

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-188948
(P2005-188948A)

(43) 公開日 平成17年7月14日(2005.7.14)

(51) Int. Cl.⁷

GO1N 27/80

F I

GO1N 27/80

テーマコード (参考)

2GO53

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-427055 (P2003-427055) (22) 出願日 平成15年12月24日 (2003.12.24)</p>	<p>(71) 出願人 000002118 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 (74) 代理人 100114410 弁理士 大中 実 (72) 発明者 鈴間 俊之 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社 Fターム(参考) 2G053 AA17 AB03 AB07 BA02 BA15 BB12 BC02 BC14 CA03 CA18 CB17 CC01 DA07 DA09 DA10 DB02 DB10</p>
---	--

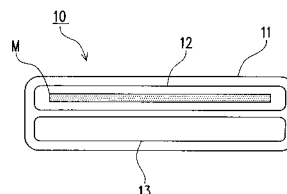
(54) 【発明の名称】 ステンレス鋼材の硬さ測定方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 検出コイル内の空隙磁束の影響を低減し、オーステナイト系ステンレス鋼材全体の硬さを高精度に測定することができる方法及び装置を提供する。

【解決手段】 硬さ測定装置1は、被測定ステンレス鋼材Mを囲繞するように配設された励磁コイル11と、励磁コイル11内において、鋼材Mを囲繞するように配設された第1検出コイル12と、励磁コイル11内において、励磁コイル11と第1検出コイル12との間の空隙を囲繞するように配設された第2検出コイル13とを備えている。演算処理装置30は、第1検出コイル12に誘起された電圧と第2検出コイル13に誘起された電圧との電圧差を算出し、当該算出した電圧差に基づいて鋼材Mの磁気特性値を算出し、当該算出した磁気特性値に基づいて鋼材Mの硬さを推定する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さを測定する方法であって、
被測定ステンレス鋼材を励磁コイル及び検出コイルに挿通するステップと、
前記励磁コイルと前記検出コイルとの間に生じる電磁誘導によって前記検出コイルに誘起された第 1 誘起電圧を検出するステップと、
前記検出コイル内の空隙磁束のみによって誘起された誘起電圧に相当する第 2 誘起電圧を検出するステップと、
前記第 1 誘起電圧と前記第 2 誘起電圧との電圧差を算出するステップと、
前記算出した電圧差に基づいて被測定ステンレス鋼材の磁気特性値を算出するステップと、
前記算出した磁気特性値に基づいて被測定ステンレス鋼材の硬さを推定するステップとを含むことを特徴とするステンレス鋼材の硬さ測定方法。

10

【請求項 2】

オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さを測定する装置であって、
被測定ステンレス鋼材を圍繞するように配設された励磁コイルと、
前記励磁コイル内において、被測定ステンレス鋼材を圍繞するように配設された第 1 検出コイルと、
前記励磁コイル内において、前記励磁コイルと前記第 1 検出コイルとの間の空隙を圍繞するように配設された第 2 検出コイルと、
前記励磁コイルに所定周波数の電圧を印加する発振装置と、
前記励磁コイルと前記第 1 検出コイルとの間に生じる電磁誘導によって前記第 1 検出コイルに誘起された第 1 誘起電圧と、前記励磁コイルと前記第 2 検出コイルとの間に生じる電磁誘導によって前記第 2 検出コイルに誘起された第 2 誘起電圧とを検出し、前記第 1 誘起電圧と前記第 2 誘起電圧とに基づいて被測定ステンレス鋼材の硬さを演算する演算処理装置とを備え、
前記第 2 検出コイルは、前記第 1 検出コイルと同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有し、
前記演算処理装置は、前記第 1 誘起電圧と前記第 2 誘起電圧との電圧差を算出し、当該算出した電圧差に基づいて被測定ステンレス鋼材の磁気特性値を算出し、当該算出した磁気特性値に基づいて被測定ステンレス鋼材の硬さを推定することを特徴とするステンレス鋼材の硬さ測定装置。

