

U 전착물을 이용한 염증류 특성 시험

조동욱, 박성빈, 조춘호, 김응수, 이윤상, 이한수, 김응호
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
cdw17mp@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료를 처리하기 위한 건식 전해정련 공정은 LiCl-KCl 공정염 매질에서 진행되며 매질 내에는 UCl_3 , TRU염화물, RE염화물 등이 함유되어 있다 전해정련 후 음극 전착물인 우라늄은 수지상(dendrite)으로 형성된다. 이러한 우라늄 음극 전착물을 전해조로부터 회수하면 표면 및 내부에 공정염 및 기타 금속 염화물이 포획되어 있다. 이러한 음극 전착물로부터 순수한 우라늄을 회수하기 위한 방법으로 증기압 차이를 이용한 분리방법인 증류공정이 일반적으로 적용된다. 따라서 본 연구에서는 금속염화물을 증발 제거함으로써 우라늄 손실 없이 순수한 우라늄 ingot을 회수하기 위한 감압 조건의 변화와 가열 온도의 조절로 여러차례 염증류 실험을 수행하고, 그 특성을 분석하였다.

2. 실험 및 결과

연구 대상인 금속염화물의 증기압을 나타낸 Fig.1에서처럼 온도에 따른 증기압의 차이가 큼을 알 수 있다. 이 결과로부터 전착물에서 염을 분리할 수 있음을 알 수 있다.

