

사출성형해석을 통한 자동차 Floor Console 금형 Gate 위치 선정 Selection of Gate Location of Injection Mould for Automotive Floor Console Using Injection Molding Analysis

*#안동규¹, 김대원²

*#D. G. Ahn(smart@mail.chosun.ac.kr)¹, D. W. Kim²

¹ 조선대학교 기계공학과, ² 조선대학교 일반대학원 기계공학과

Key words : Mould of floor console (플로어 콘솔 금형), Gate location (게이트 위치), Injection molding analysis (사출성형 해석)

1. 서론

사출성형 공정은 자동차/전자/가전 부품 및 일상 생활용품 제작까지 거의 모든 산업계의 부품 제작에 폭넓게 적용되고 있는 전통적 제품 생산 방법중 하나이다. 사출성형공정은 다양한 형상의 플라스틱 제품을 제작하는 기술로써 제품의 품질 및 생산성은 게이트 및 러너의 위치/크기/형상 및 냉각수로의 구성과 같은 사출성형 금형 설계조건과 사출 온도, 사출속력, 사출압력, 금형 초기 온도, 냉각시간 등 성형 조건의 변화에 따라 상당한 차이로 나타낸다¹. 이러한 금형 설계 및 사출 조건들의 영향성을 실험적으로 분석하여 최적의 제품 제작 조건을 도출하기 위해서는 많은 시간과 비용이 요구된다. 이에 대한 대안으로써 사출성형 금형 설계 및 성형 조건을 신속히 도출하고, 이에 필요한 비용을 줄이기 위하여 컴퓨터 원용 사출성형 공정 해석 기술이 사출성형공정 개발에 폭넓게 활용되고 있다². 사출성형 공정에서 게이트 (Gate) 위치와 형상은 사출성형공정의 사출시간, 충전시간, 충전율, 사출압력의 시간적 변화, 형체력 및 제품내 웰드라인과 제품의 수축/팽창에 영향을 미친다³. 특히 대형 사출 제품에 있어 게이트 위치와 개수는 제품의 제작성, 품질 및 생산성에 크게 영향을 미치게 된다⁴.

본 논문에서는 사출성형 해석을 통하여 RV 형 자동차의 플로어 콘솔 (Floor console) 제작용 사출성형 금형의 게이트 위치 및 개수가 제품 품질 및 제작 공정변수와 생산성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 본 금형에서 게이트 위치와 개수의 제품 특성 및 생산성 영향을 분석하여 최적의 게이트 위치와 개수를 도출하였다.

2. 사출 성형 해석 방법

본 연구에서는 Fig. 1 과 같은 RV 형 자동차 플로어 콘솔 제품을 CATIA V4 로 설계한 후, 이 설계 데이터를 .stl 파일로 변환한 후 Moldflow MPI V5.1 에 입력시켜 해석을 위한 격자를 생성하였다.

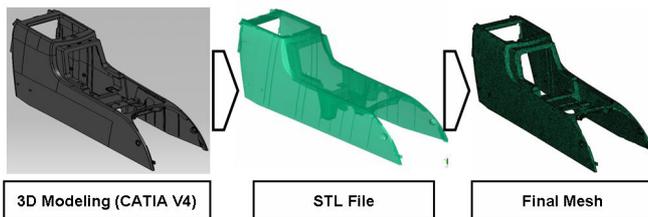


Fig. 1 Design of the injection molding part

사출성형 해석을 위한 격자 생성 조건은 에지 길이 (Edge length) 5 mm, 현 간격 (Chord height) 0.1 mm 및 IGES 병합 공차 0.1 mm 이었다. 해석용 격자 생성 후, 생성된 격자의 에러 제거 및 품질 향상을 위하여 자유 에지 (Free edge) 존재 여부 확인/수정, 형상비 (Aspect ratio) 의 최대값 확인/수정, 비 매니폴드 에지 (Non manifold edge) 의 존재/수

정 및 격자 메치 비 (Mesh match ratio) 의 확인/수정하여 사출성형 해석을 위한 격자를 생성하였다. 사출성형 해석을 위한 격자 개수는 각각 133,682 개였다.

사출성형 해석을 위한 스프루 형상은 경사진 원형 (Tapered circle) 단면을 가지며 시작점의 직경이 12 mm, 끝점 직경이 6 mm, 길이가 100 mm 가 되도록 설계하였다. 러너의 경우 직경 10 mm 인 원형 단면을 가지며, 길이는 각각 40 mm 와 70 mm 가 되도록 설계하였다. 게이트는 사각형 단면을 가지며 폭, 높이 및 길이가 각각 5 mm, 2 mm 및 3 mm 로 설계하였다.

사출 성형 조건이 최적화되는 게이트 위치를 선정하기 위하여 Fig. 2 와 같은 3 가지 게이트 위치를 설계안으로 도출하였다.