20

30

【請求項 3】

前記第 1 検出コイルと前記第 2 検出コイルとは、前記励磁コイルの中心軸に対して互いに対称な位置に配設されていることを特徴とする請求項 2 に記載のステンレス鋼材の硬さ測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さ測定方法及び装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

ステンレス鋼材の代表的な硬さ測定方法として、ピッカース硬さ試験が知られている。ピッカース硬さ試験は、ダイヤモンド圧子を一定の試験荷重で試料の試験面に押し込み、これにより生じた永久くぼみの大きさから試料の硬さを測定する試験である。従って、ピッカース硬さ試験を実施するには、ステンレス鋼材の製品の一部分を試料として抜き出す手間が掛かると共に、製品全体の硬さについての品質管理や品質保証ができないという問題があった。

【0003】

上記のような問題を解決するべく、図 9 に示すように、試験材が内部を貫通するように

50

2つのコイルを設置し、その一方のコイル（励磁コイル）に交流電流を通電して当該コイル内部に交流磁界を発生させて試験材を磁化する一方、他方のコイル（検出コイル）に生じる誘導起電力に基づいて試験材の磁気的な特性値を算出し、当該磁気特性値に基づいて試験材の硬さを推定する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さ向上の主要因である加工誘起マルテンサイト（ γ' 相）は強磁性を有するため、オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さ測定方法として上記特許文献1記載の方法を適用することは可能である。

【特許文献1】特表平9-507570号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記 γ' 相は、一般の強磁性体と比べて比透磁率（ μ_r ）が小さいため、検出コイルの出力信号も小さくなる。さらに、ステンレス鋼材のパスライン変動（ステンレス鋼材のバツキ等）を許容するには、充填率の低い検出コイル（すなわち、鋼材の断面積に比べて、囲繞する空間の断面積が大きいコイル）を用いる必要があるため、出力信号に含まれる検出コイル内の空隙磁束の影響が大きくなる結果、高精度に硬さを測定できないという問題がある。

【0006】

図10は、充填率の小さい検出コイルを用いた場合において、比透磁率（ μ_r ）の小さい試験材についての硬さ変化に対する検出コイルの出力信号変化を模式的に示す図である。図10において、（a）部が検出コイル内の空隙磁束に起因した出力信号成分であり、（b）部が試験材の γ' 相に起因した出力信号成分であって、検出コイルの出力信号は両成分が重畳した信号となっている。ここで、励磁コイルの制御系の負荷変動や、発振器出力を増幅し励磁コイルに出力するためのパワーアンプの出力の微小変動によって励磁コイル内に発生する空間磁界が変化した場合や、電磁気的なノイズが検出コイル近傍に発生した場合、検出コイルの出力信号は空隙磁束の変化によって大きく変化するため、 γ' 相に起因した硬さの測定精度が低下する。換言すれば、検出コイルの出力信号変化が、試験材の硬さに起因した出力信号成分（図10の（b）部）の変化に基づくものなのか、或いは、空隙磁束に起因した出力信号成分（図10の（a）部）の変化に基づくものなのかを識別できないため、硬さの測定精度が低下するという問題がある。

20

30

【0007】

本発明は、斯かる従来技術の問題点を解決するべくなされたものであり、検出コイル内の空隙磁束の影響を低減し、オーステナイト系ステンレス鋼材全体の硬さを高精度に測定することができる方法及び装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するべく、本発明は、オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さを測定する方法であって、被測定ステンレス鋼材を励磁コイル及び検出コイルに挿通するステップと、前記励磁コイルと前記検出コイルとの間に生じる電磁誘導によって前記検出コイルに誘起された第1誘起電圧を検出するステップと、前記検出コイル内の空隙磁束のみによって誘起された誘起電圧に相当する第2誘起電圧を検出するステップと、前記第1誘起電圧と前記第2誘起電圧との電圧差を算出するステップと、前記算出した電圧差に基づいて被測定ステンレス鋼材の磁気特性値を算出するステップと、前記算出した磁気特性値に基づいて被測定ステンレス鋼材の硬さを推定するステップとを含むことを特徴とするステンレス鋼材の硬さ測定方法を提供するものである。

