

고온 리튬용융염에서 스테인레스강의 부식거동 (Corrosion Behavior of Stainless Steels in Hot Lithium Molten Salt)

한국원자력연구소 조수행, 채종우, 서항석, 신영준, 박성원

1. 서론

용융염 취급기술은 용융염 그 자체가 갖는 물리·화학적특성, 즉 높은 전기전도성, 고밀집 취급성, 유체특성 등으로 인하여 여러 산업기술에 응용되어 왔으며, 최근에 와서는 제트엔진이나 가스터빈, 연료전지, 축매, 태양에너지 그리고 금속정제 등의 기술분야에서 관심의 대상이 되고 있다. 따라서 이러한 고온 용융염을 취급하는 기기 및 구조재료의 부식에 대한 연구도 지속적으로 진행되어 왔다. 이 중에서 스테인레스강은 황산염 용융염계, 질산염 용융염계 그리고 할로젠염 용융염계 등에서 구조재료 및 전기화학적 부식시험의 재료로 널리 사용되어왔다. 특히 염화물계 용융염들은 친수성이 강하여 공기 중에 노출되었을 때 쉽게 수화되며, 이로부터 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 미미한 실정이다. 사용후핵연료 차세대관리공정은 $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ 용융염계 분위기에서 이루어진다. 각 용융염계에서 부식시험 재료로 사용되는 것 외에 높은 내식성을 갖고 있어 여러 가지 부식물질을 취급하는 장치재료로 또한 원자력발전소의 구조물 또는 노심의 재료 등으로 사용되는 오스테나이트 스테인레스강의 혼합용융염 $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ 에서 부식거동을 고찰하였다.

2. 실험방법

부식시험은 실험실적 고온 부식시험 방법 중의 하나인 도가니시험 방법을 이용하였으며, 알곤 분위기의 튜브형전기로내에 혼합용융염 $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ 를 도가니에 넣고 시편을 완전 침적시켜 부식시험을 행하였다. 부식시험에 사용된 시편은 포항제철에서 생산된 Type 304, 304L 그리고 자체 설계한 Type 316LN은 진공유도로에서 용해한 후 $1,000\sim 1,200^\circ\text{C}$ 온도범위에서 열간 압연 후 $1,050^\circ\text{C}$ 에서 1시간동안 열처리하여 시편을 제작하였다. 부식환경온도는 $650, 700$ 및 750°C 를 선택하였으며, 부식시간은 25시간, Li_2O 농도는 3, 5, 8, 10% 무게증량으로 시험을 행하였다. 부식시편은 ASTM에 의해 만들어진 염산과 플루오르산의 혼합세척액으로 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

오스테나이트 스테인레스강의 부식속도는 Li_2O 농도의 증가에 따라 Cr 농도가 낮을수록 그리고 Ni 농도가 높을수록 감소하는 것으로 나타났다. 또한 Li_2O 농도 8 wt%까지는 부식속도가 완만하게 증가하였으나 그 이상에서는 부식속도의 증가 폭이 크게 나타났다. 부식층은 LiMO_2 (M : Cr, Fe, Ni)으로 판명되었다. 아울러 분위기 온도의 증가에 따라 부식속도의 증가 폭이 크게 나타났다.

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