

고-액 분리법을 이용한 액체카드뮴전극 처리 기술

박대엽, 윤달성, 김지용, 김경량, 김택진, 김시형, 심준보, 백승우, 김광락, 정재후, 안도희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045(덕진동 150-1)

dypark@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에서는 사용후핵연료의 부피감용과 차세대 원자력 시스템인 소듐 냉각 고속로(SFR)용 연료를 만들기 위해 파이로 공정(Pyroprocessing)을 개발하고 있다. 파이로 공정의 주요기술의 하나인 전해제련은 공용염(LiCl-KCl)중의 잔류 U와 TRU(Np, Pu, Am, Cm)를 액체 카드뮴음극(LCC)을 사용하여 혼합물 상태로 회수하는 공정과 U와 TRU를 카드뮴으로부터 분리하는 카드뮴 증류공정으로 이루어져 있다.

본 연구는 전해제련공정을 통해 회수된 U와 TRU를 카드뮴증류공정으로 보내기 전에 LCC도 가나로부터 LiCl-KCl을 최대한 분리하여 증류공정의 효율을 높이기 위해 수행되었다.

2. 본론

2.1 실험장치 및 재료

도가니에 섞여있는 모의 U, TRU, LiCl-KCl 공용염 및 카드뮴을 순차적으로 분리하기 위해 Fig. 1과 같은 장치를 제작하였다.

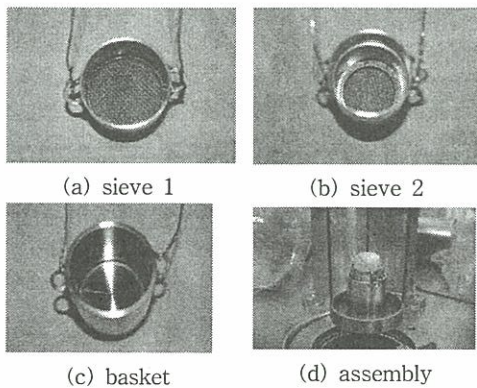


Fig. 1. Tools of Experiment

전체 실험장치는 스테인리스 스틸로 된 2개의

sieve와 1개의 basket으로 된 Fig. 1의 처리장치와 온도를 조절할수 있는 가열로로 되어 있다. 처리장치의 구성품들은 단계적으로 적재되며 상단의 첫 번째 sieve(Fig. 1(a))는 회수된 우라늄을 분리하기 위한 것이며 두번째 sieve(Fig. 1(b))는 LiCl-KCl 공용염을 분리하기 위한 것이다. 하단부의 스틸 basket(Fig. 1(c))은 카드뮴 회수를 위해 준비하였다.

본 연구에서는 99.95% 카드뮴과 99.99+% LiCl-KCl을 사용하였으며 실제 우라늄 대신 우라늄 덴드라이트를 표현하기 위해 금속 wire를 적당한 길이로 끊어 사용하였다.

2.2 실험방법

Fig. 2(a)는 알루미늄 도가니에 카드뮴만을 녹여 준비한 것이고, Fig. 2.(b)는 LiCl-KCl 공용염과 카드뮴을 같이 넣어 녹여서 준비한 것이며, Fig. 2(c)는 LiCl-KCl 공용염과 카드뮴 그리고 금속 wire를 같이 넣고 녹여서 준비한 것이다.

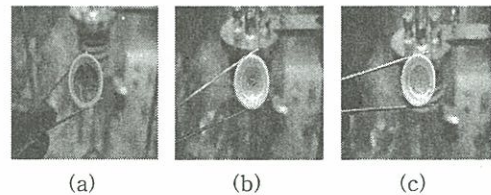


Fig. 2. Crucible for experiment

이와 같이 준비된 도가니를 뒤집어 Fig 1(d)와 같이 조립한 후 카드뮴과 LiCl-KCl이 녹을 수 있도록 500℃로 가열하였다. 카드뮴과 LiCl-KCl이 녹아 첫 번째 sieve를 통과하게 되면 금속 wire만 sieve 위에 남은 것을 확인한 후 도가니와 첫 번째 sieve를 제거하였다. 남은 카드뮴과 LiCl-KCl을 분리하기 위해 가열로의 온도를 조절하여 고(LiCl-KCl)-액(카드뮴)상태가 되도록 하였다. 카드뮴의 녹는점은 326 ℃이고 LiCl-KCl의 녹는점은 353 ℃이므로 이 사이의 온도를 설정하

여 두 물질상이 고-액 상태로 됐을 때 2번째 sieve를 들어올려 LiCl-KCl를 걸어내어 두 물질을 분리하였다.

