



원전해체 시 공기처리 필수 요건

강선행

한국필터시험원장



· 공조분과 전문위원
· 한국필터시험원장

원전해체 시 공기처리의 필요성

원전해체 시 발생할 수 있는 방사성물질의 외부누출과 작업자의 내복피폭을 방지하기 위해서는 공기처리가 필수 선행 요건이다. 즉 발전소의 경우, 최초 운전 시작부터 해체 철거까지는 외부 누출 차단을 위한 음압 유지가 방사선 안전을 위한 필수 조건이다.

해체 작업 시 음압 유지의 필요성 및 차폐를 위한 공기처리 설비

원자력 시설은 외부와의 물리적 경계를 이루는 차폐가 반드시 필요하고, 천재지변과 설계 사고를 고려한 내진 설비를 갖추어야 하며 시설의 온도와 압력이 고려되어야 한다.

원자력 시설은 상시(정상, 비정상) 외부보다 낮은 음압을 유지하도록 동적 격리가 반드시 필요하다. 즉 원전해체 시, 사고에 대비하여 유입은 허용하더라도 외부 유출이 없도록 방지하기 위해서 시설 내부를 음압 상태가 되도록 유지하며 오염된 공기를 정화시켜 바깥으로 배출하는 시스템을 적용하여야 한다. 공조시설의 배기구에는 헤파필터(HEPA Filter, High-efficiency Particulate air Filter)로 공기처리 후 배기하여 대기 중 방사성 물질의 유출 및 확산을 방지하도록 한다.

음압을 위한 고려사항은 공기의 유동을 차단하기 위해 밀봉하여 벽체, 천장, 바닥면과 만나는 부분의 틈새 등에 기밀성을 유지하는 구조 및 공조 설비방식 등을 확인해야 한다.

공조시스템이 정지되는 경우, 공기의 역류로 인해 외부 유출을 방



[그림 1] 국소배기설비를 설치하는 모습

지하도록 원자력 등급 헤파필터(HEPA Filter)를 배기 계통에 설치하고 에어타이트 역류방지댐퍼(Airtight Back Draft Damper) 또는 동급 이상의 댐퍼를 설치하는 등 유출 방지 시스템을 반드시 갖추어야 한다.

역류방지댐퍼는 덕트 내부의 공기 역류를 방지하기 위해 설치되며, 덕트 중간 혹은 끝단에 설치된다. 이는 구역별로 적합한 차압이 유지되도록 설계하여 오염 확산을 최소화시키기 위함이다.

차폐를 위한 공기처리 설비

원자력 발전소의 제염 및 해체 작업 시에도 시설 외부로 배출되는 공기는 환경 보호 및 안전을 위하여 방사성 물질의 유출을 최소화 할 수 있도록 공기처리를 해야 한다. 원전해체 시 작업현장마다 국소배기설비를 설치해서 작업자 피폭 예방과 주변 오염도 저감을 위해 노력해야한다([그림 1] 참

고).

공기처리 설비의 성능과 검증

공기처리설비는 ASME AG-1, KEPIC-MH에 따라 설계, 제작, 설치되어야 한다. 원자력 공기정화설비의 성능을 지속적으로 유지하기 위한 정기 시험과 필터유지관리에 대한 규정한 기술기준을 원자력 시설의 정상계통 배기시설과 정화시설, 환기시설의 공기정화기 정기시험 필터 유지관리에 적용한다. 제작 및 설치 후에는 독립적이고 공인된 시험기관에 의하여 그 성능을 필수적으로 검증 받아야만 한다.

