

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6738422号
(P6738422)

(45) 発行日 令和2年8月12日(2020.8.12)

(24) 登録日 令和2年7月21日(2020.7.21)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/0612 (2016.01)	HO 1 M 8/0612
CO 1 B 3/26 (2006.01)	CO 1 B 3/26
HO 1 M 8/04014 (2016.01)	HO 1 M 8/04014
HO 1 M 8/04 (2016.01)	HO 1 M 8/04 J
HO 1 M 8/04746 (2016.01)	HO 1 M 8/04746

請求項の数 14 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2018-531595 (P2018-531595)	(73) 特許権者	517291346
(86) (22) 出願日	平成28年11月25日 (2016.11.25)		シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2019-502236 (P2019-502236A)		Siemens Aktiengesellschaft
(43) 公表日	平成31年1月24日 (2019.1.24)		ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴェアナー-フォン-シーメンス-シュトラッセ 1
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/078791		Werner-von-Siemens-Str. 1, D-80333 Muenchen, Germany
(87) 国際公開番号	W02017/102285	(74) 代理人	100114890
(87) 国際公開日	平成29年6月22日 (2017.6.22)		弁理士 アインゼル・フェリックス=ラインハルト
審査請求日	平成30年8月14日 (2018.8.14)	(74) 代理人	100098501
(31) 優先権主張番号	102015225394.5		弁理士 森田 拓
(32) 優先日	平成27年12月16日 (2015.12.16)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギー生成方法および特に移動用途用のエネルギー生成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エネルギー生成方法であって、
 化学的な反応器 (3) において、水素化された液体有機水素担体 (LOHC) の少なくとも一部を脱水素することによって水素 (H₂) を生成し、
 少なくとも1つの燃料電池 (4) において、前記反応器 (3) によって生成された水素 (H₂) と酸素 (O₂) とから電流 (I) と水 (H₂O) とを生成し、
 加熱装置 (8) において、前記反応器 (3) によって生成された水素 (H₂) から、前記化学的な反応器 (3) のための熱を生成する
 エネルギー生成方法において、
 前記化学的な反応器 (3) によって生成された水素 (H₂) をまず前記少なくとも1つの燃料電池 (4) 内に導いてから、その後前記加熱装置 (8) へ供給し、
前記反応器 (3) によって生成された水素 (H₂) の、前記少なくとも1つの燃料電池 (4) への供給を開ループ制御および/または閉ループ制御するため、前記少なくとも1つの燃料電池 (4) 内へ導いた後の水素 (H₂) の圧力を、当該少なくとも1つの燃料電池 (4) によって生成すべき電力と、前記反応器 (3) によって生成された水素のうち前記加熱装置 (8) のために必要な体積流量とに依存して、開ループ制御および/または閉ループ制御する、
 ことを特徴とするエネルギー生成方法。

【請求項 2】

前記エネルギー生成方法は、移動用途用のエネルギー生成方法である、
請求項1記載のエネルギー生成方法。

【請求項3】

前記反応器(3)は、互いに依存せずに動作可能な複数の部分反応器(3a, 3b, 3c, 3d)を有し、

前記反応器(3)に供給された前記水素化された液体有機水素担体(LOHC)の、前記各部分反応器(3a, 3b, 3c, 3d)への分配を、前記少なくとも1つの燃料電池(4)によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御する、

請求項1または2記載のエネルギー生成方法。

10

【請求項4】

前記加熱装置(8)は、複数の互いに依存せずに動作可能な部分加熱装置(8a, 8b, 8c, 8d)を有し、

前記各部分加熱装置(8a, 8b, 8c, 8d)はそれぞれちょうど1つの前記部分反応器(3a, 3b, 3c, 3d)に対して設けられており、

前記加熱装置(8)に供給された水素(H₂)の、前記各部分加熱装置(8a, 8b, 8c, 8d)への分配を、前記少なくとも1つの燃料電池(4)によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御する、

請求項3記載のエネルギー生成方法。

【請求項5】

20

水素化された液体有機水素担体(LOHC)の消費量が最小限になる動作点で前記反応器(3)が動作するように、前記加熱装置(8)へ供給された水素(H₂)の、前記各部分加熱装置(8a, 8b, 8c, 8d)への分配と、前記反応器へ供給された水素化された液体有機水素担体(LOHC)の、前記各部分反応器(3a, 3b, 3c, 3d)への分配とを、開ループ制御および/または閉ループ制御する、

