

이종금속 판재성형기술과 CAE CAE and Forming Technology of The Clad Metal Sheet

*정택우¹, #이영선¹, 김대용¹, 문영훈²

* T. W. Jung¹, # Y. S. Lee(lys1668@kims.re.kr)¹, D. Kim¹, M. Y. Hoon²

¹ 한국기계연구원 부설재료연구소, ² 부산대학교

Key words : Clad sheet metal, Limit drawing ratio, Deep drawing, CAE, Warm forming

1. 서론

서로 성질이 다른 둘 또는 그 이상의 재료를 접합하여 각 금속의 장점만을 취하여 단일 금속재료 보다 우수한 특성을 갖는 클래드 소재는 자동차 부품에서 가전제품 및 주방용기 등에 이르기까지 다양하게 사용되고 있으며 현재 열전도율, 열보존율, 열효율성이 뛰어난 알루미늄과 내열성, 내산성, 내알카리성 및 내식성이 뛰어난 스테인리스 스틸을 접합시킨 클래드 판재가 많이 사용되고 있다.[1~2] 그러나 자동차 부품, 휴대폰, 전자 제품 등에서 경량화에 대한 수요가 증가함에 따라서 기존 SUS-Al-SUS 클래드 판재보다 SUS-Al에 Mg를 접합시켜 가벼우며 전자파 차폐성, 고비강도 등의 특성이 추가된 SUS-Al-Mg 클래드 판재에 대한 연구의 필요성이 있다.[3~4]

본 연구에서는 고온 인장시험에서 변형률속도(Strain rate)에 따른 클래드 판재의 기본적인 기계적 물성치를 분석하였다. 연신률(Elongation)이 높은 온도구간(250~300℃)에서 원통컵 드로잉(Deep drawing) 실험을 실시하여 성형성 및 한계드로잉비(LDR)를 조사하였다.[5] 유한 요소 해석 프로그램(FORGE 2008)을 이용하여 원통컵 드로잉 성형해석을 수행하고 실제 실험과의 결과를 비교·분석하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

본 실험에 사용 소재로는 SUS430-Al3004-MgAZ31 클래드 판재를 사용하였다. 상부에 SUS 판재를, 중간부분에 Al을, 하부에 Mg를 놓고 압연으로 제작하였으며 완성된 클래드 판재의 두께를 측정 해본 결과 SUS (0.98mm), Al (1.24mm), Mg (1.63mm)로 조사되었다.

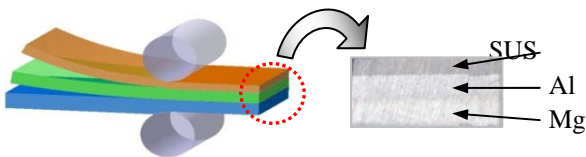


Fig. 1 Section of the clad sheet

2.2 인장 실험 및 결과

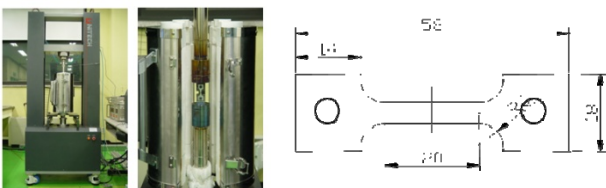
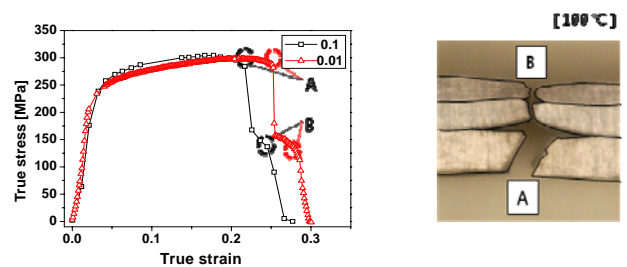


Fig. 2 Tensile test equipment and specimen

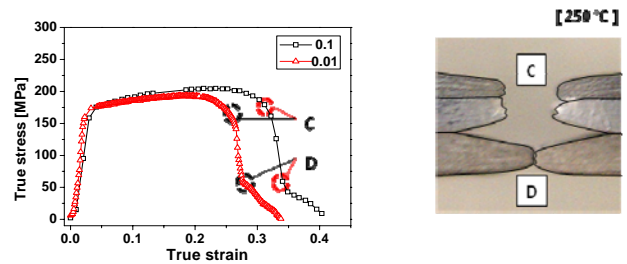
클래드 판재의 고온 물성치를 알아보기 위하여 인장시험을 실시하였다. 1축 인장 시험 시편은 ASTM-E8M-01 규격에서 수정(Sub Size)하여 Fig.2와 같은 인장시편을 제작하여 Table 1에서와 같은 조건으로 인장시험을 실시하였다.

