



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월16일

(11) 등록번호 10-1560577

(24) 등록일자 2015년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01G 43/00 (2006.01) *B01J 19/24* (2006.01)
C01G 56/00 (2006.01) *H01G 9/00* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0029199
 (22) 출원일자 2014년03월12일
 심사청구일자 2014년03월12일
 (65) 공개번호 10-2015-0106750
 (43) 공개일자 2015년09월22일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2000080492 A
 JP10081989 A
 KR1020130078196 A
 JP2008266662 A

(73) 특허권자
 한국원자력연구원
 대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
 (72) 발명자
 김시형
 경기도 군포시 금산로6번길 4, 802호 (금정동, 태
 광퍼스트힐)
 김가영
 대전광역시 유성구 배울1로 119, 1209동 1004호
 (용산동, 대덕테크노밸리12단지아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 박장원

전체 청구항 수 : 총 11 항

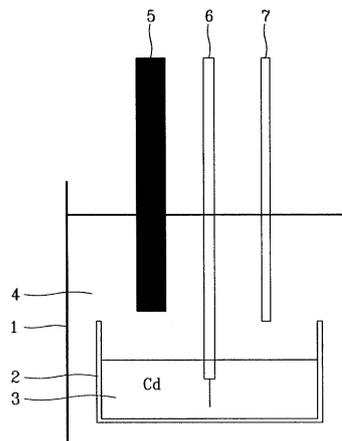
심사관 : 장기완

(54) 발명의 명칭 U 및 TRU를 회수하는 전해 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 명세서에서는 양극-액체음극을 수직으로 인접하게 배치한 모듈형 전극구조를 이용하고 370~471도에서 전해실험을 수행함으로써 교반기를 사용하지 않고도 U와 TRU를 효율적으로 동시 회수할 수 있는 전해 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 본 명세서의 실시예에 따른 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치는, 우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해장치에 있어서, 용융염이 수용된 전해조와; 상기 용융염 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속을 수용하는 음극 도가니와; 상기 용융염 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 금속과 수직으로 인접되게 배치되는 양극과; 상기 음극용 액체 금속과 전기적으로 접촉하는 음극 리드선과; 상기 용융염 안에 배치되는 참조 전극을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김택진

경기도 과천시 별양로 164, 712동 301호 (부림동, 주공아파트)

심준보

대전광역시 중구 유천로17번길 54 (유천동)

김광락

대전광역시 유성구 왕가봉로 23, 1111동 901호 (노은동, 열매마을11단지)

정재후

대전광역시 유성구 장대로71번길 34, 103동 603호 (장대동, 장대푸르지오)

백승우

세종특별자치시 장군면 전원마을1길 26

안도희

대전광역시 유성구 노은로426번길 15, 604동 701호 (하기동, 송림마을6단지아파트)

김인태

대전광역시 유성구 봉명로 48, 803동 1703호 (원신동, 신안인스빌 아파트)

이한수

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 411동 1601호 (전민동, 엑스포아파트)

윤중호

충청북도 청주시 흥덕구 청남로2005번길 45, 202동 505호 (분평동, 우성2차아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	53334-14
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국원자력연구원
연구사업명	원자력연구개발사업
연구과제명	전해제련공정기술개발
기여율	1/1
주관기관	한국원자력연구원
연구기간	2012.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해장치에 있어서,
 용융염이 수용된 전해조와;
 상기 용융염 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속을 수용하는 음극 도가니와;
 상기 용융염 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 금속과 수직으로 인접되게 배치되는 양극과;
 상기 음극용 액체 금속과 전기적으로 접촉하는 음극 리드선과;
 상기 용융염 안에 배치되는 참조 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 용융염은 LiCl-KCl- UCl_3 또는 LiCl-KCl- UCl_3 -TRUCl₃ 또는 LiCl-KCl- UCl_3 -TRUCl₃-RECl₃ 용융염인 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 액체 금속은 액체 카드뮴 또는 액체 비스무스(Bi) 또는 액체 갈륨(Ga)인 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 음극 도가니는 알루미늄, 질화알루미늄, 지르코니아, 베리아, 실리콘 카바이드 중 어느 하나의 재료로 형성되는 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 양극은 불활성 양극 물질로 이루어진 전극인 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 양극은 유리상 카본으로 이루어진 전극인 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 음극 리드 선은 W(텅스텐), Mo(몰리브덴), 스테인레스 스틸 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 된 선을 알루미늄 튜브의 절연성 물질로 감싼 형태이며, 상기 참조 전극은 Ag 또는 AgCl인 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 전해장치는 370~471 °C에서 전해제련 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 양극을 담는 메쉬(mesh) 형태의 용기와;
 상기 양극과 전기적으로 연결된 양극 리드선을 더 포함하며,

