

Red mud에서 유가금속 회수에 관한 고찰

임기혁*, 김진욱*, 정유진**, 홍성길**, 손병현*

*한서대학교 환경공학과

** (주) 씨이테크

e-mail : bhshon@hanseo.ac.kr

Study on the Recovery of value metals from red mud

Ki-Hyuk Lim*, Jin-Uk Kim*, Yu-Jin Jung**, Sung-Gil Hong**,
Byung-Hyun Shon*

*Dept of Env. Eng., Hanseo University

** C.E.Tech Co.Ltd., R&D Cente.

요 약

Red mud는 Bauxite 광물을 정제하여 알루미늄을 생산하는 과정에서 발생하는 산업 고형 폐기물이다. Red mud 내에는 경제적으로 가치 있는 다양한 금속 성분과 회토류 등이 함유되어 있다. 하지만 적절한 처리법이 없어 현재 산업폐기물로 방치되고 있는 실정이며, 방치되고 있는 red mud 내에 함유되어 있는 독성물질은 수질 및 토양 등의 환경오염을 유발의 원인이 되고 있다. 이로 인해 본 논문에서는 보다 효율적으로 처리하기 위해 유가 금속을 회수 하는 방법을 알아보았다.

1. 서론

Red mud란 bauxite 광물을 사용하여 알루미늄을 정제하는 과정에서 발생하는 고형 산업 폐기물이며, 알루미늄 1톤을 생산하는데 약 1.0-1.6톤이 발생한다.[1] 전 세계적으로 연간 1억 2천만 톤이 발생하고 있으며, 국내의 경우 연간 약 20만 톤이 발생하고 있다.

Red mud의 일반적인 특성으로는 높은 알칼리도(pH 10-12.5)와 더불어 다량의 iron oxides 성분을 함유하고 있어 적색을 띄고 있으며, 6가지의 주요 구성성분으로는 Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, Na₂O, CaO 등으로 이루어져있으며, 입자가 매우 미세하여 침전과 filtering이 어렵다는 특성을 가지고 있다.

Red mud의 최종 처리 및 처분 방법으로는 해양투기, Lagooning과 건조 후 고형물 처리법이 있지만, 해양투기 외에 다른 처리법은 육지에서 해야 하는 처리법으로 시간이 갈수록 증가하고 있는 폐기물 발생량에 비해 육지의 면적은 제한적이므로 육지처리에는 한계가 있다고 판단하고 있다. 또한 육지처리할 경우 독성 성분으로 토양 및 수질 오염을 유발하는 원인 물질이 될 우려가 있고, 이로 인하여 인간에게도 악영향을 끼칠 수 있다고 판단되며, 또한

2012년부터 런던협약으로 인해 해양매립이 금지되어 최종 처리법 및 활용법 관련하여 신기술이 필요한 실정이다. 이러한 이유로 인해 약 50년 동안 최종 처리법 및 활용법과 관련하여 이용과 재활용 및 처리법에 대한 연구가 수행되었으며, 수많은 논문과 특허가 발표되었음에도 불구하고, 경제적인 측면에서 효과적으로 이용 및 활용하기에 어려움이 있어 적절한 처리법은 많지 않은 상황이다. 이로 인해 현재 전 세계적으로 red mud 재활용 방법 및 처리 방법과 관련하여 건설, 토목, 환경, 화학 등 다양한 분야에서 재활용 방법들이 제시되었지만, 발생량에 비해 활용하는 양은 극히 적다.

이러한 이유로 인해 직접 재이용 및 재활용하는 방법 외에 다른 처리법을 조사한 결과 경제적으로 가치성이 높은 금속 성분을 회수하여 재활용하는 방법을 확인하였다. Red mud에는 30-40(wt %) 이상의 경제적으로 가치 있는 금속 성분이 함유되어 있는데, 만약 유가 금속 성분을 회수하여 금속 성분을 재활용 할 수 있다면 경제적으로 이익을 창출할 수 있을 것으로 예상되며, 기존의 처리 방법에 비해 금속성분을 제거한 만큼 부피가 감소하여 비교적 저렴한 비용으로 처리가 가능할 것이다.

