

# 환경오염 물질의 제거 및 저감을 위한 신기술

— Magnetite 強磁性 流体를 이용한 海上流布油類의 제거 —

김 태 옥

부산시동래구서동 236-8 주공아파트 11 동 401 호

류 봉 기

부산시사하구괴정 3 동 260(5/4)

## 1. 서 론

최근 대형 선박사고에 의한 유류유출과 각종 선박에서 버리는 폐유에 의한 해양오염은 해양 생태계를 파괴하고 어민의 생계를 위협하는 중대한 문제로 대두되고 있다.<sup>1)</sup> 이 海上流布油類의 제거 방법으로서는 乳化劑의 撒布와 細菌分解法 등이 있으나 전자의 방법은 乳化劑에 의하여 침전된 油類가 해저면에 상당기간 잔존하면서 서서히 분해되므로 해저 서식생물에 큰 악영향을 주며, 후자의 방법은 세균의 급속한 증식에 의해 해양생태계에 변화를 줄 수 있다. 최근 海上流布油類의 제거에 대한 새로운 방법으로 強磁性流體의 이용이 제안되고 있다.<sup>2)</sup> 이 방법은 미세한 酸化物磁性體를 油類分散媒에 현탁하여 만든 強磁性流體(ferrofluid)를 기름으로 오염된 해수에 撒布하여 기름을 磁氣를 띠게 하고 표면의 기름과 물을 Pump로 磁氣分離機에 보내어 기름을 회수하는 방법이다. 이 방법의 장점으로는 기름을 물리적으로 제거하므로 해양생태계에 아무런 영향을 주지 않고서도 기름의 회수가 가능하며, 사용한 強磁性流體의 재활용을

기할 수 있다는 사실이다. 強磁性流體는 Paper-11<sup>3)</sup> 등에 의하여 발명된 이래 強磁性流體가 갖는 각종의 성질(強磁性, 潤滑性, 粘性, 凝集性, 導電性 등...)을 이용한 응용이 많이 제안되어 있다. 그러나, 強磁性流體의 제조과정이 매우 어렵고 제조원가가 높은 것이 문제점이 되어 왔다.

본 연구에서는 海上面流布油類의 효과적이고 경제적인 처리를 위한 強磁性流體의 저원가 제조방법을 제시하고 이를 이용한 油類除去效果에 관하여 조사하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 強磁性流體의 제조

철강공장의 냉연부에서 다량 배출되는 鹽酸洗廢液(廢酸)을 선반작업에서 削出되는 철편으로 처리하여 廢酸중의 철이온 함량을 증가시켰다. 이 처리廢酸을 1/10N  $KMnO_4$  법과 원자흡광으로써 분석하고, 여기에 증류수를 가하여 Fe 이온의 농도가 1M 용액으로 되게 한 다음, Fig. 1의 장치를 이용하여 질소로써 공기와의 접촉을 차단한 채 위의 1M 폐산용액을 75°C의 온도

의 1M NaOH용액 500ml에 滴加하여 최종 pH 9에서 Fe(OH)<sub>2</sub>가 주르된 침전물을 얻고, 이를 2시간정도 교반하여 숙성한 후 여기에 공기를 주입하여 얻은 흑색의 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(magnetite)를 충분히 수세하고 건조하였다. 이 과정의 반응식은 다음의 (1), (2)식과 같다.