상기 양극은 Zr, U, Cd-Li 중에서 어느 하나의 물질인 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

청구항 10

우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해 방법에 있어서,
 전해조에 용융염을 수용하는 단계와;
 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속을 수용하는 음극 도가니를 상기 용융염 안에 배치하는 단계와;
 상기 음극용 액체 금속과 수직으로 인접되게 양극을 배치하는 단계와;
 상기 용융염 안에 참조 전극을 배치하는 단계와;

상기 전해조 내의 온도를 370~471 °C 로 유지하면서 전해제련 공정을 수행함으로써 상기 용융염 중의 U와 TRU를 동시 회수하는 전착 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해방법.

청구항 11

우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해 장치에 있어서,
 LiCl-KCl-UCl₃-TRUCl₃-RECl₃ 용융염이 수용된 전해조와;
 상기 용융염 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 카드뮴을 수용하는 음극 도가니와;
 상기 용융염 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 카드뮴과 수직으로 인접되게 배치되고, 유리상 카본(glassy carbon) 물질로 이루어진 양극과;
 상기 유리상 카본 물질을 담는 메쉬(mesh) 형태의 용기와;
 상기 유리상 카본 물질에 전기적으로 연결되는 양극 리드선과;
 상기 음극용 액체 카드뮴과 전기적으로 접촉하는 음극 리드선과;
 상기 용융염 안에 배치되는 참조 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 U 및 TRU를 회수하는 전해 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 전해제련 공정은 Cd 음극을 이용하여 악티늄족(U, TRU) 염화물을 금속으로 공 회수하는 기술이다.

Cd의 녹는점(melting point)은 321 °C (도) 이므로 전해제련 공정이 주로 수행되는 450~500 °C(도)에서는 Cd가 액체상태로 된다. 따라서, 전해제련 공정에서는 액체 Cd를 담을 수 있는 알루미늄과 같은 절연성 도가니(crucible)를 사용한다.

[0003] 500도에서 상기 액체 Cd에 전착되는 U는 수지상 형상을 띠므로 비중이 Cd보다 2배 이상 큼에도 불구하고 Cd 아래로 가라앉지 않는다. 이로 인해, 종래에는 U 수지상을 Cd 아래로 강제 침전시키기 위하여 여러 가지 형태의 교반기를 액체 Cd가 담긴 알루미늄 도가니에 설치하여 사용하였다.

[0004] 상기 전해제련 공정에서는 교반기와 액체 음극 Cd가 담긴 알루미늄 뿐만 아니라 음극 리드선, 양극, 참조 전극도 이용하므로, 종래에는 양극, 참조전극, 음극 Cd가 담긴 알루미늄 도가니 등을 전해조 도가니에 수평적으로 분산하여 배치하였다. 양극과 음극이 수평적으로 분산 배치될 경우, 두 전극 간의 거리가 멀어질 뿐만 아니라 Cd를 담고 있는 알루미늄 도가니가 두 전극간 장애물(barrier) 역할을 함으로써 과전위(overpotential)가 높아지는 등 전류 효율이 저하된다. 또한, 전해조의 직경이 Cd를 담는 알루미늄 도가니보다 3배 이상 큰 경우에는 양극과 음극을 개별적으로 분산 배치해야 되므로 데드 존(dead zone)이 생기는 등 전해 효율이 저하된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 특허 출원 번호 제10-2011-0147004호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 명세서는, 양극-액체음극을 수직으로 인접하게 배치한 모듈형 전극구조를 이용하여 370~471도에서 전해공정을 수행함으로써 U와 TRU를 효율적으로 동시 회수할 수 있는 전해 방법 및 그 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 명세서의 실시예에 따른 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치는, 우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해장치에 있어서, 용융염이 수용된 전해조와; 상기 용융염 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속을 수용하는 음극 도가니와; 상기 용융염 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 금속과 수직으로 인접되게 배치되는 양극 전극과; 상기 음극용 액체 금속과 전기적으로 접촉하는 음극 리드선과; 상기 용융염 안에 배치되는 참조 전극을 포함할 수 있다.

