

AM50 마그네슘 합금의 다이캐스팅 공정에 관한 연구

박준홍[#], 장창우¹, 김순국², 한수훈³, 서용권⁴, 강충길⁵, 이준희⁶

A Study on the Die-casting Process of AM50 Magnesium Alloy

J. H. Park, C. W. Jang, S. K. Kim, S. H. Han, Y. K. Seo, C. G. Kang, J. H. Lee

Abstract

In recent years, Magnesium (Mg) and its alloys have become a center of special interest in the automotive industry. Due to their high specific mechanical properties, they offer a significant weight saving potential in modern vehicle constructions. Most Mg alloys show very good machinability and processability, and even the most complicated die casting parts can be easily produced. The die casting process is a fast production method capable of a high degree of automation for which certain Mg alloys are ideally suited. Although Mg alloys are fulfilling the demands for low specific weight materials with excellent machining and casting abilities, they are still not used in die casting process to the same extent as the competing material aluminium. One of the reasons is that effects of various forming variables for die casting process is not closely examined from the viewpoint of die design. In this study, step die and flowability tests for AM60 were performed by die casting process according to various combination of casting pressure and plunger velocity. Microstructure and Vickers hardness tests were examined and performed for each specimen to verify effects of forming conditions.

Key Words : Die-casting (다이캐스팅), Magnesium alloy (마그네슘 합금), Microstructure (미세조직), Vickers hardness (비커스 경도)

1. 서론

마그네슘은 구조용 합금 중에서 가장 가벼운 장점으로 인해서 아주 널리 상용 합금으로 사용되고 있다[1]. 대부분의 마그네슘 합금은 매우 좋은 기계적 성질과 가공성 및 유동성을 가지고 있어서 매우 복잡한 형상의 부품도 다이캐스팅(Die-casting) 공정으로 생산이 가능하다. 또한 비강도,

부식 저항성, 용접성이 우수하고 감쇠능이 우수하여 기계의 수명을 증가 시킬 뿐만 아니라 전자파 차폐성으로 인하여 다양한 전자 제품에 적용되고 있다[2]. 특히 마그네슘 합금은 다이캐스팅에 많은 장점을 가지고 있다. 대부분의 마그네슘 합금은 유동성이 좋아서 복잡하고 얇은 부품도 주조가 가능하며, 알루미늄이나 아연에 비해서 낮은 체적 비열을 가지고 있어서 금형의 마모를 줄이고 공

교신저자: 동아대학교 신소재화학공정공정개발연구센터

E-mail : acttom@dau.ac.kr

1. 동아대학교 신소재화학공정공정개발연구센터
2. 동아대학교 신소재화학공정공정개발연구센터
3. 부산대학교 기계공학부 대학원
4. 동아대학교 기계공학과
5. 부산대학교 기계공학부
6. 동아대학교 신소재화학공정공정개발연구센터

정 시간을 단축시킬 수 있고, 또한 다이캐스팅 금형은 마그네슘 용탕에 매우 낮은 용해도를 가지고 있다. 일반적으로 다이캐스팅 제품의 기계적 특성은 탕구에서의 용탕 속도와 금형 온도에 밀접한 관계가 있다[3]. 또한 최근의 연구에서는 가전 제품과 통신기기, 컴퓨터의 얇은 부품의 마그네슘 다이캐스팅을 위한 공정 요소를 최적화하기 위해 다구치(Taguchi) 실험법을 적용했으며[4], 정밀 주조용 AZ91D 마그네슘 합금의 다이캐스팅 공정에서 공정 변수가 유동에 미치는 영향에 대한 연구가 보고 되고 있다[5]. 마그네슘 다이캐스팅의 적용이 증가함에 따라서 최종 제품에 대한 다이캐스팅 공정 변수의 영향과 관련된 다양한 실험과 검증이 더욱 필요하게 되었다. 본 연구에서는 대표적인 다이캐스팅용 마그네슘 합금인 AM50 을 사용하여 다양한 성형 압력과 플런저 속도에 따른 실험을 수행하였으며, 성형 조건이 유동성, 기계적 성질, 미세조직에 미치는 영향을 파악하였다.

