

폴리머고화설비 성능 평가

민병돈, 김은영, 박정수

한국전력기술(주), 경기도 용인시 기흥구 용구대로 257

byungdon@kopec.co.kr

1. 서론

신고리 원전 3,4호기에서는 액체방사성폐기물계통의 성능향상, 고체방사성폐기물 발생량 저감, 운전원 피폭감소 및 방사능의 환경 방출을 최소화하기 위해 액체방사성폐기물계통의 주처리설비로 역삼투압설비(Reverse Osmosis (R/O) System)를 적용하게 되었다. 그러나, 역삼투압설비 운영으로 인해 R/O 농축폐액(R/O Concentrate)이 발생하게 되므로 이를 국내 폐기물처분요건에 적합한 형태로 고형화 할 수 있는 고화처리설비의 도입이 요구되었다. 이에 신고리 원전 3,4호기에는 액체방사성폐기물계통의 역삼투압설비에서 발생된 농축폐액을 국내 폐기물 인도규정 및 처분기준에 적합한 형태로 고형화 할 수 있는 설비로 폴리머고화설비를 채택하게 되었다. 따라서, 본 논문은 국내 신고리 원전 3,4호기에 도입되는 폴리머고화설비에 대한 성능 평가방안 및 기본 설비사양을 제시하도록 한다.

2. 폴리머고화설비 설계요건

신고리 원전 3,4호기의 폴리머고화설비는 역삼투압설비 (Reverse Osmosis System)에서 발생한 농축폐액을 농축폐액처리설비를 통해 건조처리한 뒤 고화처리한다. 폴리머고화설비는 농축폐액처리설비에서 발생하는 하루 200 gallon의 농축폐기물을 처리할 수 있도록 하루 55 gallon drum 4개 분량의 농축폐기물을 처리할 수 있어야 하며, 고화처리된 폐기물은 10 CFR 61 "Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste", Section 61.56, Waste Characteristics 요건을 만족하여야 한다. 또한, 동 처리설비는 폐필터카트리지와 폐역삼투압막 등으로 채워진 55 gallon 드럼을 고화처리 할 수 있도록 설계된다.

폴리머고화설비는 농축폐액건조폐기물 폴리머고화처리설비 (Dried Concentrate Polymer Solidification System) 및 폐기물드럼이송/취급설비 (Waste Drum Handling/Transfer System), 제어장치 등으로 구성되며, 드럼 Capping 및 이송은 모두 자동으로 이루어 질 수 있도록 설계된다. 동 설비는 방사성폐기물 처리설비의 지하배치 개념에 따라 복합건물 Level 1(EL. 63'-0")에 설치되며, 농축폐액건조처리설비 (CTS)에서 컨베이어를 이용하여 이송된 폐기물 드럼에 폴리머를 충전(약 드럼의 90~95%)하여 고화처리 한다. 이 과정에서 Vacuum Pump를 이용하여 Internal을 통해 드럼내부에 진공을 유지시켜주며 외부로 배출되는 공기는 HEPA 필터를 통해 처리하게 된다. Line Static Mixer를 이용하여 폴리머를 혼합, 주입하며 과주입 방지를 위해 폴리머 주입펌프와 연계하도록 설계한다. 폴리머 고화정도는 Temperature Inspection Station에서 드럼 외부온도를 측정하여 알 수 있으며, 이후 Capping Station에서 드럼을 체결한다. 또한, 충전물, Seal, 개스킷 등 소모성 부품을 제외한 모든 장치는 최소 40년 수명을 유지할 수 있도록 설계된다.

폴리머고화설비의 공정 흐름도는 그림 1과 같으며, 설비의 주요 기술사양은 표 1과 같다.

