

성형속도에 따른 AZ31판재의 온간 디프드로잉 성형성 연구

김기덕¹·김홍규[#]·김종덕¹

A Study on the Forming Velocity Effect on the Warm Deep Drawing of AZ31 Sheet

K. D. Kim, H. K. KIM, J. D. KIM

Abstract

Deep drawing of magnesium alloy sheet is conducted at elevated temperatures(200~300°C) to improve the press formability because of low formability at room temperature. Then magnesium alloy sheet formability is known to be very sensitive to the strain rate. In this paper, we conducted warm deep drawing tests of magnesium alloy AZ31 sheet for various punch velocities. We examined the forming velocity effect on the deep drawing formability and the correlation with the tensile test result.

Key Words : Magnesium Alloy, Deep Drawing, Punch Velocity, Formability

1. 서론

마그네슘 합금은 약 1.8의 비중으로 알루미늄, 티타늄에 비해서도 훨씬 가벼운 초경량 소재이면서도 비강도, 전자파 차폐성, 진동 감쇠능, 열전도도 등이 모두 우수한 특성을 갖고 있다. 최근 에너지 절약 및 공해 저감을 위한 자동차 부품 경량화는 물론, 전자제품에서 인체에 대한 전자파 차단 목적에서 마그네슘 합금 제품의 수요가 급증하고 있는 추세이다. 마그네슘 합금은 조밀육방체(HCP) 결정구조로 인해 특히 상온에서 소성가공성이 좋지 않아 주로 액체 상태의 마그네슘을 이용하는 주조 및 다이캐스팅에 의해서 제품이 생산되었으나, 구조용 부품에서의 기계적 강도 저하, 높은 후처리 비용, 초박판 제품 개발의 어려움 등의 이유로 최근 들어 온간 프레스 금형 기술을 적용한 생산 방식이 큰 주목을 받고 있다. 일반적으로 마그네슘 합금은 온도, 가공속도, 윤활 등의 조건에 따라 성형성이 민감하게 달라

지므로 이러한 공정 조건에 따른 재료의 성형성 정보를 정확히 파악하고 이를 성형공정 설계에 면밀히 적용하는 작업이 매우 중요하다.[1-5].

본 연구에서는 마그네슘 온간 성형에서 성형속도가 온간 디프드로잉 성형성에 미치는 영향을 알아보기 위해 다양한 펀치속도에 따른 드로잉 시험을 수행하고 속도별 인장시험 결과와 비교 분석하였다.

2. 프레스 금형 시스템 및 성형 시험

2.1 온간 드로잉 장비 구성

마그네슘 합금 판재의 속도에 따른 온간 디프드로잉 성형성을 실험적으로 고찰하기 위하여 Fig. 1에 보인 것과 같은 금형 내 소재 가열이 가능한 온간 원형킵 디프드로잉 금형을 사용하였다. 소재는 지름 100mm, 두께 0.8mm의 AZ31 판재를 사용하였다. 그 밖의 금형의 펀치 지름, 다이 지름, 클리어런스를 Fig. 2 와 Table 1에 나타내었다.

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀
교신저자: 한국생산기술연구원 정밀금형팀
E-mail:krystal@kitech.re.kr

블랭크의 가열을 위해 다이와 블랭크 홀더에 각각 열선을 삽입하였다. 또한 성형성을 향상 시키기 위해 펀치 내부에 냉각수 유로를 가공하고 15°C의 냉각수를 순환 시켰다. 그리고 디프드로잉에서의 성형성을 향상 시키기 위해 흑연 윤활제를 사용하였다.

