

# AA5052 판재의 비대칭 냉간압연 시 압연 패스당 압하율 제어에 의한 전단 변형 향상

강형구<sup>1</sup>, 한용희<sup>1</sup>, 허무영<sup>#</sup>

## Improvement of shear deformation by controlling reduction per a rolling pass during asymmetrical cold rolling in AA 5052

H.G. Kang, Y.H. Han, M.Y. Huh

### Abstract

During asymmetrical cold rolling in AA 5052 sheet, a reduction per a rolling pass was varied to investigate the effect of the ratio of the contact length between the roll and sample ( $l_c$ ) to the sheet thickness ( $d$ ) on the formation of shear textures. In order to intensify the shear deformation during asymmetrical rolling, AA 5052 sheet was asymmetrically cold rolled without lubrication by using different roll velocities of upper and lower rolls. Asymmetrical rolling with  $l_c/d=1.8$  led to the formation of texture gradients throughout the sheet thickness in which the outer thickness layers depicted shear textures and the center thickness layers displayed a rolling texture. Asymmetrical rolling with  $l_c/d=3.1$  gave rise to the formation of shear textures in the whole through-thickness layer. The strain states associated with asymmetrical rolling were investigated by the finite element method (FEM) simulation. FEM results indicated that the evolution of deformation texture in a thickness layer is strongly governed by integrated values of strain rates and along the streamline in the roll gap.

**Key Words** : Asymmetrical rolling, Strain state, Shear texture, Finite element method

### 1. 서론

알루미늄 판재의 압연 시 일반적으로 Cu-방위 {112}<111>, S-방위 {123}<634>, Bs-방위 {011}<211>과 같은 압연 집합조직이 발달한다[1,2]. 롤과 판재 사이의 기하학적 형상의 변화 또는 롤과 판재 사이에 마찰이 작용함에 따라 판재 표면에는 전단 집합조직이 발달함으로써, 판재의 두께 층에 따른 집합조직 구배가 형성되기도 한다[3,4]. 이와는 달리 비대칭 압연은 판재의 모든 두께 층에 전단 집합조직을 발달시키는 압연 공정이다[5]. 상부롤과 하부롤의 반경이 서로 다르게 하는 이구경 압연과 상부롤과 하부롤의 회전 속도를 달

리 하는 이주속 압연이 그것이다. 비대칭 압연 시 두께 층에 따라 균일한 전단 집합조직이 얻어지는가의 여부 또는 어떠한 집합조직이 얻어지는가는 패스당 압하율, 압연롤의 크기, 시료의 초기 두께와 같은 변수에 의하여 제어할 수 있다.

롤과 판재의 접촉 길이인  $l$ 과 판재의 평균 두께인  $d$ 의 비, 즉  $l/d$  값이 비대칭 압연 시 판재에 작용하는 변형률 상태와 이로써 발달하는 집합조직의 변화에 영향을 끼친다고 밝혀진 바 있다. 본 연구에서는 이를 응용하여, 압연 패스 당 압하율을 변화시켜 비대칭 압연 시 판재의 모든 두께 층에 전단 집합조직을 강하게 발달시키고자 하였다.

1. 홍길동의 소속(바탕, 7pt)

2. 김길동의 소속

# 교신저자: 이길동의 소속, E-mail:

## 2. 실험 과정

실험에 두께 6mm인 알루미늄 합금 AA5052 판재를 사용하였다. 비대칭 압연을 위하여 상부롤의 회전 속도를 하부롤 보다 1.5배 빨리 회전시켰고, 두 롤의 지름은 동일하게 118mm였다. 롤과 판재 사이의 마찰을 위하여, 윤활재를 쓰지 않았고 상온에서 실시하였다. 6mm의 초기 시료를 전체 압하율이 81%가 되도록 1.15mm까지 패스당 압하율을 달리하여 비대칭 압연하였다. 이 때 하나의 시료는 패스당  $1/d$  값이 3.1을 가지도록 고정하여 4 패스에 걸쳐서 압연하였고, 다른 하나의 시료는 패스당  $1/d$  값이 상대적으로 낮은 1.8가 되도록 하여 12 패스로 비대칭 압연하였다.