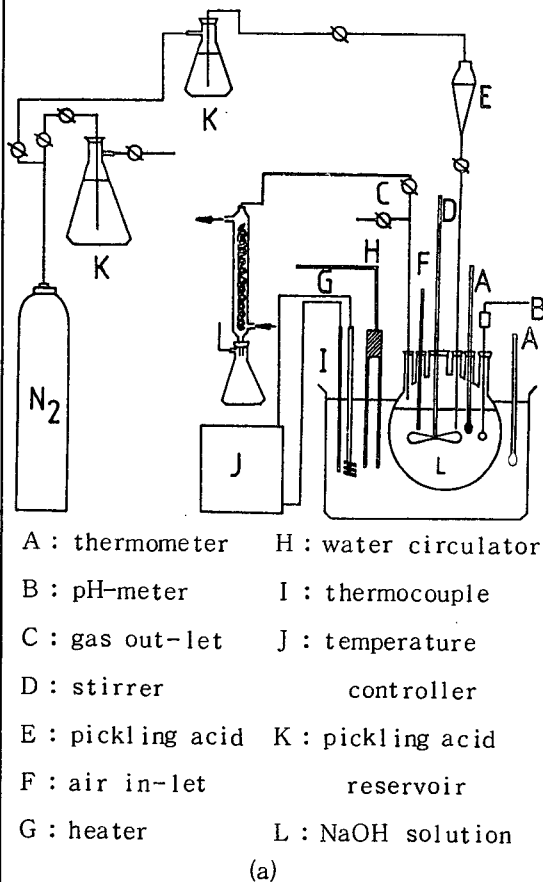
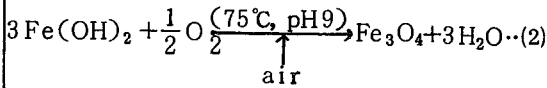
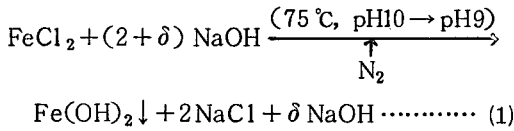
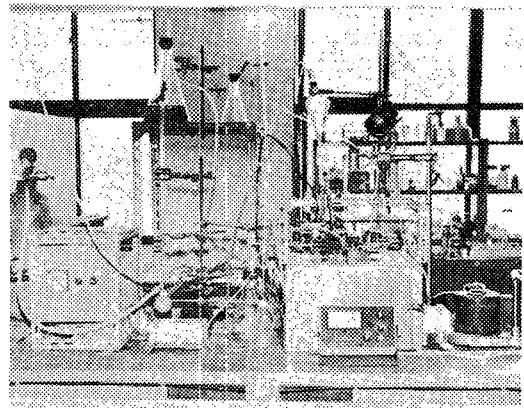


Fig.1 (a) Apparatus for preparation of magnetite-precipitate

이렇게 얻은 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>의 미세분말시료를 X-선회절분석, 전자현미경(SEM), BET법으로相, 粒



(b)

Fig.1 (b) Apparatus for preparation of magnetite-precipitate

자형대를 조사하고 Faraday magnetometer로써 그 磁化率 X를 측정하였다. 이 magnetite 미세분말 30g에 표면활성제로서 oleic산을 30g가하여 교반하고 이것을 kerosene 200ml와 함께 1000ml鐵製 Ballmill에 넣어 110시간 혼합하여 현탁액을 만들었다.

### 2.2 水面流布油類의 除去

250ml 비이커內의 물 100ml의 표면에 kerosene 1ml를 유포한 다음 농축 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 현탁유를 적당량 넣고 잠시 교반후 5cm 간격의 磁極 사이(磁束密度: 0~0.25 wb/m<sup>2</sup>)에 넣어 수면에 유포된 기름이 제거되는 과정을 관찰하였다. 이렇게 수거된 기름과 magnetite의 혼합물을 칭량하고, 이를 압착한 다음 기름이 묻은 magnetite의 혼합물을 150℃에서 가열하여 기름을 전부 증발시키고 그 무게를 측정하여 회수된 기름의 양을 조사하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 强磁性流體의 제조

A. 철강의 냉연부에서 배출된 廢酸과 이 廢酸을 철편으로 반응시켜 폐산중의 미반응염산을 처리한 후 분석한 결과 Table1과 같다. 이 때 사용한 철편의 분석치는 Table.2에 나타내었다.

Table.1을 보면 철삭편으로 처리한 廢酸의

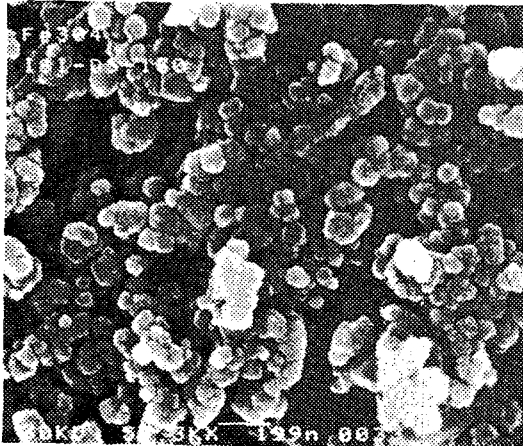
**Table.1** The chemical Composition of the Pickling Waste-acid, not-treated(1) and treated(2) with iron chip.

