

# 툴 표면처리 및 온도가 AZ31 마그네슘 판재의 드로잉성에 미치는 영향

추동균<sup>1</sup>, 이준희<sup>2</sup>, 강충길<sup>#</sup>

## The Effect of Tool Surface Treatment and Temperature on Deep Drawability of AZ31 Magnesium Alloy Sheet

D. G. Choo, J. H. Lee, C. G. Kang

### Abstract

The square cup drawing of magnesium alloy AZ31 (aluminum 3%, Zinc 1%) sheets was studied by experimental approach in various temperatures (200, 250, 300, 350, 400 °C) when blank holding force (BHF) was controlled in real-time. And so on, the drawability was measured with the different die and punch coating. The square cup drawing test was performed by three different coated punches (CrN, TiCN, Non-coated). BHF was set about 2.0 KN, forming speed was 50 mm/min, blank thickness were 0.5, 1.0mm and the cup size was 40 mm by 60 mm after forming. The experimental data of square cup drawing test show that the tools coating and temperature were effect on the drawability.

**Key Words** : AZ31B magnesium sheets, Square cup drawing, drawability, tool coating, controlled BHF

### 1. 서 론

전 세계적으로 자동차 및 항공기 등 운송 수단  
의 경량화, 재활용, 연비 향상 및 환경적인 측면  
에서 차세대 친환경 경량소재를 이용한 부품 성  
형 공정에 관한 연구가 관심의 대상이 되고 있다.  
특히 마그네슘 합금은 알루미늄 합금과 연강을  
대체할 차세대 소재로서 각광을 받고 있다[1,2].  
마그네슘의 비강도는 알루미늄 합금의 2/3, 강  
의 1/4 에 불과할 뿐만 아니라 전자파 차폐능, 재활용  
측면에서 산업적으로 많은 수요가 발생 하고 있  
기 때문이다. 현재 마그네슘 합금의 성형은 소성  
가공이 힘들기 때문에 세계적으로 다이캐스팅이  
주류이나 향후 마그네슘 판재 (AZ31) 생산이 일

반화 되면서 환경문제, 제품의 성형 가능성, 품질  
및 환경 친화적 측면에서 우수한 마그네슘 박판  
성형 기술에 대한 연구가 요구되고 있다. 특히 IT  
산업과 휴대용 디지털 제품의 보급이 급격히 늘  
어나면서 사각 형상의 마그네슘 케이스의 프레스  
성형에 대한 연구가 요구되고 있다. Yoshihara 의  
펀치 국부 냉각 방식, Tagawa 의 펀치 반경의 영향,  
Koga 의 금형의 코팅 방법 등 다양한 연구가 이루  
어지고 있으며, 사각형 마그네슘 딥드로잉에 대한  
기초연구도 이루어 지고 있다[3-7]. 하지만 기업이  
적용하여 제품을 양산할 수 있을 정도의 성과는  
여전히 부족한 실정이다. 그렇기 때문에 펀치 코  
팅에 초점을 맞추어 사각 딥드로잉 연구를 진행  
하게 되었다. 이를 위해 고온 인장실험을 통하여

1. 부산대학교 정밀기계공학과

2. 동아대학교 신소재공학과

# 교신저자: 부산대학교 기계공학부

E-mail cgkang@pusan.ac.kr

AZ31 마그네슘 합금의 기초 물성치 데이터를 구하였고, 원형컵에서 블랭크 홀딩력을 급격한 두께 변화로 인해 파단을 야기하는 컵 측면부가 변곡점이 되도록 제어하여 LDR 을 향상시키는 연구를 사전에 수행하였다[8,9]. 사전 연구에서 얻은 데이터를 기초로 하여 펀치에 CrN, TiCN 코팅 그리고 코팅을 하지 않고 실험을 한 후 그 차이점을 비교하였다.

## 2. 실험 과정

### 2.1 실험 장비

실험에서 사용된 프레스는 50 ton 의 유압프레스이다. 다이에 있는 4 개의 가이드 핀으로 블랭크 홀더와 다이의 중심을 맞추었으며, 블랭크 가이드를 통해 블랭크의 중심을 맞추기 용이하게 하였다. 블랭크 홀더와 다이에 각각 4 개의 열선을 부착하여 2 개의 온도 제어장치를 사용하여 온도를 제어하였다. 유압 펌프에 터치스크린식 PID 제어를 장치하여 1 mm 마다 전압을 입력시켜 블랭크 홀딩력을 제어할 수 있게 하였다. 성형된 제품의 크기가 40 X 60 mm 가 될 수 있도록, 다이와 펀치를 제작하였다. 다이와 블랭크 홀더의 재질은 SKD61 중에 HRC 가 58 이 되게 하여 CrN 코팅을 하였고 펀치는 각각 같은 재질에 CrN, TiCN 코팅을 하였고 나머지 하나의 펀치는 코팅을 하지 않고 실험을 하였다.

