

전해제련 공정에서 불활성 양극의 성능평가

김시형*, 심준보, 김가영, 김택진, 백승우, 이성재, 안도희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
 *exodus@kaeri.re.kr

1. 서론

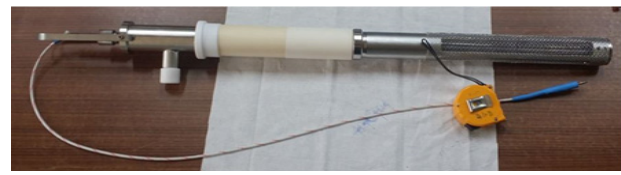
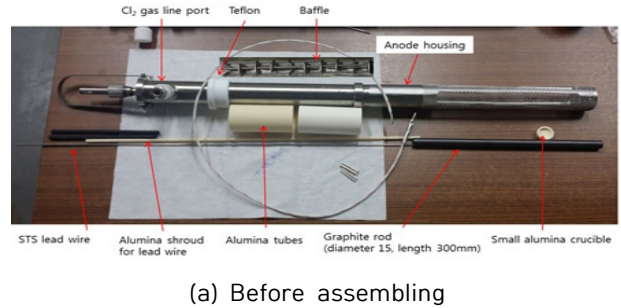
파이로의 전해제련 공정[1]에서 사용되는 불활성 양극에서는 전해반응 중 표면에서 염소기체가 발생하므로, 발생한 염소가 양극 assembly 자체에 미치는 영향을 관찰할 필요가 있다. 불활성 전극은 전도성이 좋으면서 용융염에 녹지 않는 그래파이트와 같은 탄소계열 재료가 주로 사용되고 있는데, 그래파이트는 외부로부터 충격을 받으면 파손되기 쉬우므로 스테인레스 스틸(STS) 하우징 등으로 보호해 주어야 한다. 본 연구에서는 U/RE 성분이 포함된 LiCl-KCl 용융염에서 액체카드뮴음극(LCC)을 이용하여 전착실험을 수행하면서 그래파이트 전극 표면에서 발생한 염소가 양극 assembly의 내구성에 미치는 영향을 관찰하였다.

2. 본론

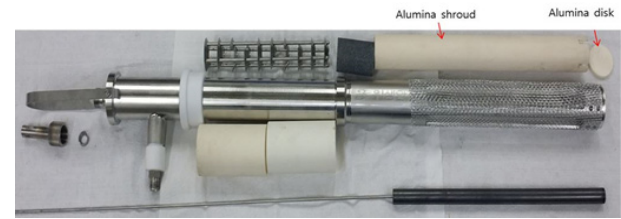
2.1 실험 방법

U와 RE(Nd, Ce, La, Y) 성분이 포함된 LiCl-KCl 용융염에서 그래파이트 전극과 LCC를 이용하여 50 mA/cm²에서 전해실험을 수행하였고, 이를 통해 Fig. 1과 Fig. 2의 양극 assembly의 내구성을 평가하였다. 두 양극 assembly의 주요 차이점은, Fig. 1 양극 assembly에서는 그래파이트 전극 바깥으로 STS housing만 둘러싸고 있는 형태이고, Fig. 2 양극 assembly에서는 직경 1 mm의 구멍이 측면에 다수 뚫려 있는 알루미늄 튜브가 그래파이트 전극과 STS housing 사이에 설치되어 있다는 것이다.

반면에 두 양극구조의 공통점은 아래와 같다. 그래파이트 표면에서 발생한 염소가 STS housing을 통해서 전해조 내로 분산되지 않는다면, 염소는 양극 assembly 상단(Fig에서는 좌측방향)으로 상승하게 되고 상승한 염소는 양극 상단 측면에 뚫려 있는 염소 기체 방출용 port를 통하여 염소정제기로 흘러가도록 되어 있다. 양극 상단으로 염소가 상승하면서 동반 휘발되는 염은 그래파이트 상부에 설치되어 있는 STS baffle에서 포획될 것이다.



(a) Before assembling
 (b) After assembling
 Fig. 1. Anode assembly (type 1).

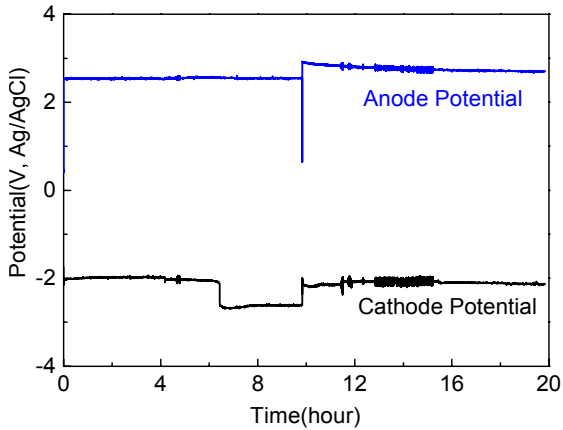


(a) Before assembling
 (b) After assembling
 Fig. 2. Anode assembly (type 2).

