한국소성가공학회 2003 년도 추계학술대회 논문집 pp.117~120

마그네슘합금 판재의 온간 디프 드로잉성에 관한 연구

이용길* · 김종호* 이종섭** ·

A Study on the Warm Deep Drawability of Mg- Alloy Sheet Metal

Y. G. Lee, J. H. Kim, J. S. Lee,

Abstract

Warm deep drawing which is one of the new forming technologies to improve formability of sheet metal is applied to the cylindrical cup drawing of Mg-alloy sheet metal. In experiments the temperature of die and blank holder is varied from room temperature to 300℃, while the punch is cooled by circulation of coolant to increase the fracture strength of workpiece on the punch corner area. Test material chosen for experiments is AZ31 magnesium sheet metal. Teflon film as a lubricant is used on both sides of a workpiece. The limit drawing ratio as well as thickness distributions of drawn cups are investigated and validity of warm deep drawing process is also discussed.

Key Words : Mg-alloy(마그네슘합금), Limit drawing ratio(한계드로잉비), Thickness strain(두께 변형률)

1. 서 론

마그네슘합금 재료는 주로 제품 경량화 등을 위해 자동차 부품이나 전기 전자 부품에 사용되고 있다. 자동차 부품에서는 철이나 알루미늄의 대체품으로서 스티어링 칼럼 브래킷이나 시트백 프레임, 스티어링 휠의 부품 등에 경량화를 위해 적용범위가 확대되고 있다. 또한 전자 부품에서도 모바일 제품의 경량화, 전자파 차단, 리사이클링성 등에 의해 수지의 대체재료로서 개발되면서 노트북 컴퓨터, MD 리코더, 휴대전화, 프로젝터 등의 케이스 프레임에 적용되고 있다. 지금까지의 연구동향을 살펴보면 Tozawa[1]는 AZ31 마그네슘 판재를 이용해 펀치 라운드와 온도를 변화시켜 드로잉 성형성을 실험하였으며 Koga 와 Paisarn[2]은 AZ31 판재를 이용해 펀치와 다이에 카본 코팅을 해서 드로잉성를 실험하였고 이에 따른 표면 거칠기를 연구하였다. Koga 등[3]은 마그네슘 합금 판재의 전단 가공과 세이빙 가공의 특성을 연구하였으며 Aida 등[4]은 AZ31 판재를 이용해 온도에 따른 r 값과 n 값을 비교하였고 드로잉 후 두께의 변화와 경도변화를 실험적으로 연구하였다. 본 연구에서는 선진국에서 상용화 되고 있는 마그네슘 합금의 프레스 성형에 대해서 국내에서도 실험적으로 연구를 통하여 마그네슘 합금 판재의 최적 성형조건을 제시하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 시편의 종류와 기계적 성질

* 서울산업대학교 산업대학원 정밀기계공학과
** (주) ART Global

본 실험에 사용된 소재는 AZ31 로서 두께는 1mm 이다. 마그네슘합금 박판의 기계적 성질을 파악하기 위하여 Fig. 2-1 과 같이 KSB 0801 규격의 13 호 시편을 박판의 압연방향(0°)으로만 준비하여 인장시험하였다. 속도는 10mm/m 이고 인장시험은 소재별로 풀림 열처리된 재료와 풀림처리를 하지 않은 압연재로 구분하여 수행하였다. 풀림 열처리는 300℃에서 30 분간 유지하였다.

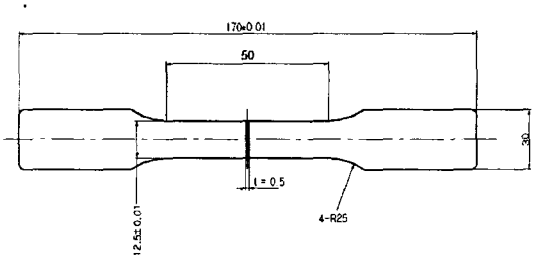

Fig. 2-1 Shape and dimension of tensile specimen

2.2 실험장치 및 방법

드로잉 실험에 사용된 프레스는 200 톤 용량의 유압 프레스를 사용하였다 그리고 온간 성형을 위해 금형의 다이와 블랭크홀더 내부에 카트리지 히터를 설치하여 성형다이의 온도를 증가시킬수 있는 가열장치와 펀치부를 냉각시킬 수 있는 냉각수 장치가 프레스 주변에 설치하였다. Fig. 2-2 는 온간 드로잉 금형의 개략도를 나타냈다.

