

I.F강의 집합조직 발달에 미치는 중간열처리의 영향

이기봉, 김현철, 허무영
고려대학교 재료금속공학부

The Effect of Intermediate Annealing on The Evolution of Texture in I.F Steel

Gi-Bong Lee, Hyun-Chul Kim, Moo-Young Huh

Division of Materials Science and Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

The effect of intermediate annealing on the texture evolution in I.F steel was investigated by using X-ray texture measurement. After The sample was cold rolled to 80% reduction, intermediate annealing was introduced to preform γ -fiber orientation grains in deformed matrix. The annealing time was varied between 30 and 3600 sec. These samples were cold rolled to 90% reduction and full annealed. By intermediate annealing, final full annealed samples had very homogeneous γ -fiber orientation, resulting in good deep drawability.

Key words : 집합조직, 중간열처리, 방위분포함수

1. 서론

다결정 재료내의 각각의 결정립 들은 결정학적 인 방향 분포를 가지고 있는데 이를 집합조직이라 한다. 이러한 집합조직의 차이에 의해서 각각의 재료들은 비록 같은 화학적 조성과 미세조직을 갖는다 하더라도 방향에 따라서 서로 다른 물성을 갖게 되며¹⁾ 특히 소성이방성의 경우 저탄소강판이나 극저탄소강판과 같이 높은 가공성형성을 필요로 하는 재료에 있어서 집합조직의 제어는 필수적이다.

본 실험에서는 극저탄소강판의 최종 열처리 집합조직을 제어하는데 있어서 중간열처리 공정을 첨가함으로써 얻어지는 집합조직과 물성의 변화를 알아보았다. 일반적으로 강재료에 있어서 중간열처리란 강재료를 제품화하는 도중의 공정에 한번 또는 여러번 실시하는 열처리 공정으로 강의 AC₁ 변태점 근처나 그 이하의 온도로 가열하여 적당한 온도로 냉각시켜 전처리 또는 전가

공에 의한 내부응력을 조정하여 연화시켜 다음 가공을 용이하게 하는 조작이다. 이러한 기존의 중간열처리 공정은 내부응력을 이완시키는 데 목적을 두고 있으나 본 실험에서는 중간열처리에 의해 생성된 재결정 집합조직이 이후 진행되는 압연 및 최종 열처리 집합조직에 어떤 영향을 미치는가 하는점에 초점을 두었다.

2. 실험방법

본 실험에서는 포항제철에서 제조한 열연 핫코일을 사용하였다. 표 1은 열연 핫코일의 화학 조성 및 제조 변수들이다

초기두께 5mm의 핫코일 시편을 실험실용 127mm 지름의 쌍롤 압연기로 80% 윤회 냉간압연 하였으며 중간열처리 이외의 다른 요소가 미치는 영향을 최대한 배제하기 위하여 각 pass당 압하율을 일정하게 하였다. 80% 압연된 시편들은 재결정 분율에 따른 영향을 보고자 각각

0,30,45,60,120,360초간 750°C 염욕에서 중간열처리 하였다. 이 시편들을 다시 90%까지 이전과 동일한 조건에서 압연하였으며 700°C 염욕에서 한시간 동안 최종 열처리하였다.

각 시편들을 압연시 평면 변형 조건이 가장 잘 만족되는 중앙층까지 연마하였으며 연마에 의한 표면층의 소성변형 구역을 제거하기 위해 화학적으로 에칭하였다. 각 시편들의 집합조직은 자동화된 집합조직 측정용 고니오메타에서 $\{110\}$, $\{200\}$, $\{211\}$ 극점도를 측정한 후 급수법을 이용하여 방위분포함수로 계산되었다.²⁾

3. 실험결과 및 고찰

Fig 1은 80% 압연시편을 시간별로 중간열처리한 후의 집합조직을 $\varphi_2 = 45^\circ$ 의 오일러공간에 방위분포함수로 나타낸 것이다. 80% 압연시편은 강한 α -fiber와 γ -fiber로 이루어진 BCC 금속의 전형적인 냉간압연 집합조직이 발달하였다. 광학 현미경 관측과 Hardness test 결과 45초 중간열처리시 이미 80% 이상 재결정이 완료되었음에도 α -fiber가 소멸하지 않고 비교적 높은 강도를 가지고 존재하였으며 최대 방위밀도의 위치도 변하지 않았다. 이것은 압연변형시 $\langle 110 \rangle // RD$ 방위를 가진 결정립들의 축적에너지가 $\langle 111 \rangle // ND$ 결정립들보다 적어 재결정 핵생성이 늦기 때문인 것으로 생각되며³⁾ 기존의 연구에서 이미 보고된 바 있다. 60초 이후에 재결정이 완료되며 최대방위밀도는 이상적인 γ -fiber에서 약간 벗어난 $(\varphi_1, \psi, \varphi_2) = (30, 55, 50)$ 에서 얻어졌다. 360초까지 중간열처리 시간을 두어도 집합조직의 큰 변화는 없는 것으로 나타났으며 방위밀도의 약간의 증가가 있었다.

