

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6196632号
(P6196632)

(45) 発行日 平成29年9月13日(2017.9.13)

(24) 登録日 平成29年8月25日(2017.8.25)

(51) Int. Cl. F I
C 2 5 C 3/34 (2006.01) C 2 5 C 3/34 Z
C 2 5 C 7/00 (2006.01) C 2 5 C 7/00 3 0 2 Z

請求項の数 18 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-549036 (P2014-549036)	(73) 特許権者	508177046
(86) (22) 出願日	平成24年10月4日 (2012.10.4)		ジーイー・ヒタチ・ニュークリア・エナジー・アメリカズ・エルエルシー
(65) 公表番号	特表2015-503035 (P2015-503035A)		GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS, LLC
(43) 公表日	平成27年1月29日 (2015.1.29)		アメリカ合衆国, 28401, ノースカロライナ州, ウィルミントン, キャスル・ヘイン・ロード, 3901
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/058659	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開番号	W02013/103406		弁理士 荒川 聡志
(87) 国際公開日	平成25年7月11日 (2013.7.11)	(74) 代理人	100105588
審査請求日	平成27年9月30日 (2015.9.30)		弁理士 小倉 博
(31) 優先権主張番号	13/335,082	(74) 代理人	100129779
(32) 優先日	平成23年12月22日 (2011.12.22)		弁理士 黒川 俊久
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不純核供給材料から精製金属を回収する電解精製システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電解精製システムであって、

第1面に底床を有し、熔融塩電解質を維持するよう構成された容器と、

前記熔融塩電解質に少なくとも部分的に沈められるよう前記容器に延伸するよう構成された複数の陰極アセンブリであって、各陰極アセンブリは同じ向きであり同一の第2面内にあるよう配置される複数の陰極ロッドを含む、複数の陰極アセンブリと、

前記複数の陰極アセンブリと交互に配置される複数の陽極アセンブリであって、その結果2つの陰極アセンブリが各陽極アセンブリの側面に位置し、各陽極アセンブリは不純ウラン供給材料を保持し前記熔融塩電解質に沈めるよう構成される、複数の陽極アセンブリと、

前記複数の陰極アセンブリ及び前記複数の陽極アセンブリと連結され、前記不純ウラン供給材料を酸化させるのに適切な電圧を供給し、前記熔融塩電解質を通して移動し且つ前記複数の陰極ロッドに精製ウランとして堆積するウランイオンを形成するよう構成される電力系統と、

前記複数の陰極ロッドに堆積した前記精製ウランを除去するよう構成されたスクレーパーと、

前記スクレーパーにより除去された前記精製ウランを前記容器から取り除くよう構成されたコンベヤシステムと、
を備え、

10

20

前記コンベヤーシステムは、入口管と、前記第1面と平行の第3面にある谷部と、出口管と、排出シュートと、複数の段部が固定された鎖とを備え、

前記出口管を通して前記スクレーパーにより除去された前記精製ウランを前記排出シュートに移送するために、前記複数の段部が固定された鎖は、前記入口管を通して容器に入り、前記谷部により画定されたU形の進路に沿って移動し、前記出口管を通して前記容器から出て、前記入口管を通して前記容器に再び入るといった絶え間のない動きで係合するように構成され、

前記U形の進路は、前記進路を前記第3面に対して垂直な視点から見るとU形である、電解精製システム。

【請求項2】

前記谷部は、前記容器の前記底部に配置される、請求項1に記載の電解精製システム。

【請求項3】

前記谷部は、前記複数の陰極アセンブリ及び前記複数の陽極アセンブリの下に位置する、請求項1または2に記載の電解精製システム。

【請求項4】

前記谷部は、V形の断面を有する、請求項1から3のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項5】

前記U形の進路は、前記入口管から前記出口管まで延在する、請求項1から4のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項6】

前記複数の陰極アセンブリ及び前記複数の陽極アセンブリは平行に配置される、請求項1から5のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項7】

前記電力系統は、前記複数の陰極アセンブリのための共通のバスバーを含む、請求項1から6のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項8】

前記スクレーパーは、前記スクレーパーが前記複数の陰極ロッドの長さに沿って移動する時、前記複数の陰極ロッドが前記スクレーパーを通して延伸するように前記複数の陰極アセンブリと係合するようになされている、請求項1から7のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項9】

前記スクレーパーは複数の削りユニットを含み、前記複数の削りユニットのそれぞれは前記複数の陰極ロッドのそれぞれと係合するように構成され、各陰極アセンブリに対応する前記複数の削りユニットは共通の枠に連結される、請求項8に記載の電解精製システム。

【請求項10】

前記複数の陰極ロッドの長さに沿って前記スクレーパーを動かすよう構成されたねじ機構を備える、請求項8または9に記載の電解精製システム。

【請求項11】

前記コンベヤーシステムは、前記複数の陽極アセンブリに保持された前記不純ウラン供給材料の酸化の間、前記精製ウランを前記複数の陰極アセンブリに堆積させる間、及び前記スクレーパーにより前記精製ウランを除去する間、連続して又は間欠的に稼働するように構成される、請求項1から10のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項12】

前記複数の段部が固定された鎖は、前記入口管を通り、前記U形の進路に沿って、前記出口管を通る連続的な環を形成する、請求項1から11のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項13】

前記複数の段部は同じ方向に向けられている、請求項1から12のいずれかに記載の電

10

20

30

40

50

解精製システム。

【請求項 14】

前記複数の段部は、前記鎖に垂直に向けられている、請求項 1 から 13 のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項 15】

除去されない 1 つ以上の前記複数の陽極アセンブリを定位置に留ませたまま、除去される前記複数の陽極アセンブリの何れかの組み合わせを同時に持ち上げることを容易にするため、前記複数の陽極アセンブリの何れかの組み合わせと選択的に係合するよう構成されたリフトシステムを備える、請求項 1 から 14 のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項 16】

前記入口管および前記出口管は、前記谷部の同一端から上方に延びる、請求項 1 から 15 のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項 17】

前記 U 形の進路は、前記入口管の出口開口から直線的に延伸し、前記入口管から前記容器の反対の端部に相当する部分で湾曲し、前記出口管の入口開口へ直線状に延伸する、請求項 1 から 16 のいずれかに記載の電解精製システム。

【請求項 18】

前記谷部は、U 形の窪みを前記 U 形の進路として画定する、請求項 1 から 17 のいずれかに記載の電解精製システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は不純物供給材料から金属を回収するよう構成された電解精製システムに関する。

【背景技術】

【0002】

電気化学処理は不純物供給原料から金属を回収する及び/又は金属酸化物から金属を抽出するのに使用される。従来の処理(可溶性金属酸化物のための)は通常、金属酸化物を電解質内で溶解させ、その後電解又は(可溶性金属酸化物のための)選択的なエレクトロトランスポートを行い、金属酸化物を対応する金属に還元することを含む。不溶性金属酸化物を対応する金属状態に還元する従来の電気化学処理は単一の工程又は複数工程の方法を採用する。

