

오레인산-飽和脂肪酸(C₉~C₁₁)으로 製造한 水相磁性流體의 再分散性
—合成 마그네타이트에 依한 水相磁性流體의 製造 및 再分散 特性에 關한 研究(3)—

金 晚 · 吳在賢

延世大學校 金屬工學科

(1994년 3월 4일 접수)

Re-dispersion Characteristics of Water-Based Magnetic Fluids
Using Oleic Acid and Saturated Fatty Acid (C₉~C₁₁) System
—Preparation and Redispersion Characteristics of
Water-Based Magnetic Fluid With the Synthesized Magnetite(3)—

Mahn Kim and Jaehyun Oh

Department of Metallurgical Engineering, Yonsei University

(Received March 4, 1994)

要 約

本 研究에서는 濕式法에 의해 얻어진 超微粒 마그네타이트 表面에 오레인산이온으로 化學吸着한 後, 少量의 암모니아수로 解離된 飽和脂肪酸으로서 物理吸着層을 形成시켜 水相磁性流體를 製造하였다. 이때 界面活性劑의 添加量 및 pH 變化 등이 分散特性에 미치는 影響을 조사하였으며, 乾燥를 통한 凝集·再分散性 및 케로신과 같은 有機溶媒로서 分散媒 置換特性을 調査하였다. 水相磁性流體의 分散率은 合成마그네타이트 20g에 대해서 sodium oleate의 添加量 2.63×10⁻² mol, nonanoic acid 添加量 0.04 mol 이상에서 90% 이상 유지되었다. 固體含量이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 增加함에 따라 水相磁性流體의 飽和磁化값은 3.3 emu/g에서 18.23 emu/g으로 增加하였으며 점도는 1.4 cp에서 12.06 cp로 增加하였다. 1N-HCl 및 1N-NaOH를 使用하여 水相磁性流體의 pH 變化에 따른 分散特性을 調査한 결과 oleic-nonanoic계 水相磁性流體는 pH 7.7 부근에서 안정한 分散特性을 나타내었으며, oleic-oleic계 水相磁性流體는 pH 9.0~11.0 사이의 領域에서 안정한 分散特性을 나타내었다. 少量의 암모니아수로 解離시킨 飽和脂肪酸(C₉~C₁₁)을 第2界面活性劑로 使用하여 水相磁性流體를 製造한 結果, 乾燥를 통한 凝集 및 再分散성이 우수하였으며, 케로신과 같은 有機溶媒로 分散媒 置換이 可能하였다.

ABSTRACT

Stable aqueous dispersion of magnetite colloid was obtained by allowing a fatty acid, such as nonanoic acid, decanoic acid and undecanoic acid, dissociated with NH₄OH solution to adsorb on the monomolecular adsorption of oleate. To obtain a stable dispersion, added amounts of sodium oleate and nonanoic acid for magnetite 20g were more than 2.63×10⁻² mol and 0.04 mol respectively. In this colloid, good dispersions of magnetite which is sterically stabilized in aqueous system were achieved about pH 7.7. Water-based magnetic fluids using in this study were able to redisperse to water-based magnetic fluids by adding NH₄OH solution to dried water-based magnetic fluid powders. Changing a magnetic fluid carrier such as kerosene was also attempted by adding kerosene to dried water-based magnetic fluid powders. In this study, we can obtain a kerosene-based magnetic fluids using drying process.

1. 序 論

磁性流體¹⁾란 수nm에서 수십nm의 크기가 같은 強磁性體의 微粒子를 脂肪酸과 같은 界面活性劑로 稠密하게

被覆한 後 液體溶媒中에 고밀도로 分散시킨 粒子 콜로이드(colloid)를 말한다.

一般的으로 水相磁性流體의 경우, 超微粒 磁性粉末에 대해 脂肪酸 및 ABS(Alkyl Benzene Sulphonate)와 같은

界面活性劑로서 化學 및 物理 吸着層을 형성시켜 제조하고 있다^{2,3)}. 이처럼 製造한 水相磁性流體는 比重選別과 같은 용도로 活用이 可能하나, 選別 工程의 進行에 따른 固體含量의 變化時 再濃縮에 어려움이 있다. 특히 케로신(kerosene)과 같은 有機溶媒로 再分散함에 있어서는 아세톤 및 메탄올과 같은 有機溶媒를 添加하거나 鹽酸등의 添加에 의해 凝集을 행한 후 水分을 제거하고, 有機溶媒에 再分散시키는 方法 등^{1,3)}에 의해 처리한다. 하지만 오레인산으로 피복한 마그네타이트 粉末 周圍에 암모니아수로 解離된 脂肪酸으로 物理吸着層을 形成시켜 製造한 水相磁性流體는 稀釋에 대한 安定性 뿐만 아니라 乾燥後 再分散이 可能하며 케로신과 같은 有機溶媒로 分散媒 置換이 可能하다⁴⁾. 특히 乾燥 등을 통한 凝集 技術은 大氣중 放置만으로도 可能하므로 水溶液 中으로의 再分散 및 有機溶媒로의 分散媒置換은 低廉한 費用으로도 工程이 可能하리라 본다. 이에 本 研究室에서는 '오레인산에 依한 水相磁性流體의 製造 및 分散特性'에서 이미 報告⁴⁾한 바 있다.

