

전해환원공정에서 thermal cycle에 의한 초합금재료의 부식거동

조수행, 김계훈, 오승철, 홍순석, 정명수, 강대승, 허진목, 이한수

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

nshchol@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료를 처리하기 위해 개발되고 있는 pyroprocessing은 용융염상에서 운전되는 공정으로 그 중에서 전해환원공정은 고온 리튬용융염계에서 우라늄산화물을 전해환원하는 공정으로 음극에서 우라늄메탈로 환원되며, 양극에서 산소가 발생된다. 전해환원공정의 핵심부분인 반응기는 thermal cycle에 의한 화학적, 기계적 및 열적 측면에서 안정성을 만족시키는 구조재료로 설계되어야 한다. 본 연구에서는 thermal cycle에 의한 전해환원공정 반응기 구조재료의 부식거동을 고찰하여 구조재료 개발에 필요한 자료를 도출하고자 한다.

2. 본론

본 연구에서 사용한 Ni-Base 합금인 Haynes 263(51.4Ni-20.0Cr-19.2Co-2.49Ti-5.8Mo), Inconel 625(65.3Ni-21.2Cr-0.7Fe-3.4Nb-8.6Mo), Inconel 600(73.7Ni-16.3Cr-8.15Fe-0.2Si-0.3Mn)을 시편크기, 70mm(L)×15mm(W)×3mm(T)로 가공하여 사용하였다. Thermal cycle 의한 부식실험은 LiCl-1%Li₂O, 650℃, Ar-10%O₂에서 24시간 유지하고 공냉하여 48시간 유지를 1 cycle로 12회 까지 수행하였다. 실험 종료 후 부식된 시편을 증류수에서 초음파 세척하였으며, 부식생성물의 분석, 미세조직 관찰을 위해 XRD, SEM과 EDS를 사용하여 분석하였다. Fig. 1은 thermal cycle의 횟수가 적을 때 산소가스가 발생하는 분위기에서의 Haynes 263 시편의 표면부식층의 단면조직과 원소분포도를 나타낸 것이다. 산소가스의 발생이 없을 때는 내부부식층의 형성 및 성장은 관찰되지 않는 반면에[1], 산소 발생 경우 Fig. 1에서 보는 바와 같이 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다. Fig. 2는 thermal cycle의 횟수가 클 때 산소가스가 발생하는 분위기에서의 Haynes 263 시편의 표면부식층의 단면조직과 원소분포도를 나타낸 것이다. 산소가스의 발생이 없을 때는 내부부식층이 국부부식형태로 성장하는

것으로 나타났으며, 부식층 직하에 연속적인 Ti-산화물층 형성[2]을 보이나, 산소 발생 경우 Fig. 2와 같이 외부부식층은 혼합적이고 간헐적인 주요원소산화물로 형성되었으며, 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다.

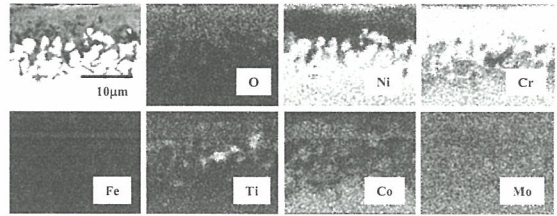


Fig. 1. Cross-sectional SEM image and elemental maps of Haynes 263 specimen corroded at 650℃, Ar-10%O₂ for 4 cycles.

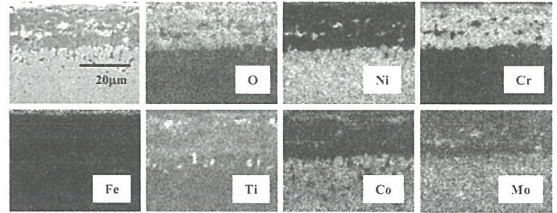


Fig. 2. Cross-sectional SEM image and elemental maps of Haynes 263 specimen corroded at 650℃, Ar-10%O₂ for 12 cycles.

Fig. 3은 thermal cycle의 횟수가 적을 때 산소가스가 발생하는 분위기에서의 Inconel 625 시편의 표면부식층의 단면조직과 원소분포도를 나타낸 것이다. 산소가스의 발생이 없을 때는 내부부식층의 형성 및 성장은 관찰되지 않는 반면에[1], 산소 발생 경우 Fig. 3에서 보는 바와 같이 Haynes 263과 유사하게 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다. Fig. 4는 thermal cycle의 횟수가 클 때 산소가스가 발생하는 분위기에서의 Inconel 625 시편의 표면부식층의 단면조직과 원소분포도를 나타낸 것이다. 산소가스의 발생이 없을 때는 내부부식층의 형성 및 성장은 나타나지 않았으나[1], 산소 발생 경우 Fig. 4와

같이 외부부식층은 각 원소의 산화물이 띠 형성을 나타내고, 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다.

