



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월13일  
(11) 등록번호 10-1511633  
(24) 등록일자 2015년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21F 9/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0142944

(22) 출원일자 2013년11월22일

심사청구일자 2013년11월22일

(56) 선행기술조사문헌

KR101233769 B1

KR101089257 B1

KR101310106 B1

KR1020130066190 A

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)

(72) 발명자

박기민

광주 북구 면앙로31번길 7, 202동 304호 (문흥동, 우산주공1차아파트)

권상운

대전 유성구 가정로 43, 110동 901호 (신성동, 삼성한울아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 24 항

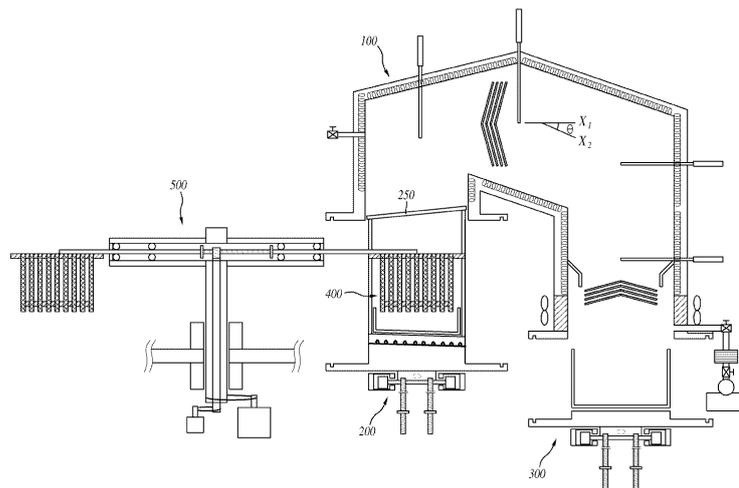
심사관 : 오규환

(54) 발명의 명칭 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치 및 이를 이용한 염 제거 방법

(57) 요약

우라늄 전착물로부터 염을 회수하는 장치에서, 통로형태의 프레임으로, 일측은 증류구간, 타측은 회수구간으로 구성되어 상기 증류구간 및 회수구간은 상호 높이차를 가지며, 상기 프레임의 내부 벽면에 온도조절을 위한 발열부를 포함하는 본체, 상기 증류구간에 장탈착 될 수 있는 형태로, 내부에 증류 도가니를 고정할 수 있는 고정수단을 포함하는 우라늄 증착물 장착부, 상기 회수구간에 장탈착 될 수 있는 형태로, 액화 또는 고화된 염을 회수하기 위한 염 회수부를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치로, 회전 가능한 회전축, 상기 회전축의 상부 끝단에 연결되어 앞뒤 직선운동이 가능한 직선운동 발생부, 상기 직선운동 발생부의 일단에 수평하게 연결된 제 1 도가니 장착 팔 및 상기 직선운동 발생부의 타단에 수평하게 연결된 제 2도가니 장착 팔을 구비한 회전 팔 도가니 공급장치를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

**김정국**

대전 유성구 구죽로 16, 113동 703호 (송강동, 한  
마을아파트)

**김인태**

대전 유성구 봉명로 48, 803동 1703호 (원신흥동,  
신안인스빌리베라)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	53333-13
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	원자력기술개발사업
연구과제명	전해정련 고도화 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국원자력연구원
연구기간	2012.03.01 ~ 2017.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

우라늄 전착물로부터 염을 회수하는 장치에서,

통로형태의 프레임으로, 일측은 증류구간, 타측은 회수구간으로 구성되어 상기 증류구간 및 회수구간은 상호 높이차를 가지며, 상기 프레임의 내부 벽면에 온도조절을 위한 발열부를 포함하는 본체;

상기 증류구간에 장탈착 될 수 있는 형태로, 내부에 증류 도가니를 고정할 수 있는 고정수단을 포함하는 우라늄 증착물 장착부;

상기 회수구간에 장탈착 될 수 있는 형태로, 액화 또는 고화된 염을 회수하기 위한 염 회수부를 포함하며,

상기 우라늄 증착물 장착부는,

상기 본체의 증류구간에 부합하는 형태로, 이동수단과 연결된 장착부 하부프레임;

상기 하부프레임의 상부에 형성된 장착부 측벽;

상기 장착부 하부프레임과 상기 증류 도가니 사이에 형성되며, 상기 증류도가니에서 액화된 염을 임시로 저장하기 위한 임시저장 도가니;

상기 하부프레임과 상기 임시저장 도가니 사이에 상기 임시로 저장된 염을 가열시키기 위한 가열부; 및

상기 우라늄 증착물 장착부의 탈착시 상기 우라늄 증착물 장착부와 상기 본체의 열교환을 막아주기 위한 방열판인 장착부 덮개를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에서,

상기 본체는,

상기 증류구간과 상기 회수구간 사이에 응축구간이 형성되고, 상기 증류구간에서 상기 회수구간의 순서로 유체가 흐르는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

#### 청구항 3

청구항 2에서,

상기 본체는,

상기 증류구간, 상기 응축구간 및 상기 회수구간에 적어도 하나 이상의 온도측정센서를 각각 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

#### 청구항 4

청구항 2에서,

상기 본체는,

상기 증류구간과 응축구간 사이에 형성된 제 1방열판; 및

상기 응축구간과 회수구간 사이에 형성된 제 2방열판을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 5**

청구항 1에서,

상기 본체는,

내부의 진공상태를 만들기 위한 진공펌프;

상기 진공펌프를 보호하기 위한 펌프보호 필터;

내부에 불활성가스를 주입하기 위한 불활성가스 주입부; 및

상기 회수구간을 냉각시켜 염의 상 변환을 시키기 위한 냉각부를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 6**

청구항 2에서,

상기 본체는,

상기 응축구간과 회수구간 사이에 염의 흐름을 유도하는 유도 혼(horn)을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

청구항 1에서,

상기 우라늄 증착물 장착부는,

상기 회수부 측벽에 증류 도가니를 고정하기 위한 고정수단을 포함하고, 상기 회수부의 측벽의 일부는 상기 우라늄 회수의 장착시 기화된 염이 응축구간로 흐르기 위한 공간이 형성되어 있는 것을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 9**

청구항 1에서,

상기 이동수단은,

상하로 움직일 수 있는 상하 이동장치; 및

좌우로 움직일 수 있는 좌우 이동장치를 포함하는 것을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 10**

청구항 1에서,

상기 염 회수부는,

상기 본체의 회수구간에 삽입하여 장착될 수 있는 형태로, 이동수단과 연결된 회수부 하부프레임;

상기 회수부 하부프레임의 상부에 고정된 액화 및 고화된 염을 수집하기 위한 염 수집 바스켓; 및  
상기 염 수집 바스켓을 고정하기 위한 바스켓 고정틀을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 11**

청구항 10에서,  
상기 염 수집 바스켓은,  
적어도 둘 이상의 조각으로 구성된 것을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 12**

청구항 10에서,  
상기 이동수단은,  
상하로 움직일 수 있는 상하 이동장치; 및  
좌우로 움직일 수 있는 좌우 이동장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 13**

청구항 1에서,  
상기 증류 도가니는,  
상기 회수부 측벽의 고정수단에 고정되는 지지대;  
상기 지지대 상에서 다수가 이격하게 형성되는 다공성 도가니; 및  
상기 다공성 도가니를 고정시키는 고정틀을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 14**

청구항 13에서,  
상기 다공성 도가니는,  
재질이 그래파이트(Graphite)이고, 상기 다공성 도가니의 내부에 이트륨 (Tttrium :  $Y_2O_3$ ), 지르코늄 (Zirconium :  $ZrO_2$ ), 마그네슘 (Magnesium :  $MgO$ ), 티타늄 (Titanium :  $TiO_2$ ) 및 세라믹 중 적어도 하나 이상으로 코팅되고, 메시(mesh)가 1mm 이하인 것을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 15**

청구항 1에서,  
상기 발열부 및 가열부는,  
슈퍼칸탈 저항열선을 사용한 저항 가열방식 또는 구리 코일(Cu-coil)을 사용한 고주파 가열방식 중 어느 하나인 것을 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

**청구항 16**

제1항에 있어서, 상기 우라늄 전착물의 염 제거 장치는, 내부로 우라늄 전착물을 투입하기 위한 장치로써,  
회전 가능한 회전축;

상기 회전축의 상부 끝단에 연결되어 앞뒤 직선운동이 가능한 직선운동 발생부;

상기 직선운동 발생부의 일단에 수평하게 연결된 제 1도가니 장착 팔; 및

상기 직선운동 발생부의 타단에 수평하게 연결된 제 2도가니 장착 팔을 포함하는 회전 팔 도가니 공급장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

#### 청구항 17

청구항 16에서,

상기 제 1도가니 장착 팔 및 제 2도가니 장착 팔은,

일단이 상기 직선운동 발생부와 연결되고, 타단은 끝단이 적어도 둘 이상의 갈라진 가지를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치.

