

# 국부 외부 열원을 이용한 AZ31의 U 드로우 굽힘 실험

## U draw bending test of AZ31 using local heating

\*이성욱<sup>1</sup>, 이창환<sup>1</sup>, 이은호<sup>1</sup>, 황준선<sup>1</sup>, #양동열<sup>1</sup>

\*S. U. Lee<sup>1</sup>, C. W. Lee<sup>1</sup>, E. H. Lee<sup>1</sup>, J. S. Hwang<sup>1</sup>, #D. Y. Yang(dyyang@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술원 기계공학부

Key words : AZ31, Local heating, U draw bending test, Taguchi method

### 1. 서론

마그네슘은 비강도가 우수하고 뛰어난 기계가공성, 전자파차폐 특성을 가지므로 특히 수송기계 및 휴대용 부품 관련 산업에 그 수요가 급증하고 있다. 또한 여러 가용 소재 중 가장 가벼운 소재로 소재 경량화에 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 마그네슘 소재는 조밀육방격자(HCP)구조로 상온에서 비저면 슬립의 임계분해전단응력이 저면 슬립에 비하여 매우 커서 변형하기가 쉽지 않다. 이에, 성형온도(약 250℃)를 올리면, 비저면 슬립 활성화로 인하여 연신률이 급격히 증가하는 것을 기존 연구에서 보여 주고 있다.

기존 연구에서는 AZ31 소재를 성형하기 위해 전체 영역을 가열하는 방법을 사용하지만, 성형 공정의 생산성을 향상시키기 위해 성형이 발생하는 국부 영역만을 가열하는 방법을 본 연구에서는 사용하였다. 외부 열원을 사용하여 AZ31 합금의 U 드로우 굽힘 실험을 진행하였으며, 공정인자특성을 분석 하기 위해 실험 계획법을 이용하여 정량적 FEM 해석을 수행 하였다. 또한, FEM 해의 정밀도를 향상시키기 위해 외부 열원에 의한 온도분포를 고려하여 실험결과와 비교 분석하였다.

### 2. U 드로우 굽힘 실험 장치 구성

Fig. 1 과 같이 기존 2D Draw-bending 장비를 변형하여 국부 가열 U 드로우 굽힘 실험장치를 구성하였다. 국부적으로 소재에만 열을 가열 하기 위해 금형 하부에 근적외선을 설치 하였으며, 근적외선이 투과되는 영역을 확보 하기 위해 기존의 금형과는 다르게 바닥부의 맞닿는 부분은 존재하지 않는다. 또한, 소재 가열을 효율적으로 하기 위해

근적외선 반사갓을 이용하였다. 스프링백 및 바닥부 형상 오차를 줄이기 위해 블랭킹 홀더를 장착하였다.

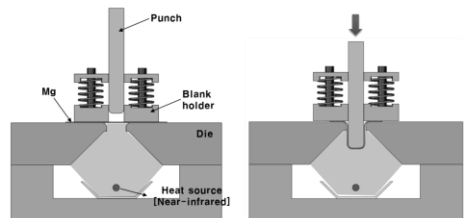


Fig. 1 Schematic design of the U draw bending test apparatus

사용된 소재는 마그네슘 합금인 AZ31 이고, 길이 120mm, 폭 40mm, 두께 1mm 로 시편을 압연방향으로 제작 하였다. 또한 실험에 사용된 외부열원은 2kW 근적외선 램프이다.

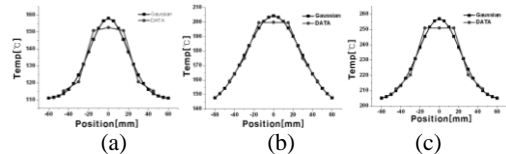


Fig. 2 Temperature distribution in Mg specimen (a) 150°C, (b) 200°C, (c) 250°C

AZ31 표면에서 측정된 온도 분포를 살펴보면, Fig. 2 과 같이 가우시안 분포를 나타내는 것을 알 수가 있다. 이를 FEM 해석에 가우시안 분포식(식 1)으로 대입하였다.

$$y = y_0 + A * \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x - x_c}{w}\right)^2\right) \quad (식 1)$$

### 3. 다구치 방법을 이용한 FEM 시뮬레이션

U 드로우 굽힘 실험 공정변수인자에 대한 영향력을 평가하기 위해서 실험계획 방법인 다구치 방법을 이용하였으며, 국부가열온도(T), 벤딩 금형의 라운드(R) 및 블랭킹 홀더 힘(F)을 세가지 주요 인자로 보고, 각 인자에 대해

3 가지 수준으로 정의하여 총 9 가지 경우의 해석을 진행하였다.

