

Sr-La휠리트영구자석의 자기적특성에 미치는 소결조건의 영향

김혁, 김광수

영구자석재료는 현실응용에서 없어서는 안될 재료이며 특성이 높은 영구자석재료를 자체로 개발하는것은 매우 절실한 문제로 나서고있다.

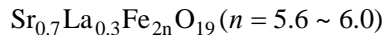
현재 휠리트영구자석은 많은 분야에서 광범히 응용되고있는데 자동차, 가정용전기제품, 전동자전거 등 여러 분야들의 급속한 발전과 함께 휠리트영구자석도 응용범위가 넓어지고있다.

Sr계휠리트영구자석은 원가가 낮고 특성이 좋은것으로 알려져있으며 제작조건이나 첨가물과 같은 여러가지 인자들을 고려하여 보다 낮은 원가로 높은 자기적특성을 얻기 위한 연구[1-3]가 활발히 진행되고있다.

본문에서는 Sr-La휠리트영구자석제작과정에서 소결조건이 그것의 자기적특성에 미치는 영향을 출발원료의 배합비와 결부하여 연구하였다.

1. 시편의 조성과 제작방법

선택한 Sr-La휠리트영구자석의 조성은 다음과 같다.



출발원료로서는 Fe_2O_3 (99.3%), SrCo_3 (99.5%), La_2O_3 (99.9%) 을 리용하였다. 출발물질을 보다 효과적으로 분쇄하기 위하여 행성식분쇄장치를 리용하여 증류수속에서 3h동안 분쇄하고 50MPa의 압력으로 성형하여 1260°C에서 2h동안 소성하였다.

1차소성후 증류수속에서 4h동안 행성식분쇄를 하였다. 다음 원판형으로 100MPa의 압력조건에서 자기마당성형을 진행하고 1200~1280°C에서 1~3h동안 소결하였다.

시편의 자기적특성을 연구하기 위하여 탄동검류계법에 의하여 자화곡선과 리력곡선을 측정하고 그것의 정적특성량(잔류자화, 보자력)을 결정하였다.

2. 실험결과 및 고찰

휠리트영구자석의 자기적특성량들인 잔류자화나 보자력은 조성에 따라서도 변화되며 조성이 일단 주어지면 외적요인인 소결조건에 따라서도 변화되게 된다.

1260°C에서 2h동안 소결할 때 출발원료의 배합비 n 에 따르는 자기적특성량의 변화는 그림 1과 같다. 여기서 n 은 출발물질인 Fe_2O_3 과 $0.7\text{SrCo}_3 + 0.3\text{La}_2\text{O}_3$ 의 비율을 나타낸다.

그림 1에서 보는바와 같이 $n=5.9$ 일 때 자기적특성량들이 최적값을 가진다.

이때 소결온도를 지나치게 높이거나 시간을 길게 하는 등 소결조건을 합리적으로 택하지 못하면 오히려 자기적특성값들이 떨어진다.

소결온도에 따르는 $\text{Sr}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{Fe}_{11.8}\text{O}_{19}$ 휠리트영구자석의 잔류자화변화는 그림 2와 같다.

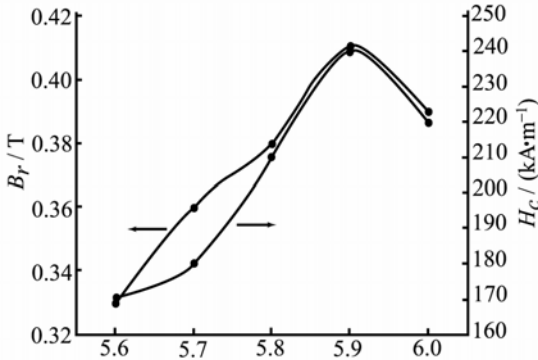


그림 1. n 에 따르는 자기적특성값의 변화

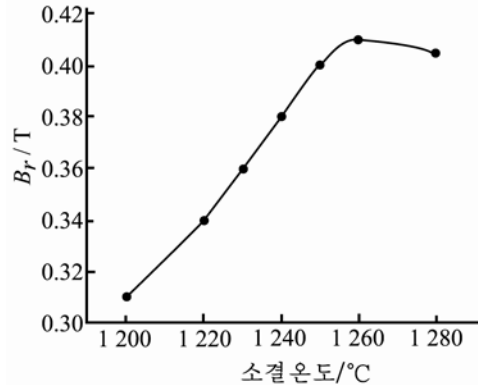


그림 2. 소결온도에 따르는 $\text{Sr}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{Fe}_{11.8}\text{O}_{19}$ 의 잔류자화의 변화(소결시간 2h)

그림 2에서 보는바와 같이 소결온도가 높아짐에 따라 잔류자화는 증가하다가 1260°C 이상에서는 증가하지 않고 감소된다. 소결온도가 1260°C 까지 높아질 때 잔류자화가 증가하는것은 온도가 높아짐에 따라 고상반응이 촉진되어 마그네트플람바이트형의 단일상이 이루어지는 방향으로 진행되기때문이다. 또한 1260°C 이상의 온도에서부터 감소되는것은 1260°C 근방에서 휠리트화반응이 거의 완성단계에 이르고 그다음부터는 휠리트 분말의 응결이 일어나기때문이다. 즉 소결온도가 높아짐에 따라 결정이 급속히 치밀해지기때문이며 1260°C 이상에서는 심한 열운동에 의하여 립자배렬이 형클어지기때문이다.

