

방사성금속폐기물의 비전도막 제거를 위한 전해제염 전처리 방안도출

안정석, 김영주, 임광진, 박홍준

(주)하나원자력, 경기도 수원시 영통구 영통동 980-3 디지털엠패이어 B동 905호

nirvanabuda77@hotmail.com

1. 서론

현재 국내 원전에서 발생되는 방사성금속폐기물 중 상당량은 표면이 방사성물질로 오염된 것으로, 적절한 방법으로 제염을 수행할 경우 방사능준위를 무시할 수 있을 정도로 낮추는 것이 가능한 것으로 알려져 있다.

표면제염기술은 크게 화학제염, 물리제염, 전기화학제염으로 구분할 수 있으며, 이중 전기화학제염(전해제염)은 짧은 시간내에 무구속방출준위(Unrestricted Release) 이하까지 준위를 낮추는데 효과적인 방법이다. 그러나 전기화학제염(전해제염) 시 페인트와 같은 비전도성물질이 금속표면에 도포되어있는 경우, 효과적인 제염을 기대할 수 없기 때문에 비전도성물질을 제거하는 전처리 공정이 요구된다.

본 연구에서는 방사성 금속폐기물의 표면에 도포된 비전도성 페인트를 제거하기 위하여 메틸렌클로라이드(Methylene Chloride, MC)를 이용하였으며, MC와 페인트혼합물에서 페인트만을 제거하고 MC는 회수하여 재사용함으로써 2차폐기물의 발생을 억제하는 방안을 제안하고자 한다.

2. 실험 및 결과

페인트가 도포된 방사성금속폐기물의 경우, 페인트만을 제거함으로써 전해제염을 효과적으로 수행할 수 있을 뿐만 아니라 초기제염의 효과 또한 얻을 수 있다. 페인트의 제거제는 여러 종류가 있지만, 이 중 MC의 경우, 비점이 40℃(at 1 atm)로 비교적 낮아 비점에서의 증발잠열(Latent Heat of Vaporization)이 330 kJ/kg으로 회수가 용이한 반면에, 인체에 유해성이 있어 환기시설을 갖춘 밀폐공간에서 취급하여야 한다. 이러한 페인트 제거공정의 설계를 위하여 아래의 내용과 같이 실험을 수행하여 MC의 페인트제거 특성과 회수공정의 설계인자를 도출하고자 하였다.

Hot-test를 수행하기 이전에 에폭시페인트로 도포된 임의의 Carbon Steel 시편을 MC용액에 10분간 완전히 침수시킨 뒤, 페인트가 박리된 MC 혼합액을 균질한 상태에서 2 ℓ 채취하고 50 ℃, 700 mbar(Condenser 온도: 20℃ Max.)의 조건에서 Rotary Evaporator를 이용하여 감압증류를 수행하였다.

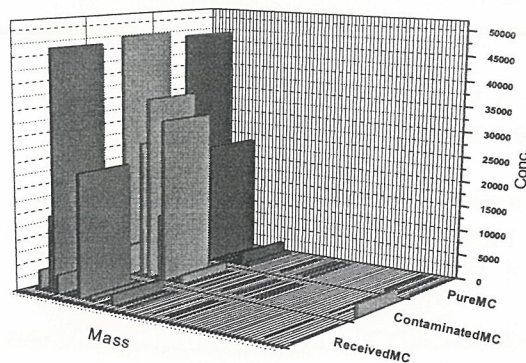


Fig 1. Contents of metal ion in solvents.; ICP-MS

페인트와 MC의 혼합액, 순수 MC, 회수된 MC를 대상으로 질량분석법을 이용하여 금속이온의 경향을 조사한 결과, fig 1에서와 같이 혼합액에서는 페인트/기질금속의 성분이 검출되었으며, 회수

된 MC에서는 페인트/기질금속의 성분이 검출되지 않았다. 또한 순수 MC와 회수된 MC의 성분에도 차이가 없음을 확인하였다.

