

# 사출성형해석을 통한 화장품 사각 외장케이스 금형 유동시스템 구조 최적화

윤길상\*, 김건희\*, 이정원\*, 손종인\*, 서태일\*\*, 김유진\*\*\*, 이중배\*\*\*

\*한국생산기술연구원 금형·성형연구그룹

\*\*인천대학교 기계시스템 공학부

\*\*\*(주)삼화피엔티

e-mail: seviaygs@kitech.re.kr

## Optimization of Injection Mold Fluidic System for the Square-type Cosmetic Case by Injection Molding Analysis Method

Gil-Sang Yoon\*, Gun-Hee Kim\*, Jeong-Won Lee\*, Jong-In Sohn\*,  
Tae-Il Seo\*\*, Yoo-Jin Kim\*\*\*, Jung-Bae Lee\*\*\*

\*Molding & Forming Technology R&D Group, KITECH

\*\*Division of Mechanical System Engineering, University of Incheon

\*\*\*Samhwa P&T Co.,Ltd.

### 요 약

본 연구에서는 사각형태 화장품 케이스 사출성형 시 발생되었던 수지 미성형 불량을 해결하기 위하여 사출성형해석 기술을 통해 성형품 형상변경 및 사출금형 내 유동 시스템 수정방안 도출을 수행하였다. 대상제품인 사각형태 화장품 케이스는 상측부 케이스로서 케이스 외관에 게이트 및 취출흔적이 남지 않아야 함에 따라 측면부 게이트 적용으로 유동거리가 길어져 미성형 불량률이 다수 발생하는 제품이다. 따라서, 수지 유동성 향상과 더불어 효율적인 보압전달을 통하여 수지 충전 및 변형발생 저감을 위하여 성형품 형상변화 및 유동시스템 변화에 따른 사출성형해석을 수행하고 결과를 고찰하였다. 이로써 최종적으로 수지 미충진으로 인한 미성형 불량을 제거하고 성형품 변형을 줄일 수 있는 수지 유동시스템 수정방안을 제시하였다.

### 1. 서론

사출금형·성형기술은 플라스틱 제품을 대량으로 생산할 수 있는 공정으로서 전 산업분야에 걸쳐 가장 많이 적용되고 있는 생산공정 중의 하나이다. 특히 생활용품관련 플라스틱 용기 중 화장품 케이스의 경우 사출성형을 통해 대량생산되는 대표적인 예로서 내용물을 담고 하나의 제품으로 판매되기 때문에 용기 외형의 기능성과 더불어 심미성 및 품질이 우선적으로 확보되어야 한다. 또한, 최근 화장품의 종류가 증가되고 있으며, 화장품 내용물 사용 후 폐기가 되므로 플라스틱 케이스의 수요도 크게 증가하고 있다.

일반적으로 사출성형 생산성 및 성형품 품질은 게이트 및 런너구조, 냉각채널 구조와 같은 사출금형의 유동 및 냉각 시스템 설계조건과 사출온도, 속도, 압력, 금형온도, 냉각시간 등 성형조건의 변화에 따라 달라진다. 사출성형 조건의 경우 시성형을 통하여 다양한 조건들을 검토해볼 수 있는 과정이 있

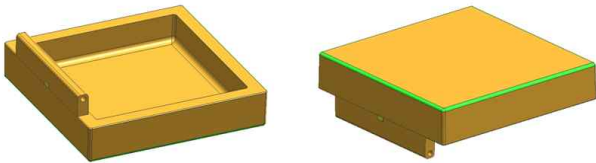
나, 최적변수 도출 시 많은 시행착오로 인해 길어질 경우 적용수지의 소비로 인한 경제적 손실이 발생할 수 있다.[1] 사출금형의 경우 다양한 구조의 다수 금형을 제작하는 것은 경제적 및 시간적 손실로 직결된다. 따라서, 사출금형설계 및 사출성형조건 최적화와 더불어 금형의 납기단축 및 성형품 품질향상을 위하여 사출성형해석기술이 연구개발 및 산업현장에 폭넓게 적용되고 있다.[2~5]

본 논문에서는 성형 시 미성형 불량률이 주로 발생하는 사각형태 화장품 케이스 사출금형 설계안을 검토하고 사출성형해석을 통하여 성형품 형상변경과 런너 및 스프루 구조변경 시 수지 충전 및 온도를 고찰함으로써 최종적으로 양품의 사각형태 화장품 케이스를 성형할 수 있는 사출금형 수정방안을 도출하였다.

