

## UCl<sub>3</sub> 제조를 위한 Quartz 염소 공급관 개선 연구

우문식, 강희석, 최세영, 김정국, 이한수  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045  
 mswoo@kaeri.re.kr

### 1. 서론

LiCl-KCl 용융염계에서 전극을 이용한 우라늄 전해정련시 전극 간 전위안정화 및 순수한 우라늄 금속을 전착시키기 위하여 삼염화 우라늄(UCl<sub>3</sub>)이 필요하다. 다음 반응식처럼 UCl<sub>3</sub>을 제조하기 위하여 먼저 카드뮴(Cd) 금속을 염소가스(Cl<sub>2</sub>)와 반응시켜 이염화 카드뮴(CdCl<sub>2</sub>)를 제조하여 제조된 염화카드뮴을 우라늄금속과 반응시켜 UCl<sub>3</sub>을 제조한다.[1] 이 두 반응은 하나의 반응기내에서 동시에 일어나며, 발생하는 카드뮴 금속은 다시 염소화반응을 거치게 된다. 이때 반응기에서 염화반응을 위한 염소가스를 카드뮴 층에 공급하기 위하여 스테인레스 스틸(STS) 공급관을 이용하여 염소를 공급시 공급관의 막힘 현상이 자주 발생하였다. 본 연구는 공급관 막힘에 대한 원인분석과 막힘 방지를 위한 Quartz 공급관을 사용하였고 공급관의 장치 개선을 수행하였다.

- Cd 염소화반응 :  $Cd + Cl_2 \rightarrow CdCl_2$

- U 염소화반응 :  $3CdCl_2 + 2U \rightarrow 3Cd + 2UCl_3$

### 2. 본론

#### 2.1 실험 장치 및 실험

실험장치는 그림 1과 같고 장치의 주요 구성은 염소공급기, 반응기, 염이송장치, 펠렛제조장치, 배기체 흡수장치로 구성되어있다. 반응기는 내경이 80mm이고 높이는 250mm이고 반응기 내부 하단은 원추형으로 제작되어 용융된 카드뮴이 반응기 중앙하부로 모이도록 하였다.

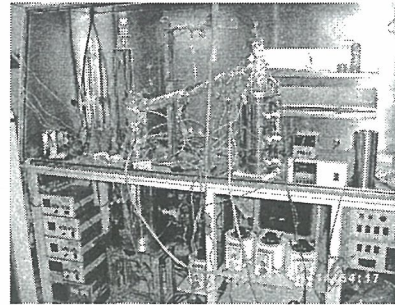


Fig. 1. UCl<sub>3</sub> production equipments

시약은 Cd 금속 및 LiCl-KCl salt 그리고 우라늄 금속을 각각 787g, 537g, 1,300g를 주입하여 600℃에서 제조하였다. 반응기 중앙에 위치하는 염소 공급관은 내경7mm, 길이 550mm인 STS관과 1/4 인치 STS관 내부에 외경 3mm인 Quartz 관을 삽입하여 사용하였다. 염소가스 공급속도는 기체유량계를 사용하여 400ml/min으로 공급하였다.

#### 2.2 실험 결과

염소 공급관으로 염소가스를 공급하며 염소화반응을 수행한 결과 반응 시작 후 약 30분후에는 공급관 내부가 salt로 막혀 염소가스를 공급할 수 없었다. 막힘 원인은 염소가스 공급관 내부 온도가 염소가스 공급시 salt 용융점 이하로 냉각되거나 염소가스에 포함된 산화제(주로 산소)에 의한 Cd 금속의 산화로 추정할 수 있다. 본 실험에서는 염소 공급관 내에 그림 2와 같이 염소가스 공급관 상부에 3-way 유니온을 설치하여 측면에서 염소가스를 공급하였다. 그리고 상부에서는 직경 3mm인 열전대를 삽입하여 O-링으로 염소가스가 새는 것을 방지하였다.

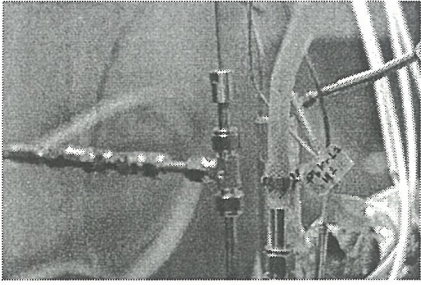


Fig. 2. Chlorine gas supplying tube improved

염소화 반응시 염소 공급관 내부가 막힐 경우 열전대를 이용하여 막힘을 물리적으로 뚫어 사용함으로써 염소화 반응을 지속적으로 수행 할 수 있었다. 그리고 염소 공급관 내부의 온도를 열전대를 이용하여 측정할 수 있었다. 그러나 장시간 (약 8시간이상) 염소화 반응실험을 수행할 때 그림 3과 같이 염소공급관이 부식되었다. 장시간 운전시 공급관의 부식을 방지하기 위하여 Quartz관을 사용하여 실험한 결과 그림 4와 같이 외부 보호관인 STS관은 부식이 되었으나 내부의 Quartz 공급관은 부식이 되지 않았고, 공급관이 용융염에 의한 막힘 현상도 없이 16시간동안 염소화 반응을 수행하여 반응을 증결할 수 있었다.

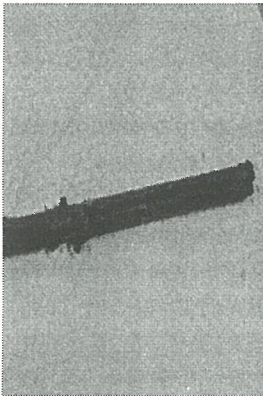


Fig. 3. Corroded STS tube

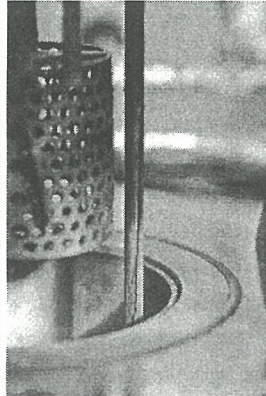


Fig. 4. Quartz tube after experiment

### 3. 결론

$UCl_3$  제조를 위한 염소반응을 위한 염소 공급관은 Quartz을 사용함으로써 공급관의 막힘 현상과 공급관의 부식 문제점을 해결할 수 있었다. 그러나 염소공급관의 파손을 방지하기 위하여 외부보호관으로 사용하는 STS관의 부식방지를 위한 방안을 모색할 필요가 있음을 확인하였다.

### 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.