

# Mg 합금의 레오로지 다이캐스팅 성형에 관한 실험적 연구

\*한수훈<sup>1</sup>, 강충길<sup>2</sup>, 성장현<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교대학원 정밀기계공학과, <sup>2</sup> 부산대학교 기계공학부, <sup>3</sup> 동아대학교 신소재공학과

## A study of Rheology Die-casting Moulding by using Mg Alloy

\*S. H. Han<sup>1</sup>, C. G. Kang<sup>2</sup>, S. J. Sung<sup>3</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Mechanical & Precision Engineering, Pusan National University.

<sup>2</sup> Division of Mechanical Engineering, Pusan National University

<sup>3</sup> Department of Material Science & Engineering, Dong-A University

Key words : Magnesium alloy, Die-casting, Rheology

### 1. 서론

금속재료에 있어서 반응용 상태의 금속재료는 고액공존 상태로 고체 혹은 액체의 단일상으로 구성된 경우에 비하여 매우 특이한 유동흐름을 나타내게 되며, 저고상율일 경우 고체변형 특성은 존재하지 않고 비뉴토니안(Non-Newtonian) 유체거동을 나타내지만, 고상율이 증가 할 수록 고체변형과 액상유동의 복합적인 레오로지(Rheology) 특성이 나타날 뿐 아니라, 온도나 변형속도 등 동일한 외부조건 하에서도 초기 조직 상태에 따라서 다른 유동흐름을 나타내게 된다. [1~4]

대부분의 magnesium alloy 는 매우 좋은 기계적 성질과 가공성 및 유동성을 가지고 있어서 매우 복잡한 형상의 부품도 다이캐스팅 공정으로 생산이 가능하다. 또한 비강도, 부식 저항성, 용접성이 우수하고 감쇠능이 우수하여 기계의 수명을 증가 시킬 뿐만 아니라 전자파 차폐성도 뛰어나 전자제품에 적용되고 있다. [5~6]

특히 magnesium alloy 는 다이캐스팅 공법에 많은 장점을 가지고 있다. 대부분의 Magnesium alloy 는 유동성이 좋아서 복잡하고 얇은 부품도 주조가 가능하며, 알루미늄이나 아연에 비해서 낮은 체적비율을 가지고 있어서 금형의 마모를 줄이고 성형공정 시간을 단축시킬 수 있다. 일반적으로 다이캐스팅 제품의 기계적 특성은 탱크에서의 용탕속도와 금형온도에 밀접한 관계가 있다. [7]

최근의 연구에서는 가전제품과 통신기기, 컴퓨터의 얇은 부품의 성형을 위한 정밀주조용 AZ91D magnesium alloy 의 다이캐스팅 공정에서 공정변수가 유동에 미치는 영향에 대한 연구가 보고되고 있다. [8] 제품의 형상이 복잡해짐에 따라 제품성형에도 새로운 공법의 필요성이 대두되고 있어 레오로지 상태의 magnesium alloy AM50A 재료를 이용한 다이캐스팅 공정에서의 공정변수가 유동에 미치는 영향에 대한 실험을 수행하였다.

### 2. 실험

본 연구에서는 Table 1 과 같은 화학성분을 가지는 magnesium alloy AM50A 를 사용하였다.

Table 1 The chemical composition of AM50A magnesium alloy

Alloy	Al	Mn	Si	Zn	Fe	Others
AM50A	Min	4.4	0.26			
	Max	5.4	0.60	0.10	0.22	0.004 0.02

실험에서 사용할 금형을 설계하기 위하여 Table 2 과 같이 결정된 금형설계용 데이터를 사용하였고, 설계된 금형의 투영면적은 293.2[cm<sup>2</sup>] 로 계산되었다.

금형은 고정측과 가동측으로 분리되는 2 단금형 구조를 적용하였고, Magnesium alloy 의 주조를 위하여 cold-chamber 방식의 BUEHLER 42N 420ton 다이캐스팅주조기를 사용하였다.

Table 2 The values of cavity design and calculate

	Volume [cm <sup>3</sup> ]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Mass [g]
InLet + Runner	264.9	1.7	450.3
Ingate	0.6	"	1.0
Cavity	51.6	"	95.4
Overflow	11.0	"	18.7
Total	332.6	1.7	565.4

Fig. 1 은 설계제작한 금형을 다이캐스팅주조기에 장착한 상태를 보이고 있다.



