

ITER 시험용 액체금속형 증식블랭킷의 설계 및 성능 해석

이동원*, 홍봉근, 김용희, 인왕기, 윤경호

한국원자력연구소

* E-mail : dwlee@kaeri.re.kr

국제열핵융합실험로인 ITER의 주요 목적 중 하나는 삼중수소 증식용 블랭킷의 설계 개념을 시험하고 그 가능성을 확인하는 것이다. 본 연구에서는 한국형 DEMO 개념을 검증하기 위한 액체금속형 증식 블랭킷인 HCML (He Cooled Molten Lithium)을 설계하고, 그 성능을 열수력 및 구조해석을 통해 살펴보았다. HCML은 구조재로 FM 강 (Ferrite Martensite Steel)을 사용하고, He를 냉각재로 사용하며, 이 냉각재는 300 °C로 주입되고, 냉각 후 400 °C로 배출되도록 설계되었다. 삼중수소 증식재료는 액체 Li를 사용하며, 민감도 분석을 통해 Li의 농축도를 12 wt%로 최적화하고, 안전을 위해 그 양을 제한하는 ITER의 기준값에 맞추었다. HCML에서 Li은 냉각재로서의 기능을 담당하지 않기 때문에, 초당 수 mm의 매우 낮은 속도를 갖도록 설계되었고, 이는 MHD 효과를 줄이는 데 기여할 것으로 판단된다. 중성자 반사체로서 graphite를 사용하였으며, 이는 TBR을 높이고, 중성자를 차폐하도록 이중으로 설계되었다. MACCARD를 사용한 3-D Monte Carlo 분석을 통해, HCML의 TBR 및 중성자 관련 해석을 수행하였고, 정상 운전상태에서 0.739 MW의 power를 갖도록 설계되었다. CFX-10 코드를 이용한 열수력 해석을 통해, 냉각수의 유동 경로를 최적화하고, 냉각수의 속도는 일차벽에서 45 m/sec, 증식영역에서는 8.2 m/sec가 되도록 설계하여, 일차벽의 온도가 550 °C 이상이 되지 않도록 하였다. 열수력 해석을 통해 얻어진 각 부분의 온도 분포는 ANSYS 10을 이용해 구조해석에 이용되었다. 일차벽에서 최대 von Mises equivalent stress는 123 MPa이고, 최대 변형은 3.73 mm이다. 이는 최대 허용 stress보다 낮은 값이다.