

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2024-532142
(P2024-532142A)

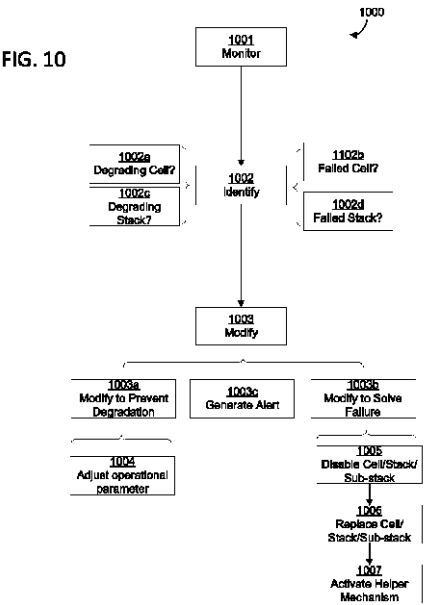
(43)公表日 令和6年9月5日(2024.9.5)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
C 2 5 B	15/023 (2021.01)	C 2 5 B	15/023	4 K 0 2 1	
C 2 5 B	3/26 (2021.01)	C 2 5 B	3/26		
C 2 5 B	9/00 (2021.01)	C 2 5 B	9/00	G	
C 2 5 B	1/23 (2021.01)	C 2 5 B	1/23		
C 2 5 B	15/00 (2006.01)	C 2 5 B	15/00	3 0 2	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全31頁)					
(21)出願番号 特願2024-509145(P2024-509145)				(71)出願人 524059179	
(86)(22)出願日 令和4年8月12日(2022.8.12)				ディオキシクル	
(85)翻訳文提出日 令和6年2月14日(2024.2.14)				D I O X Y C L E	
(86)国際出願番号 PCT/IB2022/057568				フランス、3 3 8 0 0 ボルドー、クー	
(87)国際公開番号 WO2023/021387				ル・ドゥ・ラ・マルヌ、1 4 9 ・ベ、レ	
(87)国際公開日 令和5年2月23日(2023.2.23)				ジデンス・アーバン・アート、パティマ	
(31)優先権主張番号 17/403,453				ン・ベ、アバルトマン・ベ・6 0 1	
(32)優先日 令和3年8月16日(2021.8.16)				(74)代理人 110001195	
(33)優先権主張国・地域又は機関				弁理士法人深見特許事務所	
米国(US)				(72)発明者	
(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA				フォーレ, バスティアン	
,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(				フランス、3 3 3 0 0 ボルドー、ブル	
AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A				パール・ゴダール、3 0	
T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR				(72)発明者	
,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,				ラメゾン, サラ	
最終頁に続く				フランス、3 3 8 0 0 ボルドー、クー	
				ル・ドゥ・ラ・マルヌ、1 4 9 ・ベ、レ	
				最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 C O X 電解反応器の自動最適化のための方法およびシステム

(57)【要約】

炭素の捕捉および利用の分野に関連する方法およびシステムが開示される。複数の電解セルを用いて電解システムを制御するための開示された方法は、いくつかのステップを含む。電解システムは、CO_xを含有する流体流を少なくとも1つの化学物質に変換する。本方法は、少なくとも1つのセンサを使用して、複数の電解セルを監視することを含む。本方法はまた、監視によって、複数の電解セル内の劣化セルを識別することを含む。本方法はまた、劣化セルを識別すると、複数の電解セル内の少なくとも1つの他のセルを動作させ続けながら、複数の電解セルの動作状態を修正することを含む。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の電解セルを有する電解システム（１００）を制御するための方法（１０００）であって、前記電解システム（１００）が CO_x を含有する流体流を少なくとも一つの化学物質に変換し、前記方法が、

少なくとも一つのセンサ（１２０）を使用して、前記複数の電解セルを監視すること（１００１）と、

前記監視を介して、前記複数の電解セル内の劣化セルを識別すること（１００２）と、

前記劣化セルの前記識別を受けて、前記複数の電解セル内の少なくとも一つの他のセルを動作させ続けながら、前記複数の電解セルの動作状態を修正すること（１００３）とを含む、方法（１０００）。 10

【請求項 2】

前記劣化セルは、その電気抵抗が基準値とは異なるセルである、請求項 1 に記載の方法（１０００）。

【請求項 3】

前記劣化セルの前記電気抵抗の前記基準値が、前記複数の電解セル内のセルグループの平均電気抵抗として定義される、請求項 2 に記載の方法（１０００）。

【請求項 4】

前記複数の電解セルの前記動作状態を修正することが、（i）前記劣化セルの動作を延長するために前記劣化セルの動作パラメータを修正すること（１００３）、（ii）前記劣化セルを無効にすること（１００５）、および（iii）前記劣化セルを交換すること（１００６）のうちの少なくとも一つを含む、請求項 1 に記載の方法（１０００）。 20

【請求項 5】

前記劣化セルを前記無効にすることが、前記劣化セルを電氣的に無効化すること（１００５）を含む、請求項 4 に記載の方法（１０００）。

【請求項 6】

前記劣化セルが前記電解システム（１００）の電力回路内の少なくとも一つの他のセルと並列であり、

前記劣化セルを前記無効にすることは、前記劣化セルを前記電解システム（１００）の前記電力回路から接続切断することを含む、請求項 4 に記載の方法（１０００）。 30

【請求項 7】

前記監視すること（１００１）を介して、前記劣化セルを識別する前に、前記複数の電解セル内の劣化セルセットを識別すること（１００２）をさらに含み、

前記劣化セルおよび前記劣化セルセットは、電解セルのスタック内にあり（１００２d）、

前記無効にすることが、前記電解セルのスタックを無効にすること（１００５）を含む、請求項 4 に記載の方法（１０００）。

【請求項 8】

前記劣化セルは電解セルのスタック内にあり（１１０２b）、

少なくとも一つの他のセルは前記電解セルのスタック内にある（１００５）、請求項 1 に記載の方法（１０００）。 40

【請求項 9】

前記劣化セルを前記識別することが、

前記劣化セルのセル抵抗を基準値と比較すること（４０６）、および

前記セル抵抗および前記複数の電解セルの動作パラメータの複数の過去の測定値に基づいて、前記劣化セルのセル抵抗の進展を予測すること（４０８a）のうちの一方を含む、請求項 1 に記載の方法（４００，１０００）。

【請求項 10】

前記予測することは、人工知能モデルを使用する、請求項 9 に記載の方法（４００，１０００）。 50

【請求項 1 1】

前記劣化セルを識別する警告信号を生成すること（408c）をさらに含む、請求項 1 に記載の方法（400, 1000）。

【請求項 1 2】

前記劣化セルを、

電解セルのスタックの第 1 のスタックケーシングと共に、前記劣化セルのプレートを移動させること（408e）によって交換することをさらに含み、

前記複数の電解セルは、前記電解セルのスタック内にあり、

前記複数の電解セルのうちの少なくとも 1 つの他のセルは、前記劣化セルの前記プレートと前記第 1 のスタックケーシングとの間で前記電解セルのスタック内にある、請求項 1 に記載の方法（400, 1000）。 10

【請求項 1 3】

電解システム（100）であって、

CO_xを含有する流体流を受け取り、前記 CO_xを少なくとも 1 つの化学物質に変換するように構成された複数の電解セルと、

前記複数の電解セルを監視するように構成された少なくとも 1 つのセンサ（120）と、

少なくとも 1 つのプロセッサと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサにとってアクセス可能であり、前記少なくとも 1 つのプロセッサによって実行されると、前記システムに、 20

前記少なくとも 1 つのセンサ（120）を使用して、前記複数の電解セルを監視すること（1001）と、

前記監視することを介して、前記複数の電解セル内の劣化セルを識別すること（1002）と、

前記劣化セルの前記識別を受けて、前記複数の電解セル内の少なくとも 1 つの他のセルを動作させ続けながら、前記複数の電解セルの動作状態を修正すること（1003）と

を行わせる命令を格納する非一時的コンピュータ可読媒体とを備える、システム（100）。 30

【請求項 1 4】

前記劣化セルは、その電気抵抗が基準値とは異なるセルである、請求項 1 3 に記載のシステム。 30

【請求項 1 5】

前記劣化セルの前記電気抵抗の前記基準値が、前記複数の電解セル内のセルグループの平均電気抵抗として定義される、請求項 1 4 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記複数の電解セルの前記動作状態を修正することが、（i）前記劣化セルの動作を延長するために前記劣化セルの動作パラメータを修正すること（408b）、（ii）前記劣化セルを無効にすること（1005）、および（iii）前記劣化セルを交換すること（1006）のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記劣化セルを前記無効にすることが、前記劣化セルを電氣的に無効化すること（1005）を含む、請求項 1 6 に記載のシステム。 40

【請求項 1 8】

前記劣化セルが前記電解システム（100）の電力回路内の少なくとも 1 つの他のセルと並列であり、

前記劣化セルを前記無効にすることは、前記劣化セルを前記電解システム（100）の前記電力回路から接続切断することを含む、請求項 1 6 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

前記監視すること（1001）を介して、前記劣化セルを識別する前に、前記複数の電解セル内の劣化セルセットを識別すること（1002）をさらに含み、 50

前記劣化セルおよび前記劣化セルセットは、電解セルのスタック内にあり、
前記無効にすることが、前記電解セルのスタックを無効にすること（１００５）を含む、請求項１６に記載のシステム。

【請求項２０】

前記劣化セルを前記識別することが、
前記劣化セルのセル抵抗を基準値と比較すること（４０６）、および
前記セル抵抗および前記複数の電解セルの動作パラメータの複数の過去の測定値に基づいて、前記劣化セルのセル抵抗の進展を予測すること（４０８a）
のうちの一方を含む、請求項１３に記載のシステム。

【請求項２１】

10

前記予測することは、人工知能モデルを使用する、請求項２０に記載のシステム。

【請求項２２】

前記劣化セルを、電解セルのスタックの第１のスタックケーシングと共に、前記劣化セルのプレートを移動させること（４０８e）によって交換することをさらに含み、
前記複数の電解セルは、前記電解セルのスタック（３００）内にあり、
前記複数の電解セルのうちの少なくとも１つの他のセルは、前記劣化セルの前記プレートと前記第１のスタックケーシングとの間で前記電解セルのスタック（３００）内にある、請求項１３に記載のシステム。

【請求項２３】

20

電解システム（１００，３００，７００，８００，９００）であって、
電解セルのスタック（３００）であって、前記電解セルのスタック（３００）のセルがプレート（８１０，９０１）を含む、電解セルのスタック（３００）と、
前記電解セルのスタック（３００）の第１の端部に位置する第１のスタックケーシング（９０４）と、
前記プレート（８１０，９０１）および前記第１のスタックケーシングが、一定程度の圧縮下で、前記電解セルのスタック（３００）の第２の端部（９０５）から外方に移動するための少なくとも１つのロック機構（７０３，８０８，９０８）と
を備える、電解システム（１００，３００，７００，８００，９００）。

【請求項２４】

30

前記プレート（９０１）が前記セルの第１のプレート（９０１）であり、
前記セルの第２のプレート（９０２）と、
前記第１のプレート（９０１）が前記電解セルのスタック（３００）の前記第２の端部（９０５）から外方に移動するときに、一定程度の圧縮下で前記電解セルのスタック（３００）の前記第２の端部（９０５）に対して前記第２のプレートを固定するための第２のロック機構と
をさらに備える、請求項２３に記載の電解システム（１００，３００，７００，８００，９００）。

【請求項２５】

前記第１のスタックケーシング（９０４）は、前記電解セルのスタック（３００）のエンドプレート（９０４）である、請求項２３に記載の電解システム（１００，３００，７

40

【請求項２６】

前記プレート上の横方向にアクセス可能なインターフェースと、
前記横方向にアクセス可能なインターフェースと嵌合するように構成された、前記少なくとも１つのロック機構の取り外し可能なコネクタ（８００a，８００b，８００c，８００d，８００e，８００f）と、
前記一定程度の圧縮を付与するために前記取り外し可能なコネクタに接続されている、前記少なくとも１つのロック機構のアクチュエータと
をさらに備える、請求項２３に記載の電解システム（８００）。

