

AZ31 판재에서 소둔처리가 상온성형성에 미치는 영향

황범규¹· 이영선¹· 문영훈²· 김대용[#]

Effect of Annealing Treatment on Cold Formability of AZ31 Sheets

B. K. Hwang, Y. S. Lee, Y. H. Moon, D. Kim

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the effect of annealing treatment on cold formability of magnesium alloy sheet AZ31. The AZ31 sheets with three different thickness (1.0t, 1.6t, 2.0t) were annealed at three different temperatures (345°C, 400°C and 450°C). The mechanical properties and microstructure evolution of the annealed AZ31 were examined as well as limit dome height (LDH) and compared with those of as received one. The cold formability was enhanced but the strength was deteriorated by the annealing treatment.

Key Words : AZ31 Sheet, Annealing Treatment, Cold Formability

1. 서론

마그네슘 합금은 약 1.8의 비중으로 알루미늄, 타이타늄에 비해서도 훨씬 가벼운 초경량 소재이면서도 비강도, 전자파 차폐성, 진동 감쇠기능, 열전도도 등이 모두 우수한 특성을 가지고 있다[1]. 이에 자동차 업체에서는 배기가스 절감을 위한 차체 경량화를 위해, 전자기기 업체에서는 모바일 기기 케이스의 극박화 및 고감성화를 위해 마그네슘 합금 판재 적용에 관한 연구를 진행하고 있다. 그러나 마그네슘 합금 판재는 상온에서 HCP 구조에 적은 수의 슬립 시스템을 가지고 있어 매우 열악한 성형성을 가지고 있다. 따라서 마그네슘 합금 판재는 주로 200°C 이상의 온도에서 성형이 이루어지고 있으며[2], 이는 제조 단가를 높여 실제 양산 적용에 걸림돌이 되고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 금형의 국부적인 온도 분포를 제어하거나[3], 강소성 변형을 통한 집합조직을 제어할 함으로써[4] 성형 온도를 낮추는 연구

가 지속적으로 진행되고 있다. 또한 Mori 등[5]은 소둔 처리, 윤활제 및 금형 구조 등을 개선하여 마그네슘 합금 판재의 냉간 디드로잉성을 개선하였다.

본 연구에서는 소둔 처리가 AZ31 상온성형성에 미치는 영향을 고찰하였다. 이를 위하여 스트립 캐스팅 공법으로 제조된 두께가 다른 AZ31 판재를 온도를 달리하여 소둔 처리한 후 기계적, 금속적 특성과 성형성을 평가하였으며, 그 결과를 소둔 미처리 판재와 비교 분석하였다.

2. 실험 절차

2.1 실험 재료

본 연구에서 스트립 캐스팅 공법으로 제조한 후 압연을 거친 1.0t, 1.6t 및 2.0t 두께의 마그네슘 합금 판재 AZ31가 사용되었다. AZ31의 화학 조성은 Table 1에 나타내었다.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소 변형제어연구그룹

2. 부산대학교 기계공학부

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소

변형제어연구그룹, E-mail: daeyong@kims.re.kr

Table 1 Chemical composition of AZ31 (wt%)

Al	Zn	Mn	Si	Mg
2.98	0.75	0.33	0.03	Bal.

2.2 실험 방법

두께가 다른 AZ31 판재를 345°C, 400°C, 450°C에서 1시간 동안 소둔 처리한 후 기계적 물성(인장강도, 경도), 조직, 한계 돔 높이(limit dome height, LDH)을 측정하였다. 인장시험은 범용인장시험기(Instron4206)에서 ASTM-E8M(Fig. 1) 시험편을 이용하여 수행하였다. 표점거리는 25mm이고 인장속도는 1.5mm/min로 하였다. 미세조직은 콜드 마운팅하여 연마 후 적합한 에칭액(Acetic acid 10ml, Picric acid 4.2g, Ethanol 70ml, H₂O 10ml)[6]을 이용하여 관찰하였으며, 500배에서 circle법을 이용하여 결정립 크기를 측정하여 결정립 크기 숫자(grain size number)로 표시 하였다. 또한, 판재의 두께 방향의 중심부에서 Vickers 경도기를 경도 측정하였다. 성형성 평가를 위해서 Erichsen 장비(Fig. 2(a))를 이용하여 LDH를 측정하였다. LDH 시험에서는 그림 Fig. 2 (b)와 같이 직경이 20mm인 펀치와 직경이 55mm인 블랭크를 사용하였으며, 블랭크 가압력을 200kN, 펀치 속도를 0.5mm/s로 하였다.

