

CCSS 가공에 의한 AA 3103 판재의 집합조직 변화와 결정립 미세화에 관한 연구

이재필* · 이재철** · 허무영**

Texture and Microstructure in AA 3103 Sheets Deformed by Continuous Confined Strip Shearing Process

J.P. Lee, J. C. Lee and Y. M. Huh

Abstract

Strip samples of AA 3103 were deformed by Continuous confined strip shearing (CCSS). The CCSS process was designed to provide a repeated shear deformation in metallic sheet materials. CCSS led to the formation of characteristic shear textures comprising a pronounced $\{111\}$ orientations. The intensity of the deformation texture hardly increased with increasing number of CCSS passes. EBSD equipped in a FESEM with a high beam current revealed the formation of fine grains even after annealing for the recrystallization.

Key Words : CCSS (Continuous confined strip shearing deformation), Repeated shear deformation, Texture, Microstructure, Ultra-fine grains.

1. 서 론

Continuous confined strip shearing (CCSS) 공정은 equal angular channel rolling (ECAR) 라고도 불리는데, 이 공정은 강소성법의 일종으로 금형에 금속판재를 압연롤을 이용하여 집어넣어 금형 속에서 전단변형이 일어나게 하는 공정이다.⁽¹⁻²⁾ 이 공정은 롤을 이용하기 때문에 반복적으로 여러 패스를 할 수 있고, 변형속도가 매우 큰 장점을 갖고 있다. 또한 재료의 치수를 변화시키지 않고 재료에 큰 전단변형을 가할 수 있기 때문에 이 공정과 적절한 열처리 과정을 통하여, 1 μ m 이하의 미세한 결정립을 얻을 수 있어, 고강도를 유지하면서 우수한 성형성을 갖는 소재를 생산할 수 있

어, CCSS 공정은 많은 장점을 갖고 있다.⁽³⁻⁴⁾

본 실험에서는 Al 3103 소재를 이용하여, CCSS 공정 시 패스수의 증가에 따른 집합조직과 미세조직의 변화 과정을 알아보았다. 동시에 추후의 어닐링 처리에 따른 집합조직과 미세조직의 변화도 추적하였다.

2. 실험 방법

두께 4 mm의 Al 3103 (Al-1.5%Mn) 핫벤드를 반경 윤활압연으로 1.8mm의 두께를 가진 판재를 만든 후에, 폭 30mm / 길이 400mm / 두께 1.8mm 소재를 초기 시편으로 준비하였다.

이 시편을 선속도 0.2m/sec 로 그림 1의 CCSS 공정을 통하여 shear deformation 을 가하였고, 24 pa

* 고려대학교 재료공학부

** 고려대학교 재료공학부

-ss 까지 반복 전단변형을 가하였다. 또한 6 pass 와 12 pass 시편을 250°C 에서 어닐링 열처리를 하였다. 각종 공정에 따른 집합조직과 미세조직의 변화를 XRD, TEM, EBSD 를 통하여 연구 하였다.

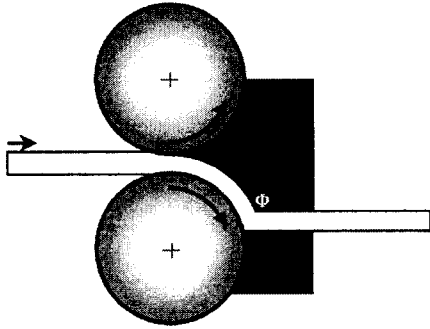


Fig. 1 Schematic diagram of CCSS process.

