

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-507075

(P2020-507075A)

(43) 公表日 令和2年3月5日(2020.3.5)

(51) Int.Cl.

GO1N 17/04

(2006.01)

F 1

GO1N 17/04

テーマコード(参考)

2GO5O

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2019-541290 (P2019-541290)  
 (86) (22) 出願日 平成30年1月25日 (2018.1.25)  
 (85) 翻訳文提出日 令和1年7月30日 (2019.7.30)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2018/015219  
 (87) 國際公開番号 WO2018/144313  
 (87) 國際公開日 平成30年8月9日 (2018.8.9)  
 (31) 優先権主張番号 62/452,464  
 (32) 優先日 平成29年1月31日 (2017.1.31)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

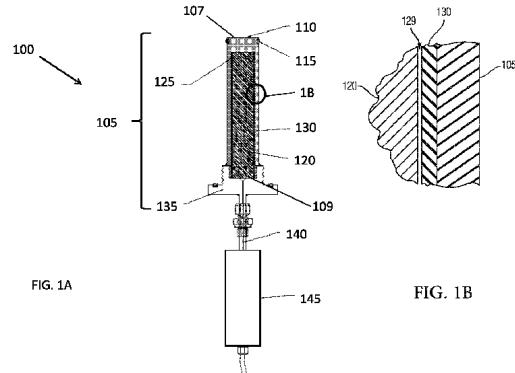
(71) 出願人 599130449  
サウジ アラビアン オイル カンパニー  
サウジアラビア王国 31311 ダーラ  
ン, イースタン アベニュー 1  
(74) 代理人 100108453  
弁理士 村山 靖彦  
(74) 代理人 100110364  
弁理士 実広 信哉  
(74) 代理人 100133400  
弁理士 阿部 達彦  
(72) 発明者 アブデルムナム・シェリク  
サウジアラビア・31311・ダーラン・  
ピー・オー・ボックス・13892

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】原位置におけるHIC成長監視プローブ

## (57) 【要約】

本出願は、原位置侵入型プローブシステムおよび方法に関する。本明細書に説明されるプローブシステムは、パイプライン、容器、または原油、ガスもしくはサワー生成物を運ぶ他の配管システム等の炭化水素含有構造体と面一に設置され得る。プローブシステムは、原子水素がプローブ表面を透過すると、プローブが再結合した水素ガスを捕捉するように、水素誘起割れ(HIC)耐性微細構造を含む。結果として生じる水素ガス蓄積の圧力が測定され、そのエリアのHIC活性に関する予測がなされ得る。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

金属資産内への面一挿入のための侵入型プローブシステムであって、

前記金属資産内に位置する腐食性物質に露出するように構成された露出面によって画定された中実の第1の端部分を有するプローブ本体であって、前記露出面から離れた場所で終わる内部開口を有する、プローブ本体と、

前記プローブの前記内部開口内に配設されたインサートであって、前記インサートと前記プローブ本体の内壁との間に画定された収集キャビティを画定するように配設されている、インサートと、

前記収集キャビティから前記プローブ本体の前記周囲の内壁への前記ガスの通過を防止するために、前記プローブ本体の前記内壁に沿って配置され、かつ前記腐食性物質によって前記収集キャビティ内で発生したガスに対して実質的に不透過性である材料で形成されている、拡散バリアと、

前記腐食性物質によって発生した前記ガスを受容するために、前記収集キャビティと流体連通している導管と、

前記腐食性物質によって発生した前記ガスの圧力を測定するために、前記導管に連結された圧力測定デバイスと、

を備える、プローブシステム。

**【請求項 2】**

前記腐食性物質が、前記金属資産の内側で輸送される液体であり、原子水素が、前記腐食性物質と前記金属資産との間の接触に起因する前記金属資産の腐食の副産物である、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 3】**

前記収集キャビティ内の前記腐食性物質によって発生した前記ガスが、分子水素ガスである、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 4】**

前記インサートの第1の端が、前記プローブ本体の前記中実の端部分と面一に当接する関係にあり、それによって、前記収集キャビティが、前記インサートの側壁を取り囲むように形成され、かつ前記インサートの第1の端と前記中実の端部分との間の界面から離間している、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 5】**

前記インサートが、円筒形状のフィラーロッドを含み、前記収集キャビティが、環形状を有する、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 6】**

前記収集キャビティが、前記露出面からある距離まで前記プローブ本体内で長手方向に延在している、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 7】**

前記腐食性物質が、前記金属資産の内側で輸送される液体であり、原子水素が、前記金属資産の腐食の副産物であり、前記中実の第1の端部分が、そこを通る原子水素の拡散を許容するがHIC耐性微細構造を有する材料で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 8】**

前記露出面を含む前記中実の第1の端部分が、前記金属資産と同一金属等級で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 9】**

前記拡散バリアが、酸化物層である、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 10】**

前記拡散バリアが、オーステナイト系ステンレス鋼スリーブである、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 11】**

10

20

30

40

50

前記内部開口が、止まり穴を含み、前記内部開口の閉端が、前記プローブ本体の前記中実の第1の端部分によって画定されている、請求項1に記載のプローブシステム。

【請求項12】

前記インサートが、水素拡散特性が低いかまたは水素拡散特性を有していない材料で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

【請求項13】

前記インサートが、オーステナイト系ステンレス鋼材料で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

【請求項14】

前記中実の第1の端部分の反対側の前記プローブ本体の一端に連結されているプローブキャップと、前記プローブ本体が連結されているアクセス固定具と、前記金属資産内に形成されたアクセス孔内に密封して挿入され、かつ前記アクセス固定具が連結されている連結取付具と、をさらに含む、請求項1に記載のプローブシステム。 10

【請求項15】

前記プローブキャップが、前記アクセス固定具内に形成された雌ねじと螺合する雄ねじを含む、請求項1に記載のプローブシステム。

【請求項16】

前記腐食性物質が、前記金属資産の内側で輸送される液体であり、原子水素が、前記金属資産の腐食の副産物であり、前記収集キャビティが、拡散原子水素が透過し、かつ前記収集キャビティ内で再結合して水素ガスを形成し、前記収集キャビティ内の水素ガス含有量が増加すると、前記収集キャビティ内の前記圧力がそれに対応して上昇し、HICプロセスを模倣する、HICシミュレーションキャビティを含み、前記圧力測定デバイスが、水素センサを用いて前記収集キャビティ内の前記圧力を監視し、かつ対応する水素蓄積速度を決定する、請求項1に記載のプローブシステム。 20

【請求項17】

前記圧力測定デバイスが、前記水素蓄積速度が前記金属資産内のHICまたは階段状亀裂(SWC)の高い可能性を示す閾値に達した時点で、警報を送信するように構成されている、請求項16に記載のプローブシステム。

【請求項18】

前記拡散バリアが、HIC耐性微細構造を有する、請求項1に記載のプローブシステム。 30

【請求項19】

前記インサートの一端と前記中実の端部分との間の界面が、原子水素の通過に対して抵抗性があり、それによって、前記腐食性物質を前記インサートの側壁を取り囲む前記収集キャビティ内に通過させる、請求項1に記載のプローブシステム。

【請求項20】

前記プローブ本体が、前記腐食性物質が形成する中空パイプを備える前記金属資産の内壁に対して、前記露出面が面一に配置されるように構成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

【請求項21】

金属資産内への面一挿入のための侵入型プローブシステムであって、

前記金属資産内に位置する腐食性物質に露出するように構成された露出面を有するアクセス端部分を有するプローブ本体であって、前記アクセス端部分が、前記露出面の反対側に形成された凹部分を有する、プローブ本体と、

アクセス端および基端を有するインサートであって、液密であり、かつ前記プローブ本体の前記露出面を透過する原子水素を収集するように構成されている収集キャビティを画定するために、前記アクセス端が、前記プローブ本体の凹部分に隣接して配設され、それによって、ガスが原子水素によって前記収集キャビティ内に発生し、前記インサートが、そこを貫通する貫通孔を含み、かつ前記貫通孔が前記収集キャビティと流体連通するよう前記アクセス端および基端の両方で開口している、インサートと、 40

50

前記収集キャビティ内の前記拡散原子水素によって発生した前記ガスの圧力を測定するために、前記プローブ本体の前記貫通孔と流体連通している圧力測定デバイスと、を備える、プローブシステム。

【請求項 2 2】

前記収集キャビティ内の前記拡散原子水素によって発生した前記ガスが、分子水素ガスである、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 3】

前記凹部分が、前記露出面の反対側の前記アクセス端の面に沿って形成されている、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 4】

前記凹部分が、前記インサートの前記アクセス端が密封して着座する着地部分を含む段付き構造を有する、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 5】

前記貫通孔が、前記インサート内の中央に位置している、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 6】

前記アクセス端部分が、円筒形状を有する、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 7】

前記インサートの前記基端に連結されるプローブキャップをさらに含み、前記プローブキャップが、前記圧力測定デバイスへの導管を画定するために、前記インサート内に形成された前記貫通孔と軸方向に整列する貫通孔を有する、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 8】

前記インサートが、円筒形状のフィラーロッドを含む、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 2 9】

前記露出面に隣接する前記アクセス端部分に連結されたOリングをさらに含む、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 3 0】

前記アクセス端部分が、そこを通る原子水素の拡散を許容するがHIC耐性微細構造を有する材料で形成されている、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 3 1】

前記露出面を含む前記アクセス端部分が、前記金属資産と同一金属等級で形成されている、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 3 2】

前記インサートが、オーステナイト系ステンレス鋼材料で形成されている、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 3 3】

前記インサートの前記基端に連結されているプローブキャップと、前記プローブ本体が連結されているアクセス固定具と、前記金属資産内に形成されたアクセス孔内に密封して挿入され、かつ前記アクセス固定具が連結されている連結取付具と、をさらに含む、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 3 4】

前記腐食性物質が、原子水素を含み、前記収集キャビティが、水素ガスを形成するために拡散原子水素が透過し、かつ再結合する、HICシミュレーションキャビティを含み、前記収集キャビティ内の水素ガス含有量が増加するにつれて、前記収集キャビティ内の前記圧力がそれに対応して上昇してHICプロセスを模倣し、前記圧力測定デバイスが、水素センサを用いて前記収集キャビティ内の前記圧力を監視し、かつ対応する水素蓄積速度を決定する、請求項 2 1 に記載のプローブシステム。

