

# 사출공정에서 열전달 조건 변화가 금형온도 안정화에 미치는 영향

## The effect of changing heat transfer conditions on stabilization of mold temperature during injection molding process

\*김장환<sup>1</sup>, #이병옥<sup>1</sup>, 태준성<sup>1</sup>

\*J. H. Kim<sup>1</sup>, #B. O. Rhee(rhex@ajou.ac.kr)<sup>1</sup>, J. S. Tae<sup>1</sup>

<sup>1</sup>아주대학교 기계공학부

Key words : mold temperature stabilization, insulator, heat transfer condition

### 1. 서론

사출 공정 시 열의 유동은 Fig.1과 같이, 용융수지에 의해 유입되는 열량( $\dot{Q}_P$ ), 금형 외벽에서 대기에 의한 대류 열전달( $\dot{Q}_{CO}$ ), 사출기와 금형이 접촉된 부분(형판)에서의 전도 열전달( $\dot{Q}_{MC}$ ), 냉각수에 의한 대류 열전달( $\dot{Q}_C$ )로 구성된다. 공정 초기에 열의 유동에 따라 금형의 사이클 평균 온도가 상승하게 되며, 일정 사이클 후 유입되는 열량과 유출되는 열량이 균형을 이루어 금형온도는 안정화 상태에 도달하게 된다[1].

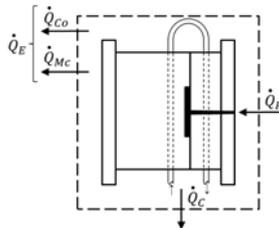


Fig. 1 . Heat flow diagram of the injection mold[1]

Xu등은 냉각수에 의한 열 유출만 고려했을 때, 금형의 열유동 불균형 단계가 없는 최적 냉각로 설계방법을 제시하였다[2]. 하지만 실제 금형의 열 유동에서는 냉각수뿐만 아니라 금형외벽과 형판을 통한 열전달도 고려해야 한다[3].

현장에서 적절한 냉각수 유량의 판단을 작업자의 판단에 의존하고 있으며, 단열재 또한 작업자의 판단에 의존하여 사용하고 있다.

본 연구에서는 열 유동 경로에 따른 열전달 조건을 변화시켜 안정화 사이클이 변하는 것을 확인하고 이를 통하여 열전달 조건(냉각수 유량, 단열재 사용)의 영향도를 분석 하였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 열전달 조건 변화

형판의 전도는 단열재(Bakelite)를 사용하여 금형과 사출기 간의 열전도 계수를 변화시켰다. 금형 외벽의 경우 대기에 의한 대류 열전달은 단열재(Polystyrene foam)를 사용하여 대기에 의한 열전달 조건을 변화시켰다. 냉각수에 의한 대류 열전달 계수는 냉각관의 형상과 재료가 결정되었을 시 유량에 의해 조절할 수 있다[4]. 따라서, 냉각수의 열전달은 볼 밸브를 이용하여 조절하였으며 냉각에 적절하다고 판단되는 유량으로 완전 난류 유동(Re: 약 14000)인 2.0L/min로 설정하였으며 부적절하다고 판단되는 유량은 이에 1/3 수준인 0.6L/min으로 설정하였다.

실험 조건은 위에서 언급한 3개의 열 유동 경로를 변수로 하여 2수준 완전 요인설계법의 의한 8개의 실험 조건을 선정하였다. 이를 바탕으로 안정화 사이클을 이용하여 MINITAB을 통한 민감도를 분석을 하여 결과를 분석하였으며 한 사이클의 평균온도는 수집된 온도값을 평균한 값을 기준으로 하였다. 시간(사이클)에 따른 평균온도 변화를 근사화(fitting)화 하여 안정화 온도를 산출하였으며 오차범위는 온도센서의 오차범위를 고려하여 3℃로 하였으며, 각 안정화 온도에서 오차범위로 설정한 3℃에 이내의 온도에 도달한 사이클을 안정화 사이클로 판단하였다.

