

## SUS-AI-Mg이종판재의 드로잉성형에 관한 연구

이영선<sup>1#</sup> · 정택우<sup>1</sup> · 권용남<sup>1</sup> · 이정환<sup>1</sup> · 최상운<sup>2</sup>

### A Study on the Clad Sheet Metal of the Warm Drawability

Y. S. Lee, T. W. Jung, Y. N. Kwon, J. H. Lee, S. W. Choi

#### Abstract

The clad sheet is the sheet metal that joined the one or more material with the different property by rolling process. In this study, it is investigated about the mechanical property or formability of SUS-AI-Mg clad sheet. The clad sheet was formed at elevated temperature because of their poor formability at room temperature. The tensile test was confirmed at various temperature and the reduction of strain rate above 250°C. LDR(Limited Drawing Ratio) was obtained through deep drawing test to confirm the formability of the clad sheet. The FE analysis is performed to compare prototype products.

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

#### 1. 서론

클래드 소재는 복합재료의 일종으로 서로 성질이 다른 둘 또는 그 이상의 재료를 접합하여 각 금속의 장점을 취하여 단일 금속재료 보다 우수한 특성을 갖는 재료이며, 접합방법 중에서 압연과 압출에 의한 방법이 가장 경제적이며, 널리 응용되고 있다. 클래드 판재는 자동차 부품에서 가전제품 및 주방용기등 에 이르기까지 다양하게 사용되고 있다. 현재 열전도율, 열보존율, 열효율성이 뛰어난 알루미늄과 내염성, 내산성, 내알칼리성 및 내식성이 뛰어난 스테인리스 스틸을 접합시킨 클래드 판재가 많이 사용되고 있다. [1]

그러나 자동차 부품, 휴대폰은 물론 전자제품에서 경량화에 대한 수요가 증가함에 따라 스틸-알루미늄에 마그네슘(알루미늄 비중(2.7g/cm<sup>3</sup>), 스틸(7.85g/cm<sup>3</sup>), 마그네슘(1.7g/cm<sup>3</sup>))을 접합시켜 기존

스틸-알루미늄 클래드 판재보다 가벼우며 전자파 차폐성, 고비강도 등의 특성이 추가된 클래드 판재에 대해 연구할 필요성이 있다.[2~3]

특히 마그네슘의 경우 철계소재나 알루미늄에 비해 온도 변화에 따라 성형성이 크게 다르므로 마그네슘의 성형 온도에서 최적 성형 조건을 조사하였다.[4~5]

본 연구에서는 고온에서 변형률 속도에 따른 클래드 판재의 기본적인 물성치를 분석하고 이를 이용하여 다양한 온도에서의 변형률 속도에 따른 성형성을 분석하였다. [6] 또한 원통컵 드로잉 시험을 통해 한계드로잉비를 조사하였으며 고온 인장 실험을 통한 물성치를 이용하여 유한 요소 해석을 실시하였다. 유한 요소 해석 프로그램인 Forge-2&3™를 이용하여 실제 실험과 해석 프로그램에 의한 결과를 비교·분석하여 공정 중 성형 성패 미치는 영향을 관찰하였다.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소 소성응용그룹

2. POSCO

# 교신저자: 이영선, [lys1668@kmail.re.kr](mailto:lys1668@kmail.re.kr)

## 2. 실험

### 2.1 실험재료 분석

본 실험에 사용한 소재로는 SUS430-Al3004-MgAZ31 클래드 판재를 사용하였다. 상부에 SUS 판재를, 중간부분에 Al합금, 하부에 Mg합금이 위치된 클래드 판재로서 그 두께를 측정해 본 결과는 Fig.1과 같이 SUS (0.98mm), Al (1.24mm), Mg(1.63mm)를 나타내고 있다.