【請求項 3 5】

10

20

30

40

50

前記圧力測定デバイスが、前記水素蓄積速度が前記金属資産内のH I Cまたは階段状亀裂(S W C)の高い可能性を示す閾値に達した時点で、警報を送信するように構成されている、請求項34に記載のプローブシステム。

#### 【請求項36】

金属資産内の水素誘起割れを警告する方法であって、  
侵入型プローブシステムを前記金属資産内に面一に挿入することであって、前記侵入型プローブシステムが、前記金属資産の内面に面一に配置されている露出面を有するアクセス端部分を含むプローブ本体を有し、前記アクセス端部分が、そこを通る原子水素の拡散を許容するがH I C耐性微細構造を有する材料で形成されており、前記プローブ本体が、前記アクセス端部分を通過する前記原子水素を受容するための収集キャビティを有する、  
挿入することと、

前記原子水素が前記露出面を透過することを可能にすることと、  
前記プローブ本体の前記収集キャビティ内に分子水素を発生させることと、  
前記収集キャビティ内の前記分子水素の圧力を測定することと、  
前記測定された圧力が、前記金属資産内の水素誘起割れの危険性の増大を示す値よりも大きいか否かを決定し、もし大きければ、警報を発生させることと、  
を含む、方法。

#### 【請求項37】

前記測定された水素誘起割れの危険性に従って、高度超音波テストを計画するステップをさらに含む、請求項37に記載の方法。

#### 【請求項38】

金属資産の内面を監視するためのインライン検査システムであって、  
金属資産内への面一挿入のための侵入型プローブデバイスであって、  
前記金属資産内に位置する腐食性物質に露出するように構成された露出面によって画定された、中実の第1の端部分を有するプローブ本体であって、前記露出面から離れた場所で終わる内部開口を有する、プローブ本体と、

前記プローブの前記内部開口内に配設されたインサートであって、前記インサートと前記プローブ本体の内壁との間に画定された収集キャビティを画定するように配設されている、インサートと、

前記プローブ本体の前記内壁に沿って配置され、かつ前記腐食性物質によって前記収集キャビティ内で発生したガスに対して実質的に不透過性である材料で形成されて、前記収集キャビティから前記プローブ本体の前記周囲の内壁への前記ガスの通過を防止する、  
拡散バリアと、

前記腐食性物質によって発生した前記ガスを受容するために前記収集キャビティと流体連通している導管と、

前記腐食性物質によって発生した前記ガスの圧力を測定するために前記導管に連結された圧力測定デバイスと、を備える、侵入型プローブデバイスと、

前記侵入型プローブデバイスと関連付けられている第1の通信モジュールと、  
前記金属資産の前記内面に沿って移動するように構成されているP I Gデバイスであって、前記P I Gデバイスが、前記侵入型プローブデバイスと前記P I Gデバイスとの間のデータ転送を可能にする前記第1の通信モジュールと通信するように構成されている第2の通信モジュールを含む、P I Gデバイスと、  
を備える、インライン検査システム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

#### [関連出願の相互参照]

本出願は、2017年1月31日に出願された米国仮特許出願第62/452,464号に基づきをなし、かつその優先権を主張するものであり、その内容全体は、あたかもその全体が本明細書に明示的に記載されているかのように、参照によって本明細書に組み込ま

れる。

#### 【0002】

本発明は、一般に、金属構造体に対する資産の損傷を評価することに関する。より具体的には、本発明は、金属パイプラインに対する水素誘起損傷の評価のためのプローブシステムに関する。

#### 【背景技術】

#### 【0003】

水素誘起割れ（HIC）は、パイプライン、圧力容器、および他の配管システム等の金属（例えば、鋼）構造体、特に、非HIC耐性鋼および業務用炭化水素生成物（例えば、サワーガスまたは天然ガス）からなる金属構造体に関して持続的な問題である。<sup>10</sup> CO<sub>2</sub>およびH<sub>2</sub>S等の炭化水素生成物中に天然に存在する酸性ガスは、炭化水素液体生成物の水相に溶解する。これらのプロセスと関連付けられた電気化学反応は、資産の腐食性内壁表面に吸着される、原子水素をもたらす。この吸着された原子水素の大部分は、鋼表面に再結合して分子水素（水素ガス）を形成し、鋼を損傷することなく「発泡する」。しかしながら、H<sub>2</sub>Sの存在下では、吸着された原子水素の一部が水素ガスに再結合せず、その代わりに鋼表面を透過し、金属格子を通って拡散し、最終的に金属壁厚内の「ボイド」内部で再結合する。これらのボイドは、製鋼プロセス中に形成される冶金学的欠陥（典型的には、硫化マンガン（MnS）非金属介在物）と関連付けられる。これらのボイドの内部で発生した水素ガスから結果として生じる圧力は、非常に高い値に達し得る（12,000バールまで、すなわち、鋼表面の不動態化がない場合に1,200MPa）。これらの非常に高い圧力は、非金属介在物の先端での凝集力の局所的な低下（水素脆化）に寄与し、最終的に、気泡、割れ発生およびそれに続くHICの成長をもたらす。HIC割れはまた、階段状亀裂（SWC）と呼ばれる、より重大な厚さ方向の割れをもたらし得る。HICおよびSWCと関連付けられた気泡および割れは、経時に成長し、金属パイプラインの故障を結果としてもたらし得る。<sup>20</sup>

#### 【0004】

インテグリティエンジニアは、HICの影響を受けたエリアを識別および監視するためにパイプラインの定期検査を実施することによってHIC誘起劣化を管理し、構造体の完全性を維持する。例えば、インテグリティエンジニアは、パイプラインのインライン検査（ILI）を実施して、HICクラスタを識別し、HICクラスタは、その後、高度超音波テスト（AUT）による精査のために掘り出される。AUTは、ILIの結果を検証し、パイプラインの残りの壁厚を決定し、さらにSWCの存在をチェックするために行われる（SWCは、磁束漏れおよび従来の超音波テスト等の従来のILI技術を使用して検出することができない）。次いで、これらの結果は、運転適合性（FFS）の業界標準コード（API-579またはASME B31G等）を使用して分析され、完全性の決定がなされる。AUT試験は、評価に必要なデータを取得するために、高深刻度の場所で実行される。評価の結果に基づき、AUT試験は、より頻繁に実行され、その頻度は、部分的に典型的に、線形HICまたは階段状亀裂（SWC）の検査に依存する。しかしながら、この手法は、埋設輸送パイプラインについて頻繁なAUT試験（例えば、半年毎）を行うことの非実用性および費用効率の悪さ、ならびに同一ライン上の複数の影響を受けるライン区分の優先順位付けの困難性に起因してパイプラインに対して実現可能ではない。さらに、AUT試験は、検査間に発生し得る高活性のHIC活性エリアの検査を識別し、優先順位付けする方式を欠いている。<sup>30</sup>

#### 【0005】

さらに、従来の原位置システムは、測定された透過ガス速度から間接的に腐食速度を計算し、したがってパイプラインに対して非侵入的である、電気化学的方法、圧力ベースの方法、および真空ベースのプローブ方法を実行する。非侵入型電気化学的方法およびプローブ、ならびに圧力ベースおよび真空ベースのプローブは、それらが構造体の内面から構造体の外面に通過する水素蓄積を測定することしかできないため、水素を測定するための感度が制限されている。構造体の内壁から拡散する大部分の水素は、構造体を通ってその

10

20

30

40

50

外面に完全に拡散せず、むしろ水素は、壁厚の内側に閉じ込められる。この制限は、発生した水素の量を過小評価させ、実際の圧力は、はるかに高くなる可能性があり、それゆえに、腐食速度が水素蓄積の測定に基づくため、腐食速度が誤って計算される可能性がある。さらに、かかるプローブは、埋設ラインに実用的ではなく、資産内に存在する化学液体に関して侵入型のフィールドアプリケーションにとって非実用的である測定化学物質を含み得る。

#### 【0006】

このように、水素圧力上昇活性エリアを識別する警告システムを提供し、金属構造体の最大HIC活性エリアを最初に検査するためにAUT試験を優先する必要性が存在する。侵入型原位置監視プローブに対する必要性がさらに存在している。これらの問題点および他の問題点に関して本発明が提供される。

10

#### 【発明の概要】

#### 【0007】

本明細書全体を通して、用語は、明示的に述べられた意味を超えて文脈において示唆または暗示された微妙に異なる意味を有する場合がある。同様に、本明細書に使用される「一実施形態において」という語句は、必ずしも同一実施形態を指すものではなく、本明細書に使用される「別の実施形態において」の語句は、必ずしも異なる実施形態を指すものではない。同様に、本明細書に使用される「1つ以上の実施形態において」という語句は、必ずしも同一実施形態を指すものではなく、本明細書に使用される「少なくとも1つの実施形態において」の語句は、必ずしも異なる実施形態を指すものではない。その意図は、例えば、特許請求の範囲に記載された主題が全体的または部分的に実施形態例の組み合せを含むことである。

20

#### 【0008】

本開示は、水素圧力上昇を監視および測定するために、オイルまたはガス構造体表面（例えば、鋼製パイプライン）に設置する侵入型警告プローブシステムおよび方法を詳述する。プローブシステムを設置するために、孔が、パイpline表面を貫通して穿孔され、ねじ山付き内面を有する連結取付具が、孔内に着座させられる。次いで、プローブシステムは、アクセス固定具を介して連結取付具に螺合される。具体的には、プローブの設置は、プローブの露出面が構造体の内面に少なくとも実質的に面一（すなわち、「面一の幾何学的形状」）に位置付けられるように配置される。露出したプローブ表面は、プローブおよびオイル／ガス構造体の両方で同一の腐食および水素誘起割れ（HIC）プロセスが起こるように、構造体表面と同一材料等級で作製されるが、構造体表面とは異なり、露出したプローブ表面は、HIC耐性微細構造を有するように冶金学的に改質されている。このようにして、拡散水素は、プローブシステムに入ることができるが、露出したプローブ表面の内側の冶金学的キャビティ内に閉じ込められることはない。

