

## 전해환원공정에서 실리콘재료의 부식거동

조수행, 이상훈, 정명수, 조해동, 박병홍, 허진목, 이한수  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150  
 nshchol@kaeri.re.kr

### 1. 서론

산화물 사용후핵연료의 금속전환공정은 고온 용융염 LiCl-Li<sub>2</sub>O계에서 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 놓이게 됨으로 이에 적합한 용융염 취급장치 재료개발이 요구된다. 일반적으로 어떤 초합금도 고온에서 기계적 특성 및 내부식 특성을 동시에 만족시키는 초합금개발은 매우 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 열적 및 화학적으로 고온 리튬용융염계에서 안정하고, 특히 내부식성을 향상시키기 위해서 세라믹재료를 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구를 통해 세라믹재료의 안정성과 건전성을 고찰하여 용융염부식억제형 코팅재료개발에 필요한 기초자료를 도출하고자 한다.

### 2. 실험방법

본 연구에서 사용한 실리콘재료를 시편크기(70mm(L)×15mm(W)×2 mm(T))로 가공하여 사용하였다. 부식실험은 환경온도; 650°C, 부식시간; 168시간, Li<sub>2</sub>O 농도; 1~ 3wt%, 혼합가스 농도; Ar-10%O<sub>2</sub> 분위기 하에서, 혼합용융염 LiCl-Li<sub>2</sub>O를 MgO 도가니에 넣고 아르곤 분위기에서 가열하였으며, 용융염의 온도가 650°C에 도달하면 시편을 용융염에 침지시킨 후 용융염 중에 알루미늄 튜브(6φ)를 통해 혼합가스를 공급하였다. 주어진 부식반응시간에 도달하면 시편을 용융염으로부터 분리시킨 후 아르곤 분위기로 냉하였다. 실험 종료 후 부식된 시편을 증류수에서 세척하여 용융염을 제거하였으며, 부식생성물의 분석, 미세조직 관찰을 위해 XRD, SEM과 EDS를 사용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 LiCl-(1~3)wt.% Li<sub>2</sub>O, 650°C, 168시간동안 부식실험 한 실리콘재료(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) 시편의 무게변화를 나타낸 것이며, 3 wt.% Li<sub>2</sub>O에서의 무게변화는 1 wt.% Li<sub>2</sub>O보다 약 3배나 높게 나타났다. Fig. 2는 650°C, LiCl-3wt.% Li<sub>2</sub>O, 168시간 부식실험 한 시편의 표면사진과 표면의 X-선회절 분석결과를 나타낸 것이며, Fig. 3은 650°C, LiCl-3wt.% Li<sub>2</sub>O, 168시간 부식실험 한 시편의 단면조직 및 구성원소의 mapping을 나타낸 것이다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 표면의 X-선회절 분석결과로부터 Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 피크를 보였으며, 이는 고온 리튬용융염에서 산소이온과의 반응으로 생성된 SiO<sub>2</sub>는 부식이 진행되면서 리튬용융염계와의 화학반응에 의해 생성된 것으로 판단된다. 아울러 Fig. 3에서 보듯이 외부조직에 균열이 많이 형성되었으며, 또한 균열을 통해 LiCl-Li<sub>2</sub>O 용융염에 노출되어 박리현상이 가속화 될 것으로 판단된다.

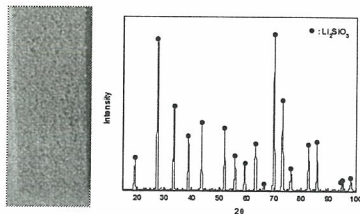


Fig. 1. Weight loss of tested specimens corroded at 650°C for 168h.

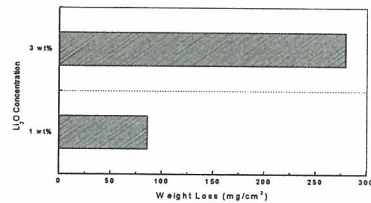


Fig. 2. Photo and XRD pattern of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> specimen corroded at 650°C for 168h.

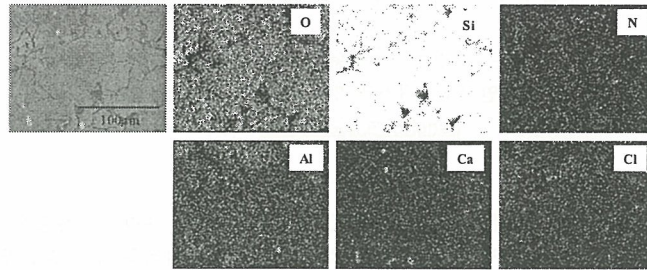


Fig. 3. Cross-sectional SEM image and elemental distribution of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> specimen corroded at 650°C for 168h.

감사의글

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