

대기 중에서 온도에 의한 초합금의 부식거동

조수행, 김남훈, 홍순석, 강대승, 정명수, 허진목, 이한수

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

nshcho1@kaeri.re.kr

1. 서론

산화물 사용후핵연료의 전해환원공정은 고온 용융염 LiCl-Li₂O계에서 우라늄산화물을 전해환원하는 공정으로 음극에서 우라늄메탈로 환원되며, 양극에서 산소가 발생된다. 음극 바스켓에서 생성된 우라늄메탈은 용융염을 포함하고 있으며, 이는 최대한 제거되어야 함으로 음극 바스켓의 구조재료는 고온 용융염계에서 안정되어야 한다. 본 연구에서는 전해환원공정장치에서 음극바스켓의 구조재료의 부식에 영향을 미치는 주요인자인 온도변화를 고찰하여 전해환원공정의 운전조건 및 용융염부식억제형 재료개발에 필요한 기초자료를 도출하고자 한다.

2. 본론

본 연구에서 사용한 Ni-Base 합금인 Inconel 600(73.7Ni-16.3Cr-8.15Fe-0.2Si-0.3Mn), Haynes 263(51.4Ni-20.0Cr-19.2Co-2.49Ti-5.8Mo), Inconel 625(65.3Ni-21.2Cr-0.7Fe-3.4Nb-8.6Mo)를 시편크기, 70mm(L)×15mm(W)×2mm (T)로 가공하여 사용하였다. 부식실험은 환경온도; 650°C~850°C, 부식시간; 72시간, Li₂O 농도; 1wt% 분위기하에서, 혼합용융염 LiCl-Li₂O를 MgO 도가니에 넣고 아르곤 분위기에서 가열하였으며, 반응온도에 도달하면 시편을 용융염에 침지시킨 후 주어진 부식 반응시간에 도달하면 시편을 용융염으로부터 분리시킨 후 아르곤 분위기에서 로딩하였다. 실험 종료 후 부식된 시편을 증류수에서 세척하여 용융염을 제거하였으며, 부식생성물의 분석, 미세조직 관찰을 위해 XRD, SEM과 EDS를 사용하여 분석하였다. Fig. 1은 LiCl-1wt.%Li₂O, 650°C~850°C, 72시간동안 부식실험 한 Inconel 600 시편의 단면조직을 나타낸 것이며, Fig. 1에서 보는 바와 같이 온도의 전 범위에서 부식층은 연속적이고 조밀한 부식층을 형성하였으나, 750°C 이상에서는 부식층 직하에 입계부식 현상이 명확하게

나타났으며 입계부식층 두께의 증가를 나타내었다[1]. 부식층의 생성물형성은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 온도의 증가에 따라 NiFe₂O₄, 스피넬산화물에서 LiCrO₂ 산화물로 나타났다가[2].

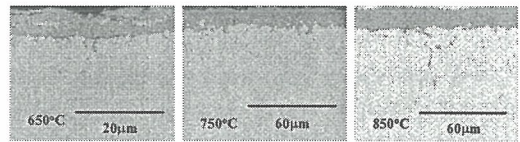


Fig. 1. Cross-sectional SEM image of Inconel 600 specimen corroded for 72 h

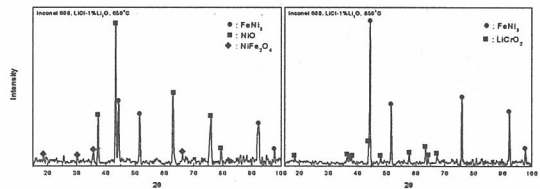


Fig. 2. XRD patterns of the surface of Inconel 600 specimen corroded for 72 h

Fig. 3은 LiCl-1wt.%Li₂O, 650°C~850°C, 72시간동안 부식실험 한 Inconel 625 시편의 단면조직을 나타낸 것이며, Fig. 3에서 보는 바와 같이 부식층은 조대한 금속간화합물과 간헐적인 스피넬산화물로 형성된 부식층을 나타내었다. 부식층의 생성물형성은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 Inconel 600과 같이 온도의 증가에 따라 NiFe₂O₄, 스피넬산화물에서 LiCrO₂ 산화물로 나타났다.

