

마이크로웨이브를 이용한 원전 폐수지의 건조 및 감용특성 고찰

김호영, Horst Linn*, 이명석**, 김한익***

LabWorks Inc., 광주광역시 북구 용봉동 300 전남대학교 산학협력과학관 509

* Linn High Therm GmbH, Heinrich-Hertz-Platz 1, D-92275, Eschenfelden, Germany

** (주)엔에이시, 전남 화순군 춘양면 우봉리 497-1

*** 엘림글로벌, 경기도 성남시 중원구 상대원동 190-1 SK테크노파크 테크동 807

labworks@labworks.co.kr

1. 서론

원전 수질정화용 이온교환수지는 0.4-1.0 mm 크기의 아주 작은 입자로서 세공구조의 고분자 모체에 이온교환기를 결합시킨 것인데, 이 교환기의 말단에 있는 대립 이온의 이온성에 따라 양이온교환수지 (H⁺ 혹은 Na⁺ 결합) 혹은 음이온교환수지 (OH⁻ 혹은 Cl⁻ 결합)로 구분된다. 발전소 1차계통의 수질정화에 사용한 이온교환수지는 방사능농도가 높기 때문에 주로 건조후 고건전성용기(HIC)에 보관하고 있다. 그러나, 증기발생기 취출수계통과 같이 2차계통에서 사용한 이온교환수지로는 통상 6개월에 1,500리터 씩 교체하는 이온수지와 18개월 마다 1,500리터 씩 교체하는 혼상수지가 연간 주기적으로 발생되고 있으며 방사능함량이 극히 낮으나 안전성문제로 탈수/건조후 원전현장에 임시보관하고 있어 감용처리가 절실히 요구되는 실정이다.

본 연구에서는 마이크로웨이브 건조기를 이용하여 극저준위 폐수지 시료에 대해 건조할 경우 시료의 건조 및 감용 특성에 대한 기초실험 결과이다.

2. 본론

2.1 극저준위 폐수지 처리현황

현행 교육과학기술부 고시 제2009-37호 “방사성 폐기물의 자체처분에 관한 규정고시”에는 30개 핵종 및 반감기가 100일 미만의 베타-감마선 방출핵종에 대한 제한농도를 그램당 100Bq 미만이거나 기타 방사성핵종에 대해서는 개인에 대한 연간 피폭방사선량이 10마이크로시버트 미만이고 집단에 대한 총 피폭방사선량이 1만·시버트 미만이 되는 것이 입증되는 농도를 제한농도로 명시하고 있다. 원전에서 발생하는 폐수지에는 반감기가 100일 이상인 핵종이 검출되기 때문에 처분제한 규정의 적용이 맞지 않을뿐만 아니라 자체처분

승인기관에서는 IAEA 처분규정에 명시된 핵종별 농도를 승인 심사에 적용함에 따라 자체처분에 상당한 어려움이 있는 실정으로 2010년 2월 현재 약 1,000 드럼(약 200,000 리터) 가량의 극저준위 원전 폐수지가 원전 현장에 보관되어 있는 것으로 파악되고 있다.

2.2 이온교환수지의 물성

Table 1은 국내원전에서 사용되고 있는 Graver Technologies사의 이온교환수지의 종류 및 물성치를 나타낸 것이다. 즉,

Table 1. Material Properties for Nuclear Resins

수지종류,수지명	물성치
GR 2-16 N (Cation Exchange Resin)	Specific Gravity(Water=1) : 1.27-1.32 Evaporation Rate(Butyl acetate=1): < 1 Percent Volatility : 37-43 % Water Ionic Form : Hydrogen/Hydroxide forms Auto-Ignition Temp : 500°C
GR 3-16 N (Cation/Anion Exchange Resin)	Specific Gravity : 1.1-1.3 Evaporation Rate(Butyl acetate=1): < 1 Percent Volatility : 45-60% Water Ionic Form : Hydrogen form Auto-Ignition Temp. : 500°C

2.3 폐수지의 열적 특성

Fig. 1은 TGA를 이용하여 600°C까지 질소분위기 하에서 프로그램된 특정 가열조건으로 자연건조된 폐수지 시료를 가열하는 동안 얻은 증량변화곡선으로, 온도대별 증량변화률에 차이가 나타나는 것은

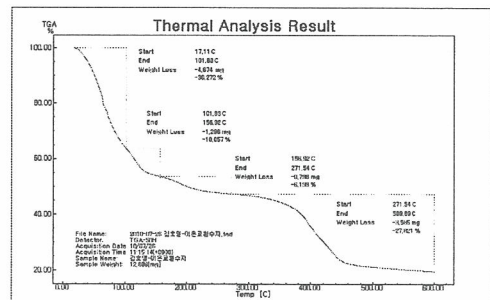


Fig. 1. TGA Result for Resin

상대적인 저온영역(250℃ 내외)에서는 수지내 함수율의 변화가, 그 이후는 수지연결고리구조의 변화가 원인 때문인 것으로 보인다.

