

# AZ31 판재 디프드로잉에서의 금형 형상과 온도의 영향

\*김홍규<sup>1</sup>, 김기덕<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 정밀금형팀

## Effect of Die Shape and Temperature on the Deep Drawability of AZ31 sheet

\*H. K. Kim<sup>1</sup>, K. D. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Precision Molds and Dies Technology Team, Korea Institute of Industrial Technology

Key words : AZ31, Deep Drawing, Die Shape, Temperature

### 1. 서론

마그네슘 합금은 약 1.8의 비중으로 알루미늄, 티타늄에 비해서도 훨씬 가벼운 소재이면서도 비강도, 전자파 차폐성, 진동 감쇠능, 열전도도 등에서 매우 우수한 특성을 갖고 있다. 이에 최근 에너지 절약 및 공해 저감을 위한 자동차 경량화는 물론이고 전자제품에서 인체에 대한 전자파 차단을 위해 마그네슘 합금으로 제작된 부품과 제품의 수요가 급증하고 있는 추세이다.

그런데 마그네슘 합금은 조밀육방체(HCP) 결정구조로 인해 상온에서의 소성가공성이 좋지 않아 주로 액체상태의 마그네슘을 이용하는 주조 및 다이캐스팅에 의해서 제품이 생산되고 있다. 그러나 구조용 부품에서의 기계적 강도 불량, 높은 공정 비용, 박육 제품 개발의 어려움 등의 이유로 그 적용 범위에 제약이 따르는 상황이다. 반면 마그네슘 합금의 경우 적절한 온도로 가열된 상태에서는 소성가공성이 대폭 향상되는 특성을 갖는다. 이에 최근 들어 온간 프레스 금형 기술을 적용한 생산 방식이 큰 주목을 받고 있다. [1-8].

본 연구에서는 마그네슘 합금인 AZ31 판재를 사용하여 사각컵 형상을 디프드로잉하는 온간 프레스 금형을 개발하였고, 디프드로잉 성형 깊이에 금형의 형상 변수가 미치는 영향을 고찰하기 위해 서로 다른 모서리 곡률 반경을 갖는 펀치와 다이 조합을 사용하여 온도별 디프드로잉을 수행하였다.

### 2. 온간 사각컵 디프드로잉 금형 제작

금형 내 소재 가열이 가능한 온간 사각컵 디프드로잉 금형을 설계, 제작하였다. 펀치와 하부 다이의 코너 및 모서리 곡률 반경과 같은 형상 변수들을 Fig. 1에 개념도와 같이 나타내었다.

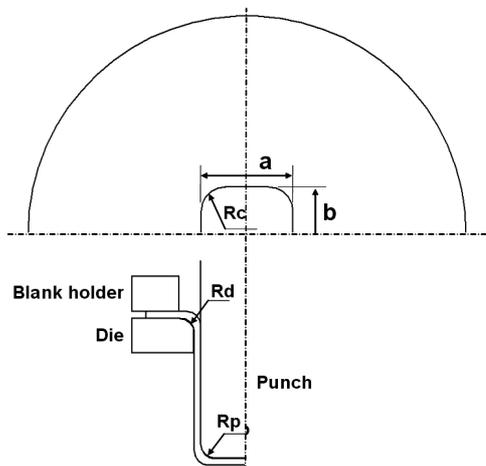


Fig. 1 Geometric parameters of square cup deep drawing die & punch

펀치는 40mm×40mm의 정사각형 단면을 갖고 있고 판재 두께 0.8mm를 고려하여 펀치 벽면과 하부 다이 벽면 사이의 간격은 0.96mm가 되도록 하였다. 본 연구에서 설계, 제작된 서로 다른 모서리 곡률 반경을 갖는 펀치와 하부 다이를 조합하여 Table 1과 같은 4가지 서로 다른 Case를 만들었다. 이러한 4가지 Case 각각에 대해 온도별 디프드로잉 시험을 수행하여 금형의 곡률 반경이 다를 때 드로잉 깊이가 어떻게 변하는지 고찰하였다.

Table 1 Combinations of deep drawing die & punch

Case	Corner radius (Rc)	Die radius (Rd)	Punch radius (Rp)
1	10.96	3	1.8
2	10.96	3	6.25
3	10.96	6.25	1.8
4	10.96	6.25	6.25

AZ31 판재의 가열을 위해 다이와 블랭크 홀더에는 각각 내부에 시즈히터(Sheath Heater) 타입의 열선을 삽입하고 PID 제어기와 TPR(Thyristor Power Regulator)를 사용하였다. 반면에 펀치 내부에는 유로를 가공하고 냉각기를 사용하여 15℃의 물을 계속 순환시켰다. 이는 일반적으로 온간 드로잉에서 펀치의 냉각이 성형성 향상에 도움이 되기 때문이다.

### 3. 온간 디프드로잉 성형 시험 및 결과

성형 시편으로는 지름 120mm인 마그네슘 합금 AZ31 원형 판재 블랭크를 사용하였다.

온간 드로잉 공정을 구현하기 위해서 위와 같이 제작된 금형을 서보프레스 H1F200 (Komatsu Industries Corp.)에 장착하였다. 서보프레스의 자유 모션을 사용함으로써 전체 드로잉 공정 중 필요한 시점에 필요한 시간 동안 소재를 가열, 가압하거나 필요한 양만큼 성형하는 것이 가능해진다. 본 연구의 온간 드로잉 공정에 사용된 프레스 모션 중 드로잉 깊이 40mm에 대한 프로파일을 Fig. 2에 나타내었다.

