

AZ31 마그네슘합금의 온간디프드로잉시 판재성형성 향상

이명섭¹· 강대민[#]

Improvement of Formability of AZ31 Magnesium Alloy Sheet during Warm Deep Drawing

Myeong-Sup Rhee, Dae-Min Kang

(Received October 6, 2005)

Abstract

In this study, the experiments of warm deep drawing were done with heated die, and with heated die and blankholder, and cooled punch in order to investigate the formability of AZ31 magnesium alloy sheet in warm deep drawing. For this, warm deep drawing experiments were executed under various temperatures and punch velocities. The results of warm deep drawing with heated die showed that fracture occurred around the punch part at punch velocity of 75mm/min and punch stroke of 10mm under temperature range of 373-523K, but did not occur under temperature range of 548-673K even punch stroke of 25mm. And fracture at the punch stroke of 25mm and the temperature of 523K did not occur under the punch velocity of 30mm/min, but occurred under punch velocity of 75 and 125mm/min. Also warm deep drawing with heated die and blankholder, and cooled punch showed that the temperature range happening maximum height under punch velocity of 10-100mm/min was around 498-523K. Finally, with heating and cooling technique necking of AZ31magnesium alloy occurred at punch shoulder part under the temperature range of 293-423K, but at die wall part under the temperature range of 473-573K.

Key Words : Magnesium Alloy, Warm Deep Drawing, Formability, Heating and Cooling Technique

1. 서 론

마그네슘합금은 밀도가 1.74g/cm^3 으로 여러가지 금속과 합금화할 경우 알루미늄합금의 2/3, 티타늄합금의 1/4, 철강재료의 1/5 정도의 밀도를 가지게되어 최근 자동차산업과 전자산업등과 같은 경량구조물에 크게 주목을 받고 있다. 한편 마그네슘합금의 판재성형중 주요한 제조공정중 하나인 디이프드로잉에 관한 연구로는 그동안 몇몇 연구자들에 의해 상온에서 연구되어왔으나 상온에서는 판의 두께의 감소를 수반하는 변형에 대해서는 강한 이방성을 나타내어 프레스성형이 어렵다.

그러나 고온이 되면 비저면 슬립계가 활동하게되어 슬립계의 수가 증가하면서 변형이 용이하게되어 최근에는 다이부를 가열하여 판재성형성을 향상시키는 온간성형법이 응용되고 있다[1].

이에 대한 연구로는 E. Doege[2]등에 의해 여러 종류의 마그네슘합금에 대해 온도가 473K~523K 범위에서 디이프드로잉 실험을 통하여 판재성형성과 한계드로잉비에 성형속도의 영향을 고려하였고, M. C. Kim[3] 등에 의해 AZ31마그네슘합금의 온간성형에 대해 실험적인 연구와 유한요소법을 이용하여 성형성을 예측하였다. 또한 D. M. Kang[4~6] 등에 의해 온간 디이프드로잉시 AZ31합금의

1. 부경대학교 대학원

교신저자 : 부경대학교 기계공학부, dmkang@pknu.ac.kr

판재성형시 재료내부의 온도분포와 열전달해석, 그리고 디프드로잉 성형실험 등을 행하였으나 아직 국내외적으로 마그네슘합금인 AZ31의 판재성형성에 대한 연구는 매우 불충분한 실정이다.

본 연구에서는 다이부를 가열시킨경우와 다이와 블랭크홀더를 가열시키고 편치부를 국부냉각 시킨경우에 대해 온간디프드로잉실험을 행하여 AZ31 마그네슘합금재의 온간시 판재성형특성을 파악하고자 한다.

2. 온간디프드로잉실험

2.1 다이부의 가열에 의한 디프드로잉

다이부의 가열에 의한 온간 디프드로잉실험은 Fig. 1과 같이 히터로서 다이부를 가열하고 정격하중이 50ton인 프레스에 드로잉 치구를 부착하여 실험을 행하였다. 실험에 사용된재료는 AZ31 마그네슘합금재료로서 Table 1에 화학적성분을 표시하였다. 온간 디프드로잉실험에 사용된 재료의 크기는 직경 72mm로 원형으로 가공하였다. 실험은 판재두께가 1.0mm, 편치코너반경이 5mm, 그리고 다이 코너반경이 8mm인 조건에서 Table 2와 같이 판재성형성에 대한 온도의 영향을 파악하기 위해서 편치의속도가 75mm/min, 편치행정이 10mm인 일정조건에서 재료의 온도를 상온상태로 두고 다이의 온도를 상온에서 673K까지 단계적으로 행하였다.

