

알루미늄 합금판재의 집합조직 제어

김근환, 강형구, 최창희*, 이동녕

서울대학교 공과대학 재료공학부 및 신소재 공동연구소

* Institute für Metallkunde und Metallphysik, RWTH Aachen, Germany

Texture Control in Aluminum Alloy Sheets

Keun-Hwan Kim, Hyung-Gu Kang, Chang-Hee Choi, Dong Nyung Lee

ABSTRACT

Aluminum alloy sheets are considered as one of the high potential substitutes for steel sheets considering weight reduction of automobiles. However, aluminum alloy sheets have drawbacks in higher prices and inferior formability compared to steel sheets. In order to achieve good deep drawability, it is imperative to obtain well developed {111} texture which gives rise to higher plastic strain ratio. It is difficult to obtain this texture from conventional rolling and annealing processes. Therefore, an unconventional rolling process which enhances shear deformation has been experimentally studied to obtain the well developed {111} texture, which in turn gives rise to a substantial increase in plastic strain ratio.

Key Words : Aluminum alloy, Shear texture, Asymmetric rolling, Plastic strain ratio

1. 서 론

금속판재의 성형성이 판재의 우선결정방위에 강하게 의존함은 잘 알려진 사실이다. 특히 디이프드로잉강의 경우는 압연과 재결정공정등을 통하여 결정립의 {111}면이 판재의 압연면과 평행하도록 집합조직을 조절하여 높은 성형성을 얻는다[1]. 이러한 효과는 면심입방정 금속에서도 마찬가지로, 알루미늄의 합금의 경우 지금까지의 압연공정과 같은 평면변

형에 의해서는 {111}면이 발달하기가 어려울 뿐만아니라 재결정과정에서 생기는 입방정집합조직은 성형성이 매우 좋지 못하다. 그러나 판재의 표면에는 중심층과 달리 전단변형에 의해 {111}면이 얻어지며 이를 전단집합조직이라고 한다[2,3]. 본 연구에서는 비대칭 압연을 통하여 판재의 두께방향에 따라 고른 전단집합조직을 얻었으며 이는 유한요소해석의 결과와 일치하였다. 열처리 후 극점도와 소성변형비를 측정하였고 이로부터 성형성을 증

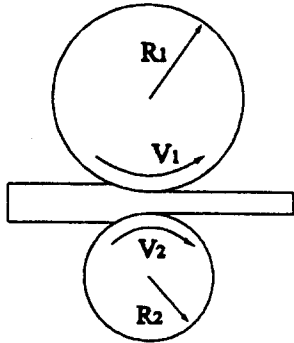


Fig. 1 Schematic diagram of asymmetric rolling process ($R_1:R_2=v_1:v_2$).

가시키는 최적조건을 구하고자하였다.

2. 실험 방법

본 연구에는 현재 생산되고 있는 알루미늄 합금 AA1100, AA3005, AA5052 그리고 AA6061을 사용하였다. 지름 198mm의 상부롤, 지름 126mm의 하부롤을 이용한 비대칭 압연의 구체적인 도식도를 그림 1에 나타내었다. AA1100와 AA3005는 각각 200℃, 300℃에서, AA5052와

AA6061은 450℃에서 3-4회동안 총 압하율 75%까지 열간압연을 수행하였다. 압연한 AA1100, AA3005, AA5052 그리고 AA6061은 각각 250℃에서 9시간, 300℃에서 24시간, 275℃에서 1시간, 320℃에서 1시간동안 항온 열처리를 하였다. Schulz 반사법을 이용하여 (111)극점도를 측정하였으며 일축인장시험을 통하여 판재의 압연방향으로부터 0°, 45°, 90° 방향에 대하여 소성변형비를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유한요소해석 결과

AA1100의 비대칭압연에 대한 유한요소 해석을 수행하였다. 초기두께 2mm의 판재를 1mm로 50% 단면감소율로 압연하였으며 접촉면의 마찰계수는 열간압연을 고려하여 0.4로 하였다. 변형된 요소망과 표면, 중심층에서 계산된 (111)극점도를 그림 2에 나타내었다. 변형된 요소망을 보면 대칭압연을 하였을때 중심부에 나타

