

다단 온간 프레스금형에 의한 마그네슘 판재의 성형성 향상 Formability Improvement of Mg Alloy Sheet by Multi-Stage Warm Press Die

*#김흥규¹, 김기덕¹

*#H. K. Kim(krystal@kitech.re.kr)¹, G. D. Kim

¹ 한국생산기술연구원 정밀금형팀

Key words : Formability, Magnesium, Sheet, Multi-Stage, Press Die

1. 서론

최근 각종 부품 경량화를 위한 차세대 소재 성형기술로서 마그네슘 판재의 프레스성형 기술이 널리 관심을 받고 있다[1,2]. 그러나 마그네슘 판재의 프레스성형이 실제 양산 공정에 적용되기 위해서는 현재 보고되는 수준의 판재 성형성이 대폭 개선될 필요가 있다. 왜냐하면 상온에서의 소성가공에서 성형성이 너무 나쁘기 때문이다. 이를 극복하기 위해 최근 적용되는 방식은 상온 대신 200~300℃의 온도에서 온간 성형을 하는 것이다. 그러나 아직도 성형성이 충분히 만족스럽지는 않다. 또한, 가열로 인한 성형 사이클 시간이 길어져 생산성이 나쁘다. 별도의 가열장치에서 블랭크를 미리 가열하고 금형으로 옮긴다면 사이클 시간은 단축될 수 있지만, 옮기는 도중에 열이 방출되고 소재가 식을 수 있기 때문에 금형 내 가열에 비해 열효율이 떨어진다. 이렇게 금형 내 가열을 할 때 한번에 원하는 수준까지 온도를 올리는 대신 조금씩 가열하고 성형하고 다시 또 가열하고 성형한다면 사이클 시간이 효과적으로 단축될 수 있다.

위의 조건들을 모두 만족시킬 수 있는 방법은 바로 다단 성형이다. 상온 프레스 공정에서는 이러한 다단 성형 방식이 많은 소재에 대해 특히 양산화를 목표로 적용된 바 있다. 물론 다단 성형 방식이 가능하려면 기본적으로 한 단에서의 성형성이 어느 정도 이상은 되어야 가능하다. 기존의 연구 결과에 따르면 마그네슘의 경우 적절한 온도로 가열해 주면 성형성이 상당히 좋아지므로 다단 성형의 가능성이 있다. 본 연구에서는 실제 금형 시험을 통해 마그네슘 판재의 다단 성형 가능성에 대해 고찰하고자 하였다. 이를 위해 디프트로잉 형상의 원형컵을 단계적으로 성형할 수 있는 다단 온간드로잉 금형을 설계하고 제작하였다. 그리고 실제 성형 시험을 통해 마그네슘 판재의 다단 성형 가능성을 확인하였다.

2. 마그네슘 합금 판재의 소재 성형성

판재를 사용하여 부품을 제조하는 공정에서 나타나는 성형성은 크게 소재 자체의 성형성과 제조 공정의 성형성으로 나눌 수 있다. 소재의 성형성은 합금 조성과 미세 조직 등에 의해 결정되므로 부품 제조 공정에서 능동적으로 제어하기는 매우 어렵다. 반면, 부품 제조 공정에서는 공정 변수를 적절히 변화시킴으로써 주어진 소재를 가지고 다양한 수준의 성형성을 얻을 수 있다. 본 연구에서 대상으로 하는 마그네슘 판재의 프레스성형 공정, 특히 디프트로잉 공정에서는 금형의 온도, 윤활, 가공속도, 금형 형상 등을 변화시키면 이에 따라 공정 성형성도 달라져서 동일한 최종 제품이 성형 가능할 수도 있고 성형 불가능할 수도 있게 된다.

