

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4494975号
(P4494975)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 M 8/24 (2006.01)

H O 1 M 8/24

T

H O 1 M 8/10 (2006.01)

H O 1 M 8/10

請求項の数 1 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-551520 (P2004-551520)
 (86) (22) 出願日 平成15年10月14日(2003.10.14)
 (65) 公表番号 特表2006-506780 (P2006-506780A)
 (43) 公表日 平成18年2月23日(2006.2.23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/032448
 (87) 国際公開番号 W02004/045010
 (87) 国際公開日 平成16年5月27日(2004.5.27)
 審査請求日 平成18年9月13日(2006.9.13)
 (31) 優先権主張番号 10/294,224
 (32) 優先日 平成14年11月14日(2002.11.14)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 505005049
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133
 -3427, セント ポール, ポスト オ
 フィス ボックス 33427, スリーエ
 ム センター
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100102819
 弁理士 島田 哲郎
 (74) 代理人 100112357
 弁理士 廣瀬 繁樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池スタック

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハードストップ層を含まない膜電極アセンブリを少なくとも1つ有する、1つ以上の燃料電池モジュールと、

2つ以上の圧縮プレートと、

少なくとも1つの燃料電池モジュールの両側に配置された少なくとも1つの対の圧縮プレートを接続するとともに、前記対の圧縮プレートの間の所定の間隙距離を維持するように係合可能な少なくとも1つの機械的リンク機構と、を有し、

前記機械的リンク機構が、第1の圧縮プレート上の第1の取付ポイントに取付けられるとともに第2の圧縮プレート上の第2の取付ポイントに取付けられたラッチを含む機械的リンクを含み、前記機械的リンクが、前記第1の取付ポイントと前記第2の取付ポイントとの間の距離である有効長を有し、前記ラッチが、調整可能な取付部によって、前記機械的リンクの有効長が前記調整可能な取付部の調整によって変更可能となるように、前記第1および第2の圧縮プレートの少なくとも1つに取付けられ、かつ、前記調整可能な取付部がオフセットカム機構を含む、
 燃料電池スタック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エネルギー省によって認められた協力協定 D E - F C 0 2 - 9 9 E E 5 0 5

８２に基づき政府の援助でなされた。政府は、本発明における特定の権利を有する。

【０００２】

本発明は、燃料電池モジュールを圧縮下で一定の歪みにおいて維持してもよい機械的リンク機構によって接続された圧縮プレートと交互に積重ねられた、膜電極アセンブリ（MEA）を含む燃料電池モジュールを含む燃料電池スタックに関する。典型的には、燃料電池モジュールに対する圧縮を、いかなる他の燃料電池モジュールに対する圧縮から独立して調整してもよい。

【背景技術】

【０００３】

典型的な燃料電池スタックは、共通の圧力に、スタック内のMEAをすべてまとめて圧縮する方法および機構によって構成される。これは、スタックの周囲に配置されるかスタックの中央を通して延びる、タイロッド、長いボルト、または締付けデバイスの使用によって行ってもよい。そのようなスタックにおいて、圧縮力は、名目上、スタック内のすべてのポイントにおいて同じであるが、任意の個別のMEAの圧縮歪みは、個別に制御されないし、予測可能でもない。そのようなスタック内の個別のMEAによって生じる圧縮歪みを制限するために、MEAは、MEAのシールまたはガスケットの下にあるかまたはそれらの中に閉じ込められた本質的に非圧縮性の材料のシムなどの「ハードストップ」特徴を含んでもよい。この解決策は、MEAの設計および製造を複雑にする。あるいは、ガスケットまたはシールは、精密なモジュラスについて指定して、スタック全体に加えられる力において精密な歪みを得てもよく、これも、精密に指定しなければならない。この方法は、厳しい仕様を必要とすることに加えて、ガスケットまたはシールが高モジュラスを有することを必要とし、これは、一般に、ガス漏れに対する封止を行うためのシールおよびガスケットの主要な目的と不適合である。さらに、MEAがすべてまとめて圧縮されるスタックにおいて、スタックは、故障したMEAを取外すか取替えるために分解しなければならない。これは、必然的に、すべてのMEAに対する圧縮力を緩め、それによりMEAを再封止して以前の能力で動作させることに悪影響が及ぶことがある。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【０００４】

簡単に言えば、本発明は、１つ以上の燃料電池モジュールであって、各燃料電池モジュールが、ハードストップ層を有さない少なくとも１つの膜電極アセンブリを含む、燃料電池モジュールと、２つ以上の圧縮プレートと、少なくとも１つの燃料電池モジュールの両側に配置された、少なくとも１つの対の圧縮プレートを接続する少なくとも１つの機械的リンク機構であって、対の圧縮プレートの間の所定の間隙距離を維持するように係合可能な機械的リンク機構と、を含む燃料電池スタックを提供する。

【０００５】

別の態様において、本発明は、３つ以上の圧縮プレートと交互に積重ねられた２つ以上の燃料電池モジュールと、第１の燃料電池モジュールの両側に隣接する第１の対の圧縮プレートを接続する第１の機械的リンク機構と、第２の燃料電池モジュールの両側に隣接する第２の対の圧縮プレートを接続する第２の機械的リンク機構とを含む燃料電池スタックであって、１つの圧縮プレートが、第１および第２の対の圧縮プレートにおいて共通であり、a) 第１および第２の燃料電池モジュールを圧縮下で保持可能であり、b) 前記第１および第２の燃料電池モジュールの一方に対する圧縮を、他方に対する圧縮から本質的に独立して調整可能である、燃料電池スタックを提供する。

【０００６】

別の態様において、本発明は、燃料電池スタックから燃料電池モジュールを取外す方法であって、a) 取外すべき燃料電池モジュールを選択する工程と、b) 前記燃料電池モジュールに対する圧縮を、スタック内のいかなる他の燃料電池モジュールに対する圧縮も実質的に変更することなく解除する工程と、c) スタックから選択された燃料電池モジュールを取外す工程とを含む方法を提供する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

