

AZ31B 마그네슘합금 판재의 고온 스프링백 특성

최선철¹, 이한수¹, 김형종², 이경택³, 김현영[#]

Springback Characteristics of AZ31B Magnesium Alloy Sheet at Elevated Temperature

S. C. Choi, H. S. Lee, H. J. Kim, K. T. Lee and H. Y. Kim

Abstract

The effect of process parameters on springback of AZ31B magnesium alloy sheet was investigated by performing 2D draw bending test at the elevated temperatures. And also the springback characteristics were studied different blank holding forces between 30 to 250 kgf. Springback was considerably reduced at higher temperatures than 200°C. The blank holding force in the range used, however, had little influence on springback in isothermal tests. For a given temperature, springback decreased with increasing blank holding force in non-isothermal tests.

Key Words : AZ31B Magnesium Alloy Sheet(AZ31B 마그네슘 합금 판재), Springback(스프링백), 2D Draw Bending(2D 드로벤딩)

1. 서론

최근 마그네슘은 경량소재로 주목 받으며 산업 전반에 걸쳐 관심이 높아지고 있다. 하지만 조밀 육방정(HCP) 구조로 상온에서 소성가공 능력이 현저히 떨어져 온·열간 프레스가공 등 성형방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 국내외에서 수행된 주요 연구들을 요약해 보면 다음과 같다.

김현영 등[1]은 AZ31B 마그네슘합금 판재에 대하여 냉간 드로벤딩 시험을 통해 스프링백 특성을 연구하였고, 이명규 등[2]은 같은 소재에 대한 구성식을 제안하였다. 또한, 동일한 소재에 대하여 최선철 등[3]은 온·열간에서 성형한계도 및 스프링백 특성을 연구한 바 있다. Chen 등[4]이 AZ31 마그네슘 합금 판재에 대하여 원추형 컵(conical cup) 시험 및 V-벤딩 시험 등으로 성형성

을 평가하였으며, Bruni 등[5]은 에어벤딩(air bending) 시험으로 온도에 따른 스프링백 특성을 연구하였다. 온·열간 디프드로잉 실험을 통한 성형성 평가 연구는 국내외적으로 다양하지만, 스프링백에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

프레스가공에서 스프링백은 제품 성형 후 탄성회복에 의해서 발생되는데, 치수 정밀도, 조립 및 외관에 영향을 미쳐 오래 전부터 이에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 2D 드로벤딩 시험은 스프링백의 특성 규명과 정량적 분석을 위하여 NUMISHEET '93[6]에서 벤치마크 문제로 제시하였던 모델로, 형상에 의한 구속이 없어 매우 큰 탄성회복을 유발하며, 다양한 하중조건에서 시험이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 2D 드로벤딩 시험을 통해 AZ31B 마그네슘합금 판재의 스프링백 특성을 평가하고자 한다.

1. 강원대학교 대학원 기계·메카트로닉스 공학과

2. 강원대학교 기계·메카트로닉스 공학부

3. ㈜ 오스텔 기술연구소

교신저자: 강원대학교 기계·메카트로닉스 공학부,

E-mail: khy@kangwon.ac.kr

2. 2D 드로벤딩 시험

본 연구팀은 선행 연구[3]를 통해 열간성형시험기를 소개한 바 있다. 여기에 본 시험과 같이 30~250kgf 정도의 작은 블랭크홀딩력(blank holding force, BHF)을 제어하기 위해 추가적으로 2ton 로드셀 및 장치를 설계·제작하였다. 추가 장치 및 드로벤딩 금형이 장착된 열간성형 장비의 사진을 Fig. 1에 나타내었다.

실험에 사용한 소재는 두께 1.0mm의 AZ31B 마그네슘합금 판재이다. 금형의 주요 치수 및 형상은 선행 연구와 동일하며, 시편은 길이(압연방향) 350mm, 폭 35mm의 직사각형 형상을 사용하였다. 블랭크홀딩력은 30, 50(비등온시험은 60), 120 및 250kgf를 주었으며, 온도는 금형에 삽입한 카트리지를 직접 가열하는 방법으로 25, 100, 200, 250 및 300°C로 설정하였다. 펀치 속도 및 행정은