【0003】

複数工程の方法は 2 つの別個の容器を使用する 2 つの工程の処理である。例えば、使用済み核燃料の酸化ウランからウランを抽出することは、酸化ウランを熔融塩化リチウム電解質に溶解したりチウムで還元し、酸化リチウムが熔融塩化リチウム電解質に溶解したままで第 1 の容器に金属ウラン及び酸化リチウムを生成する最初の工程を含む。その処理は第 2 の容器で電解採取をする次の工程を含み、熔融塩化リチウムに溶解した酸化リチウムは電解され酸素を形成しリチウムを再生する。その結果、得られた金属ウランは電解精製処理において抽出され、再生されたりチウムを有する熔融塩化リチウムは他の一群の還元工程での使用のため再利用される。

【0004】

しかし、複数工程の方法は、例えば熔融塩及び還元剤を 1 つの容器から他の容器へ高温で移動することに関する問題等の多数の工学的複雑さを含む。更に、熔融塩内の酸化物の還元は電解還元システムにより熱力学的に抑制されている。特に、この熱力学的抑制は所与の一群において還元された酸化物の量を限定するであろう。その結果、熔融電解質及び還元剤をより頻繁に移動させることが製造要件を満たすのに必要となる。

【0005】

一方、単一の工程の方法は一般に、金属酸化物を陰極及び陽極と共に相溶性のある熔融

10

20

30

40

50

電解質に浸すことを含む。陽極及び陰極を帯電させることにより、金属酸化物（陰極と電氣的に接触する）は電解質の転換及び溶融電解質を通じたイオン交換を經由して対応する金属に還元される。しかし、従来の単一工程の方法は複数工程の方法より複雑ではないが、金属製品の生産量は比較的低い。更に、金属製品は望ましくない不純物を含む。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】英国特許第506590号公報

【発明の概要】

【0007】

本発明による限定しない実施形態による電解精製システムは、容器、複数の陰極アセンブリ、複数の陽極アセンブリ、電力系統、スクレーパー及び/又はコンベヤーシステムを含む。容器は溶融塩電解質を維持するよう構成される。複数の陰極アセンブリは溶融塩電解質に少なくとも部分的に沈められるよう容器に延伸するよう構成される。各陰極アセンブリは、同じ向きであり同一平面内にあるよう配置される複数の陰極ロッドを含む。複数の陽極アセンブリは複数の陰極アセンブリと交互に配置され、その結果2つの陰極アセンブリが各陽極アセンブリの側面に位置する。各陽極アセンブリは不純ウラン供給材料を保持し溶融塩電解質に沈めるよう構成される。電力系統は複数の陰極アセンブリ及び複数の陽極アセンブリと連結される。電力系統は、不純ウラン供給材料を酸化させるのに適切な電圧を供給し、溶融塩電解質を通して移動し且つ複数の陰極ロッドに精製ウランとして堆積するウランイオンを形成するよう構成される。スクレーパーは複数の陰極ロッドに堆積した精製ウランを除去するよう構成される。コンベヤーシステムは容器の底部に配置される。コンベヤーシステムは出口管を通してスクレーパーにより除去された精製ウランを移送し、精製ウランを容器から取り除くよう構成される。

【0008】

本明細書の限定しない実施形態の様々な特徴及び利点は、添付の図面と共に詳細な説明を参照することにより、より明白になる。添付の図面は単に例示の目的で提供され、特許請求の範囲を限定すると解釈してはならない。添付の図面は明示的に記載されていない限り、一定の縮尺で描かれていると見なしてはならない。明確さのため、図面の様々な寸法が誇張して描かれている。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの斜視図である。

【図2】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの断面の斜視図である。

【図3】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの側面断面図である。

【図4】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの端部断面図である。

【図5】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムのコンベヤーシステムの斜視図である。

【図6】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの陽極アセンブリの斜視図である。

【図7】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの複数の陰極アセンブリの斜視図である。

【図8】本発明の限定しない実施形態による電解精製システムのスクレーパーの斜視図である。

【図9】本発明の限定しない実施形態による持ち上げ位置のリフトシステムを有する電解精製システムの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

要素又は層が他の要素又は層に「接触して」、「連結して」、「結合して」又は「覆う」と記載されている時、その要素又は層は、他の要素又は層に直接接触するか、連結する

10

20

30

40

50

か、結合するかもしくは覆う、又は介在する要素又は層が存在しても良いと理解されるべきである。それとは対照的に、要素が他の要素又は層に「直接接触して」、「直接連結して」、「直接結合して」と記載されている時、介在する要素又は層が存在しない。明細書を通して、同一の参照番号が同一の要素を指す。本明細書で使用されるように、用語「及び/又は」は1つ以上の関連する列挙された項目の何れか及び全ての組み合わせを含む。

【0011】

本明細書中で第1、第2及び第3等の用語が様々な要素、部品、領域、層及び/又は部分を記載するのに用いられても良いが、これらの要素、部品、領域、層及び/又は部分はこれらの用語により限定されるべきではないことが理解されるべきである。これらの用語は1つの要素、部品、領域、層又は部分を他の領域、層又は部分と区別するためにのみ使用される。よって、以下に議論される第1の要素、部品、領域、層又は部分は例としての実施形態の教示から逸脱することなく第2の要素、部品、領域、層又は部分と呼ばれても良い。

10

【0012】

空間の相対的用語（例えば、「真下」、「下」、「下側」、「上」、「上側」等）は、本明細書において、図面に示された1つの要素又は特徴の、他の要素又は特徴に対する関係を記載するため、説明を容易にする目的で使用されても良い。空間の相対的用語は、図面で描かれる方向に加え、使用又は稼働中の装置の異なる方向を包含することを意図すると理解されるべきである。例えば、図面の装置が回転すれば、他の要素又は特徴の「下」又は「真下」として記載されていた要素は他の要素又は特徴の「上」の方向となるであろう。よって、「下」の用語は上及び下の両方の方向を包含しても良い。装置は他の方向に向けられても良く（90°回転又は他の方向）、本明細書で使用される空間の相対的用語はそれに応じて解釈される。

20

【0013】

本明細書で使用される専門用語は様々な実施形態を記載する目的のためののみであり、例としての実施形態を限定することを意図していない。本明細書で使用されるように、単数の形式の「a」、「an」及び「the」は、文脈で明確に別の指摘がなければ複数の形式も含むことを意図する。用語「含む」、「含んでいる」、「備える」及び/又は「備えている」は、本明細書で使用される時、述べられた特徴、整数、工程、作用、要素及び/又は部品の存在を特定するが、1つ以上の他の特徴、整数、工程、作用、要素、部品及び/又はそれらの群の存在又は追加を排除しないことが更に理解されるであろう。

