

반응고 다이캐스팅공정에서 사출조건이 액상편석에 미치는 영향

신현기*·서판기**·강충길***

The effect of the injection condition on liquid segregation in semi-solid die casting process

H. K. Shin, P. K. Seo, C. G. Kang,

Abstract

Semi-solid processing is now becoming of great interest for the production of various parts by pressure die casting. Many advantages are associated with this forming process at the condition that the forming operation is performed under appropriate conditions in terms of alloy microstructure, injection velocity and pressure. In this study, to look into the relation along them, the experiment of semi-solid die casting has been performed with various condition of injection, and investigated their microstructure and solid fraction

Key Words : Liquid segregation, Semi-solid die casting, the condition of injection, solid fraction

1. 서 론

상변환을 이용한 다이캐스팅 공정에 있어서 사출조건과 기계적 성질, 미세조직과의 상관관계를 규명하는 것은 부품설계를 하는데 있어 매우 필수적이라 할 수 있다.

액상편석 등의 결함은 상변환을 응용한 다이캐스팅에 있어서 심각한 기계적 성질의 불균일을 발생시키는 원인이 된다[1]. 액상편석이 발생하는 원인은 재가열된 소재가 캐비티 내에서 플런저 속도가 지나치게 낮은 경우나 최종 충전 이후에 가압력의 전달이 지연될 경우, 또한 매우 얇은 부위를 충전하게 될 때 많이 발생하게 된다.

W.R. Loue[1] 등은 반응고 다이캐스팅 공정에 적합한 빌렛제조, 재가열, 사출성형의 관계에 대해 연구를 하였다. M. Suery[2] 등은 고상과 액상의 변화에 대한 편석을 연구하였다. 사출조건의 변화에 따라서 액상편석을 고려한 부품설계 D/B가 부족한 편이다.

따라서 본 연구에서는 플런저의 속도와 가압력이 액상편석에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 또한 상변환을 응용한 다이캐스팅공법 적용시 액상편석이 발생하지 않는 최소 충전두께를 파악하고자 하였다.

2. 실 험

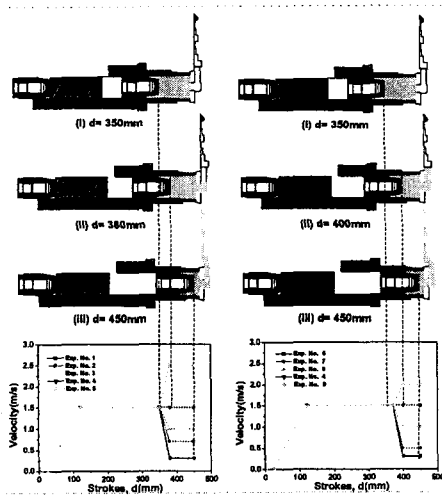
* 부산대학교 대학원 정밀정형협동과정
** 부산대학교 대학원 정밀기계공학과
*** 부산대학교 기계공학과

2.1 사출조건

본 연구에서는 프랑스 페시니사에서 제조된 반응고 A356 합금(Al-7Si-0.6Mg)소재를 이용하여 사출조건이 액상편석에 미치는 영향을 파악하기 위해서 Table 1에 나타낸 것과 같은 다양한 사출 조건으로 실험을 하였다.

Table 1 Velocity of plunger tip according to the injection speed and pressure

Exp. No.	V ₁ (m/s)	V ₂ (m/s)	V ₃ (m/s)	V ₄ (m/s)	Pressure(bar)
1	1.5	1.5	0.3	0.3	1200
2	1.5	1.5	0.7	0.7	1200
3	1.5	1.5	1.0	1.0	1200
4	1.5	1.5	1.5	1.5	1200
5	1.5	1.5	2.5	2.5	1200
6	1.5	1.5	1.5	0.3	1200
7	1.5	1.5	1.5	0.5	1200
8	1.5	1.5	1.5	1.0	1200
9	1.5	1.5	1.5	2.0	1000
10	1.5	1.5	1.5	0.3	1100
11	1.5	1.5	1.5	0.3	1200
12	1.5	1.5	1.5	0.3	1300



(a) Exp. No. 1, 2, 3, 4 and 5 (b) Exp. No. 6, 7, 8, 5 and 10
Fig. 1 The change of injection speed according to the stroke of plunger

Fig. 1는 플런저의 행정거리에 따른 속도변화와 슬리브와 캐비티 내에서의 소재의 충전양상을 나타낸 것이다. Fig. 1(a)는 소재가 슬리브를 100% 충전시킬 때까지 1.5m/s의 고속으로 유지한 후 러너에서 속도를 5단계로 변화시킨 것이다. Fig. 1(b)는 게이트까지 고속의 1.5m/s로 유지한 후 제

품부로 유입될 때 플런저의 속도를 5단계로 변화시킨 것이다. 최종 충전 이후에 가해진 압력은 1200bar로 동일하게 설정하였다.

