

초전도 HGMS법에 의한 제철공정 폐수처리

Treatment of steelmaking process waste water by superconductor HGMS method

김태형*, 하동우*, 오상수*, 하홍수*, 박성국**, 이상길**, 노유미**

Tae-Hyung Kim*, Dong-Woo Ha*, Sang-Soo Oh*, Hong-Soo Ha*,
Sung-Kook Park**, Sang-Gil Lee**, Yu-Mi Noh**

Abstract: This study introduced waste water treatment method by superconducting HGMS(High Gradient Magnetic Separation). HGMS treatment method is high efficient method for various waste water. we have surveyed superconducting magnetic separation technology. We fabricated the prototypes of magnetic matrix filter consisting of stainless steel mesh, which is a core component in the magnetic separation system. In our basic preliminary experiment using HGMS, it was made clear that the fine para-magnetic particles in the wasted water obtained from steelmaking process of POSCO can be separated with high efficiency.

Key Words: HGMS, Electrolytic dissociation, filter, magnetic field.

1. 서 론

산업의 성장발전과 더불어 공해 물질배출도 함께 증가되어왔으며, 이것은 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 특히, 대단위 공단지역의 경우 대기 및 수질 오염으로 인한 피해가 증가하고 있다. 종래의 산업폐수 처리기술로는 중금속 함유폐수에 수용성의 금속염을 첨가하여 금속 수산화물을 생성시켜 부상 혹은 침전시켜 슬러지화하여 제거하는 방법이 주로 사용되고 있다. 그 외는 생화학적 산화법, 활성탄 흡착방식이 주로 채택되고 있다. 이러한 폐수처리기술은 화학약품 사용량이 과다하여 슬러지 생성량을 증대하여 2차 폐수처리가 필요로 하는 경우가 많다. 또한, 폐수처리를 위한 큰 공간과 대용량의 슬러지 제거장치가 필요하며 처리비용이 비교적 많이 드는 단점이 있다. 이러한 기존 기술의 문제점을 보완하고 처리하게 어려운 악성 폐수들에 대한 고도처리가 가능한 초전도 마그네트를 이용한 자기분리 기술이 선진국에서 새롭게 폐수처리기술로 주목을 받고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-2]. 하지만, 국내에서는 아직 연구가 기초단계에 머물고 있는 현실이다.

처리폐수는 POSCO공장에서 발생하는 처리하기 어려운 폐수 4종류를 대상으로 실험을 실시하였다. 폐수는 후관공장 침전조 유입수, COG(Cokes Oven Gas)응축수 전기분해 처리수, 화성공장 탈안수, 화성공장 폭기조 유입수를 실험하였다.

이에 본 연구에서는 전기화학적 전처리 공정을 거친 폐수를 초전도 마그네트를 이용한 고구배 자기분리 폐수처리 기술에 대해 POSCO에서 발생한 폐수를 처리하는 공정에 대한 기초연구를 하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 전기화학적 전처리공정 소개

폐수처리 공정은 크게 두 가지로 구분하여 실시하였다. 첫째, 초전도 자기분리를 위한 전처리 공정으로 전기화학적 방법을 이용하였고, 두 번째, 초전도 마그네트를 이용한 고구배 자기분리를 실시하였다. Fig. 1은 전처리 공정인 전기분해장치를 나타낸 것이다.

반응기는 10L크기의 전극 반응기를 제작하여 사용하였으며, 전극사이의 간격은 1.5cm가 되도록 하였다. 전극으로는 Al 가용성 전극과 IrO₂ 코팅된 Ti 불용성 전극을 사용하였고, 면적은 6[24(17.8)*34.5(24.6)]*3T, 6[24(17.8)*34.5(24.6)]*1Tcm²가 되도록 하였다. 폐수는 1 μm size of the Micro Filtration 을 통해 20 liter 아크릴 재질의 저장탱크에 저장한 다음 유량을 각각 2l/min로 하여 전극 반응조에 공급하였고, 전원 공급은 DC power supply를 사용하여 가용성전극에는 15A 정전류를 불용성전극에는 8V 정전압 상태로 장치를 가동하였다. 폐수의 전기전도도는 conductivity meter (Orion Co., model 130)로 측정하였고 pH는 pH/ion meter (Fisher Scientific, Ap61) 을 이용하여 측정하였다.

