

대형 압출 빌렛트의 재가열 공정

배정운* · 서판기* · 강충길**

Reheating Process of Extrusion Billet with Large Dimension

J.W. Bae, P.K. Seo, and 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. The thixoforming process, which needs a suspension of a globular, non-dendritic solid phase in the liquid phase, is characterized by three major steps. The first step is casting of billets with a microstructure suited for thixoforming. The second step is reheating of slugs cut from these billets. The third step is injection of the semi-solid slugs into a die.

In this paper, the horizontal reheating machine to obtain the optimal conditions suitable for semi-solid die casting process was used and applied to extrusion material. It is estimated the possibility of application on semi-solid die casting with extrusion material through various results.

Key Words : Semi-Solid, Reheating, Mean Equivalent Diameter, Mean Roundness, Solid Fraction, Extrusion Billet

1. 서 론

현재 부품의 경량화에 따른 연비의 향상과 환경개선을 위해 산업체에서는 고강도, 고기능 핵심부품을 주철에서 알루미늄으로 대체하려는 연구가 행하여지고 있다. 그러나 알루미늄은 주철에 비해 강도가 낮아 고강도, 고기능성 부품개발에 어려움이 따른다. 이에 대한 대안으로 반응고 가공 공정이 대두되고 있다. 반응고 가공 공정은 제품의 품질 및 원가 측면에서 가장 합리적인 공정으로

판단된다.

반응고 소재 제품의 개발에 있어서 중요한 요소는 소재의 국산화, 재가열 방법, 공정조건의 결정 및 금형 설계 기술 등이다. 일반적으로 반응고 단조 및 다이캐스팅에 있어서 적절한 공정변수들을 설정하게 되면, 복잡한 형상의 제품일지라도 기공 등과 같은 결함들이 거의 없는 정밀 정형 부품을 생산할 수 있다고 알려져 있다.^{(1),(2)}

현재 주조 및 단조공정에 의하여 생산하는 제품들은 기계가공을 많이 필요로 하기 때문에 부품의 원가 상승

* 부산대학교 정밀기계공학과 대학원

** 부산대학교 기계공학부

의 원인이 되고 있다.

성형공정에서 가장 중요한 요건은 수직상정조직과 액상편석이 배제된 구상의 미세조직을 형성시키고, 공정조직에 Si입자를 고르게 분포시키는 것이다. 이러한 관점에서 Loué⁽³⁾ 등은 재가열과 반응고 성형에 적용하기 위해 전자교반에 의해 만들어진 소재에 대해 초정의 구상화정도와 변화양상에 대해 조사를 하였고, Kleiner⁽⁴⁾ 등은 Mg-Al합금의 압출소재를 가지고 재가열 전/후의 미세조직 변화에 대해 조사를 하였다.

본 연구에서는 반응고 다이캐스팅 소재의 국산화와 부품의 원가 절감을 위하여 압출소재가 반응고 다이캐스팅 공정에 사용될 수 있도록 재가열 조건에 따른 미세조직의 경향을 파악하고자 하였다.

2. Reheating 공정에 따른 조직 변화

2.1 압출소재

소재는 연속주조법에 의하여 9인치로 제조한 소재를 압출법에 의해 4인치로 압출된 것이다. 소재의 압출비(R)는 5.06이며, 압출 온도는 450℃이다. 압출 속도는 6mm/sec의 조건으로 압출공정이 수행되었다.

소재의 미세조직을 분석하기 위해 특정부분에서 채취한 시편의 위치별, 방향별 지점을 Fig. 1에 나타내었다. 그리고 Center 부위와 Edge 부위의 시편을 채취하여 소재의 반경방향으로 미세조직을 조사하여 Fig. 2에 나타내었다. 압출공정 시 압출력과 단면적의 감소로 인해 수직상정조직은 대부분 파쇄되어 보이지 않았으며, Si 입자들은 침상형태를 띠지 않고 계면면적이 적은 구형으로 미세화되어 있었다.

재가열 과정을 통하여 반응고 다이캐스팅 소재를 대형 서스펜션 부품류에 적용할 수 있도록 Fig. 1의 형상의 소재를 $d \times l = 101 \times 220\text{mm}$ 크기로 절단하였다.

