

ITER 블랭킷 일차벽 제작법 개발을 위한 시험용 Be/Cu mock-up의 고열부하 시험

이동원, 배영덕, 김석권, 홍봉근, 박정용, 정용환, 최병권

한국원자력연구원(KAERI)

한국은 국제핵융합실험로 (ITER) 사업에 참여하고 있으며, 건설 단계에서는 일차벽을 포함한 블랭킷의 약 10%를 조달할 예정이다. 이를 위해서는 핵융합로의 핵심기술 중 하나인 블랭킷 일차벽의 제작법을 개발하는 것이 필수적이다. 제작법 개발을 위해 제작된 여러 mock-up들은 파괴 및 비파괴 검사를 통해 그 접합 성능을 입증하고 있으며, 최종적으로 ITER 운전 조건과 같이 고열부하 환경에서의 성능을 검증하기 위해 전자빔 시설을 이용한 고열부하 시험을 수행하고 있다. ITER 블랭킷 일차벽은 Be, Cu합금, Stainless Steel (SS)가 접합된 형태로 이루어져 있으며, 3가지 금속을 접합하기 위해 HIP (Hot Isostatic Pressing) 방법을 사용하고 있다. 접합법 개발을 위해서, Cu/SS 접합 및 Be/Cu 접합을 순차적으로 진행하여, 각각의 최적 접합조건을 도출하였으며, 현재는 Be/Cu/SS를 2단계에 걸쳐 접합한 mock-up들을 제작하고 있다. Cu/SS mock-up에 대한 고열부하 시험은 32-33회 학술회의에 걸쳐 소개하였으며, 러시아 Efremov 연구소의 TSEFEY-M 시설에서 수행된 Be/Cu mock-up에 대한 고열부하 시험 결과는 아래와 같다.

Be/Cu mock-up은 50x50x10mm(t)의 Be tile을 50x50x22의 Cu block에 접합한 형태의 mock-up이며, Cu block에는 냉각을 위한 10mmID/12mmOD의 SS tube가 삽입되어 접합되어 있다. 이는 ITER blanket FW의 형상과 유사하도록 설계한 결과이며, 총 8개의 mock-up이 4가지 HIP조건, 즉 2 종류의 interlayer 및 2종류의 HIP 온도에 대해 제작되었다. 고열부하 시험 조건에서, 냉각수의 온도 및 속도는 25 C, 4.7 m/sec로 유지되었고, 열부하는 2.5 및 3.2 MW/m²로 유지하였다. 시험 조건에 대한 예비해석을 통해, 가열시의 온도 및 stress, strain 분포를 얻었고, 이를 통해, cycle to failure 값을 도출하였다. 각 mock-up들이 접합성을 유지하기 위해서는 1000 cycle 이상을 견디면 되는 데, 고열부하 시험 결과, 8개중 2개의 mock-up이 접합을 유지하였고, 나머지는 Be tile의 완전이탈 2건, 접합면의 delamination 4건이 발견되었다. 현재는 각 mock-up의 시험결과를 바탕으로 해석결과와의 비교 평가가 수행 중에 있다.