

밀폐용기에 설치되는 진공펌프의 운전발열량 평가

우상익, 이용섭, 김영기

¹한국원자력연구원, 냉중성자원 시설계통개발 과제

냉중성자의 안정적인 생산을 위하여 수소가스를 사용하는 냉중성자 감속재 용기는 진공 단열을 위해 진공용기 내부에 설치된다. 수소가스의 누설 가능성을 배제하기 위해 수소가스가 충전된 용기의 경계는 이중화로 설계하여 대기와 격리시키는 개념을 적용하고 있다. 진공용기와 진공펌프의 연결 플랜지는 용접부와 달리 누설률이 존재하므로 감속재 용기의 파단사고를 가정하여 진공펌프 연결 플랜지의 잠재 누설을 원천 차단하기 위해 진공펌프를 밀폐용기에 설치하는 개념을 채택하였다. 밀폐용기 내부로의 대기 유입 방지를 위해 질소를 충전한 상태에서 진공펌프를 운전한다. 원자력 분야의 특성상 3중사고 발생 시에도 안전을 보장하기 위한 설계개념이다. 진공용기의 공정 진공도 유지를 위한 진공펌프시스템의 운전조건을 해석모델로 고려하여 각 운전조건별 진공펌프의 운전발열량을 평가하였다. 해석모델은 밀폐용기가 설치되는 원자로 건물의 벽체를 단열경계로 가정하였으며, 내부 환기계통의 순환공기에 대해서는 비압축성 및 난류로 가정하였다. 진공계이지의 성능과 고진공용 플랜지의 기밀성능을 유지하기 위해 밀폐공간 내부의 온도를 40°C로 설정하였다. 해석은 유체유동 지배 방정식인 Navier-Stokes 방정식을 주어진 형상과 격자계에서 해석하는 범용 소프트웨어인 FLUENT를 사용하였다. 연속운전중 고진공펌프의 가동이 밀폐용기 내부의 폐쇄된 계에서 일어난다는 것을 고려하여 고진공펌프의 발열량을 기기의 총소요전력을 적용한 운전 조건에서 최고온도가 약 38°C 이하로 유지되는 것으로 확인하였다. 즉, 밀폐용기에 별도의 냉각설비를 설치하지 않고도 안정적인 공정진공도를 유지할 수 있음을 확인하였다.

냉중성자 진공시스템의 기계적 설계 특성

우상익, 김현일, 이용섭, 김영기

¹한국원자력연구원, 냉중성자원 시설계통개발 과제

냉중성자 진공시스템 및 진공시스템을 수용하기 위한 밀폐용기의 설계특성을 소개하고자 한다. 하나로 냉중성자원은 수소가스를 감속제로 사용하므로 감속재 용기와 진공용기 및 진공시스템을 대기와 격리하기 위해 이중화 격리구조로 설계하였다. 즉, 진공펌프를 포함한 진공계이지와 플랜지 등의 시스템이 대기와 격리된 압력용기 내부에 설치되는 개념이다. 냉중성자가 생산되고 진공펌프가 가동중인 경우에는 밀폐용기 내부에서 운전되지만, 진공펌프의 유지관리를 위해서는 가동 정지 시에 밀폐용기를 개방하여 기기의 유지관리가 가능하도록 설계해야 한다. 즉, 고진공펌프와 저진공펌프를 가동단 트레이에 탑재하고, 모든 연결부를 플랜지로 체결하여 밀폐용기 외부로의 반출이 가능하며, 필요 시에 진공펌프를 밀폐용기에서 분해하여 수리가 가능한 구조를 갖도록 설계하였다. 밀폐용기는 압력용기이므로 ASME Sec. VIII의 기준에 따라 설계 및 제작되었으며, 설계 압력은 수소가스의 폭굉압력에 여유도를 부여하여 30 bar로 설정하였다. 밀폐용기는 진공시스템 수용 공간과 유지관리를 위한 공간 및 개방 시의 조건을 고려하여 반구형 헤드를 갖는 실린더 형식으로 설계되었다. 헤드 및 실린더 구조부재에 보강판을 부착하여 설계압력 및 사용조건에 대한 구조건전성을 확보하고 있다. 또한, 밀폐용기 내부에 설치되는 자동밸브의 신호선 및 공압튜빙을 설치하기 위해 고압력용기에 사용되는 Feed Through를 사용하여 관통부의 기밀성능 및 구조적 건전성을 확보하였다.