[0008] 본 명세서의 실시예에 따른 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해 방법은, 우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해 방법에 있어서, 전해조에 용융염을 수용하는 단계와; 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속을 수용하는 음극 도가니를 상기 용융염 안에 배치하는 단계와; 상기 음극용 액체 금속과 수직으로 인접되게 양극을 배치하는 단계와; 상기 용융염 안에 참조 전극을 배치하는 단계와; 상기 전해조 내의 온도를 370~471도로 유지하면서 전해제련 공정을 수행함으로써 상기 용융염 중의 U와 TRU를 동시 회수하는 전착 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 본 명세서의 실시예에 따른 U 및 TRU를 동시 회수하는 전해장치는, 우라늄(U)과 초우라늄(TRU)을 동시 회수하기 위한 전해 장치에 있어서, LiCl-KCl-UCl₃-TRUCl₃-RECl₃ 용융염이 수용된 전해조와; 상기 용융염 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 카드뮴을 수용하는 음극 도가니와; 상기 용융염 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 카드뮴과 수직으로 인접되게 배치되고, 유리상 카본(glassy carbon) 물질로 이루어진 양극과; 상기 유리상 카본 물질을 담은 메쉬(mesh) 형태의 용기와; 상기 유리상 카본 물질에 전기적으로 연결되는 양극 리드선과; 상기 음극용 액체 카드뮴과 전기적으로 접촉하는 음극 리드선과; 상기 용융염 안에 배치되는 참조 전극을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 실시예들에 따른 U 및 TRU의 전해 방법 및 그 장치는, 양극을 음극 위에 수직으로 인접되게 배치하여 370~471도에서 전착(전해) 공정을 수행함으로써 교반기가 필요 없는 효과가 있다.

[0011] 본 발명의 실시예들에 따른 U 및 TRU의 전해 방법 및 그 장치는, 양극을 음극 위에 수직으로 인접되게 배치하여 370~471도에서 전착(전해) 공정을 수행함으로써 교반기가 필요 없으므로, 이로 인해 전해 장치의 구조가 단순화되는 효과도 있다.

[0012] 본 발명의 실시예들에 따른 U 및 TRU의 전해 방법 및 그 장치는, 양극을 음극 위에 수직으로 인접되게 배치함으로써, 두 전극(양극 및 음극)간 거리가 가까워서 전류 효율이 높아지는 효과도 있다.

[0013] 본 발명의 실시예들에 따른 U 및 TRU의 전해 방법 및 그 장치는, 양극을 음극 위에 수직으로 인접되게 배치한 모듈 타입의 전극 구조로 제작됨으로써, 큰 전해조에서 양극-음극이 일체형으로 된 모듈 타입의 전극구조를 적절하게 배치하여 전해 효율을 높일 수 있는 효과도 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해 장치를 나타낸 도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해 장치를 나타낸 도이다.

도 3은 LiCl-KCl-UCl₃ 염과 액체 Cd 음극을 이용하여 500도에서 제련공정을 수행하였을 때 수지상 형태의 U가 전착되어 알루미늄이 도가니 위로 올라온 것을 나타낸 도이다.

도 4는 LiCl-KCl-UCl₃ 염과 액체 Cd 음극을 이용하여 450도에서 제련공정을 수행하였을 때 알갱이 형상의 UCd₁₁이 전착된 후 Cd 아래로 가라앉은 것을 나타내는 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 명세서에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 기술적 용어는 본 명세서에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0016] 또한, 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0017] 또한, 본 명세서에서 사용되는 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0019] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.

