(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월14일
(11) 등록번호 10-1948371
(24) 등록일자 2019년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C25C 7/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7016806
(22) 출원일자(국제) 2012년10월04일
심사청구일자 2017년08월18일
(85) 번역문제출일자 2014년06월19일
(65) 공개번호 10-2014-0108230
(43) 공개일자 2014년09월05일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/058664
(87) 국제공개번호 WO 2013/103407
국제공개일자 2013년07월11일
(30) 우선권주장
13/335,140 2011년12월22일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US06142291 A*
JP07285047 A
JP2008297627 A
JP06280080 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
지이-히타치 뉴클리어 에너지 어메리카스 엘엘씨
미국 노쓰 캐롤라이나주 28401 윌밍턴 캐슬 헤인 로드 3901
(72) 발명자
윌리엄슨 마크 에이
미국 일리노이주 60564 네이퍼빌 글래스미어 로드 3812
윌릿 제임스 엘
미국 일리노이주 60510 바타피아 노쓰 제퍼슨 스트리트 241
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

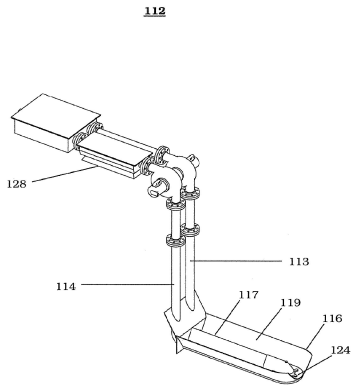
전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 김대영

(54) 발명의 명칭 **전해정련 시스템용 연속 회수 시스템**

(57) 요 약

전해정련 시스템용 연속 회수 시스템은 마루 부분과 골 부분을 갖는 홈통을 구비할 수 있다. 골 부분은 제 1 섹션과 제 2 섹션을 구비할 수 있다. 홈통에는 유입 파이프와 유출 파이프가 연결될 수 있다. 유입 파이프는 홈통의 골 부분의 제 1 섹션까지 개방되는 유출구를 구비할 수 있다. 유출 파이프는 홈통의 골 부분의 제 2 섹션까지 개방되는 진입구를 구비할 수 있다. 체인은 유입 및 유출 파이프를 통해서 및 홈통의 골 부분을 따라서 연장될 수 있다. 체인은 연속 루프 형태일 수 있다. 복수의 플라이트가 체인에 고정될 수 있다. 따라서, 전력을 중단시키거나 및/또는 캐소드 조립체 및 애노드 조립체를 제거할 필요 없이 소정 생성물이 전해정련 시스템으로부터 연속적으로 수확될 수 있다.

대 표 도



(72) 발명자

반즈 로렐 에이

미국 일리노이주 60615 시카고 이스트 하이드 파크 블러바드 1633

위드메이어 스탠리 지

미국 일리노이주 60137 글랜 엘린 더블유030 태머락 드라이브 23

블라스코비츠 로버트 제이

미국 일리노이주 60491-8724 락포트 우드랜드 드라이브 13028

명 세 서

청구범위

청구항 1

연속 회수 시스템(12)에 있어서,

마루 부분(117)과 골 부분(119)을 갖는 홈통(116)으로서, 상기 골 부분은 제 1 섹션(119a)과 제 2 섹션(119b)을 구비하는, 홈통;

상기 홈통(116)에 연결되는 유입 파이프(113)로서, 홈통의 골 부분의 제 1 섹션까지 개방되는 유출구를 구비하는 유입 파이프;

상기 홈통에 연결되는 유출 파이프(114)로서, 홈통의 골 부분의 제 2 섹션까지 개방되는 진입구를 구비하는 유출 파이프; 및

상기 유입 파이프와 유출 파이프를 통해서 및 홈통의 골 부분을 따라서 연장되고, 연속 루프 형태인 체인; 및

상기 체인에 고정되는 복수의 플라이트(flight: 126)를 포함하고,

상기 골 부분(119)은 제 1 섹션(119a)과 제 2 섹션(119b) 사이에 만곡 섹션을 구비하며,

홈통(116)은 제 1 단부 및 대향 제 2 단부를 구비하고, 유입 파이프(113)와 유출 파이프(114)는 홈통의 제 1 단부에 배치되며, 골 부분(119)의 만곡 섹션은 홈통의 제 2 단부에 배치되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 마루 부분(117)은 제 1 경사면(117a) 및 대향 제 2 경사면(117b)을 구비하고, 상기 골 부분(119)은 마루 부분(119)을 제 1 경사면에서 제 2 경사면까지 둘러싸는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 홈통(116)의 마루 부분(117)은 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)과 골 부분의 제 2 섹션(119b) 사이에 있는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)은 상기 골 부분의 제 2 섹션(119b)과 평행한 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 골 부분(119)은 유입 파이프(113)의 유출구로부터 유출 파이프(114)의 진입구로 연장되는 U형 트랙 형태인 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)과 상기 골 부분의 제 2 섹션(119b) 중 적어도 하나는 V형 단면을 갖는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)는 홈통(116)으로부터 수직으로 연장되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 유입 파이프(113)는 홈통(116)의 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)과 정렬되고 그것에 수직하게 배치되며, 상기 유출 파이프(114)는 홈통의 골 부분의 제 2 섹션(119b)과 정렬되고 그것에 수직하게 배치되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 유입 파이프(113)는 상기 유출 파이프(114)에 평행한 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 체인과 복수의 플라이트(126)는, 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)를 통과하고 홈통(116)의 골 부분(119)을 따라서 이동하는 무한 동작으로 결합하도록 구성되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 플라이트(126)는 체인의 전체 길이 상에서 규칙적인 간격으로 상호 이격되어 있는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 플라이트(126)는 동일한 방향으로 배향되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 플라이트(126)는 체인에 수직하게 배향되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 14

연속 회수 시스템(12)에 있어서,

마루 부분(117)과 골 부분(119)을 갖는 홈통(116)으로서, 상기 골 부분은 제 1 섹션(119a)과 제 2 섹션(119b)을 구비하는, 홈통;

