

AZ31 마그네슘합금의 온간디프드로잉시 판재성형특성

이명섭¹ · 강대민[#]

Formability of AZ31 magnesium sheet alloy of warm deep drawing

M. S. Rhee, D. M. Kang

Abstract

In this study, the experiments of warm deep drawing were done with heated die, and with heated die and cooled punch in order to investigate the formability of AZ31 magnesium sheet alloy of warm deep drawing. For this, warm deep drawing experiments were executed under various temperature, punch velocity and blankholder force. The results of warm deep drawing with heated die showed that fracture occurred punch part at punch velocity of 75mm/min and punch stroke of 10mm under temperature of 100°C ~250°C, but did not occur under temperature of 275°C ~400°C. And fracture at punch stroke of 25mm did not occur at punch part under punch velocity of 30mm/min and 250°C, but occurred under punch velocity of 75 and 125 mm/min. Also the results of warm deep drawing with heated die and cooled punch showed that the temperature happening maximum height under punch velocity of 10-100mm/min was 225-250°C. And necking occurred at punch shoulder under 20~150°C, but at die wall under 200~300°C.

Key Words : Magnesium Alloy (마그네슘합금), Warm Deep Drawing(온간디프드로잉), Formability(성형성)

1. 서론

마그네슘합금은 밀도가 1.74g/cm³으로 여러가지 금속과 합금화할경우 알루미늄합금의 2/3, 티타늄합금의 1/4, 철강재료의 1/5 정도의 밀도를 가지게 되어 최근 자동차산업과 전자산업등과 같은 경량 구조물에 크게 주목을 받고있다. 한편 마그네슘합금의 판재성형중 주요한 제조공정중 하나인 디프드로잉에 관한 연구로는 그동안 몇몇 연구자들에 의해 상온에서 연구되어왔으나 상온에서는 조밀육방구조를 지내고있어 프레스성형이 어렵다.

그러나 고온이 되면 비저면 슬립계가 활성화되어 슬립계의 수가 증가하면서 변형이 용이하게 되어 최근에는 다이부를 가열시켜 판재성형성을 향상시키는 온간성형법이 응용되고있다.¹⁾ 이에대

한 연구로는 E.Doege²⁾등에 의해 여러종류의 마그네슘합금에 대해 온도가 200°C ~250°C 범위에서 디프드로잉 실험을 통하여 판재성형성과 한계드로잉비에 성형속도의 영향을 고려하였고, M.C. Kim³⁾ 등의해 AZ31 마그네슘합금의 온간성형에 대해 실험적인 연구와 유한요소법을 이용하여 성형성을 예측하였다. 또한 D.M.Kang^{4,5,6)}등에 의해 온간 디프드로잉시 AZ31 합금의 판재성형시 재료 내부의 온도분포와 열전달해석등을 행하였으나 아직 국내외적으로 마그네슘합금인 AZ31의 판재성형성에 대한 연구는 매우 불충분한 실정이다. 본 연구에서는 다이부를 가열시킨경우와 다이와 블랭크홀더를 가열시키고 펀치부를 국부냉각시킨 경우에 대해 온간디프드로잉실험을 행하여 AZ31 마그네슘합금재의 온간시 판재성형특성을 파악하고자한다.

1. 부경대학교 대학원

교신저자: 부경대학교 기계공학부

E-mail:dmkang@pknu.ac.kr

2. 온간디프드로잉실험

2.1 다이부의 가열에 의한 디프드로잉

다이부의 가열에 의한 온간디프드로잉실험은 Fig.1 와 같이 정격하중이 50ton 인 프레스에 드로잉 치구를 부착하여 실험을 행하였다.

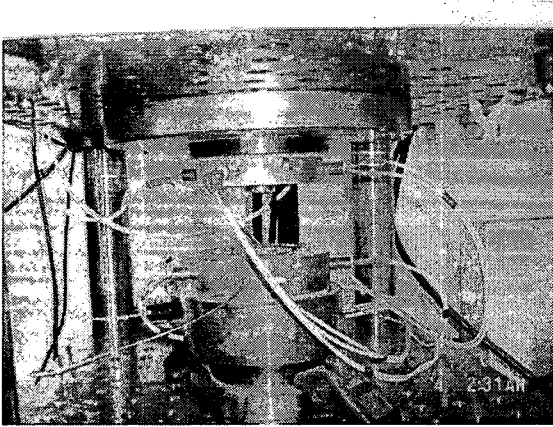


Fig.1 Experiment equipment for warm deep drawing with heating die part

사용된 실험재료는 AZ31 마그네슘합금재로서 Table1 에 화학적성분을 표시하였다.

