

삼염화우라늄(UCl₃) 제조장치 및 방법

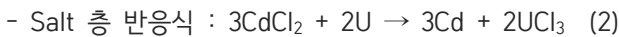
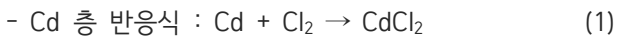
우문식*, 안도희, 이성재

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*mswoo@kaeri.re.kr.

1. 서론

500°C, LiCl-KCl 공용염계에서 우라늄 전해정련시 전해조의 Cell 전위의 안정성(stabilization)을 유지하기 위하여 salt내에 9wt% UCl₃가 필요하다. 또한 란타늄 염화물의 환원을 환원제로 사용될 예정이다. UCl₃의 제조는 먼저 600°C, UCl₃ 제조 반응기에서 염소가스를 이용하여 LiCl-KCl 공용염에 용융된 카드뮴(Cd) 금속을 염소화 반응시켜 CdCl₂를 제조한다. 그리고 동일 반응기에서 제조된 CdCl₂를 이용하여 U 금속의 염소화 반응으로 UCl₃를 제조하였고 UCl₃ 제조 반응식은 다음과 같다.



2. 본론

2.1 실험장치

UCl₃ 제조장치는 Cl₂가스 공급장치, UCl₃ 제조 반응기, 잔류 Cd 제거 반응기, 잉곳 제조 장치 그리고 습식 및 건식 배기체 흡수장치, 자료 수집 장치, 염소가스 측정 장치 등으로 구성되어있다.

2.2 실험방법

본 실험의 사용된 시약은 Cd 금속과 LiCl-KCl salt 및 우라늄 금속을 각각 787 g, 537 g, 1,300 g를 주입하여 600°C에서 제조하였다. 염화우라늄 제조를 위한 염소가스 공급은 MFC 기체유량계를 사용하여 300-400 ml/min으로 공급하였다. 그리고 배기체 배출관에 반응성을 측정하기 위하여 ball type의 염소가스 기체유량계를 설치하여 주입량과 배출량을 비교하여 반응성을 측정하였다. 제조반응은 72 시간 동안 반응시켰다. 제조 반응시 교반기를 이용한 교반과 아르곤 가스를 이용한 교반(bubbling)을 동시에 수행하였다. 제조된 LiCl-KCl-UCl₃ 공용염은 잔류 Cd 금속이 존재하며 이를 제거하여야 한다. 용융된 Cd과 salt를 층 분리하기 위하여 UCl₃를 포함하는 salt층을

Cd 증류 반응기인 새로운 반응기로 이송하였다. 그리고 600°C에서 13 시간 교반상태에서 Cd을 증발시켰다. 그리고 CdCl₂ 상태의 미반응물은 우라늄 basket에 넣은 우라늄 금속과 반응시켰다. 그리고 600°C인 반응기에서 반응기 내부압을 60torr로 2시간 감압증류 시켰다. 이때 각각의 반응실험 단계에서 2 시간 간격으로 시료 채취하여 Cd 농도분석을 ICP 분석기기를 이용하였다.

2.3 실험 결과

제조된 LiCl-KCl-UCl₃ salt에 잔류하는 Cd 금속의 초기 농도는 Fig. 1처럼 약 30,000 ppm 정도이었고 600°C, 상압에서 13시간 증류 실험 결과 초기 Cd 농도 기준하여 31% 감소하였으나 Cd 금속은 2wt%가 존재하였다. 그리고 Fig. 2처럼 우라늄 금속 반응을 6 시간 수행한 결과 초기 농도 대비 30% 감소하여 Cd 농도가 1.2wt% 존재하였으나 효과적인 제거 방법은 되지 못하였다. 그러나 600°C, 60 torr에서 2 시간 감압 증류시킨 결과 Cd 잔류 농도가 200 ppm 까지 감소함을 보였다.

