

CCSS 가공한 AA3103 판재에서 온간 압연 소성 거동

이재필* · 강형구* · 허무영* · 박종우**, 정영훈**

Deformation Behavior during Warm Rolling in AA3103 Sheet deformed by CCSS

J. P. Lee, H. K. Kang, M. Y. Huh, J. W. Park, Y. H. Chung

Abstract

In order to obtain the initial starting sample having a random texture and fine grains, aluminum alloy 3103 sheets were repeatedly deformed by CCSS up to six passages and subsequently annealed at 300°C for 1 h. These samples were cold rolled at room temperature and also warm rolled at 250°C. Changes in rolling temperature gave rise to the different texture evolution. Warm rolling led to the pronounced texture gradients comprising the shear texture at the surface and the rolling texture at the sheet center. The formation of the rolling texture components, i.e., the β -fiber, was promoted by cold rolling than warm rolling.

Key Words : Continuous Confined Strip Shearing (CCSS), Warm Rolling, β -fiber, Shear Texture

1. 서론

Continuous confined strip shearing (CCSS)는 강소성 가공의 일종으로 연속 가공에 의하여 1 μm 이하의 미세한 결정립을 가지며, 무질서한 집합 조직을 가지는 판재를 만들 수 있는 장점을 갖는다.^[1] 기존의 연구들에서 결정립의 크기가 submicron 이하이며, 고경각의 결정립계 (high angle grain boundary) 를 가질 때에는 고온 인장 시에 초소성이 일어난다는 보고가 있었으며^[2], 또한 이러한 재료를 냉간 압연 후에도 초소성이 그대로 유지된다는 연구 결과 또한 보고 되고 있다.^[3] 이러한 초소성은 결정립계의 sliding 에 의해서 발생하거나, 전위의 glide 나 climb 에 의해서 발생된다.^[2]

이러한 초소성을 실제 공정에 적용하기 위해서

는 압연 공정에서의 초소성이 일어나는지에 대한 연구가 필요하고, 또한 결정립의 크기가 submicron 보다 좀 더 클 경우에는 과연 어떠한 소성 거동을 나타내는지에 대한 연구 또한 필요하다고 본다.

본 실험에서는 AA3103 판재를 CCSS 를 통하여 6 회 반복 가공 후 300°C에서 1 시간 동안 열처리를 하여, submicron 보다 좀 더 큰 2~3 μm 의 등축정의 결정립을 가지며, 무질서한 집합조직을 가지는 판재를 제조하였다. 이러한 무질서한 집합조직을 갖고 또한 매우 미세한 결정립을 갖는 알루미늄에서 냉간 및 온간 압연 시 어떠한 소성 거동으로 변형이 일어나는지를 집합조직의 변화를 연구하여 알아보았다.

* 고려대학교 재료공학부

** 한국과학기술연구원 재료기술부

2. 실험 방법

두께 4 mm의 AA 3103 (Al-1.5%Mn) 핫벤드를 윤활압연으로 1.9mm의 두께를 가진 판재로 제조한 후에, 폭 30mm /길이 400mm /두께 1.9mm 소재를 CCSS 처리할 초기 시편으로 준비하였다.

이 시편을 선속도 0.2m/sec로 CCSS 공정을 통하여 shear deformation을 가하였고, 6 pass까지 반복 전단변형을 가하였다. 그리고, 300℃에서 1시간 동안 열처리를 하여, 등축정의 2~3 μ m의 결정립 크기를 가지는 판재를 만들었다.

CCSS와 어닐링처리를 거친 시편을 롤 반경이 75mm인 롤을 이용하여, 롤 속도 0.365rad/sec로 저속 온간 및 냉간 압연을 실시 하였다. 온간 압연 시에는 시편과 롤의 초기 온도를 모두 250℃로 하였으며, 온간 및 냉간 압연 모두 1.9mm에서 0.7mm로 총 63% 압하 하였고, 매회 21% 압하량으로 3회 압연을 실시하였으며, 1회에 0.4mm씩 두께 감소를 주었다.

또한, 일반 냉간 압연 한 판재의 저속 압연에 의한 소성 거동과 비교하기 위하여, 두께 4mm의 AA 3103 (Al-1.5%Mn) 핫벤드를 반경 윤활 압연하여 1.9mm의 두께를 가진 판재를 만든 후, 같은 조건에서 압연을 실시 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 집합조직의 발달 양상

냉간 압연한 초기 집합조직은 {112}<111> Cu-방위, {123}<634> S-방위, {110}<112> Bs-방위가 발달한 β -섬유가 발달하였다. 한 패스의 CCSS 에 의하여 압연집합조직은 사라지고, 대신 {001}<110> 등의 전단방위가 형성됨을 알 수 있었다. CCSS 공정에 의하여 반복적인 전단변형이 가해짐에 따라, 압연면 (ND) 방향으로 {111} 집합조직이 형성됨을 관찰할 수 있었다. 그러나, CCSS 반복전단변형수가 증가하여도 변형집합조직은 발달하지 않았고, 최대 {111} 극강도는 2.0 정도로 증가하지 않았다

Fig.1 은 CCSS 6 회를 한 판재를 300℃에서 1시간 열처리 후의 {111} 극점도인데, CCSS 가공에 의해 전체 두께 층에서 집합조직이 거의 무질서해졌음을 알 수 있다.