【請求項２７】

50

前記横方向にアクセス可能なインターフェースは、前記プレート（８１０）内のソケットであり、

前記取り外し可能なコネクタは、パドル（８００a, ８００b, ８００c, ８００d, ８００e, ８００f）である、請求項２６に記載の電解システム（８００）。

【請求項２８】

前記第１のスタックケーシングは、第１の圧入部（９０６）および第２の圧入部（９０６）を含み、

前記取り外し可能なコネクタ（９０７）は、前記横方向にアクセス可能なインターフェースに嵌合されたときに、前記第１の圧入部（９０６）と前記第２の圧入部（９０６）の両方に挿入されるように構成されている、請求項２６に記載の電解システム（９００）。 10

【請求項２９】

前記電解セルのスタック（３００）に接続された圧力センサと、

前記少なくとも１つのロック機構（７０３, ７０７, ８０８, ９０８）のための制御ループであって、前記圧力センサからのデータを前記制御ループのフィードバック信号の少なくとも一部として使用する、制御ループと

をさらに備える、請求項２３に記載の電解システム（１００, ３００, ７００, ８００, ９００）。

【請求項３０】

前記少なくとも１つのロック機構が、

アクチュエータ（７０３a, ７０３b, ７０３c, ７０７）と、 20

前記第１のスタックケーシング（７０５）を貫通して延在するねじ付きポストとをさらに備え、

前記アクチュエータは、前記ねじ付きポストを回転させて前記一定程度の圧縮を付与する、請求項２３に記載の電解システム（７００）。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【０００１】

関連出願の相互参照

本出願は、２０２１年８月１６日に出願された米国特許出願第１７／４０３,４５３号の優先権を主張する。 30

【０００２】

背景

大気中の二酸化炭素（CO₂）蓄積は、地球温暖化の主な原因である。それを放出点源でまたは空気から直接（直接空気捕捉によって）捕捉し、脱炭素化された電気源を使用してそれを有益な化学物質および燃料に変換することは、その大気濃度を低減し、現在の化石燃料由来原料に対する持続可能な代替物を提供するための有望な方法である。想定される変換技術の中でも、ポリマー電解質膜ベースの電解還元技術は、その汎用性（広範囲の温度および圧力での可能な使用、可能な断続的な使用）および広範囲の製品を生成するための従順性によって際立っている。

【０００３】 40

CO₂の電解還元は、他の生成物の中でも一酸化炭素、CO、ギ酸、エチレン、エタノール、エタン、プロパノール、プロピレン、アセトアルデヒドを発生させることが報告されている。この技術の可能性は、いくつかのレビューによってカバーされている。CO₂が低（または高）アルカリ度水溶液中で有利に発生する、重炭酸イオンおよび炭酸イオン（HCO₃⁻およびCO₃²⁻）の電解還元も研究されている。これは、主要なCO₂捕捉技術が、CO₂をアルカリ性水溶液と接触させて、そのような付加価値が限られているそのような重炭酸塩および炭酸塩含有化合物を形成することを含むため、特に興味深い。最後に、CO電解還元にますます注目が集まっている。CO₂のCOへの変換を確実にする第１のステップ（限定ではないが、電解還元、CO₂の水素化、または限定ではないが廃棄物、バイオマスなどの炭素含有原料のガス化などの任意の手段によって）と組み合わせて、C 50

O電解還元は、エチレンなどの特定の商品を生産するための経済的に実行可能な潜在的手段として報告されている。限定ではないが NH_3 、 NO_2 および NO_3^- などのCOおよびN含有反応物の共電解還元もまた、C-N結合の生成を含む工業化学プロセスを再発明するために重要である。

【0004】

以下の開示では、 CO_2 、COおよびオキソカーボンファミリーの他のメンバを合わせて CO_x と呼ぶ。 CO_x 電解反応器は、典型的には、各々が互いに積み重ねられた少なくとも1つまたは複数のセルを含む、1つまたは複数のスタックからなる。スタックにおいて、各個々のセルは、限定ではないがポリマー電解質膜などのイオン伝導媒体によってインターフェース接続された2つのハーフセル、すなわち、水または代替反応物の酸化が起こるアノード区画と、少なくとも CO_x の標的生成物への還元が起こるカソード区画とを含む。各ハーフセルは、電気的接触と、多孔質かつ導電性支持体（ガス拡散層（GDL）または多孔質金属支持体など）への反応物の供給との両方を確実にする流れ場からなり、後者はその表面で反応が起こる触媒と直接接触している。2つの多孔質支持体およびそれぞれの触媒によって中央の1つまたは複数の膜と共に形成される接合体は、膜電極接合体（MEA）と呼ばれる。スタックにおいて、個々のセルは、導電性極性プレート（バイポーラまたはモノポーラのいずれか）によって両側で物理的に支持されている。バイポーラプレートは、その両側で1つのセルおよび次のセルの流れ場を支持し、2つの隣接するセル間の直列接続を確実にする。スタックの各端部において、末端極性プレートは、その側面の一方で流れ場および隣接セルのみを支持するため、モノポーラと呼ばれる。以下での簡潔さのために、セルは、2つの流れ場および支持極性プレートを含む中央触媒接合体（限定ではないがイオン伝導媒体が膜ベースである場合のMEAなど）をともに指す。

10

20

【0005】

複数の他の電解反応器構成が可能である。いくつかの先行技術の研究は、高圧および高い変換率で二酸化炭素を気体生成物に変換するための円形モジュール式電解槽およびプロセスを報告しているか、または気体二酸化炭素変換のための矩形電解槽の例を提供している。すべての場合において、焦点はセルのアーキテクチャを中心とする。

【0006】

多種多様な膜電極接合体も可能である。それらの化学的性質（例えば、金属合金、単一金属サイト触媒、分子種、添加剤の使用）および構造（例えば、ナノ粒子、デンドライト、フィルム）の両方に変化をもたせた触媒候補の探索に多大な労力が注がれてきた。すべての場合において、それらの性能および安定性を高めるために電極触媒系を化学的に修飾することに集中的に労力が割かれてきた。

30

【0007】

CO_x 電解反応器は複雑であり、したがって頻繁な故障および性能劣化を受ける。それらは維持するのが困難な場合があり、メンテナンスを担当する人間のオペレータにとってアクセスが困難である。上記のこれらの理由により、運用コストが高くなる可能性がある。工業化への道において、現在、反応器性能測定基準ならびに容量係数（すなわち、工場生産が運営される実際の速度と最大生産速度との比）を最大化することが必要とされている。複数の電解セルを備える電解反応器のメンテナンスコストを制限し、メンテナンス時間を短縮することも望ましい。解決策は、メンテナンス作業のためにシステムを停止する前にスタックの性能を可能な限り長く維持し、そのようなメンテナンス作業の持続時間を最小限に抑える方法を見つけることであり得る。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

概要

炭素の捕捉および利用の分野に関連する方法およびシステムが開示される。本開示に記載される方法およびシステムは、電気化学的還元によって大気中に蓄積された CO_x を他の化学物質、例えば有益で持続可能な化学物質および/または燃料に変換するため、なら

50

びに電解スタックを含む電解システムまたは電解槽の効率を自動的に制御および最適化するために、環境上有益であり得る。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の特定の実施形態は、所与の性能レベルで電解システムの利用時間を増大させる方法およびシステムに関する。電解システムの性能レベルは、劣化セルおよび/または劣化スタックの影響により低下する可能性がある。本明細書で使用される場合、「劣化セル」という用語は、セルの検出された動作状態に起因して性能が低下すると予測されるセル、性能が測定可能に低下したセル、および実質的にもはや機能しないほど性能が低下した故障セルを含む。同様に、「劣化スタック」という用語は、スタックの検出された動作状態に起因して性能が低下すると予測されるスタック、性能が測定可能に低下したスタック、および実質的にもはや機能しないほど性能が低下した故障スタックを含む。劣化/故障スタックは、許容可能な数を超える劣化/故障セルを含むスタックを含むことができる。本明細書に記載の方法のいくつかは、電解システムの性能の監視、劣化および/または故障状態の識別、ならびに劣化を最小限に抑え、故障を回避し、および/または故障を解決するための措置のトリガに関する。これに関して、劣化および/または故障セルおよび/またはスタックの識別、ならびにさらなる劣化および最終的な故障を遅らせるためのそのようなセルおよび/またはスタックの動作状態の修正を含む方法が開示される。そのような方法は、例えば、セルおよび/またはスタック動作を延長するためにシステム内の動作パラメータを変更することを含む。本方法は、劣化セルの中の故障セル（例えば、劣化が特定の限界を超えたセルまたはまったく作用していないセル）の識別をさらに含む。これらの場合、動作状態の修正は、システム内のセルおよび/またはスタックの実際の無効化を含むことができる。故障セルの数が許容可能な値を超え、結果、変換されるCO_xの総量が低すぎる場合（例えば、多すぎるセルが無効化されているため）、本開示で例示されているものなどであるがこれに限定されない機械的ヘルパーを介して、故障セルを可能な限り迅速かつ効率的に変更するための交換ステップを実行することができる。

【0010】

本開示において、劣化セルという用語は、電気抵抗などの動作特性が基準値と異なるセルを含む。本開示では電気抵抗の例が一般的に使用されるが、当業者は、電気抵抗から直接的または間接的に依存するもの（例えば、電圧および電流）などの他の動作特性を使用して、劣化または故障セルを識別することができることを認識するであろう。セルの電気抵抗は、セル電圧（セルの2つの電極間の電位差）とセルにわたって流れる電流との間の比として定義される。セルの電気抵抗は、限定ではないが、インピーダンス分光技法を使用するなどの異なる手段によって得ることができ、または電流およびセル電圧の測定値から推測することができる。あるいは、セルの電気抵抗は、セル電圧測定値および第1のセルと直列に接続された1つまたは複数のセルの電流から直接推測することができる。

【0011】

基準値は、限定ではないが、システムの幾何学的形状、反応の性質、標的とする生成物の種類、および動作条件などの複数の要因に依存し得る。セルの電気抵抗の基準値は、システムまたはシステム構成要素の予想される挙動の知識に基づいて確立することができる。これはまた、例えば、セルの電気抵抗を複数のセル内のセルグループの平均電気抵抗と比較することによって、他のセルの電気抵抗に関して定義することもできる。基準値は、固定値とすることができ、またはセル間の温度差などのシステムの動作条件を考慮するために補正係数を統合することもできる。その場合、異なる動作条件の異なるセルに対して異なる基準値を使用することができる。上記の定義に基づいて、劣化セルは、相対的にその基準値とは異なる電気抵抗によって定義することができる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも0.1%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも0.5%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも1%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも1.5%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗

は、その基準値と少なくとも3%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも5%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも10%異なる。これらの差は、正または負のいずれかであり得る。本発明の特定の実施形態では、劣化セルを定義するために使用される閾値は、所望の性能レベルに従ってシステムオペレータによって調整することができる。

【0012】

本発明の特定の実施形態では、劣化セルは故障セルであり、これは、基準値に対する特定の動作特性（例えば、電気抵抗）の差が特定の閾値を超えるセルである。したがって、故障セルは、相対的にその基準値とは異なる電気抵抗によって定義することができる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも3%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも5%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも10%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも20%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも30%異なる。本発明の特定の実施形態では、電気抵抗は、その基準値と少なくとも50%異なる。これらの差は、正または負のいずれかであり得る。本発明の特定の実施形態では、故障セルを定義するために使用される閾値は、所望の性能レベルに従ってシステムオペレータによって調整することができる。

10

【0013】

劣化セル/スタックを識別し、次いでそれに応じて（例えば、さらなる劣化を回避するために動作パラメータを変更することによって）システムの動作状態を修正することによって、システムの寿命を延ばすことが可能であり得る。故障セル/スタックを識別し、次いでそれに応じてシステムの動作状態を変更することによって（例えば、そのようなセル/スタックを無効にすることによって）、故障後であってもシステムの寿命を延ばすことも可能であり得る。さらに、無効にされるセル/スタックが多すぎる場合、本発明は、システムの全体的な性能に大きな影響を与えることなくセルの迅速な交換を可能にするシステムおよび機構をさらに提案する。

