

Mg 합금(AZ31)의 열간 정수압 압출 특성에 관한 연구(Ⅰ)

윤덕재*, 서영원**, 정하국*, 나경환*

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

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

Abstract

Magnesium alloys are being extensively used in weight-saving applications and as a potential replacement for plastics in electronic and computer applications. Magnesium alloy has some good characteristics, EMI shielding property and high specific strength. Nevertheless their high brittleness make it uneasy to process the magnesium. Magnesium alloys are extruded like aluminium alloys. The present work was done to find a characteristic of magnesium alloy(AZ31) changing the extrusion ratio 8.5, 19.1, 49 respectively and changing the die half angle 30°, 45°, 60°. Here this present done by the hydrostatic extrusion in the hot condition, 310°. The higher the extrusion ratio goes, the higher the extrusion force goes.

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

마그네슘은 경량화와 재사용이 가능하다는 특징이 있기 때문에 산업적으로 많은 수요가 발생될 것으로 기대되고 있다. 또한 마그네슘합금은 우수한 비강도, 비강성으로 인하여 자동차, 항공기, 가전산업에 적용을 위해 성형기술 개발이 진행되고 있다. 특히 압출을 이용하여 가공한 마그네슘의 경우 주조를 이용한 것보다 기계적 특성이 우수하여 관심이 집중되고 있다. 마그네슘은 육방조밀격자 구조를 가진 합금으로 제한된 슬립 시스템으로 단조와 같은 소성가공보다는 주조법에 의해 기계부품으로 제작되고 있는 실정이다.

정수압 압출 공정은 컨테이너 안에서 유체로 인

해 소재가 정수압을 받은 상태에서 유체의 압력이 임계점에 도달했을 때 압출을 하는 공정이다. 금형의 형상에 따라 봉재, 형재, 관재 및 복합재 등의 정상상태 압출과 고속 압출을 가능하게 한다. 정수압 압출의 가장 큰 특징은 정수압을 만드는 매체가 소재와 용기내벽, 소재와 금형사이의 마찰을 최소화 시킨다는 데에 있다.

또한 압출 소재는 정수압 상태에서 압출이 되므로 금형내의 성형영역 외에는 좌굴이나 변형이 일어나지 않으며 비직선 또는 코일형의 소재도 직선 압출이 가능하다.

본 연구에서는 기존 상용화된 AZ31 마그네슘합금 소재의 열간 정수압 압출 특성을 분석하기 위한 실험을 수행하였다. 본 논문에서는 압출비와 압출

* 한국생산기술연구원 디지털 생산공정팀

** 인하대학교 기계공학과

다이 반각에 따른 마그네슘 합금 소재의 압출 특성을 파악하였다. 그리고 압출된 소재의 기본적인 물성 변화에 대해서 조사하였다.

향후 압출온도와 압출속도 등의 다른 변수에 대해서 연구를 수행한 결과를 보고할 계획이다.

2. 실험 방법

2.1 열간정수압 압출

본 실험에서 사용한 압출기는 한국생산기술연구원에서 개발한 150tonf 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.

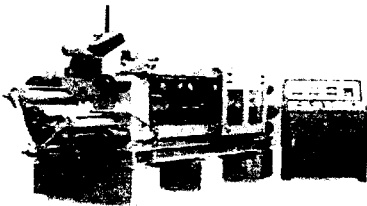


Fig. 1 Hot Hydrostatic Extruder

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

압출 다이의 형상은 Fig. 2 에서 보여주는 것과 같이 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 고밀도 폴리에틸렌 (HDPE)을 사용하였다. 압출 시편과 컨테이너 온도는 310°C로 유지하였다.

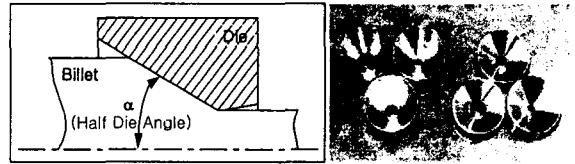


Fig. 2 Extrusion Die



Fig. 3 Extrusion Specimen

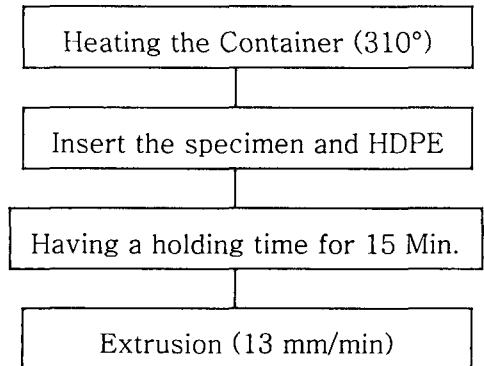


Fig. 4 Flow Chart for Magnesium Extrusion Processing

Table 2 Experiments Conditions

Temperature	310°
Extrusion speed	13 mm/min
Diameter of Specimen	Φ 35 mm
Die Angle	30°, 60°
Extrusion Ratio	8.5, 19.1, 49

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.

실험순서는 Fig. 4 에 나타낸 바와 같이 container 의 온도를 310°C로 유지하여 시편의 온도를 맞추

었다. 그리고 시편과 압력매체를 동시에 넣어 15분간 가열을 하여 압출을 하였다.

정수압 압출의 실험 조건은 Table 2 에 나타내었다.

2.2 물성 평가

압출된 소재의 물성을 평가하기 위하여 이번 실험에서 기본적인 인장 시험을 하였다. 인장 시험은 Instron 8510 을 이용하여 KS 규격의 2 호 시편을 가지고서 실험을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 압출다이 반각에 따른 압출 특성

외경 35 mm 시편을 가지고서 다이 반각과 압출비를 변화시켜가며 실험을 수행하였다.

