

동위원소 생산시설 활성탄여과기 하우징 개선을 위한 고려사항

김민진, 홍순복, 장경덕, 유권모, 윤동원, 임인철
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
kimminjin@kaeri.re.kr

한국원자력연구소는 하나로를 이용하는 동위원소생산시설을 운영하고 있다. 동위원소생산시설은 4개의 핫셀뱅크 중뱅크 3에서는 방사성옥소(I-131)의 생산 및 분배가 이루어지고 있으며 모든 작업은 핫셀 내에서 이루어지고 있다. 2005년 6월 활성탄여과기의 교체 후 장착 상태의 불량으로 인해 방사성옥소가 대기 중으로 방출된 사건으로 인해 인근에서 채집한 빗물 시료에 0.0017Bq/L가 측정되었다. 비록 인체나 환경에 미치는 영향은 없는 극미량이었으나 이로 인해 국민 복지를 위해 수행한다고 자부하는 사업이 역으로 일부 언론과 시민단체들의 불필요한 오해를 불러일으켰었다. 재발 방지를 위한 후속조치로 여과기 교체 및 장착 프레임 교정 등의 많은 작업이 2005년에 이루어졌다. 금년에는 관련 안전기준을 올바르게 반영한 활성탄 여과기 하우징을 새로 제작 설치하기로 결정하고 설계 및 제작 구매가 진행 중이다. 이 논문에서는 국내 국외의 각종 활성탄 여과기의 타입 및 하우징을 검토하고 동위원소 생산에 적합한 활성탄 여과기 하우징을 설계 제작하기 위하여 고려된 사항들을 정리하였다.

- 활성탄 여과기의 타입 선정

활성탄여과기는 Type I, II, III, IV로 분류되고 있다.

Type I: Pleated-bed(주름진 베드) 형태의 활성탄 여과기(그림 1)

Type II: 트레이 형태의 활성탄 여과기(그림 2)

Type III: 벌크 타입의 활성탄 여과기

Type IV: Type I에서 진화된 V 베드 활성탄 여과기(그림 3)

활성탄여과기의 분류에 대하여는 ASME AG-1-1997, "Code on Nuclear Air and Gas Treatment"에서 Type II 및 III에 대하여만 언급되어 있다. Type I에 대한 설계 기준 등은 AG-1에서는 이미 폐기된 것으로 알려져 있으며 최근의 문헌에서는 Type I에 대한 언급을 찾을 수 없었고 Type I과 Type II에 대한 분류는 단지 IEST-RP-CC-008-84에서 언급되고 있었다. Type III는 벌크 타입의 활성탄을 사용하는 여과기형태이며 발전로 또는 연구용원자로 등의 공학적안전설비(ESF) 계통에 주로 사용된다. Type IV는 설계 및 생산이 중단된 Type I을 보완하여 만들어진 V자 베드 형태의 여과기로서 국내외에서 동위원소생산시설에 많이 이용되고 있다. 새로 활성탄여과기 하우징을 제작하기 위해 여과기 타입을 결정하는데 가장 힘들었던 것은 어느 형태의 활성탄여과기를 사용하는 것이 적합한가였다. Type I은 존재하지 않기 때문에 고려 대상이 아니었고 Type II, III 및 IV 중에서 Type II는 미국에서 동위원소생산시설 및 화학시험시설에서 많이

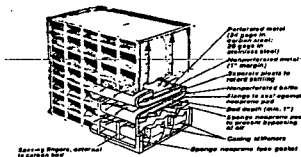


그림 1 Type I adsorber

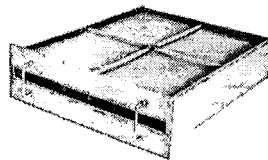


그림 2 Type II adsorber

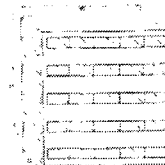


그림 3 Type IV adsorber

사용되며 안전성이나 성능이 우수한 것으로 알려졌다. 그러나 국내에는 Type II 여과기를 생산하

는 곳이 없다는 것이 문제가 되었다. 또한 Type III는 벌크 형태의 활성탄을 사용하는 여과기로써 방사성기체를 완벽하게 걸러내어 누설가능성이 가장 낮은 여과기로 알려졌으나 동위원소시설에서 여과기를 장전하고 탈착하는 과정에 작업자의 피폭 및 분진 흡입 가능성이 많고 활성탄 장전 및 제거를 위한 장비가 있어야 하며 여과기 하우징의 크기가 기존의 공간을 이용하기에는 너무 커서 고려에서 제외되었고 결국은 Type I을 보완한 형태인 Type IV 여과기를 사용한 하우징을 설계하기로 결정하였다.

