

자유낙하 방식을 이용한 염회수용 도가니로부터 회수된 염의 탈착 특성

박기민, 권상운, 최세영, 김정국

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

kmpark1@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후 핵연료를 처리하는 파이로프로세스 중 전해정련 공정은 환원된 금속전환체로부터 순수한 우라늄을 회수함을 목적으로, 고체음극을 이용하여 전기·화학적 방법을 적용시켜 텐드라이트 형상의 우라늄 전착물을 생성한다¹⁾. 전해정련 공정에서 생성된 우라늄 전착물은 그 공정의 특성상 공용염을 함유하게 되며, 회수된 우라늄은 재사용할때까지 잉곳화하여 보관된다²⁾. 순수한 우라늄의 잉곳화를 위해서는 우라늄 전착물에 남아있는 공용염을 제거하여야 한다. 현재 염 제거 방법에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으며³⁾, 미국, 일본 등에서는 “Cathode Processor”라 불리는 진공증류탑을 공학규모 장치로 개발하여 사용하고 있다⁴⁾. 이에 한국원자력연구원에서는 Fig. 1과 같은 수직형 염증류 실험장치를 제작하여 우라늄 전착물로부터 염을 효과적으로 증류 및 회수하는 연구를 진행 중에 있다. 또한 염의 회수부분에서 염 회수용 도가니와 회수된 염과의 탈착 및 회수에 있어 효율적인 방법연구가 병행되어 연구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 도가니로부터 염의 효율적 탈착을 위하여 도가니의 형태, 크기, 도가니 주변의 온도의 영향에 따라 실험해 봄으로써 향후 염회수 도가니 제작의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 수직형 염증류 실험장치의 모식도는 Fig. 1에 나타내었다. 실험장치의 구성은 Load cell과 heater가 장착된 상부덮개, 염증발부(증발 도가니포함) 및 응축조가 포함된 반응기 본체, 염 회수 도가니를 넣을 수 있는 챔버로 구성되어 있다. 수직형 염증류 장치의 열원은 총 4개의 heater가 설치되어 있으며, 각각의 heater는 자연스런 열구배(slope)를 형성할 수 있도록 배치되어 있다. 도가니의 형태 및 크기의 실험은 도가니에 일정한 양의 염을 넣은 후 증발부의 온도를

약 400℃로 하여 액화시킨 후 서서히 냉각시켜 도가니와 염의 탈착 여부를 수행하였다. 또한 도가니 주변의 온도에 대한 영향은 증발부의 온도를 약 850℃로 하여 염을 증발시킨 후 챔버내의 온도를 약 40℃ 이하로 유지하여, 회수한 염과 도가니의 탈착성을 실험하였다. 모든 탈착성 실험은 Potential energy가 약 3.25 J을 가지는 높이에서 도가니를 자유낙하를 수행하였다. 반응기 내부의 온도는 대표적으로 Fig. 2에 나타내었다.

3. 결론

염회수용 도가니의 형태에 따른 탈착성 실험결과 도가니의 벽면이 수직인 형태는 3.25 J의 위치 에너지를 가지는 높이에서 약 6회 자유낙하 시켰을 경우에 분리가 이루어 졌고, 도가니 바닥으로부터 상부까지 약 3°의 기울기를 가지는 형태의 도가니 경우 약 4회로 기울기를 가지는 도가니의 형태가 자유낙하 실험에서 더 유리한 결과를 보였다. 또한 동일한 기울기를 가지는 도가니 내부에 십자형태의 칸막이를 설치하였을 때 약 10회로 나타났다. 이러한 결과로 도가니의 벽면과 염의 접촉면에서 결합되는 힘 즉, 마찰력과 같은 힘의 파과율 부분에서 기울기를 가짐이 유리하고 염의 무게가 무거울수록 쉽게 분리되는 경향을 보였다. 실험결과는 Fig. 3에 수록하였다. Fig. 4은 도가니의 크기에 따른 실험결과를 보여주고 있다. 도가니의 크기에 따른 실험은 내경이 약 200 mm와 100 mm의 도가니 두 개를 각각 사용하여 실험한 결과 도가니의 내경이 클수록 염의 탈착율은 높게 나왔는데, 이는 도가니의 바닥면보다 벽면에서의 작용힘이 탈착에 주요 변수 요인임을 예측할 수 있었다. 도가니 주변의 온도에 대한 영향은 염회수 챔버의 온도가 약 50℃, 그리고 20℃에서 염을 회수한 다음 탈착실험을 수행하였을 때 온도가 낮을수록 탈착이 잘되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 회수 챔버의 온도가 낮을수록 염회수 도가니 표면과 염의 표면에 대한 붙는 힘이 낮아짐을 보여준다. 지금까지의 결과로 볼