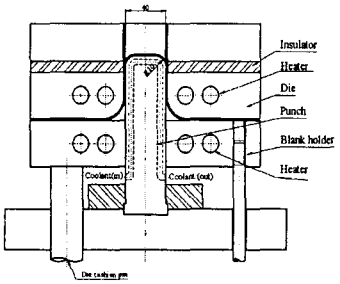

Fig. 2-2 Schematic diagram of warm deep drawing Die

2.3 실험조건

Table 2-1 는 본 연구의 실험조건을 나타내는 표이다. 실험은 열처리의 유무, 온도별, 블랭크 사이즈 등에 대해 실험하여 최적의 온간 드로잉 실험조건을 제시하고자 한다. 클리어런스는 소재 두께의 1.4 배를 적용하였고, 펀치 직경은 Ø40mm 이다. 윤활은 테프론 테이프를 소재 양면에 부착한 상태에서 펀치 온도는 5~10℃ 사이로 냉각을 유지하면서 실험하였다. 또한 블랭크는 Ø70mm 에서부터 Ø120mm 까지 5mm 씩 점진적으로 증가시키면서 한계 드로잉비를 조사하였다. 이 때의 속도는 15mm/s 이다.

Table 2-1 Experimental condition for warm deep drawing

Temperature (℃)	Heat treatment	Blank size (mm)	Remark
RT 150 200 250 300	As rolled Full annealed	Ø70 ~ Ø120 (Increment 5mm)	Rp : 10 Rd : 10 C : 1.4t Lubricant : Teflon film

3. 실험결과 및 고찰

3.1 기계적 성질 시험 결과

상온, 100℃ 그리고 250℃에서 인장시험한 결과를 Table 3-1 에 나타냈다. 상온에서 100℃로 온도가 증가함에 따라 인장강도에 비해 연신율은 2 배 이상의 변화가 있었고 250℃로 증가하면서 인장강도는 더 낮아지고 연성도 큰 폭으로 증가하였다. 풀림 열처리 유무에 따른 차이가 크게 나타났고 특히 250℃에서의 연신율은 풀림 열처리된 소재가 약 2 배 큰 것으로 나타났다.

Table 3-1 Mechanical properties of AZ31 sheet metal

Test	Tensile Strength(Kgf/㎟)		Elongation(%)	
Temperature(℃)	As rolled	Full annealed	As rolled	Full annealed
RT	27.80	25.46	3.3	7.0
100℃	26.35	19.98	30.0	36.0
250℃	6.96	4.75	58.0	106.0

3.2 온간 드로잉 실험 결과

드로잉 실험결과 Fig. 3-1 와 같이 150℃에서 블랭크 사이즈 Ø70mm(드로잉비 1.75)가 성형되었고 200℃에서는 Ø105mm 까지 성형되었다. 온도가 상승함에 따라 인장강도는 낮아지고 연성은 좋아지기 때문에 드로잉 또한 성형성이 증가하고 있다. 특히 250℃에서는 최대 드로잉비가 3.0 까지 나타났고 300℃에서는 2.5 까지 떨어지는 경향을 보였다. 이는 온도가 상승함에 따라 성형성이 증가하지만 300℃이상이 되면 성형성 dl 감소하는 것을 알 수 있었다. Photo. 3-1 는 온도별로 성형된 제품을 나타냈다. 블랭크 사이즈 Ø110mm 부터는 금형 구조상 성형깊이가 제한 되어있어 플랜지가 남아있는 모습

을 볼 수 있다. 풀림 열처리 유무에 의한 비교에서는 250℃에서만 풀림 열처리재의 최대 드로잉비 차이가 발생되었다.

