

## 코발트 웨라이트 에피탁시얼 산화철의 생성과 자기특성(II)

변태봉 · 김대영 · 이재영 · 이현 · 손진군 · 한기현

산업과학기술연구소

(1991년 12월 16일 받음)

침상형의  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자를 Co<sup>+2</sup>/Fe<sup>+2</sup>의 몰비가 0.5인 2가 금속혼합용액을 함유하는 알칼리성 용액에서 90°C로 가열하였다. 코발트 함량이 증가함에 따라 생성물의 보자력은 거의 직선적으로 증가하였으며 비표면적은 감소하였다. 코발트 웨라이트는  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정 표면에 에피탁시얼하게 성장되며, 보자력의 증가는 피착층인 코발트 웨라이트의 결정 자기이방성에 기인하는 것으로 사료된다. 당량비 2이상에서 우수한 자기적 특성을 기대할 수 있었으며 반응공정도 코발트 웨라이트 에피탁시얼 산화철의 보자력 특성에 영향을 미친다. Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 온도 및 경시변화에 대한 안정성은 피착층 조성에 의해 크게 지배된다.

### I. 서 론

코발트를 함유하는  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 자성분말은  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 비해 높은 보자력을 나타내기 때문에 Video tape를 비롯, 고성능 Audio cassette tape 나 Foppy disk등의 자기기록매체로서 광범위하게 이용되고 있다[1~3].

자성분말의 기록밀도와 직접적인 관계를 가지고 있는 보자력을 결정하는 인자는 결정자기이방성, 형상자기이방성, 자왜이방성이다. 형상자기이방성은 입자의 침상성에 의해 결정되며, 결정자기이방성, 자왜이방성 등은 물질고유의 값인 결정자기이방성정수, 자기왜곡정수에 의해 결정되는 값이다.  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 자기왜곡정수는 10<sup>-6</sup>정도의 작은 값을 가지기 때문에 자왜이방성에 의한 보자력 향상은 무시될 수 있게 된다. 따라서  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 보자력은 형상자기이방성과 결정자기이방성에 의한 보자력의 합으로 결정되게 되므로 결정자기이방성 정수가 큰 물질을 사용하면  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 보자력을 향상시킬 수 있게 된다.

본 연구에서는 보자력 향상에 직접적인 관계를 가지는 코발트 첨가량에 따른 각종 물성변화 및 피착층의 에피탁시얼 성장관계, 알칼리 첨가량 및 반응공정에 따른 자기적 특성변화, 온도 및 경시변화에 대한 안정성 등에 대해 검토 하였다.

### II. 실험방법

#### 1. 시료의 제조

출발물질로 사용한 seed의  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 평균장축 약 0.45  $\mu$ m, 침상비 약 6, 비표면적 16 m<sup>2</sup>/g, 보자력 290 Oe, 각형비 0.4 등의 물리적, 자기적 특성을 나타내는 입자를 사용하였다.

Seed인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 분말을 NaOH 수용액에 가해 충분히 분산시켜 슬러리화 한후 비산화성 가스를 유입시켜 용액 중의 용존산소를 제거하고 코발트와 철이온의 몰비(Co<sup>+2</sup>/Fe<sup>+2</sup>)가 0.5인 2가 금속 혼합용액을 가하여 수산화물이 공침된 현탁액을 제조하였다. 이 현탁액을 비산화성 분위기하에서 교반하면서 90°C로 승온한 후 산화성 분위기로 대체하여 30분간 반응시켰다. 반응후 제조된 생성물을 충분히 수세하고 60°C에서 10시간 건조시켜 측정시료로 하였다.

#### 2. 분석 및 측정방법

분말의 형상 및 lattice image의 관찰은 TEM(JEOL사, JEM-4000 FX)을 이용하였으며, 작업조건은 가속전압을 400 kV로 행하였다. 분말의 비표면적은 BET법(MICROMERITICS사, ASAP 2,000)으로 측정하였으며, 자기적 특성은 VSM(TOEI 사, VSM-5)을 이용하

여 측정하였다. 측정시 분말의 충전밀도는 약 1g/cm<sup>3</sup>, 인가자장은 10 kOe로 하였다. 보자력의 경시변화는 시료를 100°C로 유지된 건조기 내에 방치하여 5일 간격으로 특성변화를 측정하여 조사하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

#### 1. 코발트 첨가량의 영향

코발트 첨가량에 따라 제조된 Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 자기적 특성변화를 그림 1에 나타내었다.

