

Mg합금 온간판재 성형시 성형한계에 미치는 변형률 속도의 영향

정진호¹, 김민철¹, 이영선[#], 권용남¹, 이정환¹

An Effect of Strain rate of Forming limits of Mg Alloy at Warm Sheet Forming

J.H. Jung¹, M.C. Kim¹, Y.S. Lee[#], Y. N. Kwon¹, J.H. Lee¹

Abstract

In this study, it is investigated that the effect of material properties such as various temperature, forming speed and strain rates on formability and forming limits of Mg alloy sheet in square cup deep drawing. Since the sheet metal forming of Mg alloy is perform at elevated temperature, the effect of strain rates related with the forming temperature and forming speed is very important factor for formability and forming limits. Therefore, the investigation for process variables is necessary to improve formability and forming limits. Also, the effects of strain rate and thickness transformation were studied by the experimental and FE analysis using the square cup deep drawing. The temperature, forming speed, and strain rates were investigated. Forming of Mg alloy takes consider into temperature, proper forming speed and strain-rate the formed parts were good without defects for forming limits

Key Words : Mg Sheet(마그네슘 판재), Strain-rate (변형률 속도), F.E.M (유한요소해석), Forming limits(성형한계), Deep Drawing (딥 드로잉)

1. 서 론

마그네슘 합금은 상용되고 있는 금속 중 알루미늄(2.7g/cm^3)의 2/3, 철(7.85g/cm^3)의 1/5로서 가장 낮은 비중(1.7g/cm^3)을 지니면서도 전자파 차폐성, 고비강도 등의 우수한 특성을 가지고 있다.

이러한 이유로 경량화를 요구하는 자동차 부품, 휴대폰은 물론 전자제품에서 수요가 증가하고 있어 최근 마그네슘에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

그러나 마그네슘의 합금은 조밀 육방 격자 구조(HCP)로 인해 상온에서의 낮은 성형성을 가지므로 대부분 온간 또는 열간에서 성형성에 대한

연구[1-3]가 이루어지고 있다. 현재 마그네슘 합금 성형성에 관한 연구는 다양한 온도 변화에 따른 기계적 성질의 변화[7-9], 소재의 물성에 따른 성형성에 연구[1-5], 사각컵 딥 드로잉 모델 공정을 통한 성형한계[3-6]에 대해 지속적으로 이루어지고 있다.

하지만 마그네슘 판재에 대한 기본적인 물성치와 온도변화, 변형률 속도변화에 따른 성형성에 대한 평가와 데이터의 정립이 확실히 이루어지고 있지 않다.

본 실험에서는 고온에서 변형률 속도에 따른 마그네슘 판재의 기본적인 물성치를 분석하고 이를 이용하여 다양한 온도에서의 변형률 속도에 따른 성형성을 분석하였다.

1. 한국기계연구원 소재성형센터

교신저자 : 한국기계연구원소재성형센터

E-mail: lys1668@kmail.kimm.re.kr

또한 사각컵 딥 드로잉 공정에서 온도와 변형률 속도의 변화에 따른 컵의 측면의 두께변화를 실험과 유한 요소 해석을 통하여 분석을 하였다.

다양한 온도와 변형률 속도에 의한 기계적 성질을 분석하고자 고온 인장실험을 통한 물성치를 이용하여 사각컵 딥 드로잉 공정실험을 실시하였고 유한 요소 해석 프로그램인 DEFORM-3D™ 을 이용해 실제 실험과 해석 프로그램에 의한 결과를 비교·분석하여 공정 중 성형성에 미치는 영향을 관찰하였다. 실험은 속도와 거리의 조절이 용이한 80t Servo-press를 이용하였고 금형 가열은 할로겐 램프를 사용하였다.