### 2.2 실험 방법

실험에 사용된 블랭크의 두께는 0.5, 1.0mm 이다. 온도를 200, 250, 300, 350, 400 °C로 제어하여 실험을 하였고, 사전에 실험하였던 원형 닥드로잉 실험에서 얻은 결과를 토대로 하여 가장 성형성이 우수했던 50 mm/min 를 성형속도로 설정하였다. 사각형 닥드로잉에서도 블랭크 홀딩력이 LDR 에 영향을 미치는지 재확인 하기 위하여 Fig. 1 과 같이 세가지 경우의 약 2KN 의 블랭크 홀딩력을 적용하여 실험을 한 후 가장 두께 변화율이 적었던 case 1 형상의 블랭크 홀딩력을 적용하여 나머지 조건에서도 실험을 진행하였다. case 3 은 블랭크 홀딩력의 변화를 주지 않고 정적 하중을 적용한 것이며 case 1 과 case 2 의 경우는 하중 제어의 기술기에 따른 변화를 보기 위하여 하중이 감소하는 양을 조절한 것이나.

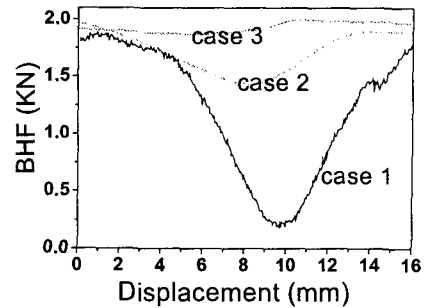


Fig. 1 Three cases of BHF

펀치의 코팅이 성형성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 컵의 단변과 장변방향으로 절단하여 두께를 측정하고 미세조직을 관찰하였다. 성형깊이를 각각 15, 23mm 깊이로 하여 펀치의 코팅에 따른 성형성을 비교해 보았다. 또한 압연 방향에 따른 영향을 알아보기 위하여 같은 방법으로 실험을 하였다.

## 3. 실험 결과

Fig. 2 는 Fig. 1 과 같이 세 형태의 블랭크 홀딩력을 적용했을 때의 소재의 두께 변화를 측정하는 것이다. 실험 조건은 250 °C 온도에서 CrN 코팅된 펀치와 1.0t 두께의 블랭크를 사용하여 15mm 깊이로 성형을 한 것이다. 두께의 최대 변화율을 측정해 본 결과 case 1 일 경우 6.9 %, case 2 일 때 10.2 % 그리고 case 3 일 경우 16.3 %의 두께 변화가 일어나는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 BHF 제어가 사각형 컵의 드로잉성에도 영향을 미치며 그 변화폭이 클수록 두께 변화율이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

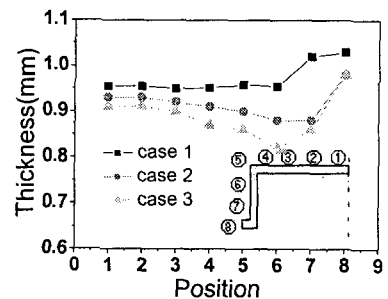


Fig. 3 Thickness change of the cup according to the BHF

15 mm 깊이로 성형을 하였을 때, CrN 코팅을 한 펀치에서만 200 °C, 1.0t 두께 블랭크의 라운드 부분에서 파단이 일어났고 그 이외에는 모두 양호하게 성형이 되었다. 깊이를 23 mm 로 성형을 하였을 때도 마찬가지로 CrN 코팅을 한 펀치의 200 °C, 1.0t 블랭크에서 라운드 부 파단이 일어난 경우 이외에는 양호하게 성형이 되었다. 0.5 t 블랭크의 경우 23 mm 로 성형을 했을 때의 경우를 정리해 보면 Fig. 3 과 같다.