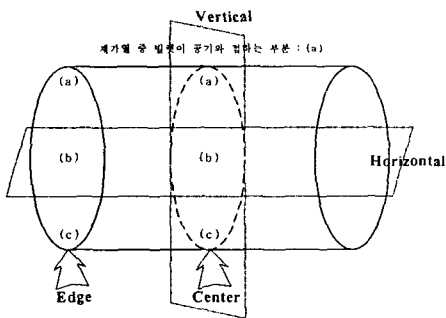


Fig. 1 The position to observe the microstructure of extruded billet

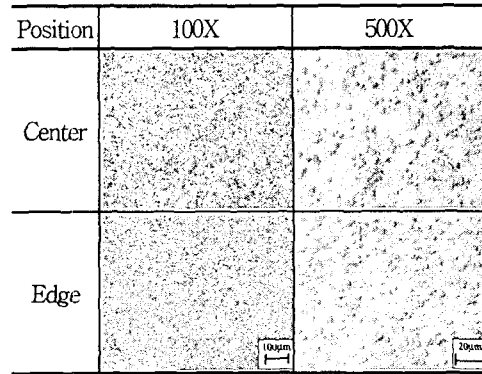


Fig. 2 The microstructure of billet with extrusion system

2.2 실험장치

본 실험에서는 80kW 용량의 수평 다단식 고주파 유도가열장치를 이용하였다. 가열장치의 특징으로는 입력 변수가 온도, 시간, 출력으로 되어 있으며, 대량생산에 응용될 수 있도록 입출력에 대한 데이터를 P/C에서 자동으로 제어 및 출력할 수 있도록 설계되어 있다.

2.3 소재의 재가열 및 결과

재가열 중 소재의 온도 측정을 위하여 Fig. 3과 같이 소재길이의 중심부(Position 1)와 외곽부 사이의 중간지점(Position 2)에 열전대를 삽입하였다. 재가열 조건으로는 총 8단계로 출력과 시간을 입력변수로 설정하였다. 이 때의 조건과 재가열 과정 중 시간에 대한 두 지점의 온도, 전력을 Fig. 4에 나타내었다.

재가열 조건은 시행착오법으로 마지막 단계의 온도 유지구간에서 출력을 변화시켜 재가열 조건을 구하였다. 사이클 타임은 총 860초이다.

Fig. 4에 나타나듯 소재를 고상선 온도까지 높이기 위해 처음에는 고출력으로 가열하였고, 이후 단계에서는 출력을 줄여 온도편차를 최소화하고자 하였다.

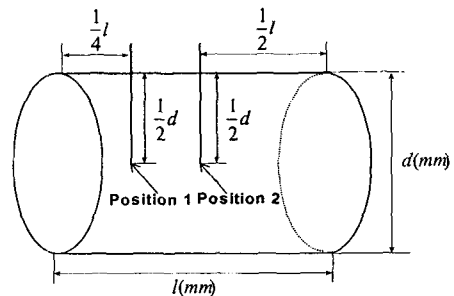


Fig. 3 The thermal couple positions to measure the temperature during reheating

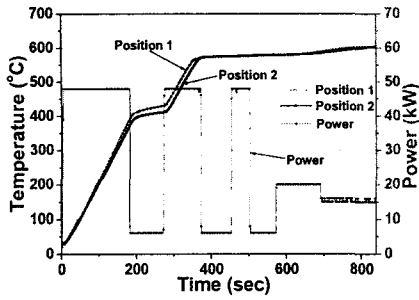


Fig. 4 Temperature and power curve during reheating

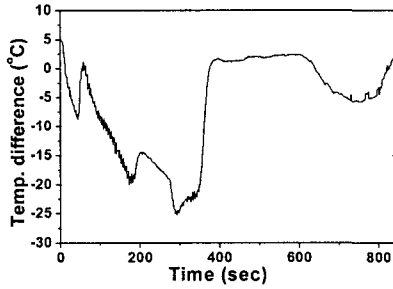


Fig. 5 Temperature difference between thermal couple position 1 and 2

Point 1과 2 지점의 온도편차를 Fig. 5에 나타내었다. 재가열 후 대략 520초에 공정온도 575°C에 도달하였으며, 이 시간 이후에는 온도편차가 급격히 개선되었다. 최종 온도는 604°C이었다. 온도편차는 초기단계에서 최대 25°C의 차이가 났지만, 시간이 경과될수록 온도편차가 최대 $\pm 2 \sim 3^\circ\text{C}$ 까지 감소하였다.