20

【0014】

したがって、本発明の特定の実施形態は、電解システムの寿命を延ばす手段、ならびにセルおよびスタックの劣化、故障および交換に迅速に対処する方法を提供する。これは、電極がより安定している他の用途とは対照的に、本明細書に開示されている特定の用途の電解システムの電極をより頻繁に交換する必要があるため、本発明の分野で大きな利点をもたらすことができる。同様に、バイパスまたは無効化は、1つのセルが可能であるほど多くの電力を生成していない場合、例えば発電システムへの害が少ない可能性があるため、他のシステムでは重要ではない可能性がある。

30

【0015】

本発明の特定の実施形態では、複数の電解セルを有する電解システムを制御する方法が提供され、電解システムが CO_x を含む流体流を少なくとも1つの化学物質に変換する。本方法は、少なくとも1つのセンサを使用して、複数の電解セルを監視することを含む。本方法はまた、監視によって、複数の電解セル内の劣化セルを識別することを含む。本方法はまた、劣化セルを識別すると、複数の電解セル内の少なくとも1つの他のセルを動作させ続けながら、複数の電解セルの動作状態を修正することを含む。

40

【0016】

本発明の特定の実施形態では、電解システムが提供される。システムは、 CO_x を含む流体流を受け取り、 CO_x を少なくとも1つの化学物質に変換するように構成された複数の電解セルを含む。システムはまた、複数の電解セルを監視するように構成された少なくとも1つのセンサを含む。システムはまた、少なくとも1つのプロセッサと、少なくとも1つのプロセッサにとってアクセス可能であり、少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、システムに、少なくとも1つのセンサを使用して、複数の電解セルを監視することと、監視を介して、複数の電解セル内の劣化セルを識別することと、劣化セルを識別すると、複数の電解セル内の少なくとも1つの他のセルを動作させ続けながら、複数の

50

電解セルの動作状態を修正することとを行わせる命令を格納する非一時的コンピュータ可読媒体とを備える。

【0017】

本発明の特定の実施形態では、電解システムが提供される。システムは、電解セルのスタックを備える。電解セルのスタックのセルは、限定ではないが、極性プレートなどのプレートを含む。システムはまた、電解セルのスタックの第1の端部に位置する第1のスタックケーシングを含む。システムはまた、プレートおよび第1のスタックケーシングが、ある程度の圧縮下でスタックの第2の端部から離れるように移動するための少なくとも1つのロック機構を備える。スタックの一部、例えばセルグループは、さらに個別に「サブスタック」と呼ばれる。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、電解システムのブロック図である。

【図2】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、複数のスタックに配置構成された複数のセルを備える電解反応器の一例を含む図である。

【図3】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、電解スタックの図解および1つのセルの開放ビューを含む図である。

【図4】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、 CO_x を化学物質に変換するための電解システムの性能最適化を自動化する方法の概略図である。

20

【図5】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、電解スタックに対する劣化セルの影響を軽減する方法のブロック図およびフローチャートである。

【図6】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、電解反応器に対する劣化スタックの影響を軽減する方法のブロック図およびフローチャートである。

【図7】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態によるヘルパーシステムの一例を含む図である。

【図8】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、図7のヘルパーシステムの周辺滑走ロックシステムの一例を含む図である。

【図9】スタック全体の減圧中に交換される中央MEAを取り囲む2つのサブスタックの圧縮を維持するためのヘルパーシステムおよびスタック内へのその統合の別の例を含む図である。

30

【図10】本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、本明細書に記載される方法のいくつかおよびそれらの間の関係を要約するフローチャートを含む図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

詳細な説明

本発明の特定の実施形態は、電解システムに関する。電解システムは、 CO_x 、または CO_x を含む流体流を少なくとも1つの化学物質に変換するため、例えば二酸化炭素(CO_2)または一酸化炭素(CO)を炭素系商品などの所望の生成物に変換するためのものであり得る。図1は、本発明の特定の実施形態による電解システム100のブロック図を含む。電解システム100は、 CO_2 または CO 電解反応器などの CO_x 電解反応器110と、1つまたは複数のセンサ120と、1つまたは複数のアクチュエータ130と、電力源140と、制御システム150とを備える。

40

【0020】

本発明の特定の実施形態では、図1の電解システム100の CO_x 電解反応器110などの電解システムの CO_x 電解反応器は、流体流(例えば、液体または/および気体)を受け取り、電力が印加されると、流体流からの CO_x (CO_2 または CO など)を、所望および/または有益な生成物(例えば、限定されないが、 CO 、アルカン、アルコール、カルボン酸)であり得る代替生成物などの少なくとも1つの化学物質に変換するように構成された複数の電解セルから構成することができる。

50

【0021】

図2は、複数のスタックに配置構成された複数のセルを備える電解反応器の一例を含む。この例では、電解反応器は、図示のように、セル1、セルn、およびセル M_1 を含む M_1 電解セルを備える第1の電解スタック202を含む。電解反応器は、反応器内の電解スタックjおよびNを表し、それぞれ M_j 個および M_N 個の電解セルを含む、電解スタック204および206などの追加の電解スタックを含む。反応器は、任意の他の数のスタックを反応器内に設けることができるという事実を表すブレースホルダ203および205によって表されるように、任意の数のスタックおよび/またはセルを含むことができる。

【0022】

電解反応器内の複数の電解セルは、図2に示すように異なる構成に配置構成することができる。例えば、1つまたはいくつかの電解セルを直列に配置構成することができる。その場合、セルのアノードを後続のセルのカソードに電氣的に接続することができ、以下同様にすることができる。このような配置構成は電解スタックと呼ばれる。次いで、1つまたはいくつかのスタックを並列に配置構成することができる。その場合、各電解スタックの端子電極に電圧差を印加することができる。

【0023】

セルは、限定ではないが円形、または、限定ではないが長方形、正方形、五角形、六角形、八角形などのような多角形を含む様々な形状を有してもよい。セルが電解スタック内に配置構成される場合、スタックの他の要素に同様または異なる形状を採用してもよい。

【0024】

図3は、本明細書に開示される本発明の特定の実施形態による、電解スタック300の図解を含む。スタック300は、302などのエンドプレート、304などのモノポーラプレート、306などの剛性バー、308などの膜電極接合体(MEA)、310などの流れ場、および312などのバイポーラプレートを含む。付加的に、スタック300は、アノード流のための入口314および出口316、ならびに CO_x 含有カソード流のための入口318およびカソード流のための出口320を含む。モノポーラプレート304およびバイポーラプレート312などの極性プレートは、スタック内のセルの一部とすることができる。

【0025】

電解スタックにおいて、後続のセルは、図3のバイポーラプレート312などのバイポーラプレート(BPP)によって物理的に分離することができ、BPPの両側の電解セルのそれぞれに対する機械的支持を確実にすることができる。BPPはまた、後続の電解セル間の電氣的直列接続を確実にし、反応物/生成物をそれぞれ導入/除去することができる。スタックの端部では、プレートの片側のみが末端セルと接触することができる。これは、図3のモノポーラプレート304などのモノポーラプレートと呼ばれる。スタックの端部において、集電体が、他の要素の中でもスタックの電氣的監視のために使用することができる外部電源への接続を可能にすることができる。スタックは、スタックケーシング内に組み立てることができ、その機械的支持および圧縮、ならびにスタックへのおよびスタックからの反応物および生成物の流れの供給および輸送を可能にする。スタックケーシングは、スタックの電氣的絶縁を確実にし、反応物および生成物の流れのための入口および出口を提供するエンドプレートを備えることができる。

【0026】

本発明の特定の実施形態では、プレート(バイポーラまたはモノポーラ)は、様々な材料および/または表面コーティングを含むことができる。例えば、プレートは、ステンレス鋼(例えば、限定ではないが、316L)、チタン、グラファイト、またはそれらの混合物を含むことができる。プレートは、接触抵抗を最小にし、耐化学性(特に腐食に対する)を改善するために、1つまたは複数の電気化学セルと接触する極性プレートの1つまたは複数の面上に1つまたは複数の表面コーティング(例えば、Ti、Cr、Nb、Ni、Feを含む)を備えることができる。

【0027】

10

20

30

40

50

本発明の特定の実施形態では、入力流体流は、 CO_2 、 CO 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 H_2O 、 N_2 、 Ar 、および／またはイオン含有水溶液、例えば溶解塩の存在下での電解質水（またはそれらの混合物）を含むことができる。入力流体流はまた、 SO_x または NO_x などの汚染物質を含み得る。本発明の特定の実施形態では、アノード液とも呼ばれるアノード流は、溶解塩（例えば、 CsOH 、 KOH 、 CsHCO_3 、 Cs_2CO_3 、 KHCO_3 、 K_2CO_3 、 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 ）の存在下で、液体形態の水を含むことができる。本発明の特定の実施形態では、カソード流は、特に加湿 CO_2 および／または CO を含んでもよい。例えば、加湿 CO_2 または加湿 CO をカソードにおいて使用することができ、イオン含有水溶液をアノードにおいて使用することができる。別の例として、カソード流は、 N_2 および Ar などの不活性ガスで希釈することができる。 HCO_3^- および CO_3^{2-} は、アルカリ性媒体中の CO_2 の可溶化形態であるため、 HCO_3^- または CO_3^{2-} （ CO_2 の代わりに）を使用することも可能であり得る。本発明の特定の実施形態では、カソード流は、 CO_2 、 CO 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 H_2O 、 N_2 、 Ar を含むことができる。アノード流は、水、 H_2 、イオン含有水溶液を含むことができる。本発明の特定の実施形態では、入力カソード流体流はまた、例えば（産業用煙道ガスからの）産業用 CO_2 を価値評価するために煙道ガスから構成されてもよい。この場合、カソード流体は、 CO_2 および／または CO に加えて、 SO_x および NO_x などの汚染物質を含んでもよい。本発明の特定の実施形態では、入力アノード流体流は廃水を含み得る。

10

【0028】

電解セルは、電力源を使用することによって非自発的な反応を可能にする電気化学セルである。電解セルは、流れ場（例えば、電気的接触および反応物および／または生成物の輸送を確実にするための）、多孔質電極支持体、電極（カソード、アノードなど）、触媒（例えば、電極と一体化および／または接触している）、イオン伝導媒体（例えば、限定されないが、1つまたは複数の膜、イオン伝導性電解質、隔膜または酸化物伝導性材料、例えばセラミック）のうちの少なくとも1つを含むことができる。本発明の特定の実施形態では、流れ場は、ラダー、単一または複数の蛇行、交互嵌合パターン、ピラー、バイオインスパイアされた葉状形状、またはそれらの混合物を含むことができる。電解セルはまた、本開示でさらに論じるように極性プレートを含むことができる。

20

【0029】

本発明の特定の実施形態では、多孔質電極は、炭素系多孔質支持体または金属系多孔質材料から選択することができる。炭素系多孔質支持体は、炭素繊維、カーボנקロス、カーボンフェルトなどまたはそれらの混合物に基づくことができる。炭素系多孔質支持体は、マイクロポラス層を有するまたは有しないガス拡散層（例えば、限定されないが、Sigracet 39BC, Sigracet 35BC, Sigracet 28BB, Sigracet 28BC, Toray paper, Freudenberg H23C6）とすることができる。金属系多孔質支持体は、チタン、ステンレス鋼、 Ni から選択することができ、メッシュ、フリット、フォームまたはプレートの形態であり得る。

30

【0030】

本発明の特定の実施形態では、隣接するカソードとアノードとの間のイオン伝導を確実にする2つのカソードとアノードとの間のイオン伝導媒体は、アノードとカソードとの間に押圧されて膜電極接合体（MEA）を形成する1つまたは複数のポリマー電解質膜から作製することができる。

40

【0031】

本発明の特定の実施形態では、ポリマー電解質膜は、限定ではないが、アニオン交換膜、カチオン交換膜、および／またはバイポーラ膜を含むことができる。アニオン交換膜は、ピリジニウム、イミダゾリウム、ピペリジニウムなどの正に帯電した有機N含有種、ならびにスチレンまたは他の芳香族もしくは架橋ポリマーなどの機械的／電子的安定性を改善するための追加の官能基を含有することができる。これは、市販のSustainion、Piperion、Fumasepまたは同様の構造であり得る構造を含むことができる。カチオン交換膜は、スルホン酸基、ホスホン酸基またはカルボキシレート基などのアニオン官能基を含

