

# 핫 러너에서 색 교체 수치 모사 Numerical Simulation of Color Change in Hot Runner

\*정재성<sup>1</sup>, #김선경<sup>2</sup>, 김성원<sup>1</sup>

\*J. S. Jung<sup>1</sup>, #S. K. Kim(sunkkim@snut.ac.kr)<sup>2</sup>, S. W. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 제품설계금형공학과

Key words : Hot Runner, Color Change, Numerical Simulation

## 1. 서론

최근 제품의 생산 효율과 품질이 중요 시됨에 따라, 사출성형으로 제품을 대량생산할 시 핫 러너가 콜드러너에 비해 경제적 효율이 좋고, 생산되는 제품의 품질이 좋기 때문에 핫 러너 시스템이 늘어나는 추세이다. [1,2] 그러나 콜드러너와 마찬가지로 핫 러너에서도 유동이 좋지 않으면 충전 불량과 플로마크, 웰드라인 등 성형불량이 발생하기 때문에 수지의 유동특성을 파악하는 것은 매우 중요하다. 핫 러너의 경우 색 교체 시 노즐끝부분의 단열을 위한 수지체류부로 인해 색 교체가 어려울 때가있고, 색 교체에 많은 양의 수지와 시간이 소요된다.

따라서 본 연구에서는 효율적인 색 교체를 위해 유동을 관찰하고, 잔류수지가 체류된 부분을 파악하기 위해 CAE 해석을 통해 핫 러너의 유동과 러너가 등온, 비 등온일 때의 색 교체 특성을 수치 모사하였다.

## 2. 해석이론

### 2.1 Cross-WLF 점도모델

고분자 재료(polymer)와 같은 비뉴토니안 유체의 점도는 온도와 압력 그리고 전단속도의 함수이며[3], 일반적으로 Cross-WLF의 모델이 적용된다.

$$\eta = \frac{\eta_0(T)}{1 + \left(\frac{\eta_0(T)\dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad (1)$$

여기서,  $\eta$ 는 점도,  $T$ 는 온도,  $\dot{\gamma}$ 는 전단속도,

$\tau^*$ 는 뉴토니안 특성에서 비뉴토니안 특성으로 전이될 때의 전단응력이며,  $n$ 은 전단속도 민감도이다.  $\eta_0$ 는 전단속도가 "0"에 가까워질 때의 점도이며 식(2)으로 계산될 수 있다.

$$\eta_0 = D_1 \exp\left[-\frac{A_1(T - T_g)}{A_2 + (T - T_g)}\right] \quad (2)$$

여기서,  $T_g$ 는 유리전이온도(Glass Transition Temperature)이고,  $A_1, A_2, D_1$ 은 상수이다. 본 연구에 사용된 상수 값은 Table 1과 같다.

Table 1 Values for the Cross-WLF Model Constants

Constant	Unit	Value
$n$	-	0.3525
$\tau^*$	Pa	15270
$D_1$	Pa*s	2.735e+014
$A_1$	-	31.78
$A_2$	K	51.6
$T_g$	K	263.15

### 2.2 지배방정식

사출성형 유동해석에 사용되는 지배방정식은 Continuity, Momentum, Energy Equation 이다.[4]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\nabla \cdot \rho \vec{v}) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) = \rho \vec{g} + [\nabla \cdot \tau] - [\nabla \cdot \rho \vec{v} \vec{v}] \quad (4)$$

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla T \right) = \beta T \left( \frac{\partial P}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla P \right) + \eta \dot{\gamma}^2 + \kappa \nabla^2 T \quad (5)$$

여기서  $\rho$ 는 용융밀도,  $\vec{v}$ 는 비체적,  $\vec{g}$ 는 중력가속도,  $\tau$ 는 전단응력,  $P$ 는 압력,  $C_p$ 는 비열,  $\beta$ 는 재료의 확장계수,  $\kappa$ 는 열전도도,  $\eta$ 는 걸보기 점도,  $\dot{\gamma}$ 는 전단율이고,  $\tau = \eta\dot{\gamma}$ 이다.