코발트 첨가량이 증가함에 따라 포화자화 값은 거의 일정한 값을 유지하고 있는 반면 잔류자화, 각형비의 특성은 점차 증가하는 경향을 나타내었으며, 보자력은 코발트 함량 7wt%에 이르기까지 거의 직선적으로 증가하여 코발트 함량 7wt% 일때 약 900 Oe 정도의 특성을 나타내었다. 보자력의 급격한 증가현상에 비해 각형비의 원만한 증가는 에피택시 성장하는 코발트 페라이트의 자화 용이축 방향이 seed인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 침상축에 거의 평행한 상태로 존재한다는 것을 시사해 주는 것이다[4].

코발트 첨가량이 증가함에 따라 보자력이 거의 직선적으로 증가하는 현상은 seed인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정표면에 에피택시얼 성장 되는 코발트 페라이트의 결정자기 이방성의 기여도가 증가하기 때문인 것으로 사려된다[5~6]. 즉

보자력을 결정하는 주요인자는 결정자기이방성, 형상자기이방성, 자왜이방성 등이나  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 자기왜곡정수는 매우 작은값( $\lambda \sim 10^{-6}$ )을 나타내므로 자왜이방성에 의한

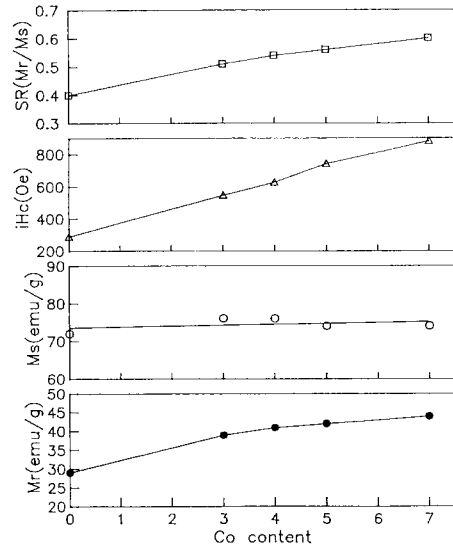


Fig. 1. Relation between the magnetic properties of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles coated by iron-cobalt ferrite and cobalt content (Co/ $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wt%)



Fig. 2. TEM photographs of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles coated by iron-cobalt ferrite formed depending on cobalt content (Co/ $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wt%)

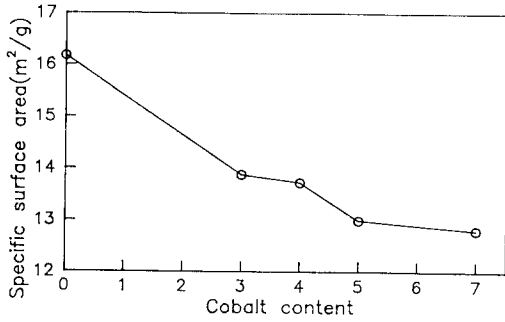


Fig. 3. Specific surface area vs cobalt content.

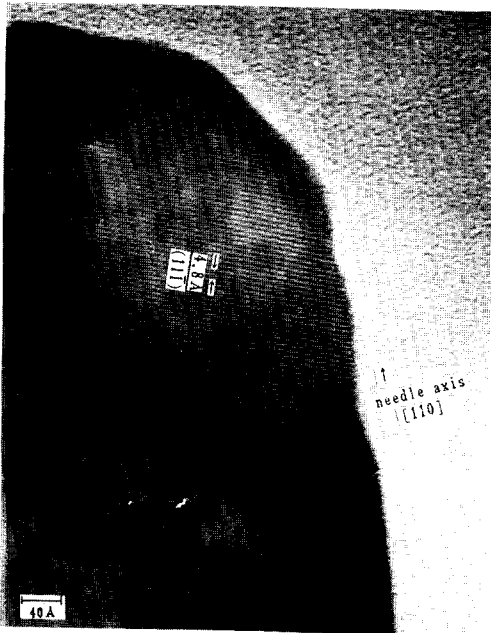


Fig. 4. High magnification electron micrograph of  $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  particle. Lattice image is observed in direction perpendicular to needle axis. Lattice spacing is  $4.8 \text{ \AA}$  based on  $(1\bar{1}1)$  plane.

