

염화우라늄 제조 및 이송방법

우문식, 강희석, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 mswoo@kaeri.re.kr

1. 서론

1997년부터 한국원자력 연구원에서는 고온건식 공정의 일부인 전해환원공정으로부터 얻어진 우라늄 및 TRU 혼합물로부터 우라늄을 회수하기 위한 전해정련 장치를 개발하고 있다. 그리고 전해정련 장치의 반응기 내부는 두개의 전극과 LiCl-KCl- UCl_3 용융염으로 채워져 있다. 용융염에 포함된 UCl_3 는 전해정련장치의 초기 전극간 cell 전위의 안정성을 유지하기 위하여 약 9wt% UCl_3 를 주입할 필요가 있다. 소규모 전해정련 실험을 수행시 UCl_3 제조는 반응기에 LiCl-KCl 용융염과 함께 우라늄금속과 $CdCl_2$ 를 동시에 주입한 다음 가열하여 제조하였다. 그러나 추후 대용량의 전해정련공정이 구축될 때 상기 방법을 이용한 UCl_3 의 제조는 많은 Cd 금속의 방사성 폐기물이 발생되며, 반응기 내에서 Cd 금속의 휘발로 인한 전극간 전기적 누전과 같은 문제점을 발생하게 된다. 따라서 본 연구는 UCl_3 를 제조하기 위하여 다음 반응식에 따라 600℃에서 2단계 염소화 반응을 거쳐 제조하였다.

- 하부 Cd 층 Cd 염소화 반응 : $Cd + Cl_2 \rightarrow CdCl_2$
- 상부 LiCl-KCl salt 층 우라늄 염소화반응 : $3CdCl_2 + 2U \rightarrow 3Cd + 2UCl_3$

제조된 용융염(LiCl-KCl- UCl_3)은 전해정련장치에 정량적으로 쉽게 주입할 수 있도록 작은 펠렛으로 제조할 필요가 있으며, 펠렛을 제조하기 위하여 용융염 이송장치를 이용하여 펠렛제조 장치(pelletizer)로 이송하였다. 그리고 펠렛제조장치의 반응기에 SUS로 제작된 격벽을 설치한 몰드(mold)를 이용하여 원하는 크기의 용융염 펠렛을 제조하였다.

2. 실험 및 결과

UCl_3 제조 장치는 그림 1과 같이 제조하였고, 장치의 구성은 전기로, 반응기, 염소(Cl_2) 및 아르곤(Ar)가스 공급장치, 배기체 흡수장치로 구성되어 있다. 그리고 제조된 UCl_3 를 포함하는 용융염을 이송하는 이송장치 및 펠렛제조 장치는 그림 2와 같다. 그림 2의 장치 구성은 용융염 이송장치와 펠렛제조 장치로 구성되어 있다.

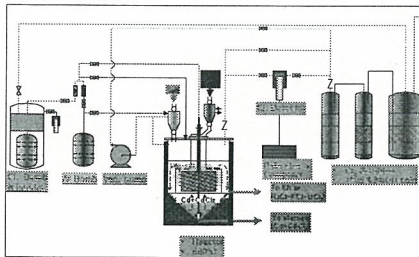


Fig.1 UCl_3 making equipment

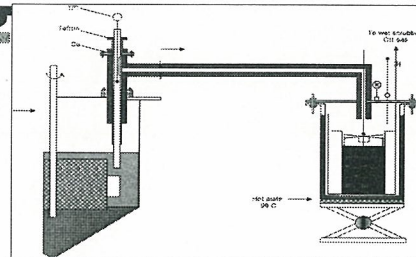


Fig.2 Transfer & Pelletizer of UCl_3 salt

UCl_3 제조를 위한 반응기의 상하부는 각각 LiCl-KCl 용융염층과 Cd 층으로 채워졌다. 그리고 LiCl-KCl 용융염층에 1kg 우라늄 금속을 충전 할 수 있는 다공의 SUS 바스켓을 설치하였고, 바스켓의 외벽에 교반용 날개가 부착하였다. 운전 온도 및 분위기 가스는 각각 600℃, 아르곤 분위기로 하였고, 상기 반응식과 같이 Cd 층에 염소가스(Cl_2)를 500ml/min로 공급하여 $CdCl_2$ 를 제조한 다음 우라늄과 6시간 반응시켜 30wt% UCl_3 를 제조하였다. 제조된 시료를 XRD 분석 결과 그림 3과 같이 순수한 UCl_3 를 제조할 수 있음을 확인하였다.

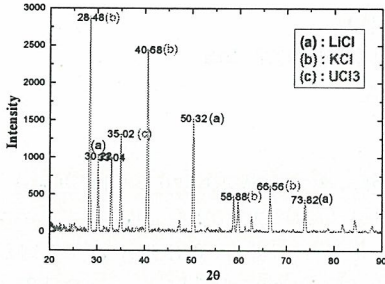


Fig.3 Result of XRD analysis of UCl_3

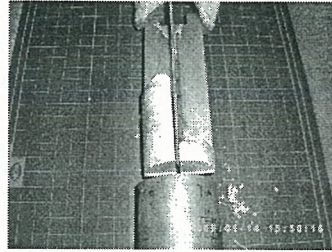


Fig.4 LiCl-KCl salt pellet in the mold

제조된 LiCl-KCl- UCl_3 용융염을 그림 2와 같은 용융염이송 장치를 이용하여 펠렛제조 장치로 이송하였다. 이송장치의 이송관은 1/4 inch SUS 관을 사용하였고, 관의 외부는 용융염의 이송을 위하여 전 열선을 이용하여 400°C로 유지하였다. 그리고 이송관의 주요 내외 부분에 열전대를 이용하여 온도를 측정 및 제어 하였다. 이송장치를 이용하여 펠렛제조 장치로 이송된 용융염은 그림 4와 같이 펠렛을 제조하기 위한 펠렛 제조용 mold에 주입하여 제조하였다. 염 이송을 위하여 반응기에 아르곤 가스를 3bar의 압력으로 가압하여 이송하였다. 그리고 제조장치의 반응기 내부 온도는 약 90°C를 유지하였고, 냉각은 아르곤 분위기에서 자연 냉각을 시켰다. 펠렛 제조를 위한 반응기의 mold 및 격벽은 그림 4처럼 용융염과 완전하게 분리되었다.

3. 결론

본 연구는 전해정련시 정련장치의 초기 cell 전위를 안정화시키기 위해 필요한 UCl_3 제조를 위한 장치를 제작 설계하였고, 제작된 장치를 이용하여 LiCl-KCl- UCl_3 salt를 제조하였고, 제조된 salt를 이송장치 및 펠렛제조 장치를 이용하여 원하는 크기의 펠렛을 제조할 수 있게 되었다.

사 사

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국과학재단의 원자력기술개발사업으로 지원 받았습니다.