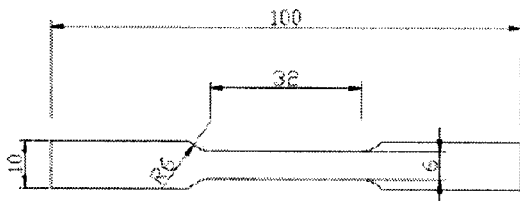


Fig. 1 Specimen for tensile test

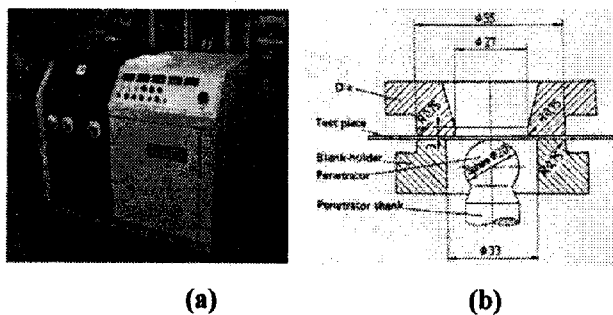
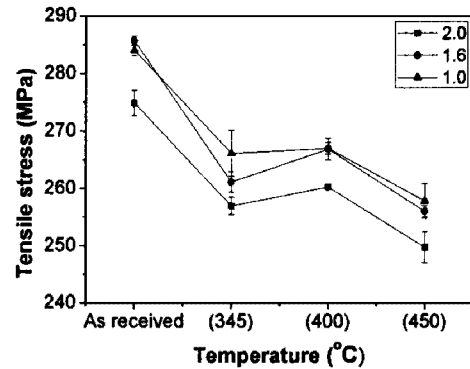


Fig. 2 (a) Erichsen machine (b) Schematic diagram of die set for LDH test

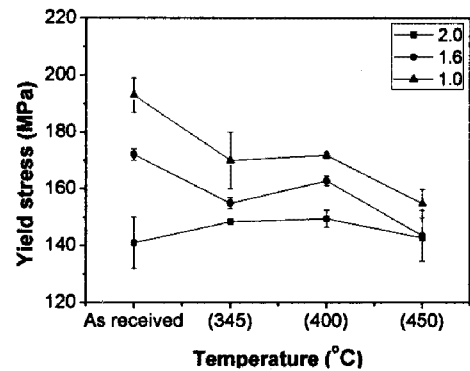
3. 결과 및 토의

3.1 인장 시험

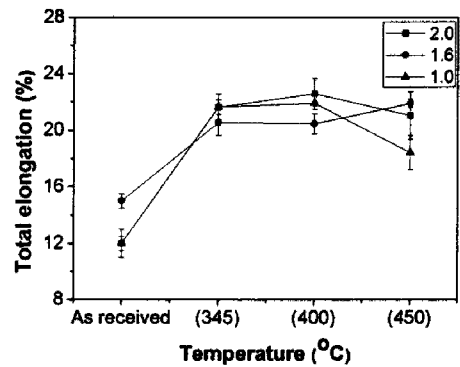
소둔처리 온도와 판재 두께에 따른 항복강도, 인장강도 및 연신율에 대한 결과를 Fig. 3에 나타내었다.



(a)

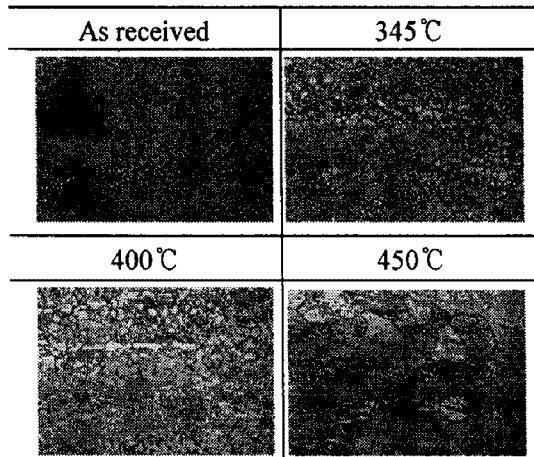


(b)