当該技術において説明されておらず、かつ本発明によって提供されるのは、調整可能な有効長を有する機械的リンクによって、制御された量の圧縮歪みが、燃料電池モジュールに、または複数の燃料電池モジュールの各々に独立して、与えられる燃料電池スタックである。

【 0 0 0 8 】

本出願において、「ハードストップ」または「ハードストップ層」とは、イオン伝導膜層、触媒層、ガス拡散層、シールもしくはガスケット層、または接着剤層以外の、一定の厚さまたは歪みにおいてMEAの圧縮を止める、膜電極アセンブリ(MEA)内の層を意味する。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の利点は、制御された量の圧縮歪みが、燃料電池モジュールに、または複数の燃料電池モジュールの各々に独立して、与えられる燃料電池スタックを提供することである。本発明のさらなる利点は、いずれか1つの燃料電池モジュールに対する圧縮を、いかなる他の燃料電池モジュールに対する圧縮も解除することなく、解除してそのモジュールの取外しを可能にする燃料電池スタックを提供することである。本発明のさらなる利点は、圧縮および冷却をもたらす二重機能プレートを含む燃料電池スタックを提供することである。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

20

燃料電池は、水素などの燃料、および酸素などの酸化剤を使用して、電流を発生する。2つの化学反応物、すなわち、燃料および酸化剤は、触媒を含有する2つの絶縁された電極で別々に反応する。2つの反応物の直接化学反応を防止し、イオンを伝導するために、イオン交換要素が電極間に配置される。典型的な水素燃料電池の場合、イオン交換要素はイオン伝導膜(ICM)である。ICMは、水素電極から酸素電極にプロトン(H^+)を伝導する。電子が別個の外部電気経路に従い、それにより、電流を発生する。ICMと電極との組合せは、一般に、「膜電極アセンブリ」すなわちMEAと呼ばれる。触媒電極材料をICM上に直接コーティングして触媒コーティング膜(CCM)を形成してもよい。典型的には、流体輸送層がICMの各側に塗布され、これは、ガス拡散層(GDL)、拡散体/集電体(DCC)、または流体輸送層(FTL)と呼んでもよい。GDLは、導電性であり、しかも、反応物流体および生成物流体の通過を可能にする多孔性材料の層である。典型的なガス拡散層は、しばしば紙または布の形態の炭素繊維を含む。MEAという用語は、GDLが取付けられたまたは取付けられていないCCMを意味する。5層MEAという用語は、特に、GDLが付着されたCCMを説明する。触媒電極層は、完成したMEAのICMとGDLとの間に配置され、結果として生じる5層MEAが、GDL、触媒、ICM、触媒、GDLを順に含む限り、製造中にICMまたはGDLに塗布されてもよい。本発明の実施において、任意の適切なMEAを使用してもよい。

30

【 0 0 1 1 】

任意の適切なICMを本発明の実施に使用してもよい。ICMは、典型的には厚さが50 μm 未満、より典型的には40 μm 未満、より典型的には30 μm 未満、最も典型的には約25 μm である。ICMは、典型的には、ナフィオン(Nafion)(登録商標)(デラウェア州ウィルミントンのデュポン・ケミカルズ(DuPont Chemicals, Wilmington DE))およびフレミオン(Flemion)(商標)(日本、東京の旭硝子株式会社(Asahi Glass Co., Ltd., Tokyo, Japan))などの酸官能性フルオロポリマーであるポリマー電解質から構成される。本発明に有用なポリマー電解質は、典型的には、好ましくはテトラフルオロエチレンと1つ以上のフッ素化酸官能性コモノマーとのコポリマーである。典型的には、ポリマー電解質はスルホネート官能基を有する。最も典型的には、ポリマー電解質はナフィオン(登録商標)である。ポリマー電解質は、典型的には酸当量が1200以下、より典型的には1100以下、より典型的には1050以下、最も典型的には約1000である。

40

50

【0012】

任意の適切なGDLを本発明の実施に使用してもよい。典型的には、GDLは、炭素繊維を含むシート材料から構成される。典型的には、GDLは、織布および不織布炭素繊維構造から選択される炭素繊維構造である。本発明の実施に有用であり得る炭素繊維構造としては、東レ(Toray)(商標)カーボン紙、スペクトラカーブ(SpectraCarb)(商標)カーボン紙、AFN(商標)不織布カーボクロス、ゾルテック(Zoltek)(商標)カーボクロスなどが挙げられる。GDLは、炭素粒子コーティング、親水性化(hydrophilizing)処理、およびポリテトラフルオロエチレン(PTFE)でのコーティングなどの疎水性化(hydrophobizing)処理を含めて、さまざまな材料を用いてコーティングまたは含浸されてもよい。

10

【0013】

任意の適切な触媒を本発明の実施に使用してもよい。典型的には、炭素担持触媒粒子が使用される。典型的な炭素担持触媒粒子は、50~90重量%の炭素および10~50重量%の触媒金属であり、触媒金属は、典型的には、カソード用のPtと、アノード用の2:1の重量比のPtおよびRuとを含む。典型的には、触媒は、触媒インクの形態でICMまたはGDLに塗布される。触媒インクは、典型的には、ICMを構成するポリマー電解質材料と同じであっても同じでなくてもよいポリマー電解質材料を含む。ポリマー電解質は、典型的には、ナフィオン(登録商標)(デラウェア州ウィルミントンのデュポン・ケミカルズ)およびフレミオン(商標)(日本、東京の旭硝子株式会社)などの酸官能性フルオロポリマーである。本発明に使用されるインクに有用なポリマー電解質は、典型的には、好ましくはテトラフルオロエチレンと1つ以上のフッ素化酸官能性モノマーとのコポリマーである。典型的には、ポリマー電解質はスルホネート官能基を有する。最も典型的には、ポリマー電解質はナフィオン(登録商標)である。ポリマー電解質は、典型的には当量が1200以下、より典型的には1100以下、より典型的には1050以下、最も典型的には約1000である。触媒インクは、典型的には、ポリマー電解質の分散液中の触媒粒子の分散液を含む。インクは、典型的には5~30%の固形分(すなわちポリマーおよび触媒)、より典型的には10~20%の固形分を含有する。電解質分散液は、典型的には水性分散液であり、これは、アルコール、ならびにグリセリンおよびエチレングリコールなどの多価アルコールをさらに含有してもよい。水、アルコール、および多価アルコール含有量は、インクのレオロジー特性を変えるように調整してもよい。インクは、典型的には、0~50%のアルコールおよび0~20%の多価アルコールを含有する。さらに、インクは適切な分散剤0~2%を含有してもよい。インクは、典型的には、熱を伴って攪拌し、その後、コーティング可能なコンシステンシーに希釈することによって製造される。