40

【0009】

斯かる発明によれば、検出コイルに誘起された第1誘起電圧と、前記検出コイル内の空隙磁束のみによって誘起された誘起電圧に相当する第2誘起電圧とを検出し、両者の電圧差を算出して、当該電圧差に基づき被測定ステンレス鋼材の磁気特性値ひいては硬さを測

50

定する構成であるため、検出コイル内の空隙磁束の影響を低減することが可能である。換言すれば、第1誘起電圧に含まれる空隙磁束に起因した成分と、第2誘起電圧とは同等であるため、両者の電圧差を算出することにより、空隙磁束に変化が生じてもその影響を低減することが可能である。従って、オーステナイト系ステンレス鋼材全体の硬さを高精度に測定することが可能である。

【0010】

また、前記課題を解決するべく、本発明は、オーステナイト系ステンレス鋼材の硬さを測定する装置であって、被測定ステンレス鋼材を囲繞するように配設された励磁コイルと、前記励磁コイル内において、被測定ステンレス鋼材を囲繞するように配設された第1検出コイルと、前記励磁コイル内において、前記励磁コイルと前記第1検出コイルとの間の空隙を囲繞するように配設された第2検出コイルと、前記励磁コイルに所定周波数の電圧を印加する発振装置と、前記励磁コイルと前記第1検出コイルとの間に生じる電磁誘導によって前記第1検出コイルに誘起された第1誘起電圧と、前記励磁コイルと前記第2検出コイルとの間に生じる電磁誘導によって前記第2検出コイルに誘起された第2誘起電圧とを検出し、前記第1誘起電圧と前記第2誘起電圧とに基づいて被測定ステンレス鋼材の硬さを演算する演算処理装置とを備え、前記第2検出コイルは、前記第1検出コイルと同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有し、前記演算処理装置は、前記第1誘起電圧と前記第2誘起電圧との電圧差を算出し、当該算出した電圧差に基づいて被測定ステンレス鋼材の磁気特性値を算出し、当該算出した磁気特性値に基づいて被測定ステンレス鋼材の硬さを推定することを特徴とするステンレス鋼材の硬さ測定装置を提供するものである。

10

20

【0011】

斯かる発明によれば、第1検出コイルが、励磁コイル内において、被測定ステンレス鋼材を囲繞するように配設される一方、第2検出コイルが、励磁コイル内において、励磁コイルと第1検出コイルとの間の空隙を囲繞するように配設され、且つ、第1検出コイルと同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有するため、第2検出コイルに誘起された第2誘起電圧は、第1検出コイル内の空隙磁束のみによって誘起される誘起電圧に略等しいものとなる。本発明は、演算処理装置により、第1誘起電圧と第2誘起電圧との電圧差を算出し、当該算出した電圧差に基づいて被測定ステンレス鋼材の磁気特性値ひいては硬さを測定する構成であるため、被測定ステンレス鋼材が挿通する第1検出コイル内の空隙磁束の影響を低減することが可能である。換言すれば、第1誘起電圧に含まれる空隙磁束に起因した成分と、第2誘起電圧とは同等であるため、両者の電圧差を算出することにより、空隙磁束に変化が生じてもその影響を低減することが可能である。従って、オーステナイト系ステンレス鋼材全体の硬さを高精度に測定することが可能である。

30

【0012】

好ましくは、前記第1検出コイルと前記第2検出コイルとは、前記励磁コイルの中心軸に対して互いに対称な位置に配設される。

【0013】

斯かる構成によれば、第1検出コイルと第2検出コイルとが、励磁コイルの中心軸に対して互いに対称な位置に配設されるため、両検出コイル内に生じる空隙磁束がより一層同等になる。従って、オーステナイト系ステンレス鋼材全体の硬さをより一層高精度に測定することが可能である。