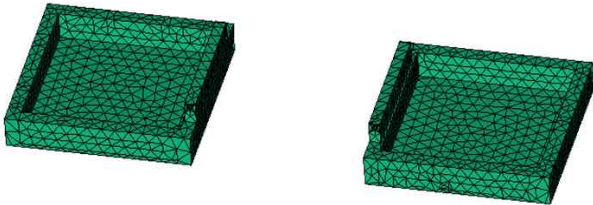
### 2. 사출성형해석 방법

본 연구에서 대상으로 한 사출성형품은 사각형태

를 가진 화장품 플라스틱 케이스로서 내측에 화장품 내용물을 담을 수 있는 포켓을 가지며, 하측 케이스와 결합되어 개폐가 가능한 경첩부를 포함하고 있다.(그림 1) 상측 케이스 특성상 제품 외관에 게이트 및 취출 흔적이 없어야 함에 따라 하측 케이스와 결합되는 부분 즉, 케이스 측면부에 게이트가 위치해야 한다. 이로써 제품 중앙부에 게이트가 위치한 경우보다 상대적으로 수지 유동거리가 매우 길어지며, 제품 자체의 두께도 얇기 때문에 수지 미충전으로 인한 미성형 불량률이 다수 발생하는 제품이다.



[그림 1] Square-type cosmetic plastic case



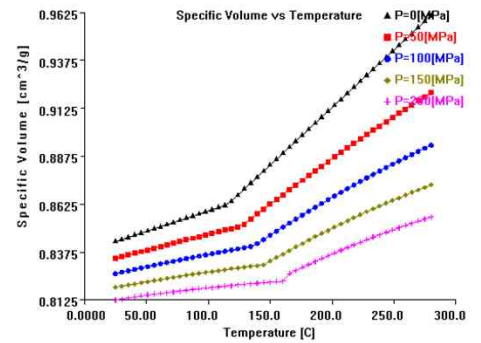
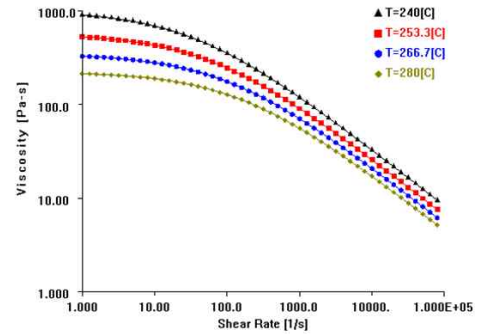
[그림 2] 3D type mesh generation for injection molding analysis

그림 2는 사출성형해석을 위한 성형품 3차원 모델의 메쉬(mesh)작업 결과를 나타낸 것이다. 해당 제품의 사출금형은 2cavity로 구성되어 있음에 따라 2개의 성형품 모델에 대한 메쉬작업을 수행하였다. 또한, 성형품 모델 내 미소 반경들은 해석을 위한 요소(element) 생성에 문제점을 발생시킬 수 있음에 따라 모델 형상에 문제가 없는 범위 내에서 일부 미소 반경을 수정하였다. 3D 타입 메쉬를 적용하였으며 최종적으로 각 모델당 약 45,000개의 요소를 생성하였다.

사출성형해석 시 적용된 수지는 아크릴(PMMA IF-850)으로서 그림 3은 적용 수지의 온도별 점도 및 PVT 선도를 나타낸 것이다. 해석에 적용되는 사출성형 조건의 경우 실제 현장에서 적용된 조건을 그대로 적용하였으며, 표 1에 정리된 것과 같다.

[표 1] Injection molding conditions for analysis

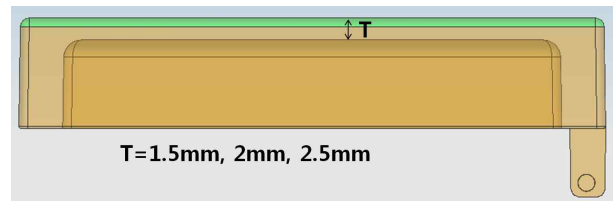
Mold temperature [°C]	60
Resin melting temperature [°C]	250
Cycle time [sec]	30
V/P switch	After 99% filling of resin
Packing pressure	80% of injection pressure



