

리튬용융염 분위기에서 Graphite 건전성 평가 Integrity Assessment of Graphite in a Lithium Molten Salt

조수행[†], 임중호, 정명수, 허진목, 서중석, 박성원

한국원자력연구소

(nshchol@kaeri.re.kr[†])

1 서론

원자력 발전소에서 발생하는 사용후핵연료는 직접처분을 위한 대상으로 보면 고준위폐기물이지만 유용한 원소의 재활용 측면에서 보면 소중한 에너지 자원으로 관리해야 하는 필요성이 점차 강조되고 있다. 특히 폐기물 영구처분장을 확보하는 것이 어려운 여건에서는 장기적으로 안전하면서도 효율적인 사용후핵연료 관리기술개발을 통하여 원자력 발전의 경제성을 높이며, 유용 자원의 활용을 극대화하면서 환경친화적인 기술 환경을 조성하는 것이 매우 중요하다. 이와 같은 필요성에 따라서 사용후핵연료의 관리방안으로서 LiCl-Li₂O 용융염상에서 산화물 형태 사용후핵연료 금속분말 형태로의 전해환원공정에서 고방열핵종을 염에 녹여 분리하고, 이를 통해서 사용후핵연료의 발열량, 부피 및 방사능을 감소시켜 처분 안전성과 경제성을 높일 수 있는 방안을 제시하였다. LiCl-Li₂O 용융염상에서 전해환원공정에서 금속전환체는 환원전극부의 다공성 마그네시아 용기에 담겨 smelting 공정으로 이송된다. Smelting 공정은 전해환원공정에서 산화물 분말에서 금속 분말로 전환된 사용후핵연료 금속전환체를 일정한 형태의 몰드에서 용융시킨 다음 금속 잉고트로 응고시키는 공정이다. Smelter는 고전류/저전압의 교류를 사용하는 간접저항방식인 가열로로 lining은 extruded graphite, 발열체로는 isotropic graphite를 사용하였다. 가열로는 고온 용융염 분위기에 노출되기 때문에 열적 안전성이 매우 중요하다. 본 연구에서는 발열체 및 lining 재료인 IG-110과 FE-250 graphite를 고온 용융염 분위기에서의 열적 안전성을 고찰하였다.

2 실험방법

실험에 적용한 graphite는 상용제품으로 lining은 extruded graphite인 FE-250, 발열체로는 isotropic graphite인 IG-110을 사용하였다. 열적 안전성시험은 혼합용융염 LiCl-Li₂O를 MgO 도가니에 넣고 아르곤분위기에서 1,100°C까지 가열한 후 시편을 염속 침지 및 가스부분에 노출되게 설치하여 thermal cycling 효과를 고찰하기 위해 1,100°C에서 5시간 유지한 후 냉각하였으며, 이를 3회 반복하였다. 실험 종료 후 graphite 시편들은 진공건조로에서 24시간 이상 건조한 후 분석시편으로 사용하였다. 시편의 표면과 단면을 분석하기 위해 X-선 회절분석기, SEM 및 EDS를 사용하였다.

3 결과 및 고찰

상온의 시편 표면에 존재하는 용융염은 거의 wetting되지 않고 높은 표면장력으로 인해 구형의 형상을 유지하고 있었다. XRD 분석결과 염 및 가스상에 노출된 시편들은 반응전과 같은 탄소로 나타났다. 이는 용융염분위기에서 graphite는 화학적으로 안정하며, 상호 반응성이 매우 낮은 것을 알 수 있다. SEM 및 EDS 분석결과 시편의 표면으로부터 염의 침투깊이가 거의 나타나지 않았으며, 또한 탄소성분의 피크 이외에 일부 염소성분 피크는 표면에 잔존하는 용융염의 영향으로 생각된다.

감사의 글: 본 연구는 과학기술부 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.