	(1)	(2)
Fe <sup>2+</sup> (M)	1.8	2.3
Fe <sup>3+</sup> (M)	0.1	0.1
T.Mn (M)	5.0 × 10 <sup>-3</sup>	2.7 × 10 <sup>-2</sup>
Cl <sup>-</sup> (M)	6.1	5.0
Ni <sup>2+</sup> (ppm)	Tra.	8.4
T.Cr (ppm)	Tra.	4.5
Zn <sup>2+</sup> (ppm)	Tra.	5.2

**Table.2** The chemical composition of the iron-chip.

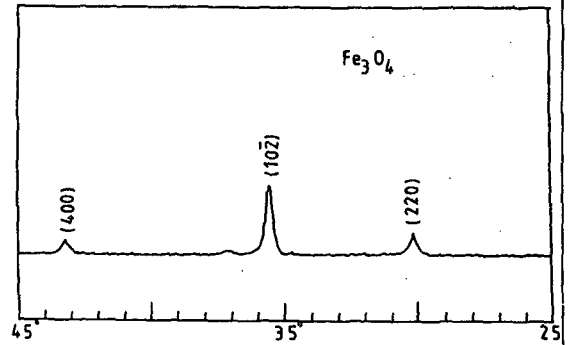
Fe (%)	Si (%)	P (%)	Mn (%)	C (%)	S (%)	Total (%)
99.07	0.31	0.01	0.10	0.50	0.01	100.00

전 Fe 이온은 2.4M의 고농도 염화철용액이 되므로 magnetite 제조용으로 충분히 사용할 수 있음을 알 수 있다. Fig.1의 장치를 이용하여 만든 magnetite 분말의 SEM과 X-선 회절 결과 Fig.2 및 Fig.3과 같다.



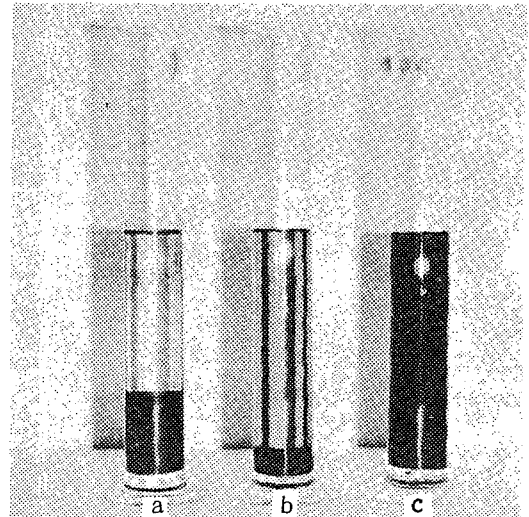
**Fig.2** SEM micrographs of the coprecipitated magnetite.

Fig.2, Fig.3을 보면 이 침전물은 평균 입자경 약 0.1μm의 magnetite의 單相임을 알 수 있다.



**Fig.3** X-ray diffraction (Cu K-α) Pattern of the Coprecipitated magnetite.

이 magnetite를 이용하여 2.1항의 방법으로 強磁性流體를 만들었다. 침전 magnetite 물과 kerosene에 각각 넣고 잠시 교반한 것과 kerosene 強磁性流體를 24시간 정치한 다음 그 침강상태를 조사한 결과 Fig.4와 같다. Fig.4를 보면 양호한 強磁性流體가 얻어졌음을 보이고 있다.



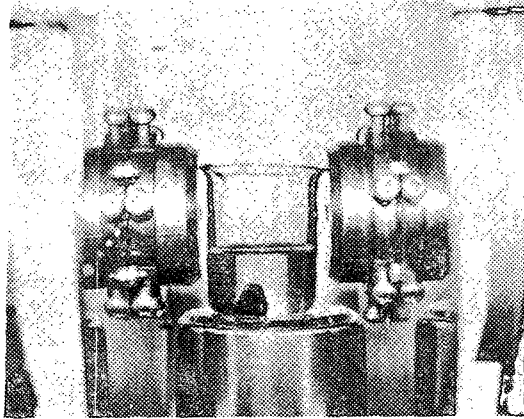
**Fig.4** Sedimentation and Suspension in water and Kerosene.

