한국소성가공학회 2007년도 추계학술대회 논문집 pp. 70~73

AZ31B 마그네슘 합금의 Cup-Rod 복합압출 성형특성 연구

윤덕재 [1#], 김응주 [1], 조종두 [2]

Forming Characteristics of Magnesium Alloy in Cup-Rod Combined Extrusion Process

D. J. Yoon, E. Z. Kim and C. D. Cho,

Abstract

The forming characteristics of cup-rod combined extrusion process were investigated with process parameter change. Simultaneous forward rod extrusion and backward cup extrusion was conducted with magnesium alloy, AZ31B. Process parameters such as forward extrusion ratio, backward extrusion ratio, and working temperature were controlled in a specific region and the effects of the parameter change were examined. Surface crack was developed in a certain state of the process parameters combination. The crack-free forming limit of the alloy in the combined process was disclosed by the parameter study. The microstructures of the initial and extruded workpieces were observed.

Key Words : Magnesium Alloy(마그네슘합금), Magnesium Forging(마그네슘 성형), Forward-Backward Extrusion(전-후방압출), Extrusion ratio(압출비)

1. 서 론

현재 마그네슘 부품의 성형은 주로 다이케스팅법이나 반용융·반응고성형법 등으로 제조되고 있다. 이와 같은 성형은 주조결함과 지구환경오염물질의 배출 등의 문제점을 안고 있어 대량생산과 환경부하 절감을 위한 가공기술의 개발이 요구되고 있으며, 또한 우수한 기계적 특성과 표면을 얻을 수 있는 성형기술에 대한 관심이 고조되고 있다.

따라서 압출과 판재성형 등을 포함하는 소성가공은 성형시간의 단축, 재료이용률의 증대 및 성형후의 후처리 공정의 용이성은 물론 높은 연성과 강도를 얻는데 적합한 방법으로 알려지면서 마그네슘 합금의 소성가공 기술 정립과 기술개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 최근 마그네슘합금의 고온변형 특성분석과 고온 성형을 위한 기초물성 및 기계적 성질의 평가에 대한 조사가 진행되고 있다[1-4]. 실제 제품 성형공정에서 적용되고 있는 후방압출 공정을 이용하여 마그네슘합금의 성형특성을 파악하기 위한 실험을 수행하여 성형속도와 성형 온도에 따른 성형특성에 미치는 영향을 분석하였다[5].

자동차 및 기계부품 중에서 한쪽이 컵 모양이고 반대쪽은 봉 형상인 제품을 성형하기 위해 전-후방압출 공정을 이용하여 제조되고 있다. 전-후방 압출 공정은 소재의 유동경로가 두 방향으로 변형됨으로 성형해석 및 예측이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 소재의 유동이 분기되는 공정에서 마그네슘합금의 성형특성을 분석하기 위해 컵-봉 복합압출 실험을 수행하였다. 여기서 전-후방 압출비와 성형 속도 등의 성형공정 변수에 따른 변형특성과 성형한계를 조사하였으며, 성형된 제품의 미세조직을 관찰하였다.

1. 한국생산기술연구원
2. 인하대학교 기계공학과
교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail:ydj@kitech.re.kr

2. 온간 전·후방 압출 성형

본 연구에 사용된 소재는 상용 AZ31B 합금으로 Table 1 에서 합금성분의 조성을 나타내었다. 실험에 앞서 시험소재의 균일한 기계적 특성과 압출 소재의 가공경화를 연화시킴의 목적으로 균질화 처리를 수행하였다. 균질화 처리는 400℃에서 10 시간 동안 유지한 후 노에서 냉각시켰다. 압출시편의 크기는 직경 29.7mm 에 높이 20mm 로 준비하였다. 본 압출실험에 사용된 윤활제는 MoS2 를 사용하였다. 실험에 이용된 프레스 90 톤급으로서 최대 성형속도는 25mm/sec 이다.

Table 1 Chemical composition of AZ31B (wt %)

Al	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Other
2.5	0.89	0.2	<0.1	<0.04	<0.005	<0.3(total)

전-후방압출 제품의 형상과 크기를 Fig. 1 에서 보여주고 있으며, 압출조건은 금형과 시편의 가열온도를 180℃, 200℃로 설정하였고, 성형속도는 2, 20mm/sec 로 설정하였고, 상부펀치는 금형온도와 동일한 경우와 상온에서 실험한 경우로 설정하였다.