#### 청구항 18

제1항의 우라늄 전착물의 염 제거 장치를 이용한 우라늄 전착물의 염 제거 방법에 있어서,

회전팔 도가니 공급장치가 증류 도가니와 연결되는 단계;

상기 증류 도가니가 회전팔 도가니 공급장치에 의해 우라늄 전착물 장착부에 장착되는 단계;

상기 우라늄 전착물 장착부가 본체로 삽입되어 장착되는 단계;

본체의 구동으로 온도를 상승시켜 상기 증류 도가니의 우라늄 전착물에서 공용염을 증류하고 수집하는 단계;

본체의 증류구간의 온도를 감온시킨 후 우라늄 전착물 장착부를 본체로부터 분리시켜 상기 증류 도가니를 회수하는 단계; 및

염 회수부가 본체에서 탈착되고, 염 회수부의 염을 회수하는 단계를 포함하는, 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

#### 청구항 19

청구항 18에서,

상기 우라늄 전착물에서 공용염을 증류하고 수집하는 단계는,

진공펌프를 가동하여 본체 내부의 가스를 제거하는 단계;

상기 가스가 제거된 본체 내부에 불활성 가스를 주입하는 단계;

상기 불활성 가스가 주입된 본체에 진공펌프를 사용하여  $10^{-2}$ Torr이상의 진공압을 형성하는 단계; 및

본체 및 우라늄 증착물 장착부의 온도를 상승시켜 증류하는 단계;를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

#### 청구항 20

청구항 18에서,

상기 증류 도가니를 회수하는 단계는,

취급 온도가  $20^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$  이고, 불활성가스 분위기에서 수행되는 단계를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

**청구항 21**

청구항 19에서,

공용염을 증류하고 수집하는 단계 및 본체 내부의 가스를 제거하는 단계를 적어도 2회 이상 수행하는 단계를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

**청구항 22**

청구항 19에서,

상기 온도를 상승시켜 증류하는 단계는,

공용염의 고액분리를 위해 증류구간의 온도를 500° C ~ 700° C의 온도범위에서 적어도 1분 이상 유지하는 단계; 및

상기 증류구간의 온도를 750° C ~ 1000° C로 상승시켜 상기 고액분리된 공용염을 증발시키는 단계를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

**청구항 23**

청구항 22에서,

상기 고액분리된 공용염을 증발시키는 단계는,

응축구간의 온도를 500° C ~ 700° C의 온도범위에서 수행하는 단계 및

회수구간의 온도를 400° C ~ 500° C의 온도범위에서 수행하는 단계를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

**청구항 24**

청구항 19에서,

염 수집 바스켓의 온도를 100° C 이하의 온도범위에서 수행하는 단계를 더 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

**청구항 25**

청구항 18에서,

상기 회전팔 도가니 공급장치가 증류 도가니와 연결되는 단계 내지 상기 우라늄 전착물 장착부를 본체로부터 분리시켜 상기 증류 도가니를 회수하는 단계가 적어도 2회 이상 수행하는 단계를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 염 제거 장치 및 이를 이용한 제염 제거방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 회전 가능하게 설계된 회전 팔 도가니 공급 장치를 이용하여 증류 도가니를 염 증류 장치에 장착 및 탈착하고, 염 증류구간, 응축구간 및 회수구간이 분리된 장치를 이용한 우라늄 전착물로부터 염 제거장치 및 이를 이용한 염 제거방법에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

[0002] 화석연료에 비해 비교적 CO<sub>2</sub>와 같은 온실가스 발생량이 적고 풍부한 에너지를 공급하는 원자력 에너지는 그 사용량이 급증하면서 사용 후 핵연료의 양도 증가하여 장-단기적으로 관리하여야 할 사용 후 핵연료의 양도 늘어나게 되었다. 이에 한국원자력연구원에서는 사용 후 핵연료 내에서 장수명 핵종을 회수한 후 고속로의 핵연료로 재사용함으로써, 고준위 폐기물의 부피와 독성을 크게 감소시키고 처분장의 공간 및 관리 기간을 감축시키기 위하여 파이로 프로세스(Pyroprocessing)라 불리는 공정을 연구 중에 있다.

[0003] 사용 후 핵연료에서 핵종을 회수하는 방법은 습식법과 건식법이 있으며, 파이로 프로세스 기술은 건식법으로 플루토늄과 우라늄과 다른 초우란 원소들 (Np, Am, Cm)이 함께 회수되어 핵확산 저항성이 높을 뿐만 아니라 비교적 간단한 공정 등의 장점으로 우리나라를 비롯한 미국, 일본, 유럽의 여러 나라에서 활발하게 연구 및 개발 중에 있다.

[0004] 파이로 프로세스의 여러기술들 가운데 용융염 매질에서 전기화학적으로 분리하는 공정의 연구가 가장 활발하며, 전해환원, 전해정련 및 전해제련 등의 단위공정들로 구성된다. 전해정련의 원리는 우라늄(Uranium), 희토류(Rare-Earth), TRU(TRANSUranic) 원소 및 귀금속 등으로 구성된 양극으로부터 용융염으로 녹아나오는 원소들 중에서 우라늄만을 고체음극에 전착시켜 제거하고, 전해제련의 원리는 나머지 원소들 중에서 악티나이드(actinide) 원소들을 액체음극에 전착시켜 회수하는 것이다. 즉, 전해정련 및 전해제련 공정은 전해환원공정에서 환원시킨 금속잉곳을 전해정련조의 양극 바스켓에 넣고 고체음극을 이용하여 사용 후 핵연료의 90% 이상을 차지하는 우라늄을 분리해 내고, 우라늄 분리작업에 사용된 LiCl-KCl 공용염 내에 남아있는 잔류 우라늄과 TRU 원소들을 전해제련공정을 이용하여 액체음극에 회수한다.

[0005] 우라늄만을 효과적으로 회수할 수 있는 전해정련공정은 전기화학적 반응을 이용하여 우라늄을 회수하는 전해정련반응(ER: Electrorefining), 상기 전해정련반응(ER: Electrorefining)에서 회수한 우라늄 전착물 내에 잔류하는 공용염을 제거하는 염 증류 (Salt distillation), 염이 제거된 우라늄을 잉곳(ingot)으로 바꾸는 잉곳제조(Ingot manufacture) 등의 세부공정으로 이루어져 있으며, 보통 미국에서는 염 증류와 잉곳 제조 과정을 합하여 음극공정(Cathode process)이라고 부른다. 상기 전해정련반응(ER: Electrorefining)은 전해환원공정을 거친 고체 시료를 양극 바스켓에 넣은 후 공용염이 있는 반응기 내로 넣는다. 이후 흑연 또는 철 등으로 제조된 고체음극을 넣은 후 일정한 전기를 흘려보내면 양극 바스켓에 있는 고체 시료가 이온화되어 공용염에 용해되고 전해질을 통해 고체음극으로 이동하게 되며, 고체음극에 수지상의 우라늄으로 전착된다. 전해정련공정에서 회수한 우라늄 전착물은 수지상의 분말로 입자사이에 20 wt% 이상의 전해질 염(공용염)이 함유되어 있다. 따라서, 우라늄 전착물 내의 염을 제거하기 위하여 열화학적 특성을 이용한 염 증류공정이 필요하다.

[0006] 염 증류공정은 일반적으로 진공/고온의 환경에서 이루어지며, 염 증류에 의해 만들어진 우라늄 전착물은 수지상의 작은 입자로 존재하기 때문에 보관/운반 및 재생연료로서의 사용을 용이하게 하기 위하여 금속 덩어리로 만드는 잉곳주조 과정을 거치게 된다. 염 증류장치의 개발은 현재 미국의 ANL과 INL에서 EBR-II 연료 처리 등과 관련하여 전해정련 공정의 음전극으로부터 회수된 전착물로부터 잔류 염을 분리하고 잉곳으로 제조하는 Cathode process에 관한 연구를 진행하고 있으며, 일본의 경우 CRIEPI에서 JAEA와의 공동연구를 통해 소규모의 염 및 카드뮴 증류에 대한 연구를 진행하고 있는 실정이다. 특히 미국의 INL 연구소에서는 ER에서 발생한 우라늄 전착물로부터 공용염을 분리하기 위하여 진공증류탑 내부에 우라늄 전착물을 넣고 외부의 진공펌프와 히터를 이용하여 진공 및 가열하여 염을 증류하고, 탑 하부에 위치한 응축영역에 공용염 회수도가니를 두어 증발된 공용염을 공랭식 냉각방식으로 응축 및 회수한다. 이러한 장치는 염 증류 및 우라늄 전착물의 잉곳화 구간과 증류된 염의 회수구간이 동일 반응 탑에 수직으로 존재하여 구간별 온도제어 등과 같은 공정의 조정이 어려울 수 있다.

[0007] 이에 한국원자력연구원에서는 대용량 처리를 위하여 연속조업이 가능하도록 염 증류 공정과 잉곳제조 공정을 분

리하였으나, 염 증류 후 잉곳공정으로 우라늄전착물을 이송할 때 염 증류가 완전히 이루어지지 않아 미량 (1% 내외)의 잔류염이 남아 있을 시 잉곳공정에서 추가의 염 회수용 장치가 필요할 뿐만 아니라 우라늄 잉곳 제조 시 그 품질에 영향을 줄 수 있는 문제점이 있다. 또한, 염 증류 공정의 800~850℃에서 수행한 결과물 (염이 제거된 회수 우라늄 및 회수 공용염)을 잉곳공정 및 ER공정으로 이송하기 위하여 상온까지 장치 내부의 온도를 내려야 함으로서 1회 운전시간이 길 뿐만 아니라, 시료를 재 장입하여 실온에서 염 증류 적정온도로 승온하기 위하여 외부에서 투입되는 에너지의 손실을 크게 할 수 있다.