보자력은 사실상 무시할 수 있는 값이 되게 된다[7]. 따라서  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의보자력은형상자기이방성과결정자기이방성의합, 즉  $H_c = 2\pi I_s + 2K_1/I_s$ 와 같은관계식에 의해결정되어지게되는것이다.형상자기이방성은입자의포화자화값에비례하는값으로코발트 웨라이트의포화자화값이 seed인  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의포화자화값에근접하는값을가지기때문에  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의형상자기이방성에의한보자력값은 seed인  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 와 거의동일한값을가지게

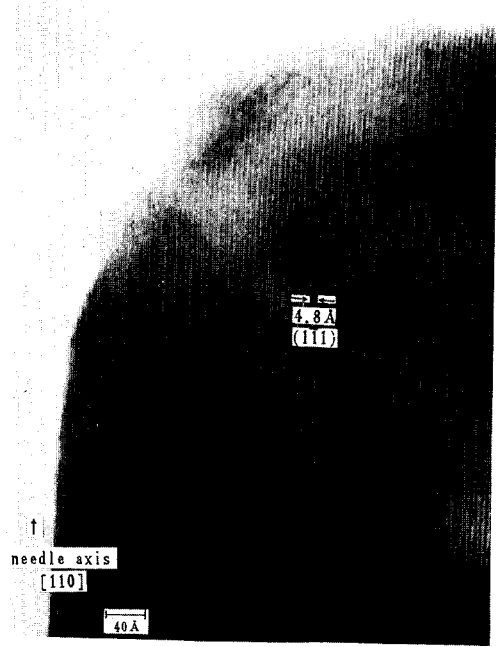


Fig. 5. High magnification electron micrograph of cobalt-ferrite epitaxial iron oxide. Lattice image is observed in direction perpendicular to needle axis. Spacing is  $4.8 \text{ \AA}$  based on  $(1\bar{1}1)$  plane.

된다. 따라서  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의보자력은피착층인코발트 웨라이트의결정자기이방성에의해증가한다는사실을추측할수있다. 이와관련하여 A. Eiling[6] 등은보자력의증가원인을코발트를함유하는층과코발트가존재하지않는core간의체적비를고려한Volume scaling model로서설명하였다. 즉코발트첨가량이증가함에따라표면층의두께즉코발트 웨라이트의두께가증가하여결정자기이방성의세기가커지기때문에보자력은증가한다고하였다. 이러한사실은그림2에나타낸전자현미경관찰결과만으로는확인할수없으나그림3에나타낸비표면적변화로부터확인할수있다. 즉코발트첨가량이증가함에따라비표면적이감소한다는것은seed입자크기가커진다는사실을의미하는데이것은곧피착되는코발트 웨라이트 피착층의두께가증가함에시해주는것이다.

Seed로사용한  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 와코발트첨가량을7wt%로하여제조한  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  입자에대해고분해능TEM을이용하여관찰한lattice image을그림4와그림5에각

각 나타내었다. Seed로 사용한  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 lattice plane은 입자의 침상축에 수직인 방향으로 관찰되었으며 lattice spacing이 4.8Å인 spinel lattice의 (111)면으로 확인되었다. 침상축에 수직인 면이 (111)면이라는 것은  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 침상축이 [110]방향이라는 것을 의미하는 것이다.  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 lattice plane은 입자의 침상축에 평행한 방향으로 관찰되었으며 lattice spacing이 4.8Å인 (111)면으로 확인되었다. 그림 3의 관찰결과로부터 코발트 웨라이트가 피착, 성장된 입자표면층의 lattice image와  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 에 해당하는 입자내부의 lattice image 간에 어떤 차이가 없이 일치하는 것으로 보아 코발트 웨라이트가  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  결정 표면상에 에피탁시얼하게 성장되었음을 판단할 수 있다.

