

LiCl-KCl 용융염계에서 U, Nd, Ce, La 및 Y의 액체 Cd에 대한 전해석출 연구

박성빈, 이종현, 백승우, 김시행, 심준보, 안도희, 이한수, 김응호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

sbpark@kaeri.re.kr

최근 GNEP 등 미국의 정책변화로 사용후핵연료에 존재하는 TRU를 회수하는 공정에 대한 관심과 차세대원자로에 대한 금속연료의 재처리 및 회수의 개념으로 Pyroprocess에 대한 관심이 높아지고 있다. 전해정련(electrorefining) 및 전해제련(electrowinning) 공정은 사용후핵연료에서 순수한 우라늄 및 TRU를 분리하는 중요한 pyroprocess 공정들이다. 특히, 전해제련은 액체금속을 음극으로 사용하여 용융염에 존재하는 악티나이드 원소들을 분리하는 공정이다. 이번 연구는 Cd를 액체금속전극으로 이용하여 우라늄 및 희토류금속들에 대한 전해분리거동에 대한 특성을 평가하고자 하였다. 500℃의 LiCl-KCl 용융염계에서 원소들의 농도 및 계에 인가되는 전류밀도의 변화에 따른 우라늄과 희토류금속의 전해전착 거동에 대한 영향을 알아보았다.

Fig.1은 전해제련 실험장치에 대한 개략도이다. 전해제련 장치는 가열저항로, K-type 열전대, 알루미늄 도가니, 액체음극, 양극, 기준전극 그리고 Ar 가스공급기 등으로 이루어져 있으며 Ar 분위기의 glove box 내에 설치되어 있다. Glove box는 산소 및 수분 함량이 각각 3 ppm, 0.5 ppm 이하로 유지된다. Fig.2는 LiCl-KCl-RE(Nd,Ce,Y,La)Cl₃-UCl₃/Cd 계에 대한 polarization curve를 나타낸 것이다. YCl₃, LaCl₃, CeCl₃, NdCl₃ 및 UCl₃를 순차적으로 첨가함으로써 전기화학적 거동을 확인하였다. Fig.3은 50mA/cm²의 전류밀도로 전해셀에 인가한 chronopotentiogram을 나타낸 것이다. Faraday 법칙에 의해 이론적 시간에 따라 인가전류를 전해셀에 가했을 때 각 단계별로 U 및 RE 금속들이 전착되어질 때의 전위변화를 측정된 것이다. Table 1은 전착되는 각 단계별로 U 및 RE 금속들의 용융염상과 액체 Cd 상에서의 조성을 분석한 결과이다. 우라늄은 초기에 거의 전착되어짐을 확인할 수 있었고 Nd 및 Ce 등은 우라늄과 함께 공석출됨을 확인할 수 있었다. 그리고 전해전착이 진행됨에 따라 RE 금속들이 용융염상에서 액체 Cd 상으로 전착되어짐을 분석결과를 통해 확인할 수 있었다. Table 2는 polarization curve로부터 구한 cathode의 전위와 정전류에 의한 전해전착 실험으로부터 구한 cathode의 전위를 비교한 것으로 거의 일치함을 확인할 수 있었다.

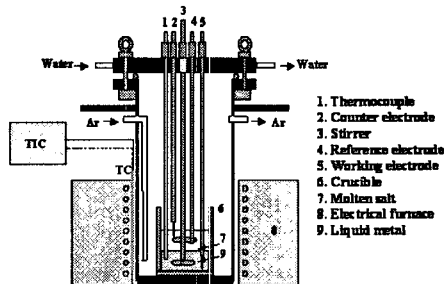


Fig.1. Schematic diagram of LCC electrowinning experimental apparatus.

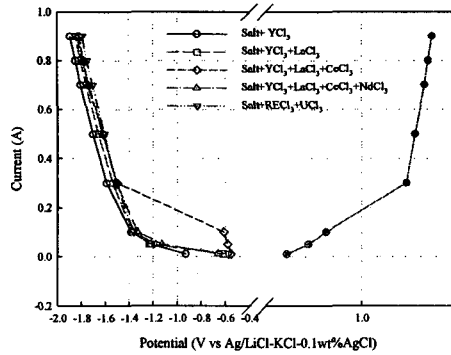


Fig.2. Comparison of polarization curve for LiCl-KCl-RECl₃-UCl₃/Cd system.

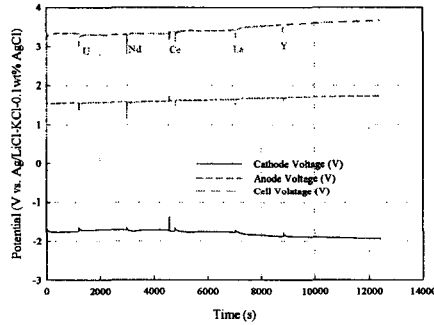


Fig.3. Chronopotentiogram for electrodeposition of U and RE on LCC in LiCl-KCl-RECl₃-UCl₃/Cd system.

Table 1. ICP-AES analysis for the electrodeposition of U & REs on liquid cadmium cathode.

	Before Deposition		U Deposition		Nd Deposition		Ce Deposition		La Deposition		Y Deposition		Continuous Deposition	
	In salt	In Cd	In salt	In Cd	In salt	In Cd	In salt	In Cd	In salt	In Cd	In salt	In Cd	In salt	In Cd
U	0.39	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*	<100*
Nd	0.38	0.29	0.05	0.22	0.07	0.16	0.08	0.09	0.09	0.06	0.10	84*	0.13	
Ce	0.43	0.33	0.06	0.26	0.08	0.19	0.09	0.12	0.11	0.08	0.13	104*	0.16	
La	0.45	0.36	0.05	0.32	0.07	0.27	0.07	0.19	0.10	0.14	0.12	0.02	0.16	
Y	0.34	0.32	105*	0.28	163*	0.25	46*	0.21	107*	0.17	0.02	0.03	0.13	
Cd	0.21	491*	98.1	69*	95.1	148*	96.5	31*	97.9	25*	94.5	59*	94.3	

Unit : wt% (* : $\mu\text{g/g}$)

Table 2. Comparison of electrodeposition potentials of U & RE on LCC at 50 mA/cm².

Sequential deposition	Cathode (V)*	Cathode (V)**
U deposition	-1.77	-1.76
Nd deposition	-1.72	-1.79
Ce deposition	-1.74	-1.79
La deposition	-1.78	-1.81
Y deposition	-1.86	-1.85
Continuous deposition	-1.92	