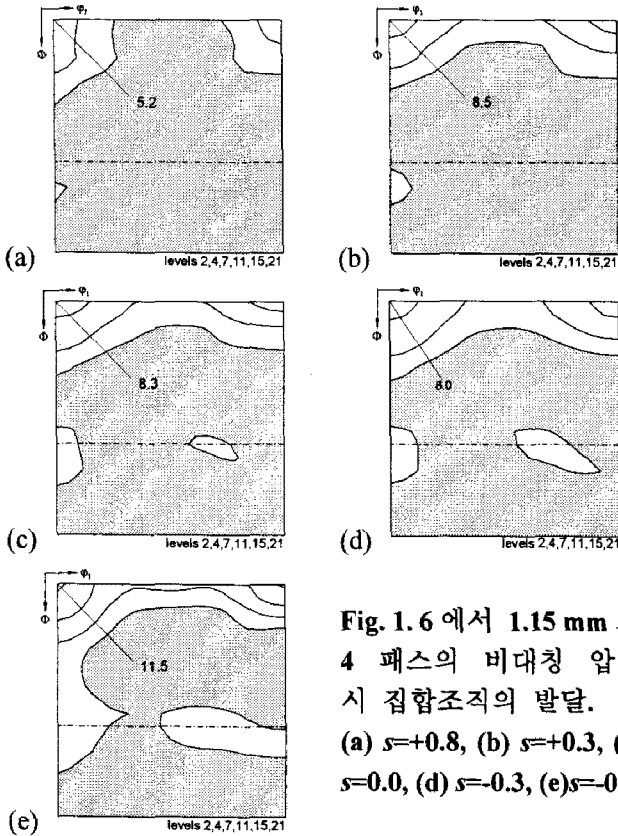


Fig. 1. 6에서 1.15 mm로 4 패스의 비대칭 압연 시 집합조직의 발달.  
(a)  $s=+0.8$ , (b)  $s=+0.3$ , (c)  $s=0.0$ , (d)  $s=-0.3$ , (e)  $s=-0.8$

집합조직 분석에 Zeifert 사의 XRD 3000pts 장비를 이용하였다. 판재의 ND면을 관찰하였으며, 판재의 두께 층에 걸친 집합조직 발달의 구배를 보기 위하여 판재의 두께 층을 Thickness parameter,  $s$ 를 사용하여 구분하였다. 즉, 판재의 상부 표면을  $s=+1$ , 하부 표면을  $s=-1$ , 중앙을  $s=0$ 으로 정의하였을 때, 집합조직의 측정 시  $s=+0.8$ ,  $s=+0.3$ ,  $s=0.0$ ,  $s=-0.3$ ,  $s=-0.8$ 의 5개 층을 관찰하였다.

## 3. 결과 및 토론

Fig. 1은 6mm에서 1.15mm로 4 패스의 비대칭 압연 시 판재의 두께 층에 따른 집합조직의 발달을 보여준다. 판재의 모든 두께 층에 균일한 집합조직을 나타내는데, Rotated Cube 방위  $\{001\}\langle 110\rangle$ 와  $\{111\}/ND$  섬유를 포함하는 전단 집합조직이 강하게 형성되었음을 알 수 있다. 이와 같이 집합조직의 구배 없이 강하게 발달한 집합조직은 패스당 높은 압하율이 작용한 결과로 판단된다

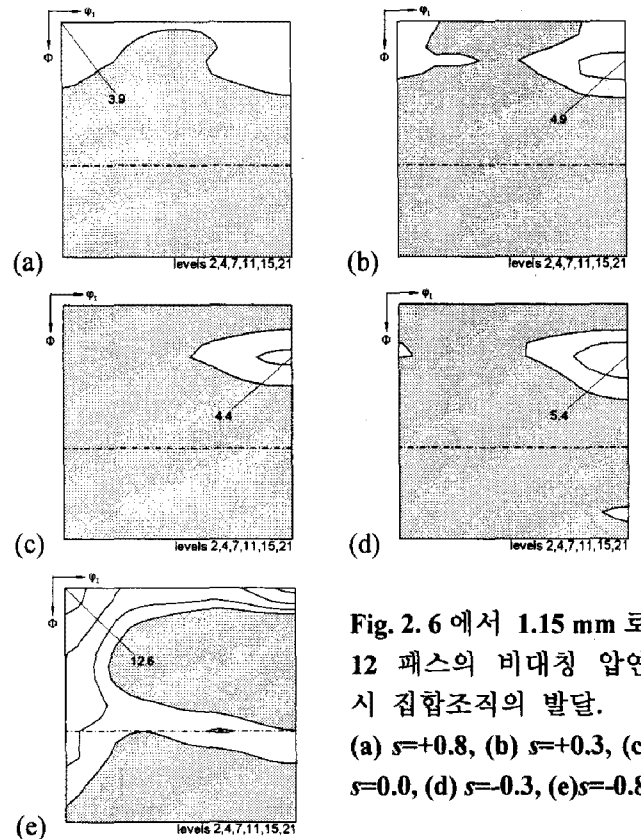


Fig. 2. 6에서 1.15 mm로 12 패스의 비대칭 압연 시 집합조직의 발달.  
(a)  $s=+0.8$ , (b)  $s=+0.3$ , (c)  $s=0.0$ , (d)  $s=-0.3$ , (e)  $s=-0.8$

