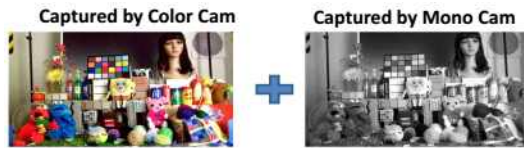


Fig. 2 Image fusion for high resolution

Fig. 3은 통상 멀티 카메라로 불리는 2대 이상의 폰 카메라 모듈 조합 방식을 보여주고 있다. 단순히 카메라 수에 따라 dual, trial, quadrial 식으로 명명이 가능하지만 보다 기술적인 측면에서 실장되는 카메라의 대칭도에 따라 symmetric, asymmetric, short baseline, long baseline 식으로 차이를 두는 등 거의 무한대의 조합설계가 가능함을 볼 수 있다.



Fig. 3 Various multi camera modules

이러한 장점에도 불구하고 다양한 형태의 멀티 폰 카메라를 스마트 폰에 내장하기 위해서는 여러 가지 난제를 안고 있다. 무엇보다 독립된 모듈을 개별로 스마트 폰에 설치하기 위해서는 개별 모듈을 정렬하기 위한 지그 부품이 별도로 설치되어야 하고, 공정수의 증가로 인하여 모듈이 추가 될 때마다 약 30%씩 상승하게 된다. 또한 2대 이상의 카메라가 정밀한 초점을 맞추면서 원하는 정확도로 구동을 하기 위해서는 렌즈를 구동시키는 부위가 미크론 단위로 제어가 이루어 져야 한다. 이러한 부위는 통상 폰 카메라용 VCM (voice coil motor) 하우징으로 불리는 부품(Fig. 4 V1~V3)에서 렌즈를 구동시키는 부위가 정밀하게 제어 되어야 하는데 미크론 단위 동작이 이루어지는 부위인 만큼 사출 성형후 제품의 변형이 수 μ m 이내로 유지되어야 한다.

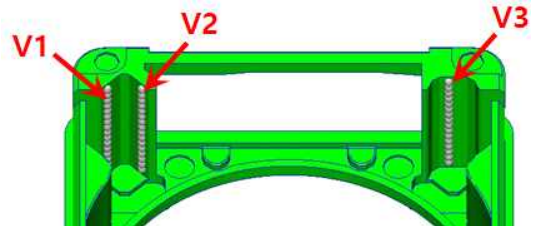
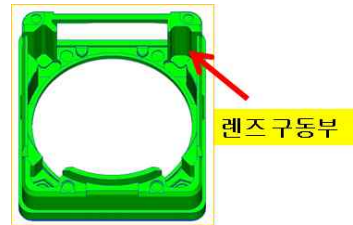


Fig. 4 VCM housing for phone camera

본 연구에서는 사출 성형 및 변형 해석을 통하여 폰 카메라용 VCM 하우징 제품에 대한 렌즈 구동부의 제조 후 변형량 예측, 플로우 마크, 웰드라인과 같은 성형 불량 예측을 통하여 게이트 위치에 대한 최적 설계를 시행하였다.

2. 해석

2.1. 해석 모델 및 조건

Fig. 5-6은 러너 및 스프루를 포함한 본 연구의 해석에서 사용된 폰 카메라용 VCM 하우징 해석 모델 및 게이트 위치를 보여주고 있다. 해석은 4 캐비티로 가정하였고, 4개의 다른 위치에 게이트를 설

치하였으며 이중에서 좌측 상부에 위치한 게이트를 최초 기본 게이트로 하여 해석을 실시하였다.

VCM 하우징은 내부에 렌즈 구동부 반대편에 렌즈 모듈을 지지하는 돌출 구조물이 있기에 좌우를 관통하는 중립축을 기점으로 상하가 대칭을 이루고 있지 않다. 해석은 상업용 코드인 Map-3D를 이용하여 3차원 유한요소(사면체)를 생성하여 계산하였고 수지는 LCP, 용융온도는 360℃, 금형온도는 80℃, 보압은 사용하지 않았으며 사이클 타임은 20sec, 충전압 패턴은 해석결과와 같이 도시하였다.