그러나 오레인산의 경우 기타 脂肪酸에 比해서 價格은 저렴하지만, C 길이가 긴 까닭에 micelle을 形成하기 쉽고 이에 따라 過量의 脂肪酸 添加時 分散率의 減少가 급격히 發生한다⁴⁾. 하지만 nonanoic acid(C₉H₁₈O₂)와 같은 저급 脂肪酸의 경우, 價格은 高價이나 弱알칼리하에서도 溶解가 容易하며, 高濃度下에서도 micelle의 發生이 容易하지 않다.

따라서 本 研究에서는 濕式法에 의해 얻어진 超微粒 마그네타이트 表面에 오레인산이온을 化學吸着시키고, 少量의 암모니아수로 解離시킨 飽和脂肪酸(C₉~C₁₁)으로서 物理吸着層을 形成시켜 水相磁性流體를 製造하였으며, 乾燥를 통한 凝集 再分散성 및 케로신과 같은 有機溶媒로의 分散媒 置換特性을 調査하였다.

2. 實驗方法

2.1. 試藥

本 研究에서는 超微粒 마그네타이트 合成時 試藥級的 FeCl₂·nH₂O, FeCl₃·6H₂O 및 中和劑로서 NH₄OH를 使用하였으며, 水相磁性流體의 製造時 界面活性劑로서 試藥級的 sodium oleate(C₁₇H₃₃COONa), nonanoic acid(C₉H₁₈O₂), decanoic acid(C₁₀H₂₀O₂) 및 undecanoic acid(C₁₁H₂₂O₂)를 使用하였다.

2.2. 實驗裝置 및 實驗方法

本 實驗에 使用한 용기로는 2 l 용량의 4공플라스크를

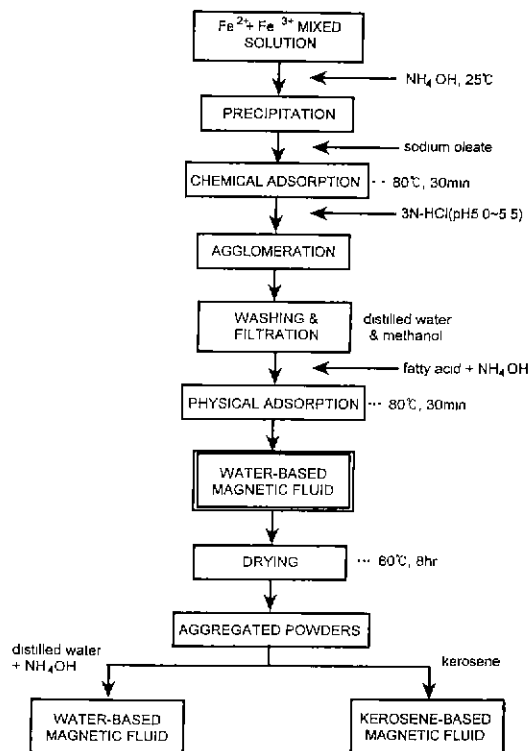


Fig. 1. Experimental procedure.

使用하였으며, 溶液의 加熱은 온도조절기가 연결된 Heating Mantle를 使用하였다. 이때 溶液의 攪拌은 回轉速度를 調整할 수 있는 모터에 연결된 교반봉을 使用하였다.

Fig. 1은 實驗順序를 나타낸 흐름도이다. 2 l 용량 反應容器에 전체 鐵이온濃도가 0.25 mol, 反應比 Fe²⁺/Fe³⁺=2/3의 試藥級 FeCl₂ 및 FeCl₃ 共存溶液을 容器에 裝入한 후, 中和劑로서 NH₄OH를 添加하여 全體 溶液量 1 l 하에서 所定時間 反應시켜 超微粒마그네타이트를 合成하였다. 이렇게 얻은 沈澱物은 蒸溜水 3 l로 洗滌 및 濾過(5C)를 反復하여 溶液中的 電解質을 除去한 後 80 °C 乾燥爐에서 2日間 乾燥하여 水分을 모두 除去하였다. 化學吸着層은 마그네타이트 懸濁液에 오레인산나트륨을 適定量 添加한 後 80°C에서 30分間 攪拌을 行하였으며, 이들 懸濁液을 凝集시키기 위하여 3N-HCl溶液을 加하여 pH 를 5.0~5.5로 調節하였다. 그 後 水溶液 中の 電解質 및 遊離酸을 除去하기 위해서 3 l의 蒸溜水와 300 ml의 메탄올(CH₃OH)로 洗滌 및 定量用 濾過紙(5C) 中에서 濾過過程을 반복하였다.

이후, 上記產物에 飽和脂肪酸인 nonanoic acid(C₉H₁₈O₂),

decanoic acid(C₁₀H₂₀O₂) 및 undecanoic acid(C₁₁H₂₂O₂) 이온 등의 物理吸着層을 形成시키기 위하여 所定濃度の 암모니아水和 飽和脂肪酸의 混合溶液을 加한 後 數分間 攪拌, 分散시켜 水相磁性流體를 製造하였다. 이처럼 얻어진 水相磁性流體에 대해서는 界面活性劑의 添加量 및 pH 變化 등이 分散特性에 미치는 影響을 調査하였으며, 乾燥를 통한 凝集·再分散性 및 케로신과 같은 有機溶媒로서 分散媒 置換特性을 調査하였다.