### 3. 해석결과

#### 3.1 핫 러너의 유동

러너에서의 일반적인 유동을 보기 위해 210°C 등온상태, 주입속도 0.2m/s 로 해석을 진행하였다. Fig. 1 을 보면 러너의 벽면 부와 코너부의 바깥 면의 속도가 낮게 나오는걸 알 수 있다. 코너부의 바깥 면은 밸브 핀으로 인해 유동에 영향이 있을 것이라 분석된다.

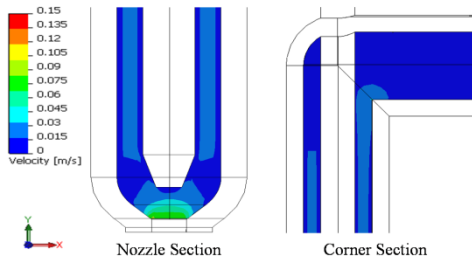
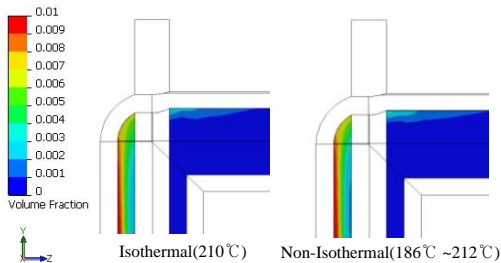


Fig. 1 Velocity distribution of nozzle section and corner section

#### 3.2 등온, 비 등온일 때의 색 교체 비교

같은 조건으로 러너의 온도만 등온(210°C), 비 등온(186°C~212°C)으로 분류하여 색 교체 시 잔류수지량을 확인하였다. 그 결과 Fig. 2(a), (b)와 같이 비 등온일 때 수지체류가 많은 것을 확인하였다. 비 등온에서 러너의 온도가 낮은 부분에서 고화층이 형성되어 수지체류가 많이 된 것으로 분석된다.



(a) residual resin of corner section

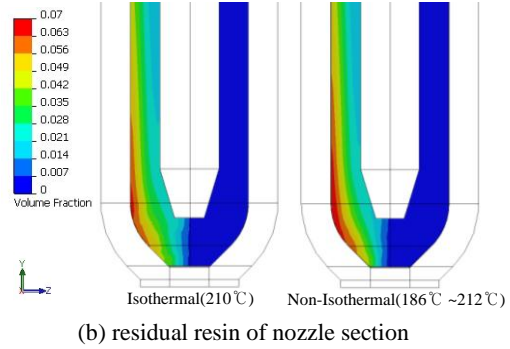


Fig. 2 Comparison of residual resin of isothermal and non-isothermal

### 4. 결론

본 연구에서는 핫 러너에서 등온일 때와 비 등온일 때의 유동특성 해석을 진행하였다. 해석 결과를 통하여 속도분포와 잔류수지량을 수치 모사하였고, 비 등온일 때 색 교체가 등온에 비해 잘 되지 않는 것을 알 수 있었다.

이 결과를 통해 핫 러너 금형의 설계 시 온도가 균일하게 잘 분포되도록 히터를 설치하는 것이 중요하다는 것을 확인하였다. 다만 이번 연구에서는 노즐 부분에 단열을 위한 수지체류부를 제외하고 해석을 진행하였기 때문에 더욱 정확한 특성을 파악하기 위해서는 수지체류부를 포함한 실제 핫 러너의 모델을 이용하여 해석을 수행하는 것이 필요하다.

### 참고문헌

1. Unger, P., "Hot runner technology," Hanser Gardner Puns, 1-5, 2007.
2. 유상열, 김수용, 김민주, 전연찬, "러너시스템에 따른 사출성형 경제성 평가-표준게이트 사용시," 한국공작기계학회 2007년 추계학술대회 논문집, 365-369, 2007.
3. 김우식, "고분자공학개론," 자유아카데미, 414-420, 2006.
4. 김범호, 장우진, 김정훈, 조정환, 박영훈, 최순자, "CAE를 이용한 사출성형의 최적화," 화학공학, 41, 5, 577-584, 2003.