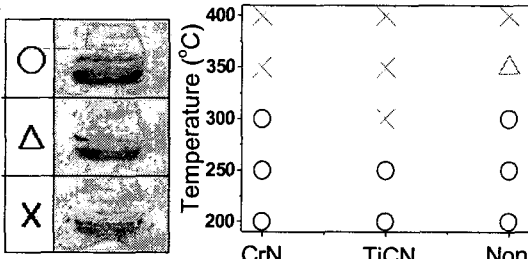


Fig. 3 Effect of the punch coating and temperature on shape of cup after the DDP

TiCN 코팅을 한 펀치의 경우에 300 °C 가 넘으면 성형이 되지 않았고 나머지 경우 350 °C 가 넘으면 성형이 되지 않았다.

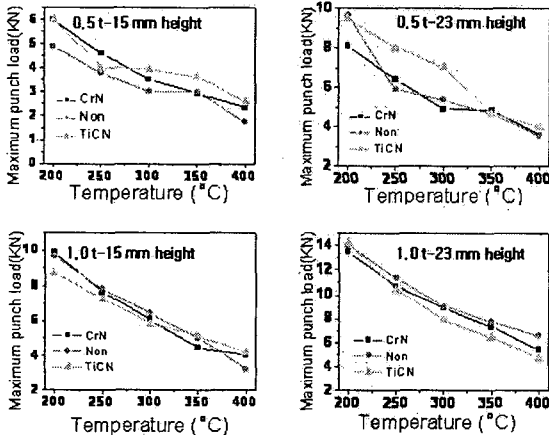


Fig. 4 Maximum punch load-temperature graph according to the punch coating

Fig. 4 는 펀치의 코팅에 따른 온도별 최대하중 그래프를 나타낸 것이다. 0.5t 블랭크를 사용하여 성형을 하였을 때는 TiCN 코팅을 한 펀치가 성형

이 가능한 온도 영역인 300 °C 까지 높은 성형 하중이 필요하다는 것을 알 수 있고, 200 °C, 1.0 t 블랭크를 사용해서 실험을 한 영역에서는 CrN 코팅을 한 펀치에서 가장 높은 하중이 작용하는 것을 알 수 있었다

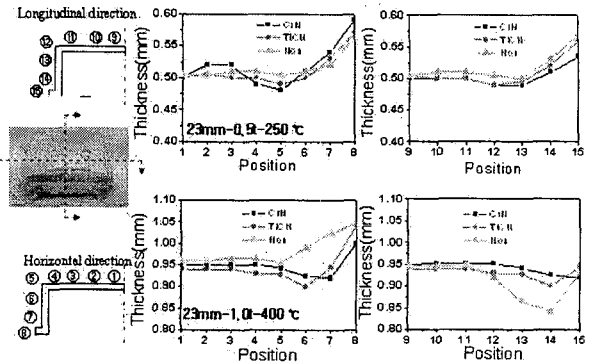


Fig. 5 Relation between punch coating and thickness change.

Fig. 5 는 성형된 컵을 장변과 단변 방향으로 절단해서 두께의 변화를 측정해 본 것이다. 코팅 여부와 상관없이 모두 성형이 된 250, 400 °C 온도의 제품을 절단해 본 결과 고온으로 갈수록 CrN 코팅을 한 펀치의 두께 변화가 적은 것을 알 수 있었고, 온도가 낮은 경우는 TiCN 코팅을 한 펀치의 두께 변화가 근소하게 두께 변화가 적게 일어나는 것을 알 수 있었다. Fig. 5 에서 알 수 있듯이 장변 방향의 두께 변화량이 단변 방향의 두께 변화량 보다 적은 것을 알 수 있다. 고온 인장실험을 통한 마그네슘의 기계적 성질을 알아본 연구에서 마그네슘 판재의 이방성계수는 0° 방향보다 90° 방향이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 0° 방향으로 성형을 할 때 90° 방향으로 성형을 하는 것 보다 두께 변화량을 감소시킬 수 있음을 의미한다.

Fig. 6 의 미세 조직을 보면 3 번 지점 이후로 동적 재결정이 활발히 발생하며 300 °C 에서 두께 변화량이 많은 TiCN, CrN, Non 순서대로 동적 재결정이 활발하게 일어나고 있는 것을 알 수 있다. 이를 통해 AZ31 마그네슘 합금의 성형성 평가항목 중 제품의 두께변화는 동적 재결정과 관련이 있다는 것을 알 수 있다.

