

합성마그네타이트를 이용한 수相磁性流體의 製造 및 特性

金 晚 · 吳在賢 · 徐浩準 · 趙明昊 · 金美星

延世大學校 金屬工學科

서울시 서대문구 신촌동 134, 120-749

(1994년 4월 14일 받음, 1994년 6월 15일 최종수정본 받음)

본 연구에서는 습식법에 의해 얻어진 초미립 마그네타이트 표면에 오레인산이온을 화학흡착시키고, 그 위에 SDBS로서 물리흡착층을 형성시켜 수상자성유체를 제조하였다. 이때 마그네타이트의 입도, 계면활성제의 첨가량 및 pH변화등이 분산특성에 미치는 영향을 조사하였으며, 자기기록 pattern에 의한 관찰등을 통한 분산상태를 조사하였다. 수상자성유체의 분산율은 Fe^{2+}/Fe^{3+} 의 비에 관계없이 합성마그네타이트 27 g에 대해서 오레인산 첨가량 2.66×10^{-2} mol, SDBS 첨가량 10 g하에서 90% 이상 유지되었다. 고체함량이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 증가함에 따라 수상자성유체의 자화값은 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 인 경우 1.98 emu/g에서 9.63 emu/g으로, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 일 때에는 2.7 emu/g에서 14.63 emu/g으로 증가하였다. 이때 자성유체의 점도는 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 하에서 1.3 cp에서 4.4 cp로 증가하였다. 1N-HCl 및 1N-NaOH를 사용하여 수상자성유체의 pH변화에 따른 분산특성을 조사한 결과 pH 3.0 ~ 11.0의 영역에서 안정한 분산특성을 나타내었다. 자성유체의 분산특성을 관찰함에 있어서 자기기록 pattern 관찰을 통한 선명도의 확인에 의해서 분산상태를 조사할 수 있었다.

I. 서 론

자성유체[1]란 수 nm에서 수십 nm의 크기가 같은 자성체 미립자를 지방산과 같은 계면활성제로 조밀하게 피복한 후 액체용매중에 고밀도로 분산시킨 입자 콜로이드(colloid)를 말한다.

이들 유체의 대부분은 지방산으로 단분자 피복된 초미립 자성분말에 대해 케로신(kerosene)이나 헥산과 같은 비극성 용매중에 분산시켜 제조하고 있다. 이에 본 연구실에서는 “합성마그네타이트를 이용한 수상자성유체의 제조[2]”에 관하여 이미 발표한 바 있다. 하지만 자성유체 활용범위의 다양성을 부여한다는 관점에서 볼 때, 이들 분산매는 비극성 용매 이외에도 물과 같은 극성용매의 사용이 필요하다. 수상자성유체의 경우 입자주위에 지방산의 친수부위가 입자에 화학흡착함에 따라 입자의 외부는 비극성 부위가 향하게 되어 수용액 중에 안정하게 분산하기 어렵다. 이에 下飯坂潤三[3]등은 이들 소수화된 분말주위에 물리흡착층을 형성시켜 수상자성유체를 제조한 바있다.

수상자성유체는 분산질 입자의 크기 뿐만 아니라 화학 및 물리흡착층이 안정하게 유지될 경우에 콜로이드 특성을 나타낸다. 이같은 자성유체의 분산정도를 관찰함에 있어서는 비중 및 분산입자농도분석에 의한 분산율측정, VSM에 의한 잔류자화 측정, 혹은 전자현미경을 이용하여 분산상태를 검토하고 있다. 하지만 이러한 방법에 의

해 분산특성을 조사할 경우 시간 및 분석방법에 있어서 다소간의 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 합성마그네타이트분말을 이용하여 수상자성유체를 제조시 분산질의 크기, 계면활성제의 첨가량 및 pH의 변화등이 자성유체의 분산특성에 미치는 영향을 조사하였으며, 수상자성유체의 분산안정성을 조사하는 방법으로서 자기기록 pattern의 관찰을 통한 분석방법을 고찰하였다.

