

비대칭 압연시 알루미늄 1100 판재에서 집합조직 형성

지영규* · 정효태** · 허무영***

Development of Texture in Aluminum 1100 Sheets during Asymmetrical Rolling

Y. K. Jee, H. T. Jeong and M. Y. Huh

Abstract

Sheets of aluminum alloy 1100 were asymmetrically cold rolled in a rolling mill with different roll speeds. In order to promote the shear deformation during asymmetrical rolling, cold rolling without lubrication was performed. The evolution of texture components during asymmetrical rolling was investigated by the calculation of the orientation distribution function (ODF) using the monoclinic sample symmetry. The strain state during asymmetrical rolling was tackled by means of FEM calculations. Asymmetrical rolling gave rise to the development of pronounced strain gradients throughout the thickness layers which resulted in the formation of strong texture gradients in the aluminum sheet.

Key Words : Asymmetrical Rolling, Cold Rolling Texture, Roll Speed Ratio, ODF, FEM

1. 서론

평면변형 조건에서 생성되는 알루미늄 판재의 압연집합조직은 β -섬유로 알려진 $\{112\}\langle 111\rangle$ Cu-방위, $\{123\}\langle 634\rangle$ S-방위, $\{110\}\langle 112\rangle$ Bs-방위가 형성된다.^(1,3) 그러나 비대칭의 경우 압연판재의 두께 층에 따라서 불균질한 변형률 상태가 얻어지는데, 그 결과 판재의 두께 층에 따라 각종 물리적 특성의 변화가

얻어진다.⁽⁴⁾

비대칭압연은 상하 압연롤의 크기가 다른 압연기에서 행할 수 있으며, 또한 상하 압연롤의 크기가 같지만 상하 압연롤의 속도를 다르게 하여 행할 수 있다.

본 연구에서는 상하 압연롤의 속도 비를 다르게 하여 비대칭압연을 행하였다. 비대칭 압연은 압연

* 고려대학교 대학원 신소재공학과
** 강릉대학교 금속공학과
*** 고려대학교 재료공학부

롤과 압연재와의 마찰을 크게 얻기 위하여 윤활유를 사용하지 않고 행하였고 비대칭압연 조건에서 알루미늄 AA 1100 판재에서 얻어지는 집합조직을 측정하였으며, 상용 FEM 프로그램인 DEFORM-2D⁽⁵⁾을 사용하여 비대칭압연시 얻어지는 변형률 상태를 추적하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 6.2 mm의 알루미늄 AA 1100 열간 압연재를 사용하여 열간압연재를 직경 127 mm를 갖는 냉간압연기에서 윤활유를 사용하여 냉간압연에 의하여 4.0 mm의 초기시편을 제조하였다. 비대칭압연은 상부, 하부 롤의 직경이 모두 100 mm를 갖는 압연기에서 행하였고 상부 롤과 하부 롤이 각각 다른 속도로 회전속도를 사용하여 실험 하였다. 비대칭압연은 두께 4.0 mm를 갖는 초기시료를 한번의 압연 패스에 의하여 두께 2.5 mm를 갖게 행하였다.

본 연구에서는 두께 층을 s 로 정의하고 판재의 위쪽 표면 층을 $s=+1.0$, 중앙 층을 $s=0.0$, 아래쪽 표면 층을 $s=-1.0$, 중심층과 표면층 사이를 각각 $s=+0.5$, 0.5 로 정의하고 측정하였다.

집합조직은 자동화된 x-선 고니오메타에서 $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$ 극점도를 측정한 후 Bunge⁽⁶⁾의 방법에 의하여 방위분포함수로 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 이 초기 시료의 중앙 층($s=0.0$)과 표면 층($s=1.0$)의 집합조직을 측정된 결과이다.

중앙층에서는 β -섬유가 형성되어 있으며 S-방위의 방위 밀도가 높게 나타났다. 그러나 표면층에서는 압연전단 방위가 얻어졌다.

