

Mg합금의 열간단조 특성 비교

김태옥¹, 이정환¹, 권용남[#]

Comparison of Hot Forging Characteristics of Mg Alloys

T. O. Kim, Y.-N. Kwon and J. H. Lee

Abstract

Mg alloys have the highest specific strength which can be used industrial application. Since formability of Mg alloys is very limited, optimization of forming process is always needed for successful engineering application. In the present study, three different Mg alloys were used for hot forging processes and several process variables such as temperature and forging speed were investigated to improve forgeability of Mg alloys. To understand the effect of process variables in details, 2D-finite element analysis and forging experiment was performed. In the results, forging speed seems to be more important than forging temperature in hot forging of Mg alloys.

Key Words : Mg Alloys, Formability, Hot Forging

1. 서론

마그네슘 합금은 산업적으로 이용이 가능한 금속재료중 가장 높은 비강도를 가진다. 이러한 우수한 기계적 특성덕분에 현대 사회의 차세대 경량화 기술 재료로서 각광받고 있다[1]. 그러나 냉간 및 온간 성형시 기존 공업용 금속재료에 비해 성형성이 매우 낮아 소성가공 분야에서는 많은 연구가 필요하며 성형성 향상을 위하여 현재 여러가지 기술들이 개발되고 있다. 본 연구에서는 단조 온도와 변형속도등의 공정변수를 변화시키면서 3가지 종류의 Mg합금의 단조실험 및 해석을 수행하였다. 이를 통하여 Mg 합금의 열간단조에 미치는 공정변수의 영향을 평가하였다.

2. 실험 방법

2.1 압축실험

Mg합금의 기계적 성질을 구하기 위해 압축실험을 실시하였다. 압축실험은 Gleeble 열간변형모사 시험기를 이용하여 수행하였다. 열간압축실험은

200~400°C의 온도범위에서 변형율속도를 10^{-2} 에서 $10^1/s$ 으로 변화시키면서 실시하였으며 시험을 통해 얻은 변형곡선은 유한요소해석의 물성값으로 사용하였다. 또한, 변형후 시편을 관찰함으로써 Mg합금의 고온변형시 발생하는 미세조직변화에 미치는 공정변수의 영향을 평가하였다.

2.2 열간 단조 시험

Mg 합금의 열간단조 특성을 비교하기 위하여 2가지 형상의 billet을 그림 1과 같이 가공하여 사용하였다. 그림 1에 제시한 billet은 동일한 체적을 가지도록 설계되었다. 열간단조시험을 실시한 금형은 업세팅과 간접압출이 동시에 구현될 수 있는 형상을 가지도록 설계하였다.

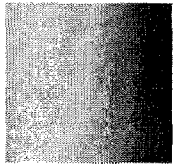
2.3 유한요소해석

열간단조 공정에서 Mg 성형에 미치는 영향 인자를 평가하기 위하여 Table 1 에서 나열한 실험의 조건으로 해석을 Deform-2D 로 수행하였다. 해석과 더불어 열간단조시험도 동일한 조건에서 실시하여 해석결과와 실제 단조결과를 비교하였다.

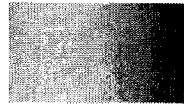
1. 한국기계연구원 부설 재료연구소
#교신저자: 재료연구소 부설 재료연구소
, E-mail: kyn1704@kims.re.kr

Table 1 Condition of hot forging for Mg alloys

Diameter	Temperature (°C)	Punch speed (mm/sec)
φ30	300	1
		5
	350	1
		5
	400	1
		5
φ36	300	1
		5
	350	1
		5
	400	1
		5



