

전해제련 시스템에서 STS 교반기에 의한 통전영향 평가

김시형*, 김가영, 장준혁, 권상운, 이성재

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*exodus@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로의 전해제련 공정[1]에서 사용되는 전해조, LCC assembly frame, 그리고 전극 장입구멍이 뚫려있는 전해조 덮개 등 대부분의 장치 구성품이 모두 스테인레스 스틸(STS)로 만들어지므로, 염 속에 장입된 전극 사이에서만 전류가 흘러야 하는 제련시스템을 고려해 볼 때 전극 간 이외의 영역에서는 절연성이 잘 유지되어야 한다. 본 연구에서는 STS로 된 염 교반기를 이용하여 전해제련 시스템에서 통전이 발생했을 때 전위와 전류 등이 변하는 현상을 관찰하였다.

2. 본론

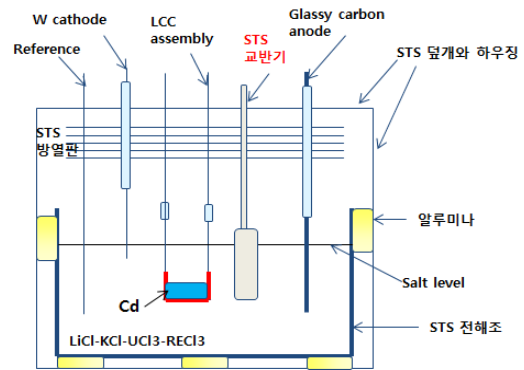
2.1 실험 방법

Fig. 1은 전해제련 공정에서 악티늄족 원소를 회수할 때 사용되는 대표적인 전극구성 형태이다. 전해조 덮개, 전해조, 전해조 하우징, 방열판 등은 STS로 만들어지고, 음극으로 사용되는 카드뮴 장입장치인 LCC assembly도 STS로 만들어진다. 이번 실험에서는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 LCC assembly 가이드 중간부분에 알루미늄 절연체를 삽입하여 LCC assembly가 염에 장입되어도 전극 덮개와 염 사이에 절연이 유지되게 하였고, 또한, 카드뮴을 담는 도가니도 알루미늄으로 만들었다.

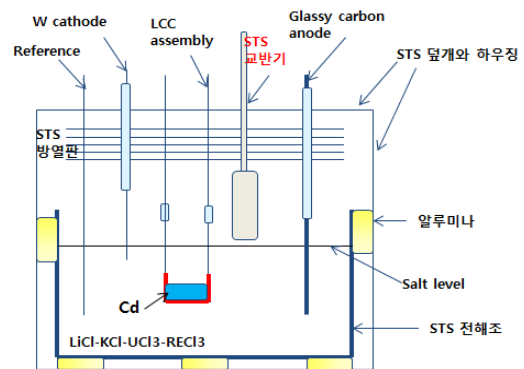
양극으로는 glassy carbon을 사용하는데 전해조 덮개와 방열판 등의 STS 구조물과 통전되지 않도록 구조물과 접촉되는 부분에는 파이렉스 관으로 절연을 해 주었다. 그 외, 기준전극(reference)과 고체음극(W cathode)도 STS 재질과 닿는 부분은 파이렉스 또는 알루미늄으로 절연을 시켜 주었다. 본 실험을 위해 사용된 염은 U와 RE(Nd, Ce, La, Y) 성분이 포함된 LiCl-KCl 용융염이며, 용융염 교반을 위해 STS 재질로 된 교반기를 사용하였고, STS 교반기는 별도로 절연시키지 않았다.

Fig. 1(a)는 양극, 기준전극, LCC assembly, STS 교반기를 모두 염 속에 장입한 것으로서, 교반기를 단순히 염 속에 장입만 한 경우와 교반하기 위해

교반기와 회전모터를 상호 연결한 2 가지 경우가 다 함축된 Fig인데, 두 경우의 차이를 Fig. 1(a)에서 구분하지는 않았다. Fig. 1(b)에서는 STS 교반기만 염 위로 들어 올린 상태이다.



(a) STS stirrer dipped into the salt



(b) STS stirrer floated above the salt level

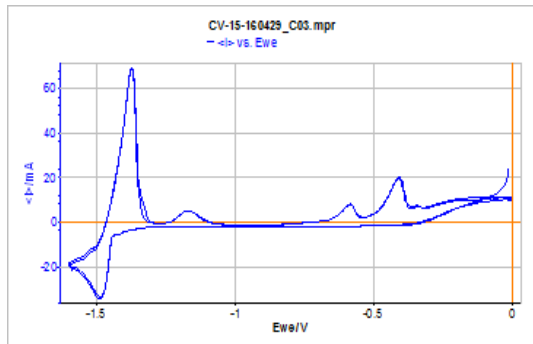
Fig. 1. System configuration of electrolytic vessel.