50

有することができる。これは、ポリマー含有芳香族、脂肪族またはフッ素化炭素鎖に担持することができる。これは、市販のAquivion、Nafion、または同様の構造に存在し得る構造を含み得る。バイポーラ交換膜は、アニオン交換膜に加えてカチオン交換膜を含むことができ、Fumasep FBM、Xionから選択することができる、または上記で言及したカチオン交換膜およびアニオン交換膜において説明した構造の組み合わせを含むことができる。これらの膜はまた、 TiO_2 、 IrO_x または NiO_x などの金属酸化物粒子を有する中央水解離層を含むことができる。

【0032】

本発明の特定の実施形態では、触媒は、1つまたは複数の分子種、単一金属サイト不均一化合物、金属化合物、炭素系化合物、ポリマー電解質（イオノマーとも呼ばれる）、金属有機構造体、または任意の他の添加剤を含むことができる。分子種は、金属ポルフィリン、金属フタロシアニンまたは金属ピピリジン錯体から選択することができる。金属化合物は、金属ナノ粒子、ナノワイヤ、ナノ粉末、ナノアレイ、ナノフレーク、ナノチューブ、デンドライト、フィルム、層またはメソポーラス構造の形態であり得る。単一金属サイト化合物は、金属ドーブ炭素系材料または金属-N-C系化合物を含むことができる。金属化合物は、Ag、Au、Zn、Cu、Ir、Pt、Fe、Ni、Co、Mn、Sn、Bi、Pd、Pb、Cd、Ru、Re、Rh、そのような金属の合金またはそれらの混合物を含むことができる。ポリマー電解質は、記載された膜に使用されるものと同じ材料から選択することができる。炭素系化合物は、カーボンナノファイバ、カーボンナノチューブ、カーボンブラック、グラファイト、ホウ素ドーブダイヤモンド粉末、ダイヤモンドナノ粉末、窒化ホウ素またはそれらの組み合わせを含むことができる。添加剤は、F、Br、I、Clを含むハロゲン化合物系化合物であり得る。添加剤は、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）またはカーボンブラックによる処理などの疎水性の改変に特に特化することができる。

【0033】

本発明の特定の実施形態では、電極に電位差を印加することにより、アノードからカソードへの電流を生成して、カソードでの CO_x （ CO_2 またはCOなど）の化学物質への還元およびアノードでの反応物の酸化（例えば、限定ではないが、水の酸素への酸化または炭化水素もしくはアルコールの部分酸化、有機廃棄物の酸化、水素の酸化など）を促進することができる。アノード反応は、酸性/中性環境（左列）または中性/アルカリ性環境（右列）で行うことができる以下の反応の1つまたは複数を含むことができる。

【0034】

【表1】

酸性/中性環境における反応	中性/アルカリ性環境における反応
$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	$4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
$2\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^-$	$2\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^-$
$\text{HCO}_3^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

【0035】

カソード反応は、酸性/中性環境（左列）または中性/アルカリ性環境（右列）で行うことができる以下の反応の1つまたは複数を含むことができる。

【0036】

10

20

30

40

50

【表 2】

酸性／中性環境における反応	中性／アルカリ性環境における反応
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO} + 2\text{OH}^-$
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HCOOH}$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HCOO}^- + \text{OH}^-$
$2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	$2\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 12\text{e}^- \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 12\text{OH}^-$
$\text{CO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_4 + 8\text{OH}^-$
$2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$	$2\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + 12\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 12\text{OH}^-$
$2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{COOH}-\text{COOH}$	$2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{COOH}-\text{COOH} + 2\text{OH}^-$
$2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}-\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}-\text{COOH} + 3\text{OH}^-$
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

10

【0037】

結果として、アノード流は、 O_2 および / または CO_2 および / または H_2O (またはそれらの混合物) を含むことができる。カソード流は、 CO および / または CO_2 および / または水素 (H_2) および / または水 (H_2O) および / またはギ酸 (HCOOH) および / またはエチレン (C_2H_4) および / またはエタン (C_2H_6) および / またはエタノール ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) および / またはメタン (CH_4) および / またはシュウ酸 ($\text{COOH}-\text{COOH}$) および / またはグリオキシル酸 ($\text{COH}-\text{COOH}$) および / またはプロパン (C_3H_8) および / またはプロペン (C_3H_6) および / またはプロパノール ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) を含むことができる。

20

【0038】

図1に帰って参照すると、電解システム100はまた、各電解スタックの端子電極(モノポーラプレート)に電圧を印加する役割を果たすことができる電力源140を含む。異なるスタックに印加される電圧は、スタック内の電解セルの数および動作条件に応じて異なり得る。

【0039】

図1の電解システムはまた、電解システムの特定の動作パラメータの監視を確実にするように構成することができるセンサ120を含む。動作パラメータは、センサによって測定することができる電解システムの物理的パラメータとして定義することができ、限定ではないが、電解反応器を構成する少なくとも1つの電解セルの少なくとも1つの電位差、電解反応器を構成する少なくとも1つのセルまたはスタックを流れる少なくとも1つの電流、限定ではないが、 CO 、 CO_2 、 H_2 、 C_2H_4 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、および、他の生成物の濃度または割合を含む、化学物質の出力流の分子組成(例えば、限定ではないが、 CO および / または CO_2 および / または水素 (H_2) および / または水 (H_2O) および / またはギ酸 (HCOOH) および / またはエチレン (C_2H_4) および / またはエタン (C_2H_6) および / またはエタノール ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) および / またはメタン (CH_4) および / またはシュウ酸 ($\text{COOH}-\text{COOH}$) および / またはグリオキシル酸 ($\text{COH}-\text{COOH}$) および / またはプロパン (C_3H_8) および / またはプロペン (C_3H_6) および / またはプロパノール ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) の濃度または割合を含む化学物質のカソード出力流の分子組成、および / または限定ではないが、 O_2 および / または CO_2 および / または H_2O および / または H_2 の濃度または割合を含む化学物質のアノード出力流の分子組成)を含むことができる。限定ではないが、カソードにおける CO_x 含有流れの温度、湿度、圧力および流速、またはアノードにおいて供給される水などの流体の温度、湿度、圧力および流速、アノード液のpHなどの他の動作パラメータも考慮することができる。

30

40

【0040】

図1の電解システムはまた、電解システムの動作パラメータ(限定ではないが、カソードおよび / またはアノードにおける入力流れの温度 / 圧力 / 湿度、カソードおよび / また

50

はアノードにおける流速を含む)または電解システム構成自体のいずれかを修正するように構成することができるアクチュエータ130を含む。これらは、例えば、以下に記載される制御システムによって提供される命令に従って達成することができる。このようにして、電解システムの動作状態を修正することができる。アクチュエータの非限定的な例は、ポンプ、流量調節器、二方弁、三方弁などの弁、気体または液体加熱システム、熱交換器、電気接触器などである。

【0041】

図1の電解システムはまた、少なくとも1つのメモリおよび1つのプロセッサ、または複数のメモリ、プロセッサおよびマイクロコントローラを備えることができる制御システム150を含む。メモリおよびプロセッサは、ローカルに分散させることができ、またはクラウドもしくは外部サーバなどの上で遠隔でホストすることができ、そのような分散は、電解システムの最適な調節のために、または特定のシステムの要件/制約に従って決定される。制御システムは、例えばメモリに格納された命令を実行することによって、1つまたは複数のプログラムを実行するように構成することができ、命令は、実行されると、システムに特定の措置を実施させることができる。例えば、システムは、センサ120などの動作パラメータセンサによって送信されたデータを受信することができる。データは、セル抵抗などの性能測定基準を含むことができる。データは、その後の措置のためにシステムによってさらに使用することができ、例えば、データは、電解システム構成のライブ監視のために表示することができ、および/またはさらなる分析のために(例えば、時系列の形態で)格納することができる。別の例として、システムは、アクチュエータ130などのアクチュエータを制御して、動作パラメータ(温度、流速、圧力など)の調節を実施することができる。別の例として、システムは、動作パラメータセンサによって送信されたデータを分析することができる。データは、電解システムの1つまたはいくつかの性能測定基準のライブ推定値を提供するなど、様々な目的で分析することができる。制御システムメモリに格納された時系列または他のデータはまた、例えば、1つまたはいくつかの動作パラメータおよび/または性能測定基準の予測機能を提供するために、ローカルにまたはクラウドもしくは外部サーバ内で分析することもできる。別の例として、システムは、限定ではないが、電解システムの状態をオペレータに通知するためまたはメンテナンスを計画するために警告を発すること、オペレータ指示または前述のデータ分析の結果に従って動作パラメータ設定点を適合させること、例えば1つまたはいくつかの電解セルおよび/またはスタックを無効にすることなどによって電解システム構成を修正することなどのような措置をトリガすることができる。

【0042】

このようにして、下記の例でより詳細に説明するように、図1のシステム100などのシステムは、例えばセンサ120を使用して、複数の電解セルを監視し、例えば監視を介して、複数の電解セル内の特定の挙動を有するセル(例えば、劣化セルの場合のように、予想外の電気抵抗を有するセルなどのセル)を識別するように構成することができる。次いで、制御システムは、上述の措置のいずれかまたは他の措置を行うことによって、複数の電解セルの動作状態を修正する(例えば、劣化セルの動作状態を修正することによって)ように構成することができる。本発明の特定の実施形態では、動作状態の修正は、複数の電解セル内の少なくとも1つの他のセルを動作させ続けながら実施することができる。

【0043】

CO_xを化学物質に変換するための電解システムは、頻繁な故障および性能劣化を受ける複雑なシステムであり得る。また、電解システムのメンテナンスは複雑であり(例えば、多数の機械的部品、バイポーラ/モノポーラプレートの高い圧縮などに起因して)、時間がかかり、したがって費用がかかる可能性がある。したがって、電解システムの性能を維持し、例えばメンテナンス作業の持続時間を最小限に抑えることによってその容量係数(すなわち、工場生産が運営される実際の速度と最大生産速度との比)を最大にする方法を見出すことが望ましい場合がある。

【0044】

10

20

30

40

50

本発明の特定の実施形態は、図 1 を参照して説明した電解システム 100 などの電解システムを制御し、そのような電解システムの性能最適化を自動化する方法に関する。特定の実施形態では、記載された方法は、代替的にまたは組み合わせて、中でも、長期間にわたって複数のセルを含む CO_x を伴う電解反応器の性能を改善し、電解セルの起こり得る故障を最小限に抑え、個々のセルまたはセルグループの故障がシステム全体の性能に及ぼす影響を最小限に抑え、故障セルまたは故障セルグループを修復 / 交換するためのメンテナンス時間を最小限に抑える方法を提供することができる。

【0045】

本明細書において使用される場合、故障を含むセル / セルグループ / スタックまたは電解反応器の劣化は、少なくとも 1 つの基準値または閾値と比較した、その電気抵抗などの少なくとも 1 つの性能測定基準の劣化として理解することができる。基準値は、制御システムがそれにアクセスし、センサからのデータを分析する際にそれを使用するためにメモリに格納することができる。使用することができる性能測定基準には、セル / セルグループ / スタックまたは電解反応器がどのように機能するかの測定または計算された指標が含まれる。代替的な性能測定基準の例（非網羅的リスト）は、とりわけ電解セルの 2 つの電極間の電位差（電圧）、スタックのモノポーラプレートに印加される電位差、セルグループ、異なるスタック、または電解反応器の電位差の合計、直列またはスタックに組み立てられた電解セルまたはセルグループにわたって流れる電流、少なくとも 1 つの有益な生成物を発生させるための電解セルの過電位であって、セルの 2 つの電極にわたる測定された電位差と、電解セルにおいて生じる全反応の熱力学的電位（アノードおよびカソード反応の合計）との差として定義される、過電位、セルグループ、スタックまたは電解反応器の過電圧、セルグループ、スタックまたは電解反応器の電気抵抗、出口流体流中の有益な生成物の測定されたモル量と、この有益な生成物のみが電解セル / セルグループ / スタック / 反応器内で形成された場合に達成され得る理論モル量との比として定義される、少なくとも 1 つの有益な生成物の生成の選択性またはファラデー効率、ファラデー効率に、電解セルの 2 つの電極にわたる測定電位差と電解セルで発生する反応全体の熱力学的ポテンシャルとの比を乗算した値として定義される、少なくとも 1 つの所望の生成化学物質を生成するための電解セルのエネルギー効率、セルグループ、スタックまたは電解反応器のエネルギー効率、所望の化学物質に変換される CO_x の量、形成される所望の化学物質の量、電解反応器の運転コストである。