(a) D30, H28



(b) D36, H19.5

Fig. 1 Sizes of billet geometry

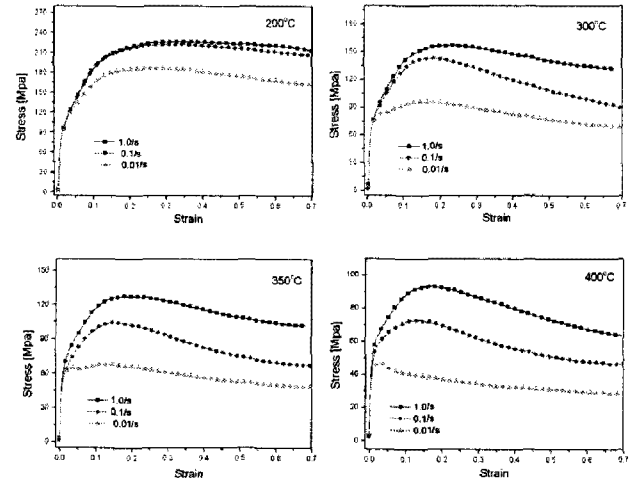
금형은 250°C 에서 30 분 이상 가열한 후 단조실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

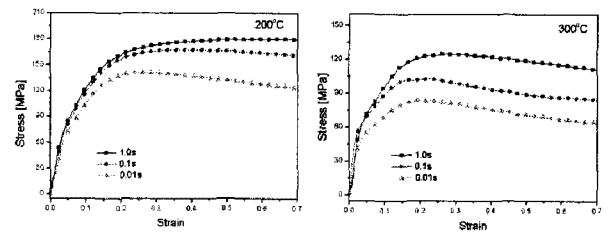
Fig. 2는 압축실험을 통해 얻은 유동곡선으로 합금의 종류에 따라 유사한 변형거동을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 200°C에서는 정상상태에 가까운 유동특성을 나타내는데 반해 온도가 높아짐에 따라 가공연화가 발생하는 경향을 보여주고 있다. 이상의 변형거동은 Mg합금의 인장변형시의 결과와 유사하며 변형초기에 재결정현상에 기인하여 가공연화가 발생하는 것으로 판단된다.

Fig. 3은 소재의 온도가 400°C의 경우 변형속도를 각각 1mm/s 및 5mm/s으로 변화시킴에 따라 단조폼에 발생하는 damage 분포를 계산한 결과를 나타내고 있다. 실제 Fig. 2에서 변형거동의 비교에서 유추할 수 있듯이 Mg합금 종류에 관계없이 거의 유사

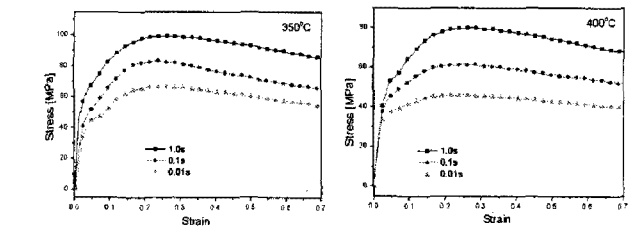
한 거동을 나타내고 있는 것으로 확인할 수 있었다.



(a) AZ31



(b) AZ61



(c) ZK60

Fig. 2 Flow curves of Mg alloys with variation of temperature and strain rate.

Fig. 4는 400°C에서 실시한 열간단조 실험결과를 나타낸 그림이다. Fig 4 (a)는 지름이 φ30인 billet의 성형결과를 나타낸 결과로 ZK60 합금은 변형속도에 관계없이 성형결함이 전혀 발생하지 않는 우수한 성형성을 나타냄을 확인할 수 있었다.

이에 반해 AZ31 및 AZ61 합금의 경우 변형속도가 빠를수록 성형품 표면에 발생하는 결함의 양이 줄어드는 경향을 나타내었다. Fig. 4(b)는 $\phi 36$ 의 빌렛을 사용한 경우에 합금 종류 및 변형속도에 따른 단조성을 보여주고 있다. 빌렛의 직경이 커짐에 따라 열세팅시 직경방향으로 발생하는 변형량이 작아짐에 따라 결함의 발생이 작아짐을 확인할 수 있다. 또한 빌렛의 지름이 클수록 성형 시간이 단축되어 소재의 온도 저하가 적게 발생하는 것도 원인으로 작용하였다. ZK60의 경우는 300°C 에서 400°C 의 열간 단조 구간에서 성형품 표면에 파단이 전혀 발생하지 않았으므로 AZ31과 AZ61보다 뛰어난 성형성을 가진다.