때 염회수 도가니는 하부와 상부의 기울기가 클수록, 내경이 클수록, 온도가 낮을수록 도가니와 염의 탈착이 용이한 것으로 나타났다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 강영호, 황성찬, 안병길, 김용호, 유재형, J. Korean Ind. Eng. Cham. 15. 5. pp. 513-517, (2004).
- [2] 이윤상, 외 "Lab. scale 우라늄 전착물 잉곳 제조 장치 제작 및 시운전 경험", 한국 방사성폐기물학회 춘계학술발표회 (2009).
- [3] LILY L. WANG and TERRY C. WALLACE, SR, " Vacuum Evaporation of KCl-NaCl Salts: Part I. Thermodynamic Modeling of Vapor Pressures of solid and Liquid solutions", Metallurgical and Materials transactions B, Vol. 27B, pp. 141-146, (1996).
- [4] B. R. Westphal, Distillation Modelling for a Uranium Refining Process, Report ANL/TD/CP-87031, INL, ID, USA (1996).

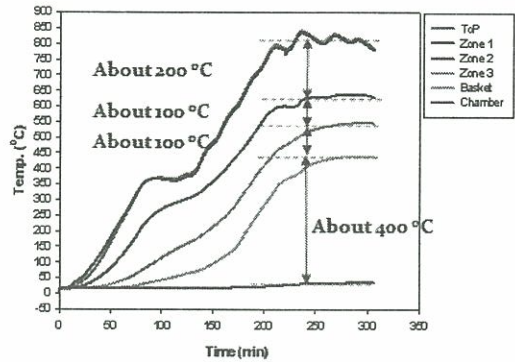
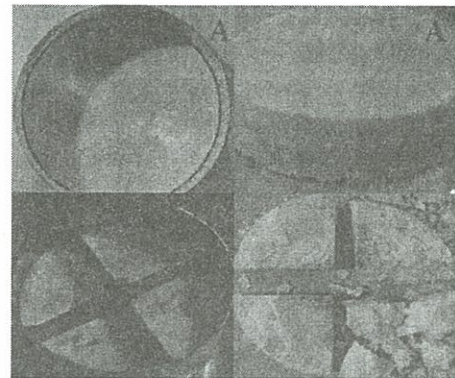


Fig. 2. Plots of temperature with time measured at different parts of separation system



A : Vertical form B : Cross form

Fig. 3. Salt separation experiments as a function of crucible shape

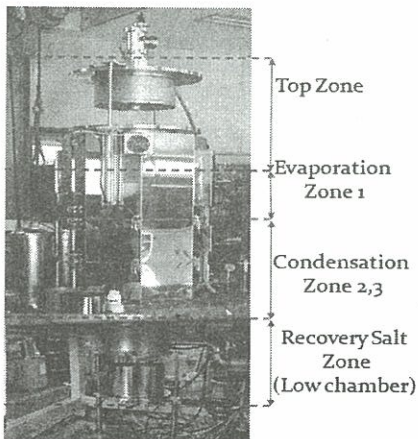
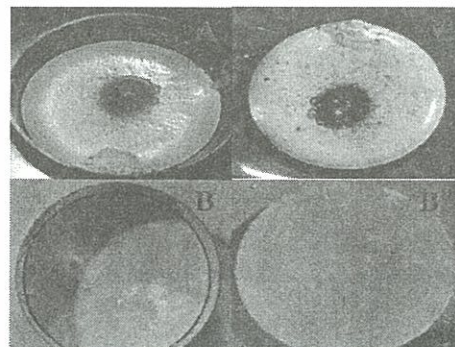


Fig. 1. Photograph of salt separation system



A : Interior diameter : 100 mm

B : Interior diameter : 200 mm

Fig. 4. Salt separation experiments as a function of crucible diameter