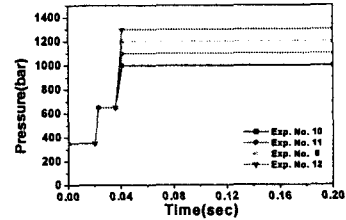


Fig. 2 The change of pressure after final filling

가압력을 변화시켜 가압력이 액상편석에 미치는 영향을 파악하기 위해 최종 충전 이후 압력의 변화를 Fig. 2에 도식화하였다.

2.2 샘플 시편

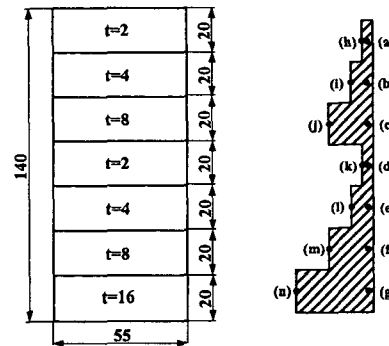


Fig. 3 Experimental position to investigate the microstructures

사용되어진 시험편은 두께가 7단계로 변화하는 형상이며, Fig. 3에 나타내었다. 두께는 2mm에서 최대 16mm까지 변화시켰다. 게이트 입구에서의 시험편의 두께는 16mm이며, 8, 6, 4, 2mm로 두께를 감소시킨 후 다시 두께를 8mm로 증가시킨 후 다시 4, 2mm로 감소시켰다. 두께가 최소 2mm인 구간을 설정하여 최소 충전 두께와 액상편석의 발생유무를 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 미세조직 및 고상율 조사

미세조직과 고상율조사는 Image Analysis를 이용하여 측정되어졌다.

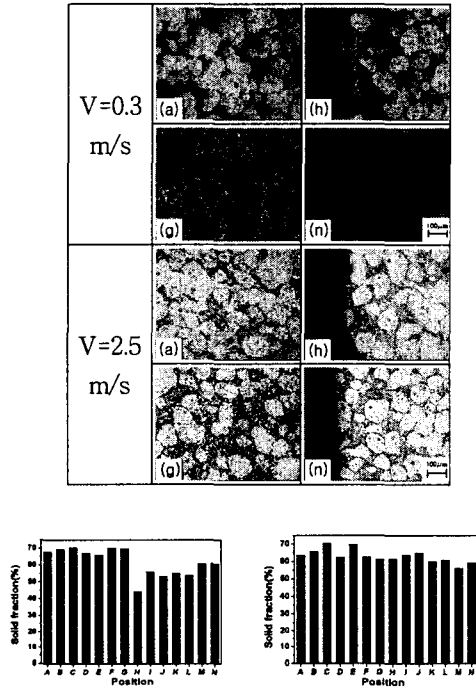


Fig. 4 Microstructure and the solid fraction of A356 with injection velocity of 0.3m/s, 2.5m/s at the runner

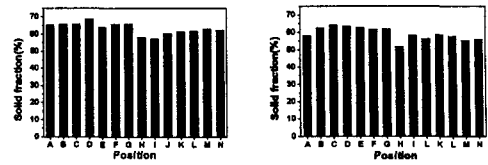
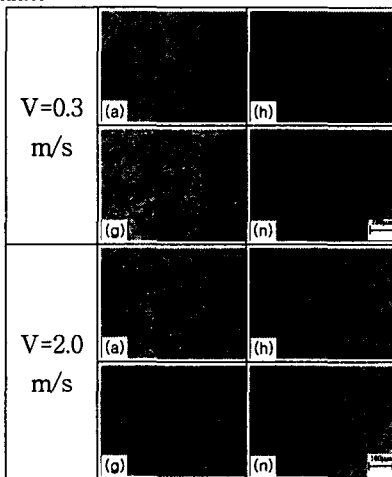


Fig. 5 Microstructure and the solid fraction of A356 with injection velocity of 0.3m/s, 2.5m/s at the gate

