

[I-6]

KSTAR 진공용기 및 플라즈마 대향 부품에 대한 베이킹 해석

이강희, 임기학, 허남일
기초과학지원연구소

KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) 핵융합 실험 장치의 진공용기 및 진공용기 내부의 플라즈마 대향 부품들은 초고진공 (5×10^{-9} Torr)의 달성을 위해 진공용기 내부의 이물질(H_2 , H_2O , CO , CO_2 , CH_4 등) 제거를 목적으로 SS316LN인 진공용기는 250 °C, 탄소 물질인 플라즈마 대향 부품은 350 °C 정도까지 가열(이하 베이킹)할 필요성이 있다. 이 가열방법으로 고온 질소가스를 진공용기 이중벽 사이로 흘려주는 방식과 코일에 저주파 교류전류를 흘려 진공용기를 유도가열하는 방식이 고려되고 있는데, 유도가열방식은 최대 유도 전력이 70 kW 정도로 실제 베이킹에 필요한 열량을 공급하는데 있어 적잖이 부족하며 또 국부적인 가열 특성으로 인하여 KSTAR의 베이킹 방식은 전자의 가열방식을 우선적으로 채택하고 있다.

본 논문에서는 0-차원 해석을 통하여 진공용기와 플라즈마 대향 부품들에 대한 베이킹 계획을 결정하고 이를 만족시키기 위해 투입해야 할 열량을 직선적으로 증가하는 온도 곡선에서 각 부분의 온도 상승율을 다르게 설정한 세 경우와 F-자 형태로 변화하는 온도 곡선의 경우에 대해 각각 적용하여 시간에 따른 필요열량을 비교·검토하였으며, 이를 근거로 안정적인 베이킹 계획을 선정하였고 이 베이킹 계획의 실현을 위해 투입해야 할 고온 질소가스의 유량과 목적 온도 도달 시간까지 때 시간에서의 가스 온도를 산출하였다.

토러스 형상의 토카막 진공용기와 플라즈마 대향 부품 및 다층단열재에 대한 해석 모델은 길이가 유한한 0-차원 실린더 모델로 가정하였고, 이에 대한 기하학적 성질 및 열역학적 성질은 유효계수를 고려하여 산출하였다. 진공용기 이중 벽 내부로 흐르는 질소 가스의 유량과 온도의 계산은 진공용기 내벽과 외벽을 각각 독립적인 열전달 요소로 가정하여 구성한 모델을 이용하였다. 전체 해석에서 각 열전달 요소의 비열 값은 온도에 따라 변화하는 비열의 특성을 반영하였으며, 진공용기와 플라즈마 대향 부품의 방사율(emissivity)은 앞서 가정했던 각 온도 상승 곡선에 대해서 각각 0.1, 0.2, 0.3의 경우를 가정하여 계산하였다.

직선적으로 증가하는 온도 상승 곡선 중 20°C/hr의 온도상승율을 갖는 경우가 다른 베이킹 시나리오 모델에 비해 효과적이라 생각되며 최대 필요 공급열량은 200 kW정도로 산출되었다. 실질적인 수치를 얻기 위해 보다 고차원 모델로의 해석이 필요하리라 생각된다. 끝으로 장기적인 관점에서의 KSTAR 장치의 베이킹 계획도 살펴본다.