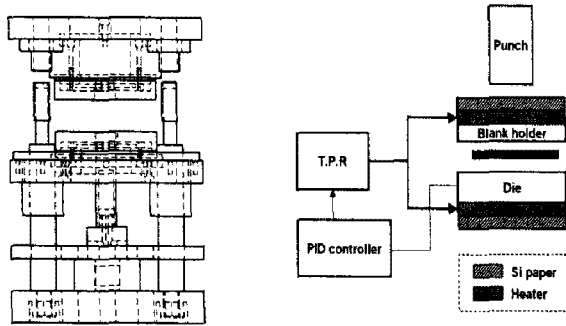


Fig. 1 Warm deep drawing die system

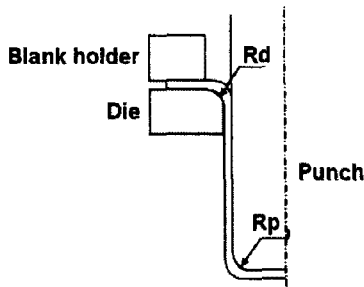


Fig. 2 Geometric parameters of the circular cup drawing die

Table 1 Spec. of the circular cup drawing die

Parameter	Value
Punch radius (Rp)	6.25mm
Die radius (Rd)	6.25mm
Clearance	0.96mm

2.2 온간 디프드로잉 성형 시험 및 결과

본 연구에서 펀치의 속도가 다를 때 한계 드로잉 깊이가 어떻게 변하는지 고찰하고자 하였다. 이를 위해 속도 조절이 가능한 서보프레스 (Komastu, 200ton)를 사용하였다. 다양한 속도를 사용함으로써 성형속도가 드로잉 성형성에 어떤 영향을 미치는지 관찰 할 수 있었다. 본 연구의 온간 드로잉 공정에서 사용된 펀치 모션(40mm 드로잉 기준) 프로파일을 Fig. 3에 나타내었다.

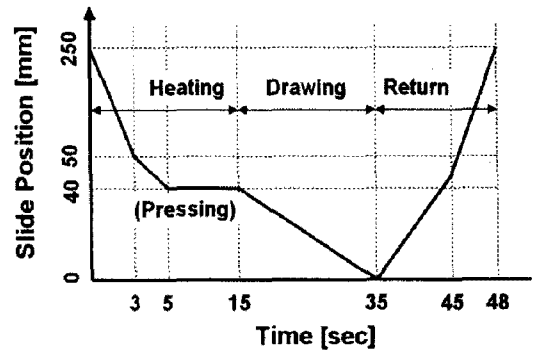


Fig. 3 Servo press motion for warm deep drawing of AZ31 (drawing depth=40mm)

150, 250°C 각 온도에서 온간 디프드로잉 성형 시험을 수행하였다. 블랭크 홀더의 가압장치로는 공압에 의한 다이쿠션을 사용하였다. 성형 속도는 서보프레스의 최대 속도(100%)기준에서 상대적으로 설정하여 사용하였다.

150°C에서는 BHF(블랭크 가압력) 5KN에서 펀치속도를 1%에서 5%까지 증가 시키며 드로잉 시험하였다. 그에 따른 성형 깊이 변화를 Fig. 4에, 성형 후 시편의 모습을 Fig. 5에 나타내었다. 펀치속도가 증가함에 따라 한계 드로잉 깊이가 감소함을 볼 수 있었다.

250°C에서는 BHF 7.5KN을 사용하였는데 이것은 BHF 5KN의 경우 성형성의 차이가 거의 없었기 때문이다. 펀치속도는 1%에서 50%까지 증가 시키며 드로잉 시험하였다. 그에 따른 성형 깊이 변화를 Fig. 6에, 성형 후 시편의 모습을 Fig. 7에 나타내었다. 결과를 보면 펀치 속도가 15% 이하에서만 40mm까지 성형 가능함을 알 수 있었고, 역시 펀치속도가 증가함에 따라 한계 드로잉 깊이가 감소함을 볼 수 있었다.

