

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7510100号
(P7510100)

(45)発行日 令和6年7月3日(2024.7.3)

(24)登録日 令和6年6月25日(2024.6.25)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 N 27/26 (2006.01)

G 0 1 N 27/26 3 5 1 J

請求項の数 7 (全11頁)

(21)出願番号	特願2023-509924(P2023-509924)	(73)特許権者	000004226
(86)(22)出願日	令和3年3月29日(2021.3.29)		日本電信電話株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/013294		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(87)国際公開番号	WO2022/208611	(74)代理人	100083806
(87)国際公開日	令和4年10月6日(2022.10.6)		弁理士 三好 秀和
審査請求日	令和5年8月17日(2023.8.17)	(74)代理人	100129230
			弁理士 工藤 理恵
		(72)発明者	石井 龍太
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	上庄 拓哉
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	津田 昌幸
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表面水素量解析方法及び表面水素量解析装置並びに表面水素量解析プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼材を用いた水素透過試験による水素透過電流の測定値を取得するステップと、
ベクトルで表現されるパラメータを用いて、前記鋼材の表面水素量の時間変化を表す水素量関数を設定し、前記水素量関数を用いて前記鋼材における境界条件を設定するステップと、
前記境界条件に基づいて、前記鋼材内部における水素の拡散をシミュレーションし、前記水素透過電流の計算値を取得するステップと、
前記水素透過電流の、前記測定値と前記計算値の誤差関数を算出するステップと、
前記誤差関数が低減するように、前記パラメータを調整するステップと、
を備えた表面水素量解析方法。

10

【請求項2】

前記水素透過試験の開始後の経過時間を「 t 」とし、前記鋼材の厚さ方向の距離を「 x 」として、前記水素量関数を「 $C(t,x)$ 」としたとき、
前記境界条件を、 $C(t,0) = f w(t)$ 、 $C(0,L) = 0$ に設定する請求項1に記載の表面水素量解析方法。

【請求項3】

前記シミュレーションは、前記鋼材内部における水素の拡散を一次元拡散方程式で示し、前記一次元拡散方程式に基づいて前記鋼材内部の水素分布を算出し、前記水素分布からフィックの第二法則を用いて前記水素透過電流を算出する請求項1または2に記載の表面

20

水素量解析方法。

【請求項 4】

前記パラメータを調整するステップは、前記誤差関数を、パウエル法を用いて最小化する請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の表面水素量解析方法。

【請求項 5】

前記誤差関数が低減するように調整されたパラメータを用いて、試験対象となる鋼材の表面水素量を測定するステップ、

を更に備えた請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の表面水素量解析方法。

【請求項 6】

ベクトルで表現されるパラメータを用いて、鋼材の境界条件を設定する境界条件設定部と、

前記境界条件に基づいて、前記鋼材内部における水素の拡散をシミュレーションし、前記鋼材に生じる水素透過電流の計算値を算出するシミュレータと、

前記鋼材に対して実施された水素透過試験により取得される水素透過電流の測定値と、前記水素透過電流の計算値と、の誤差関数を算出する比較部と、

前記誤差関数が低減するように、前記パラメータを調整するパラメータ調整部と、を備えた表面水素量解析装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の表面水素量解析装置としてコンピュータを機能させる表面水素量解析プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面水素量解析方法及び表面水素量解析装置並びに表面水素量解析プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

インフラ設備などの屋外に設置された金属構造物は、腐食反応によって発生した水素が金属内部に侵入することにより、水素脆弱による破断が発生する恐れがある。このため、腐食反応によって金属などの鋼材に侵入する水素量を測定して鋼材に与える影響を解析することが望まれる。鋼材に侵入する水素量を測定する方法として、例えば非特許文献 1 に開示されたものが知られている。

【0003】

非特許文献 1 には、平板形状の鋼材の一方の面を水素侵入面とし、他方の面を水素検出面として鋼材の表面水素量を測定することが開示されている。具体的に非特許文献 1 では、水素侵入面を腐食環境に接触させ、水素検出面に発生する電流を検出し、前記電流値を、所定の方程式に代入することにより、鋼材の表面水素量を算出する。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】材料と環境, 63,3 - 9 (2014).電気化学法による鉄鋼への水素侵入・透過の計測.水流徹.東京工業大学.Electrochemical Measurements for Hydrogen Entry and Permeation of Steel. Tooru Tsuru. Tokyo Institute of Technology.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上述した非特許文献 1 では、鋼材の水素侵入面における表面水素量は一定であるという条件下で、鋼材内部の水素透過が定常状態となり水素検出面における電流が一定値に収束した状態で、鋼材の表面水素量を測定している。このため、鋼材が腐食環境に置かれてからの時間経過に伴って変化する表面水素量を算出することができないという問題

