

핵융합로 플라즈마 대향부품 고열부하 시험시설 설계

김석권, 이동원, 배영덕, 홍봉근

한국원자력연구원 핵융합공학기술개발부

미래 주요 에너지원의 하나인 핵융합로의 상용화 실현을 위한 하나의 관건은 고온 고밀도 플라즈마 에 의한 고열부하를 견디는 대향부품의 설계, 제작에 있다. 아국이 개발에 참여하고 있는 국제핵융합실험로(ITER) 블랭킷과 TBM(Test Blanket Module)의 제1벽 및 divertor는 고열부하 환경에서 건전성이 확보되어야 하는 부품들이다. 이러한 부품들의 개발에 있어서 내열 특성을 검증할 수 있는 고열부하 시험이 필수적이며, 현재 이러한 시험시설은 제염설비의 기준 요건 때문에 미국(SNL), 러시아(Efremov) 및 유럽연합(FZJ)에서만 운용하고 있다. 아국이 핵융합로 상용화를 목표로 하고 있는 바, 고열부하 시험시설은 필수적으로 갖추어야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 고열부하 시험시설의 주요 성능을 결정하고, 이를 바탕으로 주요 시설에 대한 개념 설계를 수행하였다. 시험 가능한 최대 열부하를 10 GW/m^2 로 하였으며, 시설에 장착할 수 있는 표적의 최대 크기는 ITER 제1벽의 크기를 고려하여 $1 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 로 하였다. 열부하원으로는 200 kW급 전자빔을 사용할 예정이며, 빔스캐닝 방식으로 열부하를 전체 표적에 균일하게 인가할 수 있다. 주요 구성으로는 전자빔 장치, 빔 조정계통, 표적계통, 진공용기 및 진공펌프계통, 적외선 카메라 등 진단계통, 냉각계통, 제염시설이 있다. 이러한 시설의 구축에는 방사선 및 제염시설의 인허가 과정이 필요하며, 시험 결과를 해석할 수 있는 분석기술 및 know-how가 요구된다. 이와 같은 고열부하 시험시설을 구축하여 핵융합로의 플라즈마 대향부품에 대한 반복 열부하 시험, 열충격 시험 및 열전달 특성 시험 등을 수행할 수 있으며, 초고온가스로의 내열부품, 위성 발사체 및 항공기 추진체의 터빈 등의 성능 검증에 활용할 수 있을 것이다.