

카드뮴-세륨 합금의 제조 및 증류거동 조사

권상운, 김지용*, 심준보, 김광락, 백승우, 김시형, 정용주, 안도희, 이한수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

*UST(University of Science & Technology), 대전광역시 유성구 과학로 113번지

swkwon@kaeri.re.kr

1. 서론

용융염 매질에서 전기화학적으로 분리, 회수하는 공정인 파이로프로세스는 전해환원, 전해정련 및 전해제련 등의 단위공정들로 구성되며, 사용후핵연료의 유효성분 재활용을 위한 매우 희망적인 기술이다 [1]. 파이로프로세스의 원리는 우라늄, 희토류 원소, TRU 원소 및 귀금속 등으로 구성된 ingot 양극으로부터 용융염으로 녹아나오는 원소들 중에서 우라늄을 고체음극에 전착시켜 제거하고(전해제련), 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 세륨을 TRU 대용원소로 선정하고 카드뮴-세륨 합금을 제조한 후 이의 증류 특성을 조사하였다.

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 제작하였으며, 진공압력은 상온에서 10 mtorr, 600°C에서 50 mtorr까지 유지할 수 있었다.

TRU의 대체 원소로 세륨을 선정하고 전해방법을 이용하여 Cd-Ce 합금을 제조하였다. 사용된 전해조는 열전대, 교반기, reference electrode, anode 및 cathode(액체) 등으로 구성하였다. 액체음극에서 용융염중의 세륨 전착이 성공적으로 잘 이루어 졌으며, 증발점은 음극의 전압이 점차적으로 낮아지다가 용융염 내의 용질의 농도가 낮아져 분극현상이 일어나면 전압이 급격히 낮아지는 때로 잡아 전류 인가를 중단하였다.

제조된 Cd-Ce 합금을 다시 증발조 도가니 크기에 맞게 성형한 후 증류 거동을 조사하였으며, 실험은 등은 및 비등은 방법을 이용하였다. 등은 실험은 500°C, 0.5 torr에서 수행하였으며, 비등은 실험은 상온에서 700°C까지 분당 5°C의 속도로 승온하였다. 합금의 경우 카드뮴 금속에 비해 증류속도가 작아지며, onset temperature는 더 높아진다는 결과를 얻었다.

3. 요약

카드뮴 증류공정을 개발하기 위해 세륨을 TRU 대용원소로 선정하고 증발조 도가니 크기에 맞게 성형한 후 증류 거동을 조사하였으며, 실험은 등은 및 비등은 방법을 이용하였다.

감사

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

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

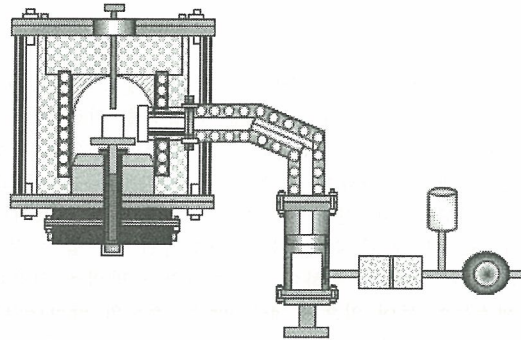


Fig. 1. Experimental set-up for cadmium distillation.