

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7661179号
(P7661179)

(45)発行日 令和7年4月14日(2025.4.14)

(24)登録日 令和7年4月4日(2025.4.4)

(51)国際特許分類		F I		
C 0 1 B	3/00 (2006.01)	C 0 1 B	3/00	A
C 0 1 C	1/04 (2006.01)	C 0 1 C	1/04	J
		C 0 1 C	1/04	K

請求項の数 13 (全21頁)

(21)出願番号	特願2021-136405(P2021-136405)	(73)特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(22)出願日	令和3年8月24日(2021.8.24)	(74)代理人	110000785 S S I P 弁理士法人
(65)公開番号	特開2023-30975(P2023-30975A)	(72)発明者	伊藤 栄基 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(43)公開日	令和5年3月8日(2023.3.8)	(72)発明者	瀬戸 俊太郎 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
審査請求日	令和6年1月19日(2024.1.19)	(72)発明者	豊田 一郎 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
		審査官	森坂 英昭

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水素製造システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

水素化合物部材と、
第1容器と、
内部の温度が前記第1容器の内部の温度よりも低い第2容器と、
前記第2容器内に水を供給する水供給装置と
を備え、
前記第1容器内に収容される前記水素化合物部材を前記第2容器内に移動可能であるとともに前記第2容器内に収容される前記水素化合物部材を前記第1容器内に移動可能に構成され、

前記水素化合物部材は、水素以外の元素をXとしたときに、化学式 $X_m H_n$ で表される水素化合物の二次元的な配列を含有する粉体物が粒子状の担体に担持された構成を有し、化学量論比 $m : n$ は $1 : 1 \sim 3 : 4$ であり、前記元素Xはホウ素である水素製造システム。

【請求項2】

前記第1容器から前記第2容器へ前記水素化合物部材が移動する第1経路と、
前記第2容器から前記第1容器へ前記水素化合物部材が移動する第2経路と、
前記第1経路を移動する前記水素化合物部材を冷却する第1熱交換器と、
前記第2経路を移動する前記水素化合物部材を加熱する第2熱交換器と、
前記第1熱交換器及び前記第2熱交換器において前記水素化合物部材と熱交換する熱媒体が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器との間を循環する循環ラインと

を備える、請求項 1 に記載の水素製造システム。

【請求項 3】

前記第 1 経路又は前記第 2 経路の少なくとも一方には、前記第 1 経路又は前記第 2 経路を移動する前記水素化合物部材を取り出すとともに取り出した前記水素化合物部材とは異なる新しい水素化合物部材を前記第 1 経路又は前記第 2 経路に供給するための交換部が設けられている、請求項 2 に記載の水素製造システム。

【請求項 4】

前記第 1 容器及び前記第 2 容器のいずれか又は両方の内部はラビリンス構造となるように構成されている、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の水素製造システム。

【請求項 5】

前記第 1 容器内のガスが前記第 1 容器から流出し前記第 1 容器に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ラインと、

前記ガス循環ラインに設けられ、該ガス循環ラインを流通する前記ガスから固形成分を除去する集塵装置と

を備える、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の水素製造システム。

【請求項 6】

前記集塵装置によって除去された前記固形成分を、前記第 2 容器から前記第 1 容器へ移動する前記水素化合物部材に供給する回収ラインを備える、請求項 5 に記載の水素製造システム。

【請求項 7】

多孔質性の筒状部材の両端を蓋で塞いだカートリッジの内部に前記水素化合物部材が収容され、

前記第 1 容器及び前記第 2 容器は入口及び出口を有し、

前記第 1 容器の前記入口及び前記出口のそれぞれに前記カートリッジの前記蓋のそれぞれが嵌合するとともに前記第 1 容器の内部に前記筒状部材が位置するように前記カートリッジが前記第 1 容器に設置されることによって、前記水素化合物部材が前記第 1 容器内に収容可能であり、

前記第 2 容器の前記入口及び前記出口のそれぞれに前記カートリッジの前記蓋のそれぞれが嵌合するとともに前記第 2 容器の内部に前記筒状部材が位置するように前記カートリッジが前記第 2 容器に設置されることによって、前記水素化合物部材が前記第 2 容器内に収容可能であり、

前記第 1 容器に設置される前記カートリッジは前記第 2 容器に設置されるように移動可能であるとともに前記第 2 容器に設置される前記カートリッジは前記第 1 容器に設置されるように移動可能に構成されている、請求項 1 に記載の水素製造システム。

【請求項 8】

入口及び出口を有する第 3 容器が前記第 1 容器と前記第 2 容器との間に設けられ、

前記第 3 容器の前記入口及び前記出口のそれぞれに前記カートリッジの前記蓋のそれぞれが嵌合するとともに前記第 3 容器の内部に前記筒状部材が位置するように前記カートリッジが前記第 3 容器に設置されることによって、前記水素化合物部材が前記第 3 容器に収容可能であり、

前記第 1 容器に設置される前記カートリッジは前記第 3 容器に設置されるように移動可能であるとともに前記第 3 容器に設置される前記カートリッジは前記第 2 容器に設置されるように移動可能に構成され、

前記水素製造システムは、前記第 3 容器内のガスがパージされる第 1 パージラインを備える、請求項 7 に記載の水素製造システム。

【請求項 9】

入口及び出口を有する第 4 容器が前記第 2 容器と前記第 1 容器との間に設けられ、

前記第 4 容器の前記入口及び前記出口のそれぞれに前記カートリッジの前記蓋のそれぞれが嵌合するとともに前記第 4 容器の内部に前記筒状部材が位置するように前記カートリッジが前記第 4 容器に設置されることによって、前記水素化合物部材が前記第 4 容器に収

10

20

30

40

50

容可能であり、

前記第 2 容器に設置される前記カートリッジは前記第 4 容器に設置されるように移動可能であるとともに前記第 4 容器に設置される前記カートリッジは前記第 1 容器に設置されるように移動可能に構成され、

前記水素製造システムは、前記第 4 容器内のガスがパージされる第 2 パージラインを備える、請求項 7 または 8 に記載の水素製造システム。

【請求項 10】

前記第 1 容器内のガスが前記第 1 容器から流出し前記第 1 容器に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ラインと、

前記ガス循環ラインを循環する前記ガスの一部を抜き出す抜き出しラインと、

前記抜き出しラインを流通する前記ガスと、前記水供給装置によって前記第 2 容器へ供給される前記水とを熱交換することにより、前記水を加熱する第 1 加熱器とを備える、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の水素製造システム。

10

【請求項 11】

前記第 1 容器内のガスが前記第 1 容器から流出し前記第 1 容器に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ラインと、

熱発生装置と、

前記ガス循環ラインを循環する前記ガスと前記熱発生装置で生じる熱を吸収した流体とが熱交換する第 3 熱交換器と

を備える、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の水素製造システム。

20

【請求項 12】

前記第 3 熱交換器において前記ガスと熱交換した前記流体と、前記水供給装置によって前記第 2 容器へ供給される前記水とを熱交換することにより、前記水を加熱する第 2 加熱器を備える、請求項 11 に記載の水素製造システム。

【請求項 13】

前記第 1 容器内に流入したガスが前記第 1 容器から流出し前記第 1 容器に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ラインと、

太陽光を集光する太陽光集光装置と、

前記ガス循環ラインを循環する前記ガスと前記太陽光集光装置が集光した前記太陽光を照射されて加熱された流体とが熱交換する第 3 熱交換器と

を備える、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の水素製造システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、水素製造システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、150 ~ 200 に加熱することにより水素を放出する二次元水素化ホウ素シートが記載されている。水素は反応性が高く爆発性があるため、常温でも水素を簡便に発生させることができる方法として、特許文献 1 には、二次元水素化ホウ素シートに光を照射することにより水素を発生させることが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2019 - 218251 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

加熱又は光の照射のいずれにおいても、二次元水素化ホウ素シートから放出された水素を適切に回収するためには、密閉容器に収容された二次元水素化ホウ素シートから水素を

50

放出させ、放出された水素を容器から流出させる必要がある。そうすると、加熱によって水素を放出させる場合には、二次元水素化ホウ素シートだけではなく容器も一緒に加熱されることから、加熱の際に容器の熱容量に相当する余計な熱量が必要になるので、熱効率が低下し、水素を製造するコストが悪化するという課題があった。