#### 2.2 장비 및 공정조건

캐비티 내부의 온도를 측정할 온도센서는 PRIAMUS사의 4011A를 이용하여 측정 하였으며,

유량은 Blue-White사의 F-1000-RT 유량계를 사용하여 측정하였으며 볼 밸브를 통해 유량을 조절하였다. 센서에서 출력된 신호는 Kister사의 Type 2869B CoMo Injection과 Kister사의 Type 2829A CoMo MIS로 데이터화 하여 저장된다. 사출기는 ABURG사의 Allrounder 25ton 유압식 사출성형기를 사용하였으며 수지는 LG Chemical Inc.의 GPPS(grade : 25SPD)를 사용하였다. 사출시 공정 조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Injection molding conditions

Coolant Temp	50℃
Ambient Temp	15℃
Cooling Time	10sec
Melt Temp.	220℃
Cycle time	15.5sec
Thermal conductivity	
Bakelite	0.20 kcal/mh℃
Polystyrene foam	0.030kcal/mh℃

Table 2 Stabilized mold cycle-average temperature result

No	Platen insulator	Mold Wall insulator	Coolant flow rate (L/min)	Stabilized state	
				cycle	Temp.(℃)
1	O	O	2.0	192	53.5
2	O	O	0.6	347	55.7
3	O	X	2.0	108	48.2
4	O	X	0.6	214	50.8
5	X	O	2.0	108	48.1
6	X	O	0.6	169	48.8
7	X	X	2.0	69	48.7
8	X	X	0.6	317	49.9

### 3. 결과

안정화 사이클에 가장 큰 영향을 미치는 것은 냉각수 유량이었으며 적절한 유량(0.6L/min)의 냉각수를 사용했을 시 부적절한 유량(2.0L/min)대비 120% 가량의 안정화 사이클이 감소하는 것을 볼 수 있다. 그 다음 영향을 미치는 것은 Fig. 2에서 나타나듯이 형판, 금형 외벽 순이었다.

적정 용량의 금형온도 조절기를 사용한 경우(2.0L/min)와 그렇지 않은 경우(0.6L/min)를 나눠 분석을 시도하였다. 적정 용량의 금형온도 조절기를 사용한 경우(Table 2. No1, 3, 5, 7), 단열재 부착은 안

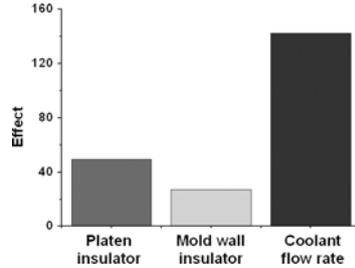


Figure2. The effect of heat transfer conditions

정화 사이클이 증가하였다. 형판에만 단열재를 달았을 시 약 56% 증가하며 금형외벽 또한 비슷한 증가량을 가진다. 형판과 금형외벽을 동시에 달았을 시 180%의 안정화 사이클이 증가하였다[Table 2].

현장에서 적절한 유량, 즉 적정 용량의 금형온도 조절기를 사용하는 것이 안정화 사이클에 가장 큰 영향을 주며, 사출시 적절한 유량을 사용하는 경우, 본 실험에서 선정한 온도 조건에서 단열재를 사용하는 것이 안정화 사이클을 증가하는 시킬 수 있다.

향후 열유동 인자의 영향도를 분석하여 정량적으로 안정화 사이클과 안정화 온도를 예측하는 연구를 진행할 계획이다.

### 후기

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

### 참고문헌

1. G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren, "How to make injection molds", Hanser Gardner Publications, Inc., Cincinnati, USA, 271~308, 2000.
2. Xu.X, Sachs.E, Allen.S "The Design of Conformal Cooling Channels in injection Molding Tooling", Polym. Eng. Sci., 41(7), 1265-1279, 2001.
3. Catic, I., "Cavity temperature - an important parameter in the injection molding process", Polym. Eng. Sci., 19(13), 893-899, 1979.
4. H. Xu, D. Kazmer, A study of cooling for steady-state injection molding, SPE-ANTEC Tech. Papers,193 (1999)