

상변태를 이용한 {100} 집합조직을 갖는 순철 판재 제조 및 자기 특성 평가

성진경^{1*}, 구양모¹

¹포항공과대학교 철강대학원

1. 서론

본 연구의 목적은, 순철에서 감마-알파 상변태가 발생할 때 {100} 집합조직이 형성되는 현상에 대한 이해의 폭을 넓히는데 있다. 연자성 재료로 사용되는 철 및 철계 합금에서는 {100} 집합조직의 형성이 매우 중요한 이슈인데, 그 이유는 철 및 철계 합금의 자기이방성 때문이다. 즉 철 및 철계 합금에서는 [001] 방향이 자화용이 방향이고 [111] 방향이 자화난이 방향이다. 따라서 {100} 집합조직을 형성하게 되면 자화용이 방향이 두개 그리고 자화난이 방향이 없는 판재를 얻을 수 있어 매우 우수한 자기 특성을 갖는 판재를 제조할 수 있게 된다.

철 및 철계 합금에서 {100} 집합조직을 얻기 위해서는 금속 표면에 산화가 발생하지 않는 조건에서 상변태가 진행되어야 한다¹⁾. 본 연구에서는 순철에서 {100} 집합조직이 형성되는 조건을 제시하고, {100}면이 형성된 판재의 자기특성을 관찰하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 순철의 조성은 아래 표 1과 같다.

표 1. 사용된 재료의 화학적 조성 (wt%)

| Alloys | Fe | Si | Mn | P | Al | Ti | C | S | O |
|-----------|-----|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Pure Iron | bal | <0.001 | 0.003 | 0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | 0.0005 | 0.0015 |

열처리하는 수소 분위기에서 실시하였다. 열처리가 완료된 시편의 집합조직은 X-ray 회절, 극점도 분석 등을 이용하여 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 이슬점이 -60°C인 수소 분위기에서 10분간 열처리를 실시한 시편의 온도에 따른 집합조직을 보여주고 있다. 주어진 판재를 감마-알파 상변태를 경험하는 온도인 910°C 이상에서 열처리를 실시하면 강한 {100} 집합조직(>90%)이 형성되어 있음을 알 수 있다. 그러나 감마-알파 상변태를 경험하지 못하는 910°C 이하의 온도에서 열처리된 시편은 일반적인 재결정 집합조직인 강한 γ 섬유(fiber) 집합조직을 보여주고 있다.

Fig. 2는 950°C에서 10분간 열처리한 시편의 미세조직을 보여주고 있다. 미세조직의 특징은 입자의 크기가 매우 조대해서 하나의 입자 크기가 판재의 두께보다 큰 columnar 구조를 갖고 있다는 것이다. 이렇게 조대한 입자가 형성된 이유는 사용한 재료의 순도가 매우 높기 때문에, 상변태가 발생할 때 상 계면의 이동 속도가 매우 크기 때문이라고 판단된다.

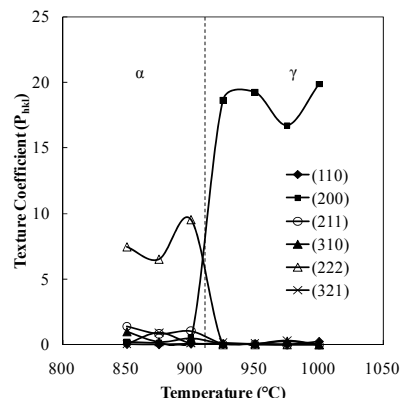


Fig. 1 Effect of annealing temperature on texture evolution

한편, 이러한 조대한 columnar 구조를 갖는 입자가 뜻하는 바는 앞서 관찰한 표면에서 나타나는 {100} 집합조직은 재료 내부에서도 유효하다는 것을 뜻하며, 따라서 판재 전체가 {100} 집합조직을 갖는다는 것을 의미한다.

