

실리카 분해반응을 이용한 고규소강판 제조

Manufacture of High Silicon Steels by SiO₂ Decomposition

김상범, 소준영
한전전력연구원

1. 서론

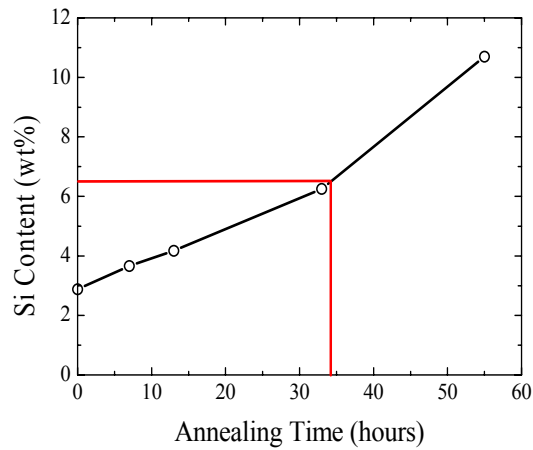
철 속에 규소함량이 3.5% 이상이 되면 취성이 크게 증가하여 통상적인 냉간압연에 의한 강판 제조가 불가능해지기 때문에, 방향성 6.5% 규소강판의 제조는 고배향도를 완성한 상태에서 추가로 규소함량을 늘리는 공정을 택하게 된다. 규소가 함유되지 않은 순수 철은 승온 도중 912°C에서 γ -상으로 상변태한다. γ -상은 FCC(face centered cubic) 구조로써 BCC(body centered cubic)인 α -상과 조직적 관련이 아직까지 명확하게 규명되어 있지 않기 때문에 순수 철의 경우 압연방향으로 <001> 결정학적 방향을 일치시키는 집합조직 제어가 쉽지 않은 상황이다. 이에 비해 규소 함량이 3% 정도인 규소강판에서는 집합조직 제어가 1934년 N. P. Goss에 의해 제안되었고 지금까지도 상업적 방법으로 사용되고 있을 정도로 집합조직 제어가 상대적으로 용이한 편이다. 따라서 본 연구에서는 3% 규소강판에서 집합조직을 제어하여 배향도를 향상시킨 뒤 고온에서 추가로 규소를 주입시키는 공정을 사용하여 고규소강판을 제조하였다.

2. 실험 방법

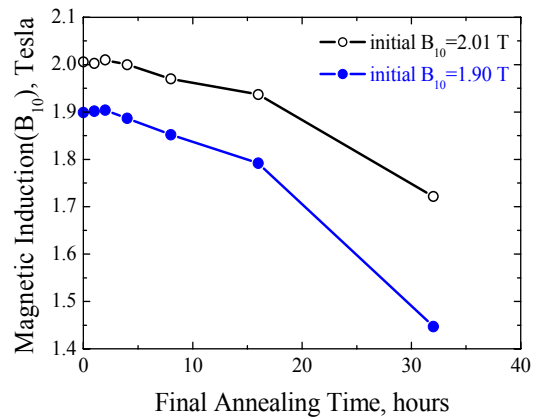
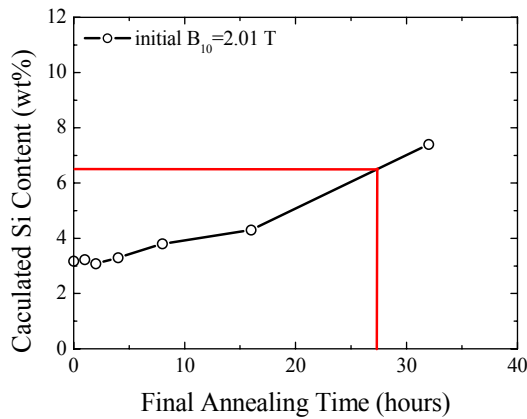
본 연구에서는 고순도 수소에 의한 실리카의 분해 반응에서 생성된 실리콘을 강판 내부로 확산, 침투시킴으로써 실리콘 함량이 높은 고규소강판을 제조하는 방법을 사용하였다. 실리콘 함량이 3%인 강판을 실리카 source (튜브, 플레이트 등) 사이에 위치시키고 6N급 고순도 수소를 흘려주면서 1200°C까지 가열하여 유지 시간을 달리하여 규소함량을 조절하였다. 규소함량의 측정은 EDS, EPMA 등의 방법을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1(a)는 quartz tube 속에 시편을 넣고 1200°C 열처리 시간에 따른 규소 함량 변화를 관찰한 것이다. 두께 0.1 mm 고배향성 3% 규소강판이며 열처리 시간에 따라 거의 직선적으로 증가하며, 약 35시간 만에 6.5%에 도달한 것을 알 수 있다. 여기서 Si의 강판 내 확산보다 SiO₂의 분해가 주된 속도 결정 단계임을 확인할 수 있다. 만일 확산이 속도 결정 인자라면 시간의 1/2승에 비례할 것으로 예상되기 때문이다. 그림 1(b)는 두 장의 quartz plate 사이에 시편을 위치시키고 동일한 조건에서 규소 침투를 관찰한 것이다. 약 27시간 정도에 6.5%에 도달하여 앞서 tube보다 약간 빠름을 확인하였다. 이는 발생된 Si 증기가 바로 인근에 위치한 시편으로 잘 침투하기 때문으로 판단된다. 이 시편의 규소 주입 전 포화자속밀도는 2.01 Tesla로써 매우 배향이 잘 된 경우이다. 이때 규소 함량이 변화함에 따른 포화자속밀도를 오른쪽 그림에 보였는데, 규소함량이 7.5%까지 증가함에 따라 포화자속밀도는 1.7 Tesla까지 감소함을 알 수 있다. 한편, 초기 포화자속밀도가 1.90 Tesla일 경우 그 감소폭은 매우 커서 1.45 Tesla까지 떨어졌다. 따라서 방향성 고규소강판 제조에 있어서 초기 포화자속밀도가 매우 중요함을 알 수 있었다.



(a) source : quartz tube, 두께 0.1 mm



(b) source : quartz plate, 두께 0.1 mm

그림 1. 규소주입원별 1200℃에서의 열처리 시간에 따른 규소함량 변화와 이에 따른 자성 특성 변화

4. 결론

실리카를 분해하여 생성된 실리콘 source를 고온에서 강판 내부로 확산, 침투시킴으로써 고규소강판을 제조할 수 있었다. 규소를 추가로 주입하기 전의 고배향성 강판을 사용할 경우 배향도가 매우 높은 고규소강판을 제조할 수 있는 이점을 통해 손실 특성이 매우 우수한 고규소강판을 제조할 수 있는 기반을 확립할 수 있었다.