

금속재질 고온필터 여재의 표면층 생성 및 분진여과특성 평가

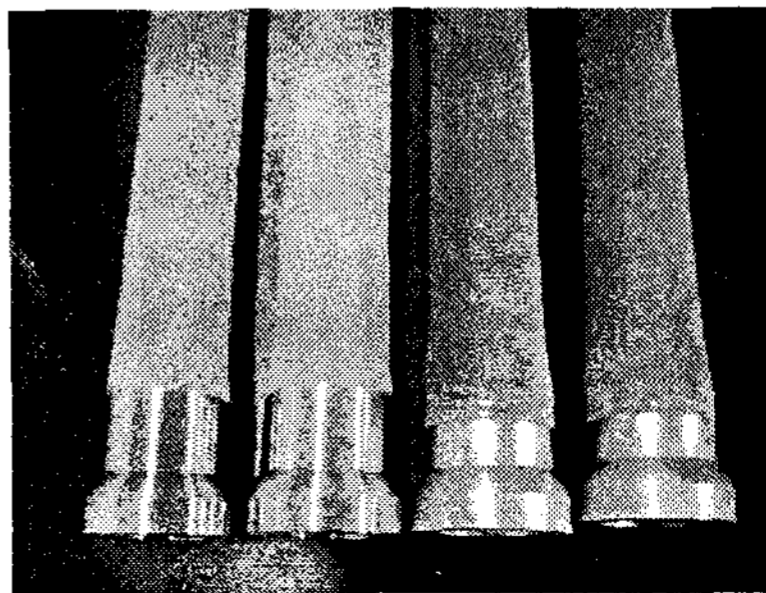
황태원, 조강욱, 박승철

한국수력원자력(주), 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

twhwang@khnp.co.kr

중·저준위 방사성폐기물 유리화 공정 고온필터시스템에서 적용한 필터여재(filter element)는 금속 재질로서 약 2mm 두께의 지지층 외부에 약 200 μ 두께의 표면층(skin layer)이 코팅되어 있는 캔들형(candle type) 구조로 되어있다. 이 금속필터 여재는 mulite 및, SiC 재질에 비해 두께가 현저히 얇기 때문에 필터시스템의 배기체 유량에 의한 압력손실(pressure loss)이 상대적으로 작고, 열충격 및 기계적 충격에도 안정성이 높다. 고온필터시스템 운영에 있어서 특히 중요한 것은 필터 표면에 누적되는 분진층을 주기적으로 제거하여 필터시스템의 차압을 전체 유리화시스템이 허용하는 수준 이내로 관리하는 것이다. 이를 위해서는 실질적 여과성능을 지배하는 필터 표면층의 기공에 고착성 침적물이 누적되지 않도록 필터를 운영하는 것이 필요하다. 특히 방사성폐기물을 투입하기 전에 유리용탕 형성시 휘발되는 유리가 필터 기공에 침적되어 필터 수명이 단축되는 영향을 최소화 하는 것이 중요하다. 유리화실증시설에서는 유리용융로에서 휘발되는 유리가 금속필터 표면층의 기공에 미치는 영향을 평가하기 위해 기존의 표면층이 있는 필터여재의 일부를 표면층이 없는 금속필터 여재로 교체하여 시험을 수행하고 있으며, 본 논문에서는 시험의 중간 결과를 체크하기 위해 표면층 유무별로 대표가 되는 필터여재를 꺼내어 필터 표면층의 기공에 대한 미세분석을 통해 특히 필터시스템의 압력손실에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

중·저준위 방사성폐기물 유리화실증시설의 고온필터시스템은 총 19개의 필터여재를 장착할 수 있다. 시험 중 개별 필터여재는 주기적으로 약 6bar 이내의 압축공기로 역세정을 수행하였다. 그동안 시험한 금속 필터여재는 총 3종류로 SUS 304, SUS 316L, INCONEL 600 등이었으며, 이들은 모두 캔들형으로 직경이 부위에 따라서 50/54/60.5mm이고 길이는 1,183mm, 그리고 무게는 각각 약 3.5kg이었다. 이번 시험에서는 금속재질별로 필터에 표면층이 있는 그룹인 SIKA-R AS 모델의 여재 및 표면코팅이 없는 여재인 SIKA-R IS 모델을 각각 시험에 사용하였다. Fig. 1(a)는 유리화실증시설 고온필터시스템의 하우징 내부에 금속필터 여재가 장착되어 있는 모습이다. Fig. 1(b)는 캔들형 금속필터 여재의 모습으로 4개 중 왼쪽 2개(밝은 색)는 표면층이 없고, 오른쪽 2개(어두운 색)는 표면층이 있는 것이다.



(a) Tube Sheet 필터여재가 장착된 모습

(b) 캔들형 금속필터 여재

Fig. 1. 유리화실증시설 고온필터 시스템 및 금속필터 여재의 모습

유리화시험시 고온필터 시스템의 특성시험을 위해서 원전에서 발생되는 여러 종류의 잡고체 및 폐수지를 실제 원전에서의 발생비로 혼합한 모의폐기물을 유리용탕 상부에 약 20kg/h 속도로 투입하여 배기체를 발생시켰다. 이 경우 배기체 유량은 약 130Nm³/h, 필터하우징에서의 배기체 온도는 약 300℃, 배기체 여과속도는 0.5~1m/min, 분진부하(dust load)는 약 1g/Nm³ 정도였다. 기존의 표면층이 있는 필터여재와 별도로 표면코팅이 없는 새 필터여재를 사용하여 지금까지 총 2회의 시험을 수행하였으며, 순수하게 필터여재가 배기체에 노출된 시간을 기준으로 할 경우 총 54시간 동안 수행하였다. 시험 중 필터의 역세정은 펄스 압력은 6bar, 펄스 간격은 약 5sec로 설정하였다. 시험 중에는 배기체 노출시간이 누적됨에 따라 배기체유량과 차압간의 변화를 주로 관찰하였으며, Fig.2에 수행한 2건의 시험 중 1건에 대한 [배기체노출시간 vs 차압] 데이터이다.