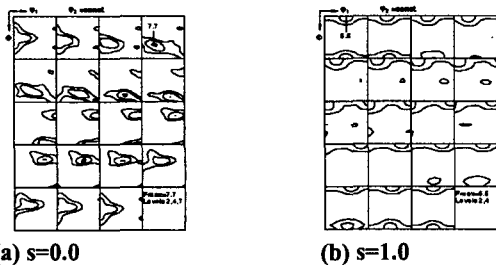


Fig. 1 ODF showing textures prior to asymmetrical rolling

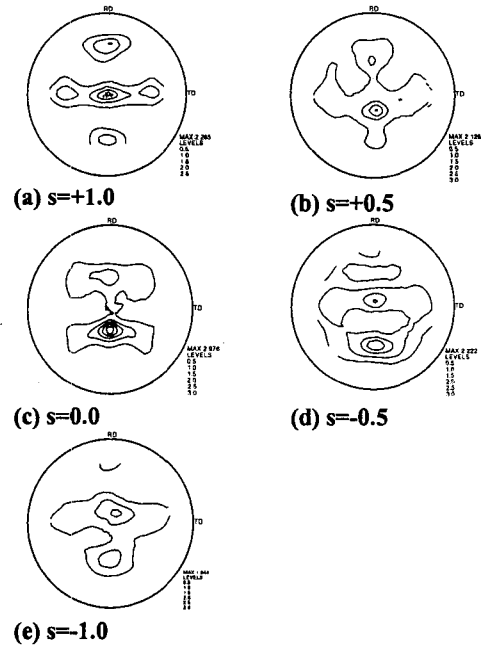
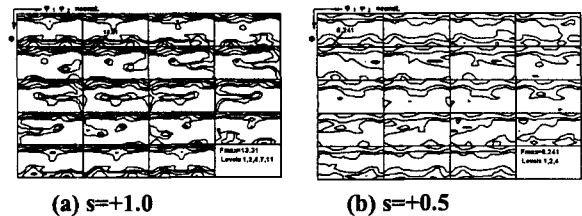


Fig. 2 $\{111\}$ Pole figures showing textures after asymmetrical rolling

그림 2는 4.0 mm의 초기시편을 한번의 비대칭 압연에 의하여 2.5 mm로 압연 변형 후의 집합조직을 $\{111\}$ 극점도로 측정된 결과이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 시편의 두께 층에 따라 서로 상이한 집합조직이 얻어진 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 비대칭압연시 형성되는 집합조직의 방위들의 생성을 보다 잘 이해 하기 위하여 $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$ 극점도를 측정된 실험결과를 Bunge⁽⁶⁾의 방법에 의하여 방위분포함수로 계산한 결과를 보여준다.

그림 2의 극점도를 측정된 결과와 마찬가지로 두께 층에 따라 매우 불균일한 집합조직이 형성되어 있음을 알 수 있다.



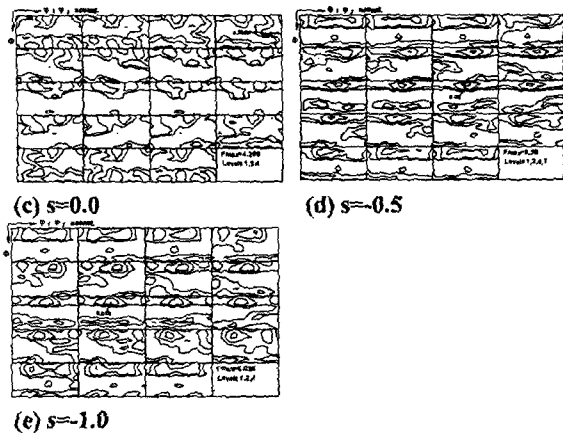


Fig. 3 ODFs showing textures after asymmetrical rolling

그림 2의 극점도와 그림 3의 방위분포함수에서 알 수 있듯이 시편 두께 층에 따라 아주 상이한 집합조직이 얻어졌다. 이와 같은 불균일한 집합조직을 형성시켰는지 알기 위하여 비대칭 압연을 상용 프로그램인 DEFORM-2D⁽⁵⁾를 이용하여 비대칭 압연을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 시 소재의 가공경화 곡선은 인장실험결과를 이용하였으며, 무윤활 조건에서 알루미늄 판재와 롤과의 마찰은 쿨롱마찰계수 $\mu=0.25$ 로 하였다.

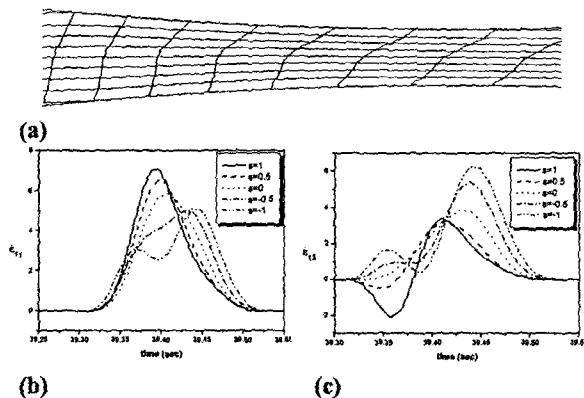


Fig. 4 FEM results showing (a) shape change of meshes, (b) variation of ϵ_{11} and (c) variation of ϵ_{22} in the roll gap during asymmetrical rolling

