

# 알루미늄 판재의 온간압연 집합조직과 미세조직에 미치는 초기 집합조직의 영향

김훈동\* · 허무영\*

## Effect of Initial Texture on the Evolution of Warm Rolling Texture and Microstructure in Aluminum Alloy Sheet

H. D. Kim, and M. Y. Huh

### Abstract

The evolution of textures and microstructure during the warm-rolling and subsequent annealing in aluminum 3004 alloy sheets was investigated by employing X-ray texture measurements and microstructure observations. Whereas the typical  $\beta$ -fiber orientations with the strong Bs-orientation  $\{112\}\langle 110\rangle$  formed in the normally cold-rolled specimen, the warm-rolling at  $250^\circ\text{C}$  led to the development of a strong through thickness texture gradient which was characterized by shear texture at the surface layer and rolling textures at the center layer. After warm rolling, ultra-fine grains formed in the thickness layer with shear texture components. Upon recrystallization annealing, the  $\{001\}\langle 100\rangle$  Cube-texture developed at the expense of normal rolling texture components the rise to the formation of coarse recrystallized grains. However, in the layer with shear texture components the continuous recrystallization took place and the fine grain size persisted even after recrystallization annealing.

**Key Words** : Al 3004, Texture, Warm Rolling, Annealing Texture, Continuous Recrystallization

### 1. 서 론

구조재의 경량화를 위한 소재로 철강재를 강도가 높은 알루미늄 합금으로 대체하고자 하는 시도와 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 대부분의 알루미늄 판재는 강판을 대체할 만큼의 강도와 성형성이 동시에 얻어지지 않는다. 즉 인장시험 시 비록 높은 값을 갖더라도 디프

드로잉이나, 컵핑과 같은 판재 성형 시 대부분 나쁜 성형성이 얻어진다<sup>1~2)</sup>. 어닐링한 저탄소 강판의 집합조직에서는  $\{111\}\langle uvw\rangle$  우선방위가 발달하여 높은 평면방향이방성<sup>3~4)</sup>이 얻어지지만, 어닐링한 알루미늄판재에서는  $\{001\}\langle 100\rangle$  입방체방위가 발달하여 나쁜 판재 성형성이 얻어진다<sup>5~6)</sup>.  $\{001\}\langle 100\rangle$  또는  $\{011\}\langle 100\rangle$  우선방위를 갖는 판재는 대부분 낮은 R-값을 가지며 디

\* 고려대학교 공과대학 재료금속공학부

프드로잉 시 earing의 발생이 크게 얻어진다.

본 연구에서는 3000계 알루미늄 판재에서 온간압연을 응용하여 능동적으로 변형 및 어닐링 집합조직과 미세조직의 변화를 실험하였다.

## 2. 실험 방법

본 연구에서는 알칸대한(주)에서 제조한 알루미늄 3004 합금을 사용하였으며 화학 조성은 table 1과 같다. 두께 6.2mm의 열연판재를 직경 127mm의 실험실용 압연기에서 두께 1.5mm로 즉 변형을 75%까지 압연하여 변형집합조직을 형성하도록 한 후, 260°C와 300°C에서 중간열처리를 하여 각기 다른 초기 집합조직을 만들었다. 이후 두께 0.6mm 즉 총 변형을 92%까지 정상냉간압연과 250°C에서 온간압연하여 다양한 변형집합조직이 형성되게 하였다. 또한 이들 시료와의 비교를 위하여 91%까지 정상냉간압연한 시료도 제조하였다. 다양한 변형집합조직을 갖게 제조된 시료는 환원성 분위기인 수소분위기에서 300°C에서 각각 1시간씩 재결정 어닐링하였다.