20

30

【0014】

触媒は、ハンドブラッシング、ノッチバーコーティング、流体ベアリング(fluid bearing)ダイコーティング、巻線ロッドコーティング、流体ベアリングコーティング、スロット供給ナイフコーティング、3ロールコーティング、またはデカル転写を含む、手動方法および機械方法の両方を含む任意の適切な手段によって、ICMまたはGDLに塗布してもよい。コーティングは、1回の塗布または複数回の塗布で行ってもよい。

40

【0015】

あるいは、米国特許第5,338,430号明細書(固体ポリマー電解質に埋込まれたナノ構造化電極)または米国特許第5,879,828号明細書(ナノ構造化要素を含む電極層を有するMEA)に開示されているように、ナノ構造化触媒を使用してCCMを製造してもよい。

【0016】

MEAは、典型的には、分配プレートとして知られかつバイポーラプレート(BPP)またはモノポーラプレートとしても知られている2つの剛性プレートの間に挟まれる。GDLと同様に、分配プレートは導電性でなければならない。分配プレートは、典型的には

50

、炭素複合体材料、金属材料、またはめっき金属材料から製造される。分配プレートは、典型的には、MEAに面する表面に彫られるか、ミリングされるか、成形されるか、スタンピングされた1つ以上の流体伝導チャンネルを通して、MEA電極表面におよびMEA電極表面から反応物流体または生成物流体を分配する。これらのチャンネルは、時にはフローフィールドと呼ばれる。分配プレートは、スタック内の2つの連続したMEAに流体を分配してもよいしMEAから流体を分配されてもよく、一方の面が燃料を第1のMEAのアニードに送り、他方の面が酸化剤を次のMEAのカソードに送る（生成物水を除去する）、すなわち「バイポーラプレート」である。あるいは、分配プレートは、片側のみでチャンネルを有して、その側のみMEAに流体を分配してもよいしその側のみMEAから流体を分配されてもよく、「モノポーラプレート」と呼んでもよい。当該技術において用いられるようなバイポーラプレートという用語は、典型的には、モノポーラプレートも網羅する。典型的な燃料電池スタックは、バイポーラプレートと交互に積重ねられたいくつかのMEAを含む。

【0017】

MEAと分配プレートとの間の接触領域の外周は、典型的には、反応物または生成物気体の不要な逃げまたはクロスオーバを防止するようにシールされるかガスケットを施される。本発明の実施において、本明細書と同じ日に出願された同時係属中の特許出願第10/294,098号明細書に記載された独立気泡フォームガスケットを含む、任意の適切なガスケット設計または材料を用いてもよい。本発明の実施において、ガスケットは、高いまたは十分に制御されたモジュラスを必要としない。低モジュラス材料が典型的には使用される。MEAがハードストップ層を加えて設計される場合、その層は、典型的には、ガスケットまたはシールの下にあり、ICMとガスケットとの間に挿入されてもよい。本発明の実施において、MEAは、ハードストップ層を必要としない。

【0018】

MEAは、使用中は圧縮下で保持される。圧縮の程度は、過剰な圧縮または圧縮不足を回避するように、所与のMEAに対して選択される。圧縮不足は、さまざまな層の間の不十分な電氣的接触、およびガスケットにおける不十分なシーリングをもたらすことがある。過剰な圧縮は、GDLの細孔を閉じることによって、または、GDLの、分配プレートのフローフィールドチャンネル内への「テンティング (tenting)」によって、MEAの損傷、およびガス経路の閉塞をもたらすことがある。

【0019】

図1～3を参照すると、本発明による燃料電池スタックは、燃料電池モジュール(20)と交互に積重ねられた圧縮プレート(10)を含む。燃料電池モジュール(20)は、少なくとも1つの膜電極アセンブリ(MEA)(30)を含み、2つ以上のMEA(30)を収容してもよい。MEA(30)は、分配プレート(40)と交互に挟まれて、燃料電池モジュール(20)を形成する。圧縮プレート(10)は、任意の適切な材料から製造してもよい。圧縮プレート(10)は、典型的には、金属またはめっき金属材料などの導電性材料から製造される。

【0020】

圧縮プレート(10)は、典型的には、燃料電池モジュール(20)の空気冷却または液体冷却に適した冷却チャンネル(110)を含む。冷却用圧縮プレート(10)の二次的な使用は、パーツの数を低減することによってスタック設計および製造を単純化し、冷却プレート(圧縮プレート)と燃料電池モジュール(20)との接触を可能にする。圧縮プレート(10)が、このように冷却のために使用される場合、それらは、典型的には、金属またはめっき金属などの熱伝導性材料から製造される。付加的な考慮事項は、重量、コスト、および製造性を含む。典型的には、圧縮プレートはアルミニウムである。図1および図7に示された冷却チャンネル(110)は、圧縮プレート(10)の面に対して開いているので、空気冷却に適する。対照的に、液体冷却に適した冷却チャンネルは、図8の液体冷却チャンネル(111)など、より典型的には、圧縮プレートの内部にあり、末端の入口開口部および出口開口部のみで開いている。空気冷却チャンネル(110)は、低コストア

