

# AZ31 합금 부풀림 성형의 최적화 연구

김승돈<sup>1</sup> · 권용남<sup>2</sup> · 이영선<sup>2</sup> · 김병민<sup>3</sup> 이정환<sup>2</sup>

## A study on optimization of AZ31 alloy sheet by blow forming

S. D. Kim, Y. N. Kwon, Y. S. Lee, B. M. Kim, J. H. Lee

### Abstract

Since magnesium alloy has a limited formability at room temperature, forming should be carried out at the elevated temperature. If the initial grain size is small, superplasticity could be expected over 400°C. Using superplastic behavior, blow forming can be used to overcome the low formability of Mg alloys. In the present study, the optimization of blow forming of AZ31 alloy at the elevated temperature was investigated. Finite element simulation was carried out and verified with the blow forming experiments.

**Key Words** : Mg alloy, AZ31, blow forming, optimization

### 1. 서 론

마그네슘 합금은 구조용 부품을 제조할 수 있는 가장 가벼운 합금으로 최근 노트북 케이스나, 경량화를 위해 간단한 자동차 부품을 만드는데 사용되고 있다. 마그네슘 합금은 상온에서 작용하는 슬립계가 다른 금속에 비해 적기 때문에 성형성이 좋지 못하다. 그러나 성형 온도를 높여 줄수록 작용하는 비저면(non-basal) 슬립계의 수가 증가하면서 변형이 용이해진다. 이에 따라 대부분의 성형이 200~300°C 온도 영역에서 이루어진다. 이와 더불어 결정립크기가 작은 Mg 합금의 경우 400°C 이상의 온도에서 수백 %의 높은 연신율을 얻을 수 있다. 따라서, Mg 합금 판재를 고온 부풀림 성형을 하면 복잡한 형태의 제품이나 프레스 작업이 불가능한 형태의 제품을 제조할 수 있다. 하지만, 성형품의 두께가 일정 하지 못하고 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

본 연구에서는 AZ31 합금 판재를 최적화된 성형조건을 찾기 위하여 부풀림 성형을 이용하여

성형조건에 미치는 인자들의 영향을 평가하고자 하였다.

### 2. 시험 방법

본 연구에 사용된 마그네슘 합금은 표 1의 조성을 가진 압연으로 제조된 AZ31 마그네슘 합금이다.

AZ31 합금의 온도에 따른 변형 특성 평가를 위해 외부 가열 챔버를 부착하였으며, 압연방향으로 그림 1에 나타낸 인장시편을 제작하여 200~450°C 온도범위에서  $10^{-1} \sim 10^{-3}/s$ 의 변형율속도로 인장 시험을 수행하였다.

Table 1. Chemical compositions (wt. %)

Alloy	Al	Zn	Mn	Fe	Mg
AZ31	3.8	1.0	0.5	0.02	Bal.

1. 부산대학교 대학원 정밀기계공학과  
2. 한국기계연구원 소재성형센터  
3. 부산대학교 기계공학부

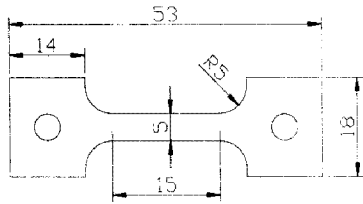


Fig. 1 Geometry of tensile specimen

AZ31 합금 판재의 고온 부풀림 성형은 300 °C 와 450 °C 에서 지름 160mm 의 실린더 형상의 금형을 이용하여 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 인장 시험 결과

그림 2 는 변형율속도 0.001/s 의 조건으로 인장 실험한 결과이다. 온도가 400°C 이상에서는 200% 이상의 연신율을 얻을 수 있었다. 또한, 유동응력도 20MPa 이하의 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

그림 3 은 온도 및 변형율속도 변화에 따른 연신율을 나타낸 그림으로 낮은 온도에서는 변형율속도가 빠른 경우 연신율을 높게 측정되었으나 온도가 400°C 이상에서는 낮은 변형율속도에서 연신율이 높아지는 일반적인 경향을 관찰할 수 있었다.

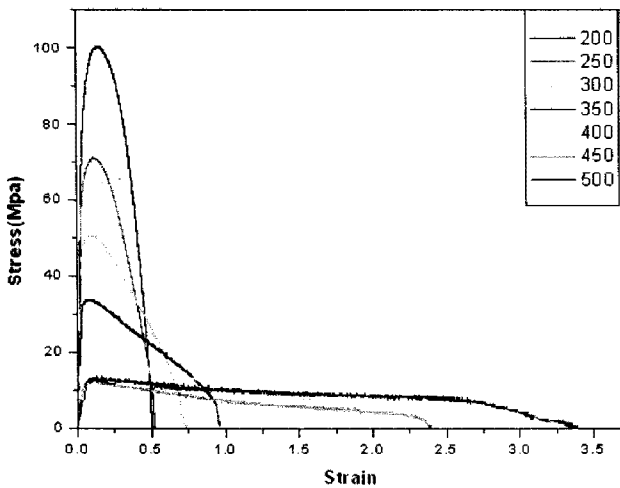


Fig. 2. Tensile curves of AZ31 alloy with the strain rate of 0.001/s.

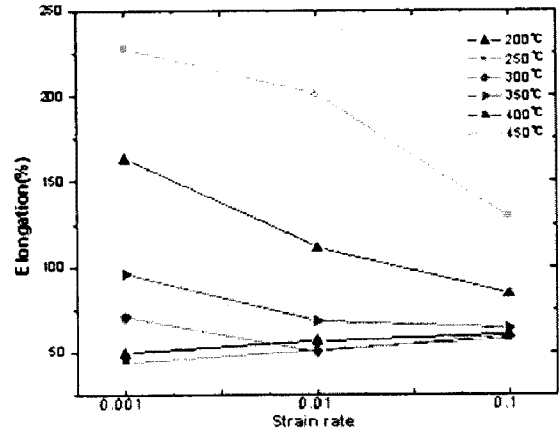


Fig 3. Elongation of AZ31 alloy at different conditions.

