

방사능으로 오염된 금속시편에 대한 PFC 분사 제염

원휘준, 김계남, 최왕규, 정종현, 오원진, 박진호

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

nhjwon@kaeri.re.kr

국내의 DUPIC, 사용 후 핵연료 차세대 관리, 장수명 핵종전환 등 사용 후 핵연료처리 공정은 고 방사성 핵물질의 건식처리기술로서 운전 중에 소규모 보수 혹은 대규모 보수가 필요하다. 이들 시설은 대부분 사용 후 핵연료를 고온에서 산화환원 처리된 분말을 취급하거나 중성자 조사된 재료들을 취급하는 시설이므로 사용 후 핵연료를 취급하는 도중에 생성되는 고 방사성 미세 입자로 시설 내부가 오염되어 있으며 일부 화학적인 결합형태의 오염도 존재할 것으로 판단된다. 이들 시설 내부를 제염하기 위해서는 제염제가 오염물을 잘 제거하여야 할 뿐만 아니라 2차 폐기물의 발생량을 최소화 시켜야하는 조건을 만족시키는 제염방법을 선택하여야 한다. 을 이 처리한 시설 내부를 제염함에 의해 작업자 방사선 피폭을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 보수 효율도 크게 증대시킬 수 있다. PFC 초음파제염 기술과 관련한 연구는 일부 보고되었지만 PFC 분사 장치를 이용하여 오염된 물질을 제염하는 방법에 대한 연구는 아직 보고되지 않고 있다. 본 연구에서는 PFC 분사제염 공정의 타당성을 평가하기 위해 IMEF 시설의 hot cell 내부에 존재하는 다양한 형태의 시편을 제작, 방사성 용액으로 오염시킨 후 이들에 대한 제염 특성을 살펴보았다. 그리고 오염된 제염용액을 증류법에 재생한 후 재생된 PFC 제염용액의 오염시편의 제염효과에 미치는 영향을 파악하였다.

본 연구에 사용된 제염실험 장치는 분사, 회수, 여과 및 증류 모듈로 구성되었다. 분사 모듈의 노즐 직경은 0.2 mm, 시스템 압력은 40 기압, 유속은 0.2 L/분이다. Eu_2O_3 분말과 동위원소 용액으로 시편을 오염시키고 음지에서 건조시킨 후 사진을 촬영하였다. 촬영 후 시편의 방사능을 MCA로 측정하고 시편 거치대에 넣었다. 제염용액으로는 PFC와 음이온계면활성제의 혼합물을 사용하였다. PFC 용액을 5분간 분사시키고 음지에서 건조한 후 시편의 방사능을 측정하고 사진을 촬영하였다. PFC 제염용액에 대한 재생실험은 증류장치 내에서 따로 수행하였으며 재생 전 후의 탁도를 turbidity meter를 사용하여 측정하였다. 재생 실험에는 Al_2O_3 분말을 사용하였다. FT-IR spectrum은 Bomem 사의 FR-IR spectrometer을 사용하여 얻었다.

본 연구에 사용된 방사성 오염 시편은 원반형으로 흠이 없는 것, 표면에 0.1 mm 및 0.2 mm 깊이의 직선형 흠이 파여진 것, 0.1mm의 바둑판형 흠이 파여진 시편에 대해 제염특성을 살펴보았으며 그 결과를 표 1에 수록하였다. 제염계수는 흠이 없이 매끈한 시편이 가장 높았으며 바둑판형 흠이 파여진 시편에 대해 제일 효과가 낮은 것으로 나타났다. 실험된 모든 시편에 대해 90% 이상의 오염물이 제거되는 양호한 결과를 얻었다. 또한, hot cell 내부의 오염부위를 모사한 screw type 시편에 대해서도 양호한 결과를 얻었다. 그림 1은 screw type 시편을 hot cell 안에 설치하고 PFC 분사 제염공정을 수행하는 사진을 나타낸다.

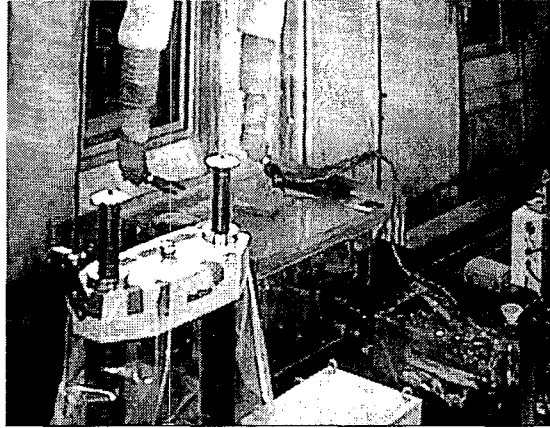


그림 1. Manipulator 이용 제염실증 실험 장면.

알루미늄의 입자의 크기에 따른 증류 전 후 PFC 용액의 탁도 변화를 조사하여 PFC 에 대한 재생효율을 살펴 보았다. 실험결과, 입도가 0.05 ~ 10.0 μm 의 범위에서 입자 크기에 관계없이 효과적으로 모사 오염입자가 제거되는 경향을 파악하였으며 98% 이상의 PFC 용액이 재생되었다. 제염공정의 효율성을 높이기 위해 여과 장치를 사용하는데, 본 연구결과로 부터 여과장치를 통과한 미세입자도 증류에 의해 안전하게 제거할 수 있으며 PFC 분사 제염공정이 2차 폐기물을 거의 발생시키지 않는, 안전하고 효율적인 공정임을 실증할 수 있었다.