

# 냉각실이 설치된 염 분리장치 개발

권상운\*, 정재후, 이영상, 강한별, 백승우, 안도희

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*swkwon@kaeri.re.kr

## 1. 서론

파이로프로세스의 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[1-3]. 미국, 일본 등에서는 전해정련과정에서 발생한 우라늄 전착물로부터 공용염을 제거하기 위해 케소드 프로세서(Cathode Processor)라 불리는 진공증류탑을 공학규모 장치로 개발하여 사용하고 있다 [2,3]. 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 염증류공정의 효율 향상을 위해 도가니 교체 시간이 단축되는 증류장치를 제안하고, 제안된 장치의 조업 순서에 따른 동작을 설정하고 검토하였다.

## 2. 본론

본 연구에서는 증류장치의 효율을 높이기 위해 도가니 교체 시간이 단축되는 염 증류장치를 제안하였으며, Fig. 1에 개발한 염분리장치의 개념을 나타내었다. 개발한 장치는 염 증류탑의 상부를 그림1에서와 같이 이중 구조로 개선하여 염증류시에는 일반적인 염증류 장치와 동일하게 운전하고, 조업이 끝나면 중간정도의 온도인 상부의 냉각실로 도가니 스탠드를 끌어올려 나이프 밸브가 견딜 수 있는 정도의 온도까지 냉각시킨다. 격실을 설치하면 다음과 같은 장점을 지닌다.

- 우라늄전착물이 수용된 도가니를 고온에서도 교체할 수 있도록 하여, 조업시간을 크게 단축시킬 수 있다.
- 단위 시간당 처리 용량을 현저히 높일 수 있다.
- 동일 공간 내에서 반복적인 가열 및 냉각 과정을 거칠 필요가 없어 에너지의 손실을 최소화할 수 있다.

진공을 위한 기밀이 유지되면서 고온상태가 유지되어야 하는 것이 중요하며, 나이프 밸브 같은 고온 밸브에 의해 기밀이 유지된다. 일정 온도까지 냉각이 이루어지면 나이프 밸브를 열고 우측의 막대를 이용하여 격실로 도가니를 옮긴 후 나이프 밸브를 닫는다. 격실에서 추가로 냉각 후 플랜지를 열어 도가니를 외부로 꺼내고 우라늄전착물이 담긴 새로운 도가니를 전실에 넣고 플랜지를 닫는다. 나이프 밸브를 열어 도가니를 냉각실로 옮긴 후 냉각실에서 스탠드에 도가니를 장착 후 아래쪽의 증류 영역으로 다시 옮겨 온도를 올리고 진공 조건에서 증류 조업을 한다.

구체적인 조업순서는 도가니에 염이 함유된 우라늄전착물을 넣고, 우라늄전착물이 들어 있는 도가니를 증류장치의 플랜지를 열어 증류탑 전실 (ante chamber)에 도입하는 단계, 단계 1에서 플랜지를 닫고 도가니 스탠드를 상부로 끌어 올린 후 고온밸브(나이프 밸브)를 열고 수평 막대를 이용하여 도가니를 스탠드 위에 놓는 단계 (단계 2); 도가니가 놓인 스탠드를 내려 증발 영역에 장착하는 단계 (단계 3); 진공펌프를 가동하여 진공증류탑 내부의 압력을 낮추고, 온도를 올려 우라늄 전착물로부터 진공증류에 의해 염을 제거하는 단계 (단계 4); 도가니가 장착된 스탠드를 수직 막대를 이용하여 냉각실로 들어 올린 후 중간 온도까지 냉각하는 단계 (단계 5); 냉각실의 온도가 고온밸브가 견디는 온도에 이르면 고온 밸브를 개방하고, 수평막대를 이용하여 도가니를 전실로 옮기는 단계(단계 6) 및 플랜지를 열어 새로운 도가니를 전실에 도입하는 단계 (단계 7)로 구성된다.

본 발명에서는 냉각실 및 격실을 설치하여 증류탑의 도가니를 고온에서 교체할 수 있도록 하는 구

조를 개발하여 증류탑 내부를 상온까지 냉각되지 않아도 도가니 교체가 가능하여 염 증류공정 조업 시간이 크게 단축되도록 하였다.

### 3. 요약

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리하는 염증류공정의 효율 향상을 위하여 도가니 교체가 가능한 증류장치를 제안하였다. 제안된 장치의 조업 순서에 따른 동작을 설정하고 검토 결과 적절함을 확인하였다.

### 4. 감사의 글

이 연구는 미래창조과학부 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 187-188 (2011).

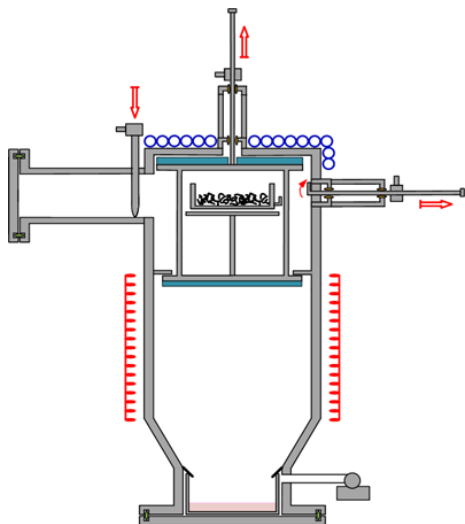


Fig. 1. Concept of salt separation system.

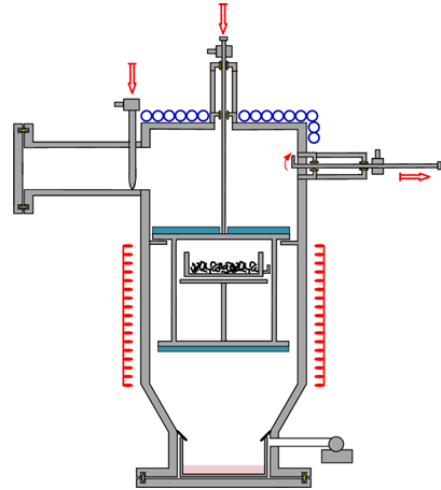


Fig. 2. Salt separation system during distillation.

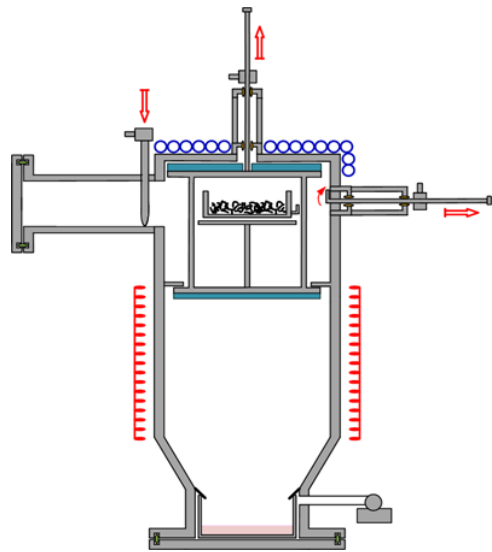


Fig. 3. Salt separation system during crucible cooling.