

전착물이 염증발에 미치는 영향

권상운, 박기민, 이한수, 김정국
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
swkwon@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로프로세스의 원리는 우라늄, 희토류 원소, TRU 원소 및 귀금속 등으로 구성된 잉곳형태의 양극으로부터 용융염으로 녹아나오는 원소들 중에서 우라늄을 고체음극에 전착시켜 제거하고, 나머지 원소들 중에서 악티나이드 원소들을 액체음극에 전착시켜 회수하는 것이다 [1,2].

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. 미국, 일본 등에서는 전해정련과정에서 발생한 우라늄 전착물로부터 공용염을 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 공용염 회수도가니를 두어 증발된 공용염을 응축 회수한다.

본 연구에서는 전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리할 때 전착물이 증발 속도에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 본론

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리할 때 전착물이 증발 속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 진공증류장치에서(그림 1) 염이 섞인 스틸볼(steel ball), 스틸칩(steel chip)의 겉보기 증발 속

도를 측정하여 순수한 염의 것과 비교하였다. 겉보기 증발속도 (Apparent Evaporation Rate)는 무게변화의 감량 곡선에서 직선 구간의 기울기를 이용하여 계산하였다(그림3).

증발 온도는 모든 시료에서 825°C로 일정하게 하였다. 실험은 ID 58 mm, H 80 mm 크기의 도가니에 시료를 넣고 진공상태로 유지 후 상부의 load cell에 연결하여 연속적으로 무게변화를 측정하였다.

전착물이 없는 순수염의 경우에는 겉보기 증발속도가 약 8.25 g/hr-cm² 이었다. 스틸볼의 경우에는 그림 2에서 보는 것처럼 약 100 g의 염과 약 100 g 직경 1 mm의 스틸볼을 함께 넣고 증발 실험을 수행하였으며, 겉보기 밀도는 8.15 g/hr-cm² 로, 공용염만 존재할 때 보다 증발속도가 약간 줄어들었으나, 그 영향이 크지 않았다.

발생증기의 전달에 저항이 더 크게 하기 위하여 선반작업에서 얻어진 스틸 칩(L 5-15 mm, W 1-2mm)을 이용하여 전착물의 특성이 염증류 속도에 미치는 영향 조사하였으며, 염과 chip의 양이 다른 두 가지 시료((I)100/100, (II) 155/92.2 g)를 이용하였다. 겉보기 증발속도는 스틸 칩의 양에 따라 각각 4.5, 7.7 g/hr-cm² 로, 스틸 볼과 달리 증발속도가 현저히 줄었다.

스틸볼의 경우 그림 4에서처럼 구조상 도가니 바닥에 가라앉고, 증류온도에서 공용염은 액체상태의 표면에서 증발함으로써 증기의 이동에 큰 영향을 미치지 않아 공용염만 존재할 때 보다 증발속도가 약간 줄어든 것으로 판단된다.

스틸 칩의 경우 극단적인 효과를 보기 위해 의도적으로 많이 넣었기 때문에 증발속도가 과격적으로 줄어든 것이며, 증발속도 차이가 크게 나고, 감량 curve의 직선성이 떨어지고 증발속도가 크게 줄어든 것은 칩으로 인해 증기 이동속도가 낮아진 것에서 기인한 것으로 매우 중요한 결과이다.

이로부터 증류의 증발, 이동(물질전달) 및 응축의 3단계 과정에서 생성된 증기의 이동이 중요함을 나타내 준다. 따라서 추후 증류 도가니 및 증류탑 내부설계(geometry) 시 물질 전달이 주요 설계 인자로 고려되어야 한다는 것을 알 수 있다.

3. 결론

전해정련공정에서 발생한 우라늄전착물에 잔류하는 공용염을 진공증류에 의해 분리할 때 전착물이 증발 속도에 미치는 영향을 조사하였다. 진공증류 공정에서 생성된 증기의 이동이 중요함을 알 수 있었으며, 증류 도가니 및 증류탑 내부설계(geometry) 시 물질 전달이 주요 설계 인자로 고려되어야 한다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발 사업의 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).

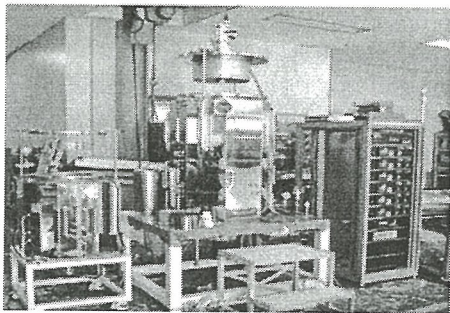


Fig. 1. Photograph of salt separation system.

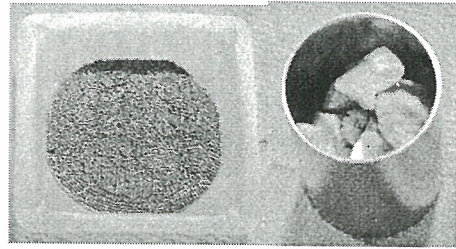


Fig. 2. Photographs of steel balls and salt.

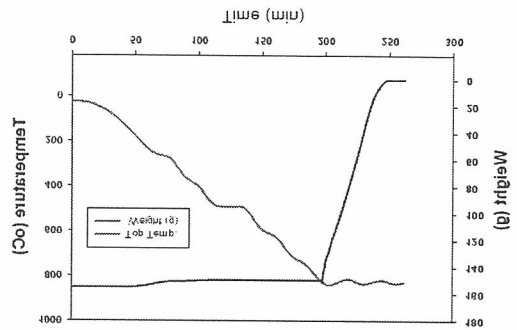


Fig. 3. Profiles of sample weight and temperature with time.

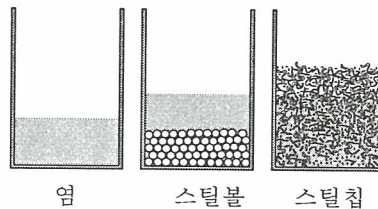


Fig. 4. Comparison of apparent evaporation rates.