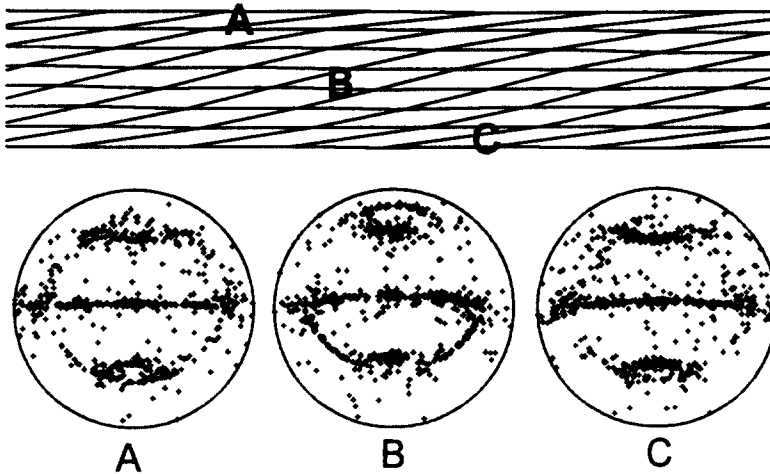


Fig. 2 Deformed mesh of asymmetrically rolled specimen and (111) pole figures calculated at elements A, B and C, respectively.

나는 평면변형된 영역이 없으며, 두께방향 전체에 걸쳐서 고르게 전단변형을 받았음을 알 수 있다.

3.2 비대칭 압연 집합조직

AA5052를 압하율 75%까지 비대칭 압연한 후에 상부틀과 접촉한 면, 판재의 중심층과 하부틀과 접촉한 면에서 측정된 (111)극점도를 그림 3(a)에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 판재의 표면과 중심층의 집합조직이 매우 유사하다. 두께 전체에 걸쳐서 알루미늄의 전단변형집합조직인 $\{111\}\langle 011\rangle$, $\{001\}\langle 011\rangle$ 에 가까운 성분들이 강하게 나타났으나 사방정 대칭이 맞지 않은 형태를 보였다.

열처리한 후 AA5052에서 측정된 (111)극점도를 그림 3(b)에 나타내었다. 재결정이 일어나지 않았음을 알 수 있으며, 이를 통해 비대칭압연집합조직을 유지하면서 연신율의 회복을 도모할 수 있었다. 각 합금판재의 열처리 온도는 각 합금계

에서의 재결정온도보다 낮은 온도범위로써, 전단집합조직 자체를 변화시키지 않는 즉 회복집합조직을 얻거나 연속재결정에 의한 집합조직을 얻을 수 있도록 열처리 조건을 설정하였다.

3.3 소성변형비

비대칭압연과 대칭압연을 거쳐 열처리한 후 일축인장시험을 통해 측정된 AA1100, AA3005, AA5052와 AA6061의 소성변형비를 그림 4에 나타내었다. AA1100를 제외한 합금판재의 경우는 모두 45°에서 2.02를 넘는 대단히 높은 소성변형비를 나타내었다. 평균소성변형비 (\bar{R}) 또한 대칭압연한 경우는 모두 1.0이하의 낮은 값을 보이나, 비대칭한 판재들은 1.04에서 1.54까지로 1.5~2배 향상된 값을 얻을 수 있었다. 그러나 비대칭한 AA3005, AA5052와 AA6061의 경우는 0°, 90°에서 대칭압연한 판재에 비하여 비슷하거나 낮은 값을 갖는 심한 이방성을 나