상기 홈통(116)에 연결되는 유입 파이프(113)로서, 홈통의 골 부분의 제 1 섹션까지 개방되는 유출구를 구비하는 유입 파이프;

상기 홈통에 연결되는 유출 파이프(114)로서, 홈통의 골 부분의 제 2 섹션까지 개방되는 진입구를 구비하는 유출 파이프;

상기 유입 파이프와 유출 파이프를 따라서 그리고 홈통의 골 부분을 따라서 연장되고, 연속 루프 형태인 체인; 및

상기 체인에 고정되는 복수의 플라이트(flight: 126)를 포함하고,

상기 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)는 상기 홈통(116)으로부터 수직으로 연장되는 것을 특징으로 하는

연속 회수 시스템.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] (연방 지원 연구 또는 개발)

[0002] 본 발명은 미국 에너지부에 의해 수여된 계약 번호 DE-AC02-06CH11357 하에 정부 지원으로 이루어졌다.

[0003] 본 발명은 전해 시스템으로부터 금속을 회수하기 위한 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 불순한 원료로부터 금속을 회수하기 위해 및/또는 금속-산화물로부터 금속을 추출하기 위해 전기화학적 프로세

스가 사용될 수 있다. (가용성 금속 산화물에 대한) 종래의 프로세스는 통상적으로, 금속-산화물을 전해질 내에서 용해시키고 이후 전기분해식 분해 또는 (불용성 금속 산화물의 경우) 선택적 전계확산시킴으로써 금속-산화물을 그 대응 금속으로 환원시키는 것을 포함한다. 불용성 금속-산화물을 그 대응 금속 상태로 환원시키기 위한 종래의 전기화학적 프로세스는 단단계 또는 다단계 방식을 채용할 수 있다.

[0005] 다단계 방식은 두 개의 개별 용기(vessel)를 사용하는 2단계 프로세스일 수 있다. 예를 들어, 소모된 핵연료의 우라늄 산화물로부터 우라늄을 추출하는 것은 용융 LiCl 전해질에 용해되어 있는 리튬에 의해 우라늄 산화물을 환원시켜 제 1 용기에서 우라늄 금속과 Li_2O를 생성하는 초기 단계를 포함하며, 여기에서 Li_2O는 용융 LiCl 전해질에 용해된 상태로 남아있다. 상기 프로세스는 이후 제 2 용기에서 전해채취(electrowinning)하는 후속 단계를 포함하며, 여기에서 용융 LiCl 중의 용해된 Li_2O는 전기분해식으로 분해되어 산소 가스를 형성하고 리튬을 재생시킨다. 따라서, 결과적인 우라늄 금속은 후속 전해정련 프로세스에서 추출될 수 있지만, 재생된 리튬을 갖는 용융 LiCl은 다른 배치(batch)의 환원 단계에 사용하기 위해 재활용될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그러나, 다단계 방식은 고온의 용융 염 및 환원제를 하나의 용기에서 다른 용기로 이동시키는 것에 관한 문제와 같은 여러가지 공학적 복잡성을 수반한다. 추가로, 용융 염에서의 산화물 환원은 전해질-환원제 시스템에 따라서 열역학적으로 억제될 수 있다. 특히, 이 열역학적 억제는 주어진 배치에서 환원될 수 있는 산화물의 양을 제한할 것이다. 그 결과, 생산 요건을 충족하기 위해서는 용융 전해질 및 환원제의 보다 빈번한 이동이 필요할 것이다.

[0007] 한편, 단단계 방식은 일반적으로 금속 산화물을 캐소드 및 애노드와 함께 친화성 용융 전해질에 침지시키는 것을 포함한다. 애노드와 캐소드를 대전시킴으로써, 금속 산화물(캐소드와 전기 접촉됨)은 용융 전해질을 통한 이온 교환 및 전해 변환을 통해서 그 대응 금속으로 환원될 수 있다. 그러나, 종래의 단단계 방식은 다단계 방식보다 덜 복잡할 수 있지만, 금속 생성물의 수율이 상대적으로 낮다. 또한, 금속 생성물이 불필요한 불순물을 여전히 함유하고 있다. 추가로, 전해 프로세스가 통상 정지되고 금속 생성물에 대한 접근이 가능하도록 애노드 및 캐소드가 제거되기 때문에, 금속 생성물의 수확이 비교적 어렵다. 이 비효율은 또한, 시간 지연을 초래하고, 구조 부재에 열응력을 도입하며, 글러브박스 환경에 바람직하지 않은 열을 추가한다.

과제의 해결 수단

[0008] 연속 회수 시스템은 마루(ridge) 부분과 골(furrow) 부분을 갖는 홈통(trough)을 구비할 수 있다. 골 부분은 제 1 섹션과 제 2 섹션을 구비할 수 있다. 홈통에는 유입 파이프와 유출 파이프가 연결될 수 있다. 유입 파이프는 홈통의 골 부분의 제 1 섹션까지 개방되는 유출구를 구비할 수 있다. 유출 파이프는 홈통의 골 부분의 제 2 섹션까지 개방되는 진입구를 구비할 수 있다. 체인은 유입 및 유출 파이프를 통해서 및 홈통의 골 부분을 따라서 연장될 수 있다. 체인은 연속 루프 형태일 수 있다. 복수의 플라이트(flight)가 체인에 고정될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 명세서의 비제한적 실시예의 다양한 특징 및 장점은 첨부 도면을 참조하여 상세한 설명을 검토할 때 보다 명확해질 수 있다. 첨부 도면은 단지 예시적인 목적으로 제시된 것이며, 청구범위의 범위를 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 첨부 도면은 명시하지 않는 한 실척 도시로 간주되지 않아야 한다. 명료함을 위해, 도면의 다양한 치수는 과장될 수도 있다.

도 1은 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 사시도이다.

