

과도 열해석을 이용한 사출금형 온도 안정화 예측 방법

An Approach based on Transient Thermal Analysis to Predict Stabilized Temperature in Injection Mold

*태준성¹, #이병욱¹, 김장환¹, 최재혁¹, 박형필²

*J. S. Tae¹, #B. O. Rhee(rhex@ajou.ac.kr)¹, J. H. Kim¹, J. H. Choi¹, H. P. Park²

¹아주대학교 기계공학과, ²한국생산기술연구원 금형·성형연구부

Key words : mold temperature stabilization, full mold design, heat sink attached design

1. 서론

사출 공정에서 금형의 열 유동은 용융 수지에 의해 유입되는 열량과 냉각수, 금형 외벽, 사출기 형판으로 유출되는 열량의 총량과 관련 있으며[1], 특히 유입되는 열량과 유출되는 열량이 균형을 이룰 때 금형 온도는 안정화 단계에 도달했다고 할 수 있다[2]. 금형의 냉각 과정에서 대기 또는 사출기로의 열전달과 같은 환경요인에 의한 열전달이 금형 온도에 큰 영향을 미친다는 연구가 진행되어 왔으나[2-3], CAE 해석 시 작업량 감소 등의 이유로 환경요인에 의한 열전달을 크게 고려하지 않고 있다.

본 연구에서는 금형의 열전달 요인들을 보다 자세히 묘사하기 위하여 금형 외벽 및 사출기 형판으로의 열 유동을 고려한 모델을 적용하였으며, Moldex3D 를 이용한 과도 열전달 해석과 실험 결과를 비교하였다.

2. 모델 설계 및 실험 방법

형판을 통한 사출기로의 열전달은 금형에 부착된 heat sink 로의 열전달로 묘사할 수 있다. 본 연구에서는 Fig. 1 과 같이 크기가 70×50×20mm 이고, 벽면의 두께가 2mm 인 box 제품의 금형을 이용하여 실험 및 CAE 분석을 하였으며, CAE 해석 시 사출기로의 열전달을 묘사하기 위해 Fig. 1(b)와 같은 직육면체 금속 형태의 Heat sink 를 첨부한 모델을 이용하였다. 이와 대조 모델로 heat sink 생략 및 금형 단순화 모델인 Fig. 1(a) 을 이용하였다. 금형의 온도는 제품에 직접적인 영향을 줄 수 있는 캐비티 온도, 특히 게이트 인근에 위치한 온도센서를 기준으로 금형 온도 안정화를 판단하였으며, 해석결과 분석 시의 기준 온도 역시 이와 동일하다. 이전 연구에서 금형 온도 안정화에 영향을 주는 요소로 대기온도, 냉각수 유량, 냉각 시간을 선정하

마와 같이[3], 본 연구에서는 위에 언급한 세 영향 요소를 기반으로 실험조건에 따른 두 모델간의 금형 안정화 온도를 비교하였으며, 기타 실험 및 해석 조건은 Table 1 과 같다.

3. Heat sink 의 영향

한 사이클 내에서의 온도 평균값(사이클 평균 금형 온도)을 지수함수 형태로 근사화 하여 금형 안정화 온도를 산출하였으며, 안정화 온도와 사이클 평균 금형 온도의 차가 3°C 미만일 때를 금형 온도 안정화 사이클로 결정 하였다. Table 2 는 해석 조건에 따른 금형 안정화 온도를 나타낸 것으로, 단순화한 금형 모델의 CAE 해석 결과가 heat sink 를 첨부한 모델의 결과보다 금형 안정화 온도가 약 15°C 높다. 또한, Fig. 2 는 대기온도 35°C, 유량 3.0 L/min, 냉각시간 15sec 일 때 사이클당 초기 캐비티 온도를 나타낸 것으로, 실험 결과와 heat sink 첨부 모델은 비슷한 거동을 보이는데 반해, 단순화 모델은 실험 결과보다 높은 캐비티 온도를 나타내는 것을 알 수 있으며, 해당 실험 조건뿐 만 아니라 모든 실험 조건에서 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 사출 금형의 CAE 해석 시 금형 외벽 및 사출기 형판으로의 열 유동을 고려하기 위하여 전체 금형 모델링 및 형판부에 heat sink 를 첨부함으로써 달라지는 캐비티 온도 변화에 대하여 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. heat sink 를 첨부한 모델의 안정화 온도가 단순화 금형 모델의 안정화 온도보다 낮게 나왔으며, 이것은 금형에 축적되는 열량이

heat sink 로 분산, 즉 CAE 해석에서 heat sink 의 냉각효과가 적용된 것이라 판단할 수 있다.