10

20

30

40

50

ルミニウム押出プロセスによる製造を容易にするために、長さ方向に延びてもよい。典型的には、燃料電池モジュール（２０）は、各ＭＥＡ（３０）が冷却のため圧縮プレート（１０）に隣接するように、２つのＭＥＡ（３０）を含む。本発明の実施において、ファンおよびポンプ、ならびに本明細書と同じ日に出願された同時係属中の特許出願第１０／２９４，０７４号明細書に記載された液体冷却マニホールドを含む、冷却流体をスタックに送出するための任意の適切な機構を使用してもよい。その出願に記載されているように、スタックは、スタックの外側部分および内側部分が同様の温度で維持されるように、断熱材で巻かれてもよい。

【００２１】

図１および図８を参照すると、圧縮プレート（１０）は、外部マニホールドと相互作用するように構成された、図１に示されたような入口および出口（１１２、１１３）を含んでもよく、反応物流体または生成物流体を、分配プレート（４０）に送出し分配プレート（４０）から送出され、分配プレート（４０）は、反応物流体または生成物流体を、ＭＥＡ（３０）に送出しＭＥＡ（３０）から送出される。図８は、外部マニホールド（１２１、１２２、１２３、１２４）が所定位置にあるスタックを示す。したがって、入口および出口（１１２、１１３）は、前記分配プレートへの流体輸送および前記分配プレートからの流体輸送の少なくとも一方のための反応物／生成物経路を構成する。圧縮プレート（１０）の入口および出口（１１２、１１３）は、燃料電池モジュール（２０）が取外され取替えられると再整列し自動的にシールするＯリングシールを介して、分配プレート（４０）の口（１１４）と相互作用してもよい。入口および出口（１１２、１１３）が搬送する流体は圧縮プレート（１０）の材料に対して腐食性である場合もあるので、入口および出口（１１２、１１３）は、それらの内面上に耐腐食性コーティングを有してもよいし、あるいは、圧縮プレートの材料以外の材料、典型的には、ポリエーテルエーテルケトン（ＰＥＥＫ）ポリマーを含んでもよい、中に輸送される反応物または生成物に対して不活性の材料を含むインサートピース（図示せず）と嵌合してもよい。任意のプロープ穴（１１５）が電圧または温度プロープのために使用される。

【００２２】

あるいは、マニホールドが燃料電池スタックの内部に配置されてもよい。反応物／生成物マニホールドまたは冷却剤マニホールドまたは両方が内部に配置されてもよい。内部マニホーディングの場合、各マニホールドは、連続した燃料電池モジュール（２０）および圧縮プレート（１０）を通る一連の一致する開口部を、典型的には各プレートまたはモジュールの平面に直交する方向に含む。典型的には、Ｏリングまたは他のシールが、燃料電池モジュール（２０）と圧縮プレート（１０）との間に配置されて、シールされたマニホールド経路を形成する。反応物および生成物マニホールドは、分配プレート（４０）の適切なチャンネル内に開く、各燃料電池モジュール（２０）の経路と連通する。冷却剤マニホールドは、各圧縮プレート（１０）の経路と連通する。

【００２３】

使用中は、対の圧縮プレート（１０）が機械的リンクによって接合される。機械的リンクは、圧縮下で燃料電池モジュールを保持するために使用可能であり、しかも、１つの燃料電池モジュールに対する圧縮を他の燃料電池モジュールに対する圧縮から独立して調整することを可能にする。機械的リンクは調整可能な取付部によって製造してもよく、それにより、第１および第２の圧縮プレートへの第１および第２の取付ポイントの間の距離であるリンクの有効長は、調整可能な取付部の調整によって変更できる。調整可能な取付部は、図１～３に示されたオフセットカム機構のようなオフセットカム機構であってもよい。

【００２４】

図１～３を参照すると、対の圧縮プレート（１０）は、カムボルト（６０、６１）およびボルト（７０）によって所定位置に保持されたラッチ（５０）を含む機械的リンクによって接合される。カムボルト（６０、６１）は、シャフト（６２）、カム（６３）、および典型的にはある形態のヘッド（６４）を含む。カム（６３）は、カムボルト（６０）の

10

20

30

40

50

ようにヘッド(64)に隣接するか、カムボルト(61)のようにヘッド(64)から離隔することができる。カムボルト(60、61)およびボルト(70)は、ラッチ(50)の穴(51、52)を通り、圧縮プレート(10)の受け穴に嵌合される。ボルトシャフト(62)および圧縮プレート(10)の受け穴の両方が、典型的にはねじ切りされる。カムボルト(60、61)およびボルト(70)は、必要な機械的特性をもたらすように、ステンレス鋼などの任意の適切な材料から、任意の適切なサイズで製造される。

【0025】

ラッチ(50)は、2つの穴(51、52)を含む。シャフト穴(51)は、ラッチの横方向の運動を可能にするスロットを形成するように細長くてもよい。カム穴(52)は、カム(63)を含み、かつその中でのカムの回転を可能にするのに十分大きい。一方または両方の穴(51、52)は、金属または任意の適切な硬い材料であってもよい、荷重支持表面を形成するスリーブ、シム、または硬いインサートを収容してもよい。ラッチ(50)は、燃料電池モジュール(20)の短絡を回避するために、非導電性でなければならない。

【0026】

図3を参照すると、カム(63)がその一部を形成するカムボルト(60、61)に適切なトルクをかけることによる穴(52)内のカム(63)の回転が、長さAと長さBとの間で、ラッチ(50)、ならびに2つのカムボルト(60、61)のシャフト(62)およびカム(63)によって形成されたリンクの有効長を変えることがわかる。

【0027】

図1および図2を参照すると、その後の対の圧縮プレート(10)を接合するラッチ(50)が「ピギーバック」構成であることがわかる。この構成において、カムボルト(60、61)は2つのラッチの間で共有される。1つのカムボルト(60、61)が、1つのラッチ(50)のシャフト穴(51)および別のラッチのカム穴(52)を通る。カムボルト60をカムボルト61と区別する、シャフト(62)上のカム(63)の配置は、この構成によって決められることが容易にわかるであろう。図7は、代替構成、「並んだ」構成を示し、その後の対の圧縮プレート(10)を接合するラッチ(50)が、重ならない代わりに並んで置かれる。この構成において、ボルト(70)が各ラッチ(50)のシャフト穴(51)を通り、カムボルト(60)が各ラッチ(50)のカム穴(52)を通るが、ボルトおよびカムボルトはラッチ間で共有されない。これらの混合構成も可能である。ある混合構成においては、スタックの各側のラッチの2つの最も端の列が「ピギーバック」構成であり、中間の列が「並んだ」構成である。

