

삼중수소호흡기 정화통 개발

한정석 · 김도규 · 이동민 · 조주현
선광원자력안전(주)월성사업소

중심어 : 중수로, 삼중수소, 호흡기, 입자성 오염, 얼음

서론

중수로형 원전에서는 삼중수소에 의한 체내피폭을 방지하기 위하여 얼음을 이용한 삼중수소호흡기를 사용하고 있다. 그러나 현재 사용되는 삼중수소호흡기는 얼음의 녹음과 정화통의 구조적인 문제로 인해 작업 수행에 불편함이 있어 왔다. 이러한 문제점을 개선하여 작업자의 작업 안전성과 작업효율을 높이기 위하여 삼중수소호흡기를 개발하게 되었으며, 이에 대한 결과를 소개하고자 한다.

본론

1. 삼중수소호흡기의 구조

[그림1, 2]와 같이 현재 사용되는 삼중수소호흡기의 정화통 외관은 원통형이며, 내부구조는 얼음을 저장하는 공간과 얼음 녹은물이 모이는 공간, 그리고 호흡공기 유도관으로 구성되어 있으며, 장치부착은 허리고정 O링을 이용하여 작업자의 허리에 걸쳐 작업을 수행하고 있다.

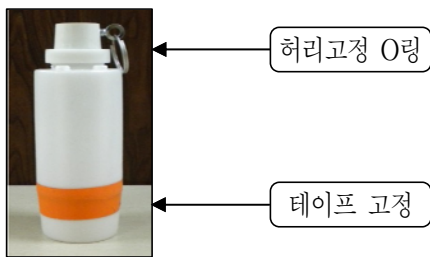
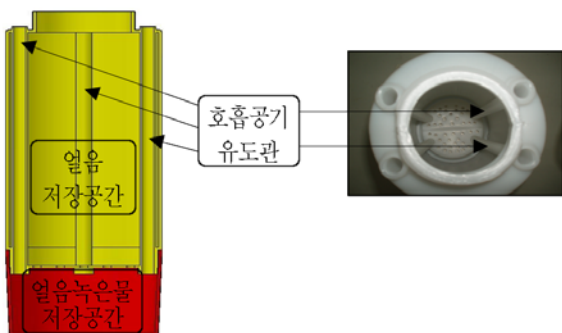


그림 1. 삼중수소호흡기의 정화통 외관



[그림 2. 삼중수소호흡기의 정화통 내부구조]

2. 삼중수소호흡기의 문제점

2.1 구조적 문제점

정화통이 분리/조립되기 때문에 기밀성이 떨어지며, 얼굴과 호흡기 면체와의 밀착 저하로 인한 구조적 누설로 삼중수소 제거효율이 떨어지게 된다. 또한 착용 작업시간이 60~90분 정도로 시간이 경과함에 따라 녹은 물이 정화통 하부에 고이게 되고, 고인 물에 호흡공기 유도관이 잠기게 된다. 이로 인해 호흡공기가 물을 통과하게 되어 작업자의 공기흡입량이 적어지는 문제가 발생한다.

2.2 입자성 오염 방호 문제점

삼중수소호흡기는 공기 중 입자성 오염에 대한 방호기능은 제공하지 못하고 있어, 삼중수소와 입자성 오염이 공존하는 경우, 입자성 오염제거의 어려움이 있다.

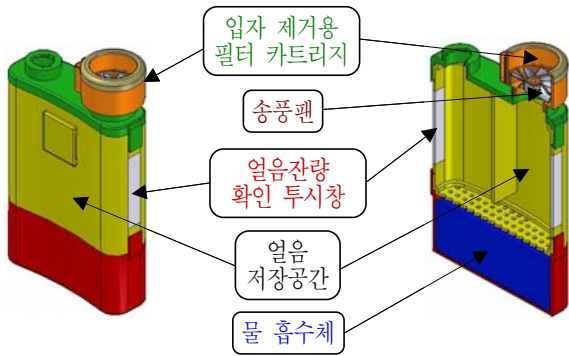
2.3 작업시 문제점

정화통의 얼음 잔량 확인이 쉽지 않아 잔여 작업시간 측정이 어렵고, 얼음 교체작업에 따른 시간소요 등의 번거로움 때문에 작업자들은 얼음 교체 없이 호흡의 불편함을 감수하고 계속 작업을 수행하게 된다. 이는 작업효율 및 삼중수소 제거효율 감소뿐만 아니라 체내피폭 가능성이 높아지는 문제점이 있다. 그 외에 정화통 고정장치가 O링으로 이를 작업자의 허리에 고정하여 작업하게 되는데, 작업 중 정화통의 움직임이 발생하여 작업의 불편함이 있다. 그리고 정화통의 얼음 녹은 물이 작업장 주변 바닥에 흘러, 작업 중 발생하는 계통수와 구분 되지 않을 뿐만 아니라, 작업자의 행동반경에 따라 작업장 주변이 지지분해져 청결 작업에 따른 폐기물 발생의 문제점도 가지고 있다.

