

# 수직 다이캐스팅머신 개발을 위한 주조 유동해석 Mold Filling Analysis for Development of Vertical Die Casting Machine

\*이준성<sup>1</sup>, #이양창<sup>2</sup>, 배병규<sup>1</sup>, 장현석<sup>1</sup>

\*J.S. Lee<sup>1</sup>, #Y.C. Lee(yclee@daelim.ac.kr)<sup>2</sup>, B.K. Bae<sup>1</sup>, H.S. Jang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경기대학교 기계시스템공학과, <sup>2</sup>대림대학 기계과

Key words : Mold filling, Solidification, Shrinkage, Rotor, Simulation

## 1. 서론

일반적으로 전동모터의 회전자(rotor)를 생산하기 위해 Al 다이캐스팅 머신에서 주조방식으로 생산하고 있다. 그런데 수평형에서는 여러 가지 문제점들이 있어 수직형으로 개발이 활발히 이루어지고 있다[1]. 수평형 방식에서 문제점들은 용탕은 수평 슬리브(sleeve)내에 완전히 충전되지 않은 상태에서 고속, 고압으로 캐비티(cavity)에 주입되기 때문에 용탕은 공기, 윤활제 등과 혼합되면서 가스가 발생하여 Al제품 속에 잔존하여 주조 결함의 원인이 되고 있다. 수직형 다이캐스팅 머신은 금형에서 런너와 압탕 설치가 필요 없게 설계되어 충진을 효과가 극대화되어 Rotor의 전기적 특성이 향상되어진다. 또한 로터 등의 Al제품이 수직으로 세워져 있기 때문에 제품내에 가스량의 분포도 균일하게 되어 Al제품의 내압성, 강도 및 기밀성이 향상된다. 따라서 본 연구에서는 고정밀 로터(rotor)를 생산 하기 위한 수직형 다이캐스팅머신 개발을 위해 관련 주조 유동해석을 통해 Rotor의 유동, 응고, 수축공과 같은 결함을 예측하고, 주조방안을 보완하고자 한다. 이러한 주조 결함을 예측하기 위해 오래전부터 국내에서도 전산 시스템을 이용한 예측방법이 개발, 적용되고 있다[2]. 특히, 자동차 산업 발전하면서 전산시스템을 이용한 주조 결함 해석이 활발히 이루어지고 있다[3-5]. 따라서 본 연구에서는 고정밀, 고정도 Rotor 생산을 위한 전용 수직형 다이캐스팅머신을 개발하기 위해 Z-cast Software를 이용해 주조결함을 예측하고, 그 데이터를 토대로 주조방안을 설계하고자 한다.

## 2. 해석방법

Z-cast Software은 유한차분법을 이용한 수치해석기법으로 다른 주조해석 Software들과 같이 용탕의 충전, 응고해석을 위한 자동메쉬분할과 빠른

계산으로 정확한 해석결과를 나타낸다. 본 해석을 위해 Solid Modeller를 이용하여 3차원 모델링을 한 다음 이를 STL파일로 변환하여 Z-cast에서 읽어 들여, 일련의 과정으로 해석을 수행하였다. 해석을 위해 Fig. 1과 같이 수평, 수직형 두 개의 구조를 해석 비교하였다. 모델링에서 이미 주물제품, 탕구, 탕도, 비스켓 등을 형성하였다.

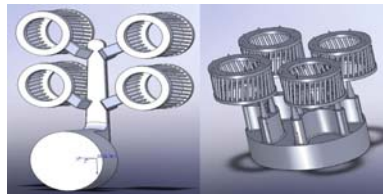


Fig. 1 Casting design of Rotor(horizontal & vertical)

본 해석을 위해 해석 조건으로 사용 재질은 Al356이며, 용탕 초기온도는 700℃로 설정하였으며, 주입온도는 약 450℃로 하였다. 여기서 수평형의 플런저팁은 Ø80mm, 사출 슬리브 길이는 550mm로 조건을 설정하였고, 플런저의 사출조건은 고속 2단 사출로 설정하였다. 그리고 수직형일 경우의 플런저팁은 Ø150mm, 사출슬리브 길이는 450mm로 조건을 설정하였고, 플런저의 사출조건은 고속 2단 사출로 설정하였다. 그리고 공통적으로 주물제품은 4 Cavity로 하였다. 여기서의 해석내용은 탕도 및 탕구 방안(충전해석)을 위한 해석과 충전완료를 기점으로 응고시간 예측, 그리고 응고결과에 따른 수축결함을 예측하고자 하였다.