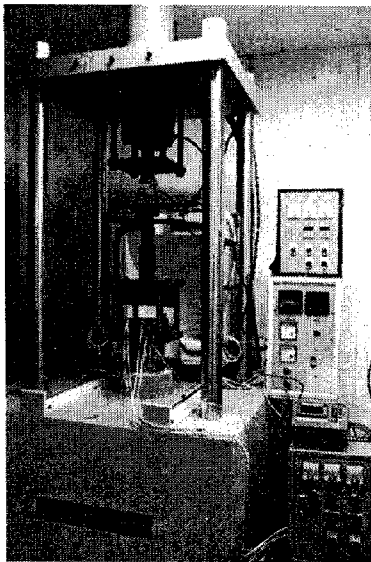


Fig. 1 Hot formability testing equipment

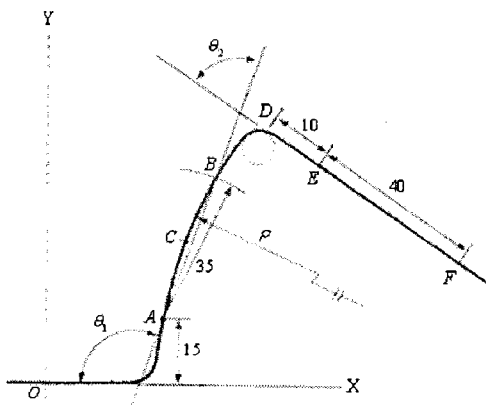


Fig. 2 Definition of the springback parameters

모든 시험에서 동일하게 1.0mm/s, 70mm로 하였다. 시험은 상·하 금형과 펀치를 모두 같은 온도로 가열하는 등온시험과 상·하 금형만 가열하고 펀치는 가열하지 않는 비등온시험으로 나누어 진행하였다. 스프링백 각도는 시편을 스캔한 후 AutoCAD를 사용하여 Fig. 2에 표시한 NUMISHEET '93 규정에 따라 측정하였다.

3. 결과 및 토론

3.1 등온시험

등온시험은 다이, 블랭크홀더 및 펀치의 온도를 각각 제어하여 동일하게 설정한 온도가 되었을 때 실시하였다. Fig. 3은 성형 후의 시편 사진을 온도별로 분류한 것이며, 스프링백 양을 나타내는 각도를 측정할 결과는 Table 1에 정리하였다. 온도와 BHF에 따른 스프링백의 경향을 살펴보기 위하여 각도-BHF 및 각도-온도 그래프를 Fig. 4, 5에 도시하였다.

BHF가 작을수록 스프링백이 커지는, 즉 θ_1 은 커지고 θ_2 는 작아지는 경향을 보이는 것이 일반적이거나, 본 시험에 사용한 마그네슘합금 판재의 경우 이와는 다소 다른 특징을 보이고 있다. 25°C의 경우 BHF가 커질수록 θ_1 , θ_2 가 모두 증가하였으나, 100°C의 경우에는 반대로 BHF가 커질수록

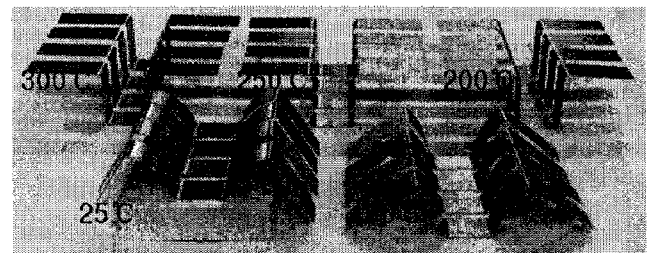
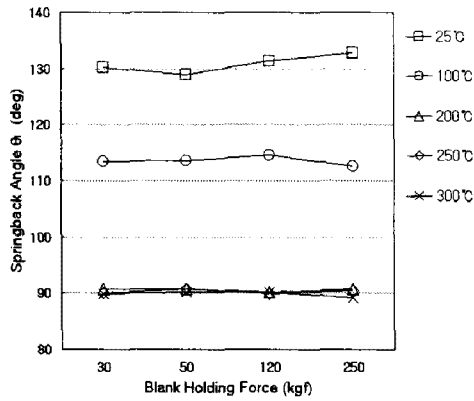


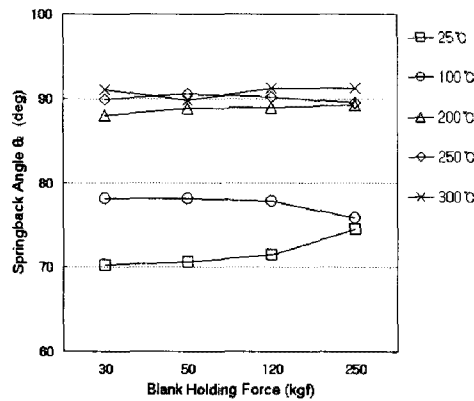
Fig. 3 Photograph of the 2D draw bending specimens in isothermal tests

