

카드뮴 증류거동 조사 및 전해에 의한 Cd-Ce 금속간 화합물의 제조

권상운, 김지용, 심준보, 김광락, 백승우, 김시형, 정홍석, 안도희, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
swkwon@kaeri.re.kr

1. 서론

건식공정은 습식공정에 비해 공정이 간단하며, 핵확산에 대한 저항성이 매우 크다는 장점 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다[1]. 건식분리방법 중에서 용융염 매질에서 전기화학적으로 분리하는 파이로프로세스에 대한 연구가 가장 활발하며, 파이로 프로세스는 전해환원, 전해정련 및 전해제련 등의 단위 공정들로 구성된다. 파이로프로세스의 원리는 우라늄, 희토류 원소, TRU 원소 및 귀금속 등으로 구성된 ingot 양극으로부터 용융염으로 녹아나오는 원소들 중에서 우라늄을 고체음극에 전착시켜 제거하고(전해정련), 나머지 원소들 중에서 악티나이드 원소들을 액체음극에 전착시켜 회수하는(전해제련) 것이다. 액체음극에 전착된 악티나이드 원소들을 새로운 연료로 제조하기 위해서는 액체음극인 카드뮴과 분리하는 작업이 필요하다. 카드뮴의 분리는 카드뮴의 높은 증기압을 이용하여 진공증류하는 방법을 사용하며, 카드뮴 음극에는 10 wt. % 정도의 악티나이드 원소들이 들어 있으며, 4-5 wt. % 정도의 악티나이드 원소들이 용해되어 있고, 용해도 이상에서는 우라늄 금속 그리고 TRU 원소들과 카드뮴의 금속간 화합물(Intermetallic Compound)이 존재한다. 본 연구에서는 카드뮴 증류공정을 개발하기 위해 여러 조건에서 카드뮴의 증류속도를 측정하고, 액체음극으로부터 악티나이드 원소 회수 연구에 매우 중요한 금속간 화합물을 제조하는 연구를 수행하였다.

2. 실험 및 결과

본 연구에서 사용한 카드뮴 증류장치는 Fig. 1에서 보는 것처럼 증발조, 응축조, 기체 공급기, 진공장치 및 제어부 등으로 구성되어 있으며, 증발조는 그라파이트로 제작하였고, 증발조 및 응축조 크루시블은 알루미늄으로 제작하였고, 진공압력은 최고 50 mtorr까지 유지할 수 있었다. 카드뮴 증류는 증발조 크루시블에 약 170g의 카드뮴 인곳을 초기에 장착하고 가열하여 일정한 온도에 이르면 그 온도에서 유지하여 증류시간에 따른 무게감량을 평균적으로 측정하여 증류속도를 구하였다. 증류온도는 450 - 650°C의 범위에서 변화시켰으며, 증류압력은 0.5 - 10 torr의 범위에서 변화시켰다. 증류속도는 4.5 - 34 g/cm²-h의 범위였으며, 온도에 따라 증가하고, 압력에 따라 감소하였다. 이 값들과 이론적인 Hertz-Langmuir 식의 증발속도를 비교한 결과 증발계수 값이 0.01 이하로 구해졌다.

TRU의 대체 원소로 세륨을 선정하고 전해방법을 이용하여 Cd-Ce 금속간화합물을 제조하였다. 사용된 전해조는 열전대, 교반기, reference electrode, anode 및 cathode(액체) 등으로 구성하였다. 액체음극에서 용융염중의 세륨 전착이 성공적으로 잘 이루어 졌으며, 종말점은 음극의 전압이 점차적으로 낮아지다가 용융염 내의 용질의 농도가 낮아져 분극현상이 일어나면 전압이 급격히 낮아지는 때로 잡아 전류 인가를 중단하였다. 제조된 Cd-Ce 합금은 백색이며 카드뮴과 용융염의 계면에 진회색의 금속간 화합물 층이 형성되었고, XRD 분석에 의해 확인하였다. 제조된 Cd-Ce 합금은 다시 증발조 크루시블 크기에 맞게 성형된 후 추후 증발 실험에 사용하게 될 예정이다.

3. 요약

증류공정 개발을 위한 자료를 얻기 위하여, 카드뮴 증류장치를 제작하고 여러 조건에서 카드뮴의 증류속도를 측정하였으며, 액체음극으로부터 악티나이드 원소 회수 연구에 필요한 금속간 화합물을 전해방법에 의해 성공적으로 제조하였다.

감사

이 논문은 교육과학기술부의 중장기계획사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. S. W. Kwon, D. H. Ahn, E. H. Kim, and H. G. Ahn, J. Ind. Eng. Chem., 15, 86(2009).

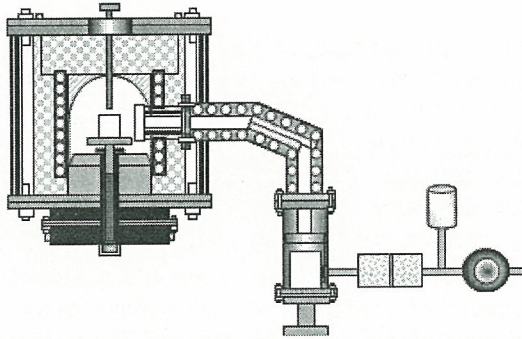


Fig. 1. Experimental set-up for cadmium distillation.