

解膠法으로 製造한 오레인산 水相磁性流體의 分散特性

金正坤 · 金 曉 · 吳在賢

延世大學校 金屬工學科

서울 서대문구 신촌동 134, 120-749

(1994년 1월 31일 받음)

본 연구에서는 습식법으로 자성유체용 초미립 마그네타이트를 합성한 후, 오레인산, 리노레인산 및 스테아린산 등을 계면활성제로 사용하여 수상자성유체를 제조하였으며, 합성된 수상자성유체의 분산 특성에 관하여 조사하였다. 또한 오레인산으로 제조한 수상자성유체의 분산성과 분산 안정성에 pH 변화가 주는 영향을 조사·검토하였으며, 이를 통하여 수상자성유체의 분산 특성을 열역학적으로 고찰하였다. 오레인산을 계면활성제로 사용하여 수상자성유체를 제조한 결과, 합성 마그네타이트 20g에 대하여 오레인산 첨가량 0.030 mol에서부터 90% 이상의 분산율을 나타내었다. 계면활성제로 오레인산을 사용하여 제조한 수상자성유체는 pH 8.0 ~ 11.0 사이의 분산 안정 영역을 나타내었다. 오레인산 및 리노레인산 사용하여 제조한 수상자성유체를 건조 후 수상 및 유상으로 재분산한 결과 각각 분산시 95% 및 90% 이상의 분산율을 나타내었다. 오레인산으로 제조한 수상자성유체의 이론적 분산안정영역을 열역학적으로 고찰한 결과, 수상자성유체의 pH 안정 영역을 추론할 수 있었다.

I. 서 론

수상자성유체[1]는 수용액 중에서 마그네타이트와 같은 자성 분말에 분산되어 있는 콜로이드 용액으로서 계면활성제 등에 의해서 자성 분말의 응집을 억제한다. 특히 지방산과 같은 계면활성제에 의해 분산된 수상자성유체는 마그네타이트 표면중에 피복된 물리 및 화학흡착층에 의해서 분산 안정 특성을 나타낸다.

이에 본 연구실에서는 포화지방산 등을 계면활성제로 사용하여 수상자성유체를 제조하였을 때, 지방산의 C 길이 등이 분산 특성에 미치는 영향에 관하여 이미 보고 [2], [3]한 바 있다.

본 연구에서는 C₁₈ 지방산인 오레인산(oleic acid), 리노레인산(linoleic acid) 및 스테아린산(stearic acid) 등을 계면활성제로 사용하여 해교법[4]에 의해 수상자성유체를 제조시 분산 특성에 관하여 조사하였다. 또한 오레인산으로 제조한 수상자성유체의 분산성과 분산 안정성에 pH 변화가 주는 영향을 조사 검토하였으며, 이를 통하여 수상자성유체의 분산 특성을 열역학적으로 고찰하였다.

II. 실험방법

본 실험에 사용한 반응 용기로는 20 용량의 9공 플라스틱을 사용하였다. 반응 중 용액의 pH는 glass 전극이 연결된 pH meter를 이용하여 측정하였고, 용액의 온도는 온도 조절기가 부착된 전열기를 사용하여 조절하였다. 용액의 교반은 회전속도 조절이 가능한 만능 교반기를 사용

하였다.

상온에서 Fe²⁺의 농도는 0.1 M, Fe²⁺/Fe³⁺의 비가 2/3인 FeCl₂·nH₂O와 FeCl₃·6H₂O의 공존 용액에 중화제로 NH₄OH를 첨가한 후, 일정 시간 동안 반응시켜 초미립 마그네타이트를 합성하였다. 이 때, 얻어진 현탁액을 수차례 증류수로 세척하여 용액 중에 남아 있는 전해질을 제거하고, 고체 함량 0.1 g/cc의 현탁액을 얻었다.

수상자성유체의 제조 시에는 고체 함량 0.1 g/cc인 마그네타이트 현탁액을 80 °C로 유지시킨 후, 소정 농도의 오레인산, 리노레인산 및 스테아린산등을 암모니아수와 첨가하여 소정 시간 반응시켰다. 제조된 자성유체는 화학흡착층과 물리흡착층이 모두 같은 C₁₈ 지방산으로 이루어져 있으며, 자성유체내의 자성 미립자의 분산 상태는 투과전자현미경(TEM)으로 관찰하였다.