【0028】

本発明による典型的な燃料スタックにおいて、各燃料電池モジュールは、選択された圧力をかけることとは対照的に、各対の圧縮プレートと一緒にして、選択された変位または圧縮歪みにすることによって、圧縮下に置かれる。結果として、スタックでの使用のために選択されたMEA(30)は、過剰な圧縮を防止するための、そのガスケットと関連する「ハードストップ」特徴を有する必要はない。変位の程度は、燃料電池モジュール(20)の設計、および選択されたMEA(30)によって必要とされる圧縮歪みに対して選択される。その理由で、ラッチは、典型的には、比較的剛性のまたは非歪み性(non-strainable)材料、すなわち、典型的には弾性ヤング率が1GPaより大きい材料、より典型的には弾性ヤング率が2GPaより大きい材料、さらに典型的には弾性ヤング率が3GPaより大きい材料から製造される。燃料電池モジュールの制御された程度の歪みを得るために、ラッチの歪みが、MEA、より特定のにはDCCの歪みよりはるかに小さいことが望ましい。弾性ヤング率による適切な材料の選択のためのパラメータは、次の式により詳細に示される。

$$(1) Y_{latch} / Y_{DCC} > (X / N) \times (A_{DCC} / A_{latch})$$

ここで、 Y_{latch} はラッチ材料の弾性ヤング率であり、 A_{latch} は最も弱いポイント(たとえばラッチを通る穴の側)におけるラッチの最小断面積であり、 N はラッチの数であり、 Y_{DCC} はDCC材料の弾性ヤング率であり、 A_{DCC} はDCCの平面の面積である。この式は

、ラッチの歪みが、典型的には燃料電池モジュールの最も圧縮性の層であるDCCの歪みの1/X以下であることをもたらす。Xは、典型的には少なくとも5であり、より典型的には少なくとも10であるが、より大きくてもよい。式1は、モデルスタックを参照して、以下の実施例1でさらに説明する。

【0029】

さらに、ラッチ材料は、典型的には非導電性であり、したがって、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)などの強いポリマー不導体が典型的には使用される。あるいは、ポリマーによって被覆された金属部分などの、金属とポリエーテルエーテルケトン(PEEK)などの強いポリマー不導体との複合体を使用してもよい。

【0030】

本発明による方法において、1つの燃料電池モジュールが、いかなる他の燃料電池モジュールに対する圧縮も解除することなく、スタックから取外される。スタック内のいかなる他の燃料電池モジュールに対する圧縮も変更することなく、取外すべき燃料電池モジュールが選択され、たとえば適切なカムボルトを回転させることによって、その燃料電池モジュールに対する圧縮が解除され、燃料電池モジュールがスタックから取外される(図1の最も下のモジュールによって示されるように)。

【0031】

本発明は、燃料電池スタックおよびシステムの製造、動作、メンテナンス、サービス、および修理に有用である。

【0032】

本発明の目的および利点を、次の実施例によってさらに例示するが、これらの実施例に記載された特定の材料およびそれらの量、ならびに他の条件および詳細は、本発明を不当に限定するように解釈されるべきではない。

【実施例】

【0033】

実施例1

この実施例は、圧縮歪みを、アルミニウム圧縮プレート間の、1対のシミュレートされたMEAおよびバイポーラプレートに与えるためのカムボルトおよびラッチの製造および使用を説明し、ラッチ設計は、DCCの15%の歪みを可能にする。

【0034】

レキサンから機械加工されたフルサイズのバイポーラプレートを使用して、動作金属バイポーラプレートに対して同一の寸法およびフローフィールドで、2つのMEAを備えた燃料電池モジュールをシミュレートした。プレートは、3.72インチ×12.19インチ(9.45cm×30.96cm)の外寸法を有し、ともに、0.467±0.001インチ(1.186±0.003cm)の組合された厚さを有した。2つのMEAを、コーティングされたテキストロン(Textron)カーボクロスDCCと厚さ2ミル(51マイクロメートル)のPTFEシートとからなるプレートセットの間で組立て、触媒コーティングされたイオン交換膜をシミュレートした。2つのMEAの予め圧縮された厚さを、マイクロメータで、0.056インチ±0.002インチ(0.142±0.005cm)であることを測定した。DCCの面積は31平方インチ(200cm²)であった。図4aおよび図4bに示されているように、2つのアルミニウム圧縮プレート(10)を、厚さ0.5インチ(1.27cm)のA1 6061-T6ストックから、プレキシグラス(plexiglas)バイポーラプレートと同じ外寸法で製造した。2つのA1プレートの完成した厚さをともに、0.996±0.002インチ(2.530±0.005cm)であることを測定した。図4aおよび図4bに示されているように、10-32ねじ立て穴(80)を、0.5インチ(1.27cm)のA1プレート(10)の端縁の中心線に沿って等しく隔置して、各プレートの各側の6つのカムスクリュを考慮した。これらのカムスクリュは、モジュールを圧縮するラッチに応力を加える。

【0035】

カムスクリュを次の通りに製造した。長さ5/8インチ(1.588cm)の標準六角

10

20

30

40

50

(hex-head) 10-32 UNC スクリュを使用した。直径 0.375 インチ (0.953 cm) の鋼ドリルロッドに、穴あけし、0.0412 インチ (0.1046 cm) 中心からずれて 10-32 ねじ山をねじ立てすることによって、カムナットを製造した。次に、カムナットを、ロッドをセクションに分けることによって 0.188 インチ (0.478 cm) の厚さにした。次に、カムナットを 10-32 スクリュに、完全にねじ込んだ位置に取付け、ロック・タイト (Lock-Tite) で固定した。