공기 중 바이러스 처리를 위한 신뢰성 평가는 헤파필터(HEPA Filter)의 성능검증을 통해 모델 인증을 받은 제품을 사용하여야 한다. MIL-STD-282 시험방법에 따라 Q-107장비를 이용하여 정격유량의 100% 및 20% 유량에서 최소



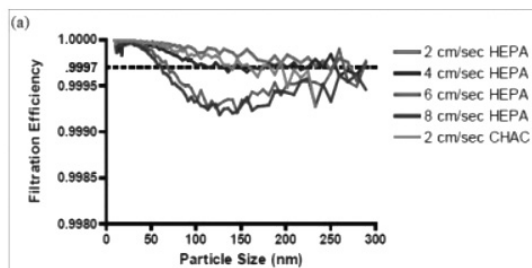
99.97% 이상의 포집효율을 가지면서 음압 설비의 경우 SCAN TEST를 통과한 필터여야 한다.

헤파필터(HEPA Filter)가 장착된 공기처리기의 현장누설시험은 교체 차압에 도달된 필터의 일부 및 전부 교체 시, 두 번째 공기정화기 수리 및 보수 후에 수행한다. 그리고 현장누설시험은 화재 혹은 계통 내에서 화학적 성분의 배출이 있었을 경우에 시행한다. 또한 헤파필터(HEPA Filter)가 장착된 공기처리기를 사용하지 않더라도 현장누설시험을 최소 2년에 1회 이상은 수행하여야 한다.

공기처리 필수 요건 헤파필터(HEPA Filter)

헤파필터(HEPA Filter)는 고효율 입자 공기필터로, 단분산 $0.3\mu\text{m}$ (마이크로미터) DOP(Di-Octyl Phthalate) 에어로졸 입자의 최소 포집효율이 99.97% 이상인 필터를 말한다. 다공성의 여재에 기체 또는 입자를 통과 시켜 인체의 호흡 또는 의도에 맞는 공기는 통과시키고 불필요한 먼지, 이물질 및 바이러스 등을 여과하는 필터로, 입자크기가 $0.3\mu\text{m}$ 보다 작거나 큰 미세입자의 경우 포집효율이 더 좋아진다.

미국공군연구소에서는 실제 바이러스(입자크기 $0.01\sim 0.3\mu\text{m}$)를 이용하여 헤파필터(HEPA Filter)가 바이러스를 제거할 수 있는지를 연구했다. 필터 여과이론에 따라서 $0.3\mu\text{m}$ 크기를 최대투과입경(MPPS, Most Particle Penetration Size)라고 하며 최대투과입경보다 크거나 작은 입자에 대



[그림 2] 바이러스 입자 크기에 따른 헤파필터의 포집율 출처 : 미국 공군연구소(Air Force Research Laboratory)

한 포집효율이 더 좋다. 이미 2009년도에 미국 공군연구소와 플로리다 대학교에서 헤파필터(HEPA Filter)를 이용한 바이러스 제거 연구를 하였으며, 그 결과 헤파필터(HEPA Filter)로 바이러스 크기 ($0.01\sim 0.3\mu\text{m}$) 또한 99.97%이상 충분히 제거할 수 있음이 과학적으로 입증(VIRAL PENETRATION OF HIGH EFFICIENCY PARTICULATE AIR(HEPA) FILTERS, 2009, Air Force Research Laboratory & University of Florida)되었다([그림 2] 참고).

원자력 등급의 헤파필터(HEPA Filter)는 KEPIC MHB FC, FK에 따라 재료 요건 및 설계요건을 만족하는 필터를 제작해 FC, FK 5000에 따라 검증시험을 만족한 제품을 말하며, 검증시험은 매 5년마다 재검증을 수행해야 한다. 헤파필터(HEPA Filter)는 검증제품 일치성검사 및 통풍저항시험 및 시험 에어로졸 통과량 시험을 통해 합격되어야 한다([그림 3] 참고).

국내 산업용 헤파필터(HEPA Filter)는 ▲KS B 6141 ▲KS B 6740 ▲KS A 4812 등의 국내 표준과 ▲MIL-STD-282 등 미국 표준이 있고 의뢰



[그림 3] 헤파필터 및 헤파필터 검사 필증

고객의 다양한 요구 방법에 따라 평가되어왔으며 적용 표준들은 공통적으로 정격유량에서 0.3 μ m 입자 크기에 대한 제거효율(최소 99.97% 이상)과 필터 차압(시험 중 공기로 인하여 필터에 미치는 필터 전후단의 정압차)을 평가하고 있다.