[0008]

마지막으로 기존의 염 증류 장치의 증류도가니 (crucible)는 상부만 개방되어 있는 그릇 모양의 도가니를 사용함으로써 공용염이 500~700℃ 온도 범위에서 고체에서 액체로 상변화가 일어날 때 액화된 공용염이 도가니 외부로 배출되지 못하고 내부에 그대로 잔존하고 기체로 상변화 할 때에 도가니 밖으로 배출됨으로서, 승온 과정의 500~700℃ 범위의 온도 활용도가 떨어진다. 이에 원자력연구원에서는 다공성 도가니를 개발하여 이를 해결 하였으나 다단으로 도가니를 적재함으로써 증류구간의 고온부를 증가시킴으로서 장치의 크기가 증가되는 문제점이 있다.

[0009]

이에 본 발명자들은 파이로프로세스를 구성하는 ER공정의 고체음극에서 발생한 우라늄 전착물로부터 공용염을 제거하는 방법을 연구하던 중, 염 증류장치의 염 증류구간과 염의 회수구간이 수직 반응 탑에 존재함에 나타나는 여러 가지 문제점을 해결하고, 염이 제거된 우라늄과 증류된 염의 100%의 안전한 회수를 위하여 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 염 증류구간과 염 응축 및 회수 구간이 분리된 우라늄 전착물의 염 제거장치 및 이를 이용한 염 증류방법을 개발하였다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0010]

- (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제 10-2013-0066190호
- (특허문헌 0002) 한국 등록특허 제 10-2013-0008367호
- (특허문헌 0003) 한국 등록특허 제 10-2011-0134135호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011]

본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 반 연속적으로 우라늄 전착물의 염을 제거하고자 함에 있다.

[0012]

본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 염 증류구간, 염 응축구간 및 염 회수구간을 분리시켜 각각의 온도를 따로 제어하여 조작의 편의성을 제공하고자 함에 있다.

[0013]

본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는 가동하고자 하는 온도의 활용범위를 증대시키고, 우라늄의 안전한 회수, 우라늄 전착물로부터 염 제거효율 증대를 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.

**과제의 해결 수단**

[0014]

우라늄 전착물로부터 염을 회수하는 장치에서, 통로형태의 프레임으로, 일측은 증류구간, 타측은 회수구간으로 구성되어 상기 증류구간 및 회수구간은 상호 높이차를 가지며, 상기 프레임의 내부 벽면에 온도조절을 위한 발열부를 포함하는 본체, 상기 증류구간에 장탈착 될 수 있는 형태로, 내부에 증류 도가니를 고정할 수 있는 고정수단을 포함하는 우라늄 증착물 장착부, 상기 회수구간에 장탈착 될 수 있는 형태로, 액화 또는 고화된 염을 회수하기 위한 염 회수부를 포함할 수 있다.

[0015] 우라늄 전착물의 염 제거 장치 내부에 우라늄 전착물을 투입하기 위한 장치에서, 회전 가능한 회전축, 상기 회전축의 상부 끝단에 연결되어 앞뒤 직선운동이 가능한 직선운동 발생부, 상기 직선운동 발생부의 일단에 수평하게 연결된 제 1도가니 장착 팔, 및 상기 직선운동 발생부의 타단에 수평하게 연결된 제 2도가니 장착 팔을 포함할 수 있다.

[0016] 회전 팔 도가니 공급장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법에 있어서, 회전팔 도가니 공급장치가 증류도가니와 연결되는 단계, 상기 증류 도가니가 회전팔 도가니 공급장치에 의해 우라늄 전착물 장착부에 장착되는 단계, 상기 우라늄 전착물 장착부가 본체로 삽입되어 장착되는 단계, 본체의 구동으로 온도를 상승시켜 상기 증류도가니의 우라늄 전착물에서 공용염을 증류하고 수집하는 단계, 본체의 증류구간의 온도를 감온시킨 후 우라늄 전착물 장착부를 본체로부터 분리시켜 상기 증류도가니를 회수하는 단계 및 염 회수부가 본체에서 탈착되고, 염 회수부의 염을 회수하는 단계를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0017] 본 발명의 실시형태에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물로부터 염 제거 장치 및 방법은 반 연속식이 동작 가능하여 조업시간을 단축시킬 수 있다.

[0018] 염 증류온도까지 올렸다 다시 실온으로 냉각시킬 필요가 없어 외부에너지 절약성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 증류도가니의 배열방식에 따라 히터로부터 발생한 열의 열 이용 및 효율성 면에서 이로워 장치의 가동 활용성도가 높아진다.

[0019] 염의 증류구간, 응축구간 및 회수구간을 분리함으로써 운전조건을 설정 및 유지하는데 수직형 증류장치에 비해 비교적 간단하게 조작을 가능하게 한다.

[0020] 증류도가니가 부분적으로 분리됨으로서 장치의 유지보수에 드는 비용을 절감할 수 있어 비용 효율적이고, 염의 증류를 방해하는 요인을 최소화하여 염의 증류 효율을 증가시킬 뿐만 아니라, 증류구간의 온도유지 시간을 단축시켜 장치의 내구성을 향상시키고, 잉곳과 같은 후속공정과의 연계성이 좋아질 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 본체의 수직 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 우라늄 증착물 장착부의 수직 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 우라늄 증착물 장착부의 수평 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 염 회수부의 수직 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 염 회수부의 수직 단면도이다.

도 6(a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 증류 도가니의 평면도이다.

도 6(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 증류 도가니의 수직 단면도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급장치의 수직 단면도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급장치의 평면도이다.

도 9 는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치의 단면도이다.

도 10 는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치의 단면도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법의 흐

름도이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법의 우라늄 전착물로부터 공용염을 증류시켜 수집하는 단계의 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0022] 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치 및 이를 이용한 염 제거 방법에 대해 상세하게 설명한다. 이때 도면에 도시되고 또 이것에 의해서 설명되는 본 발명의 구성과 작용은 적어도 하나의 실시예로서 설명되는 것이며, 이것에 의해서 본 발명의 기술적 사상과 그 핵심 구성 및 작용이 제한되지는 않는다.

[0023] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 이는 당해 기술분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례 또는 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 함을 밝혀두고자 한다.

[0024] 이하에서 설명하는 염 및 공용염은 전해정련공정에서 회수한 우라늄 전착물에 함유된 수지상의 분말을 지칭하는 전해질 염으로 서로 동일한 의미로 사용됨을 밝혀두고자 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 본체의 수직 단면도이다.

[0026] 도 1을 참조하면, 본체(100)는 온도측정센서(110), 발열부(120), 제 1방열판(130), 제 2방열판(140), 유도 혼(horn)(150), 불활성가스 주입부(160), 진공펌프(171), 펌프보호 필터(172) 및 냉각부(180)를 포함할 수 있다.

[0027] 본체(100)는 관 형태의 프레임으로 이루어져 일측은 증류구간(191), 타측은 회수구간(195)로 구성되어 상기 증류구간(191) 및 회수구간(195)는 상호 높이차를 가진다. 상기 증류구간(191)와 상기 회수구간(195) 사이에 응축구간(193)이 형성되어 있고, 상기 프레임의 내부 벽면에 온도조절을 위한 발열부(120)를 포함할 수 있다.

[0028] 응축구간(193)은 증류구간(191)에서 회수구간(195) 쪽으로 기울어져 기체의 가열시 상승하려는 원리를 이용하여 응축구간(193)을 통해 회수구간(195)으로 유체의 흐름을 원활하게 한다. 증류구간의 중심축( $x_1$ ) 과 응축구간의 중심축( $x_2$ ) 사이의 기울기( $\theta$ )는  $10^\circ$  이상일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 상기 기울기가  $10^\circ$  미만인 경우 유체의 흐름이 원활하지 못하므로  $10^\circ$  이상인 것이 바람직하다.

[0029] 온도측정센서(110)는 열전대(thermocouple)로 백금-백금로듐, 크로멜-알루멜, 구리-콘스탄탄, 크로멜-콘스탄탄, 철-콘스탄탄, 텅스텐-텅스텐레늄, 구리-금코발트 및 크로멜-금철의 열전대(thermocouple)일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.

[0030] 증류구간(191), 응축구간(193) 및 회수구간(195)은 적어도 하나 이상의 온도측정센서(110)를 포함하여 각 구간의 온도를 측정할 수 있다.

[0031] 발열부(120)는 본체(100)의 프레임 내부 벽면에 형성되어 본체(100)의 온도를 조절할 수 있다. 발열부(120)는 슈퍼칸탈 저항열선을 사용한 저항 가열방식 또는 구리-코일(Cu-coil)을 이용한 고주파 가열방식 중 어느 하나일 수 있다. 발열부(120)는 증류구간(191), 응축구간(193) 및 회수구간(195)의 온도를 구간별로 다르게 가열할 수 있다.

[0032] 제 1방열판(130)은 증류구간(191)과 응축구간(193) 사이에 형성되어 증류구간(191)과 응축구간(193)의 상호간의 열에 의한 영향을 감소시킬 수 있다.

