

Mg 합금(AZ31)의 열간 정수압 압출 특성에 관한 연구(II)

서영원¹, 정하국², 나경환², 윤덕재[#]

The Characteristic of a Hydrostatic Extrusion of Magnesium Alloy(AZ31) - II

Y. W. Seo, H. G. Jeong, K. H. Na, D. J. Yoon

Abstract

In hydrostatic extrusion the billet in the container is extruded through a die with a liquid acting as a pressure medium, instead of by the direct application of the load by a ram. And the extrusion pressure can be affected by the flow stress and they are affected by the temperature. So in this study the temperature is the main issue with a extrusion ratio and a half die angle. As extrusion temperature goes down from 300°C to 200°C, tensile strength goes up to 310MPa. Because velocity of extrusion is higher than the conventional extrusion, there is another characteristic in the sense of microstrure. The temperature was setted to 300°C, 250°C, 200°C, respectively. There is a increase of extrusion pressure abot 15%.

Key Words : Hydrostatic Extrusion(정수압 압출), Magnesium alloy(Mg 합금), Die Angle(다이 각), Half Die Angle(다이 반각), Extrusion Ratio(압출비)

1. 서 론

소성가공에서의 압출공정은 봉재나 튜브재 그리고 선재등과 같은 길고 곧은 제품을 만드는 공정이다. 일반적인 압출공정에서 소재는 램(ram)에 의해 직접 힘을 받아 압출이 된다. 그러나 정수압 압출 공정은 컨테이너 안에 소재가 압력매체의 압력으로 소재가 변형을 하게 된다.

정수압 압출 공정을 적용하면 일반적인 압출 공정을 이용하였을 때 보다 컨테이너내의 압력이 약 20% 에서 80%까지 감소할 수 있다.[6]

따라서 정수압 압출공정은 취성이 강한 재료뿐만 아니라 연성이 강한 재료도 압출을 할 수 있다.

최근 환경오염 방지를 위해 재활용성과 경량성이 뛰어난 마그네슘에 대한 관심이 고조되고 그 성형기술에 대한 연구가 전세계적으로 이루어지고 있다. 마그네슘합금의 결정구조가 조밀 육방격자 구조로서 성형성이 나쁘기 때문에 산업체에서 쉽게 적용하지 못하고 있는 소재이다. 따라서 정수압출공정을 이용한 마그네슘 합금의 압출특성을 알아보기 위해 2004 년 춘계학술대회에서 Mg 합금(AZ31)의 열간 정수압 압출공정 특성에 대한 연구 결과를 발표하였다.

본 연구에서는 열간 정수압 압출공정을 이용하여 마그네슘 합금을 압출할 경우, 압출비와 온도 그리고 다이 반각이 압출 압력에 미치는 영향과

1. 인하대학교 기계공학과
2. 한국생산기술연구원
#. 교신저자: 한국생산기술연구원, ydj@kitech.re.kr

미세조직을 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1 열간정수압 압출

본 실험에서 사용한 압출기는 한국생산기술연구원에서 개발한 150ton_r 성형 하중을 갖는 열간 정수압 압출기로 Fig. 1 에 보이는 것과 같이 bed, tie-bed, moving cross head, punch 로 구성된다.[1] 압출기의 주요 사양은 Table 1 에 정리하였다.

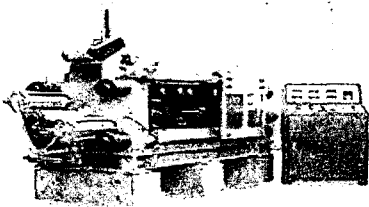


Fig. 1 Hot Hydrostatic Extruder

Table 1 Specification of hot hydrostatic extruder

Extrusion Force	150 tonf
Max. Extrusion Pressure	12.0 Kbar
Max. Punch Speed	22.5 mm/sec
Max. Billet Diameter	35 mm
Max. Billet Length	200 mm
Container Heating Temperature	400 °C
Hydraulic Power	40 kW

Fig. 2 는 압출 다이를 보여주며, 다이의 반각은 30°, 45°, 60° 이다. 압출비에 따른 물성 비교를 위해 다이의 직경은 12 mm, 8 mm, 5 mm 로 각각 실험을 수행하였다. 정수압 상태를 형성하기 위한 압력 매체는 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)을 사용하였다. 실험 온도는 300°C, 250°C, 200°C로 일정하게 유지를 하였다.