이상의 결과에서 ZK60의 열간단조특성이 AZ31 및 AZ61 합금에 비해 우수함을 확인할 수 있었다. 하지만, 압축곡선에 기반한 유동곡선 및 damage 해석 기구에 기반하여서는 Mg 단조품의 성형결함의 발생을 예측할 수는 없음을 확인하였다. 향후 연구에서는 이에 대한 보완이 필요한 것으로 판단된다.

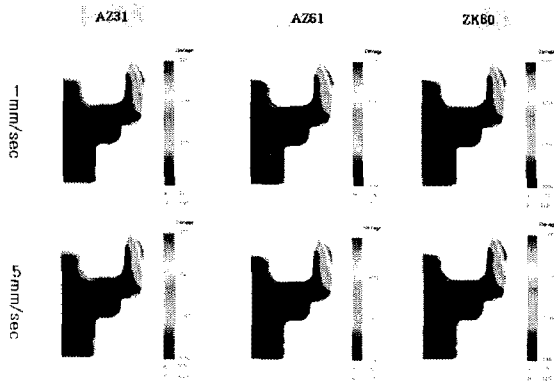
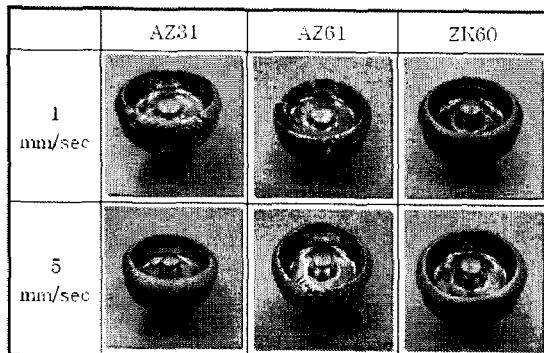
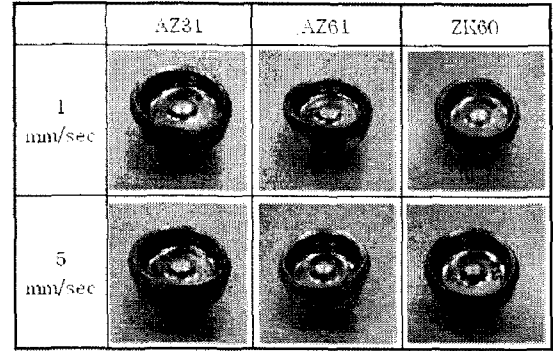


Fig. 3 Finite element analysis results at $\phi 30$ and 400°C depending on forging speed and materials



(a) $\phi 30$



(b) $\phi 36$

Fig. 4 Experimental results at 400°C depending on forging speed and materials

4. 결론

본 연구에서는 열간 단조 공정에서 Mg합금의 성형 특성에 대한 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 높은 온도일수록 성형품 표면에 파단이 발생하는 정도가 줄어들고, 변형속도가 빠를수록 성형성이 향상 되는 것을 볼 수 있다.

(2) 본 연구에 사용한 3가지 Mg 합금 중 ZK60는 온도, 변형속도 등의 공정변수 변화에 민감하게 반응하지 않는 가장 우수한 열간 단조성을 가지는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 윤덕재, 임성주, 김응주, 조종두, 2006, 온간 후방 압출공정에서 Az31 Mg합금의 성형 특성, 한국소성가공학회지, 제15권, 제8호, pp597~602
- [2] 김민철, 이영선, 권용남, 이정환, 2005, 한국소성가공학회, 춘계학술대회 논문집, pp73~77
- [3] 정하국, 최석우, 나경환, 2005, 마그네슘합금의 온간 가공기술(현황), 한국소성가공학회지, 제14권, 제8호, pp661~667
- [4] P.Skubisz, J. Sinczak, S. Bednarek, 2006, Forgability of Mg-Al-Zn magnesium alloys in hot and warm closed die forging, Journal of material Processing Technology, Vol 177, pp.210~213