[0033] 제 2방열판(140)은 응축구간(193)과 회수구간(195) 사이에 형성되어 응축구간(193)과 회수구간(195)의 상호간의 열에 의한 영향을 감소시킬 수 있다.

[0034] 제 1방열판(130) 및 제 2방열판(140)은 증류구간(191), 응축구간(193) 및 회수구간(195)의 온도를 다르게 하기

위한 방열판으로 구간별 온도조절을 용이하게 할 수 있다.

- [0035] 유도 혼(horn)(150)은 응축된 공용염의 흐름을 유도하여 모아줄 수 있도록 형성된다.
- [0036] 불활성가스 주입부(160)는 본체(100)의 내부에 불활성 가스를 주입하기 위한 것으로, 상기 불활성 가스는 아르곤(Ar)일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0037] 진공펌프(171)은 본체(100) 내부를 진공상태로 만들기 위한 펌프일 수 있다. 진공펌프(171)는 진공도를  $10^{-2}$  Torr내지  $10^{-3}$  Torr의 진공도로 유지해 줄 수 있는 펌프를 사용함이 바람직하나 이에 제한되지 않는다.
- [0038] 펌프보호 필터(172)는 진공펌프(171)의 일단과 연결되어 진공펌프(171)의 작동시 불순가스로부터 진공펌프(171)가 손상되는 것을 방지하는 필터일 수 있다.
- [0039] 냉각부(180)는 회수구간(195)의 온도를 하강시키기 위한 수단으로 냉각수관로(181) 및 냉각팬(183) 중 적어도 하나 이상을 포함하는 공랭식 및 수냉식 냉각 수단일 수 있다.
- [0040] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 우라늄 증착물 장착부의 수직 단면도이다.
- [0041] 도 2를 참조하면, 우라늄 증착물 장착부(200)는 장착부 하부프레임(210), 장착부 측벽(220), 임시저장 도가니(230), 가열부(240) 및 장착부 덮개(250)를 포함할 수 있다.
- [0042] 우라늄 증착물 장착부(200)는 본체(100)의 증류구간(191)에 부합하는 형태로 증류구간(191)에 삽입될 수 있다.
- [0043] 장착부 하부프레임(210)은 증류구간(191)에 삽입시 본체(100)와 우라늄 증착물 장착부(200) 사이에 밀봉을 하기 위한 고무링 장착 홈(211)이 형성되어 있다. 장착부 하부프레임(210)은 고무링 장착 홈(211)에 장착될 고무링의 고온 손상을 방지하기 위하여 상기 고무링을 냉각시켜주는 고무링 보호용 냉각팬(212)을 포함할 수 있다. 고무링 보호용 냉각팬(212)은 공기(air)를 냉각제로 사용할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 장착부 하부프레임(210)은 우라늄 증착물 장착부(200)의 이동을 위한 이동수단과 결합될 수 있다. 상기 이동수단은 상하로 움직일 수 있는 장착부 상하 이동장치(213)를 포함할 수 있다.
- [0044] 장착부 상하 이동장치(213)는 리프트(Lift)장치로 모터에 의해 상하로 이동될 수 있다. 장착부 상하 이동장치(213)에 의해 우라늄 증착물 장착부(200)가 이동되어 본체(100)의 증류구간(191)에 장착될 수 있다. 또한, 상기 이동수단은 좌우로 움직일 수 있는 장착부 좌우 이동장치(214)를 포함할 수 있다.
- [0045] 장착부 좌우 이동장치(214)는 좌우 이동시 탈선을 방지하고 정확한 목표지점까지 이동하기 위한 레일일 수 있다. 장착부 좌우 이동장치(214)에 의해 우라늄 증착물 장착부(200)는 좌우로 이동할 수 있고, 우라늄 증착물 장착부(200)의 유지보수의 효율성이 증대될 수 있다.
- [0046] 장착부 측벽(220)은 장착부 하부프레임(210)에 수직한 방향으로 형성되어 증류도가니(400)를 고정할 수 있는 고정수단(221)을 포함한다.
- [0047] 임시저장 도가니(230)는 증류도가니(400)의 하부, 장착부 하부프레임(210)의 상부에 그릇모양으로 형성되어 증류도가니(400)의 공용염의 상 변화시 액체상태가 되어 아래로 흐르는 것을 수집할 수 있다.
- [0048] 가열부(240)는 장착부 하부프레임(210)과 임시저장 도가니(230) 사이에 위치하여 온도를 제어할 수 있다. 가열부(240)는 슈퍼칸탈 저항열선을 사용한 저항 가열방식 또는 구리-코일(Cu-coil)을 이용한 고주파 가열방식 중 어느 하나일 수 있다. 가열부(240)는 임시저장 도가니(230)의 액체상태의 공용염을 기화시킬 수 있다.
- [0049] 장착부 덮개(250)는 장착부 측벽(220)의 양끝단에 걸쳐 형성되는 방열판으로, 우라늄 증착물 장착부(200)가 본체(100)에서 탈착시 장착부 덮개(250)는 본체(100)의 증류구간 입구에 걸쳐지게 되어 본체(100)의 열에너지의 외부유출을 억제할 수 있다(도 9 참조). 장착부 덮개(250)는 본체(100)에 삽입시 기화된 공용염의 와류현상을 감소시키기 위해 본체(100)와 부합된 형태로 기울기를 가질 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0050] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 우라늄 증착물 장착부의 수평 단면도이다.

- [0051] 도 3을 참조하면, 우라늄 증착물 장착부(200)는 원통형의 형상일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0052] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 염 회수부의 수직 단면도이다.
- [0053] 도 4 및 도 5를 참조하면, 염 회수부(300)는 회수부 하부프레임(310), 염 수집 바스켓(320), 바스켓 고정틀(330) 및 바스켓 분리장치(350)를 포함할 수 있다.
- [0054] 회수부 하부프레임(310)은 본체(100)의 회수구간(195)에 부합하는 형태로 회수구간(195)에 삽입될 수 있다.
- [0055] 회수부 하부프레임(310)은 회수구간(195)에 삽입시 밀봉을 위한 고무링 삽입 홈(311)이 형성되어 있다.
- [0056] 회수부 하부프레임(310)은 염 회수부(300)의 이동을 위한 이동수단과 결합될 수 있다. 상기 이동수단은 상하로 움직일 수 있는 회수부 상하 이동장치(312)를 포함할 수 있다.
- [0057] 회수부 상하 이동장치(312)는 리프트(Lift)장치로 모터에 의해 상하로 이동될 수 있다. 회수부 상하 이동장치(312)에 의해 염 회수부(300)가 이동되어 본체(100)의 회수구간(195)에 장착될 수 있다.
- [0058] 또한, 상기 이동수단은 좌우로 움직일 수 있는 회수부 좌우 이동장치(313)를 포함할 수 있다. 회수부 좌우 이동장치(313)는 좌우 이동시 탈선을 방지하고 정확한 목표지점까지 이동하기 위한 레일일 수 있다. 회수부 좌우 이동장치(313)에 의해 염 회수부(300)는 좌우로 이동할 수 있고, 염 회수부(300)의 유지보수 및 염 회수의 효율성이 증대될 수 있다.
- [0059] 염 수집 바스켓(320)은 회수부 하부프레임(310)의 상부에 그릇형태의 액체 및 고체 물질을 수집할 수 있는 용기로, 적어도 2 이상의 조각으로 구성될 수 있고, 바람직하게는 6개의 조각으로 형성될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0060] 바스켓 고정틀(330)은 염 수집 바스켓(320)의 조각을 고정하여 그릇형태로 유지하기 위한 틀로, 염 수집 바스켓(320)과 회수부 하부프레임(310) 사이에 형성될 수 있다.
- [0061] 바스켓 분리장치(350)는 염 회수부(300)가 본체(100)에서 탈착되고, 수집된 염을 회수하기 위하여 염 수집 바스켓(320)으로부터 고화된 염의 분리를 용이하게 하기 위한 수단일 수 있다. 바스켓 분리장치(350)는 염 수집 바스켓(320)의 중심을 기준으로 염 수집 바스켓(320)을 밀어내는 동작을 수행할 수 있다(도 5(b) 참조). 바스켓 분리장치(350)는 염 수집 바스켓(320)의 조각을 바스켓 고정틀(330)상에서 상호 분리하여 염 수집 바스켓(320)의 조각상에 형성된 염을 수집할 수 있다.
- [0062] 도 6(a) 및 도 6(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 증류 도가니를 나타낸 도면이다. 도 6(a)는 증류 도가니의 평면도이고, 도 6(b)는 증류 도가니의 수직 단면도이다.
- [0063] 증류 도가니(400)는 지지대(410), 고정틀(420) 및 다공성 도가니(430)를 포함할 수 있다.
- [0064] 지지대(410)는 장착부 측벽(220)의 고정수단(221)에 고정될 수 있는 형태로 구성된다. 지지대(410)는 고정틀(420)과 함께 결합된 형태로 구성된다.
- [0065] 고정틀(420)은 다공성 도가니(430)를 고정하기 위한 틀로 다공성 도가니(430)를 상호 이격되게 고정할 수 있다. 고정틀(420)은 우라늄 증착물 장착부(200) 내부에 삽입될 수 있는 크기와 모양으로 직경은 100mm, 높이는 200mm 이상일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0066] 다공성 도가니(430)는 재질이 그래파이트(Graphite)일 수 있다. 다공성 도가니(430) 내부에 이트륨 (Tttrium : Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 지르코늄 (Zirconium : ZrO<sub>2</sub>), 마그네슘 (Magnesium : MgO), 티타늄 (Titanium : TiO<sub>2</sub>) 및 세라믹 코팅 중 어느 하나의 코팅으로 형성될 수 있다. 다공성 도가니(430)는 다공의 크기가 1mm 이하로 형성될 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 다공성 도가니(430)의 메시(mesh)는 일반적으로 1mm 이내의 다공성을 기본으로 하지만, 이에 제한되지 않는다.
- [0067] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급장치의 수직 단면도이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급장치의 평면도이다.