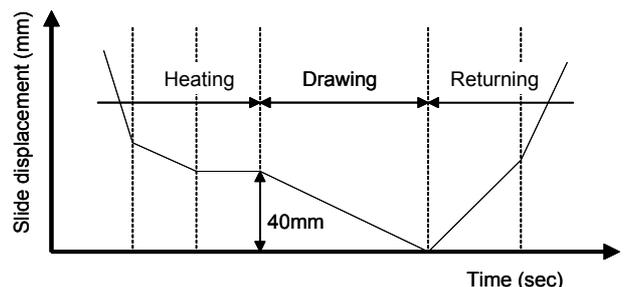


Fig. 2 Servo press motion for warm deep drawing of AZ31 (drawing depth=40mm)

150, 200, 250, 300℃ 각각의 온도에서 온간 디프드로잉 성형 시험을 수행하였다. 드로잉 깊이를 5mm 간격으로 증가시키면서 소재의 파단 없이 드로잉 되는지를 관찰하였다. 파단 없이 드로잉 되는 깊이를 서로 다른 금형 조합인 4가지의 Case에 대해 온도의 함수로 Fig. 3에 나타내었다.

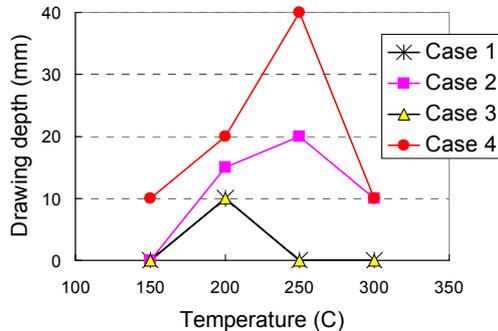


Fig. 3 Drawing depths for each combination of die & punch

온도별 성형성을 살펴보면 근사적으로 250℃ 부근에서 최대의 드로잉 깊이가 얻어짐을 볼 수 있었다.

한편, 모서리 곡률 반경의 영향을 살펴보면 펀치부의 곡률 반경이 성형성에 매우 중요함을 볼 수 있었다. 즉, Rp=6.25mm 인 경우들(Case 2, 4)이 Rp=1.8mm 인 경우들(Case 1, 3)보다 더 큰 드로잉 깊이를 나타내었다. 반면 다이부의 곡률 반경은 비교적 중요하지 않았다. 예를 들면, Case 1, 2 보다 Case 3, 4 가 더 곡률 반경(Rd)을 갖고 있지만 드로잉 깊이는 Case 2가 Case 3보다 더 크음을 볼 수 있었다.

#### 4. 결론

마그네슘 합금 AZ31 판재를 사용하여 사각컵 온간 디프드로잉 금형을 제작하고 성형 시험을 수행하였다. 디프드로잉 성형성에 미치는 금형 형상의 영향을 고찰하기 위해 서로 다른 모서리 곡률반경을 갖는 펀치와 다이의 4가지 조합을 대상으로 온도별 드로잉 시험을 수행하고 최대 드로잉 깊이를 측정하였다.

온도별 시험 결과를 보면 근사적으로 다이 온도 250℃ 부근에서 가장 좋은 성형성을 볼 수 있었다. 이 때 좋은 성형성을 유지하기 위해서 펀치는 가열되지 않고 냉각되어야 했다.

또한 펀치부의 곡률 반경이 성형성에 매우 중요함을 볼 수 있었다. 반면 상대적으로 다이부의 곡률 반경은 중요하지 않았다. 따라서 금형의 성형성 측면에서는 펀치부의 곡률 반경이 매우 중요한 설계 인자가 될 것으로 예측된다.

#### 후기

본 연구는 2010 생산기반혁신기술개발사업의 경량판재 프레스성형부품화 기술개발 과제의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 박진기, 김영석, T. Kuwabara, 유봉선, "AZ31 마그네슘 합금 판재의 소성변형특성", 한국소성가공학회지, **14**, 6, 520-526, 2005.
2. 추동균, 강충길, 이준희, '툴 표면처리 및 온도가 AZ31 마그네슘 판재의 드로잉에 미치는 영향', 한국소성가공학회 2005년도 추계학술대회 논문집, 118-121, 2005.
3. E. Doege, K. Droder, "Sheet metal forming of magnesium wrought alloys-formability and process technology", J. Mat. Proc. Tech., **115**, 14-19, 2001.

4. F. K. Chen, T. B. Huang, C. K. Chang, "Deep drawing of square cups with magnesium alloy AZ31 sheets", Int. J. Mach. Tool. Manuf., **43**, 1553-1559, 2003.
5. H. Takuda, T. Yoshii, N. Hatta, "Finite-element analysis of the formability of a magnesium-based alloy AZ31 sheet", J. Mat. Proc. Tech., **89-90**, 135-140, 1999.
6. N. Ogawa, M. Shiomi, and K. Osakada, "Forming limit of magnesium alloy at elevated temperatures for precision forging", Int. J. Mach. Tool. Manuf., **42**, 607-614, 2002.
7. D. L. Yin, K. F. Zhang, G. F. Wang, and W. B. Han, "Warm deformation behavior of hot-rolled AZ31 Mg alloy", Mat. Sci. Eng. A, **392**, 320-325, 2005.
8. 김홍규, 이위로, 홍석관, 김종덕, 한병기, "마그네슘 합금 AZ31 판재의 온간 사각컵 디프드로잉 공정의 유한요소 해석", 한국소성가공학회지, **15**, 3, 232-240, 2006.