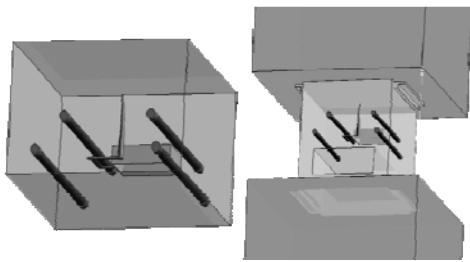
- heat sink 첨부 모델은 실험 결과와 비교했을 때 유사한 거동을 보이나, 단순화 금형 모델은 실제보다 높은 온도 값을 나타내었다. 이것은 이것으로 heat sink 를 첨부 한 모델이 그렇지 않은 모델보다 정확하게 금형의 열전달 과정을 묘사한다는 것을 알 수 있다.

후기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 지식경제부에서 추진하는 산업원천기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren, "How to make injection molds", Hanser Gardner Publications, Inc., Cincinnati, USA, 271~308, 2000.
- Catic, I., "Cavity temperature - an important parameter in the injection molding process", Polym. Eng. Sci., **19**(13), 893-899, 1979.
- Tae, J., Rhee, B., Kim, J., Choi, J., Park, H., "Analysis of influencing factors to mold temperature stabilization in injection molding", Conference proceedings of ICMDT, Nagoya, Japan, 2011.



(a) mold-only design (b) heat sink attached design

Fig. 1 Mold designs. (a) mold-only design, (b) Heat sink attached design

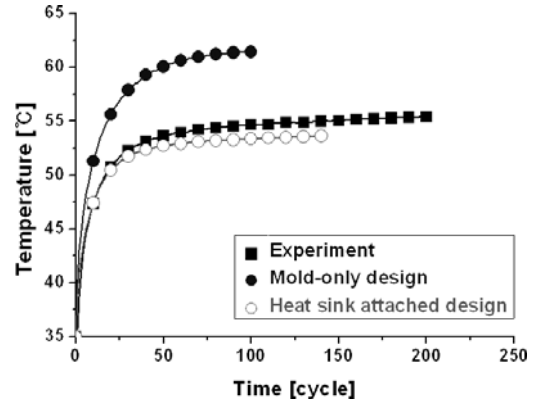


Fig. 2 Changes of the startup cavity temperature. Process conditions are $T_{amb} = 35^{\circ}\text{C}$, $Q = 3.0 \text{ L/min}$, $t_c = 15\text{sec}$

Table 1 CAE analysis base conditions

Melt Temperature	230°C
Coolant temperature	50°C
Mold open time	8sec
Resin material	LG Chemical 250SPI GPPS
Cooling medium	Water
Mold material (Thermal conductivity) (Heat capacity)	S55C (46.9 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹) (486 J·g ⁻¹ ·K ⁻¹)
Heat sink material (Thermal conductivity) (Heat capacity)	Cast Iron (52.0 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹) (447 J·g ⁻¹ ·K ⁻¹)

※ Mold initial temperature = Ambient temperature condition

Table 2 CAE results: stabilized temperature

conditions			Mold stable state Temp. [°C]		
T_{amb}	Q	t_c	Mold-only	Heat sink attached	Diff.
15	1.5	10	68.3	51.9	16.4
35	3.0	15	67.5	55.1	12.4
35	3.0	10	70.2	57.0	13.2
15	3.0	15	66.0	51.0	15.0
35	1.5	10	71.2	57.1	14.1
15	3.0	10	68.2	52.8	15.4
35	1.5	15	68.7	55.1	13.6
15	1.5	15	66.3	48.1	18.2

※ T_{amb} : Ambient temperature, °C

※ Q : Coolant flow rate, L/min

※ t_c : cooling time, sec

※ Diff. : (Mold-only) - (Heat sink attached)