

사출성형해석을 통한 이중사출금형의 공정 조건 선정 Selection of Double Shot Moulding Conditions via Injection Moulding Analysis

*,[#]안동규¹, 박민우², 김형수³

^{*},[#]D. G. Ahn(smart@mail.chosun.ac.kr)¹, M. W. Kim², H. S. Kim³
¹조선대학교 기계공학과, ²조선대학교 일반대학원 기계공학과, ³주우성정공

Key words : Double Shot Moulding, Moulding Conditions, Injection Moulding Analysis

1. 서론

사출성형공정은 임의 형상을 가진 플라스틱 제품을 대량생산할 수 있는 기술로 자동차/전자부품 산업에 널리 활용되고 있다.¹ 사출성형공정에서 최근 쟁점(issue) 중 하나가 공정 개선과 제품 제작 시간 단축을 통한 생산성 향상이다. 현재 상황의 한가지 대안으로 제시되고 있는 것이 이중 사출성형(double shot injection moulding) 공정이며, 이에 따라 이중 사출성형 금형 개발 관련 연구가 지속적으로 수행되고 있다.² 이중 사출성형 공정에서는 1 차 성형으로 제품의 기본 형상을 성형하고, 2 차 성형으로 제품의 외관이나 과다 수축 발생 가능부 등을 성형하는 방식을 많이 사용한다.

Shin 등은 미소렌즈가 내재된 이중 사출 제품의 웰드라인 최소화를 위하여 제품형상, 런너시스템 설계 및 공정 조건이 제품내 웰드라인 생성에 미치는 영향에 대한 연구를 수행한 바 있다.³ Kim 등은 사출성형 해석과 실험을 통하여 자동차 리모콘용 케이스 제품 제작용 이중 사출 성형 금형의 런너와 게이트 형상이 제품의 성형 변화에 미치는 영향을 연구하였다.⁴

본 연구에서는 사출성형해석을 통하여 냉장고 선반 제작용 이중사출성형 공정의 성형 조건에 따른 제품 성형 특성의 변화를 정량적으로 분석하였다. 또한 이 결과를 이용하여 제품의 수축과 후변형이 최소화되는 각 성형 단계별 사출 성형 공정을 도출하였다.

2. 이중 사출 성형 금형 설계 및 사출 성형 해석

본 연구 대상인 냉장고 선반 제작용 이중 사출성형 공정은 1 차 성형공정에서 선반의 기저를 성형하고 인덱스 테이블로 금형을 180°로 회전시킨 후, 1 차 성형 제품 주위 테두리부를 2 차 성형하여 최종 제품을 제작한다. Fig. 1 은 냉장고 선반 제작용 이중 사출성형 금형의 형상과 단계별 제품 형상이다. 각 단계별 금형의 크기는 340 mm × 430 mm × 100 mm 이다. 각 단계별 제품의 최대 두께는 각각 1 차 제품이 3.4 mm, 2 차 제품이 7.4 mm 이다.

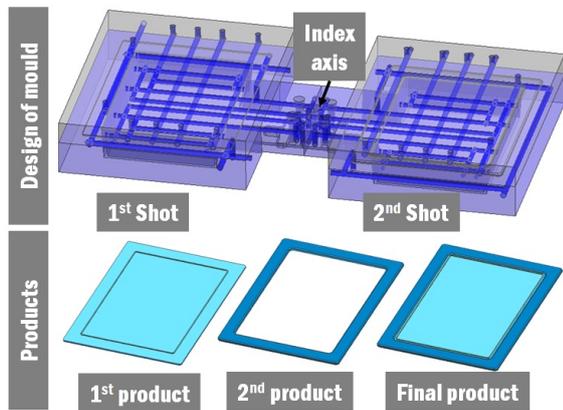


Fig. 1 Design of target mould and products for each stage

런너시스템 설계는 1, 2 차 성형 금형 모두 콜드 런

너(cold runner)를 사용하였고, 스프루는 끝 지름 9.5 mm의 원뿔형을 선택하였다. 게이트는 끝 지름 1.2 mm의 핀포인트 게이트(pin point gate)를 선택하여, 제품의 4 곳에 위치시켰다.

사출성형해석은 MOLDFLOW 6.1을 이용하였다. 사출성형 해석시 Fig. 2와 같이 이중 사출성형 공정을 시뮬레이션할 수 있는 오버 몰딩(over molding) 해석 모듈을 이용하였다. 2 차 성형 공정에서 제품 냉각 특성을 분석하기 위하여 1 차 성형 제품을 인서트(insert)로 가정하고, 테두리부를 성형시키는 인서트 사출 해석 기법을 활용하였다. 해석에 사용된 수지는 1 차 제품과 2 차 제품에 대하여 각각 PMMA와 PC/ABS 혼합 수지를 사용하였다. 각 단계별 수지 물성은 제일모직에서 제공하는 PVT 선도를 사용하였다. 사출성형해석을 위한 각 단계별 초기 조건은 Table 1과 같다. 사출성형해석시 보압시간은 1, 2 차 성형공정 모두 10 초로 선정하였다.

