

집합조직 분석에 의한 5겹 STS/Al 복합재 클래드 압연 시 변형상태 해석

강형구¹, 박준수¹, 허무영^{1#}, 박수호²

Interpretation of Strain States during Clad-Rolling of STS/Al 5 Ply Composites by Means of Texture Analysis

H. G. Kang, J. S. Park, M. Y. Huh, S. H. Park

Abstract

Two composites of five plies of STS/Al/Al/Al/STS and STS/Al/STS/Al/STS were produced by roll-cladding at 350°C from ferritic stainless steel (STS) and aluminum (Al) sheets. In order to analyze the strain states during roll-cladding, the evolution of textures at different through-thickness positions in the roll-clad composites was investigated. Simulations with the finite element method (FEM) disclosed that a strain state which was similar to that of normal rolling with a high friction between roll surface and Al sample led to the formation of texture gradients in the Al sheets in the STS/Al/Al/Al/STS composite. Differences in the material velocity of STS and Al in the rolling direction gave rise to the formation of the shear texture in the Al sheets in the STS/Al/STS/Al/STS composite.

Key Words : Roll Cladding, Shear Texture, Rolling Texture, Strain States, FEM, Composites

1. 서론

클래드 재료는 적층되는 금속판재들의 물성에 따라 그 기능이 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 외부에 스테인레스(STS)와 같은 강성재료를 사용하는 것은 강도부여와 내식성을 부여함이고 알루미늄(Al)을 중간에 사용하는 것은 하중감소와 아울러 열적 전기적 전도도를 향상시키는 효과를 얻는 것이다.

클래드 판재를 제조하는 방법 중에서 압연기를 사용하는 롤-클래딩 법이 조업이 간편하고 대량

생산에 유용하기 때문에 현재 가장 많이 사용되고 있다. 롤-클래딩 시 압연롤 사이에서 변형과 함께 클래딩이 일어나기 때문에 압연롤 사이에서 변형 상태를 제어하는 것은 최적의 롤-클래딩 판재를 제조하는데 필수적이다. 그러나, 롤 클래딩 시 압연재에서 응력분포 등을 연구한 몇 개의 보고들이 있으나 상세한 변형과정을 추적한 연구는 거의 전무한 편이다.[1-7] 본 연구에서는 두 종류의 STS430 과 AA3003 으로 이루어지는 2 종류의 5 겹 클래딩 판재를 실제로 제조하였다. 그리고 이런 5 겹 클래딩 판재에서 형성되는 집합조직을 측정하여 클래딩 시 어떠한 변형 상태가 주어졌는지 간접적으로 파악하고 또한 유한요소법(FEM)을 이용하여 롤-클래딩 시 변형상태를 시뮬레이션하여 알아보았다. 또한 FEM 결과를 검증하기 위하여 집합조직의 형성을 모사 하였다.

1 고려대학교 신소재공학부

2 포스코 기술연구소

교신저자 (Corresponding author)

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 초기 시료는 두께 0.5 mm 와 1.0 mm의 STS430과 두께 1.0mm 의 AA3003 판재였다. 모든 클래딩 시료는 0.5 mm 의 STS430 판재를 상하 바깥 층으로 하고, 그 내부 층에 1.0 mm의 AA3003/AA3003 /AA3003 또는 AA3003/STS430/AA3003을 적층하여 롤-클래딩을 350°C에서 행하였다.

그림 1은 본 연구에서 제조된 5겹 클래딩 소재의 측면 형태를 보여준다.

롤-클래딩 후 각 층에 놓여 있는 AA3003 층의 집합조직은 X-ray 고니오메타에서 3개의 극점도를 측정 후 Bunge의 방법으로 방위분포함수(ODF)를 계산하였다.

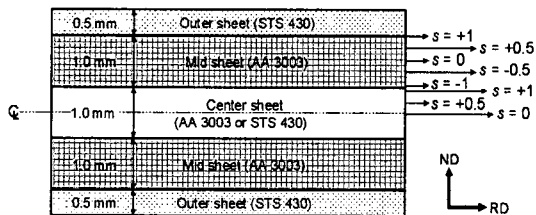


Fig. 1 Configuration of sheets and thickness parameter s .