Table1 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	-

온간 디프드로잉실험에사용된 블랭크 크기는직경 72mm 로 원형으로 가공하였다. 실험조건은 Table2 과 같이 판재성형에 온도의 영향을 파악하기 위해서 펀치의 일정속도(75mm/min), 일정펀치행정(10mm)에서 온도를 상온에서 400°C 까지 행하였고 펀치속도의 영향을 보기위해서 온도범위 250~400°C 에서 펀치속도를 30, 75, 125 (mm/min) 조건에서 행하였다.

2.2 가열냉각에 의한 디프드로잉

가열냉각 다이프드로잉실험은 만능인장압축시험기(AUTOGRAPH, 최대하중 100KN)를 사용하여 드로잉 치구를 부착하여 실험을 행하였다. 본 치구는 플랜지를 가열, 펀치부는 물을 내부에 순환

시켜 냉각시켰다. 다이와 블랭크홀더의 가열부의 실험온도조건은 Table3 에 표시된바와같이 온도가 성형성에 미치는 영향을 파악하기위해서 상온에서 400°C 까지 온도조건에서 행하였고 펀치속도가 성형에 미치는 영향을 보기위해서 10, 100mm/min 으로 하였다. 또한 실험에 사용된 블랭크홀더력과 드로잉비는 각각 5.9KN, DR 은 3.6 으로하였다

3. 실험결과 및 고찰

3.1 다이부의 가열에 의한 디프드로잉 실험결과

Table2 에 다이부의 가열에 의한 디프드로잉 실험결과를 표시하였다.

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

Temp. (°C)	Punch velocity (mm/min)	Stroke (mm)	Necking (part)
R.T	75	10	seperation
100	75	10	punch
175	75	10	punch
200	75	10	punch
225	75	10	punch
250	30	25	No necking
250	75	10	punch
250	125	25	seperation
275	30	25	No necking
275	75	25	No necking
275	125	25	No necking
300	30	25	No necking
300	75	25	No necking
300	125	25	No necking
400	75	25	No necking
400	125	25	No necking

여기서보면 펀치속도가 75mm/min 이고 펀치행정이 10mm 인경우, 다이부의 온도가 상온인경우에는 심하게 판재가 분리되었다. 그리고 다이부의 온도가 100~250°C 범위에서는 펀치부에서 네킹이 발생하였고 275~400°C 에서는 네킹이 발생하지않았다. 또한 다이부의 온도가 250~400°C 범위에서

펀치속도를 30, 75, 125(mm/min)으로 변화하여 실험한결과 다이부의 온도가 250°C 이고 펀치속도가 30mm/min 에서는 파단이 발생하지않았으나 75, 125(mm/min)에서는 펀치부에서 파단이 발생하였다. 그리고 다이부의 온도가 275°C ~400°C 이고 사용된 펀치속도의 범위에서는 네킹이 발생하지 않아 다이부의 온도가 높을수록, 펀치속도가 낮을수록 판재성형에 유리하다고 추측된다. Fig.2는 펀치속도를 75mm/min 으로 유지하고 다이부의 온도를 225°C, 250°C, 300°C 및 400°C 로 가열하였을 때의 실험결과이다. 이 결과를 보면 다이부의 온도가 225°C, 250°C 인 경우에는 성형높이가 10mm 일 때 파단이 발생하였고 다이부의 온도가 300°C 및 400°C 인 경우에는 성형높이가 25mm 인 경우에도 파단이 발생하지않음을 알수있다.

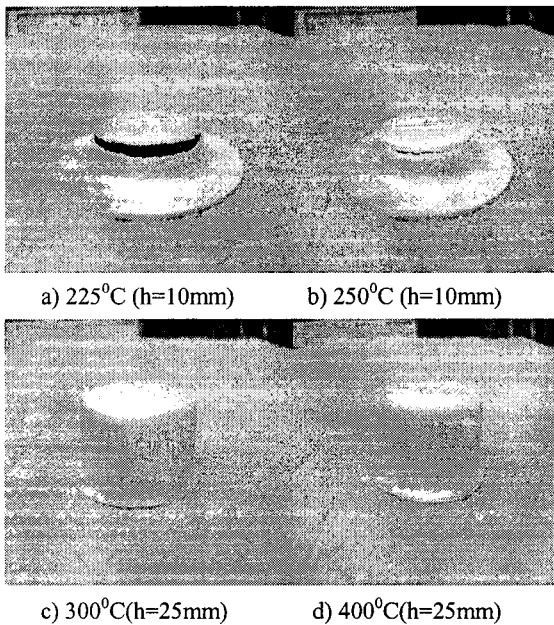


Fig. 2 Experiment results with heating die part

3.2 가열냉각에 의한 디프드로잉 실험결과

Table 3 은 다이와 블랭크홀더부를 가열하고 펀치부 내부에 물을 순환시켜 수냉한 상태에서 디프드로잉 실험한 결과이다. 펀치속도는 10, 100mm/min, 가열온도는 상온에서 400°C 까지 파단될때까지 행하였다. 이 결과에서보면 펀치속도가 10mm/min 인 경우의 최대파단높이는 24.49mm 로서 온도가 225°C 일 때 발생하였고 펀치속도가 100mm/min 일 경우의 최대파단높이

는 21.59mm 로서 온도가 250°C 일 때 발생하였다.