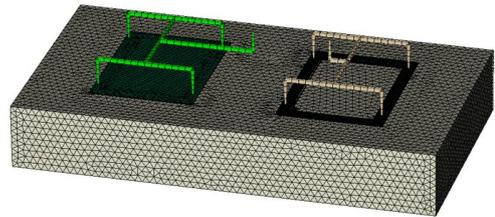


Fig. 2 Meshes to simulate double shot injection molding

Table 1 Initial condition for each moulding stage

Stage	Mould Temp. (°C)	Melting Temp. of Resin (°C)	Coolant Temp. (°C)
1 st	45	240	20
2 nd	45	240	20

사출성형해석에서는 사출시간과 최대 사출압력에 따른 사출성형과 제품 특성변화를 고찰하였다. 사출시간 범위는 1, 2 차 성형공정에 대하여 각각 4~6 초 및 2~4 초로 선정하였다. 최대 사출압력 범위는 범위는 1, 2 차 성형공정에 대하여 각각 120~130 초 및 125~135 초로 선정하였다.

3. 결과 및 고찰

이중 사출성형 해석결과 모든 성형조건에서 제품의 미충진이 발생하지 않음을 알 수 있었다. 1 차 사출성형 제품은 각 조건별로 4.6~9.3 초 사이에 수지가 완전히 금형내에 충전됨을 알 수 있었다. 2 차 사출성형 제품은 각 조건별로 2.3~5.2 초 사이에 수지가 완전히 금형내에 충전됨을 알 수 있었다. 또한, 1, 2 차 제품 모두 사출시간이 짧아지고 사출압력이 커질수록 제품 충전시간이 짧아짐을 알 수 있었다. 제품내의 웰드라인 생성위치는 사출시간과 사출압력에 관계없이 동일하게 수지의 흐름이 교차하는 4 곳의 테두리부분에 나타남을 알 수 있었다. 냉각시간의 경우 1, 2 차 제품 성형공정에 대하여 각각 약 45 초와 30 초 정도가 소요됨을 알 수 있었다. 최대 소요 형체력의 경우 Fig. 3과 같이 모든 사출성형 조건에서 500 tons 이하임을 알 수 있었다.

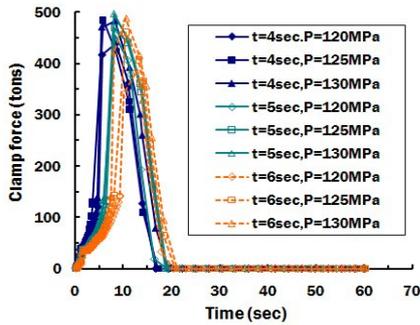


Fig. 3 (a) Effects of injection time and maximum injection pressure on the clamping force (1st shot)

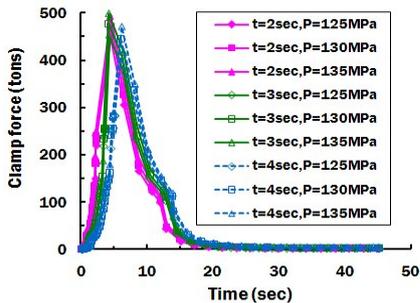


Fig. 3 (b) Effects of injection time and maximum injection pressure on the clamping force (2nd shot)

Fig. 4 는 1, 2 차 사출성형 제품에 대한 수축율 해석 결과이다. Fig. 4 에서 사출시간이 감소하고 최대 사출압력이 증가할수록 최대 수축율이 감소하고, 제품의 수축이 균일하게 나타남을 알 수 있었다. 1 차 사출성형 제품의 경우 사출시간 6 초, 최대 사출압력 130 MPa 일때 4.5 % 정도의 가장 낮은 평균 수축율이 나타남을 알 수 있었다. 또한, 2 차 사출성형 제품의 경우 사출시간 4 초, 최대 사출압력 135 MPa 일때 2.0 % 정도의 가장 낮은 평균 수축율이 나타남을 알 수 있었다.

