

## 전동기용규소강판에 대한 연구

한상설, 김성준

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《인민경제 선행부문과 기초공업부문을 추켜세우기 위한 결정적인 대책을 세워 석탄, 전력, 금속, 철도운수부문을 확고히 앞세우고 경제강국건설의 도약대를 튼튼히 다져야 합니다. 특히 석탄, 금속공업부문에서 혁신을 일으켜 나라의 전반적경제를 활성화하도록 하여야 합니다.》

이전에는 열간압연한 등방성 규소강판이 전동기용규소강판으로 리용되였다. 그러나 이 강판은 등방성이라는 측면에서 전동기용강판으로 썼지만 자속밀도가 작고 비손실이 크며 접착률이 낮은 결함이 있었다.

최근에 (100)[0vw]집합조직을 가진 방향성 규소강판이 도입되어 전동기용규소강판으로 리용되고있는데 이러한 규소강판에서는 (100)면이 압연면에 평행이고 자화용이축이 압연면내에 놓이므로 자속밀도가 높고 보자력이 작아 비손실이 또한 작다.

전동기용규소강판제작에서 변압기용방향성 규소강판의 형성과 다른 점은 중간소둔을 고온에서 진행하고 고온소둔을 저온에서 하는것이다.[1, 2]

우리는 변압기용한방향성 규소강판으로 제작된 규소강판을 리용하여 전동기용규소강판을 만드는 과정에 대하여 연구하였다.

실험에서는 3% Si-Fe합금을 소재로 리용하였다.

3% Si-Fe합금에는 Si, C, P, S, Mn, Ni가 각각 2.83, 0.05, 0.015, 0.006, 0.01, 0.06% 들어있다.

3% Si-Fe합금소재를 2.5mm까지 열간압연하고 800°C에서 5h동안 습기있는 수소분위기속에서 탈탄소둔하였다. 이때 C함량은 0.005%이하로 떨어진다.

탈탄소둔에는 관상씨리트로를 리용하였으며 로의 온도안정화구역은 30cm정도이다. 또한 수소발생장치에서 나온 수소는 물속을 통과시켜 습수소로 만들었다.

탈탄소둔한 소재는 (110)[001]규소강판을 제작할 때와 같이 0.7mm까지 1차랭간압연하고 0.2mm까지 2차랭간압연을 하였다.

중간소둔은 1 000°C에서 5h동안 습기있는 수소분위기속에서 진행하였다.(한방향성 규소강판을 제작할 때에는 800°C에서 진행한다.)

마감소둔은 각각 900, 950, 1 000°C의 수소분위기속에서 진행하였다.

모든 소둔에 대하여 온도증가속도는 300°C/h로, 냉각속도는 100°C/h로 하였으며 온도유지단계에서의 조종오차는  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 였다.

또한 가열, 유지, 냉각이 진행되는 전과정에 수소분위기를 보장하였다. 마감소둔이 끝난 모든 시편들에 대하여 재결정화가 일어났는가를 보기 위하여 질은 HCl을 리용하여 산처리를 하였다.

이때 900°C에서 소둔한 시편에서는 육안조직상이 관찰되지 않았으며 950°C와 1 000°C에서 소둔한 시편들에서는 3~4mm의 크기로 성장한 립자들이 관찰되었다.

규소강판의 마감소둔에서 2차재결정화가 진행되었을 때 육안조직상이 나타난다는 사실을 고려하면 900°C에서 마감소둔한 시편에서는 2차재결정화가 진행되지 않았다는 것을 알 수 있다.

회전방향의 자기적특성을 조사하기 위하여 시편을 외경이 28mm, 내경이 16mm 되게 고리형으로 따내고 850°C에서 응력제거소둔을 진행한 다음 탄동검류계를 리용하여 자화곡선을 측정하였다.

각이한 온도에서 열처리한 시편들의 자기적특성은 표와 같다.

표. 열처리한 시편들의 자기적특성

열처리 온도/°C	초기 투자률	보자력 / (A · m <sup>-1</sup> )	자속밀도 / T	육안조직 크기/mm
900	477	55	1.39	
950	4 774	30	1.7	3~4
1 000	3 979	30	1.49	3~4

전동기용규소강판의 제작에서 립자들이 (100) 배향되면 자화용이축들인 <001> 이 압연면내에 놓이므로 회전방향의 자속밀도가 제일 높게 된다. 또한 (100)[ovw] 배향되면 회전방향의 자속밀도 B<sub>25</sub>가 1.5~1.7T에 달한다.

표에서 보는바와 같이 1 000°C에서 중간소둔을 하고 마감에 950°C에서 열처리한 시편에서 자속밀도 B<sub>25</sub>가 이 범위에 속한다. 이것은 이런 방법으로 열처리할 때 (100)[ovw] 배향조직이 합성된다는 것을 보여준다.

B<sub>25</sub>를 더 높이자면 완전(100)배향되어야 하며 압연면에 평행인 축[ovw]에서 v, w가 여러가지로 흡수되어야 한다.

## 맺 는 말

1) 900°C의 마감소둔온도에서는 육안조직이 생기지 않으므로 2차재결정화가 진행되지 않았다.

2) 950°C의 마감소둔온도에서 자속밀도 B<sub>25</sub>가 1.7T이므로 (100)[ovw]배향이 잘 진행되었다.

## 참 고 문 헌

[1] N. P. Goss.; U.S. Patent, 1, 965, 1934.

[2] D. Dorner et al.; Acta Mater, 55, 2519, 2007.

주체103(2014)년 12월 5일 원고접수

## On the Oriented Silicon Steel for the Electric Motor

Han Sang Sol, Kim Song Jun

We have investigated the properties of the silicon steel for the electric motor that manufactured by 3% Si-Fe.

When the final annealing temperature is 950°C, the magnetic flux is 1.7T.

Key words: magnetic flux, silicon steel