도 2는 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 단면의 사시도이다.

도 3은 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 단면 측면도이다.

도 4는 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 단면 단부도이다.

도 5는 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 전해정련 시스템의 연속 회수 시스템의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 하나의 요소 또는 층이 다른 요소 또는 층에 대해 "그 위에 존재(on)"하거나, 그것에 "연결" 또는 "결합"되거나, 이를 "커버"하는 것으로 언급될 때, 이는 다른 요소 또는 층에 대해 바로(directly) 그 위에 존재하거나, 그것에 직접 연결 또는 직접 결합되거나, 이를 직접 커버하는 것일 수도 있고, 또는 중개 요소 또는 중개 층이 존재할 수도 있음을 알아야 한다. 대조적으로, 하나의 요소가 다른 요소 또는 층에 대해 "바로 그 위에 존재"하거나, "직접 연결" 또는 "직접 결합"되는 것으로 언급될 때는, 중개 요소 또는 중개 층이 전혀 존재하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐서 유사한 요소는 유사한 도면부호로 지칭된다. 본 명세서에 사용되는 용어 "및/또는"은 관련 열거된 항목들 중 하나 이상의 항목의 임의의 조합 및 모든 조합을 포함한다.

[0011] 본 명세서에서는 다양한 요소, 부품(components), 구역, 층 및/또는 섹션을 기술하기 위해 제 1, 제 2, 제 3 등의 용어가 사용될 수 있지만, 이들 요소, 부품, 구역, 층 및/또는 섹션은 이들 용어에 의해 제한되지 않아야 함을 알아야 한다. 이들 용어는 하나의 요소, 부품, 구역, 층 또는 섹션을 다른 구역, 층 또는 섹션과 구별하기 위해 사용될 뿐이다. 따라서, 예시적 실시예의 교시 내용으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서, 이하에서 논의되는 제 1 요소, 부품, 구역, 층 또는 섹션은 제 2 요소, 부품, 구역, 층 또는 섹션으로 명명될 수 있다.

[0012] 도면에 도시되어 있는 다른 요소(들) 또는 특징부(들)에 대한 하나의 요소 또는 특징부의 관계를 설명하기 위해 본 명세서에서는 설명의 편의상 공간적 상대 용어[예를 들면, "밑(beneath)", "아래(below)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등]가 사용될 수 있다. 공간적 상대 용어는 도면에 도시된 배향뿐 아니라 사용 또는 작동 시의 장치의 다른 배향을 망라하도록 의도된 것임을 알아야 한다. 예를 들어, 도면에서의 장치가 뒤집어지면, 다른 요소 또는 특징부의 "밑" 또는 "아래"의 것으로 기술된 요소는 다른 요소 또는 특징부의 "위"에 배향될 것이다. 따라서, 용어 "아래"는 위와 아래의 배향을 모두 망라할 수 있다. 장치는 달리 배향될 수도 있으며(90도로 회전되거나 다른 배향에 있을 수 있음), 본 명세서에 사용되는 공간적 상대 용어는 그에 따라서 해석될 수 있다.

[0013] 본 명세서에 사용되는 용어는 다양한 실시예를 설명하기 위한 것일 뿐이며, 예시적 실시예를 제한하도록 의도되지 않는다. 본 명세서에 사용되는 단수형 관사 및 정관사는 달리 명시되지 않는 한 복수형도 포함하도록 의도된다. 또한, 본 명세서에 사용되는 용어 "구비한다", "구비하는", "포함한다" 및/또는 "포함하는"은 언급되는 특징부, 정수, 단계, 작동, 요소 및/또는 부품의 존재를 특정하지만 하나 이상의 다른 특징부, 정수, 단계, 작동, 요소, 부품 및/또는 그 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않음을 알 것이다.

[0014] 본 명세서에서 예시적 실시예는, 예시적 실시예의 이상적 실시예(및 중간 구조물)의 개략도인 단면도를 참조하여 설명된다. 따라서, 예를 들어 제조 기술 및/또는 공차로 인한 도시 형상으로부터의 변경이 예상된다. 따라서, 예시적 실시예는 본 명세서에 도시된 구역의 형상에 한정되는 것으로 간주되지 않아야 하지만, 예들 들어 제조에 기인하는 형상의 편차를 포함해야 한다. 예를 들어, 장방형으로 도시되는 식립(implanted) 구역은 통상, 식립 구역에서 비식립 구역으로의 이원적 변화보다는 그 에지에서 라운드형 또는 곡선형 특징부 및/또는 식립 농도의 구배를 가질 것이다. 마찬가지로, 식립에 의해 형성되는 매립(buried) 구역은 상기 매립 구역과 식립이 발생하는 표면 사이의 구역에서 일부 식립을 초래할 수 있다. 따라서, 도면에 도시된 구역들은 속성상 개략적이며, 그 형상은 장치의 구역의 실제 형상을 도시하도록 의도되지 않고 예시적 실시예의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

[0015] 달리 정의되지 않는 한, 본 명세서에 사용되는 모든 용어(기술 용어 및 과학 용어를 포함)는 당업자에 의해 보편적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 또한, 보편적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어를 포함하는 용어들은 관련 기술 분야에서의 그 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 그렇게 명확히 정의되지 않는 한 이상적이거나 지나치게 정형화된 의미로 해석되지 않을 것임을 알 것이다.

[0016] 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 전해정련 시스템은 비교적 불순한 핵 원료(예를 들면, 불순한 우라늄 원료)로부터 정제 금속(예를 들면, 우라늄)을 회수하기 위해 사용될 수 있다. 불순한 핵 원료는 전해 산화물 환원 시스템의 금속 생성물일 수 있다. 전해 산화물 환원 시스템은 산화물이 그 금속 형태로 환원되는 것을 촉진하여 금속의 후속 회수가 가능하도록 구성될 수 있다. 전해 산화물 환원 시스템은, 2010년 12월 23일자로 출원되고 발명의 명칭이 "전해 산화물 환원 시스템(ELECTROLYTIC OXIDE REDUCTION SYSTEM)"이며 그 전체 내용이 본 명세서에 원용되는 미국 출원 제12/978,027호, HDP Ref.: 8564-000228/US, GE Ref.: 24AR246140에 기재된 것일

수 있다.

