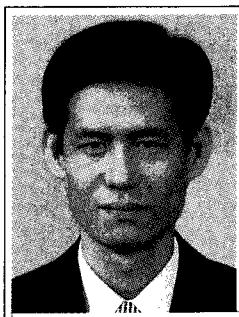


원전용 공기정화기의 탄소여과기 개발

박 인 수

(주)경원세기 기술연구소 선임연구원



원

자력발전소의 운전 특성상
여러 종류의 오염 공기가
생성되며, 이 공기는 항상
설계된 공기의 흐름에 따라 모아지고
여과된 후에 대기로 방출하게 된다.

즉 원전 내부의 배관·펌프·탱크
등의 누수 및 기밀 파괴 등에서 오는
오염된 공기는 제어된 설계 및 운전
에 따라 각 공조 계통의 풍도(duct)
를 따라 공기정화기(air cleaning
unit)에 들어오게 되고, 특히 오염된
공기 중 인체에 가장 심한 영향을 미
치는 방사성 요오드(radioiodine) 미
립자를 제거하기 위하여 공기정화기
내에 설치된 탄소여과기(carbon

filter 또는 carbon adsorber)를 통
과시켜 99% 이상을 제거하여 대기
중으로 방출 또는 다시 공기정화기로
통과하게 되는 것이다.

이러한 공기정화기는 원전의 대부분의 건물에 설치하게 되는데, 해당 건물은 원자로 건물·보조 건물·핵 연료 및 폐기 건물 등 주요 건물에 해당된다.

오염된 공기는 정상 운전중이거나 비상시에도 배출되기 때문에 운전 모드에 따라 공기정화기는 안전성 등급 공기정화기와 비안전성 공기정화기로 분류되어 역할을 분담하게 된다.

탄소여과기 개발 개요

공기정화기의 핵심 구성품은 전체의 재질이 스테인리스로 제작되는 탄소여과기이다.

탄소여과기는 공기가 통과하는 입구와 출구 사이에는 활성탄(activated carbon)이 채워지며, 이 활성탄이 약 320°C 부근에서 인화·발화하기 때문에 소화 계통의 일부인 화재 감지기와 소방수 분사 장치가 설치된다.

또한 탄소여과기에 충전되는 활성 탄과 동일한 batch의 활성탄을 충전한 carbon test canister가 부착된다.

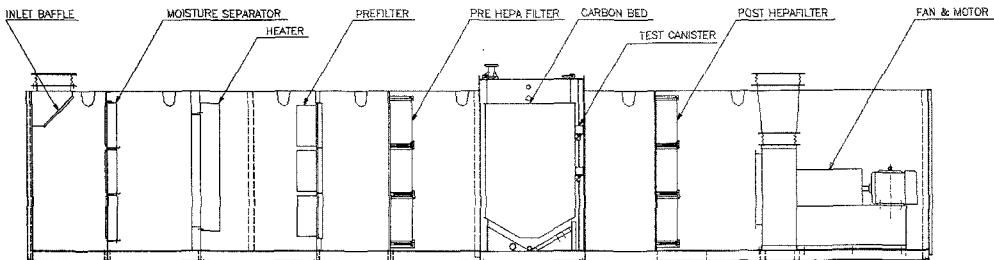
이 carbon test canister에는 탄소여과기 본체를 흐르는 공기 흐름과 같은 조건 상태가 되므로 충전된 활성탄의 흡착도를 알 수 있게 한다.

(주)경원세기는 96년 2월부터 10억원을 투자하여 개발에 착수, 97년 5월 완전히 국산화 제작을 마치고 시험 결과 모든 규격 요건에 만족하는 결과를 갖게 되었다.

이 개발로 인하여 그간 100% 외국에서 수입하던 공기정화기 전체를 국산화 할 수 있는 계기가 열렸으며, 한전 및 원자력 관련 연관 업체에서 요구하는 각종 규격의 공기정화기를 제작·공급할 수 있게 되는 계기가 되었다.

