

비대칭압연에 의한 알루미늄합금판의 전단집합조직 형성 및 결정립 미세화

이종국·이동녕*

The Shear Texture Development and The Grain Refinement in Aluminum Alloy Sheets by Asymmetric Rolling

J.K. Lee and D.N. Lee

Abstract

Asymmetric rolling of AA1050 Al alloy sheets was performed to obtain the shear textures for improving the deep drawability and the grain refinement. The effect of roll velocity ratio on the texture and the grain refinement of 50% asymmetrically rolled sheets was studied. The textures of the asymmetrically rolled sheets after annealing at 400°C for 1 h was also investigated.

Key Words : Aluminum Alloy, Asymmetric Rolling, Shear Texture, Grain Refinement, Annealing

1. 서 론

차체의 경량화와 관련하여 강판 대신 알루미늄합금판을 사용하려는 연구가 이루어지고 있으나 알루미늄의 디프드로잉성이 강에 비하여 좋지 않다. 이는 기존의 방법으로 제조한 판재의 집합조직에 연유한 것으로 이를 개선하기 위한 한 방법으로 비대칭 압연이 제안되었다^(1,2). 비대칭압연으로 인하여 <111>/ND의 집합조직의 발달로 디프드로잉 성형성이 향상될뿐 아니라 결정미세화가 이루어짐도 보고되었다^(3,4). 앞의 연구에서는 회전속도가 같고 지름이 다른 두 롤로 이루어진 압연기를 사용하였으나 이 연구에서는 회전속도가 다르고 지름이 같은 두

롤 압연기로 비대칭압연하였다.

2. 집합조직계산

사용할 압연기로 압연할 경우 얻어질 집합조직을 계산하였다. 롤 지름은 30 cm, 초기판재의 두께는 2 mm와 20 mm, 압하율은 50%, 마찰계수는 0.3과 0.5, 롤회전속도비는 1에서 4까지 변화시켰다. 집합조직계산은 변형계산과 계산된 변형에 의한 결정회전의 계산으로 이루어진다. 변형의 계산은 유한요소해석법을 이용하고 결정의 회전은 Taylor의 완전구속모델을 이용하여 계산하였다.

*현대기아연구개발본부 선행개발센터 금속재료연구팀
** 서울대학교 재료공학부, 신소재공동연구소

계산결과, 시편이 두꺼우면 전단변형이 내부에까지 미치지 못하므로 중심부에는 전단변형집합조직이 잘 발달하지 못하였다. 마찰계수가 0.3에서 0.5까지 변화여도 집합조직에 큰 변화가 없었다. 그림 1에 초기판두께가 2 mm 인 경우의 계산된 집합조직을 비교하였다. 롤회전속도비가 1.5 이상일 때 중심층도 전단집합조직으로 접근함을 알 수 있다. 또 한가지 주목할 것은 아래표면층이 윗표면층보다 전단집합조직에 더 접근함을 알 수 있다. 이것은 그림 2에서 보는 바와 같이 아래표면층에서는 총전단변형이 작음에도 불구하고 압연중 전단변형이 음에서 양으로의 변화가 있기 때문이다. 전단변형의 방향변화가 이상적 전단집합조직에 더 가깝게 한다⁽²⁾. 이러한 양상은 마찰계수에 따라서 변한다.

3. 실험방법

상부 롤 (지름 30 cm)의 회전속도는 45 rpm으로 고정시키고 하부 롤의 회전속도를 45, 30, 23, 17.5 rpm 변화시켜 회전속도비를 1에서 2.6 까지 변화시켰다. 초기판재의 두께는 1.5 mm이고 실온에서 한 번 압연으로 50% 무운할 압연하였다. 압연후 열처리는 400°C에서 1시간 동안 하였다. 집합조직은 x-선으로 아래 위 표면층만 측정하였다. 롤회전속도비에 따른 중심부의 집합조직의 변화를 알기 위하여 변형의 유한요소해석과 완전구속모델을 이용하여 집합조직을 계산하였다. 결정립미세화는 EBSD로 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