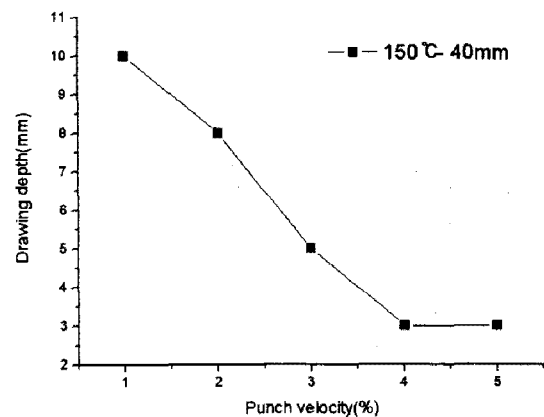


Fig. 4 Drawing depths at various velocities at 150°C

3. 속도별 인장시험과의 비교

펀치 속도에 따른 온간드로잉 성형성을 재료의 특성과 비교하기 위하여 속도별, 온도별 인장시험을 실시 하였다. 시편은 ASTM E8(sub size)의 규격에 따라 제작하였고, 압연방향 기준으로 0°, 45°, 90°방향에서 시편을 가공하였다. 시험속도는 0.1, 0.64, 4mm/sec로 하였다. 실험에서 얻어진 150°C, 250°C 에서의 Stress-Strain곡선들을 세 방향에 대해 평균하면 Fig. 8과 같다. 인장시험에서 시편 파단시의 변형율도 세 방향에 대해 평균하여 Fig. 9 나타내었는데 시험속도가 증가 할 수록 파단 변형율이 감소함을 볼 수 있었다.

