

상용 열분해/축매 산화기술을 이용한 수용성 방호복 처리 장치 개발

김진길, 김현기, 강덕원, 김효철, 이의동, 김동훈*, 허성기*

하나검사기술(주), 경기도 하남시 초이동 337-10

*한국수력원자력, 경상북도 경주시 양남면 나아리 260

freeflying04@naver.com

1. 서론

국내 원전에서 발생되는 폐기물 발생 동향을 2003년부터 2005년까지 분석한 결과 잡고체 폐기물 발생량이 83%를 차지하는 것으로 나타났으며, 그 중 가연성 폐기물이 차지하는 비중이 약 50% 정도 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 가연성 폐기물 발생은 원전 운영 중 필연적으로 발생될 수 밖에 없는 상황임을 감안할 때 폐기물 발생량을 저감하기 위한 근본적인 해결책이 마련되어야 할 것이다. 이러한 측면에서 수용성방호용품 도입은 이에 대한 해답을 가지고 있다. PVA 물질은 다른 고분자 물질과는 달리 면(Cotton)에 가까운 물리·화학적 특성을 지니고 있으면서도 100℃의 물에 용해되는 장점을 가지고 있으며, 이렇게 용해된 용액은 방사성물질 제거 공정을 거친 후 축매를 이용해 500~600℃ 수준에서 쉽게 CO₂와 H₂O로 산화시킬 수 있어 원전 가연성 폐기물 저감을 위한 대안책이 될 있을 것이다. 본 연구에서는 실증 실험을 통해 상용으로 제작된 수용성방호용품 처리 장치의 성능을 평가하기 위해 수행되었으며, 이를 근거로 2010년 7월부터 3개월 동안 월성 1 발전소에 사용 후 보관 중인 약 8.8톤의 수용성방호용품 폐기물 처리 용역을 수행할 예정이다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

본 설비는 용해농축공정, 방사성물질 제거 공정, 열분해 산화 공정, 축매산화 공정으로 구성되어 있으며, 각 공정별 특징은 다음과 같다.

- 제1단계(용해/농축공정) : PVA 방호용품에 부착된 방사성핵종 제거를 위한 고체 방호용품 용해, 펜톤 반응에 의한 PVA 물질 1차 처리 및 유기물 산화공정에서 처리할 물량 저감을 위한 PVA 용액 농축.
- 제 2 단계(방사능 제거 공정) : 응집 및 여과 설비를 이용한 PVA 용액 중 감마핵종제거

공정.

- 제 3 단계(유기물 산화공정) : PVA 물질을 열분해·축매산화기술을 이용해 CO₂와 H₂O로 산화.
- 제 4 단계(배출가스 냉각공정) : 축매산화 공정을 통해 배출되는 가스 중 기체와 수분 분리
- 제 5 단계(응축수 중화공정) : 응축된 수분의 pH를 방류수 수질기준에 맞도록 중화
- 제 6 단계(응축수 여과/배출공정) : 응축수에 포함되어 있는 부유물을 제거한 후 LRS 로 배출.

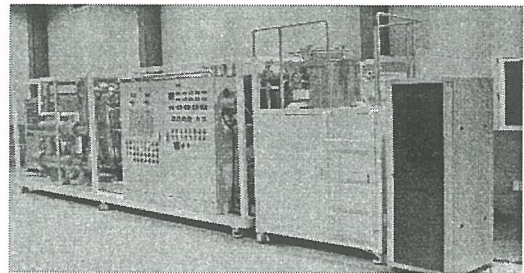


Fig. 1. Overview of a PVA treatment system

2.2 장치 설치 및 성능평가

실규모 수용성방호용품 처리 장치는 2010년 7월 28일 월성 1발전소 2호기 제염실에 설치되었으며, 장치의 성능평가는 8월 1일부터 1주일 동안 수행되었다. 특히, 본 실험에 사용된 수용성방호용품은 2009년 월성 1호기 대규모설비개선 공사에서 사용되었던 것으로, 장치 성능평가 후 용역기간 중 처리해야 할 물량은 약 8.8톤 수준으로 평가되었다.