II. 실험방법

1. 시약

본 연구에서는 초미립 마그네타이트 합성시 시약급의 $FeCl_2 \cdot nH_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 및 중화제로서 NaOH를 사용하였으며, 수상자성유체의 제조시 계면활성제로서 시약급의 오레인산(oleic acid, $C_{17}H_{33}COOH$) 및 SDBS(sodium dodecyl benzene sulfonate, $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$)를 사용하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 실험에 사용한 용기로는 20용량의 4공플라스크를 사용하였으며, 용액의 가열은 온도조절기가 연결된 Heating Mantle을 사용하였다. 이때 용액의 교반은 회전속도를 조절할 수 있는 모터에 연결된 교반봉을 사용하였다.

Fig. 1은 실험순서를 나타낸 흐름도이다. 본 연구에서

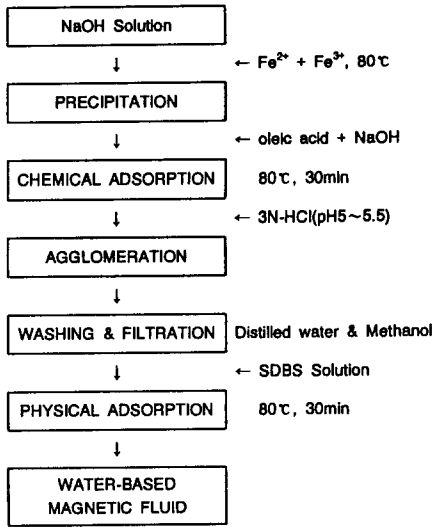


Fig. 1. Experimental procedure

는 전보[2]에서와 마찬가지로 반응온도 80 °C, $(OH^-)/(Fe^{2+} + Fe^{3+}) = 8/3$, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 및 1.0에서 5분간 반응시켜 초미립 마그네타이트를 합성하였다.

한편, 수상자성유체는 습식법에 의해 얻어진 초미립 마그네타이트 표면에 불포화지방산(Oleic acid)을 화학흡착시킨 후, 그 위에 음이온계면활성제(SDBS)로서 물리흡착층을 형성하여 제조하였다.

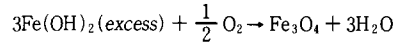
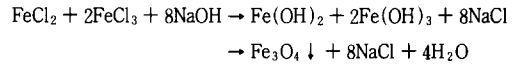
화학흡착층은 마그네타이트 현탁액중에 오레인산을 알칼리(NaOH)와 1 : 1의 당량비로 첨가한 후 80 °C에서 30분간 교반을 행하였으며, 이들 현탁액을 응집시키기 위하여 3N-HCl 용액을 가하여 pH를 5~5.5로 조절하였다. 그 후 수용액 중의 전해질 및 유리산을 제거하기 위해서 3ℓ의 증류수와 300 ml의 메탄올(CH₃OH)로 세척 및 정량용 여과지(5C)중에서 여과과정을 반복하였다.

이들 산물들은 SDBS가 용해되어 있는 수용액 중에서 30분간 교반하였으며, 이를 통하여 안정한 수상자성유체를 얻을 수 있었다. 이처럼 얻어진 수상자성유체에 대해서는 분산율, 점성등을 조사하였으며, TEM 및 자기기록 pattern관찰을 통한 자성유체의 분산성을 관찰하였다. 또한 자성유체의 액중 안정성을 관찰하기 위하여 pH의 변화에 따른 자성유체의 분산성을 조사하였다.

III. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 염화제1철 및 염화제2철을 수산화나트륨 수용액중에서 반응시켜 초미립의 마그네타이트를 얻

었으며 이때 반응식[4]은 다음과 같다.