그리고 블랭크홀더와 다이부를 상온에서 200°C 으로 유지했을 경우의 네킹은 펀치부에서 발생하였고 225°C 에서 400°C 까지 유지했을 경우의 네킹은 다이부에서 발생하였다.

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

Temp. (°C)	Punch velocity (mm/min)	Stroke at necking(mm)	Necking (part)
R.T	10	5.73	Punch
R.T	100	6.51	Punch
100	10	8.65	Punch
100	100	9.05	Punch
150	10	9.41	Punch
150	100	9.01	Punch
200	10	16.07	Punch
200	100	12.46	Punch
225	10	24.49	Die wall
225	100	15.69	Die wall
250	10	18.32	Die wall
250	100	21.59	Die wall
300	10	15.57	Die wall
300	100	19.02	Die wall
400	10	13.83	Die wall
400	100	14.08	Die wall

Fig.3 은 펀치속도를 10, 100mm/min 으로 유지하고 다이와 블랭크홀더의 온도를 250°C 으로 가열하였을 때 실험결과로서 벽부에서 네킹이 발생함을 알수있다.



a) 10mm/min b) 100mm/min

Fig. 3 Experiment results with heating and cooling technique

4. 결 론

AZ31 마그네슘합금재의 온간 디프드로잉성을 파악하기 위하여 다이부를 가열한 경우와 다이와 블랭크홀더부를 가열하고 펀치부를 냉각한 가열 냉각법을 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 다이부를 상온에서 400°C 까지 단계별로 가열하고 펀치속도가 30, 75 및 125mm/min, 펀치행정을 10, 25mm 으로 했을 경우의 실험 결과에서 다이부의 온도가 높을수록, 펀치속도가 낮을수록 판재성형에 유리하다고 추측된다

(2) 다이와 블랭크홀더부를 가열하고 펀치부를 냉각한 가열냉각법을 이용, 펀치속도는 10, 100mm/min 가열온도는 상온에서 400°C 까지 단계별로 변화시켜 파단이 발생할 때까지 실험한 결과 펀치속도가 10mm/min 인 경우의 최대파단높이는 24.49mm 로서 온도가 225°C 일때 발생하였고 펀치속도가 100mm/min 인 경우의 최대파단높이는 21.59mm 로서 온도가 250°C 일때 발생하였다.

(3) 펀치속도를 10, 100mm/min 으로 유지하고 블랭크홀더와 다이부를 상온에서 200°C 으로 유지했을 경우의 네킹은 펀치부에서 발생하였고 225°C 에서 400°C 까지 유지했을 경우의 네킹은 다이부에서 발생하였다.

후 기

이 논문은 2003 년 한국과학재단 지역대학우수 과학자 지원연구과제(계속과제, 번호:R05-2003-

000-10410-0) 의 지원으로 수행하였으며 아울러 실험을 행하는 데 많은 도움을 준 부산대학교의 복합성형실험실관계자와 동경도립대학교의 Mr. Shimomura 님과께 깊은 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

- [1] Yoshihara S., Yamamoto H., Manabe K., and Nishimura H., Proceedings of the International Conference on Advanced Material Processing Technologies(AMPT01) Sep, Formability Enhancement in Magnesium alloy Deep Drawing by local heating and cooling technique, pp. 18-21, 2001.
- [2] E. Doege and KdrOder, "Sheet Metal Forming of Magnesium wrought alloy formability and process Technology" J.of Materials processing Technology 115, pp.11-19, 2001
- [3] 김민철, 이영선, 권용남, 이정환, "AZ31 합금의 온간 디프드로잉에 관한 연구", 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp.175~179, 2004
- [4] D.M.Kang, and J.K. Hwang, "The Simulations of the Formability of AZ31 Magnesium alloy sheet in Warm deep drawing", J.of KSMPE, Vol.3 No.1, pp.52-58, 2004
- [5] A. El-Morsy, K.Manabe, D.M.Kang, and J.K. Hwang, " FE Analysis on temperature and deformation of magnesium alloy sheet in warm deep drawing process", NUMISHEET 2002, pp.171-176, 2002
- [6] D.M. Kang, K.Manabe, " Improvement on the formability of magnesium alloy sheet by heating and cooling method(III)", Spring conference proceeding of KSAE, pp.878~883, 2005