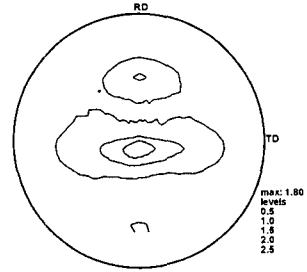
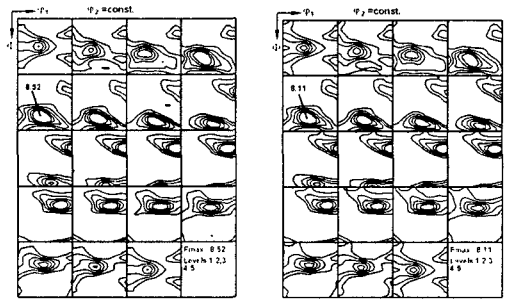


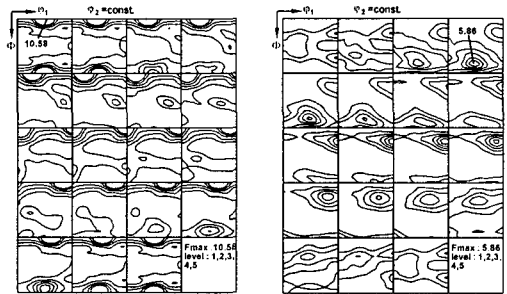
Fig. 1 Starting texture for warm and cold rolling (after CCSS and subsequent annealing)



(a) surface

(b) center

Fig. 2 Texture after cold rolling.



(a) surface

(b) center

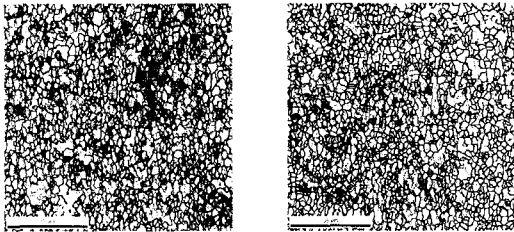
Fig. 3 Texture after warm rolling.

Fig.2 은 최기시편을 냉간압연 후의 집합조직으로 표면 층과 중앙 층에서 모두 압연집합조직이 높게 발달하였음을 보여준다. 이에 반하여 Fig. 3 은 온간압연집합조직을 보여주는데, 표면에는 {001}<110>의 rotate cube 방위와 {111}/ND 방위가 보여져 심한 전단변형이 일어났음을 보여주고 있다. 그러나 중앙 층에서는 압연집합조직이 발달하였는데, 놀라움게도 BS-방위 즉 {011}<211>dl 매우 약하게 얻어지고 있음을 주목할 만하다.

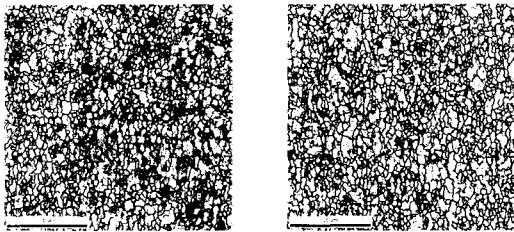
3.2. 미세조직의 발달 양상

Fig. 4(a)는 CCSS 를 6 pass 후 300℃에서 1 시간 열처리한 초기시편의 EBSD OIM Map 이다. CCSS 와 어닐링에 의하여 결정립의 크기가 약 2~3 μm 인 결정립이 형성되었으며, 결정립계가 대부분 고경각으로 형성되었음을 알 수 있다.

Fig. 4(b), (c), (d)는 각각 냉간 및 온간 압연 후 미세조직을 보여주는데, 약 3~3.5 μm 의 결정립 크기가 그대로 유지됨이 보였고, 평균 입계각의 크기 24.6°, 고각 입계 (15°이상) 도 약 60 % 이상으로 그대로 유지되었다. OIM 에 의하면, Fig.4 의 (c)는 온간압연재의 $s=0.9$ 층으로 전단 집합 조직이 표면부에 형성되었으며, 중앙부에는 압연집합 조직이 형성되었음을 확인할 수 있었다.



(a) CCSS 6 pass+300℃, 1 h annealing, $s=0$ (b) after cold rolling, $s=0$



(c) after warm rolling, $s=0.9$ (d) after warm rolling, $s=0$

Fig4. EBSD results showing inverse pole figure maps.

4. 결론

- (1) CCSS 가공과 어닐링에 의하여 무질서한 집합 조직을 가지는 결정립의 크기 2~3 μm 이며, 결정립계가 대부분 고경각계인 초기시료를 제조할 수 있었다.
- (2) 저온 냉간 압연 후에는 모든 두께 층에서 압연집합조직이 높게 발달하였다.
- (3) 저속 온간 압연 후 표면 층에는 전단집합조직이, 중앙 층에는 압연집합조직이 발달하였으나, 이 집합조직에는 Bs-방위가 매우 약했다.

후기

본 연구는 과학기술부 21C 프론티어연구 개발사업인 나노소재기술사업단의 (M102KO010002-04 K1501-00212) 지원을 받았습니다.

참고 문헌

- (1) M.Y. Huh; J.P. Lee; J.C. Lee, Materials Science and Technology, 1 July 2004, vol. 20, iss. 7, pp. 819-824(6).
- (2) S. Lee, M. Furukawa, Z. Horita, T. G. Langdon, Material science and engineering, A342 (2003), pp.294-301.
- (3) Hiroki Akamatsu, Takayoshi Fujinami, Zenji Horita and Terence G. Langdon, Scripta Materialia, Volume 44, Issue 5, 26 March 2001, Pages 759-764.