[0020] 이하에서는, 양극-액체음극을 수직으로 인접되게 배치한 모듈형 전극 구조를 이용함으로써 U와 TRU를 효율적으로 동시 회수할 수 있는 전해 방법 및 그 장치를 도 1 내지 도 4를 참조하여 설명한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해 장치를 나타낸 도이다.

[0022] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해 장치는,

[0023] 용융염(4)이 수용된 전해조(1)와;

[0024] 상기 용융염(4) 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속(예를 들면, 액체 Cd)(3)을 수용하는 음극 도가니(예를 들면, 알루미늄 도가니)(2)와;

[0025] 상기 용융염(4) 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 금속(3)과 수직으로 인접되게 배치되는 양극(예를 들면, 불활성 양극 물질(glassy carbon 등))(5)과;

[0026] 상기 음극용 액체 금속(3)과 전기적으로 접촉하는 음극 리드선(6)과;

[0027] 상기 용융염(4) 안에 배치되는 참조 전극(7)을 포함할 수 있다.

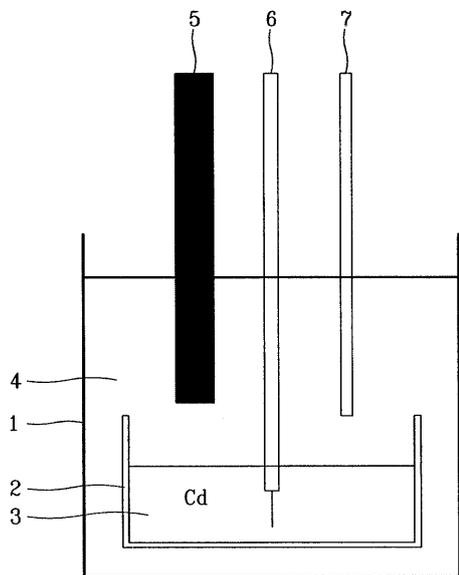
[0028] 상기 음극 리드 선(6)은 W(텅스텐), Mo(몰리브덴), 스테인레스 스틸 등 중에서 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어진 금속 봉을 감싼 알루미늄(알루미늄 튜브)일 수 있으며, 상기 참조 전극(7)은 Ag 또는 AgCl 전극일 수

있다. 상기 참조 전극(7)은 이미 공지된 기술이므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