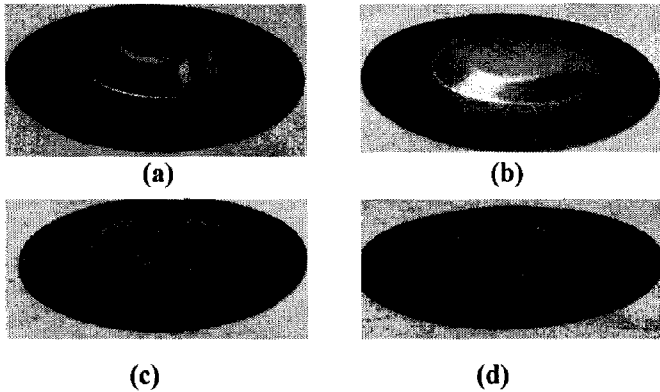


Fig. 5 (a)150°C-8mm-2% (b) 150°C-5mm-3%
(c) 150°C-3mm-4% (d) 150°C-3mm-5%

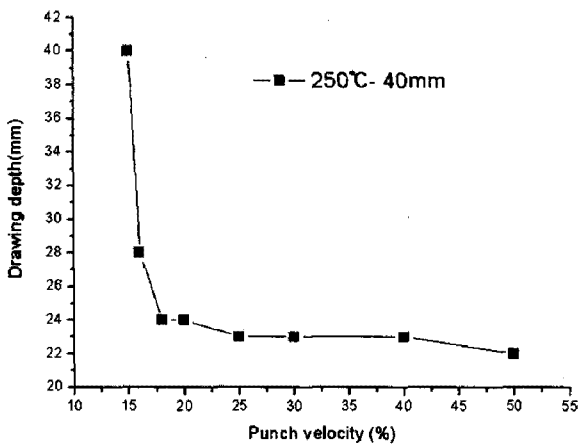


Fig. 6 Drawing depths at various velocities at 250°C

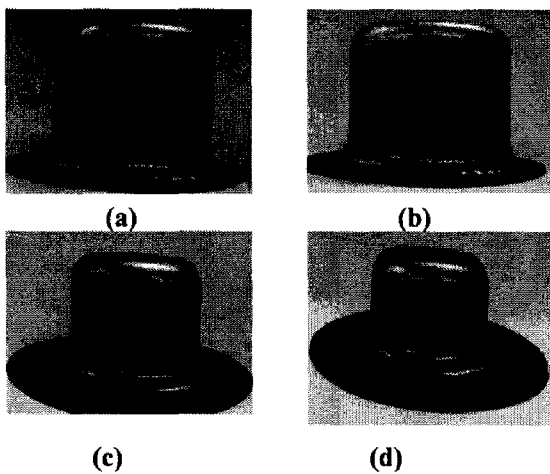


Fig. 7 (a)250°C-40mm-1% (b) 250°C-40mm-15%
(c) 250°C-28mm-16% (d) 250°C-22mm-50%

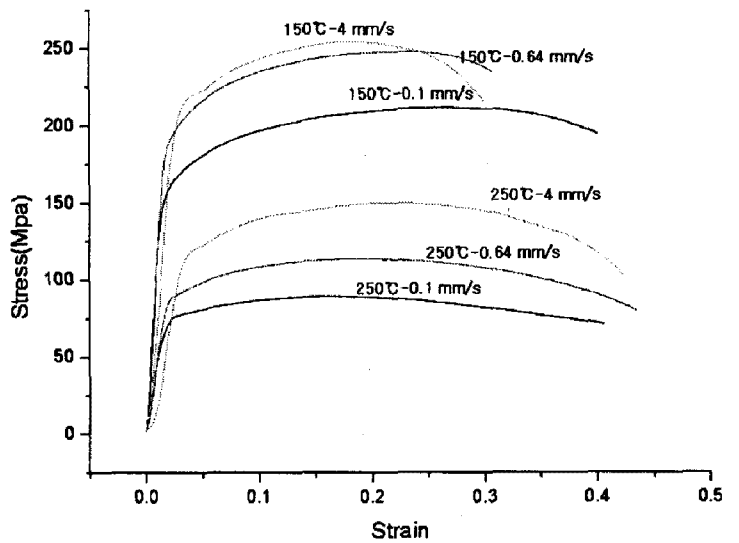


Fig. 8 Stress-Strain curves at various velocities

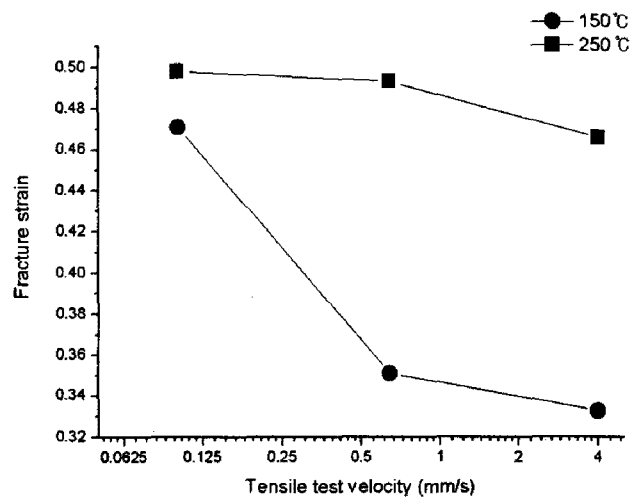


Fig. 9 Relation between fracture strain and tensile test velocity

4. 결론

본 연구에서는 마그네슘 합금 AZ31판재의 온간 드로잉에서 나타나는 편치속도에 따른 성형성을 고찰하고자 하였다. 그 결과 다음을 알 수 있었다.

(1) 편치속도가 증가함에 따라 파단이 발생하는 한계 드로잉 깊이가 감소하였다. 그러나 250℃에서와 같이 온도에 따른 성형성이 충분히 확보되면 편치속도가 증가하여도 어느 수준 이상의 드로잉 깊이가 가능하였다.

(2) 속도에 따른 인장시험 결과와 비교하면 속도에 따른 성형성의 경향은 유사하였다.