- [0068] 도 7 및 도 8을 참조하면, 회전 팔 도가니 공급장치(500)는 회전축(510), 직선운동 발생부(520), 제 1도가니 장착 팔(530), 제 2도가니 장착 팔(540), 글러브 박스(550) 및 장착 팔 케이스(560)를 포함할 수 있다.
- [0069] 회전축(510)은 지면과 수직한 방향으로 형성되고, 제 1 모터(511)와 연결되어 제 1 모터(511) 구동에 의해 회전축(510)이 회전할 수 있다.
- [0070] 직선운동 발생부(520)는 회전축(510)의 상부에 결합된다. 직선운동 발생부(520)는 제 1기어(521), 제 2기어(522) 및 제 2모터(523)를 포함할 수 있다.
- [0071] 제 1기어(521)는 회전축(510)의 내부에 형성되어 회전축(510)의 동작과 독립적으로 구동될 수 있다. 제 2기어(522)는 제 1기어(521)와 수직방향으로 상호 맞물리게 구성되어 제 1기어(521)의 회전운동을 직선운동으로 변환할 수 있다. 제 1기어(521)는 제 2모터(523)와 연결되어 제 2모터(523)에 의해 제 2기어(522)의 직선운동을 제어할 수 있다.
- [0072] 직선운동 발생부(520)는 상기 수단뿐만 아니라 웜기어, 크랭크, 캠 및 액츄에이터(actuator)와 같이 직선운동을 발생시키기 위한 수단일 수 있다.
- [0073] 제 1도가니 장착 팔(530)의 일단은 제 2기어(522)의 일단에 연결되고, 제 2도가니 장착 팔(540)의 일단은 제 2기어(522)의 타단에 연결되어 제 2기어(522)의 직선운동에 의해 함께 움직일 수 있다. 제 1도가니 장착 팔(530) 및 제 2도가니 장착 팔(540)의 타단은 끝단이 적어도 둘 이상의 갈라진 가지의 형상일 수 있다. 상기 갈라진 가지의 형상은 상호 이격된 다공성 도가니(430)의 틈 사이에 삽입되어 제 1도가니 장착 팔(530) 및 제 2도가니 장착 팔(540)과 결합될 수 있다.
- [0074] 장착 팔 케이스(560)는 회전축(510)과 수직으로 연결되어 제 2기어(522), 제 1도가니 장착 팔(530) 및 제 2도가니 장착 팔(540)을 전체적으로 또는 부분적으로 감싸는 외부 프레임일 수 있다. 장착 팔 케이스(560)는 회전축(510)의 회전에 의해 함께 회전될 수 있다. 장착 팔 케이스(560)는 내부에 베어링(561)을 포함하여 제 1도가니 장착 팔(530) 및 제 2도가니 장착 팔(540)의 이동에 대한 부하를 감소시킬 수 있다.
- [0075] 글러브 박스(glove box)(560)는 제 1도가니 장착 팔(530) 및 제 2도가니 장착 팔(540)과 증류 도가니(400)의 결합시 증류 도가니(400)의 우라늄 전착물로부터 발생하는 방사능이 외부로 유출되지 않도록 증류 도가니(400)를 외부와 차단시키기 위한 수단일 수 있다.
- [0076] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 본체, 우라늄 증착물 장착부, 염 회수부, 증류 도가니 및 회전 팔 도가니 공급장치를 전체적으로 보여주는 단면도이다.
- [0077] 도 9는 우라늄 증착물 장착부 및 염 회수부가 본체에 탈착되어 증류 도가니가 우라늄 증착물 장착부에 장착되어 있고, 도 10은 우라늄 증착물 장착부 및 염 회수부가 본체에 장착된 상태를 도시한다.
- [0078] 상기 본체(100)의 응축구간(193) 및 회수구간(195)은 증류구간(191)의 용량보다 1.5 ~ 2배 더 크게 할 수 있다. 또한, 본체(100), 우라늄 증착물 장착부(200), 염 회수부(300), 증류 도가니(400) 및 회전 팔 도가니 공급장치(500)의 재질은 스테인레스 스틸인 것이 바람직하나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 재질이 스테인레스 스틸일 경우 부식성이 적으며, 상대적으로 장치 제조 가격이 저렴하다는 장점이 있다.
- [0079] 회분식 장치는 증류 온도에 도달하기 위한 승온 부분과 증류 후 우라늄 전착물을 회수하기 위해 상온 이하로 온도를 낮춰야 하는 부분이 존재함으로써 1회 운전 시 외부 에너지 소비가 많고, 조업시간이 장시간임에 비해서, 본 발명에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 장치는 한번 증류온도에 도달시키면 연속적으로 고온의 상태를 유지할 수 있어 외부 에너지의 사용량을 감소시킬 수 있다.
- [0080] 그리고 외부에서 생성된 우라늄 전착물을 회전 팔 도가니 공급장치(500)를 이용하여 이송함에 있어서 수작업이 필요없어 장비의 자동화를 실현할 수 있고, 외부 ER 공정 등과 같은 장치들과 연계성을 증가시킬 수 있다.

- [0081] 또한 본 발명의 장치를 이루는 장비의 고장 시 일부 구성만을 교체함으로써 장치의 유지보수비용이 감소되며, 교체된 부품의 폐기물 양을 감축시킬 수 있다는 장점을 가진다.
- [0082] 본 발명은, 회전 팔 도가니 공급장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법에 있어서, 회전팔 도가니 공급 장치가 증류 도가니와 연결되는 단계, 상기 증류 도가니가 회전팔 도가니 공급장치에 의해 우라늄 전착물 장착 부에 장착되는 단계, 상기 우라늄 전착물 장착부가 본체로 삽입되어 장착되는 단계, 본체의 구동으로 온도를 상승시켜 상기 증류 도가니의 우라늄 전착물에서 공용염을 증류하고 수집하는 단계, 본체의 증류구간의 온도를 감온시킨 후 우라늄 전착물 장착부를 본체로부터 분리시켜 상기 증류 도가니를 회수하는 단계, 염 회수부가 본체에서 탈착하고, 염 회수부의 염을 회수하는 단계를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법을 제공한다.
- [0083] 이하, 도 11 및 도 12를 참조하여 본 발명에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법을 보다 상세하게 설명한다.
- [0084] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 팔 도가니 공급 장치를 포함하는 우라늄 전착물의 염 제거 방법의 흐름도이다.
- [0085] 도 11을 참조하면, 우선, 회전팔 도가니 공급장치(500)가 증류 도가니(400)와 연결된다(S100).
- [0086] 외부의 공정에서 생성된 우라늄 전착물이 증류 도가니(400)에 투입되고, 상기 우라늄 전착물이 투입된 증류 도가니(400)는 회전팔 도가니 공급장치(500)의 제 1도가니 장착 팔(530) 또는 제 2도가니 장착 팔(540)의 이동에 의하여 1도가니 장착 팔(530) 또는 제 2도가니 장착 팔(540)과 결합된다. 회전팔 도가니 공급장치(500)와 증류 도가니(400)의 결합은 회전팔 도가니 공급장치(500)의 제 2모터(523)의 구동에 의해 이루어진다.
- [0087] 다음으로, 상기 증류 도가니가 회전팔 도가니 공급장치에 의해 우라늄 전착물 장착부에 장착된다(S110).
- [0088] 제 1도가니 장착 팔(530) 또는 제 2도가니 장착 팔(540)에 결합된 증류 도가니(400)는 제 1 모터(511)의 구동에 의해 회전축(510)이 회전을 하고, 회전축(510)이 180° 회전한 후 제 1 모터(511)의 구동은 멈춘다. 그 후, 제 2 모터(523)의 구동에 의해 증류 도가니(400)는 우라늄 전착물 장착부(200)에 장착된다.
- [0089] 다음으로, 상기 증류 도가니가 장착된 우라늄 전착물 장착부가 본체로 삽입되어 장착된다(S120).
- [0090] 우라늄 전착물 장착부(200)의 장착부 상하 이동장치(213)에 의해 우라늄 전착물 장착부(200)가 이동되고, 상기 우라늄 전착물 장착부(200)의 이동속도는 최소 0.5cm/s를 유지해 줌이 바람직하나, 그 속도는 제한되지 않는다. 또한, 상하 이동장치(213)는 우라늄 전착물 장착부(200) 및 증류 도가니(400)를 합한 무게를 들어올릴 수 있고, 바람직하게는 100kg이하의 무게를 들어올릴 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0091] 상기 단계(S100) 내지 단계(S120)의 수행은 20° C ~ 500° C의 온도 범위에서 수행되는 것이 바람직하지만, 이에 제한되지 않는다.
- [0092] 다음으로, 본체의 온도조절을 통해 우라늄 전착물로부터 공용염을 증류시켜 수집한다(S130).
- [0093] 상기 단계(S130)는 도 12를 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0094] 우선, 진공펌프를 가동하여 본체 내부의 가스를 제거한다(S131). 이는 본체 내부에서 증류작업 수행시 남아있는 오염가스와 우라늄 전착물과의 불필요한 반응을 차단하기 위한 것이다.
- [0095] 다음으로, 진공상태의 본체 내부에 불활성 가스를 주입한다(S132). 상기 불활성 가스는 아르곤(Ar)일 수 있다.