2.2 전해실험 후 양극 assembly 평가

Fig. 3(a)는 Type 1 양극을 이용하고 LCC에 50 mA/cm² 전류를 2차에 걸쳐 총 20 시간 동안 인가하면서 전착실험을 수행한 결과이다. 1차 전착실험에서 10 시간 전해하는 동안 양극전위는 2.5 V를 안정적으로 유지하였고, 음극전위는 -2 ~ -2.6 V를 나타내었다. 1차 전착 후 양극 assembly 와 LCC 도가니의 상태가 양호함을 육안으로 확인한 후, LCC에 U를 더 전착하기 위하여 양극 assembly와 LCC 도가니를 염 속으로 다시 장입하여 2차 전착 실험을 10 시간 동안 수행하였다. 2차 전착에서 양

극전위와 음극전위는 각각 2.7 ~ 2.9 V, -2.1 ~ -2.2 V로서 비교적 안정하게 유지되었다. 20 시간 전착실험 후 Type 1 양극의 상태를 확인한 결과, Fig. 3(b)와 같이 염 레벨 부근에 위치하는 STS 하우징 부분이 심하게 손상되어 있었다. 이는 그래파이트 표면에서 발생한 염소가 STS housing 통하여 전해조 내로 분산되어 STS로 된 housing 등에 영향을 미친 것으로 판단된다.



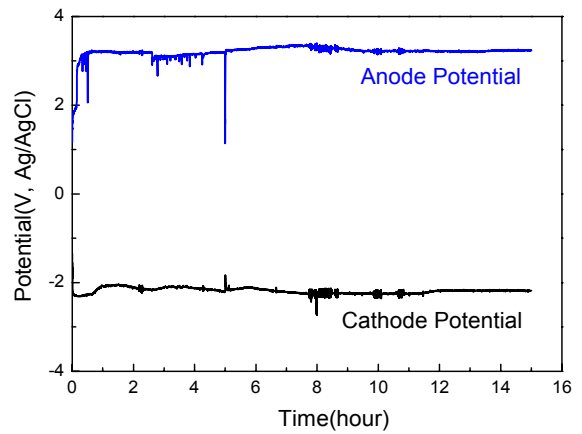
(a) Anode potential and cathode potential



(b) Status of type 1 anode assembly

Fig. 3. Electrodeposition behavior (type 1 anode assembly).

Fig. 4(a)는 Type 2 양극을 이용하고 LCC에 50 mA/cm² 전류를 2차에 걸쳐 총 15 시간 동안 인가하면서 전착실험을 수행한 결과이다. 1차 전착실험에서 5 시간 전해하는 동안 양극전위는 3.2V, 음극전위는 -2.2 ~ -2.3V를 나타내었다. 1차 전착 후 양극 assembly와 LCC 도가니의 상태가 양호함을 확인한 후, LCC에 U를 더 전착하기 위하여 양극 assembly와 LCC 도가니를 염 속으로 다시 장입하여 2차 전착실험을 10 시간 동안 수행하였다. 2차 전착에서 양극전위와 음극전위는 1차 전착 때와 유사한 값을 보여 주었다. 2차 전착 후 Type 2 양극의 상태를 확인한 결과, Fig. 4(b)와 같이 STS housing 등에 아무런 손상이 발견되지 않았다. 이것은 그래파이트 표면에서 발생한 염소가 알루미늄 바깥으로 분산되지 않았기 때문으로 생각된다.



(a) Anode potential and cathode potential



(b) Status of type 2 anode assembly

Fig. 4. Electrodeposition behavior (type 2 anode assembly).

3. 결론

U/RE 성분이 포함된 LiCl-KCl 용융염에서 액체카드뮴음극(LCC)을 이용하여 전착실험을 수행하여 그래파이트 전극 표면에서 발생한 염소가 양극 assembly의 내구성에 미치는 영향을 관찰하였다. 그래파이트 전극이 염 표면에 노출되어 있으면 염소는 전해조 내부로 비산되어 양극의 STS housing에 손상이 발생하지만, 그래파이트를 측면에 구멍이 많이 뚫린 알루미늄 shroud로 감싸 줄 경우 염소기체가 알루미늄 shroud 바깥으로 비산되지 않도록 함으로서 양극 assembly의 내구성이 향상됨을 확인하였다.

4. 참고문헌

- [1] D. Vaden, S.X.Li, B.R. Westphal, K.B. Davies, T.A. Johnson and D.M. Pace, "Engineering Scale Liquid Cadmium Cathode Experiments," Journal of Nuclear Technology, 162, 124-128 (2008).