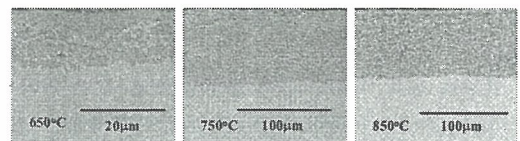


Fig. 3. Cross-sectional SEM image of Inconel 625 specimen corroded for 72 h

Fig. 5는 LiCl-1wt.%Li₂O, 650°C~850°C, 72시

간동안 부식실험 한 Haynes 263 시편의 단면조직을 나타낸 것이다.

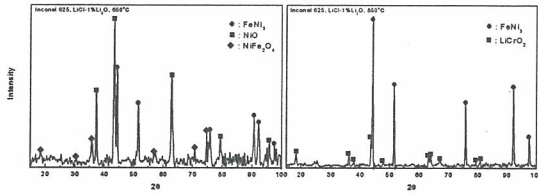


Fig. 4. XRD patterns of the surface of Inconel 625 specimen corroded for 72 h.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 650°C에서의 부식층은 조대한 금속간화합물과 간헐적인 스피넬산화물로 형성된 부식층을 나타내었다. 그러나 온도의 증가에 따라 Cr-산화물 부식층이 나타났으며, 850°C에서는 부식층 직하에 입계부식 현상이 나타났다. 부식층의 생성물형성은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 온도의 증가에 따라 (Ni,Co)Fe₂O₄, 스피넬산화물에서 LiCrO₂ 산화물로 나타났다.

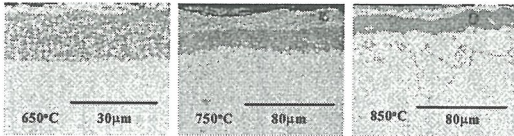


Fig. 5. Cross-sectional SEM image of Haynes 263 specimen corroded for 72 h

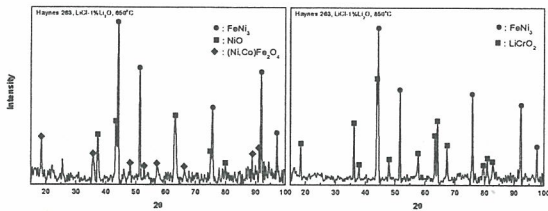


Fig. 6. XRD patterns of the surface of Haynes 263 specimen corroded for 72 h

3. 결론

연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Inconel 600은 온도의 전 범위에서 부식층은 연속적이고 조밀한 부식층을 형성하였으나, 750°C 이상에서는 부식층 직하에 입계부식이 나타났으며, 또한 입계부식층 두께의 증가를 나타내었다. 부식층의 생성물형성은 온도의 증가에 따라 NiFe₂O₄, 스피넬산화물에서 LiCrO₂ 산화물로 나타

났다. Inconel 625의 부식층은 조대한 금속간화합물과 간헐적인 스피넬산화물로 형성된 부식층을 나타내었으며, 부식층의 생성물형성은 Inconel 600과 같이 NiFe₂O₄, 스피넬산화물에서 LiCrO₂ 산화물로 나타났다. Haynes 263은 650°C에서의 부식층은 조대한 금속간화합물과 간헐적인 스피넬산화물로 형성된 부식층을 나타내었으나, 온도의 증가에 따라 Cr-산화물 부식층이 나타났으며, 850°C에서는 부식층 직하에 입계부식 현상이 나타났다. 부식층의 생성물형성은 온도의 증가에 따라 (Ni,Co)Fe₂O₄, 스피넬산화물에서 LiCrO₂ 산화물로 나타났다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- [1] S. Ling, T. A. Rahmel and R. Petkovic-Luton, Oxid. Met., 40, 180(1993).
- [2] H. Izuta and Y. Komura, J. Jpn. Inst. Met., 58, 1196(1994).