

습식 제염장치의 성능시험

Performance Test of Wet Type Decontamination Device

이은표, 김은가, 민덕기, 전용범, 이형권, 서항석, 권형문, 홍권표
한국원자력연구소

요 약

방사성 물질 취급시설인 핫셀을 출입하거나 핫셀 내의 장비 반출 등으로 인하여 핫셀 뒤편에 위치한 서비스 구역은 오염이 발생할 수 있다. 오염이 발생된 서비스 구역을 법령이 정한 표면허용오염도 이하로 제염 관리하기 위해서는 많은 방사성폐기물이 발생할 뿐만 아니라 제염하기 위한 소요인력 및 시간 또한 많이 요구된다. 이러한 문제점을 해소하기 위한 습식 제염장치는 부착된 오염원을 바닥 면으로부터 분리시키는 브러시를 회전시키는 부분, 회전브러시에 제염액 또는 세제를 공급하는 부분, 바닥 면에서 분리된 오염원과 제염액 또는 세제를 흡입하는 부분 그리고 주행하는 부분으로 구성되며, 스테인리스 재질로 제작하여 내부식성 뿐만 아니라 장치 자체의 제염도 쉽게 제작하여 조사후시험시설의 서비스 구역에서 제염장치의 성능시험을 수행하였다.

Abstract

The intervention area located at rear hot cell can be contaminated by hot cell maintenance work. For effective decontamination of the intervention floor a wet type decontamination device was developed. The device was assembled with a brush rotating part, a washing liquid supplying part, an intake part for recovering contaminated liquid and a device moving cart part. The device was made of stainless steel for easy decontamination and corrosion resistance. The function test carried out at intervention area of the PIE facility showed good performance.

1. 서 론

한국원자력연구소의 조사후시험시설(PIEF)[1,2,3]은 상용 원자로 핵연료에 대한 조사후시험을 목적으로 3개의 풀과 4개의 중콘크리트 핫셀 및 2개의 납 셀을 가지고 있으며, 연계 시설로는 방사화학 실험시설 및 폐기물처리시설 등이 있다. 1987년 준공이후 현재까지 경수로 원자력 발전소의 사용후핵연료, 제어봉 및 열교환기 튜브에 대한 각종 비파괴시험 및 파괴시험이 수행되어 왔다. 풀은 사용후핵연료 운반용기로부터 사용후핵연료를 하역하기 위한 하역 풀, 사용후핵연료를 저장하기 위한 저장 풀(최대 15개의 PWR 핵연료 집합체 수용)이 있으며 사용후핵연료 집합체를 해체하고 수중에서 시험하기 위한 시험해체 풀로 구성되어 있다. 중콘크리트 핫셀은 핵연료봉에 대한 외관검사, 와전류결함검사, 감마스캐닝, 체원측정, 외면 산화층두께측정 그리고 X-선 촬영을 위한 비파괴시험 셀, 핵연료봉의 핵분열기체포집 및 절단을 위한 해체 셀, 핵연료시편을 저장하기 위한 저장 셀 및 핵연료시편에 대한 금속조직 시편준비를 위한 시편준비 셀로 구성되며, 납 셀은 방사선 차폐형 광학현미경의 금속조직시험 셀과 핵연료의 밀도측정 및 단면 감마스캐닝을 수행할

수 있도록 건설되어 있다. 고방사능을 가진 조사 시편을 시험하기 위하여 핫셀 내에 많은 시험장비가 설치되어 있으며, 이러한 시험 장비들을 핫셀 내부에서 원격조종기로 일차 원격제염한 후 유지보수를 위해 핫셀 밖으로 취출하거나 또는 핫셀 내를 작업자가 출입할 수 있을 정도로 2차 제염을 한 후 작업자에 의해 핫셀 내에서 보수되기도 한다. 이러한 핫셀의 제염 및 기기 보수 시에 핫셀 뒤편에 위치한 서비스 구역의 오염확산 등이 일어날 수 있어 관련오염방지설비 및 제염실 등을 제작 활용하고 있다. 종래에는 오염된 서비스 구역을 제염할 때 제염액 또는 세제를 묻힌 제염지로 바닥 면을 닦아내어 제염을 실시하였다. 이와 같은 방법으로 제염할 경우 다량의 폐기물이 발생될 뿐만 아니라 젖은 폐기물의 건조 그리고 많은 인력과 시간이 필요하였다. 효과적인 제염과 발생폐기물의 저감을 위하여, 또한 한사람의 작업자로서도 제염이 가능하도록 자동 습식형 제염장치를 설계 제작하였다.