2.2 시스템의 통전 영향

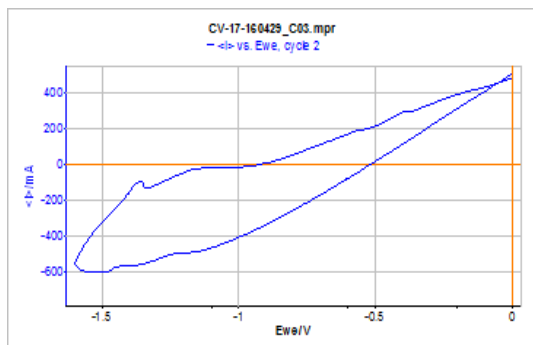
Fig. 2(a)는 Fig. 1(a)에서와 같이 전극류와 LCC assembly를 모두 염에 장입하고, STS 교반기도 염 속에 장입한 상태로 CV를 측정한 것이다. Fig. 2(b)는 STS 교반기가 염 속에 장입되어도 전형적인 CV 결과가 얻어졌으며 이 때의 최대 환원전류는 -60 mA 이었다. Fig. 2(c)는 STS 교반기의 상부 부분과 회전 모터를 고무 벨트로 서로 연결한 상태의 CV로서, 이 때 STS 교반기는 벨트에 연결될 때 약간 경사진 상태로 염에 장입되는 형태가 된다. Fig. 2(a)와는 다르게 CV 형상도 달

라지고 과전류가 흘러서 환원전류가 -600 mA까지 약 10배 증가함을 알 수 있다. STS 교반기가 경사진 채로 전해조로 장입되면서 주변의 STS 구조물과 접촉되어 통전이 된 것으로 판단된다.

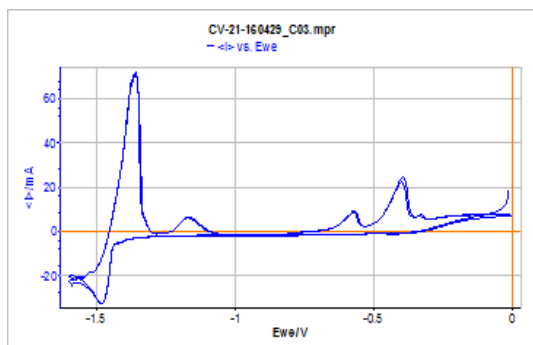
Fig. 1(b)와 같이 STS 교반기를 염 위로 들어 올린 상태에서는 CV가 다시 정상적 형태로 되었고, 교반기가 들어 올려진 상태에서는 교반기를 회전모터부와 연결하여도 CV 형상이 변하지 않았다.



(a) STS stirrer dipped into the salt



(b) STS stirrer dipped into the salt and then linked to the motor of the stirrer



(c) STS stirrer floated above the salt level

Fig. 2. CV shapes depending on the position of the STS stirrer.

Table 1은 STS 교반기를 염에 장입한 후 회전모터에 연결한 경우(Table에서 통전으로 표시)와 교반기를 염 위로 들어 올린 상태(Table에서 절연으로 표시)에서 30-100 mA/cm²로 전류를 인가하면

서 LCC의 전위변화를 측정하는 것이다. Table에서 보는 바와 같이 STS 교반기에 의해 통전이 발생하면 전위가 0.5 V-1.3 V 차이가 생김을 알 수 있다.

Table 1. Potential difference depending on current density and the position of the STS stirrer

	통전 (V)	절연 (V)
30 mA/cm ²	-1.4	-1.94
50 mA/cm ²	-1.63	-2.3
70 mA/cm ²	-1.67	-2.7
100 mA/cm ²	-2.0	-3.3

STS 교반기를 회전모터에 연결하여 염을 교반하면서 LCC에 30-100 mA/cm² 전류를 인가하여 U 전착을 수행하였다. LCC가 음극이기 때문에 LCC에만 U가 전착되고 STS 교반기에는 물질이 전착되지 않아야 하지만, Fig. 3의 좌측 사진에서 보는 바와 STS 교반기 표면에 물질이 묻어 있었고, 이를 샘플링하여 XRD로 분석한 결과 LiCl, KCl과 UO₂로 판명되었다. STS 교반기에 묻은 물질은 원래 U 금속이었을 것인데, XRD 시료준비 중에 산소와 반응하여 UO₂로 된 것으로 사료된다.

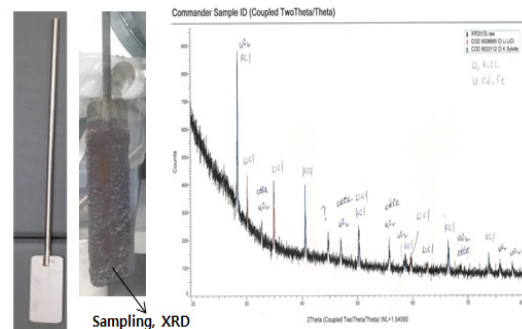


Fig. 3. Deposits adhered to the surface of the STS stirrer.

3. 결론

전해제련 시스템에서 염 교반기와 같은 STS 재질로 된 구성품이 시스템에 통전현상을 일으킬 경우, 전극에 과전류가 흐르거나 STS 교반기에 전착현상이 발생함을 관찰하였다.

4. 참고문헌

[1] K. Uozumi, M. Iizuka, T. Kato, T. Inoue, O. Shirai, T. Iwai and Y. Arai, "Electrochemical behaviors of U and Pu at simultaneous recoveries into LCC," Journal of Nuclear Materials, 325, 34-43 (2004).