

## 유리화 실증시험을 통한 Pt·Ir 열전대보호관 내구성 평가

신상운, 양경화, 박병철

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1 번지

[swshin@khnp.co.kr](mailto:swshin@khnp.co.kr)

울진 유리화설비에서 생산될 유리고화체 품질은 중·저준위 방사성폐기물을 연소시켜 수용하는 유리용탕의 점도에 영향을 받기 때문에 유리용탕의 온도 측정 및 제어는 설비 운전에서 핵심적인 요소이며, 그로 인해 부식성이 강한 고온(1,100℃ 이상)의 유리용탕에서 장시간 견딜 수 있는 재료의 열전대보호관을 설계·제작하는 문제는 유리화설비 이용율과도 직결된다고 할 수 있다.

이에 따라 원자력발전기술원에서는 고온의 산화 분위기에서도 내식성이 매우 뛰어난 것으로 알려진 백금과 이리듐 시편을 저온용융로(CCM : Cold Crucible Melter) 바닥에 설치하여 유리용탕에 노출시키는 실증시험을 통하여 백금과 이리듐 열전대보호관의 내구성을 평가하였다.

### 시험 방법 및 시험 결과

유리화 실증시험을 통해 백금과 이리듐 열전대보호관의 내구성을 평가하기 위해 130mm×15mm×1.6mm의 백금과 이리듐 시편 각 1개와 이를 CCM 바닥에 고정할 수 있는 지지대 2개를 제작하였다. 제작된 백금과 이리듐 시편은 CCM 중심으로부터 150mm 이격된 위치에 시편의 상부 110mm가 고온의 부식성이 강한 유리용탕에 직접 노출될 수 있도록 설치하였다.

백금과 이리듐 시편 부근에 설치된 버블러(Bubbler)의 산소 분사방향을 각 시편들과 직각이 되도록 조정하고, 외경이 380mm인 티타늄(Ti) 고리를 사용함으로써 초기 유리용탕 형성 단계에서 각 시편들이 티타늄 고리에서 발생하는 아크(Arc)열에 의해 직접 산화되는 것을 최대한 방지될 수 있도록 하였다. 또한, 유리용탕의 온도를 실시간으로 측정할 수 있도록 인코넬 601 열전대보호관의 끝단이 CCM 바닥으로부터 각각 80mm(TC-1, TC-3), 45mm(TC-2)가 되도록 설치하였다(그림 1. 참조).

