

LiCl-Li₂O 용융염계에서 구조재로서의 산화마그네슘 거동 분석

Analysis of the Behavior of MgO used as a Structural Material in LiCl-Li₂O Molten Salt

한국원자력연구소 허진목, 김익수, 조수행, 서중석, 박성원

1. 서론

용융염을 이용한 기술은 용융 cryolite 상에서 전해에 의한 알루미늄 금속 생산 등의 예에서 알 수 있듯이 산업계에 널리 적용되어 왔다. 최근 한국원자력연구소에서도 사용후핵연료를 효율적으로 관리·이용하기 위한 방안으로 고온 LiCl-Li₂O 용융염계에서 전해반응에 의해 산화물 형태 사용후핵연료를 금속으로 전환하는 기술을 개발하고 있다. 그런데, 높은 반응온도와 용융염내 산소이온의 존재는 부식문제를 초래하였으며, 이에 초합금, 내열합금, stainless steel 등의 금속재료를 중심으로 내부식성 구조재에 대한 연구가 수행되고 있다. 그런데, 높은 내부식 안정성 때문에 기계적 안정성 측면에서의 약점에도 불구하고 마그네시아 (MgO)의 반응용기 재질로의 적용사례가 보고되고 있다. 또한, 한국원자력연구소에서 개발하고 있는 고온 LiCl-Li₂O 용융염계에서의 전해반응에 의한 사용후핵연료 금속전환 기술에서는 일체형 환원전극을 둘러싸고 있는 용기로 다공성 마그네시아 필터가 사용되고 있다. 본 연구에서는 고온 LiCl-Li₂O 용융염에서 마그네시아의 안정성 평가를 위해서, 용융염 구성성분과 마그네시아의 상호작용을 특히, 염기성 산화물인 MgO의 특성을 이용하여 분석, 고찰하였다.

2. 실험방법

실험에는 분말 형태의 MgO (Junsei, light, EP)가 사용되었다. LiCl-Li₂O 용융염의 구성요소인 Li의 MgO와의 반응성을 규명하기 위해서 MgO를 LiOH (Kokusen, EP) 수용액에 침시킴으로써, LiCl-Li₂O 용융염 전해공정인 650 °C를 고려하여 700 °C 헬륨분위기에서 소성하여 Li₂O가 MgO에 대해서 15 몰%가 되게끔 제조하였으며, 분석은 BET, 열중량분석법(TG), 시차열중량분석법(DTA), X선 회절분석 등으로 수행하였다. 전해공정에 실제 사용되는 다공성 마그네시아 용기의 건전성은 석영투명 전기로를 사용하여 LiCl-Li₂O 용융염 실험분위기를 모사한 조건에서 수행하였다.

3. 실험결과

이온반경이 Mg²⁺ (0.66 Å)과 유사한 Li⁺ (0.68 Å)는 MgO 격자구조에 효과적으로 결합할 것으로 예상되었지만, XRD 등의 분석에서 복합산화물의 생성은 관찰되지 않았다. Li 성분영향으로 MgO의 표면적과 염기세기 등의 감소가 관찰되었으며, 이는 Li 성분영향은 MgO 표면에 국한된다는 것을 의미한다. 용융염상에서 1회 사용시에는 마그네시아는 안정한 것으로 판단되었지만, thermal cycle을 동반하는 연속공정에서의 적용가능성에 대해서는 추가연구가 진행되고 있다.