#### 3.2 부풀림 성형 실험 결과

인장시험결과 연신율이 200% 이상을 얻을 수 있었던 450°C 및 100% 이하의 낮은 연신율을 나타낸 온도 영역에서 성형성의 차이를 비교하고자 하였다.

그림 4 와 표 2 에 성형 결과를 나타내었다. 그림 3 에 나타낸 연신율 결과와 달리 변형조건에 따라 성형성의 차이가 크지 않게 나타나는 특이한 결과를 확인할 수 있었다.

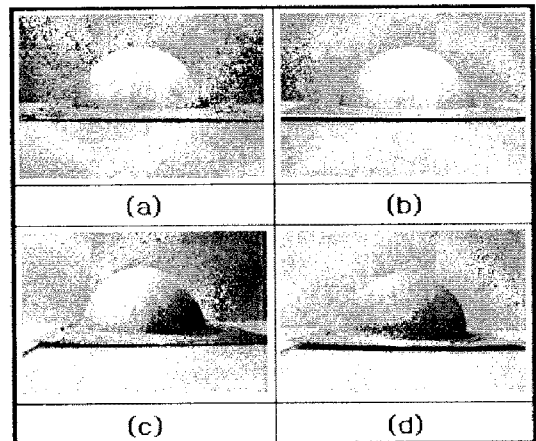


Fig 4. Blow forming results with (a) 0.6MPa at 300°C, (b) 1MPa at 300°C, (c) 0.2MPa at 450°C and (d) 0.6MPa at 450°C.

Table 2. Summary of blow forming results

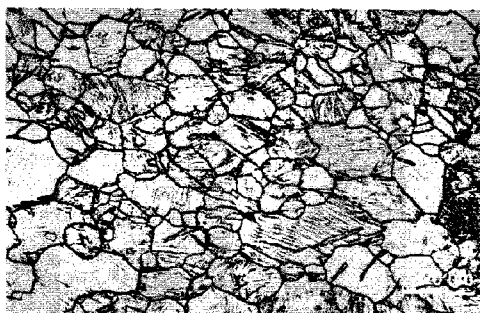
	(a)	(b)	(c)	(d)
Temperature	300 °C		450 °C	
Pressure	0.6MPa	1.0MPa	0.2MPa	0.6MPa
Height(mm)	81.25mm	80.7mm	96mm	91mm
Time(sec)	1080sec	215sec	2800sec	130sec

이러한 결과는 기존에 보고된 초소성 성형의 결과와 매우 상이한 결과로 Mg 합금에서 성형성은 성형온도 및 변형율속도에 의해서 결정되지 않음을 보여주고 있다. 이상의 결과를 해석하기 위하여 인장시험을 실시한 후의 시편 및 부풀림 성형을 한 시편의 미세조직 관찰을 실시하였다. 그림 5에 나타낸 것과 같이 인장시편의 경우 결정립 크기의 불균일성이 부풀림 성형에 의한 시편에 비해 큰 것을 확인할 수 있었다. 즉, 일축인장 조건에서 변형이 진행된 인장시편의 경우 AZ31 합금에서 활발하게 발생하는 동적재결정이 불균일하게 발생하는 반면 이축응력을 받은 부풀림 성형 시편에서 균일한 재결정 현상을 얻을 수 있었다.

일축인장시 동적재결정이 시작되어 불균일한 결정립분포를 가질 경우 국부적인 네킹이 발생할 가능성이 높아지며 이에 따라 일축 연신율이 감소하는 결과를 가져올 수 있는 반면 이축인장의 경우 네킹이 억제되어 보다 균일한 결정립도를 가질 수 있는 정도까지 재결정이 진행되어 보다 보다 안정적인 변형을 기대할 수 있다. 이에 따라 온도가 300 °C 로 낮은 경우에도 성형성은 450 °C 의 경우와 크게 차이가 나지 않은 것으로 판단된다.



(a)



(b)

**Fig 5. Optical micrographs of (a) tensile and (b) blow formed specimens**

## 4.결 론

AZ31 합금의 고온 부풀림 성형의 최적화를 위해 성형에 영향을 주는 인자에 대한 조사를 위하여 인장 시험 및 부풀림 성형을 실시하였다.

AZ31 합금의 고온 성형성은 변형에 따른 동적재결정현상에 영향을 받기 때문에 일반적으로 고온 성형성을 결정하는 변형율속도와 온도 뿐만 아니라 성형시 사용되는 응력 조건도 성형성 평가에 고려해야 함을 확인할 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 지식기반기계 부품소재연구개발 클러스터 사업단의 지원에 의한 것입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Yong. H. Kim, 1996, Analysis of superplastic forming processes using a finite-element. Journal of Materials processing technology 62.pp.90-99.
- [2] Tien-Chan Chang, Jian-Yi Wang, Chia-Ming O, Shyong Lee, 2003, "Grain refining of magnesium alloy AZ31 by rolling," Journal of Materials Processing Technology Vol.140, pp. 588~591
- [3] 이병호,신광선,이종수,2004, AZ31 Mg 합금의 가공 조건에 따른 고온 성형성 연구.대한금속.재료학회지,Vol 42,No.9(2004)
- [4] 원성연,오상균,김영석,2004, AZ31 마그네슘합금 판재의 기계적 특성 평가(1), 한국소성가공학회지 2004 춘계학술대회 논문집 PP,53~56
- [5] Yasumasa Chino, 2006,Press formability of a rolled az31 mg alloy sheet with controlled texture.