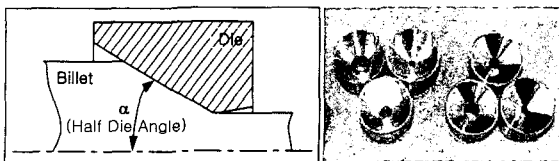


Fig. 2 Extrusion Die

압출 전의 마그네슘 시편은 Fig. 3 과 같이 직경 35mm, 길이 160mm 이다. 시편의 앞 부분은 압출 초기 압력을 유지하기 위하여 다이 각과 동일하게 원추 형상으로 가공을 하였다.

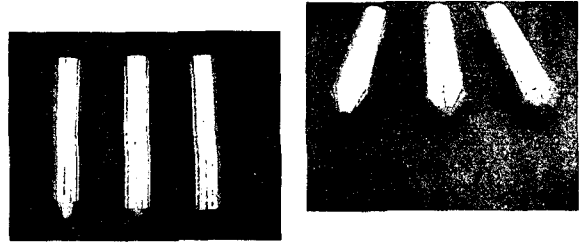


Fig. 3 Extrusion Specimen

상세한 실험 조건은 Table 2 에서 보여주고 있다.

Table 2 Experiments Conditions

Temperature	300°C, 250°C, 200°C
Extrusion speed	20 mm/min
Diameter of Specimen	Φ 35 mm
Die Angle	30°, 45°, 60°
Extrusion Ratio	8, 19, 49

2.2 물성 평가

압출된 소재의 물성을 알아보기 위하여 인장 시험을 이용하여 평가를 하였다. 인장 시험기는 MTS 810 FlexTest™ 을 이용하였고 Instron 8510 을 이용하였고, 인장시편은 KS 규격, 2 호 시편으로 준비를 하였다. 경도는 Micro Vickers 를 이용하였고 미세구조도 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 압출 특성

Fig. 4 는 압출비에 따른 압출압력의 변화를 나타낸다. 압출비가 8 에서 19 그리고 19 에서 49 로 각각 증가함에 따라 압출압력도 각각 약 35%, 26% 증가하였다.

압출 다이 반각에 따른 압출 압력의 변화를 Fig. 5 에 나타내었다. 대체적으로 다이 반각에 의한 압출 압력의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

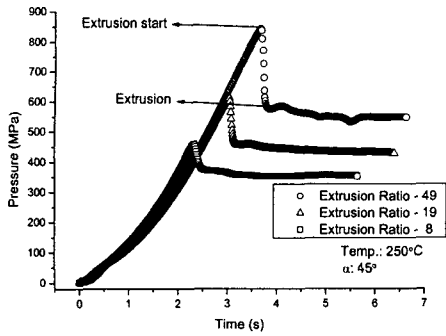


Fig. 4 Extrusion Pressure vs. Extrusion Ratio

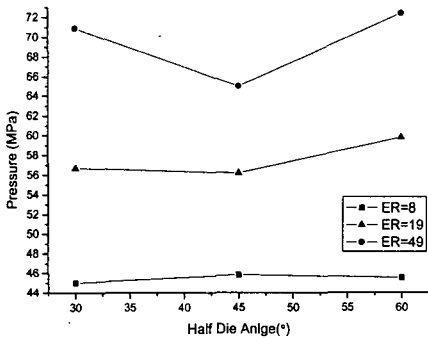


Fig. 5 Extrusion Pressure vs. Half Die Angle

그러나 압출비가 20 이상에서는 다이반각이 45° 일 때 압출 압력이 감소하였다. 이로써 정수압 압출 공정은 소재가 등방압을 받아 압출이 되므로 일정 압출비 이하에서는 다이 반각에 따른 영향이 적은 것으로 사료된다.