압연변형 전과 후의 압연 판재 형태 변화만을 고려하면 압연변형은 두께가 줄어드는 것만큼 길이가 길어지는 평면변형으로 간단히 가정 될 수 있다. 그러나 그림 4(a)에서 볼 수 있는 것 같이 압연변형 시 변

형 상태는 전 연구^(1,2)에서 고찰한 것과 같이 평면 변형이 아니다. 그림 4(b)는 상하 롤의 회전 속도비가 다른 비대칭 압연 시 압연방향으로의 수직전단 변형을 속도의 변화인 $\dot{\epsilon}_{11}$ 의 변화를 두께 층에 따라 FEM 계산을 통하여 구한 결과이다. 하부 롤에 비하여 상부 롤의 속도가 빠른 비대칭 압연에 의하여 롤의 입구와 출구 사이에서 전단변형을 속도 $\dot{\epsilon}_{11}$ 는 두께 층에 따라 매우 큰 변화를 갖는 것을 그림 5(c)는 보여준다. 비대칭 압연한 판재의 하부 층으로 갈수록 양의 값을 갖는 $\dot{\epsilon}_{11}$ 의 크기는 증가한다.

정상적인 압연의 경우에는 $s=0.0$ 인 판재의 중앙 층에서 압연 롤의 입구와 출구 사이에서 $\dot{\epsilon}_{11}$ 의 변화는 거의 없다^(1,2,7). 그러나 본 연구에서 보여주듯이 상하 압연 롤의 속도를 다르게 하는 비대칭 압연에서는 중앙 층에서도 다른 모든 층과 같이 큰 $\dot{\epsilon}_{11}$ 의 변화가 얻어졌다.

4. 결론

본 연구에서는 상하 압연 롤의 속도를 다르게 하여, 무윤활 조건에서 비대칭 압연 변형 시 알루미늄 AA 1100 판재에서 얻어지는 집합조직을 측정하고, 프로그램인 DEFORM을 사용하여 변형을 상태를 얻었다.

(1) 비대칭 압연 후 판재에 존재하는 전단집합조직의 방위들은 사방정(monoclinic)의 대칭을 나타내었다.

(2) 비대칭 압연 후 두께 층에 따라 매우 불균일한 집합조직이 형성되었다. 압연 판재의 상부 표면 층에서는 $\{001\}\langle 110 \rangle$ 이, 중앙 층에서는 거의 무질서한 집합조직이 얻어졌다.

(3) 비대칭 압연 시 압연방향으로의 수직전단 변형률 속도 $\dot{\epsilon}_{11}$ 의 변화는 두께 층에 따라 차이를 보이지만 모든 두께 층에서 거의 동등한 $\dot{\epsilon}_{11}$ 가 얻어졌다.

(4) 비대칭 압연 시 전단변형률 속도 $\dot{\epsilon}_{11}$ 는 상부 표면 층에서는 $\dot{\epsilon}_{11}$ 는 음과 양의 값을 갖지만, 압연 판재의 중앙 층 아래쪽인 $s=0.0, -0.5, -1.0$ 두께 층들에서는 모든 $\dot{\epsilon}_{11}$ 는 항상 양의 값을 갖는다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 목적기초연구(No. R01-2001-00261-0)의 지원을 받았습니다.

참 고 문 헌

- (1) 허무영, 2001, 한국소성가공학회지, vol 11, pp. 14-23.
- (2) O. Engler, M.Y. Huh, C.N. Tomé, 2000, Metall. Mater. Trans. A, vol. 31A, pp. 2299-2315.
- (3) M.Y. Huh, J.H. Kim, K.Y. Ha and S. Lee, 1996, Mater. Sci. Forum, vols. 217-222, pp.571-576.
- (4) M.Y. Huh and O. Engler, 2001, Mater. Sci. Eng., vol. A308/1-2, pp. 74-87.
- (5) DEFORM-2D, Ver. 7.1, 2001, Science Forming Technologies Cooperation, Columbus, OH.
- (6) H.J. Bunge, 1982, Texture Analysis in Materials Science, Butterworths, London.
- (7) M.Y. Huh, J.C. Park, and S. Lee, 1996, Metals and Mater. Int., vol. 2, pp. 141-149.