Table 1 Tensile test condition

Tensile test condition	
Gage - length	20 [mm]
Thickness	4.0 [mm]
Temperature	100, 150, 200, 250, 450 [°C]
Strian rate	10 ⁻¹ , 10 ⁻² [/s]
Heating time	20 [min]



(a) temperature; 100°C



(b) temperature; 250°C

Fig. 3 Typical patterns of tensile curves

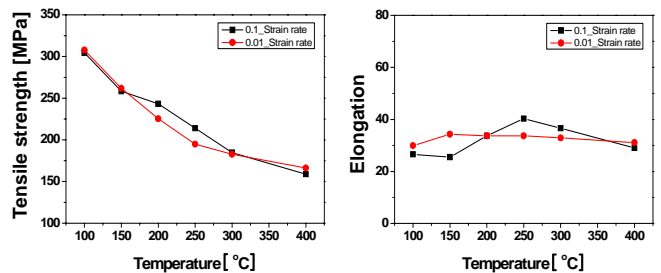


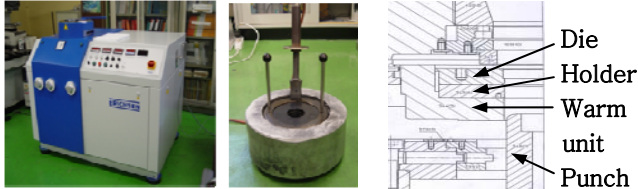
Fig. 4 The results of tensile test at each temperature

인장 시험의 그래프에서 Fig.3에서 보는 바와 같이 온도에 따른 각 소재의 파단경향을 볼 수 있었다. 100℃에서 Mg[A]소재 파단 이후 SUS와 Al[B]소재가 동시에 파단이 일어났으며 250℃에서는 SUS와 Al[C]소재가 먼저 파단이 일어난 후 Mg[D]소재가 파단 된 것을 알 수 있었다.

Fig.4는 온도와 최대인장강도(Tensile strength), 온도와 연신률의 관계를 그래프로 나타내었다. 연신률이 0.1에서 온도증가에 따라 최대 인장 강도가 낮아지며 250~300℃에서 연신률이 높았으며 그 이상의 온도에서는 연신률이 감소함을 확인 할 수 있었다..

2.3 원통컵 드로잉 실험 및 결과

클래드 판재의 성형성을 시험하기 위해 원통컵 드로잉 실험을 수행하였으며 Fig.5의 (a)는 원통컵 드로잉 시험기와 금형 가열장치(Warm unit)이며, (b)는 시험기의 단면도를 나타내었다. 한계드로잉비(LDR)를 측정하기 위한 실험조건은 Table.2와 같다. Fig.4에 따라 연신률이 높은 250℃, 300℃ 온도조건에서 원통컵 드로잉의 펀치(Punch) 속도를 0.5mm/s로 실험을 하였다.



(a) Erichsen M/C and Warm unit (b) Schematic view

Fig. 5 Deep drawing test equipment

Table 2 Deep drawing test condition

Test Temperature.	Blank Heating Time	Funch Size	Funch Speed	Clearance
250℃	20min	Ø50	0.5mm/s	2.0 ~ 2.2
300℃				

원통컵 드로잉 실험은 금형의 온도와 소재의 온도를 일정시간(약20~25min) 유지한 후 가열 되지 않은 펀치를 사용하였다. 온간 작업에서 고온용 고체윤활제(Graphite)로 윤활하였으며 펀치와 금형(Die)의 코너부는 소재의 두께를 고려하여 R5mm로 가공하였다. 소재(Blank) 홀딩력이 증가할수록 드로잉비가 낮아지면서 온도에 관계없이 파단이 일어나 소재와 홀더(Holder) 사이에 스페이스를 삽입하여 0.5~1mm 간격을 두어 주름발생을 억제만 할 수 있도록 하였다. 클래드 판재의 한계드로잉비를 조사 하고자 시편의 치수를 Ø87, Ø98, Ø107, Ø117로 증가시키며 연신률이 높은 온도 구간(250, 300℃)에서 펀치속도(0.5mm/s)를 일정하게 하여 실험하였다. Table 3의 내용을 보면 클래드 판재의 한계드로잉비가 2.0수준임을 알 수 있었다.