RT 150℃ 200℃ 250℃ 300℃

photo. 3-1 Warm drawn cups for various drawing temperatures

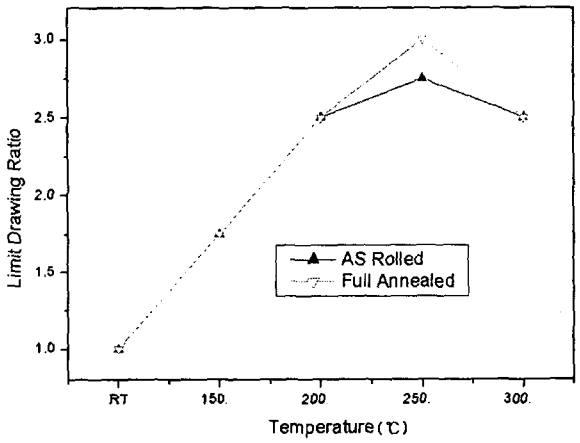

Fig. 3-1 Comparison of limit drawing ratio for various drawing temperatures

3.3 제품의 치수 정밀도 비교

실험에 의한 성형된 제품 중 다른 소재와의 두께 변형률을 비교하기 위하여 200℃에서 풀림 열처리한 AZ31 과 STS304 소재를 블랭크 사이즈 Ø100mm 에서 실험한 성형품을 가지고 측정하였고, 또한 풀림 열처리된 블랭크 사이즈 Ø100mm 와 Ø110mm 의 효과비교를 위해 성형품의 두께 변형률을 측정하였다. 성형된 제품을 실톱으로 절단하여 샌드페이퍼로 연마한 후 시편을 준비하고 Fig. 3-2 와 같이 5mm 씩 위치 이동시키면서 포인트 마이크로미터로 측정하였다. 또한 Fig. 3-3 과 같이 블랭크 사이즈에 따른 원통컵의 외경을 15mm, 30mm, 50mm 지점의 높이에서 측정한 지경을 비교하였다.

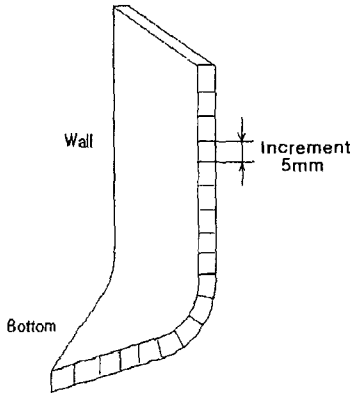

Fig. 3-2 Schematic view of measuring position for a drawn cup

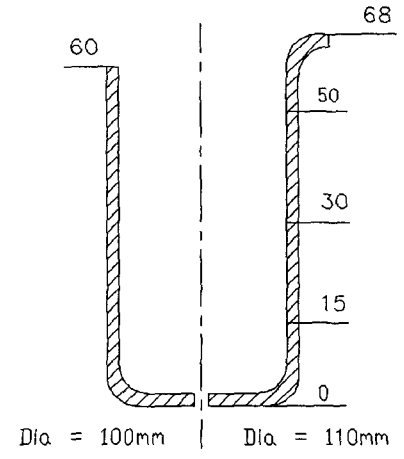

Fig. 3-3 Schematic view of measuring position for each drawn cup

Fig. 3-4 는 두께 변형률 분포결과를 나타냈다. STS304 는 밑면의 코너 라운드 부위에서 가장 얇게 나타났고 AZ31 은 측벽부에서 가장 얇게 나타났다. 특히 STS304 보다 AZ31 의 경우 온간에서의 높은 연신율 특성으로 측벽에서 더 많은 인장이 되어 측벽부가 얇아지는 것을 알 수 있다. 또한 블랭크 사이즈가 커짐에 따라 측벽부 인장이 더 잘되는 것으로 나타났다. 또한 직경의 변화는 Fig. 3-5 와 같이 측벽 중간부분이 가장 작게 나타났고 블랭크 사이즈 Ø 100mm 보다는 Ø110mm 에서 직경 변화가 더 큰 것으로 나타났다.