2.3. 分析方法

2.3.1. 分散率 測定

分散率³⁾이란 分散直前의 마그네타이트의 量에 對한 分散된 마그네타이트量的 比로서 다음 式으로 表現이 可能하다.

$$r = \frac{(\rho_2 - \rho_L)}{(\rho_1 - \rho_L)} \times 100(\%) \quad (1)$$

r : 分散率

ρ₁ : 磁性流體를 製造한 直後 磁性流體의 比重

ρ₂ : 磁性流體를 製造한 後 5日間 安定化시킨 後 磁性流體의 比重

ρ_L : 分散媒의 比重

따라서 本 研究에서는 水相磁性流體를 製造한 直後 流體를 高루 섞고 이 중 10 ml를 취하여 測定한 流體의 比重값과 나머지 流體中 100 ml를 mass cylinder에 넣고 5日間 安定化시킨 다음 表面으로부터 10 ml를 採取하여 얻은 流體 比重값의 比를 計算하여 分散率을 求하였다.

2.3.2. 粘度測定

水相磁性流體의 粘度는 HAAKE RV3 점도계를 使用하여 rpm(n)을 變化시키면서 그 時의 s값을 취하여 各 各에 對한 粘度를 求한 후 이를 平均하여 粘度를 測定하였다.

$$\eta = 329(s/n) \quad (2)$$

η : 粘度

s : shear stress

n : shear rate

2.3.3. 磁氣의 特性

水相磁性流體의 磁氣의 特性은 시료진동형 지속계를 使用하여 磁界強度 5 kOe에서 測定하였다.

3. 結果 및 考察

3.1. 超微粒 마그네타이트의 合成

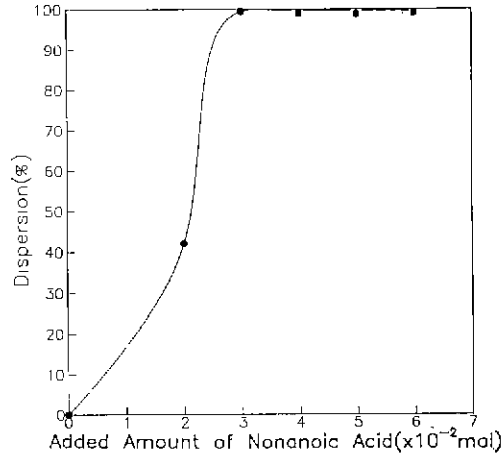
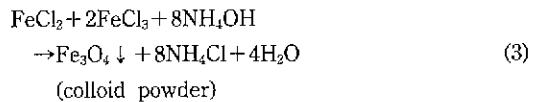


Fig. 2. Effect of the added amount of nonanoic acid on the dispersion of magnetic fluids (solid cont. = 0.1 g/cc, sodium oleate = 2.63 × 10⁻² mol, pH = 7.7, Fe₃O₄ = 20 g).

超微粒 마그네타이트 合成에 對한 反應式^{1,5)}은 다음과 같으며, 이 式 (3)에 근거하여 모든 마그네타이트 合成 實驗을 行하였다.



이때 合成된 合成 產物은 前報⁵⁾에서 報告한 바와 같이 反應 溫度 25°C, 反應時間 10 min., 初期 Fe²⁺의 濃度 0.1 M, Fe²⁺/Fe³⁺의 比 2/3, NH₄OH 添加量 0.9 N하에서 平均 直徑 113 Å, 飽和磁化값 64 emu/g을 나타내었다. 따라서 本 研究에서는 上記 方法에 의해서 製造한 마그네타이트 粉末을 分散質로 하여 水相磁性流體를 製造하였다.

3.2. 水相磁性流體의 製造

Fig. 2는 第2界面活性劑로 使用한 nonanoic acid의 添加量에 따른 分散率 變化를 나타낸 것이다. 이때, 마그네타이트는 20 g을 使用하였으며 固體含量 0.1 g/cc, pH는 암모니아를 使用하여 pH 7.7로 調節하였다. Nonanoic acid를 添加하지 않은 경우, 分散이 일어나지 않았으나, nonanoic acid를 添加함에 따라 分散率은 급격히 增加하였으며, nonanoic acid濃度 0.03 mol 이상에서 分散率이 95% 이상 유지되고 있다.

Fig. 3은 第1界面活性劑로서 使用한 오lein酸 나트륨 添加量에 따른 磁性流體의 分散率 變化를 나타낸 것이다.

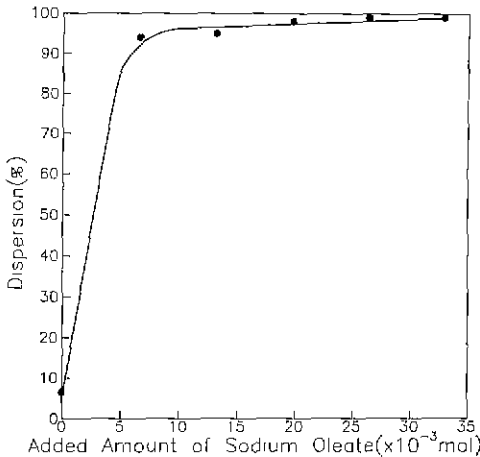


Fig. 3. Effect of the added amount of sodium oleate on the dispersion of magnetic fluids (solid cont.=0.1 g/cc, nonanoic acid=0.04 mol, pH=7.7, Fe₃O₄=20 g).