헤파필터(HEPA Filter)의 초기 차압은 허용값 이내여야 하며 말기 차압은 허용값에 도달하면 교체해야한다. 또한 주기적으로 차압을 점검하여 기록해야 하고 차압이 정상적으로 증가하지 않으면 필터의 파손 또는 개스킷이 손상된 것이므로 즉시 점검하고 교체해야 한다.

원자력발전소 해체 시 공기처리 필수 설비

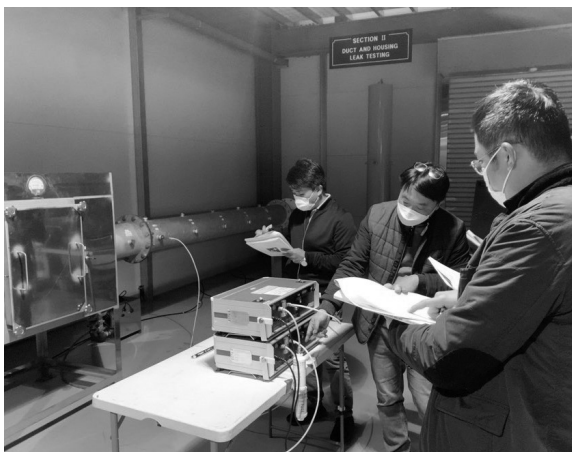
공기정화기(ACU, Air Cleaning Unit)는 시설 내 공간의 부압 유지를 위한 배출 공기 처리용으로 제염 해체 시 방사성 입자 및 가스를 제거한다 ([그림 4] 참고). 이동식 공기정화기(ACU), 해파청소기는 해체 및 제염 작업 시 필수 설비로 원자력 시설에서 국부적인 공간의 정화 또는 작업지역에서의 오염물 제거를 위하여 사용되는 이동식 공기



[그림 4] 이동식 공기정화기(ACU)

처리장치다.

해파청소기는 방사성 입자가 포함된 다량의 분진 등을 처리하며 해체 및 철거 작업 시 현장의 국소부위의 미세분진을 포집하는 역할을 한다. 해파청소기는 프리필터(Pre Filter), 헤파필터(HEPA Filter), 송풍기 등의 부품으로 구성되어 있으며 케이스는 내부의 부품인 필터, 송풍기 등을 적절하게 감쌀 수 있도록 기계적인 누설 관통부가 없도록 설계되어야 한다. 해파청소기는 송풍기의 최대압력에 충분히 견딜 수 있도록 설계하며 차압을 지시하고 경보할 수 있도록 계측기기를 설치하여



[그림 5] 교육 시행 사진

야 한다. 필터 클램프(고정 및 압착용 기구)는 운전 및 이동 중에 풀리거나 느슨해지지 않도록 견고하여야 하며, 필터 압착은 가스켓 두께의 최소 50%~80% 정도 압착할 수 있어야 한다.

장착되는 모든 부품은 ASME N510, N511 성능 시험방법에 따라 시험되어 성능기준에 만족해야 한다. 또한 구성 부품들을 모두 장착한 후 최종적으로 DOP/R-11 누설시험을 수행하여 여과 및 흡착성능을 확인한 후 사용해야 한다. 안전성과 신뢰성, 그리고 작업자 및 주변 공간의 피폭을 최소

화하기 위하여 반드시 공인시험기관을 통해 성능이 입증된 제품의 사용을 권고한다.

한국필터시험원에서는 한국공기안전원 교육원을 통하여 원자력 종사자를 대상으로 HVAC(Heating, Ventilation and Air Conditioning) 가동 중 시험(공기정화계통 유지관리) 이론 및 실무과정과 원자력 공기정화 기술교육을 2015년부터 운영하고 있다 ([그림 5] 참고). 또한 공기안전기술세미나를 진행하여 공기안전 기술 보급 및 지원을 통해 공기안전에 앞장서고 있다. **KIIF**