Fig. 2는 건조전후의 시료입자에 대한 현미경 사진으로 입자의 크기(직경) 변화에 따라 적정함 감용이 가능함을 보이고 있는 그림이다.

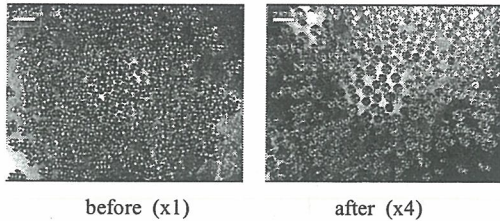


Fig. 2. Photos of Cation/Anion Exchange Resin Particles (after : Microwave Dried Resin, x4)

2.4 마이크로웨이브 건조기

실험에 사용된 건조기는 독일의 Linn사 자체모델(MDBT-11.2)이며 설비의 가열부 길이가 3 m 인 벨트형 건조기로 마이크로웨이브를 열원으로 하며 시료의 이송속도는 분당 1 m로 운전하였으며 온도계, 열화상카메라, 전자저울 및 전자함수율측정기 등이 실험에 이용되었다. 사용된 시료는 1차 탈수후 자연건조과정을 거친 함수율 46.3 %인 폐수지 500 ml (352 g)로 전술한 건조기에 투입 후 Table 2와 같이 2개 조건에서 동일방식으로 운전하였다. 즉,

Table 2. Operation Conditions for Microwave Belt Dryer

실험조건	투입전력량(kW)	시료이송속도(m/min)
1	6.3	1
2	12.6	1

2.5 마이크로웨이브 건조기를 이용한 폐수지의 건조 특성

Fig. 3은 전술한 벨트형 마이크로웨이브 건조기를 이용하여 각기 다른 운전조건에서 얻은 가열 시간에 따른 설비온도변화 및 증량변화에 대한 실험결과이다. 실험조건 1의 경우, 시험 20분 후 시료는 부피 250 ml, 질량 162 g, 함수율 0.03 %를 보였으며, 실험조건 2의 경우 조건 1의 절반 정도의 시간 경과 후 부피 240 ml, 질량 154 g, 함수율 0.01 %로 건조되는 것으로 나타났다.

3. 결론

본 연구는 1차적으로 탈수·건조된 함수율 46.3 %의 원전 2차측 폐수지 시료를 마이크로웨이브 건조기로 건조할 때 수지의 증량 및 부피변화를 실험한 결과이다.

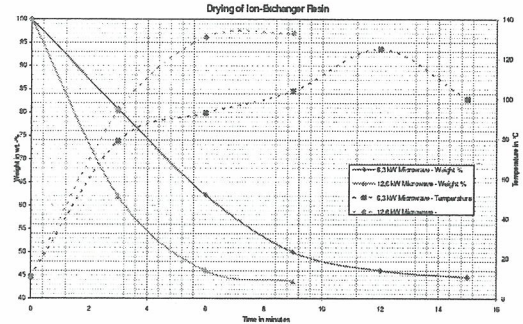


Fig. 3. Volume Reduction Curve for Microwave Dried Spent Resin

실험결과 가열온도 150 °C 미만의 조건에서도 함수율이 거의 영(zero)이 되는 조건까지 건조될 수 있으며, 이 경우 증량과 부피 감소율은 최소 50 %가 넘는 것으로 나타났다.

통상 시료의 초기조건(함수율) 및 설비 운전조건에 따라 건조시간, 감량/감용비 등이 다소 다를 것으로 예상할 수 있으나, 충분히 건조된 시료를 적절한 후속공정으로 습분을 흡수할 수 없는 상태로 변화시키고, 자체처분에 대한 안전성을 입증하게 된다면 현재 원전현장에 임시보관중인 폐수지의 감용을 위한 유용한 방안이 될 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] 방사성폐기물학회지 Vol.7, No.3, pp.175-182, 2009, 초임계수 산화공정에 의한 원전 폐수지 처리기술, 김경숙 외.
- [2] 방사성폐기물학회지 Vol.5, No.3, pp.221-227, 2007, 펜톤시약에 의한 이온교환수지의 직접 산화분해, 김길정 외.