

우라늄 수지상 제거용 자동화 LCC assembly 장치 개발

김시형, 백승우, 윤달성, 김택진, 심준보, 김광락, 정재후, 안도희
한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
exodus@kaeri.re.kr

1. 서론

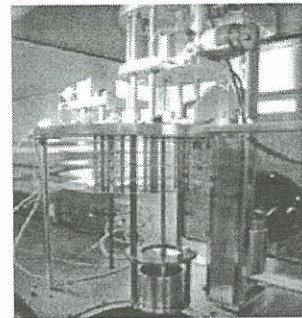
사용후핵연료를 처리하기 위하여 개발된 파이로 컨식처리 공정(pyroprocess)의 핵심기술인 전해제련(electrowinning) 공정은 우라늄(U), 초우라늄(TRU) 및 각종 핵분열생성물이 혼합되어 있는 500℃의 LiCl-KCl 용융염으로부터 전기화학적 방법에 의하여 액체카드뮴 음극(LCC : Liquid Cadmium Cathode)으로 U 와 TRU 원소를 공회수(co-deposition)하는 기술이다. 전해제련 공정에서 LCC로 U와 TRU를 공회수 할 때 가장 큰 문제점은 전착되는 U가 LCC 계면에서 수지상(dendrite) 형태로 성장하여 계면을 덮게 되는 경우로서, 이후부터는 U만 주로 회수되고 TRU가 공회수 되지 않기 때문에 전해제련 조업을 더 이상 진행할 수 없게 된다는 점이다. 이러한 이유 때문에 전해제련 공정을 개발하는 각 나라에서는 U 수지상의 성장을 억제하기 위하여 각 나라별로 고유의 LCC assembly 구조를 개발하였다 [1-2]. 한국에서도 파이로 컨식처리 공정을 성공적으로 수행하기 위해서는 U 수지상 성장을 효과적으로 억제할 수 있는 LCC assembly를 독자적으로 개발 및 구축할 필요성이 대두되었다.

2. 본론

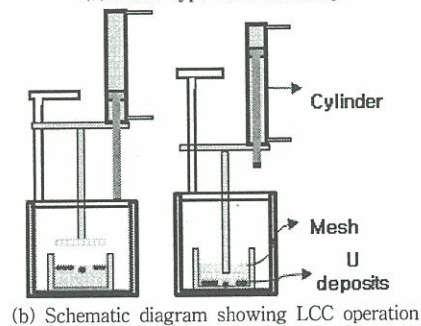
2.1 Mesh-type LCC assembly 구성

Fig. 1은 자동화 운전되는 mesh형 LCC assembly가 설치된 전해제련 장치 및 작동과정을 보여주는 그림이다. 자동화 운전되는 mesh가 우라늄 금속 수지상이 생성되는 카드뮴 표면을 누르면, 우라늄 금속 수지상은 하강하는 mesh의 격자판(grid)에 의해 카드뮴 내부로 침전되고, 반면에 액체로 된 카드뮴은 mesh의 구멍(opening) 사이로 통과된다. 그리고, mesh가 하강하여 Cd를 담고 있는 도가니 바닥에 닿아도 도가니와 mesh의 충돌에 의한 파손이 발생하지 않도록 완충기울을 적용하였다. 이와 같은 과정으로 카드뮴 표면에 성장되는 우라늄 수지상을 카드뮴 내부로

침전시켜 전해제련 공정 중에 용융염과 카드뮴이 계속 접촉될 수 있게 해주면, 악티늄족 회수율을 크게 증가시킬 수 있다.



(a) Mesh-type LCC assembly



(b) Schematic diagram showing LCC operation

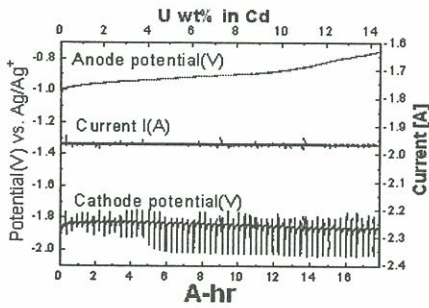
Fig. 1. Automatic LCC assembly

2.2 LCC assembly 이용한 U 전착 성능시험

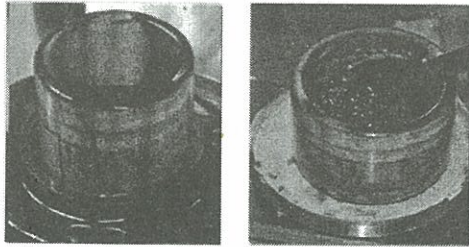
Fig. 2는 mesh를 이용하여 LCC 전착을 수행하는 동안에 양극(anode)과 음극(cathode)의 전위변화 및 도가니에서의 우라늄 수지상 생성여부를 확인한 결과이다. 500℃의 LiCl-KCl-4wt%UCl₃ 용융염을 50 rpm으로 교반하면서, 100 mA/cm²의 정전류로 액체카드뮴으로 우라늄 전착실험을 수행하였다. 약 300g의 카드뮴을 담은 음극도가니의 내경과 높이는 50mm와 45mm이고, mesh의 직경은 45mm 이었다. Mesh는 매 10분마다 1 회식 카드뮴 표면을 눌러주었다.

Fig. 2(a)에서 나타나는 음극전위의 진폭은 10분마다 운전되는 STS-mesh가 카드뮴과 접촉할 때 발생

하는 것이고, mesh가 카드뮴에서 분리된 후의 음극 전위가 상승하지 않고 일정하게 유지되는 것은 우라늄 수지상이 계속 제거되고 있음을 보여주는 것이다. 우라늄 수지상이 제거되지 못하여 카드뮴 표면에서 성장하면 전위는 상승하는 경향을 나타낸다. 전착공정이 종료된 후 도가니를 들어 올려서 우라늄 수지상이 카드뮴 내부에 침전되어 있음을 육안으로 확인하였다. 당 연구에서 개발한 mesh형 LCC 구조를 이용하여 우라늄 수지상의 성장없이 14wt%U/Cd까지 전착할 수 있었다.



(a) Change in anode and cathode potential



(b) No U dendrite growth out of crucible (c) U deposits in the Cd cathode

Fig. 2. Deposition result using mesh-type LCC assembly [14wt%U/Cd]

3. 결론

우라늄 수지상을 효과적으로 제거할 수 있고, 또한 도가니와의 충돌에 의한 파손이 발생하지 않도록 완충기술을 적용한 자동화 운전용 mesh형 LCC assembly를 자체적으로 개발하였다. 이 장치를 이용하여 우라늄 수지상의 성장 없이 14wt%U/Cd까지 전착할 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] J. E. Battles, K. M. Myles, J. J. Laidler and D. W. Green, "Integral Fast Reactor Pyrochemical Process", Argonne National Laboratory Technical Report 1993, ANL-94/15 (1994).
 [2] N. Kondo, T. Koyama, M. Iizuka and H. Tanaka, "액상 카드뮴 음극에서의 수지상 우라늄 발생 억제 조건에 대한 연구검토", CRIEPI Report, T95029(1996).