30

【0014】

例としての実施形態は、本明細書において、例としての実施形態の理想の実施形態（及び介在する構造）の概略的な図示である断面図を参照して記載される。そのため、例えば製造技術及び/又は許容誤差の結果として図の形状の変更が考えられる。よって、例としての実施形態は本明細書で図示された形状又は領域に限定されると解釈されるべきではなく、例えば製造の結果として形状のずれを含むべきである。例えば、矩形で示された埋め込み領域は通常、埋め込みのある領域から埋め込みのない領域への2値の変化ではなく、丸い又は湾曲した特徴及び/又は端部の埋め込みが集中する箇所の勾配を有するであろう。同様に、埋め込みにより形成された埋められた領域は、埋められた領域と埋め込みが起こる表面の間の領域においていくらかの埋め込みが発生しても良い。よって、図面に示された領域は概略的な性質を有し、その形状は装置の領域の実際の形状を示す意図はなく、例としての実施形態の範囲を限定する意図もない。

40

【0015】

別段の記載がない限り、本明細書で使用される全ての用語（技術的及び科学的用語を含む）は、例としての実施形態が属する業界の当業者により普通に理解されるのと同じ意味を有する。普通に使用される辞書に規定されるものを含む用語は、関連技術の文脈における意味と一致する意味を有すると解釈されるべきであり、本明細書で明確にその様に規定されない限り、理想化した又は過度に形式的な意味として解釈されないことが更に理解される。

50

【 0 0 1 6 】

本発明の限定しない実施形態による電解精製システムは、相対的な不純核供給材料（例えば不純ウラン供給材料）から精製金属（例えばウラン）を回収するのに使用される。不純核供給材料は電解酸化物還元システムの金属製品であっても良い。電解酸化物還元システムは酸化物を金属構造に還元するのを容易にし、後の金属の回収を可能にするよう構成される。電解酸化物還元システムは米国特許出願第 1 2 / 9 7 8 , 0 2 7 号に記載されたものであり、この文献は 2 0 1 0 年 1 2 月 2 3 日出願、名称が「電解酸化物還元システム」、HDP 整理番号：8 5 6 4 - 0 0 0 2 2 8 / U S、GE 整理番号：2 4 A R 2 4 6 1 4 0 であって、その全体が参照として本明細書に援用される。

【 0 0 1 7 】

一般的に、電解精製システムは容器、複数の陰極アセンブリ、複数の陽極アセンブリ、電力系統、スクレーパー及び/又はコンベヤーシステムを含む。電力系統は米国特許出願第 X X / X X X , X X X 号、HDP 整理番号 8 5 6 4 - 0 0 0 2 5 4 / U S、GE 整理番号 2 4 A R 2 5 2 7 8 3、本明細書と同日に出願された、「陰極電力分配システム及び電力分配のためにそのシステムを使用する方法」という名称の文献に記載されており、その全体が参照として本明細書に援用される。スクレーパーは米国特許出願第 X X / X X X , X X X 号、HDP 整理番号 8 5 6 4 - 0 0 0 2 5 5 / U S、GE 整理番号 2 4 A R 2 5 2 7 8 7、本明細書と同日に出願された、「陰極スクレーパーシステム及びウラン除去のためにそのシステムを使用する方法」という名称の文献に記載されており、その全体が参照として本明細書に記載される。コンベヤーシステムは米国特許出願第 X X / X X X , X X X 号、HDP 整理番号 8 5 6 4 - 0 0 0 2 6 0 / U S、GE 整理番号 2 4 A R 2 5 6 3 5 5、本明細書と同日に出願された、「電解精製システムのための連続回収システム」という名称の文献に記載されており、その全体が参照として本明細書に援用される。しかし、電解精製システムはこれに限定されず本明細書に特に記載されていない他の部品を含んでも良いことは理解されるべきである。更に、電解精製システム及び/又は電解酸化物還元システムは、コリウム及び使用済み核燃料安定化処理のための方法を行うのに使用される。この方法は米国特許出願第 X X / X X X , X X X 号、HDP 整理番号 8 5 6 4 - 0 0 0 2 6 2 / U S、GE 整理番号 2 4 A R 2 5 3 1 9 3、MM/DD/YYY 付で出願された、「コリウム及び使用済み核燃料安定化処理のための方法」という名称の文献に記載されており、その全体が参照として本明細書に援用される。本明細書と同日に出願され援用された出願の表を以下に示す。

【 0 0 1 8 】

【表 1】

参照として本明細書に援用された関連出願			
米国特許出願番号	HDP/GE 整理番号	出願日	名称
XX/XXX,XXX	8564-000253/US 24AR252782	本明細書と同日に出願	電解精製システムのためのバスバー電解フィードスルー
XX/XXX,XXX	8564-000254/US 24AR252783	本明細書と同日に出願	陰極電力分配システム及び電力分配のためにそのシステムを使用する方法
XX/XXX,XXX	8564-000255/US 24AR252787	本明細書と同日に出願	陰極スクレーパーシステム及びウラン除去のためにそのシステムを使用する方法
XX/XXX,XXX	8564-000260/US 24AR256355	本明細書と同日に出願	電解精製システムのための連続回収システム
XX/XXX,XXX	8564-000262/US 24AR253193	MM/DD/YY 付で出願	コリウム及び使用済み核燃料安定化処理のための方法

【 0 0 1 9 】

上述の通り、電解精製システムのための不純核供給材料は電解酸化物還元システムの金属製品であっても良い。電解酸化物還元システムが稼働する間、複数の陽極アセンブリ及

10

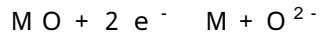
20

30

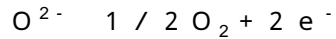
40

50

び陰極アセンブリが熔融塩電解質に沈められる。電解酸化物還元システムの限定しない実施形態では、熔融塩電解質は塩化リチウム (LiCl) である。熔融塩電解質は約 650 (+50、-30) の温度で維持される。電気化学的処理は、還元電位が酸化物供給材料 (例えば金属酸化物) を含む陰極アセンブリで発生されるように行われる。還元電位の影響下で、金属酸化物の金属イオンは還元され金属酸化物 (MO) 供給材料からの酸素 (O) は酸素イオンとして熔融塩電解質内に溶解し、それにより金属 (M) を陰極アセンブリの後ろに残す。陰極反応は以下のようになる。



陽極アセンブリでは、酸素イオンは酸素気体に変換される。各陽極アセンブリの陽極の覆いは、処理の間、酸素気体を希薄にし、冷却し、及び電解酸化物還元システムから除去するために使用されても良い。陽極反応は以下のようになる。



金属酸化物は二酸化ウラン (UO₂) でも良く、還元製品はウラン金属でも良い。しかし、他の種類の酸化物も電解酸化物還元システムを使用して対応する金属に還元されても良い。同様に、電解酸化物還元システムで使用される熔融塩電解質も特にこれに限定されず、還元される酸化物供給材料により変化しても良い。