【0005】

上述の事情に鑑みて、本開示の少なくとも1つの実施形態は、水素の製造コストを改善できる水素製造システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、本開示に係る水素製造システムは、水素化合物部材と、第1容器と、内部の温度が前記第1容器の内部の温度よりも低い第2容器と、前記第2容器内に水を供給する水供給装置とを備え、前記第1容器内に収容される前記水素化合物部材を前記第2容器内に移動可能であるとともに前記第2容器内に収容される前記水素化合物部材を前記第1容器内に移動可能に構成され、前記水素化合物部材は、水素以外の元素をXとしたときに、化学式 X_mH_n で表される水素化合物の二次元的な配列を含有する粉体物が粒子状の担体に担持された構成を有し、化学量論比 $m:n$ は $1:1\sim 3:4$ であり、前記元素Xはホウ素である。

10

【発明の効果】

【0007】

本開示の水素製造システムによれば、温度の高い第1容器内で水素化合物部材から水素を放出した後、温度の低い第2容器内に水素化合物部材を移動させて水素化合物部材に水素を貯蔵させて、水素を貯蔵させた水素化合物部材を再び第1容器内に移動させることができる。このような動作により、水素化合物部材の温度のみを上下させればよく、水素化合物部材を収容する第1容器及び第2容器の温度変化を可能な限り抑制することができるので、熱効率を向上することができ、その結果、水素の製造コストを改善することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本開示の実施形態1に係る水素製造システムの構成模式図である。

【図2】本開示の実施形態1に係る水素製造システムにおける熱発生源を含むアンモニア製造システムの構成模式図である。

30

【図3】本開示の実施形態1に係る水素製造システムにおける熱発生源を含む発電システムの構成模式図である。

【図4】本開示の実施形態1に係る燃料電池システムにおける熱発生源を含む発電システムの構成模式図である。

【図5】本開示の実施形態1に係る燃料電池システムにおける熱発生源を含む製鉄システムの構成模式図である。

【図6】本開示の実施形態1に係る燃料電池システムにおける熱発生源としての太陽光集光装置の構成模式図である。

【図7】本開示の実施形態1に係る水素製造システムの構成模式図である。

40

【図8】本開示の実施形態1に係る水素製造システムの第1容器、第2容器、第3容器、及び第4容器の構成模式図である。

【図9】本開示の実施形態1に係る水素製造システムで設けられるカートリッジの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本開示の実施形態による水素製造システムについて、図面に基づいて説明する。以下で説明する実施形態は、本開示の一態様を示すものであり、この開示を限定するものではなく、本開示の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。

【0010】

50

(実施形態 1)

<本開示の実施形態 1 に係る水素製造システムの構成>

図 1 に示されるように、本開示の実施形態 1 に係る水素製造システム 1 は、第 1 容器 2 と第 2 容器 3 とを備えている。第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 は、水素化合物部材 4 を収容可能なように構成されている。第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 のいずれか又は両方の内部は、第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 の内部における水素化合物部材 4 の移動経路が長くなるように、例えば、第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 の内部において水素化合物部材 4 が上下動を繰り返しながら移動可能なように、ラビリンス構造 (2 e , 3 e) となるように構成されていてもよい。

【0011】

水素化合物部材 4 は、水素 (H) 以外の元素を X としたときに、化学式 $X_m H_n$ で表される水素化合物の二次元的な配列を含有する粉体物が粒子状の担体、例えばビーズに担持された構成を有している。化学量論比 $m : n$ は $1 : 1 \sim 3 : 4$ (例えば、 XH 、 XH_2 、 XH_3 、 XH_4 、 X_2H_3 、 X_3H_4) である。限定はしないが、元素 X は例えばホウ素 (B) である。

【0012】

第 1 容器 2 には、水素化合物部材 4 を第 1 容器 2 の内部に供給する供給口 2 a と、第 1 容器 2 の内部に収容された水素化合物部材 4 を流出させる流出口 2 b とが設けられている。第 2 容器 3 には、水素化合物部材 4 を第 2 容器 3 の内部に供給する供給口 3 a と、第 2 容器 3 の内部に収容された水素化合物部材 4 を流出させる流出口 3 b とが設けられている。流出口 2 b と供給口 3 a とを連通するように第 1 経路 5 が設けられ、流出口 3 b と供給口 2 a とを連通するように第 2 経路 6 が設けられている。

【0013】

後述する動作で説明するように、第 1 経路 5 を介して水素化合物部材 4 が第 1 容器 2 から第 2 容器 3 へ移動し、第 2 経路 6 を介して水素化合物部材 4 が第 2 容器 3 から第 1 容器 2 へ移動する。このため、第 1 経路 5 及び第 2 経路 6 のそれぞれには、粒子状物質である水素化合物部材 4 を移動させるための装置が設けられる。このような装置の構成については特に限定はしないが、例えば、粉体フィーダ をこのような装置として第 1 経路 5 及び第 2 経路 6 のそれぞれに設けることができる。

【0014】

第 1 経路 5 には、第 1 経路 5 を移動中の水素化合物部材 4 を冷却するための第 1 熱交換器 7 が設けられている。また、第 2 経路 6 には、第 2 経路 6 を移動中の水素化合物部材 4 を加熱するための第 2 熱交換器 8 が設けられている。第 1 熱交換器 7 及び第 2 熱交換器 8 のそれぞれにおいて水素化合物部材 4 と熱交換する熱媒体を共通化することができる。熱媒体を共通化させた構成では、熱媒体が第 1 熱交換器 7 と第 2 熱交換器 8 との間を循環する循環ライン 9 が設けられ、循環ライン 9 を熱媒体が循環するように、循環ライン 9 にポンプ 10 が設けられている。

【0015】

第 1 容器 2 には、一端が第 1 容器 2 の下部、好ましくは底部に接続されるとともに他端が第 1 容器 2 の上部、好ましくは頂部に接続されるガス循環ライン 11 が設けられている。後述する動作で説明するように、第 1 容器 2 に収容された水素化合物部材 4 から水素が放出されることから、ガス循環ライン 11 を流通するガスは、水素を含むガスである。ガス循環ライン 11 には、ガスを昇圧するための圧縮機 12 と、ガス循環ライン 11 を循環するガスを加熱するための第 3 熱交換器 13 とが設けられている。第 3 熱交換器 13 においてガス循環ライン 11 を循環するガスと熱交換する流体は、熱発生源 19 で生じた熱を吸収した流体又は熱発生源 19 で生じた熱で加熱された流体である。熱発生源 19 の具体的な構成については後述する。このような流体が流通する加熱流体ライン 20 は、熱発生源 19 から第 3 熱交換器 13 を通過するように延びている。

【0016】

また、ガス循環ライン 11 を循環するガスの一部を抜き出すために、ガス循環ライン 1

10

20

30

40

50

1 から抜き出しライン 1 5 が分岐している。抜き出しライン 1 5 が分岐する位置は特に限定しないが、例えば圧縮機 1 2 と第 3 熱交換器 1 3 との間とすることができる。抜き出しライン 1 5 は、ガス循環ライン 1 1 から抜き出されたガス、主成分を水素とするガスを貯蔵するための貯蔵タンク 1 6 に接続されている。

【 0 0 1 7 】

さらに、ガス循環ライン 1 1 には、第 1 容器 2 から流出したガスから固形成分を除去する集塵装置 1 7 (サイクロンやバグフィルター等) を設けてもよい。集塵装置 1 7 において除去された固形成分を供給口 2 a に戻すために、集塵装置 1 7 と供給口 2 a とを連通する回収ライン 1 8 を設けてもよい。

