

CCSS 변형된 AA 3004 판재의 집합조직과 미세조직

김훈동* · 정영훈** · 황병복*** · 최호준*** · 허무영*

Texture and Microstructure in AA3004 after Continuous Confined Strip Shearing

H. D. Kim, Y. H. Chung, B. B. Hwang, H. J. Choi and M. Y. Huh

Abstract

A new deformation process termed "continuous confined strip shearing" (CCSS) has been developed for shear deformation of metallic sheets. The tools of CCSS were designed to provide a constant shear deformation of the order of 0.5 per pass while preserving the original sheet shape. In order to clarify the evolution of texture and microstructure during CCSS, strips of the aluminum alloy AA3004 were deformed by CCSS in up to three passes. FEM results indicated that CCSS provides a quite uniform shear deformation at thickness layers close to the strip center, although the deformation is not homogeneous in the die channel, in particular at the surface layers. The rolling texture of the initial sheet decreased during CCSS, and preferred orientations along two fibers developed. However, with an increasing number of CCSS passes the deformation texture did not develop further. The evolution of annealing textures depended on the number of CCSS passes. A strong $\{112\}<110>$ component in the deformation texture led to the formation of a strong $\{111\}<112>$ orientation in the annealing texture. Observations by TEM and EBSD revealed the formation of very fine grains of $\sim 1.0 \mu\text{m}$ after CCSS.

Key Words : Continuous Confined Strip Shearing (CCSS), ECAP, Shear Texture, Recrystallization Texture, AA 3004

1. 서론

구조재의 경량화를 위한 소재로 철강재를 강도가 높은 알루미늄 합금으로 대체하고자 하는 시도와 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 결정립의 재료가 $1\mu\text{m}$ 내외의 초미세립 재료는 조대한 일반 재료와 다른 기계적 물리적 특성을 나타낸다. 결정립의 크기가 미세할수록 강도¹⁾, 파괴인성, 초소성^{3, 4)} 등의 기계적 특성이 향상되고 또

한 탄성⁵⁾, 자기특성 등과 같은 물리적 특성에도 변화를 일으킨다. CCSS 가공은 기존의 단속적인 ECAP 가공을 연속적으로 수행 할 수 있는 가공공정이다. 본 연구에서는 3000계 알루미늄 판재를 CCSS 가공하였을 때 집합조직 및 미세조직의 변화를 실험하였다.

2. 실험 방법

* 고려대학교 공과대학 신소재공학과
** 한국과학기술연구원 재료연구부
*** 인하대학교 공과대학 기계공학과

Table 1 Chemical composition of the AA 3004 (wt.%)

Element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ti	V	Al
Composition	0.14	0.43	0.13	1.05	0.97	0.01	0.02	0.01	bal.

본 연구에서는 알칸대한(주)에서 제조한 알루미늄3004 합금을 사용하였으며 화학조성은 table 1과 같다. 두께 6.27mm의 열연판재를 직경 127mm의 실험실용 압연기에서 두께 1mm로 압연하여 변형집합조직을 형성한 후, 260℃와 300℃에서 중간열처리하여 각기 다른 초기 집합조직을 만들었다. 이 후 각 시편을 CCSS 가공을 3 passes까지 실시하였다. 실험에 사용된 CCSS 가공장치의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 다양한 변형집합조직을 갖게 제조된 시료는 환원성 분위기인 수소분위기에서 300℃에서 1시간 재결정 어닐링하였다.

집합조직은 자동화된 X-선 고니오메타에서 {111}, {200}, {220} 극점도를 측정한 후 Bunge의 방법에 의하여 방위분포 함수를 계산하였다.

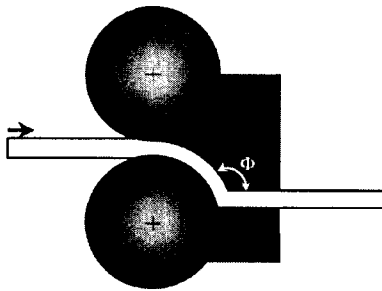


Fig. 1 Schematic diagram of the CCSS process

3. 실험 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 열연판재 중앙층($s=0$)과 표면층($s=1$)의 집합조직을 Fig. 2에 나타내었다. 열연판재의 집합조직은 시편의 두께층에 따라 매우 불균질 하였으며 중앙층에서는 β -fiber가 강하게 형성되어 있었고, 표면층에서는 매우 무질서한 집합조직이 관찰되었다. Fig. 3은 83% 냉간압연한 시편, 그리고 Fig. 4는 260℃와 300℃에서 1시간 열처리한 시편의 중앙층에서의 집합조직이다. 83% 냉간압연한 시편은 FCC 금속의 전형적인 압연집합조직인 β -fiber가 전 두께층에 걸쳐 형성되었고, 260℃에서 열처리한 시편은 여전히 β -fiber가 유지되었다. 또한 300℃에서 열처리한 시편은 {001}<100>의 Cube-방위가 우선방위로 형성되었다.

