'99 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

SMART 증기발생기 모듈급수관의 천이 열응력 해석
Transient Thermal Stress Analysis for Module Feedwater Pipe of SMART Steam Generator

김용완, 김지호, 박진석, 허형, 김종인

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150번지

요 약

일체형원자로 SMART 노내에서 안팎의 온도차가 가장 큰 모듈급수관에 대한 천이 열응력해석을 수행하였다. 그린함수를 정의하여 임의의 천이하중이 가해질 때의 열응력을 효과적으로 계산할 수 있는 수식을 유도하였다. 냉각재 온도가 스텝함수로 변할 때의 응력을 시간의 함수로 구하고 이 값과 천이 온도를 Duhamel 적분함으로써 간단하게 천이 열응력을 구하였다. 그린함수는 선형시스템에만 적용할 수 있으므로 온도에 따라 변하는 물성치는 고려할 수 없다. 따라서 선형-열천이-유한요소해석과 온도에 따른 물성치 변화를 고려한 재료 비선형-열천이-유한요소해석을 ABAQUS로 수행하여 결과를 비교하였다. 그린함수법으로 계산한 결과와 선형-열천이-유한요소해석 결과가 잘 일치함을 보여 타당성을 입증하였으며 이는 향후 증기발생기의 피로해석에 유용하게 사용될 수 있다. 온도에 따른 물성치 변화를 고려한 재료 비선형해석은 선형해석결과와 약 20%정도의 차이를 보였다. 일체형 원자로 SMART의 기동운전 시의 열응력을 시간의 함수로 구하였으며, 운전 중에는 안팎의 온도차로 인한 응력이 항복응력의 약 10%임을 알 수 있었다.

Abstract

A transient thermal stress analysis for the module feedwater pipe of the SMART steam generator was performed. An analytic equation to calculate the thermal transient stress was derived on the basis of Green function concept. The thermal transient stress of the module feedwater pipe subjected to an arbitrary change of the coolant temperature was obtained from the Duhamel integration for the product of the coolant temperature and the Green function. A transient finite element analysis was also carried out for the methodological justification and the quantitative comparison with the Green function method. The results of the linear transient finite element analysis have shown a good agreement with those of the Green function method. The results of transient finite analysis using temperature dependent nonlinear material properties have shown 20% difference with those by using constant material properties. During the start up of the integral reactor SMART, maximum thermal stress has reached up to 10% of the yield stress of the titanium alloy.