

마그네슘 판재 온간 뒤틀드로잉성에서의 속도의존성

박현양¹ · 이항수[#]

Dependency on the forming speed at the warm forming of magnesium sheet

H. Y. Park , H. S. Lee

Abstract

This study is concerned with deep drawability of magnesium sheets(AZ31B) at the warm conditions. Especially the dependency on forming speed has been investigated at the temperature of 200°C and 300°C. Deep drawing test has been carried out at the temperature of 200°C and 300°C. The die and blank holder are kept at test temperature by local heating and the punch is kept at room temperature by cooling technique. The magnesium sheets called AZ31B with the thickness of 0.5mm have been applied to deep drawing of circular cup. The drawability has been estimated at the conditions of forming speed (0.1, 1, 10 mm/sec). The results of deep drawing experiments show that the drawability is better at 300°C. Also the deep drawability is improved at the low speed(1mm/sec).

Key Words : AZ31B Magnesium Sheet, Deep drawing, Drawing Ratio, Forming speed

1. 서론

마그네슘 합금의 경량성으로 인하여 전자제품의 케이스로서 휴대폰, 노트북 등의 IT 제품의 외장재로서 많이 적용되고 있으며, 제조방법으로는 다이캐스팅 등의 주조방법을 널리 활용하고 있다. 그러나 이들 제품의 경우 0.3~1.2mm 정도의 박육화를 요구하고 있어 성형불량 및 주조결함 등으로 불량률이 높아져 수익성이 떨어진다. 이에 액상성형이 아닌 판재 성형을 통하여 제품을 성형시키는 방법이 대안으로 제안되고 있다.[1].

그러나 마그네슘합금은 상온에서는 성형하기가 매우 어려운 조직구조(HCP)를 갖고 있다. 상온에서의 마그네슘은 자유롭게 변형되기 위한 충분한 슬립계(slip system)를 가지지 못하고, 비저면(nonbasal) 슬립의 임계분해 전단응력(critical resolved shear stress)이

저면(basal) 슬립에 비해 매우 커서, 작동하기가 쉽지 않기 때문에 성형성이 좋지 않다. 즉, 임의의 변형을 하기 위해 필요한 5 개의 독립적인 슬립계의 작동이 상온에서는 어렵다. 하지만 최근의 연구에 의하면 약 200~300°C 온도에서 온간 성형하면, 저면 슬립 외에 비저면 슬립이 활성화 되어 5 개 이상의 슬립계가 작동할 수 있기 때문에 성형성이 개선된다고 보고되고 있다[2]. 이러한 마그네슘 합금 판재의 성형성을 향상시키기 위한 연구들이 계속되고 있으며, 본 연구에서도 현재 상용되고 있는 AZ31B 합금을 연구평가 대상으로 하였다.

드로잉성에 영향을 미치는 인자들 중 BHF(Blank Holding Force), 윤활 등의 공정 인자들을 고정하고, 온도와 드로잉 속도의 상관관계를 확인하였다. 마그네슘 합금의 온도에 따른 속도 의존성을 고찰하여 마그네슘 합금의 온간 프레스성형 시 성형조건 선정에 활용할 수 있도록 하기 위함이다.

1. 한라대학교 정보산업대학원

교신저자: 한라대학교 기계자동차공학부

E-mail: hslee@halla.ac.kr

2. 실험

2.1 딥드로잉 성형시험

본 실험에서 사용된 마그네슘 판재 AZ31B는 미국의 Magnesium Elektron North America, Inc. 에서 제작한 두께 0.5t 판재로서 조성 성분은 Table 1 과 같다.

Table 1 Chemical composition (wt%) of magnesium alloy sheet(AZ31B)

| Al | Mn | Zn | Si |
|-------|--------|--------|------------------|
| 3.1 | 0.41 | 1.0 | 0.01 |
| Cu | Na | Fe | Others Total Max |
| <0.01 | <0.001 | 0.0023 | 0.3 |