Fig 2는 각각의 시편들을 다시 90%까지 냉간압연한 후 방위분포함수를 나타낸 것이다. 80% 냉간압연 시편과 비교할 때, 90%냉간압연 시편은 $\{110\} \langle 112 \rangle$ 방위의 방위밀도 증가가 전혀 없었으며 α -fiber의 방위밀도만 증가하였다. 중간열처리 단계에서 이미 재결정이 완료된 시편들은 90%까지 압연해도 α -fiber가 전혀 형성되지 않았으며 이상적인 γ -fiber에서 약간 벗어나 있던 최대방위밀도의 위치가 압연 준 안정방위인 $\{111\} \langle 112 \rangle$ 로 정확하게 회전하였음을 볼 수 있었다.

Fig 3은 90%까지 냉간압연된 시편들을 최종

재결정 열처리한 시편의 방위분포함수를 나타낸 것이다. 90%냉간압연후 α -fiber가 강하게 존재하던 시편에서는 최종 재결정 열처리 후 $\{111\} \langle 112 \rangle$ 방위와 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 방위간의 방위밀도차가 큰 불균질한 γ -fiber가 얻어졌으나 중간열처리로 α -fiber가 소멸된 시편에서는 최종 재결정 열처리후 매우 균일한 γ -fiber가 얻어졌다. 이는 압연시편 내의 γ -fiber가 균일하게 발달한 데서 비롯된다. 또한 최대방위밀도의 위치가 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 방위로 이동한 것을 볼수 있는데 이는 압연된 시편내에 존재하던 주방위가 서로 달랐기 때문이며 최종 재결정 열처리시 생성된 핵들의 성장환경이 달랐기 때문인 것으로 생각된다. 즉 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 기지에서는 $\{111\} \langle 112 \rangle$ 결정립이, $\{111\} \langle 112 \rangle$ 기지에서는 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 결정립이 큰 이동도를 가지므로 냉간압연시의 주방위와 역전되는 관계를 가진다. Fig 4의 (b)와 (c)의 γ -fiber를 비교해 보면 최종재결정 열처리 이후 최대방위밀도의 위치가 역전되었음을 잘 알수 있다.

이상과 같은 실험결과에서 중간열처리를 통해 균일한 γ -fiber가 강하게 발달함을 알 수 있는데 이로인해 높은 R값과 낮은 ΔR 값을 기대할 수 있다. Fig 5는 R값을 시뮬레이션 한 결과이다.

4. 결론

1. 중간열처리로 α -fiber가 소멸된 시편은 어느 압하율 이하로 압연해도 α -fiber가 생성되지 않았다.
2. 최종재결정 열처리후 시편의 최대방위밀도 위치가 이동한 것은 압연재의 주방위 차에 기인한다.
2. 중간열처리를 거친 시편은 균일하고 강한 γ -fiber가 형성되었으며 따라서 높은 R값과 낮은 ΔR 값을 얻을수 있었다.

5. 참고문헌

1. 허무영, 대한금속학회지, 6, 1993, pp. 293.
2. H. J. Bunge, Texture Analysis in Materials Science, Butterworth, 1982.
3. R. K. Ray, J. J. Jonas, and R. E. Hook, International Materials Reviews, vol. 39, 1994, pp. 129.