(a) Moved side (b) Fixed side

Fig. 1 The view of moved side and fixed side

다이캐스팅 실험을 위하여 Table 3 과 같이 실험조건을 설정하였다. 용탕의 주입온도를 650℃와 620℃로 설정하여 액상상태와 고액공존상태의 온도로 설정하고, 플런저의 전진속도에서 저속속도(1st)와 고속속도(2nd)를 일정하게 고정하고 주조압력만 변화시켰을 때, 금형내에서의 충전현상을 관찰하였다.

Table 3 The value of experimental conditions for diecasting experiment

No.	Parameters			
	Temperature [℃]	1st velocity [m/s]	2nd velocity [m/s]	Pressure [bar]
1	650	1.0	1.0	200
2	"	"	"	350
3	"	"	"	500
4	620	"	"	200
5	"	"	"	350
6	"	"	"	500

다이캐스팅 주조실험의 filling test 를 위하여 플런저의 전진거리를 계산하여 Fig. 2 에 도시하였다. 다이캐스팅주조기의 머신슬리브의 체적을 계산하고 금형 캐비티의 체적을 계산하여 충전되는 비율을 계산하여 그 거리를 설정하고 다이캐스팅주조기에서 정확한 거리만큼 전진하도록 설정하였다.

### 3. 결과

설정된 실험조건을 가지고 BUEHLER 42N 420ton 다이캐스팅머신을 이용하여 주조실험을 하고 성형된 시편을 Fig. 3 과 Fig. 4 에 나타내었다.

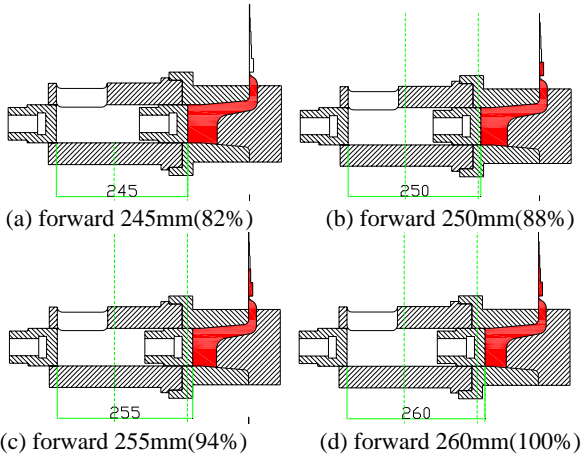


Fig. 2 Plunger forward distance at filling test

Fig. 3 에서 보이는 것처럼 650℃의 용탕온도로 사출실린더의 플린저 전진속도를 1.0m/s 로 고정하고, 350bar의 주조압력으로 실험한 것이 성형성이 가장 좋았다. 주조압력이 낮으면 게이트 통과속도가 상대적으로 낮아지게 되어 충전정도는 크게 되지만 충전상태가 좋지않게 되고, 반대로 주조압력이 높으면 게이트 통과속도가 상대적으로 높아져 충전이 됨과 동시에 용탕의 냉각이 빠르게 진행되어 충전정도가 떨어지게 되고 충전상태도 좋지않게 된다.

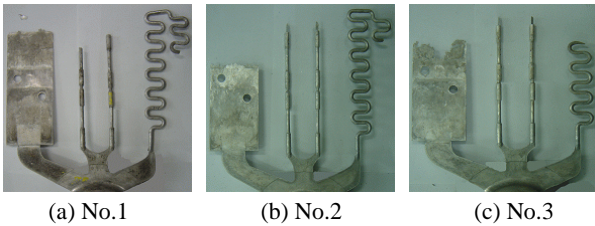


Fig. 3 Pouring temp. 650℃, 1st velocity 1.0 m/s, 2nd velocity 1.0 m/s, casting pressure (a) 200bar (b) 350bar (c) 500bar

Fig. 4 에서 보이는 것처럼 620℃의 용탕온도로 사출실린더의 플린저 전진속도를 1.0m/s 로 고정하고, 350bar의 주조압력으로 성형하였을때에는, 650℃의 액상에서 주조성형하는 것보다 성형성은 상당히 떨어지는 것을 알 수 있다. 주입되는 용탕의 온도가 낮으면 금형의 캐비티 내에서 용탕이 충전되는 시간이 상대적으로 짧아지게 되므로 충전정도는 낮아지게 되고 충전상태도 좋지않게 된다.

