

LiCl 염폐기물 처리시 유동해석에 의한 분리효율 예측

류홍열, 김승현, 송인건, 이종현
 충남대학교, 대전광역시 유성구 대학로79
ryu@pyroprocessing.net

1. 서론

pyroprocessing 공정은 전해질로 고온의 용융염을 사용하는 전해질로 사용하는 전기화학적 분리공정이다. pyroprocessing공정의 첫단계인 전해환원의 경우 매우 안정한 LiCl 단일 염을 사용하는데 핵연료안에 포함된 Sr, Cs과 같은 I,II족의 고방열성 핵종은 Li 보다 열역학 적으로 더욱 안정한 염을 형성하기 때문에 공정이 진행될수록 LiCl 염내에 축적된다. 축적된 Sr, Cs핵종은 계속해서 열을 방출하기 때문에 공정시 온도제어의 악영향을 미친다. 염에 축적된 Sr, Cs의 핵종을 분리하는 공정으로 제올라이트를 이용한 이온교환법이 연구되었으나, 제올라이트 이온교환법은 고온에서 제올라이트구조 붕괴로 인한 분리효율 감소와 첨가된 제올라이트 자체가 핵폐기물로 분리되어 현실적으로 공정에 적용하기가 힘든 기술이다[1]. 이를 대체하는 기술로 첨가제가 없는 고-액 분리의 일종인 결정화법이 주목받고 있고 한국원자력연구소에서도 결정화법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 하지만 이러한 연구들이 모두 실험 결과에 의존한 경험적인 연구들뿐, 상업적으로 가기위한 보다 정량적인 연구가 진행되고 있지 않다. 이에 본 연구에서는 결정화법의 일종인 Czochralski crystallization을 모델로 공정변수에 의한 결정의 순도변화를 예측하는 연구를 진행하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

Czochralski crystallization 공정시 분리된 결정의 순도는 Solution의 유동에 의존한다. 분리계수 k' 는 식. 1에 의해

$$k' = \frac{k}{k + (1 - k) \exp\left(-\frac{R\delta}{D_L}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

이때 평형분리계수 k 와 용액의 확산계수는 공정됨으로 R (Pulling rate)과 δ (boundary layer thickness)에 의존한다는 것을 알 수 있다. 이를 구형하기 위해 Fig. 1.과 같이 두 개의 domain을 가진 모델을 채택하였고 rotary domain가 회전할 때의 유체의 흐름을 계산하였다. 시스템의 계산한계를 방지하기 위해 fluid domain을 1rpm으로 회전시키고, rotary domain을 41, 61rpm으로 회전시켰다.

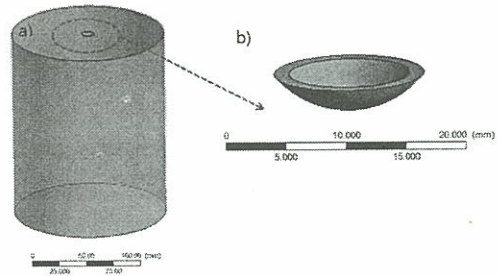


Fig. 1. 두개의 domain으로 이루어져있고, b)rotary domain에 영향에 의해 a) fluid domain이 영향을 받는다

2.2 실험결과

Fig. 2. 와같이 Rotation speed가 61rpm일 때 41rpm으로 회전할 때보다 더욱 높은 분리계수, 즉 높은 순도를 가지는 결정을 얻을 수 있을 것이라고 예상된다. 이 결과는 용고 과정시 molten LiCl salt의 교반이 결정의 순도에 큰 영향을 미친다는 연구와 잘 부합된다[3]. 또한 같은 결정에서 중심부와 표면에서의 분리도가 서로 다르다는 결론을 얻었다. 중심부의 분리계수가 1에 가까워짐으로서 이론적으로 거의 분리가 일어나지 않을 것이라 예상되며, 표면 쪽으로 갈수록 매우 높은 순도의 결정을 얻을 수 있다는 결론을 얻었다.

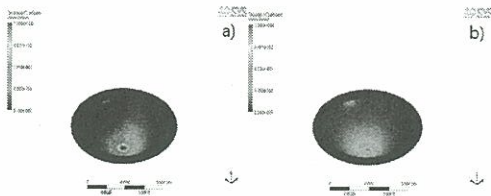


Fig. 2. a) 41rpm, b) 61rpm에 따른 분리계수의 변화

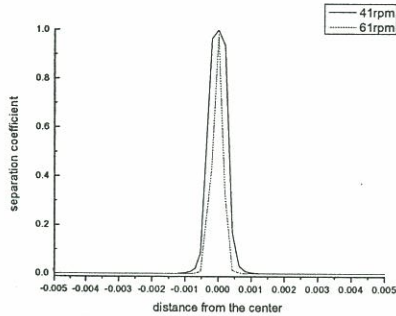


Fig. 3. 결정의 중심에서 거리에 따른 분리계수

3. 결론

본 연구는 Czchralski crystallization 공정에서 공정 변수와 분리계수를 알아 보기위해 상업유동 해석 프로그램인 CFX 12를 이용하여 계산하였다. 그 결과 분리계수는 rotation speed에 따라 크게 변하며 회전속도가 빠를수록 순도가 높을 것이라 예상되며, 같은 결정 내에도 부위에 따라 순도차이가 있을수 있다는 결론을 얻었다.

4. 참고문헌

- [1] Pereira C, Babcock BD, "Fission Product Removal from Molten Salt Using Zeolite," ANL/CMT/CP-87995, 1996.
- [2] Yung-Zun Cho, Jin-Seok Jung, Han-Soo Lee, and In-Tae Kim, "Reuse Technology of LiCl Salt Waste Generated from Electrolytic Reduction Process of Spent Oxide Fuel", Journal of Korean Radioactive Waste Society, Vol.8, No. 1, pp. 57-63, Mar. 2010.
- [3] Han-Soo LEE, Gyu-Hwan OH, Yoon-Sang LEE, In-Tae KIM, Eung-Ho KIM and Jong-Hyeon LEE "Concentrations of

CsCl and SrCl₂ from a Simulated LiCl Salt Waste Generated by Pyroprocessing by using Czochralski Method", J. Nuclear Science and Technology, 46 (4) (2009) 392-397.

- [4] S. M. Sze, VLSI Technology, McGraw Hill (1988).