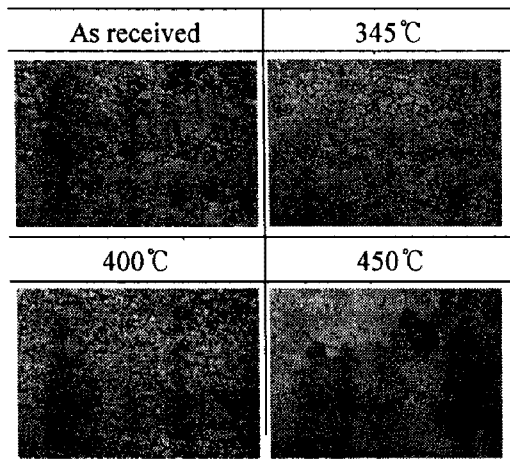


(c)

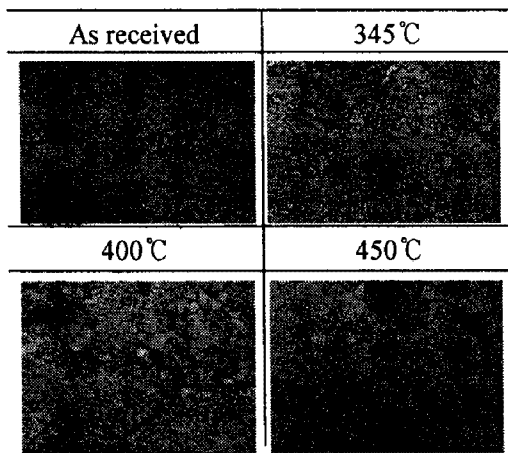
Fig. 3 Hardening properties of annealed AZ31: (a) tensile stress, (b) yield stress and (c) total elongation



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Optical micrographs of microstructures for annealed AZ31: (a) 1.0t, (b) 1.6t and (c) 2.0t

Fig 3(a)에서 보듯이 소둔 처리시 항복강도가 전체적으로 낮아졌으며, 소둔 온도가 높아짐에 따라 항복강도는 전체적으로 감소하는 경향을 보였으나, 400°C에서 항복강도가 다소 증가하다가

450°C에서 다시 감소하였다. 인장강도는 항복강도와 유사한 경향을 보였다(Fig. (b)). 연신율은 소둔 처리 후 상당히 증가하였는데, 소둔 온도에 따른 연신율의 변화는 오차범위 내에서 크지 않았다.

3. 2 미세조직 관찰

소둔처리 온도와 두께별 미세조직을 Fig. 4에 보여주었으며, 결정립 크기는 Fig. 5와 같이 결정립 크기 숫자로 나타내었다. 각각에 대하여 소둔 미처리에 대한 결과를 같이 비교하였다. 소둔 처리시 결정립 크기는 345°C, 400°C에서 큰 변화가 없었지만, 450°C에 재결정으로 인해 조대화 되었다. 두께가 얇을수록 결정립의 크기는 작았으며 이는 압하량 차에서 기인한다.

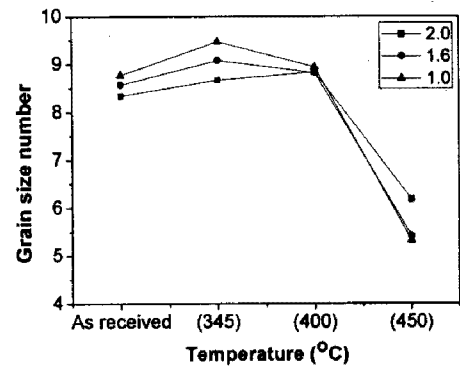


Fig. 5 Grain size number of annealed AZ31

3.3 경도 측정

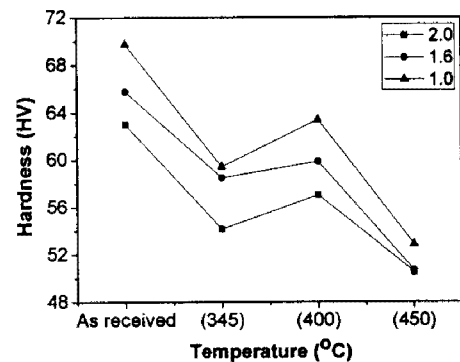


Fig. 6 Vickers hardness of annealed AZ31

소둔처리 온도와 두께별 경도측정 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 소둔 처리 후 경도 값은 전체적으로 감소하였으며, 소둔 처리 온도가 높아질수록 경도값은 전체적으로 감소하는 경향을 보였으

나, 400°C에서 항복강도가 다소 증가하다가 450°C에서 다시 감소하였다. 두께가 얇을수록 경도 값은 높게 측정되었다. 이 경향은 항복강도와 유사하다.

