

Clad Sheet(Mg-Al-SUS) 성형성에 관한 해석 기법의 연구

정택우¹ · 이영선^{1#} · 김대용¹ · 문영훈²

A Study of the FEM Method on the Clad Sheet Metal Formability

T. W. Jung, Y. S. Lee, D. Kim, M. Y. Hoon

Abstract

The Clad sheet is made roll-bonding process of the one or more material with the different property. Good formability is an essential property in order to deform a clad metal sheet to a part or component. In this study, the mechanical properties and formability of a Mg-Al-SUS clad sheet are investigated. The clad sheet was deformed at elevated temperatures because of its poor formability at room temperature. Tensile tests of the each material and clad sheet were performed at various temperatures and at various strain rates. The limited draw ration (LDR) was obtained using a deep drawing test to measure the formability of the clad sheet. A finite element (FE) analysis was performed to predict formability of the cup drawing product, one_layer model and three_layer model.

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

1. 서론

클래드 판재(Clad sheet)는 비철금속 계통을 모재로 하여 양면을 금속판재로 압연 또는 압접을 시키는 것으로 자동차 부품에서 가전제품 및 주방용기 등에 이르기까지 다양하게 사용되고 있으며 단일 금속재료로 얻기 어려웠던 기계적 물성치 및 성형성을 향상 시키기 위해 소재를 2판 또는 3판으로 적층 접합하여 제작된 판재이다.[1]

현재 상용화되어 있는 클래드 판재의 경우 열전도율, 열보존율, 열효율성이 뛰어난 알루미늄과 내염성, 내산성, 내알카리성 및 내식성이 뛰어난 스테인리스 스틸을 접합시킨 클래드 판재가 많이 사용되고 있다. 그러나 자동차 부품, 휴대폰, 전자 제품 등에서 경량화에 대한 수요가 증가함에 따라 기존 SUS-Al 또는 SUS-Al-SUS 클래드 판재보다 가벼우며 전자파 차폐성, 고비강도 등의 특성을 고려한 클래드 판재에 대한 연구가 필요

하게 되었다. 따라서 전자파 차폐성, 고비강도 및 가벼운 소재로 Mg을 접합시킨 SUS-Al-Mg 클래드 판재 개발이 진행되고 있다.[2]

Mg 소재의 경우 온도에 따라 성형성이 많은 영향을 받는 현상은 많은 선행연구자들의 연구 결과에 의해 분석된 바 있으며 상온에서 낮은 성형성으로 인해 온간이나 열간에서 성형이 이루어진다. Mg 소재의 최적 성형 온도는 200~300℃로 연구 결과가 보고되고 있다.[3~4]

클래드 판재의 성형성 실험(원형컵 또는 사각컵 드로잉)[5]에 대해 다양한 소재와 실험조건으로 활발한 연구가 이루어지고 있으나 성형 해석 방법(FEM 해석)에 대해서는 연구 결과가 부족한 실정이다. 이는 클래드 판재의 성형 해석의 경우 원소재(압연이전)의 물성 Data로 해석 할 경우 압연 후의 물성 Data와는 차이가 있어 성형성 예측이 어려우며 압연 후 각 소재의 물성 Data를 얻기가 어렵다.[6]

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소 소성응용그룹

2. 부산대학교

교신저자: 이영선, lys1668@kmail.re.kr

사전 연구 결과에서 클래드 판재의 인장 시험을 통해 온도와 변형률속도(Strain rate)에 따른 물성 Data를 얻었으며 연신률(Elongation)이 높은 온도 구간(200~300℃)에서 원통컵 드로잉(Deep drawing)실험을 실시하여 성형성 및 한계 드로잉비(LDR)을 조사하였다.[7]

본 연구에서는 클래드 판재의 성형 해석을 위한 방법으로 클래드 판재를 단일 소재로 하여 One_layer로 성형 해석을 수행 하였으며 클래드 판재를 Micro cutting기를 이용하여 절단한 후 같은 조건으로 각 소재별 물성 Data를 구하였으며 이를 Three_layer로 해석을 수행 하였다. 각 소재의 물성 Data로 Three_layer 성형 해석과 Clad sheet 물성 Data로 One_layer 성형 해석을 위한 요소 해석 프로그램(Forge 2008)을 이용하여 원통컵 드로잉 성형 해석을 수행하였으며 실제 실험과의 결과를 비교 · 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

본 실험에 사용한 소재로는 SUS430-Al3004-MgAZ31 클래드 판재를 사용하였으며, 상부에 SUS를, 중간부분에 Al을, 하부에 Mg을 놓고 열간 압연으로 제작하였으며 완성된 클래드 판재의 두께를 측정 해본 결과 SUS (0.98mm), Al (1.24mm), Mg(1.63mm)로 조사되었다. Micro cutting기를 이용하여 각 소재별로 절단 하였으며 절단 후 소재의 두께는 SUS (0.94mm), Al (1.08mm), Mg(1.51mm)로 측정되었다.