- a) in water.
- b) in kerosene.
- c) kerosene-based ferrofluid

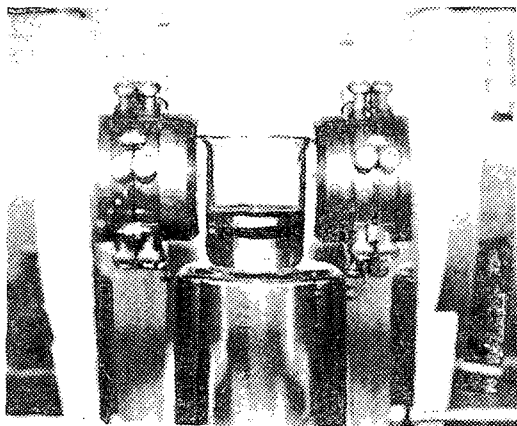
### 3.2 유류제거

強磁性流體의 적당량을 초과하여 기름을 분리하고, 이 기름이 묻은 magnetite를 기름으로

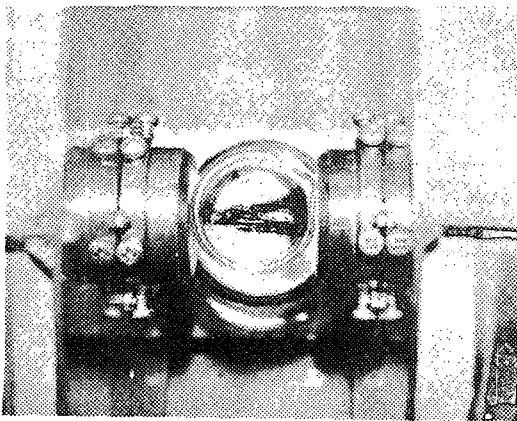
덮여있는 수면에 떨어뜨리고 약간 교반한 후 각종 세기의 磁氣場을 가한 모습을 Fig.5에 나타내었다.



a)  $H = 0 \text{ wb/m}^2$



b)  $H = 0.1. \text{ wb/m}^2$



c)  $H = 0.15 \text{ wb/m}^2$

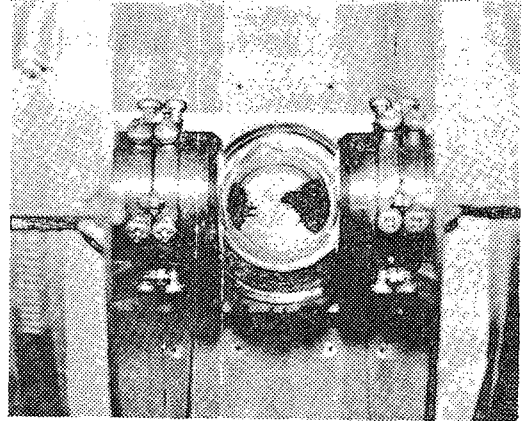
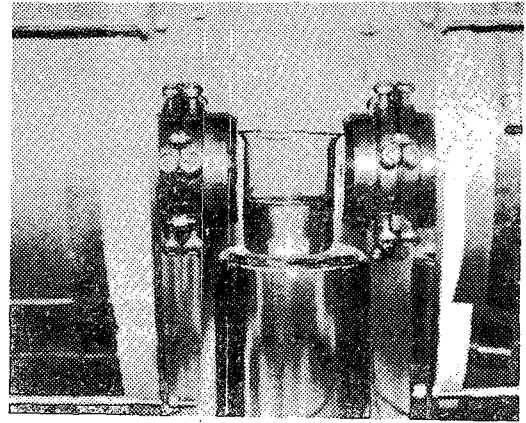


Fig.5 Ferrofluid in magnetic field and removal process of the oil spread on water surface.