【 0 0 1 8 】

水素製造システム 1 は、第 2 容器 3 内に水を供給する水供給装置 3 0 を備えている。水供給装置 3 0 によって第 2 容器 3 内に供給される水とは、液体の水に限定されず、蒸気でもよいし、液体の水又は蒸気の少なくとも一方を含む流体でもよく、以下の説明において「水」とは、これらのいずれをも意味するものとする。水供給装置 3 0 の構成は特に限定しないが、実施形態 1 では一例として、水供給装置 3 0 は、水を貯留する給水タンク 3 1 と、一端が給水タンク 3 1 に接続されるとともに他端が第 2 容器 3 に接続される給水ライン 3 2 と、給水ライン 3 2 に設けられた給水ポンプ 3 3 とを含む構成を有するものとして説明する。尚、この構成では、給水ライン 3 2 の他端は、第 2 容器 3 内に収容される水素化合物部材 4 よりも下方で第 2 容器 3 に接続されること、すなわち、第 2 容器 3 内で水素化合物部材 4 よりも下方に水が供給されることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

給水ライン 3 2 には、給水タンク 3 1 と給水ポンプ 3 3 との間に、補給水を補給するための補給ライン 3 4 が接続されてもよい。補給ライン 3 4 には、補給ポンプ 3 5 が設けられている。また、給水ライン 3 2 には、給水ライン 3 2 を流通する水を加熱するための少なくとも 1 つの熱交換器を設けることができる。このような少なくとも 1 つの熱交換器として、実施形態 1 では、抜き出しライン 1 5 を流通するガスと水とが熱交換することにより水を加熱する第 1 加熱器 3 6 と、加熱流体ライン 2 0 を流通する流体と水とが熱交換することにより水を加熱する第 2 加熱器 3 7 とが設けられている。このため、抜き出しライン 1 5 は第 1 加熱器 3 6 を通過するように延びており、加熱流体ライン 2 0 は第 2 加熱器 3 7 を通過するように延びている。

【 0 0 2 0 】

第 2 容器 3 には、その上部、好ましくは頂部に流出ガスライン 4 1 の一端が接続されている。流出ガスライン 4 1 の他端は、流出ガスライン 4 1 を流通するガス、後述する動作で説明するように主成分を酸素とするガスを貯蔵するための貯蔵タンク 4 0 に接続されている。流出ガスライン 4 1 は給水タンク 3 1 を通過するように構成されてもよい。また、流出ガスライン 4 1 には、第 2 容器 3 から流出したガスから固形成分を除去する集塵装置 4 2 (サイクロンやバグフィルター等) を設けてもよい。集塵装置 4 2 において除去された固形成分を供給口 3 a に戻すために、集塵装置 4 2 と供給口 3 a とを連通する回収ライン 4 3 を設けてもよい。

【 0 0 2 1 】

< 本開示の実施形態 1 に係る水素製造システムの動作 >

次に、本開示の実施形態 1 に係る水素製造システム 1 の動作について説明する。第 1 容器 2 内に、水素を貯蔵した状態の水素化合物部材 4 が収容されている。圧縮機 1 2 を起動すると、第 1 容器 2 からガスが流出し、ガス循環ライン 1 1 をガスが流通して、ガスが再び第 1 容器 2 に流入するようにガスが循環する。熱発生源 1 9 で生じた熱を吸収した流体又は熱発生源 1 9 で生じた熱で加熱された流体が加熱流体ライン 2 0 を流通すると、第 3 熱交換器 1 3 においてこの流体とガス循環ライン 1 1 を流通するガスとが熱交換することにより、後者のガスが加熱される。このガスが約 1 5 0 ~ 約 3 0 0 の温度になるように、第 3 熱交換器 1 3 へ供給される流体の流量が調整される。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

第3熱交換器13においてガスが加熱されると、加熱されたガスが第1容器2に流入することで、第1容器2内に收容されている水素化合物部材4が加熱される。水素化合物部材4の温度が約150～約300の範囲になると、水素化合物部材4から水素が放出される。水素化合物部材4から水素が放出されることにより、第1容器2から流出するガス、すなわち、ガス循環ライン11を流通するガス中の水素濃度が上昇し、やがて、主成分を水素とするガスが循環するようになる。主成分を水素とするガスが循環するようになったら、循環するガスの一部を抜き出しライン15介して貯蔵タンク16に供給することによって、主成分を水素とするガスを貯蔵タンク16に貯蔵することができる。

【0023】

第1容器2内においてガスが水素化合物部材4の下方から上方に通り抜ける構成になっていると、ガスの流れによって水素化合物部材4が流動床を構成することがあり得る。そうすると、水素化合物部材4を構成する粒子同士が擦れ合って、塵等が発生するおそれがある。この塵がガスに同伴されて第1容器2から流出して圧縮機12に到達すると、圧縮機12の故障原因となり得る。圧縮機12と第1容器2との間においてガス循環ライン11に集塵装置17が設けられていれば、集塵装置17によって塵等が除去されるので、圧縮機12が故障するおそれを低減することができる。集塵装置17で回収された塵等は廃棄してもよいが、塵等には水素化合物の二次元的な配列を含有する成分が含まれている可能性があるため、回収ライン18を介して供給口2aに戻し、第1容器2内に再び供給して再利用してもよい。

【0024】

第1容器2内で水素を放出した水素化合物部材4は、流出口2bを介して第1容器2から流出し、第1経路5を介して第2容器3内に供給される。水素化合物部材4が第1経路5を通過する際、水素化合物部材4は、第1熱交換器7において熱媒体と熱交換することにより冷却される。第1熱交換器7では、水素化合物部材4が約150未満、好ましくは約80以上約150未満の温度となるように、第1熱交換器7における熱媒体の流量が調整される。このような温度範囲の水素化合物部材4が第2容器3内に供給されると、第1容器2の内部の温度よりも第2容器3の内部の温度が低くなる。

【0025】

第2容器3内の温度が約150未満、好ましくは約80以上約150未満であるとともに第2容器3内に水素化合物部材4が收容された状態で、水供給装置30が第2容器3内に水を供給する。具体的には、給水ポンプ33を起動することにより、給水タンク31から給水ライン32を介して適切な温度(約150未満、好ましくは約80以上約150未満)の水が第2容器3内に供給される。第1加熱器36及び第2加熱器37が設けられていれば、給水ライン32を流通する間に第1加熱器36及び第2加熱器37において水が加熱される。この場合、給水タンク31において水を加熱するためのエネルギーの消費が抑制され、さらに、抜き出しライン15を流通するガス及び加熱流体ライン20を流通する流体の熱を有効利用できるため、水素製造システム1全体の熱効率を向上することができる。尚、給水タンク31内の水量に応じて、適宜補給ポンプ35を起動することにより、補給ライン34を介して給水ライン32に補給水を供給することができる。

【0026】

第2容器3内に水が供給されると、水素化合物部材4の存在下で水が水素と酸素とに分解して、水素が水素化合物部材4に吸蔵される。これにより、水素化合物部材4は水素を貯蔵した状態となる。酸素は、第2容器3から流出して流出ガスライン41を流通し、貯蔵タンク40に供給され貯蔵される。

【0027】

流出ガスライン41に集塵装置42が設けられていれば、集塵装置42によって塵等が除去されるので、貯蔵タンク40に流入する塵等を低減することができる。集塵装置42で回収された塵等の取扱いは、集塵装置17と同じである。また、流出ガスライン41が給水タンク31を通過するように構成されていれば、流出ガスライン41を流通するガスに含まれる水を給水タンク31でトラップすることができるため、貯蔵タンク40に水が

10

20

30

40

50

溜まることを抑制できる。

【0028】

第2容器3内で水素を貯蔵した状態となった水素化合物部材4は、流出口3bを介して第2容器3から流出し、第2経路6を介して第1容器2内に供給される。水素化合物部材4が第2経路6を通過する際、水素化合物部材4は、第2熱交換器8において熱媒体と熱交換することにより加熱される。第2熱交換器8では、水素化合物部材4が約150～約300の温度となるように、第2熱交換器8における熱媒体の流量が調整される。

