액체 Cd 음극 도가니 설계 및 교반 속도에 따른 전해 환원특성

안병길, 권상운, 심준보, 이종현, 김응호
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

bgan@kaeri.re.kr

LWR 사용후 핵연료를 10년 저장 후 존재하는 핵종 농도를 Origen II에 의해 계산하고, 이 계산치를 근거로 하여 1 campaign(20 batch)을 고체 음극을 이용한 전해정련으로 U을 제거하였을 때 잔존하는 TRU/U의 비는 2 이상이 된다. 그 후 액체 Cd을 음극으로 하여 용융염 내에 존재하는 TRU를 회수하게 되는데 Cd 음극 내 최대 수용비는 약 10 wt% 이므로 액체 Cd에 대한 용융염의 무게비는 약 2 이하가 된다. 이러한 것을 기준으로 하여 높은 음극 전류 밀도에서 조업이 가능한 액체음극에 대한 기본설계를 수행하였다. 액체 음극 교반기와 도가니는 액체음극 도가니 외부를 Mo 선으로 제작된 고정 장치를 제작하여 외부 용융염 용기에 고정하였으며, 알루미나 튜브(od 6x id 4mm) 외부에 액체 Cd 과 용융염을 교반하기 위한 Ta 교반날개(액체음극: W20 x h7mm, 용융염: W27 x h10mm)와 내부에 액체 Cd 음극 전원 연결용 Mo 선(2mm) 으로 구성된 교반기 제작하였음. 액체 Cd 음극에 의한 cyclic voltamogram 으로부터 약 -1.35 Volt에서 $NdCl_3$의 환원이 시작되며 용융염 중 LiCl의 분해전압인 -1.63V 과 중첩됨을 알 수 있었다. 정전위(-1.6V) 환원 실험에서 교반속도에 따른 전류밀도 변화 실험으로부터 30 rpm 교반 시 약 20초, 200 rpm의 경우 약 10초 이내에 평형에 도달됨을 알 수 있었다.

액체 음극 표면에서 환원된 금속의 액체 음극 내부로의 확산 속도(용해속도, 농도 구배에 따른 확산 및 대류에 의한 확산 포함)는 교반속도에 지배되며, 환원 속도는 전류밀도에 지배 됨을 확인하였다. 교반속도를 30-200rpm 즉, 840-5,600 NRe의 범위에서 변화시킬 때 음극의 전류 밀도 변화를 측정($NdCl_3$ 1 wt.%) 결과 평형전위는 약 -1.35 V 이며, 전극 전위 증가 및 교반 속도 증가에 따라 환원 전류 밀도가 선형으로 증가하는 현상을 보였다. 액체음극에 대한 기본적인 구조설계를 바탕으로 한 실험 결과 Cd에 대한 용융염의 무게비는 약 2.0 이 적정 비율이며, 액체 음극 용기의 H/R 의 비율은 Cd 양이 결정됨으로서 액체음극 표면적이 큰 것이 확산 속도를 높이는데 유리하며 용융염 용기에 수용되는 교반기, 양극, 기준 전극 등을 고려하여 결정 되어야 함을 실험적으로 설명할 수 있었다.