請求項4記載のエネルギー生成方法。

【請求項6】

生成された前記水素(H₂)を、前記少なくとも1つの燃料電池(4)へ供給する前にガス浄化装置(11)内へ送り、

前記ガス浄化装置(11)において、前記生成された水素(H₂)から、共に輸送された液体有機水素担体(LOHC)を除去する、

請求項1から5までのいずれか1項記載のエネルギー生成方法。

30

【請求項7】

エネルギー生成装置(1, 20)であって、

水素化された液体有機水素担体(LOHC)の少なくとも一部を脱水素することによって水素(H₂)を生成するための化学的な反応器(3)と、

前記化学的な反応器(3)に接続されている少なくとも1つの燃料電池(4)であって、当該反応器(3)によって生成された水素(H₂)と酸素(O₂)とから電流(I)と水(H₂O)とを生成する燃料電池(4)と、

前記化学的な反応器(3)に熱的結合されている加熱装置(8)であって、当該反応器(3)によって生成された水素(H₂)から当該化学的な反応器(3)のための熱を生成するための加熱装置(8)と

40

を備えているエネルギー生成装置(1, 20)において、

前記化学的な反応器(3)によって生成された水素(H₂)がまず前記少なくとも1つの燃料電池(4)内に導かれてからその後に前記加熱装置(8)へ供給されるように、前記反応器(3)と前記燃料電池(4)と前記加熱装置(8)とが前記水素の流れに関して直列接続され、

前記エネルギー生成装置(1, 20)は開ループ制御および/または閉ループ制御装置(12)を備えており、

前記開ループ制御および/または閉ループ制御装置(12)は、前記少なくとも1つの

50

燃料電池（４）によって生成すべき電力と、前記反応器（３）によって生成された水素のうち前記加熱装置（８）のために必要な体積流量とに依存して、前記少なくとも一つの燃料電池（４）内へ導いた後の水素（ H_2 ）の圧力を開ループ制御ならびに／もしくは閉ループ制御することにより前記反応器（３）によって生成された水素（ H_2 ）の、前記少なくとも一つの燃料電池（４）への供給を、開ループ制御および／または閉ループ制御するように構成されている、

ことを特徴とするエネルギー生成装置（１，２０）。

【請求項 ８】

前記エネルギー生成装置（１，２０）は、移動用途用のエネルギー生成装置（１，２０）である、

10

請求項 ７記載のエネルギー生成装置（１，２０）。

【請求項 ９】

前記反応器（３）は、互いに依存せずに動作可能な複数の部分反応器（３ a , ３ b , ３ c , ３ d）を有し、

前記開ループ制御および／または閉ループ制御装置（１２）は、前記反応器（３）に供給された前記水素化された液体有機水素担体（LOHC）の、前記各部分反応器（３ a , ３ b , ３ c , ３ d）への分配を、前記少なくとも一つの燃料電池（４）によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および／または閉ループ制御するように構成されている、
請求項 ７または ８記載のエネルギー生成装置（１，２０）。

20

【請求項 １０】

前記加熱装置（８）は、複数の互いに依存せずに動作可能な部分加熱装置（８ a , ８ b , ８ c , ８ d）を有し、

前記各部分加熱装置（８ a , ８ b , ８ c , ８ d）はそれぞれちょうど一つの前記部分反応器（３ a , ３ b , ３ c , ３ d）に対して設けられており、

前記開ループ制御および／または閉ループ制御装置（１２）は、前記加熱装置（８）に供給された水素の、前記各部分加熱装置（８ a , ８ b , ８ c , ８ d）への分配を、前記少なくとも一つの燃料電池（４）によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および／または閉ループ制御するように構成されている、

請求項 ９記載のエネルギー生成装置（１，２０）。

30

【請求項 １１】

前記開ループ制御および／または閉ループ制御装置（１２）は、水素化された液体有機水素担体（LOHC）の消費量が最小限になる動作点で前記反応器（３）が動作するように、前記加熱装置（８）へ供給された水素の、前記各部分加熱装置（８ a , ８ b , ８ c , ８ d）への分配と、前記反応器（３）へ供給された水素化された液体有機水素担体の、前記各部分反応器への分配とを、開ループ制御および／または閉ループ制御するように構成されている、

請求項 １０記載のエネルギー生成装置（１，２０）。

【請求項 １２】

前記化学的な反応器（３）と前記少なくとも一つの燃料電池（４）との間の接続部（９）に、液体有機水素担体を除去するためのガス浄化装置（１１）が配置されている、
請求項 ７から １１までのいずれか １項記載のエネルギー生成装置（１，２０）。

40

【請求項 １３】

請求項 ７から １２までのいずれか １項記載のエネルギー生成装置（１，２０）を備えた船舶（３０）。

【請求項 １４】

前記船舶（３０）は、水素化された液体有機水素担体（LOHC）の貯蔵器（２）と、当該船舶（３０）を駆動するための、少なくとも一つの燃料電池（４）の電流が供給される電気駆動モータ（３１）とを備えている、