【0046】

性能測定基準の前述のリストに基づいて、故障などの望ましくない挙動のいくつかの非網羅的な例を挙げることができる。例えば、アノードにおける過剰な水の存在または CO_x 含有カソード流の不適切な加湿に起因するセルのカソードのフラッディングは、カソードにおける H_2 への水還元を増大に起因して、セルの有益な生成物への CO_x 還元に対する選択性の喪失をもたらし得る。この状況は、セルの抵抗を減少させ、例えば、劣化モードを定義した閾値を超えることを引き起こす可能性がある。反応器レベルでは、フラッディング状況における所望の生成物の生成を低減することができる。別の例として、電解セルの一方または他方の電極における不純物の蓄積は、セルにわたって流れる電流の減少、セルの電圧 / 過電圧の増大、したがってセルの抵抗の増大をもたらし得る。別の例として、電解スタックの過剰な冷却は、スタックにわたって流れる電流の減少 / その電気抵抗の増大をもたらし得る。

【0047】

図 4 は、 CO_x （ CO_2 および CO など）を化学物質に変換するための、図 1 の電解システム 100 などの電解システムの性能最適化を自動化する方法 400 の概略図を含む。図示のように、方法 400 は、制御システム 150 によって、例えば、メモリに格納された命令を実行する 1 つまたは複数のプロセッサによって実施することができる。

【0048】

方法 400 は、場合によってはセル電圧および電流、ならびに / または 1 つもしくはいくつかの動作パラメータを監視することによって、異なるセルのセル抵抗などの少なくと

も 1 つの性能測定基準を監視するステップ 4 0 2 を含む。説明したように、動作パラメータは、センサによって測定することができる電解システムの物理的パラメータとして定義することができる。

【 0 0 4 9 】

方法 4 0 0 は、劣化を検出するステップ 4 0 4 をさらに含み、これは、特に、電解セル、セルグループまたはスタックの故障を検出すること 4 0 6 を含むことができる。検出 4 0 4 および / または 4 0 6 は、セル抵抗などの少なくとも 1 つの性能測定基準をその基準値と比較することによって実施することができる。劣化 4 0 4 または故障 4 0 6 を検出すると、本方法は、限定ではないが、例えば、以下に説明するように、過去の動作パラメータの時系列を使用することによって、少なくとも 1 つのセルの将来の性能の数値シミュレーションを開始すること 4 0 8 a、劣化識別を受けて動作パラメータを変更すること 4 0 8 b、例えば、閾値を超えたこと（故障状態を含む劣化状態を示すことができる）、または数値シミュレーション 4 0 8 a の結果に基づいて、セル抵抗などの少なくとも 1 つの性能測定基準について閾値を超えたことを電解反応器のオペレータに通知するために警告を発すること 4 0 8 c、故障が識別された場合に、故障セル / セルグループまたはスタックを電氣的にバイパスすること 4 0 8 d、および / または、例えば故障識別の場合のセルメンテナンスを容易にするために、ヘルプメカニズムを使用すること 4 0 8 e などの、1 つまたは複数の措置をトリガするステップ 4 0 8 を含むことができる。言及された措置は非網羅的であり、プレースホルダ 4 0 8 f によって示されるように他の複数の措置をとることができる。これらの措置は、セルまたはセルグループなどのシステムまたはシステムの一部の動作状態を修正するために行うことができる。方法 4 0 0 は、所望の結果に応じて行うことができるステップの概要を表す。図 5 に概説した電解システムの性能最適化を自動化する方法の詳細および実現例を以下に示す。

【 0 0 5 0 】

本発明の特定の実施形態では、図 1 の制御システム 1 5 0 などの制御システムは、電解故障を軽減するように構成される。電解システムでは、劣化または故障セル、セルグループまたはスタックの影響の軽減を自動化することが望ましい場合がある。これは、人間の介入またはメンテナンスなしにシステムがより長期間にわたって効率的に動作することができることを確実にすることができる。これに関して、本発明の特定の実施形態は、電解スタックに対する劣化セルの影響を軽減するための方法、および電解反応器に対する劣化スタックの影響を軽減するための方法に関する。

【 0 0 5 1 】

図 5 は、電解スタックに対する劣化（例えば、故障）セルの影響を軽減する方法 5 0 0 のブロック図およびフローチャートを含む。方法 5 0 0 は、少なくとも 1 つのセルの抵抗を推測するために、少なくとも 1 つのセル電圧および / またはスタック電流を監視するステップ 5 0 2 を含む。このステップは、電解セルのアノードとカソードとの間の少なくとも 1 つの電位差（電圧）を測定すること、および / またはスタックにわたって流れる電流を測定することを含むことができる。任意選択的に、このステップはまた、インピーダンス分光技法を使用してセル抵抗を直接測定することも含むことができる。方法 5 0 0 は、図 4 を参照して本開示で前述したように、故障を検出するステップ 5 0 4、例えば、少なくとも 1 つのセル抵抗を基準値、任意選択的に、（例えば、警報を発するために）1 つまたは複数の他の閾値と比較することに基づいて少なくとも 1 つのセルの故障モードを検出するステップをさらに含む。故障の検出は、劣化および / または故障セルの検出を含むことができる。図 5 に示すように、また図 4 を参照して示すように、このステップは、制御システム 1 5 0 によって実施することができる。

【 0 0 5 2 】

方法 5 0 0 は、故障モードの検出を受けて措置を（例えば自動的に）実施するステップをさらに含む。図 4 を参照して説明したように、システムによって様々な措置を実行することができる、それらの措置は個別にまたは互いに組み合わせて実施することができる。例えば、セルが故障閾値を超えたことが識別されると、ステップ 5 0 6 によって表されるよ

うに、セルを電氣的に短絡することができる。セルの電氣的短絡は、アクチュエータの作動を受けて閉じることができる、セルの2つの電極間に位置する常開電気回路の動作によって行うことができる。アクチュエータは、限定ではないが、トランジスタ、サイリスタ、光カプラ、コイルベースの電気接触器などを含む機械的リレーまたはソリッドステートリレーなどの電子デバイスとすることができる。任意選択的に、モータベースの機械装置を使用して、常開電気短絡回路を閉じることができる。

【0053】

システムによって実行することができる措置の別の例として、ステップ508によって表されるように、劣化セルを含むスタックの端子電極に印加される電圧を修正することができる。電圧は、セル短絡（エネルギー効率最適化）に続くスタックの電気抵抗の降下に追従するように低下させるか、または化学物質への一定のCO_x変換率を確保するように増大させることができる。入力CO_x流速は、ステップ510によって表されるように、それに応じて修正することができる。ステップ512によって表されるように、オペレータに対して警告を生成することができる。本開示でより詳細に説明するように、他の閾値を定義して、セルが劣化していることをオペレータに警告し、場合によっては、シミュレーションを開始するか、またはセル故障を防ぐための是正措置をとることができる。

10

【0054】

図5を参照して説明した方法500など、電解スタックに対する劣化（例えば、故障）セルの影響を軽減する方法は、図1の電解システム100などの電解システムが、人間の介入またはメンテナンスなしに、より長期間にわたって効率的に動作することを確実にすることができる。故障セルを短絡することによって達成することができる利点の一例は、故障セルにおけるジュール効果（抵抗器を通して流れる電流が熱の形態のエネルギーを散逸させ、散逸されるエネルギーの量は、抵抗器の抵抗に比例する）による熱の形態のエネルギー損失を回避することができることである。この利点は、劣化がセルの抵抗の増大である場合に重要であり得る。故障セルを短絡することによって達成することができる利点の別の例は、劣化が選択性の喪失を引き起こす場合に有益な生成物の出力流中に望ましくない生成物が生成されることを回避することができることである。これらおよび他のシナリオは、本開示において下記により詳細に説明される。

20

【0055】

図5を参照して説明した電解スタックに対する劣化（例えば、故障）セルの影響を軽減する方法は、スタック内のセルグループの影響を軽減するために簡単な様式で順次適用することができる。

30

【0056】

図6は、電解反応器に対する劣化（例えば、故障）スタックの影響を軽減する方法600のブロック図およびフローチャートを含む。方法600は、複数のセルを含む複数のスタックに同時にまたは順次適用することができる。図6は、セル650a、650b、650c、660a、660b、660cなどの複数のセルを含むスタック650および660を含む例を示すが、本発明はそのような構成に限定されない。スタック内で相当の割合のセルが故障した場合、スタック自体が故障スタックと見なされ得る。その場合、電解システムに対する劣化スタックの影響を最小限に抑えることが望ましい場合がある。電解反応器に対する劣化スタックの影響を軽減する方法600は、電解スタックに対する劣化セルの影響を軽減する方法を、電解反応器を構成するすべてのスタックに適用するステップ602を含む。そのようなステップは、図5を参照して説明した方法500の実行を含むことができる。

40

【0057】

方法600は、故障を検出するステップ604、例えば、スタック内で短縮されたセルの数または他の性能測定基準と、1つの閾値（例えば、スタック内のセルの20%超がバイパスされる）、または2つ以上の閾値との比較に基づいて、少なくとも1つのスタックの故障モードを検出することをさらに含むことができる。例えば、スタック内の故障セルの割合が5%、10%、20%、30%、40%、および/または50%を超える場合、

50

スタックは故障していると思なすことができる。電解スタックに対する劣化セルの影響を軽減する方法によって劣化セルが短絡されない実施形態では、最適でないセルを回路上に電氣的に接続したままにすることができる。その場合、スタックの総電気抵抗などの他の性能測定基準を使用して、スタックの故障モードを識別することができる。その場合、故障スタックは、例えば3%、5%、10%、20%および/または30%を超えて相対的にその基準値と異なる電気抵抗によって定義される。この差は、正または負のいずれかであり得る。限定ではないがスタックのエネルギー効率および選択性などの他の性能測定基準を使用することができる。

【0058】

方法600は、本開示で前述したように、故障の検出を受けて、例えば閾値依存故障モードの検出を受けて、1つまたは複数の措置を実施する（例えば、自動的に実施する）ことをさらに含む。本発明の特定の実施形態では、ステップ606によって表されるように、スタックを電氣的にバイパスするように1つの閾値を設定することができる。電氣的バイパスは、スタックの端子電極（モノポーラプレート）における電圧の印加および入力CO_x流れの両方を停止することによって行うことができる。本発明の特定の実施形態では、他のスタックの端子電極に印加される電圧、ならびに入力CO_x流速を自動的に増大させて、化学物質への一定のCO_x変換速度を確実にすることができる。本開示で前述したように、故障の検出を受けた他の措置が可能であり、例えば、ステップ608によって表されるように、故障または潜在的な故障をオペレータに警告するために、例えばスタックが漸進的に劣化していることを警告するために、他の閾値が定義されてもよい。

【0059】

多数の電解スタックを含む電解システムでは、電解反応器に対する劣化スタックの影響を軽減する方法を実施することにより、システム全体の動作に対する故障スタックの影響を最小限に抑えることができ、電解システムの性能を最大化することができる。また、例えば、低電力消費または高二酸化炭素変換率の点で性能レベルを維持するために必要なシステムのメンテナンスまたは修正を最小限に抑えることができる。故障していないスタックの電圧および入力CO_x流速の自動修正を可能にする実施形態では、所望の製品の一定の生産を達成することができる。

【0060】

本発明の特定の実施形態は、劣化セルまたはスタックの故障回避および/または動作パラメータの自動調整のための予測モデルに関する。モデルは、人工知能モデルを含むことができる。電解システムでは、実際の故障が発生する前にセルまたはスタックの故障を防止または遅延させるために動作パラメータを自動的に調整することが望ましい場合がある。これにより、電解システムの寿命および全体的な効率を高めることができる。特に、予測機能を使用して可能性のあるセルまたはスタック故障を識別することができ、分類機能を使用して可能性のあるセルまたはスタック故障の原因を識別することができる。次いで、図4を参照して前述したように、起こり得るセルまたはスタックの故障の識別に対する条件付きの電解システムの動作パラメータの自動調整を使用して、セルまたはスタック故障を防止または遅延させることができる。

