

알루미늄 5182 합금에서 압연변수에 따른 집합조직의 변화

김용희 · 조용상 · 허무영
고려대학교 금속공학과

Effect of Rolling Conditions on The Deformation Texture in Aluminium 5182 Alloy

Yong-Hee Kim, Yong-Sang Cho, Moo-Young Huh
Division of Materials Science and Engineering
Korea University, Seoul 136-701

Abstract

The development of rolling texture is dependent on the various rolling condition. And the geometry of rolling gap and the friction between rolls and rolled material mainly affect the type and sharpness of texture and texture inhomogeneity through thickness. In order to follow the effect of geometry and friction various strain/pass and lubrication condition were applied during cold rolling. In this investigation various strain/pass and lubrication were applied during cold rolling in order to follow the effect rolling gap geometry and friction. More high l/h was, more weak the β -fiber was and in the condition of $l/h > 5$ $\langle 001 \rangle \langle 110 \rangle$ shear texture developed. In addition, rolling without lubrication enhanced the shear texture.

1. 서 론

적층결합에너지가 높은 fcc 금속에서 평면변형조건시 냉간압연집합조직은 Euler공간에서 $\{112\} \langle 111 \rangle$ Cu-방위에서 $\{123\} \langle 634 \rangle$ S-방위, $\{110\} \langle 112 \rangle$ Bs-방위로 이어지는 β -fiber를 우선방위로 갖게된다[1]. 또한 이들 성분의 방위밀도는 압하량이 증가 할 수록 증가한다고 알려져 있으며[2] 금속의 순도가 높고 압연변형률이 높은 경우 어닐링 함에 따라 잘 알려진 $\langle 001 \rangle \langle 100 \rangle$ 의 Cube-방위를 형성한다[3]. 그러나 일반적으로 압연시에는 물과 시편의 마찰이나 물과 시편의 기하학적인 관계에 따라 시편의 표면부와 중심부의 변형거동차이에 의하여 서로 다른 집합조직을 갖게되는 불균질변형집합조직이 얻어진다. Lee 등은 불균질변형집합조직은 압연방향과 압연면에 평행한 방향으로의 전단변형과 두께방향으로의 변형량의 비가 임계값($\epsilon_{12}/\epsilon_{11} > 0.5$) 이상일 때 발달한다고 보고하고 있다[4]. 또한 Truszkowski 등은 항복강도나 가공경화지수가 작을 수록 불균질변형집합조직이 발달한다고 보고하고 있으며, 물과 시편사이의 기하학적인 관계로부터 전단변형집합조직의 형성기구를 연구하였다[5].

본 연구에서는 냉간압연공정중 중요한 변수인 물과 시편사이의 마찰, 패스당 변형율이 압연집합조직의 형성과 재결정어닐링 후의 재결정집합조직 형성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 시료는 두께 4.44mm의 알루미늄 5182합금 열연 핫코일로서 화학적조성은 표 1.과 같다.

냉간압연 시편은 지름 127mm의 실험실용 압연기를 사용하여 최종 압하율 77.5% ($\epsilon=1.5$, 1mm)까지 압연하여 제조하였으며, 패스당 압하율이 압연조직 및 최종 어닐링조직에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 압연 패스당 진변형율(ϵ_{step})을 0.13(12pass), 0.19(8pass), 0.4(4pass), 0.75(2pass)로 변화 시켜가며 압연을 행하였다. 또한 냉간압연시 윤활의 영향을 고찰하기 위하여 압연유를 사용한 윤활압연시편과 압연유를 사용하지 않은 무윤활압연시편을 각각 제작하였다.

재결정집합조직을 측정하기 위하여 각 시편을 350°C, 400°C, 500°C의 환원성인 수소분위기에서 각각 1시간씩 열처리하였으며, 자동화된 집합조직측정용 X-선 고니어 메터를 사용하여 {111}, {200}, {220}의 극점도를 측정 후 Bunge의 급수전개방법[6]에 의해 3차원적인 방위분포함수로 계산하여 집합조직을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

표 2는 12, 8, 4, 2 패스의 각각 다른 압연패스 횟수로 최종압하율 77.5%($\epsilon=1.5$)까지 냉간압연한 시편들의 패스당 변형율과 $1/h$ 값을 나타낸 것이다. $1/h$ 값은 압연물품의 기하학적 형상을 특징짓는 것으로 1은 물과 시료의 접촉길이, h는 시료의 평균두께이다. Truszkowski 등에 의하면 $1/h$ 값이 0.5이하로 매우 작을 때는 시편의 중간층에 전단방위가 관찰되며 5이상으로 매우 클 때는 표면층에서 전단방위가 관찰된다고 보고하였다[5].