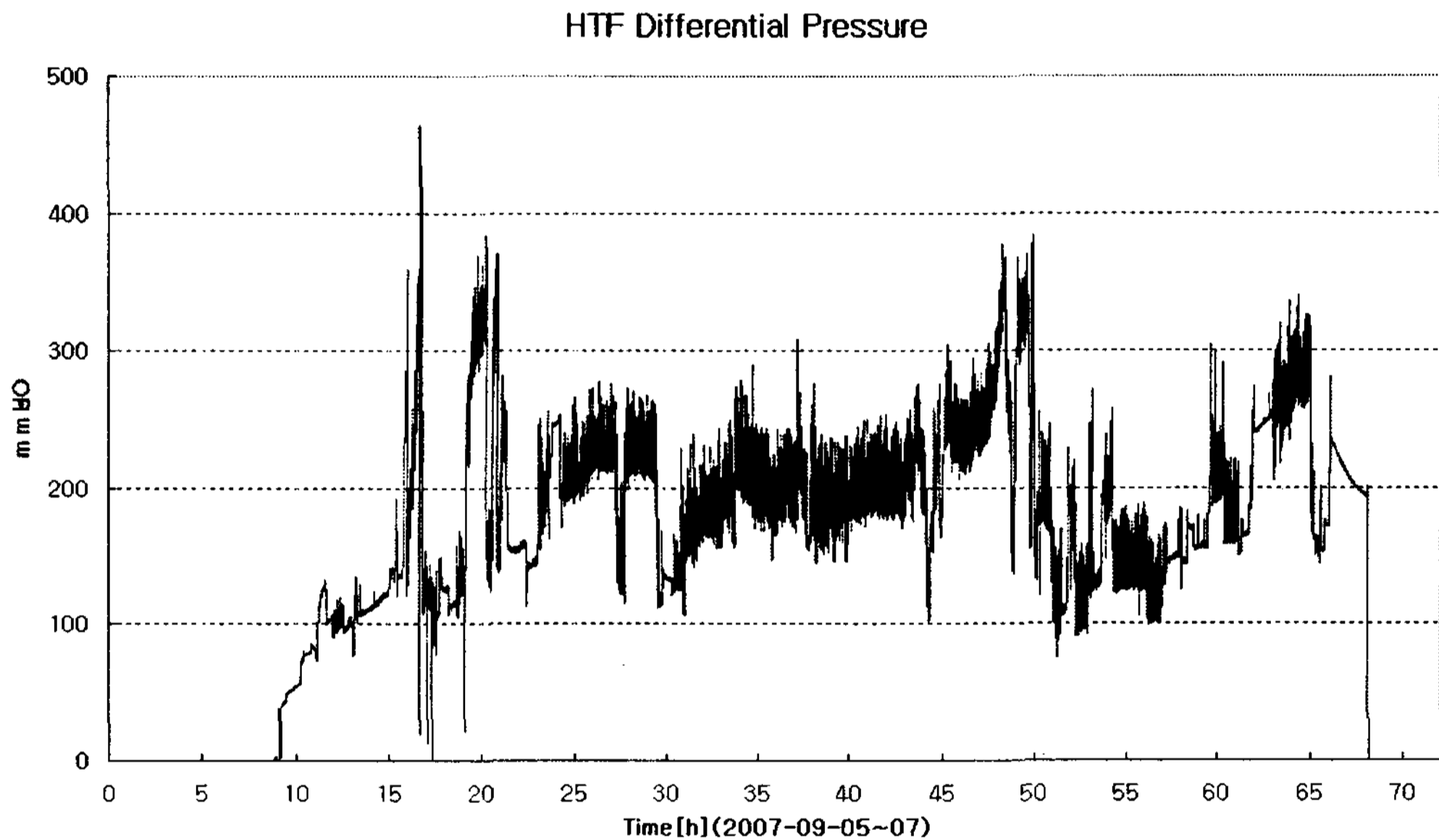


Fig 2. 금속 고온필터 시스템의 누적사용시간에 따른 압력손실

위 시험결과 금속필터 시스템의 차압은 시스템이 정상적인 경우 대체적으로 약 150~300 mmH₂O 범위로서 유리화시스템 전체에서 허용될 수 있는 차압에서 잘 운영되었으며, 주기적인 역세정에 의한 분진제거도 효율적으로 이루어 졌다. 표면층이 없는 금속필터를 적용하여 시험한 결과 필터 시스템 운영에는 특별한 문제점이 발견되지 않았다.

금속필터 여재의 표면층 유무에 따른 여과특성 시험은 계속 수행 예정이다. 향후 시험이 종료되면 표면층이 있는 SIKA R AS 모델 필터여재의 경우 휘발유리가 표면층의 기공에 주는 영향에 대해 분석을 수행하고, 표면층이 없는 SIKA R IS 모델 필터여재의 경우 휘발유리에 의한 표면층 형성 여부를 분석할 예정이다. 그리고 종합적으로 표면층이 없는 금속 필터여재의 사용가능성이 평가될 수 있을 것으로 판단되며, 현재 2회의 시험이 수행된 상태에서 중간 시험결과를 평가하기 위해 인출한 SIKA R AS 모델 및 SIKA R IS 모델에 대해 각각 미세조직의 분석을 수행 중이다. 상세 내용은 학회 발표시에 보고할 수 있을 것으로 판단된다.