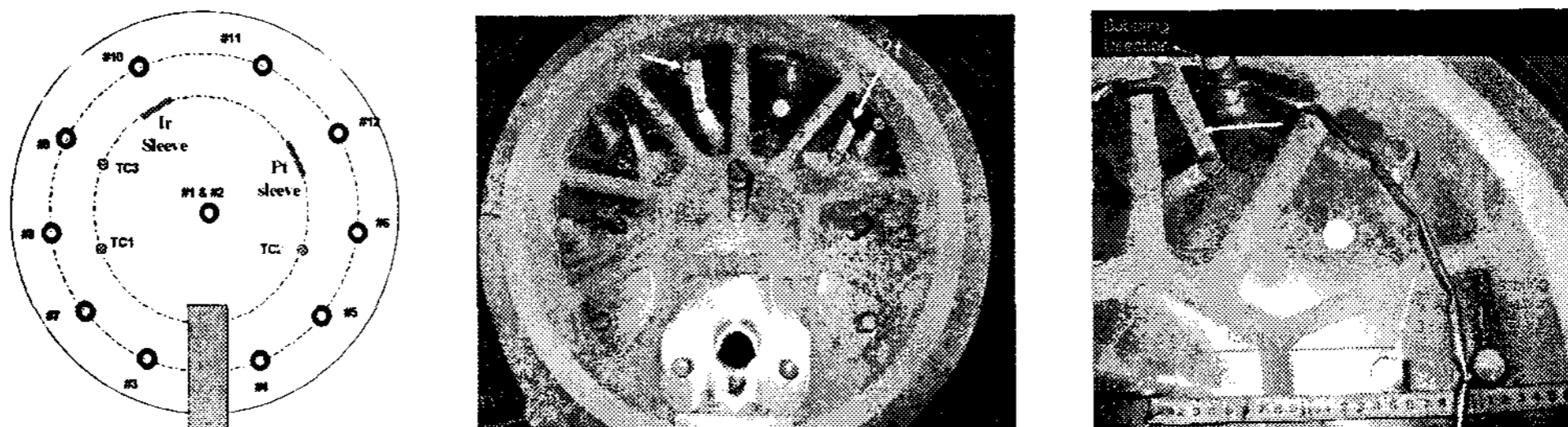


그림 1. 백금·이리듐 시편 설치 위치 및 사진

본 실증시험은 초기 유리용탕 형성, W1 폐기물 및 분진슬러리 혼합 투입, 용융유리 배출 및 재용융을 통한 유리용탕 형성 등 유리화설비의 모든 운전모드에서 유리용탕에 노출되는 열전대보호관과 동일한 조건하에서 백금과 이리듐 시편의 내구성이 평가될 수 있도록 1단계와 2단계로 나누어 실시하였다.

폐기물(W1 폐기물: 18kg/h + 분진슬러리 : 6ℓ/h) 투입 및 유리 배출은 각 시험 단계별로 7 사이클(Cycle) 씩 총 14사이클(Cycle)을 수행하였으며, 그 과정에서 고주파발생기의 출력을 조정하여 폐기물 투입 및 유리 배출 조건에 적합하도록 유리용탕의 온도를 조절하였다. 매 사이클마다 6시

간 동안의 폐기물 연속 투입, 1시간 동안의 잔여물 연소(EOC : End of Combustion) 및 유리용탕 혼합 과정을 거쳐 12kg의 용융유리를 배출하였는데, 폐기물 연속 투입 중에는 60%(40.3Nm<sup>3</sup>/h)의 과잉 산소를 12개의 버블러와 6개의 산소공급관(Injector)을 통해 CCM 내부로 공급함으로써 폐기물의 완전 연소 및 잔류 금속의 산화를 촉진하였다. 1단계와 2단계 실증시험 동안에 실시간 측정된 유리용탕의 온도 변화는 그림 2와 같다.