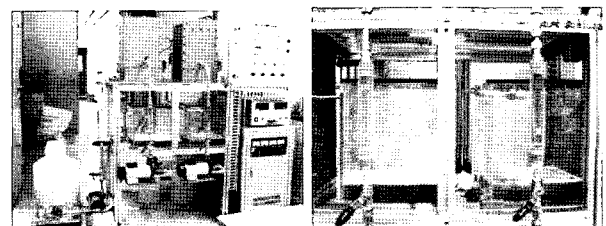


Fig. 1. Pre-treatment electrolytic dissociation process for waste water.

* 정 회 원 : 한국전기연구원 초전도재료연구그룹
** 비 회 원 : 포항산업과학연구원
원고접수 : 2006년 9월 4일
심사완료 : 2006년 9월 25일

2.2. 초전도 자기분리 공정

초전도 마그네트를 이용한 고구배 자기분리 공정을 적용하였다. Fig. 2는 초전도 자기분리 장치를 나타낸 것으로 자기분리 시스템에 필요한 초전도 마그네트는 6 Tesla급 저온초전도 Nb-Ti마그네트를 사용하였고, 전도냉각방식의 GM냉동기를 사용하였다. 고구배 자기분리필터는 내식성이 우수한 Stainless 재질로서 자화율이 큰 Ferrite 계의 SUS 430 wire를 이용하였고, (3) 상온보아의 직경이 100mm, 높이가 650mm로 자기분리 필터직경은 80mm이하로 하였으며 자기장의 상하분포를 고려하여 최대 수직자기장이 발생하는 위치에서 상하 50mm이내에 필터를 고정하였다. Fig. 3은 시험에 사용한 초전도 마그네트의 자기장분포를 나타낸 것으로 충분히 자기분리 필터영역에 균일한 자기장을 얻을 수 있으며, 자기분리과정에서 마그네트 보아전체에 대한 필터 충진율을 15%로 설계하여 실험하였다. 본 실험에 사용된 필터는 Fig. 4와 같이 100 mesh의 SUS 430 망으로서 80 mm dia의 외경을 SUS rim을 용접하여 디스크형태의 SUS 금속망 형태로 제작하여 아크릴 재질의 필터 하우징에 고정하여 실험하였다.

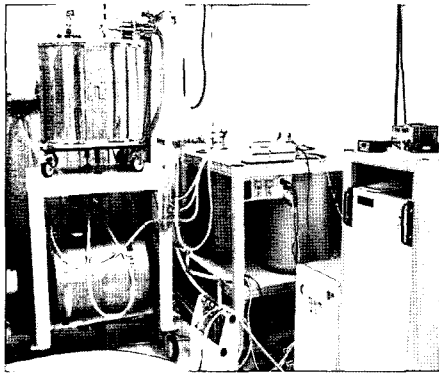


Fig. 2. Superconductor high gradient magnetic separation system.

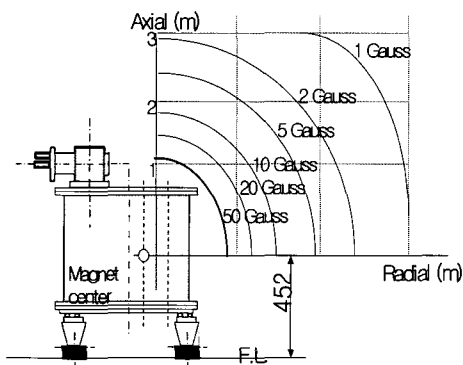


Fig.3. Superconductor magnetic field distribution.