그림 1.은 각기 다른 압연패스 횟수로 최종압하율 77.5%까지 냉간압연한 윤활 및 무윤활압연시편의 집합조직을 $\phi_2 = 45^\circ$ 면에 나타낸 것이다.

$\phi_2 = 45^\circ$ 면은 fcc 금속의 냉간압연 집합조직중 S-방위를 제외한 모든 중요방위가 존재하여 집합조직 발달에 따른 방위밀도의 차이를 비교하는데 매우 유용하며, $\phi_1 = 90^\circ$, $\phi = 35^\circ$ 에 Cu-방위, $\phi_1 = 55^\circ$, $\phi = 90^\circ$ 에 Bs-방위, $\phi_1 = 90^\circ$, $\phi = 90^\circ$ 에 Goss-방위, $\phi_1 = 0^\circ$, $\phi = 90^\circ$ 에 {001}<110>방위 등이 나타난다.

윤활압연시편의 표면층(S=1.0)에서는 압연pass가 12, 8, 4pass인 경우 β -fiber 성분인 Cu-방위, Bs-방위가 주방위로 발달하였고, 2pass의 압연시편에서 대표적인 전단 변형집합조직 성분인 {001}<110> 방위가 주방위로 발달하였다. 알루미늄, 구리 등의 fcc 금속에서는 전단변형에 의해 전단집합조직이 발달하여 {001}<110>의 주방위와 {111}<112>, {111}<110>의 두 개의 부방위로 나타난다고 보고되고 있다[7]. 중앙층에서는 압연 패스수에 관계없이 모든 시편에서 β -fiber가 발달하였다. 그러나 압연 패스수가 감소할수록 β -fiber의 강도가 감소하고 있음을 보이고 있다.

무윤활압연한 시편의 표면층에서는 12pass, 8pass로 압연한 경우 윤활압연시편과 동일하게 Cu-, Bs-방위가 주방위로 발달하였으나, 그 강도는 윤활압연 시편보다 조금씩 감소하였다. 4pass의 시편은 Cu-방위가 전단방위인 {001}<110> 방위 쪽으로 많이 이동하였으며 β -fiber성분인 Cu-방위의 밀도가 $f(g)=3.3$, Bs-방위의 방위밀도가

$f(g)=1.9$ 로 매우 약하게 발달하였다. 2pass의 시편은 윤활압연한 시편과 동일하게 표면층에 $\{001\}\langle 110\rangle$ 의 방위가 발달하였으며 그 방위밀도는 윤활압연한 시편보다 강해졌고, β -fiber는 형성되지 않았다. 모든 무윤활압연시편의 중앙층에서도 윤활압연시편의 중앙층과 동일하게 Cu-, Bs-방위가 주방위로 발달하였으나 그 강도는 윤활압연시편보다 조금씩 감소하였다.

위와 같이 12pass, 8pass, 4pass의 윤활압연시편에서 Cu-, Bs-방위가 주방위로 발달하였던 것은 $1/h$ 비가 각각 2.72, 3.48, 4.58로 5이하인 값을 갖기 때문이며 2pass 압연시편에서 $\{001\}\langle 110\rangle$ 의 전단변형집합조직이 발달한 이유는 $1/h$ 값이 5.39로 5이상의 값을 가졌기 때문이다. 무윤활압연시편에서는 압연 패스수가 많을 때는 마찰의 효과가 미약하게 나타났으나 압연패스수가 4pass 이하에서는 현저하게 나타났다. 즉 마찰력의 영향으로 $1/h$ 의 비가 5이하인 4pass 압연시편에서도 β -fiber의 강도가 현저하게 감소하였다. 또한 2pass 압연시편에서는 전단방위인 $\{001\}\langle 110\rangle$ 의 방위밀도가 윤활압연시편에 보다 증가하였다.

