

## 수소화물 석출에 따른 지르코늄 합금 튜브의 기계적 강도 열화 평가

### Effects of Hydride Formation on the Ultimate Hoop Strength of Zirconium Alloy Tubes

서용대, 김용수  
한양대학교  
서울시 성동구 행당동 17

김용환, 김규태  
한국원전연료(주)  
대전광역시 유성구 덕진동 150

#### 요 약

수소 침투에 따른 지르코늄 합금 피복관 재료의 기계적 성질 저하를 평가하기 위해 상용 핵연료 피복관 재료인 low tin Zircaloy-4에 대해서 상온 및 고온(400°C)에서의 튜브 파열 시험을 수행하였다. 수소 침투량이 증가함에 따라 UHS값의 변화는 모두 지수적으로 감소하는 거동을 관찰하였으며 상온 파열 시험의 경우 약 1,000 ppm의 수소 침투량이 되면 초기 UHS값의 50%까지 감소하는데 반해 고온 파열 시험의 경우에는 약 2,000 ppm의 수소 침투량이더라도 초기값의 80%의 강도를 유지하였다. 수소 침투량 증가에 따른 TCE값의 변화는 급격히 감소하여 포화되는 거동을 관찰하였으며, SEM을 이용한 튜브의 파단면 분석을 통해서 고온 파열 시험의 경우 약 700 ppm이내의 수소 침투량 시편에서는 덩플과 덩플 경계부가 인장되어 있는 파단면 특성을 확인할 수 있었으며 그 이상의 수소 침투량을 가진 시편의 경우 연성을 잃어가는 형태의 파단면을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

The burst tests of the low tin Zircaloy-4 tubes are performed at room and high temperature (400°C) in order to evaluate the degradation of mechanical integrity of the hydrided tubes. Experimental results show that as the hydrogen content increases, UHS (Ultimate Hoop Strength) values decreases exponentially in both cases. When the hydrogen content increases to 1,000 ppm, the UHS decreases to 50% of the initial value in case of room temperature test while it decreases only by 20% of the initial value in the high temperature test when the hydrogen content exceeds 2,000 ppm. Also with increasing hydrogen content, TCE (Total Circumferential Elongation) and drastically decrease and then is saturated down to almost zero. Fractographical analysis with SEM (Scanning Electron Microscope) confirms the TCE results. In a tentative conclusion, Zircaloy-4 tubes can possibly lose its ductility during reactor operation when hydrogen content exceeds 700 ppm by hydrogen pick-up.