

## Fe-N계 자성유체의 자기적 성질

쌍용양회공업(주) 중앙연구소 김 동 업\*

일본 금속재료기술연구소 中谷 功

## MAGNETIC PROPERTIES OF IRON-NITRIDE MAGNETIC FLUIDS

SsangYong Research Center

D.Y.KIM\*

National Research Institute for Metals(Japan) I.Nakatani

### 1. 서 론

자성유체란 미세한 자성 입자가 콜로이드 용액에 고르게 분산되어 있는 유체를 일컫는다. 최근 높은 자성특성을 나타내는 금속계 자성유체의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그중에서도 Fe-N계 자성유체는 제조가 용이하다는 장점으로 많은 주목을 받고 있다. Fe-N계 자성유체의 제 특성은 제조조건, 특히 자성체 입자 크기 및 자성유체내의 자성입자 분율에 의해 크게 영향 받는다. 본 연구에서는 자성입자의 입경이 각기 다른 Fe-N계 자성유체 제조조건을 수립하고, 이때 온도, 입경 및 자성유체의 체적분을 변화에 따른 Fe-N계 자성유체의 자성특성 변화를 고찰하고자 하였다.

### 2. 실험방법

Fe-N계 자성유체는 기상-액상 반응법으로 제조되었다. 자성체 원료로는  $Fe(CO)_5$ 를 사용하였으며 계면활성제로서는 amine을, 분산매로는 kerosene을 사용하였으며, 전 반응 과정에서 4N 암모니아 가스를 주입시켰다. 반응 물질은 90℃, 1시간 예비가열을 거친 후 185℃에서 1시간 반응하도록 하였으며, 원료  $Fe(CO)_5$ 가 완전히 소비될때까지 상기 과정을 반복시켰다. 이때 자성입자의 입경은 초기 주입된  $Fe(CO)_5$ 의 양으로써 조절되었다.

이와 같이 제조된 Fe-N계 자성유체에 대하여 TEM을 이용하여 자성 입자의 입경을 관찰하였으며, VSM을 이용하여 상온 자기특성을, 물리 특성측정기로 5K~상온에서의 자기적 특성을 조사하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

계면활성제 amine을 11.5g, 분산매 kerosene을 50.1g 첨가하고,  $Fe(CO)_5$ 의 양을 120, 100, 80 및 60g으로 조절해가며 반응시킨 계에 대해, 자성입자의 평균입경이 6.8, 8, 8.2 및 10.1nm인 4종류의 Fe-N계 자성유체가 제조됨을 확인하였다. 4종류의 자성유체 모두 잘 분산된 콜로이드 형태의 자성유체이었으며, 자성입자는 균일한 구 형상을 나타내고 있

었다. 이때 자성입자는  $Fe_3N$ 의 구조를 갖고 있음이 확인되었다.

본 실험에서, 자성입자의 입경이 커짐에 따라 자성유체내에서의 자성입자의 분율이 커지는 현상이 나타났으며, 이에 따라 Fe-N계 자성유체의 포화자화가 증가하였다.

입경이 각기 다른 4종류의 Fe-N계 자성유체에 대해 5K~ 상온에서 자기 특성을 측정 한 결과, 온도가 낮아짐에 따라 포화자속 밀도는 커지는 것이 확인되었다. 이때 측정된 자화의 변화를 (M/Ms)대 (H/T)(M/Mo)의 관계로 고찰해보면, 200K~ 상온의 범위에서는 각 온도에서 측정된(M/Ms)가 (H/T)(M/Mo) 축상에서 서로 겹치는 현상, 즉 상자성체의 superimposition 현상이 관찰되었다. 측정온도가 낮아짐에 따라 superimposition으로부터 이탈현상이 나타나는데, 이러한 이탈현상이 나타나는 온도(blocking temp)는 자성입자의 입경이 작을수록 낮아짐이 확인되었다.(그림 1,2) 초상자성체의 거동을 확인하기 위하여 측정 한 보자력의 온도변화 결과에 있어서도, 자성체 입경이 작아질수록 blocking 온도가 낮아지는 현상이 나타났다.

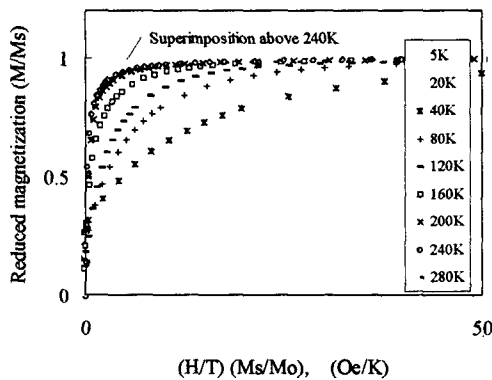


Fig. 1 (M/Ms) versus (H/T)(Ms/Mo) curves for  $\bar{d}=10.1nm$

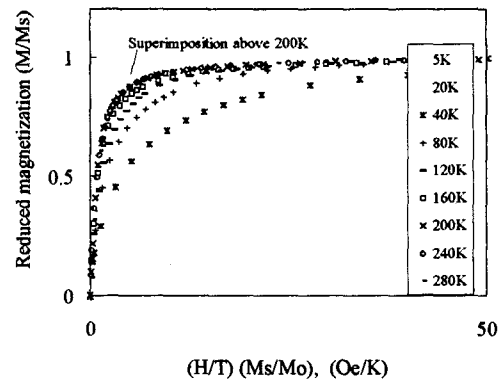


Fig. 2 (M/Ms) versus (H/T)(Ms/Mo) curves for  $\bar{d}=6.8nm$

#### 4. 결 론

- 1) 기상-액상반응법으로 자성체 입경이 다른 Fe-N계 자성유체를 제조하는 공정을 수립 하였다.
- 2) Fe-N계 자성유체의 포화자화는 자성유체내의 자성체 분율에 비례적이었다.
- 3) Fe-N계 자성유체의 자성체 입경이 작아질수록 초상자성으로부터 이탈하는 blocking 온도는 저하하였다.

#### 5. 참고문헌

- ① I.Nakatani, M.Hijikata and k.Ozawa, J.Magn.Magn.Mater., 122(1993) 10
- ② I.Nakatani, T.Furubayashi,T.Takahashi and H Hanaoka, J.Magn.Magn.Mater., 65(1987) 261