

펄스동전기를 이용한 토양의 중금속 제거 기술 연구

최창식 · 김 호 · 은지원

고등기술연구원 Plant Engineering센터 청정에너지팀

e-mail:cschoi@iae.re.kr

요 약 문

충남 청양군에 위치한 삼광광산의 광미장에서 채취한 것을 사용하여 펄스전원을 이용한 동전기실험 결과 실험경과시간 약 200시간 안에 약 50%의 제거효율을 보여 직류전원을 이용한 동전기 실험보다 빠른 제거속도를 보였다. 또한 직류전원을 이용한 동전기 실험과 펄스전원을 이용한 동전기 실험의 시간당 투입된 전력량을 비교해 보면 각각 5.97W와 1.94W으로 이는 직류전원의 약 30%수준이어서 에너지 절약효과를 기대할 수 있다.

key word : pulse, electrokinetic, mine tailing, heavymetals, lead

1. 서론

2000년대에 들어서면서 전국적으로 방치되어져 있는 약 1,000여개의 크고 작은 폐광산들의 토양오염이 사회문제가 되고 있다. 방치되어 있는 폐석더미, 광미 및 폐광석들은 다량의 유해중금속을 함유하고 있다. 이는 바람에 의해 물리적으로 이동하기도 하며 빗물에 의해 화학반응을 일으켜 주변 토양 및 수계에까지 영향을 미쳐 2차 오염을 초래한다. 오염된 토양의 정화 및 복구를 위한 기술로는 토양세척기술이 일반적이거나 토양입자가 작고 다공도가 작은 점토성 토양에서는 세척제의 흐름이 원활하지 못하여 처리 효율을 감소시킨다.

또한, 부적절한 운전으로 2차오염을 초래할 수 있다. 이와 같은 이유로 점토성 오염토양을 원위치에서 정화하는데 효과적인 대안으로 전기역학적 정화기술(electrokinetic soil remediation)이 제시되어 왔다. 전기역학적 정화기술의 핵심은 전류의 흐름을 일정하게 유지시켜주는 것으로 이와 같은 방법은 오염원의 제거속도가 전류의 세기와 비례하게 된다.

그러나 전류의 흐름을 일정하게 유지시켜주는 것보다 펄스형태로 전류를 흘려주었을 때 순간적인 힘이 발생하여 오염원의 이동속도 및 제거효율이 상승될 수 있다. 펄스 파워 발생 기술은 전기에너지를 저장하였다가 매우 짧은 시간(수십 나노초;ns)에 방출하여 순시 대전력(고전압 대전류 또는 저전압 대전류)을 획득 제어할 수 있는 기술로서, 동일한 1J의 에너지라도 이것을 1sec동안 방출하면 파워는 1W가 되지만, 펄스형태로서 100ns동안에 방출하면 파워는 10MW가 되는 것이다. 또한 펄스폭(duration time)이 짧고 상승시간(rising time)이 빠를수록 유기오염물의 분해에 유리하여 작은 분자로 쪼개어지므로 이동속도는 물론 제거효율도 상승하게 된다.

본 연구에서는 기존에 실험실 수준에서 진행되어 오던 단순 전류주입 방식인 DC 전원공급장치와 펄스 전원 공급장치와의 오염토양 정화효율을 비교해보고자 한다.

2. 본론

본 실험에 사용한 광미는 충남 청양군에 위치한 삼광광산의 광미장에서 채취한 것을 사용하였으며 실험실규모의 정화시스템 구성은 정화셀을 양극셀, 음극셀, 오염토양셀로 구분하였으며 전극셀의 일정수위를 유지하기 위해 mariotte bottle을 이용하였다. 그리고 전류, 전압 측정 장

치와 별도의 probe를 사용하여 오실로스코프에서 펄스파형을 확인하도록 구성하였다. pH측정은 pH meter를 이용하였으며 시료의 중금속 함량을 측정하기 위하여 토양오염공정시험법에 준하여 전처리한 후 ICP-MS (HP 7500)를 이용하여 분석하였다.

직류전원을 이용한 동전기 실험은 170V의 정전압모드로 약 950시간동안 운전하였으며, 전류변화는 Fig. 1 에 나타낸 바와 같다. 투입된 총전력량은 5671.455 WH이며 시간당 5.97W의 전력이 투입되었다. 펄스전원을 이용한 동전기 실험은 초기 인가되는 펄스전압은 200V로써 반복률은 50kHz이고 초기소요전력은 1.03W이며 약1055시간동안 운전하였다. Fig. 2에 나타낸 바와 같이 시간에 따른 투입전력량은 일정범위안에서 유지되었으며, 투입된 총전력량은 2050.8WH으로 시간당 1.94W의 전력이 투입되었다. 직류전원 동전기 실험과 시간당 투입전력량을 비교하였을 때 약 30%수준이다.