[그림 3] Viscosity and PVT graphs of applied resin

### 3. 사출성형해석 결과 및 고찰

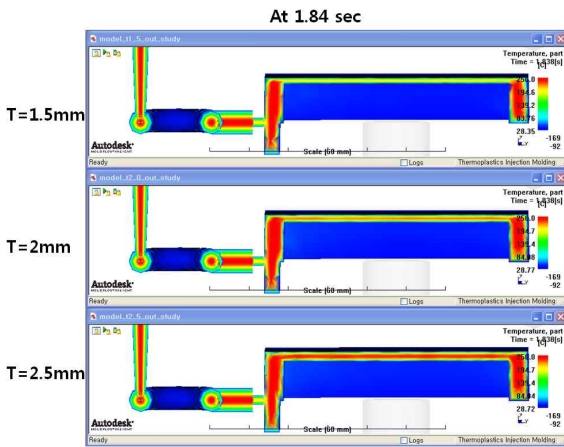
사각형태 화장품 플라스틱 케이스의 미성형 불량 문제를 해결하기 위하여 코어 형상 특성을 고려할 때 금형수정이 상대적으로 용이한 케이스 두께 증가를 우선적으로 고려하였다. 케이스 두께를 증가시킬 경우 유동 압력을 줄일 수 있음에 따라 수지의 유동성을 보다 원활히 할 수 있다. 따라서, 그림 4에 나타난 케이스 상측부 두께인 'T'를 최초 설계안인 1.5mm부터 2mm, 2.5mm로 증가시킨 성형품 모델을 이용하여 수지 충전해석을 수행하였다.



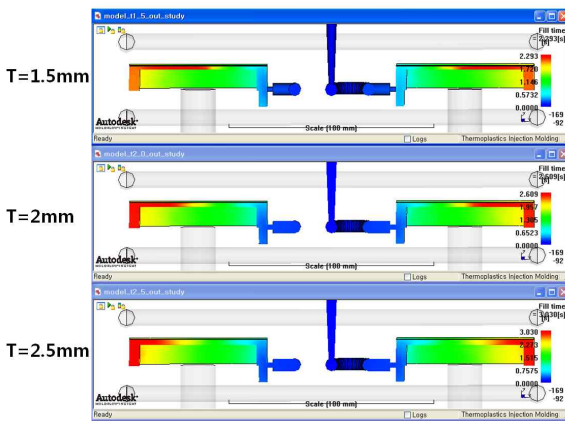
[그림 4] Thickness variation of plastic case upper part

그림 5는 케이스 상측부 두께별로 동일 시간대 수지 온도를 분석한 것이며, 그림 6은 케이스 상측부 두께 변화에 따른 수지 충전시간을 분석한 결과이다. 두께 증가로 인한 수지 충전부 체적이 증가함에 따라 두께가 커질수록 충전시간이 다소 길어지나 전반적으로 두께가 두꺼운 경우 수지온도가 더 높은 것으로 미루어볼 때 수지 유동성은 상대적으로 양호

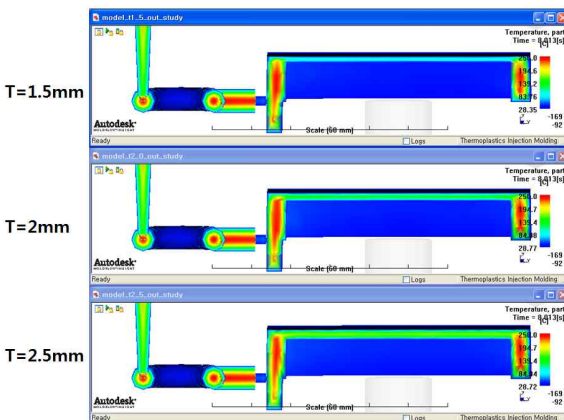
함을 확인할 수 있었다. 그러나, 미성형 방지 및 성형품 변형을 최소화하기 위한 보압과정에서는 게이트부가 이미 고화되어 보압이 캐비티 내로 전달되지 못하는 문제점이 발생됨을 확인할 수 있었다.(그림 7) 따라서, 케이스 상측부 두께 증가로 수지 유동성을 일부 향상시킬 수 있으나, 보압과정 시 게이트부 고화하기 이미 발생하였기 때문에 미성형 및 변형최소화에는 효과가 없는 것으로 판단된다.