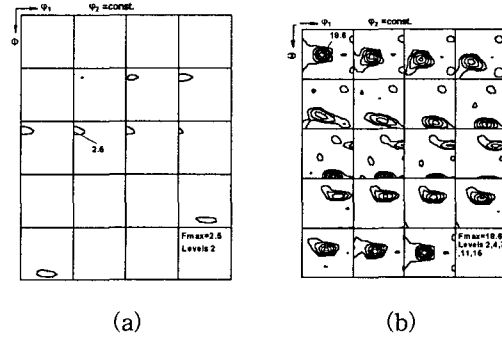


Fig. 2 Textures of the hot band at (a) surface layer, (b) center layer.

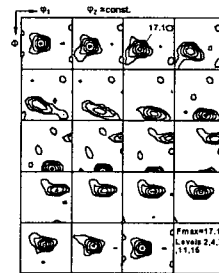


Fig. 3 Texture of the 83% normally cold rolled specimen at center layer.

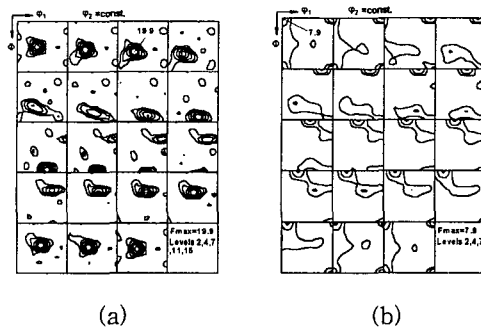


Fig. 4 Textures of the annealed specimen at center layer (a) 260℃, (b) 300℃ for 1H.

Fig. 5는 압연집합조직을 갖는 시편을 3passes CCSS 가공한 후의 집합조직을 나타낸다. CCSS 가공 후 β -fiber는 감소하였고, 우선방위가 (35°, 20°, 0°)와 (145°, 70°, 0°)에서 발달하였다.

Fig. 6은 3passes CCSS 가공 후 300℃에서 1시간 어닐링한 시편의 집합조직이다.

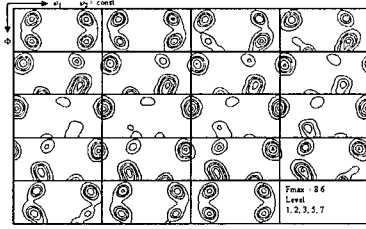


Fig. 5 Texture of the 3passes CCSS deformation specimen at center layer

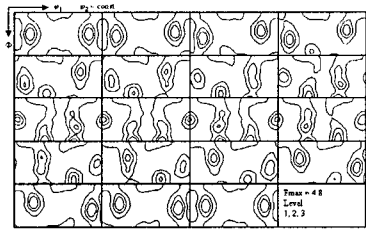


Fig. 6 Texture of the 3passes CCSS deformation and subsequent annealing at 300°C for 1H.

Fig. 7은 3passes CCSS 가공한 시편의 TEM 미세조직이고, Fig. 8은 어닐링한 시편의 미세조직을 나타낸다. CCSS 가공된 시편은 $1\mu\text{m}$ 이하의 전위셀을 구성하고 있고, 300°C 에서 어닐링 한 시편은 평균 $30\mu\text{m}$ 정도의 결정립과 수 μm 의 결정립이 혼재하는 불균일한 결정립 크기를 갖는다.

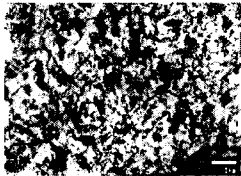


Fig. 7 TEM microstructure after 3passes of CCSS



Fig. 8 TEM of the annealed sample deformed by 3passes of CCSS

4. 결론

AA 3004 합금판재를 CCSS 변형과 어닐링한 시편의 집합조직 및 미세조직의 변화를 연구하였다.

(1) CCSS 변형된 시편은 두 개의 우선방위가 $[011]$ 회전축으로 $\sim 25^\circ$ 회전관계로 연결된다.

(2) CCSS pass 수가 증가하여도 변형집합조직은 더 이상 증가하지 않았다. 이는 매 pass CCSS 변형하는 동안 시편을 회전시켜 변형하였기 때문이다.

(3) 어닐링 집합조직은 $\langle 111 \rangle \langle 110 \rangle$ 방위가 발달하였다.

(4) CCSS 변형된 시편의 미세조직은 $\sim 1.0\mu\text{m}$ 정도의 미세한 결정립이 얻어졌다.

참고 문헌

- (1) Y. Iwahashi, 1997, "An investigation of microstructural evolution during equal-channel angular pressing", *Acta mater.*, Vol. 45, p. 4733.
- (2) D. H. Shin, 2000, "Microstructural changes in equal channel angular pressed low carbon steel by static annealing", *Acta mater.*, Vol. 48, p. 3245.
- (3) Z. Horita, 2000, "Superplastic forming at high strain rates after severe plastic deformation", *Acta mater.*, Vol. 48, p. 3633.
- (4) R. Z. Valiev, 1997, "Observations of high strain rate superplasticity in commercial aluminum alloys with ultrafine grain sizes", *Scripa Mater.*, Vol. 37, p. 1945.
- (5) S. R. Agnew, 1998, "The influence of texture on the elastic properties of ultrafine-grain copper", *Mater. Sci. Eng.*, Vol. A242 p. 174.