Fig. 2는 6mm에서 1.15mm로 12 패스의 비대칭 압연 시 판재의 두께 층에 따른 집합조직의 발달을 보여준다. 판재의 하부 표면에서 Rotated Cube 방위  $\{001\}\langle 110\rangle$ 와  $\{111\}/ND$  섬유를 포함하는 전단 집합조직이 형성되었으나  $s=\pm 0.3$ ,  $s=0$  층에서 압연 집합조직이 얻어져, 두께 층에 따라 집합조직 구배를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 패스당 압하율이 낮았던 것에 기인하는 것으로서, 이 조건에서는 판재의 가운데 층에 전단 집합조직이 발달하기에는 낮은 전단 변형률이 작용하였던 것으로 판단된다.

상용 유한요소해석 프로그램인 DEFORM2D[6]를 사용하여, 비대칭 압연 시 변형률 상태의 변화를 조사하였다. Fig. 3은 전단변형률/수직변형률 비인  $I_{13}/I_{11}$  값을 판재의 두께 층에 따라 표시한 것이다. 4 패스 비대칭 압연 시료의 경우 모든 두께 층에서 전단변형률이 고르게 높게 얻어져, 전단 집합조직이 균일하고 강하게 발달한 실험결과와 일치한다. 또한 12 시료는 중앙 층 부근에서 전단변형률 값이 낮게 얻어져 전단 집합조직이 발달하지 않은 것을 알 수 있다.

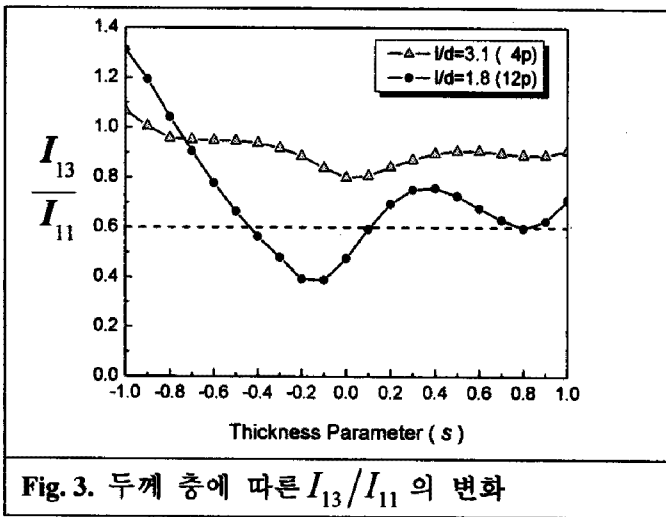


Fig. 3. 두께 층에 따른  $I_{13}/I_{11}$  의 변화

#### 4. 결론

AA5052 판재의 비대칭 압연 시 패스당 압하율 변화에 따른 전단 집합조직 형성의 차이를 살펴

보았다. 패스당 압하율이 낮았을 때 판재의 중앙 층 부근에 전단 변형률이 낮게 작용하여, 두께 층에 따른 집합조직 구배가 일어났다. 반면에 패스당 압하율이 높았을 때 두께 층에 따라 균일한 전단 집합조직이 강하게 발달하였다.

#### 참고 문헌

- [1] J. Hirsch and K. Lücke, 1988, Mechanism of deformation and development of rolling textures in polycrystalline f.c.c. metals—I. Description of rolling texture development in homogeneous CuZn alloys, Acta Metall. Vol. 36, p. 2863.
- [2] O. Engler, H.C. Kim and M.Y. Huh, 2001, Formation of a {111} Fibre Texture in Recrystallised Aluminium Sheet, Mater. Sci. Technol. Vol. 17, p. 75.
- [3] M.Y. Huh, H.D. Kim, K.R. Lee, B.B. Hwang and O. Engler, 2002, Hwang and O. Engler, Formation of Shear Texture and Ultra-fine Grains in Warm Rolled AA 3004 Sheets, Mater. Sci. Forum Vol. 408-412, p. 1453.
- [4] O. Engler, M.Y. Huh and C.N. Tomé, 2000, A Study of Through-Thickness Texture Gradients in Rolled Sheets, Metall. and Mater. Trans. Vol. 31A, p. 2299.
- [5] J.K. Kim, Y.K. Jee, M.Y. Huh and H.T. Jeong, 2004, Formation of textures and microstructures in asymmetrically cold rolled and subsequently annealed aluminum alloy 1100 sheets, J. Mater. Sci. Vol. 39, p. 5365.