[0017] 일반적으로, 전해정련 시스템은 용기, 복수의 캐소드 조립체, 복수의 애노드 조립체, 전력 시스템, 스크레이퍼 및/또는 연속 회수 시스템을 구비할 수 있다. 전해정련 시스템은, 본원과 동일자로 출원되고 발명의 명칭이 "불순한 핵 원료로부터 정제 금속을 회수하기 위한 전해정련 시스템(ELECTROREFINER SYSTEM FOR RECOVERING PURIFIED METAL FROM IMPURE NUCLEAR FEED MATERIAL)"이며 그 전체 내용이 본 명세서에 원용되는 미국 출원 제XX/XXX,XXX호, HDP Ref. 8564-000252/US, GE Ref. 24NS250931에 기재된 것일 수 있다. 전력 시스템은, 본원과 동일자로 출원되고 발명의 명칭이 "캐소드 배전 시스템 및 배전을 위한 그 사용 방법(CATHODE POWER DISTRIBUTION SYSTEM AND METHOD OF USING THE SAME FOR POWER DISTRIBUTION)"이며 그 전체 내용이 본 명세서에 원용되는 미국 출원 제XX/XXX,XXX호, HDP Ref. 8564-000254/US, GE Ref. 24AR252783에 기재된 것일 수 있다. 스크레이퍼는, 본원과 동일자로 출원되고 발명의 명칭이 "캐소드 스크레이퍼 시스템 및 우라늄 제거를 위한 그 사용 방법(CATHODE SCRAPER SYSTEM AND METHOD OF USING THE SAME FOR REMOVING URANIUM)"이며 그 전체 내용이 본 명세서에 원용되는 미국 출원 제XX/XXX,XXX호, HDP Ref. 8564-000255/US, GE Ref. 24AR252787에 기재된 것일 수 있다. 그러나, 전해정련 시스템은 이것에 제한되지 않으며, 본 명세서에서 구체적으로 확인되지 못할 수도 있는 다른 부품을 구비할 수도 있음을 알아야 한다. 또한, 전해정련 시스템 및/또는 전해 산화물 환원 시스템은 노심용융물(corium) 및 사용된 핵연료 안정화 처리용 방법을 수행하기 위해 사용될 수도 있다. 이 방법은, 모년모월모일(MM/DD/YYYY)에 출원되고 발명의 명칭이 "노심용융물 및 사용된 핵연료 안정화 처리용 방법(METHOD FOR CORIUM AND USED NUCLEAR FUEL STABILIZATION PROCESSING)"이며 그 전체 내용이 본 명세서에 원용되는 미국 출원 제XX/XXX,XXX호, HDP Ref. 8564-000262/US, GE Ref. 24AR253193에 기재된 것일 수 있다. 본원과 동일자로 출원되고 원용된 출원들의 표 1이 하기에 제공된다.

표 1

[0018]

원용된 관련 출원			
미국 출원 번호	HDP/GE Ref.	출원일	명칭
XX/XXX,XXX	8564-000252/US 24NS250931	본원과 동일자	ELECTROREFINER SYSTEM FOR RECOVERING PURIFIED METAL FROM IMPURE NUCLEAR FEED MATERIAL
XX/XXX,XXX	8564-000253/US 24AR252782	본원과 동일자	BUS BAR ELECTRICAL FEEDTHROUGH FOR ELECTROREFINER SYSTEM
XX/XXX,XXX	8564-000254/US 24AR252783	본원과 동일자	CATHODE POWER DISTRIBUTION SYSTEM AND METHOD OF USING THE SAME FOR POWER DISTRIBUTION
XX/XXX,XXX	8564-000255/US 24AR252787	본원과 동일자	CATHODE SCRAPER SYSTEM AND METHOD OF USING THE SAME FOR REMOVING URANIUM
XX/XXX,XXX	8564-000262/US 24AR253193	MM/DD/YYYY	METHOD FOR CORIUM AND USED NUCLEAR FUEL STABILIZATION PROCESSING

[0019] 전술했듯이, 전해정련 시스템용 불순한 핵 원료는 전해 산화물 환원 시스템의 금속 생성물일 수 있다. 전해 산화물 환원 시스템의 작동 중에, 복수의 애노드 및 캐소드 조립체는 용융 염 전해질 내에 침지된다. 전해 산화물 환원 시스템의 비제한적 실시예에서, 용융 염 전해질은 염화 리튬(LiCl)일 수 있다. 용융 염 전해질은 약 650℃(+50℃, -30℃)의 온도로 유지될 수 있다. 전기화학적 프로세스는 산화물 원료(예를 들면, 금속 산화물)를 함유하는 캐소드 조립체에서 환원 전위가 발생되도록 이루어진다. 환원 전위의 영향 하에, 금속 산화물의 금속 이온이 환원되고 금속 산화물(MO: metal oxide) 원료로부터의 산소(O)가 용융 염 전해질 내에 산화물 이온으로서 용해되며, 따라서 금속(M)이 캐소드 조립체에 남겨진다. 캐소드 반응은 하기와 같을 수 있다:

[0020] $MO + 2e^- \rightarrow M + O^{2-}$

[0021] 애노드 조립체에서, 산화물 이온은 산소 가스로 변환된다. 애노드 조립체 각각의 애노드 보호 슈라우드(shroud)는 프로세스 중에 전해 산화물 환원 시스템으로부터 산소 가스를 희석, 냉각 및 제거하는데 사용될 수 있다. 애노드 반응은 하기와 같을 수 있다:

[0022] $O^{2-} \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$

[0023] 금속 산화물은 우라늄 이산화물(UO_2)일 수 있으며, 환원 생성물은 우라늄 금속일 수 있다. 그러나, 다른 형태의 산화물도 전해 산화물 환원 시스템에 의해 그 대응 금속으로 환원될 수 있음을 알아야 한다. 마찬가지로, 전해 산화물 환원 시스템에 사용되는 용융 염 전해질은 그것에 특별히 제한되지 않으며, 환원될 산화물 원료에 따라 달라질 수 있다.