이때 마그네타이트는 20 g을 사용하였으며, 固體含量은 0.1 g/cc, nonanoic acid 添加量 0.04 mol, pH 7.7에서行하였다. 오레인산나트륨을 添加하지 않은 경우, 5% 미만의 分散率을 나타내었으나 오레인산 나트륨을 6.60×10^{-3} mol 이상 添加함에 따라 分散率은 90% 이상 維持하였다. 이 값은 本 研究에서 使用한 마그네타이트의 單分子 被覆時 必要한 理論的 添加量 1.08×10^{-2} mol²⁾에 비해 65.6%에 해당되는 값이었다. 이처럼 理論的 單分子 被覆 相當量 以下에서도 分散率이 우수한 까닭은 第2 界面活性劑로 添加된 nonanoic acid 中의 一部가 마그네타이트 表面에 吸着함에 起因하는 것으로 推定된다. 하지만 이같은 條件下에서는 水相磁性流體 製造時 마그네타이트 表面이 충분히 疎水化되지 않은 까닭에 製造 工程中 粉末의 凝集 特性이 低下되었으며, 이에 따라 水洗 및 分散에 어려움이 있었다. 따라서 本 研究에서는 水相磁性流體 製造時 分散성이 우수한 오레인산 添加量 2.63×10^{-2} mol, nonanoic acid 添加量 0.04 mol하에서 實驗을 行하였다.

Fig. 4는 常溫下에서의 固體含量에 따른 水相磁性流體의 粘度 및 飽和磁化값의 變化를 나타낸 것이다. 이때 오레인산나트륨 添加量은 2.63×10^{-2} mol, nonanoic acid 添加量 0.04 mol, pH는 암모니아수를 使用하여 pH 7.7로 固定하였다. 固體含量이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 增加함에 따라 流體의 粘度는 1.4 cp에서 12.06 cp로 增加하고 있다. 이처럼 分散質의 濃도가 增加함에 따라 粘度가 增加하는 理由는 分散媒 中에 包含된 粉末 周圍에 剪

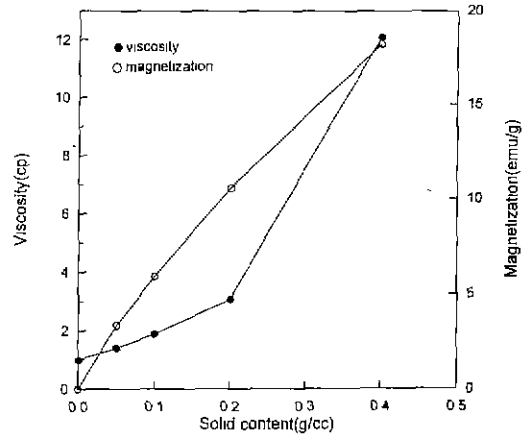


Fig. 4. Variation of the viscosity and magnetization of magnetic fluids according to the solid contents (sodium oleate= 2.63×10^{-2} mol, nonanoic acid =0.04 mol, pH=7.7, Fe₃O₄=20 g).

斷應力이 作用하여 分散媒의 흐름을 抑制함에 起因하는 것이다. 특히 水相磁性流體의 경우, 界面活性劑에 의한 二重層으로 構成되어 있는 바, 界面活性劑 및 物理吸着層을 構成하는 極性 解離 部位에 의한 粘度 上昇 效果도 考慮해야 할 것이다.

한편, 固體含量이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 增加함에 따라 磁界強度 5kOe에서의 飽和磁化값은 3.3 emu/g에서 18.23 emu/g으로 增加하였으며, 超常磁性 舉動을 나타내었다.

Fig. 5는 水相磁性流體의 pH 變化에 따른 分散特性을 나타낸 것이다. 이때 pH 調節은 1N-HCl 및 1N-NaOH를 使用하였으며, 5日間 安定化시킨 後 比重測定에 의해 分散率을 測定하였다. oleic-nonanoic계 水相磁性流體의 경우 pH 7.7을 前後하여 90% 이상의 分散率을 나타내었으나, pH 6.0 이하의 弱酸 및 pH 12.0 이상의 強알칼리 영역에서는 分散이 일어나지 않았다. 한편 oleic-oleic계 水相磁性流體는 pH 9.0~11.0 사이의 領域에서 安定한 分散特性을 나타내었는데, 이 값은 oleic-nonanoic계 水相磁性流體에 비해 高알칼리 領域이었다. 이처럼 第2 界面活性劑의 差異에 依해서 pH 安定領域이 變하는 까닭은 界面活性劑의 解離特性에 起因하는 것으로 推定된다.

한편 上記 水相磁性流體는 酸性 및 알칼리 領域下에서 凝集이 發生하였는데, 이같은 現象은 酸性 및 알칼리性 領域에서의 界面活性劑에 의해 構成된 吸着層의 安定性으로 說明이 可能하다.