【0029】

このように、実施形態1に係る水素製造システム1では、温度の高い第1容器2内で水素化合物部材4から水素を放出した後、温度の低い第2容器3内に水素化合物部材4を移動させて水素化合物部材4に水素を貯蔵させて、水素を貯蔵させた水素化合物部材4を再び第1容器2内に移動させることができる。このような動作により、水素化合物部材4の温度のみを上下させればよく、水素化合物部材4を収容する第1容器2及び第2容器3の温度変化を可能な限り抑制することができるので、熱効率を向上することができ、その結果、水素の製造コストを改善することができる。また、第1経路5又は第2経路6の少なくとも一方に、第1経路5又は第2経路6を移動する水素化合物部材4を取り出すとともに新しい水素化合物部材4を第1経路5及び第2経路6に供給するための、すなわち、水素化合物部材4を交換するための交換部38を設けておけば、水素化合物部材4が第1容器2と第2容器3との間を移動する際に、水素製造システム1から水素化合物部材4を取り出し、新たな水素化合物部材4を水素製造システム1に供給することによって、容易に水素化合物部材4の交換を行うことができる。尚、交換部38は、第1経路5及び第2経路6のどの位置に設けてもよい。さらに、交換部38は例えば、開閉弁付きの配管とすることができるが、この構成に限定するものではない。

【0030】

<本開示の実施形態1に係る水素製造システムの変形例>

上述の動作では、水素化合物部材4がバッチ的に第1容器2及び第2容器3に順次流入し流出しているが、このような形態に限定するものではない。第1容器2と第1経路15と第2容器3と第2経路6とに水素化合物部材4を充填し、水素化合物部材4が第1容器2及び第2容器3間を循環するように水素製造システム1を運転することもできる。すなわち、水素化合物部材4が連続的に第1容器2及び第2容器3に流入及び流出するようにすることもできる。このような形態の場合、第1熱交換器7及び第2熱交換器8のそれぞれにおいて水素化合物部材4と熱交換する熱媒体を共通化することにより、第1容器2から第2容器3へ移動する水素化合物部材4の熱で、第2容器3から第1容器2へ移動する水素化合物部材4を加熱できるので、熱効率をさらに向上することができ、その結果、水素の製造コストをさらに改善することができる。

【0031】

また、第1容器2及び第2容器3に連続的に水素化合物部材4が流入及び流出する形態の場合、第1容器2及び第2容器3の内部をラビリンス構造2e、3eとなるように構成することにより、それぞれの容器内における水素化合物部材4の滞留時間を確保することができ、水素の放出及び水素の貯蔵をより確実にを行うことができる。

【0032】

<熱発生源19の構成>

図2には、熱発生源19を含むアンモニア製造システム110の構成模式図が記載されている。アンモニア製造システム110は、原料調製部111と、アンモニア合成部112と、アンモニア回収部113とを備えている。アンモニア合成部112は、水素及び窒素から生成されたアンモニアガスと原料の残りである水素及び窒素との混合ガスをアンモニア回収部113に供給する前に冷却する熱交換器114を備えている。熱交換器114において混合ガスと熱交換された流体が加熱流体ライン20を介して水素製造システム1に供給される。この形態では熱交換器114が熱発生源19としての熱発生装置であり、アンモニア合成反応に伴う排熱が、第3熱交換器13(図1参照)におけるガスの加熱及

10

20

30

40

50

び第2加熱器37(図1参照)における水の加熱に使用される。尚、この形態では、貯蔵タンク16に貯蔵された水素を、原料調製部111に供給して、アンモニア合成の原料として使用することもできる。

【0033】

図3には、熱発生源19を含む発電システム120の構成模式図が記載されている。発電システム120は、ガスタービン121及び発電機122を備えている。ガスタービン121において、圧縮機121aによって圧縮された空気を燃焼器121bに供給して燃料を燃焼させ、燃料の燃焼によって生じた燃焼ガスによってタービン121cが駆動される。タービン121cによって発電機122が駆動されて発電が行われる。タービン121cからの排ガスの一部を、加熱流体ライン20を介して水素製造システム1に供給してもよいし、図示しない熱交換器で排ガスと熱交換することにより加熱された流体を、加熱流体ライン20を介して水素製造システム1に供給してもよい。この形態ではガスタービン121が熱発生源19としての熱発生装置であり、ガスタービン121の排熱が、第3熱交換器13(図1参照)におけるガスの加熱及び第2加熱器37(図1参照)における水の加熱に使用される。尚、この形態では、貯蔵タンク16に貯蔵された水素を、燃焼器121bに供給される燃料又はその一部として使用することもできる。

10

【0034】

図4には、熱発生源19を含む燃料電池システム130の構成模式図が記載されている。燃料電池システム130は固体酸化物型の燃料電池(SOFC)131を備えている。燃料電池131において空気と都市ガス等の燃料との反応によって電気が発生し、反応後の排ガスが生じる。排ガスにはこの反応の反応熱が含まれているので、燃料電池131からの排ガスの一部を、加熱流体ライン20を介して水素製造システム1に供給してもよいし、図示しない熱交換器で排ガスと熱交換することにより加熱された流体を、加熱流体ライン20を介して水素製造システム1に供給してもよい。この形態では燃料電池131が熱発生源19としての熱発生装置であり、燃料電池131における反応熱が、第3熱交換器13(図1参照)におけるガスの加熱及び第2加熱器37(図1参照)における水の加熱に使用される。尚、この形態では、貯蔵タンク16に貯蔵された水素を、燃料電池131に供給される燃料又はその一部として使用することもできる。

20

【0035】

図5には、熱発生源19を含む製鉄システム140の構成模式図が記載されている。製鉄システム140は、酸化鉄を還元するための炉141と、天然ガスを改質するための改質装置142と、熱交換器143とを備えている。改質装置142における天然ガスの改質反応のために供給される熱として、天然ガスを燃焼させることにより生じる熱を利用している。熱交換器143は、改質装置142において改質される天然ガスと、天然ガスの燃焼ガスとを熱交換するものである。熱交換器143からの燃焼ガスが加熱流体ライン20を介して水素製造システム1に供給される。この形態では改質装置142が熱発生源19としての熱発生装置であり、天然ガスの改質のために使用される天然ガスの燃焼反応の一部が、第3熱交換器13(図1参照)におけるガスの加熱及び第2加熱器37(図1参照)における水の加熱に使用される。尚、この形態では、貯蔵タンク16に貯蔵された水素を、炉141における酸化鉄の還元反応($Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$)に使用することもできる。

30

40

【0036】

図6には、熱発生源19としての太陽光集光装置150の構成模式図が記載されている。太陽光集光装置150は、加熱流体ライン20を流通する流体に太陽光を集光して照射することによって流体を加熱するものである。太陽光集光装置150の構成は特に限定するものではなく、例えば、放物面トラフ、太陽光発電タワー、パラボラディッシュのいずれのタイプの装置を使用できるが、最高加熱温度やコスト等を考慮すると、放物面トラフのタイプの装置が好ましい。この形態では、太陽光の熱が、第3熱交換器13(図1参照)におけるガスの加熱及び第2加熱器37(図1参照)における水の加熱に使用される。

【0037】

50

(実施形態2)

次に、実施形態2に係る水素製造システムについて説明する。実施形態2に係る水素製造システムは、実施形態1に対して、第1容器2及び第2容器3の構成を変更したものである。尚、実施形態2において、実施形態1の構成要件と同じものは同じ参照符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0038】

<本開示の実施形態2に係る水素製造システムの構成>

図7に示されるように、本開示の実施形態2に係る水素製造システム1は、第1容器2及び第2容器3の他に、第3容器44及び第4容器45を備えている。第3容器44は、第1容器2と第2容器3との間に設けられ、第4容器45は、第2容器3に対して第3容器44とは反対側に設けられている。

10

【0039】

図8に示されるように、第1容器2は、互いに対向する位置に開口する入口2c及び2dを備えている。同様に、第2容器3、第3容器44及び第4容器45もそれぞれ、互いに対向する位置に開口する入口3c、44c及び45c並びに出口3d、44d及び45dを備えている。第1容器2の出口2dと第3容器44の入口44cとは連結され、第3容器44の出口44dと第2容器3の入口3cとは連結され、第2容器3の出口3dと第4容器45の入口45cとは連結されている。図7及び8のいずれにも図示されていないが、第4容器45の出口45dは、図示しない経路を介して第1容器2の入口2cと連通するように構成されている。