【0061】

セルまたはスタック故障を防止するために電解スタックの動作パラメータを調整する方法は、一般に、電解セルのアノードとカソードとの間の少なくとも1つの電位差（電圧）を測定するステップおよび/またはスタックにわたって流れる電流を測定するステップなどの様々なステップを含むことができる。本方法はまた、限定ではないが、カソードのCO_x流れの温度、湿度、圧力および流速、またはイオン含有水溶液などのアノードにおいて供給される流体の温度、湿度、圧力および流速、アノード液のpH、限定ではないがCO、CO₂、H₂、C₂H₄、C₂H₅OH、CH₄、および本開示で前述したような他の生成物の濃度または割合を含む化学物質の出力流の分子組成を含む少なくとも1つの動作パラメータを測定するステップを含むことができる。本方法はまた、上述の測定値を、例えば、少なくとも2つの時間ステップを含む時系列（または他のデータ系列）の形態で制御シス

テムメモリに格納するステップを含むことができる。本方法はまた、例えば、前述の格納された測定値（例えば、時系列）の分析に基づく回帰モデルなどの少なくとも1つのモデルを使用して、少なくとも1つの性能測定基準（例えば、セル抵抗、セル電圧、スタック電流、または前に開示された任意の他の性能測定基準）の将来の時系列を予測するステップを含むことができる。本方法はまた、予測された将来の時系列に基づいてスタック内の1つまたは複数のセルの可能な故障モードを予測するために、少なくとも1つの分類モデルを使用するステップを含むことができる。本方法はまた、実際の故障が発生する前に劣化セルを緩和するために、1つまたはいくつかのセルの起こり得る故障の予測を受けて、スタックの動作に関連する少なくとも1つの動作パラメータを変更するステップを含むことができる。そのような方法および実施態様の様々な例が本開示に与えられる。

10

【0062】

セルまたはスタック故障を防止するために電解スタックの動作パラメータを調整する方法において、限定ではないが、線形回帰、多項式回帰、カーネルベースの回帰、ニューラルネットワーク、ディープニューラルネットワーク、決定木、ランダムフォレスト回帰、または任意の他の機械学習着想回帰モデル、またはこれらのモデルの組み合わせなどの、異なるモデル（例えば、回帰モデル）を使用することができる。これらのモデルは、出力パラメータ（セル抵抗および/または他の性能測定基準）の唯一の測定時系列、または異なる動作パラメータおよび/または出力パラメータのいくつかの測定時系列のいずれかを入力としてとることができる。これらのモデルの出力は、セル抵抗とすることができるが、セル電圧、スタック電流、または任意の他の性能測定基準とすることもできる。例えば、1つのセル抵抗測定時系列のみをとる指数平滑化モデルを使用して、他の動作パラメータ（温度、圧力、湿度など）の影響を明示的に考慮せずにセル抵抗を予測することができる。このようなモデルを改良して、セル抵抗を入力CO_x流れのセル温度および湿度と線形的または多項式的に相関させることができる。本発明の特定の実施形態では、ニューラルネットワークを使用して、セル抵抗、入力CO_x流れの湿度および圧力、ならびにスタックの平均温度の過去の時系列に基づいてスタック電流を出力することができる。

20

【0063】

種々の分類モデルを使用して、限定ではないが、閾値モデル、決定木、k平均クラスタリングモデル、サポートベクタマシンモデル、任意の機械学習着想分類モデル、またはこれらの組み合わせなどの予測された将来の時系列に基づいて、スタック内の1つまたは複数のセルの起こり得る故障を予測することができる。これらのモデルを使用して、故障モードの原因を分析し、故障が発生する前に劣化セルを緩和するために制御システムが動作パラメータを自動的に修正するのを助け、したがってそれらの寿命を延ばすことができる。例えば、電解セルの故障モードは、セル抵抗の劣化速度を入力とするk平均クラスタリングモデルによって分類することができる。予測されたセル抵抗の急激な減少は、膜の形成における可能性のある穴に起因する可能性があるが、予測されたセル抵抗の低速の増大は、CO_xの所望の生成物への触媒還元を阻止する、電極上の不純物の蓄積を示す可能性がある。生成化学物質の出力流中の少なくとも1つの生成物の追加の濃度または割合測定値を使用することにより、フラッディングイベント（すなわち、カソードにおける大量の水の望ましくない存在）は、水がカソードにおいて電気化学的に還元され、生成化学物質の出力流中のより高い割合の二水素H₂に変換される確率を高めることができるため、フラッディングイベントを識別することができる。

30

40

【0064】

故障モードの分類を受けて、故障原因の知的理解に基づいて制御システムによって動作パラメータを修正することができる。例えば、カソード触媒部位への不純物の可能性のある蓄積が、セルまたはスタックの故障を防止するために電解スタックの動作パラメータを調整する方法によって予測される場合、制御システムは、入力CO_x流れを一時的に迂回させ、水から構成されるリンス流を注入することによってカソードのリンス手順をトリガすることができる。同様に、膜の穴の形成が予測される場合、電解スタックに対する劣化セルの影響を軽減する方法を使用して、セルを一時的に電氣的に短絡し、カソードまたは

50

アノード流れの中に膜修復生成物を注入することができる。スタックの端子電極に印加される電圧を低減して、セルに対する負荷を低減することもできる。動作パラメータの他の修正は、とりわけ、スタックを冷却するためにアノードにおけるアノード流の流れを増大させること、圧力を増大または減少させながら入力ガスの流れを減少または増大させることを含むことができる。別の例は、例えば、有益な生成物の出力流れ中の H_2 の濃度または割合を測定することによるフラッディングイベントの検出を含み、これを使用して、カソードで利用可能な水の量を減らすために、入力 CO_2 または CO 流れの湿度などの電解システムの動作パラメータを調整（例えば、自動的に）することができる。

【0065】

本発明の特定の実施形態は、セルを修復するための機構、例えば、完全に分解することなくセルを修復するための機構に関する。図1のシステム100などの電解システムにおいて、例えばメンテナンス作業の持続時間を最小限に抑えることによって容量係数（すなわち、工場生産が運営される実際の速度と最大生産速度との比）を最大にする方法を見出すことが望ましい場合がある。手動で操作されるかまたは自動化されるかにかかわらず、ヘルパー機構は、このタスクを達成する方法を提供することができる。この節は、2つのそのようなヘルパー機構を記載する。

【0066】

電解スタックは、スタックのメンテナンスを容易にするためにヘルパーシステムと組み合わせることができる。このヘルパー機械システムは、スタックと組み合わせると、故障セルを分解および交換/再生している間に、1つまたは複数のセルの周りのスタックの部分（例えば、先に定義したサブスタック）の圧縮を維持することができる。特定の実施形態において、スタックの良好に機能する部分の圧縮を維持することは、そのようなメンテナンス作業後に非修正セルの高い性能を維持しながら、標的化された局所的な分解による容易で迅速なメンテナンスを可能にするために重要であり得る。

【0067】

特定の状況では、他のスタック構成要素の修正後に電解システムが再起動されるとき、セルがそれらの性能（メンテナンス前に得られたものと同様の）を保持するために非劣化セルの圧縮および整合を維持することが重要であり得る。本発明の特定の実施形態では、ヘルパーシステムは、制御システム150、独立した制御システムを含む任意の手段によって自動的に制御されてもよく、またはオペレータによって手動で制御されてもよい。記載された特性を保証するために、ヘルパーシステムおよびその電解スタックとの相互作用のための様々な設計が想定され得る。2つの非限定的な例を下記に提供する。

【0068】

第1の例は、滑走周辺サブスタックロックシステムに基づくヘルパーシステムを指す。図7は、ヘルパーシステムの例700を含み、図8は、ヘルパーシステムの周辺滑走ロックシステムの例を含む。図7および図8は、エンドプレート（705, 706）と、中央電解スタックを囲み（明確にするために本明細書には示されていない）、任意の種類の外部締結システム707によって決定されるその機械的保持および圧縮を確実にするレール（701a, 701b, 701c, 701d）とを備えるスタック外側ケーシングの例を示す。図8は、中央プレート810の厚さに機械加工されたインデントに入ることによって側方窪み（800a, 800b, 800c, 800d, 800f, 800e）を通じてそれ自体を機械的に取り付ける極性プレート810（バイポーラまたはモノポーラ）を取り囲む周辺滑走ロックシステム808を提示する。周辺滑走ロックシステム808は、その四隅に配置されたレール（701a, 701b, 701c, 701d）によって形成されたフレーム内に入り込み、スタックの厚さに沿ってその動きを案内する。これは、このエンドプレートとそれが取り付けられているスタックプレートとの間に位置するサブスタックに（くぼみを通じて）圧力を加えることを可能にするために、剛性バー（限定ではないが、ねじ付きロッド、ボールねじベースのシステムなど）を介してエンドプレートの1つに取り付けられている。このサブスタックの圧縮は、本明細書に示されていない任意の種類の圧力センサによって監視されるように、剛性バーを目標圧縮レベルに締め付けることによ

10

20

30

40

50

て確実にすることができる。そのような締め付けは、限定ではないが、703a、703b、703cに例示されるようなエンドプレート上に位置するモータなどのシステムによって操作することができる。ポート704a、704b、704c、704dは、電解スタック内で流体を循環させるためのマニホールドを表す。それらは、例として同じエンドプレート上に表されているが、異なるエンドプレート上および/またはプレートの異なるロケーションに位置することもできる。

【0069】

表されている周辺滑走ロックシステムの孔811a、811b、811cは、第2の周辺滑走ロックシステム専用の剛性バーの通過を可能にするように設計することができる。このようにして、故障セルまたは一連のセルの各側の極性プレート上に周辺滑走ロックシステムを位置付けることによって、故障セルまたは一連のセルの各側のサブスタック上の圧縮を維持することが可能である。707に作用するスタック全体の圧縮を緩めることによって、スタックの残りを無傷に保ちながら、故障セルのうちの1つまたは一連のセルにアクセスしてメンテナンス作業を実現することが可能であり得る。メンテナンス作業が実施されると、スタック全体を標的圧縮レベルに再び圧縮して、任意の種類の圧力センサによって監視することができ、プレートインデントから側方窪み(800a、800b、800c、800d、800f、800e)を引き出すことによって、周辺滑走ロックシステムをプレートから分離することができる。

10

【0070】

図9は、スタック全体の減圧中に交換される中央MEAを取り囲む2つのサブスタックの圧縮を維持するための、ヘルパーシステムおよびスタック内へのその統合の別の例を含む。単純にするために、交換されるMEA903に直接隣接する2つのバイポーラプレート901、902のみがビュー900に示されている。さらに、システムは、それぞれi)バイポーラプレート901とエンドプレート904との間のすべての極性プレート(バイポーラまたはモノポーラ)およびii)バイポーラプレート902とエンドプレート905との間のすべてのプレート(バイポーラまたはモノポーラ)を含む、両方のサブスタックの圧縮を維持するように設計することができる。

20

【0071】

上記のようなシステムの例は、セルを含む電解セルのスタックを含み、これは、上記のプレート(1つのセルの一部であるモノポーラプレート、両側の2つのセルの一部であるバイポーラプレート)を含むことができる。電解スタックはまた、スタックの残りの部分から外方に移動しているかまたは移動されている間に、プレートおよびスタックケーシングの少なくとも一部が一定の程度の圧縮下でともに維持されるためのケーシングおよびロック機構(上述のような)を含むことができる。スタックは、例えばプレートおよびスタックケーシングが移動するためのガイドを含むことができる。ガイドは、別個のガイドまたは一体型ガイドとすることができる。1つまたは複数の追加のロック機構をスタックに含めることもできる。例えば、セルの第2のプレート(移動しているプレートではない)を、第1のプレートがスタックのその部分から外方に移動するかまたは移動されているときに、一定程度の圧縮の下でスタックの一部に対して固定するためのロック機構を設けることができる。スタックケーシングは、電解セルのスタックのエンドプレートを含むこと

30

40

【0072】

プレートは、横方向にアクセス可能なインターフェースなどのアクセス可能なインターフェースと、横方向にアクセス可能なインターフェースと嵌合するように構成することができるロック機構の取り外し可能なコネクタなどのコネクタとを含むことができる。ロック機構のアクチュエータは、図7の要素707を参照して説明および図示されるように、一定程度の圧縮を付与するためにコネクタに接続することができる。例えば、横方向にアクセス可能なインターフェースは、プレート内のソケットとすることができる。一方、取り外し可能な接続部は、パドルとすることができる。別の例として、取り外し可能なコネクタは、横方向にアクセス可能なインターフェースに嵌合されるときにスタックケーシング