請求項 １３記載の船舶（３０）。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1の上位概念に記載のエネルギー生成方法と、請求項8の上位概念に記載のエネルギー生成装置とに関する。かかる方法ないしはかかるエネルギー生成装置は、たとえば国際公開第2014/044706号から公知である。

【0002】

燃料電池では、電極において水素(H_2)と酸素(O_2)とが化学的結合することによって、水(H_2O)および電流が高効率で生成される。

【0003】

とりわけ移動用途では、燃料電池を動作させるために必要な水素を貯蔵しなければならない。この貯蔵は種々の形態で行うことができ、たとえば圧縮ガスとして、液状で、金属水素化物(たとえばアルミニウム、マグネシウム等)を用いて、または水素化された液体有機化合物の形態で行うことができる。

10

【0004】

後者の場合、液体有機化合物は水素担体として用いられる。水素担体として有利には、芳香族化合物、特に縮合多環炭化水素が用いられる。水素化のためには、水素を化学的な触媒反応で水素担体に組み込む(水素化)。その後、この組み込まれた水素は化学的な触媒逆反応によって放出されて、芳香族化合物に戻すことができる。水素化された高エネルギーの形態と脱水素された低エネルギーの形態のいずれの形態の水素担体も、以下「液体有機水素担体」(英語:Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC))という。

20

【0005】

かかる水素貯蔵方式の利点は、高いエネルギー密度で、大幅に無圧で、かつ難燃性の液体の形態で水素貯蔵を行えることであり、このことによって、かかる形式の水素貯蔵はまさに移動用途に、たとえば水中航走体搭載用に適している。

【0006】

水中航走体では、水素化された液体有機水素担体を外部から容器に詰めることによって、たとえば港で搭載することができる。また、水中航走体上において水素担体の水素化によって、水素化された液体有機水素担体を生成することもできる。その際に水素化のために必要な水素は、たとえば電解槽によって生成することができる(たとえば国際公開第2012/097925号を参照のこと)。

30

【0007】

たとえば国際公開第2014/044706号から、車両のエネルギー供給のための装置および方法が公知であり、同文献では縮合多環炭化水素を水素担体として使用する。これは、膨張共役電極システムを使用し、中程度の温度で適切な触媒の存在下で水素化反応を生じさせるものである。このようにして、水素は不飽和二重結合を飽和させて物質内に組み込まれる(水素化)。水素化によって組み込まれた水素はその後、逆反応で、昇温および/または水素圧力の低減だけで、芳香族物質を再生して水素化物から取り出すことができる。

【0008】

ここで有利なのは、水素担体が、多環芳香族炭化水素、多環式の複素芳香族炭化水素、共役有機ポリマー、またはこれらの組み合わせを含む群から選択されることである。

40

【0009】

特に有利な一実施形態では、水素を貯蔵するために適した低エネルギー物質として、Nエチルカルバゾール、N_nプロピルカルバゾール、またはNイソプロピルカルバゾールを使用する。

【0010】

また、国際公開第2014/044706号によれば、非複素芳香族炭化水素を使用することも可能である。たとえば、少なくとも2つのベンジル基と置換されたトルエン、たとえばジベンジルトルエン等を、液体水素貯蔵物質として用いることができることが知られている。ベンジル基は置換されたまたは未置換の状態とすることができる(上掲の基は

50

「置換基」として現れることができる)。また、トルエン環におけるベンジル基の配置も任意に変えることができる。特に有利なのは、ジベンジルトルエンを使用することである(商標「マーロサームSH(Marlotherm SH)」でも知られている)。

【0011】

国際公開第2014/044706号で開示されているエネルギー生成装置は、水素を生成しないしは放出するために、化学反応器と燃料電池とを備えた脱水素モジュールを備えている。化学反応器において液体有機水素担体の少なくとも一部を脱水素することによって水素を生成し、燃料電池においてこの生成された水素と酸素とから電流と水とが生成される。さらに、加熱装置(たとえば触媒燃焼器)において、生成された水素の少なくとも一部から化学反応器のための熱も生成される。

10

【0012】

上記文献を背景として、本発明の課題は、上述のエネルギー生成方法ないしは上述のエネルギー生成装置において電流を生成する効率を高くすることである。

【0013】

方法に関する課題の解決手段は、請求項1に記載の方法によって達成され、エネルギー生成装置に関する課題の解決手段は、請求項8に記載のエネルギー生成装置によって達成される。かかるエネルギー生成装置を備えた船舶が、請求項15に記載されている。各従属請求項に本発明の有利な実施形態が記載されている。