20

【0040】

図7に示されるように、実施形態2に係る水素製造システム1は、水素化合物部材4(図9参照)を収容したカートリッジ50を使用する。カートリッジ50は、多孔質性の筒状部材51と、筒状部材51の開口した両端を塞ぐ2つの蓋52, 52とを備えている。蓋52, 52のそれぞれの外周面には、Oリング等のシール部材53が設けられている。第1容器2の入口2c及び出口2d(図8参照)のそれぞれにカートリッジ50の蓋52, 52のそれぞれが嵌合するとともに第1容器2の内部に筒状部材51が位置するようにカートリッジ50を第1容器2に設置可能である。各蓋52と入口2c及び出口2dとのそれぞれの間は、シール部材53によってシールされている。カートリッジ50は、第2容器3と第3容器44と第4容器45とのそれぞれに対しても同様にして設置可能である。

30

【0041】

図9に示されるように、筒状部材51の内部には水素化合物部材4が収容されている。水素化合物部材4が筒状部材51に形成された孔から出ないように、筒状部材51に形成された孔のサイズは、水素化合物部材4の粒子サイズよりも小さくなっている。筒状部材51内に水素化合物部材4が収容されているので、図7のようにカートリッジ50を第1容器2と第2容器3と第3容器44と第4容器45とのそれぞれに設置することにより、水素化合物部材4が第1容器2と第2容器3と第3容器44と第4容器45とのそれぞれに収容される。

【0042】

図7に示されるように、第3容器44には第1パーズライン61が接続されている。第1パーズライン61は貯蔵タンク16に接続されている。第1パーズライン61には、第3容器44から貯蔵タンク16に向かう方向に順次、開閉弁62と、水が貯留されたタンク63と、サージタンク64と、真空ポンプ65とが設けられている。第4容器45には、給水ライン32から分岐した分岐ライン71と、流出ガスライン41に接続される第2パーズライン72とが接続されている。その他の構成は実施形態1と同じである。

40

【0043】

<本開示の実施形態2に係る水素製造システムの動作>

次に、図7を参照しながら、本開示の実施形態2に係る水素製造システム1の動作について説明する。水素を貯蔵した状態の水素化合物部材4を内部に収容したカートリッジ50を第1容器2に設置する。実施形態1と同様の動作で、第3熱交換器13で加熱された

50

ガスが第1容器2に流入すると、第1容器2に設置されたカートリッジ50の筒状部材51は多孔質性なので、加熱されたガスが筒状部材51に流入し、水素化合物部材4を加熱する。これにより、水素化合物部材4から水素が放出され、実施形態1と同様の動作で、主成分を水素とするガスが貯蔵タンク16に貯蔵される。

【0044】

第1容器2において水素の放出を終えたら、第1容器2に設置されたカートリッジ50を第3容器44に移動させて第3容器44に設置する。この動作と同時に、水素を貯蔵した状態の水素化合物部材4を内部に収容した別のカートリッジ50を第1容器2に設置し、第1容器2において上述した動作によって水素の放出を継続することができる。

【0045】

第3容器44にカートリッジ50を設置後、開閉弁62を開き、真空ポンプ65を起動することにより、第3容器44の内部のガスを第3容器44から流出させる。カートリッジ50の筒状部材51は多孔質性なので、カートリッジ50の内部のガス、主に水素も筒状部材51から流出し、第3容器44から流出する。第1容器2から移動された直後のカートリッジ50の内部のガスの温度は約150～約300程度であるが、カートリッジ50の内部のガスを流出させることにより、カートリッジ50の内部、すなわち水素化合物部材4の温度が低下する。水素化合物部材4は、約150未満、好ましくは約80以上約150未満の温度となるように冷却されることが好ましい。第3容器44から流出したガス、主に水素は、第1パーズライン61を流通し、貯蔵タンク16に供給される。第1パーズライン61を流通する間に、ガスに含まれる水分がタンク63でトラップされる。また、真空ポンプ65の起動直後のように、第1パーズライン61を流通するガス量が急増したような場合は、サージタンク64においてガスの流れを整えることができる。

【0046】

次に、第3容器44に設置されたカートリッジ50を第2容器3に移動させて第2容器3に設置する。この動作と同時に、第1容器2に設置されたカートリッジ50を第3容器44に移動させて第3容器44に設置し、上述した動作で、カートリッジ50の内部のガスを除去することができる。さらに、水素を貯蔵した状態の水素化合物部材4を内部に収容した別のカートリッジ50を第1容器2に設置し、第1容器2において上述した動作によって水素の放出を継続することができる。

【0047】

第2容器3にカートリッジ50を設置後、水供給装置30が第2容器3内に適切な温度の水を供給すると、第2容器3に設置されたカートリッジ50の内部に水が流入する。これにより、実施形態1で説明した原理で水素が水素化合物部材4に吸蔵され、水素化合物部材4は水素を貯蔵した状態となる。尚、第2容器3に設置されたカートリッジ50は、第3容器44において水素が除去されているので、第2容器3はカートリッジ50による水素の持ち込みが抑制される。第2容器3に水素が持ち込まれた状態で水が水素及び酸素に分解する反応が生じると、第2容器3内において酸素と水素との反応によって爆発するリスクが生じるが、このようリスクを低減することができる。水素が水素化合物部材4に吸蔵される際に生成した酸素は、第2容器3から流出後、実施形態1と同様の動作で貯蔵タンク40に貯蔵される。

【0048】

次に、第2容器3に設置されたカートリッジ50を第4容器45に移動させて第4容器45に設置する。この動作と同時に、第3容器44に設置されたカートリッジ50を第2容器3に移動させて第2容器3に設置するとともに第1容器2に設置されたカートリッジ50を第3容器44に移動させて第3容器44に設置し、上述した動作で、第2容器3に設置したカートリッジ50内の水素化合物部材4に水素を吸蔵させるとともに第3容器44に設置したカートリッジ50の内部のガスを除去することができる。さらに、水素を貯蔵した状態の水素化合物部材4を内部に収容した別のカートリッジ50を第1容器2に設置し、第1容器2において上述した動作によって水素の放出を継続することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

第 4 容器 4 5 にカートリッジ 5 0 を設置後、給水ライン 3 2 を流通する水の一部を、分岐ライン 7 1 を介して第 4 容器 4 5 に流入させる。第 2 容器 3 に供給される水は、液体の水でも、蒸気でも、液体の水又は蒸気の少なくとも一方を含む流体でもよいが、第 4 容器 4 5 が設けられている場合は、水を蒸気の形態（水蒸気）であることが好ましい。水蒸気を第 4 容器 4 5 に流入させると、第 4 容器 4 5 に設置されたカートリッジ 5 0 の内部に水蒸気が流入することによって、カートリッジ 5 0 の内部にあったガス、主に酸素がカートリッジ 5 0 から流出する。カートリッジ 5 0 から流出した酸素は、水蒸気とともに第 4 容器 4 5 から流出し、第 2 パージライン 7 2 を介して流出ガスライン 4 1 に流入し、第 2 容器 3 からの酸素と共に実施形態 1 と同様の動作で貯蔵タンク 4 0 に貯蔵される。

10

【 0 0 5 0 】

第 4 容器 4 5 に設置されたカートリッジ 5 0 を再び第 1 容器 2 に移動させて第 1 容器 2 に設置すれば、上述した動作で再び水素の放出が可能となる。また、これと同時に、第 2 容器 3 と第 3 容器 4 4 と第 1 容器 2 とのそれぞれに設置されたカートリッジ 5 0 をそれぞれ移動させて、第 4 容器 4 5 と第 2 容器 3 と第 3 容器 4 4 のそれぞれに設置し、上述した各動作を継続することができる。尚、第 1 容器 2 に再び設置されたカートリッジ 5 0 は、第 4 容器 4 5 において、カートリッジ 5 0 の内部から酸素が除去されているので、第 1 容器 2 はカートリッジ 5 0 による酸素の持ち込みが抑制される。第 1 容器 2 に酸素が持ち込まれた状態で水素が放出されると、第 1 容器 2 内において酸素と水素との反応によって爆発するリスクが生じるが、このようなリスクを低減することができる。