10

20

30

40

50

があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、鋼材の表面水素量の時間経過に伴う変化を解析することが可能な表面水素量解析方法、表面水素量解析装置、及び表面水素量解析プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様の表面水素量解析方法は、鋼材を用いた水素透過試験による水素透過電流の測定値を取得するステップと、ベクトルで表現されるパラメータを用いて、前記鋼材の表面水素量の時間変化を表す水素量関数を設定し、前記水素量関数を用いて前記鋼材における境界条件を設定するステップと、前記境界条件に基づいて、前記鋼材内部における水素の拡散をシミュレーションし、前記水素透過電流の計算値を取得するステップと、前記水素透過電流の、前記測定値と前記計算値の誤差関数を算出するステップと、前記誤差関数が低減するように、前記パラメータを調整するステップと、を備える。

10

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様の表面水素量解析装置は、ベクトルで表現されるパラメータを用いて、鋼材の境界条件を設定する境界条件設定部と、前記境界条件に基づいて、前記鋼材内部における水素の拡散をシミュレーションし、前記鋼材に生じる水素透過電流の計算値を算出するシミュレータと、前記鋼材に対して実施された水素透過試験により取得される水素透過電流の測定値と、前記水素透過電流の計算値と、の誤差関数を算出する比較部と、前記誤差関数が低減するように、前記パラメータを調整するパラメータ調整部と、を備える。

20

【 0 0 0 9 】

本発明の一態様は、上記表面水素量解析装置としてコンピュータを機能させる表面水素量解析プログラムである。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、鋼材の表面水素量の時間経過に伴う変化を解析することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】図 1 は、鋼材内部における水素の透過原理を示す説明図である。

30

【図 2】図 2 は、本実施形態に係る表面水素量解析装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、ベクトルで表現されるパラメータ w を用いて設定される関数 $f_w(t)$ を示すグラフである。

【図 4】図 4 は、水素透過電流の測定値と計算値の時間変化を示すグラフである。

【図 5】図 5 は、本実施形態に係る表面水素量解析装置の処理手順を示すフローチャートである。

【図 6】図 6 は、経過時間と水素検出面に発生する電流の電流密度との関係を示すグラフである。

【図 7】図 7 は、経過時間と表面水素濃度との関係を示すグラフである。

【図 8】図 8 は、本実施形態のハードウェア構成を示すブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本実施形態を図面を参照して説明する。

【 0 0 1 3 】

〔水素の透過原理〕

初めに、鋼材内部における水素の透過原理について説明する。図 1 は、鋼材内部における水素の透過原理を示す説明図である。図 1 は、鋼材 31 の断面及びその周囲環境を示している。鋼材 31 の一方の面（図中、右側の面）を水素侵入面 31a とし、他方の面（図中、左側の面）を水素検出面 31b とする。

【 0 0 1 4 】

50

水素侵入面 3 1 a は、腐食環境 3 2 に接している。腐食環境 3 2 は、例えば外気に晒された環境である。

【 0 0 1 5 】

水素検出面 3 1 b は、例えば NaOH 水溶液 3 3 (水酸化ナトリウム水溶液) に浸されている。

【 0 0 1 6 】

鋼材 3 1 の水素侵入面 3 1 a が腐食環境 3 2 に接すると、腐食環境 3 2 に存在する水素の一部が水素侵入面 3 1 a から鋼材 3 1 の内部に侵入する。即ち、水素侵入面 3 1 a で発生した水素は H₂ ガスとして外部に散逸するとともに、一部の水素は鋼材 3 1 の内部に吸収される。

10

【 0 0 1 7 】

鋼材 3 1 の内部に侵入した水素は、鋼材 3 1 内で拡散し、その一部が反対側の面である水素検出面 3 1 b に到達する。水素検出面 3 1 b に到達した水素は、水素検出面 3 1 b から NaOH 水溶液 3 3 内に放出される。NaOH 水溶液 3 3 内に放出された水素はイオン化するので、NaOH 水溶液 3 3 に電流が流れる。この電流を、水素透過電流「i_H」とする。