【0020】

電解酸化物還元の後、電解酸化物還元システムにおける金属製品を含むバスケットは本発明による電解精製システムに移送され、更に処理されて金属製品から精製金属を得る。より明確に述べると、電解酸化物還元システムからの金属製品は本発明による電解精製システムの不純核供給材料の役割を果たす。特に、金属製品を含むバスケットは電解酸化物還元システムにおける陰極アセンブリであり、金属製品を含むバスケットは電解精製システムの陽極アセンブリである。従来技術の装置に比べ、本発明の電解精製システムは精製金属の大幅に高い産出量を可能にする。

【0021】

図1は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの斜視図である。図2は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの断面斜視図である。図3は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの断面側面図である。図4は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの断面端面図である。

【0022】

図1から図4を参照すると、電解精製システム100は容器102、複数の陰極アセンブリ104、複数の陽極アセンブリ108、電力系統、スクレーパー110及び/又はコンベヤーシステム112を含む。複数の陰極アセンブリ104のそれぞれは複数の陰極ロッド106を含む。電力系統は床構造134を延伸する電気フィードスルー132を含む。床構造134はグローブボックスのグローブボックスフロアである。又は、床構造134はホットセル施設の支持板であっても良い。コンベヤーシステム112は入口管、谷部116、回転アイドラー124、鎖、複数の段部126、出口管114及び/又は排出シユート128を含む。コンベヤーシステム112は図5に関連してより詳細に記載される。複数の陽極アセンブリ108は図6に関連してより詳細に記載される。複数の陰極アセンブリ104及び電力系統は図7に関連してより詳細に記載される。スクレーパー110は図8に関連してより詳細に記載される。

【0023】

容器102は熔融塩電解質を維持するよう構成される。限定しない実施形態において、熔融塩電解質は塩化リチウム、塩化リチウム-塩化カリウム共晶又は他の適切な媒体である。容器102は、容器102の大部分が床構造134の下にあるように配置される。例えば、容器102の上部は床構造134の開口を通して床構造134の上に延伸する。床構造134の開口は容器102の寸法に一致する。容器102は複数の陰極アセンブリ104と複数の陽極アセンブリ108を収容するよう構成される。

【0024】

複数の陰極アセンブリ104は、容器102内に延伸して少なくとも一部が熔融塩電解

10

20

30

40

50

質に沈められるよう構成される。例えば、複数の陰極アセンブリ 104 及び / 又は容器 102 の寸法は、複数の陰極アセンブリ 104 の長さの大部分が容器 102 内の熔融塩電解質に沈められるよう調節される。陽極アセンブリ 104 のそれぞれは、同じ向きであり同じ平面内にあるよう配置される複数の陰極ロッド 106 を含む。

【0025】

複数の陽極アセンブリ 108 は複数の陰極アセンブリ 104 と交互に配置され、その結果 2 つの陰極アセンブリ 104 が各陽極アセンブリ 108 の側面に位置する。複数の陰極アセンブリ 104 と陽極アセンブリ 108 は平行に配置されても良い。各陽極アセンブリ 108 は、不純ウラン供給物質を保持し、容器 102 に維持された熔融塩電解質に浸すよう構成される。複数の陽極アセンブリ 108 及び / 又は容器 102 の寸法は、複数の陽極アセンブリ 108 の長さの大部分が容器 102 内の熔融塩電解質に沈められるように調節される。電解精製システム 100 は図 1 から図 4 において 11 個の陰極アセンブリ 104 と 10 個の陽極アセンブリ 108 を有すると示されているが、本明細書の例としての実施形態はこれに限定されない。

10

【0026】

電解精製システム 100 において、電力系統は複数の陰極アセンブリ 104 と複数の陽極アセンブリ 108 に連結されている。電解精製システム 100 が稼働する間、電力系統は複数の陽極アセンブリ 108 の不純ウラン供給材料を酸化させるのに適切な電圧を供給し、熔融塩電解質を通して移動し且つ精製ウランとして複数の陰極アセンブリ 104 の複数の陰極ロッド 106 に堆積するウランイオンを形成するよう構成される。

20

【0027】

精製ウランの除去を開始するため、スクレーパー 110 は、複数の陰極ロッド 106 の長さに沿って上下に移動して複数の陰極アセンブリ 104 の複数の陰極ロッド 106 に堆積した精製ウランを取り除くよう構成される。この擦り落としの結果、取り除かれた精製ウランは熔融塩電解質を通して容器 102 の底まで沈む。

【0028】

コンベヤーシステム 112 は少なくともその一部が容器 102 の底部に配置されるよう構成される。例えば、コンベヤーシステム 112 の谷部 116 は容器 102 の底部に配置され、その結果複数の陰極ロッド 106 から移動した精製ウランが谷部 116 に蓄積する。コンベヤーシステム 112 は精製ウランを容器 102 から除去するため、谷部 116 に蓄積された精製ウランを、出口管 114 を通して移動させるよう構成される。

30

【0029】

図 5 は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムのコンベヤーシステムの斜視図である。図 5 を参照すると、コンベヤーシステム 112 は、入口管 113、谷部 116、回転アイドラ 124、回転アイドラ 124 に係合した鎖、複数の段部 126 (図 4)、出口管 114 及び / 又は排出シュート 128 を含む。谷部 116 は複数の陰極アセンブリ 104 及び複数の陽極アセンブリ 108 の下にあるように容器 102 内に配置される。谷部 116 の大きさは、谷部 116 が容器 102 の底面の全て又はほぼ全てをカバーするように調節される。

【0030】

例としての実施形態はこれに限定されないが、谷部 116 は V 形の断面を有する。又は、谷部 116 は U 形の断面を有していても良い。限定しない実施形態では、谷部 116 の上部は V 形の断面を有し、一方谷部 116 の底部は U 形又は半円形の断面を有する。尚、谷部 116 は容器 102 の底部に沿って U 形の進路を有しても良い。例えば、進路は入口管の出口開口から直線的に延伸し、容器 102 の反対の端部に相当する部分で湾曲し、出口管 114 の入口開口へ直線状に延伸して平面図において U 形となっても良い。

40

【0031】

コンベヤーシステム 112 は、複数の陽極アセンブリ 108 により保持される不純ウラン供給材料の酸化の間、精製ウランを複数の陰極アセンブリ 104 に堆積する間、及び / 又はスクレーパー 110 により精製ウランを除去する間に連続して稼働するよう構成さ

50

れる。又は、コンベヤーシステム 112 は電解精製システム 100 が稼働する間、間欠的に稼働するように構成されても良い。コンベヤーシステム 112 は鎖と鎖に固定された複数の段部 126 とを含む。鎖は容器 102 の底部に沿って出口管 114 を通って延伸するように構成される。鎖及び複数の段部 126 は、容器 102 に入り、そこから出て、再び入るといった絶え間のない動きで係合する。例えば、鎖及び複数の段部 126 は入口管 113 を通って容器 102 に入り、容器 102 の底部で谷部 116 に画定された U 形の進路にそって移動し、出口管 114 を通して容器 102 から出て、入口管 113 を通して容器 102 に再び入る。