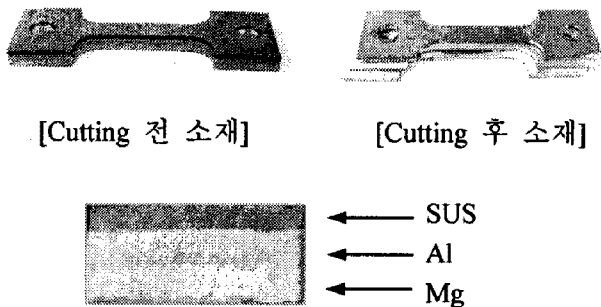


Fig. 1 Section of the clad sheet and Specimen

노치부에 의한 시험편 파단을 최소화하기 위하여 소재의 Cutting면과 옆면에 Polishing을 하였다.

2.2 인장 실험 및 결과

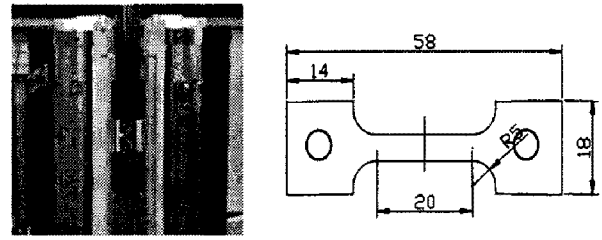


Fig. 2 Tensile Test Equipment and Specimen

클래드 판재의 각 소재별 고온 물성치를 알아보기 위하여 인장시험을 실시하였으며 1축 인장 시험 시편은 ASTM-E8M-01 규격에서 수정(Sub Size)하여 Fig.2와 같은 인장시험편을 제작하였다.

각 소재별 인장시험은 Table 1에서와 같은 조건으로 실시하였다

Table 1 Tensile test condition

Tensile test condition	
Gage - length	20 [mm]
Thickness	4.0 [mm]
Temperature	200,300 [℃]
Strian rate	10 ⁻¹ , 10 ⁻² [/s]

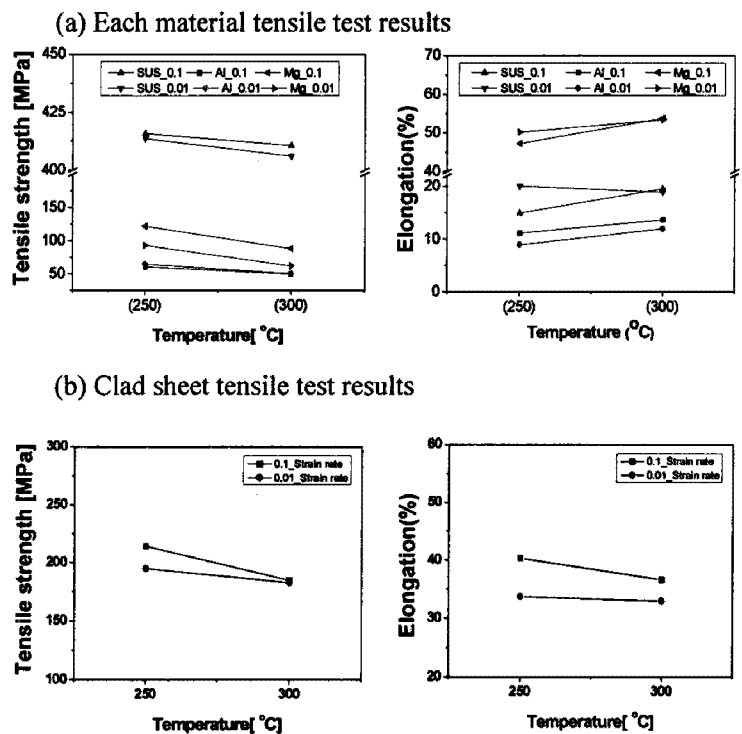
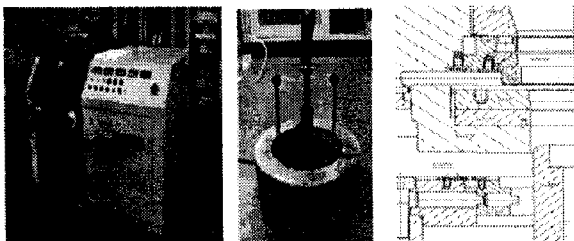


Fig. 3 The results of tensile test at each temperature

사전 연구를 통하여 클래드 판재 인장시험 결과를 분석[7] 하였으며 250℃에서 300℃ 구간에서 연신률이 높은 것을 확인 하였으며 동일 구간에서 각 소재별 물성치를 얻기 위해 Table.1과 같은 조건으로 인장시험을 실시하여 Fig.3에서와 같은 결과를 얻었다. (a)는 각 소재별 인장 시험을 한 결과이며 (b)는 Clad sheet 인장 시험 결과이다. 각 소재별 물성치에서 온도 증가에 따라 전체적으로 최대 인장 강도가 감소하는 것을 확인 할 수 있었으며 Clad sheet 역시 비슷한 수준의 결과를 나타내었다. 그리고 SUS의 경우 최대 인장강도가 가장 높았으며 이로 인해 Clad sheet의 최대 인장강도가 Mg과 Al에 비해 높은 수준임을 확인 할 수 있었다. 연신률의 경우 온도가 증가함에 따라 각 소재별로 증가하였으나 Clad sheet의 경우 감소하는 경향을 나타내었으며 Mg이 가장 높은 연신률을 나타내었다.