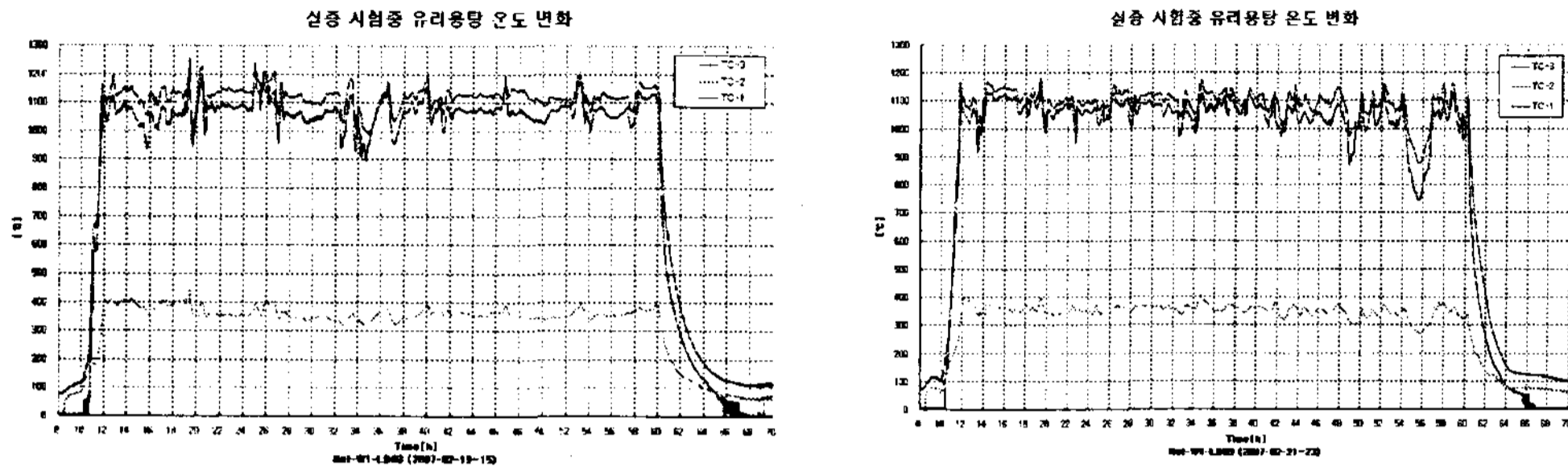


그림 2. 실증 시험중 유리용탕 온도 변화

CCM을 분해한 다음 설치된 시편들을 육안 관찰한 결과, 백금 시편은 유리용탕에 노출된 110mm 가운데 20mm 정도를 남기고 모두 소실되었다. 이리듐 시편은 거의 소실되지 않고 원상태를 유지한 것처럼 관찰되었으나(그림 3. 참조), 이리듐 시편과 접촉 상태로 냉각된 유리고화체를 채취하여 분석한 결과, 제한적으로 이리듐 시편이 AG8W1 용융유리와 산화반응을 일으킨 것으로 나타났다.

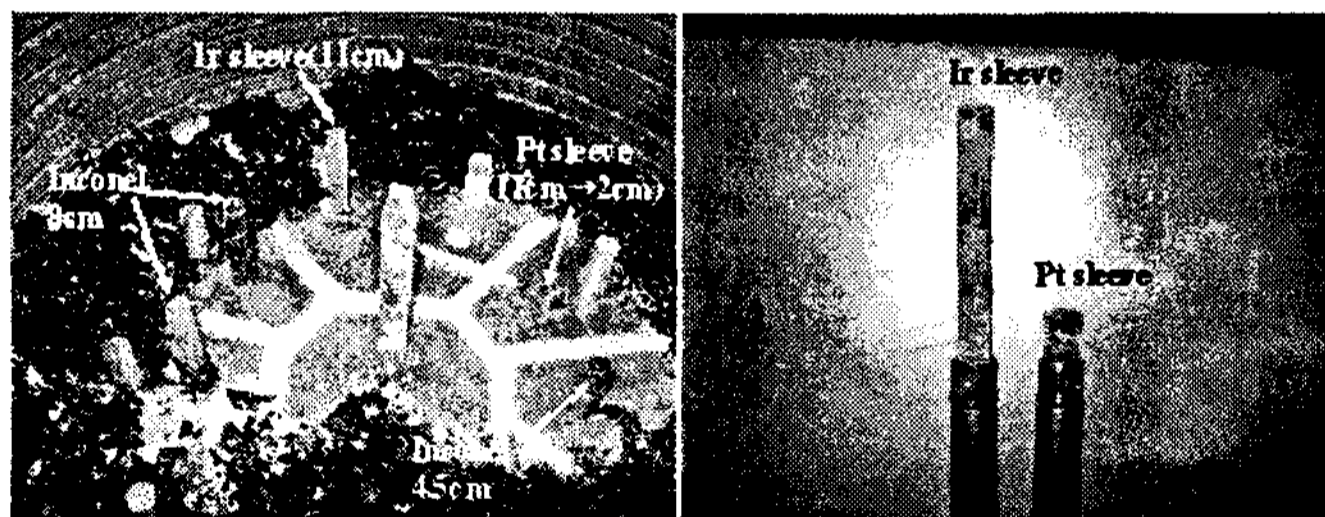


그림 3. 실증시험 종료 후 백금 및 이리듐 시편 사진

### 결론 및 향후 계획

비록 백금 열전대보호관은 고준위 방사성폐기물 유리화 용융로내에서는 그 내구성이 뛰어난 것으로 알려졌으나, 본 실증시험을 통하여 W1 폐기물 유리화 용융로의 열전대보호관으로는 부적합한 것으로 판명되었다. 또한 이리듐 열전대보호관은 본 실증시험을 통하여 그 내구성이 어느 정도 입증되었다고는 할 수 있으나, 그 가격이 매우 고가(高價)인 점을 고려할 때 그 수명을 정확하게 예측해야 할 필요성이 있다. 따라서 울진 유리화설비 시운전 과정에서 이리듐 열전대보호관과 인코넬 690 열전대보호관에 대한 추가적인 내구성 평가를 수행한 다음, 울진 유리화설비 CCM의 상업운전에 적용할 열전대보호관 재질을 최종 선정할 예정이다.