

CO₂ pellet 건식분사 제염공정에 관한 연구

정중헌, 이중명, 오원진, 황성태, 박진호
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

방사성 물질을 취급하는 핵연료주기시설의 수명기간동안 다양한 유지보수 작업이 필요하며, 이 유지보수 작업 중 작업자의 피폭저감과 시설의 안전관리를 위해 제염은 필수적이다. 이러한 제염의 필요성은 시설의 수명이 증가할수록 점차 증대된다. 핵주기 시설을 대상으로 기존에 입증되어 사용 중인 제염 공정으로는 크게 습식제염공정과 건식제염공정기술을 들 수 있다. 습식제염공정은 사용되는 분사체의 종류에 따라 고압의 물이나 액체를 사용한 고압액체분사 제염공정으로서 제염 후 발생하는 액상이나 고상의 부생성물을 생성하여 2차 폐기물을 발생시킨다. 최근에 주목을 받고 있는 건식제염기술 중의 하나인 CO₂ 분사제염법은 장비 파손이나 장비 분해없이 현장에서 적용할 수 있고 기존의 유해화학물질, 고압수 분사와 연마성 모래분사와는 달리 2차 폐기물 처리·처분의 추가적인 비용이 들지 않는 장점을 가지고 있다. 이러한 기술적 특성을 갖고 있는 CO₂ pellet 건식분사 제염기술을 개발하기 위해 새로운 기능을 갖는 CO₂ 분사제염장치의 설계·제작과 CO₂ 분사제염 공정변수를 파악하여 최적의 제염조건을 확립하기 위한 연구를 수행하였다.

방사성 오염시편을 사용한 hot test 수행 전에, 비방사성 실험을 위해 hot cells내 오염을 모사할 수 있는 화합물형 오염, 분진형 오염 및 oil형 오염시편을 제조하였다. 화합물 오염시편으로는 CsNO₃ 용액을 48hr 동안 50℃의 oven에서 단순 건조시킨 비고착성 오염시편과 400℃의 고온에서 24hr 동안 산화시킨 고착성 오염시편을 제조하였고, 분진형 오염시편은 SUS 304 모재에 1μm, 5-10μm 크기의 Al₂O₃ 입자를 alcohol에 용해한 후 도포하여 제조하였으며, oil오염 시편은 구리스 오일(Dow Corning corp.)을 SUS304 모재에 일정 두께로 도포하여 제조하였다. 제염효과는 XPS 및 제염 전·후 정밀 무게측정에 의해 산정하였다.

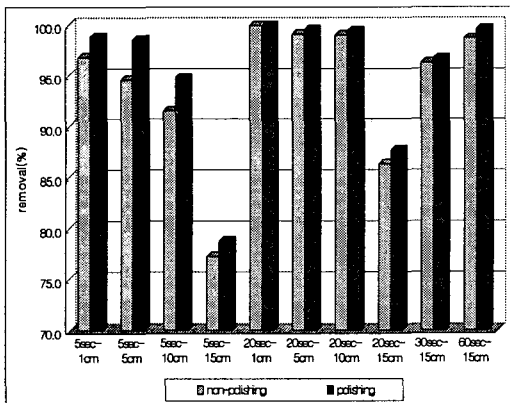


Fig. 1. CO₂ pellet decontamination results for CsNO₃ loose contamination(7mm-7Kgf/cm²).

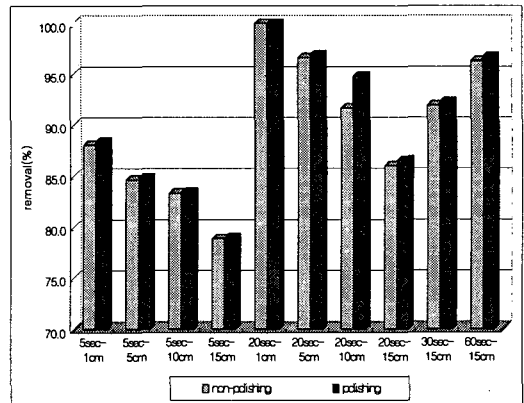


Fig. 2. CO₂ pellet decontamination results for CsNO₃ fixed contamination(7mm-7Kgf/cm²).