이 때 반응조건은 80 °C, $(OH^-)/(Fe^{2+} + Fe^{3+}) = 8/3$ 이었다.

전보[2]에서 이미 보고한 것 처럼 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 에서는 평균직경 63.3 Å, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 에서는 94.2 Å의 초미립 분말을 얻었으며, 임계강도 5 kOe에서 포화자화값을 측정해 본 결과 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 일 때의 자화값은 46.97 emu/g이었고, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 일 때의 값은 54.89 emu/g이었다.

Fig. 2는 제1계면활성제인 오레인산 첨가량에 따른 수

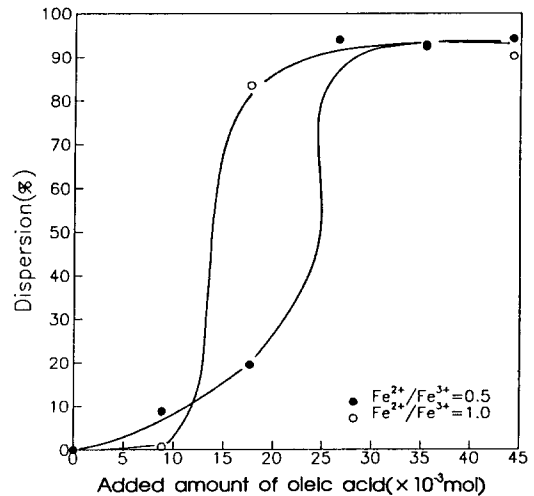


Fig. 2. Dispersion of magnetic fluids as a function of oleic acid addition. (solid content = 0.2 g/cc, SDBS = 10 g, Fe₃O₄ = 27 g)

상자성유체의 분산율 변화를 나타낸 것이다. 이 때 고체 함량은 0.2 g/cc로 고정하였으며, 분산율은 下飯坂등 [3]이 제안한 비중차이를 이용한 분산율 측정법으로 조사하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 일 때 오레인산 첨가량이 2.66×10^{-2} mol하에서 분산율이 90%이상 유지되고 있음을 알 수 있다. 한편, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 경우 오레인산을 1.77×10^{-2} mol 첨가하였을 때 분산율은 71%로 급격히 상승하였으며, 이

보다 과잉의 오레인산을 첨가하였을때 분산율은 90% 이상을 유지하였다. 한편 자성유체용 마그네타이트 분말 표면에 계면활성제 양을 Fe_3O_4 비표면적에 대한 각각의 지방산 분자가 Fe_3O_4 표면중에서 점유하는 면적의 비로서 계산[5]한 결과 입자직경이 각각 63 Å, 95 Å인 입자의 표면적을 완전히 피복하는데 필요한 계면활성제의 양은 각각 3.98×10^{-2} mol, 2.64×10^{-2} mol이었다.* 이 값은 자성유체의 분산율이 90% 이상을 상회하는데 필요한 제2계면활성제 첨가량과 유사한 것으로서 자성유체가 안정하게 분산되기 위해서는 이론적 단분자 흡착량 이상으로 첨가할 필요가 있으리라 본다.

Fig. 3은 제2계면활성제인 SDBS의 첨가량에 따른 자

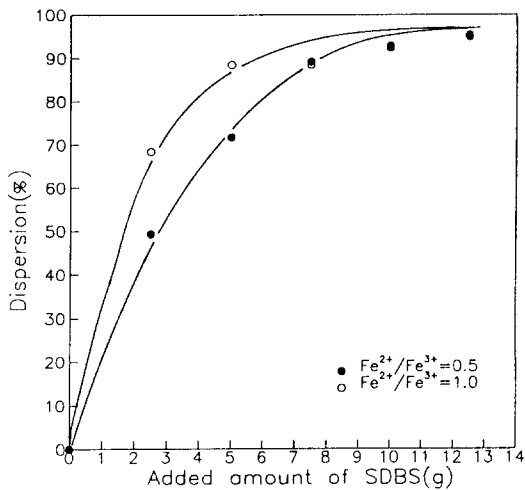


Fig. 3. Dispersion of magnetic fluids as a function of SDBS addition. (solid content = 0.2 g/cc, oleic acid = 3.54×10^{-2} mol, $Fe_3O_4 = 27$ g)