30

#### 【0009】

プローブシステムは、HICシミュレーションキャビティ（収集キャビティまたは内部キャビティ）を含み、その中で拡散原子水素（H）がキャビティまで透過し、かつキャビティ内で再結合して、水素ガス（H<sub>2</sub>）を形成する。全ての透過する原子水素がキャビティ内に留まり、オイル／ガス構造体内に漏れて戻らないようにするために、キャビティの1つ以上の表面は、原子水素拡散バリアを含む。キャビティ内の水素ガス含有量が増加すると、それに応じてキャビティ内の圧力が増加し、HICプロセスを模倣する。システムは、水素センサ（例えば、デジタル水素計、変換器等）を用いてキャビティ圧力を監視し、対応する水素蓄積速度を決定する。高い水素蓄積速度は、HICまたは階段状亀裂（SWC）の高い可能性を示し、それによって、どの構造体エリアがエンジニアによる検査を必要とする可能性があるかに関する警告システムを提供する。加えて、シミュレーションキャビティは、市販のプローブよりも著しく小さい容積を有するように有利に設計されており、これは、圧力上昇に対するより高い監視感度を提供する。

40

#### 【0010】

一態様において、アクセス端および基端を有するプローブ本体を備えるプローブシステ

50

ムが本明細書に提供される。アクセス端では、露出面が腐食性物質に露出している。基端には、プローブ本体の基端と連動して係合するねじ山付きキャップがある。1つ以上の実施形態において、プローブ本体は、金属資産内に位置する腐食性物質に露出するように構成された露出面によって画定された中実の第1の端部分を有する。プローブ本体は、露出面から離れた場所で終わる内部開口を有する。フィラーロッド等のインサートが、インサートとプローブ本体の内壁との間に画定された収集キャビティを画定するようにプローブの内部開口（止まり穴）内に配設される。1つ以上の実施形態において、拡散バリアが、プローブ本体の内壁に沿って配置され、かつ腐食性物質によって収集キャビティ内で発生したガスに対して実質的に不透過性である材料で形成されて、収集キャビティからプローブ本体の周囲の内壁へのガスの通過を防止する。導管が、腐食性物質によって発生したガスを受容するために収集キャビティと流体連通している。1つ以上の実施形態において、圧力測定デバイスが、腐食性物質によって発生したガスの圧力を測定するために導管に連結されている。例えば、圧力測定デバイスは、圧力計でもよい。

10

## 【0011】

別の態様において、アクセス端および基端を有するプローブ本体を備えるプローブシステムが本明細書に提供される。アクセス端では、露出面が腐食性物質に露出している。基端には、プローブ本体の基端と連動して係合するねじ山付きキャップがある。1つ以上の実施形態において、プローブは、金属資産内に位置する腐食性物質に露出されるように構成された露出面を有するアクセス端部分を含むプローブ本体を有する。アクセス端部分は、露出面の反対側に形成された凹部分を有する。インサートは、アクセス端および基端を有し、アクセス端は、プローブ本体の凹部分に隣接して配設されて、収集キャビティを画定し、収集キャビティは、液密であり、かつプローブ本体の露出面を透過する腐食性物質を収集するように構成され、それによって、ガスが腐食性物質によって収集キャビティ内に発生する。インサートは、そこを貫通する貫通孔を含み、貫通孔が収集キャビティと流体連通するようにアクセス端および基端の両方で開口している。

20

## 【0012】

1つ以上の実施形態において、圧力測定デバイスが、腐食性物質によって発生したガスの圧力を測定するために導管に連結されている。例えば、圧力測定デバイスは、圧力計でも変換器でもよい。

30

## 【0013】

水素誘起割れ（HIC）について警告する方法が本明細書に提供される。この方法は、金属構造体内に侵入型プローブシステムを挿入することを含み、侵入型プローブシステムは、金属構造体の内壁と少なくとも実質的に面一である。侵入型プローブシステムは、本明細書に説明されるとおりである。次に、原子水素はプローブシステムの露出面を透過することができる。その後、分子水素がプローブシステムの内部キャビティ内に発生する。次いで、分子水素の圧力が、測定される。次に、この方法によって、測定された圧力が水素誘起割れの危険性を識別したかどうかを決定する。最後に、この方法によって、水素誘起割れの危険性に従って高度超音波テストを計画する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0014】

本発明は、添付図面に図式で説明されるが、例示を意図したものであり、これに限定されない。同様の参照は、同様のまたは対応する部分を指すことを意図している。

40

## 【0015】

【図1A】本発明の1つ以上の実施形態による侵入型プローブシステムを例示する。

【図1B】図1の侵入型プローブシステムの一部分を大きく拡大した図であり、一実施形態における、約10ミクロン～50ミクロンの幅を有し得る内部キャビティを示す。

【図2A】オイルまたはガス構造体内に取り付けられた際の図1の侵入型プローブシステムを例示する。

【図2B】オイルまたはガス構造体内に取り付けられ、かつ構造体の内面と面一になるように構成された際の図1の侵入型プローブシステムを例示する。

50

【図3】本発明の1つ以上の実施形態による侵入型プローブシステムのキャビティ内での原子水素の発生および水素ガスの再結合を例示する。

【図4】本発明の1つ以上の実施形態による代替的な侵入型プローブシステムを例示する。

【図5】オイルまたはガス構造体内に取り付けられ、かつ構造体の内面と面一になるように構成された際の図4の代替的な侵入型プローブシステムを例示する。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本明細書に説明されるように、「構造体」は、オイルまたはガスピープライン、他のコンテナ、または金属資産を含み得る。例えば、本明細書に説明されるプローブシステムは、鋼製パイプライン構造体で実装され得る。10

【0017】

パイプライン、圧力容器、および配管システム等の鋼製構造体におけるHIC割れと関連付けられたボイドを模倣する原位置侵入型プローブシステムおよび方法が本明細書に提供される。侵入型プローブシステムは、高度超音波テスト(AUT)またはインライン検査(ILI)の検査中に検出された既存のHIC割れにおいて、輸送された炭化水素生成物(原油、ガス、またはサワーディスポーザブル水)によって引き起こされる腐食プロセスから発生する原子水素の再結合から生じる水素圧力上昇をシミュレートする。具体的には、本明細書に説明されるプローブシステムは、構造体の外面に連結し、構造体の内面と少なくとも実質的に面一であるプローブ水素入口表面を提供する。少なくとも実質的に面一の幾何学的形状は、プローブが構造体内壁の残部と同一流体流特性(例えば、流体速度、剪断応力、局所含水量および化学的性質)を受けるように、プローブの露出した入口表面が構造体の内壁に対して液密であることを確実にし、さらに、面一の幾何学的形状は、内部検査手順および/または清掃手順が妨げられないことを確実にする。20

【0018】

本明細書に説明される侵入型プローブシステムおよび方法によって実施されるような、水素圧力上昇の原位置での、または「その場での」測定および監視は、1つ以上の実施形態において、(1)対象となる構造(例えば、オイルまたはガスピープライン)の既存のILIマップをレビューし、HICクラスタの場所または最大腐食速度の場所を識別するステップと、(2)その識別された場所の近傍内の構造体壁内にアクセス点を穿孔するステップと、(3)アクセス点に連結取付具を取り付けるステップと、(4)アクセス固定具を通してプローブシステムにねじ山を付与し、プローブ表面が構造体の内面と面一になるまでアクセス固定具を連結取付具に螺合させるステップと、(5)原子水素がプローブシステムを透過し、プローブ内のキャビティ内で水素に再結合する際、圧力検知デバイス(例えば、デジタル水素計、変換器等)を用いてプローブシステムでの水素圧力上昇を監視するステップと、(6)優先度に基づいて最大HIC活性エリア(すなわち、最大水素圧力上昇速度を示すエリア)でAUT試験を実施するステップと、を含む。測定された水素圧力データが第一原理方程式から確立されるか、あるいは実験作業および/または広範囲の現場経験から決定される(すなわち、連続的ILIの実行から決定された圧力上昇速度とHIC成長速度との間の実験的相関関係)、HIC成長速度と相関されるため、AUT試験が優先され得る。水素圧力データは、データロガー等のリアルタイムオンライン監視またはオフライン監視によって収集される。1つ以上の実施形態において、本明細書に説明されるプローブシステムは、プローブシステムと遠隔制御エリアとの間で通信するための当該技術分野で既知であるような無線通信システムを含む。30

【0019】

このようにして、本明細書に説明される侵入型プローブシステムおよび方法は、掘削調査およびAUT検査を最適化および優先順位付けすることにより検査リソースを最適化して、プロセスの混乱を監視し、鋼を透過する水素に添加された化学物質(例えば、DRA、反応抑制剤)の影響を研究するための機構を提供する。さらに、収集されたデータは、より正確なHIC/SWC予測モデルを構築するために使用され得る。40

## 【0020】

ここで図1を参照すると、1つ以上の実施形態による侵入型プローブシステム100が提供されている。プローブ100は、アクセス端107および基端109を有するプローブ本体105を含み、アクセス端107が金属構造体（例えば、図2Aの構造体205）と面一であり、かつ原子水素が生成される液体または気体に露出するように、位置付けられて構成されている。図1に示されるように、プローブ本体105は、内部キャビティを画定するようにその中に形成された開口（孔）を有するように形成可能で、アクセス端107は、プローブ本体105の閉端であり、一方で基端109は、プローブ本体105内の開口がアクセス可能な開端である。

