

고온 물에서 304 와 600 합금의 입계응력부식균열(IGSCC)의 상이성과 유사성

권혁상*, 김수정 (한국과학기술원)

304는 BWR(boiling water reactor)의 reactor 구조용 재료로 사용되고 있고, 합금 600은 PWR(pressurized water reactor)의 증기 발생기 세관으로 쓰이고 있으며 모두 약 280 °C 이상의 원자로 냉각수에 노출되어 있다. 원자로 냉각수 분위기에서 두 합금의 공통적인 특징은 입계응력부식균열(IGSCC)에 민감한 것과 IGSCC가 예민화(sensitization)와 관련이 있는 것이다. 두 합금에서 일어나는 IGSCC는 원자력발전소의 부식피해중 가장 빈도가 높고 발생시 방사능 누출로 인하여 원전의 신뢰성을 저하시키고, 가동중단으로 인한 경제적 손실을 초래하여 지난 20년 동안 가장 심도있게 연구된 주제다.

304는 크롬 탄화물의 입계 석출로 인하여 예민화된 경우 IGSCC에 민감한 반면 600은 예민화된 경우 뿐만 아니라 용체화처리된 상태에서도 IGSCC에 민감하다. 오히려 600은 용체화처리 후 700 C에서 15~20시간 시효처리를 하여 크롬탄화물을 입계에 석출 시키었을 때 IGSCC 저항성이 향상된다. 두 합금의 IGSCC 특징 중 큰 차이는 304는 입계균열전위(critical cracking potential)이 존재하여 부식전위(corrosion potential)가 입계균열전위보다 낮은 경우 IGSCC가 일어나지 않지만 그 반대인 경우 IGSCC에 민감하게 된다. 반면에 600은 뚜렷한 입계균열전위가 존재하지 않고 양극 분극(anodic polarization) 뿐만 아니라 음극분극 시에도 IGSCC가 일어난다. 이런 이유로 600의 IGSCC 기구로 피막파괴-양극용해(film rupture-anodic dissolution) 외에 수소취성(hydrogen embrittlement) 기구도 제안되고 있다. 원전의 냉각수는 고 순도의 물이지만 수 처리 과정과 응축기 배관의 누수로 인한 산소, Cu^{2+} , $\text{S}_x\text{O}_6^{2-}$ ($x=3\sim6$) 등이 유입되어 오염되는데 이러한 오염물질들이 수 ppm 정도 소량 포함된 경우 응력부식민감도는 상당히 증가된다. 산성분위기 혹은 산소, Cu^{2+} , 등이 소량 포함된 산화성 분위기 그리고 sulfur oxyanion에 오염된 고온의 물에서 600의 IGSCC 민감도는 예민화도가 증가할 수록 민감하여 304의 IGSCC와 매우 유사한 거동을 보인다.

본 강연에서는 304와 600의 고온 물에서 일어나는 IGSCC 민감도에 미치는 환경, 예민화처리, 합금원소의 영향을 고찰하고 이에 대한 최근의 연구 동향과 방식 방법을 다룬다.