Table 1 Measured value of springback angles for isothermal tests

BHF	Angle	25°C	100°C	200°C	250°C	300°C
30 kgf	θ_1	130.2	113.5	90.7	90.1	89.9
	θ_2	70.3	78.1	87.9	89.9	91.0
50 kgf	θ_1	128.9	113.6	90.8	90.7	90.2
	θ_2	70.6	78.1	88.8	90.6	89.8
120 kgf	θ_1	131.4	114.6	90.2	89.9	90.1
	θ_2	71.7	77.9	89.0	90.2	91.2
250 kgf	θ_1	132.8	112.6	90.7	90.4	89.1
	θ_2	74.5	75.8	89.2	89.5	91.3



(a) Springback angle θ_1



(b) Springback angle θ_2

Fig. 4 Variation of the springback angles with BHF in isothermal tests

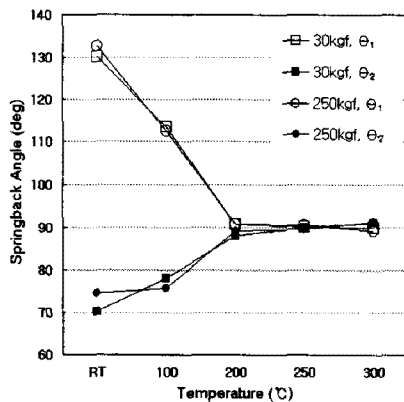


Fig. 5 Variation of the springback angles with temperature in isothermal tests

록 θ_1 , θ_2 가 모두 감소하여, 전체적인 양은 감소하였다. 이는 상온에서 특정 하중까지는 스프링백이 증가하다가 그 이상에서는 감소한다는 김현영 등[1]의 연구 결과와 비슷한 현상으로 해석된다. 한편, 200°C 이상의 경우는 BHF에 관계없이 스프

링백은 거의 나타나지 않고 있다.

3.2 비등온시험

비등온시험은 다이와 블랭크홀더만 일정한 온도로 가열하고 펀치는 가열하지 않은 상태로 실시하였다. 이 시험은 디프드로잉에서 성형성을 극대화하기 위하여 펀치를 오히려 냉각시키는 경우를 고려하여 이 때의 스프링백 특성을 조사하는데 그 목적이 있다. 다이와 블랭크홀더의 온도는 200°C, 250°C, 300°C 등 3 가지로 설정하였으며, 각 경우 펀치 온도는 100°C, 110°C, 120°C 를 유지하도록 하였다. 시험 도중 열전도로 인하여 펀치 온도가 약간 상승하므로 설정한 온도까지 내려갈 때까지 기다렸다가 다음 시험을 진행하였다.

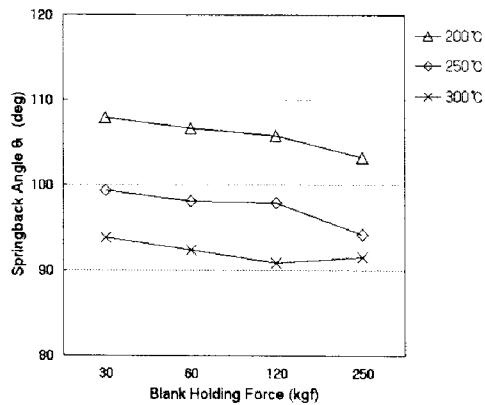
성형 후의 시편 사진은 Fig. 6 에 나타내었으며, 측정 결과는 Table 2 에 정리하였다. Fig. 7 과 Fig. 8 은 각각 BHF 와 온도에 따른 스프링백각의 변화를 도시한 그래프이다. Fig. 7 로부터 BHF 가 증가할수록 θ_1 은 감소하고 θ_2 는 증가하는 스프링백 감소 현상을 등온시험에 비하여 뚜렷하게 확인할 수 있다. 또한, Fig. 6 과 Fig. 8 에서 보는 바와 같이 200°C 이상의 고온에서도 온도가 높을수록 스프링백이 상당히 감소하는, 등온시험에서와 매우 다른 결과를 얻었다. 따라서 펀치를 가열하지 않거나 적극적으로 냉각하는 방법을 통하여 성형성을 높이는 공정을 택할 경우에는 등온공정에서와 달리 고온에서의 스프링백을 무시할 수 없을 것으로 판단된다.