## 【0021】

プローブ本体105のアクセス端107は、露出（外）面110を含む。露出面110は、監視される構造体と同一金属（例えば、鋼）等級で作製されるが、HIC耐性微細構造を有する。この配置は、以下に説明されるように、原子水素がプローブ100内を通過することを許容して、周囲の構造体と同一機構および同一速度で水素ガスを形成するが、アクセス端107のHIC耐性微細構造は、水素ガスが冶金学的キャビティ内に閉じ込められることを防止する。言い換えると、閉端（アクセス端107）において、分子水素が形成されず、代わりに、原子水素が、以下に説明されるように、この材料を通ってキャビティ（HIC割れと関連付けられたボイドを模倣する）まで自由に通過する。分子水素が依然としてアクセス端107の露出面に沿って形成されて発泡するが、透過する水素の一部分が、アクセス端107が水素を閉じ込める冶金学的欠陥を有しないHIC耐性鋼で作製されていることに起因して、アクセス端107で本体の内側に閉じ込められないことが理解されよう。さらに、（プローブ本体105の）HIC耐性微細構造は、プローブシステム100自体の中のHIC/SWC割れの発達を抑制する。1つ以上の実施形態において、プローブ100のアクセス端107は、1つ以上のOリング115を含む。Oリング115は、アクセス端部107に隣接してプローブ本体105の外面の周りに配置されて、液体がプローブと構造体壁との間に入らないように液密な幾何学的形状を確保する。

10

20

## 【0022】

上述のように、プローブ本体105は、プローブ100のアクセス端107を通る経路を有する拡散水素ガスを収集する内部キャビティ129（中空空間）（図1B参照）を含む。内部キャビティ129は、少なくとも部分的に、本体105内に形成された閉端開口によって画定され、1つ以上の実施形態において、内部キャビティ129はまた、プローブ本体105内に形成された開口内に挿入されるフィラーロッド（インサート）120によって画定される。言い換えると、内部キャビティ129は、図1Bに最も示されるように、フィラーロッド120と中空プローブ本体105の内壁との間に形成される。フィラーロッド120は、第1の（アクセス）端を有し、第2または（基端）端が、内部キャビティ内に挿入され、それによって、アクセス（閉）端107から原子水素を受容する内部キャビティ129を作成し、かつ画定する。キャビティ129が孔内へのフィラーロッドの密な嵌合の結果であることが理解されよう。密な嵌合は、環を残すことになる（環の空間は、フィラーロッド120の表面粗さおよび中空プローブ本体105の内壁の表面粗さによって決定されることになる）。環空間（キャビティ129）の幅は約10ミクロン～50ミクロンとするとことができると理解されよう。しかしながら、これらの値が限定ではなく、この範囲外の寸法も等しく可能であり得ることが本発明の範囲内であることが理解されよう。

30

40

## 【0023】

図1に示される例示的な実施形態において、フィラーロッド120は、プローブ本体105の基端からアクセス端107に向かって長手方向に延在する。したがって、フィラーロッド120の第1の端は、プローブ本体105のアクセス端107に近い方の端として識別され、フィラーロッド120の第2の端は、プローブ本体105の基端109に近い方の端として識別される。

## 【0024】

50

フィラーロッド120の第1の端は、プローブ本体105のアクセス端107と当接する関係（すなわち、密着して）に配置可能で、それによって、内部キャビティ129（水素収集用）をフィラーロッド120の側壁の外面とプローブ本体105の内壁との間にあるように画定し、内部キャビティ129がプローブ本体105内に形成された開口を画定する。フィラーロッド120が円筒形状を有し、プローブ本体105の開口が円形状を有する実施形態において、内部キャビティ129は、環（リング）形状を有する。環形状キャビティ129の一端は、プローブ本体105のアクセス端107に当接し、それゆえに、アクセス端107を通過する原子水素は、この端で環形状キャビティ129内に入る。以下に説明されるように、フィラーロッド120は、水素拡散性に対して伝導力を有していない材料で形成され、それゆえに、原子水素は、プローブ本体105のアクセス端107からフィラーロッド120内に移動することができない。代わりに、原子水素は、フィラーロッド120を取り囲む環形状キャビティ内に導かれる。フィラーロッド120の第1の端は、任意のいくつかの従来の技術を使用して、アクセス端107（すなわち、プローブ本体105内に形成された開口を画定する端壁）に接合され得る。

10

#### 【0025】

プローブ本体105内に形成された開口（孔）のサイズおよびフィラーロッド120のサイズが、原子水素を受容する内部キャビティ129のサイズを決定することが理解されよう。これらの部分に対する慎重な制御は、プローブ100内の水素ガス蓄積を測定するためにプローブ100の向上した感度を提供する内部空間（環形状キャビティ）を作り出すことを可能にする。オイルまたはガス構造体内に存在する原子水素は、露出面110を通って環形状内部キャビティ129まで拡散し、そこで再結合して水素ガス（分子水素）を形成し得る。

20

#### 【0026】

上述されたように、1つ以上の実施形態において、フィラーロッド120は、水素拡散性が低いかまたはそれを有していない材料で作製される。例えば、フィラーロッド120は、オーステナイト系ステンレス鋼、酸化炭素鋼またはガラスで作製され得る。フィラーロッド120用のこのタイプの材料を選択すると、プローブ100のアクセス端107を通過する原子水素は、フィラーロッド120自体に入って通過することとは対照的に、フィラーロッド120を取り囲む環形状キャビティに誘導される。

30

#### 【0027】

1つ以上の実施形態において、フィラーロッド120の端と露出面110との間の材料は、露出面と同一金属等級で作製され、かつ同一HIC耐性微細構造を有し得る。言い換えると、アクセス端107（すなわち、本体105の閉端）は、露出面110が事実上、アクセス端107の外面であるため、露出面110を画定する同一材料で形成される。

#### 【0028】

1つ以上の実施形態において、拡散バリア130が、プローブ本体105によって捕捉された水素ガス（すなわち、環形状キャビティ内に位置する水素ガス）が周囲環境（すなわち、パイプラインまたは外部環境）に漏れることを防止するために提供され、環形状キャビティ内に位置する。より具体的には、拡散バリア130は、その中に形成された開口を画定するプローブ本体105の内側壁に沿って形成可能で、それゆえに、環形状（水素収集）キャビティが、フィラーロッド120の側壁と拡散バリア130との間に形成される（図1B参照）。上述されたように、フィラーロッド120は、低水素拡散性または非水素拡散性の材料で形成されており、それゆえに、拡散バリア130と組み合わされて、収集キャビティ129を画定する内壁および外壁の両方が、そこを通る水素の漏れを防止するように設計されている収集キャビティを画定する。

40

#### 【0029】

拡散バリア130は、水素拡散を防止する限り、任意のいくつかの適切な材料で形成可能で、例えば、酸素を豊富に含む雰囲気中でキャビティを熱処理することによってキャビティ壁（すなわち、外側キャビティ壁）に沿って形成される、酸化物層（例えば、酸化鉄）または他のコーティング（例えば、オーステナイト系ステンレス鋼層、Si3N4等の

50

セラミック層)とすることができます。このようにして、捕捉された水素の量は、原子水素または水素ガスが周囲構造体内に拡散せずに(例えば、拡散バリア130を取り囲む本体105の側壁内に拡散することによって)、確実に測定され得る。

#### 【0030】

引き続き図1を参照すると、キャップ135がプローブ本体105の基端109に連結されている。1つ以上の実施形態において、キャップ135は、プローブ本体105の基端109と運動して係合するようねじ山付きである。他の実施形態において、キャップ135は、ねじ、接着剤、締結具等の他の手段によってプローブ本体105に連結される。キャップ135は、金属またはプラスチック等の任意の適切な材料で作製され得る。Oリング137は、以下に説明されるように、キャップ135と隣接して当接する構造体との間の密封嵌合を確実にするために提供され得る。図に示されるように、収集キャビティ129は、フィラーロッド120の一端がキャップ129内に配設され、かつ収集キャビティ129がフィラーロッド120の周りに形成されるため、キャップ135によって少なくとも部分的に固定される。

10

#### 【0031】

導管140が、フィラーロッド120の基端にさらに連結されている。導管140は、環形状キャビティ(収集キャビティまたはチャンバー)内で結合された水素ガスを捕捉するように設計されている経路、パイプまたはチューブとすることができる(いくらかの原子水素が導管140内で結合して、水素ガスを形成し得ることも理解されよう)。導管140は、圧力測定デバイス140にさらに連結されている。導管140は、環形状キャビティ129内の水素ガスが導管140内に流入するように環形状キャビティ129と流体連通しており、次いで、水素ガスが導管140を通過すると、圧力測定デバイス145が、水素蓄積によって生じた圧力を測定し、次に、構造体(例えば、パイプ壁)における原位置での水素蓄積の推定を提供する。したがって、水素ガスは、導管140にアクセスするために、環形状キャビティ129に沿って、かつフィラーロッド120の下端の下に流れることになる。圧力測定デバイス145は、圧力計、変換器または他の適切なデバイスとすることができる。

20

#### 【0032】

ここで図2A～2Bを参照すると、構造体205へのプローブシステム100の設置が例示されている。構造体205は、パイpline、圧力容器、またはオイルもしくはガスを輸送する他の配管システム等の、炭化水素生成物を輸送する金属(例えば、鋼)構造体であり得る。プローブシステム100を構造体205に連結するために、プローブシステムは、まずアクセス固定具210に連結される。1つ以上の実施形態において、アクセス固定具210は、キャップ135またはプローブ本体105の他の部分と連結するようにサイズおよび形状決めされている、ねじ山付きの金属またはプラスチック構成要素である。他の実施形態において、アクセス固定具210は、ねじ、接着剤、締結具等によってプローブ本体に連結される。アクセス固定具210およびキャップ135は、水素ガスが漏れることを防止するために気密シールを形成するように連結する。孔が、構造体205の壁を貫通して穿孔され、プローブシステム100を受容するようにサイズおよび形状決めされている。特定の実施形態において、連結取付具215は、アクセス固定具210を受容するために構造体205内に穿孔された孔に固設される。例えば、連結取付具215は、アクセス固定具210と嵌合するようにサイズおよび形状決めされている、ねじ山付きの金属またはプラスチック構成要素とすることができる。

30

#### 【0033】

図2Aに示されるように、プローブシステム100は、アクセス固定具210内に固設され、アクセス固定具は、構造体205への入口220がプローブシステムの露出面110と同一または類似サイズになるように、連結取付具215に連結されている。次いで、図2Bに示されるように、プローブシステム100は、露出面110が構造体205の内壁と面一になるように定位位置で連結される。プローブシステム100は、露出面110が構造体205の内壁を実質的に越えて延在せず、かつ構造体205の内壁に対して凹んで