50

の１つまたは複数の圧入部に挿入されるように構成することができる。上述のロック機構は、例えば制御ループのフィードバック信号の少なくとも一部として圧力センサからのデータを使用することができる制御ループによって動作することができる。本発明の特定の実施形態では、上述のように、ロック機構は、アクチュエータと、第１のスタックケージングを通して延在するねじ付きポストとを含むことができる。アクチュエータは、一定程度の圧縮を付与するためにねじ付きポストを回転させることができる。

【００７３】

本発明の特定の実施形態において、上述のヘルパーシステムを使用して、劣化セルは、例えば、劣化セルのプレートを、電解セルを備えるスタックケージングと共に移動させることによって置き換えることができる。他のセルは、プレートとスタックケージングとの間に位置することができ、それらは、交換が行われた後も期待通りに機能し続けることができる。特定の実施形態では、セルは、交換プロセス中に機能し続けるように構成することさえできる。

10

【００７４】

図９に示されているヘルパーシステムにおいて、各バイポーラプレートは、本明細書に例示されているように、限定ではないがタペット９０６などの１つまたは複数の突起を含む。これらは、ビュー９１０により詳細に示されるように、サブスタック（９０１）のエンドプレート（例えば、９０４）および最終プレートを結合することによってそれらのそれぞれの圧縮を維持するために、Ｕ字形機構９０７をサブスタックの各側に挿入することを可能にすることができる。サブスタックの圧縮は、ロックシステム９０８によって調整可能であり得る。各サブスタックが圧縮されると、スタック全体は圧縮されず、MEAの迅速かつ容易な抽出９０９を可能にし得る。

20

【００７５】

図１０は、本明細書に記載の方法のいくつかおよびそれらの間の関係を要約したフローチャート１０００を含む。フローチャート１０００は、電解システムを監視するステップ１００１から始まる。監視ステップは、上述の方法のいずれかに記載されているように実行することができ、セル、セルグループおよび／またはスタックグループを個別に監視することを含むことができる。監視は、少なくとも１つのセンサを介して行うことができる。本開示で前述したように、性能測定基準および動作パラメータを含む動作特性を監視することができる。

30

【００７６】

フローチャート１０００は、望ましくない状態を識別するステップ１００２に続く。識別することは、本開示で前述したように、測定値を基準値または閾値と比較することを含むことができる。例えば、ステップ１００２は、劣化セル１００２ａ（例えば、性能測定基準が故障閾値に近づいているか、または期待通りに機能していないセル）を識別することを含むことができる。ステップ１００２はまた、故障セル１１０２ｂ（例えば、作動していないセルまたは性能測定基準が故障閾値を超えたセル）を識別することを含むことができる。ステップ１００２はまた、劣化スタック１００２ｃ（例えば、許容可能な数を超える劣化および／または故障セルを有するスタック）を識別することを含むことができる。ステップ１００２はまた、故障スタック１００２ｄ（例えば、作動していないか、または許容可能な数を超える故障セルを有するスタック）を識別するステップを含むことができる。これらは、ステップ１００２が伴い得ることの非網羅的な例である。その着想は、システムが潜在的な故障と実際の故障の両方を認識し、それに応じて動作することができるということである。

40

【００７７】

フローチャート１０００は、システムの動作状態（例えば、セル、セルグループ、スタックの動作状態）を修正するステップ１００３に続く。修正は、ステップ１００２における識別を受けて、かつ、システム内の少なくとも１つの他のセルを動作させ続けながら行うことができる。修正ステップ１００３の様々な非限定的な例がフローチャート１０００に示されており、アラーム１００３ｃをトリガするなど、本開示に記載された他の方法に

50

ついて説明したようなシステムによって行われる措置を含む。本方法は、潜在的な故障と実際の故障の両方を識別するように意図されているため、修正ステップは、所望の救済策に応じて分割することができる。例えば、ステップ 1002 の結果が、故障する可能性があるがまだ故障していないセルの形態の劣化セルまたは劣化スタックがあるというものである場合、修正ステップ 1003 は、劣化を防止するステップ 1003a を含むことができる。このようにして、劣化セル/スタックの寿命を延ばすことができ、実際の故障を回避するか、または少なくとも遅延させることができる。ステップ 1002 の結果が、故障セルまたはスタックの形態の劣化セルまたはスタックが検出されたということである場合、修正ステップ 1003 は、故障を解決するステップ 1003b を含むことができる。

【0078】

システムまたはその一部の動作状態を修正するための様々な例が本明細書全体を通して与えられ、例えば、システムの動作パラメータ 1004 を調整して、劣化セル/スタックの寿命を延ばすことが可能であり得る。他方、故障の場合 1005、セル、セルグループ、またはスタックを無効にすることが可能であり得る。このようにして、システムは、いくつかのセル/スタックが故障しているという事実にかかわらず、作動し続けることができる。これは、電氣的バイパスなどを介してこれらのセル/スタックをバイパスすることによって行うことができる。例えば、劣化セルが電解システムの電力回路内の別のセルと並列である場合、劣化セルを無効にすることは、劣化セルを電解システムの電力回路から接続切断することを含むことができる。無効化は、エネルギーを消費していない状態、生成していない状態、非アクティブ状態、CO_xを低減していない状態、流れを異なる流れに置き換える状態にセル/スタックを構成することなどの任意の数の動作を含むことができる。セルが直列である場合、セルは、例えば導体を使用することによってバイパスすることができる。セルが並列である場合、セルは開いている可能性があり、流れは停止する。このようにして、例えば、スタックを無効化するためにスタックを通じて電気が流れないように回路を開くこと、セルを無効にするためにセルを（例えば、導電性金属片を用いて）短絡すること、セルグループを無効にするために個々のセルを次々に無効にすることなど、様々な措置を無効化ステップの一部として行うことができる。

【0079】

次のステップは、セル/スタックの実際の交換 1006 を含むことができる。このステップは、システム内に無効にされたセルが多すぎる場合、またはオペレータが所望する場合に達成することができる。次いで、セルの交換は、メンテナンス時間を短縮するために、本開示に記載のヘルパー機構 1007 の使用を含むことができる。このようにして、本明細書に開示される方法およびシステムの組み合わせは、劣化を識別するために監視するためだけでなく、例えばまた、そのような劣化の検出を受けて自動的にシステムの変化を実行して劣化および故障を遅らせるための手段を提供することによって、電解システムの寿命を延ばすのに役立つ。さらに、システムおよび方法は、故障が検出された場合であってもシステムを動作させ続ける手段と、それらの故障を迅速かつ効果的に修復する手段とを提供する。

【0080】

本明細書は、本発明の特定の実施形態に関して詳細に説明されてきたが、当業者は、前述の理解を得ると、これらの実施形態の変更、変形、および同等物を容易に想起することができることが理解されよう。上述した方法ステップのいずれも、それらの方法ステップのための命令を格納するコンピュータ可読非一時的媒体によって動作するプロセッサによって行うことができる。コンピュータ可読媒体は、パーソナルユーザデバイス内のメモリまたはネットワークアクセス可能メモリであってもよい。本発明に対するこれらおよび他の修正および変形は、添付の特許請求の範囲により詳細に記載されている本発明の範囲から逸脱することなく、当業者によって実施され得る。