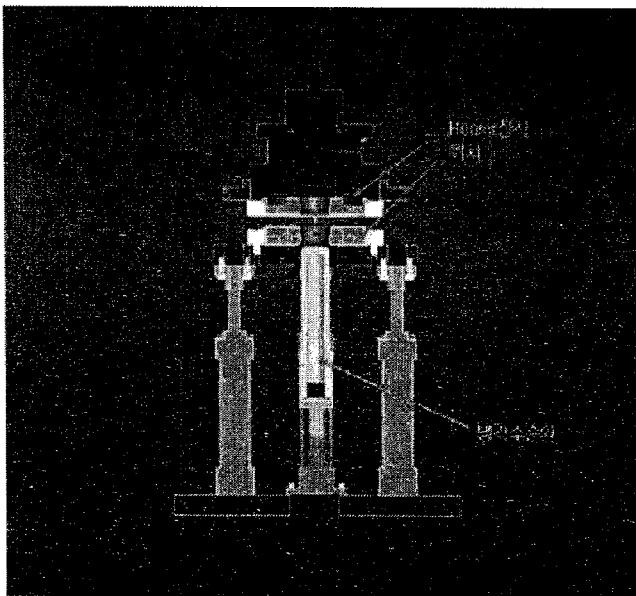


Fig. 1 Schematic diagram of deep drawing equipment at warm condition

온간 드로잉 시험을 위한 금형장치를 Fig. 1 에 나타내었다. 히터를 이용하여 다이 및 블랭크 홀더를 가열하고 냉각수를 순환시켜 펀치를 냉각할 수 있는 구조로 구성되어 있다[3]. 블랭크 하중을 유지하기 위하여 지름이 50mm 인 공압 실린더 4 개를 설치하였으며, 컨트롤이 용이하도록 3 위치 방향제어(closed center) 밸브를 사용했다. 또한 공압라인에 레귤레이터와

니들밸브를 설치하여 일정한 압력이 작용하도록 하였다.

온간 딥드로잉시 마찰을 줄이고 열변형을 방지하기 위해서 STD61 종에 경질크롬 도금 처리한 금형을 사용하였으며, 속도제어가 용이하도록 MTS 사의 고온 만능 재료시험기에 장착하여 실험하였다. 윤활제로는 300℃까지 견딜 수 있는 테프론을 사용하였으며[4], 드로잉 속도를 0.1mm/sec, 1mm/sec, 10mm/sec 의 3 단계로 실험하여 온도와 속도의 의존성을 검토하였다. 전체실험장치를 Fig 2 에 나타내었다.

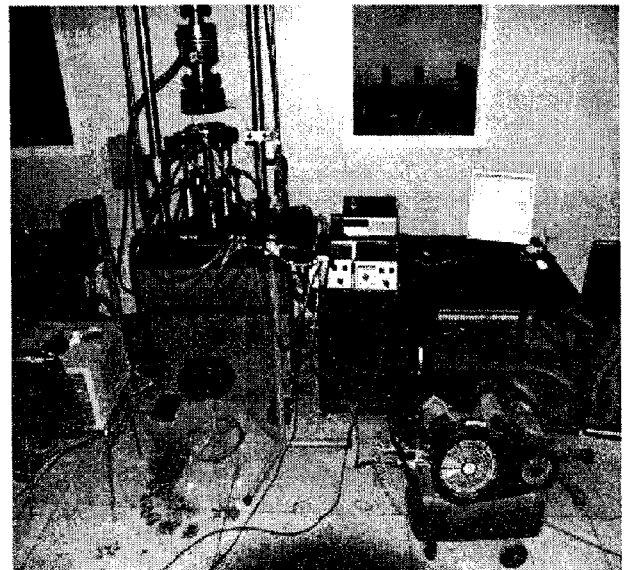

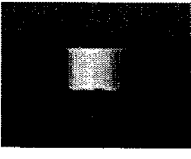
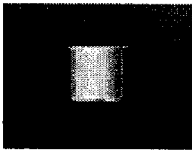
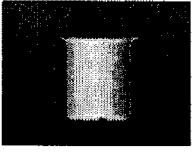
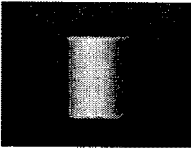
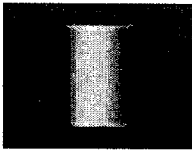


Fig. 2 General view of experimental setup

2.2 드로잉 형상 및 실험 조건의 설정

원형 컵형상의 드로잉 실험이 수행되었다. 소재의 두께는 0.5mm 로 하였으며 형상의 직경은 50mm 로 하였다. Fig. 3 은 드로잉비에 따르는 컵형상을 나타낸 그림이다. 목표로 하는 형상의 드로잉비(DR)는 2.0~3.0 까지이다.