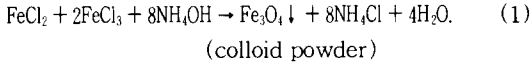
오레인산을 첨가하여 제조한 수상자성유체의 pH변화에 대한 분산 안정성은 1-N HCl 및 1-N NaOH 수용액으로 자성유체의 pH를 조절하여 5일간 방치시킨 후, 비중 측정으로 pH변화에 따른 분산율의 변화를 측정하였다. 특히 오레인산을 첨가하여 제조한 자성유체의 pH변화에 따른 수상자성유체의 분산 특성을 열역학적으로 고찰하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 수상자성유체의 제조

초미립 마그네타이트 합성에 대한 반응식[1], [4]은 다

음과 같으며, 이 식 (1)에 근거하여 모든 마그네타이트 합성 실험을 행하였다.



이 때 합성된 합성 산물은 전보[5]에서 보고한 바와 같이 반응 온도 25°C, 반응시간 10min., 초기 Fe²⁺의 농도 0.1 M, Fe²⁺/Fe³⁺의 비 2/3, NH₄OH 첨가량 0.9 N 하에서 평균 직경 113 Å, 포화자화값 64 emu/g을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 상기 방법에 의해서 제조한 마그네타이트 분말을 분산질로 하여 수상자성유체를 제조하였다.

Fig. 1은 오레인산에 의한 수상자성유체시 분산질 피복

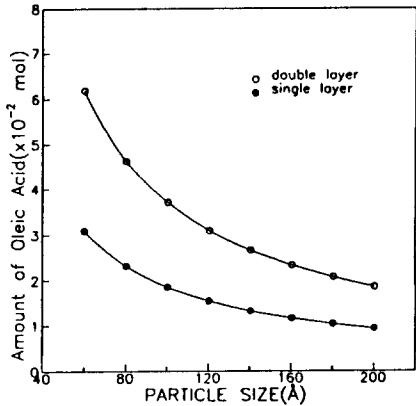


Fig. 1. The amount of oleic acid corresponding to monolayer and double layer adsorption with different magnetite particles. (Fe₃O₄ = 20g)

에 필요한 계면활성제의 이론적 첨가량을 도식한 것이다. 일반적으로 수상자성유체내의 초미립 마그네타이트 표면에는 포화지방산으로 이루어진 화학흡착층과 물리흡착층의 이중흡착층이 형성되어 있다고 보고되고 있다[1]. 따라서 이 두 흡착층을 형성하는데 필요한 포화지방산의 이론적 양은 다음과 같이 계산할 수 있다.

C. J. Sambuctti[6]에 따르면 자성유체용 마그네타이트 분말 표면에 계면활성제 양을 Fe₃O₄의 비표면적에 대한 각각의 지방산 분자가 Fe₃O₄ 표면 중에서 점유하는 면적의 비로써 계산하였으며 식으로 표현하면 아래와 같다. 이때 포화지방산은 단단한 막대기 모양이고, 마그네타이

트 입자는 평균 입자 반경이 r Å인 구형이며, 화학흡착층과 물리흡착층의 포화지방산은 일대일 대응 관계에 있다고 가정하였다.

$$\text{grs fatty acid} / \text{gr Fe}_3\text{O}_4 = |A/\tau| (M_w/N). \quad (2)$$

여기서 A는 피복될 수 있는 분산질의 전체 표면적, M_w은 오레인산의 분자량(282.47), N은 아보가드로수이다. 이때 오레인산 ion 한개당 흡착 단면적(τ)는 20.5 (Å²)[6]로 계산하였다.

한편, 입자 반경 r인 입자가 1 g당 N_p개 존재한다면 gram당 입자의 표면적은 다음과 같이 표시된다.

$$A = 4\pi r^2 N_p. \quad (3)$$

여기서, N_p를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$N_p = \frac{1/\rho(\text{Fe}_3\text{O}_4)}{\frac{4}{3}\pi r^3}. \quad (4)$$

한편, 수상자성유체는 2중층 구조를 나타내므로 위 결과에 2를 곱하였다.