그리고 판재성형성에 편치의 영향을 보기위하여 다이의 온도를 523-673K 범위로 단계적으로 낚고 편치속도를 30, 75, 125mm/min 등인 조건에서 행하였다.

2.2 가열냉각법에 의한 디아프드로잉

가열냉각 디아프드로잉실험은 최대하중이 100kN인 만능 인장압축시험기를 사용하여 온간실험을 행할 수 있는 드로잉 치구를 부착하여 실험을 행하였다. 본 치구는 플랜지를 가열, 편치부는 물을 내부에 순환시켜 냉각시켰다. 다이와 블랭크홀더의 가열부의 실험온도조건은 Table 3에 표시된 바와 같이 온도가 성형성에 미치는 영향을 파악하기 위해서 상온에서 673K까지 단계별로 행하였고 크로스헤드속도를 10, 100mm/min으로 하였다. 초기재료의 온도는 상온상태이고 실험에 사용된 블랭크홀더력과 드로잉비는 각각 5.9kN, 3.6으로 하였다.

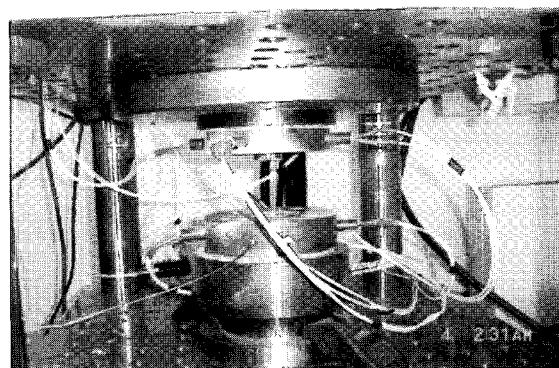


Fig. 1 Equipment for warm deep drawing with heating die part

Table 1 Chemical composition (%) of magnesium alloy sheet(AZ31)

Al	Zn	Zr	Mn	Fe	Si	Cu	Ni	Ca
1.9	1.1	-	4.7	-	1.0	0.1	0.03	-

Table 2 Results and conditions for warm deep drawing by heating die part

Temp. (K)	Punch velocity (mm/min)	Punch stroke (mm)	Necking (part)
293	75	10	Separation
373	75	10	Punch
448	75	10	Punch
473	75	10	Punch
498	75	10	Punch
523	30	25	No necking
523	75	10	Punch
523	125	25	Separation
548	30	25	No necking
548	75	25	No necking
548	125	25	No necking
573	30	25	No necking
573	75	25	No necking
573	125	25	No necking
673	75	25	No necking
673	125	25	No necking

3. 실험결과 및 고찰

3.1 다이부의 가열에 의한 디프드로잉 실험결과

Table 2에 다이부의 온간디프드로잉실험결과를 표시하였다.

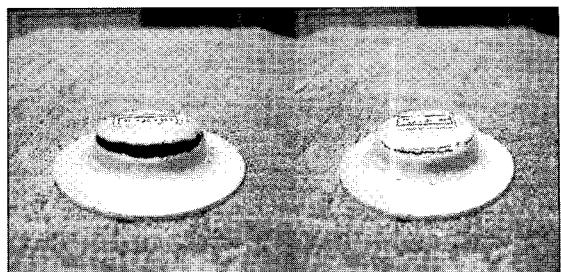
이 결과에서 편치속도가 75mm/min이고 편치행정이 10mm인 경우에 대해, 다이부의 온도를 상온으로 유지했을 경우에는 심하게 판재가 분리되었으나 다이부의 온도가 373-523K의 조건에서는 편치부에서 네킹이 발생하였다(온도 523K, 편치속도 125mm/min, 편치행정 25mm인 경우에는 편치부에서 네킹이 발생하여 분리됨). 더욱이 548-673K조건에서는 편치행정이 25mm인 경우에도 네킹이 발생하지 않았다. 또한 다이부의 온도가 523-673K 조건에서 편치속도를 30, 75, 125mm/min으로 하여 실험한 결과 다이부의 온도가 523K이고 편치속도가 30mm/min인 경우에는 파단이 발생하지 않았으나 75, 125(mm/min)에서는 편치부에서 파단이 발생하였다. 다이부의 온도가 548K이상인 조건에서는 적용된 편치속도에서는 네킹이 발생하지 않아 다이부의 온도가 높을수록, 편치속도가 낮을수록 판재성형에 유리하다고 추측된다.

