

국제핵융합실험로(ITER) 시험을 위한 한국형 시험증식블랑켓 개념설계 및 성능해석

이동원¹, 진형곤¹, 이어확¹, 윤재성¹, 김석권¹, 박성대¹, 조아라¹, 안무영², 조승연²

¹한국원자력연구원, ²국가핵융합연구소

국제핵융합실험로(ITER)의 3대 목표 중 하나는 핵융합로 개발을 위한 삼중수소증식블랑켓 개념을 시험하고 검증하는 것이며, 이를 위해 시험증식블랑켓(TBM, Test Blanket Module) 프로그램을 마련, 각국이 참여할 수 있도록 하고 있다. 한국도 2012년 국가핵융합위원회 결정에 따라, EU, 일본, 중국, 인도와 함께 TBM 프로그램에 참여하고 있으며, 2021년 설치를 목표로 헬륨냉각 고체증식재 개념의 HCCR (Helium Cooled Ceramic Reflector) TBM을 설계, 개발하고 있다. 한국형 TBM은 총 4개의 서브모듈과 하나의 후벽(Back Manifold, BM)으로 구성되며, 각 서브모듈은 플라즈마와 대면하는 일차벽(First Wall, FW), 증식재와 증배재, 반사재를 담고 있는 증식영역(Breeding Zone, BZ), 냉각재 매니폴드 및 구조물 역할을 하는 측벽(Side Wall, SW) 등의 기능부품으로 구성되어 있다. 냉각재는 8 MPa, 300-500 °C의 고온고압헬륨을 사용하고, Li₂SiO₄ 혹은 Li₂TiO₄ 형태의 Li 세라믹 증식재를 사용하며, 중성자 증배를 위해 Be 증배재 및 흑연 반사재를 사용한다 [1-3].

2015년 2월 개념설계검토(CDR, Conceptual Design Review)를 위해, TBM-shield를 포함한 TBM-set 설계가 완료되었으며, 열수력, 구조, 지진, 전자기, 복합하중에 대한 평가가 진행되었다. 본 논문에서는 이 중 H/He-phase에 시험될 EM-TBM과 D-T phase에 시험될 INT-TBM에 대한 열수력 성능 결과를 소개하였다 [5]. 각각의 열부하 조건은 0.17과 0.3 MW/m²이며, 중성자 조사는 D-T phase에서만 고려되었다. 구조재 및 사용된 기능소재별 온도 요건을 정의하고, 성능해석 결과와 비교하였으며, 이를 통해 모든 온도 요건을 만족함을 최종 확인하였다. 이러한 온도 분포는 열응력 평가를 위해 구조해석 입력자료로 활용되었다.

Keywords: ITER, TBM, 개념설계, 성능해석

- [1] S. Cho, et al, "Overview of helium cooled solid breeder test blanket module development in Korea," Fusion Eng. Des., 88 (2013) 621-625.
- [2] K. I. Shin, et al, "Design and performance analysis of structural components for a Korean He cooled ceramic reflector TBM in ITER," Fusion Eng. Des., Fusion Eng. Des., 88 (2013) 1866-1871.
- [3] M. Y. Ahn, et al, "Design change of Korean HCCR TBM to vertical configuration," Fusion Eng. Des., 88 (2013) 2284-2288.
- [4] D. W. Lee, et al, "Progress of Functional Components Design and Analysis of a Korean HCCR TBM in ITER," IEEE Transaction on Plasma Science, 42 (2014) 1443-1448
- [5] ANSYS CFX-13 User Manual, ANSYS-CFX, Orlando, FL, USA 2010