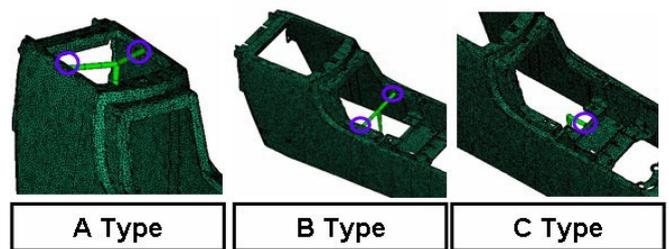


Fig. 2 Alternatives of the gate location

사출성형해석에 사용된 수지는 폴리 프로필렌으로 수지 용융온도는 225 °C 이다.

3. 사출성형 해석 결과 및 고찰

본 연구의 대상 제품인 RV 형 자동차의 플로어 콘솔 제작용 사출성형 금형에 대한 사출성형 해석 결과 Fig. 3 과 같이 3 가지 게이트 설계안 모두 보압 완료 후, 제품의 미 충전이 발생하지 않음을 알 수 있었다. 사출 제품 충전 후 최대 압력 발생 영역은 A 형 게이트 위치의 경우 상단부에서 형성되었으나, B 와 C 형 게이트 위치에서는 각각 상단부 왼쪽과 하단부 오른쪽에서 형성되었다.

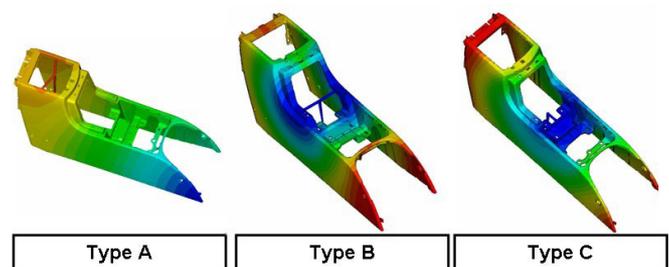


Fig. 3 Filling characteristics for each design alternative of the gate location

그러나 수지 분사 완료후 미충진 발생부위는 A, B 형 게이

트 위치에서는 제품의 하단부 오른쪽 모서리부에서 형성되었으며, C 형 게이트 위치에서는 제품 최상단 중앙부에서 형성되었다. 그리고 수지 분사 후 미 충전 발생 영역의 경우 C 형 설계에서 가장 작게 나타났다.

3 가지 게이트 위치에 대한 충전 시간, 수지 분사 시간, 최대 사출 압력, 보압 크기 및 전체 성형 시간에 대한 해석 결과는 Table 1 과 같다.

Table 1 Injection time and pressures for each gate location

	A type	B type	C type
Filling time (sec)	5.17	4.03	3.97
Injection time (sec)	4.18	3.34	3.33
Max. Pressure (MPa)	107.2	74.45	74.30
Pressure at end of fill (MPa)	85.72	59.56	59.44
Total molding time (sec)	35.15	34.08	34.05

3 가지 설계안 중에서 C 형의 게이트 위치에서 수지 분사 시간, 충전 시간, 최대 사출 압력, 보압 크기 및 압력 해제 시간이 각각 3.97 초, 3.33 초, 74.3 MPa, 59.44 MPa 및 34.05 sec 로 가장 작게 나타났다. 이 결과로부터 게이트 위치가 제품 중앙부에 위치하고 게이트 개수가 1 개 일 때 가장 작은 수지분사 시간과 사출 압력이 요구됨을 알 수 있었다.

Fig. 4 는 3 가지 설계안에 대하여 사출 성형 해석 결과 나타난 웰드라인 (Weld line) 형성 특성을 나타낸다. A 형 게이트 위치 설계에서는 대형 웰드라인이 6 개 나타났으며, 이들 웰드라인이 제품 바깥쪽 면에 생성되었고 크기가 작은 웰드라인도 매우 많이 형성됨을 알 수 있었다. B 형 게이트 위치 설계에서는 대형 웰드라인이 4 개 나타났으며, 이들 웰드라인이 제품 바깥쪽 면에 생성되었고 A 형 게이트 위치 설계 보다 웰드라인이 현저히 감소하였다. C 형 게이트 위치 설계에서는 대형 웰드라인이 4 개 형성되었는데 4 개 모두가 제품 안쪽면에 생성되었으며, 웰드라인은 B 형 게이트 위치 설계와 비슷하게 형성되었다.