【0014】

本発明の方法では、化学的な反応器によって生成された水素を、まず少なくとも1つの燃料電池内に導き、その後、燃料電池の後に残留する一部の水素を加熱装置へ供給する。よって、生成された水素は反応器の後に直接分流して加熱装置へ供給されるのではなく、少なくとも1つの燃料電池の「迂回路」を経由する。したがって、反応器と、少なくとも1つの燃料電池と、反応器のための加熱装置とは、水素の流れに関して直列接続されている。よって、生成された水素は全部、少なくとも1つの燃料電池内へ送られる。したがって、少なくとも1つの燃料電池は部分負荷で、すなわち理論比より過剰な水素量で動作することができ、これにより、加熱装置用に水素を先に分流して少なくとも1つの燃料電池を理論比に対して僅かな水素過剰量で、または理論比に対して全く水素過剰量無しで動作させる場合より、より良好な効率かつより高い電力での動作が達成される。

20

【0015】

酸素は本発明では、(技術的に)純粋な形態で、または混合気の成分として(たとえば空気の場合)存在することができる。すなわち、少なくとも1つの燃料電池は本発明では、(技術的に)純粋な酸素を用いて、または酸素含有の混合気を用いて動作することができる。

30

【0016】

有利には、反応器によって生成された水素の、少なくとも1つの燃料電池に供給される体積流量は、当該少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき出力電力と、加熱装置のために必要な水素の体積流量とに依存して、開ループ制御および/または閉ループ制御される。この開ループ制御および/または閉ループ制御はたとえば、開ループ制御および/または閉ループ制御装置に記憶された1つまたは複数の関数、数値テーブルおよび/または測定値を用いて行うことができ、この関数、数値テーブルおよび/または測定値は、生成すべき出力電力に依存する、少なくとも1つの燃料電池と加熱装置とに必要な水素の体積流量(ひいては、少なくとも1つの燃料電池に供給される水素の総体積流量)を表すものである。

40

【0017】

これに代えて、反応器によって生成された水素の、少なくとも1つの燃料電池への供給を開ループ制御および/または閉ループ制御するため、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力と、反応器によって生成された水素のうち加熱装置のために必要な体積流量とに依存して、少なくとも1つの燃料電池内へ導いた後の水素の圧力(すなわち、少なくとも1つの燃料電池の出口における水素の圧力)を開ループ制御ならびに/もしくは

50

閉ループ制御し、または少なくとも1つの燃料電池の温度を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御することができる。

【0018】

加熱装置のために必要な水素の体積流量に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御を行うことに代えて、加熱装置の温度に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御を行うことも可能である。

【0019】

特に有利な一実施形態では、反応器は、互いに依存せずに動作可能な複数の部分反応器を有し、反応器に供給された水素化された液体有機水素担体の、各部分反応器への分配は、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御される。動作する部分反応器の数を開ループ制御および/または閉ループ制御することにより、実際に動作する反応器をたとえば規定通りに、加熱装置によって生成された熱が最大効率で利用される動作点にすることができる。

10

【0020】

加熱装置が、複数の互いに依存せずに動作可能な部分加熱装置を有し、各部分加熱装置がそれぞれちょうど1つの部分反応器に対して設けられており、加熱装置に供給された水素の、各部分加熱装置への分配を、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御すると、加熱装置の熱利用がさらに改善することによって効率の一層の最適化が可能になる。各部分加熱装置への水素の分配を上述のように開ループ制御および/または閉ループ制御することにより、加熱装置をたとえば規定通りに、加熱装置によって生成された熱が反応器において最大効率で利用される動作点にすることができる。

20

【0021】

有利には、水素化された液体有機水素担体の消費量が最小限になる動作点で反応器が動作するように、加熱装置へ供給された水素の、各部分加熱装置への分配と、反応器へ供給された水素化された液体有機水素担体の、各部分反応器への分配との双方を、開ループ制御および/または閉ループ制御する。

【0022】

このようにして、所要の燃料電池電力に応じて、ないしはそのために生成される水素量に応じて、たとえばバルブを介して、各部分反応器への水素化された液体有機水素担体の供給と、各部分加熱装置への使用可能な水素の分配、ひいては部分反応器への熱供給とを、開ループ制御および/または閉ループ制御することができる。具体的には、所要燃料電池電力が小さい場合、水素化された液体有機水素担体の供給を受ける部分反応器の数は少なくなり、かつ水素の供給を受ける部分加熱装置の数は少なくなり、ないしは、所要燃料電池電力が高い場合、各数は多くなる、ということである。このことにより、燃料電池の定格負荷の場合、全ての部分反応器と全ての部分加熱装置とが作動し、これに応じて全ての部分加熱装置と全ての加熱装置とに、水素化された液体有機水素担体ないしは水素が供給される。

30

【0023】

他の有利な一実施形態では、化学的な反応器によって生成された水素を、少なくとも1つの燃料電池へ供給する前にガス浄化装置内へ送り、ガス浄化装置において、生成された水素から、共に輸送された液体有機水素担体を除去する。