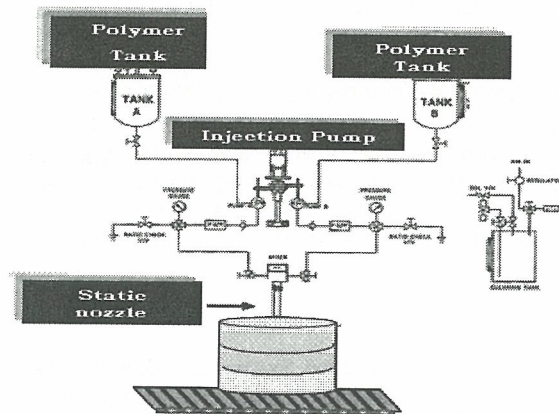


그림 1. 폴리머고화설비 공정 흐름도

표 1. 폴리머고화설비 주요 기술사양

기기 명	수량	중량(kg)	크기(m) (L x W x H)	기능
Solidification Agent Storage Rack & Pump Skid	1	180	2.1 x 1.1 x 2.3	폴리머 주입
Vacuum Pump Skid	1	250	2.29 x 1.91 x 2.59	진공형성
Fill Head	1	780	1.8 x 0.82 x 2	폴리머 주입
Drum Capper	1	300	5.5 x 1.14 x 1.14	드럼체결
Conveyor	1	2,775	15.3 x 11.7 x 0.6	드럼운송
Local Control Console (Comp. Bldg. EL.63'-0")	1	270	1.8 x 1 x 1.45	현장운전
Radwaste Control RM HMI Station	1	18	0.28 x 0.5 x 0.25	운전제어

3. 폴리머 성능 평가

신고리 원전 3,4호기 폴리머고화설비는 폴리머를 이용한 특수도로 전문 생산업체인 (주)아해에서 공급되며, 현재 동 원전에 공급할 폴리머고화설비를 설계, 제작 중에 있다. 폴리머고화설비에 사용되는 폴리머는 (주)아해 생산의 Radsol 100, Radsol 200 등 2액형으로 구성되며 주요 사양은 표 2와 같다.

표 2. 폴리머 사양

폴리머 종류	Radsol 100	Radsol 200
용도	주체	보조첨가제
성분	에폭시 수지 (Epoxy Resin)	폴리아마이드 (Polyamide) 지방족 아민 (Aliphatic amine) 변성 폴리 아미도 아민 (Modified-Polyamido amine)

신고리 원전 3,4호기에 적용되는 폴리머고화설비는 국내에서 요구하는 방사성폐기물 인도규정 등 국내 처분장 안전성을 확보하기 위한 관련 원자력 법, 원자력법 시행규칙 및 교과부고시에 명시된 처분폐기물에 대한 처리요건을 만족하여야 한다. 따라서, 신고리 원전 3,4호기에서 사용될 폴리머 고화제의 성능 입증 및 평가를 위해서 국내 중저준위방사성폐기물처분시설의 안전성분석보고서 (Rev.1) 고화처리요건 및 미국 NRC에서 요구하는 폐기물 등급별 안정화요건 (Waste Form Technical Position, Rev.1)을 적용하여, 폴리머 고화체에 대한 성능평가 시험을 수행하였으며, 성능시험 항목 및 시험결과는 표 3과 같다.

표 3. 폴리머 성능시험 항목 및 결과

Test Item	Test Method	Acceptance Criteria	Test Results
Compressive Strength	KS F 2405	> 500 psi	7,483 psi
Radiation Stability	NRC Technical Position on Waste Form	> 500 psi 1×10 ⁸ RADS (폐수지) 1×10 ⁹ RADS (농축폐액)	6,860 psi
Leach Resistance	ANSI/ANS 16.1	> 6 (Leaching Index)	Co:12.9, Cs:12, Sr:14
Immersion	ANSI/ANS 16.1	> 500 psi	6,816 psi
Thermal Stability	ASTM B553	> 500 psi	5,743 psi
Biodegradation	ASTM G21	> 500 psi	3,205 psi

4. 결론

신고리 원전 3,4호기에 설치될 폴리머고화설비는 국내 중저준위방사성폐기물처분시설에서 요구하는 방사성폐기물 인도규정을 만족하도록 설계될 것이며, 구매자가 제시하는 고화설비의 기본 성능요건, 재질·제작요건, 연계설계요건, 전기·계측요건과 건설, 운전 및 보수성을 고려한 기기 배치요건 등을 만족하도록 설계하고 있다. 또한, 국내 최초로 관련 법규 및 코드에서 요구하는 폴리머 고화체에 대한 성능을 입증하기 위한 시험을 수행하였으며, 시험결과는 모두 허용기준을 만족하는 것으로 평가되었다. 폴리머고화설비는 2010년 상반기에 현장에 납품 및 설치될 예정이며, 이후 설비의 성능 및 안전성 확인을 위한 현장 성능시험이 수행될 계획이다.

5. 참고문헌

- [1] System Description of Polymer Solidification System for SKN 3&4, (주)아해, 2009
- [2] 시험절차서 Compressive Strength, Radiation Stability, Leach Resistance, Immersion, Thermal Stability, Biodegradation for SKN 3&4, (주)아해, 2009