

전자교반을 이용한 A356 합금의 결정립제어

배정운*(부산대 대학원 정밀기계과), 강충길(부산대 기계공학과)

The grain size control of A356 alloy by electromagnetic stirring

J. W. Bae(Depart. Mechanical & Precision Eng. PNU), C. G. Kang(Mechanical Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

In this study, the morphology of the change of primary Al phase in A356 alloy by two kinds of electromagnetic stirrers(vertical and horizontal) were investigated to obtain the globular structure. The effects of the stirring current, the stirring time and the pouring temperature were determined. The greater stirring current and longer stirring time were to get the finer the Al phase. However, over a certain stirring current and stirring time, the primary Al was merged together and was increased. The reason is the degree of breakdown of initial dendrites has been decreased by the collision and coalescence of particles with increasing stirring current and stirring time. The optimum conditions and difference of the two kinds of electromagnetic stirrers have been investigated for rheology forming with controlled solid fraction.

Key Words : Electromagnetic stirring (전자교반) , Semi-solid material (반용융소재), Stirring current (전자교반전류), Stirring time (전자교반시간), Vertical type (수직형전자교반), Horizontal type (수평형 전자교반)

1. 서론

고상과 액상이 공존하는 반용융소재(semi-solid material)의 공정은 현재 net-shape 공정으로 주목받고 있으며 계속적인 기술 발전을 이루어 왔다 [1]. 그 중 반용융 공정에서 소재의 결정립 제어는 가장 중요한 요소 중 하나로 간주된다. 소재의 결정립을 제어함으로써 공정 시 소재의 충전(filling)을 좋게 할 수 있으며, 얇은 판재의 성형이나 액상편석을 줄일 수 있다는 이점을 가진다.

이러한 반용융소재를 성형하는 방법으로는 임펠러를 이용한 기계식교반법 [2], 전자기력에 의하여 수지상정 조질을 강제적으로 파쇄하는 전자교반법, Single and Double Screw Rheomolding System 등 여러 시스템이 이용되고 있다.

위의 여러 공정 중 전자교반법은 용탕의 응고시 발생하는 수지상을 파쇄시켜 구상화된 초정 입자들을 용탕에 분산시킴으로써 용탕과 고상입자가 혼합된 슬러리 상태를 제조한다. 이러한 빌렛을 이용한 전자 교반 성형은 순수 수지상을 가지는 액상에서 성형하는 방법보다 응고시간이 짧아서 수축결함을 줄일 수 있고, 제품성형 시 금형에 받는 열충격을 줄일 수 있다. 이러한 장점에도 불구하고 현재 우리나라 반용융소재의 제조공정은 부품제조 공정과 관련된 연구내용이 미흡하여 기초 단계에 머무르고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 A356 소재를 이용하여 소재의 결정립 제

어기술에 대한 기본데이터를 제시하고자 한다.

2. 전자교반 장치

본 연구에 사용되어진 전자교반기는 3상 3극의 회전 자계형 전자교반장치이며, 사용되어진 주파수는 상용 주파수 60Hz 와 220V 를 사용하였다.

교반실험에 사용되어진 교반기는 수직형 교반기와 수평형 교반기이다. 수직형 교반기는 각각의 상이 상하로 위치하여 전자교반 시 발생하는 전자교반력의 방향은 교반기의 축과 일치하는 상하 방향으로 발생이 된다. 반면에 수평식 교반기는 각각의 상이 원주방향으로 위치하여 교반 시 교반력의 방향은 원주방향으로 작용한다. 수직형 교반기는 용탕이 상하로 유동하여 고루 섞이는 장점이 있는 반면에 용탕 겉표면의 산화물이 상하 교반에 의하여 용탕 속으로 고루 섞이며 교반기의 크기가 커지는 단점이 있다. 수평형 교반기는 전류 소비에 비하여 강력한 교반력이 발생이 되나 용탕의 점성이 높을 경우 전자교반 시 용탕의 전체가 회전이 되어 전자교반의 효과가 떨어지는 단점이 있다.