## 3. 해석 결과

해석 결과는 결과만을 표현한 것이고, 수평형과 수직형의 주조상태를 비교한 것이다. Fig. 2~4까지는 수평형(horizontal type)의 결과이다. 여기서 Fig. 2는 유동해석의 결과로 유동속도가 0.029sec일때

70%가량 채워지는 이는 런너와 게이트 부분까지이다. 그리고 나머지 주물제품 부분은 0.042sec에 모두 채워지는 것을 알 수 있다. 그리고 Fig. 3은 응고과정으로 전체적으로는 고르게 온도분포가 이루어지나 런너와 게이트부가 냉각될 때 주물제품의 끝단 고온 남아 있어 수축에 영향을 미칠 것으로 예상된다. Fig. 4에서는 냉각 후 제품의 수축 부분을 나타낸 것이다. Fig. 3의 냉각과정에서 온도가 불균일한 영향으로 4개의 주물제품에 모두 수축공이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.



Fig. 2 Sequences of mold filling simulation



Fig. 3 Sequences of solidification simulation

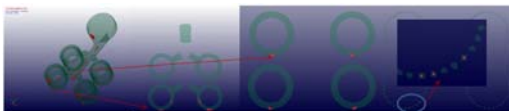


Fig. 4 Sequences of shrinkage simulation

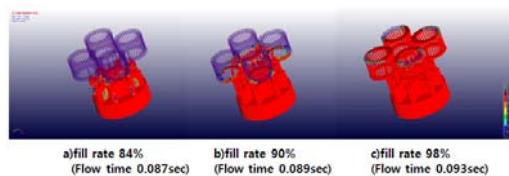


Fig. 5 Sequences of mold filling simulation

Fig. 5~7은 수직형(vertical type)의 결과이다. 여기서 Fig. 5는 유동해석의 결과로 유동속도가 0.087sec일때 84%가량 채워진다. 이 역시 런너와 게이트 부분까지이다. 그리고 나머지 주물제품 부분은 0.093sec에 모두 채워지는 것을 알 수 있다. 그리고 Fig. 6은 응고과정으로 전체적으로는 고르게 온도분포가 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 7에서는 냉각 후 제품의 수축부분을 나타낸 것이다. 여기서 확인할 수 있는 것은 Rotor의 규소 광판 사이의 좁은 공간의 유동에서 가스빼기가

원활하지 않은 영향으로 주물제품 1개에는 3곳, 다른 한 개는 1곳에 수축공이 발생하였다.

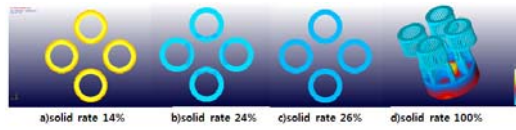


Fig. 6 Sequences of solidification simulation



Fig. 7 Sequences of shrinkage simulation

#### 4. 결론

수평형과 수직형의 구조해석을 통해 다음과 같은 초기구조 결함을 예측할 수 있었다.

- 1) 수평형은 슬리브가 수평구조이고, 고속으로 작동하면서 공기와 기타 가스빼기가 원활하지 않음에 제품성형률 매우 떨어짐을 알 수 있었다.
- 2) 수직형은 슬리브 구조가 수직으로 되어있어 슬리브가 고속으로 작동할 때, 수평형과 달리 용액이 층류형태로 유지되면서 공기나 기타 가스발생이 매우적어 안정된 주물제품이 성형됨을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Y.C.Lee, J.S.Lee et al., "Development of Auto Casting Machine for Rotor Molding of Electric Motor," Proceedings of the KAIS, Vol 11, No 2, 824-827, 2010.
2. Y.C.Lee, H.J.Lee, and C.P.Honh, "Solidification Analysis and Predication of Shrinkage Cavity in Aluminum Alloy Castings," J. of the Korean Inst. of Metals, Vol. 26, No. 8, 770-775, 1988.
3. 이동훈, 강충길, 이석규, "유동 및 응고해석에 의한 자동차 부품의 제품결함 예측," 한국주조공학회지, 20. 3, 159-166, 2000.
4. 김정훈, 김창희, "실린더 라이너 주조공정에 대한 충전 및 응고해석," 한국주조공학회지, 24. 4, 255-230, 2004.
5. 박진영, 김억수, 박익민, "탕류 및 응고 해석을 통한 자동차 Gear Housing의 다이캐스팅 주조공정 설계," 한국주조공학회지, 24. 6, 347-355, 2004.