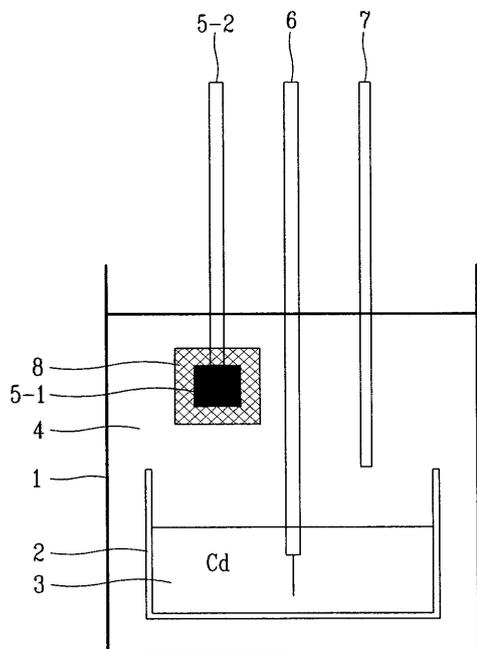
- [0029] 상기 양극(5)은 유리상 카본(glassy carbon) 등으로 이루어진 불활성 양극일 수 있다. 상기 유리상 카본(glassy carbon)(5)을 상기 음극용 액체 금속(3) 위에 수직으로 인접되게 배치하여 370~471 °C(도)에서 전해제련 공정을 수행한다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해방법은 수지상 우라늄의 성장이 일어나지 않도록, 기존의 전해제련 운전 조건인 500도보다 낮은 370~471 °C(도)에서 전해제련 공정을 실시한다. 상기 전해제련 공정에 의하면, 액체 Cd(3)를 담은 하나의 알루미늄 도가니(2) 위에 상기 불활성 양극 전극(5)을 수직적으로 인접되게 배치할 수 있으므로 두 전극(3, 5)간 거리가 가까워져서 전류효율이 높아진다.
- [0031] 상기 용융염(4)으로서 LiCl-KCl-UCl₃ 또는 LiCl-KCl-UCl₃-TRUCl₃ 또는 LiCl-KCl-UCl₃-TRUCl₃-RECl₃ 용융염 등이 사용될 수 있다.
- [0032] 상기 음극 도가니(2)는 상기 액체 금속(3)을 수용할 수 있도록 형성되며, 예를 들어, 알루미늄(Al₂O₃), 질화알루미늄(AlN), 지르코니아(ZrO₂), 베리아(BeO), 실리콘 카바이드(SiC) 중 어느 하나의 재료로 형성될 수 있다.
- [0033] 상기 액체 금속(3)은 액체 카드뮴 또는 액체 비스무스(Bi) 또는 액체 갈륨(Ga)일 수 있다.
- [0034] 본 발명은 양극, 음극, 참조전극을 하나의 음극 도가니(2) 위에 모듈화한 구조로서, 희생양극 또는 불활성 양극을 메쉬(mesh) 구조물(8)에 담아서 상기 액체 Cd(3) 위에 수직으로 인접되게 배치할 수도 있으며, 이를 도 2를 참조하여 설명한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해 장치를 나타낸 도이다.
- [0036] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 U와 TRU를 동시 회수하는 전해 장치는,
- [0037] 상기 용융염(4)이 수용된 전해조(1)와;
- [0038] 상기 용융염(4) 안에 배치되고, 음극으로 사용되는 음극용 액체 금속(예를 들면, 액체 Cd)(3)을 수용하는 음극 도가니(예를 들면, 알루미늄 도가니)(2)와;
- [0039] 상기 용융염(4) 안에 배치되고, 상기 음극용 액체 금속(3)과 수직으로 인접되게 배치되는 양극 물질(예를 들면, 희생양극 물질(Zr, U, Cd-Li 등) 또는 불활성 양극 물질(glassy carbon) 등)(5-1)과;
- [0040] 상기 양극 물질(5-1)을 담은 메쉬(mesh) 형태의 용기(8)와;
- [0041] 상기 양극 물질(5-1)에 전기적으로 연결되는 양극 리드선(5-2)과;
- [0042] 상기 음극용 액체 금속(3)과 접촉하는 음극 리드선(6)과;
- [0043] 상기 용융염(4) 안에 배치되는 참조 전극(7)을 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 메쉬(mesh) 형태의 용기(8)의 재질은 금속 또는 비금속 또는 세라믹 등의 재질일 수 있다.
- [0045] 상기 희생양극 물질(Zr, U, Cd-Li 등) 또는 불활성 양극 물질(glassy carbon 등)을 상기 메쉬(mesh) 형태의 용기(8)에 담아서 상기 액체 Cd 음극 위에 수직으로 인접되게 배치하여 370~471도에서 전해제련 공정을 수행한다.
- [0046] 도 3은 LiCl-KCl-UCl₃ 염과 액체 Cd 음극을 이용하여 500 °C(도)에서 제련공정을 수행하였을 때 수지상 형태의 U가 전착되어 알루미늄 도가니 위로 올라온 것을 나타낸 도로서, 500도에서 제련공정을 수행하였을 때 U 수지상이 알루미늄 도가니 위로 올라온 것을 확인할 수 있다.
- [0047] 도 4는 LiCl-KCl-UCl₃ 염과 액체 Cd 음극을 이용하여 450도에서 제련공정을 수행하였을 때 알갱이 형상의 UCd₁₁이 전착된 후 Cd 아래로 가라앉은 것을 나타내는 도로서, 450도에서 제련공정을 수행하였을 때 교반기를 사용하지 않고도 UCd₁₁ 전착물이 Cd 아래로 자연적으로 가라 앉은 상태를 확인할 수 있다.
- [0048] 이상에서 알 수 있는 바와 같이, 500도에서 전착되는 우라늄(U, uranium)은 카드뮴(Cd)(3)과 반응하지 않으므로 수지상 형태로 전착되지만, 370~471도에서 전착되는 U는 Cd(3)와 반응하여 UCd₁₁ 금속간화합물(intermetallic

도면

도면1



도면2



도면3



도면4