[0024] 전해 산화물 환원 이후, 전해 산화물 환원 시스템에 금속 생성물을 함유하는 바스켓은 금속 생성물로부터 정제 금속을 얻기 위한 추가 처리를 위해서 본 발명에 따른 전해정련 시스템으로 이동된다. 보다 명확히 말해서, 전해 산화물 환원 시스템으로부터의 금속 생성물은 본 발명에 따른 전해정련 시스템을 위한 불순한 핵 원료로서 작용할 것이다. 특히, 금속 생성물을 함유하는 바스켓은 전해 산화물 환원 시스템에서 캐소드 조립체이지만, 금속 생성물을 함유하는 바스켓은 전해정련 시스템에서 애노드 조립체이다. 종래 장치에 비해서, 본 발명에 따른 전해정련 시스템은 정제 금속의 상당히 높은 수율을 가능하게 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 사시도이다. 도 2는 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 단면의 사시도이다. 도 3은 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 단면 측면도이다. 도 4는 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 연속 회수 시스템을 구비하는 전해정련 시스템의 단면 단부도이다.

[0026] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 전해정련 시스템(100)은 용기(102), 복수의 캐소드 조립체(104), 복수의 애노드 조립체(108), 전력 시스템, 스크레이퍼(110) 및/또는 연속 회수 시스템(112)을 구비한다. 복수의 캐소드 조립체(104)의 각각은 복수의 캐소드 봉(106)을 구비할 수 있다. 전력 시스템은 플로어 구조물(134)을 통해서 연장되는 전기 피드스루(feedthrough)(132)를 구비할 수 있다. 플로어 구조물(134)은 글러브박스의 글러브박스 플로어일 수 있다. 대안적으로, 플로어 구조물(134)은 핫셀(hot-cell) 설비의 지지판일 수도 있다. 연속 회수 시스템(112)은 유입 파이프(113), 홈통(116), 턴 아이들러(turn idler)(124), 체인, 복수의 플라이트(126), 유출 파이프(114) 및/또는 토출 슈트(chute)(128)를 구비할 수 있다. 연속 회수 시스템(112)은 도 5와 관련하여 보다 상세히 설명될 것이다.

[0027] 용기(102)는 용융 염 전해질을 보유하도록 구성된다. 비제한적 실시예에서, 용융 염 전해질은 LiCl, LiCl-KCl 공정(eutectic), 또는 다른 적합한 매체일 수 있다. 용기(102)는 그 대부분이 플로어 구조물(134) 아래에 있도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 용기(102)의 상부는 플로어 구조물(134)의 개구를 통해서 플로어 구조물(134) 위로 연장될 수 있다. 플로어 구조물(134)의 개구는 용기(102)의 치수와 일치할 수 있다. 용기(102)는 복수의 캐소드 조립체(104) 및 복수의 애노드 조립체(108)를 수용하도록 구성된다.

[0028] 복수의 캐소드 조립체(104)는 용기(102) 내로 연장되어 용융 염 전해질에 적어도 부분적으로 침지되도록 구성된다. 예를 들어, 복수의 캐소드 조립체(104) 및/또는 용기(102)의 치수는 복수의 캐소드 조립체(104)의 길이의 대부분이 용기(102) 내의 용융 염 전해질에 침지되도록 조절될 수 있다. 각각의 캐소드 조립체(104)는, 동일한 배향을 갖고 동일 평면 내에 있도록 배치되는 복수의 캐소드 봉(106)을 구비할 수 있다.

[0029] 복수의 애노드 조립체(108)는 각각의 애노드 조립체(108)의 양쪽에 두 개의 캐소드 조립체(104)가 위치하도록 복수의 캐소드 조립체(104)와 교호적으로 배치될 수 있다. 복수의 캐소드 조립체(104) 및 애노드 조립체(108)는 평행하게 배치될 수도 있다. 각각의 애노드 조립체(108)는 불순한 우라늄 원료를 보유하고 이를 용기(102)에 보유되는 용융 염 전해질에 침지시키도록 구성될 수 있다. 복수의 애노드 조립체(108) 및/또는 용기(102)의 치수는 복수의 애노드 조립체(108)의 길이의 대부분이 용기(102) 내의 용융 염 전해질에 침지되도록 조절될 수 있다. 전해정련 시스템(100)은 도 1 내지 도 4에서 11개의 캐소드 조립체(104)와 10개의 애노드 조립체(108)를 갖는 것으로 도시되어 있지만, 본 발명의 예시적 실시예는 이것에 한정되지 않음을 알아야 한다.

[0030] 전해정련 시스템(100)에서, 전력 시스템은 복수의 캐소드 조립체(104) 및 애노드 조립체(108)에 연결된다. 전해정련 시스템(100)의 작동 중에, 전력 시스템은, 용융 염 전해질을 통해서 이동하여 복수의 캐소드 조립체(104)의 복수의 캐소드 봉(106) 상에 정제 우라늄으로서 부착되는 우라늄 이온을 형성하기 위해 불순한 우라늄 원료를 복수의 애노드 조립체(108)에서 산화시키는데 적당한 전압을 공급하도록 구성된다.

[0031] 정제 우라늄의 제거를 시작하기 위해, 스크레이퍼(110)는 복수의 캐소드 조립체(104)의 복수의 캐소드 봉(106)에 부착된 정제 우라늄을 탈착시키기 위해 복수의 캐소드 봉(106)의 길이를 따라서 상하로 이동하도록 구성된다. 스크레이핑의 결과로서, 탈착된 정제 우라늄은 용융 염 전해질을 통해서 용기(102)의 바닥으로 가라앉는다.