이 결과 본 연구에서 사용된 마그네타이트 20 g, 반경 56 Å에 대해서 2분자 피복에 필요한 지방산의 이론적 흡착량은 3.1 × 10⁻² mol이었다.

Fig. 2는 오레인산의 첨가량에 따른 분산율의 변화를 나타낸 것으로 마그네타이트 20 g에 대해서 오레인산 첨

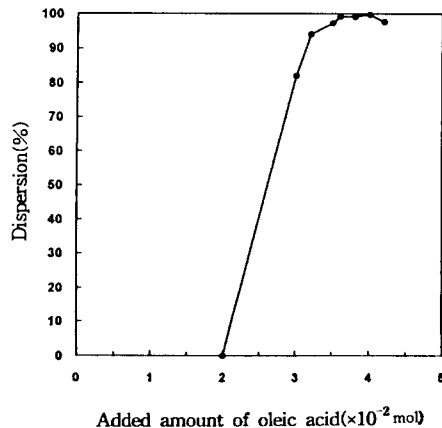


Fig. 2. The effect of the dispersion of oleic acid stabilized magnetic fluid. (solid content = 0.1 g/cc, Fe₃O₄ = 20 g)

가량 3.0×10^{-2} mol 이상에서 90 % 이상의 분산율을 나타내었다. 이 값은 상기 계산 방법에 의해서 얻어진 수상자성유체가 안정하게 분산하기에 필요한 이론적 계면활성제 양과 유사한 결과로서 이로부터 마그네타이트 표면의 오레인산 흡착층이 2중층 구조를 가짐을 추론할 수 있다.

2. 수상자성유체의 분산 특성

Fig. 3은 오레인산으로 제조한 수상자성유체의 pH에

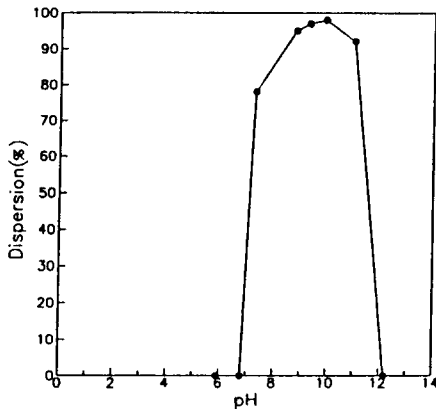


Fig. 3. Influence pH of the dispersion of oleic acid stabilized magnetic fluid. (solid content = 0.1 g/cc, oleic acid = 4.0×10^{-2} mol, Fe_3O_4 = 20 g)

따른 분산 특성을 나타낸 것이다. 이 때 pH의 조절은 1N-HCl 용액 및 1N-NaOH 용액으로 행하였으며, 5일간 안정화시킨 후 비중 측정에 의해 분산율을 측정하였다.

수상자성유체의 pH에 따른 분산율은 pH 8.0 ~ 11.0에서 90 % 이상의 안정한 분산 특성을 나타내었다. 이 때 pH 8.0 이하에서 분산율의 감소는 유리산의 생성이 분산 입자의 응집에 영향을 주는데 기인하는 것으로 사료된다. 한편 pH 11.0 이상의 알칼리 영역에서도 극심한 응집 현상을 나타내게 된다. 이는 분산매의 pH가 증가함에 따라 오레인산의 해리가 활발해짐에 따라 분산율이 증가하나, pH가 지나치게 높아지면 용액 속에 과량으로 존재하는 OH^- 이온의 영향으로 인한 오레인산 이온의 화학흡착층의 파괴됨에 기인[2], [7], [8]하는 것으로 사료된다.