40

50

いない（例えば、構造 205 の内壁から約 1 mm 未満である）ように設置されている場合、「面一」であるとみなされる。プローブシステム 100 は、「パッチプローブ」のように、構造体 205 の外壁に設置されているだけの場合、面一であるとみなされない。原子水素がパッチプローブに到達する前に構造体壁内で再結合するパッチプローブとは異なり、面一構成において、プローブシステム 100 は、構造体 205 の境界で拡散原子水素を捕捉し、拡散原子水素は、構造体自体内ではなくプローブのキャビティ内で分子水素に再結合する。この配置は、HIC 発生をより良好に模倣し、パッチプローブを用いるよりも向上した、より正確な水素フラックス測定を可能にする。加えて、プローブシステム 100 の面一配置は、完全な侵入型プローブタイプ（すなわち、プローブが内壁を越えて構造体内、典型的には炭化水素生成物中に延在する、例えば、Rohrbach Cosas co によって製造された Model 6400 水素プローブ）を上回る利点を提供し、それらのタイプの場合、水は、プローブと構造体表面との間の空間に蓄積し、プローブの周囲の局所的 pH を変化させ、腐食速度および水素透過速度に影響を及ぼす。したがって、完全な侵入型プローブを用いると、測定された圧力上昇は、構造体部分におけるプローブへの真の水素侵入を反映しない。さらに、プローブシステム 100 の面一幾何学的形状は、パイプライン操作（例えば、清掃および検査操作）を妨げず、液体または気体が構造体 205 から漏れることを許容しない。

10

## 【0034】

ここで図 3 を参照すると、本発明の 1 つ以上の実施形態による侵入型プローブシステムのキャビティ内での原子水素の発生および水素ガスの再結合が例示されている。例えば、プローブシステム 100 は、上記のように、構造体 205 と少なくとも実質的に面一に設置され得る。構造体 205 は、原子水素 310 を生成する液体または気体の形態内に液体または気体の炭化水素生成物 305 を含有する。原子水素 310 は、構造体 205 の内面に移動し、そこで構造体 205 の表面を透過し、水素ガスに再結合する。図 3 に示されるように、いくらかの原子水素 310 は、上述のように、面一配向に設置されているプローブシステム 100 の露出面 110 を透過する。上述のように、プローブ本体 105 のアクセス端 107 を通過した後、原子水素は、上記のように、水素収集キャビティ 129 内に流れ込み、そこで水素ガスに結合する。水素ガスは、導管 140 に進み、そこで収集され、圧力が圧力測定デバイス 140 によって測定される。

20

## 【0035】

ここで図 4 を参照すると、本発明の 1 つ以上の実施形態による代替的な侵入型プローブシステム 400 が提供されている。プローブシステム 400 は、アクセス端 407 および基端 409 を有するプローブ本体 405 を含み、プローブシステム 400 は、アクセス端 407 が金属構造体（例えば、パイpline）と面一であり、かつ原子水素が生成される液体または気体に露出するように、位置付けられて構成されている。このようにして、プローブシステム 400 は、プローブシステム 100 と同一の面一幾何学的形状を有するように構成される。プローブ本体 405 のアクセス端 407 は、露出面 410 を含む。露出面 110 と同様に、露出面 410 は、監視される構造体と同一金属（例えば、鋼）等級で作製されるが、HIC 耐性微細構造を有する。1 つ以上の実施形態において、プローブ 400 のアクセス端 407 は、1 つ以上の O リング 415 を含む。O リング 415 は、プローブシステム 400 が設置されたときに、液体がプローブと構造体壁との間に入らないように、液密幾何学的形状を確保するためにプローブ本体 405 の外面の周りに配置される。

30

## 【0036】

例示された実施形態において、プローブ本体 405 は、組み立てられたプローブ本体 405 を形成するために共に連結された複数の部品で形成されている。より具体的には、プローブ本体 405 は、アクセス端部材 411 と、アクセス端部材 411 内に受容されるフィラーロッド 420 とを含む。アクセス端部材 411 は、その 1 つの面に沿って露出面 410 を含み、露出面 410 の反対側の面は、フィラーロッド 420 の第 1 の端（アクセス端）が受容される凹部分 413 を含む。アクセス端部材 411 内に形成された凹部分 41

40

50

3は、フィラーロッド420の第1の端を受容するのみならず、フィラーロッド420の第1の端と水素収集キャビティ425の底との間に画定される水素収集キャビティ425を画定するように機能する。図のように、凹部分413は、段付き構造を有することができ、そこに画定された着地部は、フィラーロッド420の第1の端が着座する表面を提供する。アクセス端部材411は、フィラーロッド420がその内部に受容されるため、フィラーロッド420よりも大きい幅を有する。

#### 【0037】

フィラーロッド420の第1の端は、締結具、結合剤、接着剤等の使用を含む、任意のいくつかの従来技術を使用してアクセス端部材411に連結される。例示された実施形態において、フィラーロッド420の第1の端は、図のように溶接によってアクセス端部材411に連結されている。

10

#### 【0038】

フィラーロッド420は、キャップ430（例えば、キャップ135と同一または類似）に連結されている第2の端（基端）を有する。Oリング437は、キャップ430と他の当接する構造体との間の密封嵌合を確実にするために、キャップ430上に提供され得る。1つ以上の実施形態において、フィラーロッド420は、水素拡散性が低いかまたはそれを有していない金属ロッドである。例えば、フィラーロッド420は、オーステナイト系ステンレス鋼または本明細書に開示されている他の材料で作製され得る。

#### 【0039】

図示のように、プローブシステム100とは異なり、プローブシステム400のフィラーロッド420は、再結合された水素ガスを収集するためのプローブ本体内に形成された開口内に挿入されず、代わりに、アクセス端部材411の凹部分内に挿入される。

20

#### 【0040】

代わりに、1つ以上の実施形態において、水素収集キャビティ425は、HICボイドの作成を模倣する調整可能キャビティ425である。より具体的には、キャビティ425のサイズ（容積）は、異なる特定の用途に合わせて調整され得る。凹部分の寸法が選択され得るという点で製造レベルで調整可能である。特に、凹キャビティ425は、より大きな容積のキャビティを作成するためにより深く形成されてもよく、一方で凹キャビティ425は、より小さい容積のキャビティを作成するためにより浅く形成されてもよい。加えて、フィラーロッド420の第1の端を受容する着地部の場所は、キャビティ425の容積を変えるように変更され得る。したがって、調整可能キャビティ425の容積は、構造体の異なる厚さ、深さで生じるHICをシミュレートするように変化され得る。調整可能キャビティ425の容積が減少すると、圧力上昇に対するプローブシステム400の感度が増加する。特定の実施形態において、調整可能キャビティ425の容積は、2~3cm<sup>3</sup>、1~2cm<sup>3</sup>または0.0314cm<sup>3</sup>~0.628cm<sup>3</sup>である（キャビティサイズが小さいほど、より高い感度が得られる）。より小さいサイズのキャビティについて、観察される圧力速度が高いため、結果として、ユーザが、より多くの頻度で環内に閉じ込められた水素ガスを放出しなければならないこともまた理解されよう。言い換えると、より高い感度は、より頻繁なプローブの再初期化を結果としてもたらす。

30

#### 【0041】

特定の実施形態において、露出面410からの調整可能キャビティ425の深さは、1cm未満である。特定の実施形態において、露出面410からの調整可能キャビティ425の深さは、約0.5cm未満である。

40

#### 【0042】

原子水素が露出面410を透過すると、それは、アクセス端部材411を通過して調整可能キャビティ425に入り、調整可能キャビティ425内で水素ガスに再結合する。

#### 【0043】

導管435が、フィラーロッド420内に形成され、より具体的には、導管435は、フィラーロッド420の長さに沿って延在し、かつフィラーロッド420の第1および第2の端の両方で開口する長手方向経路であり得る。導管435はまた、調整可能キャビテ

50

イ 4 2 5 と流体連通であると共に、圧力測定デバイス 4 4 0 とも流体連通するようにキャップ 4 3 0 を通過する。言い換えると、導管 4 3 5 は、プローブ本体 4 0 5、キャップ 4 3 0、および圧力測定デバイス 4 4 0 の少なくとも一部分を貫通する連続経路と考えられ得る。導管 1 4 0 と同様に、水素ガスは、調節可能キャビティ 4 2 5 内に蓄積し、次いで、導管 4 3 5 を通って流れることによって圧力測定デバイス 4 4 0 に通過する。圧力測定デバイス 4 4 0 は、任意の水素圧力計または変換器とすることができる。

#### 【 0 0 4 4 】

上記の実施形態と同様に、アクセス端部材 4 1 1 は、H I C 耐性であるが、キャビティ内での再結合のために水素収集キャビティ 4 2 5 への原子水素の通過（拡散）を許容する材料で形成される。これに対し、フィラーロッド 4 2 0 は、フィラーロッド 1 2 0 と同様、水素拡散特性が低いかまたはそれを有していない、それゆえに、キャビティ 4 2 5 内に形成された水素ガスは、フィラーロッド 4 2 0 内に形成された導管 4 3 5 に流れ込み、フィラーロッド 4 2 0 自体の中に拡散しない。結果として、形成された水素ガスは、プローブ 4 0 0 を通過し、圧力測定デバイス 4 4 0 に流れ、圧力測定デバイス 4 4 0 は、原子水素の透過の結果としての水素ガス蓄積を、周囲構造体への著しい損失なしとして測定するように構成されている。

#### 【 0 0 4 5 】

ここで図 5 を参照すると、構造体 5 0 5 へのプローブシステム 4 0 0 の設置が例示されている。構造体 5 0 5 は、パイプライン、圧力容器、またはオイルもしくはガスを輸送する他の配管システム等の炭化水素生成物を輸送する鋼製構造体であり得る。他の実施形態と同様に、プローブシステム 4 0 0 は、アクセス固定具 5 1 0 に連結されており、次に、連結取付具 5 1 5 に連結されている。図 5 に示されるように、プローブシステム 4 0 0 のアクセス端部材 4 1 1 は、連結取付具 5 1 5 の内壁と面一に設置され、露出面 4 1 0 は、構造体 5 0 5 の内面と少なくとも実質的に面一に設置される。この配置において、構造体 5 0 5 内の炭化水素生成物は、露出面 4 1 0 を通過することなくプローブ本体 4 0 5 内に入ることができない。O リング 4 1 5 もまた、プローブ 4 0 0 （すなわち、そのアクセス端部材 4 1 1 ）と連結取付具 5 1 5 との間に液密および気密シールを形成するために提供されることが好ましい。