그러나 공정 성형성도 소재 성형성에 결정적인 영향을 받게 되므로 우선은 마그네슘 판재의 소재 성형성을 파악해야 한다. 소재 성형성을 나타내는 여러가지 지표가 있는데 여기서는 인장시험에서 관찰되는 온도별 성형성을 간단히 살펴본다. 아래 Fig. 1(a)에는 Mg 합금인 AZ31 판재에 대해 상온에서 250℃까지의 온도 영역에서 측정된 일축 인

장 시험 결과 그래프를 나타내었다. 온도가 높아질수록 유동응력은 감소하지만 파단 되기까지의 변형률은 증가하는 현상을 볼 수 있다.

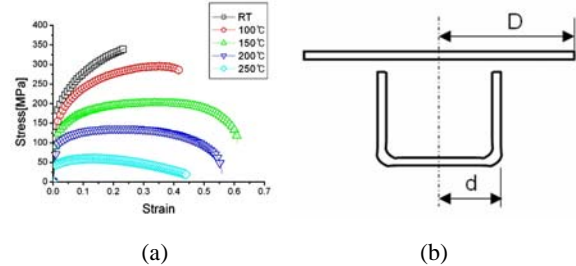


Fig. 1 (a) Uniaxial tensile test for Mg alloy AZ31 sheet at various temperatures, (b) Shape parameters for LDR definition

판재 성형 고유의 성형성을 나타내는 지표로는 FLD를 비롯한 여러 가지가 알려져 있는데, 본 연구에서의 디프트로잉의 경우에는 LDR(Limiting Drawing Ratio)을 통해 쉽게 성형성을 표시할 수 있다. Fig 1(b)와 아래 Table 1에는 몇몇 소재에 대해 알려진 대표적인 LDR 값을 나타내었다.

Table 1 LDR values for various metals

Material	Average LDR (D/d)
Stainless steel	1.82~2.08
Aluminium	1.67~1.89
Nickel	~2.0

3. 온간 드로잉 성형 시험

다단 드로잉을 함으로써 하나의 단에서 성형할 때에 비해 성형 특성이 얼마나 향상되는지를 고찰하기 위해 아래의 Table 2에 나타난 두가지 경우에 대해 대조 시험을 수행하였다. 편의상 다단 공정은 3단에 국한하였고 1, 2, 3단을 순차적으로 거쳐 성형된 컵과 3단에서 바로 성형된 컵을 비교하였다.

Table 1 Single stage drawing VS. multi-stage drawing

	Single stage drawing (3 rd stage only)		Multi-stage drawing (1 st → 2 nd → 3 rd stage)	
	Punch diameter	Drawing depth	Punch diameter	Drawing depth
1 st stage	-	-	40mm	10mm
2 nd stage	-	-	35mm	12.5mm
3 rd stage	30mm	15mm	30mm	15mm

금형의 구조가 비교적 복잡해진 관계로 편의상 블랭크 가압을 위해 코일 스프링을 사용하였고, 최적의 성형성을 위해 1, 2, 3 단 금형 모두에서 250℃의 온도 조건을 유지하도록 하였다. 사용한 판재의 합금은 앞에서 인장시험 결과로 보인 마그네슘 합금 AZ31이다. 블랭크 판재의 두께로는 0.4, 0.6mm 두 가지 종류를 사용하였고 이로부터 지름 46, 50mm의 두가지 원형 블랭크를 절단하여 사용하였다.

프레스는 Fig. 2 에 보인 것과 같이 입의 슬라이드 움직임이 가능한 서보프레스를 사용하였는데 펀치의 속도로는 4mm/s 를 사용하였다.

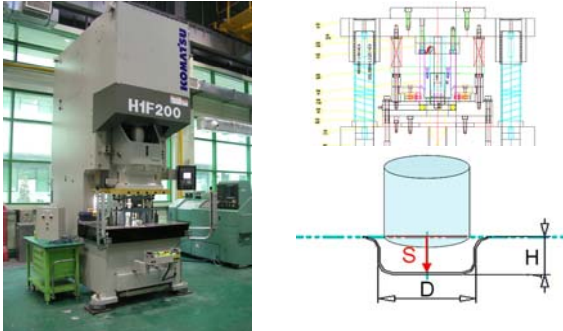


Fig. 2 Servo press(Komatsu, H1F200) and press die system

Single stage drawing

우선 3 단에서 한번에 성형할 경우의 성형특성을 살펴 보았다. 펀치의 스트로크를 단계적으로 증가시키면 그 결과는 Fig. 3 에서 보인 것과 같다. 블랭크에 생기는 주름을 억제하기 위해 블랭크 가압력을 더 증가시킬 필요가 있었으나 현재 금형 구조 내에서 더 이상 높은 가압력이 가능한 스프링을 사용하기 어려웠다. 현재 사용한 스프링의 경우스프링 상수는 20.6kgf/mm 이었다.