20

【 0 0 5 1 】

このように、実施形態 2 に係る水素製造システム 1 では、カートリッジ 5 0 を移動させることで水素化合物部材 4 を、第 1 容器 2 と第 3 容器 4 4 との間、第 3 容器 4 4 と第 2 容器 3 との間、第 2 容器 3 と第 4 容器 4 5 との間、第 4 容器 4 5 と第 1 容器 2 とに間のそれぞれを移動させることができるので、水素化合物部材 4 の移動を容易に行うことができる。また、カートリッジ 5 0 を交換することで水素化合物部材 4 の交換もできるので、水素化合物部材 4 の交換を容易に行うことができる。

【 0 0 5 2 】

< 本開示の実施形態 2 に係る水素製造システムの変形例 >

実施形態 2 では、水素製造システム 1 は、第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 の他に、第 3 容器 4 4 及び第 4 容器 4 5 を備えているが、この形態に限定するものではない。第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 のみを有する形態であってもよいし、第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 の他に第 3 容器 4 4 を有する形態、又は、第 1 容器 2 及び第 2 容器 3 の他に第 4 容器 4 5 を有する形態であってもよい。ただし、第 3 容器 4 4 及び第 4 容器 4 5 を備えることで、上述したように、水素と酸素との反応による爆発のリスクを低減することができる。

30

【 0 0 5 3 】

実施形態 2 では、図示しない経路を介して第 4 容器 4 5 の出口 4 5 d と第 1 容器 2 の入口 2 c とを連通するように構成しているが、この形態に限定するものではない。第 1 容器 2 と第 3 容器 4 4 と第 2 容器 3 と第 4 容器 4 5 とからなる容器群の他に、同じ構成の他の容器群を設け、一方の容器群の第 4 容器 4 5 の出口 4 5 d と他方の容器群の第 1 容器 2 の入口 2 c とを連通するように構成してもよい。尚、容器群の個数は 2 つに限定されず、3 つ以上の容器群を設けることもできる。

40

【 0 0 5 4 】

上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

【 0 0 5 5 】

[1] 一の態様に係る水素製造システムは、

水素化合物部材（ 4 ）と、

第 1 容器（ 2 ）と、

内部の温度が前記第 1 容器（ 1 ）の内部の温度よりも低い第 2 容器（ 3 ）と、

前記第 2 容器（ 3 ）内に水を供給する水供給装置（ 3 0 ）と

50

を備え、

前記第 1 容器 (2) 内に收容される前記水素化合物部材 (4) を前記第 2 容器 (3) 内に移動可能であるとともに前記第 2 容器 (3) 内に收容される前記水素化合物部材 (4) を前記第 1 容器 (2) 内に移動可能に構成されている。

【 0 0 5 6 】

本開示の水素製造システムによれば、温度の高い第 1 容器内で水素化合物部材から水素を放出した後、温度の低い第 2 容器内に水素化合物部材を移動させて水素化合物部材に水素を貯蔵させて、水素を貯蔵させた水素化合物部材を再び第 1 容器内に移動させることができる。このような動作により、水素化合物部材の温度のみを上下させればよく、水素化合物部材を收容する第 1 容器及び第 2 容器の温度変化を可能な限り抑制することができるので、熱効率を向上することができ、その結果、水素の製造コストを改善することができる。

10

【 0 0 5 7 】

[2] 別の態様に係る水素製造システムは、[1] の水素製造システムであって、

前記第 1 容器 (2) から前記第 2 容器 (3) へ前記水素化合物部材 (4) が移動する第 1 経路 (5) と、

前記第 2 容器 (3) から前記第 1 容器 (2) へ前記水素化合物部材 (4) が移動する第 2 経路 (6) と、

前記第 1 経路 (5) を移動する前記水素化合物部材 (4) を冷却する第 1 熱交換器 (7) と、

20

前記第 2 経路 (6) を移動する前記水素化合物部材 (4) を加熱する第 2 熱交換器 (8) と、

前記第 1 熱交換器 (7) 及び前記第 2 熱交換器 (8) において前記水素化合物部材 (4) と熱交換する熱媒体が前記第 1 熱交換器 (7) と前記第 2 熱交換器 (8) との間を循環する循環ライン (9) と

を備える。

【 0 0 5 8 】

このような構成によれば、第 1 容器から第 2 容器へ移動する水素化合物部材の熱で、第 2 容器から第 1 容器へ移動する水素化合物部材を加熱できるので、熱効率をさらに向上させることができ、その結果、水素の製造コストをさらに改善することができる。

30

【 0 0 5 9 】

[3] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[2] の水素製造システムであって、

前記第 1 経路 (5) 又は前記第 2 経路 (6) の少なくとも一方には、前記第 1 経路 (5) 又は前記第 2 経路 (6) を移動する前記水素化合物部材 (4) を取り出すとともに取り出した前記水素化合物部材 (4) とは異なる新しい水素化合物部材 (4) を前記第 1 経路 (5) 又は前記第 2 経路 (6) に供給するための交換部 (3 8) が設けられている。

【 0 0 6 0 】

このような構成によれば、水素化合物部材が第 1 容器と第 2 容器との間を移動する際に、水素製造システムから水素化合物部材を取り出し、新たな水素化合物部材を水素製造システムに供給することによって、容易に水素化合物部材の交換を行うことができる。

40

【 0 0 6 1 】

[4] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1] ~ [3] のいずれかの水素製造システムであって、

前記第 1 容器 (2) 及び前記第 2 容器 (3) のいずれか又は両方の内部はラビリンス構造 (2 e , 3 e) となるように構成されている。

【 0 0 6 2 】

このような構成によれば、第 1 容器及び第 2 容器のいずれか又は両方の内部における水素化合物部材の滞留時間を確保することができ、水素の放出及び水素の貯蔵をより確実に行うことができる。

【 0 0 6 3 】

50

[5] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1] ~ [4] のいずれかの水素製造システムであって、

前記第 1 容器 (2) 内のガスが前記第 1 容器 (2) から流出し前記第 1 容器 (2) に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ライン (1 1) と、

前記ガス循環ライン (1 1) に設けられ、該ガス循環ライン (1 1) を流通する前記ガスから固形成分を除去する集塵装置 (1 7) とを備える。

【 0 0 6 4 】

第 1 容器内においてガスが水素化合物部材の下方から上方に通り抜ける構成になっていると、ガスの流れによって水素化合物部材が流動床を構成することがあり得る。そうすると、水素化合物部材を構成する粒子同士が擦れ合って、塵等が発生するおそれがある。この塵がガスに同伴されて第 1 容器から流出すると、ガスを昇圧するための圧縮機が設けられている場合、この塵が圧縮機に到達することで圧縮機の故障原因となり得る。これに対し、圧縮機と第 1 容器との間においてガス循環ラインに集塵装置が設けられていれば、集塵装置によって塵等が除去されるので、圧縮機が故障するおそれを低減することができる。

【 0 0 6 5 】

[6] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[5] の水素製造システムであって、

前記集塵装置 (1 7) によって除去された前記固形成分を、前記第 2 容器 (3) から前記第 1 容器 (2) へ移動する前記水素化合物部材 (4) に供給する回収ライン (1 8) を備える。

【 0 0 6 6 】

集塵装置によって除去された塵等には水素化合物の二次元的な配列を含有する成分が含まれている可能性があるので、第 2 容器から第 1 容器へ移動する水素化合物部材に回収ラインを介して塵等を供給することにより、第 1 容器内で再利用することができる。

【 0 0 6 7 】

[7] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1] の水素製造システムであって、多孔質性の筒状部材 (5 1) の両端を蓋 (5 2) で塞いだカートリッジ (5 0) の内部に前記水素化合物部材 (4) が収容され、