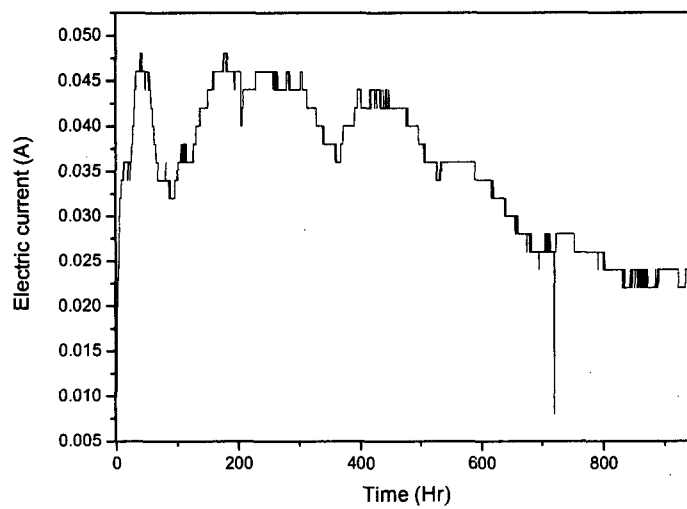


Fig. 1 Variation of electric current with time during DC test

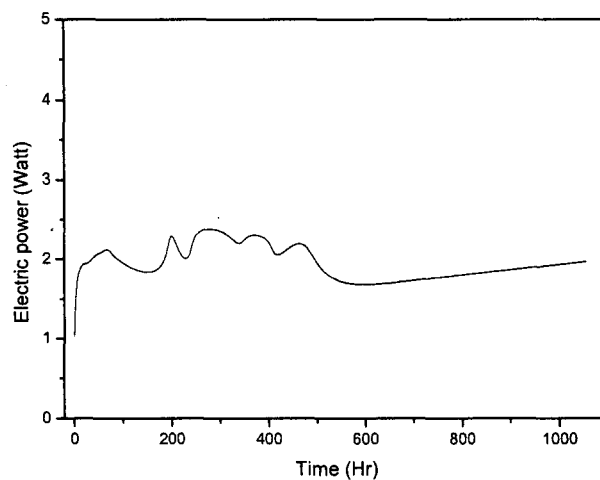


Fig. 2 Variation of electric power with time during Pulse test

펄스전원과 직류전원을 이용한 동전기 실험에서 납에 대한 중금속 제거율은 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 펄스전원을 이용한 동전기 실험의 경우 실험경과 시간 약 200시간 안에 약 50%의 제거효율을 보여 직류전원을 이용한 동전기 실험보다 빠른 제거효율을 나타낸다. 이는 펄스전원장치를 통해 순간적으로 발생하는 높은 에너지에 의해 중금속의 제거효율을 증가시킨 것으로 보인다.

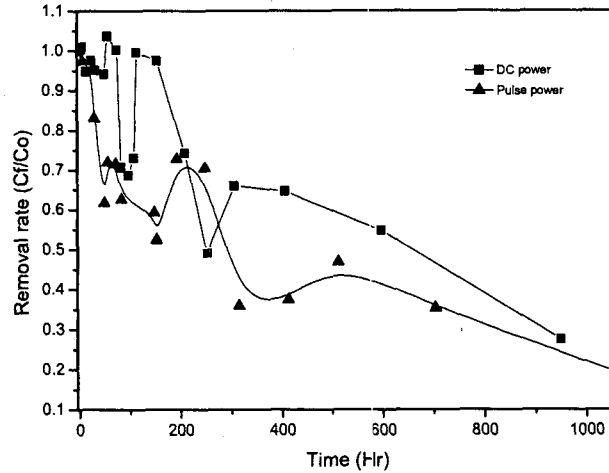


Fig. 3 Comparison with removal rate of DC and Pulse power

3. 결론

펄스전원을 이용한 동전기 실험 결과 실험경과 시간 약 200시간 안에 약 50%의 제거효율을 보여 직류전원을 이용한 동전기 실험보다 빠른 제거효율을 나타내었다. 또한 직류전원을 이용한 동전기 실험과 펄스전원을 이용한 동전기 실험의 시간당 투입된 전력량을 비교해 보면 각각 5.97W와 1.94W으로 이는 직류전원의 약 30%수준이어서 에너지 절약효과를 기대할 수 있다.