한국소성가공학회 2004년도 춘계학술대회 논문집 pp.221~224

스테인리스강과 알루미늄 롤-클래드 시 변형상태 연구

김종국* · 허무영* · 지광구**

Study on Strain States during Roll-Cladding of Stainless Steel and Aluminum

J. K. Kim, M. Y. Huh and K. K. Jee

Abstract

The clad samples of five plies of sheets comprising ferritic stainless steel (STS) and aluminum (Al) were prepared by roll-cladding at 350℃. The evolution of strain states and textures during roll-cladding of STS430/AA3003/AA3003/AA3003/STS430 and STS430/AA3003/STS430/AA3003/STS430 was investigated by measurements of crystallographic textures and by simulations with the finite element method (FEM). Because the deformation mainly occurs in the Al layer during roll-cladding, the present investigation was focused on the Al layers located. The stacking sequence of sheet materials in the clad samples played an important role in the evolution of strain states during roll-cladding.

Key Words : Roll-cladding, FEM, Strain states, Texture

1. 서 론

클래드 재료는 적층되는 금속판재들의 물성에 따라 그 기능성이 부여된다. 일반적으로 클래드 금속판재는 연성의 재료로서 구성하는 경우와 연성의 재료와 경성의 재료를 혼합하여 구성하는 경우로 나뉜다. 최종 클래드 금속판재의 전기적, 물리적, 화학적 성질에 따라 연성재료와 경성재료를 혼합하게 되며 또한 재료의 종류가 결정되는 것이다. 클래드 판재의 외곽에 스테인레스(STS)와 같은 강성재료를 사용하는 것은 강도부여와 아울러 전기적 특성을 부여함이고 알루미늄(Al)을 중간에 사용하는 것은 하중감소와 아울러 클래드 판재의 접착력을 고려한 것이다.

클래드 판재를 제조하는 방법에는 용접을 이용하는 방법과 폭발용접법 그리고 압연기를 사용하는 롤-크레딩법이 있다. 롤-크레딩은 클래딩 조작이 간편하고 대량생산에 유용하기 때문에 현재 가장 많이 사용되고 있다. 롤-크레딩 시 압연롤 사이에서 변형과 함께 클레딩이 일어나기 때문에 압연롤 사이에서 변형 상태를 제어하는 것은 최적의 롤-크레딩 판재를 제조하는데 필수적이다. 그러나, 롤 크레딩 시 압연재에서 응력분포등을 연구한 몇 개의 보고들이 있으나 상세한 변형과정을 추적한 연구는 거의 전무한 편이다. 본 연구에서는 STS430/AA3003 /AA3003/AA3003/STS430 및 STS430/AA3003/STS430/AA3003/STS430 두 종류의 5 겹 클레딩 판재를 실제로 제조하였다. 그리고 이런 5 겹 클레딩 판재에서 형성되는 집합조직을 측정하여 클레딩 시 어떠한 변형 상태가 주어졌는지 간접적으로 파악하고 또한 유한요소법(FEM)을 이용하여 롤-크레딩시 변형

* 고려대학교 재료공학부
** 한국과학기술연구원 재료부

상태를 시뮬레이션하여 알아보았다. 또한 FEM 결과를 확증하기 위하여 집합조직의 형성을 Taylor Full Constraint Model 을 이용하여 집합조직을 모사 하였다.

2. 실 험 방 법

본 연구에서 사용한 초기 시료는 두께 0.5mm의 STS430, 1.0mm의 STS430, 1.0mm의 AA3003 판재였다. 모든 클레딩 시료는 0.5mm의 STS430 판재를 상하 바깥 층으로 일정하게 하고 그 내부에 1.0mm의 AA3003/AA3003 /AA3003 또는 AA3003/STS430/AA3003을 적층하여 롤-크레딩을 350℃ 행하였다. 롤-크레딩 전에 각 판재는 #80에서 #800의 sand paper로 표면연마를 행하였다. 롤-크레딩 시 롤의 크기는 470mm였으며 롤 속도는 0.4 rad/sec였다.

롤-크레딩 후 각 층에 놓여 있는 금속판재의 두께 변형량을 측정하였고, AA3003 층의 집합조직은 X-ray 고니오메타에서 3개의 극점도를 측정 후 Bunge의 방법으로 방위분포함수(ODF)를 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 두께 변형량

표 1 은 클래딩 후에 클래드 시료를 구성하는 각 판재 층에서 측정한 두께방향 변형률의 변화를 보여준다. 모든 5 겹 크래딩 시료 상하 바깥 층 판재(outer sheet)인 초기두께 0.5mm 의 STS430 은 변형률은 0.05 정도로 매우 작았다. STS430/AA3003/AA3003/AA3003/STS430 클래드 시료에서는 중앙 층 판재(center sheet)인 AA3003 이 중간 층 판재(middle sheet)인 AA3003 보다 더 큰 두께 변형을 하였다. 표 2 와 같이 중앙 층 판재가 STS430 인 STS430/AA3003/STS430/AA3003/STS430 클래드 시료에서는 조합에서는 중간 층 판재인 AA3003 이 중앙 층 판재인 STS430 보다 더 큰 두께 변형을 하였다. 하지만 STS430 가 AA3003 에 비하여 수배의 항복강도를 갖는 점을 고려하면 STS430 는 비교적 큰 24%의 변형률을 갖는 것은 주목 할 것이다. 표 1 과 2 를 보면 같은 재료라도 클래딩 시 적층되는 위치에 따라 전혀 다른 변형율이 얻어짐을 알 수 있다. 이것은 롤-크레딩 시 각 재료에서 서로 다른 변형률 상태가 주어졌음을 확인시켜 주는 것이다.