Table 2 Drawing shape designed

| | | |
|--|---|---|
| DR=2.0 | DR=2.2 | DR2.4 |
| H(성형깊이)=32mm | H(성형깊이)=42mm | H(성형깊이)=54mm |
|  |  |  |
| DR=2.6 | DR=2.8 | DR3.0 |
| H(성형깊이)=66mm | H(성형깊이)=79mm | H(성형깊이)=93mm |
|  |  |  |

3. 결과 및 고찰

블랭크홀딩력은 특별히 이론적으로 정하기 어려운 변수이다. 따라서 본 연구에서는 예비실험으로 블랭크홀딩력을 조절해 가면서 적절한 블랭크홀딩력을 정하였다. 그 결과 BHF= 4.0KN을 기본 변수로 설정하였다. 특히 200℃의 경우 4.0KN이하에서는 주름발생이 심하여 실험장치가 조절할 수 있는 4.0KN을 블랭크 홀딩력으로 실험하였다.

3.1 200℃에서의 실험결과

Fig. 4 는 200℃에서 블랭크별로 드로잉속도를 다르게 한 결과를 나타낸다. 그림에서 ●는 성공적으로 성형된 시편을, ○는 주름이 발생하였으나 성형된 시편을 나타낸다. △는 주름발생으로 더 이상 성형이 곤란한 경우를 나타내며 ×는 파단에 의한 결함을 나타낸다. Fig. 3 에 판단 기준을 나타내었다. 드로잉비(DR)가 2.0인 경우에는 전체적으로 양호한 결과를 보여주고 있으며 DR=2.2 및 DR=2.4 인 경우에는 속도가 빠른 경우 플랜지 주름이 심해져서 더 이상 성형이 불가능하였다. DR=2.6인 경우에는 속도를 빠르게 하면 주름심화에 의한 파단현상이 발생하고, 속도를 느리게 했을 때 플랜지부의 파단이 발생하였다.

이 결과로부터 DR=2.6인 경우에는 파단과 주름이 동시에 발생했다고 볼 수 있다. 따라서 LDR은 2.6미만으로 추측된다.

3.2 300℃에서의 실험결과

Fig. 5 는 300℃에서의 온간드로잉 실험결과를 나타낸다. 앞에서와 마찬가지로 ●는 성공적으로 성형된 시편을, ○는 주름이 발생하였으나 성형된 시편을 나타낸다. △는 주름발생으로 더 이상 성형이 곤란한 경우를 나타내며 ×는 파단에 의한 결함을 나타낸다. 200℃에서와 같이 BHF를 4.0KN으로 실험을 수행 하였는데 DR=2.2 까지는 양호하게 성형되었다. 그러나 DR=2.4인 경우에는 성형이 불량하게 되어 오히려 200℃의 경우보다도 성형이 곤란하였다. 온도가 높을 경우 재료의 Flow stress가 낮아져서 주름보다는 파단이 쉽게 발생한 것으로 보여진다. 따라서 300℃의 경우에는 BHF를 낮추어 성형성을 판단할 필요가 있다. 본 연구에서는 몇 번의 예비시험 끝에 BHF=2.5KN으로 설정하여 실험을 추가하였다. 그 결과 DR=2.4인 경우에는 전체적으로 양호한 결과를 얻었으며 DR=2.6, 2.8인 경우, 펀치속도가 10mm/s인 경우에는 주름이 발생하였고, 낮은 속도(1mm/s, 0.1mm/s)일 때만 성형이 완료된 상태를 확인하였다.





| | | | |
|---|--|---|---|
| ● (Excellent) | ○ (Good) | △ (Wrinkle) | × (Failure) |
|  |  |  |  |