前記第 1 容器 (2) 及び前記第 2 容器 (3) は入口 (2 c / 3 c) 及び出口 (2 d / 3 d) を有し、

前記第 1 容器 (2) の前記入口 (2 c) 及び前記出口 (2 d) のそれぞれに前記カートリッジ (5 0) の前記蓋 (5 2) のそれぞれが嵌合するとともに前記第 1 容器 (2) の内部に前記筒状部材 (5 1) が位置するように前記カートリッジ (5 0) が前記第 1 容器 (2) に設置されることによって、前記水素化合物部材 (4) が前記第 1 容器 (2) 内に収容可能であり、

前記第 2 容器 (3) の前記入口 (3 c) 及び前記出口 (3 d) のそれぞれに前記カートリッジ (5 0) の前記蓋 (5 2) のそれぞれが嵌合するとともに前記第 2 容器 (3) の内部に前記筒状部材 (5 1) が位置するように前記カートリッジ (5 0) が前記第 2 容器 (3) に設置されることによって、前記水素化合物部材 (4) が前記第 2 容器 (3) 内に収容可能であり、

前記第 1 容器 (2) に設置される前記カートリッジ (5 0) は前記第 2 容器 (3) に設置されるように移動可能であるとともに前記第 2 容器 (3) に設置される前記カートリッジ (5 0) は前記第 1 容器 (2) に設置されるように移動可能に構成されている。

【 0 0 6 8 】

このような構成によれば、カートリッジを移動させることで水素化合物部材を第 1 容器と第 2 容器との間を移動させることができるので、水素化合物部材の第 1 容器と第 2 容器との間の移動を容易に行うことができる。また、カートリッジを交換することで水素化合物部材の交換もできるので、水素化合物部材の交換を容易に行うことができる。

【 0 0 6 9 】

[8] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[7] の水素製造システムであって、

入口(44c)及び出口(44d)を有する第3容器(44)が前記第1容器(2)と前記第2容器(3)との間に設けられ、

前記第3容器(44)の前記入口(44c)及び前記出口(44d)のそれぞれに前記カートリッジ(50)の前記蓋(52)のそれぞれが嵌合するとともに前記第3容器(44)の内部に前記筒状部材(51)が位置するように前記カートリッジ(50)が前記第3容器(44)に設置されることによって、前記水素化合物部材(4)が前記第3容器(44)に収容可能であり、

前記第1容器(2)に設置される前記カートリッジ(50)は前記第3容器(44)に設置されるように移動可能であるとともに前記第3容器(44)に設置される前記カートリッジ(50)は前記第2容器(3)に設置されるように移動可能に構成され、

前記水素製造システム(1)は、前記第3容器(44)内のガスがパージされる第1パージライン(61)を備える。

【0070】

このような構成によれば、水素化合物部材を第2容器へ移動させる前に、カートリッジ内に残留する水素を第3容器においてパージすることができるので、第2容器に流入する水素を抑制することができ、その結果、第2容器内において酸素と水素との反応による爆発のリスクを低減することができる。

【0071】

[9]さらに別の態様に係る水素製造システムは、[7]または[8]の水素製造システムであって、

入口(45c)及び出口(45d)を有する第4容器(45)が前記第2容器(3)と前記第1容器(2)との間に設けられ、

前記第4容器(45)の前記入口(45c)及び前記出口(45d)のそれぞれに前記カートリッジ(50)の前記蓋(52)のそれぞれが嵌合するとともに前記第4容器(45)の内部に前記筒状部材(51)が位置するように前記カートリッジ(50)が前記第4容器(45)に設置されることによって、前記水素化合物部材(4)が前記第4容器(45)に収容可能であり、

前記第2容器(3)に設置される前記カートリッジ(50)は前記第4容器(45)に設置されるように移動可能であるとともに前記第4容器(45)に設置される前記カートリッジ(50)は前記第1容器(2)に設置されるように移動可能に構成され、

前記水素製造システム(1)は、前記第4容器(45)内のガスがパージされる第2パージライン(72)を備える。

【0072】

このような構成によれば、水素化合物部材を第1容器へ移動させる前に、カートリッジ内に残留する酸素を第4容器においてパージすることができるので、第1容器に流入する酸素を抑制することができ、その結果、第1容器内において酸素と水素との反応による爆発のリスクを低減することができる。

【0073】

[10]さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1]～[9]のいずれかの水素製造システムであって、

前記第1容器(2)内のガスが前記第1容器(2)から流出し前記第1容器(2)に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ライン(11)と、

前記ガス循環ライン(11)を循環する前記ガスの一部を抜き出す抜き出しライン(15)と、

前記抜き出しライン(15)を流通する前記ガスと、前記水供給装置(30)によって前記第2容器(3)へ供給される前記水とを熱交換することにより、前記水を加熱する第1加熱器(36)と

を備える。

【0074】

このような構成によれば、抜き出しラインを流通するガスの熱を有効利用して、第2容

10

20

30

40

50

器へ供給される水を加熱できるので、水素製造システム全体の熱効率を向上することができる。

【 0 0 7 5 】

[1 1] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1] ~ [1 0] のいずれかの水素製造システムであって、

前記第 1 容器 (2) 内のガスが前記第 1 容器 (2) から流出し前記第 1 容器 (2) に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ライン (1 1) と、

熱発生装置 (熱発生源 1 9) と、

前記ガス循環ライン (1 1) を循環する前記ガスと前記熱発生装置 (1 9) で生じる熱を吸収した流体とが熱交換する第 3 熱交換器 (1 3) と
を備える。

10

【 0 0 7 6 】

このような構成によれば、熱発生装置で生じた熱によって水素化合物部材を加熱するので、熱効率をさらに向上することができ、その結果、水素の製造コストをさらに改善することができる。

【 0 0 7 7 】

[1 2] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1 1] の水素製造システムであって、

前記第 3 熱交換器 (1 3) において前記ガスと熱交換した前記流体と、前記水供給装置 (3 0) によって前記第 2 容器 (3) へ供給される前記水とを熱交換することにより、前記水を加熱する第 2 加熱器 (3 7) を備える。

20

【 0 0 7 8 】

このような構成によれば、第 3 熱交換器においてガスと熱交換した流体の熱を有効利用して、第 2 容器へ供給される水を加熱できるので、水素製造システム全体の熱効率を向上することができる。

【 0 0 7 9 】

[1 3] さらに別の態様に係る水素製造システムは、[1] ~ [1 0] のいずれかの水素製造システムであって、

前記第 1 容器 (2) 内に流入したガスが前記第 1 容器 (2) から流出し前記第 1 容器 (2) に再び流入するように前記ガスが循環するガス循環ライン (1 1) と、

太陽光を集光する太陽光集光装置 (1 5 0) と、

前記ガス循環ライン (1 1) を循環する前記ガスと前記太陽光集光装置 (1 5 0) が集光した前記太陽光を照射されて加熱された流体とが熱交換する第 3 熱交換器 (1 3) とを備える。

30

【 0 0 8 0 】

このような構成によれば、太陽光の熱によって水素化合物部材を加熱するので、熱効率をさらに向上することができ、その結果、水素の製造コストをさらに改善することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

- 1 水素製造システム
- 2 第 1 容器
 - 2 c (第 1 容器の) 入口
 - 2 d (第 1 容器の) 出口
 - 2 e ラビリンス構造
- 3 第 2 容器
 - 3 c (第 2 容器の) 入口
 - 3 d (第 2 容器の) 出口
 - 3 e ラビリンス構造
- 4 水素化合物部材

40

50

5	第1経路	
6	第2経路	
7	第1熱交換器	
8	第2熱交換器	
9	循環ライン	
11	ガス循環ライン	
13	第3熱交換器	
15	抜き出しライン	
17	集塵装置	
18	回収ライン	10
19	熱発生源(熱発生装置)	
30	水供給装置	
36	第1加熱器	
37	第2加熱器	
38	交換部	
44	第3容器	
44c	(第3容器の)入口	
44d	(第3容器の)出口	
45	第4容器	
45c	(第4容器の)入口	20
45d	(第4容器の)出口	
50	カートリッジ	
51	筒状部材	
52	蓋	
61	第1パージライン	
72	第2パージライン	
150	太陽光集光装置	