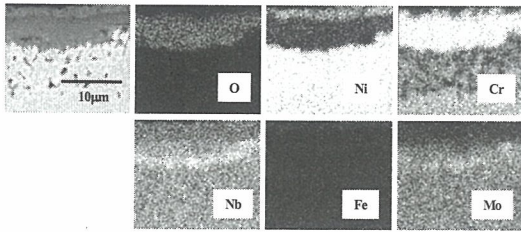


Fig. 3. Cross-sectional SEM image and elemental maps of Inconel 625 specimen corroded at 650°C, Ar-10%O₂ for 4 cycles.

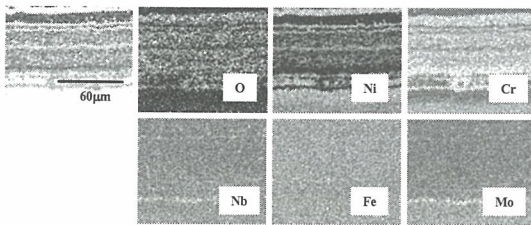


Fig. 4. Cross-sectional SEM image and elemental maps of Inconel 625 specimen corroded at 650°C, Ar-10%O₂ for 12 cycles.

Fig. 5는 thermal cycle의 횟수가 적을 때 산소가스가 발생하는 분위기에서의 Inconel 600 시편의 표면부식층의 단면조직과 원소분포도를 나타낸 것이다. 산소가스의 발생이 없을 때는 내부부식층이 입계부식 형태로 성장하는 것으로 보이는 반면에[1], 산소 발생 경우 Fig. 5에서 보는 바와 같이 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다.

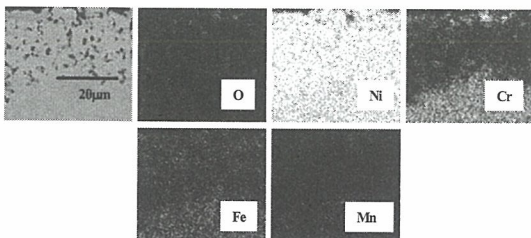


Fig. 5. Cross-sectional SEM image and elemental maps of Inconel 600 specimen corroded at 650°C, Ar-10%O₂ for 4 cycles.

Fig. 6은 thermal cycle의 횟수가 클 때 산소가스가 발생하는 분위기에서의 Inconel 600 시편의 표면부식층의 단면조직과 원소분포도를 나타낸 것

이다. 산소가스의 발생이 없을 때는 내부부식층이 thermal cycle의 횟수가 적을 때와 같이 입계부식형태로 성장하는 것으로 나타났으며[1], 산소 발생 경우 Fig. 6와 같이 외부부식층은 주요 원소의 산화물이 간헐적인 띠 형성을 나타내고, 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다.

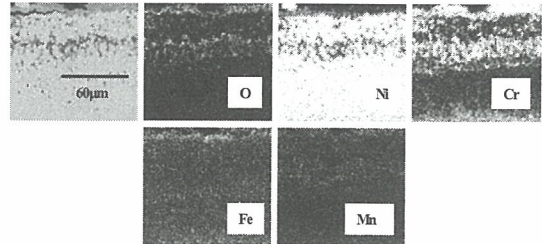


Fig. 6. Cross-sectional SEM image and elemental maps of Inconel 600 specimen corroded at 650°C, Ar-10%O₂ for 12 cycles.

3. 결론

연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. Haynes 263은 thermal cycle 횟수가 증가하고 산소가스가 발생하는 경우 외부부식층은 혼합적이고 간헐적인 주요원소산화물로 형성되었으며, 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다. 반면, Inconel 625는 thermal cycle 횟수가 증가하고 산소가스가 발생하는 경우 외부부식층은 각 원소의 산화물이 띠 형성을 나타내고, 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다. 아울러 Inconel 600은 thermal cycle 횟수가 증가하고 산소가스가 발생하는 경우 외부부식층은 주요 원소의 산화물이 간헐적인 띠 형성을 나타내고, 내부부식층은 국부부식형태로 성장하는 것으로 나타났다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- [1] 조수행 외, 2011 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회 논문요약집, pp.175-176 (2011).
- [2] S.H. Cho, J.M. Hur, C.S. Seo and S.W. Park, J. Alloys Compd., 452, 11 (2008).