【0036】

ラッチは、厚さ 0.188 インチ (0.478 cm) の PEEK、ポリエーテルエーテルケトン、工業用プラスチックを使用して製造した。ラッチは、形状を矩形にし、一端に 3/8 インチ (0.953 cm) の穴を備え、他端に 10-32 スクリュのためのより小さいクリアランススロットを備えた。図 5 (a) は、この実施例で用いられたラッチ寸法を示す。

【0037】

プレキシグラスプレートおよび MEA を、2つの、図 4 に示された Al 圧縮プレートの間に組立てた。本質的に非圧縮性の材料から製造された、厚さ 0.0085 インチ (0.0216 cm) のシムを加えて、スタックの全体的な予め圧縮された厚さを、1.528 インチ (3.881 cm) = 0.996 インチ (2.530 cm) (Al プレート) + 0.467 インチ (1.186 cm) (プレキシグラスプレート) + 0.0085 インチ (0.0216 cm) (シム) + 0.056 インチ (0.142 cm) (MEA) にした。ガスケットを、DCC を積重ねるための整列ガイドとして作用するように周囲上でのみ使用した。すなわち、それらの厚さは DCC の厚さより十分に小さく、そのため、それらは、圧縮に対するハードストップとして作用することができなかった。12 個の PEEK ラッチ、およびカムスクリュを、Al 圧縮プレートに取付け、標準 10-32 スクリュにより、ラッチを各プレートの 1つの端縁上の所定位置に保持した。カムスクリュおよびラッチがすべて所定位置になるまで、カムスクリュを「開いた位置」まで回転させて、プレート間の間隙を与えた。この「開いた位置」において、カム軸は、Al 圧縮プレートの平面に平行に整列する。次に、カムスクリュを 1/4 回転時計回りに回転させて、カム軸を圧縮プレートの平面に垂直に位置決めして、MEA の最大圧縮を得た。ノギスを使用して、12 個のラッチ (アセンブリの各側に 6つ) の位置における、アセンブリ全体の圧縮された厚さ L を記録した。これらの測定された厚さは、図 6 (a) に要約されている。6つの上側ラッチ位置における平均アセンブリ厚さ L は、1.520 ± 0.002 インチ (3.861 ± 0.005 cm) であった。6つの下側ラッチ位置における平均アセンブリ厚さ L は、1.516 ± 0.002 インチ (3.851 ± 0.005 cm) であり、0.004 インチ (0.010 cm) の側間の差がある。全体的な平均の圧縮された厚さは 1.518 インチ (3.856 cm) である。予め圧縮された厚さが 1.528 インチ (3.881 cm) であったので、これは、0.010 インチ (0.025 cm) の圧縮歪みを表す。DCC がアセンブリ内の本質的に唯一の圧縮性構成要素であり、かつそれらの予め圧縮された厚さが 0.056 インチ (0.142 cm) であったので、これは、18% の DCC の % 歪み圧縮を表す。

【0038】

PEEK ラッチは非常に剛性のスプリングとして作用していることに留意することが重要である。したがって、それらは、また、DCC の圧縮の間、いくらかの引張歪みを受ける。F がラッチに加えられる力であり、かつ A_{latch} が最も弱いポイント (たとえば、図 5 の 3/8 インチ (0.953 cm) の穴の側) におけるラッチの最小断面積である場合、歪み、 S_{latch} は、材料のモジュラス、 Y_{latch} によって、単に $F / A_{latch} = Y_{latch} S_{latch}$ として、F に関連づけられる。実際には、ラッチの引張歪みを用いて DCC の圧縮歪みを生じる。同様の関係が DCC にもあてはまり、 $F / A_{DCC} = Y_{DCC} S_{DCC}$ 。DCC の制御された圧縮歪みをもたらすことができるために、DCC の所与のモジュラスまたは応力 - 歪み曲線について、ラッチの歪みが DCC の歪みの約 10% 以下であるように、ラッチを設計することが望ましい。両方によって経験される圧縮力が同じであるので、DCC

10

20

30

40

50

の歪みがラッチの歪みの10倍であるという要件は、数Nのラッチについて、

$$(1) Y_{\text{latch}} / Y_{\text{DCC}} > (10 / N) \times (A_{\text{DCC}} / A_{\text{latch}})$$

を示唆する。N = 12、 $A_{\text{DCC}} = 200 \text{ cm}^2 = 31.0 \text{ 平方インチ}$ 、および $A_{\text{latch}} = 2(0.187 \times 0.125) = 0.0468 \text{ 平方インチ}$ ($2(0.475 \times 0.317) = 0.302 \text{ cm}^2$) のこの実施例1の場合、この条件は、 $Y_{\text{latch}} > 552 \times Y_{\text{DCC}}$ を必要とする。テキストロンカーボンクロスDCCの応力歪み曲線は、インストロン(Instroon)で測定し、 400 psi (2.76 MPa) のモジュラスで、0~25%の歪み範囲にわたってほとんど直線であることがわかった。工業用プラスチックの機械的特性および熱特性のハンドブックから、PEEKの引張モジュラスは $4.9 \times 10^5 \text{ psi}$ (3.38 GPa) であり、したがって、図5(a)のラッチ設計は、DCCによって経験される歪みのわずか1/10を達成するために必要なモジュラスを容易にもたらしように取り計られる。しかし、実際には、図5(a)のラッチ設計は、その端部の撓みを被り、というのは、3/8インチ(0.953 cm)の穴とラッチの端部との間の材料厚さが小さすぎ、3/8インチ(0.953 cm)の穴が応力下でわずかに長円形になることを引起すからである。これを実施例2で補正した。