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 본 연구에 사용한 AA3003의 롤-클래딩 전의 집합조직을 보여준다. 두께 층에 따라 각 방위의 방위밀도의 차이가 있지만, 모든 층에 $\{001\}\langle 100 \rangle$ cube 방위와 함께 $\{110\}\langle 221 \rangle$ P-방위가 높게 발달하였음을 보여준다. 이것은 압연 시 형성된 방위와 AA3003에 존재하는 많은 석출물 등에서 재결정이 일어났음을 암시한다[8-11]. 또한 $\{112\}\langle 111 \rangle$ Cu 방위와 $\{110\}\langle 112 \rangle$ Bs 방위의 압연 집합조직이 약하게 관찰되었다.

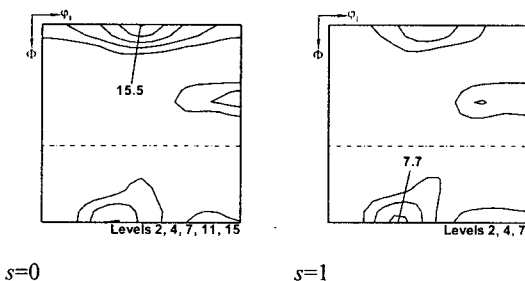


Fig. 2 Initial textures of AA3003 prior to roll-cladding.

그림 3 (a), (b), (c)는 롤-클래딩 후의 AA3003 / AA3003 / AA3003 클래딩 재의 중간층 AA3003의 집합조직을 보여 준다. 롤-클래딩 후 중간층 AA3003에서 두께층에 걸쳐 뚜렷한 집합조직 구배가 관찰되었다. 바깥층 STS430과 접촉된 상부표면층($s=+1$)부터 가운데층($s=0$)까지의 두께층에서, $\{001\}\langle 110 \rangle$ rotated cube 방위와 $\{111\}\langle uvw \rangle$ 방위를 포함한 전형적인 전단변형조직이 나타났다[12-15]. 대신 중앙층 AA3003과 접촉된 하부표면층($s=-1$)에서는 롤-클래딩 동안 초기 집합조직이 약화되었다.

그림 3 (d), (e)는 롤-클래딩 후의 AA3003 / AA3003 / AA3003 클래딩 재의 중앙층 AA3003의 집합조직을 보여준다. 중앙층 AA3003에서 또한 롤-클래딩 후 두께층에 걸쳐 불균질한 집합조직이 나타났다. 비록 초기의 cube 방위와 P 방위가 약하게 남아 있지만, 가운데층에서는 전형적인 압연 집합조직인 β -섬유가 관찰되었다. 표면층($s=1$)에서의 집합조직은 중간층 AA3003의 하부 표면층($s=-1$)과 매우 유사하였다.

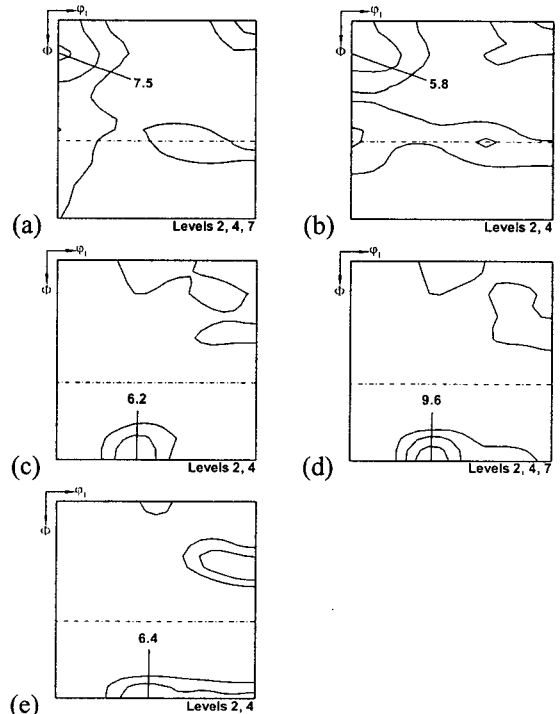


Fig. 3 Textures of the AA3003 sheets in the composite I. Mid sheet textures of (a) $s=+1$, (b) $s=0$, (c) $s=-1$. Center sheet textures of (a) $s=1$, (b) $s=0$.