【 0 0 1 8 】

水素侵入面 3 1 a が腐食環境 3 2 に接してからの経過時間を「t」とする。水素侵入面 3 1 a から水素検出面 3 1 b に向く方向の距離を「x」とする。図 1 に示すように、鋼材 3 1 の板厚を「L」とすると、水素侵入面 3 1 a は「x = 0」であり、水素検出面 3 1 b は「x = L」である。鋼材 3 1 の内部に侵入した水素量を、上記 t、x を用いて「C(t,x)」で示すことにする。

20

【 0 0 1 9 】

鋼材 3 1 の内部に侵入した水素量は、下記 (1) 式に示す次元拡散方程式で表現することができる。

【 0 0 2 0 】

【数 1】

$$\frac{\partial}{\partial t} C(x,t) = -D \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} C(x,t) \right) \quad \dots(1)$$

30

【 0 0 2 1 】

但し、D は、水素拡散係数を示す。

【 0 0 2 2 】

境界条件として、経過時間 t = 0 のときの水素侵入面 3 1 a における水素量 C(0,0) を「C₀」とし、水素検出面 3 1 b における水素量 C(0,L) を「0」とする。

【 0 0 2 3 】

前述した (1) 式に上記の境界条件を入力して解くと、水素透過電流 i_H は下記 (2) 式で算出される。

【 0 0 2 4 】

40

【数 2】

$$i_H = \frac{nFDC(t,0)}{L} \quad \dots(2)$$

【 0 0 2 5 】

(2) 式において、C(t,0) は、経過時間 t における鋼材 3 1 の水素侵入面 3 1 a (即ち、x = 0) における水素量 (表面水素量) を示している。n は反応電子数を示し、F はファラデー定数を示している。

【 0 0 2 6 】

50

(2) 式に示す n 、 F 、 D 、 L は既知の数値であるから、水素透過電流 i_H の測定値、及び経過時間 t を (2) 式に代入すれば、経過時間 t に伴って変動する鋼材 3 1 の表面水素量 $C(t,0)$ を算出することができる。

【 0 0 2 7 】

[水素量解析装置の構成]

図 2 は、本実施形態に係る表面水素量解析方法を採用して鋼材 3 1 の表面水素量を解析する表面水素量解析装置 1 0 0 の構成を示すブロック図である。

【 0 0 2 8 】

表面水素量解析装置 1 0 0 は、パラメータ調整部 1 1 と、境界条件設定部 1 2 と、シミュレータ 1 3 と、比較部 1 4 を備えている。

10

【 0 0 2 9 】

パラメータ調整部 1 1 は、ベクトルで表現されるパラメータ w を外部入力から取得する。「ベクトルで表現されるパラメータ w 」とは、2 以上の変数で規定されるパラメータであり、例えば変数を 4 つとした場合には、 $w = (a, b, c, d)$ として表現することができる。

【 0 0 3 0 】

パラメータ調整部 1 1 はまた、取得したパラメータ w を初期値とし、該パラメータ w が最適な数値になるように調整する。具体的に、比較部 1 4 より出力される誤差関数 (詳細は後述) に基づき、表面水素量の測定値と計算値との誤差関数が最小となるように、パラメータ w を調整する。なお、本実施形態では一例として誤差関数が最小となるようにパラメータ w を調整する例について説明するが、誤差が最小にならなくても誤差が低減すれば本実施形態の効果を達成できる。

20

【 0 0 3 1 】

境界条件設定部 1 2 は、パラメータ調整部 1 1 で設定されたパラメータ w を用いて、鋼材 3 1 の境界条件を設定する。具体的に、鋼材 3 1 の水素侵入面 3 1 a における水素量である表面水素量 $C(t,0)$ を、パラメータ w を用いて表現される関数 $f_w(t)$ (水素量関数) に設定する。一例として関数 $f_w(t)$ は、4 つの変数 a 、 b 、 c 、 d を用いて、下記 (3) 式で示すことができる。

【 0 0 3 2 】

$$\begin{aligned} f_w(t) &= a t + b & (t < c) \\ &= d t + (a - d) c + b & (t > c) \quad \dots (3) \end{aligned}$$

