

다이캐스팅에 의한 표면 착색용 박판소재의 제조공정개발 Development of Production Process for Anodizing Metal by Strip Die-casting

*이승현¹, #최성대², 이종형³

*Seung-Hyun Lee¹, #Seong-Dae Chio(e-mail: sdchoi@kumoh.ac.kr)², Jong-Hyung Lee³

¹ 금오공과대학교 대학원 생산기계전공, ² 금오공과대학교 기계공학부, ³ 금오공과대학교 기계공학부

Key words : DMTC(Digital Mold Temperature Control System), Strip Die-casting(박판 다이캐스팅) Anodizing(표면 착색) Heat-Flow Analysis(열-유동해석), Temperature Controller(온도 조절기)

1. 서론

다이캐스팅의 기본 공정은 일정한 형상을 지닌 금형에 용탕을 고압으로 충전하여 응고시키는 것으로 표면상태가 우수한 주물 제품을 저렴한 생산 비용으로 대량 생산할 수 있어 자동차 또는 전자 제품에 널리 이용되고 있다. 최근에는 슬림화되는 휴대폰의 내, 외장재로 그 쓰임새가 증대되고 있는 추세이지만 제품의 특성상 두께가 얇고 형상이 복잡해 제품의 미성형 및 미충진 등의 단점으로 나타나고 있다. 현재 주로 사용하고 있는 소재로는 주조 유동성이 우수한 알루미늄 합금 ADC12 또는 마그네슘합금인 AZ91D 등을 사용하고 있다. 이 소재들은 유동성이 우수한 장점을 가지고 있으나 제품의 칼라 다양화를 위해서는 후가공 후 도장 또는 도금에 의존하고 있는 실정이다.

현재 표면착색 즉, 아노다이징이 가능한 다이캐스팅 합금으로 Al-Mg계 합금인 ADC5, ADC6계 합금이 사용되고 있으나 주조성이 떨어지고 탕흐름에 대한 열룩이 생기기 쉬우며 아노다이징 시 표면이 거칠다는 단점이 있다. 본 논문에서는 표면 착색성과 주조성을 개선하고 사용목적에 의해 선택할 수 있도록 개발한 DM3 소재[1]을 사용하여 얇은 박판의 다이캐스팅 소재 개발을 위한 시스템 개발 및 공정을 개발하고자 하였다. 사용방법으로는 금형 부위별 온도를 제어하는 시스템을 구성하였으며 1차적으로 주조해석을 통한 비교 검증 후 Cold Chamber 장비에 DMTC 시스템을 적용하여 실험하였다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 소재 특성

본 실험의 다이캐스팅 소재는 표면 착색 가능한 Al-Mg 합금 계열의 소재로 현재 복잡하지 않는 간단한 상의 표면착색용 다이캐스팅 소재인 DM3 계열의 소재이다. 일반적으로 표면착색 즉, 아노다이징에 적합한 다이캐스팅 합금으로 Al-Mg 계 합금인 ADC5, ADC6계 합금이 사용되고 있으나 주조성이 떨어지고 탕흐름에 의한 열룩이 생기기 쉬우며 아노다이징 표면이 거칠다. 본 소재는 표면착색성이 뛰어난 DM3 소재를 개량한 DM4H 소재이다. 이 소재의 장점은 소재 특성상 Al 성분이 대부분을 차지하고 있어 매우 무르다는 단점이 있다. 이로 인하여 얇고 복잡한 다이캐스팅 제품에는 금형에 소착되는 단점으로 사용되지 않는다. 이 소재에 대한 기본 물성은 Table.1과 같다

열정수분석기(Thermal Constant Analyzer)를 통하여 온도에 따른 열확산 계수(α), 비열(C_p), 열전도도(K) 등을 측정하였다.

Table 1 Properties of DM4H Material

Tensile strength (N/mm ²)	0.2%yield strength (N/mm ²)	Hardness(Hv)	Density (k/m ³)
127	52	30	2730
Specific heat (J/kg/°C)	Thermal diffusitive (cm ² /s)	Solidus Temp. (°C)	liquidus Temp. (°C)
962.3~1142.3	0.35~0.56	599.4	641.3

열정수 분석기는 한쪽면을 laser flash로 가열한 후 다른면에서 발산되는 온도변화와 신호를 측정하였다. 그리고 시차분석기(Differential Thermal Analysis)을 통하여 온도변화에 따른 고상선 온도 및 액상선 온도를 구할 수 있었으며, 인장시험기 및 브리넬 경도 시험기를 이용하여 구하였다

2.2 시스템 구성

DMTC 시스템의 기본 구성은 금형 내부에 온도를 유지하고 원하는 온도 대로 컨트롤 할 수 있는 몰드금형과 코어금형 그리고 소재의 온도 편차를 유사 또는 일정한 온도로 유지시켜 주는 시스템으로 구성되어 있는 있다[2]. 금형 내부 온도 컨트롤을 위해 내부에 온도 측정을 컨트롤을 위해 센서들 6곳에 배치해 장착 하였으며 온도 상승할 수 있도록 heat 코일을 상측에 10개 하측에 8개 장착하여 구성하였다. 기본 구성원리는 Fig. 1과 같다. 일반적으로 사용되는 다이캐스팅 주조방법의 경우 몰드 금형과 코어금형 그리고 다이캐스팅 소재의 온도가 편차가 크다. 특히 여름과 겨울철에는 그 온도차가 크기 때문에 레진 즉, 소재의 용융온도를 조절하여 적정온도를 조절하고 있는 실정이다. 하지만 고온 금형 제어시스템 방법의 경우 항상 일정한 온도를 유지시켜 주기 때문에 외부적 환경을 기준방법에 비해 적게 작용된다.