성유체의 분산율을 나타낸 것이다. 일반적으로 지방산으로 피복된 ferrite미립자를 수중에서 안정하게 고루 분산시키기 위해서는 표면이 소수화된 이들 미립자를 수중에서 안정하게 분산시키는 작업이 필요하다. 이를 위해서는 제 2계면활성제에 의한 2차 피복을 통해서 입자주위에 극성을 부여함으로써 수용액 중에 안정하게 분산시킬 수 있다. 이같은 제2계면활성제로서는 지방산 및 A.B.S(Alkyl Benzene Sulphonate)와 같은 중성 계면활성제를 고려할 수 있는데, 지방산의 경우 micelle의 형성에 따른

분산성의 저하가 극심하지 않은 반면 안정한 해리를 위해서는 고알칼리 영역을 필요로 한다. 반면 A.B.S와 같은 지방산의 경우에 있어서는 micelle의 형성에 따른 분산성의 저하가 발생하나 중성에서도 쉽게 해리가 되는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 A.B.S의 일종인 SDBS를 제2계면활성제로 사용하여 수상자성유체를 제조하였다.

제2계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 자성분말의 분산율은 증가하였으며, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 하에서 합성한 마그네타이트분말이 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 하에서 합성한 마그네타이트분말의 경우보다 SDBS 첨가량의 증가에 따라 높은 분산율을 나타내었다. 이같은 현상은 Fe^{2+} 의 첨가량이 증가함에 따라 분산질의 입도는 증가하였으며 이에 따라 비표면적이 감소하여 안정한 물리흡착층을 형성하는 데 필요한 계면활성제의 양이 감소함에 기인하는 것이다.

Fig. 4는 고체함량에 따른 수상자성유체의 자성치변화

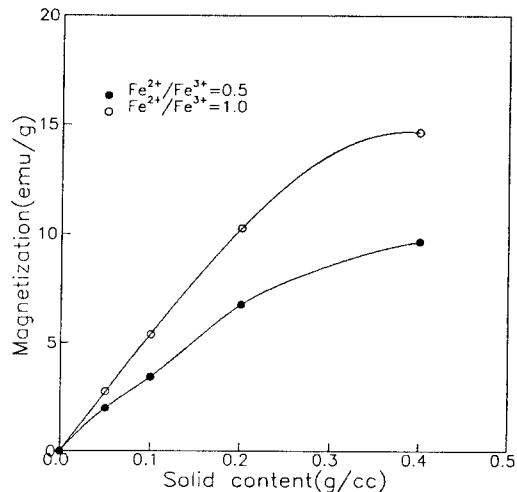


Fig. 4. Saturated magnetization of magnetic fluids as a function of solid content. (oleic acid = 3.54×10^{-2} mol, SDBS = 10 g, $Fe_3O_4 = 27$ g)

를 나타낸 것이다. 이때 오레인산 첨가량은 3.54×10^{-2} mol, SDBS 첨가량은 10 g으로 고정하였다. 고체함량이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 증가함에 따라 자계강도 5 kOe에서의 자화값은 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 인 경우 1.98 emu/g에서 9.63 emu/g으로, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 일 때에는 2.7 emu/g에서 14.63 emu/g으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 고체함량이 0.05 ~ 0.2 g/cc하에서는 고체함량이 증가함에 따라 포화자화값은 직선적으로 증가하였으나,

* 본 연구에서는 오레인산 이론 한개당 흡착 단면적을 $20.5(\text{Å}^2)$ [5]로 계산하였다.