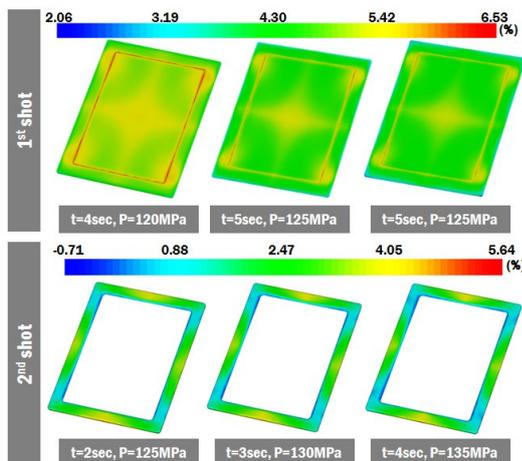


Fig. 4 Variation of volumetric shrinkage of each product according to different injection times and maximum injection pressures

Fig. 5 는 1, 2 차 사출성형 제품에 대한 후변형 해석 결과이다. 이 결과에서 1 차 성형 제품의 경우 제품내 4 곳의 끝단부에서 휨 변형이 가장 크게 발생함을 알 수 있었다. 2 차 성형 제품의 경우 2 곳의 제품 안쪽 테두리 부분에서 발생함을 알 수 있었다. 1, 2 차 사출성형 제품 모두 사출시

간이 증가하고 최대 사출압력이 증가할수록 제품내 최대 휨 변형이 감소하며 균일 분포를 나타냄을 알 수 있었다. 또한, 1 차 사출성형 제품의 경우 사출시간 6 초, 최대 사출압력 130 MPa 일때 최대 휨 변형량이 가장 작으며, 전체적으로 균일한 휨 변형이 나타남을 알 수 있었다. 2 차 사출성형 제품의 경우 사출시간 4 초, 최대 사출압력 135 MPa 일때 최대 휨 변형량이 가장 작으며, 전체적으로 균일한 휨 변형이 나타남을 알 수 있었다.

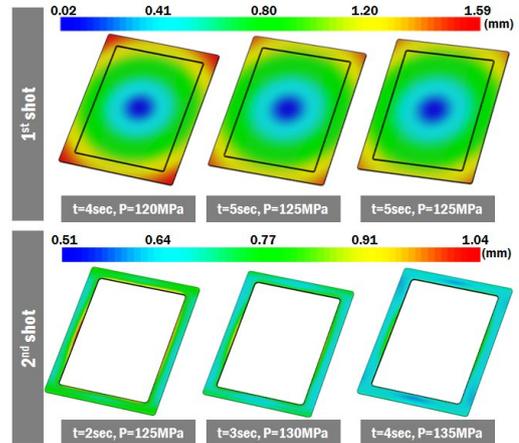


Fig. 5 Variation of post-deformation of each product according to different injection times and maximum injection pressures

이 결과들로부터 최적 사출성형 조건을 1 차 사출성형 조건은 사출시간 6 초, 최대 사출압력 130 MPa 로 선택하였다. 또한, 최적 사출성형 조건을 2 차 사출성형조건은 사출시간 4 초, 최대 사출압력 135 MPa 로 선택하였다.

4. 결론

본 연구에서는 사출성형해석을 통하여 냉장고 선반 제작용 이중사출성형 공정의 각 사출성형 조건별 제품의 성형성 변화를 분석/고찰하였다. 사출성형해석결과를 통하여 모든 사출성형조건에서 도출된 형체력이 사용가능한 사출기의 형체력 범위인 500 tons 이하에 있음을 알 수 있었다. 1, 2 차 제품 성형 단계에서 제품의 수축과 후변형이 최소화되는 사출 성형 공정을 도출할 수 있었다. 추후 본 연구에서 제안된 사출성형 조건을 이용하여 제품 제작 실험을 수행함으로써 제안된 사출성형 조건과 시뮬레이션 결과의 타당성을 확인할 예정이다.

후기

본 연구는 “중소기업청이 지원한 2009년도 산학연 공동기술개발사업 : 이중사출 기술을 이용한 냉장고 선반 제작용 금형 개발”의 연구 결과중 일부임.

참고문헌

1. Spina, R., "Injection Moulding of Automotive Components: Comparison between Hot Runner System for a Case Study," Journal of Materials Processing Technology, **155-156**, 1497-1504, 2004.
2. <http://pages.prodigy.net/plastics101/twoshot.pdf>
3. Shin, J. K., Min, B. K., Kim, Y. J., and Kang, S., "Minimization of Weld Lines in Two Shot Molded Parts with Microlenses," Transactions of Materials Processing, **13(3)**, 230-235, 2004.
4. Kim, O. R., Cha, B. S., Lee, S. Y., Kim, Y. G., and Woo, C. K., "A Study on the Runner and Gate Consequence of Manufacture Double Shot Molding Using CAE," Transactions of Materials Processing, **18(2)**, 160-165, 2009.