[0032] 연속 회수 시스템(112)은 그 적어도 일부가 용기(102)의 바닥에 배치되도록 구성된다. 예를 들어, 연속 회수

시스템(112)의 홈통(116)은 복수의 캐소드 봉(106)으로부터 탈착된 정제 우라늄이 홈통(116)에 축적되도록 용기(102)의 바닥에 배치될 수 있다. 연속 회수 시스템(112)은 홈통(116)에 축적된 정제 우라늄을 용기(102)로부터 제거하기 위해 유출 파이프(114)를 통해서 이송하도록 구성된다.

[0033] 연속 회수 시스템(112)은 유입 파이프(113), 홈통(116), 턴 아이들러(124), 체인, 복수의 플라이트(126)(도 4), 유출 파이프(114) 및/또는 토출 슈트(128)를 구비할 수 있다. 홈통(116)은 복수의 캐소드 조립체(104) 및 애노드 조립체(108) 아래에 있도록 용기(102) 내에 배치된다. 홈통(116)의 크기는 홈통(116)이 용기(102)의 바닥면의 전부 또는 거의 전부를 커버하도록 조절될 수 있다.

[0034] 홈통(116)은 V형 단면을 갖지만, 예시적 실시예는 이것에 한정되지 않는다. 대안적으로, 홈통(116)은 U형 단면을 가질 수도 있다. 비제한적 실시예에서, 홈통(116)의 상부는 V형 단면을 가질 수 있지만, 홈통(116)의 저부는 U형 또는 반원형 단면을 가질 수 있다. 또한, 홈통(116)은 용기(102)의 바닥을 따라서 U형 트랙을 가질 수 있다. 예를 들어, 트랙은 평면도로 볼 때 U-형상을 갖도록 유입 파이프(113)의 유출구로부터 직선 연장되고, 용기(102)의 대향 단부에 대응하는 부분에서 구부러지며, 유출 파이프(114)의 유입구로 직선 연장될 수 있다.

[0035] 연속 회수 시스템(112)은 복수의 애노드 조립체(108)에 의해 보유되는 불순한 우라늄 원료의 산화 중에, 복수의 캐소드 조립체(104) 상의 정제 우라늄 부착 중에, 및/또는 스크레이퍼(110)에 의한 정제 우라늄의 탈착 중에 연속적으로 또는 단속적으로 작동하도록 구성될 수 있다. 연속 회수 시스템(112)은 체인 및 상기 체인에 고정되는 복수의 플라이트(126)를 구비한다. 체인은 용기(102)의 바닥을 따라서 및 유출 파이프(114)를 통해서 주행하도록 구성된다. 체인과 복수의 플라이트(126)는 용기(102)에 진입, 이탈 및 재진입하는 무한 동작으로 결합하도록 구성된다. 예를 들어, 체인과 복수의 플라이트(126)는 유입 파이프(113)를 통해서 용기(102)에 진입할 수 있고, 용기(102)의 바닥에 홈통(116)에 의해 형성된 U형 트랙을 따라서 이동할 수 있으며, 유출 파이프(114)를 통해서 용기(102)를 이탈할 수 있고, 유입 파이프(113)를 통해서 용기(102)에 재진입할 수 있다.

[0036] 체인에 고정된 복수의 플라이트(126)는 동일한 방향으로 배향될 수 있다. 예를 들어, 복수의 플라이트(126)는 체인에 수직하게 배향될 수 있다. 전해정련 시스템(100)의 작동 중에, 복수의 플라이트(126)는 스크레이퍼(110)에 의해 탈착된 정제 우라늄을 용기(102)로부터 제거하기 위해 유출 파이프(114) 내로 푸시하고 유출 파이프(114)를 통해서 토출 슈트(128)로 푸시하도록 구성된다. 연속 회수 시스템(112)은 도 5와 관련하여 보다 상세하게 설명된다.

[0037] 도 5는 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 전해정련 시스템의 연속 회수 시스템의 사시도이다. 도 5를 참조하면, 연속 회수 시스템(112)은 마루 부분(117)과 골 부분(119)을 갖는 홈통(116)을 구비한다. 골 부분(119)은 제 1 섹션(119a)과 제 2 섹션(119b)을 구비할 수 있다(도 4). 홈통(116)에는 유입 파이프(113)가 연결된다. 유입 파이프(113)는 홈통(116)의 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)까지 개방되는 유출구[체인이 유입 파이프(113)로부터 나오는 출구]를 구비한다. 홈통(116)에는 유출 파이프(114)가 연결된다. 유출 파이프(114)는 홈통(116)의 골 부분(119)의 제 2 섹션(119b)까지 개방되는 진입구[체인이 유출 파이프(114)에 진입하는 입구]를 구비한다. 체인은 유입 파이프(113)와 유출 파이프(114)를 통해서 및 홈통(116)의 골 부분(119)을 따라서 연장된다. 체인은 연속 루프 형태일 수 있다. 체인의 방향은 비제한적 실시예에서 역전될 수 있다. 복수의 플라이트(126)(도 4)가 체인에 고정될 수 있다.

[0038] 마루 부분(117)은 제 1 경사면(117a) 및 대향 제 2 경사면(117b)을 구비할 수 있다. 제 1 경사면(117a)과 제 2 경사면(117b)은 만나서 정점을 형성하도록 상향 연장될 수 있으며, 타 단부는 홈통(116)의 바닥을 향해서 하향 연장된다. 골 부분(119)은 마루 부분(117)을 제 1 경사면(117a)에서 제 2 경사면(117b)까지 둘러쌀 수 있다. 비제한적 실시예에서, 골 부분(119)은 제 1 경사면(117a) 및 제 2 경사면(117b)에 바로 인접할 수 있다. 평면도로 볼 때, 홈통(116)의 마루 부분(117)은 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)과 골 부분(119)의 제 2 섹션(119b) 사이에 있을 수 있다.