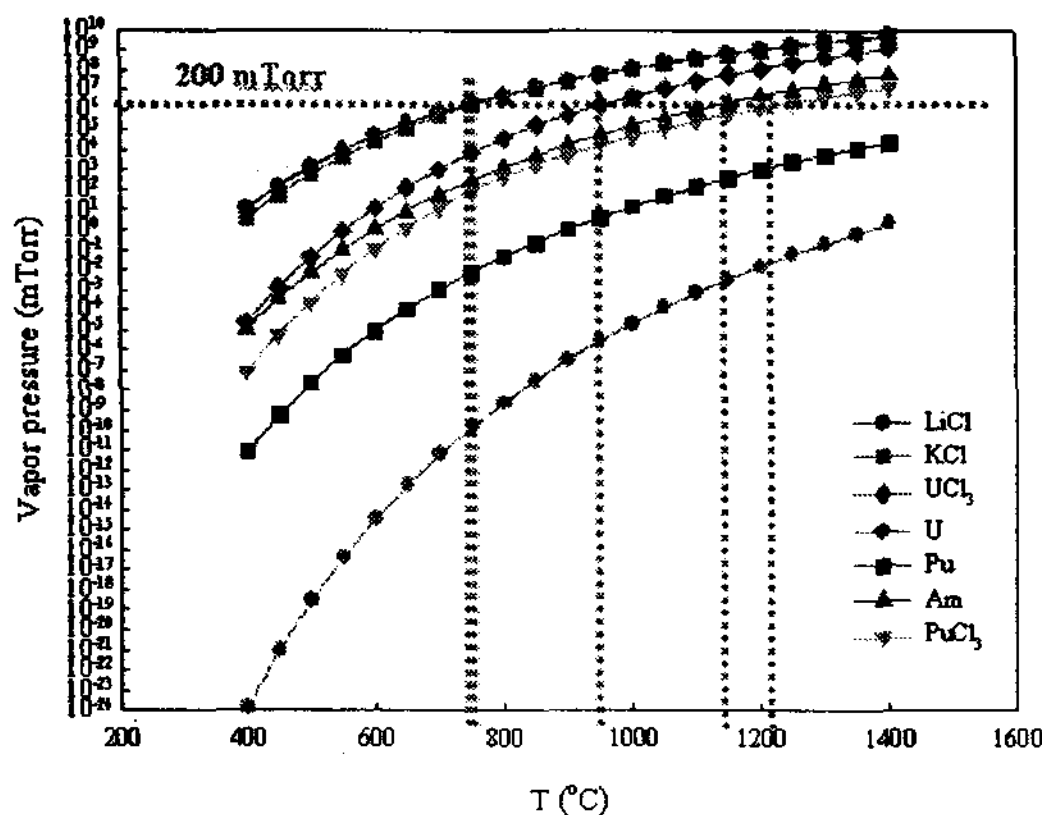


Fig 1. Vapor pressures of the elements

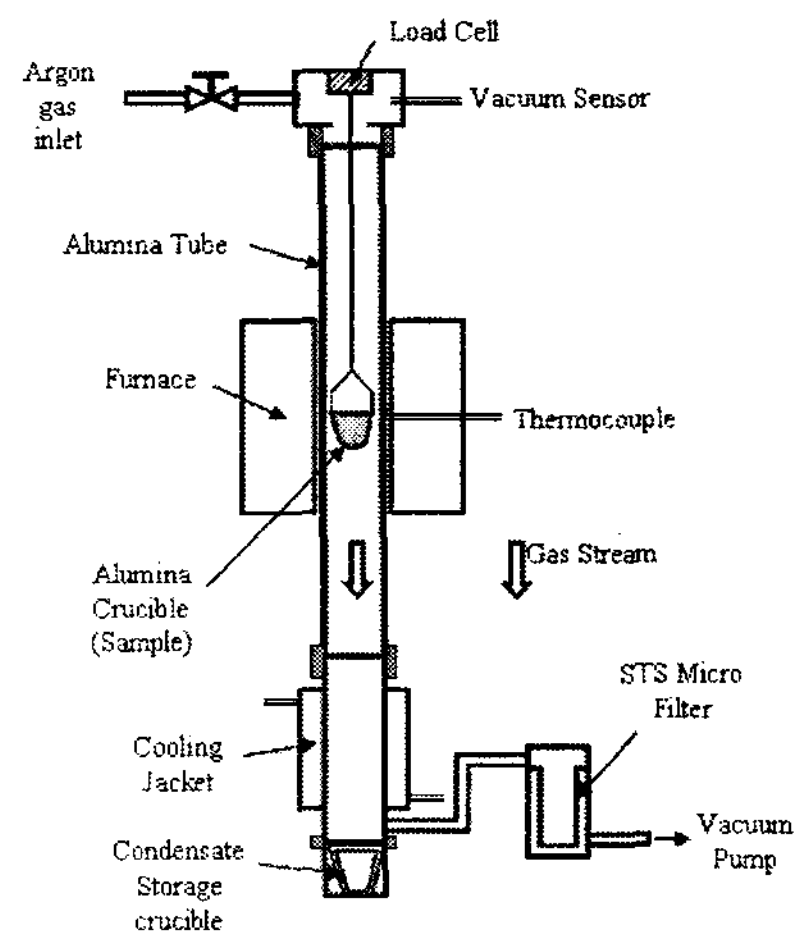


Fig 2. Schematic drawing of Vacuum evaporation apparatus

Fig.2와 같이 염증류 장치는 상단부, 중단부, 하단부 및 콘트롤 패널로 크게 4부분으로 구성되어 있다. 상단부는 무게 측정을 위한 load cell unit, 중단부는 용융염 증류를 위한 가열부 및 하단부는 증발된 용융염을 냉각시켜 고체입자로 회수하는 응축회수부로 구성된다. 일정 감압조건에서 가열에 의해 증발된 염은 하단부에 연결된 진공펌프와 상단부의 Ar 가스유입에 의해 상부에서 하부로 유체흐름이 형성되어 하부에서 응축 및 회수되는 개념으로 설계되었다.

Fig.3에서 보는 바와 같이 감압조건의 변화에 따른 증류 실험으로써, 500, 300, 200, 100mTorr 로 각각 감압조건을 변화시키면서 상온에서 1000°C로 일정한 가열속도(3°C/min)로 승온시켰으며, 승온

후 일정 시간(1h) 동안 유지시켜 승온에 따른 무게 변화를 실시간으로 측정함으로써 염증류 특성을 고찰하였다. 사용된 시료는 전해정련 공정에서 회수된 우라늄(U) 전착물을 전처리 없이 사용하였다. 감압조건이 커질수록 증류속도가 증가하며 잔류염이 감소함을 확인할 수 있었다. 또한 SEM 분석을 통해 전착물 표면에 염이 휘발되었음을 확인할 수 있었다.

가열 온도의 조절에 의한 증류 실험은 감압조건 변화 실험으로부터 얻어진 적정 감압 조건 (200mTorr) 하에서 염증류를 목적으로 일정온도(700, 800, 900, 1000℃)까지 일정한 가열속도(3℃/min)로 승온시켰으며, 승온 후 일정 시간(1h) 동안 유지시켜 승온에 따른 무게 변화를 실시간으로 측정함으로써 염증류 특성을 고찰하였다. Fig.4와 같이 일정유지 온도가 높을수록 증류속도가 증가하였으며 잔류염이 감소함을 확인할 수 있었다. SEM 분석을 통해서도 전착물 표면에 염이 휘발되었음을 확인할 수 있었다.

