

압력과 온도변화에 따른 LiCl의 휘발특성

은희철, 조용준, 이태교, 양희철, 김인태, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 ehc2004@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원(KAERI)에서 연구되고 있는 사용 후핵연료 건식처리공정(Pyroprocess)은 전처리시스템(pretreatment), 전해환원시스템(electroreduction), 전해정련시스템(electrorefining), 전해제련시스템(electrowinning) 등으로 구성되어 있다[1]. 그 중에서 전해환원시스템은 고온의 용융염에서 전기화학적 방법을 이용하여 산화물 형태의 사용후핵연료를 금속형태로 전환하는 공정으로서 Sr 및 Ba과 같은 염을 발생시키는 방사성 2족 핵종을 함유한 LiCl 염폐기물을 배출한다[2]. 이러한 LiCl 염내 존재하는 2족 핵종은 염화물 형태로 염내 용해되어 있고 LiCl과 비슷한 물리적 특성을 가지고 있어 그 분리가 쉽지 않다. 따라서 2족 핵종의 효과적인 분리를 위해 2족 핵종을 안정한 형태로 전환시키고 전환된 2족 핵종을 LiCl염에서 분리하기 위한 방법이 연구되어야 할 것이다. LiCl은 비교적 휘발성이 큰 물질로서 후자를 위한 방법으로 부산물 발생없이 효과적으로 LiCl염을 분리할 수 있는 방법이 증류이다[3].

따라서 본 연구에서는 감압조건에서 LiCl의 휘발특성을 분석하고자 감압조건에서 LiCl의 열적무게감량을 측정하였으며, 이를 통해 LiCl 증류를 위한 운전범위 결정자료로 제시하고자 한다.

2. 실험 및 결과

감압조건에서 LiCl의 열적무게감량 측정은 감압 조건에서 운전이 가능한 열중량분석장치에서 실시하였으며, 그 개략도는 Fig. 1에 나타내었다. 이 장치는 크게 무게측정, 전기로, 냉각기, 필터, 진공 펌프 등으로 구성되어 있으며, 1,100 °C까지 가열할 수 있고, 0.1 Torr까지 감압할 수 있다[4]. LiCl 휘발시험은 등온조건으로 600 oC에서 900 oC까지 실시하였고, 압력은 0.5 Torr와 5 Torr로 조절하였으며, 시료량은 약 40 g으로 고정하였다. 장치 내부를 비활성 분위기로 유지하기 위해 고순도

Ar 가스를 주입하였으며, 그 세부조건은 Table 1에 나타내었다. 휘발용기는 직경 3.7 cm의 알루미늄 도가니를 사용하였고 높이에 따른 단면적 변화가 없도록 하기 위해 실린더 타입으로 제작하였다.

휘발특성은 조건에 따라 산출된 휘발속도를 이용하여 분석할 수 있으며, 휘발속도를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$V_{EXP} = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt} \quad [5,6]$$

여기서 V는 휘발속도(g/cm²-min), A는 휘발단면적(cm²), dt는 변화된 시간(min), dW는 변화된 무게(g)를 의미한다[5]. Fig. 2는 위 식과 각 운전 조건에서 얻어진 무게감량결과를 이용하여 산출된 휘발속도를 나타낸 그래프이며, 온도가 증가할수록 압력이 감소할수록 휘발속도가 크게 증가함을 알 수 있다. 특히 0.5 Torr의 조건에서는 750 °C에서도 5 Torr의 900 °C의 조건에서와 유사한 휘발속도를 얻을 수 있음을 알 수 있으며, 이를 통해 감압은 운전온도를 크게 낮출 수 있는 인자임을 확인할 수 있다.

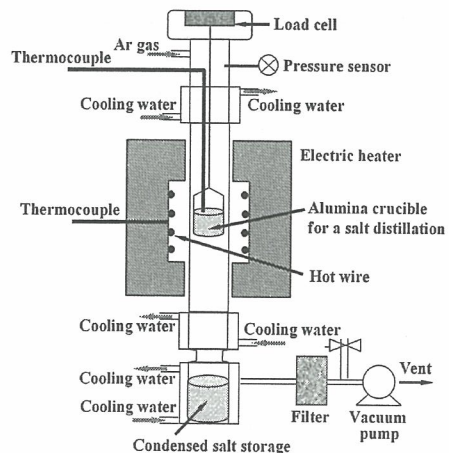


Fig. 1. A schematic diagram of salt distillation system for a thermo-gravimetric analysis

Table 1. Experimental conditions for a LiCl vaporization test

Temperature (°C)	600, 650, 700, 750, 800, 850, 900
Pressure (Torr)	0.5, 5
Sample weight (g)	40±0.5
Injection gas	Ar (High purity >99.999%)

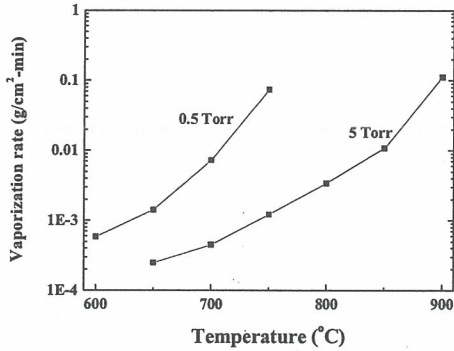


Fig. 2. LiCl vaporization rate

3. 결론

다른 물질에 비해 증기압이 큰 LiCl염에서 안정한 형태로 전환된 방사성 핵종을 분리하기 위한 방법으로 감압증류법이 효과적일 수 있다. 이를 적용하기 위해 감압조건에서 LiCl의 특성을 살펴 보았으며, 0.5 Torr의 압력과 750 °C의 온도에서 약 0.075 g/cm²-min의 휘발속도를 얻을 수 있어 감압을 통해 운전온도를 크게 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 그러나 장치용량 증가에 따른 용이한 운전조건으로서 5 Torr이하의 압력과 850~900 °C의 온도가 적절할 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부가 시행한 원자력 중장기 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

[1] K. C. Song, H. S. Lee, J. M. Hur, J. G. Kim, D. H. Ahn, Y. Z. Cho, Nucl. Engin.

Technol., 42(2), 131-144, 2010.

[2] Y. Z. Cho, S. K. Byun, H. S. Lee and I. T. Kim, Concentration of Cs and Sr Elements Invaloved in a LiCl Waste Salt by Melt Crystallization Process, Proc. IPRC 2008, 121 (2008).

[3] Garicia E., Dole V. R., Griego W. J., Lovato J. J., Axler K., Distillation separation of actinides from waste salts, Nuclear Materials Technology 1994 report, 61, (1994).

[4] H. C. Eun, H. C. Yang, Y. Z. Cho, H. S. Park, H. S. Lee, I. T. Kim, J. Radioanal. Nucl. Chem., 280(3), 643-649, 2009.

[5] R. H. Lamoreaux, D. L. Hildenbrand, J. Phys. Chem., 13,151-173, 1984.

[6] R. H. Lamoreaux, D. L. Hildenbrand, L. Brewer, J. Phys. Chem. Ref. Data, 16,419-445, 1987.