[0039] 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)은 골 부분(119)의 제 2 섹션(119b)과 평행할 수 있다. 골 부분(119)은 제 1 섹션(119a)과 제 2 섹션(119b) 사이에 만곡 섹션을 구비할 수 있다. 예를 들어, 만곡 섹션의 일 단부는 제 1 섹션(119a)에 연결될 수 있고 만곡 섹션의 타 단부는 제 2 섹션(119b)에 연결될 수 있다. 그 결과, 비제한적 실시예에서, 골 부분(119)은 유입 파이프(113)의 유출구로부터 유출 파이프(114)의 진입구로 연장되는 U형 트랙 형태일 수 있다.

[0040] 홈통(116)은 제 1 단부 및 대향 제 2 단부를 구비할 수 있다. 유입 파이프(113)와 유출 파이프(114)는 홈통(116)의 제 1 단부에 배치될 수 있으며, 골 부분(119)의 만곡 섹션은 홈통(116)의 제 2 단부에 배치될 수 있다.

골 부분(119)의 제 1 섹션(119a) 및/또는 골 부분(119)의 제 2 섹션(119b)은 V형 단면을 가질 수 있다. 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)는 홈통(116)으로부터 수직으로 연장될 수 있다. 예를 들어, 유입 파이프(113)는 홈통(116)의 골 부분(119)의 제 1 섹션(119a)과 정렬되고 그것에 수직하게 배치될 수 있으며, 유출 파이프(114)는 홈통(116)의 골 부분(119)의 제 2 섹션(119b)과 정렬되고 그것에 수직하게 배치될 수 있다. 유입 파이프(113)는 유출 파이프(114)에 평행할 수 있다.

[0041] 체인과 복수의 플라이트(126)는 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)를 통과하고 홈통(116)의 골 부분(119)을 따라서 이동하는 무한 동작으로 결합하도록 구성될 수 있다. 복수의 플라이트(126)는 체인의 전체 길이 상에서 규칙적인 간격으로 상호 이격될 수 있다. 복수의 플라이트(126)는 동일한 방향으로 배향될 수 있다. 예를 들어, 복수의 플라이트(126)는 체인에 수직하게 배향될 수 있다. 복수의 플라이트(126)는 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)의 내경과 일치하는 크기와 형상을 가질 수 있다. 비제한적 실시예에서, 복수의 플라이트(126)는 원형 형상을 가질 수 있다. 또한, 복수의 플라이트(126)의 일부는 유입 파이프(113) 및/또는 유출 파이프(114)에 접착될 수 있는 일체의 정제 우라늄 생성물을 스크레이핑/탈착시키도록 설계될 수 있다.

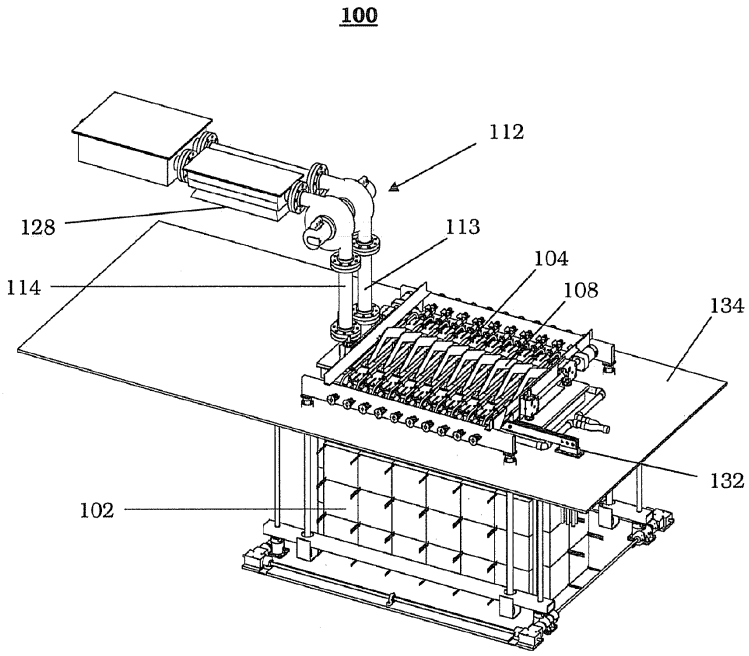
[0042] 연속 회수 시스템(112)은 유출 파이프(114)에 연결되는 토출 슈트(128)를 추가로 구비할 수 있다. 토출 슈트(128)는 홈통(116)과 중첩되지 않게 유출 파이프(114)로부터 멀리 연장되도록 배치될 수 있다. 토출 슈트(128) 이후에, 체인과 복수의 플라이트(126)는 추가 정제 우라늄 생성물을 수집 및 이송하기 위해 유입 파이프(113)를 거쳐서 용기(102)로 복귀한다. 또한, 토출 슈트(128) 이후에 체인이 용기(102)로의 그 복귀 경로를 시작하는 지점에 체인 텐셔너(tensioner)가 제공될 수 있다. 턴 아이들러(124)는 유입 파이프(113) 및 유출 파이프(114)에 대해 홈통(116)의 원위 단부에 제공될 수 있다. 전기 모터는 체인과 복수의 플라이트(126)를 회로를 통해서 구동시키며, 체인과 복수의 플라이트(126)는 순방향 또는 역방향으로 작동될 수 있다. 프로세스가 용융 염 전해질을 포함하기 때문에, 전해정련 시스템(100)의 부품은 용융 염 전해질 환경을 견딜 수 있는 적합한 재료로 형성되어야 한다.

[0043] 본 발명의 비제한적 실시예에 따른 전해정련 방법은 적절한 원료를 상기 전해정련 시스템으로 전기분해 처리하는 것을 포함할 수 있다. 그 결과, 이 방법은 사용된 핵연료를 재생시키거나 규격-미달 금속 산화물(예를 들면, 우라늄 이산화물)로부터 금속(예를 들면, 우라늄)을 회수하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 전력을 중단시키거나 및/또는 캐소드 조립체 및 애노드 조립체를 제거할 필요 없이 소정 생성물(예를 들면, 정제 우라늄)이 전해정련 시스템으로부터 연속적으로 수확될 수 있다.

