

## AZ계 마그네슘 합금의 열간 정수압 압출특성 연구

윤덕재<sup>1#</sup>· 유봉선<sup>2</sup>· 임성주<sup>1</sup>· 김용주<sup>1</sup>

### The Characteristics of Hot Hydrostatic Extrusion of AZ Magnesium Alloy

D. J. Yoon, B. S. You, S. J. Lim and E. Z. Kim

#### Abstract

Extrusion characteristics of Mg alloys were studied experimentally. The Al-Zn-Mg alloys, AZ31, AZ61, AZ80, and AZ91 were extruded with hot hydrostatic extrusion process. The hydrostatic process was efficient to reduce surface friction and extend steady state region in extrusion which made it more convenient to examine deformation behavior of the alloys avoiding the disturbance caused by temporary contact state between billet and die, and billet and container. High pressure was cooperative to expand forming limit of the alloys which were applied on the billet during the extrusion process. Extrusion limits were traced in temperature and extrusion speed domain with changing composition of the alloying elements. Effects of process parameters on extrusion load and microstructure evolution were investigated also.

**Key Words :** Hydrostatic extrusion, Magnesium alloy, Extrusion temperature, Mg-Al-Zn alloy

#### 1. 서 론

마그네슘 합금은 높은 비강도와 밀도가 낮아 공업적으로 많은 장점을 가지고 있다. 이러한 특성들은 수송기, 항공 및 스포츠산업에서 요구되고 있는 특성들이다. 그러나 마그네슘은 HCP구조로 성형특성이 좋지 않기 때문에 대부분 주조방식인 다이캐스팅 공정에 의해 부품이 제조되어 왔다.

그러나 주조법에 의한 제품은 강도측면과 표면 결함으로 인하여 널리 활용되지 못하고 있는 실정이다. 이와 같은 단점을 극복할 수 있는 소성가공법에 대한 관심과 부품제조를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2].

특히 정수압 압출공정은 컨테이너 안에 압력매개체인 유체를 넣고 가압하여 초고압을 발생시켜 정수압 압력이 소재의 변형 임계점에 도달했을 때 소재가 압출금형을 통과하면서 압출된다. 정수압 압출의 가장 큰 특징은 정수압을 만드는 매체

가 소재와 컨테이너 용기내벽과 소재와 금형사이의 마찰을 최소화가 가능하고 압출시편의 좌굴이나 변형이 발생되지 않는 장점을 갖는 공정이다. 특히 정수압 상태에서 소재의 연신률이 향상됨에 따라 난성형 소재의 압출에 유리한 것으로 알려져 있다.

이러한 장점을 활용한 난성형 마그네슘 합금을 정수압 압출 공정에 적용하여 AZ31합금을 이용한 압출공정 변수에 따른 열간 정수압 압출특성 연구[3]와 정수압 압출된 소재의 특성변화에 대한 연구가 진행되었다[4]. 본 연구에서는 AZ계열 마그네슘 합금을 이용하여 알루미늄 함유량에 따른 압출한계와 압출온도와 압출속도가 정수압 압출 특성에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험을 수행하였다. 따라서 압출공정 변수에 따른 압출한계와 압출하중 및 미세조직의 변화에 대해 조사하고자 한다.

1. 한국생산기술연구원

2. 한국기계연구원부설 재료연구소

#: 한국생산기술연구원, E-mail: ydj@kitech.re.kr

## 2. 실험방법

### 2.1 열간 정수압 압출공정

AZ 계열 마그네슘 합금의 정수압 압출특성을 분석하기 위해 Table 1과 같이 알루미늄 함유량이 약 3wt%에서 9wt%까지 4 종류의 마그네슘 합금을 주조해서 400°C에서 10 시간 동안 균질화 처리를 하였다. 본 실험에 사용된 정수압 압출기는 한국생산기술연구원에서 개발한 600 톤급 압출기로서, 컨테이너의 직경은 90mm, 최대 상용 내압은 10.0kbar이며, 최고 컨테이너 가열 온도는 450°C인 사양을 갖추고 있다. 압력 매개체로는 고온용 그리스를 사용하였으며, 압출 금형은 원추 형상으로 압출 반각은 45°이다. 압출 온도와 압출속도 등의 상세한 압출조건은 Table 2에서 나타내었다.