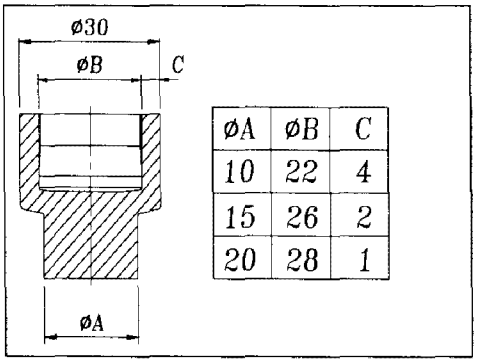

Fig. 1 Geometric experimental conditions

3. 성형 실험 결과

성형온도와 성형 속도, 전-후방 압출비를 각각 달리하여 온간 전-후방압출 실험을 수행하였으며, 그 실험결과의 일부를 Fig. 2 와 Fig. 3 에 나타내었다. AZ31B 의 열간 성형온도에 비해 낮은 온도인 200℃에서 전-후방압출 성형이 성공적으로 수행되었다.

3.1 성형한계

전-후방 압출비에 따른 성형특성을 살펴보기 위해 전-후방 압출 펀치의 직경을 바꿔서 압출 실험을 수행하였다. 성형온도 200℃, 성형속도 2mm/s 에서 전방 압출직경의 크기가 15mm 일 때, 후방압출 직경의 크기에 따른 성형 실험한 제품을 Fig. 2 에서는 보여주고 있다. (a)는 후방압출 직경이 15mm 이고, (b)는 22mm, (c)는 26mm, (d)는 28mm 로 성형한 것이다. 실험결과 후방압출의 직경이 26 과 28mm 의 경우 결함 없이 성형되었고 후방압출 직경이 22mm 이하에서는 결함이 발생하였다. 이것은 전-후방압출 직경의 차이가 작아 소재의 유동이 원활하지 못하고 후방압출 펀치코너와 전방 압출금형의 코너 사이에서 전단모드가 작용된 것으로 판단된다.

성형온도가 180℃일 때의 성형한계는 전방압출의 직경이 15mm 이고 후방압출 직경이 28mm 의 실험조건에서 Fig. 3.과 같이 상부펀치의 온도가 성형온도와 동일한 경우 결함 없이 성형이 가능한 것을 확인 할 수 있었다.

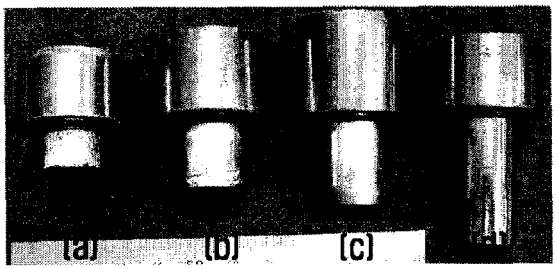

Fig. 2 Deformed shape of the combined extrusion work piece under the constant forward extrusion diameter 15mm, Backward extrusion diameter : (a)15mm, (b)22mm, (c)26mm, (d)28mm

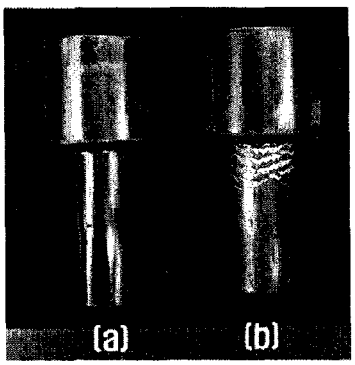

Fig. 3 Effect of punch's temperature on forming limit in the combined extrusion Upper punch temperature (a)180℃, (b)room, (Forward-backward extrusion diameter: ∓15-∓28)

3.2 미세조직 변화

AZ31B 합금의 컵-봉 복합압출 성형과정에서 발생하는 조직의 변화를 관찰하였다. 압출 성형전 초기 소재는 균질화 처리를 통하여 비교적 등축의 결정 형상을 갖고 있음을 Fig. 4 에서 확인 할 수 있다. 결정립의 평균 직경은 약 20μm 임을 보여 주고 있다.

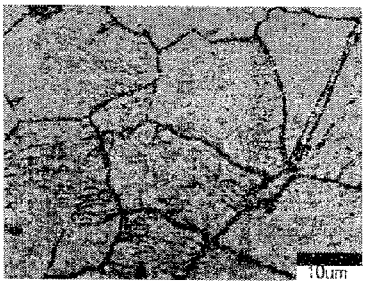

Fig. 4 Microstructure of initial work piece

성형과정에서 결함이 발생되지 않고, 조직의 변화가 가장 활발하게 일어날 것으로 예상되는 압출 성형제품(전-후방 압출 직경: ⌀20-⌀28mm)을 선정하여 소재의 유동이 분기되는 변형특성을 관찰하기 위해 Fig. 5 와 같이 전-후방 압출부분의 미세조직을 살펴보았다.