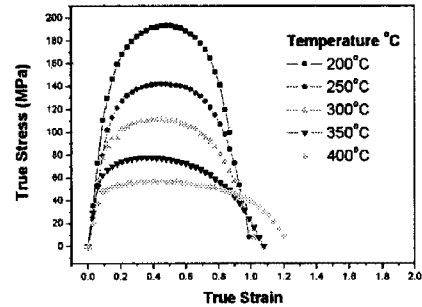
2. 마그네슘 합금 특성평가

2.1 고온 인장시험

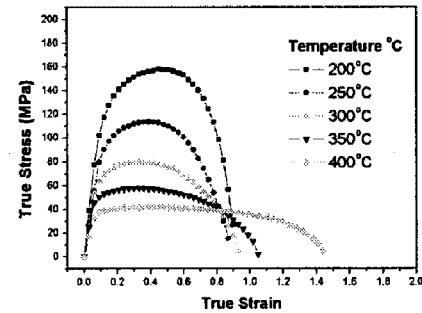
마그네슘 합금의 고온에서의 특성을 분석하기 위해서 1 축 인장 시험을 고온인장시험편을 이용하여 온도는 200°C에서 400°C까지 50°C간격으로 변형률 속도는 0.1/s, 0.01/s, 0.001/s 의 속도로 실험하여 물성치와 유동응력을 측정하였다. Fig.1 는 압연 방향 (0°)의 변형률 속도에 따른 온도별 유동응력 곡선을 각각 나타낸 것이다. 고온 인장 실험을 통한 분석 결과 온도에 대해 온도가 증가할수록 항복 강도와 인장 강도가 떨어지는 일반적인 고온 인장 특성을 나타내는 경향을 보였으며, 변형률 속도에 대해 변형률 속도가 빠를수록 더 높은 항복강도와 인장 강도를 가지는 것으로 확인되었다. 온도가 증가하고 변형률 속도가 느릴수록 가공 경화 구간이 줄고 가공 연화 구간이 증가하여 소재의 성형성이 좋아지지만 강도적인 측면에서는 취약함이 나타난다. 실험 후 파단면 조직을 분석한 결과 초기 원소재의 결정립 크기는 10 μm 였다. Fig2 에서와 같이 변형률 속도가 0.001/s 에서 결정립의 성장이 많이 일어나는 것을 알수 있다.

250°C에서는 결정립의 큰 변화가 없었고 300°C에서 결정립의 변화가 나타났는데 변형률 속도 0.1/s 와 0.001/s 의 7.54 μm 과 7.35 μm 의 크기를 나타내고 0.01/s 는 5.6 μm 의 크기로 나타났다. 0.001/s 의 변형률 속도에서는 결정립 미세화 보다는 결정립 성장 기구가 증가되는 것을 확인하였고 250°C와 300°C 변형률 속도 0.01/s 에서의 조건에서는 동적 재결정이 활발하게 일어날 수 있음

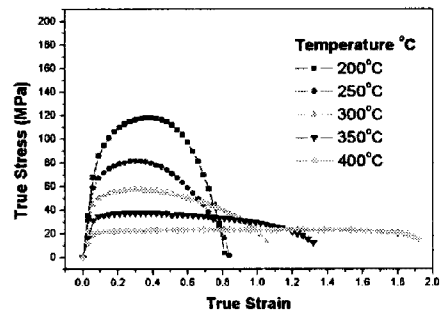
을 보여주고 있다.



(a) Strian rate 0.1/sec



(b) Strian rate 0.01/sec



(b) Strian rate 0.001/sec

Fig 1. Flow stress curve at variable temperature

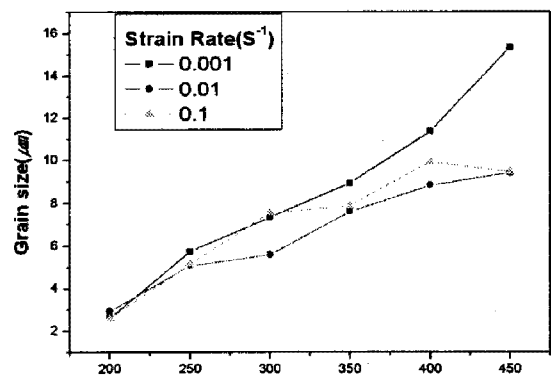


Fig 2. Average grain size at various strain rate and temperate