Table 1 Measured thickness strain after cladding of STS430/AA3003/AA3003/AA3003/STS430

Sheet layer	Thickness reduction	ε_{11}
STS430 (outer sheet)	5.71 %	0.0588
AA3003 (middle sheet)	26.0 %	0.3010
AA3003 (center sheet)	30.0 %	0.3572

Table 2 Measured thickness strain after cladding of STS430/AA3003/STS430/AA3003/STS430 sheet

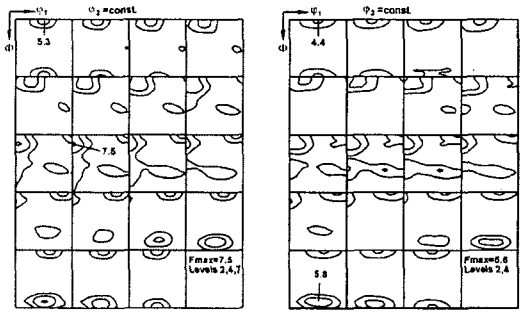
Sheet layer	Thickness reduction	ε_{11}
STS430 (outer sheet)	5.29 %	0.0543
AA3003 (middle sheet)	34.48 %	0.4228
STS430(center sheet)	23.48 %	0.2676

3.2 집합조직의 변화

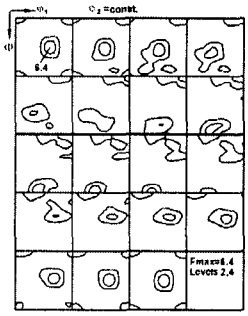
본 연구에서 사용한 초기 시료는 먼저 350℃ 에서 20 분간 가열 후 롤-크레딩을 행하였다. 350℃ 에서 20 분간 가열 후 초기 AA3003 의 집합조직은 판재의 표면 층과 중앙 층에는 전형적일 알루미늄의 재결정집합조직인 Cube 방위가 발달하였고 P 방위도 얻어졌다.

롤-크래딩 후 집합조직의 변화가 관찰되었는데 특히 알루미늄 AA3003 판재에서는 두께 층에 따라 상이한 집합조직이 얻어졌다.

STS430/AA3003/AA3003/AA3003/STS430 클래드 시편의 중간층 판재의 두께 층에 따른 집합조직이 그림 1 에서 보여진다. 바깥 층 판재인 STS430 과 접하는 s=+1 두께 층과 판재의 중앙 두께 층(s=0)에서는 전형적인 전단집합조직인 {001} <110> 방위가 부분적인 {111}//ND 방위들과 함께 형성되었다. 하지만 중앙 층 AA3003 판재와 접하는 두께 층 (s=-1)에서는 초기 방위와 유사한 집합조직인 {001}<100> cube 방위와 P 방위가 존재하였다. 그림 2 는 이 클래드재의 중앙 층 판재인 AA3003 에서 얻어진 집합조직을 보여주는데 중간 층 판재와 접촉하는 두께 층인 s=±1 두께 층과 중앙 두께 층(s=0)에서 모두 알루미늄의 압연집합조직인 β-섬유에 속하는 방위들이 발달하고 있다. 이와 같이 각 두께 층에

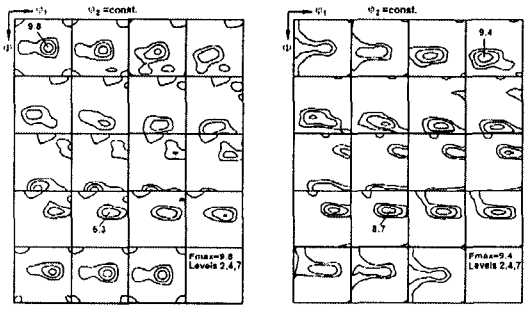


s=+1 s=0



s=-1

Fig. 1 Texture in the middle sheet (AA3003) of STS/Al/Al/Al/STS sample

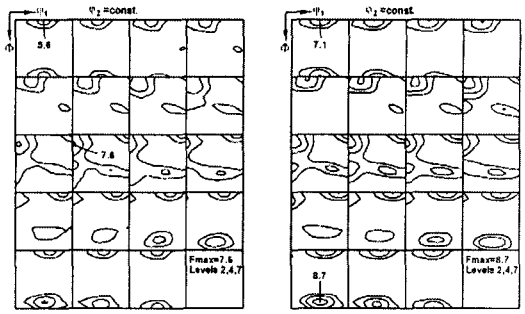


s=±1 s=0

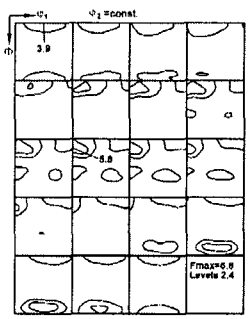
Fig. 2 Texture in the center sheet of AA3003

따라 또한 클래드 시료를 이루는 각 판재 층에 따라 또한 각 판재의 두께 층에 따라 서로 다른 집합조직이 얻어진 것은 롤-크래딩 시 서로 다른 변형경로가 지배하였음을 의미하는 것이다.

