

## Creep Behavior of CANDU Zr-2.5Nb Pressure Tubes

Joong Cheul Park, Young Suk Kim, Sung Soo Kim, Kyung Soo Im, Sang Bok Ahn  
Zirconium Team, Korea Atomic Energy Research Institute,  
150, Dukjin-dong, Yuseong, Daejeon 305-353, Korea, ltpark@yumail.ac.kr

### 1. 서론

CANDU 형 발전소의 Zr-2.5Nb 압력관은 가장 핵심적인 구조물로서 발전소의 수명을 결정하는 주요 부품중의 하나이다. 또한 Zr-2.5Nb 합금은 운전온도와 중성자 조사 환경조건에서 크립에 의한 길이 성장이 가속화되어 일어나기 때문에 발전소의 안전에 영향을 미칠 수 있는 문제점을 내포하고 있을 뿐 아니라 실제로 보고되고 있기도 하다.[1]

본 연구에서는 중성자 조사에 의한 길이 성장을 고려하기에 앞서 Zr-2.5Nb 압력관의 집합조직으로 인해 나타나는 특이성 즉, 축방향(longitude)과 횡방향(transverse)에 따라 크리프 성장 특성에 미치는 영향을 규명하기 위해 여러 범위의 온도와 응력에 대해 실험을 수행하였다. 따라서 실험을 통해 압력관의 방향성에 따른 실험적인 크리프 수식을 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

### 2. 실험방법

압력관의 크립거동 실험은 축방향 및 횡방향에 대한 일축 인장으로 400°C, 375°C, 350°C에서 각 온도마다 200MPa, 185MPa, 160MPa 응력 하에서 수행하였다. 사용된 시편의 형상과 채취방향은 Fig. 1 과 같으며 압력관의 제한된 형상으로 인해 평행부길이 20mm, 폭 4mm, 두께 1.5mm 의 dog bone 형태의 소형시편을 사용하였다.

시편과 지그의 안정화와 정렬을 위해 먼저 목표하중의 10% 정도를 부과하여 24 시간 동안 유지 후 실험을 시작하였다. 목표하중으로 부가하였을 때의 정확한 초기 변형률( $\epsilon_0$ )을 구하기 위해 초기하중 해당하는 변형률은 외삽하여 추가하였다.[2] 실험시간은 정상상태(steady-state)에서의 크리프 거동을 확인하는데 충분한 시간이 300 시간으로 모든 시편에 대해 동일하게 적용하였다.



Figure 1. Schematic of uniaxial creep specimen.

### 3. 실험결과

축방향 및 횡방향에 대한 압력관의 크리프 시험결과 전체적으로 축방향 보다는 횡방향 시편이 크리프 변형량 및 속도가 빠르게 나타났다. 시험온도와 시험하중이 높아질수록 secondary stage 즉 안정상태(steady-state)에 빨리 도달함을 알 수 있다. 응력은 일정하고 시험온도가 변화할 때의 크립성장 특성을 보면 온도의 변화에 따라 많은 크립 변형률이 일어남을 알 수가 있고, 반면에 일정한 온도에서 응력의 변화에 따른 크립 변형률은 상대적으로 적음을 알 수 있다. 특히 가장 낮은 온도인 350°C에서의 결과를 보면 응력이 변하더라도 크립 성장률은 거의 일정함을 알 수 있다. 이는 압력관의 운전온도인 약 300°C 근방에서는 이러한 특성이 더 잘 나타날 것으로 유추할 수 있을 것이다.

또한 식 (2)를 이용하여 활성화 에너지(Q)를 구하였고 횡방향 시편에 대한 결과를 Fig. 2 에 나타내었다. 응력에 상관없이 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

$$Q/R = \left( \frac{\partial \ln \dot{\epsilon}}{\partial (-1/T)} \right)_{\sigma} \quad (2)$$

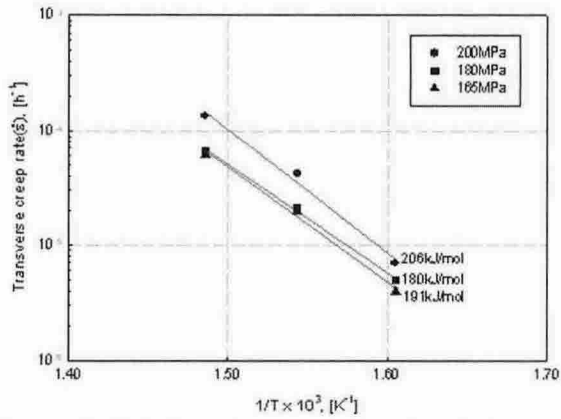


Figure 2. Relations between steady-state creep rate and reciprocal of absolute temperature.

### REFERENCES

- [1] G. J. C. Garpenfer and J. F. Watters, Irradiation Damage Recovery in Some Zirconium Alloy, Zirconium in Nuclear Applications, ASTM STP 551, pp. 400, 1974.
- [2] ASTM Standard E 139, Standard Test Methods for Conducting Creep, Creep-Rupture and Stress Rupture Tests of Metallic Materials, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2003.