

3차원 사출성형 해석을 통한 체적 열 흡수부를 가진 다중 슬라이스된 사출성형 금형의 냉각 시스템 설계

Design of Cooling System for Multi-Sliced Mould with Volumetric Heat Sink via Three-Dimensional Injection Moulding Analysis

#안동규¹, *박민우², 김형수³

#D. G. Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹, *M. W. Park², H. S. Kim³

¹조선대학교 기계공학과, ²조선대학교 일반대학원 기계공학과, ³(주)우성정공

Key words : Conformal cooling channel, Multi-sliced mould, Hot spot, Ampcoloy 940

1. 서론

플라스틱 제품의 활용이 다양한 분야로 확대됨에 따라 제품의 품질 및 생산성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 플라스틱 제품을 생산하기 위한 사출성형 공정 중 냉각공정은 제품의 제작 시간과 품질에 가장 큰 영향을 미친다.¹

제품의 품질과 생산성 향상을 위해서 냉각과정에서 균일/고속 냉각이 이루어져야 하며, 이에 따라 최근 사출성형 제품의 균일/고속 냉각을 구현하기 위하여 기존 직선형 냉각채널 대신 형상적응형 냉각채널 (conformal cooling channel) 을 가진 금형에 대한 연구²와 이중 재료로 금형을 제작하여 제품의 균일/고속 냉각이 동시에 가능한 금형 설계에 대한 연구³가 진행되고 있다.

본 연구에서는 3차원 사출성형 해석을 통하여 체적 열 흡수부를 가진 다중슬라이스된 사출성형 금형 (multi-sliced mould) 의 냉각 시스템 최적 설계를 도출하고자 한다.

2. 사출성형 해석 및 다중슬라이스 금형 설계

본 연구 대상은 1차 제품과 2차 제품이 조립되어 완제품을 생산하는 방식의 이중사출금형으로 크기는 540 mm×250 mm×110 mm 이다. 1차 성형은 일반 사출성형 해석을 2차 성형은 인서트 사출성형 기법을 이용한 해석을 수행하였으며 사출성형 해석은 MOLDFLOW 6.1 을 이용하였다.

Table 1 Initial condition for each moulding stage

Stage	Mould Temp. (°C)	Melting Temp. of resin (°C)	Coolant Temp. (°C)
1st	60	250	20
2nd	60	265	20

사출성형 해석을 위한 초기 조건은 Table 1 과 같다. 사출성형 해석시 보압시간은 1차 성형과 2차 성형 모두 10 초로 선정하였고 해석에 사용된 수지는 1차 제품은 PMMA, 2차 제품은 PC/ABS 혼합수지를 사용하였다.

후육부를 가진 평판 제작용 이중사출금형에 대한 사출성형 해석 결과 전체공정시간은 1차 제품이 88 초, 2차 제품이 50 초로 1차 성형이 상대적으로 2차 성형보다 많은 시간이 소요됨을 알 수 있었다.

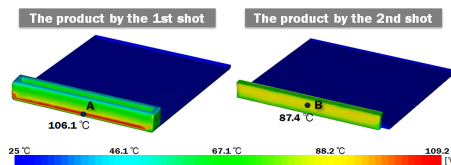


Fig. 1 Variation of product temperature at an ejection time

냉각 해석 결과 Fig 1 과 같이 1차 제품 후육부에서 냉각이 원활히 이루어지지 않아 온도 분포가 가장 높았고 수축 및 변형이 가장 크게 발생하여 제품의 열점 (hot spot) 을 후육부로 선정하였다. 1차 제품 열점인 후육부의 냉각성능 향상 및 냉각시간 단축을 위하여 1차측 상코어의 후육부에 해당하는 부위를 이중 재료로 적용하였다.

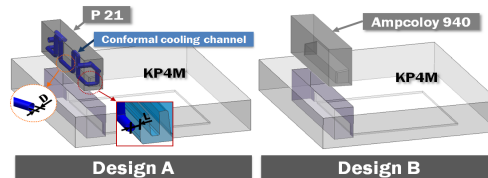


Fig. 2 Designs of cooling system for multi-slices mould

Fig. 2 는 1차 제품 후육부의 균일/고속 냉각을 위한 이중 재료의 다중슬라이스 배치에 따른 설계안을 나타낸다. 설계안 A 는 형상적응형 냉각채널을 이용한 일반 사출 금형강 P 21 을 국부적으로 배치하였고, 설계안 B 는 후육부의 열전달 특성을 극대화시키기 위하여 열전도성이 우수한 Cu 합금인 Ampcoloy 940 을 배치하였다. 설계안 A 는 Table 2 와 같이 형상적응형 냉각채널의 직경과 위치에 따른 사출성형 해석을 통하여 도출한 설계안 (D=6mm, L=6mm) 이다.

