

고효율 전해정련장치 운전 특성 평가

이성재, 박성빈, 황성찬, 성기찬, 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]. 최근 한국원자력연구원에서는 20 kgU batch⁻¹ 용량의 고효율 전해정련반응기를 개발하였다. 이를 이용하여 우라늄을 회수하는 경우, 처리량(throughput)은 정련반응시스템에 인가되는 총 전류량에 의해 결정되기 때문에 처리량을 증대시키기 위해서는 높은 전류를 인가하여야 한다. 그러나 회수된 우라늄의 순도를 유지하기 위해서는 cathode 전위를 일정 전위 이상으로 유지하여야 한다. 더불어 원료 물질에 포함된 귀금속(noble metal)의 용해를 방지하고, anode 구조체의 부식을 방지하기 위해서는 anode 전위 또한 cut-off 전위 이하로 관리해야만 한다.

따라서 본 연구에서는 운전 조건에 따른 우라늄 전착 특성 및 용해 특성에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위해 우라늄 용해 및 전착 반응에 영향을 미치는 인자인 온도, 전류 및 운전조건에 따른 특성을 분석하였다. 이를 통하여 고효율 전해정련반응기의 최적 운전조건을 도출하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 20 kgU batch⁻¹ 규모의 고효율 전해정련 실험 장치는 Fig. 1과 같다. 전해정련장치는 모사 핵연료(Simfuel)가 적재되는 anode와 순수한 우라늄이 전착되는 cathode로 구성되어 있으며 반응 매질로는 LiCl-KCl 용융염을 사용한다. Cathode의 경우 전착된 우라늄이 자발적으로 탈리되어 반응기 아래로 떨어지는 graphite 전극을 사용하였고, anode의 경우 이온의 원활한 이동과 전기적 접촉을 고려하여 mesh

형태의 basket을 채택하였다 [2]. 초기 정련운전을 위해 LiCl-KCl 용융염에 UCl₃의 농도는 9wt%로 유지하였다. 모든 실험은 수분과 산소의 영향을 최소화하기 위하여 glove box 내에서 수행되었다.

전기화학 분석을 위해 3전극 전기화학 셀을 구성하였다. Cathode 전극을 작업전극(working electrode)으로, anode 전극을 보조전극(counter electrode)으로, Ag/AgCl(1wt%) 전극을 기준전극(reference electrode)으로 각각 사용하였다.

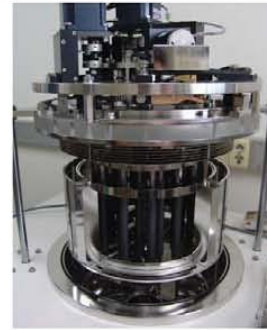


Fig. 1. High-throughput electrorefiner.

3. 결과 및 고찰

3.1 전착 방법에 따른 영향

Fig. 2는 정전류 및 정전위 인가시 측정된 전류 및 전위를 나타낸다. 정전위의 경우 cathode 전극에서 U deposit이 생성되면서 반응 면적이 넓어져 전류가 점차적으로 증가하는 경향을 보인다. 그러나 전류 증가에 따라 anode의 전위가 높아져 원료 물질에 포함된 귀금속의 용해나 anode 구조체의 부식 위험성이 커짐을 알 수 있다.

3.2 전류 크기의 영향

Fig. 3은 여러 전류 인가조건에서 측정된 전위 추이 곡선을 나타낸다. 일반적으로 알려진 바와 같이 큰 전류의 인가는 큰 과전압을 필요로 한다는 결과를 보여주고 있다. 또한 전류가 커짐에 따라 과전압의 증가가 더욱 커짐을 확인하였다.

따라서 큰 전류를 인가하면 cathode 전착물에

불순물 유입 가능성 및 anode 구조재의 부식 위험성이 증가함을 알 수 있다.

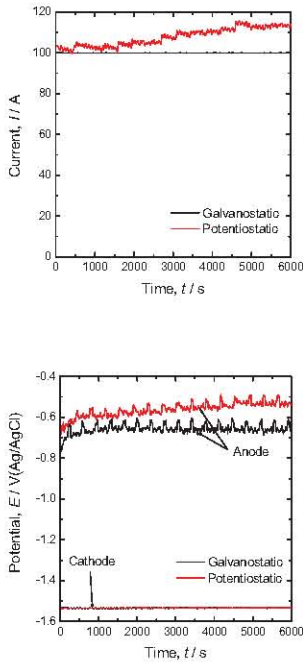


Fig. 2. Variations of current and potential during electrorefining at different conditions.

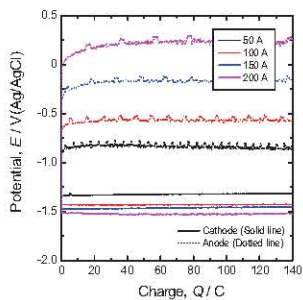


Fig. 3. Potential transients measured at different applied currents.

3.3 온도의 영향

우라늄 용해 및 전착특성에 미치는 온도의 영향을 확인하기 위하여 다른 온도에서 우라늄 전착 특성 및 용해 특성을 평가하였다. Fig. 4는 온도에 따른 anode 및 cathode의 전위 변화를 측정된 그래프이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 온도가 증가함에 따라 과전압은 감소하는 경향을 보이고 있으

며, 온도가 450°C인 경우 과전압의 증가가 현저함을 확인하였다.

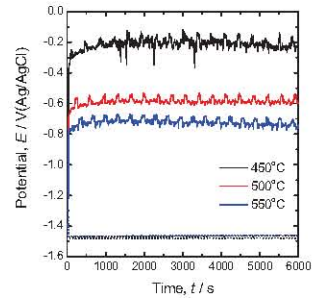


Fig. 4. Potential transients obtained at various temperatures.

4. 결론

본 연구는 고효율 전해정련 반응기에서 운전 조건에 따른 우라늄 전착 특성 및 용해 특성을 평가하였다. 실험 결과로부터 높은 온도, 낮은 전류밀도 및 정전류 조건이 anode 부식 방지 및 귀금속 잔류에는 유리하지만, 이 경우 전해정련 처리량이 현저히 감소함을 확인하였다.

5. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부에서 주관하는 원자력 중장기계획사업의 일환으로 수행하였습니다.

6. 참고문헌

- [1] 강영호, 양역석, 황성찬, 이흥기, Applied Chemistry, Vol.2, No.1, pp.508-511, 1998.
- [2] 강영호, 황성찬, 안병길, 김용호, 유재형, 한국공업화학회지, Vol.15, No.5, pp.513-517, 2004.