30

図 3 は、上述した (3) 式で示される関数 $f_w(t)$ を示すグラフであり、横軸は経過時間 t 、縦軸は表面水素量を示している。図 3 に示すように、関数 $f_w(t)$ は、 $t = c$ までの区間では、右側に下降する直線、 $t = c$ 以降の区間では、右側に上昇する直線となるように変化する特性を有する。なお、(3) 式に示した関数 $f_w(t)$ は一例であり、任意の関数に設定することができる。また、変数の数は 2 以上であればよい。例えば、5 個の変数 a 、 b 、 c 、 d 、 e を用いて関数 $f_w(t)$ を設定してもよい。

【 0 0 3 3 】

境界条件設定部 1 2 はまた、鋼材 3 1 の水素透過試験をシミュレーションする際の境界条件として、 $C(t,0)$ 、 $C(0,L)$ を、下記 (4)、(5) 式に設定する。

40

【 0 0 3 4 】

$$\begin{aligned} C(t,0) &= f_w(t) & \dots (4) \\ C(0,L) &= 0 & \dots (5) \end{aligned}$$

(4) 式に示す $C(t,0)$ は、経過時間 t における水素侵入面 3 1 a ($x = 0$) の水素量である。(5) 式に示す $C(0,L)$ は、経過時間 $t = 0$ における水素検出面 3 1 b ($x = L$) の水素量である。

【 0 0 3 5 】

シミュレータ 1 3 は、上記 (4)、(5) 式に示した境界条件に基づいてシミュレーションを実施し、鋼材 3 1 の水素検出面 3 1 b に発生する水素透過電流 i_H の計算値を取得する。

50

【 0 0 3 6 】

シミュレータ 1 3 は、例えば鋼材 3 1 内における水素の拡散を一次元拡散方程式で示し、更に、差分法などを用いて鋼材 3 1 中の水素分布を算出する。シミュレータ 1 3 は、算出した水素分布に基づいて、フィックの第二法則などを用いて鋼材 3 1 における水素透過電流 i_H を算出する。即ち、シミュレータ 1 3 は水素透過電流 i_H の計算値を取得する。

【 0 0 3 7 】

比較部 1 4 は、図 1 にて説明した水素透過試験の結果から、鋼材 3 1 の水素検出面 3 1 b に発生する水素透過電流 i_H の測定値を取得する。比較部 1 4 はまた、水素透過電流 i_H の測定値と計算値を比較し、それぞれの数値の差分を示す誤差関数を算出する。例えば、図 4 に示すように、水素透過電流 i_H の計算値 s_{11} と測定値 s_{12} が得られた場合には、これらの差分を誤差関数として算出する。比較部 1 4 はまた、算出した誤差関数をパラメータ調整部 1 1 にフィードバックする。

10

【 0 0 3 8 】

パラメータ調整部 1 1 は、フィードバックされた誤差関数に対して、例えばパウエル法などの手法を採用して誤差関数が最小となるように、パラメータ w を調整する。パラメータ調整部 1 1 はまた、誤差関数が最小となったパラメータ w (以下、「最適化パラメータ w' 」という) を出力する。

【 0 0 3 9 】

〔 本実施形態の動作 〕

次に、本実施形態に係る表面水素量解析装置 1 0 0 による表面水素量の測定手順について説明する。図 5 は、本実施形態に係る表面水素量解析装置 1 0 0 の処理手順を示すフローチャートである。

20

【 0 0 4 0 】

初めに、ステップ S_{11} において、表面水素量解析装置 1 0 0 は、鋼材 3 1 を用いた水素透過試験による試験結果から、水素透過電流 i_H を取得する。具体的に、図 1 に示すように鋼材 3 1 の水素検出面 3 1 b に流れる電流を検出し、この電流を水素透過電流 i_H の測定値として取得する。この測定値は、比較部 1 4 に入力される。

【 0 0 4 1 】

ステップ S_{12} において、パラメータ調整部 1 1 は、操作者により設定されるパラメータ w の初期値を取得する。前述したように、パラメータ w はベクトルで表現される数値であり、例えば 4 つの変数を用いた $w = (a, b, c, d)$ として表現される。

30

【 0 0 4 2 】

ステップ S_{13} において境界条件設定部 1 2 は、パラメータ調整部 1 1 で設定されたパラメータ w に基づいて、鋼材 3 1 の表面水素量を示す関数 $f_w(t)$ を設定する。関数 $f_w(t)$ は、例えば、前述した (3) 式で示される関数である。