윗표면층 (S=1)과 아래표면층 (S=-1)의 측정 집합조직을 그림 3에 나타내었다. 대칭압연(롤회전속도비=1)에서 표면층에서는 평면변형압축집합조직으로부터 이상적 전단변형집합조직으로의 회전이 잘 일어났다. 롤회전속도비가 1.5 이상인데도 그 회전의 정도가 오히려 감소한다. 아래표면층의 회전 정도가 윗표면층의 회전보다 작다. 이는 그림 1의 모사결과와 다른 것으로 보아 초기두께와 마찰계수를 달리하여 계산 할 필요가 있다.

압연후 195°C에서 1 시간 동안 EBSD 분석결과를 그림 4에 나타내었다. 결정립크기는 롤회전속도비가 1일 때 가장 크고 비가 1.5 이상의 경우에는 비슷하였으며 윗표면층의 결정립크기가 아래표면층의 결정립도 보다 크다. 고경각립계의 분율은 대칭압연에서 제일 작고 회전속도비가 1.5이상이면 비슷하다. 윗표면이 아래표면층보다 고경각립계 분율이 크며 회전속도비가 증가할수록

그 차이가 증가하였다.

그림 5는 여러 롤회전속도비에서 압연한 판재의 두께에 따른 경도분포를 보여준다. 비가 1인 경우 경도가 표면층에서 제일 크고 중심층에서 제일 작다. 경도는 재료의 유효변형률과 비례하고 결정립크기가 작을수록 증가한다. 같은 두께감소율에서 전단변형률이 증가할수록 유효변형률이 증가한다. 중심층에는 전단변형률이 영이기 때문에 유효변형률이 제일작고 따라서 경도가 제일작다. 롤회전속도비가 증가할수록 전단변형이 내부에까지 침투하므로 경도가 증가한다. 뿐만아니라 전단변형이 증가할수록 결정립크기도 약간 감소한다.

그림 6는 압연 후 400°C에서 1 시간 가열한 알루미늄 판의 집합조직을 나타낸다. 그림 1의 열처리전의 집합조직과 비교하면 주 방위성분의 강도가 증가함을 알 수 있다.

5. 결론

(1) 비대칭압연을 받은 재료의 표면층의 집합조직은 대칭압연을 받은 재료의 표면층의 집합조직에 비하여 이상적 전단집합조직이 덜 발달하지만 전단집합조직이 중심부까지 침투한다.

(2) 롤회전속도비가 1.5에서 2.6일 경우, 표면층의 결정립도가 대칭압연의 경우보다 감소하며 고각입계의 분율이 증가한다.

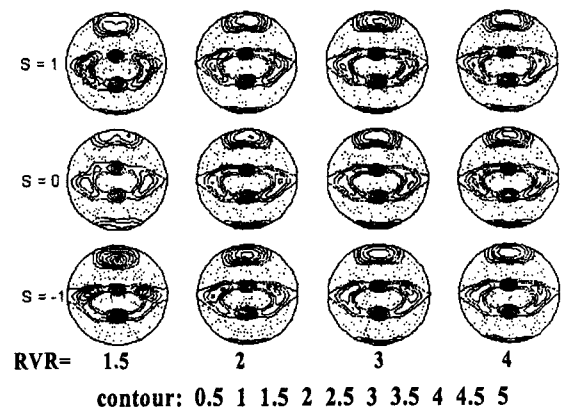


Fig. 1 Calculated (111) pole figures of upper surface (S=1), center (S=0), and lower surface (S=-1) of asymmetrically rolled Al sheets. Roll radius = 30 cm, initial sheet thickness = 2 mm, friction coefficient = 0.3. RVR stands for roll angular velocity ratio

(3) 비대칭압연판을 어닐링한후 집합조직의 주성분이 더욱 강하여진다.

