

ITER 시험블랭킷 모듈(TBM) 일차벽 제작법 개발을 위한 Be/FMS mock-up의 고열부하 시험

이동원¹, 김석권, 배영덕, 윤재성, 정기석, 박정용, 정양일, 이정석, 최병권, 홍봉근, 정용환

¹한국원자력연구원

한국은 국제핵융합실험로 (ITER) 사업에 참여하고 있으며, 삼중수소 증식을 시험하기 위한 시험 모듈(TBM, Test Blanket Module)로서 HCML (Helium Cooled Molten Lithium) TBM을 설계, 개발하고 있다. 헬륨 및 액체 리튬을 냉각재와 증식재로 사용하는 개념으로, 구조재로서 Ferritic Martensitic (FM) 강이 사용될 예정이다. 특히, HCML TBM의 일차벽은 중성자 및 플라즈마로부터 입사되는 입자들을 차폐하기 위한 Be 차폐체와 FM강으로 구성되어 있으며, 일차벽 제작법 개발을 위해서는 Be과 FM강 간의 접합과 FM강 간의 접합 방법이 개발되어야 한다. FM강 간의 접합은 기존의 연구를 통해 접합 조건이 이미 도출되었고, 고열부하 시험을 통해 검증 완료한 상태이다. 그러나, Be과 FM강 간의 접합은 현재 개발단계에 있다. 본 논문에서는 고려 중인 구조재와 Be 차폐체 사이의 접합법 개발을 위해, 고온등방가압(HIP, Hot Isostatic Pressing) 조건을 도출하고, 운전조건과 유사 혹은 가혹한 조건에서 고열부하를 인가하여, 그 건전성을 평가하는 일련의 과정을 기술하였다.

본 연구에서는 Be과 FM강 간의 접합법 개발 및 검증을 위해 제작된 80x80x1 Be/FM강 mock-up을 국내에서 구축된 고열부하 시험 장비인 KoHLT를 활용하여 수행한 고열부하 시험에 대한 것이다. 본 mock-up은 80x80x10mm(t)의 Be tile 3개를 동일 크기에 두께가 각각 25mm와 50 mm인 FM강과 스테인레스강에 접합된 것으로, 고열부하 장비에 설치하여 고열부하 시험을 수행하였다. 냉각수의 온도 및 속도는 25 C, 0.15 kg/sec로 유지되었고, 열부하는 0.5 MW/m²로 유지하였다. 시험 조건에 대한 예비해석을 통해, 가열시의 온도 및 stress, strain 분포를 얻었고, 이를 통해, cycle to failure 값을 도출하였다. 1000 사이클의 가열 실험을 마친후 초음파를 활용한 접합 계면의 결함확인 및 파괴검사를 통한 접합 건전성을 확인하였다. 3가지 접합법 모두 일부 접합면이 이탈되었으며, 향후 보다 건전한 접합방법 개발이 진행되어야 할 것으로 보인다.