【 0 0 4 3 】

パラメータ w の初期値として、例えば $a = 1$ 、 $b = 1$ 、 $c = 1$ 、 $d = 1$ とすると、前述した (3) 式で示される関数 $f_w(t)$ は、下記 (3a) 式となる。

【 0 0 4 4 】

$$\begin{aligned} f_w(t) &= t + 1 \quad \dots (t < 1) \\ &= t + 1 \quad \dots (t > 1) \quad \dots (3a) \end{aligned}$$

40

ステップ S_{14} において、シミュレータ 1 3 は、境界条件設定部 1 2 で設定された境界条件に基づいて鋼材 3 1 の内部における水素の拡散を、例えば一次元拡散方程式を用いてシミュレーションする。

【 0 0 4 5 】

ステップ S_{15} において、比較部 1 4 は、上記のシミュレーションにより得られる水素透過電流 i_H の計算値と、前述した水素透過電流 i_H の測定値との間の誤差関数を算出する。比較部 1 4 は、算出した誤差関数をパラメータ調整部 1 1 にフィードバックする。

【 0 0 4 6 】

ステップ S_{16} において、パラメータ調整部 1 1 は例えばパウエル法を用いて、比較部

50

14 からフィードバックされた誤差関数が最小となるように、パラメータ w を調整する。例えば、初期的に設定したパラメータ w の、各変数 a 、 b 、 c 、 d の数値を適宜変更して誤差関数が最小となるように調整する。パラメータ調整部 11 は、最小化したパラメータ w を最適化パラメータ w' として出力する。

【0047】

最適化パラメータ w' を取得することにより、水素透過電流 i_H と表面水素量 $C(t,0)$ との関係を取得することができ、時間変化に伴って変化する表面水素量を定量的に評価することができる。

【0048】

図6は、鋼材31の水素侵入面31aに、チオシアン酸アンモニウム水溶液下で電気化学的に水素を侵入させた際の水素透過試験データを示すグラフである。試験に使用する鋼材31は、表面に研磨等の処理を行っておらず、鋼材31の表面が時々刻々と変化し、表面水素量が変動する系である。

10

【0049】

図6において、横軸は水素の侵入開始後の経過時間 t を示し、縦軸は鋼材31の水素検出面31bに流れる水素透過電流 i_H の電流密度を示している。図6に示す曲線 s_{21} は水素透過電流の理論値を示し、曲線 s_{22} は本実施形態の方法を採用して算出した水素透過電流値を示し、曲線 s_{23} は水素侵入面31aにおける水素量を一定として算出した水素透過電流値を示している。

【0050】

20

各曲線 $s_{21} \sim s_{23}$ に示すように、本実施形態の解析方法を採用した場合には、試験対象となる鋼材31の水素検出面31bに流れる電流値が、理論値とほぼ一致している。従って、鋼材31の水素侵入面31aにおける水素量の変化を高精度に評価できることが理解される。

【0051】

図7に示す曲線 s_{24} は、経過時間 t に対する表面水素濃度の変化を示すグラフである。曲線 s_{24} に示すように、鋼材31の表面水素濃度は、時間の経過に伴って変化している。本実施形態の解析方法を採用することにより、表面水素量の時間経過に伴う変化を高精度に評価することができる。

【0052】

30

[本実施形態の効果]

このように、本実施形態に係る表面水素量の検出方法は、鋼材31を用いた水素透過試験による水素透過電流の測定値を取得するステップと、ベクトルで表現されるパラメータ w を用いて、鋼材31の表面水素量の時間変化を表す水素量関数 $f_w(t)$ を設定し、この水素量関数を用いて鋼材31における境界条件を設定するステップと、境界条件に基づいて、鋼材31内部における水素の拡散をシミュレーションし、水素透過電流の計算値を取得するステップと、水素透過電流の、測定値と計算値の誤差関数を算出するステップと、誤差関数が低減するように、パラメータ w を調整するステップと、を備えている。