Table 1 Chemical composition of AZ alloys (wt%)

Mg Alloy	Al	Zn	Mn	Mg
AZ31	2.90	0.69	0.32	bal.
AZ61	5.89	0.73	0.30	bal.
AZ80	7.86	0.41	0.20	bal.
AZ91	8.46	0.51	0.13	bal.

Table 2 Experimental conditions

Temperature	245, 300 °C
Extrusion ram speed	4.5, 10, 17 mm/s
Dimension of specimen	Φ80 x 250 mm
Half die angle	45°
Extrusion ratio(diameter)	10(25mm), 25(16mm)

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 AZ계열 Mg합금의 압출한계

마그네슘 합금의 알루미늄 함유량에 따른 열간 정수압 압출 특성을 분석하기 위해 압출온도와 압출 램 속도에 따른 압출실험 수행한 결과를 Fig. 1과 Fig. 2에서 보여주고 있다.

Fig. 1은 압출온도 245°C에서 압출속도와 마그네슘 합금에 따른 압출실험 결과이다. 여기서 알루미늄 함유량이 3wt%의 경우 압출 램속도 17mm/s와 알루미늄 함유량이 6wt%의 경우 압출 램 속도 10mm/s와 알루미늄 함유량이 8wt%의 경우는 압출 램 속도 4.5mm/s의 조건에서 결함 없이 건전하게 압출된 것을 확인할 수 있다.