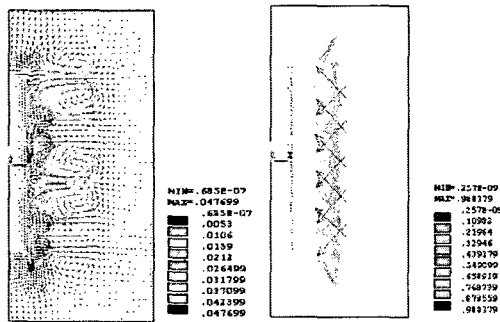
3. 전자교반 실험

교반전류, 용탕온도, 교반시간을 실험 변수로 실험하였으며, 상용 소프트웨어인 ANSYS 를 이용하여 수직, 수평 교반기에 대한 해석을 수행한 다음 교반실험을 실시하였다. 전자교반시 사용된 슬러

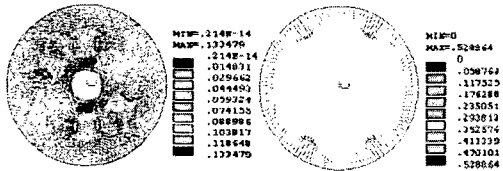
브는 비자성체로 두께 5mm, 내경 80mm 로 최대 교반 중량 3Kg 을 교반할 수 있도록 설계하였다.

4. 실험결과

Fig. 1 에 ANSYS 를 이용한 전자장 해석 결과를 나타내었다. 해석 시 소재, 코일, 슬리브를 포함하는 계산 영역을 이용하되 구조적 특성을 이용하여 2D 축대칭조건으로 계산하였으며, 물성치는 모두 등방성으로 계산하였다. Fig. 1(a)는 100A 에서의 수직형 교반기의 magnetic flux vector 와 magnetic flux force, Fig. 1(b)는 수평형 교반기에 대한 해석 결과이다.



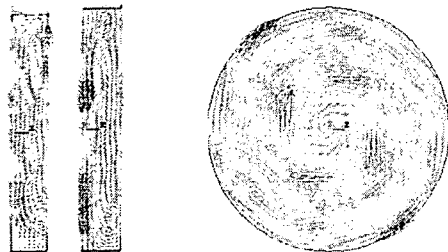
(a) Vertical type(magnetic flux vector and force)



(b) Horizontal type(magnetic flux vector and force)

Fig. 1 Result of electromagnetic analysis for stirring system

가우스 메타를 이용하여 교반기의 자속 밀도를 측정된 결과와 동일하게 수평형 교반기의 전자력이 수직형 교반기보다 더 크게 작용함을 알 수 있다.



(a)Vertical type

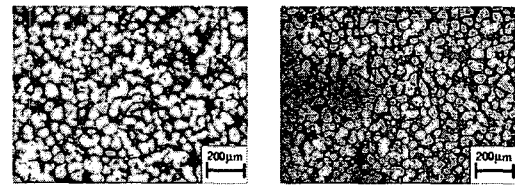
(b) Horizontal type

Fig. 2 The fluid pattern of the vertical and horizontal electromagnetic stirring

Fig. 2 은 Fig. 1 에서 유도된 자기력 값을 이용하여 알루미늄 용탕부분의 유동을 해석한 것이다.

수직형교반기는 상하의 유동이 관찰되며 교반기 아래부분 모서리에 유동이 다소 적음을 확인할 수 있으며, 수평형교반기는 용탕의 가장자리에 큰 유동이 발생하여 전체적인 유동이 발생된다.

이러한 해석 결과를 바탕으로 전자교반 실험을 실시하여 교반전류, 용탕온도, 교반시간에 대한 최적 조건을 찾아 내었다. 최적 전자교반 조건에서의 조직사진을 Fig. 3 에 나타내었다.



(a) Vertical type

(b) Horizontal type

Fig. 3 The microstructures of optimal conditions for vertical and horizontal type electromagnetic stirrer

5. 결론

전자교반 시스템 해석 및 교반실험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 전자교반 시뮬레이션 결과를 장비개발에 응용할 수 있도록 하였다.

(2) 수직형 교반기에서의 최적 조건은 용탕온도 670℃에서 100A 의 입력전류로 60 초 동안 교반하였을 때 초정입자의 크기가 65 μm 로 고루분포되어 있음을 확인할 수 있었다.

(3) 수평형 교반기에서는 용탕온도 655℃ 에서 60A 의 입력전류로 60 초 동안 교반하였을 때 초정입자의 크기가 60 μm 로 최적조건임을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 과학기술부 지원하의 국가지정연구실 - Thixo · Rheo 성형연구실(NRL) - 사업 과제 의 지원으로 수행되었습니다

참고문헌

1. D. A. Pinsky and P. O. Charreyron, "Alternate reduce weight in automotives", advanced materials and process, Vol. 6, pp. 146-147, 1993.
2. K. Sukumaran, B.C. Pai and M. Chakraborty, "The effect of isothermal mechanical stirring on an Al-Si alloy in the semisolid condition, Mater. Sci. Eng. Vol. 369, pp. 275-283, 2004.