

하나로에서의 조사 크립시험용 캡슐의 설계 및 제작 (Design and Manufacture of Capsule for Irradiation Creep Test in HANARO)

한국원자력연구소 조만순, 박승재, 주기남, 손재민, 강영환

차세대원자로를 비롯한 신형원자로의 압력용기와 같은 원자로 구조재료에 이용되는 지르코늄 합금, SUS304, Cr-Ni강 등에 대한 크립시험을 하나로에서 수행하기 위하여 노내 시험용 크립캡슐(01S-01K)을 설계·제작하였다. 본 캡슐은 하나로에서 1,000시간 이상의 장기간 장전시험이 필요한 조사 크립시험을 수행하기 전단계의 노내시험용 캡슐로 제작되었다.

시험목적은 노심에서 실시간으로 크립시험이 가능한지를 확인하기 위하여 하나로 노내에 장전된 상태에서 시험을 수행하여 하중부과 장치와 변위측정을 위한 LVDT의 건전성을 확인하고 온도, 압력 및 열전달계수와 같이 설계 단계에서 산정된 파라미터들을 확인하기 위한 것이다. 본 캡슐에 대한 조사시험은 2002년 5월 경에 하나로 노내에 위치한 외부 조사공인 IP-11공에서 10일 동안 수행할 계획이며, 평균 중성자조사량은 $5 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$, 조사 목표온도 400°C 에서 SUS304 시편(직경 2mm, 표준 길이 12.5mm)을 장착하여 시험한다. 캡슐의 외통은 직경 56mm의 SUS316 튜브를 사용하며, 내부 재질로는 감마열에 의해 발생하는 열을 제거하기 위해 Al-1050을 사용하고 하중전달부에는 구조적 건전성을 확보하기 위해 SUS304를 사용하였다. 조사공인 IP-11은 냉각수가 흐르지 않기 때문에 열계산을 위해 자연대류에 의한 표면 열전달계수를 산정하였다. 캡슐 내부에서의 온도분포는 1차원 열계산 프로그램인 GENGTC 코드를 이용하여 계산하였으며 설계시 사용된 열전달계수는 $880 \text{W/m}^2\text{C}$ 으로, 노내시험에서 측정되는 온도와 계산치를 비교하므로써 설계에 사용된 열전달계수의 타당성을 검토하고 시편의 목표온도 도달여부를 확인하여야 한다. 노외 하중부과시험에서는 하스텔로이 재질을 사용한 벨로우즈(O.D=23mm, $k=1.8 \text{kg/mm}$)에 대해 외부에서 가하는 가스압력에 따라 시편에 가해지는 발생력을 구하는 실험을 수행하여 외부 가스압력과 발생력은 선형적으로 비례함을 확인하였으며, 이 결과를 이전에 수행한 하중부과 시험(O.D=32mm, $k=0.1$ & 0.3kg/mm)결과와 비교하여 발생력 선도의 타당성과 SUS304 시편의 크립시험에 필요한 목표응력(140MPa)을 얻을 수 있음을 확인하였다. 하중부과장치와 LVDT의 건전성 입증을 위해 노내·외에서 인장시험을 수행하여 시편에 가해지는 하중과 변형상태를 측정할 계획으로 있다.

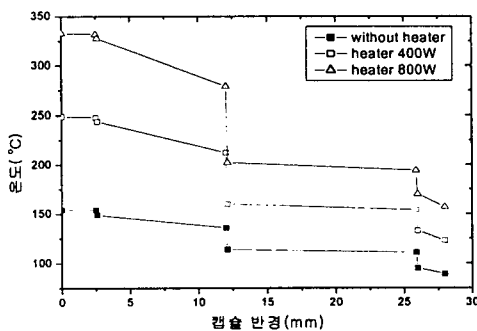


그림 1 크립캡슐 온도분포(01S-01K)

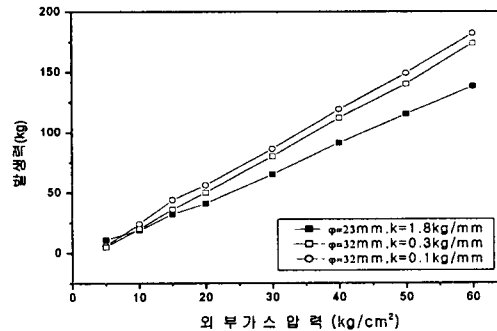


그림 2 하중부과장치의 발생력(01S-01K)