[그림 5] Resin temperature at 1.84 sec

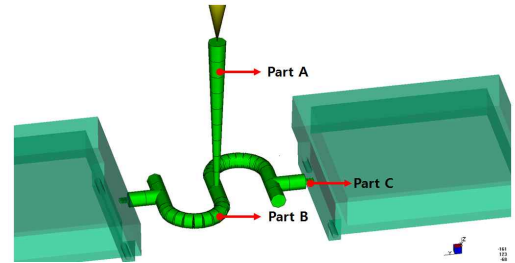


[그림 6] Filling time according to case thickness



[그림 7] Filling time according to case thickness

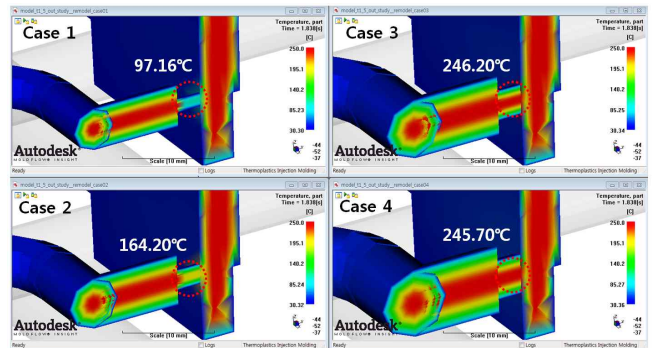
따라서, 성형품 두께는 최초 설계안인 1.5mm를 유지하고 최종적으로 유동 시스템 설계안을 변경하고자 하였다. 이를 위하여 그림 8, 표 2와 같이 기존 설계 치수(Case 2)를 기준으로 게이트 크기 및 런너 단면적을 감소 및 증가시키는 조건을 선정하여 사출 성형해석을 수행하였다.



[그림 8] Variation position of resin fluidic system

[표 2] Injection molding conditions for analysis

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Part A	Dia. 5.9mm to Dia. 1.72mm	Dia. 6.9mm to Dia. 2.72mm	Dia. 7.9mm to Dia. 3.72mm	Dia. 8.9mm to Dia. 4.72mm
Part B	Dia. 5mm	Dia. 6mm	Dia. 7mm	Dia. 8mm
Part C	W: 2mm H: 1mm	W: 3mm H: 1.5mm	W: 4mm H: 2.5mm	W: 5mm H: 3.5mm

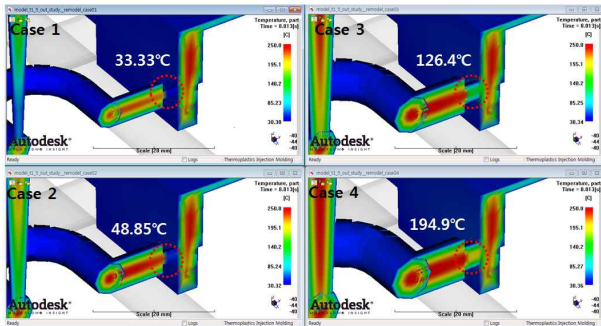


[그림 9] Resin temperature at the start of packing pressure

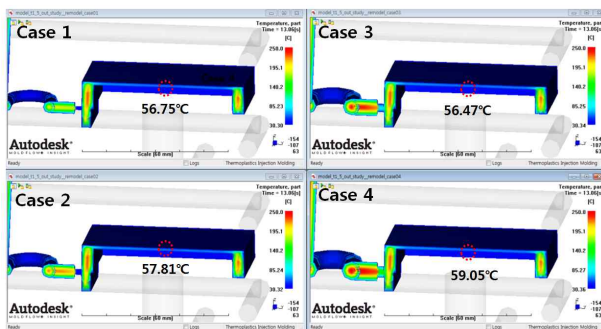
수지 충전시간의 경우 1.792~2.019초 수준으로 게이트 및 런너 크기 증가로 인하여 충전시간이 다소 증가함을 확인할 수 있었다. 그림 9는 보압과정 시작되는 시점에서의 수지 온도를 분석한 결과로서 기존 설계안보다 게이트 및 런너 크기를 줄인 조건에서는 이미 수지 유리전이온도 이하의 온도로 게이트부에 수지 고화가 발생되었음을 확인할 수 있었다. 그러나, 그림 10에서 볼 수 있는 바와 같이 기존 설계 조건에서는 보압과정 중 수지 고화가 발생되었으나, 게이트, 런너 크기가 증가된 조건에서는 보압전달이 가능한 수지 온도임을 확인할 수 있었다. 따

라서, 충분한 보압전달을 통한 미성형 불량 방지가 가능함에 따라 게이트, 런너 크기를 기존 설계안보다 증가시키는 것이 유리함을 알 수 있었다. 그러나, 게이트 및 런너 크기 증가는 수지 충전시간을 증가시키며, 성형 후 폐기되는 수지량 증가로 경제적 손실이 발생할 우려가 높다.