Fig. 3 The criteria for the formed grade of drawn cup






| | | |
|---|---|---|
| DR=2.0 | DR=2.2 | DR=2.4 |
|  |  |  |
| DR=2.6 | DR=2.8 | |
|  |  | |

Fig. 4 Specimens of drawn cup in each DR at 200℃

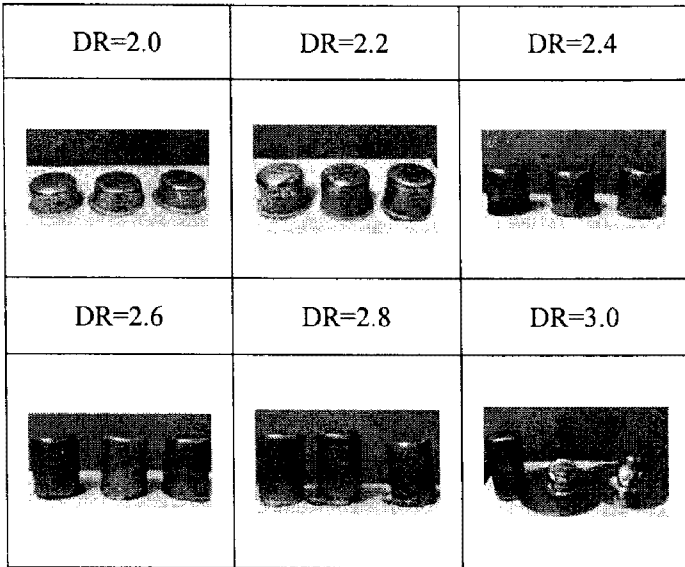


Fig. 5 Specimens of drawn cup in each DR at 300 °C

3.3 종합결과 분석

Fig. 6 에서 보면 200 °C에서는 DR=2.4 부근이 한계이며 300 °C에서는 DR=3.0 부근이 한계임을 알 수 있다. 즉, 200 °C에서의 LDR=2.4, 300 °C에서의 LDR=3.0 이라고 할 수 있다. 그러므로 AZ31B 재의 온간성형에서 온도의 영향은 쉽게 파악된다. 200 °C보다는 300 °C에서의 성형한계가 훨씬 높음을 알 수 있다. 한편 속도의 영향을 보면 전반적으로 성형속도가 낮은 경우 성형성이 좋아진다. 그러한 경향은 200 °C보다는 300 °C에서 더 확연히 나타나는데, 이는 고온으로 갈수록 기저면 슬립계의 활성화 효과가 커져서 초소성 효과가 나타난 것으로 사료된다.

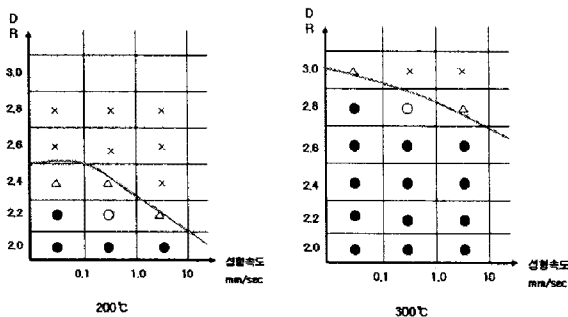


Fig. 6 Effect of the drawing speed and temperature

4. 결론

본 연구에서는 판재성형에 쓰이는 대표적 마그네슘합금인 AZ31B 에 대하여 온간에서의 드로잉성을 고찰 하기위해 드로잉실험을 하였으며 온도에 따른 드로잉성의 차이와 속도의존성을 고찰하였다. AZ31B 마그네슘 합금 판재는 200 °C에서의 LDR 은 2.4 였고, 300 °C에서의 LDR 은 3.0 이었다. 그러므로 AZ31B 마그네슘 합금 판재의 온간성형에서 온도가 300 °C에서의 성형한계가 훨씬 높음을 알 수 있다. 한편 속도의 영향은 속도가 낮은 경우 성형성이 좋아졌다. 이러한 특성은 200 °C보다는 300 °C에서 더 확연히 나타났는데 이는 고온으로 갈수록 기저면 슬립계의 활성화 효과가 큰 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] E. Doege, K. Dröder, 2001, sheet metal forming of magnesium wrought alloys-formability and process technology, J. Mat. Proc. Tech., 14-19.
- [2] Y.Kojima, 2000, Handbook Advanced Magnesium Technology, The Japan Magnesium Asso., pp. 55~70.
- [3] 강대민, K.Manabe, 2005, 가열냉각법에 의한 마그네슘합금의 판재성형성 개선, 한국소성가공학회지, 제14권, 제7호, pp. 607~612.
- [4] 김홍규, 김종덕, 2006, 고체 윤활제를 사용한 마그네슘 합금 AZ31 판재 온간디프드로잉의 성형성 평가, 한국소성가공학회지, 제15권 제6호, pp. 453~457.
- [5] 원성연, 오상균, Kozo Osakada, 박진기, 김영석, 2004, AZ31 마그네슘 합금 판재의 기계적 특성 평가(1), 한국소성가공학회지, pp. 53~56.