【0032】

鎖に固定された複数の段部 126 は同じ方向に向けられる。例えば、複数の段部 126 は鎖に垂直に向けられる。電解精製システム 100 が稼働する間、複数の段部 126 はスクレーパー 110 により除去された精製ウランを押し出して出口管 114 を通して排出シュート 128 へ運び、容器 102 から精製ウランを除去するよう構成される。

10

【0033】

図 6 は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの陽極アセンブリの斜視図である。図 6 を参照すると、陽極アセンブリ 108 は不純核供給材料を保持し、容器 102 により維持された熔融塩電解質へ浸すように構成される。

【0034】

陽極アセンブリ 108 は上部バスケットと、下部バスケットと、上部バスケット及び下部バスケット内に収容された陽極プレートを含む。組み立てられると、陽極プレートは上部バスケットの上端から下部バスケットの下端に延伸する。陽極プレートの側端は縁が作られており剛性を提供する。折り返しの曲げ部が陽極プレートの中央の下部に設けられ、更なる剛性を提供する。下部バスケットは 4 つの強度の高いリベットで上部バスケットに取り付けられる。上部バスケット又は下部バスケットの何れかが損傷した場合、リベットが取り外されて損傷したバスケットが取り替えられ、再びリベット留めされて稼働が継続される。

20

【0035】

陽極バスケット（上部バスケット及び下部バスケットを含む）は陽極プレートに電氣的に接続される。各陽極アセンブリ 108 は 1 つ以上の対（例えば 2 対）のナイフの刃の接触（例えば 4 つのナイフの刃の接触）に係合し、適切な電源から電力を受け取るように構成される。例えば、各陽極アセンブリ 108 は専用の電源から電力を受け取っても良い。又は、陽極アセンブリ 108 の全てが単一の専用電源から電力を受け取っても良い。陽極バスケットは、処理の間に融塩電解質を出し入れするのに十分開いているが、不純核供給材料を保持するのに十分細かい多孔金属プレートから形成される。

30

【0036】

補強リブが陽極バスケット内に設けられ、歪みを減少又は防止する。垂直の補強リブが下部バスケットに設けられた場合、陽極プレートは、陽極プレートが陽極バスケットに挿入された時に補強リブの周りに隙間を形成する対応するスロットを有するであろう。例えば、2 つの垂直な補強リブが下部バスケットに設けられれば、陽極プレートは 2 つの補強リブの周りに隙間を形成する 2 つの対応するスロットを有するであろう。尚、位置スペーサが陽極プレートの両面の中間部近くに設けられ、不純核供給材料を装填した際、陽極プレートが陽極バスケットの中央に確実に留まるようにする。位置スペーサはセラミックであり、垂直の向きである。更に、陽極プレートの両面の上部にジグザクスペーサを配置し、陽極アセンブリ 108 の上部に放射性及び導電性熱伝導のための熱断層を設ける。ジグザクスペーサはセラミックであり、垂直の向きである。陽極アセンブリ 108 は、端部に設けられたリフトつまみを有するリフトブラケットを含む。リフトつまみは電解精製システム 100 のリフトシステム 130（図 9）と連動するように設計されている。

40

【0037】

図 7 は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムの複数の陰極アセンブリの斜視図である。図 7 を参照すると、複数の陰極アセンブリ 104 のそれぞれは陰極バスバ

50

ーに連結された複数の陰極ロッド106を含む。複数の陰極アセンブリ104は共通のバスバー118に連結される。電解精製システム100の容器102内に配置されると、複数の陰極アセンブリ104の陰極バスバーは互いに平行に且つ共通バスバー118に垂直に配置される。共通のバスバー118は電気フィードスルー132に連結される。

【0038】

陰極ロッド106の上部及び下部は異なる材料で形成される。例えば、陰極ロッド106の上部はニッケル合金で形成され、陰極ロッド106の下部は鋼鉄で形成されるが、例としての実施形態はこれに限定されない。陰極ロッド106の下部は、電解精製システム100が稼働する間、熔融塩電解質の水位より下に位置し、下部が取り替え、又は他の材料に変更できるように取り外し可能である。

10

【0039】

陰極バスバーは熱膨張を減らすために分割され、陰極バスバーの各部分は銅で形成される。陰極バスバーの部分はスリップコネクタと結合される。尚、スリップコネクタは陰極ロッド106の上部に取り付けられ、陰極ロッド106が熔融塩電解質に落下しないことを確実にする。陰極アセンブリ104は上記の例の何れにも限定されない。むしろ、他の適切な構造及び材料が使用されても良いことが理解されるべきである。

【0040】

陰極アセンブリ104が電解精製システム100に沈められた時、陰極ロッド106は容器102の熔融塩電解質に延伸する。複数の陰極アセンブリ104がそれぞれ7つの陰極ロッド106を有すると示されるが、例としての実施形態はこれに限定されないことが理解されるべきである。よって、各陰極アセンブリ104は、十分な電流が電解精製システム100に提供されれば、7個より少ない陰極ロッド106か、7個より多い陰極ロッド106を含んでも良い。

20

【0041】

電解精製システム100が稼働する間、陰極アセンブリ104は適切な温度に保たれる。適切な稼働温度を維持するため、陰極アセンブリ104は冷却ガスを供給する冷却管を含む。冷却ガスは陰極アセンブリの排気多岐管の両側に供給され、グローブボックス、ホットセル施設、又は冷却ガスが冷却されて再利用される他の適切な環境に排出される。冷却ガスは不活性ガス(例えばアルゴン)であっても良い。その結果、排気の温度は低くなる。

30

【0042】

冷却ガスはグローブボックスの空気により提供される。限定しない実施形態において、グローブボックスの外の加圧ガスは使用されない。その様な場合、ガス供給はグローブボックスの中の送風機を使用して加圧可能である。ガス供給を作動させるための全てのモータ及び制御装置はアクセス及びメンテナンスを容易にするため、グローブボックスの外に配置される。

【0043】

電解精製システム100の電力系統は、複数の陰極アセンブリ104のための共通のバスバー118を含む。前に記載した通り、本明細書の開示に加え、電力系統は米国特許出願第XX/XXX, XXX号、HDP整理番号8564-000254/US、GE整理番号24AR252783の、本明細書と同日付で出願された、「陰極電力分配システム及び電力分配のためにそのシステムを使用する方法」という名称の文献に開示されているものであり、その全体が参照として本明細書に援用される。電力は電気フィードスルー132を介し、床構造134を通過して共通のバスバー118に供給される。前に記載した通り、本明細書の開示に加え、電気フィードスルー132は米国特許出願第XX/XXX, XXX号、HDP整理番号8564-000253/US、GE整理番号24AR252782の、本明細書と同日付で出願された、「電解精製システムのためのバスバー電気フィードスルー」という名称の文献に開示されているものであり、その全体が参照として本明細書に援用される。

