

새로운 방사능 제염기술

— 건식제염기술과 습식제염기술 —

머리말

현재, 일본에서는 일본원자력발전(주)의 가스 냉각형원자로(토카이발전소1호로)등을 비롯하여, 대형원자력시설의 폐지조치계획이 많다. 시설의 폐지조치 추진에 있어서 폐기물의 저감, 자원의 재이용등, 시설을 어떻게 안전적으로 경제적으로 해체철거할 것인가의 키포인트기술은 「제염」에 있다. 일본의 (주)화학연구소에서는, 앞으로 증대하는 폐지조치나 시설의 운용중에 적용하기 위하여 여러 가지의 제염기술을 개발하고 있다. 그중에서, 실용적이고 제염기술 이외에도 응용성이 있는 세가지 종류의 새로운 기술에 대하여 소개한다.

1. 기상 가스화 제염기술

기상가스화제염기술은, 오염물표면의 방사성핵종을 기상화학반응으로 휘발성화합물로

변환시켜, 기체로서 오염물에서 제거하는 건식 방법이다.

이 기술은 (주)화연(化研)이 처음으로 개발에 성공한 것이며, 오염물 표면의 방사성핵종을 휘발성의 carbonyl 화합물 및 불소화합물로 변환시키는 것을 기본원리로 하고 있다(그림 1). 실용적인 방법으로 반응성플라즈마 처리법과 반응성 가스처리법이 있지만, 어느것이나 실

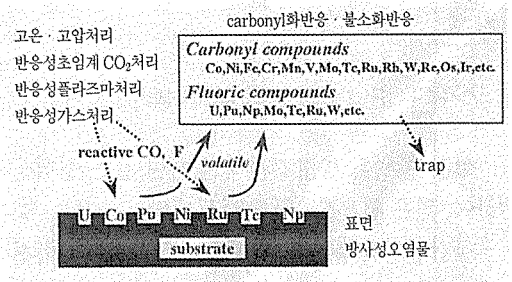


그림 1 기상가스화제염법의 원리

온·감압·단시간 처리로 높은 제염효율을 얻을 수 있다.

반응성플라즈마처리법은, 많은 CP(부식생성물), FP(핵분열생성물), TRU(초우라늄원소) 핵종에 대하여 적용이 가능하다. 무해인 불소화합물 가스를 감압상태에서 사용하고, 휘발한 방사성물질에 대해서는 안정한 화합물상태로 되기 때문에, 배관이나 설비표면에 다시 붙지 않는다. 그리고 방사성 휘발성화합물을 고체흡착제 등을 사용하여 완전히 trap할 수 있기 때문에, 제염처리에서 휘발방사성핵종의 포집·농축을 일련의 드라이프로세스로 할 수 있다. 이 방법은 안전성, 작업효율, 2차폐기물 및 경제성 등에서 이점이 많은 새로운 제염기술인 것이다.

반응성가스처리법은, 높은 불소화능력을 가진 가스(예 : ClF_3 , BrF_5 , IF_7 등)를, 우라늄 오염물에 폭로처리하여 우라늄을 휘발성의 6불화우라늄 UF_6 로 변환시켜, 기체로서 제염한다. 이 방법은 상온, 감압상태에서도 충분한 제염효율을 얻을 수 있기 때문에, 예를들면 우라늄이나 플루토늄으로 오염된 글러브박스 내부, 또는

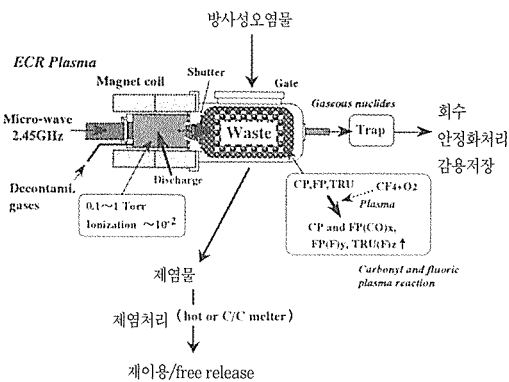


그림2 실용적 플라즈마제염설비와 처리공정

^{235}U 농축용 원심분리기의 내부 등을, 외부에서 제염가스를 불어넣기만 해도 제염가능하다.