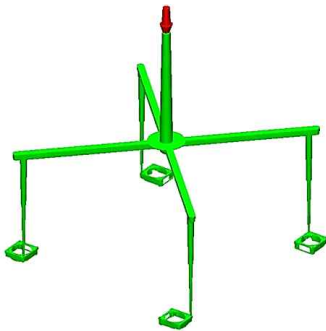


Fig. 5 VCM Housing with Sprue and Runner

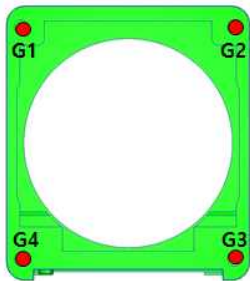


Fig. 6 Gate Location for VCM Housing

Table 1 Injection molding analysis conditions

	Analysis Conditions
Elements	1,073,046
Nodes	214,654
Volume	137,500
Cavity	4

2.2. 해석 결과

Fig. 7~8은 폰 카메라용 VCM 하우징의 충전 체적에 따른 수지 주입구의 압력 변화이다. 통상 사

출 성형에서 압력 변화는 변형 또는 사출기 스크류 마모에 따른 과도한 수지의 유입량에 대한 압력의 변화를 모니터링하기 위하여 사용한다. Fig. 7~8에서 수지는 약 90% 충전이 이루어지기 전까지 매우 유사한 성형 압력을 유지하다가 게이트 위치에 따라서 112~146MPa에 이르는 성형 압력 분포를 보여 주고 있다.

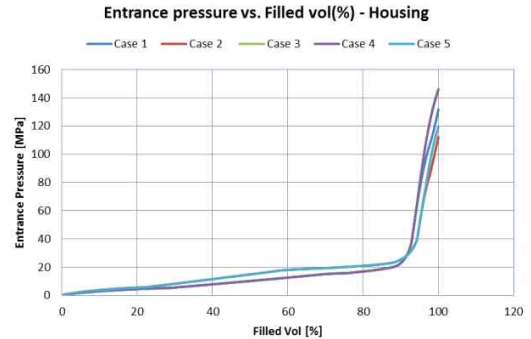


Fig. 7 Entrance pressure vs. filled volume

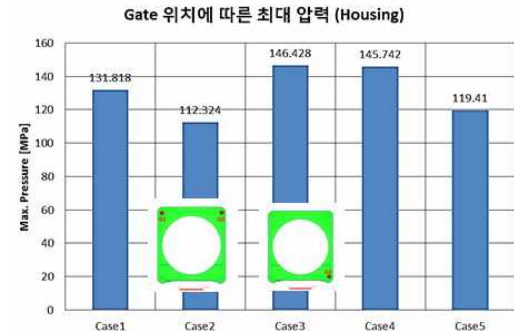


Fig. 8 Maximum pressure vs. gate locations

Table 2 Maximum pressure vs. gate locations

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Max. Pressure	131	112	146	145	119

Fig. 9는 case1의 게이트 단면에서 플로우 마크의 형성 여부를 판단하기 위한 전단률 해석 결과이다. 유동 선단 전단률은 수지가 러너를 통과하는 시점에서 계산되었다. 전단률은 극도로 얇은 층의 수지가 통과하는 게이트 주위 옆 경계면을 제외하면 2,545~6,836 1/s의 전단률이 형성되었다. 재료에 따라 차이는 있으나 일반적으로 고 유동성을 가지면서 투명한 수지의 경우 전단률이 10,0001/s ~ 20,0001/s을 초과하는 경우 플로우 마크 발생의 확

률이 증가하게 되는데²⁴⁾ 본 연구결과에서 보이는 낮은 레벨의 전단률로는 플로우 마크의 발생 확률이 매우 낮다고 볼 수 있다.