CsNO₃ 화합물 오염에 의한 제염 실험결과를 고착성오염과 비고착성 오염으로 구분하여 각각 Fig.1 과 Fig. 2에 나타내었다. 비고착성 오염의 경우, 분사거리 15cm를 제외하고, 분사시간 20sec에서 95% 이상(DF>20)의 제거율을 나타내었다. 30sec의 접촉시간에서는 15cm의 분사거리에서도 95% 이상의 제

거울을 나타내었다. 고착성 오염의 경우 분사거리와 접촉시간이 증가함에 따라 제거율이 증가하였는데, 분사거리보다는 접촉시간의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 분사거리 1cm, 5cm에서 20sec간 접촉시켰을 때, 96% 정도의 제거율을 나타내었다. 또한 5Kg/cm²의 분사압력조건에서도 7Kg/cm²의 압력조건에서의 조작변수 변화에 따른 제거거동과 유사하였으나 5% 정도 낮은 제염효과를 나타내었다. 비고착성 오염에 비해 고착성 오염의 제거효율이 보다 낮았으며, 특히 5sec의 접촉시간에서는 약 10% 이상 낮았다. 이는 오염물질이 화학적으로 결합된 고착성 오염 형태에 기인한 것으로 판단된다.

Al₂O₃ 분진형 오염을 사용하여 분사거리와 분사압력 및 분사시간, 그리고 분진형 오염입자 크기를 변화시켜 실험한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 제염결과는 화합물형 오염과 마찬가지로 분사거리, 분사압력, 분사시간이 증가함에 따라 제염효율이 높음을 알 수 있었다. 입자크기별로는 5-10 μ m 오염입자의 제염효율이 1 μ m에 비해 제염효율이 2~3% 정도 높았다. 이는 오염입자의 표면 결합력이 오염입자의 크기에 반비례하기 때문으로 사료된다. 5-10 μ m 오염입자의 경우 99.5%(DF>200)의 제거율을 나타내었다.

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 점도가 높은 오일 오염에 대해 80% 이상의 제거효율을 얻기 위해서는 90sec의 분사시간이 필요하며, 95%의 제거율을 얻기 위해서는 최소 120sec 정도의 분사시간이 필요하였다. 분진 및 화합물 오염과 마찬가지로 분사시간 및 분사압력의 증가에 따라 제염효율이 증가함을 알 수 있었다. pellet의 크기가 증가함에 따라 제염효과가 약간 증가하였는데, 이는 pellet 크기의 증가에 따라 kinetic 에너지가 증가한 때문으로 사료된다.

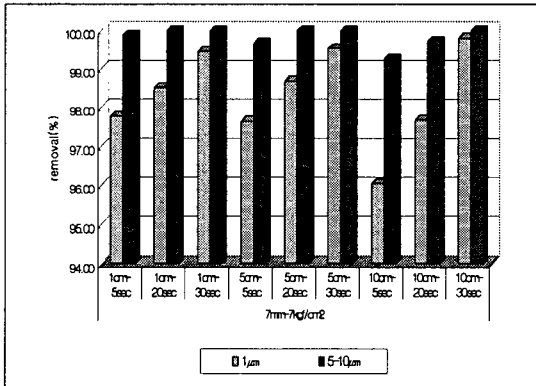


Fig. 3. CO₂ pellet decontamination results for Al₂O₃ contamination(polishing).

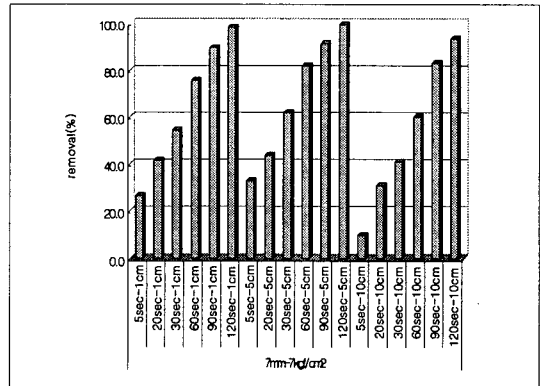


Fig. 4. CO₂ pellet decontamination results for oil contamination.