10

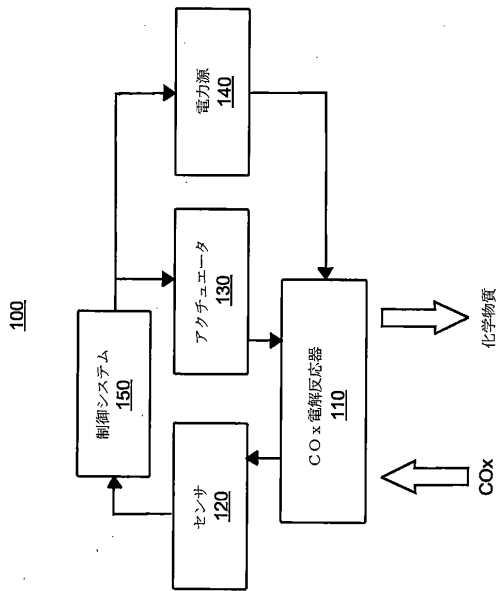
20

30

40

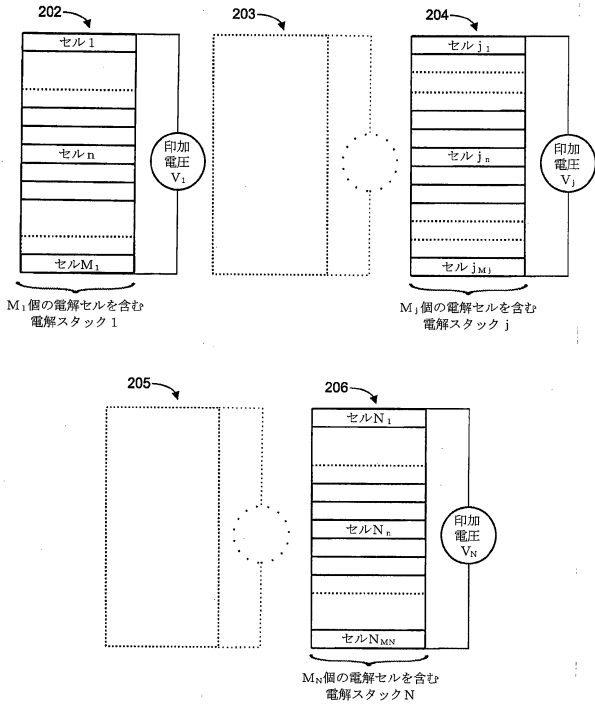
【 図 面 】
【 図 1 】

FIG. 1



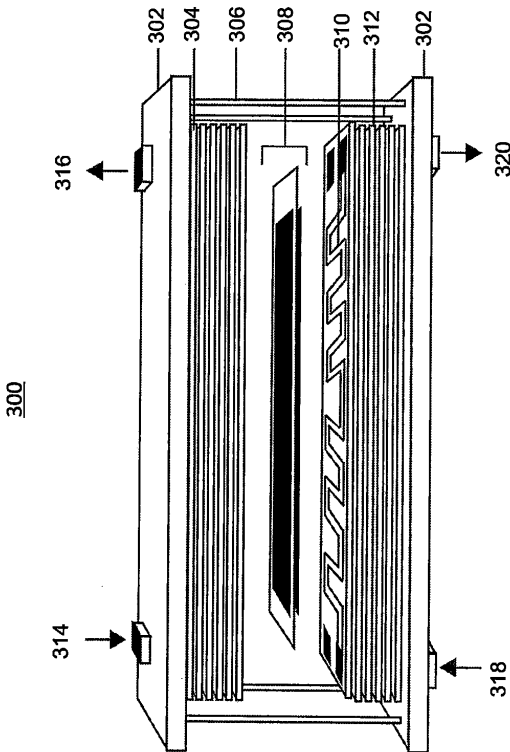
【 図 2 】

FIG. 2



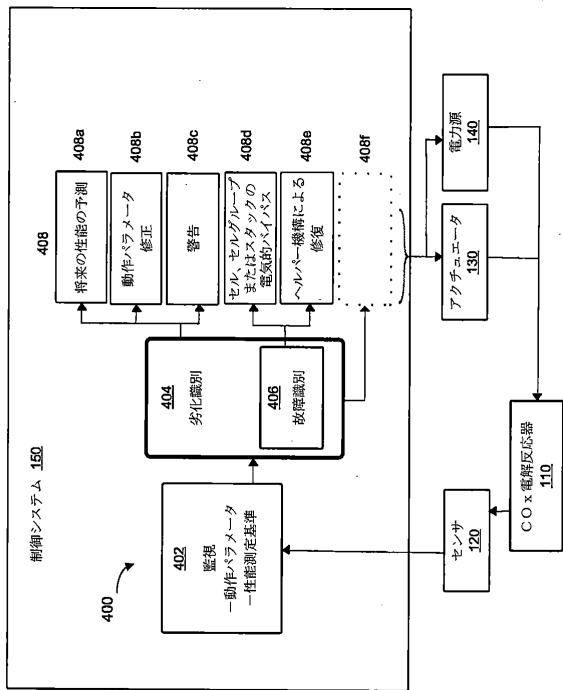
【 図 3 】

FIG. 3



【 図 4 】

FIG. 4



10

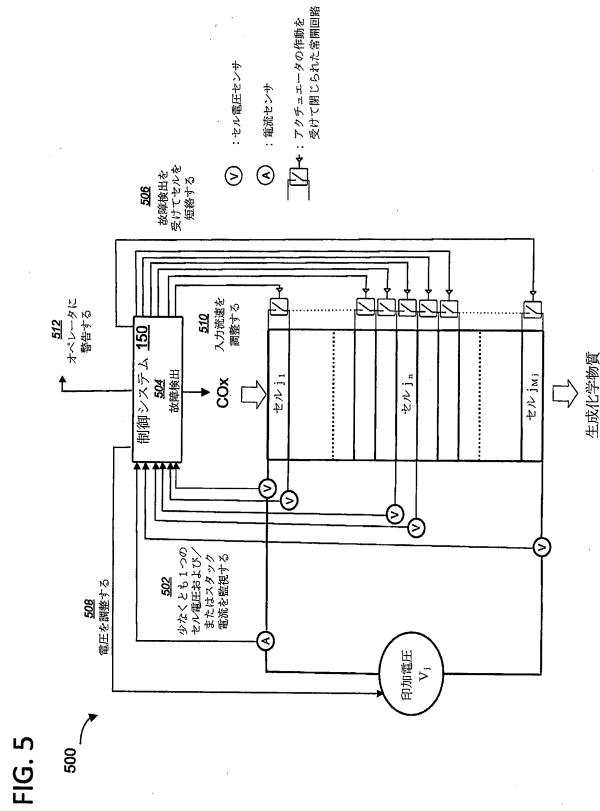
20

30

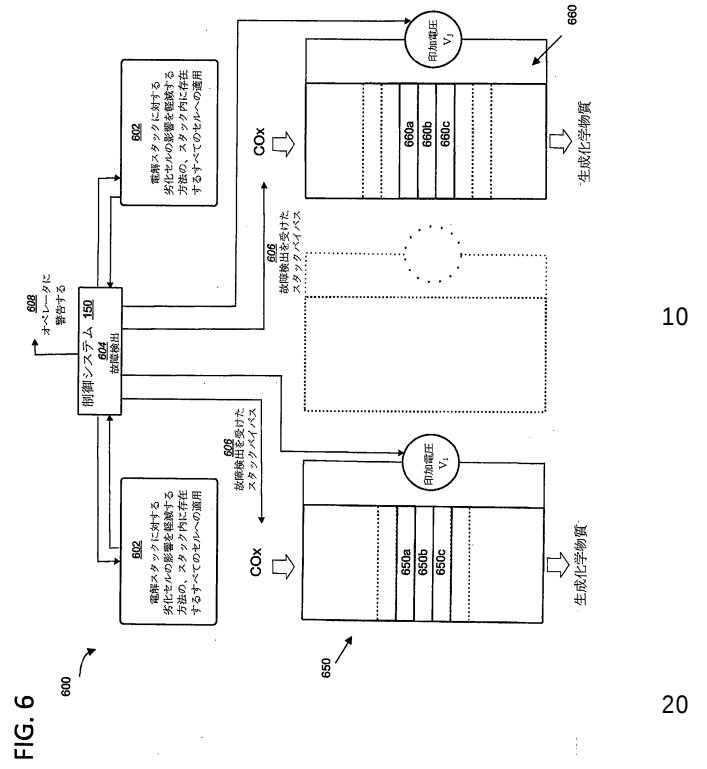
40

50

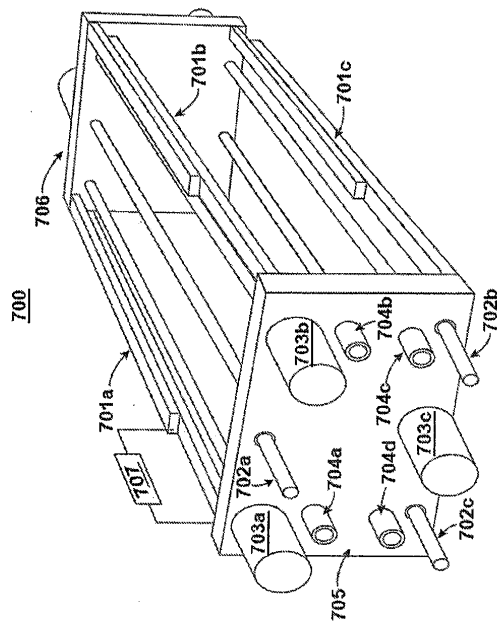
【 図 5 】



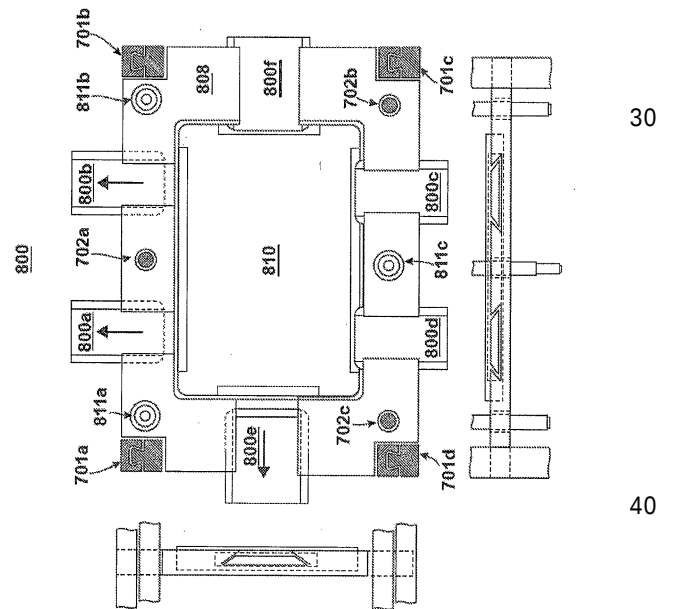
【 図 6 】



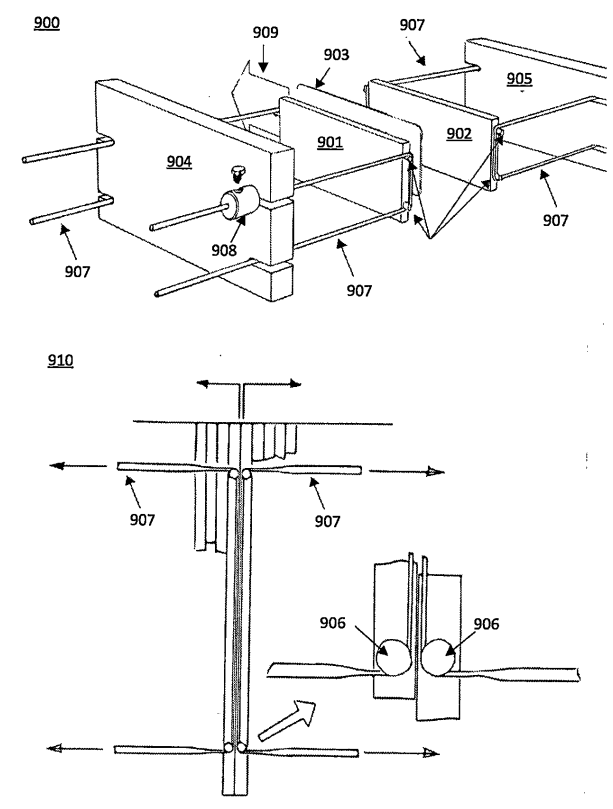
【 図 7 】



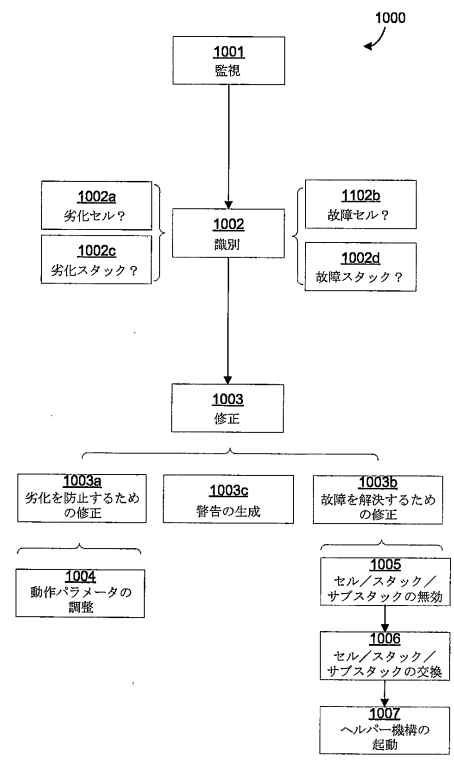
【 図 8 】



【図 9】
FIG. 9



【図 10】
FIG. 10



10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2022/057568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER					
INV.	C25B9/70	C25B9/73	C25B15/02	C25B15/023	C25B1/04
	C25B3/03	C25B3/07	C25B3/25	C25B3/26	
ADD.					
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC					
B. FIELDS SEARCHED					
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)					
C25B					
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched					
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)					
EPO-Internal, WPI Data					
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT					
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages				Relevant to claim No.
X	US 2009/090637 A1 (HARTVIGSEN JOSEPH J [US] ET AL) 9 April 2009 (2009-04-09) the whole document				1-22

X	US 2015/024298 A1 (BLANCHET SCOTT [US] ET AL) 22 January 2015 (2015-01-22) the whole document				1-22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.					
☒ See patent family annex.					
* Special categories of cited documents :					
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance			"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date			"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)			"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art		
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means			"Z" document member of the same patent family		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed					
Date of the actual completion of the international search			Date of mailing of the international search report		
20 January 2023			21/03/2023		
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016			Authorized officer Ritter, Thomas		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IB2022/057568
Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)		
This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:		
1.	☐ Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:	10
2.	☐ Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:	
3.	☐ Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).	20
Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)		
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:		
see additional sheet		
1.	☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.	
2.	☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.	30
3.	☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:	
4.	☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims;; it is covered by claims Nos.: 1-22	40
Remark on Protest		
☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.		
☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.		
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.		

International Application No. PCT/IB2022 /057568

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

10

1. claims: 1-22

A method for controlling an electrolysis system with a plurality of electrolysis cells, wherein the electrolysis system converts a fluidic flow containing COx into at least one chemical, the method comprising: monitoring, using at least one sensor, the plurality of electrolysis cells; identifying, via the monitoring, a degrading cell in the plurality of electrolysis cells; and modifying, upon the identifying of the degrading cell and while continuing to operate at least one other cell in the plurality of electrolysis cells, an operational state of the plurality of electrolysis cells. Analogous system.

20

2. claims: 23-30

An electrolysis system comprising: a stack of electrolysis cells, wherein a cell of the stack of electrolysis cells includes a plate; a first stack casing located on a first end of the stack of electrolysis cells; and at least one locking mechanism for the plate and the first stack casing to move away, under a degree of compression, from a second end of the stack of electrolysis cells.

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				International application No	
Information on patent family members				PCT/IB2022/057568	
Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2009090637	A1	09-04-2009	US 2009090637	A1	09-04-2009
			WO 2009046344	A1	09-04-2009

US 2015024298	A1	22-01-2015	AU 2014290048	A1	11-02-2016
			AU 2019200562	A1	14-02-2019
			CA 2918235	A1	22-01-2015
			EP 3022335	A1	25-05-2016
			ES 2625172	T3	18-07-2017
			JP 6456947	B2	23-01-2019
			JP 6640972	B2	05-02-2020
			JP 2016529398	A	23-09-2016
			JP 2019052377	A	04-04-2019
			KR 20160033184	A	25-03-2016
			US 2015024298	A1	22-01-2015
			US 2018148850	A1	31-05-2018
			US 2018148851	A1	31-05-2018
			WO 2015009835	A1	22-01-2015

10

20

30

40

50

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,
CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,J
M,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY
,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,T
H,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

ジデンス・アーバン・アート、パティマン・ベ、アパルトマン・ベ・601
(72)発明者 ワカーリー，ダビド
フランス、33800 ボルドー、クール・ドゥ・ラ・マルヌ、149・ベ、レジデンス・アーバ
ン・アート、パティマン・ベ、アパルトマン・ベ・601
Fターム（参考） 4K021 AB25 AC02 AC05 AC07 BC06