

A29

Nd-Fe-B계 급냉리본의 산화거동

김진구, 강기원*, 송진태
한양대학교 재료공학과, * 한국원자력연구소

1. 서론

Nd-Fe-B계 자성재료는 $Nd_2Fe_{14}B$ 상의 큰 포화자화와 자기적 이방성으로 인하여 경질자성재료로써 우수한 성질을 나타낸다. 이러한 Nd-Fe-B계 자성재료는 낮은 열적 안정성과 낮은 산화 저항성으로 인해 사용범위에 제약을 받아 왔다. 낮은 열적 안정성은 Co등의 원소를 첨가하여 향상시키고 있으며, 낮은 산화저항성은 자성체에 내산화피막을 입히거나, Ni등의 합금 원소를 첨가하여 산화저항성을 향상시키는 연구가 행해지고 있다.

본 연구에서는 Nd-(Fe,Co)-B합금에 Ni,Al,Ti 등을 복합치환하여 그에 따른 산화거동과 자기적 성질의 변화를 연구하였다.

2. 실험 방법

진공유도로를 사용하여 Nd-(Fe,Co,Ni)-B-(Al,Ti)의 성분으로 모합금을 제조한 후, 그 모합금으로 급냉리본을 만들었다. 이 급냉리본으로 미세 조직과 자기적 성질을 측정할 다음, 그 리본과 리본분말을 산화시켜 시간에 따른 무게 변화, 산화생성물 그리고 자기특성변화 등을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

급냉리본의 미세구조는 주상인 $Nd_2Fe_{14}B$ 과 Nd-rich상 등으로 이루어진 제 2상으로 구성되었다. 이러한 제 2상이 domain wall pinning site로 작용하여 고보자력을 나타낸다. Ti을 첨가한 리본의 결정립은 첨가하지 않은 시편이 결정립보다 작았다. 이들 리본의 산화 거동은 parabolic한 거동을 나타내고 있으며, Ni첨가시 매우낮은 산화량을 나타내었다. 또한 산화된 리본의 표면은 Nd의 우선적 산화에 의해 표면에 요철이 관찰되었으며 Ni첨가시 그러한 요철은 많이 줄어들었다. 표면의 산화층은 Nd산화물이었고, 표면에서 내부로 들어갈수록 Nd의 양이 조성과 비슷해졌고 산소과 내부로 많이 확산되었다. 이는 입계상에 있는 Nd-rich상이 우선적으로 산화되고 이것이 확산통로로 작용하였다고 생각된다. 또한 Ni첨가시 이러한 산화거동이 많이 억제되었다. 산화가 진행됨에 따라 자기특성은 보자력이 크게 감소하여 제 2상에 의한 domain wall pinning이 약해져 이러한 특성저하가 일어난다고 판단되어진다

4. 실험결과

1) 이 자성재료는 크게 주상인 $Nd_2Fe_{14}B$ 상과 제 2상으로 구성되어 있으며, 제 2상은

Nd-rich 상과 B-rich 상으로 나눌 수 있다. 그리고, 이러한 제 2상들이 부식 및 산화 거동에 큰 영향을 미쳤다. 한편, Ti을 첨가한 시편의 주상은 Ti의 첨가에 기인한 결정립 미세화 작용으로 그 크기가 현저하게 감소하였다.

2) 산화실험 전의 자기적 성질을 살펴보면, Al만을 첨가한 시편이 가장 뛰어난 성질을 나타냈으며, Ni을 첨가한 시편에서는 보자력과 잔류자화의 감소가 발생하였다. 그러나, Ni의 함량이 5at.%인 시편보다는 10at.%인 시편에서 다소 우수한 자기적 성질을 나타내었다. 이는 Al의 첨가가 자기적 성질 향상에 매우 큰 영향을 미친다고 생각된다.

3) 산화거동은 parabolic한 모양을 띄고있어 Nd와 O의 상호확산이 산화반응을 결정한다. 또한 이들의 산화는 입계상을 통하여 이루어지며 산화 피막이 치밀하지않아 산화를 효과적으로 막지못하였다. 그리고 주상을 지지하는 제 2상이 산화로 인해 주상의 분리가 이루어졌다. Ni의 첨가는 산화저항성을 개선시켜 표면에 균일한 산화막을 형성시켰다.

4) Ni의 첨가는 주상의 Fe와 미처 치환하지 못한 Ni이 결정립 경계에 편석되어 제 2상의 산화저항성을 증가시킴으로써 리본의 산화저항성을 개선시켰다. 그리고 Ti의 첨가는 결정립을 미세화시켜 산화저항성을 개선시켰다.

5) 산화된 리본의 표면을 분석한 결과, Ni를 첨가하지 않은 경우와 Ni을 첨가한 시편에서 모두 Nd의 산화물로 이루어져 있고, 주로 Nd와 O의 상호확산으로 인하여 표면에 많은 Nd를 발견할 수 있었으며, 결정립계를 통한 산소의 확산을 확인할 수 있었다.

5. 참고문헌

- 1) Paul Mitchell : IEEE Trans. Magn. Vol.26, No.5, (1990) 1933
- 2) M.Shimotomai, Y.Fukuda, A.Fujita and Y.Ozaki : IEEE Trans. Magn. Vol.26, No.5, (1990) 1939
- 3) M.Sagawa, S.Fujimura, H.Yamanoto, and Y.matsuura : IEEE Trans. Magn. MAG-20, No.5, (1984) 1584
- 4) R.W.Lee : Appl. Phys. Lett. 46, (1985) 790
- 5) R.W.Lee, E.G.Brewer and N.A.Schaffel : IEEE Trans. Magn. MAG-21, (1985) 1958
- 6) R.K.Mishra : J. Appl. Phys. 62, (1987) 967
- 7) J.D.Livingston : J. Appl. Phys. 57, (1985) 4137