2. 알카리 첨가량의 영향

2가금속염에 대한 알카리비, 즉 당량비 변화에 따라서 제조된  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 비표면적 변화를 그림 6에 나타내었다. 전자현미경 관찰결과에 따르면 알카리 첨가량에 따른 입자형상의 변화나 다른 입자형태의 존재는 확인 할수 없었다. 그러나 비표면적 변화를 보면 당량비 1에서는 seed로 사용한  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 비표면적보다 훨씬 큰 값을 나타내었으며 당량비 2이상에서는 감소하여 거의 일정한 값을 나타내고 있다. 에피탁시얼 성장에 의해 피착반응이 완료되면 비표면적값이 seed로 사용한 입자보다 작아진다는 사실로부터 당량비 1에서는 피착반응이 완전하게 이루어 지지 않았음을 짐작할 수 있다.

알카리 첨가량에 따른 자기적 특성변화를 그림 7에 나타내었다. 당량비가 증가함에 따라 포화자는 거의 일정한 값을 유지하고 있는 반면 보자력, 잔류자화, 각형비 등은 당량비 2에 이르기까지는 현저한 증가를 보이다가 당량비 2이상에서는 거의 일정한 값을 유지하는 경향을 나타내고 있다. 당량비 1의 조건은 마그네타이트가 생성하는데 가장 유리한 조건으로서 생성속도 또한 대단히 빠르게 이루어진다. 따라서 마그네타이트와 동일한 spinel형 ferrite인 피착층, 즉 코발트 웨라이트가 seed인  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  결정표면에 균일하게 피착, 성장되기는 매우 곤란하며 코발트 웨라이트로 분리, 생성될 것으로 사료된다. 이와 같은 코발트 웨라이트의 분리생성으로 비표면적 값이 현저히 증가하고 자기적 특성값이 낮게 나타난 것으로 짐작된다. 당량비 2이상인 고알카리용액 분위기 하에서는 코발트 웨라이트의 생성속도가 느려질 뿐만 아니라 수산화물 형태로 침전된 코발트 및 제일철염으로부터의 착이온 용출이 용이하게 이루어져 seed인  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  결정표면에 코발트 웨라이트가 균일하게 피착, 성장되었기 때문에 우수한

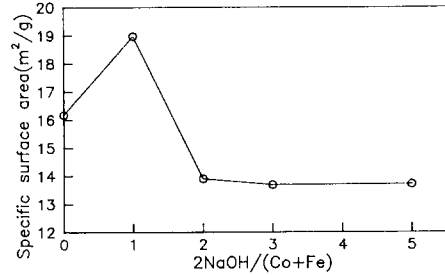


Fig. 6. Specific surface area vs 2 NaOH/(Co + Fe).

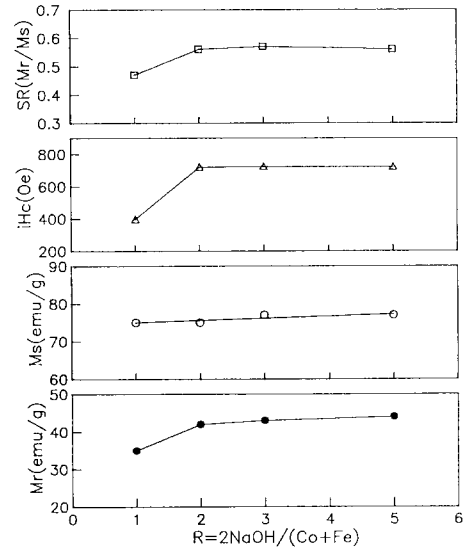


Fig. 7. Relation between the magnetic properties of  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  particles coated by iron-cobalt ferrite and normal ratio ( $R=2\text{NaOH}/(\text{Co}+\text{Fe})$ ).

자기적 특성을 나타내는 것으로 판단된다.

3. 반응공정의 영향

Seed인  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  결정표면에 코발트 웨라이트층을 생성시키는 공정은 일반적으로 seed가 분산되어 있는 슬러리 수용액에 적정조성비의 코발트 및 제일철염 혼합용액을 첨가하고 알카리 용액을 가하여 산화반응으로 웨라이트화 반응을 진행시키는 것으로 알려져 있다[8~11].

