

직립형 Cd 증류장치 제작 및 시운전

김경량, 김광락, 김택진, 김시형, 정재후, 백승우, 심준보, 안도희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
blucikr@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료 건식처리공정(pyroprocess)은 전해환원공정(electroreduction), 전해정련공정(electrorefining), 전해제련공정(eldctrowinning)등으로 구성되어 있다[1]. 전해제련공정은 액체 카드뮴 음극(Liquid Cadmium Cathode; LCC)의 용융염 중에 용해되어 있는 악티늄족 원소들을 전기화학적 방법으로 전착하는 단계와 전착된 액체 카드뮴 음극에서 카드뮴을 분리하고 악티늄족 원소를 회수하는 단계로 구성된다. 전해제련공정의 주요 요소 기술인 액체금속 TRU 석출물 증류공정은 일반 진공증류 공정보다 복잡하고 까다롭다. 진공증류 공정을 이용하여 물질을 분리하기 위해서는 구성 물질간의 증기압 차이가 커야하며, 카드뮴의 경우 증기압이 커서 회수된 actinide와 카드뮴을 진공증류 공정으로 분리하기에 적합하다[2].

본 연구에서는 수평형 Cd 증류장치를 이용하여 카드뮴 증류 시에 발생하는 휘발부의 카드뮴 응축과 회수율 저하 등의 문제점을 개선·보완하고자 직립형 카드뮴(Cd) 증류장치를 설계하였다. 기존의 수평형 Cd 증류장치를 개선·보완한 직립형 Cd 증류장치는 카드뮴 회수의 효율성 극대화를 목적으로 설계 및 제작되었다.

2. 본론

본 연구에 사용된 직립형 Cd 증류장치는 Fig. 1과 같은 구조로 구성되어 있다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 직립형 Cd 증류장치는 단일 반응기 형태로 이루어져 있으며, 상단 휘발부와 하단 응축부로 크게 나누어져 있다. 직립형 Cd 증류장치의 세부 구성은 전기로, 반응기, 냉각기, 필터, 진공펌프 등으로 구성되어 있다. 전기로는 총 4개 구역으로 나누어져 있으며, 최고 온도는 1구역에서는 1,200 °C, 2구역은 1,000 °C, 3구역 800 °C, 4구역 600 °C로 가열할 수 있는 구조로 설계되었다. 압력은 0.000 ~ 10 torr까지 측정이 가능하다. 반응기 내부의 온도 측정을 목적으로 총 5개의 온도 센서가

반응기 내·외부에 위치하도록 제작하였다. 회수용 도가니가 위치한 응축부 하단에는 휘발부와 응축부의 온도차를 형성할 수 있도록 냉각수 라인이 포함되어 있으며, 이는 사용 목적에 따라 응축부의 냉각수 유입 유·무를 조절할 수 있는 구조이다.

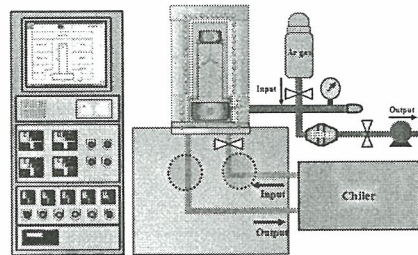


Fig. 1. Experimental for cadmium distillation.

Fig. 2는 수평형 Cd 증류 장치와 직립형 Cd 증류 장치를 비교한 그림이다. 보는 바와 같이 직립형 Cd 증류장치는 서로 주입구가 단방향으로 되어있으며, 반면 수평형 Cd 증류장치는 휘발부와 응축부로 나누어져 각각 구동된다. 이러한 특성상 수평형 Cd 증류장치의 경우 진공 유지 효율이 낮고, 카드뮴 증류 시 카드뮴이 휘발부 하단에 위치한 저온부에서 응축되는 현상이 발생하여 장치 개폐구가 열리지 않는 현상을 보인다. 이 같은 문제점을 개선한 장치가 직립형 Cd 증류 장치이다.

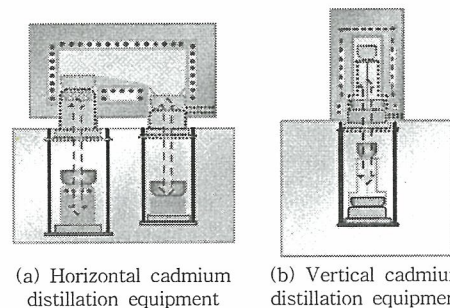


Fig. 2. Comparison of cadmium distillation equipments.

3. 결론

본 연구에서는 수평형 Cd 증류장치의 문제점 개선 및 회수율 향상을 목적으로 직립형 Cd 증류장치를 설계·제작하였다. 기존의 수평형 Cd 증류장치에서 보여 왔던 문제점 중 카드뮴의 낮은 회수율과 상대적으로 낮은 온도를 보이는 휘발부 하단에 카드뮴 응축 현상을 보완·개선하여 성능을 향상시켰다. Fig. 3와 4에서 보는 것과 같이 각각의 blank test 결과 반응기 내·외의 온도 적합하도록 작동되었다. 이에 따라 직립형 Cd 증류장치를 이용하여 카드뮴 금속의 증류 거동, 최적의 가열 조건을 도출하고 TRU 석출물의 합금 상태와 카드뮴 금속과의 증류 거동이 상이할 것을 고려하여 TRU 대용물질로 카드뮴 합금(Cd+Ce) 제조 및 salt등을 이용한 이성분계 및 다성분계의 증류 실험을 수행하고 이와 더불어 장치의 성능 평가도 동시에 수행할 예정이다.

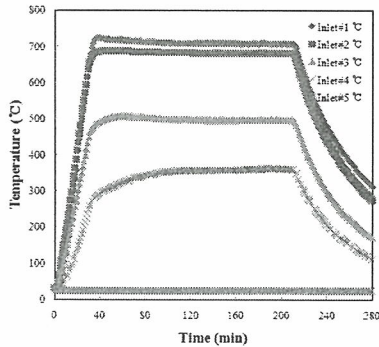


Fig. 3. Changes of inner temperature in cadmium distillation equipment.

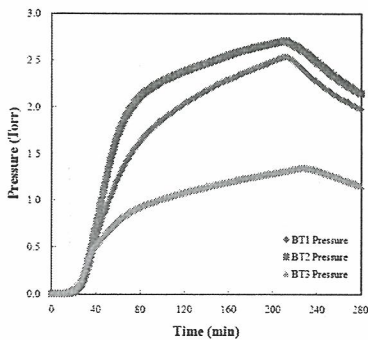


Fig. 4. Pressure changes of inner space in regard to the temperature changes.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] H. C. Eun, Y. Z. Cho, T. K. Lee, H. C. Yang, I. T. Kim, H. S. Kim, J. Radioanal Nucl. Chem., 8(2), 103-104, 2009.
- [2] D. H. Ahn, J. B. Shim, S. W. Paek, K. R. Kim, S. H. Kim, S. W. Kwon, H. S. Chung, Y. J. Jung, Y. J. Yoo, K. S. Han, D. S. Yoon, J. Y. Kim, Development of volume reduction technology for PWR spent fuel by pyroprocessing(II), Korea Atomic Energy Research Institute(KAERI) Report, pp. 114-115, KAERI/RR-3132, 2010.