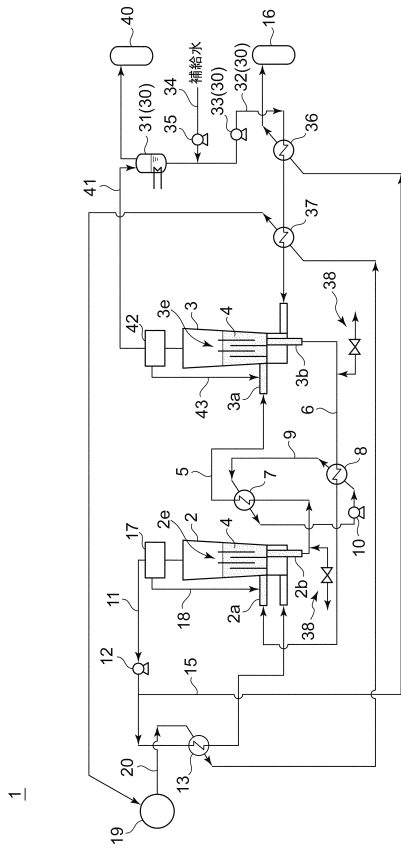
30

40

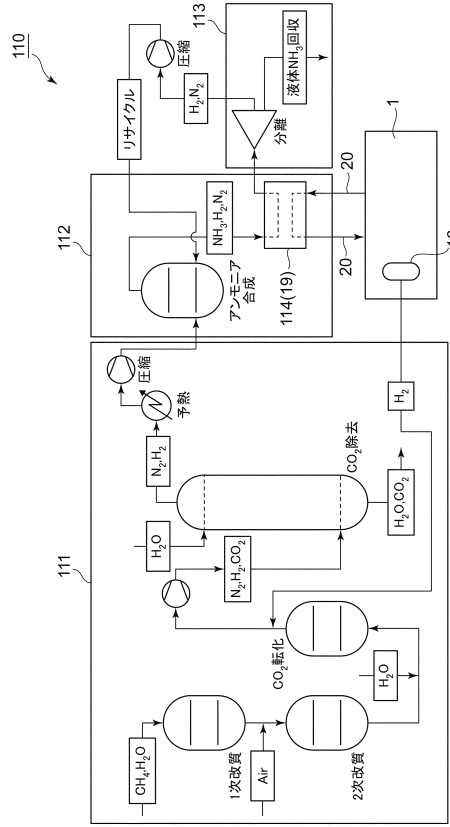
50

【図面】

【図 1】



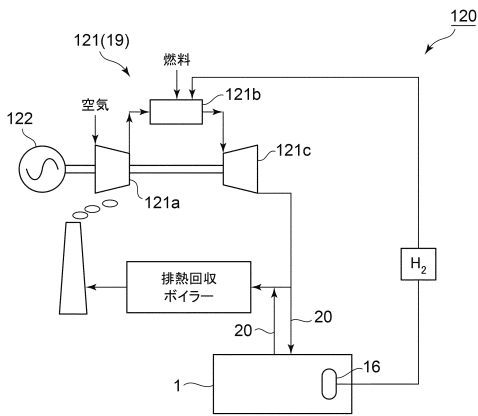
【図 2】



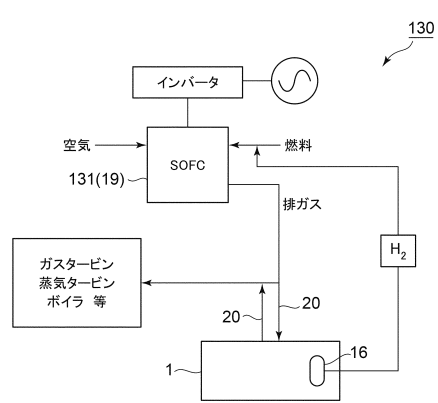
10

20

【図 3】



【図 4】

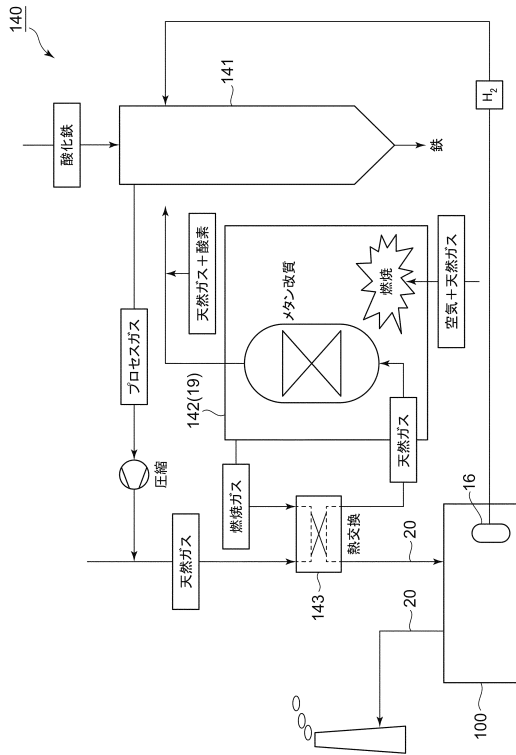


30

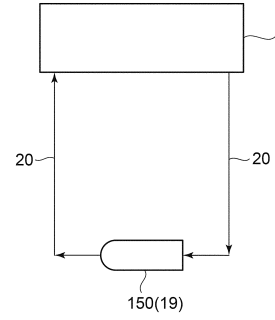
40

50

【図5】



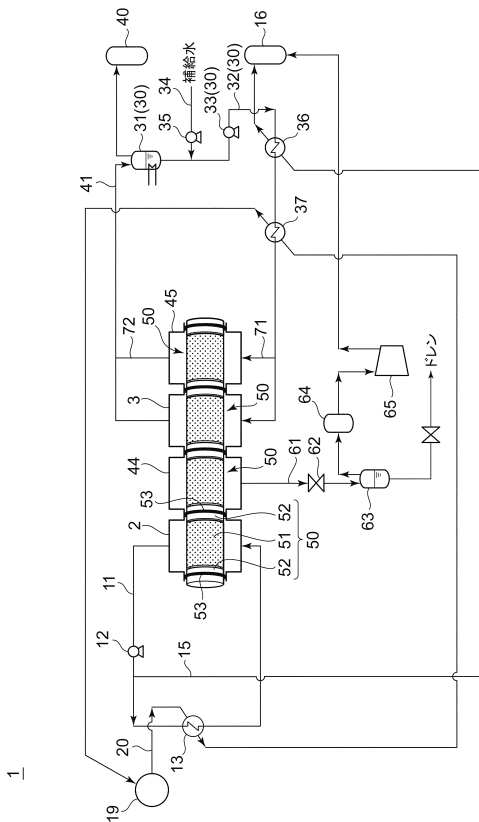
【図6】



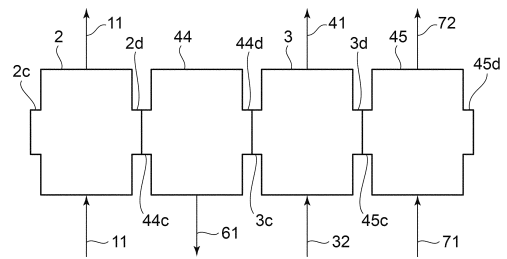
10

20

【図7】



【図8】

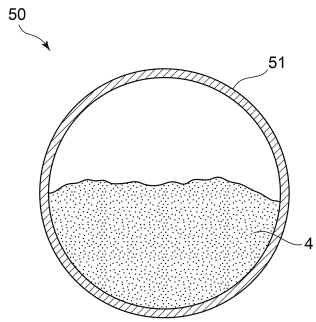


30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2020-169107(JP,A)
特開2011-099511(JP,A)
特開2003-227598(JP,A)
特開2005-187280(JP,A)
中国特許出願公開第112429702(CN,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|------|---|------|
| C01B | 3/00 | - | 3/58 |
| C01C | 1/00 | - | 1/28 |