본 연구에서는 반응공정이 최종 생성물인  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 자기적 특성에 미치는 영향에 대해 검토 하였다.

반응공정에 따라 제조된  $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 자기적특성을 Table I.에 나타내었다.

포화지화, 잔류자화, 각형비 등은 반응공정에 관계없이

Table I. Magnetic properties of Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> formed depending on reaction order. (Co/ $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (wt%) = 3)

Method	Reaction order	Magnetic properties			
		M <sub>s</sub> (emu/g)	M <sub>r</sub> (emu/g)	H <sub>c</sub> (Oe)	SR
1	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ← Co ← NaOH ← Fe	74	39	537	0.53
2	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ← (Co, Fe) ← NaOH	74	39	553	0.53
3	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ← Fe ← NaOH ← Co	73	37	553	0.50
4	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ← NaOH ← (Co, Fe)	73	40	575	0.54
5	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ← Co ← $\frac{1}{4}$ NaOH ← Fe ← $\frac{3}{4}$ NaOH	74	38	539	0.52

거의 유사한 값을 나타내고 있으나 보자력 특성은 2와 4의 반응공정, 특히 4의 반응공정에 따라 제조된 시료가 보다 우수한 특성을 나타내었다. 이 반응공정에 따라 제조된 시료가 보다 우수한 특성을 나타내는 것은 seed인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 슬러리 수용액에 먼저 첨가되는 알카리 용액이  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정표면의 활성을 높여줌으로써 반응을 보다 균일하고 활발하게 진행시켜 피착층의 조직을 치밀화 할 뿐 아니라 피착층을 형성하게 되는 코발트 및 제일철염이 균일하게 혼합된 용액상태로 첨가됨으로써 피착층 내외 부간에 결정구조의 차이가 발생하지 않고 조성이 균일하게 되어 피착층에 의한 결정자기이방성의 기여도가 효과적으로 작용하였기 때문인 것으로 사료된다. 피착층을 형성하게 되는 코발트 및 제일철염 용액을 단독으로 첨가한 반응공정의 경우는 먼저 첨가되는 물질이 수산화물로 침전, 생성되어 seed인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정표면에 밀집하여 존재하게 되고 이후 첨가되는 물질이 수산화물로 침전되어 산화반응에 의해 웨라이트화 반응이 진행됨으로써 피착층 내외부간에 Co 이온 및 Fe 이온의 농도구배가 생겨 피착층의 결정구조에 이상을 초래하게 되리라 생각된다. 이러한 결정구조의 이상으로 인해 피착층의 결정자기이방성이 저하되어 보자력 특성이 저하되는 것으로 사료된다. 이상과 같이 코발트 및 제일철염을 단독으로 첨가하는 반응공정은 피착층의 조성불균일을 야기하여 결정자기이방성의 저하를 초래하는 원인이 됨으로 피착층을 형성하는 물질을 균일하게 혼합된 상태로 첨가해주는 것이 바람직 하리라 판단된다.

4. 온도 및 경시변화 특성

Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 안정성 실험은 보통의 환경조건하에서는 측정 오차 범위를 벗어나지 못하는 정도이기 때문에 보다 가혹한 분위기 하에서 처리하여 자기적 특성변화를 조사하였다.

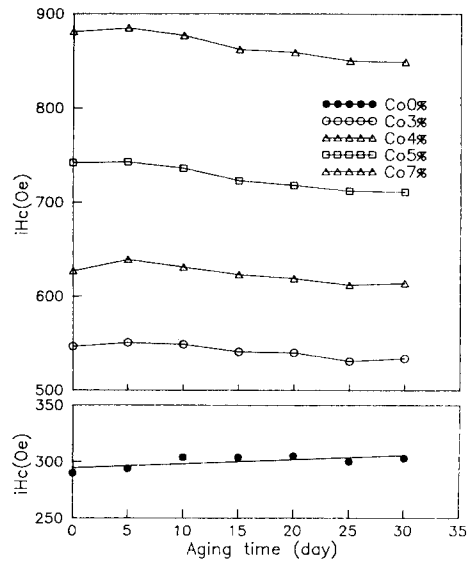


Fig. 8. Variation of coercivity of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles coated by iron-cobalt ferrite as a function of aging time.