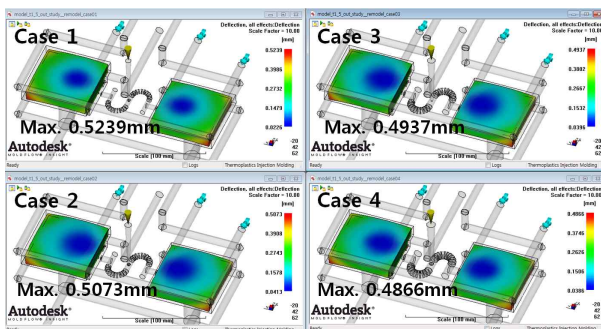
그림 11은 보압이 진행되는 후반부에서의 수지 온도를 분석한 결과이며, 그림 12는 각 조건별 성형품 변형해석 결과를 도시한 것이다. 해석결과에서 알 수 있듯이 보압과정이 10초 이상 경과한 시점에서는 모든 조건에서 수지 고화가 발생되었으며, 'Case 3', 'Case 4' 조건별 성형품 변형량도 성형품 공차범위 내 있음에 따라 'Case 3' 조건으로 게이트, 런너 크기를 수정하는 것이 수지 손실량을 줄이고 보다 효율적임을 판단할 수 있었다.



[그림 10] Resin temperature at the 8sec (packing process)



[그림 11] Resin temperature after 10 sec (packing pressure)



[그림 12] Resin temperature after 10 sec (packing pressure)

#### 4. 결론

본 연구에서는 사각형태 화장품 플라스틱 케이스 사출금형 및 성형공정의 수정방안 도출 및 최적화를 위한 사출성형해석을 수행하였다. 대상 성형품은 화장품 케이스 상측 커버로서 제품 중앙부에 게이트를 위치시킬 수 없음에 따라 측면부에 게이트를 위치시켜야 한다. 이로 인해 수지 유동거리가 상대적으로 길어지고 미성형 불량률이 다수 발생하였다.

미성형 불량문제를 해결하기 위하여 1차적으로 성형품 형상 특성상 금형수정이 용이한 성형품 두께증가에 따른 성형특성을 분석하였으나 게이트부 고화로 보압과정이 원활히 진행되지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서, 성형품 두께는 기존 설계안을 유지하고 게이트, 런너 크기 증가에 따른 성형해석을 수행하였으며, 해석결과에서 게이트 런너 크기를 증가시킬 경우 보압과정에서도 게이트부가 고화되지 않음을 확인할 수 있었으며, 보압과정 중 제품온도 및 최종 성형품 변형량 분석을 통하여 게이트, 런너부 수정방안을 도출하였다.

#### 후 기

본 연구는 중소기업개발지원사업(구매조건부 신제품 개발사업) 「다공정 복합 금형성형시스템을 이용한 고품질 Makeup 용기제품 개발」의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] 안동규, 김대원, “사출성형해석을 통한 자동차 Floor Console 금형 Gate 위치 선정”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 449-450, 2007.
- [2] 이영욱, “CAE 해석을 이용한 배터리 케이스 사출 성형에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제12권, 제1호, pp. 55-61, 1월, 2011.
- [3] 오정열, 허용정, “CAE와 실험계획법을 연계한 사출 성형 시스템 최적화에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제7권, 제3호, pp. 271-277, 3월, 2006.
- [4] 노태정, 김경수, “Moldflow를 이용한 자동차 기어 박스커버의 사출성형공정 해석”, 한국산학기술학회 논문지, 제9권, 제6호, pp. 1494-1499, 6월, 2008.
- [5] 전강일, 김동학, “다수 캐비티 사출성형에서 충전 불균형 현상에 관한 시뮬레이션”, 한국산학기술학회 추계 학술발표논문집, pp. 678-681, 2009.