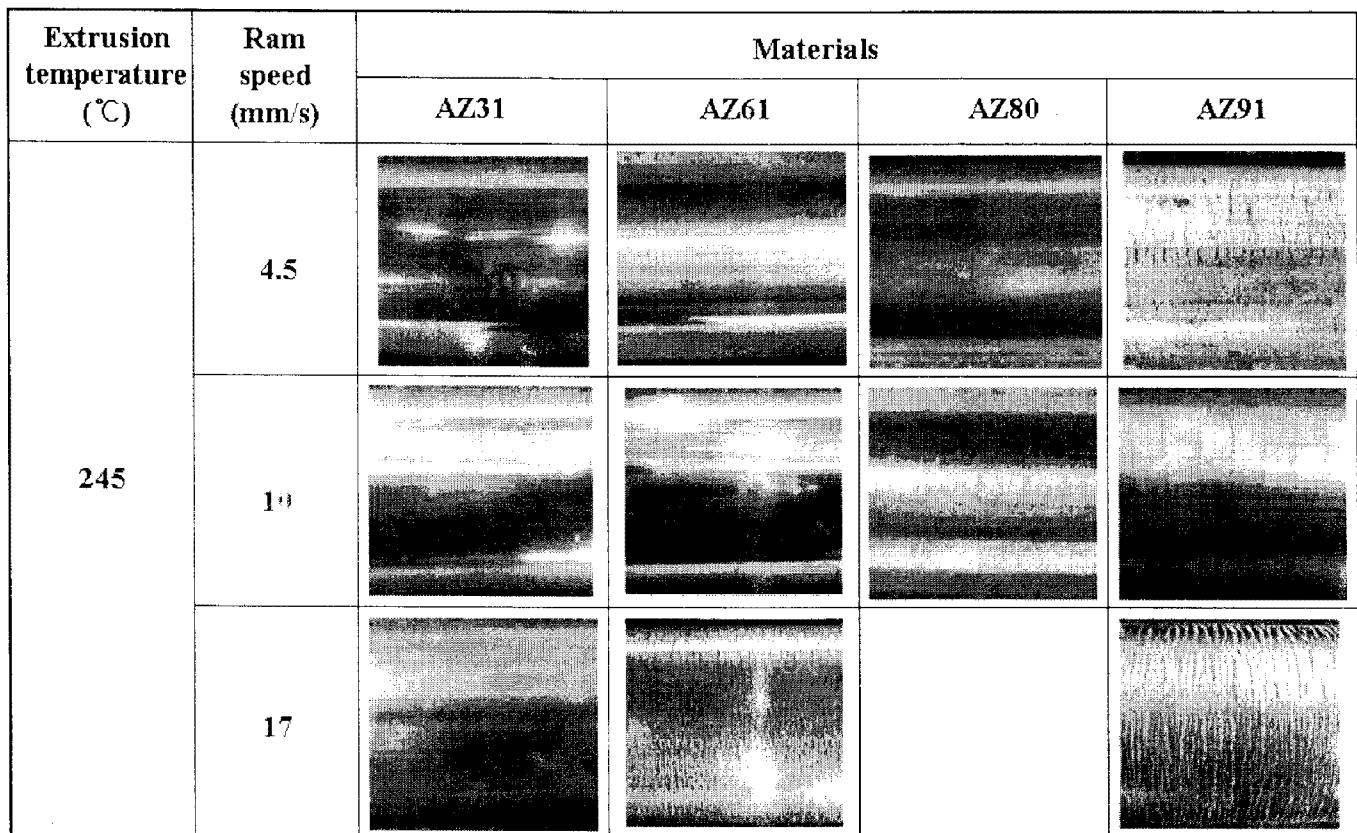


Fig. 1 Results of the hot hydrostatic extrusion experiments under temperature condition of 245°C

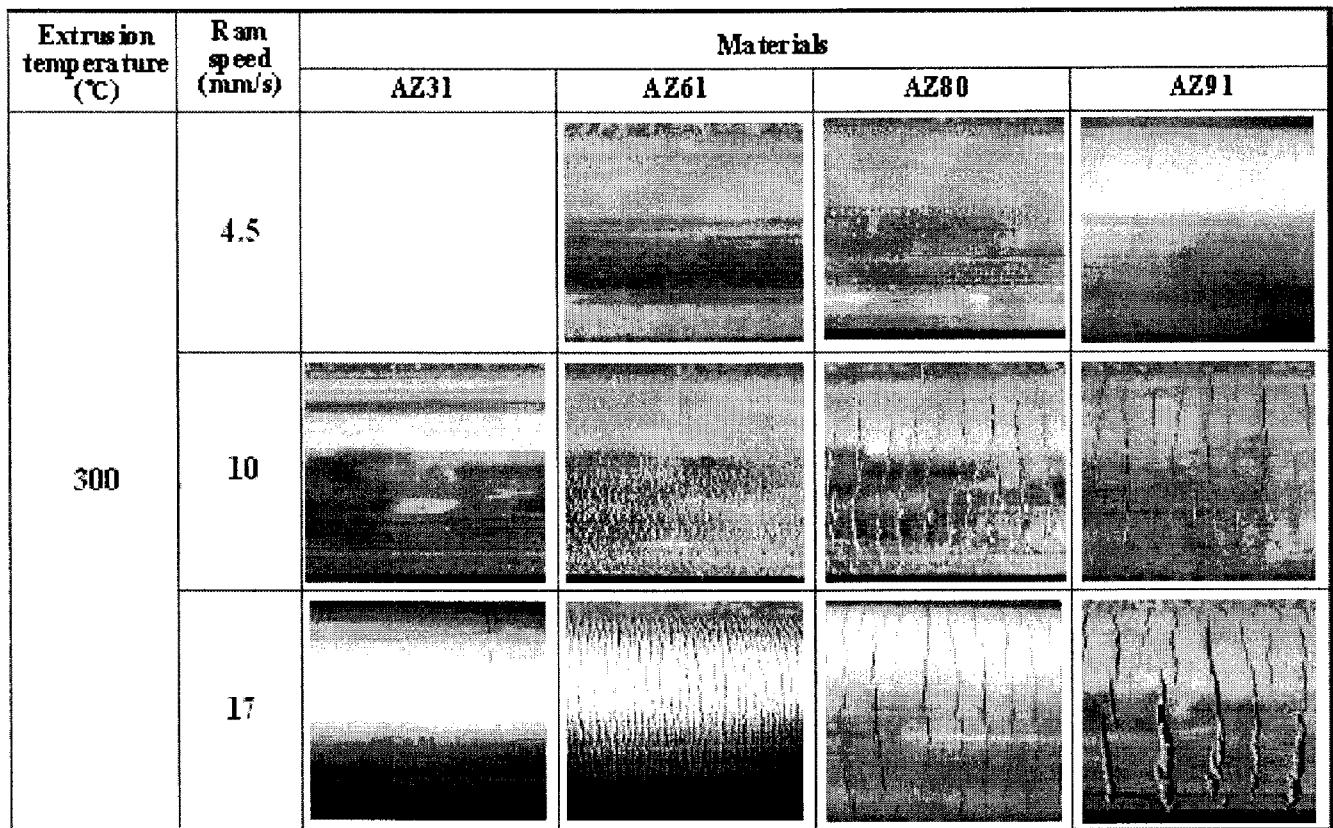


Fig. 2 Results of the hot hydrostatic extrusion experiments under temperature condition of 300 °C