2. 다이캐스팅 실험

2.1 마그네슘 합금

다양한 마그네슘 합금이 다이캐스팅 공정에 사용되고 있으며, 알루미늄 함유량이 증가함에 따라 연성과 파괴 인성이 감소하므로 알루미늄 함유량이 비교적 낮은 AM (Aluminum-Manganese) 계열의 마그네슘 합금이 자동차용 부품의 다이캐스팅 소재로 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 AM50 마그네슘 합금을 사용하여 다이캐스팅 실험을 수행하였으며, AM50 의 대표적 성분과 기계적 성질을 Table 1 에 나타내었다[1].

2.2 다이캐스팅 금형

다이캐스팅 공정에서의 성형 조건이 마그네슘 합금 용탕의 유동성과 미세조직 및 기계적 성질에 미치는 영향을 연구하기 위하여 다이캐스팅 금형을 Fig. 1 과 같이 계단형 시편, 유동성 시편, 인장 시편의 형상을 가진 3 개의 캐비티(Cavity)로 구성하였으며, 제작된 금형을 Fig. 2 에 나타내었다.

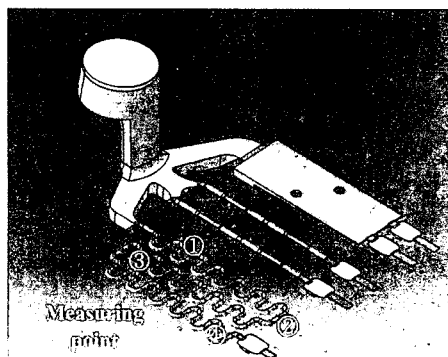


Fig. 1 Modeling of runner-gate system and cavity

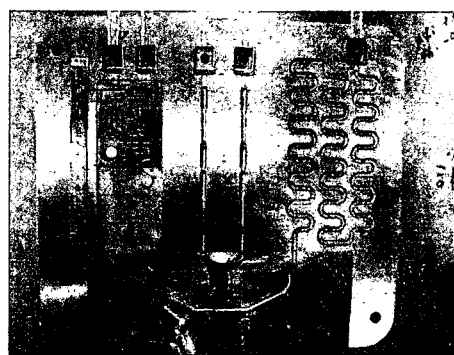


Fig. 2 Die set of AM50 Die-casting

2.3 다이캐스팅 성형 조건

본 실험에서는 550 톤 핫챔버 다이캐스팅 머신(Hot chamber die-casting machine)을 사용하였으며, 금형 재질로는 H13 공구강을 사용하였고, 용탕은 SF₆ 와 N₂ 가스 분위기에서 680°C로 유지하였다. Fig. 3 은 본 실험에서 사용한 Bühler 사의 다이캐스팅 머신과 장착된 금형을 나타내고 있다.

성형 변수로는 플런저(Plunger)의 접근 속도와 최종 속도 및 성형 압력으로 하였고 실험 조건은 플런저의 접근 속도(1st plunger velocity)는 0.6m/s 에서 1.2m/s, 최종 속도(2nd plunger velocity)는 4.0m/s 에서 7.0m/s, 성형 압력은 200bar 에서 800bar 로 하여 실험하였다.

2.4 미세조직 및 마이크로 비커스 경도

각 실험 조건의 대상 부위를 절단하여 3% 나이탈(Nital) 부식액으로 에칭(Etching)한 후, Leica DC 100 현미경으로 미세조직을 관찰하였다. 동일 시편에 대하여 Matsuzawa-MXT70 를 사용하여 마이크로 비커스(Micro-Vickers) 경도 시험을 수행하였

Table 1 Nominal compositions and typical mechanical properties of AM50

Composition [%]				Strength [MPa]		Elon. [%]
Al	Zn	Mn	Si	Tensile	Yield	
4.9	...	0.4	...	230	125	15

고, 최소 10 번의 경도 시험을 통해 평균 값을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 마그네슘 합금 용탕의 유동성

플런저의 접근 속도와 최종 속도, 성형 압력의 조건 중에서 두 가지를 고정시킨 후 나머지 하나의 조건을 위에서 언급한 범위로 변경하면서 실험을 수행하였다. Fig. 3은 성형 압력은 400bar, 접근 속도는 1.0 m/s로 고정한 후 최종 속도를 변화시켜 용탕의 유동 길이를 측정된 결과이며, 이때의 유동 시험 시편의 사진을 Fig. 4에 나타내었다. 최종 속도가 6m/s 이상일 때 완전 충전되었으며, 최종 속도에 따라 아주 민감함을 알 수 있다.