Fig. 4는 수상자성유체의 건조 후 수상자성유체로의 재분산 특성을 나타낸 것이다. 이 때 수상자성유체의 제조는 고체 함량은 0.1 g/cc, 마그네타이트 첨가량 20 g,

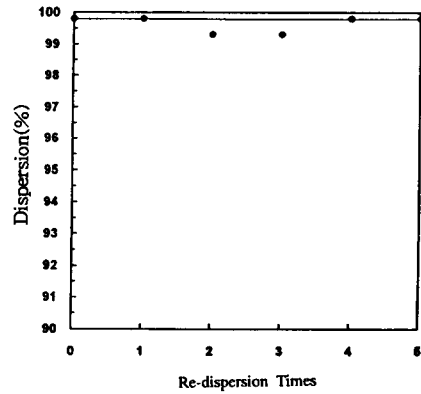


Fig. 4. Dispersion of water-based magnetic fluids obtained by re-dispersion after drying oleic acid stabilized water-based magnetic fluids. (solid content = 0.1 g/cc, oleic acid = 4.0×10^{-2} mol, Fe_3O_4 = 20 g, drying temp. = 80 °C)

오레인산 첨가량은 4.0×10^{-2} mol에서 행하였으며, 수상자성유체의 건조는 80 °C에서 행하였다. 건조 후 얻어진 산물에 pH 10.0 정도의 묽은 NH_4OH 용액을 가하여 교반 분산시킴으로써 재분산된 수상자성유체를 얻을 수 있었다.

Fig. 5는 상기한 방법에 의해 건조한 분말에 대해서 수

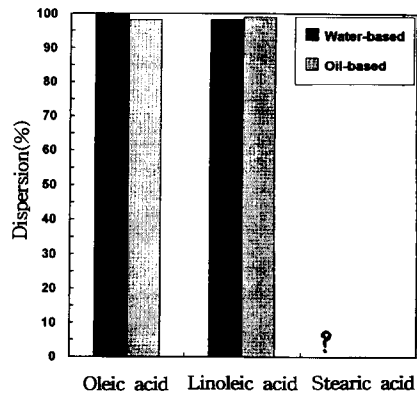


Fig. 5. Dispersion of kerosene and water-based magnetic fluids obtained by re-dispersion after drying C_{18} fatty acid stabilized water-based magnetic fluids. (solid content = 0.1 g/cc, fatty acid = 4.0×10^{-2} mol, Fe_3O_4 = 20 g, drying temp. = 80 °C)

상 및 수상자성유체로 재분산시켜 제조한 자성유체의 분산율을 비교한 것이다. 본 연구에서는 오레인산 이외에도 리노레인산 및 스테아린산을 비교 사용하였다. 오레인산 및 리노레인산을 사용하여 제조한 경우 수상자성유체로 재분산시 모두 95 % 이상의 분산율을 나타내었으며, 수상자성유체로 분산매 치환시 90 % 이상의 분산율을 나타내었다. 반면 스테아린산에 의한 경우는 수상자성유체로의 제조시 고 pH하에서 소량의 자성유체만이 얻어진 관계로 상기한 방법으로 실험할 수 없었다.

Fig. 6은 오레인산 및 리노레인산을 사용하여 제조한

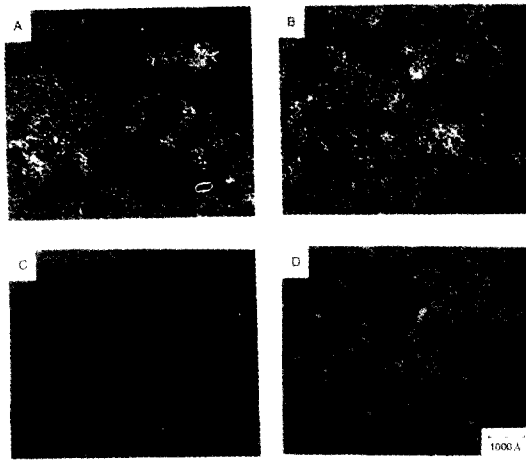


Fig. 6. TEM photographs of kerosene and water-based magnetic fluids obtained by re-dispersion after drying C_{18} fatty acid stabilized water-based magnetic fluids.

(A) oleic acid (water based) (B) oleic acid (kerosene based)
(C) linoleic acid (water based) (D) linoleic acid (kerosene based)

수상자성유체를 건조한 후, 수상 및 케로신으로 재분산을 통해 얻은 자성유체의 투과전자현미경 사진이다. 그림에서 처럼 오레인산 및 리노레인산 모두 수상 및 유상 분산 매하에서 안정하게 분산되고 있다.

