

고온 용융염 전해환원장치 재료의 전기화학적 부식거동

조수행, 이상훈, 홍순석, 박병홍, 허진목, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nshcho1@kaeri.re.kr

1. 서 론

산화물 사용후핵연료의 금속전환공정은 고온 용융염 LiCl-Li₂O계에서 우라늄산화물을 전해환원하는 공정으로 음극에서 우라늄메탈로 환원되며, 양극에서 산소가 발생된다. 이러한 전해환원공정은 650°C 이상의 고온에서 부식성이 강한 용융염상에서 이루어지고, 산소가 발생되어 용융염 취급장치는 가혹한 부식 환경에 노출됨으로 이에 적합한 용융염 취급장치 재료개발이 요구된다. 본 연구에서는 산소가 발생하는 고온 LiCl-Li₂O 용융염계 분위기에서 고온용 재료로서 우수한 기계적 성질 및 내부식성을 지닌 합금으로 알려진 Inconel 713LC, 이의 조성의 기반으로 제조한 Superalloy N-1 합금의 전기화학적 부식거동을 고찰하여 용융염부식억제형 재료개발에 필요한 정량적인 자료를 도출하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 실험재료는 상용합금 Inconel 713LC와 이의 조성을 기반으로 하여 진공주조로 제조한 시편이며, 이들의 화학조성은 Inconel 713LC(74Ni-11.57Cr-6.05Al-0.76Ti-1.95Nb-4.15 Mo)와 Superalloy N-1(78.4Ni-11.9Cr-0.54Si-2.2Nb-5.4Al-0.7Ti)이다. 시편의 크기는 70mm(L)×15mm(W)×2mm(T), SiC paper(#2000)로 일방향 연마하여 종류수와 아세톤으로 탈지시킨 후 건조하여 사용하였다. 전기화학적 부식실험은 부식환경온도(650°C), 혼합용융염 LiCl-1%Li₂O를 MgO 도가니에 넣고 아르곤 분위기에서 가열하였으며, 용융염의 온도가 650°C에 도달하면 시편과 전극을 용융염에 침지시킨 후 부식실험을 수행하였다. 시편은 working electrode, reference electrode 및 counter electrode로 백금봉을 사용하였다. Tafel 외삽법에 의한 부식속도 도출과 동전위분극(potentiodynamic polarization)에 나타나는 분극곡선에서의 부동태 영역의 유무 및 동일영역에서의 부식전위, 부식전류 및 분극저항 등으로부터 재료의 내부식성을 판별할 수 있다. 실험 종료 후 부식된 시편을 종류수에서 세척하여 용융염을 제거하였으며, 부식생성물의 분석, 미세조직 관찰을 위해 XRD, SEM과 EDS를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 LiCl-1%Li₂O, 650°C에서 전기화학적 부식실험 한 Inconel 713LC 및 Superalloy N-1 합금의 분극곡선을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 Inconel 713LC(부식전위; -1.01 V, 부식전류; 5.15 mA, 분극저항; 7.89 Ohm)보다 Superalloy N-1(부식전위; -0.85 V, 부식전류; 1.76 mA, 분극저항; 13.32 Ohm)의 부식속도가 낮아 내부식성이 우수한 것으로 나타났다. Fig. 2에 LiCl-1%Li₂O, 650°C에서 전기화학적 부식실험 한 Inconel 713LC 합금의 동전위분극곡선과 시편의 부식층 단면사진과 부식층 구성원소의 mapping 분석결과를 나타내었다. Fig. 2에서 보듯이 일정시간동안 보호피막의 부동태 영역을 지니다가 보호피막이 파괴하는 경향을 나타내었다. 외부부식층은 연속적인 산화피막을 형성하였으나, 간헐적으로 기공을 형성하는 것으로 나타났다. 이는 외부부식층의 산화피막의 박리를 가속화 할 것으로 판단된다. 또한 쇠외각의 Fe계 산화물의 형성은 조밀하지 않아 산소이온의 내부확산을 용이하게 할 것으로 예측된다. Fig. 3은 LiCl-1%Li₂O, 650°C에서 전기화학적 부식실험 한 Superalloy N-1 합금의 동전위분극곡선과 시편의 부식층 단면사진과 부식층 구성원소의 mapping 분석결과를 나타낸 것이다. 내었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 Fig. 2의 동일영역에서 보호피막의 부동태 영역을 계속 유지하는 경향을 나타내었다. 외부부식층은 연속적이고 조밀한 산화피막을 형성하는 것으로 나타났다. 또한 산화피막의 기지금속에 대한 접착력이 우수할 것으로 예측된다. 이러한 결과들로 보아 Superalloy N-1이 우수한 내부식성을 나타낼 것으로 판단된다.

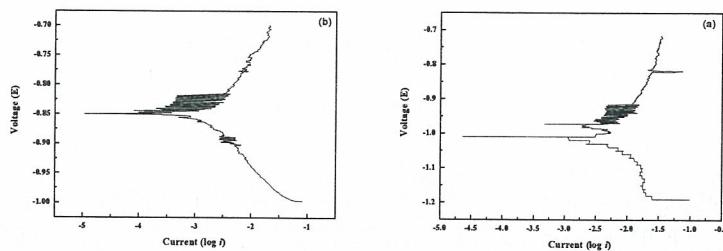


Fig. 1. Polarization curves of Inconel 713LC(a) and Superalloy N-1(b)

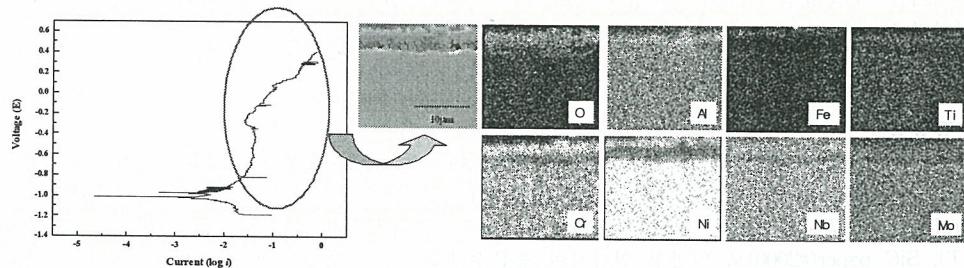


Fig. 2. Potentiodynamic polarization curve and cross-sectional SEM image and elemental distribution of Inconel 713LC corroded at 650°C.

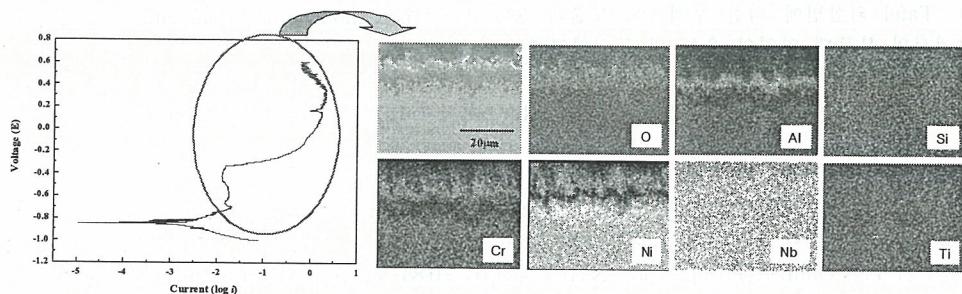


Fig. 3. Potentiodynamic polarization curve and cross-sectional SEM image and elemental distribution of Superalloy N-1 corroded at 650°C.

감사의 글 : 이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국과학재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다. (연구과제 관리코드: M20703030001-08M0303-00110)