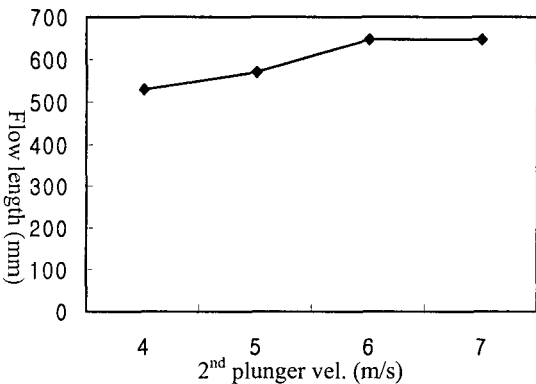


Fig. 3 Results of flow length as a function of 2nd plunger velocity

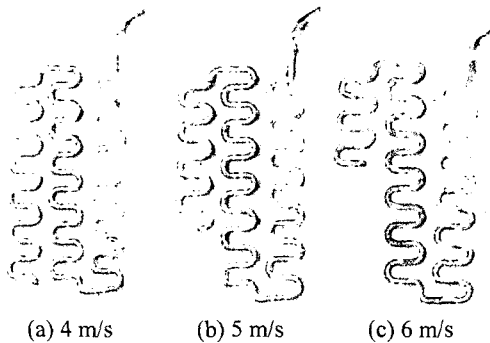


Fig. 4 Photograph of flowability test specimens according to 2nd plunger velocity

플런저의 접근 속도와 최종 속도를 고정시키고, 성형 압력을 변화시켰을 때에도 유사한 경향을

나타내었으나, 접근 속도가 유동성에 미치는 영향은 파악할 수 없었다.

3.2 경도

Fig. 1의 표시된 부분에 대하여 마이크로 비커스 경도를 측정하였다. Fig. 5는 Fig. 1의 No. 1 부위에서 각각 접근 속도를 0.6~1.2m/s, 최종 속도를 4~7m/s, 성형 압력을 200~800bar로 변화시키면서 측정된 경도 값을 나타내고 있다.

Fig. 5 Results of hardness tests as a function of 1st, 2nd

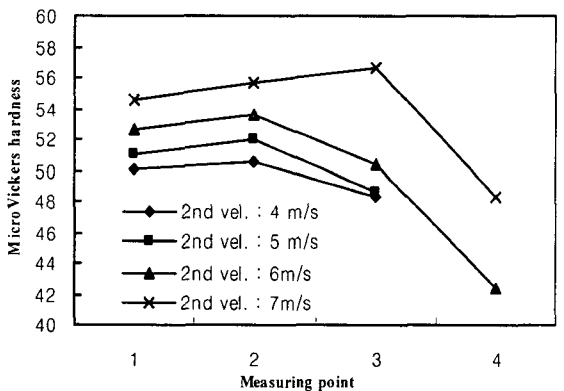
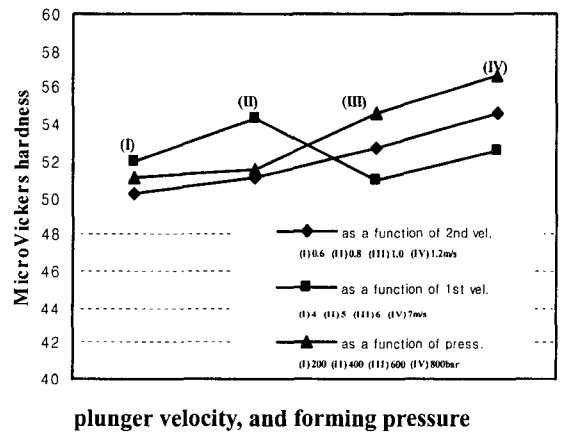


Fig. 6 Results of hardness tests as a function of measuring points

Fig. 5의 결과에서 접근 속도의 영향은 거의 없고, 최종 속도와 성형 압력이 증가함에 따라 경도 값이 증가함을 알 수 있다. Fig. 6은 최종 속도를 변화시킬 때 Fig. 1의 측정 부위에 따른 경도값을 나타내고 있다. 2번 지점까지는 경도값이 상승하다가 3번 지점부터는 기공으로 인하여 경도값이

하강하고 속도 증가에 따라 경도값도 증가한다.

