

우라늄전착물 잔류염 분리장치 특성 조사 및 장치개선

권상운, 박기민, 이한수, 김정국
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
swkwon@kaeri.re.kr

1. 서론

일반적으로 파이로프로세스는 용융염 매질에서 전기화학적으로 분리하는 공정이 중심이 되며, 전해환원, 전해정련 및 전해제련 등의 단위공정들로 구성된다. 파이로프로세스의 원리는 우라늄, 희토류 원소, TRU 원소 및 귀금속 등으로 구성된 잉곳형태의 양극으로부터 용융염으로 녹아나오는 원소들 중에서 우라늄을 고체음극에 전착시켜 제거하고(전해정련), 나머지 원소들 중에서 악티나이드 원소들을 액체음극에 전착시켜 회수하는(전해제련) 것이다 [1,2].

전해정련 공정에서는 고체음극을 이용하여 순수한 우라늄을 분리하며, 회수된 우라늄 전착물은 덴드라이트 형상의 작은 크기이며, 많은 양의 공융염이 함유되어 있다. 회수된 우라늄은 우라늄 잉곳으로 제조하여 핵연료의 성분 조정 등의 목적으로 재사용시까지 보관한다. 따라서 잉곳제조 전에 우라늄전착물에 남아 있는 공융염을 제거하여야 한다. 공융염 제거에는 진공증류의 방법이 보통 사용되나 전해정련에서 발생한 우라늄 전착물의 공융염을 모두 진공증류하기 위해서는 고온에서 장시간 조업해야하는 어려움이 있다.

본 연구에서는 공융염을 액체상태에서 분리하는 공정(고-액 분리)을 통한 일부 분리 단계를 진공증류 공정에 결합하여 진공증류 공정을 보완하는 장치를 제작하고, 염분리 실험을 통하여 염분리장치의 특성을 조사하고 장치를 개선하였다.

2. 본론

미국, 일본 등에서는 전해정련과정에서 발생한 우라늄 전착물로부터 공융염을 제거하기 위해 캐소드 프로세서(Cathode Processor)라 불리는 진공증류탑을 공학규모 장치로 개발하여 사용하고 있다[3]. 이 장치는 탑 상부에 우라늄 전착물을 넣고 외부에 설치된 히터를 이용하여 가열하며, 공냉식으로 냉각되는 하부 응축부위에 공융염 회수도가 니를 두어 증발된 공융염을 응축 회수하게 된다.

이 장치는 회분식으로 운전되며, 함유된 공융염 전량을 진공증류하게 되어 많은 열량이 소모되고, 단위 시간당 처리 속도를 올리기 위해서는 증발 단면적이 커져야 하거나 공융염의 증기압이 높은 고온에서 조업되어야 한다. 또 이 방법은 고온에서 운전하게 되어 고온 구조재가 필요 하여 제작비도 비싸진다.

본 연구에서는 증류탑 내에서 진동식 혹은 불활성 기체를 이용한 거름망을 이용하여 미리 액체 상태로 우라늄전착물중의 공융염을 분리하고, 미분리된 공융염은 진공증류에 의해 추가로 분리하기 위한 실험장치를 제작하였다(그림 1). 또 염분리실험을 통하여 장치특성을 조사하고, 이를 토대로 장치를 개선하여 분리 효율 향상을 도모하였다.

증류탑의 증발 영역은 상부 플랜지의 히터 assembly와 탑 내벽까지의 간격을 줄이고, heat shield의 구조를 바꾸어 탑 상부의 염응축이 없어졌다.

응축부 온도 범위에 따른 염회수율 측정 실험을 수행하였으며, 응축조 온도분포에 따라 염회수율이 달라짐을 발견하였다.

한편 응축 영역에서는 그림 2에서와 같이 액화된 염이 흐른 흔적이 발견되어 이 영역에서 액체상태로 바뀔을 확인하였고, 그 설치하여 회수용기에 액체염이 모두 모일 수 있도록 그림 3에서처럼 flow guide를 설치하였다.

3. 결론

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 함유된 공융염 분리공정인 진공증류공정을 보완하기 위하여 진공증류 공정을 보완하는 장치를 제작하고, 염분리 실험을 통하여 염분리장치의 특성을 조사하였다. 또 장치 및 운전방법의 개선을 통하여 염회수율을 향상시켰다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] J. J. Laidler, J. E. Battles, W. E. Miller, J. P. Ackerman, and E. L. Carls, Progress in Nuclear Energy, 31, 131 (1997).
- [2] S. W. Kwon, D. H. Ahn, E. H. Kim, and H. G. Ahn, J. Ind. Eng. Chem., 15, 86 (2009).
- [3] B. R. Westphal, Distillation Modelling for a Uranium Refining Process, Report ANL/TD/CP-87031, INL, ID, USA (1996).

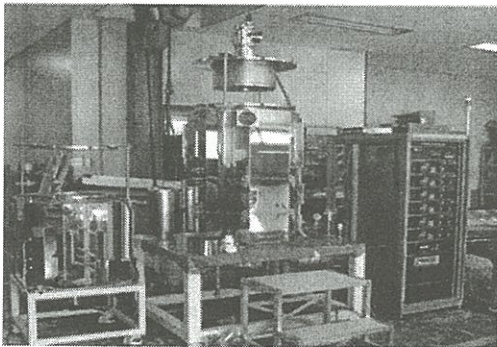


Fig. 1. Photograph of salt separation system

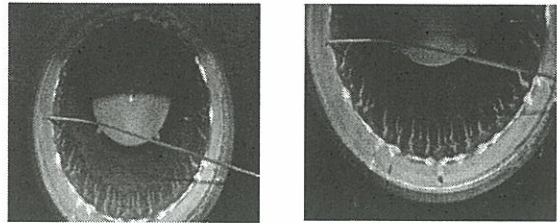


Fig. 2. Photograph of inner part of condensing zone

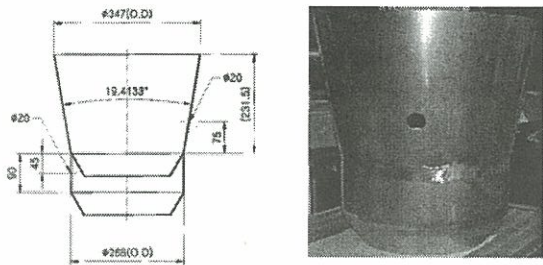


Fig. 3. Flow guide for the increase of salt recovery rate