그림 4는 롤-클래딩 후의 AA3003 / STS430 / AA3003 클래딩 재의 중간층 AA3003의 집합조직을 보여준다. 중간층 AA3003에서는 두께층에 걸쳐 상당히 균질한 집합조직이 관찰되었다. 즉 모든 두께층에 걸쳐 <110>//RD 방위와 {111}//ND 방위를 포함하는 알루미늄의 전단변형조직이 나타났다. 그림 3과 4를 비교하여 볼 때, 롤-클래딩 동안 5겹 클래딩 판재의 중앙층 판재의 재료가 중간층 AA3003의 서로 다른 집합조직 발달에 지대한 역할을 하는 것이 분명하다.

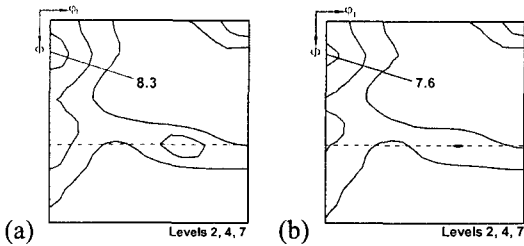


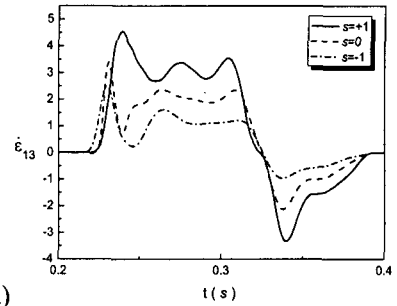
Fig. 4 Textures of the AA3003 sheets in the composite II. Mid sheet textures of (a) $s=1$, (b) $s=0$.

3.1 롤-클래딩의 유한요소 계산

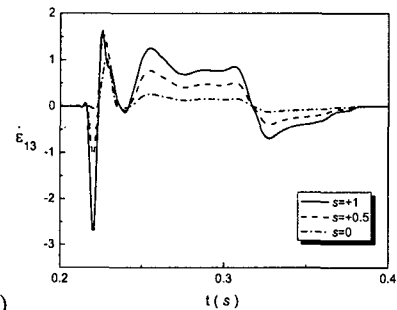
2차원 DEFORM[16]을 이용한 유한요소 계산을 통하여 다양한 두께층에 대해서 롤-클래딩 동안의 변형 상태를 구하였다. 롤-클래딩 동안의 전단 변형률을 AA3003/AA3003/AA3003 클래딩 재는 그림 5, AA3003/STS430/AA3003 클래딩 재는 그림 7에 나타내었고, 이를 이용하여 롤-클래딩 동안의 변형집합조직의 형성을 모사하여 각각 그림 6, 그림 8에 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 STS430 판재를 상하 바깥층으로 하고 내부층에 각각 AA3003/AA3003/AA3003, AA3003/STS430/AA3003 판재를 적층하여 5겹 클래딩 판재를 제조하였고, 두께층에 따라 집합조직을 측정하였다. 유한요소법을 이용하여 각 두께층에서의 변형률 변화를 계산하였고, 롤-클래딩 동안의 변형집합조직의 형성을 모사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.



(a)



(b)

Fig. 5 Variation of $\dot{\epsilon}_{13}$ through the thickness layers in (a) mid and (b) center sheets of AA 3003 of the clad-composite-I.

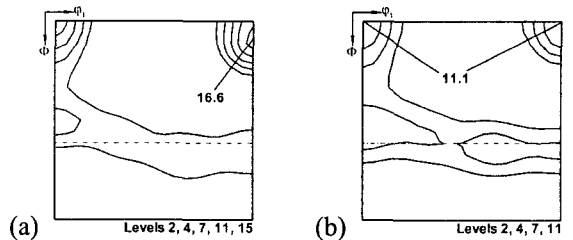


Fig. 6 Simulated textures of the mid sheet of AA 3003 in the composite-II. (a) $s=+1.0$, (b) $s=0$.