Fig. 3은 950°C에서 10분간 열처리한 시편의 (200) 및 (110) 극점도를 보여주고 있다. 이 결과에 따르면 시편 표면에는 강한 {200} 집합조직이 형성되어 있으며, 또한 <100> 방향은 방향성이 없어서, cube-on-face 집합조직이 형성되어 있음을 알 수 있다.

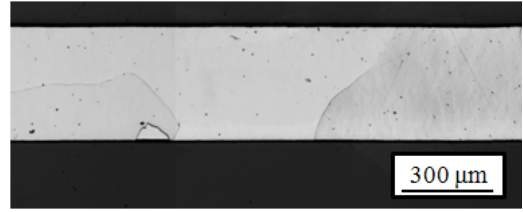


Fig. 2 Optical micrographs of the annealed samples at 950°C for 10 min in hydrogen atmosphere

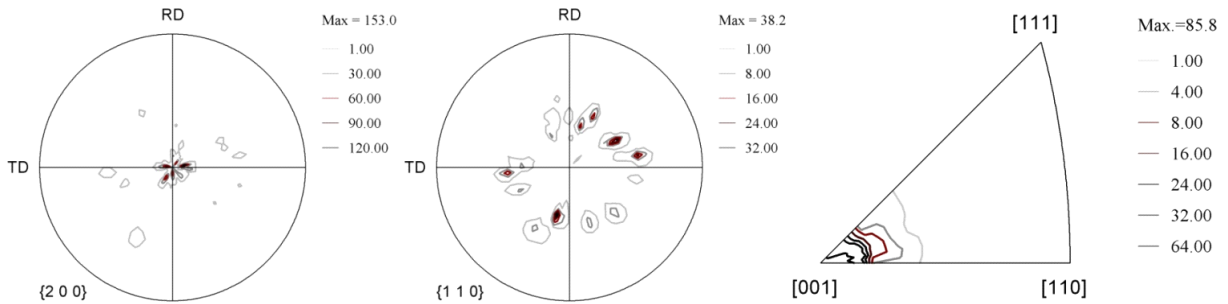


Fig. 3 (200) and (110) pole figures and inverse pole figures of pure iron, which were heat-treated at 950° for 10 min in H2 atmosphere(dew point:-60°C)

그림 4는 {100} 집합조직을 갖는 순철 및 규소강(350μm)의 철손 값을 보여주고 있다. 순철의 경우 W15/50은 4.05 W/kg로 매우 낮게 나타났으며, B50은 1.84T로 매우 우수한 자기 특성을 보여주고 있었다. 철에 규소 등을 첨가하면 철손 값은 W15/50이 2.5 W/kg이하가 될 수 있음을 확인하였다. 이러한 저철손 고자속 밀도 재료의 개발은 작고 강력한 모터를 필요로 하는 전기 자동차 개발 등에 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

4. 결론

순철에서 {100} 집합조직을 형성하면 매우 우수한 연자성 특성을 얻을 수 있음을 확인하였다. 순철의 경우 W15/50= 4.05 W/kg, B50= 1.84T의 자기 특성을 보여주었다.

5. 참고문헌

[1] J.K. Sung, D.N. Lee, D. H. Wang, and Y. M. Koo, ISIJ Int. 51 (2011) 284-290.

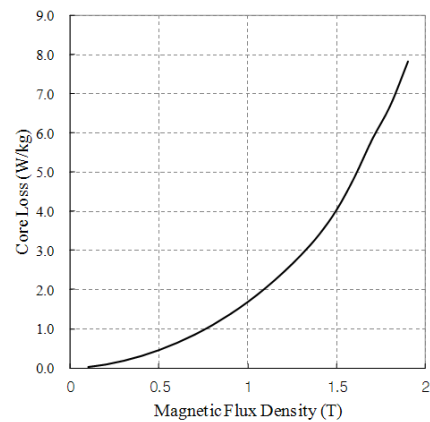


Fig. 4 Core loss of pure iron and Si steels with {100} texture