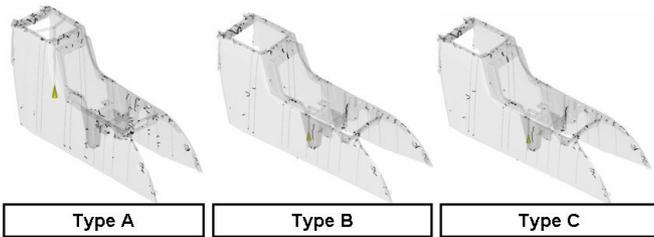


Fig. 4 Formation of weld lines for each gate location

공기 트랩 (Air trap) 발생부위와 발생 개수는 3 가지 게이트 위치 설계에서 거의 동일하게 나타났다.

Table 2 와 Fig. 5 는 3 가지 설계안에 대하여 도출된 3 가지 게이트 위치별 제품 수축 특성이다. A 형 게이트 설계안에서는 팽창 발생 가능 부위가 2 군데, 수축 발생 가능 부위가 4 군데로 나타났다. B 형 게이트 설계안에서는 팽창 발생 가능 부위가 2 군데, 수축 발생 가능 부위가 2 군데로 나타났다. 그러나 C 형 게이트 설계안에서는 팽창 발생 가능 부위와 수축 발생 가능 부위가 나타나지 않았다. 제품 수축을 분포의 경우 A 형 게이트 위치 설계와 B, C 형 게이트 위치 설계가 조금 상이한 형태를 나타냄을 알 수 있었다. 최대 수축율, 최소 수축율 및 평균 수축율은 3 가지 게이트 위치 설계안에 대해서 거의 유사하게 나타남을 알 수 있었다.

본 3 가지 게이트 위치 설계안에 대한 사출 성형 결과

사출시간과 사출압력이 최소화되며, 제품의 웰드라인과 수축/팽창이 가장 작게 발생할 것으로 사료되는 C 형 게이트 위치 설계를 최적의 게이트 위치 설계안으로 도출하였다.

Table 2 Volumetric shrinkages and expansions for each design

	A type	B type	C type
Expandable area (EA)	2	2	0
Shrinkable area (EA)	4	2	0
Max. volumetric shrinkage (%)	12.34	11.57	12.84
Min. volumetric shrinkage (%)	0.17	0.84	1.08
Avg. volumetric shrinkage (%)	4.81	4.67	5.15

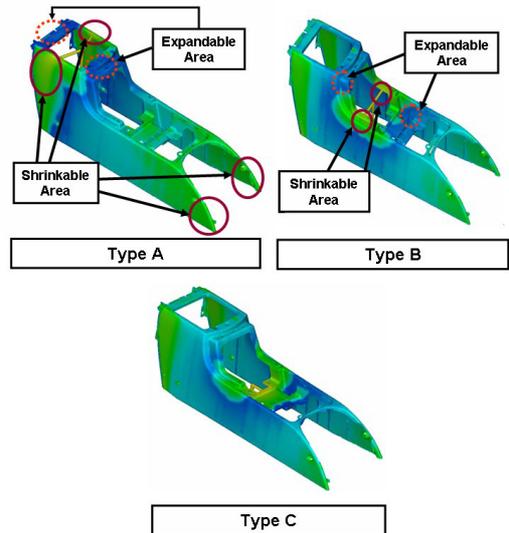


Fig. 5 Volumetric shrinkages and expansion for each gate location

4. 결론

본 논문에서는 사출성형 해석을 통한 RV 형 자동차의 플로어 콘솔 제작용 사출성형 금형의 게이트 위치 및 개수가 제품 품질 및 제작 공정변수에 미치는 영향에 대하여 연구를 수행하였다.

본 연구 대상 제품인 RV 형 자동차의 플로어 콘솔의 사출 성형시 C 설계안과 같이 제품의 중앙부에 게이트가 위치하고 게이트의 개수가 1 개일 때가 사출 시간과 사출 압력이 최소화되며, 제품의 웰드라인과 수축/팽창 발생 가능성이 최소화되는 최적 설계임을 알 수 있었다. 또한, 본 연구를 통하여 본 제품을 사출성형하기 위해 소요되는 사출 압력, 사출 시간 등 사출 공정변수를 도출할 수 있었다.

참고문헌

1. Min, B. H. and Kim, B. G., "An Analysis of Injection Molding Process for the Manufacturing of DC Moter Case," Proceeding of 2000 Spring Annual Meeting, 812 - 815, 2000.
2. Park, K., Park, J. H. and Choi, S. R., "Numerical Analysis for Injection Molding of Precision Electronics Parts Using Three-Dimensional Solid Elements," Transactions of Materials Processing, **11(5)**, 414 - 422, 2002.
3. Kim, H. S., Son, J. S. and Im, Y. T., "Gate Location Design in Injection Molding of an Automobile Junction Box with Integral Hinges," Journal of Materials Processing Technology, **140**, 110 - 115, 2003.
4. Spina, R., "Injection Moulding of Automotive Components : Comparison between Hot Runner Systems for a Case Study," Journal of Materials Processing Technology, **155-156**, 1497 - 1504, 2004.