

# 반연속식 염 증류장치 개발

권상운\*, 정재후, 이영상, 강한별, 강덕윤, 안도희, 이성재  
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111  
\*swkwon@kaeri.re.kr

## 1. 서론

고온용융전해정련 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 공학 규모 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 전해정련공정에서 발생한 우라늄 전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리하는 염증류공정의 효율 향상이 가능한 증류장치를 개발하였다.

## 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. 이 장치는 회분식으로 운전되며, 조업이 끝난 후 다음 배치의 조업을 위해 염이 제거된 우라늄전착물 도가니를 탈착하고 염을 증류할 새로운 도가니를 장착해야한다. 이를 위해서는 증류탑이 거의 상온에 이르기 까지 자연냉각을 하게 되어 많은 시간이 소요되고, 염증류 공정의 총괄 조업시간이 과다해진다. 본 연구에서는 증류탑 전단계에 고액분리실을 설치하고, 증류탑 후단에 냉각실을 설

치하여, 전착물 도가니가 고-액분리- 증류-냉각을 순차적으로 수행한다. 액체상태의 염을 분리 후 증류탑에 옮겨져 증류시간을 크게 단축할 수 있도록 하였다. 또 도가니가 고온에서 이동할 수 있도록 중간에 고온 밸브가 장착된 도가니 통로가 설치되고, 도가니가 다음 단계로 이동하면 새로운 전착물 도가니가 고-액분리조로 도입되어 연속적으로 조업이 가능하여 처리 용량이 향상되도록 하였다.

Fig. 1에 본 연구에서 개발한 염분리장치의 개념을 나타내었다. Fig. 1의 (b)는 증류조를 나타내며, 높은 온도에서 조업된다. 증류조의 전단에 (a)에서처럼 낮은 온도에서 조업되는 고액분리조를 설치하고, 증류조의 후단에는 ©에서처럼 냉각조를 설치하도록 하였다.

염 증류탑의 전단에 설치된 고-액 분리조에서 증류온도 보다 낮은 온도에서 액체 상태의 염을 분리하고, 상부 덮개를 열고 도가니를 도가니 통로로 옮긴 후 고온 밸브를 열어 증류조 상단으로 옮긴 후 다시 상부 덮개를 열고 증류조로 옮긴 후 진공 증류 조업을 통해 염을 분리한다. 염분리 조업이 끝나면 상부 덮개를 열어 도가니 통로로 옮긴 후 고온 밸브를 열어 냉각조 상단으로 옮긴 후 상부 덮개를 열고 증류조로 옮긴 후 도가니를 냉각한다. 고-액 분리조의 도가니가 증류조로 옮겨진 후에는 새로 처리해야할 전착물 도가니가 고-액분리조에 도입되어 고-액분리 조업을 한다. 또 냉각조의 도가니는 냉각이 끝나면 외부로 반출하여 잉곳 제조 장치로 보낸다.

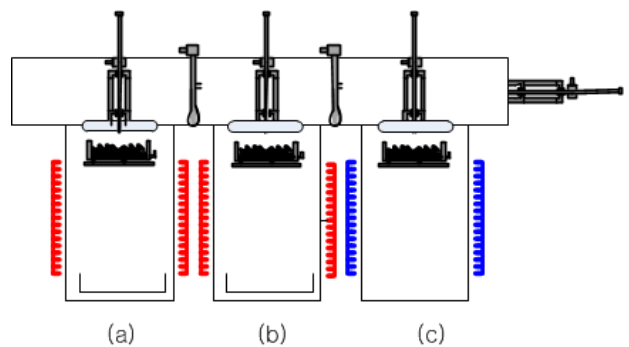


Fig. 1. Concept of revised salt separation system.

염증류시에는 일반적인 염증류 장치와 동일하게 운전하고, 진공에 대한 기밀은 상부 덮개는 기밀이

보장되지 않으며, 도가니 통로의 고온 밸브에 의해 이루어진다.

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

- 도가니에 염이 함유된 우라늄전착물을 넣고, 우라늄전착물이 들어 있는 도가니를 도가니 통로의 플랜지와 열고, 상부 덮개를 연속적으로 열어 고-액분리조에 도입
- 플랜지와 상부 덮개를 닫고 고-액 분리에 의해 액체염을 분리
- 상부덮개를 열고 도가니를 통로로 끌어 올린 후 고온밸브(나이프 밸브)를 열고 수평 막대를 이용하여 도가니를 증류조 상부에 놓는 후 상부덮개를 열고 수직막대를 이용하여 증류조의 증발 영역에 장착
- 상부덮개를 닫고 진공펌프를 가동하여 진공증류탑 내부의 압력을 낮추고, 전착물로부터 진공증류에 의해 염을 제거하는 단계
- 상부덮개를 열고 도가니를 수직 막대를 이용하여 도가니 통로로 들어 올린 후 고온밸브를 열어 냉각조 상부에 놓음
- 냉각실 상부덮개를 열고 도가니를 장착
- 도가니의 냉각
- 냉각실 상부덮개를 열고 도가니를 들어 올리고 플랜지를 열어 장치 외부로 반출

본 연구에서는 증류탑 전단계에 고액분리실을 설치하고, 증류탑 후단에 냉각실을 설치하여, 전착물 도가니가 고-액분리- 증류-냉각을 순차적으로 통과하여 액체상태의 염을 분리 후 증류탑에 옮겨지는 장치를 개발하여 조업시간이 크게 단축되도록 하였다.

### 3. 요약

우라늄전착물의 염 증류공정은 pyroprocess의 bottle neck에 해당되며, 회분식으로 조업된다. 본 발명에서는 증류탑 전단계에 고액분리실을 설치하고, 증류탑 후단에 냉각실을 설치하여, 전착물 도가니가 고액분리조- 증류조- 냉각조를 순차적으로 통과하여 조업시간을 크게 단축할 수 있도록 하였다. 또 도가니가 고온에서 이동할 수 있도록 중간에 고온 밸브를 설치하여 도가니가 다음 단계로 이동하면 새로운 전착물 도가니가 도입되어 연속적으로 조업이 가능하여 처리 용량이 향상되도록 하였다. 이에 따라 단위 시간당 처리용량을 현저히 높일 수 있다.

### 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).