

## 극박 3%규소강판에서 황의 표면 편석과 자기적 특성

한국과학기술연구원	채 경 훈*, 나 중 갑
한국전력연구원	허 남 화
포항제철	우 중 수
고려대학교	이 성 래

### MAGNETIC PROPERTIES AND SURFACE SEGREGATION OF SULFUR IN THIN-GAUGED 3% Si-Fe SHEETS

KIST	K. H. Chai*, J. G. Na
Korea Electric Power Research Institute	N. H. Heo
Pohang Iron and Steel Corp.	J. S. Woo
Korea University	S. R. Lee

#### I. 서 론

발전소에서 발전된 전기가 소비처에 전송되는 과정에 변압기를 거치게 되는데, 이 과정에서 에너지 손실이 발생한다. 이 에너지 손실은 철심을 싸고있는 동선에서 발생하는 동손과 철심 자체에 의한 철손으로 구분된다. 동선 자체의 특성 향상으로는 에너지 손실을 줄이는데 한계가 있으나 철심 자체의 연자성 특성을 향상하여 철손을 줄이고 동시에 동선의 사용량을 줄여서 동선도 줄이려는 연구가 상대적으로 활발히 진행되고있다. 변압기의 철심재료로 사용되는 규소강판은 MnS나 AlN 등의 인히비터라고 불리는 미소 석출물을 이용한 2차 재결정법으로 (110)[001] 방향을 갖도록 하여 연자성 특성을 향상시켜 사용되어 왔으나 거의 한계에 이르른 것으로 평가되고 있다. 규소강판의 철손을 줄이는 가장 효과적인 방법은 강판의 두께를 얇게하는 것이다. 극박 규소강은 기존의 2차 재결정법과는 달리 (110)면과 다른 면과의 표면 에너지 차이를 이용한 3차 재결정법을 이용하여 (110)[001] 배향을 갖도록 제조되고 있으며 철손이 매우 낮을 뿐만 아니라 자속밀도도 높다고 보고되었다[1]. 본 연구에서는 규소 강판에서 3차 재결정 거동에 영향을 미치는 황의 표면 편석을 자기적 특성과 함께 분석하였다.

#### II. 실험방법

진공 유도 용해로를 사용하여 고순도 실리콘과 전해철로 3% Si-Fe 잉곳을 제작하였다. 잉곳은  $3 \times 3 \times 10 \text{ cm}^3$  크기로 절단하였다. 제작된 잉곳은 1200 °C에서 60분간 재가열한 후 열간 압연을 실시했으며 800 °C에서 4시간동안 진공 분위기에서 예비 소둔을 한후 냉간 압연을 실시했다. 냉간 압연은 두께가 100 $\mu\text{m}$ 인 시편의 경우 80-50-60%의 압연율로 3단 압연하였으며 130  $\mu\text{m}$  이상의 시편은 80-60 %의 압연율로 2단 냉간 압연을 실시했다[2]. 냉간 압연의 중간 과정으로 800°C에서 30분간 열처리했으며 최종 소둔은 1200°C에서 240분까지 시간의 변화를 주며 시행했다. 자속 밀도값은 최종 열처리 시간에 따라 DC-

FLUXMETER로  $B_{10}$ 값을 측정하였고, AES로 표면 분석을 시행했다. 진공 열처리시 진공도는  $10^{-6}$  torr를 유지하였다. 집합조직은 Pole figure로 분석했다.

### III. 실험결과 및 고찰

120분간 최종 소둔을 시행한 100  $\mu\text{m}$ 두께의 시편에서 1.98 tesla의 높은 자속 밀도값을 얻을 수 있었다(Fig. 1). AES표면 분석결과, 대기중에서 오염되는 탄소와 산소를 제외한 황의 peak을 발견할 수 있었으며, 열처리를 하지 않은 시편의 경우 표면에서 황이 검출되지는 않았지만 열처리 시간이 경과함에 따라 상대적으로 강한 황의 peak이 관찰된 후 120분 열처리에서 황의 peak은 완전히 사라졌다 (Fig. 2). 130  $\mu\text{m}$  두께의 시편에서도 같은 경향이 관찰되었으나 100  $\mu\text{m}$ 두께의 시편에 비해 1.90 tesla 이상의 자속 밀도값을 얻기 위해서 열처리 시간이 더 오래 걸림이 관찰되었다.

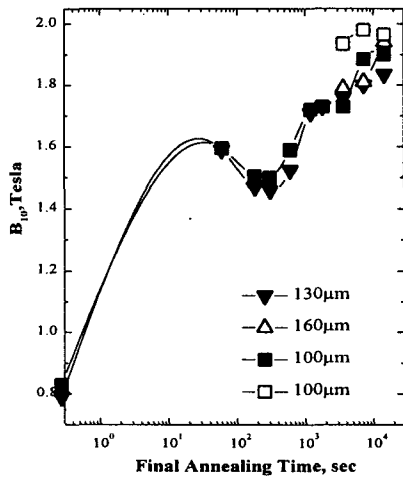


Fig. 1 Changes in magnetic flux density with final annealing time at 1200 °C.

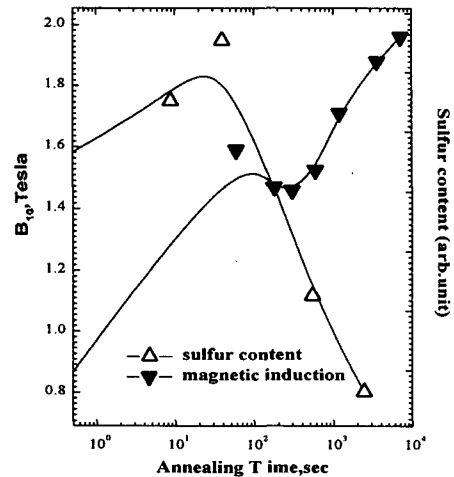


Fig. 2 Changes in magnetic flux density and sulfur content at surface with final annealing time.

### IV. 결론

본 실험을 통해 진공 열처리 과정에서 표면에 편석되어있는 황이 진공 중에 탈황되어 (110)의 표면 에너지를 낮추어 결과적으로 3차 재결정을 일으켜 높은 자속 밀도값을 얻을 수 있었다. 따라서 (110)면과 다른 면과의 표면 에너지 차이에 의한 (110)[001] Goss texture의 거동은 시편의 표면에 편석되어 있는 황의 농도에 직접적으로 연관되어있는 것으로 판단된다[3].

### V. 참고문헌

- [1] K. Ishiyama, 박사학위논문, 동북대(1994).
- [2] K. Y. Kim, Y. J. Kim, J. G. Na, et al., *J. Appl. Phys.* **81**, 4115 (1997).
- [3] N. H. Heo, K. H. Chai, J. G. Na, et al., *J. Appl. Phys.* **83**, No. 11, 1 June (1998).