

수소 분위기하에서의 지르칼로이-4 산화 가속화 반응 연구

A Study of the Accelerated Zircaloy-4 Oxidation Reaction with H₂O/ H₂ Mixture Gas

김 용 수

한양대학교

서울특별시 성동구 행당동 17 번지

조 일 제

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150 번지

요 약

대량 핵연료 피복관 손상을 일으킬 수 있는 수소 분위기에서, 산화 가속화와 수소 침투 영향을 평가하기 위하여 TGA 실험 장치를 이용하여 피복관내의 수소/수증기 혼합 분위기를 재현하여 지르칼로이-4 와 혼합 기체의 반응 실험을 수행하였다. 온도와 압력은 각각 500°C, 수소/수증기 혼합기체의 압력은 1 기압이며 수소/수증기 분압비율은 10⁷, 10⁵, 10³ 과 순수 수증기 조건하에서 실험을 수행하였다. 실험 결과 수소화 반응은 산화 반응에 비해 매우 빠른 반응이며 초기에 진행되는 수소화 반응은 산화반응을 가속시키지만 이때 생긴 산화막은 수소기체의 지르칼로이-4 금속내로의 직접적인 침투를 방해하지만, 어느 시점이 지나면 더 이상 수소 침투에 방어막의 역할을 하지 못하고 대량 수소 침투가 발생한다는 사실을 밝혀내었다. 지르칼로이-4 와 수소/수증기 혼합기체의 반응은 수소/수증기 비율에 따라 10⁷에서는 선형적인 무게 증가를 보였으며, 10⁵ ~ 10³ 사이에서는 3 단계의 무게 증가가 관찰 되었다. 그리고 SEM, EDX 분석 그리고 금속내의 수소 함유량을 측정하여 이를 확인하였다.

Zr-2.5Nb 압력관에서 수소화물의 석출거동

Precipitation Pattern of Hydrides in Zr-2.5Nb Pressure Tubes

김영석, 박순삼, 김선식, 서용찬, 김성수

한국원자력연구소

대전시 유성구 덕진동 150 번지

요 약

본 연구의 목적은 Zr-2.5Nb 압력관에서 수소화물의 석출패턴을 규명하는 것이다. Zr-2.5Nb 압력관은 780 °C 에서 압출, ~25%의 냉간가공 및 400 °C, 24 시간 열처리하여 제조된 것이며, 수소화물 관찰을 위하여 60 또는 450 ppmH 의 수소를 장입시켰다. 거시적인 수소화물 거동은 광학현미경 및 주사전자 현미경을 이용하여 관찰하였으며, 미세한 수소화물의 석출패턴은 투과전자현미경으로 조사하였다. 압력관의 단면에 따라 수소화물의 석출패턴은 다르게 나타났다. 길이방향 단면에서는 거시적으로 볼 때 길이방향으로 길에 석출되어있는 모든 수소화물은 미시적으로는 반경방향으로 서있는 미세한 침상의 수소화물의 층으로 구성되어있으며, 길이방향에 평행하게 누워있는 α-Zr 결정립을 교차하면서 반경방향으로 성장하는 수소화물은 전혀 관찰되지 않았다. 그러나 원주방향 단면에서는 원주방향으로 비교적 길게 성장한 수소화물과 α-Zr 결정립을 반경방향으로 교차하면서 성장한 수소화물이 모두 나타났다. Zr-2.5Nb 압력관의 각 단면에서 X-ray 로 측정된 잔류응력 결과를 토대로, 압력관의 단면에 따라 다르게 나타나는 수소화물의 석출거동을 토의하였다.