Table 3 The results of deep drawing test

250℃				
300℃				
BLANK SIZE	Ø87	Ø98	Ø107	Ø117
LDR	1.74	1.96	2.14	2.3

3. 원통컵 드로잉 성형 해석

온간에서의 클래드 판재의 드로잉 공정의 성형 해석을 위해 유한 요소 해석 프로그램인 Forge2008를 이용하였다. 인장시험에서 높은 연신률을 나타낸 250℃에서 원통컵 드로잉 성형해석을 수행하였다.

Fig.6은 250℃에서 성형된 제품(Ø87, Ø98)에 대해서 성형 해석과 실험(Experiment)을 비교 분석하였다. 성형 높이 비교에서는 해석결과와 Experiment이 일치함을 보였으나 두께 비교에서는 실제 제품과 약간의 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 그 외 Ø107, Ø117 제품의 성형해석에서는 실제 제품과 같이 파단이 발생함을 확인하였다.

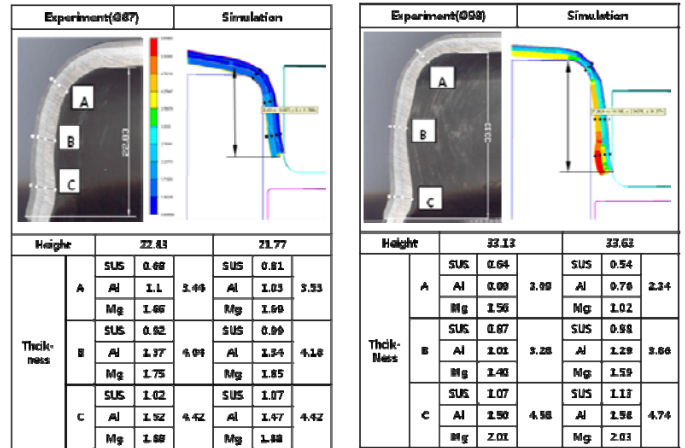


Fig. 6 The comparison of deep drawing experiment and FEA

4. 결론

본 연구에서는 클래드 판재의 인장시험 및 원통컵 드로잉 시험을 통해 인장강도, 한계드로잉비를 얻고자 실험적 연구를 하였고, 원통컵 드로잉 성형해석을 통해 실험과의 높이와 두께를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 클래드 판재의 고온 인장 시험을 통해 온도증가에 따라 인장 강도가 낮아지며 250℃에서 소재의 연신률이 높았으며, 클래드 판재의 한계드로잉비가 2.0수준임을 알 수 있었다.
- (2) 인장시험을 통해 시편의 파단이 온도에 따라 각 소재의 파단 경향이 나타남을 알 수 있었다.
- (3) 250℃에서 실험과 원통컵 드로잉의 성형해석을 비교했을 때 성형 두께에 대해서는 약간의 차이가 있었으나 성형높이 및 소재의 성형성이 유사함을 확인하였다.

향후 SUS-Al-Mg 클래드 판재에 대한 변형률 속도에 따른 추가적인 실험과 성형성 향상에 관한 연구가 진행될 예정이다.

후 기

본 연구는 부품소재기술지원 사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 이영선, 정택우, 권용남, 이정환, 최상운, 한국소성가공학회 2008 춘계학술대회 논문집, pp71-74
- [2] 류호연, 김영은, 김중호, 구본영, 금영탁, 한국소성가공학회 2002년도 금형가공 심포지엄, pp. 136~143
- [3] Fuh-Kuo Chen, Tyng-Bin Huang, Chih-KungChang, 2003, International Journal of Machine Tools & Manufacture Vol. 43, pp. 1553~1559
- [4] 김민철, 이영선, 권용남, 이정환, 2004, 한국소성가공학회지, 춘계학술대회 논문집, pp.47~52
- [5] H.Y.Ryu, Y.E.Kim, J.H.Kim, W.J.Chung, Trans. of Materials Processing, 10 (2001) 411-417
- [6] Yoshida, F., Mori, K., Ohmori, M. and Okada, T.: "Deep drawing of copper/steel sheet metal laminate", 4th ICTP, 1657-1662