

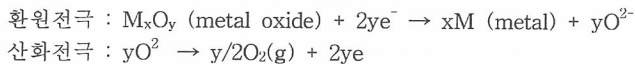
우라늄산화물의 전해환원 특성 연구-Bench Scale Test

정상문, 신호섭, 최은영, 홍순석, 허진목
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
smieong@kaeri.re.kr

1. 서론

최근 PWR 산화물 사용후핵연료의 효율적 관리 및 재활용을 위해 고온 건식공정 (pyroprocessing) 기술에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 고온 건식공정은 핵비확산성, 경제성 및 환경친화성 측면에서 유리한 공정으로 알려져 있으며, 특히 차세대 원자로의 연료를 공급하기 위한 금속핵연료 주기와의 연계성에서 매우 큰 장점이 있다.

산화물 사용후핵연료 고온건식 공정에서 전해환원 공정의 역할은 산화물 핵연료를 금속으로 전환시켜 후속공정인 전해정련에 금속연료를 제공하는 것이다. 현재 개발되고 있는 전해환원 공정은 LiCl 용융염 계에서 전기화학적으로 금속산화물을 금속으로 환원시키는 기술에 기반하고 있다. 전해환원 공정의 환원전극에 충전된 산화물핵연료는 다음과 같은 반응에 의해 금속으로 전환되며, 산화전극에서는 산소 이온의 산화에 의해 산소기체가 발생한다.



한국원자력연구원의 전해환원 공정은 과거 다공성 마그네시아 바스켓을 환원전극 바스켓으로 사용하였다. 마그네시아 바스켓은 몇 가지 장점에도 불구하고 핵물질 취급과 관련하여 중요한 항목 중의 하나인 기계적 강도의 취약성 및 전해정련과의 연계성이 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 마그네시아 바스켓을 금속 바스켓으로 대체하였으며 이에 따른 우라늄산화물의 전해환원 반응 특성에 대해 고찰하였다.

2. 실험 및 결과

용융염 매질로 사용되는 LiCl의 흡습성이 매우 크기 때문에 전해환원 반응시스템은 고순도 아르곤 글로브박스에 설치되어 수분과의 접촉을 철저히 배제하였다. 본 전해환원 시스템은 1 wt%의 Li_2O 가 용해된 LiCl 용융염 매질, Stainless steel 환원전극 바스켓, 백금 산화전극, Li-Pb 기준전극으로 구성되어 있다. 그림 1은 글로브박스에 설치된 반응시스템을 보여주고 있다.

본 전해환원 반응시스템에서 환원 및 산화반응 특성을 관찰하기 위해 cyclic voltammetry 기법을 이용하였으며, 우라늄산화물의 전해환원은 constant voltage electrolysis 방법을 이용하였다. 본 반응이 종료된 후 환원된 시료는 XRD, SEM 및 TGA와 같은 분석기기를 이용하여 특성분석을 수행하였다.

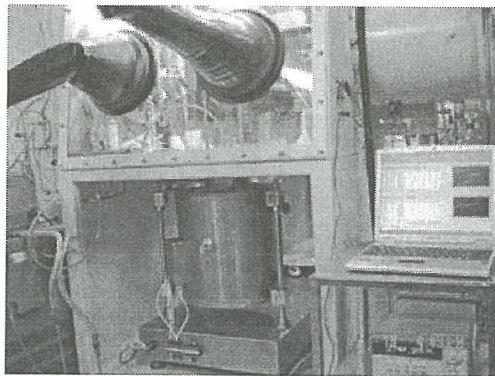


Fig. 1. Experimental setup for the molten salt electrolysis

그림 2는 전해환원 된 우라늄산화물 (U_3O_8 분말)의 환원전극 바스켓 내 형상을 보여주는 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 회색으로 보이는 금속우라늄이 초기에 바스켓 외벽과 내부 current collect 주위부터 생성되어 산화물분말 내부쪽으로 진행됨을 알 수 있다. 최종적으로 우라늄산화물은 금속으로 모두 전환되어 모든 분말상이 회색을 띠고 있다. 환원된 금속분말에서 염을 제거하기 위해 물에서 세척 후 SEM 분석결과 금속분말이 서로 엉겨붙어 있는 형상 (agglomeration)을 보여주고 있다. 본 연구에서는 열중량분석 및 XRD 분석결과 우라늄산화물의 전해환원이 성공적으로 진행되었음을 확인하였다.

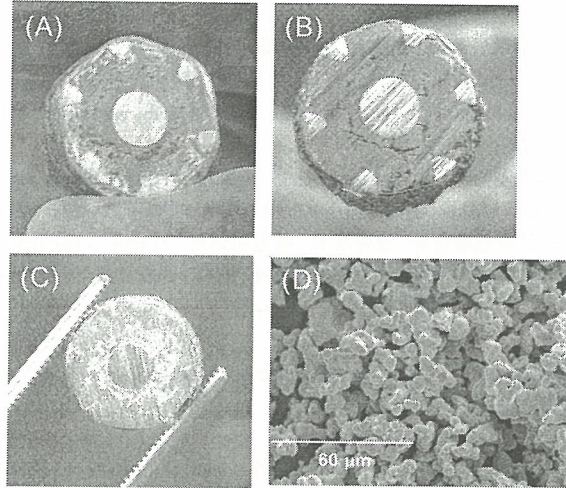


Fig. 2. Photographs of the cross-section of the cathode basket with different supplied charges; (A) 50 %, (B) 100 % and (C) 150 % of the theoretical charges. (D) SEM image of the reduced metallic uranium powder

사 사

본 연구는 원자력 중장기연구개발사업의 일환으로 교육과학부의 지원을 받아 수행되었습니다.