집합조직은 자동화된 x-선 고노오메타에서 {111}, {200}, {220} 극점도를 측정된 후 Bunge의 방법에 의하여 방위 분포함수로 계산하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 핫밴드의 두께층에 따른 집합조직을 Fig. 1에 나타내었다. 핫밴드의 집합조직은 광학현미경으로 관찰한 미세조직과 같이 두께층에 따라 매우 불균일함을 알 수 있는데 중앙층의 경우  $\beta$ -fiber가 강하게 발달하여 특히 Bs-방위가 방위밀도  $f(g)=18.6$ 으로 높게 나타났다. 또한 중앙과 표면의 중간층( $s = 0.5$ )에서는  $(\varphi_1, \varphi_2) = (45^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$ 인  $\{001\}\langle 110 \rangle$ 에서  $f(g)=23.4$ 로 매우 높게 나타났으며 시편의 표면층에서는 매우 무질서한 집합조직이 관찰되었다. Fig. 2는 75%까지 냉간압연한 시편의 표면층의 집합조직과 300°C에서 열처리를 마친 시편의 집합조직이다. Fig. 2의 압연집합조직을 보면 전형적인 fcc급속의 압연집합조직이 나타나고, 열처리 시편의 집합조직에서는 전 두께층에 걸쳐  $\{001\}\langle 100 \rangle$ 의 cube-방위가 우선방위로 발달하였음을 알 수 있다. Fig. 3은 각기 다른 초기집합조직 즉, hard- $\beta$ , soft- $\beta$ , cube-방위로부터 냉간 및 온간압연 하였을 때의 시편 중간층에서 변형집합조직이다. 초기집합조직 hard- $\beta$ 는 냉간 및 온간압연 시 시편의 표면층에서, soft- $\beta$ 를 갖는

재료의 온간압연은 시편의 표면층과 중간층에서 전단방위로 알려진  $\{001\}\langle 110 \rangle$ 에서 최대방위밀도가 얻어졌고 cube 집합조직의 온간압연은 중간층에서 약하게 전단방위가 발달하였음을 알 수 있다. Fig. 4는 hard  $\beta$ -방위와 soft  $\beta$ -방위를 갖는 시편을 냉간 및 온간압연 후 300°C에서 1시간 어닐링 후 시편 표면층의 재결정 집합조직을 보여준다. Fig. 4 (a)에서는  $\{001\}\langle 110 \rangle$ 에서 최대방위밀도 값이 가공 전보다 낮아진데 반하여, Fig. 4 (b)에서는 더욱 세게 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 이들 방위가 열처리에 의하여 안정된 방위로 옮겨간 것이라 생각된다. Fig. 5는 91% 냉간 압연한 시편과 soft  $\beta$ -방위를 갖는 재료를 온간압연 한 시편을 300°C에서 1시간 어닐링한 재결정 미세조직이다. Fig. 6은 91% 냉간압연한 시편과 warm rolling 한 시편을 300°C에서 1시간 어닐링한 재결정시편의 TEM 조직사진이다.

## 4. 결론

(1)  $\{001\}\langle 110 \rangle$ 의 온간압연 집합조직이 재결정 후 오히려 증가한 것은 광범위 회복 즉 연속 재결정 기구가 작용한 것으로 해석할 수 있었다.

(2) 재결정 후 온간압연 시료의 표면층에서는 선택적인 핵생성에 의하여  $\{111\}\langle uvw \rangle$  방위가 증가하였다.

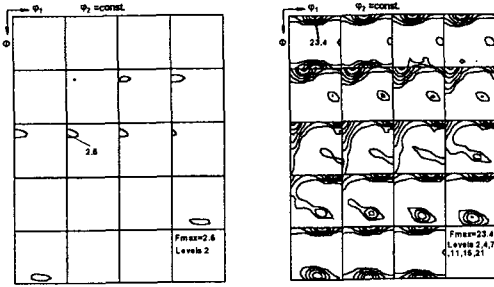
(3) 온간압연에 의하여 전단집합조직이 형성된 시료에서는 정상적인 재결정핵을 제공하는 입방체퍼의 형성도 불가능하고 또한 정상적인 재결정 성장도 불가능하여 결정립의 초기화가 얻어졌다.

## 참고 문헌

- (1) Y. H. Kim, Y.S. Cho and M. Y. Huh : J. Kor. Inst. Met. & Mater., 36 (1998) 303
- (2) M. Y. Huh and O. Engler : Proc. ICOTOM 12, NRC Research Press, Ottawa, Canada, (1999) 1124
- (3) M. Y. Huh, Y. S. Cho, J. S. Kim and O. Engler : Z. Metallkd., 90 (1999) 1235
- (4) J. H. Kwak, M. Y. Huh and S. U. An : J. Kor. Soc. for Tech. of Plasticity, 2 (1993) 51
- (5) M. Y. Huh, J. H. Kim, K. Y. Ha and S. Lee : Mat. Sci. Forum, 217-222 (1996) 571
- (6) N. Rajmhan and J. A. Szpunar : Proc. ICOTOM 12, NRC Research Press, Ottawa, Canada (1999) 1118

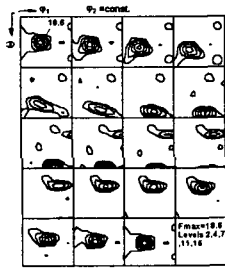
Table 1 Chemical composition of the aluminum 3004 alloy (wt.%)

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.



