

중·저준위 방사성폐기물 유리고화체 저장용 몰드 열적 내구성 평가

양경화, 박병철, 신상운

한국수력원자력(주) 원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

khvangbb@khnp.co.kr

중·저준위 방사성폐기물을 유리고화하여 저장하기 위해서는 유리고화체의 특성과 공정에 적절한 용기가 설계되어야 한다. 한수원에서는 울진에 건설 중인 유리화시설에 적합한 용기 설계를 위해 다양한 규격의 용기에 대해 방사선 차폐해석, 열해석 및 구조해석을 수행하여 안전성을 분석한 바 있다. 그 결과, 울진 유리화시설의 경우에는 이중 용기(몰드, DOT-17H 드럼)가 적정하며 고준위 유리고화체 저장용기(두께 5mm 이상, 스테인레스 304L 재질)보다 규격이 크게 완화되어도 될 것으로 판단되었다.

이에 따라 표 1의 규격으로 몰드를 제작하여 대전 유리화 실증시설에서 열적 내구성을 시험하였다. 유리는 유도가열식 저온로에 연속적으로 투입하여 1100℃에서 용융시켰으며, 약 10시간 동안 10회에 걸쳐 420kg의 유리를 몰드로 배출하였다.

표 1. 중·저준위 유리고화체용 몰드의 제작 사양

용량	높이	내경	두께	재질
190L	796mm	557mm	2mm	카본스틸

매 회 유리 배출시마다 용융유리는 몰드 내부에 수평으로 퍼져서 몰드의 중앙 부위와 벽면 부위의 수위는 거의 차이가 없었다. 또한, 유리가 배출될 때 몰드 외벽이 충전 높이까지 붉게 달구어지는 현상이 나타나 육안으로 몰드 내 유리 높이를 확인할 수 있었다. 냉각 후 몰드의 외벽은 유리가 배출되었던 주기에 따라 검은 띠모양으로 변색되었다.

몰드의 변형 여부를 확인하기 위하여 시험 전후에 몰드 4면에서의 높이, 높이별로 6군데에서의 지름, 바닥면 9군데에서의 함몰 깊이를 측정하여 비교하였다. 그 결과, 몰드의 높이 및 지름은 거의 변형이 없는 반면, 바닥면은 중앙 부분이 5.89mm 돌출되고 가장자리는 0.72~3.50mm 정도 함몰된 것으로 나타났다.

몰드의 바닥면은 크게 부식되어 그림 1에 보이는 것처럼 꺾질 형태로 벗겨졌으며, 몰드가 놓인 위치에도 부식된 조각들이 떨어져 있었다. 이는 고온의 유리가 몰드 바닥면에 가장 오래 접촉하고 벽면에 비해 쉽게 냉각되기 어렵기 때문에 재질이 고온에서 산화되었기 때문인 것으로 추정된다.

결론적으로 몰드는 벽면에 비해 바닥면이 열적으로 취약하여 두께나 재질을 보강할 필요가 있는 것으로 판단된다. 향후에는 규격변화에 따른 열충격을 계산하는 등의 방법으로 몰드의 규격을 보완하여 재시험할 예정이다.

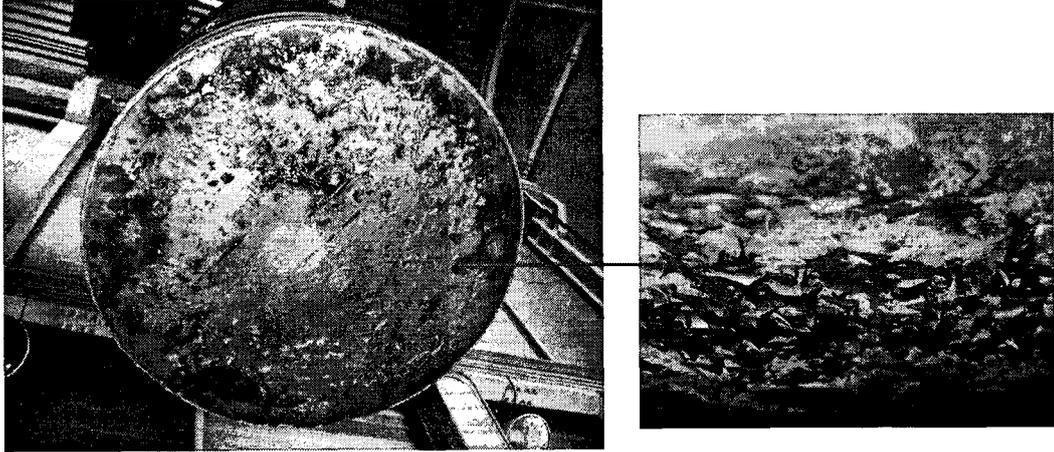


그림 1. 용융유리 충전 후 몰드 바닥면 상태