

## 원자력 금속폐기물 일괄 건식 제염 Pilot 설비 개발

김종화, 진동식, 이경호, 홍용호, 김민수, 황인호, 박세교  
(주)액트

E-mail: jhk@actbest.com

중심어 (keyword) : 원자력, 금속폐기물, 플라즈마, CO<sub>2</sub> 분사, 건식제염, 부피감용

### 서론

국내외 원자력관계시설에서 발생하는 방사성 금속 폐기물은 원자력산업의 발전과 함께 발생량 또한 증가하고 있으며 지속적으로 축적되고 있다. 이미 축적되어있는 제염 수요를 충분히 수용하며 또한 원자력 관계시설의 노후화로 발생하게 될 다량의 방사성 금속폐기물을 처리하기 위해서는 현재 노동 집약적으로 수행되는 습식 혹은 건식 방식을 환경 친화적이고 고효율성의 제염방식으로 대체할 필요가 있다. 본 연구에서는 종래의 제염방식들이 가지고 있는 단점들을 보완하고 2차 방사성폐기물 발생량, 제염 효율성, 원격기술 적용의 용이성, 설비 도입·운영의 경제성 등을 고려하여 환경 친화적인 제염장치 개발에 초점을 두었다.

본 연구에서 개발한 제염장치는 CO<sub>2</sub> 펠렛 분사기술, 플라즈마 공정 기술, 입자 혹은 기체상의 2차 폐기물회수를 위한 필터링 기술을 조합한 일괄 건식 제염장치이다. CO<sub>2</sub> 펠렛 분사기술은 고체 CO<sub>2</sub> 펠렛을 분사 매체로 이용하여 금속표면에 물리적으로 흡착되어 있는 페인트, 그리스, 오일 등의 이물질과 유리성 방사성 오염물질을 손쉽게 제거할 수 있는 기술이다. 플라즈마 제염공정 기술은 플라즈마의 화학적 특성을 이용하여 산화막과 같은 고착성 방사성 오염물질의 제거에 적용될 수 있는 기술로써 2008년도 제1회 NET(New Excellent Technology)인증을 획득함으로써 그 우수성을 인정받은 기술이다. 이 두 기술의 적용에 있어서 발생하는 입자 혹은 기체상의 2

차 방사성폐기물 회수를 위한 필터링 기술은 원자력발전소 등에서 일반적으로 사용되는 HEPA 및 Charcoal 필터 등과 NaF, CuF 등과 같은 불화물 혹은 카보닐화합물 회수를 위한 특수 필터들을 사용함으로써 2차 폐기물의 발생량을 획기적으로 줄일 수 있는 기술이다.

### 개발 내용 및 방법

본 연구는 기존의 습식 제염방식의 단점을 보완한 방사성 금속 폐기물 일괄 건식제염기술 및 설비 개발을 목표로 하고 있다.

일괄 건식 제염기술은 CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 제염공정, 플라즈마제염공정, 2차 폐기물 회수시스템공정의 3가지 단위 공정으로 구성되어있고, 제염대상물에 따라 이 기술을 조합 적용하여 원자력시설에서 발생하는 방사성 금속폐기물의 일괄 제염 처리 가능한 기술이다.

CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 제염공정은 금속표면에 묻어있는 기름, 페인트 등의 이물질과 물리적으로 흡착되어 있는 방사성 오염물질 제거하는 기술로써 본 연구과제에서 제작된 CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 제염설비의 전처리 성능을 검증하기 위하여 먼저 여러 형태의 구리시편에 락커로 균일한 페인트 막을 형성시키고 하루 정도 상온에서 건조시켰다. 이렇게 제작된 시편을 Glow box 내부의 시편 고정장치를 이용하여 고정시키고 6 bar의 높은 분사압력으로 CO<sub>2</sub> 펠렛을 분사시켜 표면에 형성된 페인트 막 제거시험을 수행하였다. 이렇게 제거된 방사성물질은 CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 설비와 연계된 필터링시

시스템을 통해서 제거된다.