Fig. 2는 일반금형과 DMTC 시스템의 구성에 대한 원리이다.

DMTC 시스템은 금형 내부에 대한 온도를 실시간으로 분석하여 제품의 특성을 고려한 실제 세팅 값을 S/W에서 제어하는 방법이다. 센서 및 Heat 코일의 위치는 주조해석을 하여 금형의 온도가 주위온도 보다 낮은 곳을 선택 설계 반영하였다.

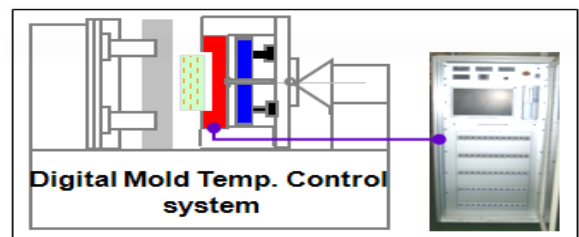


Fig. 1 Composition of Digital Mold Temp. Control System

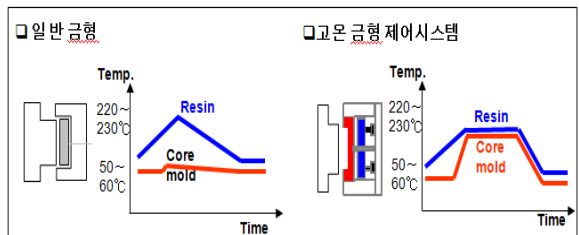


Fig. 2 Principle of Digital Mold Temp. Control System

2.3 수치해석을 통한 설계

DMTC 시스템에 대해 정확한 제어를 위해서는 먼저 제품의 형상과 주조 조건이 매우 중요하다. 특히 제품 형상은 다이캐스팅 제품의 필수 설계 요소인 gate, overflow, airvent 등의 위치 및

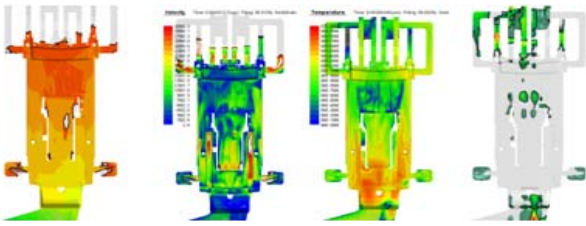


Fig.3 fluid flow Analysis (Filling & Solidification Sequence ets) of Strip Die-casting to used DM4H Materials (6T)

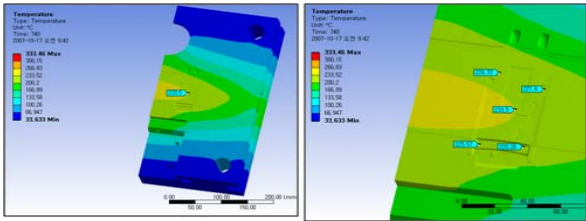


Fig. 4 Result of Heat transfer Analysis to used Oil Temp. Control system

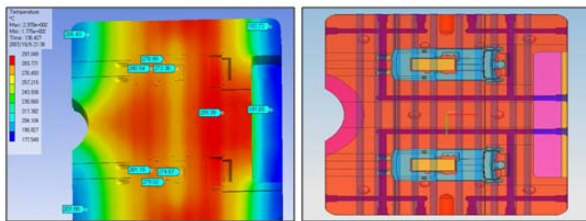


Fig. 5 Result of Heat transfer Analysis to used DMTC system and after computer simulation

형상을 좌우하기 때문에 엔지니어의 경험만으로 금형 제작하기는 위험스럽다. 최근에는 이러한 어려움을 CAE(computer aided engineering) 기술을 이러한 요구사항을 해결하기 위해 가장 효과적인 방법이다[3][4]. 본 실험에서는 GATE, OVERFLOW의 주조 해석은 실제 흐름성을 개선 및 성형을 위해 주조 해석 S/W를 활용하여 전체적 충전양상 및 기포고립부분, 용탕 충전중 산화물 분포, 온도분포등을 확인하였다. 해석조건은 실제 다이캐스팅 실험조건을 활용하여 설정하여 해석 하였다. 해석 조건은 다음과 같다. DM4H 소재를 사용하여, 주입온도는 645도 하였다. 실제 보온 로에서 760도로 측정되었으나 용탕 작업 및 사출과정에서 100도 정도 온도가 강하여 실제 해석시 이를 반영하여 해석 하였다. 주입속도로는 저속속도 0.37m/sec, 인게이트 저속속도 9.172m/sec, 고속속도 3.7m/sec, 인게이트 고속속도 91.72m/sec로 하였다. 금형재질은 실제 사용 실험할 재질인 SK61로 설계 제작 하였다.해석 S/W는 주조해석 S/W인 Anycasting을 사용하였다. Fig. 3은 위 data을 기준으로 해석한 결과이며, Fig 4, 5는 기존 Oil type 온조기와 DMTC 시스템을 적용 금형에 대해 부위 별 온도를 제어 했을 때 비교한 결과 이다.