40

【0044】

50

図8は本発明の限定しない実施形態による電解精製システムのスクレーパーの斜視図である。図8を参照すると、スクレーパー110は、スクレーパー110が電解精製システム100に設置された時、複数の陰極アセンブリ104と係合するように構成されている。設置された時、複数の陰極アセンブリ104の複数の陰極ロッド106はスクレーパー110を通して延伸する。スクレーパー110は、電解精製システム100が稼働する間、複数の陰極ロッド106の長さに沿って移動し、陰極ロッドに堆積した精製ウランを除去する。

【0045】

スクレーパー110は複数の削りユニット120を含む。複数の削りユニット120のそれぞれは、複数の陰極アセンブリ104の複数の陰極ロッド106と係合するように構成される。例えば、複数の削りユニット120のそれぞれは対応する陰極ロッド106を収容するように構成された穴を有する。各陰極アセンブリ104に対応する複数の削りユニット120は共通枠122に連結される。スクレーパー110は11個の共通枠122を有し、共通枠122のそれぞれは7個の削りユニット120を連結すると示されているが、例としての実施形態はこれに限定されない。共通枠122の数は陰極アセンブリ104の数に一致するよう必要に応じて調節されても良く、削りユニット120の数は陰極ロッド106の数に一致するよう必要に応じて調節されても良いことが理解されるべきである。

【0046】

電解精製システム100は更に複数の陰極ロッド106の長さに沿ってスクレーパー110を動かすよう構成されたねじ機構を有するが、例としての実施形態はこれに限定されない。他の適切な機構が、複数の陰極ロッド106の長さに沿ってスクレーパー110を上方及び下方に動かすために使用されても良いことが理解されるべきである。前に記載された通り、本明細書の開示に加え、スクレーパー110は米国特許出願第XX/XXX, XXX号、HDP整理番号8564-000255/US、GE整理番号24AR252787の、本明細書と同日に出願された、「陰極スクレーパーシステム及びウラン除去のためにそのシステムを使用する方法」という名称の文献に開示されているものであり、その全体が参照として本明細書に援用される。

【0047】

図9は本発明の限定しない実施形態による持ち上げ位置のリフトシステムを有する電解精製システムの斜視図である。図9を参照すると、電解精製システム100は更に、除去されない複数の陽極アセンブリ108の1つ以上を定位置に留ませたまま、除去される複数の陽極アセンブリ108の何れかの組み合わせを同時に持ち上げることを容易にするため、複数の陽極アセンブリ108の何れかの組み合わせと選択的に係合するよう構成されたリフトシステム130を含む。

【0048】

リフトシステム130は電解精製システム100の長さ方向に沿って配置される1対のリフト梁を含む。リフト梁は平行に配置される。シャフト及び機械的アクチュエータがリフト梁の各端部に結合している。リフトシステム130は係合し、複数の陽極アセンブリ108の全てを持ち上げるものとして示されるが、複数の陽極アセンブリ108の一部のみが持ち上げられ、複数の陽極アセンブリ108の何れかの組み合わせが電解精製システム100の容器102に留まっても良いと理解すべきである。よって、陽極アセンブリ108の全てが同時にリフトシステム130と共に除去されるか、又は1つの陽極アセンブリ108のみが除去されても良い。尚、図9は電解精製システム100が10個の陽極アセンブリ108と11個の陰極アセンブリ104を有すると示すが、例としての実施形態はこれに限定されない。その理由は電解精製システム100の標準寸法設計はより多くの、又はより少ない陽極アセンブリ108と陰極アセンブリ104の使用を許可するためである。

【0049】

リフトシステム130の2つの平行なリフト梁は、複数の陽極アセンブリ108と複数

10

20

30

40

50

の陰極アセンブリ 104 が交互に配置された方向に沿って延伸する。複数の陽極アセンブリ 108 と複数の陰極アセンブリ 104 は 2 つの平行なリフト梁の間に配置される。2 つの平行なリフト梁は水平方向に延伸する。リフトシステム 130 のシャフトは各リフト梁の両端部の下に固定される。例えば、シャフトは各リフト梁の両端部に垂直に固定される。リフトシステム 130 の機械的アクチュエータは、シャフトを介して 2 つの平行なリフト梁を垂直方向に駆動するよう構成される。機械的アクチュエータは 2 つの平行なリフト梁の各端部の下に設けられる。

【0050】

シャフトは、密封スライド軸受により床構造 134 を通って延伸する。密封スライド軸受は 2 つの軸受スリーブと 2 つのグランドシールを含む。軸受スリーブは高分子量のポリエチレンから作製される。2 つのグランドシールの間の空間は、水柱 1.5 から 3 インチ正圧（最大のグローブボックス空気を水柱 1.5 インチ負圧と仮定する）のポートを使用して不活性ガス（例えばアルゴン）により加圧される。グランドシールは、グローブボックス空気を危険にさらすことなく取り換えられるよう設計されている。外部の水冷フランジは、床構造 134 の温度を許容できる温度に限定しながら、密封シールを維持するために床構造 134 へ容器 102 を連結する。

10

【0051】

リフトシステム 130 は各リフト梁の長さ方向に沿って分散した複数のリフトカップを含む。電解精製システム 100 が 10 個の陽極アセンブリ 108 を有すると仮定すると（例としての実施形態はこれに限定されないが）、各陽極アセンブリ 108 に 2 つのリフトカップを設けるよう、10 個のリフトカップが各リフト梁に配置される。リフトカップは平行なリフト梁の内側面に配置される。リフトカップは端部が外側に広がった U 形である。しかし、リフトカップはこれに限定されず、代わりに陽極アセンブリ 108 のリフトピンを係合するのに適切な他の形状及び形式（例えばフック）を含むことを意図することが理解されるべきである。

20

【0052】

各リフトカップにはソレノイドが設けられているが、例としての実施形態はこれに限定されない。各ソレノイドはリフト梁の対向する外側面に取り付けられ、対応するリフトカップを駆動（例えば回転）させるように構成される。各リフトカップにソレノイドを設けることにより、各リフトカップは独立して駆動される。しかし、リフトカップ（形状及び形式が異なる）は陽極アセンブリ 108 のリフトピンと係合するため異なる方法で稼働しても良いことが理解されるべきである。例えば、回転する代わりに、リフトカップは陽極アセンブリ 108 のリフトピンと係合 / 離脱する目的で延伸 / 後退のため延伸するよう構成されても良い。