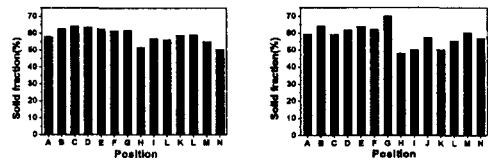
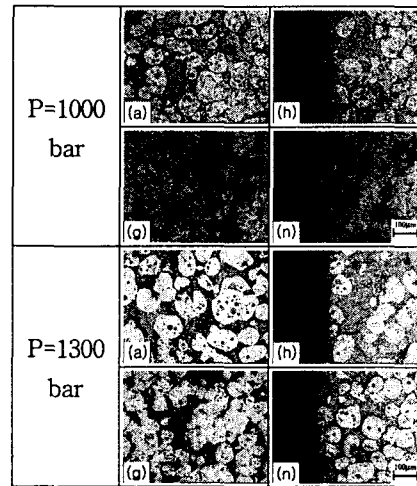


Fig. 6 Microstructure and the solid fraction of A356 with pressure 1000bar, 1300bar after final filling

3.2 고찰

Fig. 4는 러너에서의 플런저 속도를 변화시켰을 때 Fig. 3에서 나타낸 부위의 미세조직과 고상율을 나타낸 것이다. Fig. 4의 최종 충전 위치인 (h) 부위는 표면층이 거의 액상으로 이루어져 있는 과도한 액상편석을 나타내고 있으며, 미세 수축공이 많이 분포하고 있음을 볼 수 있다. 고상율도 전체 부위에서 가장 낮았다($f_s=45\%$). 이것은 러너에서부터 저속의 사출속도를 유지하여 초기 유입된 재가 열 소재는 최종 충전 위치에 도달하기 전에 온도가 급격히 감소했기 때문이다. 온도가 감소한

소재와 가압력의 전달로 유입된 뜨거운 액상이 겹치게 되어 수축공을 유발한 것이다.

플런저 속도가 빠를 경우 저속의 사출속도와는 달리 고상율의 분포가 균일하고 수축공의 발생이 적음을 알 수 있다(평균 $f_s=58\%$, 최대 $f_s=70\%$, 최저 $f_s=56\%$). 또한, 중심부의 2mm부위와 최종 충전 위치의 2mm부위에서도 액상편석이 발생하지 않았다.

Fig. 5은 게이트에서의 플런저 속도를 변화시켰을 때의 미세조직과 고상율을 나타낸 것이다. 러너에서 플런저 속도를 변화시켰을 때와는 달리 저속구간에서도 액상편석이 현저히 감소하였다. 하지만, 최종 충전부위에서는 액상편석과 미세기공을 볼 수 있다. Fig. 4와 마찬가지로 플런저의 속도가 증가하면서 액상편석은 감소하였다.

Fig. 6은 가압력에 따른 미세조직과 고상율을 나타낸 것이다. 가압력이 낮을수록 금형과의 접촉 부위에 액상편석이 많이 발생하였다. 가압력이 증가할수록 액상편석이 감소되어질 것으로 예상되었으나, 가압력에 따른 액상편석의 차이는 크지 않았다. 이것은 가압력의 크기보다는 가압력의 전달 시간이 더 크게 작용하는 것으로 사료된다. 가압력이 높아질수록 설정압력에 도달하는 시간이 지연되므로 액상편석을 방지하기 위해서는 가압력과 설정압력도달시간 사이에 적절한 상관관계를 규명하는 것이 필요하다.

4. 결 론

이상의 실험에서 사출조건이 미세조직, 액상편석에 미치는 영향을 파악하였다.

(1) 러너에서 플런저 속도를 변화시키는 것보다 제품부로 재가열 소재가 유입되기 직전인 게이트에서 플런저 속도를 변화시키는 것이 보다 양호한 미세조직을 얻을 수 있었다.

(2) 사출속도가 빠를수록 박육부에서의 액상편석이 감소하였으며, 설정압력에 도달하는 시간이 짧으므로 액상편석이 적게 발생함을 알 수 있었다.

(3) 시험편의 형상과 러너와 게이트 방안에 따라서 미세조직, 액상편석이 상이하게 나타나므로 향후 실제 제품의 성형에 있어서는 제품의 두께와 충전거리에 따른 최적화된 플런저 속도와 가압력의 설정이 필요하다.

참 고 문 헌

- (1) W. R. Loue, M. Brimont, C. Pluchon, P.Y.Menet, M. Garat, 1995, "Metallurgical aspects of thixoforming of A356.0 and 357.0 alloys", North American Die Casting Association, Indianapolis, Indiana, October 2-5, pp. 389-396
- (2) M. Suery, A. Zavaliangos, 2000, "Key problems in rheology of semi-solid alloys", Proc. of the 6th Int. Conf. on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, pp. 129-135