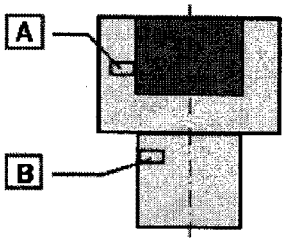

Fig. 5 Microstructure observation positions

점 A 는 중심부에서 압축되어 후방압출 방향으로 밀려온 소재가 펀치 이동 방향과 반대 방향으로 압출 되어 나가는 지점이다. 점 B 위치는 원소재 시편이 상부펀치의 가압에 의해 펀치 이동방향과 동일하게 압출 되어 나가는 부분이다.

성형온도가 소재의 내부 조직 변화에 미치는 영향을 보기 위하여 전-후방 압출 온도를 180℃와 200℃에서 실험한 결과를 Fig. 6 에 나타내었다.

점 A 에서 관찰 되는 조직의 경우 성형온도가 높을수록 재결정의 진척도가 비교적 높게 나타나며, 새로이 생성된 결정립의 크기가 작고, 그 수 또한 많음을 알 수 있다.

그러나 성형온도가 180℃의 경우 결정립의 미세화가 활발히 진행되지 못하고 소재의 유동에 따라 길게 늘어난 조직이 관찰되었다.

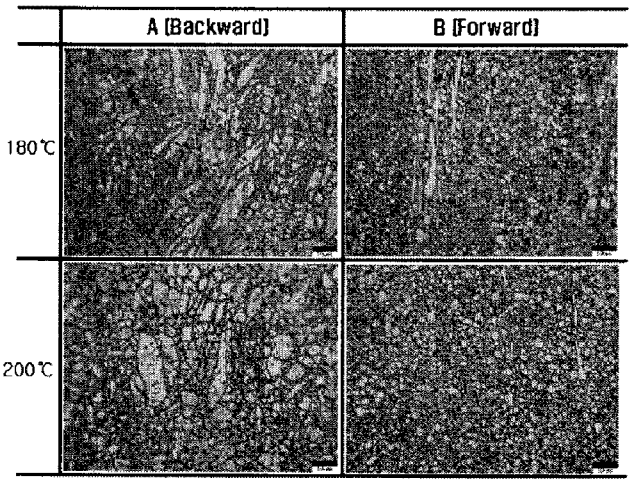

Fig. 6 Comparison microstructure for the extruded work pieces(Forward-backward extrusion ratio: 2.25-7.75)

점 B 에서 관찰된 미세조직은 후방압출의 미세조직보다 더 작아진 것을 볼 수 있다. 이것은 전방압출비가 작고 후방압출비가 크기 때문에 소재의 유동이 대부분 전방압출 방향으로 진행된 원인으로 판단된다.

3.3 성형하중 변화

공정조건인 압출비와 성형속도와 성형온도를 달리한 상태에서 컵-봉 복합압출 실험을 수행하여 각각의 성형하중을 측정하여 비교 검토하였다.

압출속도 20mm/s, 성형온도 200℃의 조건에서 전방 압출비를 4.0(직경 15mm)으로 고정하여 후방 압출비에 따른 성형하중의 변화를 Fig. 7 에 나타내었다. 후방 압출비가 클수록 압출 하중은 크게 나타내고 있다.

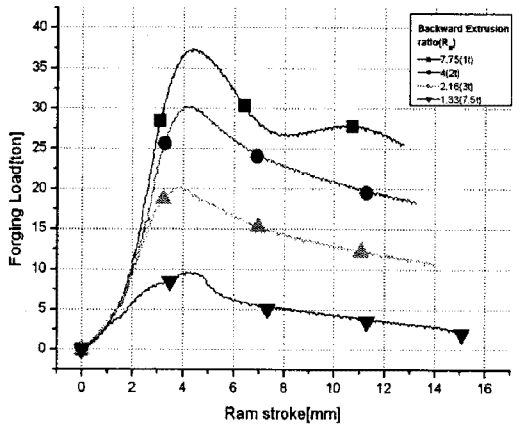

Fig. 7 Variation of forging load with backward extrusion ratio change (Forward extrusion ratio: 4, temperature: 200℃, speed: 20mm/s)

그리고 후방 압출비에 대한 전방 압출비에 따른 성형하중의 변화를 Fig. 8 에 나타내었다. 전방 압출비가 작은 경우 후방 압출비에 따른 성형하중의 차이는 작게 나타내고, 전방 압출비가 클수록 후방 압출비에 따른 성형하중의 차이는 점점 커지는 것을 알 수 있었다. 이것은 전방압출비가 커지면 소재가 후방 압출방향으로 유동됨에 따른 것으로 판단된다.