2. 습식 제염장치의 설계요건

습식 제염장치는 넓은 바닥의 효율적 제염을 위해 넓은 브러시를 가져야 하며 습식으로 세척액을 사용하는 관계로 브러시에 세척액의 공급이 원활하여야 한다. 또한 이러한 오염된 세척액을 회수할 수 있는 회수장치가 있어야 하며, 한사람의 작업자에 의해 작업이 가능하게 장치의 움직임이 자동으로 운전조작 될 수 있어야 한다. 장치 자체의 부식을 방지하기 위하여 스테인리스강으로 제작하고 제염이 용이하도록 표면을 버핑가공하여야 한다.

3. 습식 제염장치의 구조 및 제작

3.1. 습식 제염장치의 구조 및 제작

오염된 서비스 구역을 제염하는 습식 제염장치는 그림 1과 같이 길이 1170mm, 폭 740mm 그리고 높이 1100mm의 크기를 가지고 있다.

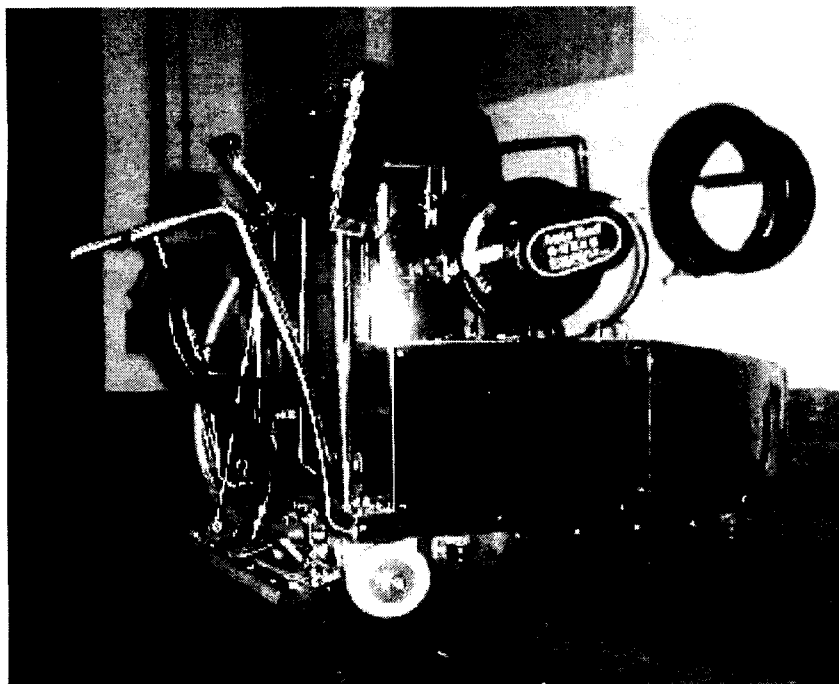


그림 1. 습식제염장치의 사진

3.1.1. 대차

대차는 스테인리스 사각 형강을 사용하여 벤딩과 용접을 하여 견고하게 제작하였으며 하부에는 2개의 구동바퀴와 1 개의 캐스터 바퀴가 부착되며 상부에는 브러시를 회전시키는 장치, 제염폐액을 흡입하는 장치, 바퀴 구동장치, 제염액 탱크 및 각종 부품들이 부착되어 있으며 3개의 아이볼트를 부착하여 크레인으로 위치를 이동할 수 있게 하였다.

3.1.2. 주행 장치

주행 장치는 구동모터와 클러치에 의하여 동력을 발생시키며 이에 연결된 2개의 구동바퀴와 1 개의 캐스터 바퀴로 구성되며 90W 기어드 구동 모터가 회전 시 전자 클러치가 작동하여 동력을 전달하며 정.역회전과 이동속도를 2m/min - 15m/min으로 가변 할 수 있다. 구동바퀴와 캐스터 바퀴는 제염폐액 또는 세제액으로 있는 바닥 면과의 마찰력을 증대시키기 위하여 우레탄 바퀴를 사용하였으며 오염 물질과 항상 접촉하고 있으므로 오염이 누적되어 제염이 불가능할 경우 교체가 용이하고 구입이 쉽도록 시제품을 적용하여 설계하였다.

3.1.3. 브러싱 장치

브러싱 장치는 안쪽방향으로 회전하는 회전방향이 반대인 2개의 1HP, 180rpm 구동모터에 의하여 구동되며 브러시는 오염발생시 교체가 용이한 구조로 하였으며 14인치의 시제품 박리용 야자 브러시를 사용하였다. 브러싱 장치의 상하구동은 핸들 아래쪽에 위치한 레버로 링크장치를 이용하여 작동되며 잠금장치가 부착되어 있으며 최대 작동거리는 70mm이다.