STS430/AA3003/STS430/AA3003/STS430 클래드 시편의 중간 층 판재의 두께 층에 따른 집합조직이 그림 3 에서 보여진다. 모든 두께 층에



s=+1 s=0



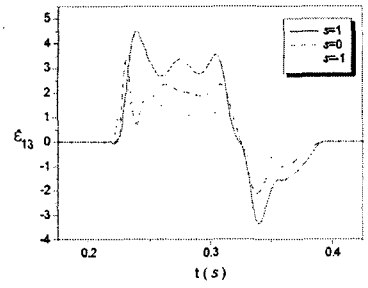
s=-1

Fig. 3 Texture in the middle sheet (AA3003) of STS/Al/STS/Al/STS sample

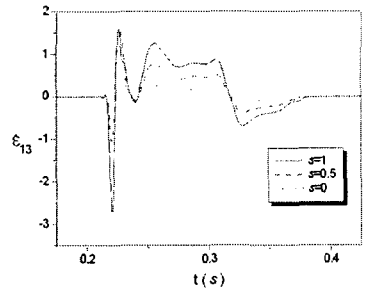
서 전단변형이 얻어진 것이 특이할 점이다. 이것은 중앙 층 판재가 경한 STS430 이면 중간 층에 있는 모든 층에서 전단변위가 크게 작용하였음을 의미하는 것이다.

3.3 변형상태의 FEM 모사

STS430/AA3003/AA3003/AA3003/STS430 클래드 시편의 중간 층 판재와 중앙 층 판재에서 작용하였던 전단변형률의 변화를 그림 4 는 보여준다. 바깥 층 판재인 STS430 과 접하는 s=+1 두께 층에서 가장 큰 전단변형률의 변화가 얻어지며, 중앙 층 AA3003 판재와 접하는 두께 층 (s=-1)에서는 점차 전단병형률의 변화가 적어졌다. 또한 중앙 층 판재에서는 중간 층 판재에 비하여 모든 두께 층에서 매우 약한 전단변형률의 변화 만이 얻어졌다. 결론적으로 전단변형률의 변화가 컸던 두께 층에서는 전단집합조직이 전단변형률의 변화가 낮은 두께 층에서는 압연집합조직이 얻어진 것을 확인 할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 4 Variation of shear strain rate in (a) middle sheet, (b) center sheet of the clad sample comprising STS430/AA3003/AA3003/AA3003 /STS430

4. 결 론

STS430 과 AA3003 으로 구성되는 5 겹 클래딩 판재에서 형성되는 집합조직을 측정하여 클래딩 시 어떠한 변형 상태가 주어졌는지 간접적으로 파악하고 FEM 을 이용하여 롤-크레딩시 변형상태를 시뮬레이션 하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 같은 재료라도 클래딩 시 적층되는 위치에 따라 전혀 다른 수직 변형율이 얻어졌다. 중앙 층 판재에서 두께 변형률이 가장 컸다.

2. 중앙 층의 재료에 따라 중간 층의 AA3003 판재에서 작용하는 변형률 상태 즉 집합조직이 다르게 형성되었다. 중앙 층 소재가 같은 AA3003 이면 두께 층에 따른 집합조직의 gradients 가 형성되지만, 중앙 층 소재가 STS430 이면 중간 층 판재의 모든 층에서 전단 변형집합조직이 얻어졌다.

3. FEM 시뮬레이션 결과 전단변형률의 변화가 컸던 두께 층에서는 전단집합조직이 전단변형률의 변화가 낮은 두께 층에서는 압연집합조직이 얻어진 것을 확인 할 수 있다.

후 기

본 연구는 21C 프론티어 차세대 소재성형 기술개발 사업단(PS006-2-00-01 과제)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. R. R. Arnold and P. W. Whitton, Proc. Instn. Mech. Engrs. 173 (1959) 241.
2. G. E. Arkulis, in "Compound plastic deformation of layers of different metals" (Daniel Davey & Co., INC, New York, 1965).
3. V. Randle and O. Engler, in "Introduction to Texture Analysis, Marcrotexture, Microtexture and Orientation Mapping" (Gordon and Breach, Amsterdam, 2000).
4. O. Engler, M. Y. Huh, and C. N. Tomé, Metall. Mater. Trans. A, 31 (2000) 2299.
5. J. K. Kim, M. Y. Huh, J. C. Lee, K. K. Jee and O. Engler, in Press J. Mater. Sci. (2004)