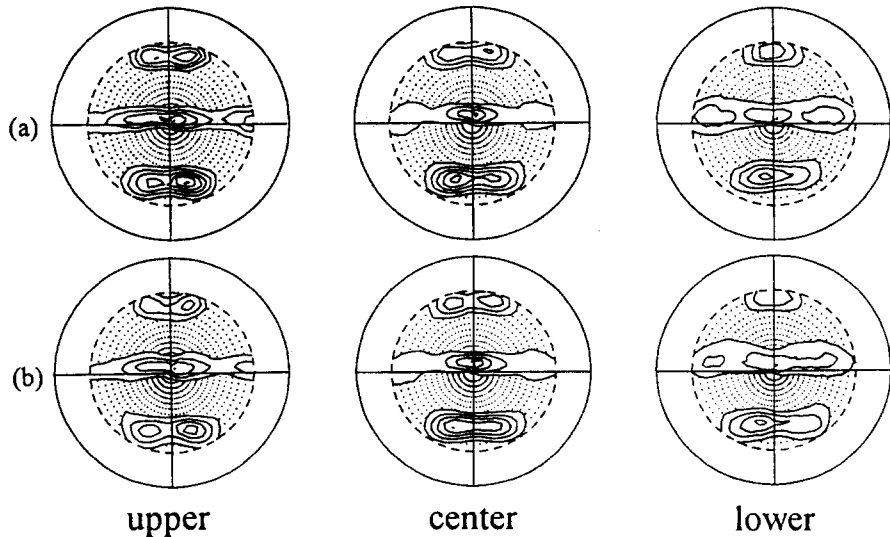


Fig. 3 (111) pole figures of upper surface, center and lower surface layers of (a)asymmetrically 75pct rolled and (b)annealed AA5052 sheet.

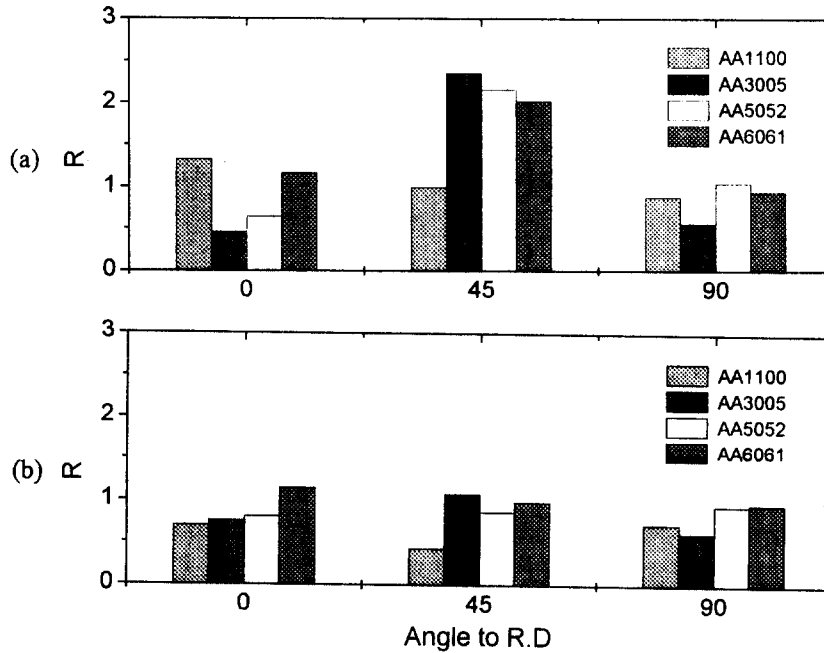


Fig. 4 Measured plastic strain ratios for AA1100, AA3005, AA5052 and AA6061 sheets made by (a)asymmetric and (b)symmetric rolling at 0°, 45° and 90° to rolling direction.

타내었다.

4. 결 론

1. 등방성 탄소성 유한요소해석과 Taylor-Bishop-Hill의 완전구속모델과의 연계해석을 통하여 비대칭 압연에 대한 해석을 수행하여 두께방향에 따른 고른 집합조직을 예측할 수 있었으며 이는 실험결과와 잘 일치하였다.
2. AA1100, AA3005, AA5052와 AA6061 판재를 비대칭 압연한 결과 두께방향에 걸쳐 고른 전단변형을 가할 수 있었으며 중심층에서도 표면에서와 동일한 높은 강도의 (111)면을 가진 전단변형집합조직을 얻었다.
3. 비대칭압연을 통하여 알루미늄 합금

판재 평균 소성비(\bar{R})를 평면변형에 의해 제조된 판재의 경우와 비교해서 1.5~2배 향상시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] S. Mishra, C. Darman, 1982, Int. Met. Rev., Vol. 27, No. 6, pp.307-320
- [2] W. Truszkowski, J. Krol, B. Major, 1980, Metall. Trans., Vol. 11A, pp.749-758
- [3] T. Kamijo, H. Fukutomi, 1995, 'Microstructural and Crystallographic Aspects of Recrystallization', 16th Riso International Symposium of Material Science, pp. 377-382