(a) Punch stroke=5, 7, 10, 13, 15mm (blank thickness=0.6mm)



(b) Punch stroke=5, 7, 10, 13, 15mm (blank thickness=0.4mm)

Fig. 3 Punch stroke effect (punch diameter = 30mm, blank diameter = 46mm)

블랭크 크기에 따른 영향을 살펴보면, Fig. 4 에 나타낸 바와 같이 펀치에 비해 블랭크 크기가 커질수록 주름이 발생하였다. 블랭크가 작은 경우에는 성형량이 작기 때문에 비록 컵의 깊이는 작지만 주름 없는 성형이 가능하였다.



(a) Blank diameter=56, 50, 46mm (thickness=0.6mm)



(b) Blank diameter=56, 50, 46mm (thickness=0.4mm)

Fig. 4 Blank size effect (punch diameter = 40mm, punch stroke = 10mm)

Multi-stage drawing

Table 1 에 나타낸 것과 같이 1, 2, 3 단을 순차적으로 거쳐 컵을 드로잉 성형하였다. 판재 두께에 따른 성형 후 모습을 Fig. 5 에 나타내었다.



(a) Blank: diameter=46mm, thickness=0.6mm



(b) Blank: diameter=46mm, thickness=0.4mm

Fig. 5 Multi-stage drawing for different blank thickness

Multi-stage drawing vs. Single stage drawing

아래 Fig. 6 에 다단 성형에서 3 단 후 얻은 컵의 형상과 3 단에서 한번에 성형 후 얻은 컵의 형상을 비교하여 나타내었다. 3 단에서 한번의 성형할 때는 한번의 과도한 변형이 발생하므로 플랜지에 주름이 발생하였고 최종 컵의 모습에서도 주름의 흔적으로 인한 벽면의 성형 불량을 볼 수 있었다. 반면, 1, 2, 3 단을 순차적으로 거쳐 성형한 경우에는 단계적으로 성형하면서 플랜지 주름 등이 발생하지 않아 최종 컵의 벽면이 상대적으로 양호함을 볼 수 있었다.



Fig. 6 Multi-stage drawing(left) vs. single stage drawing(right)

4. 결론

금형 내 가열장치를 갖는 온간 금형과 다단금형을 결합한 다단 온간 드로잉 금형을 개발하고 이를 사용하여 마그네슘 합금 AZ31 의 다단 디프드로잉을 시험하였다. 결과로부터 적절한 소재 가열이 이루어지면 마그네슘과 같이 낮은 성형성을 갖는 소재의 경우에도 다단 성형 방식이 적용 가능함을 확인하였다. 또한 다단 성형된 최종 컵은 한번에 성형된 컵에 비해 컵의 품질에서 우수함을 볼 수 있었다. 이번 연구는 마그네슘 판재에 다단 드로잉을 적용한 최초의 연구로서 향후 다단 프레스성형 방식이 다양하게 적용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

후기

본 연구는 “2010 생산기반혁신기술개발사업”의 “경량판재 프레스성형부품화 기반기술 개발” 과제의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. F. K. Chen, T. B. Huang, 2003, “Formability of stamping magnesium-alloy AZ31 sheets,” J. Mat. Proc. Tech., **142**, 643~647, 2003.
2. E. Doege, K. Droder, 2001, “Sheet metal forming of magnesium wrought alloys-formability and process technology,” J. Mat. Proc. Tech., **115**, 14~19, 2001.