상기 단계(S131) 내지 단계(S132)는 1회 수행될 수 있고, 1회 이상 수행될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

- [0096] 다음으로, 상기 불활성 가스가 주입된 본체에 진공펌프를 사용하여 본체의 진공압을  $10^{-2}$ Torr 이하로 만들어준다(S133). 상기 본체의 진공압을 적어도  $10^{-2}$ Torr 이하, 바람직하게는  $10^{-3}$ Torr 이하의 진공도를 형성할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0097] 다음으로, 우라늄 전착물 장착부의 가열부 및 본체의 발열부를 가동시킨다(S134). 상기 가열부 및 발열부의 가동 온도는 공융염의 고액분리 온도인  $700^{\circ}\text{C}$  이하에서 수행될 수 있고, 바람직하게는  $500^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$  이내에서 수행될 수 있다. 상기 가열부 및 발열부의 온도가  $500^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 로 상승한 다음 본체의 전체적인 온도상승을 위해 일정시간 유지시킨다.
- [0098] 마지막으로, 본체의 발열부의 온도를 상승시킨다(S135). 상기 발열부의 온도 중 증류구간의 온도는 공융염의 증발온도인  $800^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 의 온도일 수 있으며, 바람직하게는  $750^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 일 수 있다. 상기 공융염의 증발온도가  $700^{\circ}\text{C}$  미만일 경우 공융염의 증발 속도가 느려 증류시간이 길어지게 되는 문제점이 있을 수 있고, 상기 공융염의 증발온도가  $1000^{\circ}\text{C}$  이상의 온도일 경우 장치의 내구성에 문제가 생길 수 있다. 이때, 상기 발열부의 온도 중 응축구간의 온도는  $500^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$  이고, 상기 발열부의 온도 중 회수구간의 온도는  $400^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$  이고, 염 수집 바스켓의 온도는  $100^{\circ}\text{C}$  이하에서 수행될 수 있다.
- [0099] 다음으로, 본체의 내부 온도(증류구간)를 감온시킨 후 우라늄 전착물 장착부를 본체로부터 분리시켜 우라늄 전착물 장착부의 증류도가니를 회수한다(S140).
- [0100] 상기 감온시킨 본체의 내부온도(증류구간)는  $600^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 일 수 있다. 장착부 상하 이동장치에 의해 우라늄 전착물 장착부는 본체에서 분리될 수 있다. 상기 장착부 상하 이동장치의 이동속도는  $0.5\text{cm/sec} \sim 1.0\text{cm/sec}$ 일 수 있다. 상기 분리된 우라늄 전착물 장착부는 회전 팔 도가니 공급 장치에 의해 우라늄 전착물 장착부 내부의 증류도가니를 회수할 수 있다. 상기 증류도가니를 회수하는 방법은 상기 증류도가니를 장착하는 방법을 통해 수행될 수 있다. 상기 증류도가니의 회수는 취급온도가  $20^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 이고, 아르곤(Ar)과 같은 불활성 가스의 분위기에서 수행할 수 있다.
- [0101] 마지막으로, 염 회수부를 본체로부터 분리시켜 증류된 공융염을 회수한다(S150). 상기 염 회수부는 회수부 상하 이동 장치에 의해 본체에서 분리될 수 있다. 상기 회수부 상하 이동장치의 이동속도는  $0.5\text{cm/sec} \sim 1.0\text{cm/sec}$ 일 수 있다. 상기 분리된 염 회수부의 염 수집 바스켓에서 공융염을 분리하기 위해 바스켓 분리장치를 이용하여 염 수집 바스켓을 분리시킬 수 있다. 상기 바스켓 분리장치를 이용한 상기 염 수집 바스켓의 벌려짐 각도가  $45^{\circ}$  이하일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0102] 상기 단계(S100) 내지 단계(S140)은 적어도 한번 이상 수행될 수 있고, 바람직하게는 두번 수행될 수 있다. 상기 단계(S100) 내지 단계(S140)가 두번 수행될 경우 우라늄 전착물내에 염의 함량이 30wt% 기준으로 증류 도가니의 교체가 1회 이루어질 경우 염 수집 바스켓의 교체를 1회 할 수 있는 증류 도가니 및 염 수집 바스켓의 용량을 가질 수 있다.
- [0103] 상기 방법을 통해 반 연속적으로 조업이 가능하여 회분식 장치에 비해 조업시간을 단축할 수 있고, 우라늄 전착물 장착부의 상부에 덮개를 장착함으로써 염 증류온도까지 상승시켰다가 다시 실온으로 냉각시킬 필요가 없어 외부 에너지 절약성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 증류 도가니의 배열방식에 따라 히터로부터 발생한 열의 이용 및 효율성 면에서 장점을 가져 장치의 활용성도가 높으며, 본체의 증류구간, 응축구간 및 회수구간을 분리하여 온도를 제어하는데 있어서 수직형 증류장치에 비해 비교적 간단하고 조작이 용이하다.

[0104]

또한, 증류 도가니가 부분적으로 분리됨으로서 장치의 유지보수에 드는 비용을 절감할 수 있어 경제적인 면에서도 유리하며, 외부에서 생성된 우라늄 전착물내의 염을 고액분리를 통해 일차적으로 임시저장 도가니에 분리하고 염의 증류를 일으키는 온도범위에서 염 증류시 염의 증류를 방해하는 요인을 최소화하여 염의 증류 효율을 증가시킬 뿐만 아니라, 고액분리되어 일정한 양의 염을 제거시킨 우라늄 전착물을 증류함으로서 증류구간의 온도유지 시간을 단축시켜 장치의 내구성을 향상시키고 결과적으로 회수된 우라늄의 에너지원으로서 재사용 가능성을 높임으로서 그 활용도를 높일 수 있고, 높은 염 분리 및 회수에 의하여 잉곳(ingot)과 같은 후속공정과의 연계성이 좋아진다.

**부호의 설명**

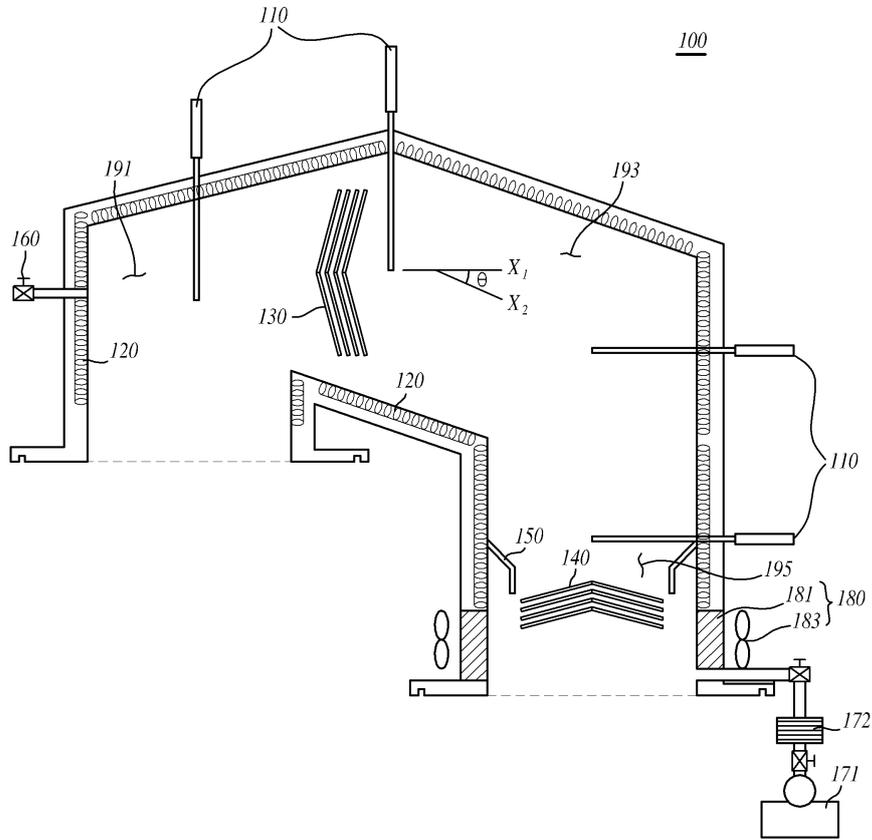
[0105]

- 100: 본체
- 110: 온도측정센서
- 120: 발열부
- 130: 제 1방열판
- 140: 제 2방열판
- 150: 유도 혼
- 160: 불활성가스 주입부
- 171: 진공펌프
- 172: 펌프보호 필터
- 180: 냉각부
- 181: 냉각수관로
- 182: 냉각팬
- 191: 증류구간
- 193: 응축구간
- 195: 회수구간
- 200: 우라늄 증착물 장착부
- 210: 장착부 하부프레임
- 211: 고무링 장착 홈
- 212: 고무링 보호용 냉각팬
- 213: 장착부 상하 이동장치
- 214: 장착부 좌우 이동장치
- 220: 장착부 측벽
- 221: 고정수단
- 230: 임시저장 도가니
- 240: 가열부
- 250: 장착부 덮개
- 300: 염 회수부