#### 【 0 0 4 6 】

例示された実施形態において、アクセス固定具 5 1 0 は、プローブ本体を受容する中央開口を有する開端構造体であり得る。図のように、アクセス固定具 5 1 0 の中央開口の少なくとも一部分は、ねじ山付き（雌ねじ）とすることができます、キャップ 4 3 0 は、プローブ 4 0 0 をアクセス固定具 5 1 0 に連結するために雌ねじと嵌合する雄ねじを含む。ねじ山付き配置が、アクセス固定具 5 1 0 に対するプローブ 4 0 0 の調整を可能にし、特に、アクセス固定具 5 1 0 の遠位端を越えて延在するプローブ 4 0 0 の長さが、少なくとも 1 つの実施形態において、2 部品間のねじ山付き配置によって変化され得ることが理解されよう。別の実施形態において、プローブ 4 0 0 とアクセス固定具 5 1 0 との間に固定位置（配向）が存在する。

#### 【 0 0 4 7 】

本明細書に説明されるようなプローブシステムは、構造体の区分内で起こりうる H I C 損傷に関する警告システムを提供するように実装され得る。水素圧力が一定の閾値を超えて上昇する場合、それは、検査（例えば、A U T ）が実施されるべきであることを示す。加えて、プローブシステムが、特定の区分で H I C または S W C 割れの可能性が高いことを示す場合、構造体の近傍区分もまた、検査が計画され得る。

#### 【 0 0 4 8 】

したがって、水素誘起割れについて警告する方法が本明細書に提供される。この方法において、プローブシステム 1 0 0 またはプローブシステム 4 0 0 等の侵入型プローブシステムは、構造体（例えば、鋼製パイプライン、圧力容器、配管システム）に設置される。設置は、本明細書に説明されるように、キャップ 1 3 5、アクセス固定具 2 1 0 および連結取付具 2 1 5 等の連結構成要素を実装すること等によって、実施され得る。次に、原子

10

20

30

40

50

水素が構造体内で天然炭化水素プロセスによって生成される。原子水素は、構造体およびプローブシステムの露出面（例えば、露出面 110、露出面 410）を透過する。原子水素は、キャビティに移動し、そこで再結合して水素ガスを形成する。キャビティは、フィラーロッドで充填されてもよく、または調整可能キャビティ 425 のように調整可能であってもよい。この方法は、キャビティ内の分子水素の圧力が測定されるという点で継続する。かかる測定は、圧力計、変換器、または他の適切な水素圧力デバイスによって行われ得る。圧力が特定の閾値よりも高い場合、HIC または SWC の危険性が存在する。次いで、この方法は、測定された圧力がかかる危険性を提示するか否かを決定する。かかる決定を行うための複数の方法が存在する。例えば、第 1 の方法は、第一原理計算を使用する（その全体が参照によって本明細書に組み込まれる、Triadial の IJHE 2012 を参照されたい）。第 2 の方法は、圧力上昇速度と測定された亀裂成長速度（AUT）との間の（実験室での実験で展開された）実験的相関関係を使用する。

10

#### 【0049】

HIC または SWC の危険性が識別された場合、この方法は、次いで、ユーザに警告し、構造体のそのエリアでの AUT 検査を計画し得る。計画作成は、プロセッサが適切なソフトウェアを使用して検査を計画する処理を行うための特定の圧力を測定した後、プロセッサに信号を送信する圧力デバイスの通信デバイスを含むこと等によって、自動的に行われ得る。

20

#### 【0050】

一実施形態において、ILI 検査を実行するために使用されるデバイス（PIG）は、パイプライン内側を移動しながら（例えば、Zigbee 技術または関連技術を使用して）プローブから無線で測定値を取り出し得る。当業界で既知であるように、PIG は、腐食の検出および測定等の、パイプラインの状態を検出するために使用されるオンライン検査（ILI）ツールとしてのデバイスである。プローブからの測定値は、次いで、ILI レポートに直接統合され、結果を解釈することを助け、掘削検証および／または修理に向かうか否かの決定を行う。したがって、本発明のプローブは、PIG 内のモジュールと通信してそれらの間でのデータ転送および通信を可能にする通信モジュール（例えば、無線モジュールまたは他の通信プロトコル（例えば、Blueooth（登録商標）））を含み得る。PIG とプローブとの間の通信は、PIG がパイプラインの内面に沿って動く際に PIG によるデータ収集を可能にし、それゆえに、単一レポートが、収集されたデータから生成され得る。

30

#### 【0051】

本発明のプローブ構造は、露出面上にサワー腐食を誘起する流体を運ぶパイプライン内のボイドをシミュレートした条件下で、一定期間の収集キャビティ内の水素圧力上昇を監視した、いくつかの実験において試験された。結果としては、水素圧力上昇が、シミュレートされたボイド内に数日間にわたって観察され、それによって、本発明のプローブ構造が、パイプライン内の HIC または SWC 形成および成長を示すパイプライン内の状態を監視および検出することに有効であることを示している。

30

#### 【0052】

図 1～図 5 は、本発明の説明を可能にする概念的例示である。当業者は、本発明の実施形態の様々な態様がハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせで実装され得ることを理解するはずである。かかる実施形態において、様々な構成要素および／またはステップが、本発明の機能を実施するためにハードウェア、ファームウェア、および／またはソフトウェアで実装されることになる。つまり、ハードウェア、ファームウェア、またはソフトウェアのモジュールの同一部分が、例示されたブロック（例えば、構成要素またはステップ）のうちの 1 つ以上を実施し得る。

40

#### 【0053】

ソフトウェアの実施形態において、コンピュータソフトウェア（例えば、プログラムまたは他の命令）および／またはデータは、コンピュータプログラム製品の一部として機械可読媒体に記憶され、リムーバブル記憶ドライブ、ハードドライブ、または通信インター

50

フェースを介してコンピュータシステムまたは他のデバイスもしくは機械に読み込まれる。コンピュータプログラム（コンピュータ制御論理またはコンピュータ可読プログラムコードとも呼ばれる）は、メインおよび／または二次メモリに記憶され、1つ以上のプロセッサ（コントローラ等）によって実装されて、1つ以上のプロセッサに、本明細書に説明される発明の機能を実施させる。本明細書において、「機械可読媒体」、「コンピュータプログラム媒体」および「コンピュータ使用可能媒体」という用語は、一般に、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、リムーバブル記憶ユニット（例えば、磁気または光ディスク、フラッシュメモリデバイス等）、ハードディスク等のような媒体を指して使用される。

【0054】

10

特に、上記の図および例は、本発明の範囲を单一の実施形態に限定することを意図するものではなく、同様に他の実施形態は、説明または例示された要素の一部または全部を置き換えることによって可能になる。さらに、本発明のいくつかの要素が既知の構成要素を使用して部分的または完全に実施され得る場合、本発明の理解に必要であるかかる既知の構成要素のそれらの部分のみが説明され、かかる既知の構成要素の他の部分の詳細な説明は、本発明を曖昧にしないように省略されている。本明細書において、单一の構成要素を示す実施形態は、本明細書に別途明示的に記載されていない限り、複数の同一構成要素を含む他の実施形態に必ずしも限定されるべきではなく、逆もまた同様である。さらに、出願人は、本明細書または特許請求の範囲におけるいかなる用語が、一般的ではない、または特別な意味に帰されることを、そのように明示的に述べられていない限り、意図しない。さらに、本発明は、例示として本明細書に参照された既知の構成要素に対する現在および将来の既知の等価物を包含する。

20

【0055】

30

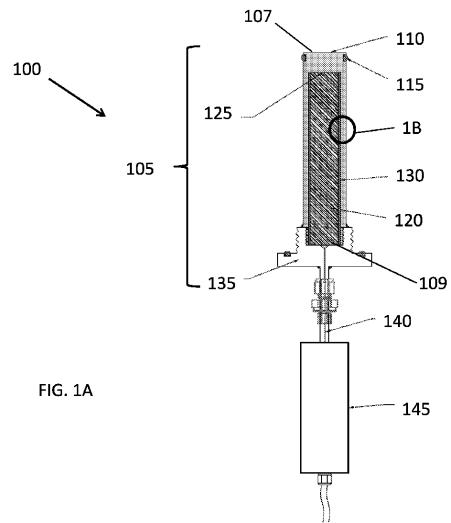
上記の特定の実施形態の説明は、他者が、関連技術分野の技術の範囲内の知識（本明細書の参照によって引用され組み込まれた文書の内容を含む）を適用することによって、過度の実験なしで、本発明の一般的な概念から逸脱せずに、かかる特定の実施形態を様々な用途に対して容易に修正および／または適合し得る、本発明の一般的な性質を十分に明らかにすることになる。それゆえに、かかる適合および修正は、本明細書に提示された教示および指針に基づいて、開示された実施形態の等価物の意味および範囲内にあることを意図している。本明細書の表現法または用語法が、説明の目的のために、かつ限定されるものではなく、それにより、本明細書の用語法および表現法が、当業者の知識との組み合わせにおいて、本明細書に提示された教示および指針に照らして当業者によって解釈されるものであることが理解されるべきである。

【0056】

40

本発明の様々な実施形態が上記に説明されたが、それらが例として提示されていて、これに限定されないことが理解されるべきである。当業者には、本発明の趣旨および範囲から逸脱せずに、形態および詳細における様々な変更がその中で行われ得ることが明らかであろう。したがって、本発明は、上記の例示的な実施形態のいずれによても限定されるべきではなく、以下の特許請求の範囲およびその等価物に従ってのみ定義されるべきである。