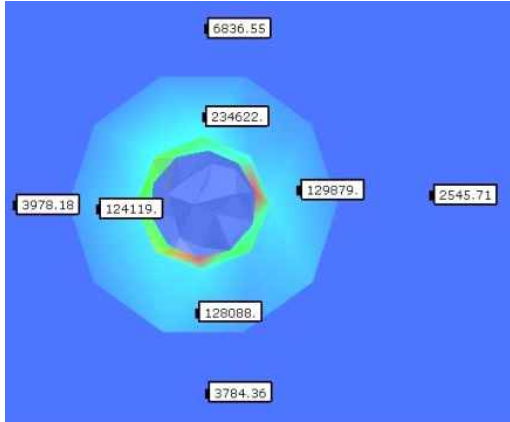


Fig. 9 Melt front shear rate (1/s) on VCM housing

Fig. 10은 폰 카메라용 VCM 하우징의 게이트 설정에 따른 유동 패턴 및 웰드라인 발생 결과를 보여주고 있다. Case 1은 렌즈 캐리어를 지지하는 상단 돌출부를 중심으로 게이트가 좌측 상단에 설치되어 충전하는 구조이며 이 경우 웰드라인이 얇은 단면적을 가지는 브리지에 형성이 되는 것을 볼 수 있다. 이러한 설계는 단면적 감소로 인한 강성 저하에 웰드라인 강도 저하기 부가되어 치명적인 파단 원인이 될 수 있기에 채택이 힘들다. Case 2는 상단 돌출부 양쪽 부위에 형성된 두개의 게이트로 부터 하측으로 충진이 이루어지는 구조이며 웰드라인이 브리지 한 가운데서 형성되기에 Case 1보다 오히려 더욱 안 좋은 불안정한 구조라고 볼 수 있다. Case 3은 우측 하단 코너의 게이트로 부터 비교적 두꺼운 살 두께를 유지하는 상단부로 충진이 이루어지는 구조를 가지고 있으며 상대적으로 취약한 웰드라인이 코너로 빠져나가는 형태를 가지고 있어 구조적으로 강점을 가지고 있다. Case 4는 Case 3과 유사한 게이트 위치이나 하변을 따라서 반대쪽으로 위치하여 이로부터 하변에서 상변으로 충진하는 구조를 가지고 있다. 본질적으로 Case 3, 4는 유사한 구조이기에 충전패턴 또한 유사하게 나오고 있음을 볼 수 있다. Case 5는 하변 양측에 두개의 게이트를 설치하여 하변에서 상변으로 평행하게 충진하는 구조를 가지고 있으며 Case 2와는 다르게 두꺼운 단면적으로 가지는 변에서 웰드라인이 형성되어 구조적 강점이 있

으나 냉각 속도차로 인한 변형해석이 추가로 검토되어야 한다⁵⁹⁾.

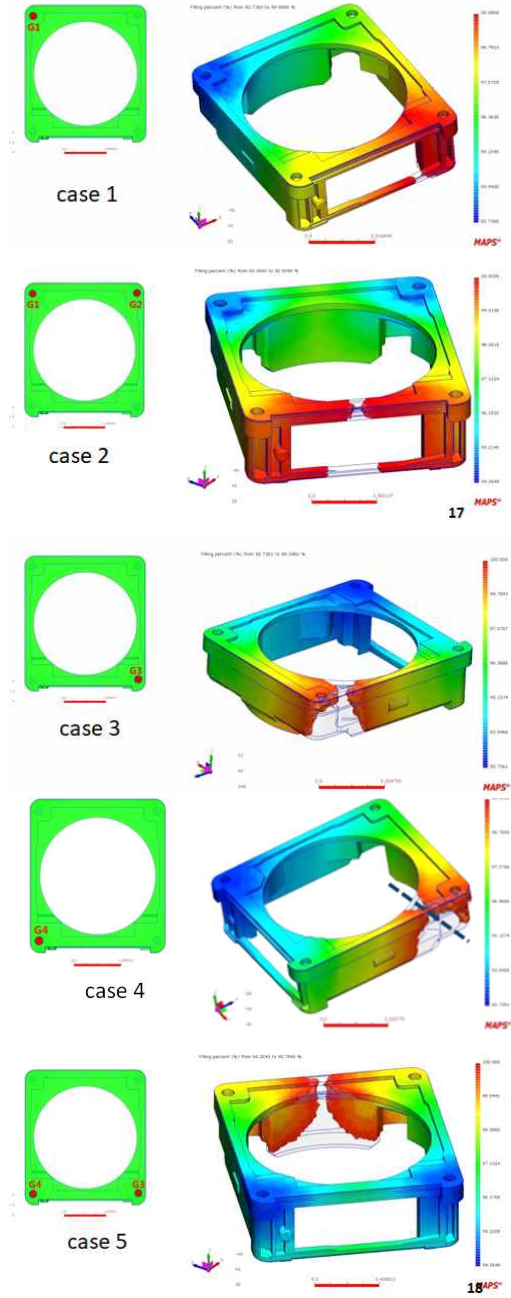
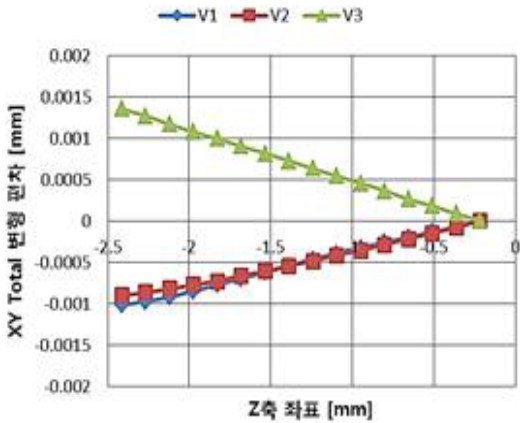