30

【0053】

リフトカップは各リフト梁に沿って配置され、その結果 1 対のリフトカップが複数の陽極アセンブリ 108 のそれぞれと結合する。「対」は一方のリフト梁からのリフトカップ及び他方のリフト梁からの対応するリフトカップを指す。リフトカップは各リフト梁に沿って間隔を有し、その結果 1 対のリフトカップが電解精製システム 100 の各陽極アセンブリ 108 の側端から突出するリフトつまみと一直線に並ぶ。リフトカップは対応するリフトつまみと垂直に並んでも良い。リフトカップのそれぞれの対は回転可能であり、対応する陽極アセンブリ 108 の側端から突出するリフトつまみの下に位置するよう構成される。又は、リフトカップはリフトつまみの上に位置するよう回転しても良い。1 対のリフトカップが対応する陽極アセンブリ 108 のリフトつまみの上に位置する場合、リフト梁を持ち上げた時、その陽極アセンブリ 108 に対してリフトは発生しない。

40

【0054】

リフトシステム 130 は、電解精製システム 100 の稼働又はメンテナンスの間に使用される。例えば電解精製処理の後、現存する陽極アセンブリ 108 の一群はリフトシステム 130 を使用して電解精製システム 100 から除去され、新たな陽極アセンブリ 108 の一群が処理される。持ち上げた位置で、陽極アセンブリ 108 の一部は容器 102 のカ

50

バーの下に留まり、除去の用意が整うまで熱ブロックとして作用する。

【 0 0 5 5 】

電解精製処理の間、リフトカップは反転して陽極アセンブリ 1 0 8 の上に位置しても良い。1 つ以上の陽極アセンブリ 1 0 8 が除去される時、リフト梁は下降し、リフト梁のリフトカップはソレノイドにより回転して除去される陽極アセンブリ 1 0 8 のリフトつまみの下に位置する。次に、機械的アクチュエータがシャフトを垂直方向の上方に駆動し、それにより平行なリフト梁を関連する陽極アセンブリ 1 0 8 と共に持ち上げる。持ち上げた位置の間、電氣的閉塞がリフトカップをリフト梁が完全に下降するまで作動しないようにする。この特徴は、持ち上げ位置の間、陽極アセンブリ 1 0 8 が離脱しないことを確実にする。現存する陽極アセンブリ 1 0 8 の一群が取り出され不純核供給材料を含む新たな陽極アセンブリ 1 0 8 の一群と交換されると、不純核供給材料を有する陽極アセンブリ 1 0 8 はリフトシステム 1 3 0 を介して電解精製システム 1 0 0 の容器 1 0 2 の熔融塩電解質に沈められる。

10

【 0 0 5 6 】

又は、陽極アセンブリ 1 0 8 は電解精製システム 1 0 0 から除去され、検査、修理、部品の交換、又は通常陽極アセンブリ 1 0 8 に占拠される容器 1 0 2 の部分にアクセス可能としても良い。リフト処理は上述のようであっても良い。関連するメンテナンス又は他の活動が行われた後、陽極アセンブリ 1 0 8 はリフトシステム 1 3 0 を介して電解精製システム 1 0 0 の容器 1 0 2 の熔融塩電解質に沈められる。図 9 は、リフトシステム 1 3 0 が持ち上げ位置にある時、陽極アセンブリ 1 0 8 の全てが同時に除去されると示すが、リフトシステム 1 3 0 は、陽極アセンブリ 1 0 8 が隣接している又は隣接していなくても、1 つから全ての陽極アセンブリ 1 0 8 のどれでも除去可能に構成されると理解されるべきである。望ましい陽極アセンブリ 1 0 8 が持ち上げ位置にあると、それらのリフトシステム 1 3 0 からの除去はグローブボックス又はホットセル施設内の他の機構（例えばクレーン）により達成可能である。

20

【 0 0 5 7 】

本発明の限定しない実施形態による電解精製の方法は適切な供給材料を上述の電解精製システムを使用して電気分解により処理することを含む。その結果、この方法は使用済み核燃料を再利用又は金属（例えばウラン）を規格外金属酸化物（例えば二酸化ウラン）から回収するのに使用されても良い。

30

【 0 0 5 8 】

多数の例としての実施形態が本明細書で開示されてきたが、他の変形も可能であることが理解されるべきである。その様な変形は本開示の精神及び範囲からの逸脱と見なされるべきではなく、当業者にとって自明であると思われるその様な修正の全ては以下の請求項の範囲に含まれることを意図する。

【符号の説明】

【 0 0 5 9 】

- 1 0 0 電解精製システム
- 1 0 2 容器
- 1 0 4 陰極アセンブリ
- 1 0 8 陽極アセンブリ
- 1 1 0 スクレーパー
- 1 1 2 コンベヤーシステム
- 1 1 3 入口管
- 1 1 4 出口管
- 1 1 6 谷部
- 1 2 4 回転アイドラー
- 1 2 6 段部
- 1 2 8 排出シュート
- 1 3 2 フィードスルー