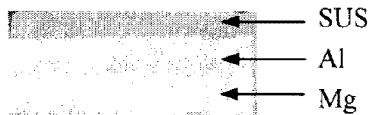


Fig. 1 Section of the clad sheet

### 2.1 온간 인장 장비 및 실험

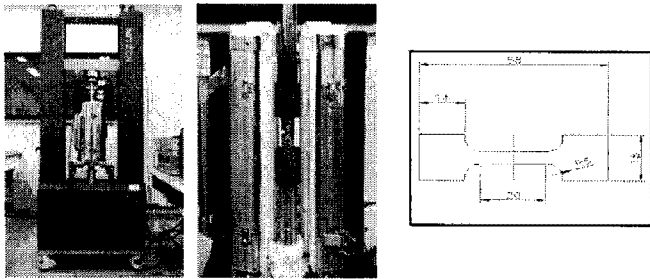


Fig. 2 Tensile Test Equipment and Specimen

클래드 판재의 고온 물성치를 알아보기 위하여 인장시험을 실시하였다. Fig.2 과 같이 1축 인장 시험 시편을 Table.1에서와 같은 조건으로 인장시험을 실시하여 Fig.3과 Table.2에서와 같은 결과를 얻었다. Fig.3의 결과에서 시험편은 Mg부터 파단이 일어났으며(육안확인) 이후 다른 재료들이 파단이 일어난 것을 알 수 있다. 온도증가에 따라 인장 강도가 낮아지며 250℃에서 변형율이 전체적으로 높았으며 그 이상의 온도에서는 변형률이 감소함을 알 수 있었다.

Table 1 Tensile Test Condition

Tensile Test condition	
Gage - Length	20 [mm]
Thickness	4.0 [mm]
Temperature	100, 250, 450 [℃]
Strian rate	$10^0$ , $10^{-1}$ , $10^{-2}$ [/s]
Heating time	20 [min]

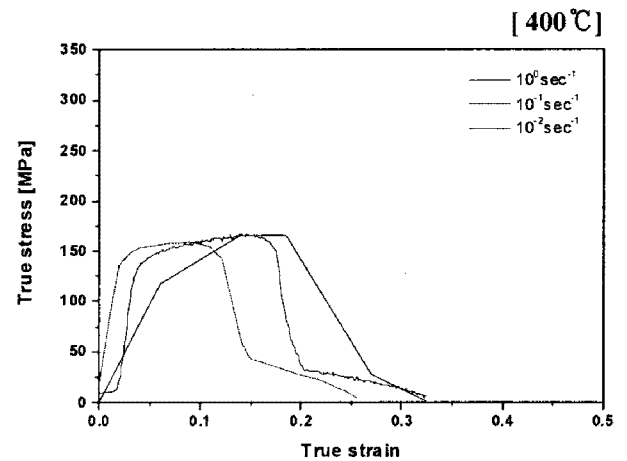
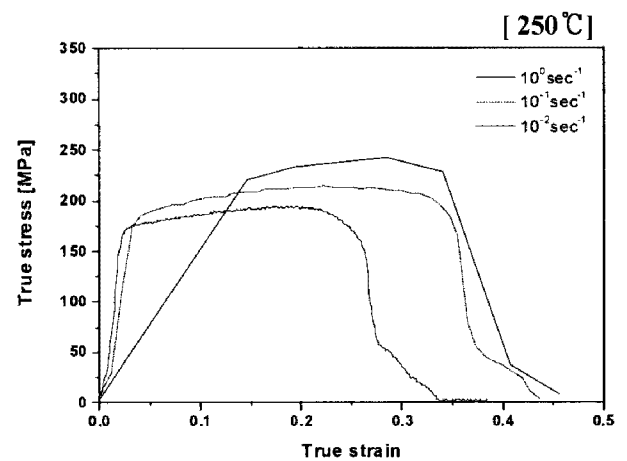
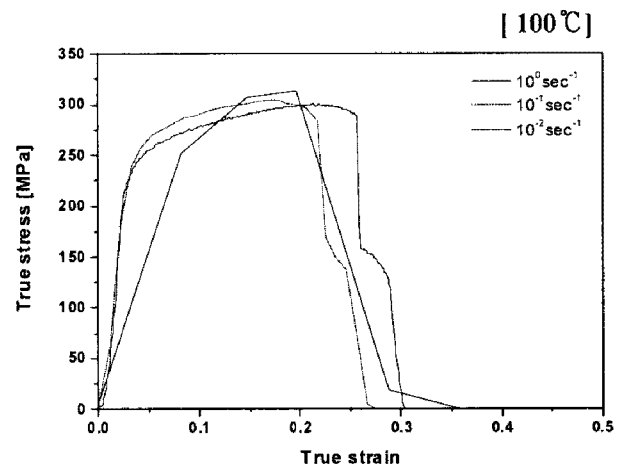