【0053】

本実施形態では、鋼材31の表面水素量の変化、即ち境界条件の変化を、ベクトルで表現されるパラメータ w を含む関数（水素量関数）として表現し、その境界条件の下で鋼材31の内部への水素拡散をシミュレーションして水素透過電流 i_H の計算値を算出する。算出した計算値と、水素透過試験を実施して得られた測定値を比較し、誤差関数が最小となる、或いは低減するようにパラメータ w を変更する。誤差関数が低減したパラメータ w を採用することにより、表面水素量の時間経過に伴う変化を、測定開始から所定時間が経過するまでの間の全時間帯において定量的に評価することが可能となる。

40

【0054】

また、本実施形態では、境界条件として、経過時間に伴って変化する表面水素量 $C(t,0)$ を水素量関数 $f_w(t)$ とし、水素検出面31bにおける水素量 $C(0,L)$ を「0」に設定して、パラメータ w が低減するように調整するので、高精度なパラメータ w の設定が可能になる。

50

【 0 0 5 5 】

更に、本実施形態では、鋼材 3 1 内部における水素の拡散を一次元拡散方程式で示し、該一次元拡散方程式に基づいて鋼材 3 1 内部の水素分布を算出し、この水素分布からフィックの第二法則を用いて水素透過電流を算出するので、水素透過電流を高精度に算出することが可能になる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態では、パウエル法を用いて誤差関数が最小化するように、パラメータ w を調整するので、高精度なパラメータ w の設定が可能になる。

【 0 0 5 7 】

更に、本実施形態では、誤差関数が最小化したパラメータ w を用いて試験対象となる鋼材の表面水素量を測定することにより、鋼材の表面水素量を高精度に測定することが可能になる。

10

【 0 0 5 8 】

上記説明した本実施形態の表面水素量解析装置 1 0 0 には、図 9 に示すように例えば、CPU (Central Processing Unit、プロセッサ) 9 0 1 と、メモリ 9 0 2 と、ストレージ 9 0 3 (HDD : HardDisk Drive、SSD : SolidState Drive) と、通信装置 9 0 4 と、入力装置 9 0 5 と、出力装置 9 0 6 とを備える汎用的なコンピュータシステムを用いることができる。メモリ 9 0 2 およびストレージ 9 0 3 は、記憶装置である。このコンピュータシステムにおいて、CPU 9 0 1 がメモリ 9 0 2 上にロードされた所定のプログラムを実行することにより、表面水素量解析装置 1 0 0 の各機能が実現される。

20

【 0 0 5 9 】

なお、表面水素量解析装置 1 0 0 は、1つのコンピュータで実装されてもよく、あるいは複数のコンピュータで実装されても良い。また、表面水素量解析装置 1 0 0 は、コンピュータに実装される仮想マシンであっても良い。

【 0 0 6 0 】

なお、表面水素量解析装置 1 0 0 用のプログラムは、HDD、SSD、USB (Universal Serial Bus) メモリ、CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disc)などのコンピュータ読取り可能な記録媒体に記憶することも、ネットワークを介して配信することもできる。

【 0 0 6 1 】

30

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

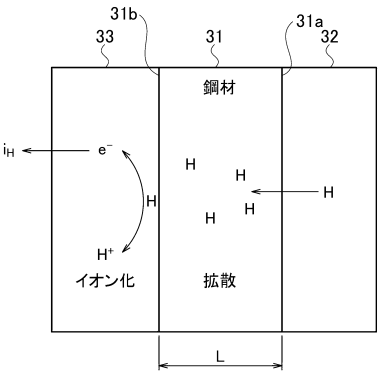
【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

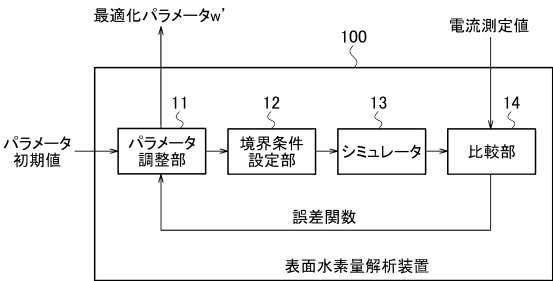
- 1 1 パラメータ調整部
- 1 2 境界条件設定部
- 1 3 シミュレータ
- 1 4 比較部
- 3 1 鋼材
- 3 1 a 水素侵入面
- 3 1 b 水素検出面
- 3 2 腐食環境
- 3 3 水酸化ナトリウム水溶液
- 1 0 0 表面水素量解析装置

