

UCl₃ 제조 반응시 염소공급관의 열적 특성 연구

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

1. 서론

LiCl-KCl 용융염계에서 전기화학적 방법인 우라늄 전해정련시 전극 간 전위안정화 및 순수한 우라늄금속을 전착시키기 위하여 삼염화 우라늄(UCl₃)이 전해정련조의 LiCl-KCl salt 무게의 9wt%정도가 필요하다. UCl₃을 제조하기 위하여 아래 반응식처럼 1차적으로 카드뮴(Cd) 금속을 염소가스(Cl₂)와 반응시켜 이염화 카드뮴(CdCl₂)를 제조하고, 제조된 CdCl₂를 우라늄금속과 반응시켜 UCl₃을 제조한다.[1] 이 두 반응은 하나의 반응기내에서 동시에 일어나며, 발생되는 카드뮴 금속은 비중차에 의해 반응기 하단으로 이동하여 다시 염소화반응을 거치게 된다. 이때 내부 온도가 600℃인 반응기에서 염소화 반응을 위한 염소가스를 카드뮴 층에 공급하기 위하여 스테인레스 스틸(STS) 공급관을 사용하였다. 그 결과 염소 공급시 공급관의 부식과 막힘 현상이 자주 발생하였고 부식에 대한 문제점을 해결하기 위하여 외경 3mm인 Quartz 튜브를 사용하였다. 공급관의 막힘 현상은 공급되는 염소의 온도가 salt의 용융점이하일 때 공급관 노즐 끝단에서 salt가 응고되어 일어날 수 있다. 그리고 염소화 반응시 반응기의 위치에 따른 온도구배가 있어 염소 공급관의 설치 위치에 따른 염소가스의 가열 온도 차이가 있을 수 있다. 본 연구는 제작된 반응기 위치에 따른 염소 공급관 노즐 끝단에서의 가열된 염소의 온도를 비교하여 노즐의 막힘현상에 대한 열적 특성을 검토하였다.

- 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 하단

은 원추형으로 제작되어 용융된 카드뮴이 반응기 중앙하부로 모이도록 하였다.

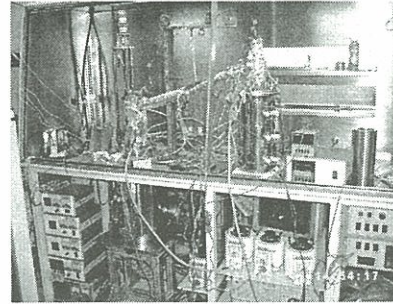


Fig. 1. UCl₃ production equipments

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 300~400ml/min으로 공급하였다. 그리고 UCl₃ 제조 반응시 반응기 중앙과 벽쪽의 위치별 온도를 열전대를 이용하여 측정하였고, 제조된 UCl₃ salt의 열적 특성을 파악하기 위하여 TG-DTA를 측정하였다.

2.2 실험 결과

염소 공급관으로 염소가스를 반응기 중앙으로 공급하며 염소화 반응을 수행한 결과 반응 시작 후 약 30분후에는 공급관 내부가 salt로 막혀 염소가스를 공급할 수 없었다. 그러나 공급관을 반응기 벽으로부터 1cm 떨어진 곳에 설치하여 염소화 반응을 수행한 결과 막힘 현상이 없었다. 이유는 염소공급관의 위치에 따른 온도를 측정한 결과 그림 2와 같고, 그림에서 벽쪽에 염소 공급관의 온도가 중앙부분 보다 온도가 높아 염소가스의 온도가 높게 가열 된 것으로 생각된다.

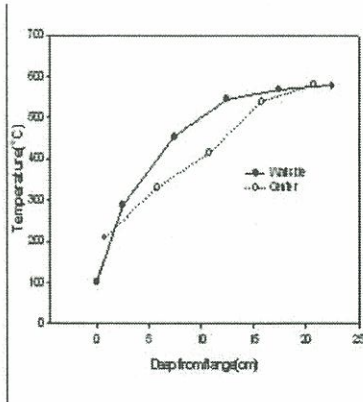


Fig. 2. Temperature with deep from flange

그리고 제조된 LiCl-KCl-UCl₃ salt의 TG-DTA 열분석 결과 그림 3과 같이 530°C에서 salt용융이 완결됨을 확인 하였다. 따라서 염소공급관 노즐의 끝단에서 염소의 온도가 최소한 530°C를 유지하도록 가열할 필요가 있다.

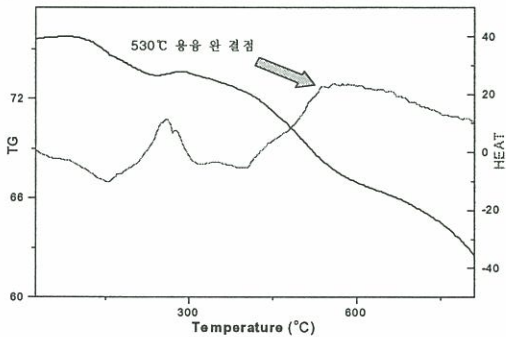


Fig. 3. LiCl-KCl-UCl₃ TG-DTA (400~530°C)

3. 결론

UCl₃ 제조를 위한 염소반응시 염소 공급관은 Quartz을 사용하고 공급되는 염소가스의 온도를 530°C 이상으로 가열함으로써 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.