【0039】

実施例2

この実施例において、PEEKラッチ設計をわずかに変えて、それをより強くした。

【0040】

図5(b)に示されたラッチ設計を行いテストした。それは、厚さ0.25インチ(0.635 cm)のPEEKから製造され、直径3/8インチ(0.953 cm)の穴の外側の端部厚さを増加させて、実施例1のラッチの曲げ撓みを低減した。また、約1/32インチ(約 0.08 cm)の壁厚および3/8インチ(0.953 cm)の内径の鋼リングを、ラッチの大きい穴にプレス嵌合して、ラッチの端部全体にわたって応力をより均一に分配した。より小さい鋼リングを、また、10-32スクリュのための、他方の端部上のより小さい穴に挿入して、ねじ山がクリアランス穴内のPEEKにくぼみをつけないようにした。次に、新たなラッチおよび同じカムスクリュを、実施例1と同じモジュールおよびA1プレートとともに組立てた。カムを圧縮位置まで回転させた後の測定された圧縮された厚さは、図6(b)に要約されている。この強化されたラッチについて、上側および下側ラッチ位置における平均厚さは、それぞれ、 $1.508 \pm 0.002 \text{ インチ}$ ($3.830 \pm 0.005 \text{ cm}$) および $1.507 \pm 0.002 \text{ インチ}$ ($3.828 \pm 0.005 \text{ cm}$) である。全体的な圧縮された厚さは 1.507 インチ (3.828 cm) である。予め圧縮された厚さが 1.528 インチ (3.881 cm) であつたので、これは、 0.021 インチ (0.053 cm) の圧縮歪みを表す。DCCがアセンブリ内の本質的に唯一の圧縮性構成要素であり、かつそれらの予め圧縮された厚さが 0.056 インチ (0.142 cm) であつたので、これは、37%のDCCの%歪み圧縮を表す。これは、実施例1の第1のラッチで達成された歪みの2倍であり、このタイプのカーボンクロスDCCの25~30%の目標歪みを超える。また、側間の差は、 0.004 インチ (0.010 cm) から 0.001 インチ (0.0025 cm) 未満に低減されている。したがって、このラッチおよびカムスクリュ設計は、所望の圧縮歪みを、2つのMEAを収容するモジュールにもたらしすることができる。2つの、所望の25~30%の歪みを達成する、ラッチ穴間の分離を低減することができるか、またはカムナットのオフセットをわずかに増加させることができるか、非圧縮性シムの厚さを低減することができる。

【0041】

ラッチ材料、ラッチ設計、およびラッチの数は、破損を伴わずに必要な全体的な力を与えるように選択しなければならない。現在の実施例において、DCCの31平方インチの面積(200 cm^2)、および 400 psi (2.76 MPa) の圧縮モジュラスは、30%の歪みについて、 37201 lb ($16,547 \text{ N}$) の全体的な力をDCCに加えなければならないことを示唆する。さらに、MEAが 30 psi (0.21 MPa ゲージ) の内圧で動作している場合、 9301 lb (4137 N) の付加的な力が、アルミニウム圧

縮プレートを押し離そうとする。したがって、ラッチは、破壊することなく、4,650 lb (20,684 N) の力を加えることができない。PEEKの破壊点における引張強度は14,500 psi (100 MPa) である。したがって、この実施例2で用いられるラッチ設計の場合、12個のラッチは、12×2×0.25インチ (0.635 cm) × 0.125インチ (0.318 cm) × 14,500 psi (100 MPa) = 10,875 lb (48,400 N) の、破壊点における全体的な力を支持することができ、これは、必要な最大値の2.3倍である。このマージンは、ラッチを最も薄いポイントにおいてわずかにより広くすることによって容易に増加させることができる。

【0042】

0から290°F (-18から143) の温度範囲にわたるPEEKの線熱膨張係数は、 2.6×10^{-5} である。周囲から176°F (80) に加熱する動作燃料電池の場合、この103°F (57) の温度上昇は、長さを0.267%だけ増加させることになる。1.059インチ (2.690 cm) の、図5のラッチ穴間隔の場合、この熱膨張は、理論上は0.0028インチ (0.0071 cm) の長さ変化を生じることになり、0.021インチ (0.053 cm) から0.018インチ (0.046 cm) への圧縮歪みの低減、または、パーセンテージで、DCCの37%から32%への歪みの低減だけをもたらすことになる。しかし、内部のMEAおよび他の構成要素も、温度とともに膨張し、したがって、PEEKの熱膨張が、内部構成要素の過剰圧縮を防止するために望ましい。

【0043】

本発明のさまざまな修正および変更が、本発明の範囲および原理から逸脱することなく、当業者には明らかになるであろう。また、本発明は、上述された例示的な実施形態に不当に限定されるべきではないことが理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明による燃料電池スタックの正投影を表す等角図である。