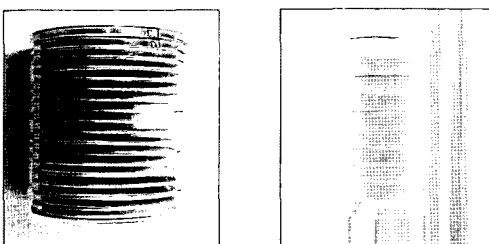


Fig. 4. HGMS filter mesh disk type SUS 430.

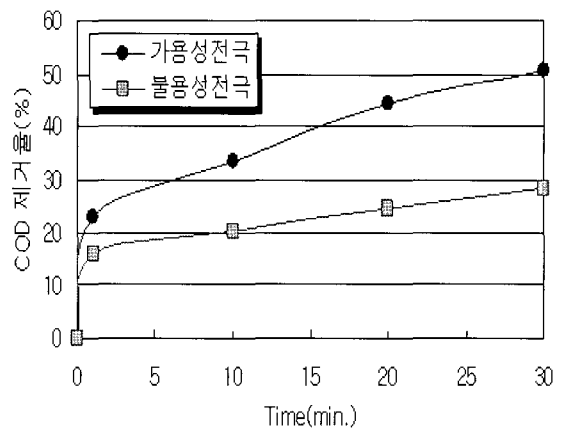
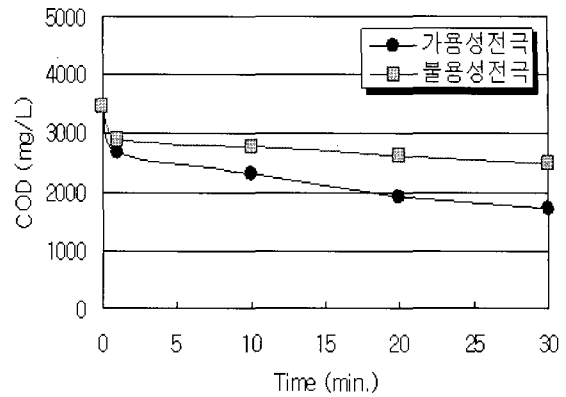


Fig. 4. COD variation and removal with electrode type and treatment time.

3. 실험결과 및 논의

4종류의 처리수에 대한 전처리 공정의 반응시간이 COD제거에 미치는 영향을 조사하기 위해 각각의 전극에서 1, 10, 20, 30분 간격으로 전해실험을 하였다. 또한, 펄톤 산화법을 이용하여 H₂O₂ 첨가에 따른 COD제거에 미치는 영향 및 응집제 첨가의 영향을 조사하였다. [4] 다음 Fig. 4는 Al 가용성 전극과 IrO₂ 코팅된 Ti 불용성 전극을 사용한 각각의 COD 감소량을 변화를 비교한 결과를 나타낸 것으로 반응시간을 30분으로 화성공장 폐수를 대상으로 실시한 전처리 결과로 Al 가용성 전극을 사용한 경우가 약 700ppm정도 더 감소하였으며 COD감소율도 20%이상 더 높게 나타났다.

다음은 화성폐수에 대한 과산화수소에 의한 COD제거효과를 Fig. 5에 나타내었다. 과산화수소의 투입량을 높여 나감에 따라 COD는 3,471 ppm에서 2,623ppm까지 감소하였다가 다시 3,951 ppm까지 증가하는 경향을 나타내었다. 과산화수소가 10 g/l일 때 COD 감소효과가 가장 높았으며 이 때의 pH는 5.45이었다. 용액의 온도는 반응시간이 경과함에 따라 서서히 증가하였으나 증가폭은 2℃ 정도로 미미하였다. 10g/l까지는 증가할수록 COD제거율이 증가하였으나 그 이상의 영역에서는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 과산화수소가 용액이 알카리성일 때는 산화제의 역할을 하지만 산성영역에서는 환원제로 작용하는 것으로 판단된다.