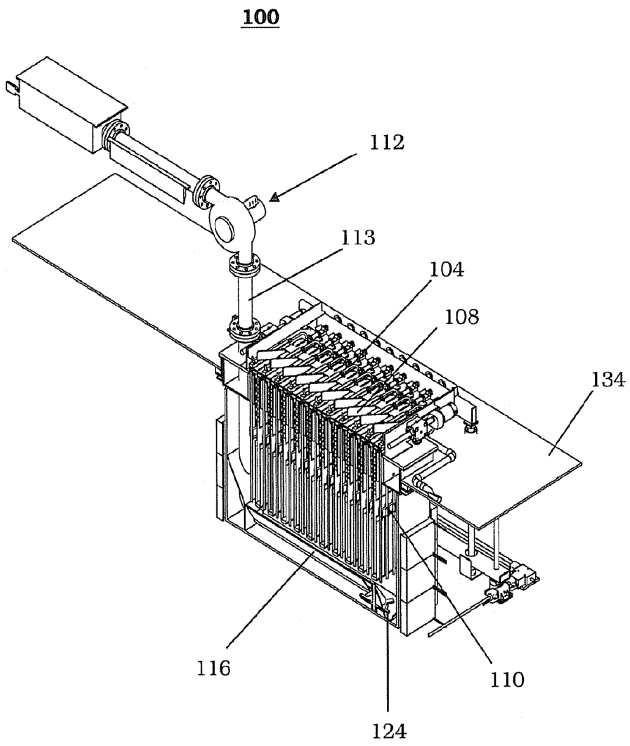
[0044] 이상 여러가지 예시적 실시예를 설명했지만, 다른 변형예가 있을 수 있음을 알아야 한다. 이러한 변형예는 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나는 것으로 간주되지 않아야 하며, 당업자에게 자명한 이러한 모든 수정예는 하기 청구범위의 범위에 포함되도록 의도된다.

도면

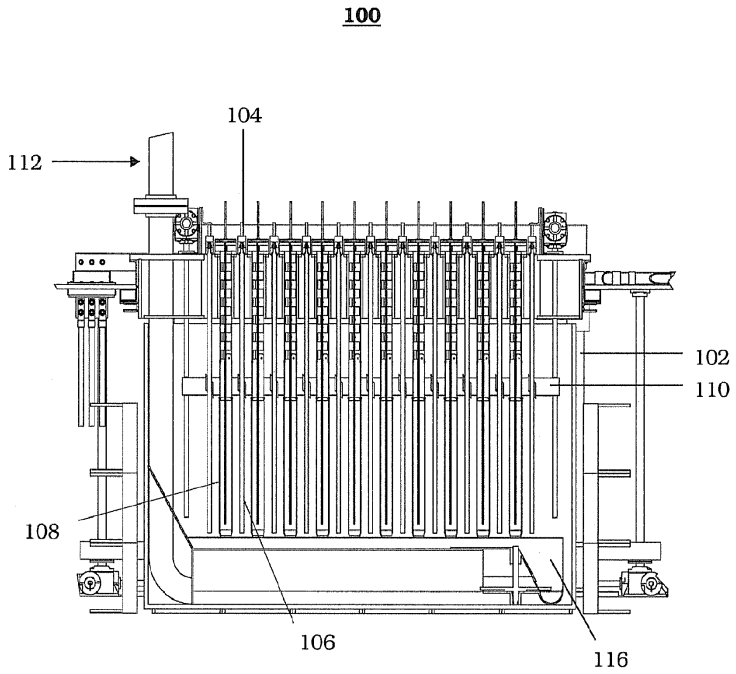
도면1


100
112
128
113
104
114
108
134
132
102

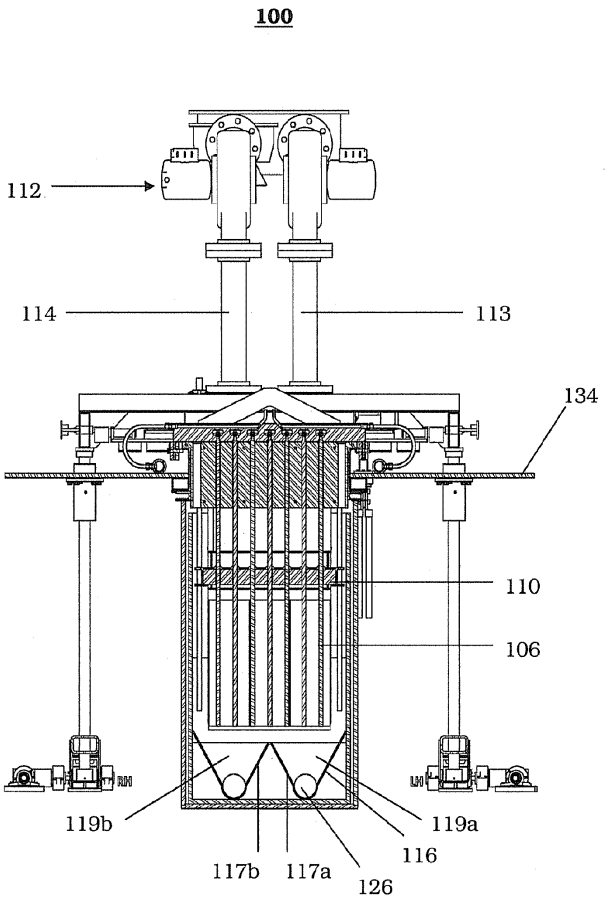
도면2


100
112
113
104
108
134
116
110
124

도면3


100
104
112
102
110
108
106
116

도면4


100
112
114
113
134
110
106
119b
119a
116
117b
117a
126

도면5