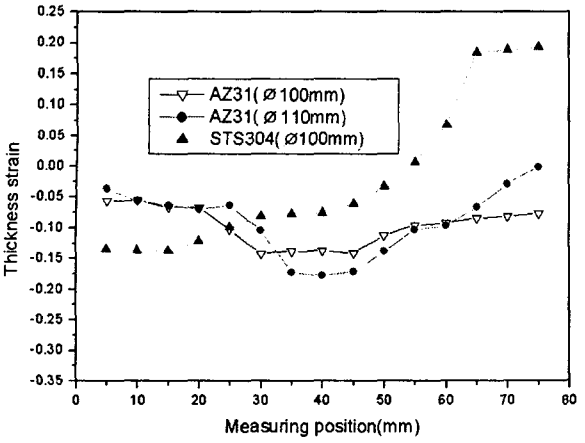

Fig. 3-4 Thickness distribution of drawn cups

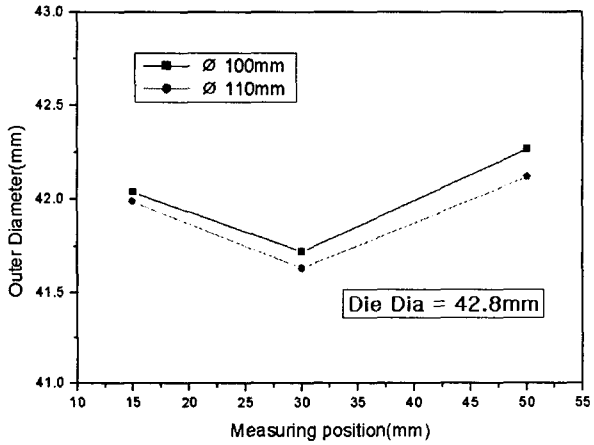

Fig. 3-5 Comparison of outer diameter of AZ31 drawn cups

4. 결 론

본 논문은 마그네슘 합금 박판의 온간 드로잉 성형성을 조사하기 위해 제품의 성형성, 제품정밀도 등을 비교 분석하여 최적의 작업조건과 온간성형 효과를 계량화시킬 수 있었고 수행된 실험 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 인장시험 결과는 온도가 상승함에 따라 인장강도는 낮아지고 연성은 좋아진다. 특히 풀림 열처리된 소재의 250℃시험에서 연신율이 미 열처리재 보다 약 2배 정도 큰 연신율을 나타냈다.

(2) 원통컵의 두께 변형률을 조사한 결과 STS304 스테인리스 판재보다 측벽부에서 더 크게 연신되면서 드로잉이 되었으며, 이러한 경향은 블랭크 직경이 클수록 더 심한것으로 나타났다.

(3) 본 실험에서의 최적 드로잉 성형 조건은 펀치를 냉각하면서 다이와 블랭크홀더 온도가 250℃에서 풀림 열처리된 마그네슘합금 박판을 디프 드로잉할 때 한계 드로잉비 3.0까지 성형되는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Yasuhisa Tozawa, 2001, "Deep drawing of magnesium alloy sheets", JILM, Vol. 51, No. 10, pp.492-497

[2] Nobuhiro Koga, Ratchanee Paisarn, 2001, "Oil-Free deep drawing of AZ31 magnesium alloy sheets using hard-film-coated tools", JSTP, Vol. 42, No. 481, pp. 145-149

[3] Nobuhiro Koga, Kazunari Hato, Ratchanee Paisarn, 2001, AZ31 "Shearing and shaving of AZ31 magnesium alloy sheets", JILM, Vol. 51, No. 9, pp. 452-456

[4] Shuhei Aida, Hiroshi Tanabe, Hiroyuki Sugai, Itaru Takano, Hideki Ohnuki, Masaru Kobayashi, 2000, "Deep drawability of cup on AZ31 magnesium alloy plate", JIML, Vol. 50, No. 9, pp. 456-461