酸性領域의 경우 第2界面活性劑의 解離度の 減少에

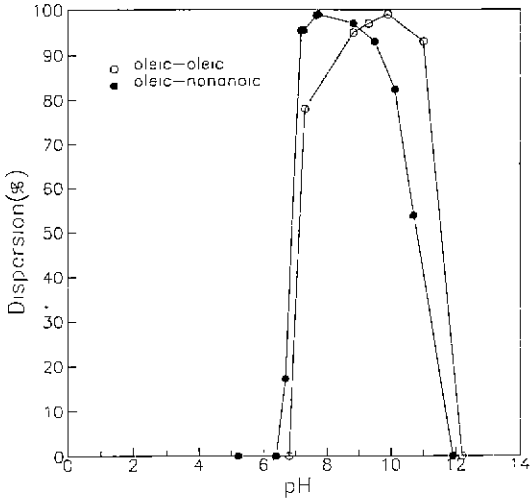


Fig. 5. Influence of pH on the stability of water-based magnetic fluids (solid content=0.1 g/cc, sodium oleate=2.63×10⁻² mol, nonanoic acid=0.04 mol, oleic acid=0.02 mol, Fe₃O₄=20 g).

의해 安定한 物理吸着層을 形成할 수 없게 됨에 기인하는 것으로 생각된다. 특히 水相磁性流體의 경우 分散粒子 주위에서 界面活性劑에 의한 安定化와 더불어 이들 주위의 極性部分에 의한 靜電氣的 安定化 特性이 重要한 役割을 하므로, 第2界面活性劑의 pH에 따른 解離度 減少는 磁性流體의 不安定性을 誘發시키는 것으로 사료된다.

한편, 알칼리領域의 경우 마그네타이트表面에 化學吸着層을 構成하고 있는 오레인산이온이 [OH⁻]와 競爭吸着⁶⁷⁾에 따른 化學吸着層의 파괴에 따라 安定한 疏水表面을 유지하지 못하여 磁性流體의 安定성이 붕괴되는 것으로 사료된다.

Fig. 6은 上記 實驗을 통해 얻은 水相磁性流體의 pH 變化에 따른 分散狀態를 나타낸 電子顯微鏡 사진이다. 그림에서 처럼 pH 7.7에서는 安定한 分散特性을 나타내는 반면, pH 6.7 및 pH 10.7에서는 粗大粒子를 중심으로 급격한 凝集現象이 發生하고 있다. 이처럼 磁性流體가 分散 安定성을 잃었을 때, 粗大 粒子를 中心으로 凝集이 發生하는 이유는 다음과 같이 說明이 可能하다.

磁性流體用 粉末은 單磁區 構造이므로 콜로이드 粒子 内の 磁氣모멘트는 1개 原子의 磁氣모멘트에 콜로이드 粒子 内の 磁氣모멘트를 곱한 크기의 磁氣모멘트를 갖게 된다. 이같은 磁氣모멘트는 熱에너지에 의한 振動에 의해서 回轉 브라운운동을 하지만 粒子 中에는 磁氣異方性 및 形象異方성이 있기 때문에 이같은 回轉運動은 抑制

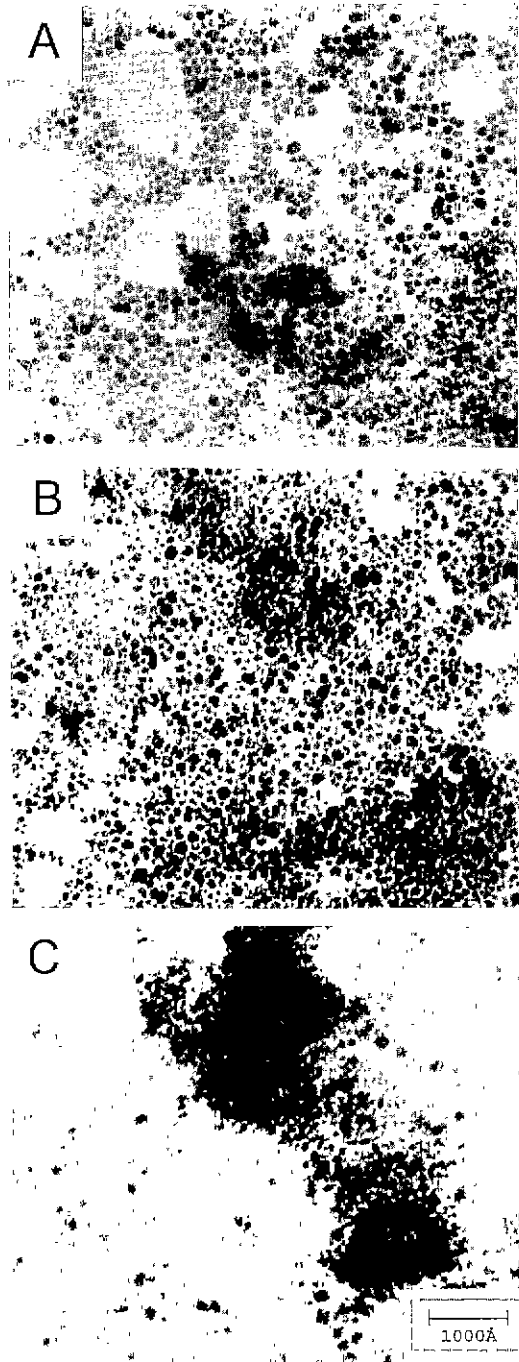


Fig. 6. TEM photographs of water-based magnetic fluids according to the variation of pH (solid content=0.1 g/cc, sodium oleate=2.63×10⁻² mol, nonanoic acid=0.04 mol, pH=7.7, Fe₃O₄=20 g). (A) pH 6.7 (B) pH 7.7 (C) pH 10.7