【図2】本発明による燃料電池スタックの概略断面図である。

【図3】本発明によるラッチの断面を表す図である。

【図4(a)】実施例1で説明された本発明による圧縮プレートを表す図である。

【図4(b)】実施例1で説明された本発明による圧縮プレートを表す図である。

【図5(a)】実施例1で説明された本発明によるラッチを表す図である。

【図5(b)】実施例2で説明された本発明によるラッチを表す図である。

【図6(a)】実施例1で説明された本発明による実際のまたはシミュレートされた燃料電池モジュールの圧縮を示す図である。

【図6(b)】実施例2で説明された本発明による実際のまたはシミュレートされた燃料電池モジュールの圧縮を示す図である。

【図7】本発明による圧縮プレート装置の正投影を表す等角図である。

【図8】本発明による燃料電池スタックの正投影を表す等角図である。

【図 1】

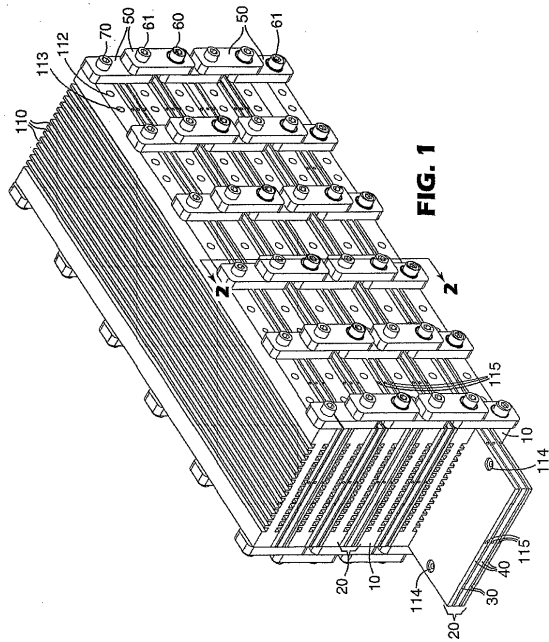


FIG. 1

【図 2】

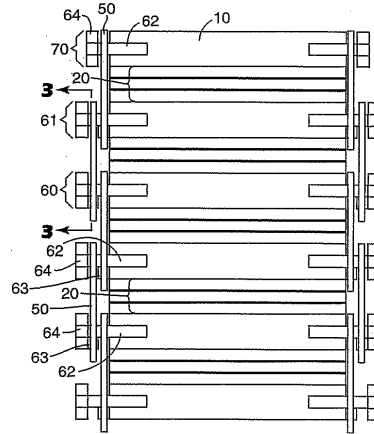


FIG. 2

【図 3】

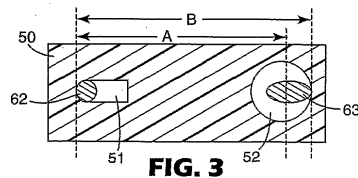


FIG. 3

【図 5 a】

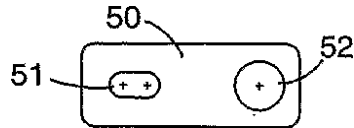


FIG. 5a

【図 5 b】

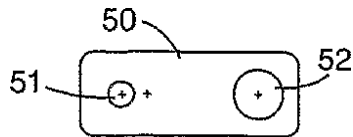


FIG. 5b

【図 4 a】

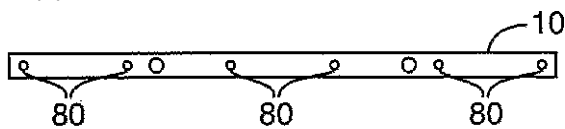


FIG. 4a

【図 4 b】

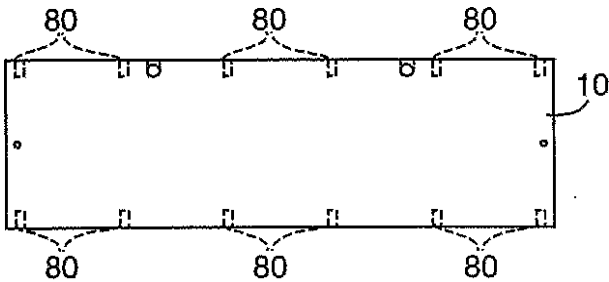


FIG. 4b

【図 6 a】

| | | | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 3.858cm | 3.856cm | 3.858cm | 3.861cm | 3.866cm | 3.866cm |
| L= | 1.519" | 1.518" | 1.519" | 1.520" | 1.522" | 1.522" |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | |
| | 1.518" | 1.517" | 1.516" | 1.513" | 1.515" | 1.516" |
| | 3.856cm | 3.853cm | 3.851cm | 3.843cm | 3.848cm | 3.851cm |

FIG. 6a

【図 6 b】

| | | | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 3.825cm | 3.825cm | 3.828cm | 3.830cm | 3.833cm | 3.828cm |
| L= | 1.506" | 1.506" | 1.507" | 1.508" | 1.509" | 1.507" |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | |
| | 1.5065" | 1.509" | 1.510" | 1.5075" | 1.506" | 1.503" |
| | 3.827cm | 3.833cm | 3.835cm | 3.829cm | 3.825cm | 3.818cm |

FIG. 6b

【図 7】

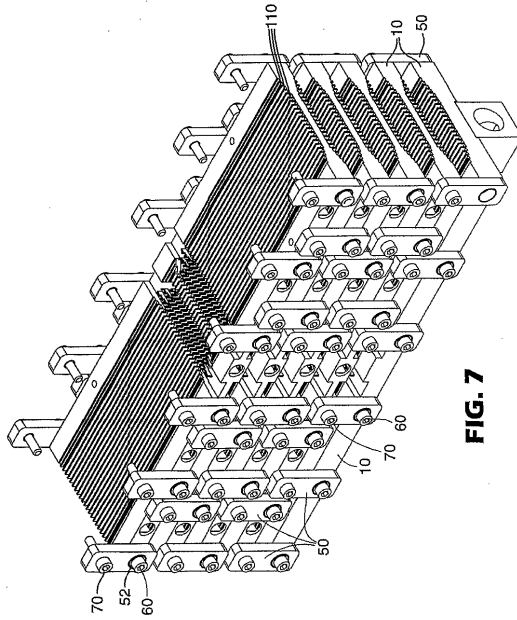


FIG. 7

【図 8】

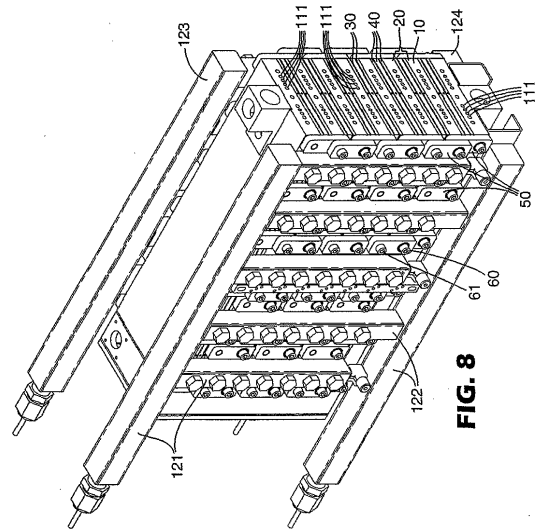


FIG. 8

フロントページの続き

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72)発明者 デーブ, マーク ケー .

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7 , セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

(72)発明者 シュレイフ, ラリー エー .

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7 , セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

(72)発明者 ハーズル, トーマス

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7 , セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

(72)発明者 シュタインバッハ, アンドリュー ジェイ .

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7 , セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

審査官 蛭田 敦

(56)参考文献 特表2004-508671(JP, A)

特開昭61-147472(JP, A)

特開平2-49360(JP, A)

特開平5-234613(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00 ~ 8/24