이 가스화제염기술은, 해체전의 1차제염법으로서 특히 이용가치가 있다고 본다. 그림 2에 반응성플라즈마처리법의 실용적인 제염설비와 처리공정을 나타낸다. 또한, 폐지조치 계획인 핵연료사이클개발기구의 농축기 경우가, 무해의 불소계가스를 플라즈마로 여기시켜 도입하는 방법이라면 독성이 높은 ClF_3 , BrF_5 , IF_7 등을 사용하지 않고, 비해체상태로 안전적으로 효율적으로 건식 1차제염이 가능하다.

2. 서스펜션 유동전해연마제염기술

다음에 소개하는 제염기술은 습식전해연마법이다. 종래의 전해연마법과는 달라서, 그라파이트 등의 하전체입자를 전하캐리어로서 사용하기 때문에, 전해연마해야 할 재료에 직접 통전(通電)하는 일 없는 새로운 전해연마법이다.

지금까지의 전해연마처리는, 연마대상물과 대향하는 전극을 전해질 용액속에서 통전하여 전기화학적 etching하는 방법이기 때문에, 깎여진

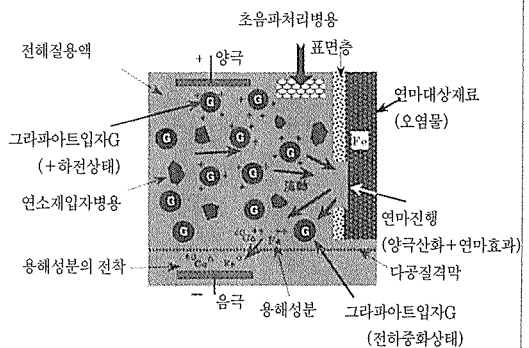


그림3 서스펜션유동전해연마제염법의 원리

배관내부나 복잡한 표면을 균질하게 연마한다는 것은 어려웠다. 서스펜션(suspension, 현탁)유동전해연마제염기술은, 종래의 전해연마법과는 원리가 다르고 연마 대상물에 직접 통전하지 않는 방법인 것이다. 플러스 전극에서 +로 대전된 그라파이트 입자가 액체의 유동에 따라 연마대상물에 접촉하면, 그 부분의 플러스 전극 산화반응이 일어난다. 그 원리를 그림 3에 나타내었지만, 현상은 전해연마 그대로이다.

⁶⁰Co으로 심하게 오염된(약 100Bq/g레벨) 원자력발전소의 열교환기로서, 고온에서 장기간사용되어 표면에 강고(強固)한 마그네타이트산화층이 존재하는 탄소강재료를, 이 방법으로 처리한 결과, 잔류방사능 0.02~0.03Bq/g [제염효율(DF) 3,000~5,000이상]이하 (clearance level이하)의 완전한 비방사성물질로써 취급할 수 있는 레벨까지 제염되었다.

이 새로운 방식의 전해연마처리는, 절단오염물을 전해조에 투입하는 것만으로도 철저하게 제염이 가능하고, 재료표면형상에 맞춘 대향전극이 불필요하고, 복잡한 표면형상의 오염물질

지라도 균질한 플러스전극산화연마(제염)가 가능하며, 2차폐기물이 적다는 특징 등을 가지고 있다. 통상적인 방법으로는 제염이 곤란한 오염물(예를 들면 표면이 강고한 마그네타이트와 같은 산화층으로 덮혀 있는 경우)에도, 경질연삭재 입자의 혼합처리나 초음파처리의 병용, 또는 직접 대상재료를 펄스적으로 플러스전극으로 하는 처리의 병용 등에 의하여, 높은 제염이 가능하다.

서스펜션유동전해연마법을 clicommissioning 제염처리에 적용하면, 방사능 오염된 금속 폐재료의 대부분을 시설내 재이용이나 free release 할 수 있는 가능성을 가진다. 시설의 폐지조치나 정기점검시에 발생하는 오염금속폐재료를 이 프로세스로 처리하면, 방사성폐기물을 상당량 줄일 수 있기 때문에, 폐기물처분 비용의 대폭적인 저감과 금속재료자원의 재이용이 가능케 된다. 실기적용 공정을 그림 4에 나타낸다.

