

방사성 금속 폐기물 제염방법 고찰

김대환, 김병태, 홍지식, 임유경

선광원자력안전(주) 부설연구소, 대전광역시 서구 둔산동 1094 스카이빌 202호

kdhdd@hanmail.net

1. 서론

원자력은 세계적으로 매장량이 한정되어 있으며, 또한 지구 온난화를 일으키는 화석연료의 대체 에너지로서 높은 에너지 효율과 청정에너지로서 각광을 받고 있다. 그러나 원자력시설 등에서 필연적으로 발생하는 방사선과 방사성 폐기물이 환경에 미치는 영향 때문에 그 활용성이 극대화 되지 못하고 있는 실정이다.

원자력 이용시설의 운영 또는 해체 시에 발생하는 고체 방사성 폐기물은 크게 가연성과 비가연성으로 구분할 수 있으며, 또한 비가연성 고체 방사성 폐기물은 다시 금속성 폐기물과 비금속성 폐기물로 구분하여 처리하고 있다. 이에 원자력 이용시설에서 발생하는 금속성 방사성 폐기물이 이미 상당한 양에 이르고 그 처리에 있어 재활용 또는 감용을 하기위해 많은 제염방법이 연구되고 있는 실정이다.

원자력시설에서 발생하는 금속성 폐기물의 재질은 주철을 포함한 철재, SUS, 알루미늄, 인코넬 합금 등이다.

방사성 금속 폐기물 제염에 있어 항상 간과해선 안되는 부분은 제염대상물의 종류, 형상, 크기, 기하학적 인자, 오염의 특성 및 분포 등을 염두에 두고 제염방법을 결정해야 하며, 제염 후 2차 폐기물의 발생량도 고려해야 한다.

이에 본 연구에서는 방사성 금속 폐기물의 표면 제염기술의 종류와 특성을 고찰 하였다.

2. 방사성 금속 폐기물 제염

가. 오염 형태

금속 방사성 폐기물의 오염형태를 살펴보면 그림에 나타난 바와 같이 금속 표면에 부착이 나 집적오염, 내부 성장 부식산화막 중의 오염 및 모재 침투성(고착성)오염으로 분류할 수 있다.

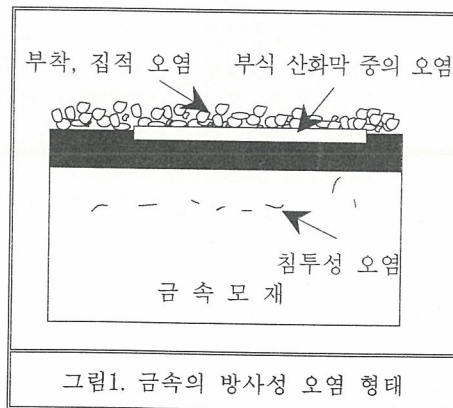


그림1. 금속의 방사성 오염 형태

나. 금속 방사성 폐기물 제염방법

금속 방사성 폐기물의 제염방법은 그 종류와 방사성 핵종 및 오염의 형태가 다양하여 여러 가지 제염 방법들이 국내외에서 연구되어 왔다.

현재 방사능에 오염된 금속폐기물 제염방법에는 크게 물리적 방법과 화학적 방법으로 나눌 수 있다. 물리적 방법으로 Brush제염, 초음파제염, 고압수제염, 진동제염, 플라즈마제염, Shot Blast제염 등이 있으며, 화학적인 방법으로는 화학제염 및 전해제염이 있다.

1) 고압살수제염

고압살수에 의해 오염된 금속폐기물의 표면을 씻어 냄.

2) 초음파제염

초음파를 이용하여 오염물질을 세척하는 방법은 세정공정분야에서 광범위하게 연구되어져 왔으며, 주요 장점으로서는 고품질 세정이 가능하고 수동작업을 대체할 수 있으며, 유해 용매의 제거가 가능하다. 초음파 제염공정에 있어서 표면 오염막의 파괴에는 Cavitation이 중요한 것으로 알려져 있는데, Cavitation 기포가 매질을 때림에 의해 발생하는 충격파가 오염표면의 막에 미세 충돌하게 되며 그 결과로 오염막이 파괴된다.

3) 초임계 이산화탄소를 이용한 제염

방사성 오염물질은 금속염, 금속수화물, 금속산화물 등의 형태가 대부분인데 이러한 금속 방사성폐기물의 제염방법으로 오래전부터 용매추출법이 잘 알려져 있다. 그러나 사용되는 대부분의 용매들이 환경규제물질이므로 대체용매의 개발이 절실하며, 이산화탄소는 다른 용매에 비해 낮고 안전한 임계조건으로 쉽게 적용할 수 있으며, 초임계 영역에서는 액체의 높은 용매특성과 기체의 침투특성을 동시에 갖기 때문에 탁월한 추출효과를 갖는다. 이산화탄소는 무극성이므로 기름과 같은 오염물에 탁월한 효과를 보인다. 그러나 극성물질이나 금속물질에 대한 용해도는 극히 제한적이다.

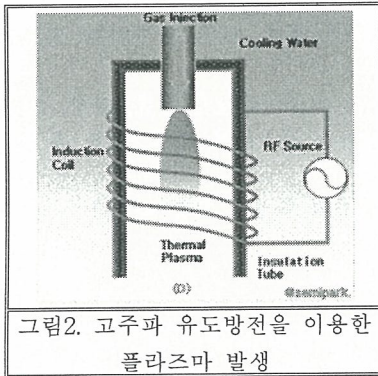


그림2. 고주파 유도방전을 이용한 플라즈마 발생

4) 플라즈마를 이용한 제염

플라즈마를 이용한 제염기술은 표면 오염 핵종과 반응하여 휘발성 화합물을 생성시킬 수 있는 반응성이 높은 플라즈마를 발생시켜 방사성 오염 핵종을 선택적으로 기화시켜 제거하는 건식 공정으로 습식에 비해 2차 폐기물의 양이 적고 공정을 단순화 할 수 있는 장점이 있으며 현재 실용화를 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

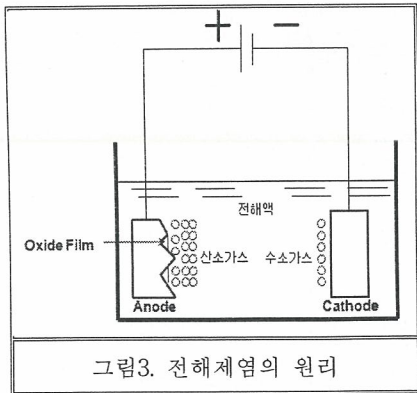


그림3. 전해제염의 원리

5) 전해제염

전해제염은 전기분해 원리를 이용하여 금속표면에 존재하는 부식산화막층이나 기질금속의 얇은 표면층을 전해질 용액 속으로 양극 산화반응에 의해 용출시켜 제거함으로써 방사성 오염을 제거하는 제염기술로 짧은 시간에 자연방사선 준위까지 낮추는 높은 제염계수를 얻을 수 있다. 또한, 국내 특허에 가장 많이 등록된 제염기술이다.

3. 결론

위에서 열거한 제염기술 이외에 아크로 등을 이용하여 금속 방사성 폐기물의 표면을 용융시키는 용융제염, 자기장을 이용한 제염, Shot Blast 제염 등 많은 다양한 제염방법이 있으며, 또한 오염된 금속의 종류, 형상, 오염핵종 등에 따라 한 가지 또는 두가지이상의 제염방법을 조합하여 사용하기도 한다.