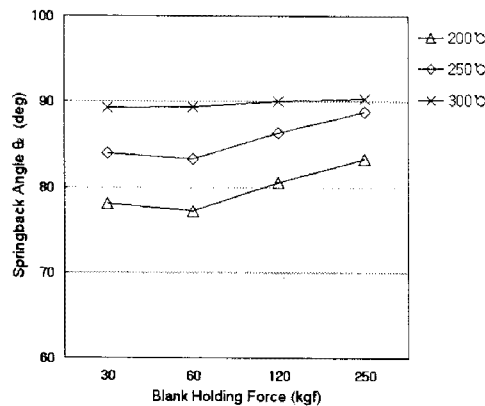
Fig. 6 Photograph of the 2D draw bending specimens in non-isothermal tests

Table 2 Measured value of springback angles for non-isothermal tests

	Angle	200/100°C	250/110°C	300/120°C
30 kgf	θ_1	107.9	99.4	93.8
	θ_2	78.0	83.9	89.3
60 kgf	θ_1	106.7	98.1	92.4
	θ_2	77.2	83.2	89.4
120 kgf	θ_1	105.8	97.9	90.9
	θ_2	80.5	86.3	90.1
250 kgf	θ_1	103.2	94.2	91.5
	θ_2	83.3	88.8	90.3



(a) Springback angle θ_1



(b) Springback angle θ_2

Fig. 7 Variation of the springback angles with BHF in non-isothermal tests

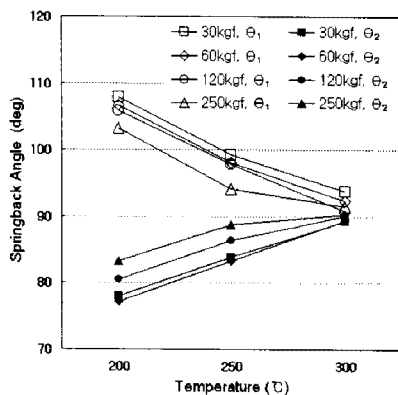


Fig. 8 Variation of the springback angles with temperature in non-isothermal tests

4. 결론

본 연구에서는 2D 드로벤딩 시험을 통하여 AZ31B 마그네슘합금 판재의 고온 스프링백 특성을 실험적

으로 평가하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 다이, 블랭크홀더 및 펀치를 일정한 온도로 가열하는 등온시험의 경우, 정도는 미미하지만 BHF가 커질수록 25°C에서는 스프링백이 증가하였고, 100°C에서는 감소하였다. 200°C 이상에서는 스프링백의 영향이 거의 나타나지 않았다.

(2) 펀치를 가열하지 않는 비등온시험의 경우, 200°C 이상에서도 스프링백이 상당량 발생하였으며, BHF가 커질수록 온도가 높을수록 스프링백은 감소하였다.

(3) 펀치를 냉각하여 성형성을 극대화하고자 하는 공정의 경우에는 특히 본 연구 결과가 고온에서의 스프링백을 예측하는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 국제공동기술개발사업(과제번호: 10028109)의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 아울러 많은 도움을 주신 관계자 분들께 깊은 감사를 표합니다.

참고 문헌

- [1] 최종길, 김현영, 이명규, 2007, AZ31B 마그네슘 합금 판재에 대한 드로우벤딩 시험과 스프링백 측정, 한국소성가공학회 춘계학술대회, pp. 302-305.
- [2] 이명규, 정관수, 김현영, 2007, AZ31B 마그네슘 합금 판재의 구성식 개발, 한국소성가공학회지, 제 16권, 제4호, pp. 234-238.
- [3] 최선철, 이한수, 이경택, 김형중, 김현영, 2007, AZ31B 마그네슘 합금판재의 온간 성형한계도 및 스프링백 특성 시험, 한국소성가공학회지, 제16권, 제5호, pp. 364-369.
- [4] F. K. Chen, T. B. Huang, 2003, Formability of stamping magnesium-alloy AZ31 sheets, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 142, pp. 643-647.
- [5] C. Bruni, A. Forcellese, F. Gabrielli, M. Simoncini, 2006, Air bending of AZ31 magnesium alloy in warm and hot forming conditions, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 177, pp 373-376
- [6] A. Makinouchi, E. Nakamachi, E. Onate, R. H. Wagoner, 1993, NUMISHEET '93