3. 수상자성유체의 열역학적 고찰

Fig. 7은 물과 같은 극성 물질을 분산매로 사용하여 제조한 수상자성유체의 개략도이다. 수상자성유체는 수용액 중에 마그네타이트와 같은 자성 분말이 분산되어 있는 콜로이드 용액으로서 계면활성제등에 의해서 마그네타이트의 응집을 억제한다. 하지만 Fig. 7에서 처럼 수상자성유체의 분산 안정성은 수용액의 액성에 의해 크게 좌우되

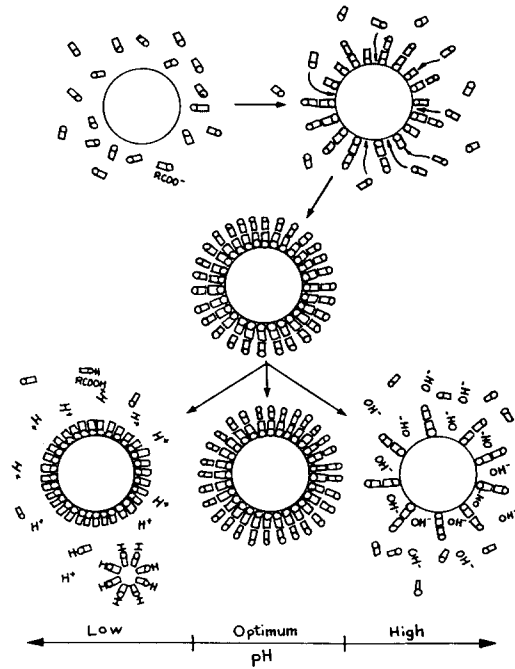


Fig. 7. The schematic dispersion mechanism of the water-based magnetic fluids.

며, 산성 및 알칼리 영역 하에서는 각각 물리 및 화학 흡착층의 파괴에 의해서 저하된다.

따라서 수상자성유체가 안정하게 분산되기 위해서는 계면활성제에 의한 피복층의 안정성이 중요하다.

즉, 수상자성유체의 분산 안정화 특성은 다음과 같은 사항을 고려해야 할 것이다.

- (1) 분산질 주위에 피복 되어 있는 화학흡착층의 안정성
- (2) 분산질 주위에서 피복 되어 있는 물리흡착층의 안정성

1) 분산질 주위에 피복 되어 있는 화학흡착층의 안정성

마그네타이트 주위에 흡착되어 있는 화학흡착층은 수용액의 pH 변화에 의해서 영향을 받는다. 특히 알칼리 영역에서는 Fig. 8에서 처럼 $[OH^-]$ 와의 경쟁 흡착에 의해서 계면활성제 층의 탈착이 일어나므로 [2], [7], [8] 이를 고려해야 한다.

Mukai [7]는 광물의 비누 부선에 있어서 광물 표면에 대한 오레인산 이온과 $[OH^-]$ 이온의 화학 친화력에 대해서 열역학적으로 고찰한 바 있다. 여기서 Mukai는 pH가 낮은 산성 측이나 약알칼리성 영역에서는 $\Delta F_{M(RCOO)2}$

> $\Delta F_{M(OH)_2}^*$ 가 된다고 하였으며 강알칼리 영역에서는 $\Delta F_{M(RCOO)_2} < \Delta F_{M(OH)_2}$ 가 된다고 하였다. 따라서 pH가 낮은 산성 측이나 약알칼리성 영역에서는 광물의 표면과 oleate기의 결합이 우선하며, 강알칼리 영역에서는 광물의 표면과 $[OH^-]$ 기의 결합이 우선한다.

한편 $[OH^-]$ 와 $[RCOO^-]$ 의 경쟁 흡착이 진행되는 $\Delta F_{M(RCOO)_2} = \Delta F_{M(OH)_2}$ 인 pH 영역은 아래와 같은 식을 통하여 추론할 수 있었다. 이 때, 다음과 같은 가정을 하였다.

