

# Rotor 연속주조를 위한 회전형 주형개발

이양창\*, 배병규\*\*, 장현석\*\*, 이준성\*\*, 최윤종\*\*, 권동철\*\*\*, 송병목\*\*\*

\*대림대학 기계과

\*\*경기대학교 기계시스템공학과

\*\*\*태화

e-mail : jslee1@kyonggi.ac.kr

## Development of Rotational Molds for Continuous Casting of Rotor

Yang-Chang Lee\*, Byeong-Gyu Bae\*\*, Hyun-Seok Chang\*\*, Joon-Seong Lee\*\*, Yoon-Jong Choi\*\*, Dong-Cheol Kwon, Byeong-Mok Song

\*Dept of Mechanical Engineering, Daelim University,

\*\*Dept of Mechanical System Engineering, Kyonggi University,

\*\*\*TaeHwa

### 요 약

본 논문은 모터의 회전자를 연속적으로 주조하기 위한 주형 개발을 위해 주조 유동해석을 통해 그 결과를 반영하였다. 주형을 제작하고, 성형한 결과로 수평형은 슬리브가 수평구조이고, 고속으로 작동하면서 공기와 기타 가스빼기가 원활하지 않음에 제품 성형률이 매우 떨어짐을 알 수 있었다. 현재 이를 해결하기 작업자들의 경험에 많이 의지하고 있다. 수직형은 슬리브 구조가 수직으로 되어있어 슬리브가 고속으로 작동할 때, 수평형과 달리 용액이 층류형태로 유지되면서 공기나 기타 가스발생이 매우 적어 안정된 주물제품이 성형됨을 알 수 있었다.

### 1. 서론

전동모터의 정밀도를 향상시키기 위해 수직형의 구조로 된 Al 다이캐스팅 머신을 개발함에 있어 생산성 향상을 위해 자동화된 연속 주조방법이 요구되고 있다. 특히, 정밀 회전자를 생산하기 위해 수평형 방식에서의 문제점인 용탕이 수평형태로서 수평슬리브(sleeve)내에 완전히 충전되지 않은 상태에서 고속, 고압으로 캐비티(cavity)에 주입되기 때문에 용탕은 공기, 윤활제 등과 혼합되면서 가스가 발생하여 Al제품 속에 잔존하여 주조 결함을 수직형 다이캐스팅 머신의 구조로 개발, 금형에서 런너와 압탕 설치가 필요 없게 설계함으로 충진을 효과가 극대화되어 Rotor의 전기적 특성을 향상시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 고정밀 로터(rotor)를 생산하기 위한 연속으로 생산할 수 있는 구조의 수직형 다이캐스팅머신 개발을 위해 관련 구조 설계와 유동해석을 통해 금형 주조방안에 활용하고자 한다. 특히, 주조 유동해석을 통해 유동, 응고, 수축공과 같은 결함을 예측하고자 한다. 이러한 주조 결함을 예측하기 위해 오래전부터 국내에서도 전산 시스템을 이용한 예측방법이 개발, 적용되고 있다. 특히, 자동차 산업

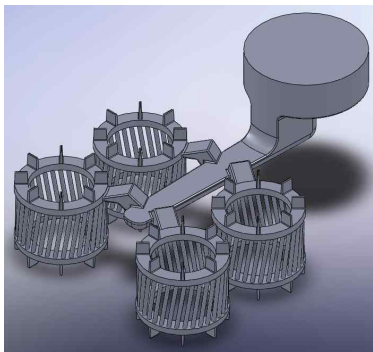
발전하면서 전산시스템을 이용한 주조 결함 해석이 활발히 이루어지고 있다[1-4]. 따라서 본 연구에서는 고밀도, 고정도 Rotor 생산을 위한 연속주조용 수직형 다이캐스팅 머신을 개발하기 위해 주조유동해석 Software를 이용해 주조결함을 예측하고, 그 데이터를 토대로 주조방안을 설계하고자 한다.

### 2. 주형 설계 의한 유동해석

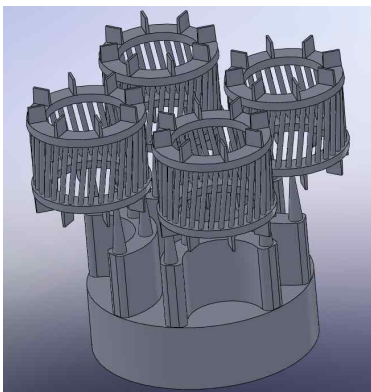
본 유동해석을 위해 Z-cast Software를 사용하였다. 기본적으로 유한차분법을 이용한 수치해석기법으로 다른 주조해석 Software들과 같이 용탕의 충전, 응고해석을 위한 자동 메쉬 분할과 빠른 계산으로 정확한 해석결과를 나타낸다. 본 해석을 위해 Solid Modeller를 이용하여 3차원 모델링을 한 다음 이를 STL파일로 변환하여 Z-cast에서 읽어드려, 일련의 과정으로 해석을 수행하였다. 해석을 위해 그림 1~2와 같이 수평, 수직형 두 개의 구조를 해석 비교하였다. 모델링에서 이미 주물제품, 탕구, 탕도, 비스킷 등을 형성하였다.