- 기존 여과기의 단점과 개선 방향

기존의 활성탄여과기 계통은 1차 및 2차 여과기로 구성되어 있다. 1차여과기는 수직방향의 공기 흐름에 대하여 여과기가 수평으로 설치되어 있고 2차여과기는 수평방향의 공기흐름에 대하여 여과기가 수직으로 설치되어 있다. 1차여과기는 공기 흐름이 위에서 아래로 향하므로 장착프레임에 밀착을 시키기 위하여 73kg에 달하는 활성탄여과기를 위로 클램프를 사용하여 떠올리는 방법으로 설치를 한다. 장착하는 과정도 힘들지만 Type IV의 활성탄여과기는 구조상 수평으로 설치하면 아무리 조밀하게 활성탄을 충전하였다하더라도 시간이 경과함에 따라 위쪽의 활성탄이 아래쪽으로 가라앉으면서 공간이 생겨 오염물질의 누설 가능성이 커진다. 그리하여 1차 활성탄여과기도 2차 활성탄여과기와 같이 수직 방향으로 설치하여 수직방향의 장착프레임에 클램프를 사용하여 밀착시키는 방법으로 변경하였다. 그리고 새로 제작될 여과기하우징의 장착프레임은 프레임 구조를 나이프 에지(knife edge) 구조로 개선하여 활성탄여과기의 개스킷이 완벽하게 밀착되도록 하며 장착프레임의 용접을 자분탐상 및 침투탐상을 통하여 검사하여 공기의 누설 가능성을 배제할 예정이다. 또한 새로 제작될 활성탄여과기 하우징에는 성능시험을 편리하게 수행하도록 시험가스 주입구, 측정 및 점검구 등을 적절하게 설치할 예정이다.

- 새 활성탄여과기 하우징의 제작 및 설치와 기존 활성탄여과기 하우징의 제거

새로 제작할 활성탄여과기는 기존 활성탄여과기 계통이 2개의 트레인으로 구성되어 있으므로 한 트레인은 운전을 계속하며 다른 한 트레인을 제거한다. 그 후 새 여과기 하우징을 설치하고 성능시험을 끝낸 후 새 여과기 하우징으로 교체 운전을 실시한 후 나머지 한 트레인을 제거하고 같은 방법으로 설치 및 성능시험을 완료할 계획이다. 제작은 ANSI/ASME N509의 기준을 따르며 성능시험은 N510의 기준에 맞추어 수행할 예정이다. 또한 여과기 하우징 교체로 인한 동위원소의 생산 중단이 발생하지 않도록 할 예정이며 환기계통의 정지가 꼭 필요한 경우 정지 시간을 최소화할 예정이다. 새로 제작되는 활성탄여과기 하우징을 설치하기 위해 기존의 활성탄여과기 하우징과 덕트 배관의 철거를 수행하는데 이들 방사성폐기물은 크기를 최소화하여 방사선구역 내의 일정 장소에 보관하여 오염 물질의 방사능을 감쇠시키고 철저한 제염 후에 자체처분을 계획하고 있다. 방사성옥소는 반감기가 짧은(8.04d) 동위원소임으로 충분한 시간 동안 보관한다면 완전한 제염이 가능할 것으로 여겨진다.

- 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 방사성옥소를 생산하는 동위원소생산시설에 설치될 활성탄여과기 하우징을 설계하고 제작함에 있어 기존 활성탄여과기의 단점을 보완하기 위한 개선 사항을 검토하였다. 새로운 활성탄여과기는 우수한 여과 성능을 가질 것으로 기대되며 이로 인해 방사성동위원소의 생산에서 발생하는 기체 방사성폐기물의 누설량을 최소화시킬 것으로 기대된다. 새 여과기 하우징을 제작 설치한 후에는 기존 여과기 하우징과 덕트 배관을 철거함으로써 발생하는 고체 방사성폐기물을 시설 방사선구역 내에 잘 보관하여 제염한 후 자체처분을 수행할 계획이다.