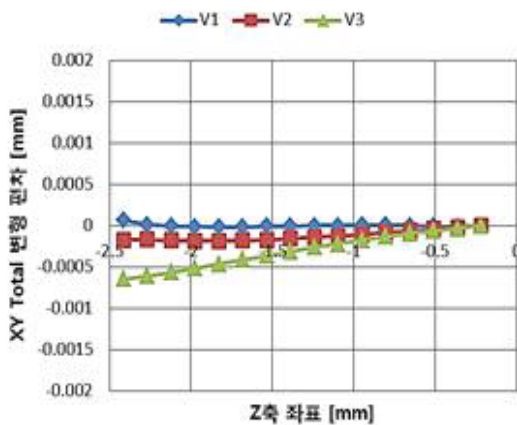
Fig. 10 Filling patterns by gate locations

Fig. 11은 Fig. 4에서 제시되었던 렌즈 구동부

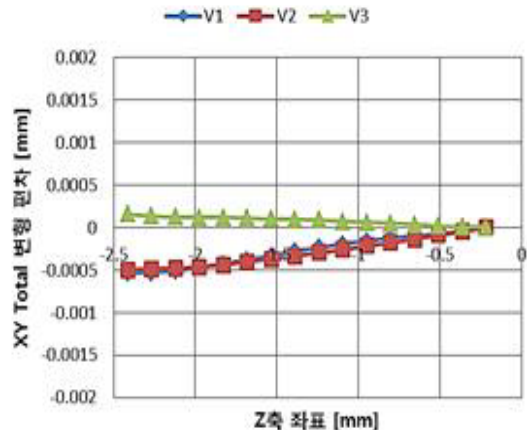
(V1, V2, V3) 에서 발생한 성형 후 변형량을 게이트 위치별로 정리하는 것이다. Case 1에서 V3와 다른 두 V1, V2렌즈 구동부에서 발생한 XY 총 변형 편차는 $2.5\mu\text{m}$ 로 매우 크게 나타나서 앞서 웰드라인 해석에서 보여준 강도 저하와 더불어 채택이 불가능한 수준임을 알 수 있다. Case 2에서 이중 게이트 특성이 충분히 반영되어 총 변형 편차가 $1\mu\text{m}$ 이내 변형값을 보여주고 있으나 웰드라인에 대한 회피 설계가 필요하다. Case 3은 하단부 코너에서 시작하여 두꺼운 돌출부로 충진이 이루어지면서 약 $1\mu\text{m}$ 정도의 변형값을 보여주고 있다. Case 4는 돌출부를 회피하면서 냉각에 따른 균일한 변형으로 인하여 $0.5\mu\text{m}$ 이내의 가장 최적화된 설계 특성을 보여주고 있다. Case 5는 이중 게이트의 특성을 반영하여 약 $1\mu\text{m}$ 정도의 평균 수준의 변형 편차를 보여주고 있다.