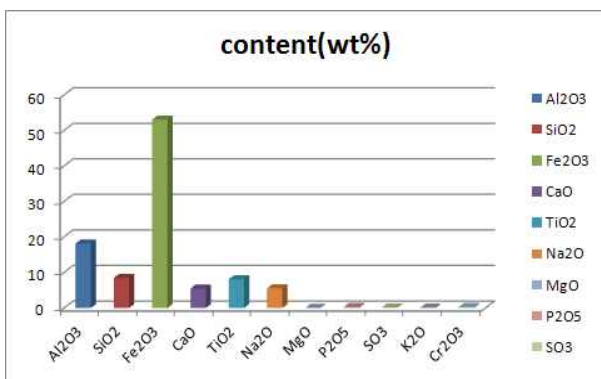
따라서 본 논문에서는 고가의 처리비용과 운영관리

비용이 소모되는 기존의 최종 처리 방법 및 재활용 방법보다 저비용으로 처리하기 위해 유가 금속 성분을 회수할 수 있는 방법을 알아보았다.

2. 본론

2.1. Red mud의 특성

Red mud는 pH 10-12.5 범위의 높은 알칼리성분을 가지고 있으며, 40-50% 이상의 높은 산화철을 함유하고 있어 적색을 띄며, 구성하고 있는 주요 6가지 성분으로는 Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, Na₂O, CaO로, 가장 높은 함유량을 나타내고 있다.[2]

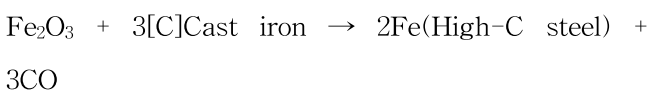
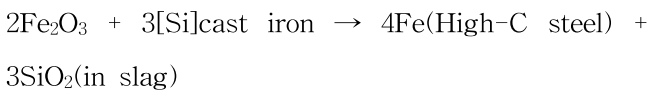


[그림 1] Red mud의 화학적 구성 성분

2.2 철의 회수

2.2.1 Smelting

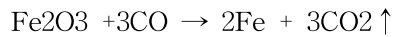
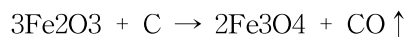
Smelting 공정은 고온의 환원 분위기 하에서 이행하는 공정으로 전통적으로 가장 흔히 이용하는 방법이며, red mud 내에 존재하는 철 성분 중 약 75%가 용융 금속 철(molten metallic iron)로 환원되며, 용융 금속 철 내에 존재하는 silicon과 carbon은 환원제로 작용하여 용융 슬래그(molten slag)를 만든다.[3]



2.2.2 Reduction & Magnetic separation

자성을 이용하여 철을 분리하는 방법은 원리상 가장 단순한 방법이지만, red mud 내 존재하는 철의

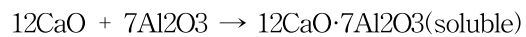
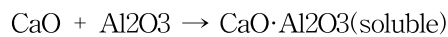
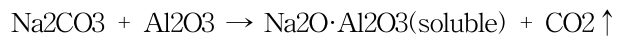
형태는 자성이 매우 약한 형태로 존재하고 있어 자성이 강한 magnetite나 또는 원소 철의 형태로 전환시킨 후 자성 분리(magnetic separation)을 실시하여야 하며, Fe₂O₃의 환원 반응이 일어나기 위해서는 고온(약 800℃)이 필요하며 반응식은 다음과 같다.[4]



2.3 알루미나 회수

2.3.1 Sintering 후 water leaching

Red mud 내의 존재하고 있는 알루미나의 형태는 sodium silica slag 또는 diaspore 형태로 존재하는데, 이를 물에 잘 녹는 Na₂O·Al₂O₃, CaO·Al₂O₃ 또는 12CaO·7Al₂O₃로 전환시키기 위해서는 sintering 또는 smelting 공정이 필요하며, 화학반응식은 다음과 같다.[1]



2.4. 티타늄 회수

2.4.1. Acid leaching

Red mud에서 티타늄을 회수하기 위해서는 황산, 염산, 질산 등의 산성용액을 사용하여 회수하며, 그 중에서도 주로 사용하고 있는 가장 흔한 방법은 황산을 사용하여 추출하는 방법이다.[5]

2.4.2 침출 용액으로부터 티타늄 회수

최종적으로 티타늄을 회수하기 위해서는 red mud를 침출시킨 후 침출액인 산성용액 내에 녹아있는 Ti 성분을 선택적 용매를 사용하여 추출한 후 소성시켜야 한다. 이를 위해 여러 종류의 추출제를 사용한 연구가 있었지만 추출속도가 가장 빠른 추출제는 중성 유기인 추출제로 확인되었다.