Fig. 6 은 소재의 온도변화에 따른 압출 압력을 나타낸다. 마그네슘은 HCP 구조로써 제한된 슬립 시스템을 가지고 있어 온도가 증가함에 따라 새로운 슬립시스템이 발생한다. 이에 따라 저온에서는 더 높은 압출압력이 필요하게 되며 이는 Fig. 6 에서 실험적으로 알 수 있었다.

3.2 인장 강도

시편의 압출온도에 따른 인장 특성을 Fig. 7 에 나타내었다. 실험은 상온에 수행하였다. 압출 공정으로 인해 원소재의 결정구조가 미세해 짐에 따라 인장강도가 원소재보다 약 100 MP 정도 상승하였다.

특히 압출 온도가 300°C와 250°C인 시편의 인장

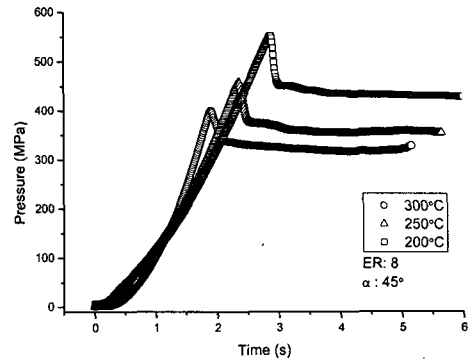


Fig. 6 Extrusion Pressure vs. Temperature

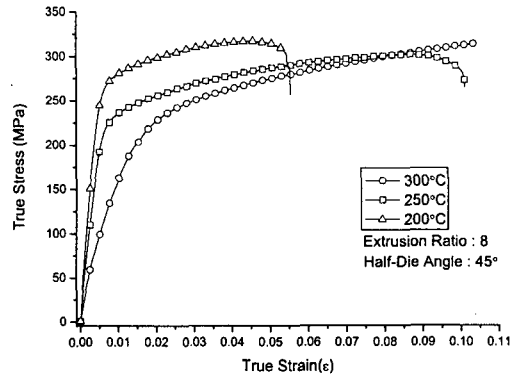


Fig. 7 Tensile Test for as-extruded at different temperature

특성은 거의 같은 성질을 나타내었지만 압출 온도가 200°C인 시편은 다른 양상을 나타낸다. 이는 250°C와 200°C사이에 동적 재결정에 영향을 주는 인자가 존재한다는 것을 짐작케 한다. 이러한 특성은 Fig. 6 에서도 쉽게 찾아 볼 수 있다. 압출 압력도 압출 온도가 300°C와 250°C의 비보다 250°C와 200°C의 비가 더 커 200°C에서 가공경화가 더 큰 것으로 사료된다.

시편 온도가 낮아 질수록 Young modulus 는 증가하고 인장강도도 증가하였으나 strain은 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 온도가 낮아 짐에 따라 동적 재결정이 발생하여 결정구조가 미세하여 나타나는 특성으로 생각된다.

