

용융염에서 내열합금의 고온부식거동연구 A Study on the High Temperature Corrosion Behavior of Heat-Resistant Alloy in Molten Salt

조수행 · 박상철* · 정명수 · 장준선** · 신영준

한국원자력연구소, *충남대학교 금속공학과, **중국 대련이공대학 재료공정계

1. 서론

용융염은 이온성 화합물이 액상으로 되었을 경우를 말하는 것이며, 할로젠계염 및 알칼리 또는 알칼리토금속염 등이 이에 속한다. 이들은 목적에 따라 순수한 상태로 사용하던가 또는 혼합물을 만들어 사용하기도한다. 용융염의 야금학적 및 전기화학적 중요성 등이 인정되어 이에 대한 연구활동이 활발히 전개되어 왔으며, 최근에 와서 용융염에 관하여 집중연구되고 있는 분야는 고온연료전지, 촉매, 금속정제 그리고 표면처리 등이다. 따라서, 이러한 용융염을 취급하는 기기 및 구조재료의 부식에 대한 연구도 지속적으로 진행되어 왔다. 예를들면, 제트엔진과 가스터빈에서는 대기중에서 흡수되는 염과 연료중에 함유된 유황성분에 의해 발생하는 Na_2SO_4 고온용융염 부식의 연구가 보고되었고, 연료전지에서는 용융탄산염 부식실험도 많이 진행되었다. 또한 염화물 용융염부식에 관한 연구도 많이 진행되었으나, 주로 단시간의 전기화학적 연구에 관한 것이고 실용합금의 고온 장시간 부식실험에 의한 부식물의 종류와 특성, 부식속도에 관한 연구의 자료는 거의 없는 상태이다. 사용후핵연료 차세대 관리공정은 용융염(LiCl , $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$)분위기를 형성한다. 이러한 혼합용융염 분위기에서 부식실험이 수행되지 않아 재료의 내식성에 관한 자료가 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 원심주조에 의해 제작되는 오스테나이트계 내열합금이며, 가열로형 튜브나 석유화학용 튜브 재료로 널리 사용되는 More 1과 Super 22H를 실험재료로 사용하였다. 이러한 재료의 부식거동을 조사하여 용융염부식 억제형 재료개발에 필요한 자료를 도출하고자 한다.

2. 실험방법

고온용융염부식시험은 실험실시험규모로 재료의 용융염 내식성을 평가하는 가장 간단한 도가니시험에 의해 일정한 조성의 용융염에 시편을 침적시켜 실험을 행하였다. 용융염은 LiCl 과 $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ 이며, 시편은 More 1과 Super 22H이다. 고온용융염부식시험은 $650 \sim 850^\circ\text{C}$ 분위기의 로내에 25 ~ 75시간동안 부식시험을 실시하였다. 실험 후 scale과 시편의 표면과 단면을 광학현미경, 전자현미경, X-선 회절분석기 및 EPMA를 사용하여 관찰·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

용융염, LiCl 에서는 LiCrO_2 의 치밀한 보호막이 형성되었고 혼합용융염, $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ 에서는 $\text{Li}_x(\text{Cr,Ni,Fe})_{2-x}\text{O}_2$ 의 다공성 비보호막이 형성되었다. 용융염, LiCl 에서는 부식속도가 parabolic kinetics를 나타내었으며, 혼합용융염, $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ 에서는 linear kinetics를 나타내었다. 아울러 혼합용융염에서의 부식속도는 LiCl 에서보다 훨씬 빠르게 나타났다. 혼합용융염에서는 온도 증가에 따른 부식속도의 증가가 더욱 크게 나타났으며, 특히 750°C 이상에서 부식속도가 급격히 증가하였다. More 1과 Super 22H는 부식층의 구조와 부식속도의 온도, 시간 의존성은 유사하나 Super 22H가 More 1보다 좋은 내식성을 나타내었다.

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