

전류 인가 조건과 우라늄 전착물 형성에 관한 연구

이성재, 황성찬, 송문범, 정정환, 이한수, 김정국
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
leesungjai@kaeri.re.kr

1. 서론

건식 파이로 프로세스는 사용후 핵연료에 포함되어 있는 순수한 우라늄 및 TRU 등 유용한 원소를 회수하여 재활용하기 위해 오랫동안 연구되어 왔다. 특히 파이로 프로세스의 핵심 공정인 전해정련은 사용후 핵연료 내에 포함된 다량의 우라늄을 회수하는 공정으로, 우라늄의 회수율 및 순도를 높이기 위하여 꾸준히 연구되어 왔다 [1]. 한국원자력연구원에서는 전해정련 장치의 고효율화, 고용량화를 위해 많은 연구를 수행하였으며, 최근 50 kgU batch⁻¹ 용량의 PRIDE 전해정련 장치를 개발하였다.

우라늄을 회수하는 전해정련 공정에서 처리량(throughput)은 정련반응시스템에 인가되는 총 전류량에 의해 결정되기 때문에 처리량을 증대시키기 위해서는 높은 전류를 인가하여야 한다. 그러나 인가하는 전류에 의해 형성되는 전착물의 형태가 달라진다고 보고되는데 [2], 생성되는 전착물의 형태 및 크기는 고효율 전해정련 장치의 자발탈리(self-scraping) 특성 및 후속공정인 염증류 공정에 영향을 미친다.

따라서 본 연구에서는 전류 인가조건에 따른 우라늄 전착물의 형태에 대한 정량적 분석을 수행하였다. 이를 위해 먼저 여러 전류밀도 정전류 조건에서 얻어진 전착물 분석을 통하여 전류밀도에 따른 전착물의 크기 및 형태를 정량화 하였다. 또한 다양한 전류 펄스에서 전착물을 형성하여 전류 펄스와 전착물에 대한 형태에 관한 연구를 수행하였다. 이를 통하여 고효율 전해정련반응기의 최적 운전조건을 도출하였다.

2. 실험방법

본 실험은 전류 인가 조건과 전착물의 형태에 관한 정량적 분석을 위해 소형 전해정련 장치에서 수행하였다. 소형 전해정련 실험 장치는 Fig. 1과 같다. 우라늄 pellet을 포함하는 anode를 대전극(counter electrode)으로 순수한 우라늄이 전착

되는 cathode를 작업전극(working electrode)으로 사용하였으며, 전해질은 LiCl-KCl 용융염을 사용하였다. Cathode의 경우 균일한 전기장 형성을 위해 평면 stainless steel 전극을 사용하였다. 기준전극(reference electrode)은 Ag/AgCl (1wt%)을 사용하였다. 초기 정련운전을 위해 LiCl-KCl 용융염에 UCl₃의 농도는 3wt%로 유지하였다. 모든 실험은 수분과 산소의 영향을 최소화하기 위하여 glove box 내에서 수행되었다.

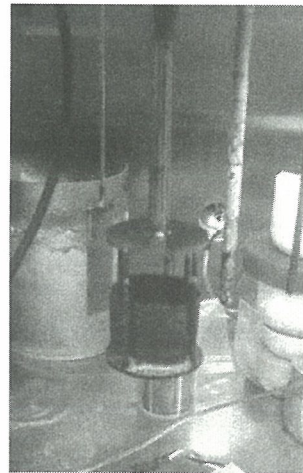


Fig. 1. Cell configuration used in this work.

3. 결과 및 고찰

3.1. 전류밀도 영향

Fig. 2는 여러 전류밀도에서 측정된 전위변화 곡선이다. 일반적으로 알려진 바와 같이 전류 밀도가 클수록 더 많은 과전압(overpotential)을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 cathode의 경우 전착물이 성장함에 따라 과전압이 변화함을 알 수 있다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 낮은 전류밀도에서 과전압의 크기 변화가 가장 큰 것으로부터 저전류에서 형성되는 전착물이 큰 면적변화를 유발하고 있음을 알 수 있다.

일반적으로 우라늄 전착물의 형태는 전류밀도에 따라 변하는데, 고전류에서는 각형으로 성장하고

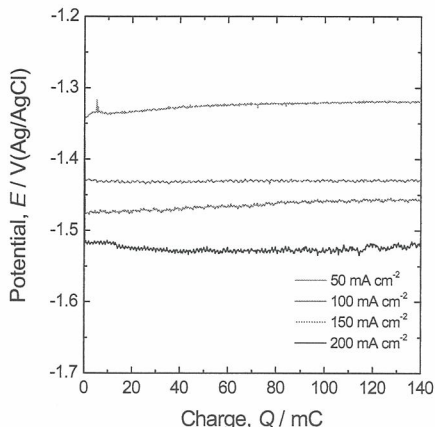


Fig. 2. Potential transient measured during electrorefining at different current densities.

저전류에서는 whisker 형태로 성장한다고 알려져 있다 [3]. 전류 밀도에 따른 전착물의 크기 및 형태를 확인하기 위하여 3차원 입체 현미경을 사용하여 전착물의 형태 및 크기를 분석하였다.

3.2. 전류 펄스 영향

균일하고 조대한 전착물을 얻기 위해서 전류 펄스를 이용한 전해정련 방법이 연구되고 있다 [2]. Fig. 3은 본 연구에서 수행한 전류 펄스를 나타내고 있다.

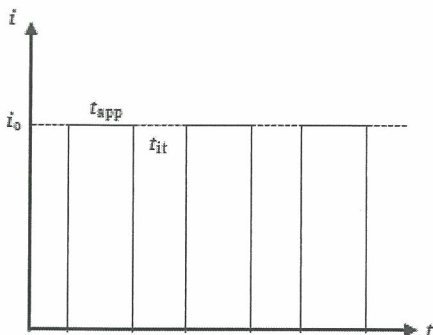


Fig. 3. Current pulse applied to the electrochemical cell.

전류 펄스가 전착물 형상에 미치는 영향에 대한 연구를 위해서 인가시간 (t_{app}), 펄스 간격 (t_{it})을 조정해 가면서 전착물의 형상 변화를 3차원 입체 현미경을 사용하여 분석하였다.

4. 결론

본 연구는 인가 전류의 크기 및 형태에 따른 전착물의 형상에 관한 연구로, 전류밀도에 따라 전착물의 크기 및 형태가 많은 영향을 받고 있음을 확인하였다. 이 결과는 고효율 전해정련반응기의 최적 운전조건 결정하는데 활용될 예정이다.

5. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부에서 주관하는 원자력중장기계획사업의 일환으로 수행하였습니다.

6. 참고문헌

- [1] 강영호, 양역석, 황성찬, 이흥기, Applied Chemistry, Vol.2, No.1, pp.508-511, 1998
- [2] T.C. Totemeier, ANL/ED/CP-100464, 2000.
- [3] 강영호, 황성찬, 안병길, 김응호, 유재형, 한국공업화학회지, Vol.15, No.5, pp.513-517, 2004.