압출 다이 반각에 따른 압출 압력의 변화를 Fig. 5 에 나타내었다. 압출비가 20 이하일 때, 압출 다이 반각에 따른 압출 압력에는 큰 영향을 미치지 않는으나 압출비가 20 이상일 경우에는 다이 반각이 작을수록 압출 압력이 작게 나타났다.

3.2 압출비에 따른 압출 특성

압출비의 변화에 따른 압출압력의 변화를 Fig. 6 에 나타내었다. 압출비에 따른 압출 압력은 압출비가 증가할수록 압출 압력도 크게 증가하는 것으로 관찰할 수 있었다.

압출비가 8.5 에서 19.1 로 증가할 경우 압출 압력은 약 70% 정도가 증가하였고, 압출비가 19.1 에서 49로 증가할 때에는 약 23.6%가 증가하였다.

3.3 인장 강도

상온에서 수행한 인장시험의 결과를 Fig. 7 에 나타내었다. 인장강도는 원소재(AZ31) 보다 압출을 한 소재가 상승한 것으로 알 수 있다. 항복 강도는 2 배이상 크게 나타났다.

최대인장강도는 같으나 항복점은 압출비가 증가함에 따라 같이 증가함을 알수가 있었다.

Fig. 9 에서는 압출 다이 반각에 따른 인장 테스트 결과를 나타내었다. 다이각이 압출 소재의 인장 강도 변화에는 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

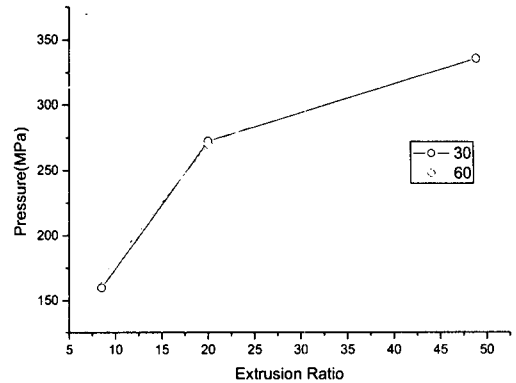


Fig. 5 Extrusion Pressure for Die Angle

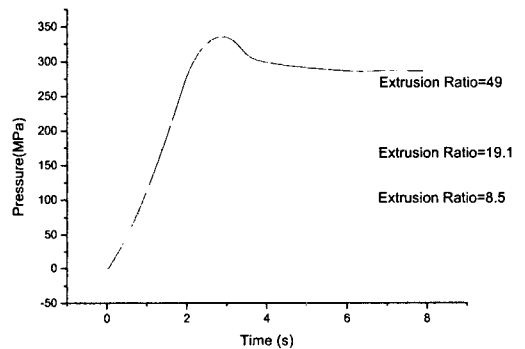


Fig. 6 Extrusion Pressure for Extrusion Ratio

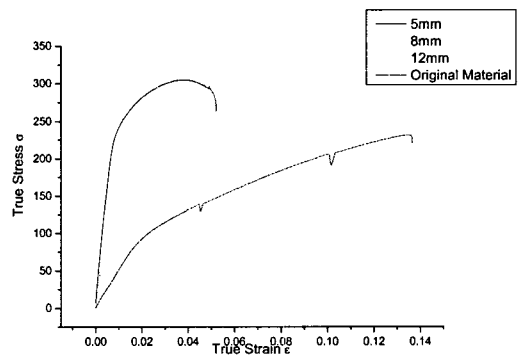


Fig. 7 Tensile Test with Original AZ31

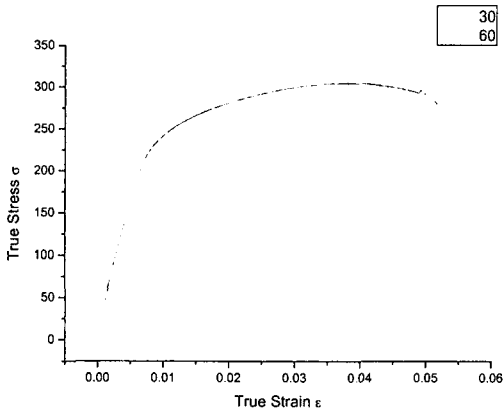


Fig. 9 Tensile Test for Extruded AZ31 variable with Die Angle

4. 결론

이상의 실험결과를 통하여 마그네슘합금 AZ31 재료의 열간정수압 압출시 다이각과 압출비가 미치는 영향에 대해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 압출 다이 각 변화에 따른 압출압력은 약 5.8%의 압력감소를 보였으나 다이 반각의 영향이 크게 나타나지 않는 것으로 생각된다. 알루미늄과는 다른 현상이다. 인장강도의 변화에도 압출 다이 반각은 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.
- (2) 압출비를 변화시켰을 때는 압출비가 증가할수록 압출 압력도 크게 증가하는 것을 알 수가 있었다. 인장강도도 압출비가 증가할수

록 최대 인장 강도는 변화가 거의 없으나 항복 강도는 변화함을 관찰할 수 있었다.

- (3) 인장강도는 압출 다이 각의 변화에 큰 영향을 받지 않았다. 하지만 압출비가 증가할수록 인장강도도 증가하는 경향을 보였다.
- (4) 향후에는 열간 정수압 압출에 대해 압출온도와 압출 속도 등 여러가지 변수에 대해서 알아보고 최적의 성형조건을 조사하기 위한 연구가 진행할 계획이다.

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, pp408-414, 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.