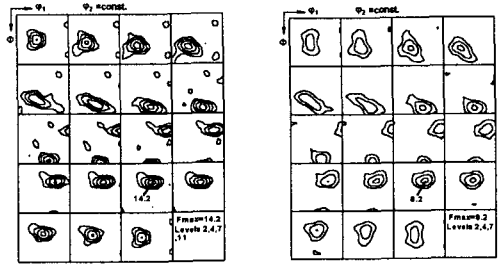
(a)

(b)



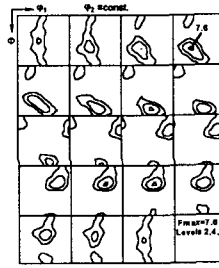
(c)

Fig. 1 Textures of the hot band at (a) the surface layer ( $s=1$ ), (b) middle layer ( $s=0.5$ ) and (c) center layer ( $s=0$ )

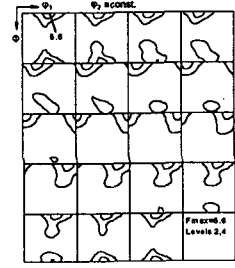


(a)

(b)

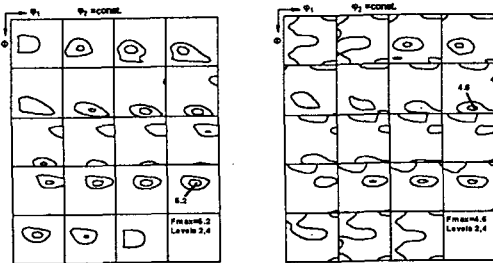


(c)



(d)

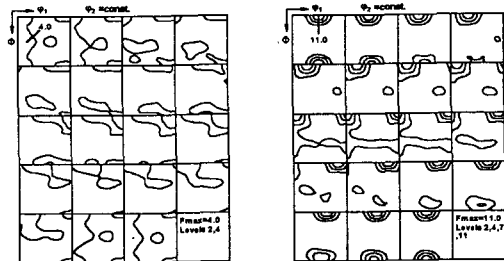
Fig. 3 Textures of the cold rolled specimen for initial texture (a) hard  $\beta$ -fiber and warm rolled specimen for initial texture (b) hard  $\beta$ -fiber, (c) soft  $\beta$ -fiber (d) cube texture at middle layer



(a)

(b)

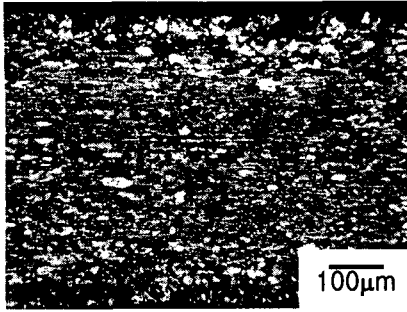
Fig. 2 (a) Textures of the 75% normally cold rolled specimen at the surface layer ( $s=1$ ) (b) and annealing at 300°C for 1h



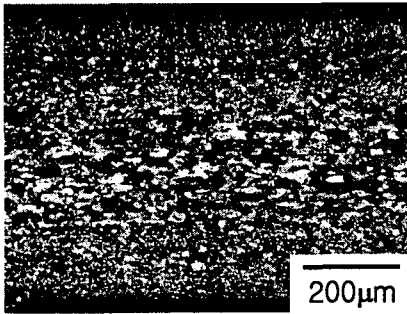
(a)

(b)

Fig. 4 (a) Texture of the cold rolled specimen for initial texture hard  $\beta$ -fiber and (b) warm rolled specimen for initial texture soft  $\beta$ -fiber after annealing at 300°C for 1h



(a)



(b)

Fig. 5 (a) Optical microstructure of the normally 91% cold rolled after annealing at 300°C for 1h and (b) warm rolled specimen for the initial texture soft- $\beta$  fiber after annealing at 300°C for 1h



(a)



(b)

Fig. 6 (a) TEM microstructure of the normally 91% cold rolled after annealing at 300°C for 1h and (b) warm rolled specimen for the initial texture cube texture after annealing at 300°C for 1h