0.4 g/cc하에서는 포화자화값의 증가가 다소 둔화되었다. 이같은 결과는 고체함량이 증가함에 따라 분산율이 저하함에 기인하는 것이다. 이처럼 고체함량이 높은 경우 분산율이 저하하는 이유는 자성유체 제조시 일정한 마그네타이트 첨가량에 대해서 동량의 계면활성제를 첨가하였으므로, 고체함량이 높은 경우 소량의 물에 과량의 계면활성제가 용해된 까닭에 micelle등을 형성함에 기인하는 것으로 생각된다.

Fig. 5는 상온하에서 고체함량에 따른 수상자성유체의

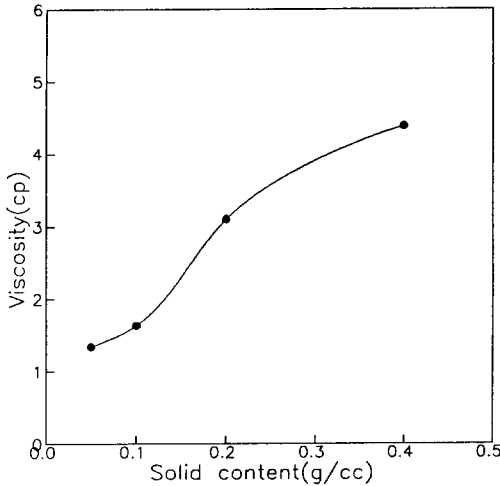


Fig. 5. Viscosity of magnetic fluids as a function of solid content. ($Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$, oleic acid = 3.54×10^{-2} mol, SDBS = 10 g, $Fe_3O_4 = 27$ g, room Temp.)

점도변화를 나타낸 것이다. 이때 올레인산 첨가량은 3.54×10^{-2} mol, SDBS 첨가량은 10 g, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 으로 고정하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 고체함량이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 증가함에 따라 유체의 점도는 1.3 cp에서 4.4 cp로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이처럼 분산질의 농도가 증가함에 따라 점도가 증가하는 이유는 분산매 중에 포함된 분말 주위에 전단응력이 작용하여 분산매의 흐름을 억제함에 기인하는 것이다. 특히 수상자성유체의 경우, 계면활성제에 의한 이중층으로 구성되어 있는 바, 계면활성제 및 물리흡착층을 구성하는 극성 해리 부위에 의한 점도 상승 효과도 고려해야 한다.

Fig. 6은 수상자성유체의 pH변화에 따른 분산특성을 나타낸 것이다. 이때 pH조절은 1N-HCl 및 1N-NaOH를 사용하였으며, 5일간 안정화 시킨 후 비중측정에 의해 분산율을 측정하였다. 제1계면활성제로서 올레인산, 제2계

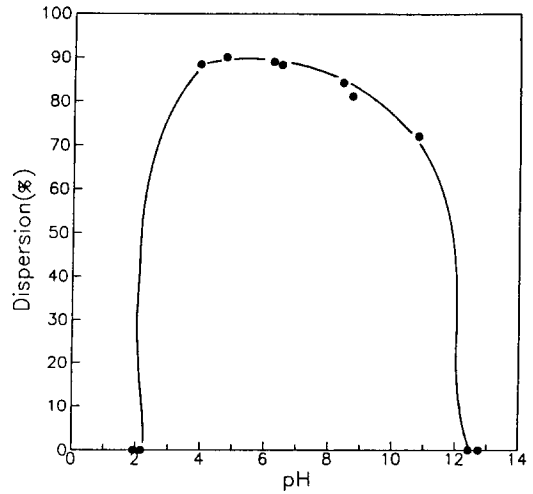


Fig. 6. Dispersion of magnetic fluids as a function of pH. ($Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$, solid content = 0.1 g/cc, oleic acid = 3.54×10^{-2} mol, SDBS = 10 g, $Fe_3O_4 = 27$ g)

면활성제로서 SDBS를 사용한 자성유체의 경우 pH 3.0 ~ 11.0의 영역에서 안정한 분산특성을 나타내었다. 이같은 현상은 산성 및 알칼리성영역에서의 계면활성제에 의해 구성된 흡착층의 안정성으로 설명이 가능하다.