3. 결과 및 고찰

알루미나를 정제하는 과정에서 발생하는 폐기물인 red mud는 적절한 처리방법이 없어 방치되고 있는 실정이며, 여러 가지 문제점을 가지고 있어, 최종처

참고 문헌

리와 관련하여 이용 및 활용법을 위해 알아본 결과 건축 자재, 흡착제, 촉매 및 함유하고 있는 유가금속을 회수하는 방법 등의 처리법을 확인하였다.

Red mud 내 존재하고 있는 경제적 가치가 높은 금속 성분은 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , 등으로 확인되었으며, 가장 높은 함유율을 나타내었다. 위 세 가지의 금속성분을 회수하기 위한 공정을 알아보았으며, 각각의 금속을 회수 할 수 있는 적절한 추출법을 확인하였다.

우선적으로 철 성분을 회수하기 위해서는 고온에서 환원반응을 시켜 강철을 생성하는 방법과 자성을 이용하여 철 성분을 분리하는 방법을 확인하였으며, 알루미늄을 추출하기 위한 공정으로는 물에 잘 녹을 수 있는 성분으로 전환시키기 위해 소결 과정을 거친 후 알루미늄 추출 공정인 Bayer process를 사용하여 알루미늄을 회수하는 방법이 있으며, 티타늄을 회수하기 위한 방법으로는 red mud를 산성용액을 사용하여 침출 시킨 후 침출액에 녹아 있는 TiO_2 를 선택적 용매를 사용하여 회수 방법이 있었다.

4. 결론

알루미늄 정제과정에서 부산물로 발생하는 고품폐기물인 red mud를 처리하기 위한 기존의 최종처리법은 고가의 처리 비용과 유지비용이 소모되고 있다. 이를 해결하기 위해 현재 다양한 분야에서 많은 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 건축, 환경, 토목 등과 같은 분야에서 다양한 이용 및 활용법이 개발되었다. 다양한 활용방법 중에서 red mud 내 포함된 상태로 처리되고 있던 유가 금속을 회수하는 방법을 알아보았으며, 그 결과 다양한 방법으로 유가 금속을 회수할 수 있는 방법을 확인하였다.

Red mud 내 함유되어 있는 철, 알루미늄, 티타늄 성분은 총 질량의 40% 이상이며, 이러한 유가금속 성분을 회수하면 부피가 40% 이상이 감소하는 것으로 판단되며, 이러한 과정을 거쳐 부피를 감소시킨 후 최종 처리할 경우 기존의 처리법보다 비교적 저가의 처리비용이 소모될 것으로 예상되며, 회수한 유가금속을 재 활용하여 이익을 창출할 수 있을 것으로 예측되며, 이러한 연구가 성공할 경우 더 이상 산업공정에서 발생하는 폐기물이 아닌 신재생에너지의 원료로 가치를 상승시킬 수 있다고 판단된다.

- [1] Wanchao Liu, Jiakuan Yang . Bo Xiao, "Review on treatment and utilization of bauxite residues in China" Int. J. Miner. Process. 93 (2009) 220 - .231
- [2] 정동영, "산업폐기물 레드머드를 사용한 친환경 칼라 콘크리트 개발에 관한 실험적 연구", 한국환경과학회지, pp. 929-939, 2007
- [3] L. Piga, F. Pochetti, L. Stoppa, "Application of thermal analysis techniques to a sample of Red Mud - a by-product of the Bayer process -for magnetic separation", *Thermochimica Acta*, 254 (1995) 337-345
- [4] L. Piga, "Application of thermal analysis techniques to a sample of Red Mud - a by-product of the Bayer process -for magnetic separation", *Thermochimica Acta*, 254 (1995) 337-345
- [5] S. Agatzini-Leonardou, P. Oustadakis, P.E. Tsakiridis, Ch. Markopoulos, "Titanium leaching from red mud by diluted sulfuric acid at atmospheric pressure", *Journal of Hazardous Materials*, 157, pp. 579-586, 2008.