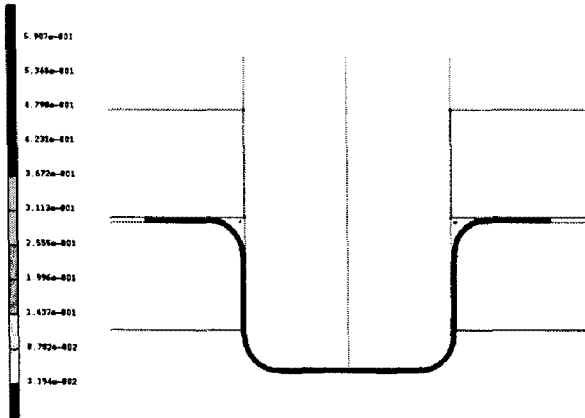


Fig. 10 FEM simulation of warm deep drawing process

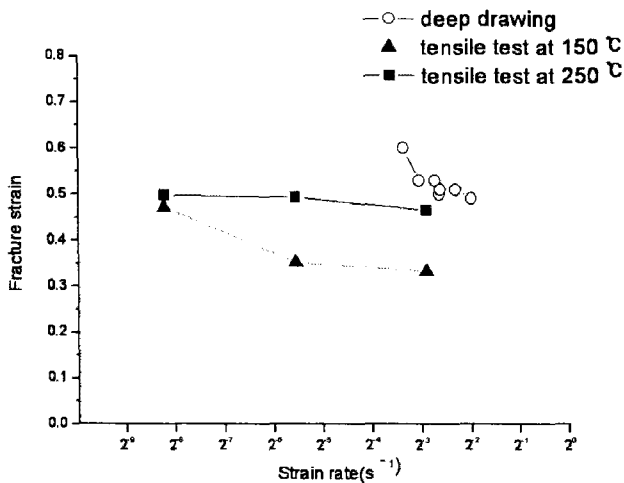


Fig. 11 Relation between fracture strain and strain rate

드로잉 시험에서 파단 시점에 컵에 발생하는 파단 변형률과 변형률 속도의 값을 알 수 있으면 인장시험에서 얻은 속도에 따른 파단 변형률 결과와 비교 할 수 있다. 이를 위해 Fig. 10에 보인 것과 같이 250℃ 조건에서 드로잉 공정의 유한 요소 성형해석을 수행하였다. 성형해석 결과에서 Fig. 6에 나타낸 실제 파단시점의 최대 변형률과 그 위치에서의 변형률 속도 값을 추출하였다. 그리고 인장시험 결과인 Fig. 9의 250℃ 결과를 변형률과 변형률 속도의 관계로 환산하였다. 이렇게 하여 드로잉 시험과 인장시험에서 나타난 파단 변형률의 변형률 속도에 따른 변화를 Fig. 11에 비교하여 나타내었다. 결과를 보면 대체적인 경향은 유사함을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 “2010 생산기반혁신기술개발사업”의 “경량판재 프레스성형부품화 기반기술 개발” 과제의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 박진기, 김영석, T. Kuwabara, 유봉선, 2005, AZ31 마그네슘 합금 판재의 소성변형특성, 한국소성가공학회지, 제14권, 제6호, pp. 520~526.
- [2] 김홍규, 김종덕, 2006, 고체 윤활제를 사용한 마그네슘 합금 AZ31 판재 온간 디프드로잉의 성형성 평가, 한국소성가공학회지, 제 15 권, 제 6 호, pp.453-458.
- [3] 김홍규, 김기덕, 2007, AZ31 판재의 온간 사각 컵 디프드로잉에서 금형 설계에 대한 성형성 민감도의 평가, 한국소성가공학회지, 제16권, 제2호, pp.120-125.
- [4] E. Doege, K. Droder, 2001, Sheet metal forming of magnesium wrought alloys-formability and process technology, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 115, pp. 14~19.
- [5] F.K. Chen, T.B. Huang, 2003, Formability of stamping magnesium-alloy AZ31 sheets, J. Mat. Proc. Tech., Vol.142, pp.643-647.