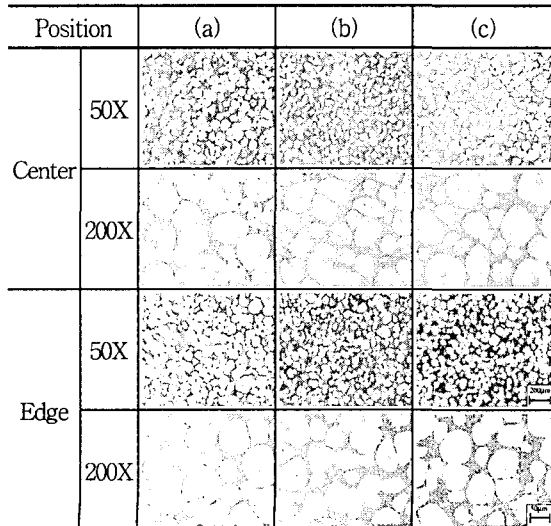
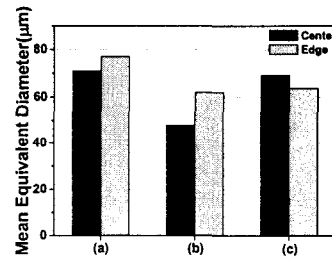


Fig. 6 The microstructure of billet with vertical direction after reheating

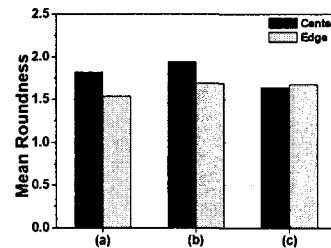
Fig. 6은 재가열 실험 뒤 소재의 부위별로 관찰한 미세조직을 나타낸 것이다. 초정 α 들의 형상이 구상화되었고 미세화 되어 있음을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 Fig. 6의 50배 배율로 상분석한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 7(a)는 부위별 평균 등가지름을 나타낸 것이다. 부위별로 $43 \sim 78 \mu\text{m}$ 의 평균 등가지름으로 편차는 컸으나 조직이 미세화 됨을 알 수 있었다. 상부와 하부는 비슷한 경향을 보였으나, 중간부분에서 낮은 고상의 평균 등가지름을 보였다. 이는 압출로 인하여 미세조직들 간의 간격이 중심부에 조밀화 되기 때문일 것이다.

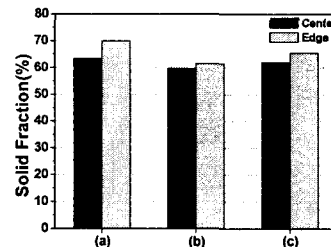
Fig. 7(b)는 부위별 평균 구상화정도를 나타내고 있다. 부위별로 1.6~1.9의 구상화정도를 보였다. 중심부가 다소 높은 것은 재가열 과정동안 압출에 의한 조정과 공정 조직들의 결합과 분리현상으로 입자가 방향성을 가지기 때문이라 사료된다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 The comparison of mean equivalent diameter, mean roundness and solid fraction with each position of center and edge : (a) mean equivalent diameter, (b) mean roundness, (c) solid fraction

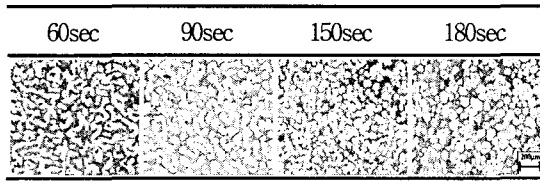


Fig. 8 Microstructure for variation of holding time at final step

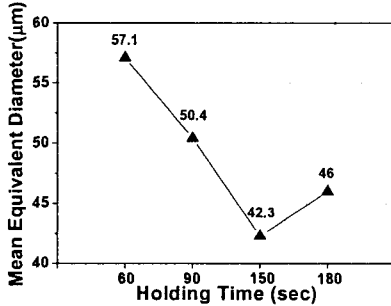


Fig. 9 Mean equivalent diameter and solid fraction for changing holding time at final step