또한, 서스펜션유동전해연마제염기술의 응용으로서는, 멀리 떨어진 장소의 기기나 긴 배관내부의 제염, 재료표면의 전해연마처리기술로서의

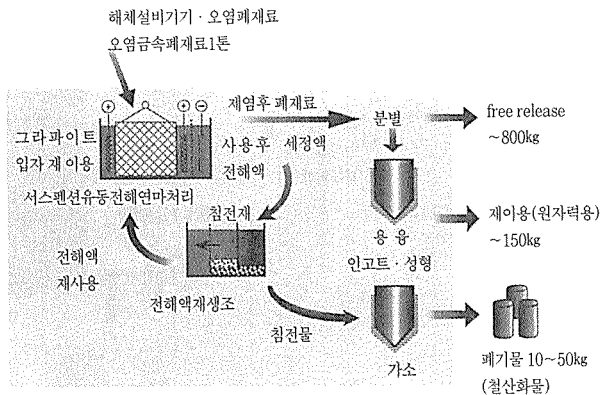


그림4 실기(實機)적용공정과 효과

일반산업계에서의 이용, 더욱이 고전위 하전체를 이용하면 플루토늄연료 등 난용해성물질에 대한 용해 등에 응용할 가능성도 있다.

3. 자기요동연마제염기술

끝으로 소개할 제염기술도 습식법이다. 이 기술은 주기적으로 변동하는 외부자장(N↔S)에 의하여, etching액을 함침시킨 자성연마제(구상, 침상, 파쇄상)를 오염물 표면에서 격하게 요동시켜, 이때의 자성체와 etching액의 연마작용으로 오염물을 고효율적으로 제염하는 방법이다. 그 원리를 그림 5에 나타낸다.

이 방법은 물리적인 자기요동연마효과가 높기 때문에, 실제 철산화물crud가 부착한 오염물을 제염처리한 결과, 물이나 저농도 유기산을 사용한 경우에도 충분한 제염효과를 얻었다. 그리고

처리후의 재료표면은 녹이 완전히 제거되어, 장시간 처리하면 거울 같은 상태로 연마 할 수도 있다.

자기요동연마제염기술은, 해체 또는 비해체상태에 불문하고 오염물의 효율적인 제염이 가능하며, 외부자장으로 자성체를 소정의 위치에 이동시키거나 회수도 가능하다. 그리고 자성연마제를 재이용할 수 있다. 자기를 사용한다는 특징으로 비해체배관내면의 제염, 대형오염물의 옆면이나 뒷면의 국소제염에서 전면제염까지, 또한 긴 배관내면을 제염할 경우, 그림 6과 같은 이동형전자석으로 시행하는 방법도 유효하다. 자성체의 회수에는 자기필터를 사용하면, 운용중 제염법의 가능성도 있다.

맺음말

이상에서 소개한 새로운 제염기술은, 모두 원리적으로 새로운 기술이기 때문에, 제염법으로서 사용하는 것 이외의 기술적인 가능성이나 응용성을 가지고 있다고 생각된다. 지면관계상, 개발제염기술에 관하여 각각 개요 정도의 소개로 끝내었다.

흥미를 가진 분은, 폐사로 연락하면 기술자료를 송부하겠습니다. **KRIA**

E-mail :kaken@po.sphere.ne.jp

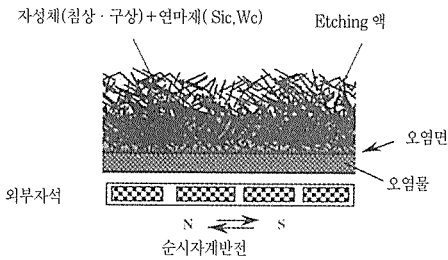


그림5 자기요동연마제염법의 원리

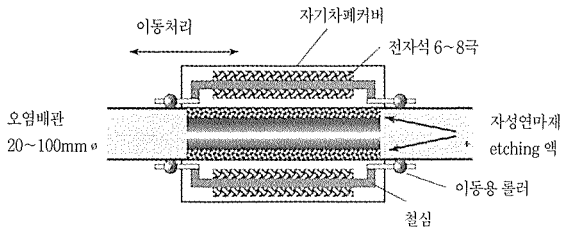


그림6 이동형전자석에 의한 배관내면의 자기요동제염처리