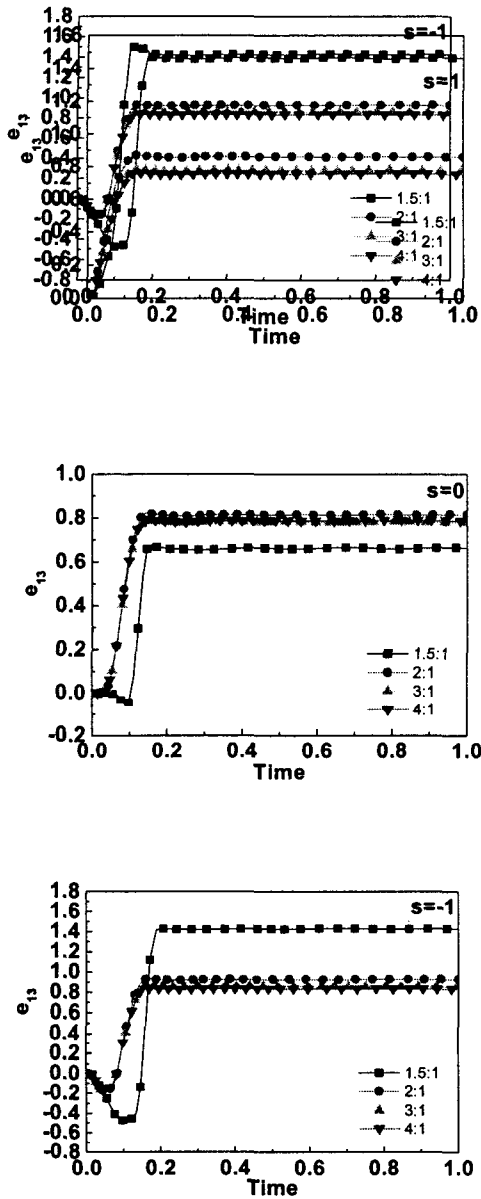


Fig. 2 Shear strain distributions in 2 mm thick Al sheets during asymmetric rolling at various roll rotation-velocity ratios.

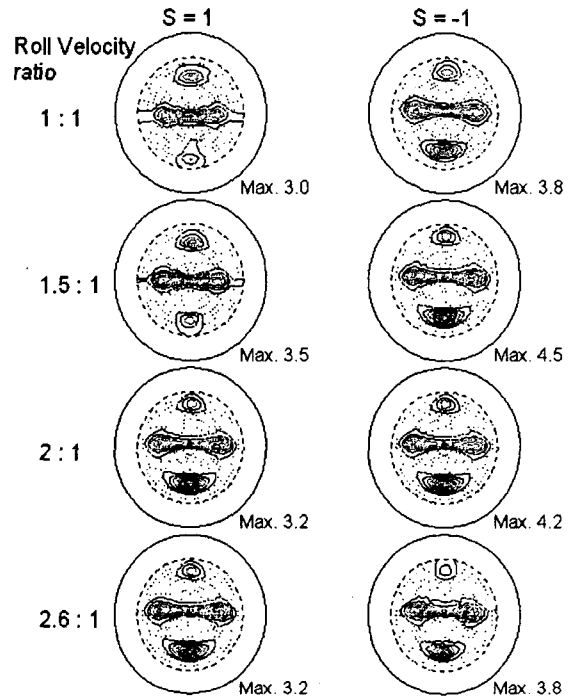


Fig. 3 Measured (111) pole figures of AA1050 Al sheets asymmetrically rolled by 50% under no lubrication.

후기

이 연구는 서울대학교 집합조직 제어 연구실 (과기부 국가 지정 연구실)의 연구비 지원으로 이루어졌다.

참고 문헌

- (1) Choi C.-H., Kim K.-H., Lee D.N., 1998, "The effect of shear texture development on the formability of rolled aluminum alloy sheets", Mater. Sci. Forum, Vol. 273-275, pp. 392-396.