위의 기초 실험결과를 바탕으로 울진원자력발전소의 협조를 받아 방사능오염시편을 대상으로 hot-test를 수행하였다. 울진원자력발전소에서 저장중인 페인트가 도포된 방사성금속폐기물을 대상으로 MC를 이용하여 페인트를 금속표면에서 이탈시킨 뒤, 물리적인방법으로 제거하였다. 기초실험의 경우와 동일한 방법으로 샘플을 취하여 감압증류를 수행하고 3가지의 용매 샘플과 전처리 전후의 금속시편의 핵종분석 및 방사능량을 측정하였다. 전처리 전 최고 1,154 Bq을 갖던 금속시편은 fig 2에서와 같이 전처리 후 17 Bq까지 감소하여 페인트가 도포된 방사성금속폐기물의 제염 효과를 확인할 수 있었다. MCA 검출한계이하 까지 제염되지 않은 이유는 여러 가지가 있겠으나, 물리적으로 페인트를 제거할 시 발생하는 미세한 Crack 또는 Scratch에 숨어있는 핵종에 인한 이유라 판단된다.

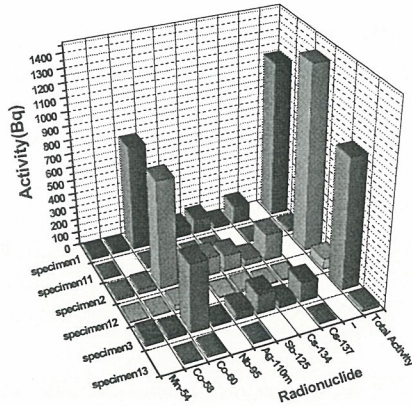


Fig 2. Activity of specimens.

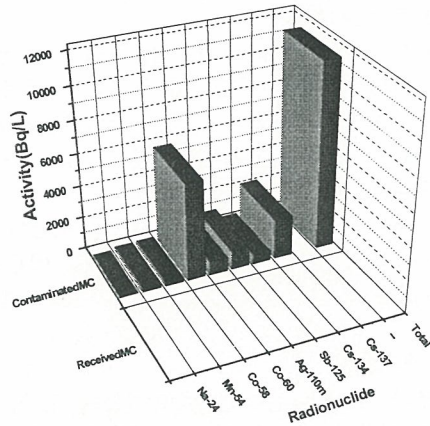


Fig 3. Activity of solvents.

또한 박리된 페인트가 포함된 혼합액의 경우, Co-60 등 8가지의 핵종이 검출되었으며 11,406 Bq/L의 Activity를 나타내었다. 전처리 전 금속시편에서 검출된 핵종이 혼합액에서 역시 검출되었으며, 방사능농도 또한 유사한 거동을 보여 전처리를 통한 제염효과를 확인할 수 있었다. 상기의 혼합액을 대상으로 감압상태에서 증류공정을 통해 회수된 MC의 경우, fig 3에서와 같이 방사성 핵종이 검출되지 않음을 확인하였다. 이는 방사성 핵종이 포함되어 있는 조건에서 별도의 필터 또는 분류장치 없이 증류와 응축의 분리조작만으로 MC만을 회수할 수 있고, 전처리 공정 중 2차폐기물이 발생하지 않는 하나의 근거가 된다.

3. 결론

본 연구에서는 페인트가 도포된 방사성금속폐기물에 대하여 MC를 이용하여 페인트를 제거하는 전처리 방안에 대하여 기술하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 방사성금속폐기물의 표면에 도포된 페인트를 선택적으로 제거 가능
2. 페인트제거에 사용된 MC는 감압증발/응축 과정을 거쳐 전량 회수 가능
3. 전처리 중 2차폐기물이 발생되지 않음

본 연구결과는 (주)하나원자력의 특허로서 등록되어 있으며, 방사성금속폐기물을 제염하는 일괄(Once-Through)제염시스템의 전처리공정으로 사용 중에 있다.

사 사

본 연구는 지식경제부의 전력산업연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다. 본 연구에 협조와 수고를 아끼지 않으신 울진원자력본부 관계자 분들께 감사드립니다.