40

【0024】

特に移動用途用の、本発明のエネルギー生成装置は、

・水素化された液体有機水素担体の少なくとも一部を脱水素することによって水素を生成するための化学的な反応器と、

・化学的な反応器に接続されている少なくとも1つの燃料電池であって、当該反応器によって生成された水素と酸素とから電流と水とを生成する燃料電池と、

・化学的な反応器に接続されている加熱装置であって、当該反応器によって生成された水素から当該化学的な反応器のための熱を生成するための加熱装置と

50

を備えており、

・化学的な反応器によって生成された水素をまず少なくとも1つの燃料電池内に導いてから、その後に加熱装置(8)へ供給するように、反応器と燃料電池と加熱装置とは水素の流れに関して直列接続されている。

【0025】

有利な一実施形態では、エネルギー生成装置は開ループ制御および/または閉ループ制御装置を備えており、開ループ制御および/または閉ループ制御装置は、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力と、加熱装置のために必要な水素の体積流量とに依存して、当該少なくとも1つの燃料電池に供給される水素の体積流量を開ループ制御および/または閉ループ制御するように構成されている。この開ループ制御および/または閉ループ制御はたとえば、開ループ制御および/または閉ループ制御装置に記憶された1つまたは複数の関数、数値テーブルおよび/または測定値を用いて行うことができ、この関数、数値テーブルおよび/または測定値は、生成すべき出力電力に依存する、少なくとも1つの燃料電池と加熱装置とに必要な水素の体積流量(ひいては、少なくとも1つの燃料電池に供給される水素の総体積流量)を表すものである。

10

【0026】

これに代えてエネルギー生成装置は、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力と、反応器によって生成された水素のうち加熱装置のために必要な体積流量とに依存して、少なくとも1つの燃料電池内へ導いた後の水素の圧力(すなわち、少なくとも1つの燃料電池の出口における水素の圧力)を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御することによって、または少なくとも1つの燃料電池の温度を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御することによって、反応器によって生成された水素の、少なくとも1つの燃料電池への供給を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御するように構成された開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御装置を備えることもできる。

20

【0027】

加熱装置のために必要な水素の体積流量に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御を行うことに代えて、加熱装置の温度に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御を行うことも可能である。

【0028】

有利には、反応器は複数の互いに依存せずに動作可能な部分反応器を有し、開ループ制御および/または閉ループ制御装置は、反応器に供給された水素化された液体有機水素担体の、各部分反応器への分配を、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御するように構成されている。分配の開ループ制御および/または閉ループ制御は、たとえば、加熱装置によって生成された熱が最大効率で利用される動作点で反応器が動作するように行われる。

30

【0029】

他の有利な一実施形態では、加熱装置は、複数の互いに依存せずに動作可能な部分加熱装置を有し、各部分加熱装置がそれぞれちょうど1つの部分反応器に対して設けられており、開ループ制御および/または閉ループ制御装置は、加熱装置に供給された水素の、各部分加熱装置への分配を、少なくとも1つの燃料電池によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御するように構成されている。

40

【0030】

特に有利な一実施形態では、開ループ制御および/または閉ループ制御装置は、水素化された液体有機水素担体の消費量が最小限になる動作点で反応器が動作するように、加熱装置へ供給された水素の、各部分加熱装置への分配と、反応器へ供給された水素化された液体有機水素担体の、各部分反応器への分配とを、開ループ制御および/または閉ループ制御するように構成されている。

【0031】

有利には、化学的な反応器と少なくとも1つの燃料電池との間の接続部に、液体有機水素担体を除去するためのガス浄化装置が配置されている。

50

【0032】

本発明の方法およびその有利な実施形態について挙げた利点は、本発明の装置と、当該方法の各実施形態に対応する、当該装置の有利な各実施形態についても、同様に当てはまる。

【0033】

本発明の特に有利な用途は、モビリティの分野、特に船舶、特に、たとえば水中航走体（たとえば潜水艦、潜水口ボット、USV等）等の外気依存性の駆動装置を備えた船舶である。

【0034】

よって、本発明の船舶、特に水中航走体は、上述のエネルギー生成装置を備えている。

10

【0035】

有利な一実施形態では、船舶は、水素化された液体有機水素担体の貯蔵器と、当該船舶を駆動するための、少なくとも1つの燃料電池の電流が供給される電気駆動モータとを備えている。

【0036】

以下、図面の実施例に基づいて、本発明と、従属請求項の発明特定事項による本発明の他の有利な実施形態とを、詳細に説明する。相対応する部分には、それぞれ同一の符号を付している。

