

Nd-Fe-B계 급냉리본의 부식과 자기적성질 변화
(The Variation of Magnetic Properties with Corrosion
for Nd-Fe-B-based Melt-spun Ribbons)

한양대학교 재료공학과	김진구, 오영민, 송진태
한국 원자력연구소	강기원
러키금속기술연구소	이은덕, 진경식

1. 서 론

뛰어난 자기적 성질을 갖는 Nd-Fe-B계 영구자석재료는 일상적 환경에서조차도 쉽게 부식된다는 결점을 가지고 있기 때문에 상업적 이용에는 어려움이 많다. 이에 대해 내산화피막처리를 행하여 부식저항성을 증가시키는 연구¹⁻²⁾와 자석합금자체에 내식성을 부여하는 연구³⁾가 행하여지고 있다. 그러나 내산화피막처리는 일단 피막에 결함이 생기면 결함부위에서 재료내부 깊숙히까지 부식되기 때문에 이의 방지를 위해 치밀한 피막을 형성케하는 공정이 매우 복잡하며, 자석합금 자체에 내식성을 부여하는 방법은 자기적 성질을 저하시킨다는 문제점을 갖고 있다.

본 연구에서는 후자를 택하여 Nd-Fe-B 자석합금에 Fe를 Co와 Ni로 복합치환하고 이에따른 보자력의 감소를 보완하고자 Al과 Ti을 첨가한 급냉리본의 부식 저항성과 이에따른 자기적성질 변화에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

$Nd_{14}(Fe_{63}Co_{15-x}Ni_x)B_5(Al_{2-y}Ti_y)$ ($x=0,5,10$ $y=0,1,2$)를 기본조성으로 하여 진공고주파유도로를 이용하여 모합금을 제조하였다. 이 합금을 파쇄하여 석영관에 넣고 Ar gas의 분위기하에서 유도용해후, 0.6~0.7mm 직경의 노즐을 통하여 Cu wheel에 분출시켜 급냉리본을 제작하였다. 급냉리본의 미세구조관찰은 SEM, TEM, EPMA등을 이용하였고, 자기특성은 시료진동형자력계(VSM)로, 부식특성은 Potentiostat로 부식거동을 관찰하였다. 부식생성물은 EDX와 AES로 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

① melt-spun ribbon의 결정구조 및 미세구조

TEM 및 EPMA 관찰에 의해 급냉리본의 결정립은 주상인 $Nd_2Fe_{14}B$ 와 제 2상으로 구성되어있으며, 입계에 존재하는 제 2상은 Nd-rich상과 B-rich상으로 이루어졌다. Ti을 첨가한 리본의 $Nd_2Fe_{14}B$ 결정립은 첨가하지 않은 시편의 결정립보다 작았으며, 이들 리본의 결정구조는 XRD 조사결과 전형적인 $Nd_2Fe_{14}B$ 형의 정방정 구조이었다.

② 부식거동

Minowa의 보고에 의하면 부식기구는 각상이 B-rich > Nd-rich > $Nd_2Fe_{14}B$ 순서의 부식성을 갖는 galvanic corrosion으로, anode인 제 2상과 cathode인 $Nd_2Fe_{14}B$ 의 면적차이에 의해 매우 빠른 부식 속도를 나타낸다. 최대의 보자력을 보인 냉각속도(약

20m/sec 전후)로 제작한 리본을 사용하여, 500ppm NaCl, 0.15M H₃PO₄, 0.1M NaCl 수용액에서 전기화학적 방법으로 anodic polarization curve를 측정한 결과, Open Circuit Potential(OCP)은 Ni을 첨가한 시편의 경우가 첨가하지 않은 경우보다 80~100 mV 높은 값을 나타내며 한계전류밀도도 낮아졌다.

③ 부식실험 전·후의 자기적 성질

자기적 성질은 Ni을 첨가함에 따라 감소하였으나, 부식실험 후에는 부식저항성이 증가할수록 그 성질의 저하가 억제되었다. 이는 입계에 형성되는 제 2상들이 domain wall의 이동을 억제함으로써 이 재료의 고보자력에 기여하지만, 부식이 발생하면 부식으로 인하여 입계상의 조성 및 구조의 변화가 일어나서 domain wall의 이동을 효과적으로 억제하지 못하고, 결과적으로는 보자력의 저하를 가져오기 때문이다. 그러나, Ni을 첨가할 경우에는 입계에 편석된 Ni이 입계의 부식을 억제하고, 부식에 따른 입계상의 변화를 방지하여 보자력의 저하가 크게 일어나지 않았다.

한편, Ni을 첨가한 시편의 부식실험전의 자기이력곡선은 초기자화곡선의 기울기가 적어 입계상에 의해 domain wall이 pinning 되어, 고보자력이 유지되었음을 추측할 수 있었다. 결론적으로 Ni의 첨가가 입계상의 부식을 억제함으로써 입계상에 의한 domain wall pinning 효과에 크게 기여한 것으로 판단된다. Auger 분석을 통하여 Ni을 첨가한 시편의 표면에서는 Nd의 부식생성물이 크게 감소함을 확인할 수 있었다.

따라서 Ni의 첨가는 입계상의 부식저항성의 개선과 그에 따른 자기적 성질의 저하를 억제하였다.

4. 참고문헌

- (1) T.Minowa, H.Yoshikawa and M.Honshima : IEEE Trans. Magn. Vol.25, No.5 (1989)3776
- (2) Paul Mitchell : IEEE Trans. Magn. Vol. 26, No.5 (1990)1930
- (3) M.Shimotomai, Y.Fukuda, A.Fujita and Y.Ozaki : IEEE Trans. Magn. Vol. 26, No.5, (1990)1939