Table 1. The Rotational Time of Magnetic Moment According to Particle Size Using Magnetite⁹⁾

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

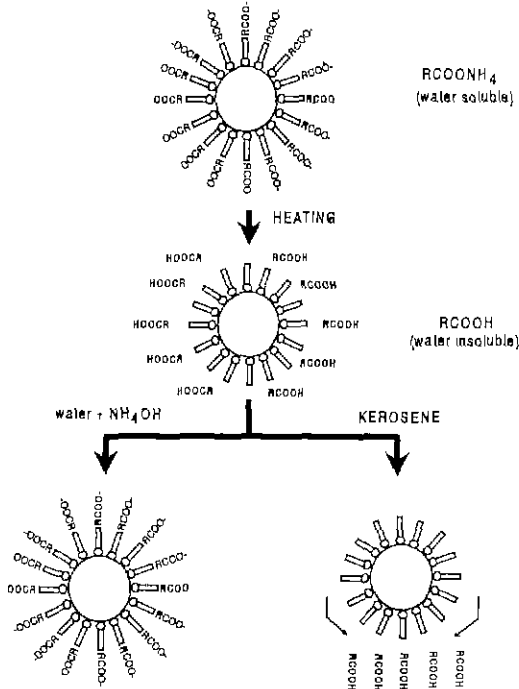


Fig. 7. Schematic representation of the re-dispersion process of magnetic fluids.

받는다. 특히 이같은 磁氣異方性 및 形象異方性 에너지는 粒子가 粗大해짐에 따라 增加하며, 臨界 크기 以上에서는 磁氣모멘트가 磁化容易軸(easy direction)으로 固定되어 超常磁성을 잃어버리고 強磁성을 나타낸다. 따라서 粒子 크기가 不均一한 磁性流體의 경우 一部 粗大한 粒子들이 微細한 磁石과 같은 役割을 하게 되므로, 이들 粉末을 中心으로 凝集이 發生하게 된다⁸⁾.

Table 1은 마그네타이트 磁性 粉末의 粒度에 따른 磁氣모멘트의 回轉 時間과의 相關 關係를 나타낸 것으로서 粒子가 粗大化됨에 따라 磁氣모멘트의 回轉 速度가 低下됨을 나타내고 있다.

3.3. 水相磁性感性流體의 再分散 및 分散媒置換特性

Fig. 7은 本 研究에 使用한 水相磁性感性流體의 分散特性 및 分散媒 置換特性을 나타낸 그림이다. 本 研究에서는

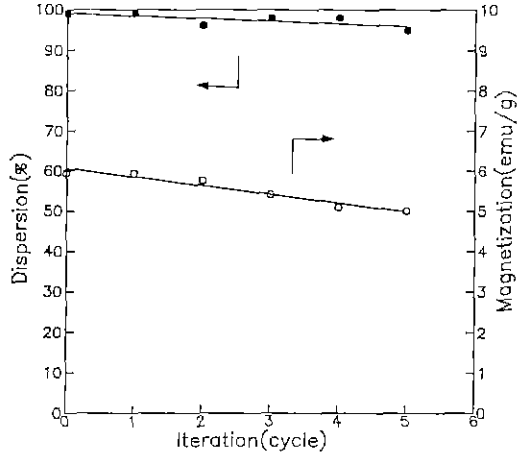


Fig. 8. Dispersion of water-based magnetic fluids obtained by re-dispersion after drying (solid content=0.1 g/cc, sodium oleate= 2.63×10^{-2} mol, nonanoic acid=0.04 mol, pH=7.7, Fe_3O_4 =20 g, drying temp = 80°C).

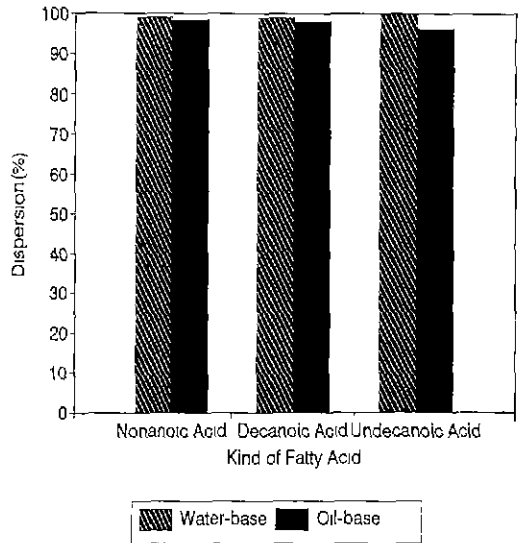


Fig. 9. Dispersion of kerosene and water-based magnetic fluids obtained by re-dispersion after drying (solid content=0.1 g/cc, sodium oleate= 2.63×10^{-2} mol, fatty acid=0.04 mol, Fe_3O_4 =20 g).