코발트 첨가량 및 알카리 첨가량에 따라서 제조된 Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 숙성시간에 따른 보자력 변화를 그림 8와 그림 9에 각각 나타내었다.

그림 8에 있어서 seed로 사용된  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 보자력 변화는 거의 일정한 값을 유지하고 있었으며 코발트 첨가량이 3wt%인 경우는 30일 방치한 후의 보자력 특성이 초기 제조된 시료에 비해 약 2.4%, 7wt%인 경우는 약 2.7%의 보자력 감소율로 코발트 첨가량에 관계없이 거의 같은 감소폭을 나타내었다. 그림 9의 알카리 첨가량에 따라 제조된 시료 또한 같은 경향을 나타내고 있는데 이

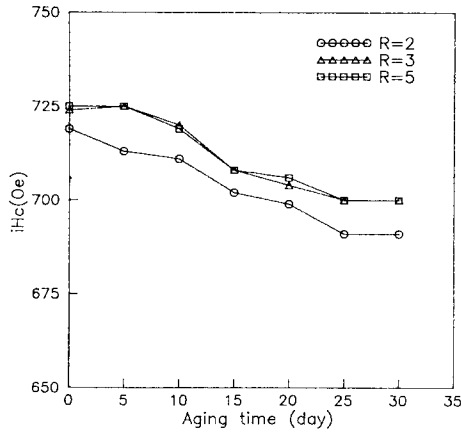


Fig. 9. Variation of coercivity of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles coated by iron-cobalt ferrite as a function of aging time.

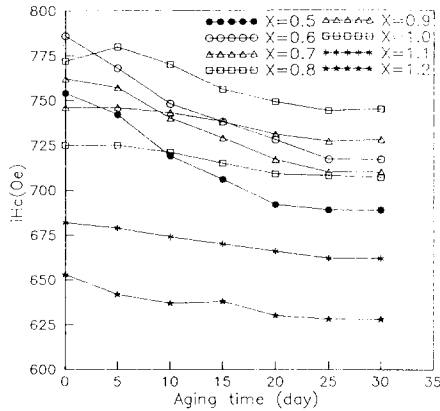


Fig. 10. Variation of coercivity of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles coated by iron-cobalt ferrite as a function of aging time.

러한 결과로 미루어 보아 Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 온도 및 경시변화는 단순히 코발트 첨가량에 영향을 받는 것이 아니라는 것을 확인할 수 있다.

피착층인 코발트 웨라이트(Co, Fe<sub>3-x</sub>O<sub>4</sub>)의 조성에 따라서 제조된 Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 숙성시간에 따른 보자력 변화를 그림 10에 나타내었다.

피착층 조성을 x=0.5로 하여 제조한 시료의 경우, 100°C 에서 30일간 방치한 후의 보자력 특성은 초기 제조된 시료에 비해 약 8.5%의 보자력 감소율을 나타내었으며 피착층 조성 x값이 증가함에 따라 보자력의 감소율

