

전해정련공정의 우라늄전착물 함유염 분리장치 개발

권상운, 박기민, 우문식, 강희석, 황성찬, 이성호, 김용호, 이한수, 김정국

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

swkwon@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에서 개발하고 있는 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, 이때 전착되는 우라늄의 순도를 고려하여 용융염중의 Pu/U의 비가 2.5~3 정도에 이를 때 까지만 회수하고, 회수된 우라늄 전착물은 덴드라이트 형상의 작은 크기이며, 많은 양의 공융염이 함유되어 있다. 따라서 우라늄전착물에 남아 있는 공융염을 제거하고 우라늄 잉곳으로 제조하여 핵연료의 성분 조정 등의 목적으로 재사용시까지 보관한다.

공융염 제거에는 진공증류의 방법이 보통 사용되거나 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 방법을 제안하고, 이를 구현하기 위한 여러 장치와 운전방법을 연구하였다.

2. 본론

미국 INL 연구소에서는 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 넣

고 외부에 설치된 히터를 이용하여 가열하며, 공냉식으로 냉각되는 하부 응축부위에 공융염 회수도가니를 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 필요하여 제작비도 비싸진다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 증류탑 내에서 진동식 혹은 불활성 기체를 이용한 거름망을 이용하여 미리 액체 상태로 우라늄전착물중의 공융염을 분리하고, 미분리된 공융염은 진공증류에 의해 추가로 분리하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 낮은 온도에서 고체-액체 분리에 의해 상당량의 공융염을 제거함으로써 염 제거를 위한 조업시간이 단축될 수 있으며, 진공증류 전 상당량의 염을 고-액 분리하기 때문에 진공증류공정에서 단위 시간당 염의 증발속도에 대한 부담이 줄어든다. 따라서 진공증류 공정의 조업온도를 낮출 수 있어서 초고온재료를 사용하지 않아도 되는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서 제안한 염제거 장치는 공융염이 함유된 우라늄 전착물을 진공증류 하기 전에 미리 고-액 분리하는 과정을 진공증류탑과 별도로 고-액 분리 컬럼을 도입하여 수행함으로써 고-액 분리와 진공증류를 고-액 분리 컬럼과 진공증류탑을 동시에 가동하여, 두 배치에서 나온 우라늄 전착물의 진공증류와 염의 고-액 분리를 동시에 수행할 수 있어서 진공증류장치의 가동 활용도를 높여주고, 진공증류탑 내부의 구조를 단순하게 해준다.

공정장치는 우라늄전착물로부터 공융염을 제거하기 위한 고-액 분리 컬럼과 진공증류를 통하여 추가적인 분리를 하기 위한 진공증류탑으로 구성되며, 불활성기체 펄스를 이용하여 거름망을 통한 분리가 쉽도록 설계하였다.

그림 1(a)는 고-액 분리 컬럼을 나타낸 것으로

압력을 유지하기 위한 상부플랜지, 고-액 분리컬럼 내에 위치하고 탈착이 가능한 거름망, 거름망 하부에 위치한 분리 염 수집용기, 가열 히터, 컬럼 상단 측면부에 위치하는 불활성기체 공급/배출 장치로 구성된다.

그림 1(b)는 진공증류탑을 나타낸 것으로 히터를 포함하는 상부플랜지, 내부에 진공증류용 도가니, 측면에는 히터가 설치되고, 하단에는 응축조 및 공용염 수집용기가 있으며, 하단 측면에는 진공배출부와 진공펌프가 있다.

3. 결론

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 함유된 공용염 분리공정인 진공증류공정을 보완하기 위하여 공용염을 액체상태에서 분리하는 공정(고-액 분리)을 통한 분리 단계를 진공증류 공정에 결합하여, 진공증류 공정을 보완하는 방법을 제안하고 이를 구현하기 위한 여러 장치와 운전방법을 제시하였다.

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).

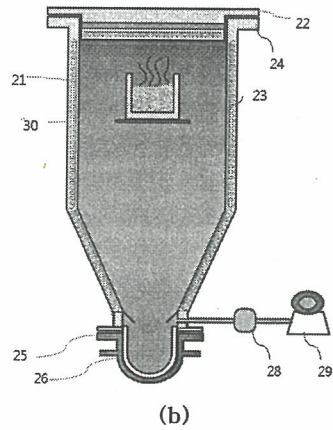
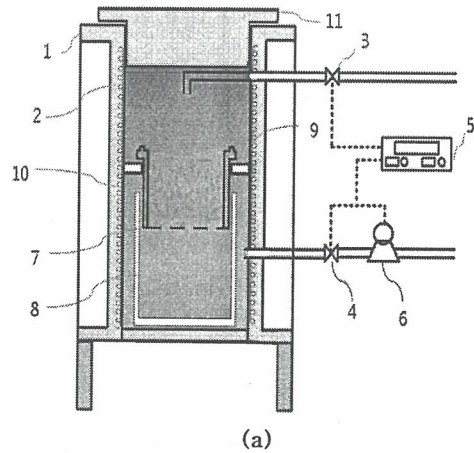


Fig. 1. Schematic diagram of the salt separation system [1 : 본체, 2 : 히터, 3 : 불활성 기체 공급밸브, 4 : 불활성 기체 배출밸브, 5 : 밸브 및 진공펌프 제어 장치, 6 : 진공펌프, 7 : 거름망, 8 : 공용염 수집용기, 9 : 공용염, 10 : 우라늄 전착물, 21 : 진공도가니, 22 : 우라늄전착물, 23 : 열선, 24 : 증류탑, 25 : 응축조, 26 : 공용염 회수용기, 28 : 필터, 29 : 진공펌프]