

# 플랜지-염회수용기 일체형 염증류장치 개발

권상운\*, 정재후, 이영상, 강한별, 김택진, 안도희, 이성재  
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 잉곳 제조 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, 공랭식으로 냉각되는 하부 응축부위에 공용염 회수도가니를 두어 증발된 공용염을 응축 회수한다.

본 연구에서는 염증류장치의 효율 향상 및 조업 편의성을 제고하기 위하여 염회수용기를 하부 플랜지에 삽입하여 일체형 증류장치를 개발하기 위한 연구를 수행하였다.

## 2. 본론

일반적인 진공증류장치는 탑 상부에 우라늄 전착물을 넣고 외부에 설치된 히터를 이용하여 가열하며, 공랭식으로 냉각되는 하부 응축부위에 공용염 회수도가니를 두어 증발된 공용염을 응축 회수하게 된다. 염의 진공증류는 1)도가니에 들어 있는 우라늄전착물에서 염의 증발, 2) 증발된 염 증기의 응축조로 이동 및 3) 응축조에서 염증기의 응축의 단계들로 구성된다.

응축조에서 염 증기의 응축 속도가 느리면 전체 진공 증류 속도가 느려진다. 염증기는 응축조에서 염회수용기에서 응축 고화되며, 응축속도는 냉각

효율에 달려 있다. 수냉방식 공냉방식 등의 방법으로 염회수 용기 외부를 냉각하며, 보통 증류탑 외부에서 냉각하여 염회수 용기 외벽으로 열전달이 일어나기까지는 열손실이 많아서 효율적이지 못하다.

본 연구에서는 응축조에 염회수용기를 따로 두지 않고, 하부 플랜지의 구조를 Fig. 1에서처럼 바꾸어 염회수 용기의 역할을 할 수 있도록 제안하였다[4]. 하부 플랜지는 염회수용기의 역할을 할 수 있도록 상부는 반구 형태로 되어 있으며, 그 아래로 냉각유체가 흐르도록 이중 구조로 되어있다. 상부판 아래로는 냉각효과를 높이기 위해 냉각핀이 설치되어 있다.

조업이 끝난 후 응축조의 용기에 굳어진 회수염은 재활용하기 위하여 회수하여 전해정련공정으로 보내져야 한다. 일반적으로 회수용기에서 염블럭을 꺼내기 위한 방법은 파쇄하여 꺼내는 방법이 많이 쓰이나 작업이 불편하고, 일부 손실 위험이 있다. 본 연구의 장치에서는 염증류 조업이 끝난 후 플랜지를 상하 회전하여 염블럭을 털어 냄으로써 비교적 간단하게 회수할 수 있도록 하였다.

구체적인조업순서를 검토 및 확인 결과 다음과 같은 최적 조업 순서를 결정하였다.

- 도가니에 염이 함유된 우라늄전착물을 넣고, 우라늄전착물이 들어 있는 도가니를 증류탑에 장착
- 하부 플랜지를 닫고 진공펌프를 가동하여 진공 증류탑 내부의 압력을 낮추고, 히터의 전원을 넣어 온도를 높임으로써 전착물로부터 진공증류에 의해 염을 제거, 이때 기체 상태의 염은 하부의 냉각된 응축조에서 액체 상태로 전환되며, 응축 영역에 고이게 되고, 응축조의 온도가 상기 염의 어는점 보다 낮으므로 고체 상태로 전환됨.
- 조업이 끝난 후 증류탑의 냉각
- 증류탑이 충분히 냉각되면 하부 플랜지를 개방하여 염 블럭의 상태를 확인하고 플랜지를 180도 회전하여 염블럭이 하부에 미리 놓은 전용용기로 탈락되도록 함, 만일 염블럭이 탈락되지 않으면 충격을 주어 떨어뜨리도록 함.
- 회수된 염블럭은 전해정련 장치로 이송하여 재활용하도록 함.

- 하부 플랜지를 하부로 더 내리고, 증류탑 상부의 우라늄전착물 도가니를 꺼내어 염 잉곳 장치로 이송. 만일 잉곳제조까지 동일 장치에서 이루어지면 제조된 우라늄 잉곳을 꺼내어 따로 보관

본 연구에서 제안한 플랜지-염회수용기 일체형 진공증류장치는 응축조에 염회수용기를 따로 두지 않고, 하부 플랜지가 염회수 용기의 역할을 할 수 있도록 함으로써 냉각 기체와 접촉면이 증가하므로 냉각 효율을 높였고, 냉각 플랜지를 상하 회전하여 회수된 염을 탈착함으로써 염의 재순환 작업이 매우 편리하도록 하였다.

### 3. 요약

염증류장치의 효율 향상 및 조업 편의성을 제고하기 위하여 염회수용기를 하부 플랜지에 삽입하여 일체형 증류장치를 개발하기 위한 연구를 수행하였다. 플랜지-염회수용기 일체형 진공증류장치는 응축조에 염회수용기를 따로 두지 않고, 하부 플랜지가 염회수 용기의 역할을 할 수 있도록 함으로써 냉각 기체와 접촉면이 증가하므로 냉각 효율을 높였고, 냉각 플랜지를 상하 회전하여 회수된 염을 탈착함으로써 염의 재순환 작업이 매우 편리할 것으로 판단된다.

### 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 pp187-188 (2011).
- [4] 권상운, 정재후, 백승우, 안도희, 국내 특허, 출원번호 10-2015-0176788, "공랭식 염증류장치" (2015).

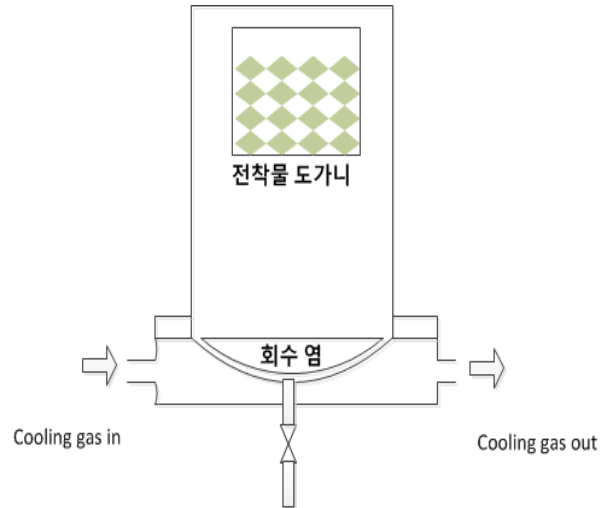


Fig. 1. Concept of salt distiller with an integrated system of salt receiving vessel and flange.