알루미늄 9wt%의 경우 압출 램 속도가 4.5mm/s 이상인 경우에는 모두 표면에서 결함이 발생하였다. Fig. 2에서는 압출온도 300°C일 때 압출 램 속도와 알루미늄 함유량에 따른 압출 실험 결과를 나타내고 있다. 알루미늄 함유량이 3wt%일 경우 압출 램 속도가 17mm/s까지 건전하게 압출되었고 알루미늄 함유량이 6wt%의 경우 압출 램 속도 4.5mm/s인 경우만 결함 없이 압출되었다. 그러나 알루미늄 함량이 8wt%이상인 경우 결함이 발생하였다. 이것은 알루미늄 함유량이 높아지면서 마그네슘 합금의 열간 성형성이 떨어지며, 안정적인 변형 조건이 보다 낮은 변형률 속도 구간에서 형성됨을 나타내고 있다.

### 3.2 압출하중 비교

마그네슘 합금의 알루미늄 함유량에 따른 압출하중의 비교를 Fig. 3에서 보여주고 있다. 여기서 압출비가 25이고, 압출온도 300°C에 압출 램 속도가 10mm/s의 조건으로 압출한 결과이다. 그림에서 알루미늄 함유량이 많아지면 최고 압출하중이 높게 나타내고 있으나 압출하중이 정상상태의 경우 알루미늄 함유량에 따른 압출하중의 차이가 극소

한 것으로 나타나고 있다.

Fig. 4에서는 알루미늄 함유량이 6wt%인 AZ61 합금인 경우 압출온도 300°C와 압출비 25의 압출 조건에서 압출 램 속도에 따른 압출하중을 비교하여 보여주고 있다. 여기서 압출 속도에 따른 압출하중의 최고 값은 그다지 차이를 보이지 않으나, 정상 상태에 돌입한 상태에서는 압출속도가 빠를수록 압출하중이 크게 나타나고 있다.

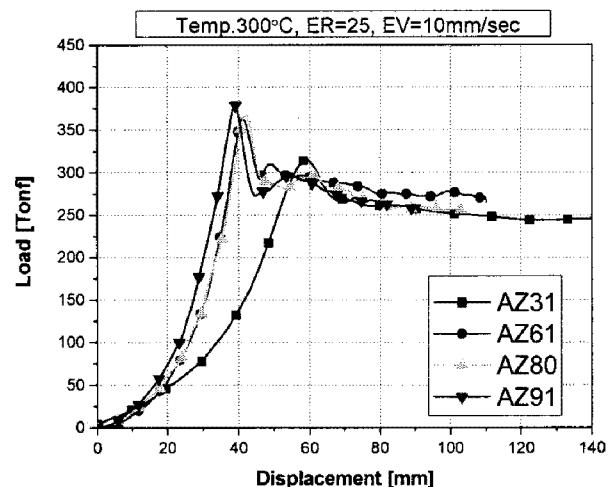


Fig.3 Effect of the alloy composition on extrusion load.

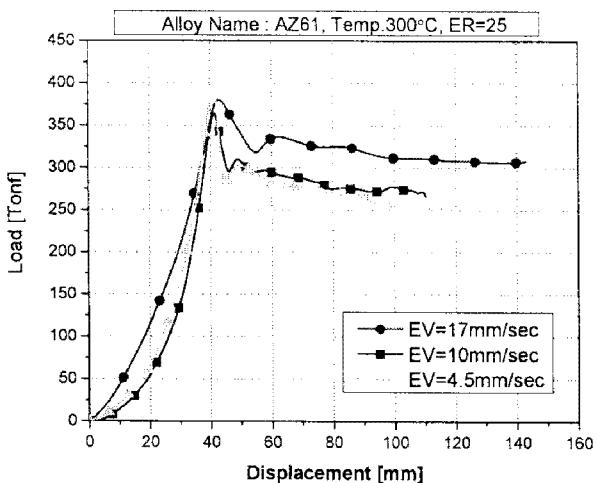


Fig. 4 Variation of extrusion load with extrusion speed change.