2.3 원통컵 드로잉 실험 및 결과

클래드 판재의 성형성을 시험하기 위해 원통컵 드로잉 실험을 수행하였으며 Fig.4의 (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.[7]



(a) Erichsen M/C and Warm unit (b) Schematic view
Fig. 4 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℃				

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. [7]

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

2.4 원통컵 드로잉 성형 해석

온간에서의 클래드 판재의 드로잉 성형 해석을 위해 유한 요소 해석 프로그램인 Forge2008를 이용하였다.

Fig.5은 250℃에서 성형된 제품(Ø98)에 대해서 성형해석과 실험(Experiment)을 비교 분석하였다. 성형 해석의 경우 각 소재 물성 Data를 입력한 Three_layer와 Clad sheet 물성 Data를 입력한 One_layer 방법으로 구분하였다. 성형 높이 비교에서는 해석결과와 실험이 일치함을 보였으나 두께 비교에서는 실제 제품과 약간의 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

Experiment(Ø98)				Three layer				One layer			
Height: 33.13				Height: 33.83				Height: 33.83			
Thick-ness	A	SUS	0.64	A	SUS	0.53	A	A	2.33		
		Al	0.89		Al	0.80					
		Mg	1.56		Mg	1.04					
	B	SUS	0.87	B	SUS	0.95	B	B	1.37		
		Al	1.03		Al	1.18					
		Mg	1.40		Mg	1.66					
C	SUS	1.07	C	SUS	1.13	C	C	1.40			
	Al	1.50		Al	1.67						
	Mg	2.05		Mg	1.92						

Fig. 5 The comparison of deep drawing experiment and FEA(Three_layer and One_layer)

4. 결 론

참 고 문 헌

본 연구에서는 클래드 판재의 소재별 인장시험 특성 및 접합된 소재의 인장시험결과와 데이터를 비교·분석하고 원통컵 드로잉 실험과 FEM 해석을 통해 드로잉 높이 및 두께 변화를 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 클래드 판재의 각 소재별 고온 인장 시험을 통해 온도증가에 따라 최대 인장 강도가 감소하며 온도증가에 따라 변형율이 증가 함을 확인 할 수 있었으며 Clad sheet의 경우 온도 증가에 따라 변형률이 감소하는 경향을 나타내었다.

(2) 원통컵 드로잉 실험을 통해서 클래드 판재의 한계 드로잉비가 250℃에서 300℃ 구간에서 2.0 수준임을 확인 하였다.

(3) Three_layer 성형 해석 결과와 One_layer 성형 해석을 비교한 결과 성형 두께에 대해서는 약간의 차이가 있었으나 성형높이 및 소재의 성형성이 유사함을 확인하였으며 이는 성형 후 소재의 접합이 유지될 경우 Clad sheet의 물성 Data를 사용하여 One_layer로 성형성 예측이 가능함을 확인 할 수 있었다.

향후 클래드 판재의 경량화를 고려하여 SUS-Al-Mg 클래드 판재에 대한 더 많은 실험과 성형성 향상에 관한 연구가 진행될 예정이다.

후 기

본 연구는 부품소재기술지원 사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

- [1] H. Y. Ryu, J. H. Kim and J. G. Ryu, 2002, "A Study on the Drawability of Clad Sheet Metal(STS304-A11050-ST304) by Warm Draw Die", Trans. Mater. Process, pp. 136~143,
- [2] J. H. Jung, Y. S. Lee, Y. N. Kwon and J. H. Lee, 2008, "Forming Limits Diagram of AZ31 Alloy Sheet with the Deformation Mode", Trans. Mater. Process, Vol.17, No.7, pp. 473~480.
- [3] K. Iwanaga, H. Tashiro, H. Okamoto, K. Shimizu, 2004, "improvement of formability from room Temperature to warm temperature in AZ-31 magnesium alloy." Journal of Materials Processing Technology
- [4] Fuh-Kuo Chen, Tyng-Bin Huang, Chih-Kung Chang, 2003, "Deep drawing of square cups with magnesium ally AZ31 sheet." International Journal of Machine Tools & Manufacture Vol. 43, pp. 1553~1559
- [5] M. C. Kim, Y. S. Lee, Y. N. Kwon and J. H. Lee, 2004, "Deep drawing of AZ31 alloy sheet in the awrm forming temperature" Trans. Mater. Process, pp.47~52
- [6] N.Kanetake, H. Saiki and T. Choh, "Effect of Tensile Deformation on Mechanical Properties of Particle Reinforced Aluminum Composites", JSTP, Vol. 36, No. 412, pp. 535~540, 1995.
- [7] Y. S. Lee, T. W. Jung, D. Kim and Y. H. Moon, 2009, "CAE FOR WARM DEEP DRAWING OF MG-AL-SUS CLAD SHEET METAL".AMT2009.