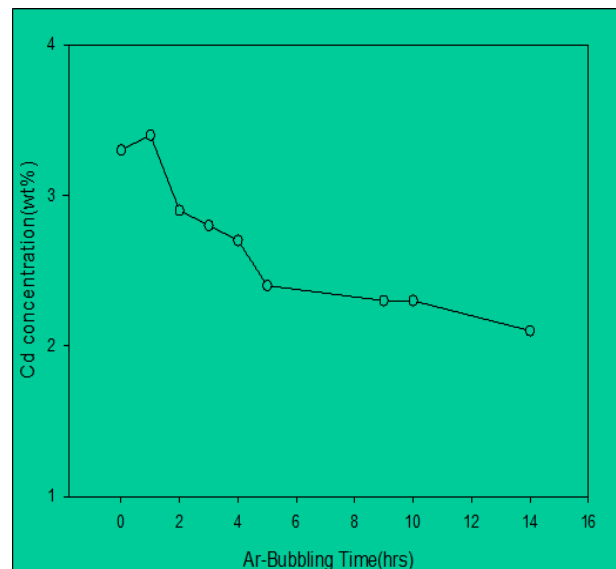


Fig. 1. After Cd removing test by heating at 600°C, 14hrs.

4. 참고문헌

- [1] Miller et al , "Method for Making a Uranium Chloride Salt Product", Patent No.: US 6,800,262B1, Date of Patent: Oct.5,2004.

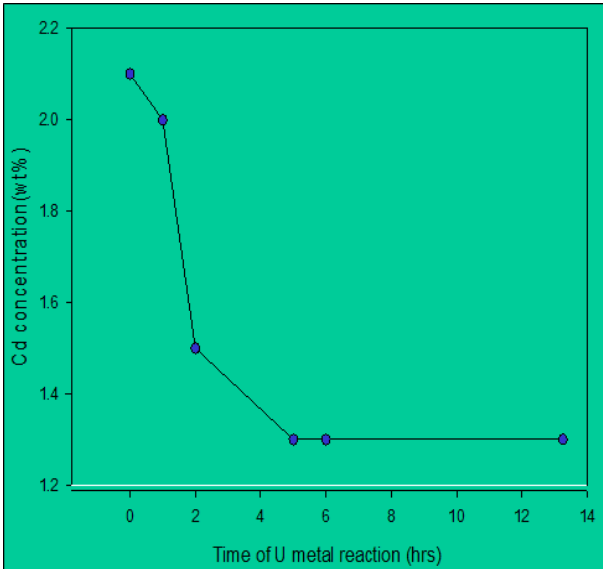


Fig. 2. After Cd removing test by U metal reaction at 600°C, 13hrs.

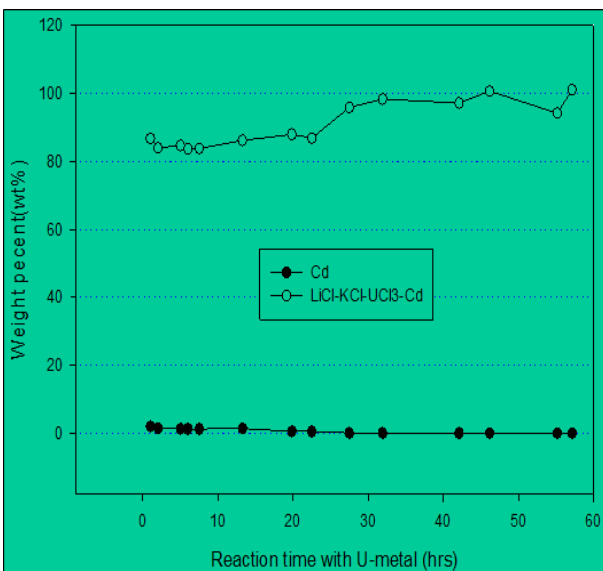


Fig. 3. After Cd removing test by vacuum distillation at 600°C, 2hrs. 60torr.

3. 결론

상기 실험결과 Cd 금속과 U 금속의 염화 반응은 600°C에서 반응성이 양호하였다. 그리고 LiCl-KCl-UCl₂ salt에 잔류하는 Cd 금속을 제거하기 위하여 먼저 미반응 상태인 CdCl₂ 제거는 우라늄 금속 반응으로 제거하고 반응결과 생성된 Cd 금속은 감압 증류로 제거하는 것이 효과적이다. 따라서 우라늄 금속 반응과 Cd 감압 증류방법을 하나의 반응기 안에서 동시에 수행하는 것이 효과적임을 알 수 있다.