合成 마그네타이트주위에 오래인산나트륨을 使用하여 1次 化學吸着層을 形成시킨 후, 다시 이들 주위에 암모니아수로 解離한 脂肪酸이온으로 物理吸着層을 形成시킴으로서 水相磁性感性流體를 製造할 수 있었다. 이처럼 製造한 水相磁性感性流體에 乾燥를 行할 경우, 水分의 蒸發과

더불어 水溶液 中の 암모니아가 蒸發함에 따라 不溶性의 脂肪酸으로 둘러싸인 粉末이 얻어진다. 이후 이들 粉末에 암모니아 水溶液을 첨가할 경우, 粉末周圍의 遊離脂肪酸은 再解離가 일어나며, 이에 따라 安定한 物理吸着層을

形成함으로써 水相磁性流體로 再分散이 可能하다. 한편 乾燥 粉末에 케로신과 같은 有機溶媒를 첨가할 경우, 粉末周圍에 殘留하고 있던 脂肪酸은 流體 下段으로 沈降하게 되고, 이에 따라 粉末周圍에는 疏水表面만이 남게

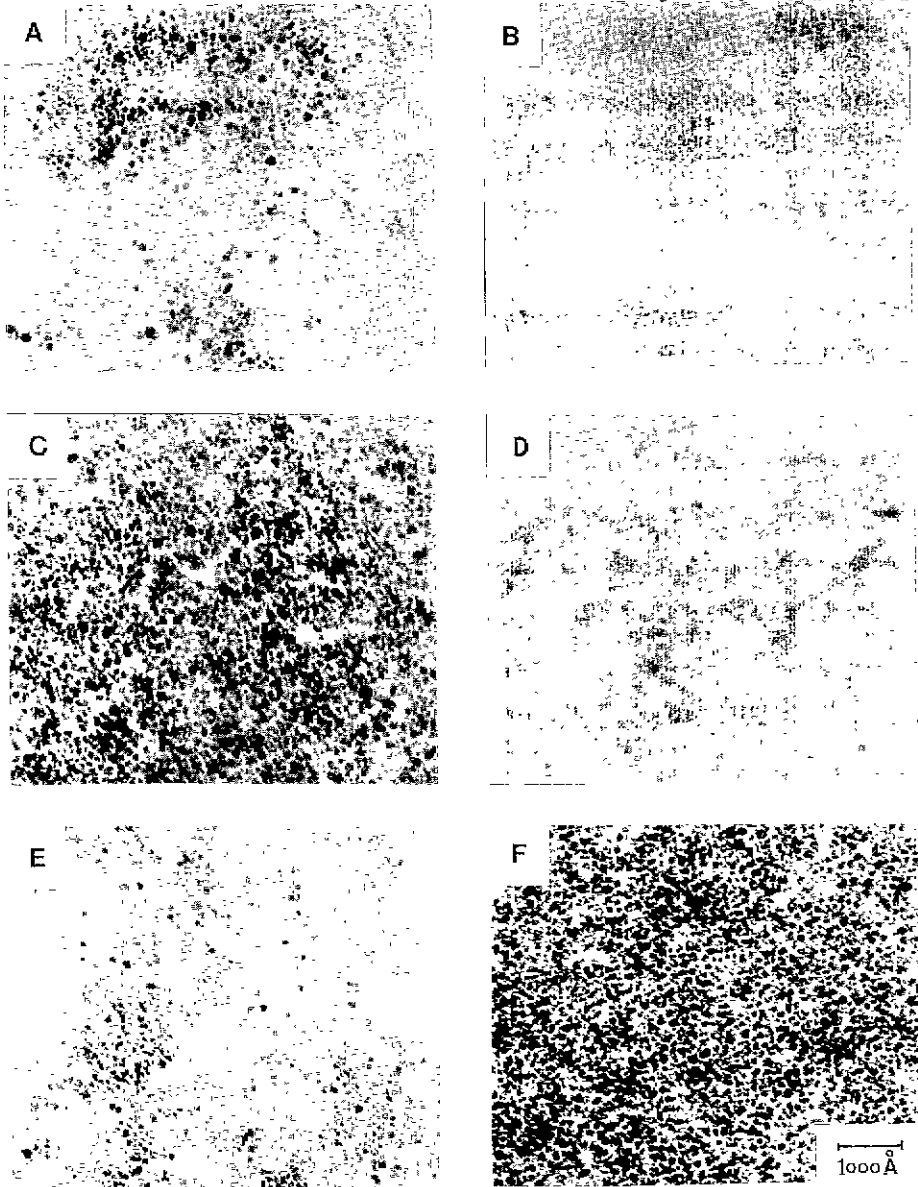


Fig. 10. TEM photographs of kerosene and water-based magnetic fluids obtained by re-dispersion after drying water-based magnetic fluids.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| (A) nonanoic acid (water based) | (B) nonanoic acid (kerosene-based) |
| (C) decanoic acid (water based) | (D) decanoic acid (kerosene-based) |
| (E) undecanoic acid (water based) | (F) undecanoic acid (kerosene-based) |

되므로 케로신과 같은 有機溶媒에 分散되는 것으로 意料된다.