- (2) Kim K.-H., Lee D.N., 2001, "Analysis of deformation textures of asymmetrically rolled aluminum sheets", *Acta mater.*, Vol. 49, pp. 2583-2595.
- (3) Kim S.-H., Ryu J.-H., Kim K.-H., Lee D.N., 2002, "The evolution of shear deformation texture and grain refinement in asymmetrically rolled aluminum sheets", *Mater. Sci. Res. Int.*, Vol. 8, pp. 20-25.
- (4) Lee J.K., Lee D.N., 2002, "The shear texture development and grain refinement in asymmetrically rolled aluminum alloy sheets by varied reduction per pass", *Mater. Sci. Forum*, Vol. 408-412, pp. 1419-1424.

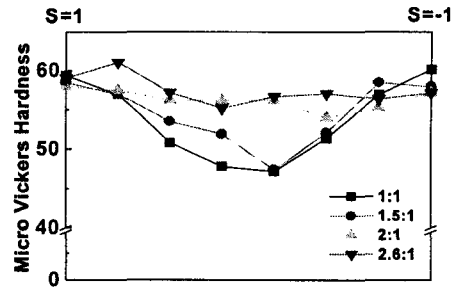


Fig. 5 Hardness distributions through thickness of AA1050 Al sheets rolled symmetrically at various roll rotation velocity ratios.

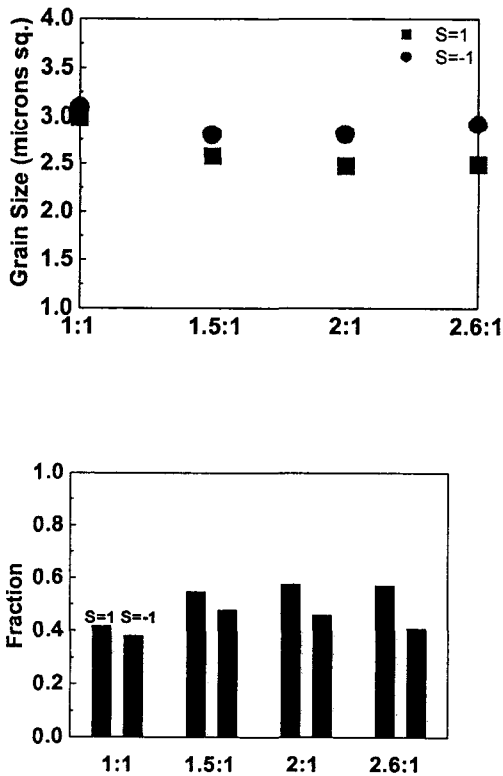


Fig. 4 (upper) Average grain size and (lower) fraction of high angle grain-boundaries (disorientation angle $> 15^\circ$) asymmetrically rolled AA1050 Al sheet after annealing at 195°C for 1 h as a function of rotation velocity ratio.

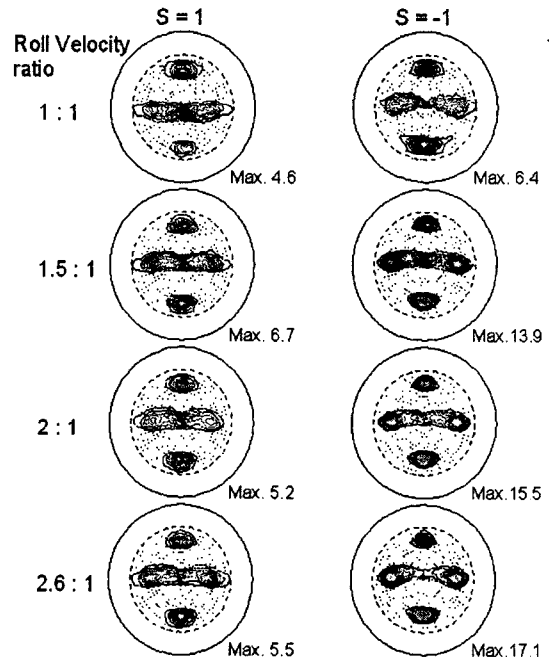


Fig. 6 (111) pole figures of asymmetrically rolled Al sheets after annealing at 400°C for 1 h.