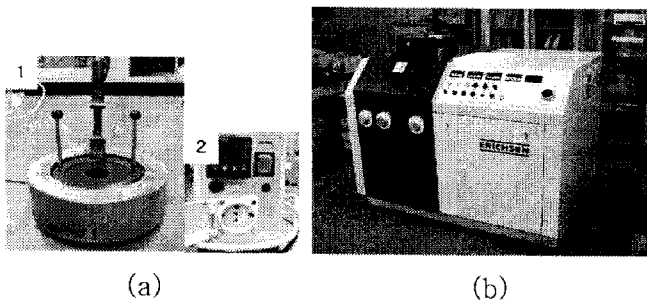
Fig. 3 The Results of Tensile Test at each temperature and strain rate

**Table 2 The Results of Tensile Test**

Temp	Strain rate	Yield Stress (MPa)	Tensile Stress (Mpa)	Elongation (%)
100℃	1	251.46	312.87	11.5%
	0.1	175.91	304.39	13.4%
	0.01	217.64	307.74	18.7%
250℃	1	220.60	242.52	13.8%
	0.1	174.81	213.96	19.0%
	0.01	168.47	194.79	16.0%
400℃	1	118.25	165.86	7.8%
	0.1	135.89	158.79	6.8%
	0.01	131.15	166.25	10.8%

**2.2 원통컵 드로잉 장비 및 실험**

클래드 판재의 성형성을 시험하기 위해 원통컵 드로잉 실험을 실시하였다. Fig.4 의 (a)는 드로잉 금형과 가열기 이며, (b)는 드로잉 시험을 하기 위한 예릭슨 장비를 나타내었다. 그리고 한계 드로잉 비를 측정하기 위한 시험조건 Table 3와 같다.



**Fig. 4 Deep Drawing Test Equipment**

**Table 3 Deep Drawing Test Condition**

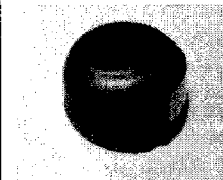
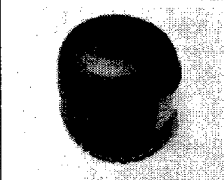
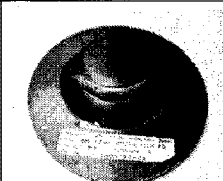

	Test Temp.	Heating Time	Funch Size	Clearance
Constant condition	300℃	30min	Ø50	2.0 ~ 2.2

원통컵 드로잉 실험은 금형의 온도와 소재의 온도를 일정시간 유지한 후 가열 되지 않은 펀치를

사용하여 실험 하였으며 온간작업에서 윤활성이 좋은 Graphite를 사용하였다. 한계드로잉비를 조사하고자 시편의 치수를 Ø87, Ø98, Ø107, Ø117로 증가시키며 실험하였으며 시험온도(300℃)와 펀치속도 (0.5/ms)는 일정하게 했다. 블랭크 홀딩력이 증가할수록 드로잉비가 낮아지면서 온도에 관계없이 파단이 일어나 소재와 홀더 사이에 스페이스를 삽입하여 1~2mm 간격을 두어 주름방생을 억제할 수 있도록 하였다.[1]

Table 4의 내용을 보면 클래드 판재의 한계드로잉비가 2.0이하임을 알 수 있었다.변형률 속도와 온도에 따른 실험은 향후 실시할 계획이다.

**Table 4 The Results of Deep Drawing Test**

Parts		
Blank Size	Ø87	Ø98
LDR	1.74	1.96
Holding Force	-	-
Punch Speed	3	3
Parts		
Blank Size	Ø107	Ø117
LDR	2.14	2.3
Holding Force	-	-
Punch Speed	3	3

**3. 성형공정해석**

**3.1 유한요소해석과 시제품 비교**

온간에서의 클래드 판재의 드로잉 공정의 유한요소해석을 위해 상용 유한요소 해석 프로그램인 Forge2007를 이용하였다. Fig. 5은 300℃에서 성형할 경우 발생하는 예측결과와 시제품 사진과 두께분포를 나타내고 있으며, Table 6은 해석에 사용된 클래드 판재의 화학 조성 및 재료 특성(등온상태)이다. 모델에 사용한 유한요소망을 나타내며 Node (SUS:4110, Al:4930, Mg:4302) 및 Element(SUS:8964, Al:11775, Mg:10296)가 사용되었다.

