

# 형상압연공정을 이용한 자동차 도어 힌지용 압연재의 성형 해석 및 실험에 관한 연구

## Study on FE analysis and experiment of complex angle bar for automobile door hinge in shape rolling process

\*이상진<sup>1</sup>, #김병민<sup>2</sup>, 김성민<sup>3</sup>, 강경주<sup>4</sup>, 안남식<sup>1</sup>

\*S. J. Lee<sup>1</sup>, #B. M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)<sup>2</sup>, S.M.Kim<sup>3</sup>, K.J.Kang<sup>4</sup>, N.S.Ahn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 정밀가공시스템공학과, <sup>2</sup>부산대학교 기계공학부

<sup>3</sup>부산대학교 첨단정밀공학과, <sup>4</sup>생산기술연구원

Key words : Shape rolling, Complex angle bar, FE analysis, Door hinge

### 1. 서론

기존 자동차용 도어 힌지는 스템핑 공정에 의해 가공되어 소재 수율이 낮고 무게 증가 등의 문제가 발생하고 있다. 이에 따라 소재 수율이 높고 가공 공정이 단순한 압연 기술로 도어 힌지를 성형하고 있다. 이러한 제품은 최근 고급 승용차에 탑재되어 사용되고 있으나, 전부 수입에 의존하고 있어 국내 기술 개발이 필요한 실정이다.

열간 형상 압연 공정은 소재의 압연 방향 연신 및 폭퍼짐 등의 복잡한 변형을 통해 성형되기 때문에 공형 롤을 설계 하는 것에 어려움이 있다. 이에 따라 숙련된 기술자에 의해 공형이 설계되어졌고, 주로 실험식에 의해 폭퍼짐량이 예측되어졌다. 최근에는 복잡한 3차원 소재 변형을 예측하기 위해 유한 요소법에 의한 연구가 활발히 이루어지고 있다.<sup>1</sup> 본 연구에서는 유한요소법을 활용하여 설계된 공형을 검토하였고, 형상 롤을 직접 가공한 뒤 자동차 도어 힌지용 압연재를 성형 및 측정 하였다.

단면의 변화를 나타내었다. 1 패스에서는 압하량이 높아 국부적으로 큰 변형율을 나타내고 있으며, 2 패스부터는 전 패스에서 받았던 변형률이 더해져 전체적으로 높은 변형율을 나타내었다. 롤 하중은 각 패스에서 평균 250, 220, 210, 180 kN으로 단면감소율의 감소에 따라 평균 롤 하중은 감소하였다. 소재의 온도는 각 패스의 진행에 따라 10℃씩 감소하였다. 이는 롤과 소재와의 접촉으로 인한 온도 감소와 롤과 롤 사이의 거리를 이동하는 동안 외부와의 열전달에 의해 감소된 것으로 판단된다.

Table 1 Process conditions of shape rolling

Process conditions	Value
Material	SS400
Initial temperature of billet	1065 ℃
Size of billet	90 × 40 mm
Roll speed	197 RPM
Coefficient of friction	0.4
Initial speed of billet	300 mm/s

### 2. 형상 압연의 유한요소 해석

설계된 롤 형상의 적합성을 평가하기 위해 Table 1에 나타난 공정 조건으로 성형 해석을 수행하였다. 사용된 소재는 SS400을 사용하였으며, 소재의 물성치는 온도 및 변형률 속도에 따라 열간 압축시험을 수행하여 얻은 데이터를 사용하였다. 초기 소재의 온도는 롤 하중 및 토크가 고려되어 설정되었고, 마찰계수는 Ekelund<sup>2</sup>의 식에 의해 결정되었다. Fig. 1에는 유한요소 해석을 위한 모델을 나타내었으며 성형 해석은 4 패스로 연속 압연하였다.