3.4 LDH 측정

Erichsen 장비를 이용한 LDH를 측정한 결과를 Fig. 7과 8에 나타내었다. 소둔 처리를 함에 따른 LDH 값은 상당히 증가함을 보였다. 소둔 온도에 따른 LDH 값의 변화는 오차범위 내에서 크지 않았다.

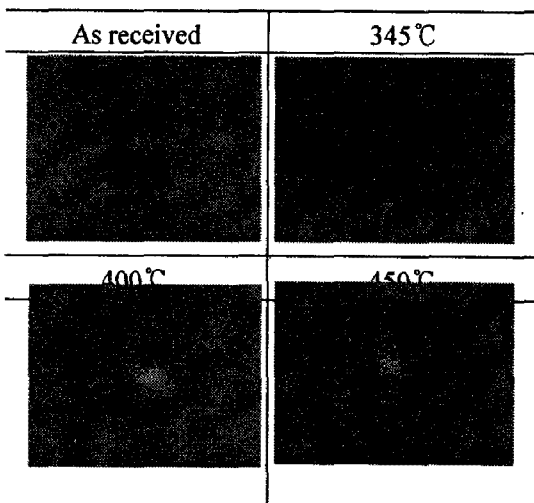


Fig. 7 Experimental results of LDH test

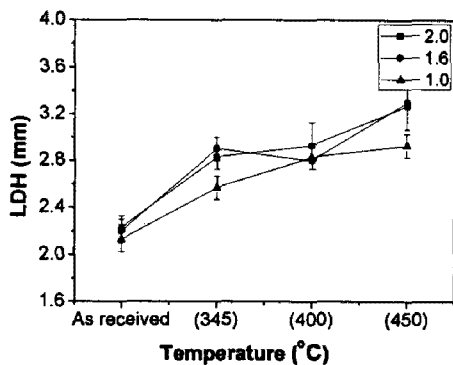


Fig. 8 LDH of annealed AZ31

4. 결론

스트립 캐스팅 공법을 제조한 마그네슘 합금 판재 AZ31를 소둔 처리 온도를 달리하여 기계적, 금속적 특성 및 성형성 평가를 수행하여 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 소둔 처리 후 항복 강도는 전체적으로 증가하였으며, 소둔 온도가 높아짐에 따라 항복강도는 전체적으로 감소하는 경향을 보였으나, 400°C에서 다소 증가하다가 450°C에서 다시 감소하였다. 이는 소둔 처리에 따른 경도 값 또한 같은 경향을 보여 주었다.

(2) 미세조직 관찰 시 345°C, 400°C에서 큰 변화를 볼 수 없었지만 450°C에서 재결정이 일어나 결정립이 조대화 되는 것을 확인하였다.

(3) 소둔 처리 후 LDH 값은 증가하여 성형성이 향상되는 것을 확인하였다. 소둔 온도에 따른 LDH값의 변화는 오차범위 내에서 크지 않는데, 이는 소둔 온도에 따른 연신율 값과 그 경향이 비슷하였다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 부설 재료연구소 기관 고유사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] B. H. Lee, W. Bang, S. Ahn, C. S. Lee, 2006, High temperature deformation behavior of strip cast AZ31 Mg alloy, Proc. Kor. Soc. Tech Plast. Conf., Vol. 19, pp. 251~254.
- [2] H. Fujii, 2002, Precision press forming of magnesium alloy, Press Technol., Vol. 40, pp. 42-45.
- [3] S.H. Kang, Y.S. Lee, J.H. Lee, 2008, Effect of grain refinement of magnesium alloy AZ31 by severe plastic deformation on material characteristics, J. Mat. Procc. Technol., Vol. 201, pp. 436-440.
- [4] K. Iwanaga, H. Tashiro, H. Okamoto, K. Shimizu, 2003, Improvement of formability from room temperature to warm temperature in AZ31 magnesium alloy, J. Mat. Procc. Technol. Vo.155, pp.1313-1316.
- [5] K. Mori, H. Tsuji, 2007, Cold Deep Drawing of Commercial Magnesium Alloy Sheets, In Annals of the CIRP, Vol. 56
- [6] ASM Handbook Volume 9, Metallography and Microstructure, ASM International, Metals Park Ohio, 1990