상용 프로그램인 ABAQUS/Implicit 이용하여 Fig. 3(a)와 같이 2D 모델로 Plain strain 요소(CPE4R)를 적용하여 해석하였다. 해석에 사용된 물성치는 각 온도별 마그네슘(AZ31) 인장 실험값을 이용하였다. 그외에 실험조건과 동일하게 펀치와 다이 형상을 디자인하였으며, 온도는 앞 절에서 언급한 가우시안 분포를 적용하였다.

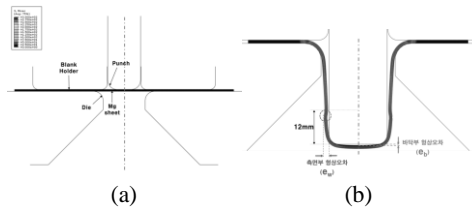


Fig. 3 FEM of U draw bending test (a) FEA model, (b) definition of the shape error

FEM 해석결과를 통해 얻은 세 가지 평가인자인 최대 성형하중, 측면부 및 바닥부 형상오차의 S/N 비를 Fig. 4 에 표현하였다.

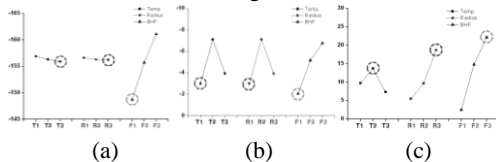


Fig. 4 S/N ratio (a) Forming Load (b) geometric error in the side wall (c) geometric error in bottom

#### 4. U 드로우 굽힘 실험 결과

AZ31의 국부가열 성형 특성을 분석하기 위하여 UTM(Universal Test Machine)을 이용하여 실험을 수행하였다. Table 1은 U 드로우 굽힘 실험을 위한 실험조건을 나타내었다.

Table 1 Testing conditions of U draw bending test

Punch(mm)	Die(mm)	BHF(kN)	Lubricant
18 X 50, R5	23 X 50, R5	1, 3, 5	MoS <sub>2</sub>
Forming temperature(°C)	Forming stroke(mm)	Forming speed(mm/min)	Dimension specimen(mm)
150, 200, 250	32	10	120 X 40 X 1

성형하중의 실험값과 해석값을 Fig. 5에 나타내었다.

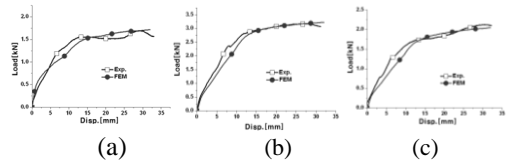


Fig. 5 Results of FEM and experiment (a) 150 °C, BHF : 1kN, (b) 200 °C, BHF : 5kN, (c) 250 °C, BHF : 3kN

#### 5. 결론

마그네슘(AZ31)판재에서 근적외선을 국부 열원으로써 이용한 U 드로우 굽힘 실험과 소재 위치별 온도분포를 고려한 유한요소해석(FEM)을 통해 마그네슘 판재의 성형하중을 예측하고 분석하였다.

본 연구에서는 국부 가열을 통한 AZ31의 성형가능성을 파악하고자 수행하였으며, 국부 가열을 통해 발생하는 가우시안 온도 분포를 적용한 해석이 실험에서 나온 성형 하중값과 유사하다는 것을 알 수가 있었다. 향후, 국부 가열을 이용한 성형공정을 통해 제작된 마그네슘 제품의 탄성 회복량을 예측할 수 있는 해석 코드에 대한 연구가 필요하다.

#### 후기

본 연구는 ㈜포스코 석좌기금 지원으로 수행하였으며, 이에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

1. R. Neugebauer, T. Altan, M.Geiger, M. Kleiner, A.Sterzing, "Sheet metal forming at elevated temperatures", CIRP Annals, Vol. 55, 793-816, 2006
2. 김민철, 이영선, 이정환, 김병민, "AZ31 합금의 냉간 성형에서의 탄성회복량 예측 연구", 대한기계학회 춘계학술대회, 473-478, 2006
3. 김현영, 최선철, 이한수, 김형중, 이경택, "AZ31B 마그네슘 합금판재의 온간 성형한계도 및 스프링백 특성 시험", 한국소성가공학회지, 제 16 권, 제 5 호, 364-369, 2007
4. 이은국, Ngoc-Trung Nguyen, 서오석, 이충안, 김현영, "온도에 따른 마그네슘 합금 판재의 스프링백 예측," KSAE 2011 Annual Conference, 2347-2350, 2011.