그림 2는 냉간압연시편의 표면 및 중앙층에서 β -fiber의 방위밀도의 변화를 나타내고 있다. 표면층의 경우 12, 8, 4pass 윤활압연시편과 12, 8pass 무윤활압연시편에서 β -fiber의 강도가 유지되고 있으나, 2pass 윤활압연시편과, 4, 2pass 무윤활압연시편에서는 강도가 현저하게 감소하고 있음을 보여주고 있다. 이와 같은 결과로 볼 때 무윤활압연시 마찰이 증가함에 따라 표면에서의 전단방위 형성이 쉬워짐을 알 수 있다. 중앙층에서는 윤활, 무윤활압연에 관계없이 β -fiber가 발달하였으며, 강도는 압연 패스수가 감소할수록 감소하고 있음을 보이고 있다. 따라서 중앙층은 압연패스, 윤활에 무관하게 평면변형조건에 가까운 변형을 하고 있음을 알 수 있다.

그림 3은 윤활 및 무윤활 냉간압연 시편을 350 °C에서 1시간동안 어닐링한 시편의 집합조직을 $\phi_2 = 45^\circ$ 인 면에 나타낸 것이다. 모든 어닐링시편에서 냉간압연 상태의 집합조직이 그대로 유지되고 있음을 보이고 있으나, 냉간압연집합조직에서 β -fiber가 존재하였던 시편에서는 재결정에 의하여 Cube-방위가 발달하였으며, $\{001\}\langle 110\rangle$ 의 전단변형집합조직이 발달하였던 시편에서는 재결정시에도 $\{001\}\langle 110\rangle$ 의 방위가 그대로 유지되고 있음을 보이고 있다. 또한 냉간압연시 β -fiber가 형성되지 않았던 4pass 무윤활압연시편은 재결정시 가장 무질서한 집합조직을 가졌다.

그림 4는 350 °C에서 어닐링한 시편의 표면층 광학사진이다.

Huh 등은 순동의 냉간압연실험에서 무윤활압연시편과 윤활압연시편의 집합조직은 동일하나 미세조직은 무윤활압연시편이 훨씬 불균일하며, 재결정시 무윤활압연시편은 일반적인 재결정집합조직인 Cube-방위의 집합조직이 형성되지 않고 압연집합조직이 상당히 유지되며 재결정립크기도 매우 미세함을 보고하였다[8]. 그러나 본 실험에서는 윤활, 무윤활에 관계없이 모든 시편에서 10 μ m 내외의 미세하고 균일한 재결정립이 형성되었다. 따라서 알루미늄 5182 합금에서는 윤활이 재결정립 크기에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 생각된다.

4. 결 론

1. 냉간압연 패스수가 4 이하 일 때 표면층에서는 β -fiber의 형성은 미약하였으나, 전단변형집합조직인 $\{001\}\langle 110\rangle$ 방위가 발달하였다. 이것은 롤의 기하학적인 형상에 의한 영향으로 $1/h > 5$ 이기 때문이다.
2. 냉간압연 패스수가 적은 경우 윤활압연시편에 비해 무윤활압연시편에서 전단변형

집합조직이 더욱 발달하였다. 이것은 롤과 시편사이의 마찰력이 윤활시편에 비해 무 윤활시편에서 크기 때문이다.

3. 냉간압연시 β -fiber가 발달한 시편은 350 °C 1시간 재결정 어닐링 후 Cube-방위가 주방위였으나 냉간압연시 β -fiber가 형성되지 않은 시편은 재결정 어닐링 후에도 Cube-방위는 발달하지 않았으며, 냉간압연 집합조직이 상당히 유지되었다.

참 고 문 헌

1. C. S. Lee and B. J. Duggan, Acta Metall Mater., Vol. 44, 1993, 2691
2. J. H. Hirsch and K. Lücke, Acta Metall, Vol. 36, 1988, 2883
3. M. Y. Huh, et al, 제9회 재료물성 심포지엄, 대한금속학회, 1996
4. C. S. Lee and B. J. Duggan Metall. Trans., Vol 22A, 2637
5. W. Truszkowski, J. Krol and B. Major, Metall. Trans., Vol 11A, 1980, 749
6. H. J. Bunge, Mathematical Methods of Texture Analysis, Butterworths, 1981
7. W. Truszkowski, J. Krol and B. Major, Metall. Trans. A, Vol 13A, 1982, 665
8. M. Y. Huh, Y. S. Cho and O. Engler, Mat. Sci. & Eng., submitted.