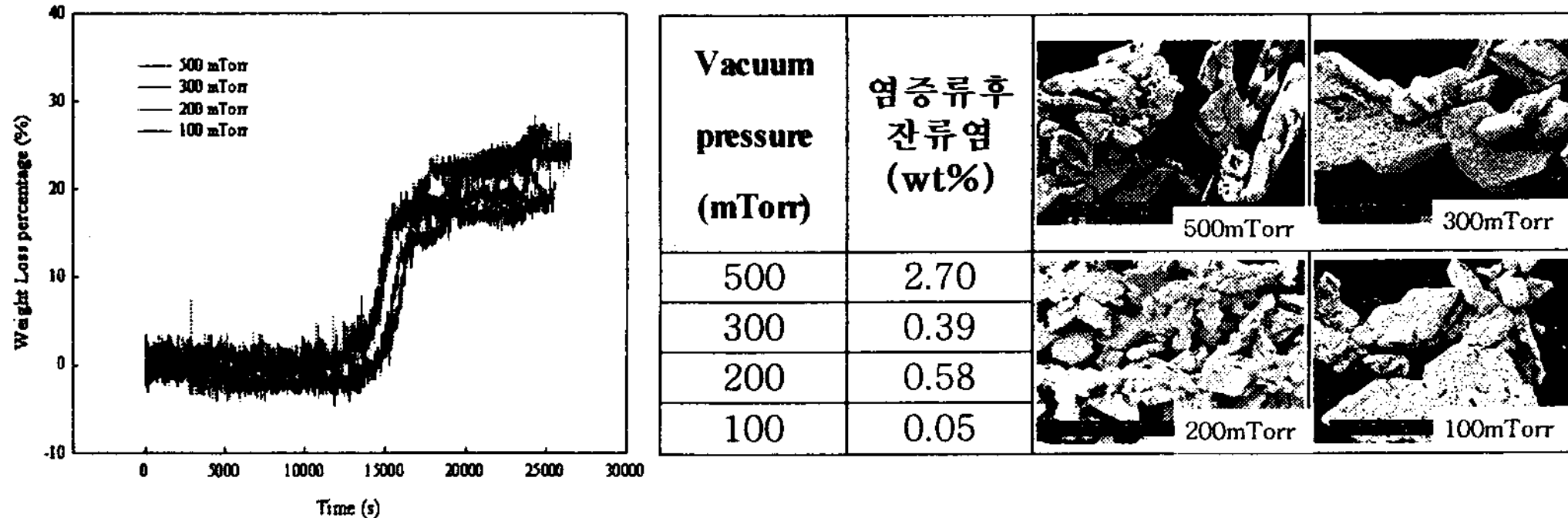


Fig 3. Evaporation behaviors of uranium cathode deposit according to vacuum condition with time.

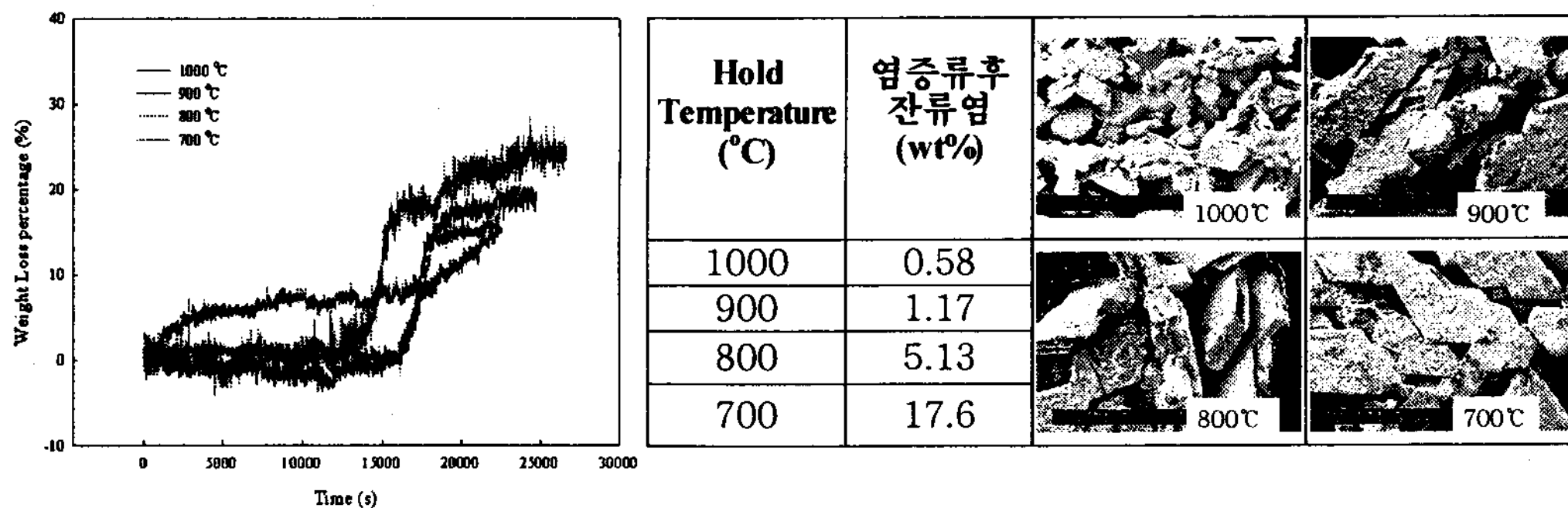


Fig 4. Evaporation behaviors of uranium cathode deposit according to vacuum condition with time.

3. 결론

진공도가 낮아질수록 염증류후 잔류염(wt%)은 감소함을 확인하였으며 300mTorr 이하에서는 거의 99% 이상의 염제거율을 나타내었다. 온도조건이 낮아짐에 따라서 염증류후 잔류염(wt%)이 증가하였으며 900℃ 이상에서 거의 99% 이상의 염제거율을 보였다. 앞으로 용융염의 각 성분에 대한 증기압 및 PuCl₃의 환원에 대한 제한 조건으로부터 효과적으로 용융염을 제거하는 최대 진공압 및 최적 유지온도를 도출하는 연구가 필요하다.