2.2.1 mesh 사이즈 선택

카드뮴은 원활하게 통과하고 우라늄 모사체는 통과하지 못하는 sieve의 mesh 사이즈를 선택하기 위해 1 mm, 2 mm, 3 mm 크기의 opening을 갖는 mesh를 준비하였다. Fig. 2(a)와 같이 도가니에 카드뮴만 담은 상태에서 온도를 500℃로 가열하여 카드뮴을 녹인 후 카드뮴이 sieve를 통과하여 원활하게 내려가는지 확인하는 실험을 수행하였다. 2 mm, 3mm의 크기 mesh에서는 카드뮴이 통과하여 내려가는 것을 확인할 수 있었으나 1 mm의 mesh에서는 카드뮴의 표면장력 때문에 통과하지 못하고 sieve 위에 남아 있는 것을 확인하였다.

2.2.2 카드뮴과 LiCl-KCl 분리 온도 설정

본 실험에서는 첫 번째 sieve를 제거한 후 남은 카드뮴과 LiCl-KCl을 고-액 분리하기 위해서 두 물질의 녹는 점을 고려하여 카드뮴은 액체 상태로 LiCl-KCl은 고체 상태로 공존할 수 있는 온도 조건을 찾는 것이 매우 중요하다. 카드뮴의 녹는 점은 326 ℃이고 LiCl-KCl의 녹는점은 353 ℃ 이므로 약 30℃의 온도차이가 있음을 확인하였다. 실험 조건으로 330 ℃, 340 ℃ 그리고 350 ℃의 온도조건 하에서 두 물질이 다른 상으로 존재하는 온도를 측정해 보았다. 330 ℃에서는 두 물질이 고체상으로 존재하였고, 350 ℃에서는 두 물질 모두 액체상으로 존재하기 때문에 상분리가 확실히 되지 않는다는 것을 확인하였다. 340 ℃ 온도조건 하에서는 액체 상태의 카드뮴과 고체 상태의 LiCl-KCl로 확실히 분리 되어 두 번째 sieve에 굳어있는 LiCl-KCl를 Fig. 3와 같이 sieve를 들어냄으로써 손쉽게 액체 카드뮴과 분리할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 도가니에 섞여있는 모의 U, TRU, LiCl-KCl 공용염 및 카드뮴을 순차적으로 분리하기 위해 장치를 제작하고, 각 물질을 분리하기 위한 온도조건을 확인하였다. 카드뮴은 sieve의 mesh 크기가 2mm이상에서 통과하는 것

을 확인하였으며 좀 더 안정한 처리를 위해 3mm 이상의 크기를 사용하는 편이 적당한 것으로 판단된다. 카드뮴과 LiCl-KCl이 340 ℃에서 고체-액체 상태로 나누어져 분리가 용이한 것을 확인하였다. 본 연구에서 제작된 장치를 이용하여 진행한 실험을 통해 우라늄 텐드라이트, 카드뮴, LiCl-KCl 공용염을 각각 분리하였다.

이것으로 LCC전해제련 다음 공정인 TRU 석출물 증류공정에서의 공정조건 설정 및 카드뮴 및 LiCl-KCl 공용염의 처리 과정이 용이할 것으로 판단된다.

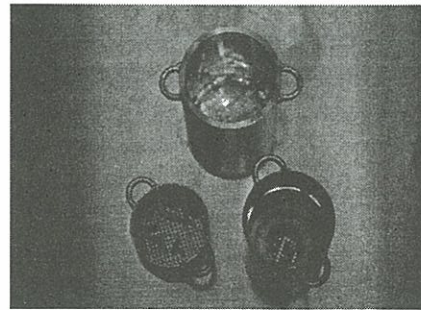


Fig. 3. Result of experiment

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.