(주)경원세기는 울진원자력 발전소 3·4호기에 이미 안전성 관련 공기정화기 12기를 AAF와 공동 설계·제작 시험을 거쳐 납품한 실적이 있다.

경우로의 경우 2호기당 약 30기가 설치되며 발전소의 배치 설계에 따라



(그림 1) 공기정화기 구조도

증가될 수도 있다.

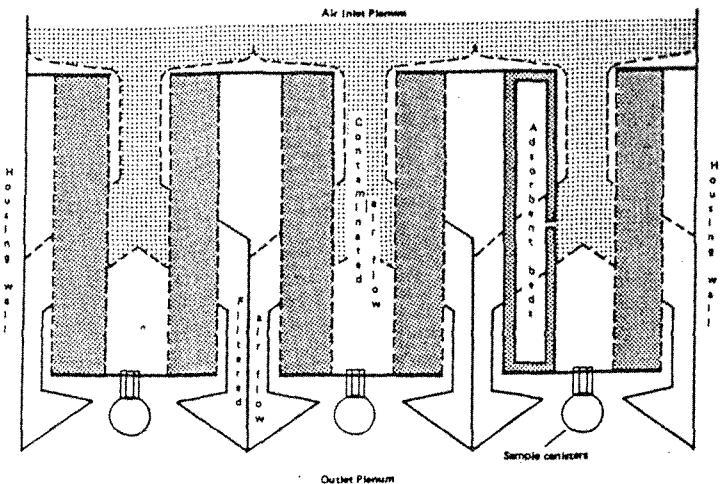
탄소여과기는 그동안 계속 해외에서 수입되어 왔으며 발전소당 수입 대체 효과는 약 20억원 상당에 이른다.

탄소여과기 개발 과정과 특징

1. 제 원

- ① Air Flowrate : 5,000, 6,000 cfm
- ② Type : Type III, Rechargeable Adsorber
- ③ Bed Depth : 4"
- ④ No. of Bed : 8
- ⑤ Bed Height : 71.5"
- ⑥ No. of Test Canister : 8
- ⑦ Est. Empty Weight : 2,810 lbs
- ⑧ Est. Carbon Vol. : 73 cu. ft
- * 울진 원자력 안정성 관련 공기 정화기 5000, 6000 cfm의 기종임.

2. 제작 과정 및 시험



(그림 2) 탄소 필터 타입 III 상부 단면

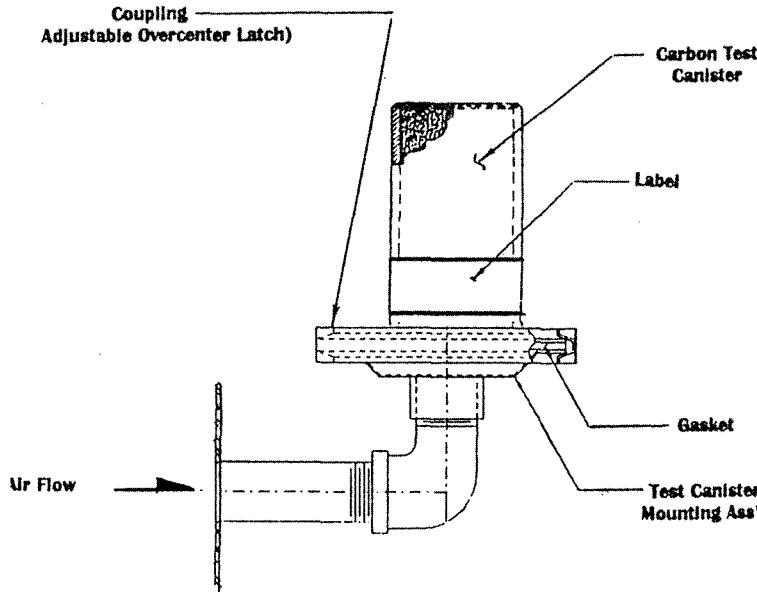
독자적으로 영광 5·6호기에 초점 을 맞추어 96년 2월에 개발에 착수하여 도면 검토, 자재 검토, 자재 수배를 하여 자재 확보 후 97년 1월에 제작에 착수하여 97년 6월에 완료하였다.