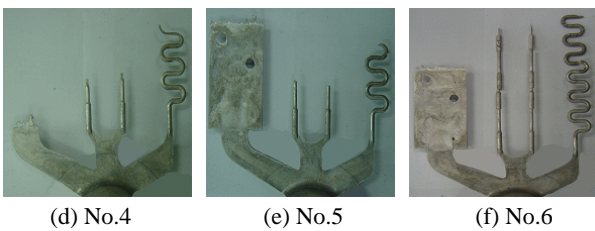


Fig. 4 Pouring temp. 620℃, 1st velocity 1.0 m/s, 2nd velocity 1.0 m/s, casting pressure (d) 200bar (e) 350bar (f) 500bar

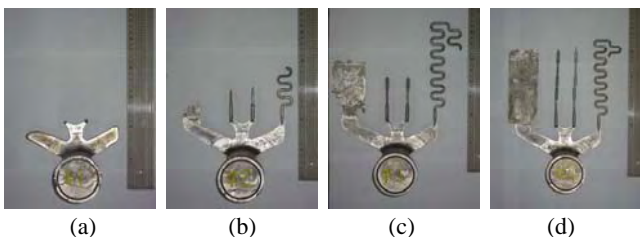


Fig. 5 Plunger forward distance at filling test pouring temp. 650℃, 1st velocity 1.0 m/s, 2nd velocity 1.0 m/s, casting pressure 350bar (a) 245mm(82%) (b) 250mm(88%) (c) 255mm(94%) (d) 260mm(100%)

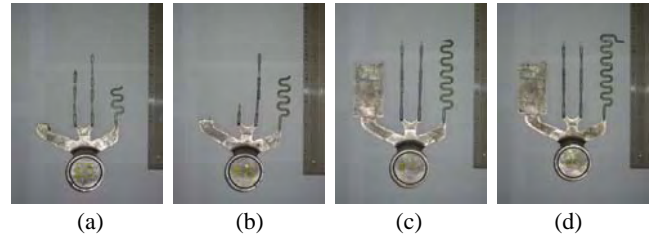


Fig. 6 Plunger forward distance at filling test pouring temp. 620℃, 1st velocity 1.0 m/s, 2nd velocity 1.0 m/s, casting pressure 350bar (a) 245mm(82%) (b) 250mm(88%) (c) 255mm(94%) (d) 260mm(100%)

Fig. 5 과 Fig. 6 에서 보이는 것처럼 다이캐스팅 주조실험의 filling test 에서 용탕의 주입시에 온도제어와 금형의 온도제어에서 온도 설정값보다 떨어지는 현상이 발생되어 계산한 충전상태보다 충전이 덜 되는 현상을 보이고 있지만, 크게 차이는 보이지 않고 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

액상과 고액공존 상태의 Magnesium alloy 재료를 사용하여 다이캐스팅 실험을 하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Magnesium alloy 의 액상 상태의 다이캐스팅 공정에서 용탕의 주입온도와 주조압력이 성형성에 큰 영향을 줌을 알 수 있었다.

2. Magnesium alloy 의 레오로지 상태의 다이캐스팅 주조에서 성형압력이 성형성에 큰 영향을 줌을 알 수 있었다.

#### 후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RT104-01-03)지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. C. G. Kang and J. S. Choi, "Effect of Gate Shape and Forging Temperature on The Mechanical Properties in The Injection Forging Process of Semi-Solid Aluminum Material", Journal of Materials Processing Technology, 73, pp. 251~263, 1998.
2. G. Chiarmetta, "Thixoforming of Automobile Components", Proceedings of the 4th Int. Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites. pp 204~207, 1996.
3. C. Y. Chen, J. A. Sekhar, D. G. Backman, "Mehrabian, Thixoforging of Aluminum Alloy", Materials Science and Engineering, Vol. 40, pp. 265~272, pt. 1979.
4. M. Kikichi, S. Sugiyama, "A new Process to Manufacture Semi-Solid Metals", 2nd Int'l Conf., on the Processing of Semi-Solid Alloys and Composites MIT, pp. 47~56, 1992.
5. K. U. Kainer, "Magnesium alloys and technology", WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, 2003.
6. Michael M. Avedesian, Hugh Baker, "ASM Specialty Handbook Magnesium and Magnesium Alloys", ASM International, 1999.
7. N. El-Mahallawy, M. A. Taha, E. Pokora and F. Klein, "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, 1998.
8. S. L. Sin and D. Dubé, "Influence of process parameters on fluidity of investment-cast AZ91D magnesium alloy", Mater. Sci. Eng. A, Vol 386, pp. 34~43, 2004.