소결시간 2h에서 소결온도에 따르는 보자력변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 소결온도가 높아짐에 따라 보자력은 증가하다가 1260°C 이상에서는 점차 작아진다.

소결온도가 1260°C 까지 높아질 때 보자력이 증가하는것은 잔류자화의 경우와 마찬가지로 온도가 높아짐에 따라 점차 마그네트플람바이트형의 단일상이 이루어지기때문이다. 또한 1260°C 이상의 온도에서는 보자력이 감소되기 시작하는데 이것은 휠리트화반응이 끝나고 분말립자들이 응결되기때문이다. 일반적으로 마그네트플람바이트형휠리트의 보자력형성의 원인은 단자구립자의 회전자화에 있으므로 지나친 고온소결은 높은 보자력을 가지는 휠리트자석제조에 적합하지 못하다. 그것은 온도가 높을수록 휠리트를 이루는 결정립자들의 자기적배렬이 어렵고 단자구크기를 벗어나는 립자성장으로 하여 보자력이 작아지기때문이다. 소결시간은 소결에서 중요한 량의 하나로서 소결시간에 따라 자기적특성값들도 변화된다.

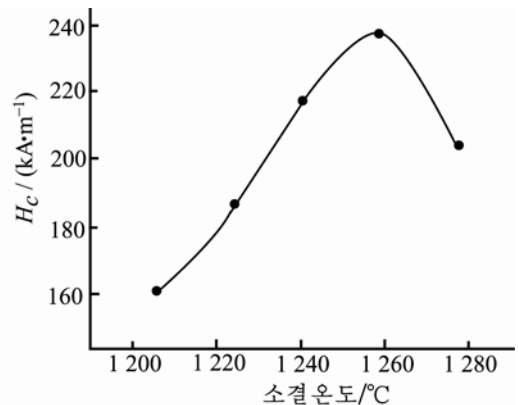


그림 3. 소결온도에 따르는 보자력의 변화

그림 4에 소결시간에 따르는 Sr-La휠리트시편의 잔류자화의 변화곡선을 보여주었다.

그림 4에서 보는바와 같이 소결시간이 길어질수록 잔류자화는 증가하며 2h이후부터는 점차 감소한다.

소결시간이 길어짐에 따라 시편에서는 비자성상이 점점 줄어들고 마그네트플람바이트형의 단일상으로 점차 넘어가며 일정한 시간이 지나서부터는 휠리트립자분말의 응결이 일어나기 시작한다.

그림 5에 소결시간에 따르는 보자력의 변화곡선을 보여주었다.

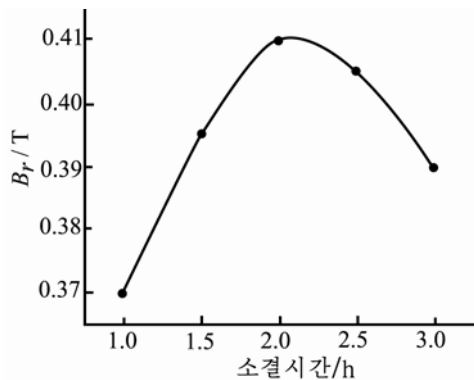


그림 4. 소결시간에 따르는 잔류자화의 변화
(소결온도 1 260°C)

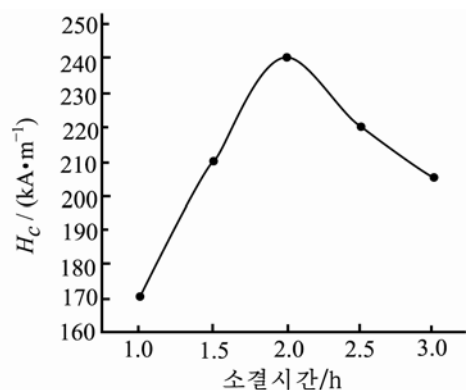


그림 5. 소결시간에 따르는 보자력의 변화
(소결온도 1 260°C)

그림 5에서 보는바와 같이 보자력은 소결시간 2h까지는 증가하고 그이후부터 감소하는데 이것은 분말립자의 응결이 세게 나타난다는것을 의미한다.

이로부터 소결시간을 합리적으로 선택하는것이 자기적특성량제고에서 중요하다는것을 알수 있다.

맺 는 말

1) Sr-La휠리트에서 출발물질의 합리적인 배합비 n 은 5.9이다.

2) $Sr_{0.7}La_{0.3}Fe_{11.8}O_{19}$ 에서 자기적특성량들은 소결조건에 따라 크게 변화되며 가장 합리적인 소결온도는 1 260°C, 소결시간은 2h이다.

참 고 문 헌

- [1] L. Harnagea et al.; J. Solid State Chem., 211, 219, 2014.
- [2] Chek Pin Yanga et al.; J. Electric Ceramics Solid, 27, 2765, 2007.
- [3] 刘先松 等; 稀有金属材料与工程, 31, 385, 2002.

Influence of Sintering Condition Affecting to Magnetic Properties of Sr-La Ferrite Permanent Magnet

Kim Hyok, Kim Kwang Su

When the temperature increased, magnetic characteristic value of $\text{Sr}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{Fe}_{11.8}\text{O}_{19}$ increased and it has optimum value at 1 260°C.

At optimum temperature 1 260°C, we obtained reasonable 2 hours-sintering time through the experiment.

Key words: ferrite permanent magnet, fritting condition