

# 마그네슘 판재의 온간 프레스성형 후 스프링백 거동분석

## A study on magnesium alloy sheet springback caused by warm press forming process

\*정대근<sup>1</sup>, #김흥규<sup>1</sup>

\*D. G. Jung<sup>1</sup>, #H. K. Kim(krystal@kitech.re.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 금형·성형기술연구부

Key words : Magnesium Alloy Sheet, Springback, Warm Press Forming

### 1. 서론

본 연구에서는 마그네슘 판재의 온간 스프링백 거동 예측을 위한 해석적 방법을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 V-굽힘에 대해 알려진 실험 결과를 토대로 하여 해석적 방법과 유한요소해석 방법에 예측치를 비교하였다. 실험 결과와의 비교를 통해 마그네슘 판재의 온간 스프링백 예측을 위해 고려해야 할 주요 모델링 인자를 검토하였다.

### 2. V-굽힘 스프링백 실험 및 계산

#### 2.1 V-굽힘 시험 결과

본 연구에서 인용하는 V-굽힘 시험의 금형 형상은 Fig.1 와 같고, 사용된 소재는 마그네슘 합금 AZ31B 판재로서 블랭크의 크기는 길이방향 60mm, 폭방향 15mm, 두께 1.2mm 로 되어 있다. 인용된 V-굽힘 시험에서는 펀치 반지름 3.6 ~ 7.2mm 에 대해 다양한 온도 범위 (RT ~ 300°C) 에서 Fig.2 와 같은 결과를 얻어 보았다.

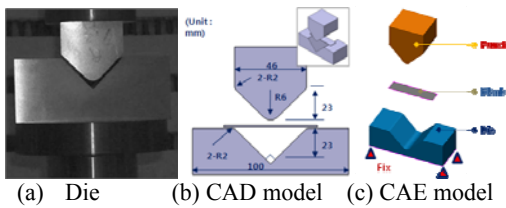


Fig. 1 V-bending test equipment

#### 2.2 V-굽힘 후 스프링백 예측

본 논문에서는 펀치 반지름은 6.0mm 로 국한하고 다양한 온도 (RT, 100, 200, 300°C)에 대한 실험 결과와 해석적 방법 및 유한요소해석에 의한 예측치를 비교하였다.

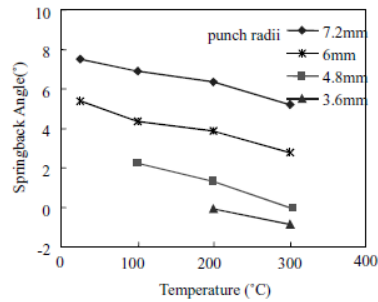


Fig.2 Experiment relationship between springback and forming temperature

V-굽힘에서의 스프링백 예측을 위한 해석 모델로서 비선형 변형 경화성 재료식을 사용하였으며, 비선형식에서의 스프링백 굽힘각과 굽힘반지름의 변화량은 Fig.2 와 같다.

$$\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f} = \frac{6}{(n+2)} \frac{K'}{tE'} \left( \frac{t}{2R_i} \right)^n \quad (1)$$

스프링백 실험값과 충분히 근접할 수 있도록 재료의 비선형 경화 가정에 따른 이론적 예측식에서 사용되는 인자 값을 적절히 조정하였다.

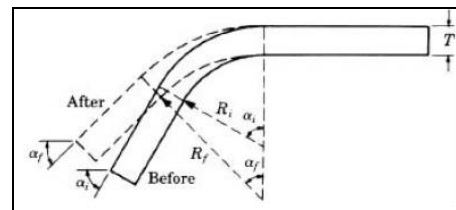


Fig.2 Change of bending angle and radius due to springback

유한요소해석 조건으로는 그림 Fig.1(b), (c)

에 표시한 것과 같이 하형 다이는 고정되어 있고 상형 펀치가 여러 속도 (0.5, 1.0, 5.0mm/s)로 하강하며, 블랭크와 금형 사이에는 마찰시험에서 얻어진 평균 값을 적용하여 0.25 을 사용하였다.

AZ31B 강판의 온도별 유동응력식은 Table 1 과 같으며 이방성 조건은 무시하였다.