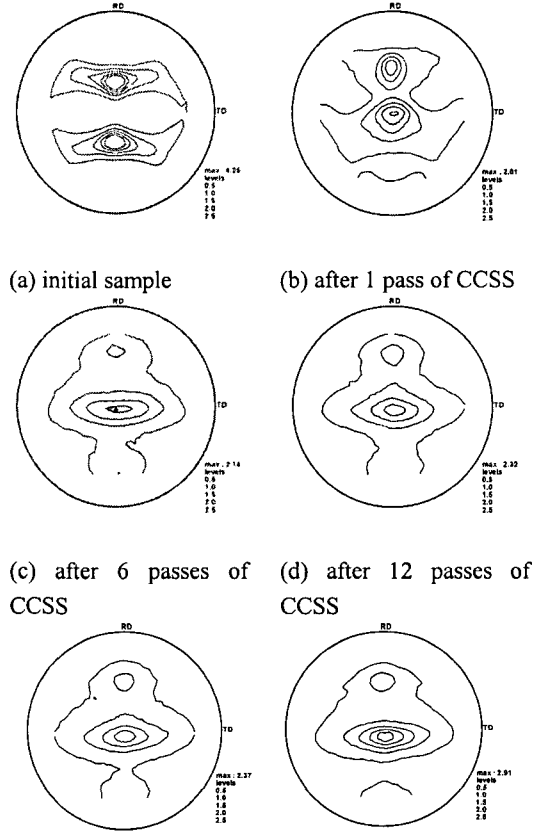
3. 결과 및 고찰

3.1 집합조직의 변화

CCSS 전에 냉간압연에 의하여 얻어진 시료의 집합조직이 그림 2(a)에서 보여진다. 이 집합조직은 냉간압연한 알루미늄에서 얻어지는 전형적인 집합조직으로, $\{112\}\langle 111 \rangle$ Cu-방위, $\{123\}\langle 634 \rangle$ S-방위, $\{110\}\langle 112 \rangle$ Bs-방위가 발달한 β -섬유가 발달하였다. 그림 2(b)는 그림 2(a) 시료를 1 패스의 CCSS 변형 후의 집합조직의 변화를 보여준다. 한 패스의 CCSS 에 의하여 압연집합조직은 사라지고, 대신 $\{001\}\langle 110 \rangle$ 등의 전단방위가 형성됨을 알 수 있다. CCSS 공정에 의하여 반복적인 전단변형이 가해짐에 따라, 압연면 (ND) 방향으로 $\{111\}$ 집합조직이 형성됨을 관찰할 수 있었다. 그러나 놀라움게도 CCSS 반복전단변형 수가 증가하여도 변형집합조직은 발달하지 않았고, 최대 $\{111\}$ 극강도는 2.0 정도로 증가하지 않았다.

그림 2(e), (f)는 12 패스의 CCSS 반복전단변형을 거친 시편을 각각 250°C 와 250°C 와 어닐링 열처리 후의 집합조직을 측정된 것이다. 놀라움게도 어닐링 열처리를 하여도 집합조직에는 큰 변화가 일어나지 않았다. 일반적으로 냉간압연 한 시료에서는 재결정 어닐링 시에 핵 생성과 성장에 의하여 새로운 재결정립이 형성되며, 이에 따라 집합조직의 큰 변화가 일어난다. 예를 들면 알루미늄에서 압연집합조직에 β -섬유가 발달하면, 재결정 집합조직에는

$\{001\}\langle 100 \rangle$ 의 cube-방위가 높게 발달하며, 이에 따라 조대한 재결정립이 생성된다. 이에 반하여 CCSS 가공된 시료에서 재결정에 의하여 집합조직의 변화가 일어나지 않는 것은 주목할 만하다.

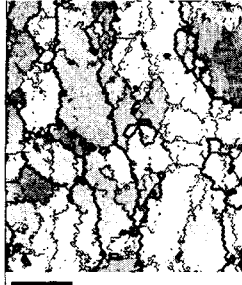


(e) after annealing at 250°C, 12 passes sample (f) after annealing at 300°C, 12 passes sample

Fig. 2 $\{111\}$ pole figures showing textures after CCSS deformation and subsequent annealing.