용접 작업 투입 전 가장 적합한 프로세서를 선택하여 WPS, Welding Instruction을 개발하였다.

동시에 Seismic Qualification과

관련하여 울진 3·4호기 사용 프로그램을 이용하여 검증을 실시 완료하였으며, 용량 변화에 따른 검증도 동시에 실시되었다.

Spot Welder, Welding Fixture 등의 생산 설비를 확보하였고, 생산성을 높이고 품질 안정을 위해 전용 Welder, Fixture를 설계 완료하여 설비 완료 단계에 있다.



〈그림 3〉 Carbon Test Canister

설계 성능 검증을 위해 Airflow Distribution, Halide leak Test를 실시하였다.

3. 제품 특징

가. Bed

스크린은 스테인리스 304, 26 Ga.의 재질에 개공률 36% 이상을 사용하였다.

Bed 깊이의 편차를 최소화하고 활성탄의 보유력을 높이기 위해 파형 다공판(texturizing perforated sheet)을 채택하였다.

나. Carbon Filling/Emptying System

① Adsorbent Filling System

Adsorber 측면 상부에 충전 포트가 설치되어 있다.

Carbon Recharging Unit에 의해 도입된 Adsorbent는 이 포트를 통하여 들어와서 균일하게 Bed 내에 분배된다.

상부 좌우 2개의 포트에는 스크린이 설치되어 있어 충전할 때 발생하는 분진을 제거한다.

별도의 분리된 Fill Hopper가 필요 없이 Adsorber에 직접 충전이 된다. 따라서 Hopper를 운반하고, 보관하는 수고를 덜어준다.

그리고 Hopper방식과 달리 상부 점검구에 많은 볼트가 필요 없기 때문에 누설 위험이 없다. 상부의 보수

공간 또한 적어진다.

하부 Hopper에는 진동기가 설치되어 있다.

충전 후 Bed를 흔들어주어 탄소 알갱이가 빈틈없이 골고루 자리잡게 한다.

② Carbon Removal System

Adsorber 측면의 하부에 Return port와 Carbon Emptying port가 설치되어 있다.

Blower에 의해 발생한 공기는 Adsorber의 하부에 설치되어 있는 Bottom Discharge Hopper를 빠른 속도로 통과하면서 Carbon을 유동화 시켜 배출시킨다.

③ Carbon Recharging Unit

Dumbwaiter로 운반하기 위해 한 전은 기기 크기를 W37", L37", H45"로 제한하고 있다.

이에 만족하기 위해 기기를 몇 개 부분으로 분리 조립할 수 있도록 설계하였다.

Prefilter Section, HEPA filter Section, Blower Section으로 나누어 설치 장소로 운반하여 조립하게 제작된다.

Carbon 운송 속도는 기기 높이, Hose 길이, 수분 함량에 따라 달라지는데 약 30 lbs/min이다.

Carbon Filling/Emptying System의 모든 Hose 연결은 Quick Disconnecter로 하게 되어 있어서 설치와 분해가 간단하다.

다. Test Canister

Carbon Bed에 충전된 Carbon의 수명을 판단하여 교체 시기를 결정하기 위해 Carbon Laboratory Test를 하여야 한다.

Bed 안의 Carbon을 추출할 수 없기 때문에 Canister를 부착하여 Sample을 채취하게 된다.

대기중인 시스템에서는 매 18개 월, 운전중인 시스템은 매 720시간의 주기로 Lab. Test를 하여야 하며, 이 주기는 Lab. Test의 내력에 의해 변경할 수 있다.

