

## Inconel 합금에 대한 납(Pb)함유 수용액에서 전기화학적 특성연구 Study on the electrochemical characteristics of Inconel alloy in water containing lead.

김주엽\*, 이용조 (고려대학교 금속공학과)

황성식, 김정수 (한국원자력연구소)

### 1. 서론

원자력 발전소의 2차계통에 납성분이 존재할 경우 증기발생기 2차측에서의 응력부식균열을 조장한다는 보고가 있으며,<sup>1,2)</sup> 그러한 Pb의 작용이 부동태 피막의 특성에 미치는 영향을 밝힘으로써 SCC를 조장하는 기구를 이해하고자 하는 연구들이 진행되고 있다. 그러나 균열의 개시와 밀접한 관련이 있는 피막의 특성변화에 대한 연구는 미진한 실정이다. 이에 본 연구에서는, 증기발생기 전열관 재료로 사용중인 Inconel 합금인 Alloy 600과 현재 대체재료로 사용되기 시작한 Alloy 690, 그리고 이들의 기본조성인 Ni, Cr을 시편으로 하여 Pb가 함유된 수용액 속에서 양극분극 거동을 평가하고, 표면분석을 통하여 Pb가 Ni-기 합금의 응력부식균열에 작용하는 기구를 규명하는 것을 목표로 하고 있다.

### 2. 실험방법

실험합금인 관(tube)형태의 Alloy 600과 Alloy 690을 알루미나 분말로 polishing하였다. 직경이 1 mm인 Inconel 600선에 점 용접한 뒤 시편만 용액에 노출되도록 연결선은 열수축 테플론 관으로 싸주었다. NaOH로 수용액의 pH를 4와 10으로 조절하였으며, 고순도 질소(99.99%)로 1시간동안 탈기하여 산소를 제거한 뒤, 양극분극시험을 행하였다. 이때 용액의 온도는 30°C와 90°C로 하였다. 순수한 Ni, Cr도 같은 방법으로 실험하였다. 이렇게 만든 시편을 주사전현미경(SEM)을 이용하여 표면피막의 형상의 관찰하였고, WDS(Wavelength Dispersive X-ray Spectroscopy), AES(Auger Electron Spectroscopy)와 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)를 이용하여 분석하였다.

### 3. 결과요약

양극분극시험 결과 Pb는 Alloy 600에 비해 Alloy 690에 더 큰 영향을 미쳤고, 이는 Ni, Cr의 양극분극시험 결과로부터 주요기지조성인 Ni, Cr 및 Fe중에서 Cr이 Pb에 가장 큰 영향을 받는 것과 연관이 있는 것으로 생각된다. 또한, 30°C에서의 Alloy 600과 Alloy 690의 양극분극거동은 90°C에서와 비교할 때 Pb에 의한 영향을 그다지 받지 않는데 이는 온도에 따른 PbO의 용해도 차에 기인된 것으로 생각된다.

WDS를 이용하여 피막성분을 정량분석을 하여, 합금의 기본조성인 Ni, Cr, Fe의 상대적 비를 측정된 결과, Pb가 500 ppm 첨가된 경우에는 피막조성중 Cr과 Fe성분이 늘어나고 Ni

성분이 줄어드는 경향을 나타내었다. 한편, 용액과의 반응에 대한 정보가 들어있는 외각피막 층의 성분 에 대한 AES 분석 결과, Pb첨가에 따라 표면 수심 A층의 Ni성분은 늘어나고 Cr 과 Fe성분은 줄어드는 경향을 보였다. 이러한 경향은 표면피막의 조성을 관찰하기 위한 XPS 분석결과에서도 나타났다.

양극분극시험 결과를 볼 때, Pb가 함유된 수용액에서 Alloy 600에 비하여 Alloy 690이 더욱 영향을 받았으며, 이는 Ni, Cr의 양극분극시험에서도 나타났듯이 Cr의 함량차이에 따른 결과로 생각된다. 표면피막특성 분석결과에서도 Alloy 690이 Alloy 600에 비해서 Pb에 더 큰 영향을 받았다.

#### 후 기

본연구는 과학기술부가 주관하는 원자력연구개발 중장기 계획사업으로 수행된 것입니다.

#### 참고문헌

- 1) B.P.Miglin, J.M.Sarver, Proceedings ; 4th Int'l Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors-Aug. 6-10, 1989. Jekyll Island, Georgia, p7-18, NACE, Houston, USA, 1990.
- 2) "고리원자력 2호기 증기발생기 세관 손상원인 조사 - 최종보고서", 한국원자력연구소, (1990)