- i) $\Delta F_{Fe(RCOO)_2} = \Delta F_{Fe(OH)_2}$ 인 영역 하에서는 마그네타이트 표면 중의 $[OH^-]$ 와 $[RCOO^-]$ 흡착량이 동일하다.
- ii) 화학흡착층을 구성하는 $[RCOO^-]$ 양은 일정하다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$[RCOO^-]_{tot} = [RCOO^-] + [Fe(RCOO)_2] \quad (5)$$

여기서, $[RCOO^-]_{tot}$: 화학흡착층을 구성하기에 필요한 계면활성제 총 양
 $[RCOO^-]$: 화학흡착층에서 탈리되어 수용액 중으로 용해된 계면활성제 양
 $[Fe(RCOO)_2]$: 화학흡착층을 구성하는 계면활성제 양

- iii) 마그네타이트 표면의 $[OH^-]$ 농도는 수용액 중의 $[OH^-]$ 와 동일하다.

한편, 화학흡착층을 구성하기에 필요한 계면활성제 총 양($[RCOO^-]_{tot}$)은 (2), (3) 및 (4)식을 통하여 계산할 수 있으며, 본 연구에서 사용한 마그네타이트를 단분자 피복하는데에 필요한 이론적 계면활성제 흡착량을 계산한 결과, 3.0×10^{-2} mol 이었다.

Fig. 8에서 처럼 $[RCOO^-]$ 는 마그네타이트 표면중의 Fe^{2+} 와 화학결합을 하고 있으며, 이는 아래 식과 같다.

$$Fe^{2+} + 2[RCOO^-] = Fe(RCOO)_2,$$

$$\Delta F_{Fe(RCOO)_2} = \Delta F^\circ + RT \ln \frac{[Fe(RCOO)_2]}{[Fe^{2+}][RCOO^-]^2} \quad (6)$$

여기서, $\Delta F^\circ = -RT \ln k$.
 따라서 (6)식은 다음과 같이 표현이 가능하다.

* ΔF 의 대소는 음의 방향으로 대소를 비교한 것이다.

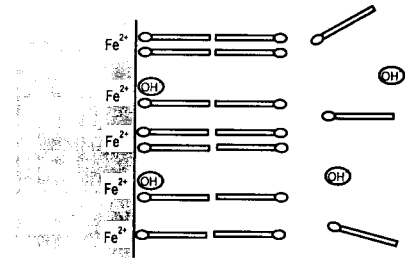


Fig. 8. Surface of the magnetite particles dispersed in water.

$$\Delta F_{Fe(RCOO)_2} = RT \ln k + RT \ln \frac{[Fe(RCOO)_2]}{[Fe^{2+}][RCOO^-]^2} \quad (7)$$

$$= RT \ln \{ \log L_{Fe(RCOO)_2} - \log [Fe^{2+}] - 2 \log [RCOO^-] \}.$$

이 때, $F_{Fe(RCOO)_2}$ 는 $Fe(RCOO)_2$ 의 용해도적이다. 위와 동일한 방법으로 $[OH^-]$ 와의 반응을 고려하면 다음과 같다.

$$\Delta F_{Fe(OH)_2} = RT \ln \{ \log L_{Fe(OH)_2} - \log [Fe^{2+}] - 2 \log [OH^-] \} \quad (8)$$

$\Delta F_{Fe(OH)_2} = \Delta F_{Fe(OH)_2}$ 라 놓으면 (7), (8) 식에 의해서 다음과 같은 식이 나온다.

$$\frac{L_{Fe(RCOO)_2}}{L_{Fe(OH)_2}} = \frac{[RCOO^-]^2}{[OH^-]^2} \quad (9)$$

여기서 $L_{Fe(OH)_2}$ 는 $Fe(OH)_2$ 의 용해도적이다. 한편, $Fe(RCOO)_2$ 와 $Fe(OH)_2$ 의 용해도적[9]은 각각 3.98×10^{-13} , 7.94×10^{-16} 이므로 (9)식에 대입한 후, 양변에 log를 취하여 계산하면 아래와 같은 식을 얻는다.

$$pH = 14 + \frac{1}{2} \log \frac{[RCOO^-]^2}{501.26} \quad (10)$$

위 결과 식을 이용하여 계산한 결과 오레인산 이온 및 $[OH^-]$ 이 각각 50% 씩 흡착되기에 필요한 pH는 10.84 이었다.