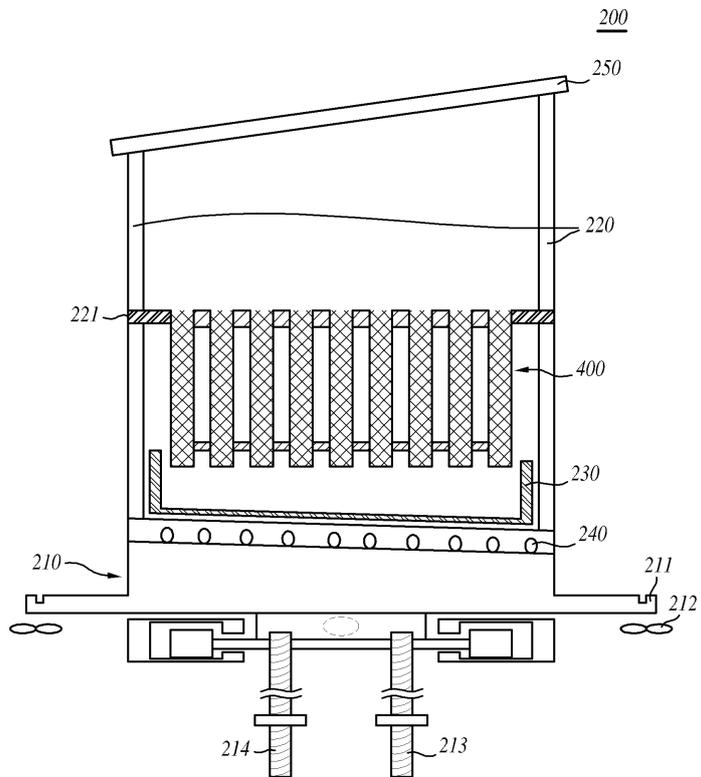
- 310: 회수부 하부프레임
- 311: 고무링 삽입 홈
- 320: 엠 수집 바스켓
- 330: 바스켓 고정틀
- 350: 바스켓 분리장치
- 400: 증류 도가니
- 410: 지지대
- 420: 고정틀
- 430: 다공성 도가니
- 500: 회전팔 도가니 공급장치
- 510: 회전축
- 511: 제 1모터
- 520: 직선운동 발생부
- 521: 제 1기어
- 522: 제 2기어
- 523: 제 2모터
- 530: 제 1도가니 장착 팔
- 540: 제 2도가니 장착 팔
- 550: 글러브 박스
- 560: 장착 팔 케이스
- 561: 베어링