【図面の簡単な説明】

【0037】

20

【図1】本発明のエネルギー生成装置の第1の実施形態を示す図である。

【図2】本発明のエネルギー生成装置の第2の実施形態を示す図である。

【図3】水中航走体における図1または図2のエネルギー生成装置の使用を示す図である。

【0038】

図1に示されている本発明のエネルギー生成装置1は、水素化された液体有機水素担体（LOHC=Liquid Organic Hydrogen Carrier）の貯蔵器2と、水素化された液体有機水素担体の少なくとも一部を脱水素することによって水素を生成するための化学反応器3と、生成された水素 H_2 および酸素 O_2 から電氣的負荷5のための電流Iおよび水 H_2O を生成する、化学反応器3に接続された少なくとも1つの燃料電池4と、を備えている。酸素 O_2 は同図では貯蔵器6から得られるが、貯蔵器6を省略して周辺空気から取り出すこともできる。生成された水 H_2O は、貯蔵器7に収集される。生成された水素 H_2 のうち燃料電池4において消費されない一部から、化学反応器3のための熱を生成するため、当該化学反応器3に熱的結合されている加熱装置8が使用される。この加熱装置はたとえば、水素を燃焼させることによって反応器3のための熱を生成する触媒燃焼器である。

30

【0039】

生成された水素 H_2 を加熱装置8へ供給するため、加熱装置8は少なくとも1つの燃料電池4を介して化学反応器3に接続されている。こうするために、燃料電池4は接続路9を介して反応器3に接続されており、加熱装置8は接続路10を介して燃料電池4に接続されている。よって、化学反応器3によって生成された水素 H_2 をまず少なくとも1つの燃料電池4内に導いてから、その後加熱装置8へ供給するように、反応器3と燃料電池4と加熱装置8とは水素の流れに関して直列接続されている。

40

【0040】

化学反応器3と少なくとも1つの燃料電池4との間の接続路9に、液体有機水素担体（LOHC）を除去するためのガス浄化装置11が配置されている。

【0041】

開ループ制御および/または閉ループ制御装置12が、少なくとも1つの燃料電池4によって生成すべき電力と、反応器3によって生成された水素 H_2 のうち加熱装置8のために必要な水素 H_2 の体積流量とに依存して、反応器3によって生成された水素 H_2 の、当該少なくとも1つの燃料電池4に供給される体積流量を開ループ制御および/または閉ル

50

ープ制御するように構成されている。この開ループ制御および/または閉ループ制御はたとえば、開ループ制御および/または閉ループ制御装置12に記憶された1つまたは複数の関数、数値テーブルおよび/または測定値を用いて行うことができ、この関数、数値テーブルおよび/または測定値は、生成すべき出力電力に依存する、少なくとも1つの燃料電池4と加熱装置8とに必要な水素の体積流量(ひいては、少なくとも1つの燃料電池4に供給される水素の総体積流量)を表すものである。

【0042】

これに代えて開ループ制御および/または閉ループ制御装置は、反応器3によって生成された水素 H_2 の、少なくとも1つの燃料電池4への供給を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御するために、少なくとも1つの燃料電池4内へ導いた後の水素 H_2 の圧力(すなわち、少なくとも1つの燃料電池4の出口における水素の圧力)を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御するように構成し、または少なくとも1つの燃料電池4の温度を、当該少なくとも1つの燃料電池4によって生成すべき電力と、反応器3によって生成された水素のうち加熱装置8のために必要な体積流量とに依存して開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御することによって、反応器3によって生成された水素 H_2 の、少なくとも1つの燃料電池4への供給を開ループ制御ならびに/もしくは閉ループ制御するように構成することもできる。

10

【0043】

加熱装置8のために必要な水素の体積流量に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御を行うことに代えて、加熱装置8の温度に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御を行うことも可能である。

20

【0044】

上述のようにするため、開ループ制御および/または閉ループ制御装置12は、バルブ13を介して燃料電池4への酸素 O_2 の供給を開ループ制御および/または閉ループ制御し、この制御によって燃料電池4における水素 H_2 の消費量を開ループ制御および/または閉ループ制御し、かつバルブ16を介して、反応器3への水素化された液体有機水素担体LOHCの供給を開ループ制御および/または閉ループ制御する。さらに開ループ制御および/または閉ループ制御装置12は、詳細に図示されていない態様で、少なくとも1つの燃料電池4の酸素含有排ガスまたは酸素 O_2 の、加熱装置8への供給も、開ループ制御および/または閉ループ制御することができる。

30

【0045】

このようにしてエネルギー生成装置1の動作時には、化学反応器3において、水素化された液体有機水素担体の少なくとも一部を脱水素することによって水素が生成される。この生成ないしは放出された水素から、ガス浄化装置11において共に輸送された液体有機水素担体が除去されて、水素は少なくとも1つの燃料電池4へ供給され、燃料電池4において、生成および供給された水素 H_2 と酸素 O_2 とから電流Iおよび水 H_2O が生成される。燃料電池4において使用されなかった水素 H_2 は加熱装置8へ供給され、これから化学反応器3のための熱が生成される。