40

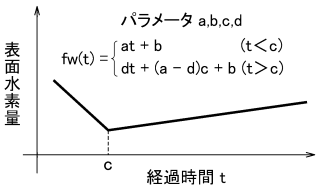
【図面】
【図 1】



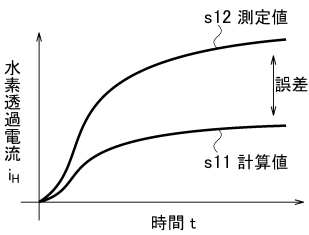
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

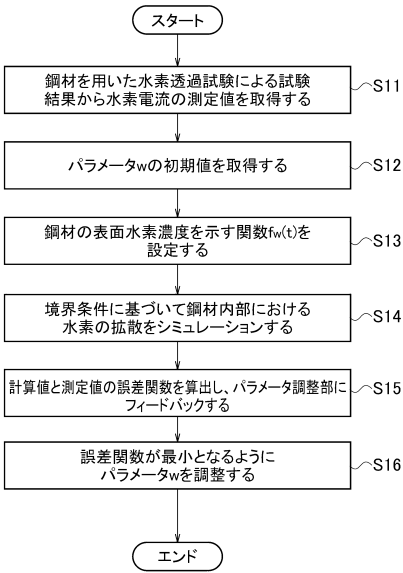
20

30

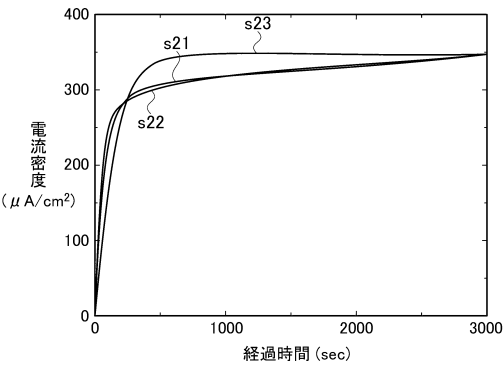
40

50

【 図 5 】



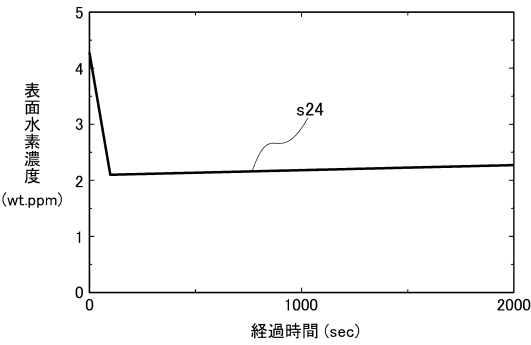
【 図 6 】



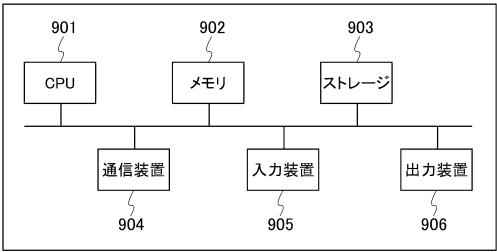
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】



30

40

50

フロントページの続き

日本電信電話株式会社内

審査官 黒田 浩一

- (56)参考文献 特開 2 0 2 1 - 4 3 0 7 6 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 2 0 7 3 0 2 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 1 1 5 9 4 2 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 3 1 5 5 4 (J P , A)
特表 2 0 2 0 - 5 1 7 9 6 3 (J P , A)
澤村充，各種サワー環境における水素侵入量と水素誘起割れ，日本鉄鋼協会講演論文集「材料とプロセス」，Vol.24，社団法人日本鉄鋼協会 小島 彰，pp.671-674
水流徹，電気化学法による鉄鋼への水素侵入・透過の計測，材料と環境，2014年，Vol.63，pp.3-9
多田 英司，大気腐食環境において鋼材中に侵入する水素量の連続モニタリング技術の確立，日本鉄鋼協会講演論文集「材料とプロセス」，Vol.25，社団法人日本鉄鋼協会 小島 彰，2012年，pp.509
- (58)調査した分野 (Int.Cl.，D B 名)
G 0 1 N 2 7 / 2 6 - 2 7 / 4 9
G 0 1 N 1 7 / 0 0 - 1 7 / 0 4
G 0 1 N 3 3 / 2 0
J S T P l u s / J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)