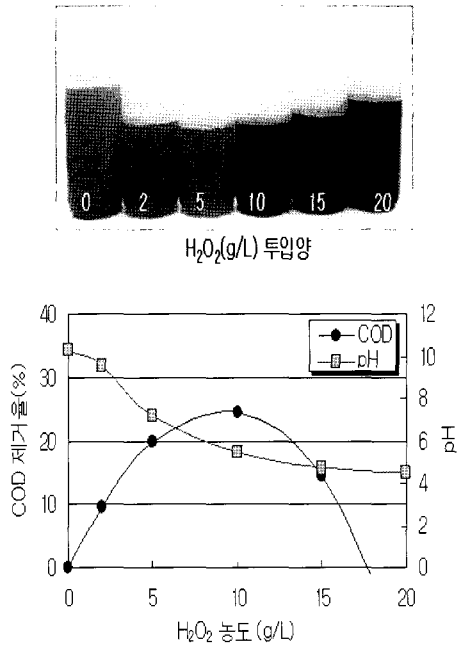
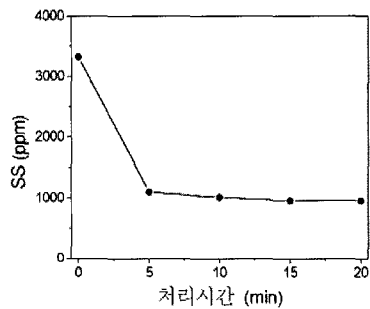
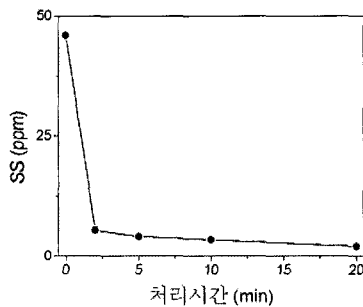


Fig. 5. treatment water color and COD removal with input H₂O₂.

다음 Fig. 6은 위와 같이 전처리한 폐수에 대해 고농도인 화성공장의 폐수와 후판공장 침전조 유입수를 초전도 마그네트를 이용하여 자기분리 처리시간에 따른 SS(Suspended Solid)변화를 나타낸 것이다. 자기분리 처리는 초전도 마그네트는 자기장은 3 Tesla에서 자기 필터는 디스크 형태로 다층으로 연속적으로 적용하였으며, 처리유속은 처리수에 대한 필터의 자기흡착이 충분히 이루어지도록 4 l/min으로 하였다. 고농도인 화성공장 폐수와 저농도인 후판공장의 폐수를 자기분리 시간에 변화에서는 고농도에서는 73%, 저농도에서는 96%까지 처리되었다.



a) finex waste water.



b) thick plate making cooling water.

Fig. 6. Waste water SS variation treatment time.

Fig. 7은 폐수에 대한 자기분리 후의 SS농도를 나타낸 것이다. 후판공장 침전조 유입수, COG응축수 전기분해 처리수, 화성공장 탈안수 및 화성공장 폭기조 유입수를 자기분리 처리한 것으로 Fe자성입자를 함유한 후판공장 침전조 유입수의 경우는 99%이상으로 완벽하게 제거되었으며, 비자성 입자를 함유한 다른 폐수들은 SS제거율이 상대적으로 많이 낮았다.

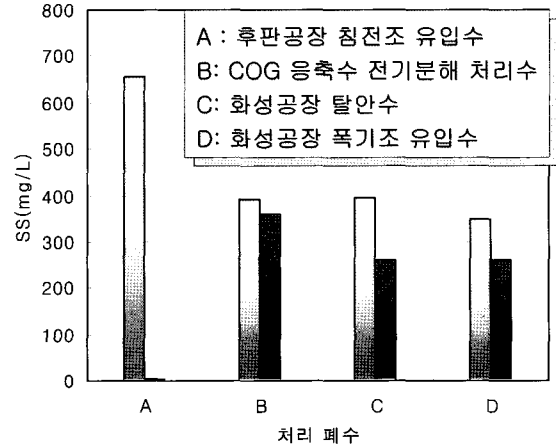


Fig. 7. Waste water SS concentration after HGMS treatment.