2.4 실험을 통한 검증

시스템 구성은 Fig.1과 같이 구성을 바탕으로 수치해석에 의해 온도편차가 큰부분에 온도제어 센서 및 Heat 코일을 Fig.1 과 같이 장착한 후 시험 하였다. 시험방법은 DMTC 시스템이 부착하지 않는 상태로 기존 방법인 온조기 금형에 열을 가해 주조한 제품과 DMTC 시스템을 부착한 금형에 대해 각각 비교 시험을 하였다. Fig. 6는 실제 시험 과정을 나타냈다.

기존방법인 Oil 온조기에 setting 값을 200도로 설정하여 제품을 성형한 결과 DM4H 소재의 경우 성형이 거의 되지 않고 금형에 바로 소착되는 현상을 가져 왔다. 주조 조건 및 온조기 온도를 다양하게 변경하여 시험하였으나 연속적으로 성형할 수 없었다.

비접촉 온도계를 이용하여 금형 개폐 시 온도를 측정 한 결과 100~120도를 넘지 않은것을 확인 할 수 있었다. 하지만 DMTC 시스템이 적용된 시험에서는 초기 금형의 적정온도를 안정시킨 후 연속적 주조가 가능했다. DMTC 시스템의 설정온도를 190도



Fig. 6 Result of Heat transfer Analysis to used DMTC system

로 설정했을 때 가장 좋은 조건이었으며 연속주조가 가능 했다.기존 방법에서는 실제 controller와 금형 표면 온도 변화폭이 80도 이상 차이가 있어 고상선과 액상선 변화의 폭이 적은 DM4H 소재의 경우 매우 불리함을 알 수 있었다. 또한 기존 Oil 타입의 온조기의 온도를 높이려고 시도 했으나 검정 연기가 발생하여 더 이상 온도를 올릴 수 없었다. 하지만 DMTC 시스템을 이용하여 금형의 온도를 제어한 결과 실제 이형제 분사 시 등 온도가 하강하는 구간에서 Heater 가 바로 작동하여 금형의 온도를 보정 해 주어 일정한 온도를 유지되는 것을 확인할 수 있었으며 이로 인하여 박판의 제품을 연속 주조할 수 있었다. DMTC 시스템 장착되어진 금형의 온도는 주위 온도와 관계없이 항상 일정한 온도를 유지하고 있어 제품의 연속 성형이 가능 했다. 제품의 성형측면에서도 시사출물과는 달리 금형온도를 일정하게 유지 (180-190°) 되었으며 overflow와 airvent 부분에 산화물이 원활하게 빠지는 형상이 보였다.

3. 결론

본 연구에서는 표면 착색성과 주조성을 개선하고 사용목적에 의해 선택할 수 있도록 개발한 DM4H 소재를 사용하여 얇은 박판의 다이캐스팅 제품이 생산 가능하도록 공정 및 시스템을 개발이다. 시험결과 및 내용은 다음과 같다.

- 1) 금형내의 부위별 온도를 제어함으로써 고유동성을 확보할 수 있었으며, 이로 인하여 박판의 성형이 어려운 DM4H 소재에 대해 연속 성형을 할 수 있었다.
- 2) 주조해석을 통한 금형설계와 과 DMTC 시스템 적용으로 유동의 흐름성 향상으로 overflow와 airvent부분으로 슬러그 이동이 원활해 졌으며 flow mark를 현저히 줄일 수 있었다.
- 3) 초기 예열시간이 줄어들었으며 시사출물과는 달리 금형온도를 180-190°로 유지로 인해 일정부위의 수축현상이 현저하게 줄어들었다.
- 4) 표면착색이 가능한 DM4H 소재에 대해 박판의 다이캐스팅이 가능한 장치를 고안, 적용으로 제품의 다양한 표면 착색성을 확보할 수 있었다.

참고문헌

1. 光輝性 Aluminium用 Dicastng Alloy. RYOKA MACS Co.,
2. "Introduction of High Transference and fluidity Precision Mold System Tech" Anycasting User Conference 2007
3. 김성빈, 윤중목, 장진영, "수치모델에 의한 AI 합금 선재 연속주조 공정의 열전달 및 응고 특성 해석" 대한금속학회지, Vol. 37, No. 4, 454-464, 1999
4. 이창호, 최재곤,남태균 "Analysis of the High Presure Die Casting Process by computer simulation" 한국주조공학회, Vol. 20. No. 6, 400-403, 2000
5. 박준훈, 권택환, 최재찬, 김창호 "A Basic study on Developmebt of Die Design System for Die Casting" 대한정밀공학회지, Vol. 18, No.3, 2001