

## 초전도 HGMS를 이용한 열연 냉각수의 자기분리 연구

하동우, 김태형, 오상수, 박성국\*, 이상길\*, 노유미\*

한국전기연구원 초전도재료연구그룹, 포항산업과학연구원 환경연구실\*

### Study on Magnetic Separation of Hot Roller coolant by Using Superconducting HGMS

Dong-Woo Ha, Tae-Hyung Kim, Sang-Soo Oh, Sung-Kook Park\*, Sang-Gil Lee\* and Yu-Mi Roh\*

Korea Electrotechnology Research Institute, Research Institute of Science & Technology\*

**Abstract :** It needs several large reservoirs and long time to remove suspended solid like steel fines and iron oxide in hot rolling coolant. If removing rate of suspended solid in rolling coolant is improved by using high gradient magnetic separation (HGMS) system, the productivity of working process can be increased and the area of reservoir can be reduced. Pre-treatment process that react magnetic floc with inorganic and organic flocculant in coolant was studied. Horizontal type superconducting HGMS system was manufactured successfully, which was constituted with automatic filter transportation apparatus, 6 T He-free superconducting magnet system and water circulation system. The solid suspension removal ratio in hot rolling coolant was increased by flocculation with inorganic and organic flocculant.

**Key Words :** HGMS, Superconducting, Magnetic separation, Hot roller coolant

### 1. 서론

일반적으로 산업폐수의 처리에는 침전, 여과, 응집, 미생물학적 처리 공정이 포함된다. 기존의 공정에서는 화학약품 사용량이 과다할 경우, 슬러지 생성량을 증대시켜 2차 폐수처리가 필요로 하게 된다. 또는 침전처리를 위한 큰 공간과 오랜 시간이 요구되어 처리비용이 비교적 많이 드는 단점이 있다. 이러한 기존 기술의 문제점을 보완하고 처리하게 어려운 악성 폐수들에 대한 새로운 고도처리가 가능한 초전도 마그네트를 이용한 자기분리 기술이 선진국에서 새롭게 폐수처리기술로 주목을 받고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1, 2] 높은 공극율의 자기필터와 고자장을 발생시킬 수 있는 초전도마그네트가 결합되면서 지금까지는 분리할 수 없었던 상자성 미세입자까지도 고속으로 처리할 수 있다. 초전도자기분리의 기본 원리는 강력한 자기력에 의하여 액체에 포함된 자성입자를 분리해내는 것으로 자성입자들이 자계의 힘에 의하여 잡아당겨지고 포획됨으로서 제거되는 것이다. 초전도마그네트를 이용하면 대공간에 전력손실 없이 고자장을 발생시킬 수 있기 때문에 자기분리용 전자석으로서 아주 이상적으로 이러한 초전도마그네트와 매트릭스의 자기필터를 결합시키면 아주 높은 고구배의 자장을 발생시킬 수가 있고 미립자를 효과적으로 고속으로 분리하는 것이 가능해진다. 이 기술을 HGMS(High Gradient Magnetic Separation)라고 부르고 장래에 환경보전 및 자기분리 산업 등의 분야에서 획기적인 기술로 사용될 수 있다. 이에 본 연구에서는 전처리 공정 및 초전도 마그네트를 이용한 자기분리 폐수처리 기술에 대해 POSCO의 열연공장의 냉각수를 자기분리 공정에 의해 수처리 실험을 행하였다.

### 2. 실험

본 실험에 폐수처리 공정은 크게 두 가지로 구분하여 실시하였다. 초전도 자기분리를 위한 자성체와 제거하고자 하는 입자와의 응집반응을 위한 전처리 공정을 실시하였고, 다음으로 전처리 공정을 거친 냉각수를 초전도 HGMS 장치를 이용하여 자기분리 실험을 하였다.

열연 공장의 폐수에는 이미 강자성체인  $Fe_3O_4$  입자를 상당량 포함하고 있으며 그 외에  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$  또는  $Fe$  수화물로 구성되어 있다. 자기분리 실험을 위해 먼저 응집반응을 시키지 않은 원액을 준비하였으며, 무기응집제로 황산알루미늄 ( $Al_2(SO_4)_3$ ), Alum과 유기응집제인 Cation, Anion, Nonion을 사용하였다. 유기응집제를 최대 3 ppm까지 투입하였으며 무기응집제와 함께 혼합하기도 하였다. 냉각수의 전기전도도는 conductivity meter (Orion Co., model 130)로 측정하였고 pH는 pH/ion meter (Fisher Scientific, Ap61)을 이용하여 측정하였다.

다음 공정으로 초전도 마그네트를 이용한 고구배 자기분리 공정을 적용하였다. 그림 1은 수평식 초전도 마그네

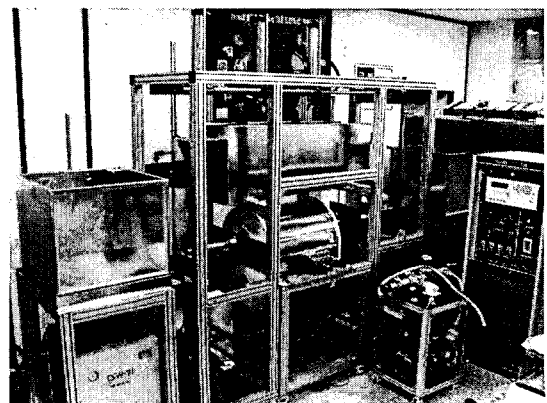


그림 1. 수평식 초전도 마그네트 자기분리 장치.