은 점차 감소하였다. 피착층 조성을 코발트 웨라이트의 화학양론조성에 해당되는 x=1인 조성으로 제조한 시료의 경우는 약 1.94%의 최소보자력 감소율을 나타내었으며 x=1이상의 조성으로 제조한 시료의 보자력 감소율은 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 코발트 함량이 일정함에도 불구하고 피착층 조성을 x=0.5로 하여 제조한 시료와 x=1인 조성으로 하여 제조한 시료간에는 온도 및 경시변화에 대한 보자력 특성에 현저한 차이가 있음을 알 수 있다. 이것은 피착층에 존재하는 Fe<sup>2+</sup> 농도가 자기적 특성에 큰 영향을 미치고 있음을 시사해주는 것이다. 즉 피착층 조성 x값이 작아질수록 피착층에 존재하는 Fe 함량이 많아짐으로 피착층 조성 x값이 큰 것에 비해 온도 및 경시변화에 따른 보자력 특성이 큰 폭으로 변화하고 있는 것으로 부터 알 수 있다. 이와같은 현상을 보이는 것은 피착층에 존재하는 Fe<sup>2+</sup>가 온도 및 경시변화에 의해 표면으로부터 산화가 진행되어 Fe<sup>3+</sup>로 변화함에 따라 피착층의 구조적인 결합으로 발생되어 피착층이 보자력 특성에 관여하는 결정자기이방성의 기여도가 감소하기 때문인 것으로 생각된다. 이상의 실험결과로 미루어 보아 Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 온도 및 경시변화 특성은 피착층 조성에 의해 크게 지배됨으로 알 수 있으며 피착층 조성이 얼마나 화학적으로 안정한 조성으로 이루어져 있는가에 따라서 결정되어지는 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 제조함에 있어 보자력의 향상에 직접적인 관여를 하는 코발트 첨가량에 따른 각종 물성 변화 및 피착층의 에피택시얼 성장관계, 알카리첨가량 및 반응공정이 자기적 특성에 미치는 영향, 온도 및 경시변화에 대한 안정성 등을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 코발트 첨가량이 증가함에 따라 보자력은 거의 직선적으로 증가하였으며, 비표면적은 감소하였다.
2. 코발트 웨라이트는  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결정표면상에 에피택시얼하게 성장되며 보자력의 증가는 피착된 코발트 웨라이트층의 결정자기이방성에 기인하는 것으로 사료된다.
3. 당량비 2이상에서 우수한 자기적 특성을 기대할 수 있으며, 반응공정도 최종생성물의 보자력 특성에 영향을 미친다.
4. Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 온도 및 경시변화에 대한 안정성은 피착층 조성에 의해 크게 지배된다.

## 참 고 문 헌

- [1] H. Sugihara and Y. Imaoka, Ind, Eng. Chom. Prod. Res. Dev., **23**, 330(1984).
- [2] A. Eiling, IEEE Trans. Magn., **MAG-23**(1), 16(1987).
- [3] S. G. Zhang, Z. S. Gao, S. T. Jiang and L. X. Wu, IEEE Trans. Magn., **MAG-26**(3), 1149 (1990).
- [4] M. Amemiya, M. Kishimoto and F. Hayama, IEEE Trans. Magn., **MAG-21**(6), 2626 (1985).
- [5] M. Kishimoto, S. Kitaoka, H. Andoh, M. Amemiya and F. Hayame, IEEE Trans. Magn., **MAG-17**(6), 3029(1981).
- [6] A. Eiling, R. A. Pott and J. Scharschmidt, IEEE Trans. Magn., **MAG-23**(5), 2883 (1987).
- [7] H. L. Lo and W. Gung, J. Appl. Phys. **50**(3), 2414(1979).
- [8] 北岡進, 安藤晴夫, Japan Pat, **134**, 523(1981).
- [9] 出次伸一郎, □次韋可, 比本達治, 山崎信夫, Japan Pat, **14**, 729(1983).
- [10] 儀□浴, Japan Pat, **194**, 306(1989).
- [11] 藤井一孝, 在久本謙一, 宮下政秀, Japan Pat, **203**, 226(1989).

# Formation of Cobalt Ferrite Epitaxial Iron Oxide and Their Magnetic Properties( II )

T. B. Byeon, D. Y. Kim, J. Y. Lee, H. Lee, J. G. Sohn, and K. H. Han

*Research Institute of Industrial Science & Technology*

(Received 16 December 1991)

Acicular  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles were heated at 90°C in alkaline solution containing mixed solution of dyadic metal with Co<sup>+2</sup>/Fe<sup>+2</sup> ratio of 0.5. When cobalt content was increased, the coercivity of resultant product increased linearly, and surface area decreased. The cobalt ferrite was grown epitaxially on the surface  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> crystal, and the increase of coercivity was attributed to the crystalline magnetic anisotropy of the cobalt ferrite which is conform to coating layer. We can expect superior magnetic properties above normal ratio of 2. The progress of reaction has an effect on coercivity of cobalt ferrite epitaxial iron oxide. The stability of temperature and the change on standing of Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> was largely influenced by the composition of coating layer.