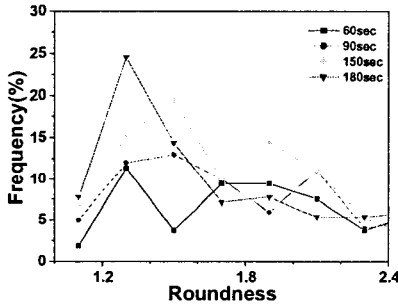


Fig. 10 Roundness for changing holding time at final step

Fig. 7(c)는 부위별 고상을 분포를 나타낸 것이다. 부위별로 60~70%의 고상을 분포를 보였다.

Fig. 8은 재가열 단계 중 마지막 온도 유지시간 변화에 따른 미세조직을 나타낸 것이다. 온도 유지시간이 증가함에 따라 공정이 조대화되면서 공정상이 초정 α 의 내부에 포함되어 있는 현상을 보였다. 이는 압출로 인하여 고상율이 높으므로, 여러 입자가 서로 부착되어 계면 면적을 줄이기 위한 조대화 기구가 지배적으로 작용하였기 때문일 것이다.

Fig. 9과 Fig. 10은 Fig. 8의 미세조직에 대한 상분석 결과를 나타낸 것이다. Fig. 9는 온도유지시간에 따른 평균 등가지름을 나타낸 것이다. 온도유지시간 150초에서 제일 낮은 평균 등가지름(42.3 μ m)을 보였다. 이는 온도 유지시간이 증가함에 따라 초정 α 들이 계면면적을 줄여 안정적인 상태를 유지하고자 하는 경향을 보이니, 온도

유지시간 150초 이후에는 안정화되어 있던 상태의 초정 α 들이 조대화되기 때문이다.⁽¹⁾

Fig. 10은 구상화정도를 측정한 것으로 측정범위는 1.0~2.4로 설정하였다. 온도유지시간이 증가할수록 구상화 정도가 향상됨을 알 수 있었다. 그러나 온도유지시간 150초 이후는 최종 재가열 후 소재의 형상이 파괴되는 현상이 관찰되었다.

3. 결론

압출에 의한 소재를 이용한 재가열 실험에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 압출 소재의 고상들은 치밀하게 분포되고, Si입자들은 고상입계를 경계로 구형 형태로 고르게 분포되어 있었다.

(2) 압출 소재의 재가열 시 최종 온도유지 시간의 증가에 따라 초정 α 의 구상화 정도는 향상되고, 평균 등가지름은 감소하다 다시 조대화되는 경향이 있다. 따라서 온도 유지시간을 150sec로 하는 것이 압출 소재의 형상을 유지하며 최상의 구상화 조직을 얻는 조건임을 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

- (1) Young, K. P. and Fitze, R., 1994, "Semi-solid metal cast aluminum automotive components", the 3rd Int. Conf. on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, Tyoko, Japan, June 13-15, pp. 155~176.
- (2) Alexandrou, A. N. and Burgos, G. R., 1998, "Semi-solid metal processing", Proceedings from Materials Solutions '98 on Aluminum Casting Technology, Rosemont, Illinois, October 12-15, pp. 23~31.
- (3) Loué, W. R., Brimont, M., Pluchon, C., Menet, P. Y. and Garat, M., 1995, "Metallurgical aspects of thixoforming of A356.0 and 357.0 alloys", NADCA Transactions, Indianapolis, October, pp. 389~396.
- (4) Kleiner, S., Beffort, O., Fuchs, M. and Uggowitzer, P. J., 2002, "Thixocasting of Mg-Al alloys using extruded feedstock material", the 7th Int. Conf. on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, Tsukuba, Japan, September 25~27, pp. 257~262.