

핵연료봉 내부 압력측정 기술 개발을 위한 LVDT의 고온 노외시험
(The High Temperature Out-of-Pile Test of LVDT for Internal Pressure Measurement Technology Development of Nuclear Fuel Rod)

한국원자력연구소 손재민, 강영환, 김봉구, 조만순, 주기남, 김도식, 김영진

한국원자력연구소에서는 핵연료에 대한 성능 및 안전성을 확인하기 위하여 필수적으로 요구되고 있는 핵연료 조사시험용 계장캡슐(이하 핵연료 계장캡슐이라 함)을 개발 중에 있으며, 이는 연구용원자로인 하나로(HANARO, High-flux Advanced Nuclear Application Reactor)의 주요 이용설비 중에 하나이다. 연구로에서의 핵연료 조사시험(Irradiation Test)을 위한 계장기술 개발은 조사시험중 핵연료의 노내 거동 연구 및 설계자료의 확보를 위해 필수적이며, 계장을 통하여 측정할 수 있는 특성으로는 핵연료의 중심 및 표면온도 변화, 피복관의 표면온도 변화와 직경 및 길이 변화, 피복관의 산화층 두께 변화, 핵연료봉의 내부압력 변화 등이 있다.

본 연구는 하나로의 OR 조사공에서 조사시험을 수행할 예정인 핵연료 계장캡슐의 계장기술 중에 하나로서 핵연료봉 내부에 장입된 핵연료 소결체에 의해 조사시험 시 생성되는 핵분열 생성물로 인한 핵연료봉의 내부압력 변화를 정확하게 측정하기 위한 기술을 개발하는 것이 목적이다. 핵연료봉 내부압력 변화를 측정하기 위하여 실제 이용자의 요구조건에 적합한 LVDT(Linear Variable Differential Transformer, 선형변위차동트랜스)를 선정하고, 이의 특성을 분석하기 위하여 상온에서의 노외시험 수행한 결과 LVDT가 온도에 매우 민감한 반응을 나타내는 것을 알 수 있었다. 이에 따라 핵연료 조사시험용 캡슐의 상세 설계에 적용하기 위하여 온도 변화에 따른 LVDT 변화특성을 분석하여야 할 필요성이 대두되었다.

따라서, LVDT의 고온 노외시험을 수행하기 위한 시스템을 그림 1과 같이 구축하였으며, 이를 이용한 고온 노외시험은 실제 핵연료 조사시험 시 LVDT가 위치한 부분의 온도가 약 80°C 정도로 예상되므로 상온에서 80°C까지는 약 5°C간격으로 80°C에서 300°C까지는 약 10°C간격으로 32회를 수행하였다. 각 온도에서는 helium을 이용하여 LVDT에 0 bar부터 30 bar까지 압력을 증가하면서 LVDT output을 data acquisition system에 의하여 수집하였다. 이 실험을 통하여 수집된 실험값으로 각 온도에서의 LVDT 특성을 파악하는 것은 물론이고, 온도의 변화에 따른 LVDT 특성변화 경향을 분석하였다. 그림 2는 상온에서 300°C까지의 범위에서 LVDT의 sensitivity 변화를 나타내고 있다. 본 고온 노외시험에 의해 다양한 온도환경에서 LVDT를 적용하기 위한 방법을 도출하였으며 이는 핵연료 조사시험 시 온도가 변화하는 환경에서 측정될 핵연료봉 내부 압력 변화를 보다 정확하게 분석하기 위하여 활용될 것이다.

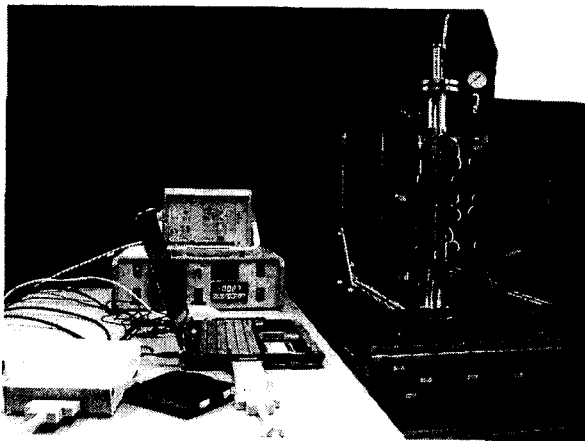


그림 1. 압력측정을 위한 LVDT 고온 노외시험 장치

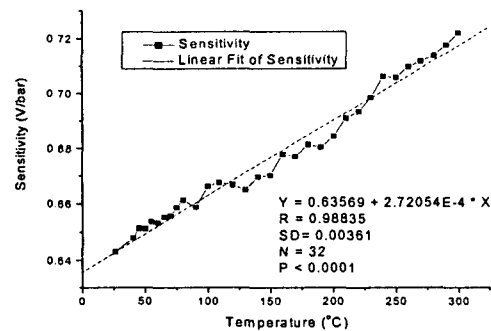


그림 2. 온도변화에 따른 LVDT sensitivity의 변화 추이