Table 2 Design alternatives of conformal cooling channels

Design	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D (mm)	4	4	4	5	5	5	6	6	6
L (mm)	6	11	16	6	11	16	6	11	16

제품 열점의 냉각성능 향상을 위한 체적 열 흡수부를 가진 다중슬라이스된 사출 금형의 냉각 시스템 설계를 도출하기 위하여 설계안 A 와 B 에 대하여 Mold-insert 기법으로 해석을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 3 은 기존 금형과 각 설계안에 대한 3차원 사출성형 해석 결과를 나타낸다. 멀티슬라이스 배치 및 형상적응형 냉각채널 설계가 충전시간, 최대 사출압력 및 형체력에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수 있었다. 제품의 수축율과 휨 변형량은 설계안 A 와 B 모두 거의 비슷하였고 기존 금형 제품보다 더 적게 발생함을 알 수 있었다.

Table 3 Results of injection moulding analysis

Design	Previous	A	B
Filling time (sec)	2.8	2.8	2.8
Max. injection pressure (MPa)	62.1	62.1	62.2
Clamping force (tons)	92.3	91.8	91.7
Mean shrinkage (%)	4.7	4.5	4.4
Max. deflection (mm)	0.61	0.58	0.58

냉각 해석 결과 동일한 위치인 Fig 1 의 A 지점에서의 취출 시 1차 제품의 온도 측정 결과 기존 금형 제품은 106.1 °C, 설계안 A 는 78.9 °C, 설계안 B 는 75.3 °C 로 설계안 B 의 금형 제품이 후육부에서 온도가 가장 낮고 균일하게 분포하였으며, A 지점에서 각 설계안에 따른 온도 변화를 Fig 3 에 나타내었다. 설계안 A 의 경우 형상적응형 냉각채널을

설계함으로써 기존 금형보다 냉각시간을 약 15 초 정도 단축이 가능함을 알 수 있었고 설계안 B 의 경우 Ampcolo 940 을 배치함으로써 기존 금형보다 냉각시간을 약 21 초, 설계안 A 보다 약 6 초 정도 단축시킬 수 있음을 알 수 있었다.

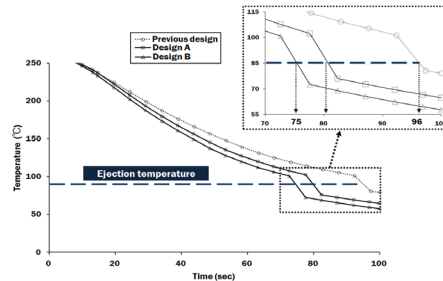


Fig. 3 Variation of temperature-cycle time curves

위 결과들로부터 Ampcoloy 940 을 배치한 설계안 B 를 제품 후육부에 대하여 균일/고속 냉각이 가능한 체적 열 흡수부를 가진 가장 적합한 다중슬라이스 사출성형 금형으로 선정하였다.

4. 결론

3차원 사출성형 해석을 통하여 제품의 열점 부위에 대하여 다중슬라이스 배치 및 형상적응형 냉각채널 설계가 제품 냉각에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 이 결과 Ampcoloy 940 을 배치한 체적 열 흡수부를 가진 다중슬라이스된 사출성형 금형의 냉각 시스템 설계를 도출할 수 있었다.

후기

본 논문은 “선도형기술혁신전략과제지원사업 : DMF 기술을 이용한 사출금형의 3D conformal cooling channels 제작 및 평가” 의 연구 결과 중 일부임.

참고문헌

- Xu, R. and Sachs, E., "Rapid Thermal Cycling with Low Thermal Inertia Tools," *Polymer Engineering and Science*, **49**, 305-316, 2009.
- Ferreira, J. C. and Mateus, A., "Studies of Rapid Soft Tooling with Conformal Cooling Channels for Plastic Injection Molding," *Journal of Materials Processing Technology*, **142**, 508~516, 2003
- 안동규, 김현우, 이기용, "마우스 사출성형금형의 냉각 특성 향상을 위한 열전도성 금형 설계," *대한기계학회논문집 A*, **33**, 201-209, 2009.