한편, 경쟁 흡착이 일어나는 pH를 전후해서 $\Delta F_{Fe(OH)_2} = \Delta F_{Fe(OH)_2}$ 라고 할 때, (5) 및 (10)식을 이용하면 다음과 같은 식이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= 14 + \frac{1}{2} \log \frac{([\text{RCOO}^-]_{\text{tot}} - [\text{RCOO}(\text{Fe}_2)]^2)}{501.26} \\
 &= 14 + \frac{1}{2} \log \frac{(0.031 - [\text{RCOO}(\text{Fe}_2)]^2)}{501.26}
 \end{aligned} \quad (11)$$

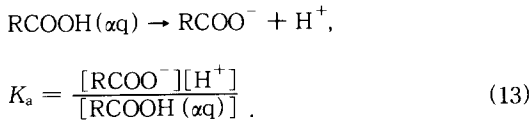
(11)식으로 부터 pH의 변화에 따른 이론적 화학흡착량을 계산할 수 있으며, 화학흡착량이 분산율과 일치한다면 (11), (12)식으로 부터 Fig. 9의 (a) 곡선과 같은 pH 안정 영역을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Dispersion}(\%) &= \frac{[\text{RCOO}^-]_{\text{tot}} - [\text{RCOO}^-]}{[\text{RCOO}^-]_{\text{tot}}} \times 100 \\
 &= \frac{0.031 - [\text{RCOO}^-]}{0.031} \times 100
 \end{aligned} \quad (12)$$

(2) 분산질 주위에서 물리흡착층을 구성하기 위한 계면활성제의 해리 특성[10]

수상자성유체는 마그네타이트 주위에서 계면활성제로 구성된 안정한 화학 및 물리흡착층에 의해 안정한 분산 상태를 유지한다. 특히 지방산을 계면활성제로 사용하는 경우 화학흡착층은 마그네타이트 표면 중의 Fe ion과의 화학결합에 의해 존재하지만 물리흡착층은 수용액 중에서 해리된 상태로 Van der Waals 력에 의해 결합되어 있다. 따라서 안정된 물리흡착층을 얻기 위해서는 계면활성제의 해리도가 중요하며 이를 통하여 수상자성유체의 분산안정영역을 아래와 같이 추론할 수 있다.

지방산의 해리도와 pH와의 관계를 나타내면 다음 식과 같이 표현된다.



식 (13)의 양변에 log를 취하면 $-\log K_a = \text{p}K_a$, $-\log[\text{H}^+] = \text{pH}$ 이므로

$$\log K_a = \log \frac{[\text{RCOO}^-]}{[\text{RCOOH}(\alpha q)]} + \log [\text{H}^+], \quad (14)$$

$$\log \frac{[\text{RCOO}^-]}{[\text{RCOOH}(\alpha q)]} = \text{pH} + \text{p}K_a, \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Degree of dissociation}(\%) &= \frac{[\text{RCOO}^-]}{[\text{RCOOH}(\alpha q)] + [\text{RCOO}^-]} \times 100 \\
 &= (10^{\text{p}K_a - \text{pH}} + 1)^{-1} \times 100.
 \end{aligned} \quad (16)$$

오레인산($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$)의 경우 $\text{p}K_a \approx 4.7$ 로서 이 값을 위 식에 대입하면 Fig. 9의 (b)와 같은 곡선이 얻어진다. 즉 수상자성유체의 분산 안정 pH는 (b) 곡선 이상에서 만이 가능하다.

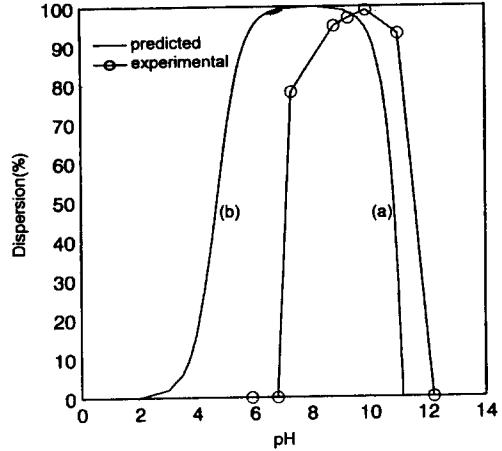


Fig. 9. Comparison of the calculated and experimental dispersion pH value with oleic acid stabilized magnetic fluid.