3.1.4. 진공흡입장치

진공흡입장치는 바닥 면으로부터 분리된 오염원을 내포하고 있는 제염폐액을 수거하는 약 70리터 용기와 진공을 발생시키는 1200W 용량의 건.습식 진공펌프 3 대로 구성되어 있다. 진공펌프의 진공도는 2600W/L, 풍량은 540m³/h이며 바닥 면에 위치한 흡입부에서 제염폐액을 흡입하며 바닥 면의 상태에 따라 진공펌프의 가동을 2대 또는 3대로 가변 할 수 있다. 흡입부 구동은 레버기구에 의하여 상하로 구동할 수 있고 잠금장치가 부착되어 있다. 제염폐액 수거용기 하단에는 배수 밸브가 장착되어 있어 작업이 완료되었을 때 제염폐액을 밖으로 배출한다.

3.1.5. 제염액 탱크

제염액 또는 세제액 탱크는 제염폐액 수거용기 좌우에 위치하고 있으며 용량은 20리터로서 자연압에 의하여 브러시 상단 면에 공급되며 이때의 공급유량은 유량조절밸브에 의하여 조절할 수 있으며 잔여 제염액은 배수밸브를 통하여 밖으로 배출된다.

3.1.6. 전원 및 제어판

전원은 220V 삼상으로 서비스 구역을 감당하기 위한 30m 정도의 전선을 구비하고 있으며 제어판에는 장치의 전원 스위치, 구동 모터 on-off 스위치, 구동모터의 정.역회전 스위치, 전자클러치 on-off 스위치, 진공펌프 on-off 스위치가 부착되어 있다.

4. 장치의 성능시험 결과 토의

제작된 장치를 사용하여 비방사성 물질을 대상으로 성능시험을 수행한 결과 초기 설계조건을 잘 반영하고 있음을 확인하였으며, 조사후시험시설의 핫셀 유지보수관리 구역에서 대한 직접적인 제염을 실시하였다. 이어서 바닥의 초기 오염도가 낮아 제염 후의 제염정도 차이를 정확히 파악할 수 있는 자료를 얻을 수는 없었으나 바닥에 묻어있던 페인트의 흔적들이 제염 후 깨끗이 없어진 것으로 판단할 때 바닥의 습식제염의 효과는 충분할 것으로 판단되었다. 실험을 통하여 파악된 문제점은 세제액을 공급하는 관로 상에 1개의 유량조절 밸브가 부착되어 있어 장비의 수평상태가 이루어지지 않을 경우 2개의 브러시에 똑같은 일정량의 세제액 공급이 이루어지지 않고 한쪽으로 많은 양의 세제액이 배출되므로 각각별도 관로와 밸브를 부착하여 세제유량을 조절하고 세제액의 최적 낙하지점을 선정할 필요가 있다는 것과, 바닥면의 오염된 제염폐액을 모두 흡입하는 동시에 제염폐액 수집용기로부터 배출되는 배기에 수분이 배출되지 않도록 흡입부와 바닥 면과의 틈새 조절과 풍량을 조절하여야 한다는 점, 또 제염폐액 수집용기에서 배출될 수 있는 습한 배기로 인

하여 건.습식 펌프의 전원 콘넥터에 누전의 우려가 발생할 수 있으므로 배출공기의 영향이 미치지 않는 위치로 변경할 점 등이다. 앞으로 많은 성능시험을 수행하고 보완하여 장비의 활용도를 높일 것이다.

5. 결 론

방사성 물질의 취급시설에서 오염된 바닥을 습식으로 제염할 수 있는 장치를 설계 제작하여, 일차적으로 비방사 성능시험 및 오염이 발생하지 않은 바닥에 대한 성능시험을 수행하였다. 시험 결과 장치는 초기 설계요구조건을 대부분을 만족하는 것으로 나타났으나, 세제액 관로 재구성, 바닥 면과 흡입부와의 틈새, 풍량 및 전선 콘넥터 위치 등을 개선하여 오염이 발생된 서비스 구역을 법령이 정한 표면허용오염도 이하로 제염 관리하는데 활용할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 민덕기 외, “조사후시험시설운영”, KAERI/MR-341/99.
- [2] 민덕기 외, “조사후시험시설운영”, KAERI/MR-348/2000.
- [3] 전용범 외, “조사후시험시설운영”, KAERI/MR-388/2002.