Table 1. Chemical composition of investigated aluminium 5182 alloy(bal. Al).

Elements	Mg	Mn	Fe	Ti	Si	Zn	Cu	Cr	V
wt%	4.5	0.35	0.27	≤0.1	0.08	≤0.05	≤0.05	0.03	0.014

Table 2. ϵ_{step} and l/h at each specimen.

# of pass	ϵ_{step}	l/h
2	0.75	5.39
4	0.4	4.58
8	0.19	3.48
12	0.13	2.72

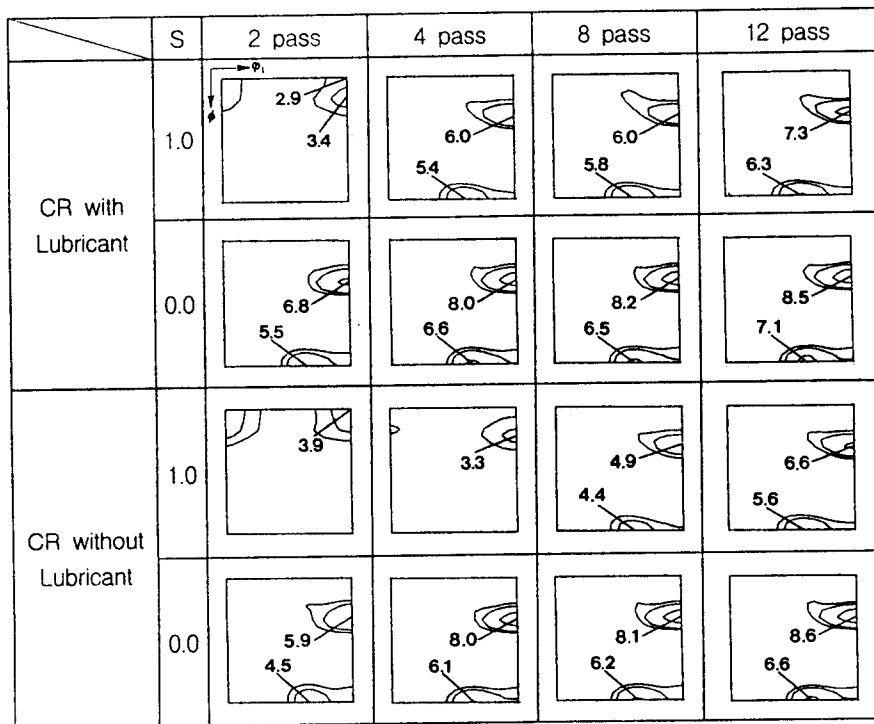


Fig 1. The effect of ϵ_{step} on the evolution of cold rolling texture in specimens with and without lubrication.

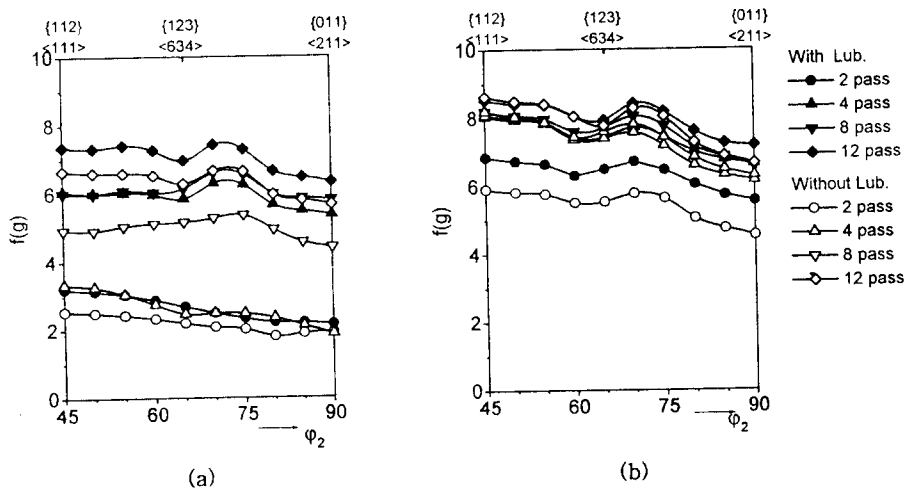


Fig 2. The effect of ϵ_{step} on the β -fiber in specimens with and without lubrication. (a) surface layer, (b) center layer