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(충진해석)을 위한 해석과 충전완료를 기점으로 응고시간 예측, 그리고 응고결과에 따른 수축결함을 예측하고자 하였다[5-6].



[그림 1] 수평형 주조 모델

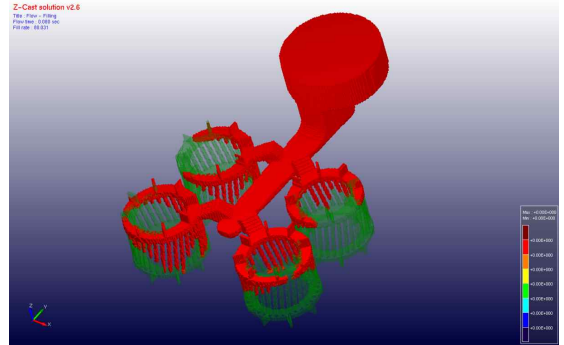


[그림 2] 수직형 주조 모델

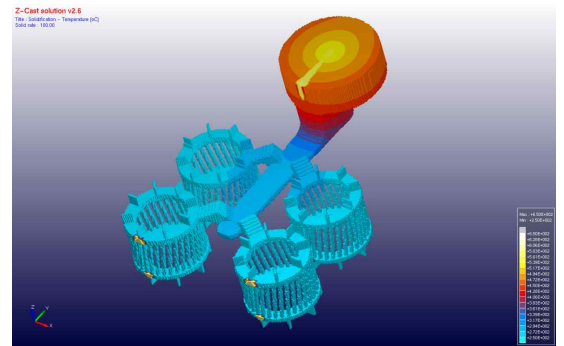
### 3. 해석 결과

해석 결과는 수평형과 수직형의 주조상태를 비교한 것이다. 그림 3~5는 수평형(horizontal type)의 결과이다. 여기서 그림 3은 유동해석의 결과로 유동속도가 0.08sec일때 약 80%가량 채워지는 것을 볼 수 있다. 그리고 나머지 주물제품 부분은 0.088sec에 100% 채워졌다. 그리고 그림 4는 응고해석 결과로 온도분포가 고르게 이루어지나 주입구쪽이 최종 냉각될 때 주물제품의 끝단이 고온으로 남아 있어 수

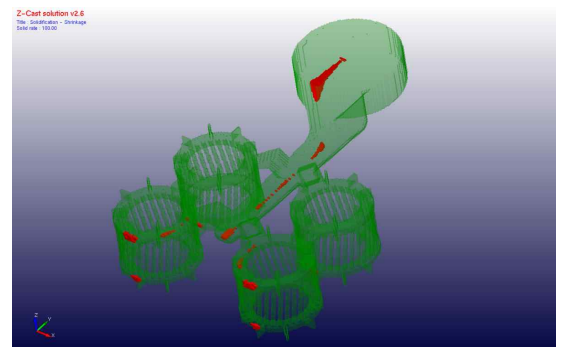
축에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 그림 5는 냉각 후 제품의 수축부분을 나타낸 것이다. 그림 3의 냉각과정에서 온도가 불균일한 영향으로 런너와 게이트, 주물제품에 수축공이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 3] 수평형 충전해석(0.08sec, 80.031%)



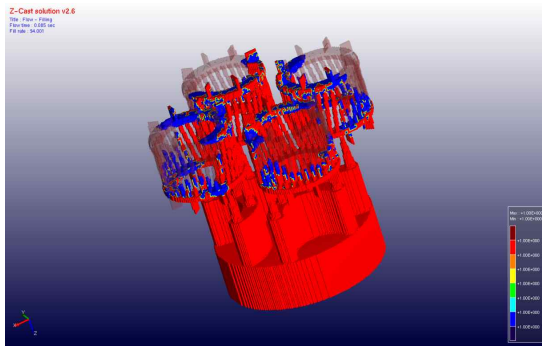
[그림 4] 수평형 응고해석(응고 100%)



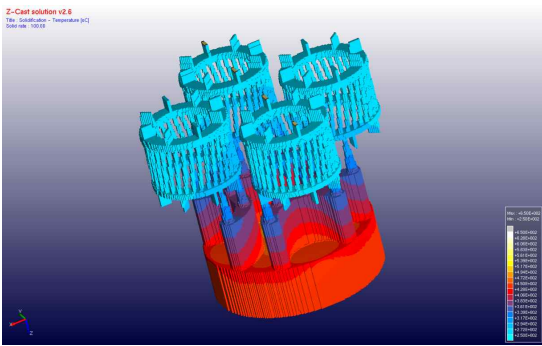
[그림 5] 수평형 수축공해석(응고 100%)