2.3 성능평가 결과

실규모 수용성방호용품 처리설비를 이용해 월성 1호기 대규모설비개선 공사에서 사용된 작업복을 처리한 결과는 다음 표 2, 3과 같다. 실험 결과 수용성방호용품의 처리량은 150벌/회로, 일 최대 처리량은 600벌로 평가되었다(표1참조).

Table 1. Specification of PVA treatment system

항 목		사양	비고
전원		380V/3상/150A	사용전력 65kWh(최대)
크기 (가로×세로×높이)	본설비	7.0m × 1.7m × 2.2m	이동형
	냉동기	2m × 1m × 1.2m	15 ~ 20 RT
처리용량	방호복	Max 600벌/일(150kg/일)	150벌/회×4회/일

Table 2. Operation results of dissolving process

점검사항	단위	적정범위	체크시간						
			0H	+1H	+2H	+3H	+4H	+5H	+5.5H
			용해(2회 분할 투입)			분해		농축	
반응조 온도	℃	40~100℃	43	96	96	96	96	47	46
반응조 압력	Torr	-	790	760	760	760	760	120	120
농축액 수위	L	-	95	102	105	132	121	86	60

Table 3. Operation results of oxidation process

점검사항	단위	적정범위	체크시간							
			0H	+3H	+6H	+9H	+12H	+15H	+18H	
폐액 투입량	L/hr	9 ~ 12	10.5	11	10.8	11.2	11	10.8	11.5	
공기 투입량	m ³ /hr	50 ~ 70	64	65	64	64	64	64	64	
프리히터 온도	℃	600 ~ 700	627	627	627	627	627	627	627	
열분해산화 반응로 운전 온도	입구	℃	450~700	483	530	520	490	479	530	520
	하부	℃	550~700	560	575	582	574	561	578	581
	출구	℃	550~600	565	575	58	578	578	583	581
G/G 출구온도	℃	350미만	278	260	290	275	280	288	295	
배기체 중 CO 농도	ppm	30미만	15	20	10	5	20	18	22	
처리수	COD	mg/L	20미만	-	-	-	10.5	-	-	12
	pH	-	5.8~8.6	6.7	6.8	6.2	6.8	6.7	6.7	6.8
	감마핵종	Bq/g	MDA	-	-	-	-	-	-	MDA

용해/농축조에서 농축된 50~60L/회의 용액을 평균 11L/hr로 열분해/축매산화 장치에 투입시 반응기 온도가 정상적으로 유지되는 것으로 나타났으며, 농축액 처리시 배출되는 가스 중 CO 농도는 15.7ppm, 처리수의 COD 및 pH는 약 11mg/L와 6.6으로 안정적으로 처리되는 것으로 나타났으며, 최종 처리수의 감마핵종 농도 또한 MDA 수준으로 나타났다(표 3참조).

3. 결론

본 실험을 통해 실규모 수용성방호용품 처리장치의 처리용량은 최대 600벌/일(150kg/day)까지 가능한 것으로 나타났다. 최종 처리수질의 COD 및 pH 값은 11mg/L와 6.6으로 안정적으로 처리되는 것으로 나타났으며, 감마핵종 농도 또한

MDA 수준으로 평가되었다. 수용성방호용품의 원전 도입을 통해 중저준위 가연성 폐기물의 획기적인 감량을 기대할 수 있으며, 이를 통해 원전운비 절감, 방사성폐기물 발생량 저감 및 작업자의 방호 및 위생 측면에서 다양한 효과를 기대할 수 있을 것으로 평가된다.

4. 참고문헌

- [1] 원자력발전백서 2003년~2005년.
- [2] 원자력발전소 방사선 관리 연보(2004).