

TRU 전해회수 단순모델 연구

김광락, 안도희, 백승우, 김시형, 권상운, 심준보, 정홍석, 김용호
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150-1)
krkim1@kaeri.re.kr

원자력발전의 사용후핵연료를 처리할 때 발생하는 고준위 방사성폐기물에는 독성이 강한 장반감기 초우라늄원소(TRU)를 함유하고 있기 때문에 향후 효율적 관리대책이 절실하다. 이러한 부담을 경감시키기 위해 TRU를 균분리하여 핵반응에 의한 단 반감기 핵종으로 변환시키는 것이 가능하다. 사용후핵연료를 핵확산 저항성이 있는 건식기술을 이용하여 부피를 감축하고, 우라늄 및 TRU 등의 유효자원을 회수하여 원자로시스템에 재활용함과 동시에 고준위폐기물의 처분에 따른 환경 위해도를 획기적으로 감축시킬 수 있다.

건식 전해공정에서 금속으로 환원된 핵연료는 수 회의 용융염 전해정련 배치를 거치는 동안 우라늄이 회수되고, TRU 그리고 희토류(RE) 원소 및 기타 핵분열 생성물이 누적 잔류된다. 이러한 용융염에 잔류된 TRU 원소는 카드뮴과 같은 액체음극에서는 활성화 계수가 작고 금속염의 자유 생성에너지가 비슷하기 때문에 핵확산 저항성이 뚜렷하다. 이 기술은 액체 카드뮴 음극(LCC; Liquid Cadmium Cathode)을 채택한 특별한 음극장치를 통해 공학규모로 구현이 가능한 전해제련 시스템으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 TRU회수 전해제련 시스템의 설계, 운전 및 거동 예측을 위해 용융염-액체음극 전해를 모사할 수 있는 단순 모델을 설정하고, 열역학적인 자료를 기반으로 전해특성을 살펴보았다. 모델은 용융염-액체음극 계면에서 확산층 두께를 가정하고, 확산층의 농도 구배로부터 이동된 이온의 물질수지 그리고 전극표면의 전기화학적 반응에 의한 과전위와 전극반응 속도를 고려하였다.

제시된 단순모델(Fig. 1)에 기반한 해석으로부터 다성분 TRU 전해회수의 기본 특성을 이해할 수 있었으며, 주어진 정전류(galvanostatic) 전해제련 시스템에서 전해거동(Fig. 2)을 예측할 수 있었다. 또한 시간에 따른 용융염 전해반응에 참여하는 각 원소들의 전류 및 전극반응에 가해지는 전위를 예측할 수 있는 모델로써 전해장치의 설계 및 운전시 전해 변수들이 전해성능에 미치는 영향을 판단하는데 유용하게 활용될 것이 기대된다.

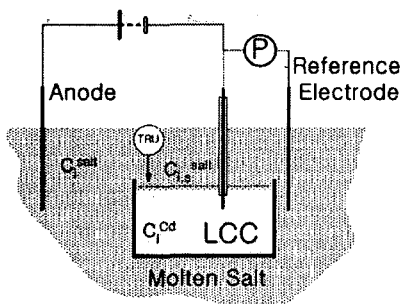


Fig.1 Schematics of molten salt electrowinner with liquid Cd cathode

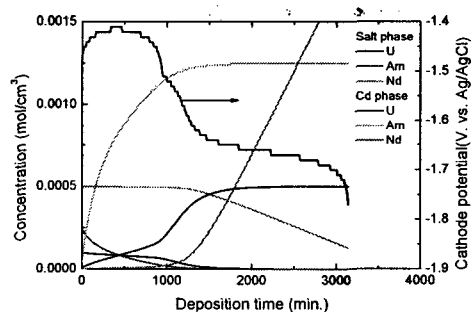


Fig.2 Calculated concentration change and cathode potential