

## 핫셀 내 기체유동 및 필터링 시스템의 개선

황용화, 이형권, 엄성호, 김길수, 서항석, 전용범

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045(덕진동 150-1)

[hvh@kaeri.re.kr](mailto:hvh@kaeri.re.kr)

다량의 핵물질에서 생성되는 방사성 분진, 유해가스 등을 내포하고 있는 핫셀은 콘크리트 및 납 차폐구조물로 비순환 환기방식을 적용하고 있다. 각종 기기와 장치를 보호하고 종사자에게 쾌적한 주변 환경과 안전성을 제공하기 위하여 핫셀 내 기체유동과 필터링시스템을 주기적으로 점검이 요구된다[1]. 본 연구는 어떤 조건에서도 안전운전을 유지할 수 있는 차폐 셀 내의 원활한 공기흐름 및 부압유지를 위해 필터링 시스템을 개선하여 방사선에 관련된 제반장치들에 대한 신뢰성을 높여야 할 필요성이 있었다.

### (1) 핫셀 내 공기흐름

차폐 셀의 급기는 셀 차폐물 상단으로부터 하단으로 배기되는 구조이며, 표 1과 같이 배기량은 급기량 보다 핫셀 내 체적만큼(1 turn) 낮게 되어있다. 셀의 차폐 개구부를 열 때 공기흐름이 인터벤션으로부터 셀 내로 유동되며, 하단배기구의 보호스크류(Protection screw)를 통해 배기되기 때문에 작업자에게 직접적인 방사선의 노출을 막을 수 있다. 셀은 인터벤션에 비해 10 mmwg 이상의 차압차이를 두어 방사능 분진의 역류를 방지하였다. 또한 대기조건과 셀과는 약 15-25 mmwg의 차압 유지와 시간당 최저 28회 이상에서 40회의 환기횟수를 갖도록 하였다.

표1. 핫셀의 공기유량 및 환기회수

Cell No	Hot Cell flow		renewal/H	
	Suction Flow(m <sup>3</sup> /h)	Discharge Flow (m <sup>3</sup> /h)	Hot-cell area(m <sup>3</sup> )	Renewal/H
9404	1292	1334	46m <sup>3</sup>	29
9405	862	882	21m <sup>3</sup>	42
9406	431	442	11m <sup>3</sup>	40
9407	431	442	16m <sup>3</sup>	28
9408	230	236	6m <sup>3</sup>	39
9409	230	236	6m <sup>3</sup>	39

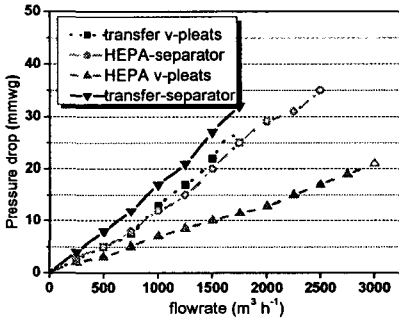
### (2) 필터링 시스템의 메카니즘

핫셀의 필터링 시스템은 표 2와 같이 셀 상단의 급기포트에서 1차 여과되고, 셀 내에 불연성의 스파크 어레스트(spark arrest)와 원통필터(cylindrical filter)를 위치시켰다. 필터 전단의 스파크 어레스트는 STS 스크린 메시(screen mesh)를 사용하여 작업 중 발생하는 불꽃으로부터 화재예방이 가능하게 되어있다[2]. 원통필터의 매질(Lydall #4128)은 3200g/25mm이상의 종방향 인장성 및 120℃까지 사용이 가능한 열저항성을 갖고 있다[3]. 또한 가스켓은 V형 네오프렌 재질로 케이싱과의 자중에 의해 밀착되도록 설계하였다. 급기관통(transfer filter) 및 배기측 각형필터는 기존의 분리판형(separator)을 V-pleats형으로 개선하여 여재를 주름 접힘으로 배열하여 유효단면적을 약 2배 가까이 증가시켰다. 그에 따라 여과속도를 분리판형에 비해 현저히 낮아졌고 그림 1과 같이 다풍량, 저압손이 실현되었다. 원통 및 급기관통필터를 Q107 시험기에 장착하여 서서히 배기시키면서 관찰한 결과 유량과 차압의 관계가 직선으로 상승함이 나타났고, 각각 300m<sup>3</sup>, 1600m<sup>3</sup>에서 25 mmwg 이하의 압력강하가 발생되어 ANSI규정의 초기차압에 적합하였다[4]. 하단에는 2단의 해파(HEPA)필터를 직렬로 설치하여 전단필터에서의 메카니즘 파손 및 효율저하가 발생되었을 경우를

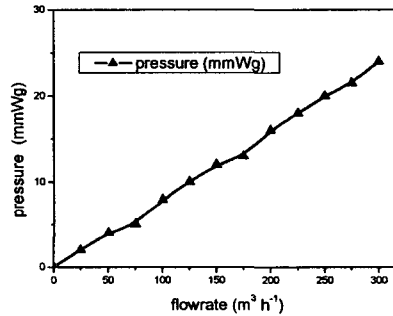
대비하여 후단(2단)에서 한번 더 포집이 가능하여 방사성물질의 누출을 최소화할 수 있었다.

표2. 핫셀 transfer 유량 및 protection screw사양

Cell No	Transfer set		H.E Normal flow			Protection screw			Theoretical head losses upstream of the cell
	Nb	unit flow rate(m <sup>3</sup> /h)	Nb	ΔPp (mmWg)	ΔPc (mmWg)	Nb	type	ΔP (mmWg)	
9404	2	646	1	13	25	2	300	≈5	30
9405	2	431	1	10	25	2	300	≈2	27
9406	1	431	1	5	25	1	300	≈2	27
9407	1	431	1	5	25	1	300	≈2	27



Transfer 및 HEPA filter



Cylindrical filter

그림 1. 흡배기필터의 유량별 압력강하

결론

본 연구에서는 원통 배기필터의 외경과 가스켓이 케이싱 접촉면에 밀착될 때 외경 좌우에 각각 2.5mm의 공간이 형성되었을 때 원격조종기(manipulator)로 장착 및 이설이 용이하였다. 차폐셀의 차압이 허용치(10 mmwg) 이하로 저하되기 전에 신속한 교체를 취할 필요성이 요구되었다. 배기필터의 다중성으로 방사성 오염물의 누출이 현격히 줄어든다고 사료된다.

참고논문

[1] Hwang, Y. H., 1999, KAERI/TR-1387/99, Design & Operation Technology of Ventilating System for Irradiated Materials Examination Facility, pp.8  
 [2] C.A. Burchsted. Nuclear Air Cleaning Handbook (ERDA 76-21), pp221-222  
 [3] Lydall manual  
 [4] SOFILTRA Manual