【図 1 A】



【図 1 B】

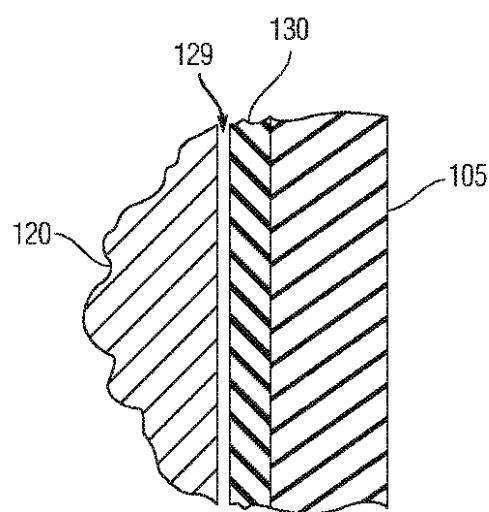
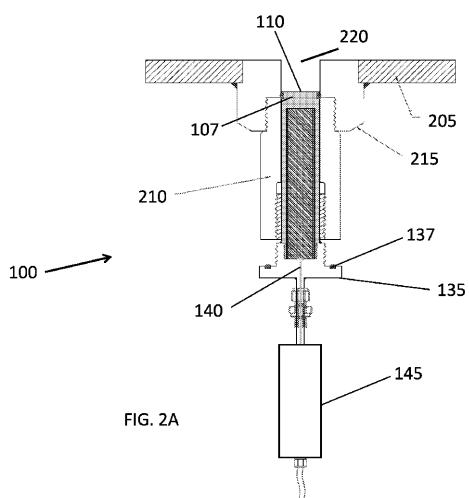
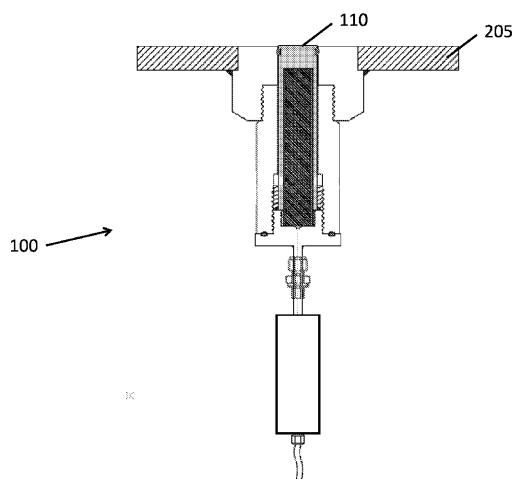


FIG. 1B

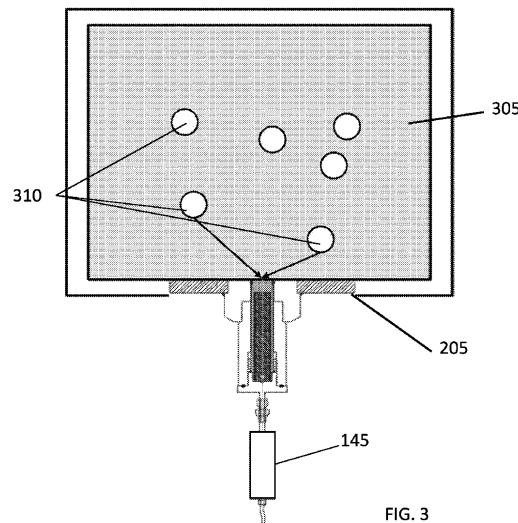
【図 2 A】



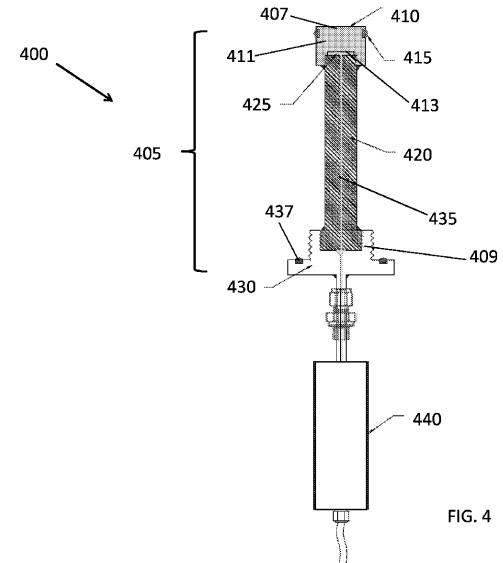
【図 2 B】



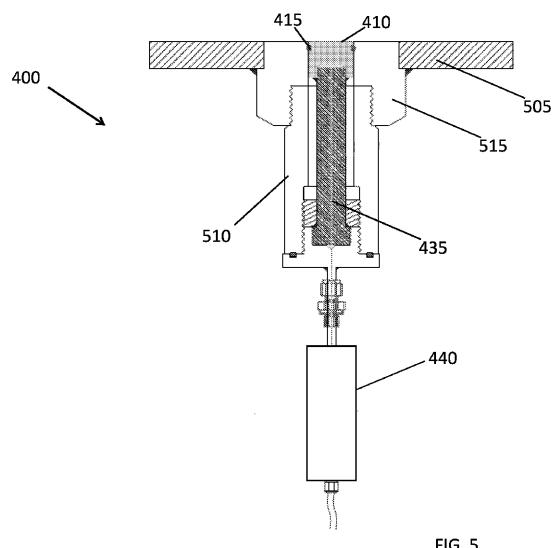
【図3】



【図4】



【図5】



**【手続補正書】**

【提出日】平成30年11月30日(2018.11.30)

**【手続補正1】**

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

**【補正の内容】**

【特許請求の範囲】

**【請求項1】**

金属資産内への面一挿入のための侵入型プローブシステムであって、

前記金属資産内に位置する腐食性物質に露出するように構成された露出面によって画定された、中実の第1の端部分を有するプローブ本体であって、前記露出面から離れた場所で終わる内部開口を有する、プローブ本体と、

前記プローブの前記内部開口内に配設されたインサートであって、前記インサートと前記プローブ本体の内壁との間に画定された収集キャビティを画定するように配設されている、インサートと、

前記収集キャビティから前記プローブ本体の前記周囲の内壁への前記ガスの通過を防止するために、前記プローブ本体の前記内壁に沿って配置され、かつ前記腐食性物質によって前記収集キャビティ内で発生したガスに対して不透過性である材料で形成されている、拡散バリアと、

前記腐食性物質によって発生した前記ガスを受容するために、前記収集キャビティと流体連通している導管と、

前記腐食性物質によって発生した前記ガスの圧力を測定するために、前記導管に連結された圧力測定デバイスと、

を備える、プローブシステム。

**【請求項2】**

前記インサートの第1の端が、前記プローブ本体の前記中実の端部分と面一に当接する関係にあり、それによって、前記収集キャビティが、前記インサートの側壁を取り囲むように形成され、かつ前記インサートの第1の端と前記中実の端部分との間の界面から離間している、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項3】**

前記インサートが、円筒形状のフィラーロッドを含み、前記収集キャビティが、環形状を有する、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項4】**

前記収集キャビティが、前記露出面からある距離まで前記プローブ本体内で長手方向に延在している、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項5】**

前記中実の第1の端部分が、そこを通る原子水素の拡散を許容する材料で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項6】**

前記露出面を含む前記中実の第1の端部分が、金属で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項7】**

前記拡散バリアが、酸化物層である、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項8】**

前記拡散バリアが、オーステナイト系ステンレス鋼スリーブである、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項9】**

前記内部開口が、止まり穴を含み、前記内部開口の閉端が、前記プローブ本体の前記中実の第1の端部分によって画定されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 10】**

前記インサートが、水素拡散特性を有していない材料で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 11】**

前記インサートが、オーステナイト系ステンレス鋼材料で形成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 12】**

前記中実の第1の端部分の反対側の前記プローブ本体の一端に連結されているプローブキャップと、前記プローブ本体が連結されているアクセス固定具と、前記金属資産内に形成されたアクセス孔内に密封して挿入され、かつ前記アクセス固定具が連結されている連結取付具と、をさらに含み、前記アクセス固定具が、第1のねじ山を含み、前記連結取付具が、第2のねじ山を含み、前記第1および第2のねじ山が、前記アクセス固定具および前記連結取付具が共に嵌合したときに、前記露出面の前記端が前記金属資産の内面と面一関係に配置され得るように配向されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 13】**

前記プローブキャップが、前記アクセス固定具内に形成された雌ねじと螺合する雄ねじを含む、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 14】**

前記圧力測定デバイスが、前記水素蓄積速度が前記金属資産内のHICまたは階段状亀裂(SWC)の高い可能性を示す閾値に達した時点で、警報を送信するように構成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 15】**

前記拡散バリアが、HIC耐性微細構造を有する、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 16】**

前記インサートの一端と前記中実の端部分との間の界面が、原子水素の通過に対して抵抗性があり、それによって、前記腐食性物質を前記インサートの側壁を取り囲む前記収集キャビティ内に通過させる、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 17】**

前記プローブ本体が、前記金属資産の内壁に対して前記露出面が面一に配置されるように構成されている、請求項1に記載のプローブシステム。

**【請求項 18】**

金属資産内への面一挿入のための侵入型プローブシステムであって、

前記金属資産内に位置する腐食性物質に露出するように構成された露出面を有するアクセス端部分を有するプローブ本体であって、前記アクセス端部分が、前記露出面の反対側に形成された凹部分を有する、プローブ本体と、

前記露出面に近接する前記アクセス端部分の外面に連結され、かつそれを取り囲むシール部材と、

アクセス端および基端を有するインサートであって、液密であり、かつ前記プローブ本体の前記露出面を透過する原子水素を収集するように構成されている収集キャビティを画定するように、前記アクセス端が、前記プローブ本体の凹部分に隣接して配設され、それによって、ガスが原子水素によって前記収集キャビティ内に発生し、前記インサートが、そこを貫通する貫通孔を含み、かつ前記貫通孔が前記収集キャビティと流体連通するように前記アクセス端および基端の両方で開口している、インサートと、

前記収集キャビティ内の前記拡散原子水素によって発生した前記ガスの圧力を測定するために、前記プローブ本体の前記貫通孔と流体連通している圧力測定デバイスと、を備える、プローブシステム。