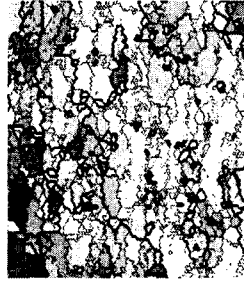
그림 3 은 CCSS 공정과 추후 어닐 후의 미세조직을 EBSD 로 관찰한 결과를 보여준다. CCSS 공정을 통하여 반복 전단 변형의 회수가 증가할수록 즉 CCSS 패스수가 증가하면, 결정립의 크기는 감소하여 8 패스 후에는 0.74 μm 의 미세한 결정립이 얻어졌다. 또한 결정립계에서 측정되는 평균 misorientation 각도는 CCSS 의 패스수가 증가할수록 커졌으며, 8 패스 후에 평균 32.30 °였으며, 5-15° boundary 는 패스 수 증가에 따라 감소하고, 15-180° boundary 는 증가함을

EBSD 관찰 결과 확인 할 수 있었다. 그리고, 패스 수가 증가함에 따라 결정립들이 작아짐을 알 수 있어, CCSS 공정을 통한 결정립 미세화의 전개 과정을 관찰 할 수 있었다.



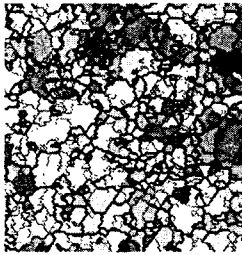
4.00 μm = 20steps

(a) after 1 pass of CCSS



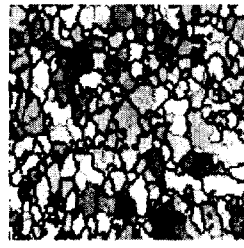
4.00 μm = 20steps

(b) after 4 passes of CCSS



4.00 μm = 20steps

(c) after 8 passes of CCSS



4.50 μm = 30steps

(d) after annealing at 300 °C, 12 passes sample

Fig. 3 EBSD observations of microstructure after CCSS and subsequent annealing

CCSS 공정 후에 관찰한 미세조직에서는 두 가지 형태의 결정립계를 구분할 수 있었다. 즉 고경계각 (15° 이상의 misorientation 을 갖는)과 저경계각 (15° 이하의 misorientation 을 갖는) 결정립들로 구분되었다. 그런데 어닐링 열처리 후에 6 패스 CCSS 한 시료에서 평균 결정립의 크기는 1.48 μm, 평균 misorientation angle 이 28.89°였으며, 58%가 15-180°의

boundary 였다. 또한 12 패스 CCSS 한 시료에서 열처리 후 평균결정립의 크기가 1.25 μm, 평균 misorientation angle 이 33.43°였으며, 67%가 15-180°의 boundary 였다. 그리고, 열처리후 결정립의 입계가 뚜렷하게 평형 형태가 얻어졌다 (그림 3(d)).

4. 결 론

본 연구에서는 Al 3103 소재를 이용하여, CCSS 공정 시 패스수의 증가에 따른 집합조직과 미세조직의 변화 및 추후 어닐링 처리에 따른 집합조직과 미세조직의 변화도 추적하였다. 압연집합조직은 CCSS 변형에 의하여 은 사라지고, 대신 전단방위가 형성되며, 많은 수의 CCSS {111} 집합조직을 형성시키나, CCSS 반복전단변형 수가 증가하여도 변형집합조직은 발달하지 않았다. CCSS 반복 전단 변형의 회수가 증가할수록 결정립의 크기는 감소하고 결정립계의 평균 misorientation 각도는 증가하였다. CCSS 후 열처리는 고경각계의 증가를 가져왔다.

후 기

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

참 고 문 헌

1. J.C. Lee, H.K. Seok, J.H. Han and Y.H. Chung: Mater. Res. Bull. Vol. 36 (2001), p. 997
2. Y.H. Chung, H.D. Kim, H.T. Jeong, O. Engler and M.Y. Huh: Mater. Sci. Forum, Vols. 396-402 (2002), p. 447
3. J.H. Han, H.K. Seok, Y.H. Chung, M.C. Shin and J.C. Lee: Mater. Sci. Eng. Vol. A323 (2002), p. 342
4. Y.H. Chung, J.P. Ahn, H.D. Kim, B.B. Hwang, O. Engler and M.Y. Huh: Mater. Sci. Forum, Vols. 408-412 (2002), p. 1495