Fig. 2는 편치속도를 75mm/min으로 유지하고 다이부의 온도를 498K, 523K, 573K, 673K으로 가열하였을 때의 실험결과이다. 이 결과에서 보면 다이부의 온도가 498K, 523K 이고 성형된 컵높이가 10mm인 경우에는 편치부에서 파단이 발생하고, 다이부의 온도가 573K 및 673K 이고 성형된 컵높이가 25mm인 경우에는 파단이 발생하지 않다는 것을 알 수 있다.

3.2 가열냉각법에 의한 디프드로잉

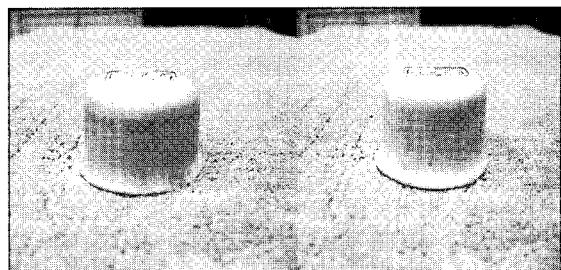
Table 3은 다이와 블랭크홀더부를 가열하고 편치내부에 물을 순환시켜 수냉한 상태에서 디프드로잉실험한 결과이다. 편치속도를 10, 100mm/min, 다이와 블랭크홀더의 가열온도는 상온에서 673K까지 단계별로 나누어서 파단될때까지 행하였다.

이 결과에서 보면 편치속도가 10mm/min인 경우에는, 가열온도가 498K일 때 파단높이가 최대가 되었고 편치속도가 100mm/min일 경우에는 가열온도가 523K일 때 파단높이가 최대가 되었다. 그리고 파단까지 실험을 행하여 네킹이 발생한 위치를 육안으로 네킹이 발생하는 부분에 대해 보면 블랭크홀더와 다이부의 온도를 상온에서 473K까-



(a) 498K (h=10mm)

(b) 523K (h=10mm)



(c) 573K(h=25mm)

(d) 673K(h=25mm)

Fig. 2 Experimental results with heating die part

Table 3 Results and conditions for warm deep drawing by local heating and cooling technique

Temp. (K)	Punch velocity (mm/min)	Punch stroke at necking(mm)	Necking (part)
293	10	5.73	Punch
293	100	6.51	Punch
373	10	8.65	Punch
373	100	9.05	Punch
423	10	9.41	Punch
423	100	9.01	Punch
473	10	16.07	Punch
473	100	12.46	Punch
498	10	24.49	Die wall
498	100	15.69	Die wall
523	10	18.32	Die wall
523	100	21.59	Die wall
573	10	15.57	Die wall
573	100	19.02	Die wall
673	10	13.83	Die wall
673	100	14.08	Die wall

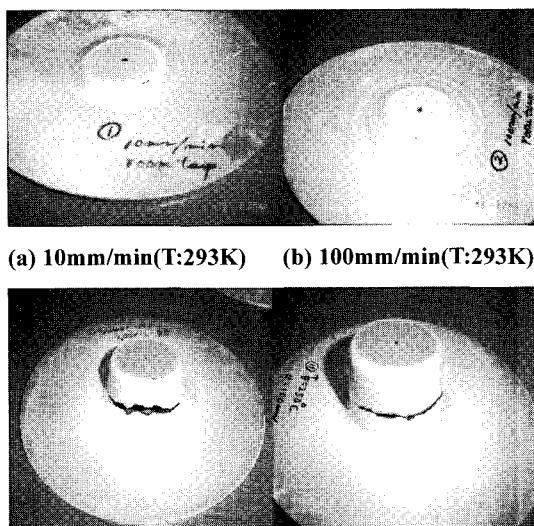


Fig. 3 Experimental results with heating and cooling technique

지 유지했을 경우에는 편치부에서 발생하였고 498K에서 673K까지 유지했을 경우에는 다이벽부에서 네킹이 발생하였다. 이 결과에서 편치부에서 네킹이 발생하는 것은 국부네킹 현상으로 이것은 하중의 방향과 일정한 각도로 발생된 좁은 폭의 벤드를 따라서 일어나는 변형이 억제되는 반면 두께방향으로 변형이 집중되기 때문에 발생하고, 다이벽부에서 네킹이 발생하는 현상은 확산네킹현상으로 이것은 불안정이 처음 발생한곳에서 부터 주위로 퍼져나가 비교적 넓은 면적에 고르고 얕게 분포되어 발생하는 것을 말한다[7~8]. 결국 편치 접촉부에서의 냉각과 다이부에서의 고온가열이 재료내부에 열전달이 발생케하고 이것이 편치부에서의 국부네킹을 억제시키고 다이벽부에서 확산네킹이 발생케한다고 추측된다.