도면

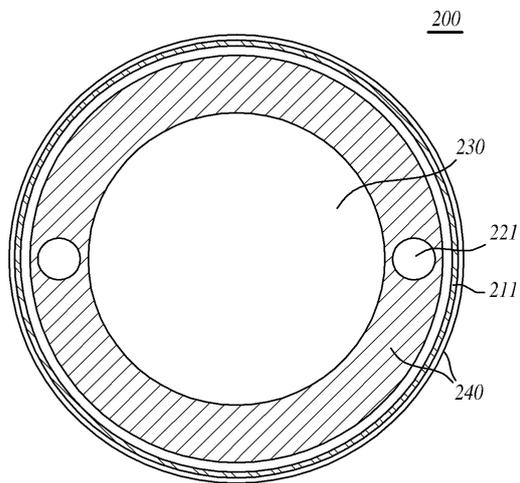
도면1



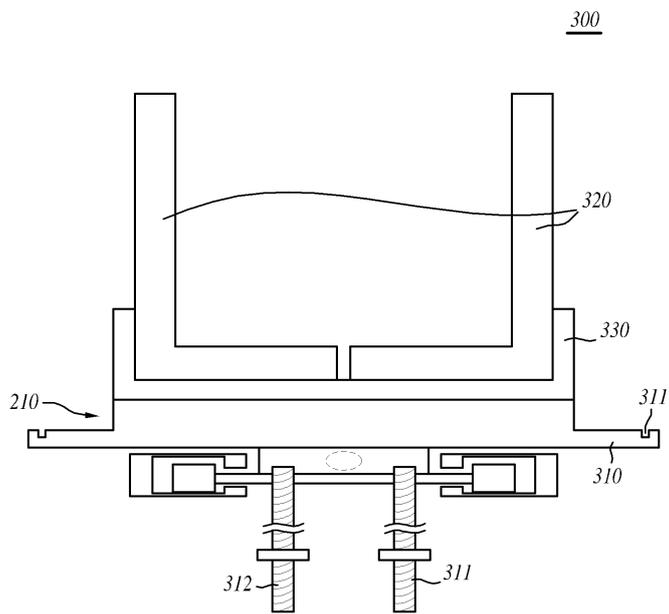
도면2



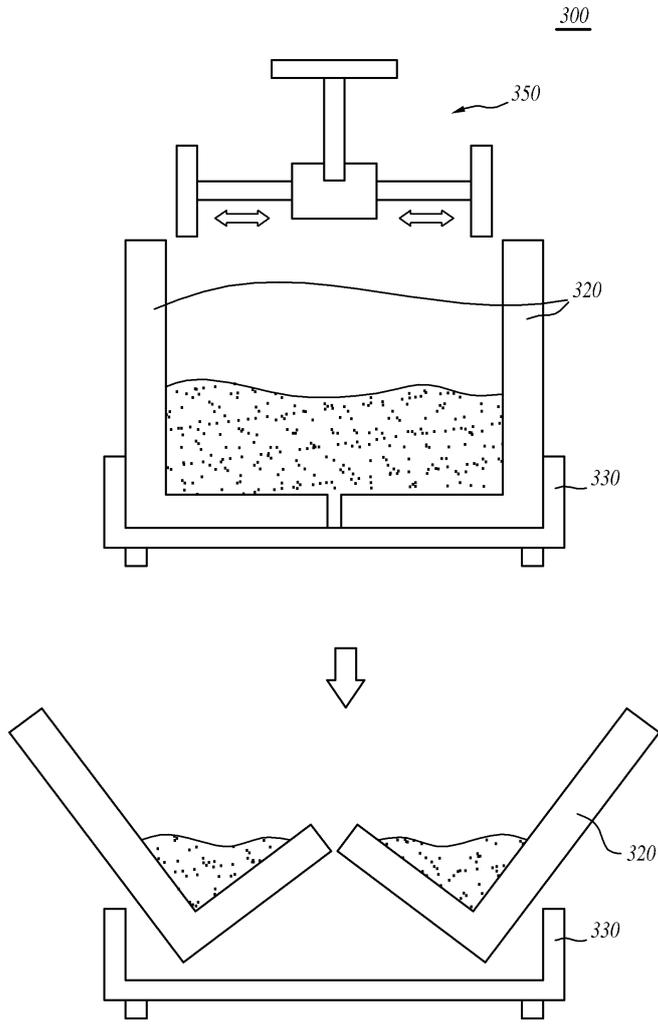
도면3



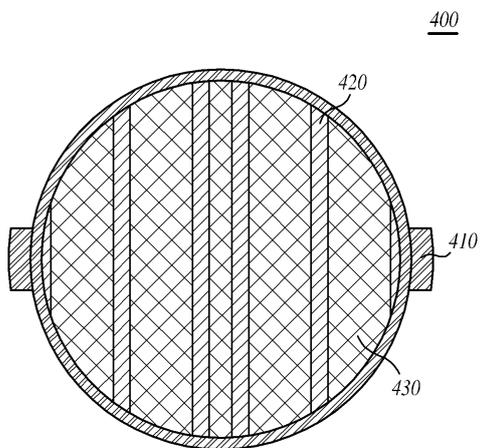
도면4



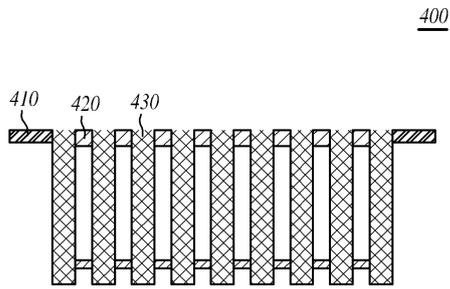
도면5



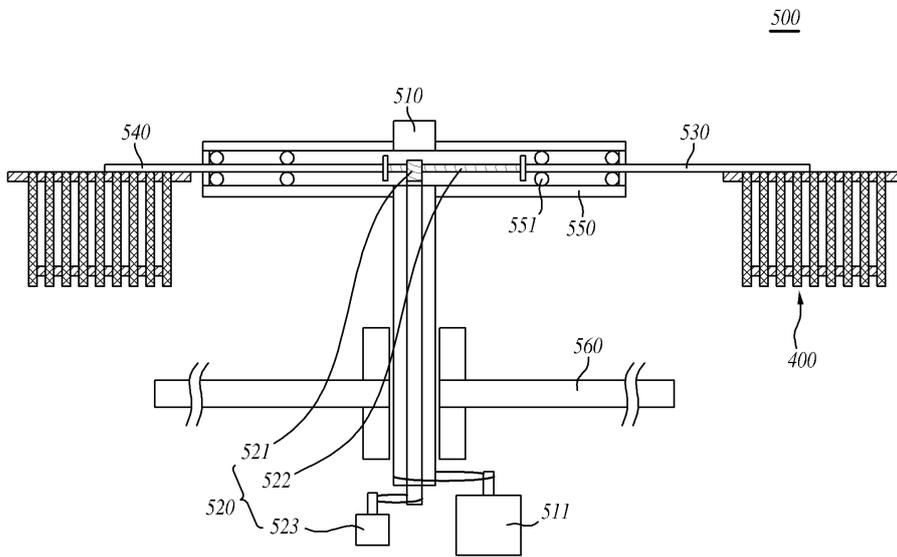
도면6a



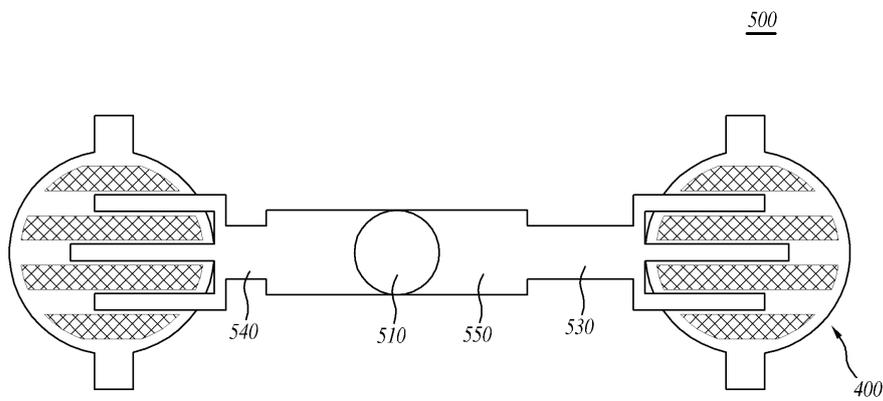
도면6b



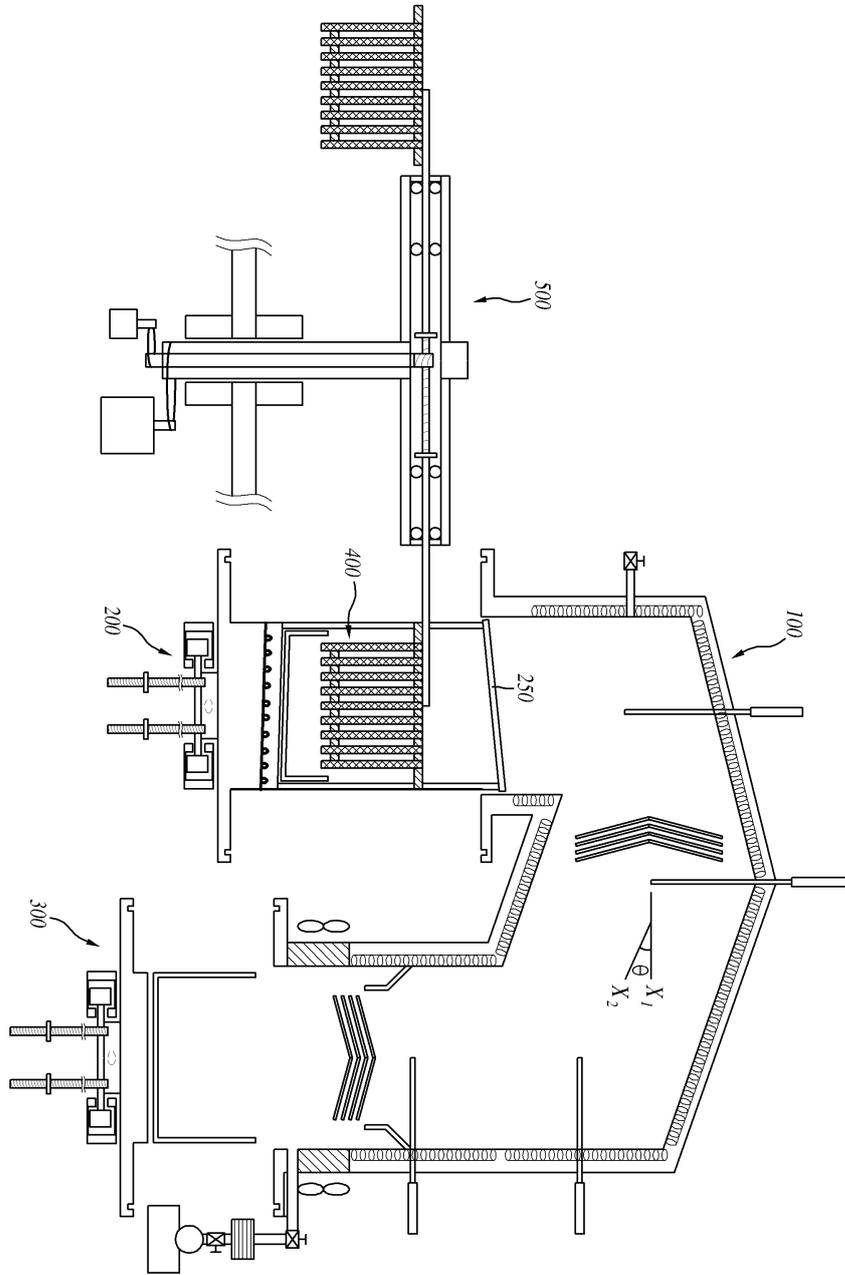
도면7



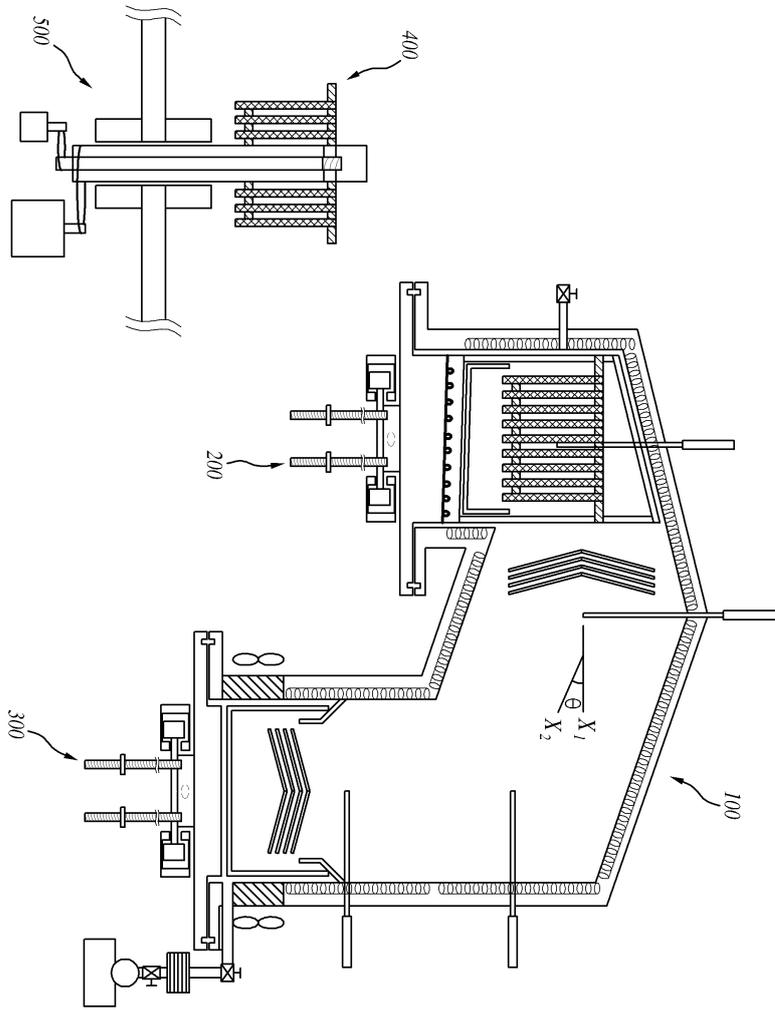
도면8



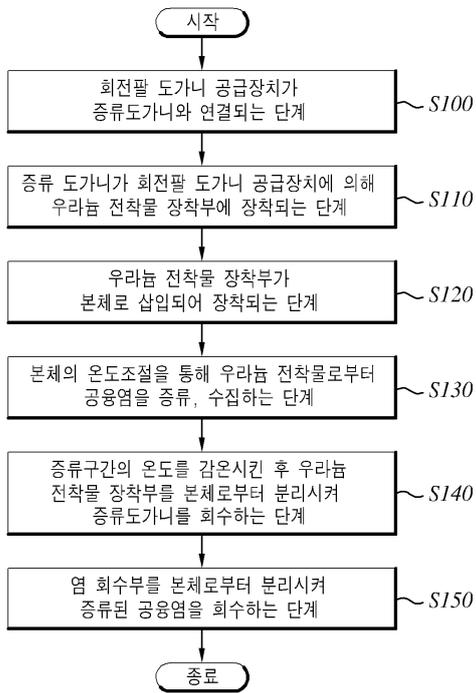
도면9



도면10



도면11



도면12