산성영역의 경우 제2계면활성제의 해리도의 감소에 의해 물리흡착층을 형성하고 있는 계면활성제들은 유리되어 입자주위에서 안정한 안정화부위를 형성할 수 없게 될 것이다. 특히 수상자성유체의 경우 분산입자 주위에서 계면활성제에 의한 안정화와 더불어 이들 주위의 극성부분에 의한 정전기적 안정화 특성이 중요한 역할을 하므로, 제2계면활성제의 pH에 따른 해리도 감소는 자성유체의 불안정성을 유발시키는 것으로 사료된다.

한편, 알칼리영역의 경우 마그네타이트표면에 화학흡착층을 구성하고 있는 올레인산이온이 $[OH^-]$ 와 경쟁흡착[6]에 의한 화학흡착층의 파괴로 인하여 안정한 소수 표면을 유지하지 못하여 자성유체의 응집이 일어나는 것으로 사료된다.

Fig. 7은 본 실험에서 제조된 수상자성유체의 전자현미경사진이다. 그림에서 처럼 자성유체화한 초미립 마그네타이트 입자들은 매우 안정하게 분산되어 있음을 알 수 있다. 한편, 자성유체의 경우에 있어서도 입도가 미세한 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 인 경우가 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 인 경우보다 고르게 분산되어 있음을 알 수 있다. 이는 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 인 경우, 마그네타이트 입도가 불균일 함에 따라 일부 조대입자를 중심으로 응집 현상이 일어남에 기

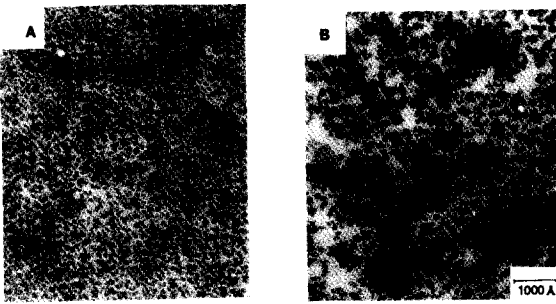


Fig. 7. Electron microscope of the magnetic fluids. (A) $Fe^{2+} / Fe^{3+} = 0.5$ (B) $Fe^{2+} / Fe^{3+} = 1.0$

인하는 것으로 다음과 같이 설명이 가능하다. 즉, 자성유체용 분말은 단자구 구조이므로 콜로이드 입자 내의 자기모멘트는 1개 원자의 자기모멘트에 콜로이드 입자 내의 자기모멘트를 곱한 크기의 자기모멘트를 갖게 된다. 이같은 자기모멘트는 열에너지에 의한 진동에 의해서 회전 브라운운동을 하지만 입자 중에는 자기이방성 및 형상이방성이 있기 때문에 이같은 회전운동은 억제받는다. 특히 이같은 자기이방성 및 형상이방성 에너지는 입자가 조대해짐에 따라 증가하며, 임계 크기 이상에서는 자기모멘트가 자화용이축(easy direction)으로 고정되어 초상자성을 잃어버리고 강자성을 나타낸다. 따라서 입자 크기가 불균일한 자성유체의 경우 일부 조대한 입자들이 미세한 자성과 같은 역할을 하게 되므로, 이들 분말을 중심으로 응집이 발생하게 된다.[7]

Table 1은 마그네타이트 자성 분말의 입도에 따른 자

Table. I. The rotational time of magnetic moment according to particle size using magnetite.[9]

particle diameter(d, nm)	8	10	12.5
rotational time(τ , sec)	10^{-18}	10^{-9}	1

기모멘트의 회전 시간과의 상관 관계를 나타낸 것이다.