Table 1 Material Properties of AZ31B 1.0t

AZ31B	25°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C
K (GPa)	0.497	0.414	0.355	0.285	0.213	0.143
n	0.180	0.146	0.120	0.090	0.073	0.060
m	0.010	0.034	0.110	0.157	0.177	0.200
$\bar{\sigma} = k \cdot \bar{\epsilon}^{-n} \cdot \dot{\bar{\epsilon}}^m$						

### 3. 실험 및 계산 결과 비교

비선형 변형 경화 가정에 따른 스프링백 예측치는  $\epsilon' (= \dot{\bar{\epsilon}}^{-m})$  값이 변함에 따라 오차범위 0.5°로 실험값과 대체로 일치하였으며, Fig.4 와 같이  $\epsilon' (= \dot{\bar{\epsilon}}^{-m})$ 가 0.55 일 때 실험값과 가장 근접하였다.

유한요소해석의 경우 이론값의  $\epsilon'(0.55/1)$ 일 때 값을 고려하고 다양한 펀치속도에 대하여 해석을 수행하여 시험 결과와 비교하였다. 유한요소해석 결과는 Fig.5 와 같았으며, 시험결과와 비교하면 펀치속도가 1mm/s 일 때 유한요소해석과 시험결과가 가장 가까운 것을 확인할 수 있었다. 다만 유한요소해석에서는 실제 시험에서의 온도별 마찰값 등을 정확히 반영하지 못했기 때문에 오차가 발생한 것으로 판단된다.

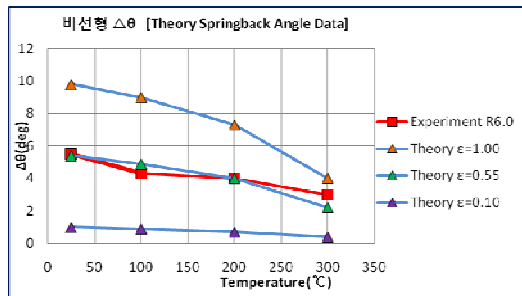
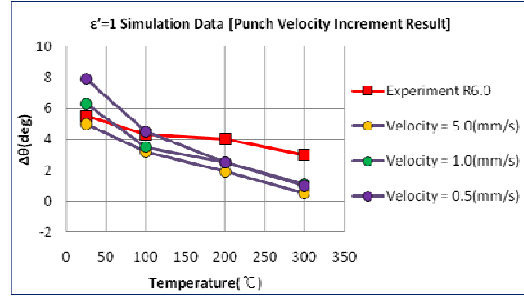
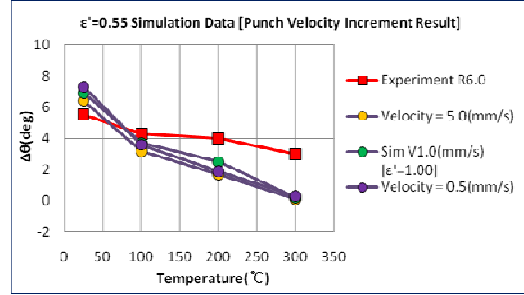


Fig.4 Comparison between experimental springback and nonlinear hardening-based prediction



(a)  $\epsilon' = 1$  simulation graph



(b)  $\epsilon' = 0.55$  simulation graph

Fig.5 Comparison between experimental springback and FEM prediction

### 4. 결론

본 논문에서는 마그네슘 판재의 온간 V-굽힘 스프링백에 대해 실제 시험값과 해석적 방법에 의한 예측치를 비교하였다. 이 과정에서 시험값을 최대한 근사화하기 위해 필요한 주요 인자 및 그 값의 범위를 검토하였다. 이와 같이 간단한 형상의 스프링백을 토대로 해석적 방법을 확립하여 향후 복잡한 형상의 마그네슘 판재 부품의 온간 스프링백 거동 예측에 활용 할 수 있을 것이다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 “난성형성 경량합금 판재 정밀성형 기술” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Fuh-Kuo Chen., Tyng-Bin Huang., “Formability of stamping magnesium-alloy AZ31 sheets,” Journal of Materials Processing technology 142, 643-547, 2003.