

## 염증류장치의 성능향상 연구

권상운, 박기민, 이한수, 김정국

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

[swkwon@kaeri.re.kr](mailto:swkwon@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

전해정련 공정에서는 고체음극을 이용하여 순수한 우라늄을 분리하며, 회수된 우라늄 전착물은 덴드라이트 형상의 작은 크기이며, 많은 양의 공용염이 함유되어 있다. 회수된 우라늄은 우라늄 잉곳으로 제조하여 핵연료의 성분 조정 등의 목적으로 재사용시까지 보관한다. 따라서 잉곳제조 전에 우라늄전착물에 남아 있는 공용염을 제거하여야 한다. 공용염 제거에는 진공증류의 방법이 보통 사용되나 전해정련에서 발생한 우라늄 전착물의 공용염을 모두 진공증류하기 위해서는 고온에서 장시간 조업해야하는 어려움이 있다[1]. 미국, 일본 등에서는 전해정련과정에서 발생한 우라늄 전착물로부터 공용염을 제거하기 위해 캐소드 프로세서(Cathode Processor)라 불리는 진공증류탑을 공학규모 장치로 개발하여 사용하고 있다[2]. 이 장치는 탑 상부에 우라늄 전착물을 넣고 외부에 설치된 히터를 이용하여 가열하며, 공냉식으로 냉각되는 하부 응축부위에 공용염 회수도가니를 두어 증발된 공용염을 응축 회수한다.

본 연구에서는 전해정련공정에서 발생한 우라늄 전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리하는 진공증류장치의 성능을 향상시키기 위한 여러 방안을 강구하고 검토하였다.

### 2. 본론

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 잔류하는 공용염을 분리하기 위해 그림 1과 같은 진공증류 장치를 사용하며, 본 연구에서는 염증류장치의 성능에 큰 영향을 주는 요소들을 검토하였다.

염의 진공증류 과정에서는 염의 증발, 이동(물질전달) 및 응축의 3단계 과정으로 이루어진다. Kwon 등은 생성된 증기의 이동이 이들 세 단계를 중에서 가장 중요하며, 총괄 염증류 속도에 가장 많은 영향을 미친다. 따라서 증류 도가니 및 증류탑 내부설계(geometry) 시 물질전달이 주요

설계 인자로 고려되어야 한다고 보고하였다[3].

본 연구에서는 증발된 염증류의 이동속도 향상을 위하여 다공성의 도가니 사용을 제안하였다. 다공성 도가니를 이용함으로써 증발된 공용염 증기가 상부로만 빠져 나가지 않고, 바닥과 옆면을 통해서도 이동할 수 있다. 다공성 도가니의 이용에 따른 다른 장점은 액체상태의 염이 기공을 통해 빠져 나감으로써 염의 분리 속도를 향상시킬 수 있다는 점을 들 수 있다.

염의 증발량을 늘리기 위한 또 다른 방법으로 증발표면적이 커져야 하며, 이를 위해 도가니의 단면적이 커져야 한다. 그러나 이를 위해서는 증류탑의 내경 또한 커져야 하며 증류탑의 단면이 커지기 위해서는 제작비용이 매우 커지며, 벽면을 가열하여 증류탑 중앙까지 열이 전달되기 위해 외벽의 온도를 높이는 데 한계가 있다.

반면 그림 2에서처럼 증류탑의 높이를 늘리고 도가니를 다단으로 적층함으로써 증발표면적을 현저히 넓힐 수 있다.

염증류장치의 성능 향상을 위해 증발속도를 늘리는 방법과 더불어 도가니의 장착과 탈착을 위한 냉각시간의 단축을 들 수 있다. 세계적으로 염의 증류장치는 자연 냉각 방식에 의존하여 도가니를 교체하며 전체 염증류공정에서 가장 많은 시간이 소요된다.

본 연구에서는 강제 냉각 방식을 도입하는 방안을 검토하였다. 강제냉각을 위해서는 증류탑 외벽과 히팅자켓 사이로 냉매를 흘려주거나 히팅자켓의 일부를 개방하여 증류탑 외벽이 외기에 노출되는 방법 및 이들을 조합하는 방식 등을 고려할 수 있다.

### 3. 결론

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리하는 염증류장치의 성능 향상을 위한 연구를 수행하였다. 성능향상을 위해 다공성 도가니의 사용, 도가니의 다단 적층 및 강제 냉각에 의한 냉각시간 단축

등의 방법을 제안하였다. 이들 요소들이 잘 조합 되면 염증류장치의 성능을 크게 향상 시킬 수 있을 것으로 예상된다.

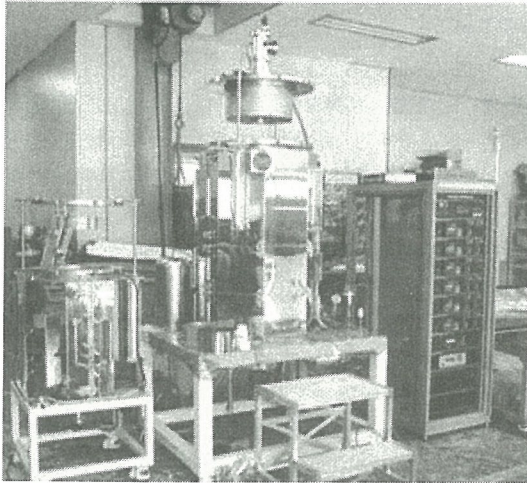


Fig. 1. Photograph of salt distillation system.

#### 4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

#### 5. 참고문헌

- [1] S. W. Kwon, K. M. Park, H. S. Lee, and J. G. Kim, J Radioanal Nucl Chem, 288, 789 (2011).
- [2] B. R. Westphal, Distillation Modelling for a Uranium Refining Process, Report ANL/TD/CP-87031, INL, ID, USA (1996).
- [3] S. W. Kwon, K. M. Park, H. S. Lee, and J. G. Kim, 방사성폐기물학회 2011 추계학술 발표회 논문요약집 pp187-188 (2011).

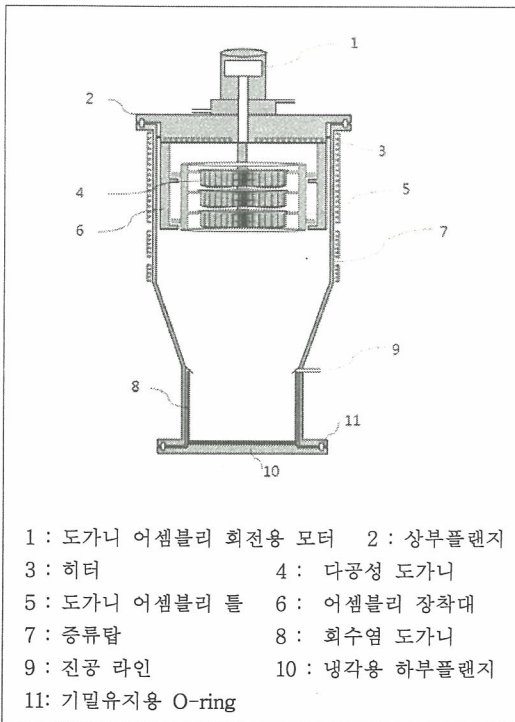


Fig. 2. Salt distiller equipped with multiple porous crucibles.