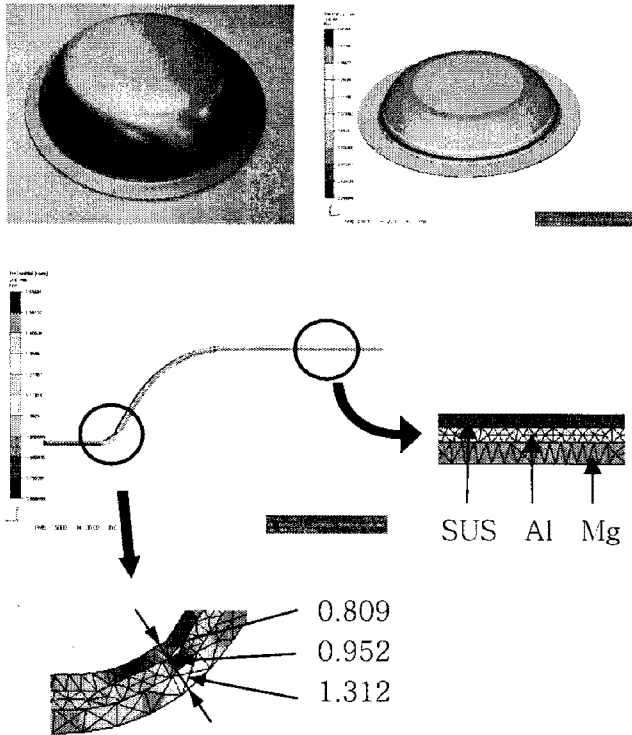


Fig. 5 FE model and Thickness distribution of drawing part

Table 6 Chemical compositions of clad (wt.%) and material properties

Alloy	C	Cr	Si	Mn	Fe
SUS430	0.12	16~17	1	1	79.8~84
Alloy	Al	Cu	Mg	Mn	Fe
AL3004	95.5~98.2	0.25	0.3	1~1.5	0.7
Alloy	Mg	Al	Si	Mn	Zn
MGAZ31	93.6~96.7	2.5~3.5	0.1	0.2~1	0.6~1.4

Material data	SUS430	Al3004	MgAZ31
Young's modulus (GPa)	200	68.9	45
Poisons ratio	0.3	0.35	0.35
Yield stress(Mpa)	441	172	190

#### 4. 결론

본 연구에서는 클래드 판재의 인장시험 및 원통컵 드로잉 시험을 통해 인장강도, 한계 드로잉비를 얻고자 실험적 연구를 하였고 FE 해석을 통해 시제품과의 성형 높이를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 클래드 판재의 고온 인장 시험을 통해 온도

증가에 따라 인장 강도가 낮아지며 250℃에서 변형율이 전체적으로 높았으며 그 이상의 온도에서는 변형률이 감소함을 알 수 있었고, 클래드 판재의 한계드로잉비가 2.0 수준임을 알 수 있었다.

(2) FE해석을 통한 실제 성형품의 부위별 두께 분포를 비교한 결과 다이코너 부위에서 상대적으로 얇아지는 현상을 예측할 수 있었다.

유한요소해석을 이용한 공정분석이 가능한 만큼 향후 클래드 판재를 이용한 다양한 제품을 성형하기 위한 연구를 수행할 예정이다.

#### 후 기

본 연구는 한국기계연구원 부설 재료연구소의 기본 연구사업인 “고비강도 소재 Fusion 성형기술 개발”의 연구 결과로서 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 류호연, 김영은, 김종호, 구본영, 금영탁, “온간 금형에 의한 클래드판재(STS304-A1050-ST304)의 드로잉성 연구”, 한국소성가공학회 2002년도 그형가공 심포지엄, pp. 136~143,
- [2] 정진호, 이영선, 권용남, 이정환, “AZ31 합금 판재의 비형모드에 따른 성형한계에 관한 연구”, 한국소성가공학회 2008년도 춘계학술대회 논문집, pp. 378~382,
- [3] Fuh-Kuo Chen, Tyng-Bin Huang, Chih-KungChang, 2003, “Deep drawing of square cups with magnesium ally AZ31 sheet.” International Journal of Machine Tools & Manufacture Vol. 43, pp. 1553~1559
- [4] 김민철, 이영선, 권용남, 이정환, 2004, “AZ31 합금의 온간 디프드로잉에 관한 연구” 한국소성가공학회지, 춘계학술대회 pp.47~52
- [5] 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
- [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.