### 3.3. 미세조직 변화

정수압 압출공정에 따른 AZ31합금의 미세조직 변화를 관찰하였다. 압출 빌렛 소재의 미세조직은 균질화 처리를 통해서 비교적 등축의 결정형상을 갖고 있음을 Fig. 5에서 확인할 수 있다.

압출비 25에 압출 램 속도 17mm/s인 압출조건에서 압출 온도가 소재의 내부조직 변화에 미치는 영향을 보기 위해 압출온도를 달리하여 실험한 결과를 Fig. 6에서 나타내었다. 압출온도 200°C의 경우 결정립의 크기가 작고 균일한 분포를 나타내고 있는 반면 300°C의 경우 미세조직의 크기가 불균일한 것을 관찰할 수 있다. 이것은 결정립 경계에서 재결정이 발생하여 점차 성장하는 것으로 보여진다.

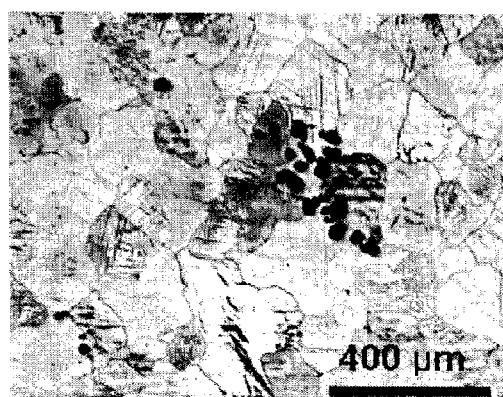


Fig. 5 Microstructure of initial billet after homogenization.

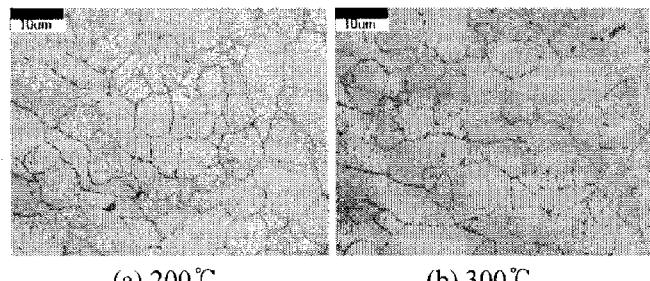


Fig. 6 Microstructure of the extruded AZ31 alloy, Extrusion ratio: 25, Ram speed: 17mm/s

## 4. 결론

열간 정수압 공정을 이용한 AZ계열 마그네슘 합금의 압출한계 및 압출특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 알루미늄 원소의 함유량이 3wt%의 경우 압출온도가 200°C 이하에서도 결함발생 없이 압출이 가능함을 확인하였다.
- (2) 마그네슘 합금의 열간 정수압 압출에서 압출온도가 높은 경우보다 낮은 온도에서 압출한계의 범위가 더 넓은 것을 알 수 있었다.
- (3) 압출온도가 낮을 수록 결정립이 균일하고 미세화되었다.

## 후기

본 연구는 지식경제부 소재원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] P. Maier, K. U. Kainer, 2005, Extension of the Range of Applications for Magnesium Alloys, 62<sup>nd</sup> Annual World Conference Proceedings, pp.99~104.
- [2] H. Friedruch, S. Schumann, 2001, Research for a new age of magnesium in the automotive industry, J. Mat. Pro. Tech., Vol. 117, pp. 276~281.
- [3] 윤덕재, 서영원, 정하국, 나경환, 2004, Mg합금의 열간 정수압 압출특성에 관한 연구, 한국소성가공학회 2004년도 추계학술대회논문집, pp. 128~131.
- [4] 서영원, 최호준, 윤덕재, 2005, 정수압 압출 후의 열처리조건에 따른 마그네슘합금의 특성변화, 한국소성가공학회 2005년도 추계학술대회논문집, pp. 463~466.