성형 해석 후 Fig. 2에 각 패스에 따른 변형율과

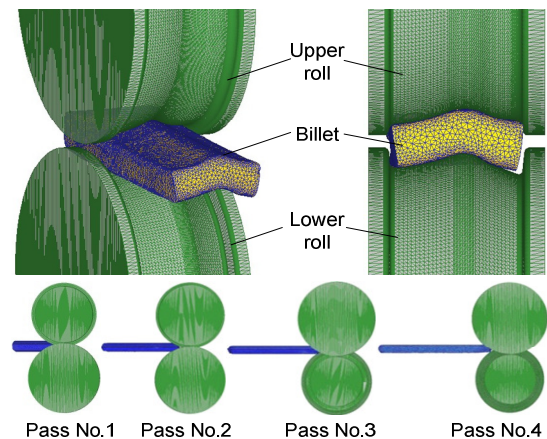


Fig. 1 Initial model for FE analysis

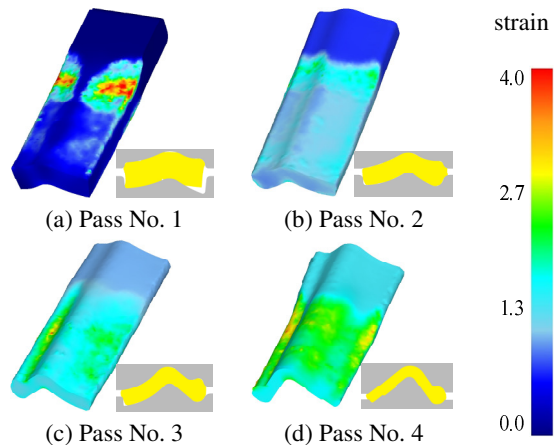


Fig. 2 Results of simulation after each pass

### 3. 실험 및 측정 결과

성형 해석 후 DCI(Ductile Casting Iron) 재질의 공형 톨을 가공하여 형상압연 해석과 같은 조건으로 형상 압연하여 자동차 도어 힌지의 압연재를 생산하였다. 압연재는 4 패스 연속 압연되기 때문에 각 패스별 단면을 얻기 위해 추가 실험이 시행되었다. 각 단면 형상은 Fig. 3에 나타내었고 1 패스에서는 미충만 영역이, 3 패스에서 과충만 영역이 발생하였으나 마지막 패스에서 원하는 단면 형상을 얻을 수 있었다. 각 단면은 3차원 측정기에 의해 직진도(2.1 mm/m), 비틀림(3.2 mm/m), 각 부위별 치수를 측정하였다. Fig. 4에 실험 후 측정된 단면 형상과 성형 해석 후 단면 형상 및 톨의 형상을 비교하였다. 비교된 형상은 대체적으로 일치함을 알 수 있었으며, 이에 따라 성형해석의 유효성을 검증할 수 있었다. Fig. 5 (a)에는 성형 완료된 압연재를 나타내었고 (b)에는 압연재의 미세구조 사진이며, 측정된 평균 결정립 크기는 G8.3로 나타났다.

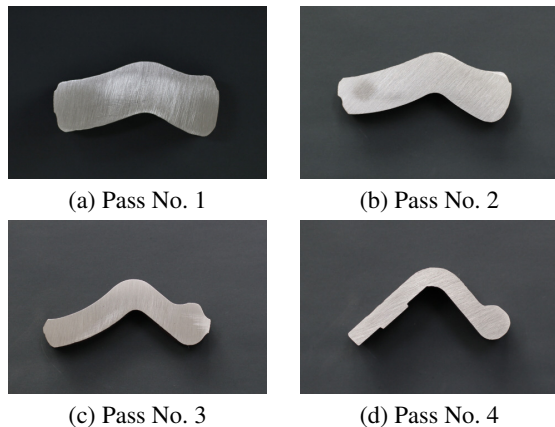


Fig. 3 Cross section of shape rolled door hinge for automobile

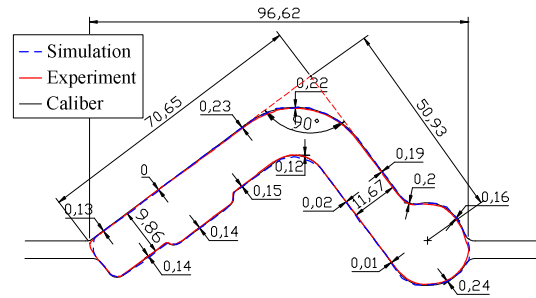


Fig. 4 Comparison of the simulation and the cross section of billet after shape rolling

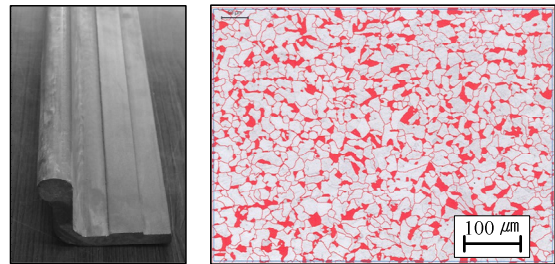


Fig. 5 Shape rolled billet and the microstructure

### 4. 결론

본 연구에서는 자동차 도어 힌지용 압연재를 개발하기 위해 열간 형상 압연 해석 및 실험하였다. 설계된 공형 톨의 성형해석 결과를 고려하여 공형을 제작하였고, 열간 형상 압연 실험 후 각 패스의 단면 형상 관찰 결과 유한요소 해석결과와 유사하게 나타났다. 총 4 패스로 형상 압연된 압연재의 단면 치수 분석 결과  $\pm 0.5$  mm 이하로 적합하였다. 표면 균열은 나타나지 않았으며, 표면조도 Ra값은  $1.5 \mu\text{m}$ 로 양호하였다. 직진도, 비틀림 및 결정립 크기에 대해서는 상용 제품에 비교하여 아직 미흡한 수준으로 가이드 설계 및 열처리 방법에 대한 연구가 더욱 필요하다.

### 후기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 지역산업기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

### 참고문헌

1. 김홍준, 김태효, 황상무, "유한 요소법을 이용한 다단패스 형상 압연 공정해석," 압연기술의 미래개척, 69-77, 1999.
2. British Steel Corporation, "Roll Pass Design," Chorley & Pickersgill Ltd., 42-84, 1975.