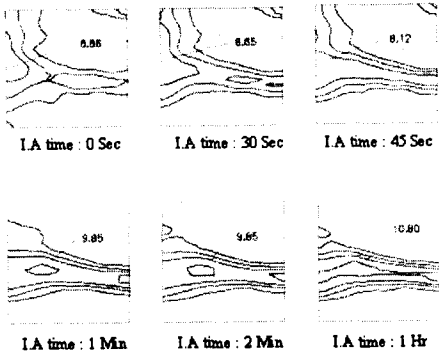
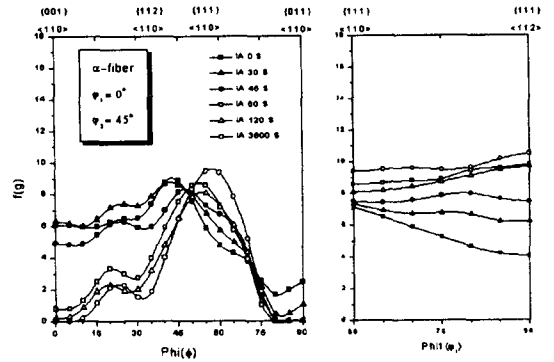


Fig1. Texture evolution after intermediate annealing



(a)

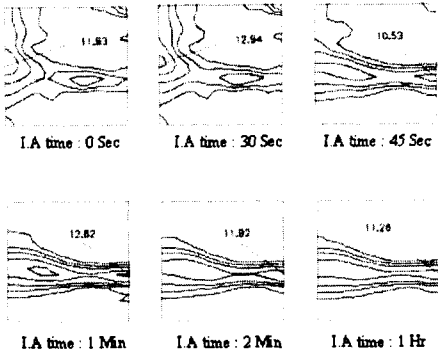
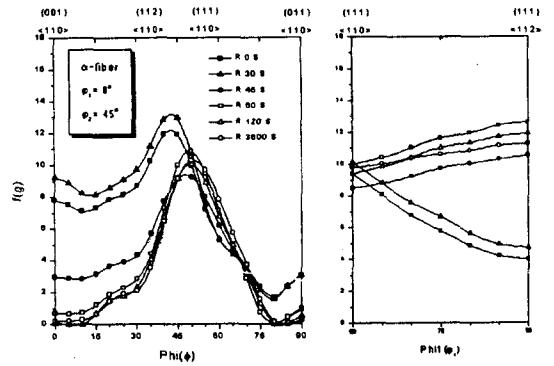


Fig2. Texture evolution after cold rolling to 90% reduction



(b)

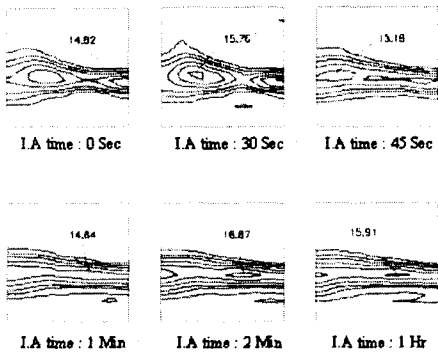
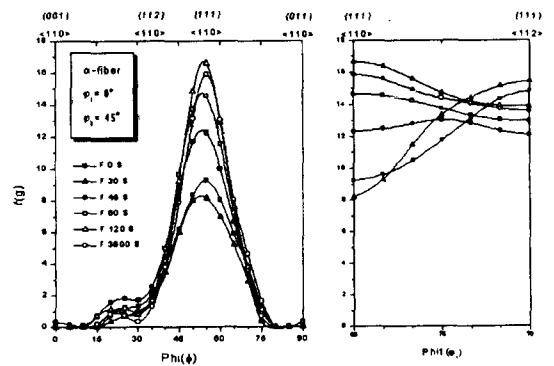


Fig3. Texture evolution after final full annealing



(c)

Fig4. α, γ -fiber diagram (a) after intermediate annealing (b) after cold rolling to 90% (c) after final full annealing

C	Mn	P	Ti	S	N	F.T	C.T
0.0025	0.12	0.005	0.0049	0.0085	0.0013	922	688

Table1. Chemical composition

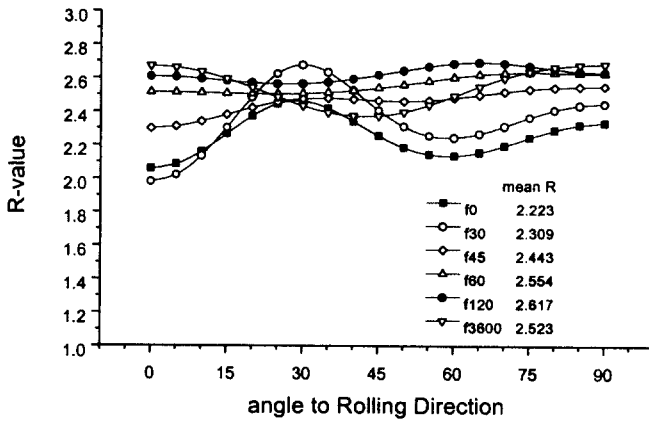


Fig5. Calculated R-value