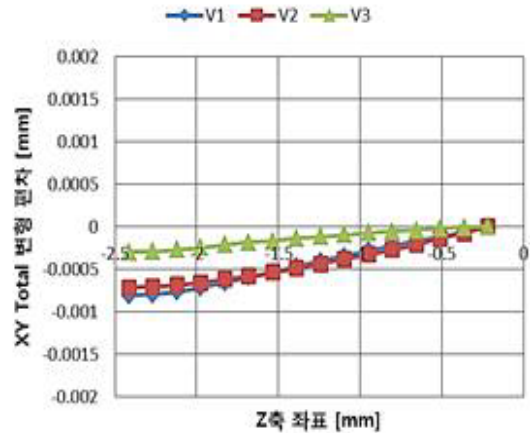
(a) VCM housing case 1



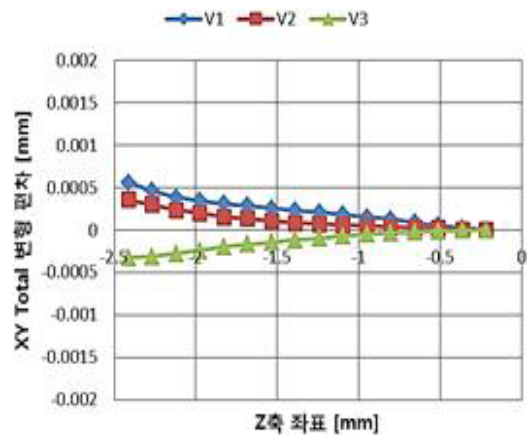
(b) VCM housing case 2



(c) VCM housing case 3



(d) VCM housing case 4



(e) VCM housing case 1

Fig. 11 Total deformation on V1, V2, V3

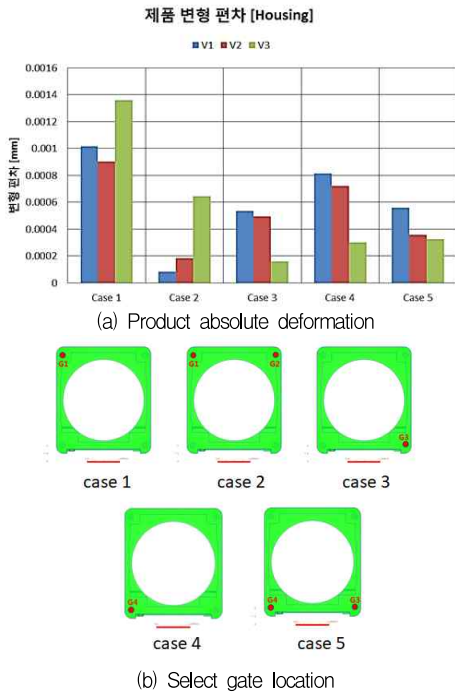


Fig. 12 Absolute deformation on V1, V2, V3

Fig. 12는 폰 카메라용 VCM 하우징의 게이트 위치(V1~V3)에 따른 절대적 변형 편차를 보여주고 있다. 앞서 제시되었던 상대적 변형 편차와는 달리 절대적 변형 값은 Case1 > Case4 > Case5 > Case3 > Case2의 순서로 나타났다. 해당 모델의 절대적 변형 편차는 각 부위별로 성형 후 변형을 평가할 수 있도록 도와준다. 예를 들어 V3를 제외한 경우 Case 2가 가장 양호한 결과를 보여주고 있으며 V1~V3를 모두 고려한 편차는 Case 5에서 가장 우수하게 나타났다. Case 3은 Case 2와 Case 5의 중간적 성능을 제시하는 설계로 사료된다.

3. 결론

본 연구에서는 폰 카메라용 VCM 하우징 제품에 대한 플로우 마크, 웰드라인과 같은 성형 불량 발생 유무를 사전에 예측하고, 게이트 위치에 따른 사

출 변형량 최적화 설계를 실시하여 성형성이 개선된 VCM 하우징을 얻을 수 있었다.

1) 게이트 주변의 유동 선단 전단을 분포가 5,000 1/s 미만으로 분포됨에 따라서 플로우 마크(Flow mark)와 같은 외관 불량은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

2) VCM 하우징의 성형 압력은 게이트의 수 및 위치에 따라서 다르게 나타나지만 최대 146MPa로 예상된다.

3) 게이트 위치 및 수에 따라서 볼 구동부의 변형이 달리 분포되나, 최대 1.5 μ m 이하의 편차에 만족할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 산업기술평가관리원 우수기술연구센터사업(10077292)의 일환으로 진행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 1) Jason Lin, "Using dual cameras to realize DSLR image quality and performance in smart phone", 2017 International CES(Consumer Electronics Show), World Trade Center, Las Vegas USA Jan. 5-8 2017.
- 2) Hans Gastrow, E. Lindner, P. Unger, "Injection Molds: 130 Proven Designs", Hanser Gardner Publications Inc, 1993.
- 3) John P. Beaumont, Robert Sherman, Robert F. Nagel, "Successful Injection Molding", Hanser Gardner Publications Inc, 2002.
- 4) John P. Beaumont, "Runner and Gating Design Handbook", Hanser Gardner Publications Inc, 2007.
- 5) Douglas M. Bryce, "Plastic Injection Molding : Manufacturing Process Fundamentals", Society of Manufacturing Engineers, 1996.
- 6) Robert A. Malloy, "Plastic Part Design for Injection Molding", Hanser Gardner Publications Inc, 1994.