**【請求項 19】**

前記収集キャビティ内の前記拡散原子水素によって発生した前記ガスが、分子水素ガスである、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 20】**

前記凹部分が、前記露出面の反対側の前記アクセス端の面に沿って形成されている、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 21】**

前記凹部分が、前記インサートの前記アクセス端が密封して着座する着地部分を含む段付き構造を有する、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 22】**

前記貫通孔が、前記インサート内の中央に位置している、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 23】**

前記アクセス端部分が、円筒形状を有する、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 24】**

前記インサートの前記基端に連結されるプローブキャップをさらに含み、前記プローブキャップが、前記圧力測定デバイスへの導管を画定するために、前記インサート内に形成された前記貫通孔と軸方向に整列する貫通孔を有する、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 25】**

前記インサートが、円筒形状のフィラーロッドを含む、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 26】**

前記露出面に隣接する前記アクセス端部分に連結されたOリングをさらに含む、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 27】**

前記アクセス端部分が、そこを通る原子水素の拡散を許容するが、HIC耐性微細構造を有する材料で形成されている、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 28】**

前記露出面を含む前記アクセス端部分が、前記金属資産と同一金属等級で形成されている、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 29】**

前記インサートが、オーステナイト系ステンレス鋼材料で形成されている、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 30】**

前記インサートの前記基端に連結されているプローブキャップと、前記プローブ本体が連結されているアクセス固定具と、前記金属資産内に形成されたアクセス孔内に密封して挿入され、かつ前記アクセス固定具が連結されている連結取付具と、をさらに含む、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 31】**

前記腐食性物質が、原子水素を含み、前記収集キャビティが、水素ガスを形成するために拡散原子水素が透過し、かつ再結合する、HICシミュレーションキャビティを含み、前記収集キャビティ内の水素ガス含有量が増加するにつれて、前記収集キャビティ内の前記圧力がそれに対応して上昇してHICプロセスを模倣し、前記圧力測定デバイスが、水素センサを用いて前記収集キャビティ内の前記圧力を監視し、かつ対応する水素蓄積速度を決定する、請求項18に記載のプローブシステム。

**【請求項 32】**

前記圧力測定デバイスが、前記水素蓄積速度が前記金属資産内のHICまたは階段状亀裂(SWC)の高い可能性を示す閾値に達した時点で、警報を送信するように構成されている、請求項31に記載のプローブシステム。

**【請求項 33】**

金属資産内の水素誘起割れを警告する方法であって、

侵入型プローブシステムを前記金属資産内に面一に挿入することであって、前記侵入型

プローブシステムが、前記金属資産の内面に面一に配置されている露出面を有するアクセス端部分を含むプローブ本体を有し、前記アクセス端部分が、そこを通る原子水素の拡散を許容するがHIC耐性微細構造を有する材料で形成されており、前記プローブ本体が、前記アクセス端部分を通過する前記原子水素を受容するための収集キャビティを有する、挿入することと、

前記原子水素が前記露出面を透過することを可能にすることと、

前記プローブ本体の前記収集キャビティ内に分子水素を発生させることと、

前記収集キャビティ内の前記分子水素の圧力を測定することと、

前記測定された圧力が、前記金属資産内の水素誘起割れの危険性の増大を示す値よりも大きいか否かを決定し、もし大きければ、警報を発生させることと、

を含む、方法。

【請求項34】

前記測定された水素誘起割れの危険性に従って、高度超音波テストを計画するステップをさらに含む、請求項33に記載の方法。

【請求項35】

金属資産の内面を監視するためのインライン検査システムであって、

請求項1に記載の前記侵入型プローブデバイスと、

前記侵入型プローブデバイスと関連付けられている第1の通信モジュールと、

前記金属資産の前記内面に沿って移動するように構成されている検査デバイスであって、前記検査デバイスが、前記侵入型プローブデバイスと前記検査デバイスとの間のデータ転送を可能にするために、前記第1の通信モジュールと通信するように構成されている第2の通信モジュールを含む、検査デバイスと、

を備える、インライン検査システム。

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2018/015219						
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. C10G75/00 G01N17/00 G01N17/04 G01N33/20 ADD.								
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC								
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C10G G01N								
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								
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">US 4 056 968 A (WINSLOW JR JOSEPH D) 8 November 1977 (1977-11-08)  column 1, lines 6-9 column 2, line 45 - column 3, line 57 column 5, lines 9-24 figures 1, 3  ----- US 2005/012126 A1 (UDAYAKUMAR K R [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraphs [0007], [0008]  ----- -/-</td> <td style="padding: 2px;">1-20,24, 27,29, 33-35,38  1-20,38  -/-</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y	US 4 056 968 A (WINSLOW JR JOSEPH D) 8 November 1977 (1977-11-08)  column 1, lines 6-9 column 2, line 45 - column 3, line 57 column 5, lines 9-24 figures 1, 3  ----- US 2005/012126 A1 (UDAYAKUMAR K R [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraphs [0007], [0008]  ----- -/-	1-20,24, 27,29, 33-35,38  1-20,38  -/-
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.						
Y	US 4 056 968 A (WINSLOW JR JOSEPH D) 8 November 1977 (1977-11-08)  column 1, lines 6-9 column 2, line 45 - column 3, line 57 column 5, lines 9-24 figures 1, 3  ----- US 2005/012126 A1 (UDAYAKUMAR K R [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraphs [0007], [0008]  ----- -/-	1-20,24, 27,29, 33-35,38  1-20,38  -/-						
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> 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 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "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  3 August 2018		Date of mailing of the international search report  13/08/2018						
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  Baumlin, Sébastien						

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2018/015219
---

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Bob Winters: "Cleaning Pig designs and applications", 17 April 2014 (2014-04-17), pages 1-24, XP055471594, Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.nace-houston.org/images/CLEANING_PIG_DESIGNS_AND_APPLICATIONS.pdf">http://www.nace-houston.org/images/CLEANING_PIG_DESIGNS_AND_APPLICATIONS.pdf</a> [retrieved on 2018-04-30] Slides 7, 8 and 20 & Bob Winters: "Cleaning Pig designs and applications", 17 April 2014 (2014-04-17), XP055471601, Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.nace-houston.org/images/CLEANING_PIG_DESIGNS_AND_APPLICATIONS.pdf">http://www.nace-houston.org/images/CLEANING_PIG_DESIGNS_AND_APPLICATIONS.pdf</a> [retrieved on 2018-04-30]	38
A	US 5 405 513 A (LEWIS II ARNOLD L [US] ET AL) 11 April 1995 (1995-04-11) column 6, lines 19-59 column 7, lines 12-39 figure 2	1-20,38
A	US 5 392 661 A (FREEMAN H BRUCE [CA]) 28 February 1995 (1995-02-28) the whole document	1-20,38
A	WO 2008/067674 A1 (CT FOR NUCLEAR ENERGY RES INC [CA]; AIKENS JOHN [CA]) 12 June 2008 (2008-06-12) the whole document	1-20,38
X	US 5 495 746 A (SIGWORTH GEOFFREY K [US]) 5 March 1996 (1996-03-05)	21-23, 25,26, 28,30-32
Y	claim 1 column 3, line 38 - column 4, line 41 figures 1-4	24,27, 29,33-35
Y	US 2015/301010 A1 (VALENTINI RENZO [IT]) 22 October 2015 (2015-10-22)	24,27,29
A	paragraphs [0106], [0107], [0111], [0112] figure 10	21-23, 25,26, 28,30-35
A	US 6 537 824 B1 (CORREA LUIZ AUGUSTO DEMARIA [BR]) 25 March 2003 (2003-03-25) column 1, line 58 - column 2, line 37 figures 4,5	21-35

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/US2018/015219

**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:
  
  
  
  
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).

**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.
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.:

1-35, 38

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.:

**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/ US2018/ 015219

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

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

1. claims: 1-20, 38

An intrusive probe system and an in-line inspection system comprising said intrusive probe system wherein the intrusive probe system comprises a collection cavity defined between the insert and the inner wall of the probe and further comprising a diffusion barrier disposed along the inner wall, the cavity being in fluid communication with a pressure measuring device.

---

2. claims: 21-35

An intrusive probe system comprising a collection cavity defined between the insert and an recessed portion of the access end portion of the probe body, a through hole passing through the insert such that the collection cavity is in fluid communication with a pressure measuring device via said through hole.

---

3. claims: 36, 37

A method for warning for hydrogen induced cracking comprising an intrusive probe system, said probe system comprising an intrusive probe body with a collection cavity connected to a pressure measuring device and hence determining an indication of an increased risk of hydrogen induced cracking.

---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No
PCT/US2018/015219

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4056968	A	08-11-1977	NONE		
US 2005012126	A1	20-01-2005	NONE		
US 5405513	A	11-04-1995	NONE		
US 5392661	A	28-02-1995	CA US US	2035105 A1 5279169 A 5392661 A	29-07-1992 18-01-1994 28-02-1995
WO 2008067674	A1	12-06-2008	CA WO	2570710 A1 2008067674 A1	08-06-2008 12-06-2008
US 5495746	A	05-03-1996	NONE		
US 2015301010	A1	22-10-2015	BR CN EP ES JP JP KR RU US WO	112015009391 A2 105143878 A 2912452 A1 2617670 T3 6326421 B2 2016500153 A 20150080529 A 2015119510 A 2015301010 A1 2014064658 A1	04-07-2017 09-12-2015 02-09-2015 19-06-2017 16-05-2018 07-01-2016 09-07-2015 20-12-2016 22-10-2015 01-05-2014
US 6537824	B1	25-03-2003	AU BR CA EP US WO	1977901 A 9905430 A 2393130 A1 1238247 A2 6537824 B1 0140782 A2	12-06-2001 14-08-2001 07-06-2001 11-09-2002 25-03-2003 07-06-2001

---

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,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,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,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,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1.ZIGBEE

(72)発明者 アブデラザック・トライディア

サウジアラビア・31311・ダーラン・アール・アンド・ディーシー・サウジ・アラムコ・ビル  
ディング・2297・ルーム・ジーシー-130

Fターム(参考) 2G050 AA01 BA01 BA04 BA11 CA02 EA04 EB10