

고온 리튬용융염에서 Fe-Ni 합금의 부식거동 및 합금원소 영향 Corrosion Behavior and Effect of Alloying Elements of Fe-Ni Alloy on Hot Lithium Molten Salt

한국원자력연구소 조수행, 안호림, 오승철, 신영준
중국 대련이공대학 재료공정계 장준선

1. 서론

용융염취급기술은 용융염 그 자체가 갖는 물리·화학적특성, 즉 높은 전기전도성, 고밀집 취급성 등으로 인해 여러 산업기술에 응용되어 왔다. 따라서 용융염에서 합금의 부식에 대한 연구는 많이 진행되어 왔다. 그 중 가장 전형적이고 중요한 문제는 필립 상으로 부착된 용융황산염 Na_2SO_4 에 의한 Ni기 초합금의 가속산화(accelerated oxidation)에 대한 연구이다. Ni 혹은 Ni초합금의 가속산화는 용융염의 화학특성 즉 산/염기 특성에 의존하는 것은 이미 알려진 사실이다. 용융염의 염기도가 극부적으로 증가하면 산화물 이온이 NiO의 보호성 피막과 반응하여 NiO_2^{2-} 가 형성되어 용융염으로 용해된다. 보호성 피막이 없어지면 합금은 빠른 속도로 부식되며 이러한 부식 기구를 보호성 피막의 염기성 용해(basic fluxing)라고 한다. 부식과정에서 NiO 입자가 용융염에서 석출되어 다공성 피막을 형성한다. 사용후핵연료 차세대관리 공정은 LiCl-Li₂O 용융염계에서 이루어지기 때문에 리튬용융염계 취급장치 구조재료 개발의 일환으로 기존의 스테인레스강, 내열합금, Ni기 초합금 등의 용융염 부식특성을 조사하였다. 본 연구에서는 Ni 농도를 변화시킨 Fe-Ni 합금의 LiCl 및 LiCl-Li₂O 용융염계에서 부식에 미치는 Ni 농도의 영향을 평가하여 용융염 부식억제형 합금개발에 필요한 자료를 얻고자 하였다.

2. 실험

부식시험은 실험실적 고온부식시험방법 중의 하나인 도가니시험방법을 이용하였다. 용융염 LiCl과 혼합용융염 LiCl-Li₂O를 도가니에 넣고 시편을 완전 침적시켜 부식시험을 행하였으며, 자체 설계한 Fe-Ni 합금은 진공유도로에서 용해한 후 1,000~1,200℃ 온도범위에서 열간 압연 후 1,050℃에서 1시간동안 열처리하여 시편을 제작하였다. 부식환경은 도는 650, 750 및 850℃, Li₂O 농도는 0~25wt.%, 부식시간은 25~75시간에서 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

용융염 LiCl 및 혼합용융염 LiCl-Li₂O에서 Fe-Ni 합금은 내부산화가 발생하였고, 부식속도는 포물선법칙을 따랐다. 아울러 용융염 LiCl과 혼합용융염 LiCl-Li₂O에서 Fe-Ni 합금은 LiFeO₂ 다공성 부식층이 형성되고, 내부로 성장하였다. 한편 Fe-Ni 합금에서 Ni의 함량이 높을수록 부식속도 증가하는 것으로 나타났다.

감사의 글 : 본 연구는 과학기술부 원자력연구개발 중·장기사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.