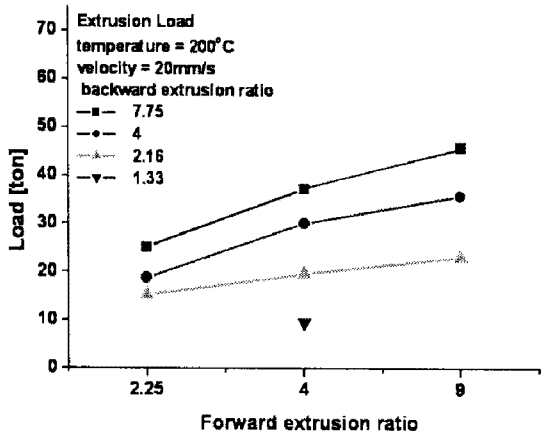

Fig. 8 Variation of forging loads with extrusion condition change(velocity: 20mm/s, temperature: 200℃)

성형속도의 변화에 따른 전-후방압출 소요 압출하중의 변화에 대해 살펴보기 위해 성형온도 180℃에서 전-후방 압출비 4 일 때 성형속도 2, 20mm/s 로 실험한 결과를 Fig. 9 에 나타내었다.

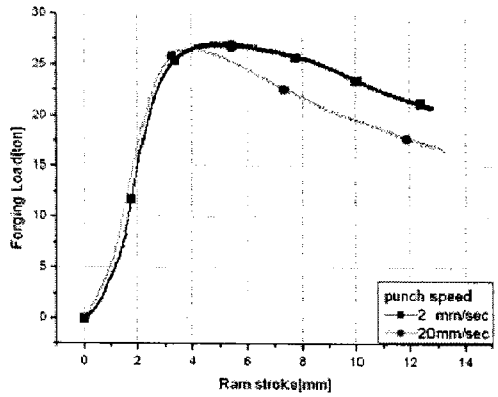

Fig. 9 Variation of forging load with temperature and punch speed change (Forward-backward extrusion ratio: 4, Temp. 180℃)

성형속도가 빠를수록 성형하중이 작은 경향을 보이고 있다. 이러한 현상은 미시적 조직변화로부터 원인을 찾을 수 있다. 소재의 변형과정에서 조직이 미세화 될 경우, 변형체의 유효 점도가 변하게 된다. AZ31 의 온간/열간 성형시 결정립계의 미끄러짐이 주요한 변형 기저로 작용함에 따라 성형 속도 증가로 인해 결정립이 미세화 되었고, 미세화된 결정립계에서 미끄러짐이 쉽게 발생하여 성형 하중이 감소하게 된 것으로 사료된다.

4. 결론

온간 전-후방압출 실험을 통해서 상용 AZ31B 의 성형 특성을 분석 하였다. 기존의 열간 성형온도 보다 낮은 180℃에서 압출비 7.75 의 고변형률 성형이 결함발생 없이 가능함을 확인 하였다. 고온 성형 조건 아래에서 재결정 현상이 관찰 되었으며 변형률 속도가 높을수록 결정이 미세화되었다. 성형 속도를 증가 시켰을 때 오히려 성형하중이 감소하는 현상이 관찰 되었으며, 이는 결정립 미세화로 인해 결정립 미끄러짐이 원활히 일어날 수 있는 분위기가 조성된 것 때문으로 추론 된다

참 고 문 헌

[1] D. J. Yoon, Y. W. Seo, C. Cho, H. J. Choi, K. H. Na, 2005, Characteristic of Hydrostatic Extrusion for Magnesium Alloy AZ31, Advanced Technology of Plasticity(2005)-Proceedings of the 8th ICTP, pp. 691~692.

[2] N. Ogawa, M. Shiomi, K. Osakada, 2002, Forming limit of magnesium alloy at elevated temperatures for precision forging, Int. J. Mach. Tool. Manufac., Vol. 42, pp. 607~614.

[3] P. Maier, K. U. Kainer, 2005, Extension of the Range of Applications for Magnesium Alloys, 62nd Annual World Conference Proceedings, pp.99~104.

[4] 오세웅 외 3 인, 2005, 인장 및 압축실험을 통한 마그네슘 합금의 고온 물성평가, 한국소성가공학회 2005 춘계학술대회 논문집, pp. 69~72.

[5] 윤덕재 외 3 인, 2006, 온간 후방압출공정에서 AZ31 마그네슘합금의 성형특성, 한국소성가공학회지, 제 15 권, 제 8 호, pp. 597~602