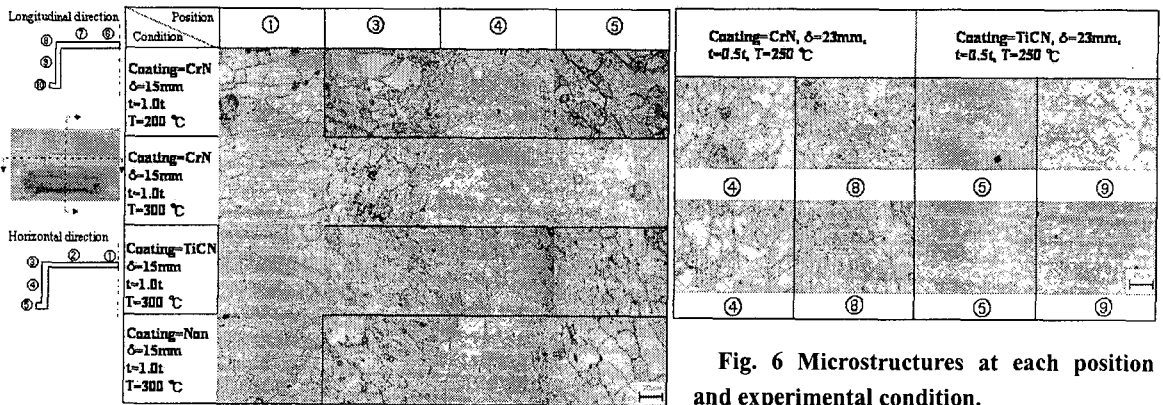


Fig. 6 Microstructures at each position and experimental condition.

#### 4. 결론

이번 연구에서 사각형 컵 드로잉을 할 때 펀치 코팅과 온도에 따른 성형성을 컵 두께 변화와 성형하중 그리고 미세조직을 관찰하여 평가해 보았다.

(1) 실시간 블랭크 홀딩력을 제어한 경우 case 1의 블랭크 홀딩력을 적용하면 두께 변화율이 펀치 코팅과 상관없이 10% 이하.

(2) 200 °C 에서 CrN 코팅된 펀치일 경우 0.5t 블랭크 성형시 하중이 가장 높게 나오고 1.0t 블랭크 성형시에는 모서리 부분이 파단이 일어나는 것으로 보아 비교적 낮은 온도에서는 CrN 코팅이 적합하지 않다.

(3) 소재의 결방향과 상관없이 장변방향으로 두께 변화가 크게 일어났고, 0° 방향의 이방성 계수가 90° 방향의 이방성 계수보다 높기 때문에 성형시 블랭크의 방향 0° 방향이 장변방향으로 되게 하는 것이 적합하다.

#### 후 기

본 연구는 동아대학교 신소형재 가공 청정공정 개발 연구센터의 지원에 의해 행해졌으며, 이에 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

[1] 원성연, 오상균, 2004, AZ31 마그네슘 합금 판재의 기계적 특성평가(1), 2004년도 한국소성가공

학회 춘계학술대회논문집, pp. 53~56.

- [2] 이병호, 신광선, 이종수, 2004, AZ31 Mg 합금의 가공 조건에 따른 고온 성형성 연구, 2004년도 한국소성가공학회 춘계학술대회논문집, pp. 80~83.
- [3] E. Doege, K. Dröder, 2001, Sheet Metal Forming of Magnesium Wrought Alloys-Formability and Process
- [4] F. K. Chen, T. B. Huang, C. K. Chang, 2003, Deep drawing of square cups with magnesium alloy AZ31 sheets, J. Mater. Proc. Tech., vol. 43, pp. 1553-1559.
- [5] S. Yoshihara, H. Nishimura, 2003, Formability Enhancement in Magnesium Alloy Stamping Using a Local Heating and Cooling Technique Circular Cup Deep Drawing Process, J. Mater. Proc. Tech., vol. 142, pp.609~613.
- [6] S. Tagawa, N. Koga, 2003, Effect of tool radius on formability during deep drawing of AZ31 magnesium alloy sheets, Journal of Japan Institute of Light Metal., vol. 53, pp. 152-156.
- [7] N. Koga, 2001, Practical use of hard-carbon-coated tools in deep drawing of AZ31 magnesium alloy sheets, Journal of Japan Institute of Light Metal., vol. 51, pp. 441-445.
- [8] 추동균, 김우영, 이준희, 강충길, 2004, 온간, 열간 판재 성형을 위한 AZ31B의 기계적 성질 평가, 2004년도 한국소성가공학회 추계학술대회논문집, pp. 256-259.
- [9] 추동균, 이준희, 강충길, 2005, 다이캐스팅 공정의 대체를 위한 마그네슘 판재의 온간,열간 딥 드로잉 성형성 평가, 2005년도 한국소성가공학회 춘계학술대회논문집, pp. 407-410.