(3) 수상자성유체의 이론적 분산안정영역

Fig. 9는 상기 방법에 의해 유도된 수상자성유체의 안정 영역과 실험을 통하여 얻어진 분산안정영역을 비교 도시한 것이다. 그림에서 처럼 두 곡선은 유사한 결과를 나타내고 있다. 하지만 수상자성유체 중의 마그네타이트의 입도 분포, 분산질 입자 사이에 존재하는 Van der Waals force 및 magnetic attraction 등에 의한 인력, electrical repulsion 및 steric repulsion 등에 의한 척력, 수용액 중에서의 계면활성제의 농도 구배등을 고려하지 않은 것으로서 이에 관해서는 좀 더 많은 연구가 필요하리라 본다.

IV. 결 론

본 연구에서는 습식법으로 자성유체용 초미립 마그네타이트를 합성한 후, 오레인산, 리노레인산 및 스테아린산등을 계면활성제로 사용하여 수상자성유체를 제조하였으며, 합성된 수상자성유체의 분산 특성에 관하여 조사하였다. 또한 오레인산으로 제조한 수상자성유체의 분산성과 분산 안정성에 pH 변화가 주는 영향을 조사, 검토하였으며, 이를 통하여 수상자성유체의 분산 특성을 열역학적

으로 고찰하였다.

1. 오레인산을 계면활성제로 사용하여 수상 자성유체를 제조한 결과, 합성 마그네타이트 20 g에 대하여 오레인산 첨가량 0.030 mol에서부터 90 % 이상의 분산율을 나타내었다.

2. 계면활성제로 오레인산을 사용하여 제조한 수상 자성유체는 pH 8.0 ~ 11.0 사이의 분산 안정 영역을 나타내었다.

3. 오레인산 및 리노레인산을 사용하여 제조한 수상 자성유체를 건조 후 수상 및 유상으로 재분산한 결과 각각 분산시 95 % 및 90 % 이상의 분산율을 나타내었다.

4. 오레인산으로 제조한 수상자성유체의 이론적 분산안정영역을 열역학적으로 고찰한 결과, 실험을 통하여 얻은 pH 안정 영역을 추론할 수 있었다.

참고 문헌

[1] V. E. Fertman, "Magnetic Fluids Guide Book : Properties and Applications", Hemisphere publishing Co., London, (1990), pp1~11.

[2] 김민석, 김만, 오재현, 강남기, 대한금속학회지, 투고중.

[3] 김만, 오재현, 이우영, 한국자기학회지, 3(3), pp241~246 (1993).

[4] G. W. Reimers, S. E. Khalafalla, IEEE Transaction on Magnetics, MAG-16(2), pp. 178~183 (1980).

[5] 오재현, 김민석, 김만, 김성완, 한국자기학회지, 3(3), pp234~240 (1993).

[6] C. J. Sambueetti, IEEE Trans. on Mag., MAG-16(2), pp364~367 (1980).

[7] Shigeru Mukai, Flotation, The Flotation Search Association of Japan, 25, pp95~98 (1965).

[8] 下飯坂潤三, 中鉢良治, 吉田洋一 : 日本鑛業會誌 / 93, 1068 (1977), 83~86.

[9] Jan Leja, "Surface Chemisry of Froth Flotation", Plenum Press, New York, pp293~299, (1982).

[10] 김성완, 김만, 오재현, 강남기, 대한금속학회지, 투고중.

Dispersion Characteristics of Oleic Acid Stabilized Water-based Magnetic Fluids by Peptization Method

Jounggon Kim, Mahn Kim, and Jaehyun Oh

Department of Metallurgical Engineering, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea

(Received 31 January 1994)

Water-based magnetic fluids containing synthesized ultrafine magnetite were successfully prepared with C₁₈ fatty acid such as oleic acid, linoleic acid and stearic acid. Oleic acid was needed the amount of 3.0×10^{-2} mol per 20 g magnetite to stabilize the magnetite $d = 113 \text{ \AA}$ particles. From pH 8.0 to pH 11.0, stable aqueous-based fluids could be obtained. The aggregated powder after drying the water-based magnetic fluid was also successfully re-dispersed in dilute NH₄OH solution and in kerosene. The pH levels of the magnetic fluid using oleic acid system could be predicted by the pH values obtained by calculation of thermodynamic data.