【0046】

よって、生成された水素 H_2 は反応器3の後に直接分流して加熱装置8へ供給されるのではなく、少なくとも1つの燃料電池4の「迂回路」を経由する。このようにして、生成された水素 H_2 は全部、少なくとも1つの燃料電池4内へ送られ、これによって燃料電池4は部分負荷で、すなわち理論比より過剰な水素量で動作することができ、これにより、燃料電池4より上流で加熱装置8用に水素 H_2 を分流して少なくとも1つの燃料電池4を理論比に対して僅かな水素過剰量で、または理論比に対して全く水素過剰量無しで動作させる場合より、少なくとも1つの燃料電池4のより良好な効率かつより高い電力での動作が達成される。

40

【0047】

図2に示されている本発明のエネルギー生成装置20の第2の実施形態では、反応器3は複数のそれぞれ互いに依存せずに動作可能な部分反応器3a, 3b, 3c, 3dを有し

50

、かつ加熱装置 8 は複数のそれぞれ互いに依存せずに動作可能な部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d を有し、各部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d はそれぞれ、ちょうど 1 つの部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d に対して設けられている。

【 0 0 4 8 】

こうするために部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d の入口側はそれぞれ、制御可能なバルブ 2 1 を備えた別個の送路 2 2 を介して貯蔵器 2 に接続されている。各バルブ 2 1 は開ループ制御および/または閉ループ制御装置 1 2 によって個別に制御されることができる。よって、部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d ごとに個別に、水素化された有機水素担体の供給を投入または遮断することができる。

【 0 0 4 9 】

部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d の入口側も同様に、それぞれ、制御可能なバルブ 2 3 を備えた別個の送路 2 4 を介して接続路 1 0 に接続されている。各バルブ 2 3 は、開ループ制御および/または閉ループ制御装置 1 2 によって個別に制御されることができる。よって、部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d ごとに個別に水素 H₂ の供給を投入または遮断することができる。

【 0 0 5 0 】

反応器 3 に供給された水素化された液体有機水素担体の、各部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d への分配を、少なくとも 1 つの燃料電池 4 によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御することができる。たとえば、これによって反応器 3 を規定通りに、加熱装置 8 によって生成された熱が最大効率で利用される動作点にすることができる。

【 0 0 5 1 】

また開ループ制御および/または閉ループ制御装置 1 2 は、加熱装置 8 に供給された水素の、各部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d への分配を、少なくとも 1 つの燃料電池 4 によって生成すべき電力に依存して開ループ制御および/または閉ループ制御することができる。これによって、加熱装置 8 をたとえば規定通りに、加熱装置 8 によって生成された熱が反応器 3 において最大効率で利用される動作点にすることができる。

【 0 0 5 2 】

水素化された液体有機水素担体の消費量が最小限になる動作点で反応器 3 が動作するように、加熱装置 8 へ供給された水素 H₂ の、各部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d への分配と、反応器 3 へ供給された水素化された液体有機水素担体の、各部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d への分配との双方を、開ループ制御および/または閉ループ制御装置 1 2 によって開ループ制御および/または閉ループ制御することができる。

【 0 0 5 3 】

このようにして、所要の燃料電池電力に応じて、ないしはそのために生成される水素量に応じて、バルブ 2 1 を介して、各部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d への水素化された液体有機水素担体の供給と、各部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d への使用可能な水素の分配、ひいては部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d への熱供給とを、開ループ制御および/または閉ループ制御することができる。具体的には、所要燃料電池パワーが低い場合、またはエネルギー生成装置 1 の始動時には、水素化された液体有機水素担体の供給を受ける部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d の数が少なくなり、かつ水素の供給を受ける部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d の数が少なくなり、ないしは、所要燃料電池パワーが高い場合、各数は多くなる。このことにより、燃料電池 4 の定格負荷の場合、全ての部分反応器 3 a , 3 b , 3 c , 3 d と全ての部分加熱装置 8 a , 8 b , 8 c , 8 d とが作動し、これに応じて全ての部分加熱装置と全ての加熱装置とに、水素化された液体有機水素担体ないしは水素が供給される。

【 0 0 5 4 】

図 3 は、水中航走体 3 0、たとえば潜水艦等における図 1 のエネルギー生成装置 1 ないしは図 2 のエネルギー生成装置 2 0 の使用を示す図である。エネルギー生成装置 1 ないしは 2 0 の少なくとも 1 つの燃料電池 4 (図 1 , 2) が電流 I を生成し、この電流 I は (場

10

20

30

40

50

合によっては詳細に図示されていないインバータを介して)電気駆動モータ31に供給され、電気駆動モータ31はプロペラ軸32を介してプロペラ33を駆動する。その上、燃料電池4によって生成された電流はもちろん、水中航走体30に搭載された他の電氣的負荷にも使用することができ、こうするためにはたとえば、この電流を搭載電気システムに供給することができ、またはバッテリーを充電したり充電状態に維持したりするために使用することができる。