Fig. 3은 편치속도를 10, 100mm/min으로 유지하고 다이와 블랭크홀더의 온도를 상온으로 했을 경우와 523K으로 가열했을 경우의 결과사진으로, 상온인 경우에는 편치부에서, 523K으로 가열했을 경우에는 벽부에서 네킹이 발생함을 알 수 있다.

4. 결 론

AZ31 마그네슘합금재의 온간디프드로잉성을 개선하기 위해 다이부를 가열한 경우와 블랭크홀더

와 다이온도를 가열하고 편치부를 냉각한 가열냉각법을 이용하여 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 다이부를 상온에서 673K까지 단계별로 가열하고 편치속도를 75mm/min, 편치의 행정을 10, mm으로 했을 경우에 상온에서 523K까지는 편치부에서 파단이 발생하였고 548-673K까지는 편치행정이 25mm인 경우에도 파단이 발생하지 않았다.

(2) 다이부의 온도를 523-673K으로 가열하고 편치속도를 30, 75, 125mm/min으로 하여 실험한 결과, 온도가 523K이고 편치속도가 30mm/min인 경우는 파단이 발생하지 않았으나 속도가 75, 125mm/min인 경우에는 편치부에서 파단이 발생하였다. 그리고 가열온도가 548-673K에서는 편치속도가 30, 75, 125mm/min 경우 모두 편치행정이 25mm인 경우에도 파단이 발생하지 않았다.

(3) 다이와 블랭크홀더부를 가열하고 편치부를 냉각한 가열냉각법을 이용한경우, 편치속도가 10mm/min의 최대파단높이는 가열온도가 498K일 때 발생하였고 편치속도가 100mm/min인 경우의 최대파단높이는 가열온도가 523K일 때 발생하였다.

(4) 가열냉각법을 이용한경우, 블랭크홀더와 다이부를 상온에서 473K으로 유지했을 경우의 네킹은 편치부에서 발생하였고, 498K에서 673K까지 유지했을 경우의 네킹은 다이벽부에서 발생하였다.

(5) 가열냉각법을 이용한 경우, 편치와 관재의 접촉부의 온도와 가열부와 관재의 온도의 차이로 인한 재료내부에 발생하는 열전달효과로 인하여 관재의 성형성을 개선시키는데 뛰어난 효과가 있다고 사료된다.

후 기

이 논문은 2005년도 부경대학교 기성회 학술연구비(과제번호: PK-2005-062)에 의하여 연구되었으며, 아울러 실험을 행하는데 많은 도움을 준 부산대학교의 복합성형실험실 관계자와 동경도립대학교의 Mr. Shimomura님께 깊은 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

- [1] S. Yoshihara and et. al., 2004, Optimization of Magnesium Alloy Stamping with Local Heating and Cooling Using the Finite Element Method, J. of materials processing technology 153-154, pp. 319~322.

- [2] E. Doege, KdrOder, 2001, Sheet Metal Forming of Magnesium Wrough Alloy Formability and Process Technology, J.of materials processing technology 115, pp. 11~19.
- [3] 김민철, 이영선, 권용남, 이정환, 2004, AZ31 합금의 온간디프트로잉에관한 연구, 한국소성가 공학회 추계학술대회 논문집, pp. 175~179
- [4] D. M. Kang, J. K. Hwang, 2004, The Simulations of the Formability of AZ31 Magnesium Alloy Sheet in Warm Deep Drawing, J.of KSMPE, Vol.3 No.1, pp. 52~58.
- [5] A. El-Morsy, K. Manabe, D. M. Kang, J. K. Hwang, 2002, FE analysis on temperature and deformation of magnesium alloy sheet in warm deep drawing process, NUMISHEET 2002, pp. 171~176.
- [6] D. M. Kang, K. Manabe, 2005, Improvement on the Formability of Magnesium Alloy Sheet by Heating and Cooling Method(Ⅱ), Proceedings of KSTP Spring Conference 2005, pp. 385~388.
- [7] R. Hill, 1952, On Discontinuous Plastic States with Special Reference to Localized Necking in Thin Sheets, J. of mech. Phys. Solid, Vol.2, pp. 19~30.
- [8] A. K. Ghosh, 1974, Strain Localization in the Diffuse Neck in Sheet Metal, Met. Trans., Vol.5. p. 1607.