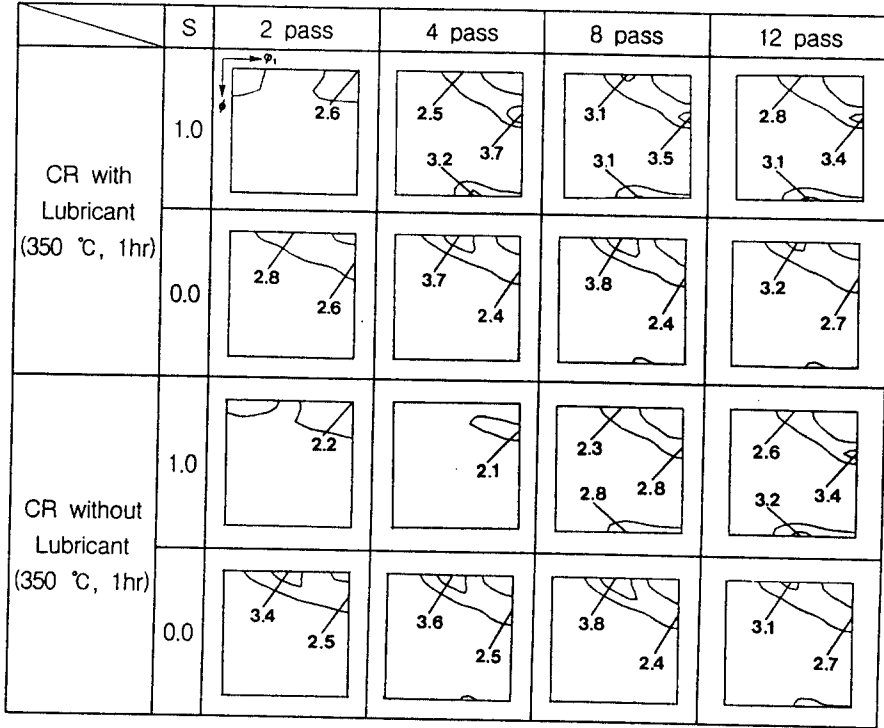


Fig 3. The effect of ϵ_{step} on the evolution of recrystallization texture in specimens with and without lubrication.

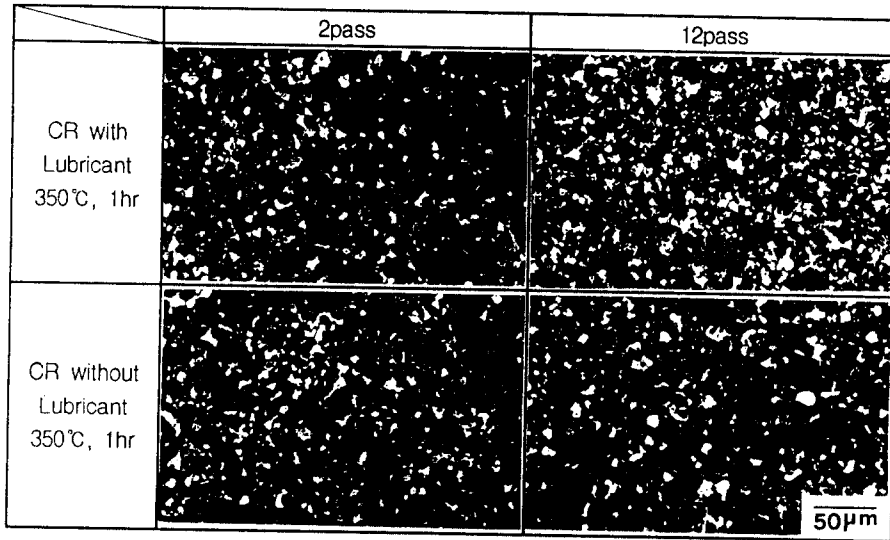


Fig 4. Microstructures of recrystallized specimens at 350°C for 1hr after 77.5% reduction