(1) AA3003/AA3003/AA3003 클래딩 재의 중간층 AA3003은 상부표면층($s=+1$)부터 가운데층($s=0$)까지의 두께층에서는 전단변형조직이 형성되었지만 하부표면에서는 초기 집합조직이 약화되었다.

(2) AA3003/STS430/AA3003 클래딩 재의 중간층 AA3003은 모든 두께층에 걸쳐 <110>//RD 방위와 {111}//ND 방위를 포함하는 균질한 전단 변형조직을 얻었다.

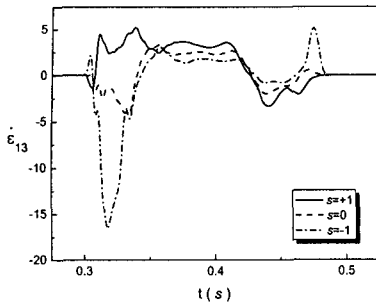


Fig. 7 Variation of $\dot{\epsilon}_{13}$ at various thickness layers in the mid sheet of AA 3003 of the composite-II.

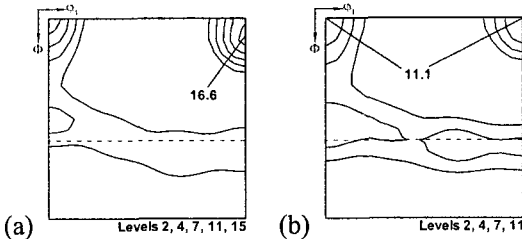


Fig. 8 Simulated textures of the mid sheet of AA 3003 in the composite-II. (a) $s=+1.0$, (b) $s=0$.

후 기

본 연구는 고려대학교 포스코 철강전문연구실에서 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] R. R. Arnold, P. W. Whitton, 1959, Proc, Instn. Mech. Engrs., Vol.173, pp. 241.

[2] G.E. Arkulis, 1965, Compound plastic deformation of layers of different metals, Daniel Davey & Co. Inc, New York.

[3] Y.-M. Hwang, H.-H. Hsu, H.-J. Lee, 1995, Inter. J. Mech. Sci., Vol. 37, pp. 297.

[4] Y.-M. Hwang, G.-Y. Tzou, 1996, J. Mater. Proc. Technol. Vol. 62, pp. 249.

[5] J. Yong, P. Dashu, L. Dong, L. Luoxing, 2000, J. Mater. Proc. Technol. Vol. 105, pp. 32.

[6] S.-H. Choi, K.-H. Kim, K.H. Oh, D.N. Lee, 1997, Mater. Sci. Eng. Vol. A222, pp. 158.

[7] P.C. Tortorici, M.A. Dayananda, 1998, Mater. Sci. Eng. Vol. A244, pp. 207.

[8] K.Sjølstad, O. Engler, S. Tangen, K. Marthinsen, E. Nes, 2002, Mater. Sci. Forum, Vol. 408, pp. 1471.

[9] O. Engler, H.E. Vatne, E. Nes, 1996, Mater. Sci. Eng. Vol. A205, pp. 187.

[10] O. Engler, 1997, Textures and Microst. Vol. 28, pp. 197.

[11] O. Engler, 1997, Scripta Mater. Vol. 37, pp. 1675.

[12] O. Engler, H.C. Kim, M.Y. Huh, 2001, Mater. Sci. Tech., Vol. 17, pp. 75.

[13] M.Y. Huh, H.D. Kim, K.R. Lee, B.B. Hwang, O. Engler, 2002, Mater. Sci. Forum Vol. 408, pp. 1453.

[14] M.Y. Huh, J.P. Lee, J.C. Lee, J.W. Park, Y.H. Chung, 2004, Mater. Sci. Forum, Vol. 449, pp. 873.

[15] M.Y. Huh, J.P. Lee and J.C. Lee, 2004, Mater. Sci. Technol., Vol. 20, pp. 819.

[16] DEFORM2D, Ver. 8.1, 2004, Scientific Forming Technologies Cooperation, Columbus.