그림 6~8은 수직형(vertical type)의 결과이다. 여기서 그림 6은 유동해석의 결과로 유동속도가 0.085sec일때 94%가량 채워진다. 주물제품까지 완전히 채워지는 시간은 0.086sec 걸린다. 그리고 그림 7은 응고과정으로 전체적으로는 고르게 온도분포가 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 그림 8에서는

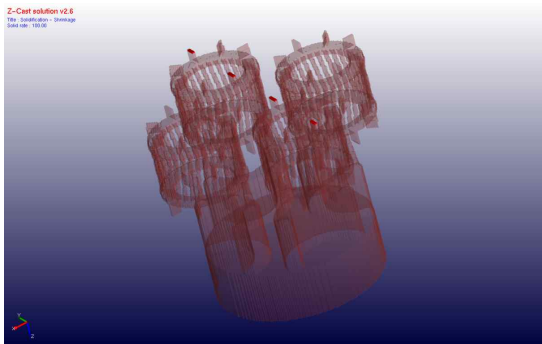
냉각 후 제품의 수축부분을 나타낸 것이다. 여기서 확인할 수 있는 것은 Rotor의 냉각핀이 있는 곳에 약간의 수축공이 발생하는 것을 볼 수 있다. 그 외 다른 곳은 전혀 수축공이 발생하지 않았다. 이는 가스 빼기를 설치함으로 인해 모두 해결할 수 있는 부분이다.



[그림 6] 수직형 충전해석(0.085sec, 94.0%)



[그림 7] 수직형 응고해석(응고 100%)



[그림 8] 수직형 수축공해석(응고 100%)

#### 4. 회전자(rotor) 성형 결과

위와 같은 해석을 결과를 주형설계에 반영하여 제작한 후 수직형 주조기에서 연속적으로 성형한 결과

는 만족할 만한 결과이다. 공정상 주조조건을 맞추는데는 다소 운전법이 필요하였다. 처음 성형 제품인 경우 그림 9a)와 같이 미성형 불량 발생하였다. 따라서 주조조건 운전법을 조정한 후에 그림 9b)와 같은 완벽하게 성형된 Rotor를 생산하였다. 완전 성형된 제품의 표면을 보면 성형상태가 매우 양호함을 확인할 수 있다. 특히, 날개부의 끝단면의 성형이 완벽하게 성형됨을 볼 수 있다. 이는 진동 모터의 고속 회전에서의 편심이나 진동의 원인을 해소시킬 수 있다.



[그림 9] 주형제작 후 주조결과

#### 5. 결론

수직형 연속 주조기 개발을 위해 안정적인 주형설계가 필수적이다. 따라서 주형설계 제작을 위한 주조유동해석을 통해 얻어진 결과를 반영하여 최종적으로 양질의 주조제품을 얻었다. 본 논문에서는 수평형과 수직형의 주조해석을 통해 다음과 같은 초기 주조 결함을 예측할 수 있었다.

- 1) 수평형은 슬리브가 수평구조이고, 고속으로 작동하면서 공기와 기타 가스빼기가 원활하지 않음에 제품 성형률 매우 떨어짐을 알 수 있었다. 현재 이를 해결하기 작업자들의 경험에 많이 의지하고 있다.
- 2) 수직형은 슬리브 구조가 수직으로 되어 있어 슬리브가 고속으로 작동할 때, 수평형과 달리 용액이 층류형태로 유지되면서 공기나 기타 가스발생이 매우 적어 안정된 주물제품이 성형됨을 알 수 있었다. 실제적인 생산을 통해 그 결과를 확인할 수 있었다.

즉, 수직형 구조된 주조기는 Al 용탕 윗면의 공기가 금형의 유로 상측에 위치하므로 공기(gas)가 먼저 배출되어 사출(주조)후 Rotor 성형부에 남아 있는 기포가 최소화된다. 그러므로 충전도가 높아진다.

수직형은 충전 밀도가 매우 높고 밀도가 균일하기 때문 Rotor의 회전 소음, 진동에 대한 품질이 매우 우수하다. 따라서 고효율, 고품질의 전동모터 Rotor 제품 생산에 매우 효과적인 방법이라 할 수 있다.

참고문헌

[1] 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.

[2] 이동훈, 강충길, 이석규, "유동 및 응고해석에 의한 자동차 부품의 제품결함 예측," 한국주조공학회지, 20. 3, 159-166, 2000.

[3] 김정훈, 김창희, "실린더 라이너 주조공정에 대한 충전 및 응고해석," 한국주조공학회지, 24. 4, 255-230, 2004.

[4] 박진영, 김억수, 박익민, "탕류 및 응고 해석을 통한 자동차 Gear Housing의 다이캐스팅 주조공정 설계," 한국주조공학회지, 24. 6, 347-355, 2004.

[5] 노원기외, "사출성형과 제품설계," 교보문고

[6] 권태현, "사출성형 CAE 설계지침," 문운당