한편 Fig. 7과 같은 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3의 결과와 상이한 것으로서 다음과 같이 설명이 가능하다. 즉, 下飯坂등[3]이 제안한 ‘비중 차이를 이용한 분산물 측정법’의 경우, 수용액 중에 분산되어 있는 마그네타이트 입자중 침강되는 응집상만이 분산물의 저해요인으로 고려될 뿐, 침강하지 않는 응집상*은 분산상으로 계산된다. 하지만

* T. Satto등8)은 ‘수상자성유체중에 분산되어 있는 자성분말들은 대체로 균일하게 분산되어 있으나 일부 분말들은 응집상의 형태로 분산되어있다’고 보고한 바 있다.

이처럼 분산매중에 존재하는 응집상은 자성유체의 초상자성 특성을 저하시키는 요인으로 작용하여 VSM 측정시 잔류자화값(M_r)을 유발하는 원인이 된다. 따라서 본 연구에서는 이같은 분산특성을 조사하는 방법으로서 ‘자성유체를 이용한 자기기록 pattern 검사법’을 제안하여 보았다.

Fig. 8은 본 연구실에서 제조한 자성유체와 일본산 자

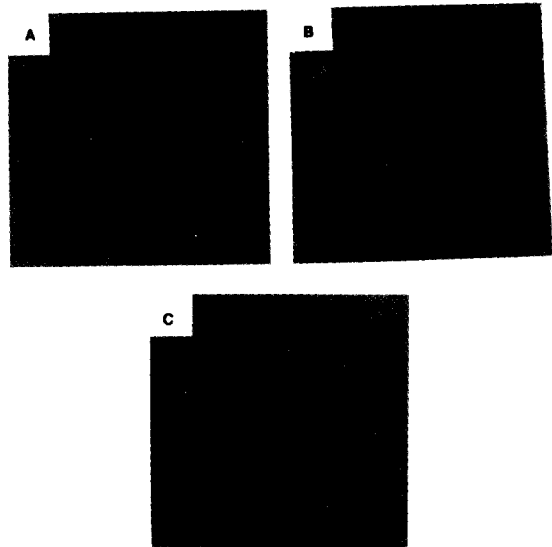


Fig. 8. Magnetic memory patterns on VCR tape using magnetic fluids. (A) $Fe^{2+} / Fe^{3+} = 0.5$, (B) $Fe^{2+} / Fe^{3+} = 1.0$, (C) Nippon ferro-fluids

자기기록 pattern 검사용 자성유체(Nippon ferro fluid)를 이용한 자기기록 pattern 검사의 비교 관찰한 결과이다. 본 연구에서는 VCR tape등의 품질검사시 사용되는 자성유체에 의한 pattern 검사방법을, 역으로 자성유체의 분산성 검사방법으로 활용한 것이다. 그림에서 처럼 입도가 고르고 미세한 $Fe^{2+} / Fe^{3+} = 0.5$ 하에서 제조한 수상자성유체를 이용하여 기록 pattern을 조사한 결과, 선명한 자기기록 pattern이 나타나고 있다. 반면 입도가 불균일하고 조대한 $Fe^{2+} / Fe^{3+} = 1.0$ 하에서 제조한 수상자성유체의 경우 자기기록 pattern이 선명하지 않으며, 부분별로 분말의 응집이 관찰되고 있다. 이같은 결과는 Fig. 7과 동일한 결과로서 이로부터 자성유체의 분산특성을 관찰함에 있어서 자기기록 pattern의 관찰을 통한 선명도의 관찰에 의해서 분산상태를 조사할 수 있으리라 사료된다.