40

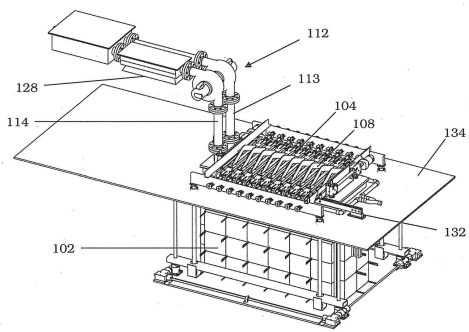
50

1 3 4 床構造

【図1】

FIG. 1

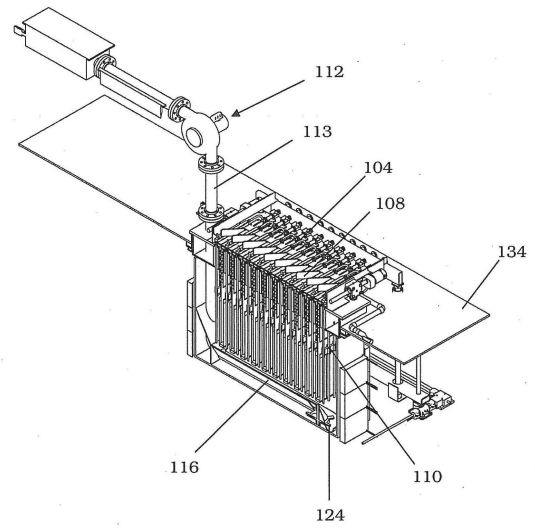
100



【図2】

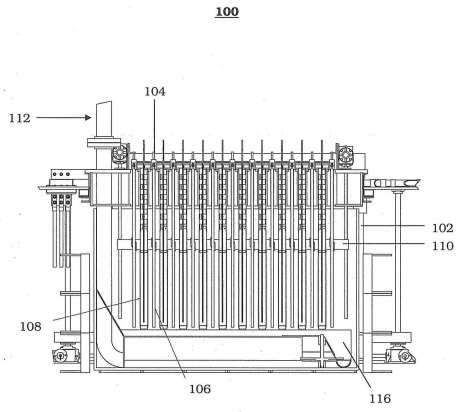
FIG. 2

100



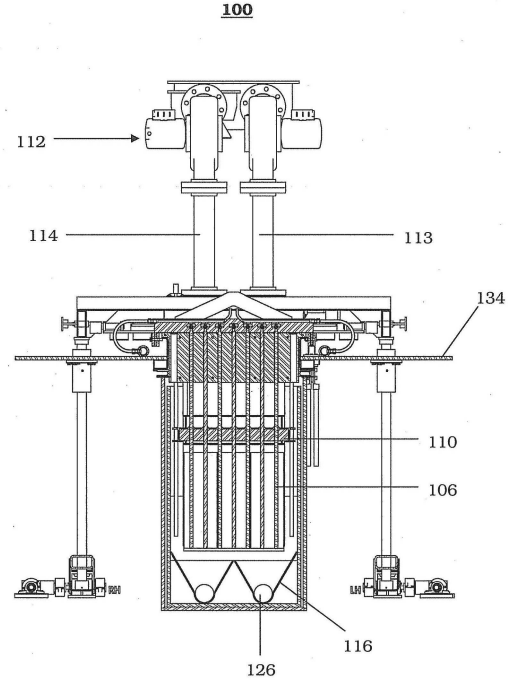
【 図 3 】

FIG. 3



【 図 4 】

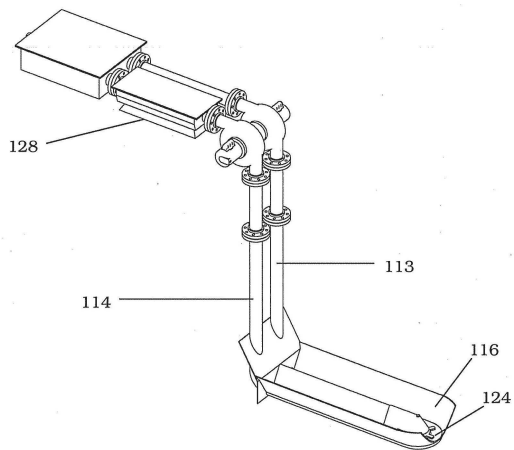
FIG. 4



【 図 5 】

FIG. 5

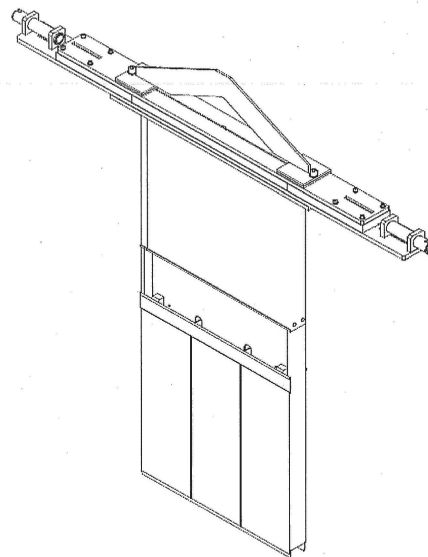
112



【 図 6 】

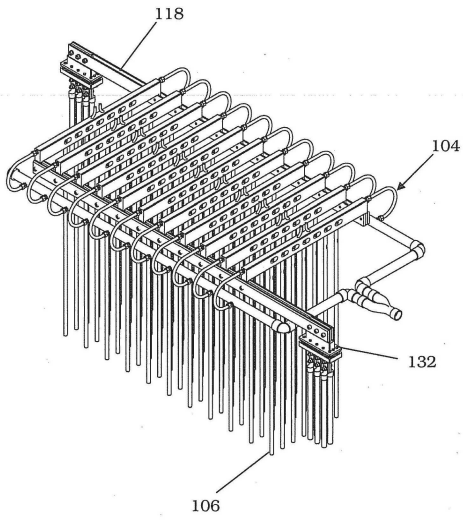
FIG. 6

108



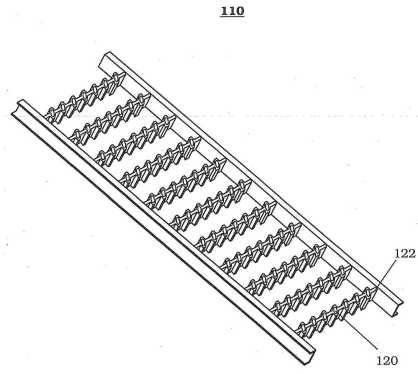
【 図 7 】

FIG. 7



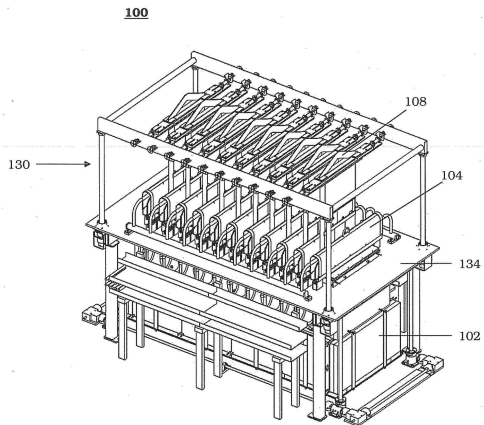
【 図 8 】

FIG. 8



【 図 9 】

FIG. 9



フロントページの続き

- (74)代理人 100113974
弁理士 田中 拓人
- (72)発明者 バーガー, ジョン・エフ
アメリカ合衆国、ノースカロライナ州・28401、ウィルミントン、キャッスル・ヘイン・ロード、3901番
- (72)発明者 ウィリアムソン, マーク・エイ
アメリカ合衆国、イリノイ州・60564、ネイパーヴィル、グラスミア・ロード、3812番
- (72)発明者 ウィードメイヤー, スタンリー・ジー
アメリカ合衆国、イリノイ州・60137、グレン・エリン、タマラック・ドライブ、23・ダブリュー030番
- (72)発明者 ウィリット, ジェームズ・エル
アメリカ合衆国、イリノイ州・60510、パタヴィア、エヌ・ジェファソン・ストリート、241番
- (72)発明者 バーンズ, ローレル・エイ
アメリカ合衆国、イリノイ州・60615、シカゴ、イー・ハイド・パーク・ブルヴァード、1633番
- (72)発明者 プラスコヴィッツ, ロバート・ジェイ
アメリカ合衆国、イリノイ州・60491、ロックポート、ウッドランド・ドライブ・ロックポート、13028番

審査官 祢屋 健太郎

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0180409(US, A1)
特開平01-246388(JP, A)
特表2006-503978(JP, A)
米国特許出願公開第2004/0134785(US, A1)
特開平10-053889(JP, A)
特開2008-297627(JP, A)
特開昭63-267116(JP, A)
特開平05-086491(JP, A)
特開昭50-039604(JP, A)
特開2000-080492(JP, A)
英国特許出願公開第506590(GB, A)
米国特許第4437968(US, A)
米国特許出願公開第2005/0067291(US, A1)
米国特許第3645708(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C25C 3/00