3. 기술개발 내용

- 얼음 저장량, 보냉효과 등을 증가 및 착용시간 연장
- 고정장치 개선에 따른 작업수행 불편함 해소
- 입자성 오염 제거를 위한 탈·부착 필터 카트리지를 부착
- 정화통 하부에 물 흡수를 위한 흡수체 설치

[그림3]은 개선된 정화통 구조이며, [표1, 2, 3]은 정화통 개선 전·후의 사양 및 성능을 비교한 표이다.



[그림 3. 개선된 삼중수소소흡기 정화통]

[표 1. 정화통 형태 개선 전·후 사양]

구 분	개선 전	개선 후
형 태	원통형	라운드형 직육면체
전체규격(mm)	Ø100 × 250	180 × 331 × 60
얼음 저장공간(mm)	Ø100 × 180	180 × 180 × 60
빈용기 전체무게(g)	364	554
얼음 저장용량(ℓ)	1.41	1.94
얼음 무게(g)	675	825
얼음 수량(개)	45	55
얼음 규격(mm) 및 무게(g)	30 × 30 × 15, 15	
재 질	P.E 합성수지	P.E 합성수지
방호계수	2	2
작용시간(분)	60 ~ 90	120 ~ 150

[표 2. 형태에 따른 삼중수소 제거 현황]

구 분	공간농도(DAC)	측정농도(DAC)		비고
		개선 전	개선 후	
1회	1.18	0.88	0.75	-실험장소 : 4호기 R-014 (중수제염기 건조중) -측정장비 : 이동형 삼중수소제거기 -측정공기량 : 5ℓ/회 (2ℓ/분, 2분 30초)
2회		0.89	0.66	
3회		0.75	0.65	
4회		0.65	0.59	
5회		0.81	0.62	
평균	1.18	0.80	0.65	
제거율(%)	-	32.2	44.9	12.7% 증가

[표 3. 보냉에 따른 얼음 녹음 현황]

구 분	개선 전	개선 후	
얼음 무게(g)	800	800	
1시간후	얼음 무게(g)	572	686
	얼음 녹은 물의 양(g)	228	114
	얼음 손실율(%)	28.5	14.2
	보냉효율(%)	71.5	85.7
2시간후	얼음 무게(g)	424	532
	얼음 녹은 물의 양(g)	376	268
	얼음 손실율(%)	47.0	33.5
	보냉효율(%)	53.0	68.0
3시간후	얼음 무게(g)	312	445
	얼음 녹은 물의 양(g)	488	355
	얼음 손실율(%)	61.0	44.3
	보냉효율(%)	39.0	55.7
온도, 습도	27℃, 35%		

4. 기술개발 결과

4.1 정화통 구조 변경

- 가. 정화통 구조 변경에 따른 체적 증가 (0.53ℓ 증가)
- 나. 얼음량 증가 (150g 증가)
- 다. 얼음 수량 증가 (10개 증가)
- 라. 얼음 표면적 증가에 따른 호흡공기와 얼음 접촉면 증가 (135cm² 증가, 얼음 1개당 표면적 : 13.5cm²)
- 마. 정화통 내부 호흡공기 유도 길이 2배 증가 (원통형 일자 → 라운드형 U자)
- 바. 보냉 성능 개선으로 보냉효율 증가 (15% 증가)

4.2 입자성 오염 제거용 필터 카트리지가 부착

- 가. 원터치 탈·부착 방식의 입자성 오염 제거용 필터 카트리지가 부착 (Ø7.1cm×4.5cm)
- 나. 호흡량 부족 해소를 위한 송풍팬 부착

4.3 물 흡수체 설치 (PVA필프, 626cm² = 17.2cm×5.2cm×7cm)

- 가. 얼음 녹은 물 흡수를 위한 흡수체 부착
- 나. 물 600g 흡수 가능 (얼음량 825g의 72.7% 흡수)

결 론

정화통 형태를 변경함에 따라 얼음 저장량 증가, 호흡공기와 얼음의 접촉면 증가, 호흡공기 유도 길이 증가 등으로 삼중수소 제거율은 12.7%가 증가 하였고, 얼음의 보냉효율 증가를 통해 작용시간을 연장하고, 탈·부착식 입자성 오염 제거용 필터 카트리지를 추가하여, 입자성 오염과 삼중수소 오염을 동시에 제거 할 수 있게 되었다. 또한 얼음 녹은 물이 물 흡수체에 흡수되어 작업장 주변 청결유지 및 호흡불량을 해소 하였다.

참 고 문 헌

1. 월성원자력 제2발전소 운영절차서 방사-004 피폭방사선량 관리
2. 월성원자력 제2발전소 운영절차서 방사-201 방사선관리 구역 출입절차
3. 월성원자력 제2발전소 운영절차서 방사-204 관리구역 운영절차
4. 월성원자력 제2발전소 운영절차서 방사-205 방사선관리 구역 작업용품 사용