IV. 결 론

참고문헌

본 연구에서는 습식법에 의해 얻어진 초미립 마그네타이트 표면에 오레인산이온을 화학흡착시키고, 그 위에 SDBS로서 물리흡착층을 형성시켜 수상자성유체를 제조하였다. 이때 마그네타이트의 입도, 계면활성제의 첨가량 및 pH변화등이 분산특성에 미치는 영향을 조사하였으며, 자기기록 pattern에 의한 관찰등을 통한 분산상태를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 수상자성유체의 분산율은 Fe^{2+}/Fe^{3+} 의 비에 관계없이 합성마그네타이트 27 g에 대해서 오레인산 첨가량 2.66×10^{-2} mol, SDBS 첨가량 10 g하에서 90% 이상 유지되었다.

(2) 고체함량이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 증가함에 따라 수상자성유체의 자화값은 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 인 경우 1.98 emu/g에서 9.63 emu/g으로, $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$ 일 때에는 2.7 emu/g에서 14.63 emu/g으로 증가하였다. 이때 자성유체의 점도는 $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ 하에서 1.3 cp에서 4.4 cp로 증가하였다.

(3) 1N-HCl 및 1N-NaOH를 사용하여 수상자성유체의 pH변화에 따른 분산특성을 조사한 결과 pH 3.0 ~ 11.0의 영역에서 안정한 분산특성을 나타내었다.

(4) 자성유체의 분산특성을 관찰함에 있어서 자기기록 pattern 관찰을 통한 선명도의 확인에 의해서 분산상태를 조사할 수 있었다.

- [1] 金子秀夫, 新時代の磁性材料, 未踏加工技術協會, 東京, (1981), 299.
- [2] 李柱日, 康南基, 吳在賢, 大韓金屬學會誌, **28**(12), pp 110~1107, (1990).
- [3] J. Shimoiizaka, K. Kakatsuka, T. Fujita & A. Kounosu, Fine Particles Processing, A. I. of Min. Met. & Pet. Eng. Inc., New York, (1980), pp 1310~1324.
- [4] 武富荒, 近角聰新, 磁性流體(基礎と應用), 日刊工業新聞社, 東京, pp 109~110.
- [5] C. J. Sambueetti, IEEE Trans. on Mag., **MAG 16**(2), pp 364~367, (1980).
- [6] 崔亨燮, 吳在賢, 日本鑛業會誌, **81**(927), pp 614~619, (1965).
- [7] V. E. Fertman, Magnetic fluids guidebook : Properties and applications, Hemisphere Publishing Corp., London, (1990), 36.
- [8] S. Chikazumi, S. Taketomi, M. Ukita, M. Mizukami, H. Miyajima, M. Setogawa, Y. Kurihara, J. of Mag. & Mag. Mat., (65), pp 245~251, (1970).
- [9] *ibid* 7, 43.

Preparation and properties of water-based magnetic fluid with synthesized magnetite

Mahn Kim, Jaehyun Oh, Hojun Seo, Moungho Cho, Misung Kim

Department of metallurgical Eng., Yonsei University

(Received 14 April 1994, in final form 15 June 1994)

The water-based magnetic fluids were prepared with the synthesized ultra-fine magnetite, oleic acid and SDBS (sodium dodecyl benzene sulfonate) as surfactants.

The dispersion of water-based magnetic fluids was about 90% when the added amounts of oleic acid and SDBS for magnetite(27 g) were more than 2.66×10^{-3} mol and 10 g respectively. As the solid content increased from 0.05 g/cc to 0.4 g/cc, saturation magnetization of magnetic fluids at 5 kOe increased from 1.98 emu/g to 9.63 emu/g at $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$ and from 2.7 emu/g to 14.63 emu/g at $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1.0$, and the its viscosity increased from 1.3 cp to 4.4 cp at $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$. pH region of oleic acid and SDBS stabilized water-based magnetic fluids was stable was in the range of pH 3.0 to pH 11.0.

Stability of Water-based magnetic fluids can be obtained by observation of magnetic memory patterns on the VCR tape.