3.3 미세 조직

Fig. 7 은 접근 속도 1m/s, 최종 속도 4m/s, 성형 압력 400bar 에서 성형하였을 때 각 지점에서의 조직 사진을 나타내고 있다.

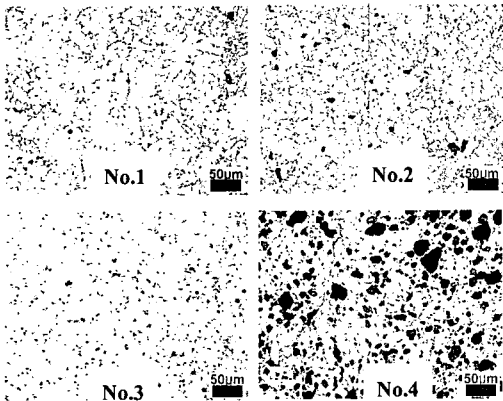


Fig. 7 Microstructure according to the measuring points as shown in Fig. 1.

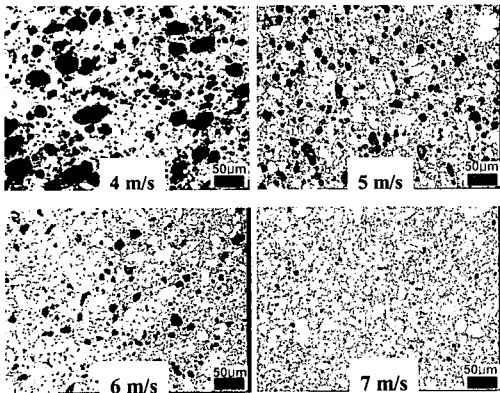


Fig. 8 Microstructure according to 2nd velocity at the end of the flowability specimen

탕구 쪽에서 수지상 조직을 관찰할 수 있고, 유동이 진행됨에 따라 미세화된 구상 조직을 볼 수 있으며, 끝부분에서는 다량의 기공을 발견할 수 있다. Fig. 8 은 최종 속도를 변화시킬 때 유동 끝부분의 조직 사진이다. 최종 속도가 증가함에 따라 기공이 현저하게 감소함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 AM50 마그네슘 합금을 사용하여 플런저의 속도 및 성형 압력에 따라 다이캐스팅 실험을 수행하였으며, 그 결론은 다음과 같다.

1. 유동성에는 플런저의 최종 속도 영향이 가장 컸으며 속도와 압력이 증가함에 따라 유동이 증가하였고, 끝부위에서 기공도 현저히 감소하였다.
2. 성형 압력과 최종 속도가 증가할수록 경도도 증가하였으며, 끝부위에서는 기공의 증가로 인하여 경도가 감소하였다.
3. 마그네슘 합금 다이캐스팅에서 플런저의 접근 속도가 미세 조직, 유동성 및 경도에 미치는 영향은 미비하였다.

후 기

본 연구는 지식기반기계 부품·소재 연구개발 클러스터사업단의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- [1] M. M. Avedesian and H. Baker, 1999, Magnesium and magnesium alloys ASM specialty handbook, ASM International.
- [2] K. U. Kainer, 2003, Magnesium alloys and technology, WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA.
- [3] N. El-Mahallawy, M. A. Taha, E. Pokora, and F. Klein, 1998, On the influence of process variables on the thermal conditions and properties of high pressure die-cast magnesium alloys, J. Mater. Process. Technol., Vol. 73, pp.125-138.
- [4] D. H. Wu and M. S. Chang, 2004, Use of Taguchi method to develop a robust design for the magnesium alloy die casting process, Mater. Sci. Eng. A, Vol. 379, pp. 366-371.
- [5] S. L. Sin and D. Dubé, 2004, Influence of process parameters on fluidity of investment-cast AZ91D magnesium alloy, Mater. Sci. Eng. A, Vol. 386, pp. 34-42