

방사선관리구역 개선작업복의 유리화 타당성 분석

박윤규, 박승철, 김천우

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 금병로 508

pyka@khnp.co.kr

1. 서론

울진 원자력발전소 방사성폐기물 유리화설비가 2009년 상업운전을 시작하여 가연성잡고체(작업복, 종이류, PE류, 고무류, 목재류 등) 처리를 하고 있다[1]. 현재 처리되고 있는 가연성잡고체 중 작업복은 향후 경량화 된 개선작업복으로 대체 적용이 검토되고 있으므로 이에 대한 유리화 특성 및 유리화 가능성 분석을 수행하였다. 본 논문의 분석 자료들은 경량화 작업복을 유리화 할 경우 추후 울진 원자력발전소 유리화설비 운영기초 자료로 활용될 예정이다.

2. 본론

2.1 개선작업복 특성 및 종류

개선작업복은 부착된 오염물질에 대한 99%의 보호막을 제공하면서도 편안함과 열 스트레스를 줄이고 사용기한이 길며 정화능력을 가진다. 방사선관리구역 내에서 피부오염과 방사능오염 확산 방지용으로 사용 예정인 개선작업복은 경량화 가운, 경량화 작업복, LS(Light & Soft) 작업복으로 구분되어진다.

2.2 경량화 가운 유리화 특성 분석

경량화 가운의 재질은 Rayon 17%, Poly microfiber 24%, Polyester 43%, PU 16%로 구성되어 있으며, 그 원소 조성은 Table 1과 같이 분석되었다[2].

Table 1. Analyzed chemical composition of light weight gown

	C	H	O	N	S	Cl	F	무기물 (주로 Na입)
구성비 (wt%)	54.4	4.7	33.8	2.5	4.6	-	-	1.5

경량화 가운의 유리화 가능성을 용융공정과 폐기물의 배기체 영향 측면에서 분석하였다. 먼저

용융공정 측면에서 분석한 결과 Na가 1.5wt% 포함되어 있다. 유리용탕에서 경량화 가운을 열분해 시키고 나면 Na는 유리용탕에 잔류하게 되고 이는 유리용탕 운전변수(점도, 전기전도도) 측면에서는 긍정적 영향을 주는 반면에 유리고화체 품질(침출특성)에는 일부 부정적 영향을 줄 수 있다. 유리조성 개발 프로그램 해석 결과 그 영향은 미미하여 유리화 시 문제가 없는 것으로 평가되었다.

다음으로 배기체 영향 측면에서 분석하였다. 이를 위하여 경량화 가운의 화학적인 성분구성, 배기체 영향 검토를 위한 가정을 설정하고 유리화시 배기체 발생량을 검토하였다. 배기체 영향 검토를 위한 저온용융로에서의 연소조건은 과잉 산소, 혼합된 가연성잡고체의 처리율은 약 20kg/hr, 일정량의 공기 Inleakage를 가정하였으며, 개선작업복에 공통으로 적용하였다.

경량화 가운의 화학성분과 운전변수들 조합으로 부터 경량화 가운을 유리화 할 경우 배기체 발생량은 Table 2와 같이 계산되었다.

Table 2. Calculated off-gas composition of light weight gown generated from glass melter

Gas	CO ₂	H ₂ O	O ₂	NO	SO ₂	N ₂	HCl	Total
유량 (Nm ³ /h)	22.17	11.49	23.09	0.87	0.70	31.24	0.00	89.58
%	24.75	12.83	25.78	0.97	0.78	34.88	0.00	100.00

이들 발생 기체들은 유리화 공정내 배기체처리 계통의 습식세정기와 선택적촉매환원반응기(SCR)의 inlet 설계조건을 이용하여 평가해 볼 때 안정적으로 처리가 가능함을 확인하였다.

2.3 경량화 작업복 유리화 특성 분석

경량화 작업복의 재질은 Rayon 24%, Poly microfiber 34%, Poly staple fiber 42%로 구성되어 있으며, 주요원소는 Table 3과 같이 분석되었다[2].

Table 3. Analyzed chemical composition of light weight cloth

	C	H	O	N	S	Cl	F	무기물 (주로 Na임)
구성비 (wt%)	56.0	4.1	33.4	-	6.5	-	-	2.15

경량화 작업복 유리화 시 유리용탕 운전변수 및 유리고화체 품질에는 특별한 문제가 없는 것으로 분석되었으며 배기체 발생량은 Table 4와 같다.

Table 4. Calculated off-gas composition of light weight cloth generated from glass melter

Gas	CO ₂	H ₂ O	O ₂	NO	SO ₂	N ₂	HCl	Total
유량 (Nm ³ /h)	22.83	10.03	22.99	0.00	0.99	31.24	0.00	88.08
%	25.91	11.38	26.11	0.00	1.13	35.47	0.00	100.00

경량화 작업복 유리화 시 NO_x 발생은 없으나 SO_x가 발생하는 것으로 분석되어 습식세정기 설계조건에 따라 폐기물을 투입할 때 안정적으로 유리화가 가능하다.

2.4 LS 작업복 유리화 특성 분석

LS 작업복의 재질은 Nylon 100%로 구성되어 있으며 원소는 Table 5와 같이 분석되었다[3].

Table 5. Analyzed chemical composition of LS cloth

	C	H	O	N	S	Cl	F	무기물 (주로 Ti임)
구성비 (wt%)	76.76	5.98	8.97	7.98	-	-	0.01	0.3

LS 작업복의 Ti는 유리용탕 운전변수와 유리고화체 품질 모두에 긍정적 영향을 주게 된다. 배기체 발생량은 Table 6과 같이 계산되었다.

Table 6. Calculated off-gas composition of LS cloth generated from glass melter

Gas	CO ₂	H ₂ O	O ₂	NO	SO ₂	N ₂	HCl	Total
유량 (Nm ³ /h)	31.38	14.67	32.00	2.79	0.00	31.24	0.00	112.09
%	28.00	13.09	28.55	2.49	0.00	27.87	0.00	100.00

경량화 작업복과 달리 LS 작업복은 SO_x가 발생되지 않고 NO_x가 발생되나, 유리화설비의 SCR을 이용하여 배기체를 처리할 수 있으므로 안정적으로 유리화가 가능하다.

3. 결론

향후 원전 방사선관리구역에서 사용 예정인 개선작업복 3종을 대상으로 유리화 시 용융공정, 고화체 품질, 배기체 발생 및 처리 측면에서 분석·평가하였다.

3종의 개선작업복 모두 유리용융 공정과 고화체 품질 측면에서 부정적 영향을 주지 않은 것으로 평가되었다. 또한, 개선작업복들을 유리화할 경우 배기체 영향 측면에서 분석한 결과 폐기물 투입량 조절 등을 통하여 유리용융로 후단에 설치된 배기체처리시스템에서 안정적으로 처리가 가능한 것으로 평가되었다. 따라서 개선작업복에 대한 향후 유리화는 원활하게 진행될 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] 한국수력원자력(주), “중·저준위 방사성폐기물 유리화 원형플랜트 개발”, 2008.
- [2] 다이명 T&C “경량화작업복, 가운 성분 분석 결과”, 2010.
- [3] 다이명 T&C “L&S 작업복 성분 분석 결과”, 2008.