Plasma 건식 제염공정은 금속표면에 물리적 및 화학적(산화막 등)으로 오염되어 있는 방사성 오염물질 제거하는 기술로써 본 연구에서 개발한 플라즈마 제염공정 장치를 이용한 실증실험을 위하여 방사성물질의 오염을 묘사한 모의 오염시편을 제작하여 제염장치의 성능검사를 수행하였다. 모의 오염시편은 두께 1mm의 티타늄으로 도금된 구리를 10mm의 사각형으로 자른 시편, 지름 5mm의 순도 99.98%의 Cobalt를 두께 1mm으로 절단한 시편과 sus 금속시편에 코발트 산화막을 형성한 Dish 및 Plate 형태의 시편을 사용하여 제염실험을 수행하였다.

2차 폐기물 회수시스템은 두 단위 제염공정 과정에서 발생하는 입자 및 기체상의 오염물질을 제거하는 기술로써 본 연구에서 개발한 회수시스템의 성능검사를 위하여 티타늄 도금시편과 코발트 분말을 이용한 플라즈마 공정 실험 전 과정에 진공펌프 후단(카트리지 필터 전단)과 최종 배기구(Charcoal 필터 후단)에 Air Sampler을 설치하여 배기라인을 통해 방출되는 입자 혹은 기체를 샘플링하였다. Air Sampler에는 봉규산염 유리 필터가 내장되어 있으며 이 필터에 포집된 Ti과 Co 성분의 양을 ICP 분석을 통해 비교 검토하였다.

## 결과 및 고찰

이 연구에서는 원자력 금속폐기물 일괄 건식 제염 Pilot 설비 제작을 위한 기초 실험을 수행하는 한편 이 기초 실험 결과를 바탕으로 실증 규모의 제염 설비를 설계 제작하였다. CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 제염공정과 플라즈마 제염공정의 경우 여러 형태의 모의 오염시편 및 페인트막 금속 시편을 사용한 실증실험을 통해서 전처리 및 고착화된 오염물질의 제염에 적용될 수 있는 만족스러운 결과를 얻었으며 특히, CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 제염공정의 경우에는 플라즈마 제염공정 기술의 전처리 공정으로써 충분한 효과 외에 일부 제염효율성도 기대할 수 있음을 확인하였다. 하지만, 저진공 플라즈마 제염 공정과 CO<sub>2</sub> 펠렛 분사 공정에서 발생하는 입자 혹은 기체상의 2차 폐기물

회수 시스템의 성능시험 결과 충분한 회수효과를 달성하지는 못하였는데, 이는 시간과 예산상의 제약으로 2차 폐기물을 회수 할 수 있는 회수시스템을 일반 원자력발전소 등에서 사용되는 HEPA 및 Charcoal 필터만을 적용하였기 때문이며 여러 국내외 관련 문헌에서와 같이 플라즈마 공정에서 발생하는 불화물들을 제거할 수 있는 NaF, CuF와 같은 회수시스템을 추가적으로 구성한다면 충분한 성능을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 시간과 예산상의 제약으로 일부 세부 사항에서 연구 계획 목표와 다소 차이가 나는 부분이 있었지만 전체적으로 무난히 연구 목표를 달성하였다.

## 결론

이 연구를 통해서 원자력 금속폐기물 일괄 건식 제염 Pilot 설비를 국내 최초로 수행하면서 설계와 제작 과정에서 시행착오와 보완과정을 거치며 계획했던 장치 제작 기간이 다소 지연되어 연구기간 내에 보다 다양한 환경에서 실험을 수행하지는 못하였으나 수행된 실험 결과를 통해 제염공정 기술로써 현장에 적용될 수 있는 충분한 성능을 가지는 것을 확인하였다. 또한, 실증 규모로 설계된 도면과 시방은 제염 목적에 맞게 응용한다면 현장 투입용 장치의 제작에 활용될 수 있고 이 장치는 원전내의 금속기기, 부품류 제염 및 폐로시 1차측 방사성 폐기물 처리와 재활용/분리처리를 위한 오염 폐기물 처리에 활용될 수 있음을 확인하였다.

## 참고 문헌

1. 한국원자력연구소 “제염-해체 기술수요 및 기술수준 평가 연구”, 2001
2. IAEA, TRS No. 401, "Methods for the Minimization of Radioactive Waste from Decontamination and Decommissioning of Nuclear Facilities" 2001