Fig. 8은 水相磁性流體의 乾燥 再分散 特性을 나타낸 그림이다. 乾燥時 乾燥溫度는 80°C에서 8時間 行하였으며, 再分散時 固體含量은 0.1 g/cc, pH는 암모니아水를 使用하여 pH 7.7로 調節하였다. 乾燥 및 再分散을 反復해서 行한 結果, 分散率은 98%에서 96%로, 水相磁性流體의 飽和磁化값은 6.0 emu/g에서 5.0 emu/g으로 약간 減少하였으나 再分散性은 대체로 우수하였다.

Fig. 9는 第2界面活性劑로서 nonanoic acid(C₉), decanoic acid(C₁₀), undecanoic acid(C₁₁)를 使用하여 製造한 水相磁性流體를 乾燥한 후, 水相 및 kerosene 分散媒 磁性流體로 再分散한 磁性流體의 分散率을 比較 表示한 것이다. 水相磁性流體로 再分散時 C₉~C₁₁ 모두 95% 이상의 分散率을 나타내었으며, 油相磁性流體로 溶媒置換時 C₉~C₁₁ 모두 90% 이상의 分散率을 나타내었다.

Fig. 10은 第2界面活性劑로서 nonanoic acid(C₉), decanoic acid(C₁₀), undecanoic acid(C₁₁)를 使用하여 製造한 水相磁性流體를 乾燥한 후, 水相 및 kerosene 分散媒 磁性流體로 再分散한 磁性流體의 透過電子顯微鏡 사진이다. 그림에서처럼 C₉~C₁₁ 모두 水相 및 油相 溶媒下에서 安定하게 分散되고 있다.

4. 結 論

本 研究에서는 濕式法에 의해 얻어진 超微粒 마그네타이트 表面에 오레인酸이온으로 化學吸着한 後, 少量의 암모니아水로 解離된 飽和脂肪酸으로서 物理吸着層을 形成시켜 水相磁性流體를 製造하였다. 이때 界面活性劑의 添加量 및 pH 變化 등이 分散特性에 미치는 影響을 조사하였으며, 乾燥를 통한 凝集 · 再分散性 및 케로신과 같은 有機溶媒로서 分散媒 置換特性을 調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 水相磁性流體의 分散率은 合成마그네타이트 20 g에 대해서 sodium oleate의 添加量 2.63×10⁻² mol, nonanoic acid 添加量 0.04 mol 이상에서 90% 이상 유지되었다.
2. 固體含量이 0.05 g/cc에서 0.4 g/cc로 增加함에 따라 水相磁性流體의 飽和磁化값은 3.3 emu/g에서 18.23 emu/g으로 증가하였으며 점도는 1.4 cp에서 12.06 cp로 增加하였다.
3. 1N-HCl 및 1N-NaOH를 使用하여 水相磁性流體의

pH 變化에 따른 分散特性을 調査한 結果 oleic-nonoic계 水相磁性流體는 pH 7.7 부근에서 안정한 分散特性을 나타내었으며, oleic-oleic계 水相磁性流體는 pH 9.0~11.0 사이의 領域에서 安정한 分散特性을 나타내었다.

4. 少量의 암모니아水로 解離시킨 飽和脂肪酸(C₉~C₁₁)을 第2界面活性劑로 使用하여 水相磁性流體를 製造한 結果, 乾燥를 통한 凝集 및 再分散성이 우수하였으며, 케로신과 같은 有機溶媒로 分散媒 置換이 可能하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 '93 핵심전문과제[합성마그네타이트에 의한 수상자성유체의 제조 및 재분산 특성에 관한 연구(931-0800-013-1)의 일부] 연구비 지원으로 이루어진 것으로 관계 제위 여러분께 감사드립니다.

REFERENCES

1. V.E.Fertman, "Magnetic Fluids Guide Book: Properties & Application," 1-10, Hemisphere Pub. Co., London (1990).
2. G.W.Reimers, S.E.Khalafalla, "Preparation of Dilution-Stable a Queous Magnetic Fluids," *IEEE Transaction on Magnetics*, **MAG-16**(2), 178-183 (1980).
3. 下飯坂潤三, 中塚藤人, 中鉢良治, 佐藤惟陽, "マグネ타イト 微粒子의 凝集 再分散-水-스磁氣流體의 作成-", *日本化學會誌*, (1), 6-9 (1976).
4. 吳在賢, 金三堯, 金晚, 李弘林, "오레인酸에 의한 水相磁性流體의 製造 및 分散特性," *한국요업학회지*, **3**(3), 300-303 (1994).
5. 오재현, 김민석, 김만, 김성완, "해교법에 의한 수상자성유체의 제조 및 특성에 관한 연구," *한국자기학회지*, **3**(3), 234-240 (1993).
6. 崔亨燮, 吳在賢, "監晶石と紅株石의 界面現象と浮選特性について(第1報)," *日本鑛業會誌*, **81**(927), 614-619 (1965).
7. Shigeru Mukai, "Thermodynamical Consideration on the Collection and the Depression of Minerals," *Flotation*, **25**, 95-98 (1965).
8. *ibid* **1**, 36.
9. *ibid* **1**, 43.
10. R.J.Hunter, "Foundation of colloid science," 450-493, Clarendon Press, New York (1989).