

ITER 블랑켓 일차벽 제작법 개발을 위한 예비 FWQM mock-up(Be/Cu/SS 80x80x3)의 고열부하 시험

이동원, 배영덕, 김석권, 신희윤, 홍봉근, 정현규, 박정용, 최병권, 정용환

한국원자력연구원

한국은 국제핵융합실험로 (ITER) 사업에 참여하고 있으며, 건설 단계에서는 일차벽을 포함한 블랑켓의 약 10 %를 조달할 예정이다. 이를 위해서는 핵융합로의 핵심기술 중 하나인 블랑켓 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 블랑켓 일차벽은 Be, Cu합금, Stainless Steel (SS)가 접합된 형태로 이루어져 있으며, 3 가지 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, Be/Cu/SS를 2단계에 걸쳐 접합한 mock-up들을 제작하고 있다. Cu/SS mock-up에 대한 고열부하 시험은 32, 33회 학술회의에 걸쳐 소개하였으며, 러시아 Efremov 연구소에서 수행된 50x50 및 80x80x3 Be/Cu/SS mock-up의 고열부하 시험은 34, 35회 학술대회에서 소개하였다. 아국이 구축한 고열부하 시험장비인 KoHLT-1을 이용하여 35x35x3 Be/Cu mock-up의 성능 검증시험을 수행하였으며, 이는 36회 학술회의에서 소개하였다.

현재, ITER 참여국과 국제팀이 함께 조달할 블랑켓 일차벽의 제작 성능을 검증하기 위한 공동 시험이 진행되고 있으며, 아국은 2 개의 80x80x3 Be/Cu/SS mock-up을 성공적으로 제작하여 시험에 참여하고 있다. 또한, 동시에 제작된 나머지 2 개의 mock-up에 대해서는 아국에서 구축한 KoHLT-1 장비에서 약 석달간 진행되었으며, 이를 위한 사전해석 및 결과 분석이 수행되었다. 사용된 mock-up은 검증용 mock-up과 동일한 방법으로 동시에 제작되었으며, 총 2개의 mock-up이 Cr/Cu interlayer를 적용하여 제작되었으며, 초음파를 활용한 접합 계면의 결함확인을 거친 후 고열부하 시험이 수행되었다. 냉각수의 온도 및 유량은 25 °C, 8.2 kg/min로 유지되었고, 열부하는 0.625-0.65 MW/m²로 유지하였다. 시험 조건에 대한 예비해석을 통해, 가열시의 온도 및 stress, strain 분포를 얻었고, 이를 통해, cycle to failure 값을 도출하였으며, 각 mock-up은 12,690 및 12,020 회의 열부하를 견디었으며, 아무런 이상 징후 없이 시험이 종료되었다.