4. 결 론

본 연구결과로는 POSCO 공장에서 발생한 폐수에 대해 전기화학적 전처리 폐수처리장치 및 초전도 마그네트를 이용한 자기분리 장치를 제작하였다. 전기화학적 전처리 과정에서는 전극의 가용성 및 불용성에 따라 COD는 72%까지 처리되었다. H₂O₂를 첨가하고 가용성 Al전극을 사용한 전기분해 전처리율은 약 60%까지 제거되었다. 다음 공정인 초전도 자기분리 결과는 자성입자의 유무에 따라 비자성입자 폐수는 낮은 처리율을 나타내는 반면, 함유한 폐수에서는 99%까지 SS 제거율이 나타났다.

감사의 글

본 연구는 환경부 연구개발사업인 환경기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] I. Troster, M. Fryda, D. Herrmann, L. Schafer, W. Hanni, A. Perret, M. Blaschke, A. Kraft, M. Stadelmann, "Electrochemical advanced oxidation process for water treatment using DiaChem electrodes", Diamond and Related Materials 11, pp. 640-645, 2002.
 [2] Jia-Qian Jiang, Nigel Graham, Cecile Andre, Geoff H. Kelsall, Nigel Brandon, "Laboratory study of lectro - coagulation

-flotation for water treatment", Water Research 36, 2002, pp. 4064-4078.

- [3] D.Rajkumar, K. palanivelu, "Electrochemical treatment of industrial wastewater", ouranl of Hazardous Materials B114, pp. 123-129, 2004.
- [4] A. Savas Koparai, Ulker Bakir Ogutveren, "Removal of nitrate from water by electrocoagulation", Journal of Hazardous Materials 89, pp. 83-94, 2002.

저 자 소 개



김태형(金泰亨)
1969년 4월 20일생, 1993년 경북대학교 금속공학과 졸업, 1996년 경북대학교 금속공학과 대학원 졸업 (공학석사), 2001년 동 대학원 금속공학과 박사수료. 현재 한국전기연구원 초전도재료연구그룹 연구원.



하동우(河東雨)
1962년 7월 12일 생, 1985년 경북대 금속공학과 졸업, 1987년 동 대학원 졸업 (공학석사), 2001년 연세대 대학원 금속공학과 졸업 (공학박사), 2004. 7 ~ 2005. 7 미국 NHMFL 방문연구원, 현재 한국전기연구원 초전도재료그룹 책임연구원.



오상수(吳詳秀)
1959년 11월 1일생, 1982년 경북대 금속공학과 학사졸업, 1989년 일본 Kyoto대학 재료공학과 졸업 (공학석사), 1992년 일본 Kyoto대 대학원 재료공학과 졸업 (공학박사), 현재 한국전기연구원 책임연구원, 초전도재료연구그룹 그룹장.



하홍수(河洪秀)
1969년 5월 21일 생, 1995년 성균관대 공대 금속공학과 졸업, 1997년 동 대학원 금속공학과 졸업 (공학석사), 현재 한국전기연구원 초전도재료연구그룹 선임연구원.



박성국(朴誠國)
1955년 11월 20일생. 1982년 경북대 금속공학과 졸업, 1984년 경북대 금속공학과 졸업 (공학석사), 1989년 교토대 금속공학과 졸업 (공학박사), 현재 포항산업과학연구원 환경연구실 책임연구원.



이상길(李相吉)
1961년 6월 25일생. 1995년 경일대학교 공업화학과 졸업, 현재 포항산업과학연구원 환경연구실.



노유미(魯羨美)
1977년 5월 28일생. 2000년 충남대 금속공학과 졸업, 2003년 충남대학교 금속공학과 졸업 (공학석사), 현재 포항산업과학연구원 환경연구실.