【0055】

水素化された液体有機水素担体は、たとえば外部から(たとえば港において)貯蔵器2(図1,2)に詰めることができる。また、水中航走体上において水素化反応器を用いて液体有機水素担体を水素化することも可能である。この水素化のために必要な水素はたとえば、水中航走体の水上航行時等に内燃機関によって駆動されるジェネレータの電流によって動作する電解槽によって生成することができる。これに代えて、またはこれと共に、水中航走体の外被に配置された、または配置可能な、太陽電池からの電流を使用することもでき、この太陽電池は、水中航走体の潜水状態でも動作できるものである。

10

【0056】

ここで有利なのは、水素担体が、多環芳香族炭化水素、多環式の複素芳香族炭化水素、共役有機ポリマー、またはこれらの組み合わせを含む群から選択されたものであることである。

【0057】

特に有利な一実施形態では、N エチルカルバゾール、N n プロピルカルバゾール、またはN イソプロピルカルバゾールを使用する。

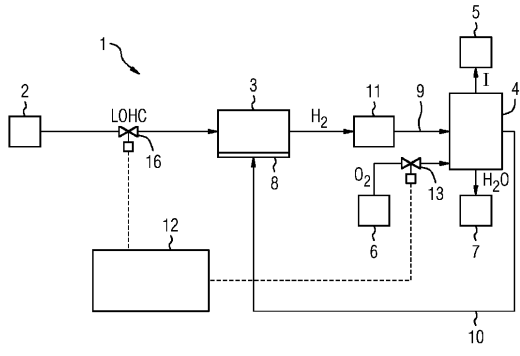
20

【0058】

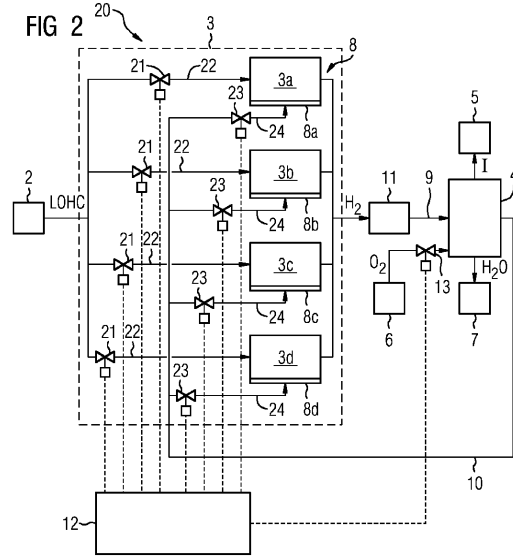
水素担体はまた、少なくとも2つのベンジル基と置換されたトルエン、たとえばジベンジルトルエンとすることもできる。ベンジル基は置換されたまたは未置換の状態とすることができる(上掲の基は「置換基」として現れることができる)。また、トルエン環におけるベンジル基の配置も任意に変えることができる。特に有利なのは、ジベンジルトルエンを使用することである(商標「マーロサーム(Marlotherm)SH」でも知られている)。

。

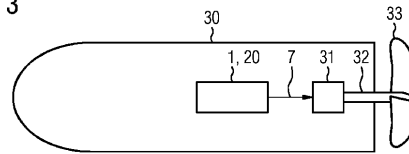
【 図 1 】
FIG 1



【 図 2 】
FIG 2



【 図 3 】
FIG 3



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 M	8/0438 (2016.01)	H 0 1 M	8/0438
H 0 1 M	8/0432 (2016.01)	H 0 1 M	8/0432
H 0 1 M	8/04537 (2016.01)	H 0 1 M	8/04537
H 0 1 M	8/00 (2016.01)	H 0 1 M	8/00 Z
H 0 1 M	8/04701 (2016.01)	H 0 1 M	8/04701
B 6 3 C	11/48 (2006.01)	B 6 3 C	11/48 D
B 6 3 H	21/17 (2006.01)	B 6 3 H	21/17

(74)代理人 100116403
弁理士 前川 純一

(74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100162880
弁理士 上島 類

(72)発明者 ヨアヒム ホフマン
ドイツ連邦共和国 ブルクタン カナルヴェーク 32 ベー

審査官 大内 俊彦

(56)参考文献 特開2007-273470(JP,A)
特開2002-8697(JP,A)
特開2009-264448(JP,A)
特開2005-63703(JP,A)
国際公開第2014/044706(WO,A1)
特開2005-298265(JP,A)
特開2001-229941(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4 9 5
C 0 1 B 3 / 2 6
B 6 3 C 1 1 / 4 8
B 6 3 H 2 1 / 1 7