한전 요건은 Non-safety Related ACU는 18개, Safety Related ACU는 8개를 요구하고 있다.

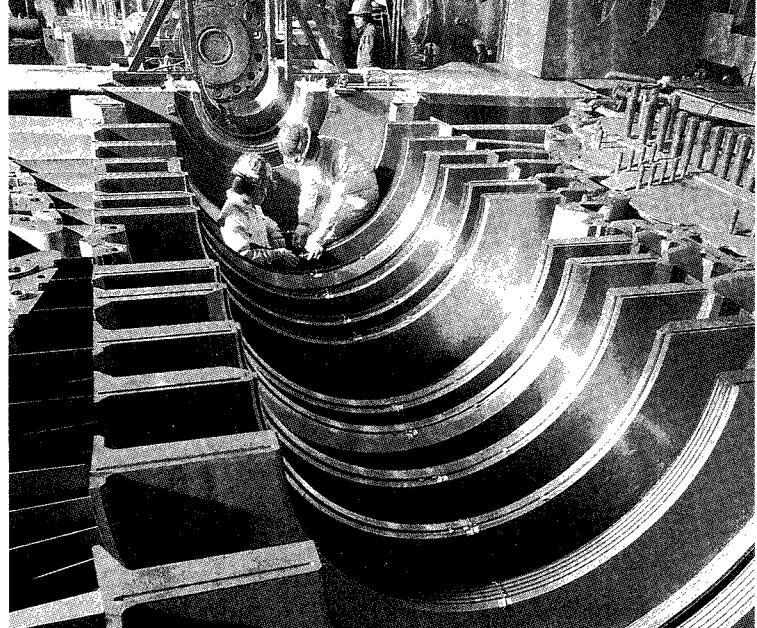
(주)경원세기의 Canister 장점은 설치 분리 할 때 오염 분위기의 노출 시간을 최소로 줄이기 위해 Latch Coupling을 채택하여 빠른 시간에 간단하게 분해 조립이 가능하다.

품질 보증 활동

원자력 품질 보증 요건인 NQA-1 을 근간으로 한 당사의 QA Manual(QAM-001, REV.1)의 18개 기준에 의거 아래와 같이 품질 활동이 수행되고 있다.

① 모든 자재는 구매 사양에 따라 엄격한 수입 검사를 통하여 합격된 자재만이 생산에 투입된다.

② 용접시에 우려되는 열 변형 및 치수의 완벽성을 보증하기 위하여 각종 고정 지그를 자체 설계 제작하여



터빈 설치 작업. 공기정화기는 원자로 건물, 보조 건물, 핵연료 건물 등 원전의 대부분 건물에 설치된다.

치수에 대한 최소한의 공차 실현에 주력하였다.

③ 생산에 투입된 용접 프로세스는 ASME Section IX에서 허용하는 용접 공정 중 가장 품질에 적합한 프로세서를 선택 각종 WPS, 및 Welding Instruction을 개발 적용하고 있다.

④ 용접사는 ASME Section IX(용접 인정)에 따라 시험에 합격된 자만이 생산 용접에 투입되고 있다.

⑤ 용접 품질을 개선하기 위하여 STS 재질에 가장 적합한 용접 가스를 연구 개발하여 용접물의 무변형, 무결점, 완전 용입을 실현하였다.

⑥ 용접 작업 이후의 제품의 완벽한 품질 및 결함 방지를 위하여 해당

부위에 대하여 자격을 갖춘 검사자에 의하여 비파괴 검사(PT)를 실시하고 있다.

⑦ ASME N509/N510에서 요구하는 본 제품의 검사 및 시험은 아래와 같다.

울진 3·4호기에 공급된 12대 중 현재까지 시행된 성능 시험 및 검사에서 아주 우수한 판정을 받고 있다.

- Visual And Dimension Inspection
- Air Flow Capacity & Distribution Test
- In-Place Leak Test
- Test Manifold Qualification Test ☺