Fig.5(a)를 보면 强磁性流體에 기름이 응집되어, 그 무게에 의해 바닥으로 침전되어 있음을 보인다. 여기에 磁氣場을  $0.1 \sim 0.15 \text{ wb/m}^2$ 까지 가했을 때 기름을 응집한 强磁性流體의 거동인 Fig.5(b)~(c)를 보면 가해진 磁氣場의 세기에 따라서 强磁性流體가 磁極에 끌려가는 모습이 변하는데, 磁氣場이 너무 세면 기름과 强磁性流體와의 분리가 일어남을 볼 수 있다. 가한 磁氣場의 세기와 회수한 기름의 양간의 관계는 Fig.6과 같다.

Fig.6에서 보는 바와 같이 적당한 세기의 磁氣場을 가하여 强磁性流體를 물과 분리시키고 이를 포집하여 압착하므로써 기름을 회수하고 强磁性流體도 재사용할 수 있음을 알 수 있다.

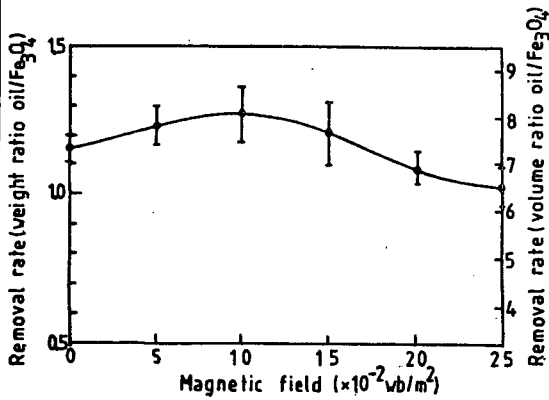


Fig. 6 Removal rate of oil spill vs. magnetic field.

4. 결론

철강공장 냉연부에서 배출되는 廢酸을 선반공정에서 삭출되는 철편으로 처리한 다음 NaOH 용액에 적가하여 얻은 침전물에 공기를 주입하여서 만든 magnetite를 이용한 強磁性流體제조방법과 이를 이용한 해상유류제거에 관하여 연구한 바 다음 결과를 얻었다.

1. 폐산으로부터 얻은 magnetite에 oleic 산을 가한 다음 Kerosene에 넣어 철제 Ballmill로 약 110시간 정도 혼합하면 농도 약 20% 정도의 Magnetite 強磁性流體를 저렴한 원가로써 제조할 수 있다.

2. 이 強磁性流體를 농축한 후 수면에 유포된 기름에 살포하고 잠시 교반한 다음 Pump로서 油類와 海水혼합물을 磁氣分離機에 보내어 여기에 적당한 磁氣場을 가하면 해양생태계에 영향을 주지않고 기름과 強磁性流體를 회수함과 동시에 이를 재활용할 수 있으므로 매우 경제적인 海上流布油類除去방법이다.

참고 문헌

- 1) 釜山日報, 13033호(1986.6.9)
- 2) S. S. Papell, US patent, No.3,215,572 (1965)
- 3) R. Kaiser et al, Proceedings of Joint Conference on Prevention and Controls of Oil Spills, June,15(1971)

참신한 人材를 찾습니다.

평소 하기 분야에 왕성한 의욕을 갖고 국내 제일의 환경 오염 방지 장치 산업체의 일원으로 일하고자 하는 분.

분	야	자	격	비	고
소 각 로	설 계	고졸·전문대졸		당해분야	3년이상
	제 작				
보 일 러	연구·개발	전문대졸 이상		유경험자	
	대기오염방지 (스크리머 백필터)	설 계	고졸·전문대졸		당해분야
연구·개발		전문대졸 이상			
화 학 장 치 (용제회수 약취제거)	연구개발·	대 출 이 상		3년이상 유경험자	

\* 화공기사 1급. 기계기사 1급. 환경(대기)기사 1급 우대 \* 각 분야 3년이상 경험자 우대

◎ 구비서류 이력서 자기소개서(3~4페이지) 최종학교 성적증명서

◎ 제출기한: 87. 2월 28일

하이텍환경개발(주)

서울시 마포구 공덕동 256-13  
(제일빌딩 1002호)  
전화번호: 719-3191, 4533