

리튬용융염에서 Fe-Ni-Si 합금의 부식거동 (Corrosion Behavior of Fe-Ni-Si Alloys in Lithium Molten Salt)

한국원자력연구소 조수행, 서항석, 신영준, 박성원
중국 대련이공대학 재료공정계 장준선

1. 서론

용융염취급기술은 용융염 그 자체가 갖는 물리·화학적특성, 즉 높은 전기전도성, 고밀집 취급성 등으로 인해 여러 산업기술에 응용되어 왔다. 현재까지 국내외에서는 단일 혹은 복합 용융염계가 취급장치의 재료에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 황산염 용융염계는 제트엔진이나 가스터빈 등의 재료, 탄산염 용융염계는 연료전지, 보일러 등의 재료, 질산염 용융염계는 열회수공정장치 등의 재료 그리고 할로젠염 용융염계는 전기화학적 부식시험 등의 재료에 미치는 영향에 관한 것이다. 이러한 합금들은 크롬의 농도가 높거나 텅스텐, 바나듐, 몰리브덴 등의 원소들이 포함되어 있으며, 이들은 알카리 산화물을 포함한 단일 혹은 복합용융염 취급재료로 사용할 수 없음이 연구논문에 의해 보고되었다. 특히 염화물계 용융염들은 친수성이 강하여 공기 중에 노출되었을 때 쉽게 수화되며, 이로 부터 발생하는 조성의 변화는 용융염 취급재료들의 부식특성에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 산화물과의 혼합용융염으로 존재하는 경우에는 이들의 복합적인 화학적 거동으로 인하여 부식현상을 가속화 시킬 가능성이 있음에도 불구하고 지금까지 이에 대한 연구자료는 충분하지 않다. 사용후핵연료 차세대관리 공정은 LiCl-Li₂O 용융염계에서 이루어지기 때문에 리튬용융염계 취급장치 구조재료 개발의 일환으로 용융염 LiCl 및 혼합용융염 LiCl-Li₂O에서 Fe-Ni-Si 합금의 부식에 미치는 합금원소 영향 및 부식거동을 평가하여 용융염 부식억제형 합금개발에 필요한 자료를 얻고자 하였다.

2. 실험방법

부식시험은 실험실적 고온부식시험방법 중의 하나인 도가니시험방법을 이용하였다. 용융염 LiCl과 혼합용융염 LiCl-Li₂O를 도가니에 넣고 시편을 완전 침적시켜 부식시험을 행하였으며, 자체 설계한 Fe-Ni-Si 합금은 진공유도로에서 용해한 후 1,000~1,200°C 온도범위에서 열간 압연 후 1,050°C에서 1시간동안 열처리하여 시편을 제작하였다. 부식환경온도는 650, 750 및 850°C를 선택하였으며, 부식시간은 10~75시간에서 시험을 행하였다. 부식시편은 10% H₂SO₄ 용액으로 초음파 세척하여 부식물을 제거하고 증류수와 아세톤으로 세척한 후 건조시켜 무게변화를 측정하였다. 시험 후 scale과 시편의 표면과 단면을 광학현미경, 전자현미경, X-선 회절분석기, XPS 및 EPMA를 사용하여 관찰·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Fe-Ni-Si 합금은 750°C 이하 온도에서는 용융염 LiCl과 혼합용융염 LiCl-Li₂O에서 모두 내부부식이 발생하였고, 850°C에서는 혼합용융염에서 전면부식이 발생하였다. 또한 부식생성물은 LiFeO₂와 Li₂Ni₈O₁₀로 판명되었다. 용융염 LiCl에서의 부식속도는 포물선법칙을 따랐으며, 혼합용융염 LiCl-Li₂O에서는 직선법칙을 따르는 것으로 나타났다.

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