트 자기분리 장치를 나타낸 것으로 자기분리 시스템에 필요한 초전도 마그네트는 6Tesla 급 Nb-Ti 마그네트를 사용하였다. 본 실험에 사용된 필터는 100mesh의 SUS 430 망으로서 80mm dia의 외경을 SUS rim을 용접하여 디스크형태의 SUS 금속망형태로 제작하여 필터 하우징에 고정하여 실험하였다. 그림 2에서는 본 실험에 사용한 직경 80 mm의 크기로 30에서 80 mesh 사이의 필터를 보이고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3은 1T - 4T 자장 하에서 응집제를 사용하지 않은 열연 냉각수를 자기분리한 다음 잔류입자를 측정 한 결과이다. 냉각수에는 강자성체인  $Fe_3O_4$  입자를 상당량 포함하고 있어 1T 정도의 자장에서도 쉽게 자기분리가 가능하다는 것을 알 수가 있었다. 그리고 자장이 증가할수록 제거율은 나아지나 이미 1T에서 99% 이상의 만족할만한 제거율을 나타내었다.

그림 4에서는 응집반응을 거친 냉각수에서의 자기분리 후 잔류입자의 변화를 나타내고 있다. 응집반응 후에는 냉각수 내에서의 magnetic floc 형성에 의해 자기분리 효과가 훨씬 뛰어나다는 것을 알 수 있었는데 잔류 입자가 거의 검출되지 않았다.

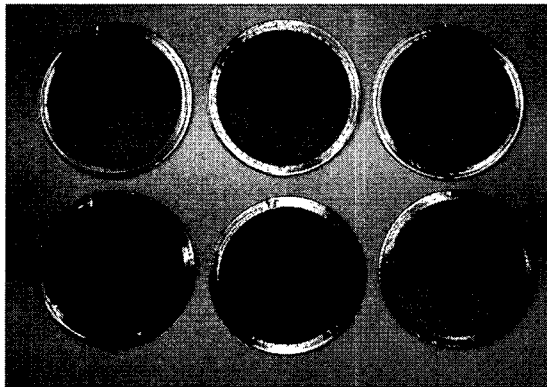


그림 2. 직경 80 mm, mesh 규격 30 - 80의 디스크 타입 필터.

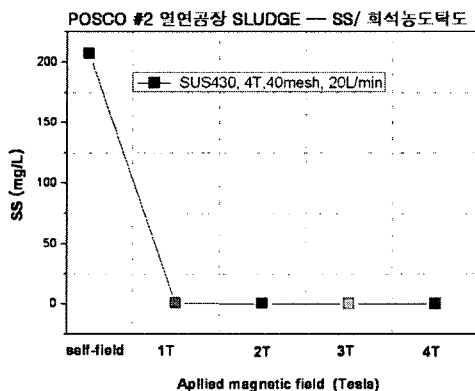


그림 3. 응집제를 사용하지 않은 냉각수에서의 자기분리에 의한 입자 제거율.

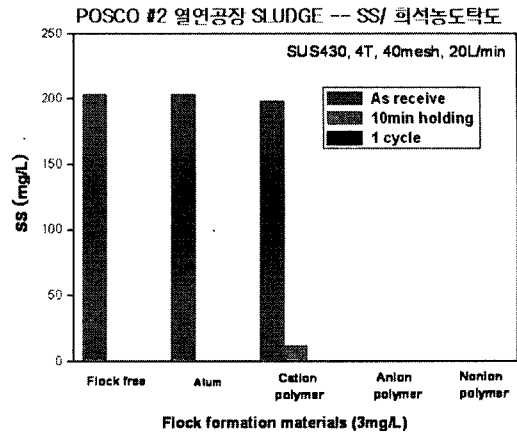


그림 4. 응집반응을 거친 냉각수에서의 자기분리 후 잔류 입자의 변화.

### 4. 결론

폐수가 마그네트를 지나 흘러가는 동안 필터의 교체 및 세척이 연속으로 이루어지는 수평형 초전도 HGMS 자기분리 장치를 제작하였다. 또한 필터의 mesh와 재질을 달리하여 최적의 자기분리 변수를 찾고자 하였다.

응집반응을 거친 냉각수에서는 magnetic floc을 형성하여 자기분리의 효과가 뛰어나다는 것을 알 수 있었는데, 잔류 입자가 거의 검출되지 않았다.

### 감사의 글

본 연구는 환경부 연구개발사업인 환경기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- [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(2002) pp. 640-645.
- [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", ournal of Hazardous Materials B114, pp.(2004) 123-129.
- [4] A. Savas Koparai, Ulker Bakir Ogutveren, "Removal of nitrate from water by electrocoagulation", Journal of Hazardous Materials 89(2002), pp. 83-94.