3.2 미세구조

일반적으로 압출을 한 소재는 압출비에 따라 결정립의 크기가 비례적으로 작아지는 경향이 있다. 이번 연구에서는 압출 시편의 결정립의 크기는 90-

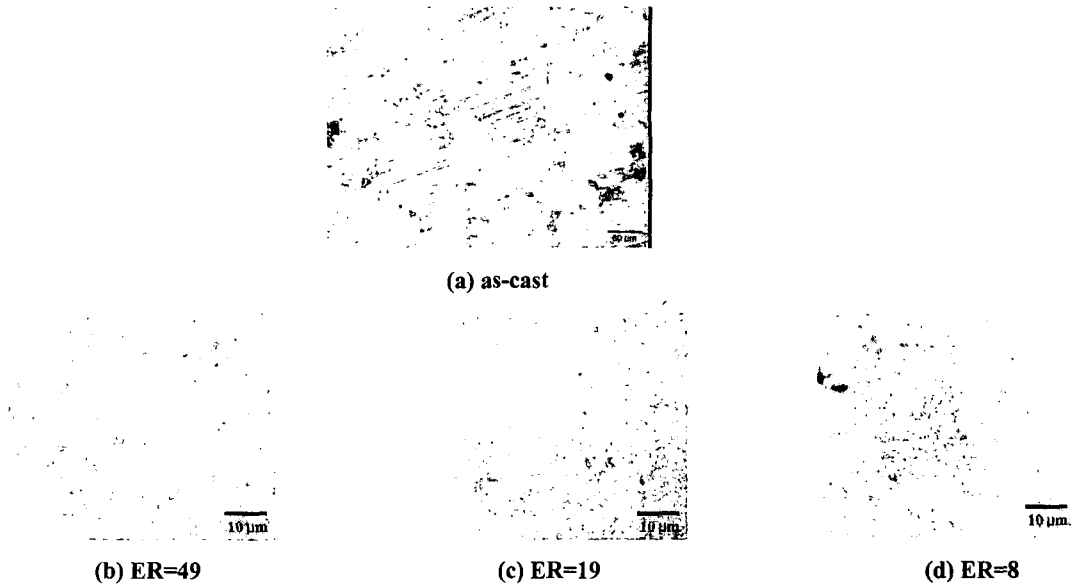


Fig. 8 Microstructures of as-cast and as-extruded with various extrusion ratio

100 μm 정도였고 압출후의 결정립의 크기는 수마이크로 정도까지 내려갔다. 하지만 정수압 압출의 경우 일반 압출 공정보다 압출 속도가 상대적으로 고속으로 압출을 하기 때문에 특이한 상황이 발생하였다. 정수압 압출을 통해 얻어진 미세구조를 분석한 결과 오히려 압출비가 클수록 결정립의 크기가 커졌다. 이는 소성변형중에 생긴 소성가공열에 의해 압출재의 결정립들에 열처리 효과가 나타난 것으로 사료된다.

4. 결론

이번 실험에서는 마그네슘 합금 AZ31 을 가다그서 열간 정수압 실험을 하였다. 압출비와 압출온도는 압출 압력에 확실하게 영향이 있는 것으로 나타났다. 압출 온도가 감소함에 따라 인장 강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 압출비가 클수록 오히려 결정립의 크기는 증가하였는데 이는 압출 속도에 의한 소성가공열의 증가가 그 원인으로 판단되었다. 압출온도가 200 $^{\circ}\text{C}$ 와 250 $^{\circ}\text{C}$ 사이 또는 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도에서는 마그네슘 합금의 인장강도와 연신율에 영향을 주는 인자가 존재할 것으로 생각되어짐에 따라 향후 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서의 압출 실험을 하고 또한 압출 속도에 따른 특성을 분석할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 박훈재, 윤덕재, 나경환, 조남선, “정수압 압출기 개발”, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp.44-49, 1993.
- [2] 한운용, 박훈재, 윤덕재, 정하국, 김승수, 김응주, 이경엽, “Copper-clad Aluminum 복합재료의 정수압 압출시 다이 각이 미치는 효과”, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 2003.
- [3] R. Ye. Lapovok, M.R. Barnett, C.H.J. Davies, “Construction of extrusion limit diagram for AZ31 magnesium alloy by FE simulation,” Journal of Materials Processing Technology 146, pp.408-414, 2004.
- [4] Margam Chandrasekaran, Yong Ming Shyan John, “Effect of materials and temperature on the forward extrusion of magnesium alloys”, Materials Science and Engineering A 381, pp.308-319, 2004.
- [5] N. INOUE, M. NISHIHARA, “HYDROSTATIC EXTRUSION Theory and Applications,” ELSEVIER APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LONDON and NEW YORK, 1985.
- [6] KURT LAUE, HELMUT STENGER, “EXTRUSION: processes, machinery, tooling.”, AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 1981.
- [7] Tsutomu Murai, Shin-ichi Matsuoka, Susumu Miyamoto, Yoshinari Oki, “Effects of extrusion conditions on microstructure and mechanical properties of AZ31B magnesium alloy extrusions”, Journal of Materials Processing Technology 141(2003) pp. 207-212, 2003.