40

【発明の効果】**【0014】**

以上に説明したように、本発明に係るステンレス鋼材の硬さ測定方法及び装置によれば、検出コイルに誘起された第1誘起電圧と、前記検出コイル内の空隙磁束のみによって誘起された誘起電圧に相当する第2誘起電圧とを検出し、両者の電圧差を算出して、当該電圧差に基づき被測定ステンレス鋼材の磁気特性値ひいては硬さを測定する構成であるため、検出コイル内の空隙磁束の影響を低減することが可能である。換言すれば、第1誘起電圧に含まれる空隙磁束に起因した成分と、第2誘起電圧とは同等であるため、両者の電圧差を算出することにより、空隙磁束に変化が生じてもその影響を低減することが可能であ

50

る。従って、オーステナイト系ステンレス鋼材全体の硬さを高精度に測定することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付図面を参照しつつ、本発明の一実施形態について説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係るステンレス鋼材(SUS301、SUS304等)の硬さ測定装置を示す概略構成図であり、図2は、図1に示すセンサコイルの縦断面図である。図1に示すように、本実施形態に係るステンレス鋼材の硬さ測定装置(以下、硬さ測定装置という)1は、被測定ステンレス鋼材M(本実施形態ではステンレス鋼板であり、以下、鋼板Mという)を囲繞するように配設されたセンサコイル10と、センサコイル10に所定周波数の電圧を印加する発振装置20と、センサコイル10の出力信号に基づき鋼板Mの硬さを演算する演算処理装置30とを備えている。

10

【0016】

図2に示すように、センサコイル10は、鋼板Mを囲繞するように配設された励磁コイル11と、励磁コイル11内において、鋼板Mを囲繞するように配設された第1検出コイル12と、励磁コイル11内において、励磁コイル11と第1検出コイル12との間の空隙を囲繞するように配設された第2検出コイル13とを備えている。

【0017】

第2検出コイル13は、第1検出コイル12と同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有している。さらに、本実施形態では、第1検出コイル12と第2検出コイル13とが、励磁コイル11の中心軸に対して互いに対称な位置に配設されている。

20

【0018】

発振装置20は、発振器21と、発振器21の出力信号を増幅するパワーアンプ22とを備え、センサコイル10を構成する励磁コイル11に所定周波数の電圧を印加するように構成されている。励磁コイル11に所定周波数の電圧を印加することにより、励磁コイル11内、第1検出コイル12内及び第2検出コイル13内には、各コイルの軸方向(鋼板Mの長手方向)に沿った磁界が形成される。

【0019】

演算処理装置30は、差動アンプ、A/D変換器、汎用のパーソナルコンピュータ或いはワークステーション等から構成されており、前記差動アンプにはセンサコイル10を構成する第1検出コイル12及び第2検出コイル13がそれぞれ結線されている。励磁コイル11と第1検出コイル12との間に生じる電磁誘導によって第1検出コイル12に誘起された第1誘起電圧信号と、励磁コイル11と第2検出コイル13との間に生じる電磁誘導によって第2検出コイル13に誘起された第2誘起電圧信号とは、前記差動アンプに入力される。前記差動アンプの出力信号は、前記A/D変換器によってデジタル信号に変換された後、前記パーソナルコンピュータ等に入力される。前記パーソナルコンピュータ等には、予め後述する処理を実行するためのプログラムが記憶されており、前記入力されたデジタル信号に対して後述する処理を実行する。また、演算処理装置30には、後述するように磁界強度Hを算出するべく、A/D変換器を介して、パワーアンプ22の出力信号が入力される。なお、本実施形態では、差動アンプの出力信号をA/D変換器によってデジタル信号に変換した後、デジタル処理する構成を採用しているが、本発明はこれに限るものではなく、同等の処理を実行するアナログ回路を採用することも可能である。

30

40

【0020】

以下、演算処理装置30において実行される処理について説明する。前述のように、演算処理装置30を構成するパーソナルコンピュータ等には、差動アンプの出力信号、すなわち第1誘起電圧 V_1 と第2誘起電圧 V_2 との電圧差 V_{diff} に相当するデジタル信号が入力される。図3は、鋼板Sの硬さ変化に対する第1誘起電圧 V_1 と第2誘起電圧 V_2 との電圧差 V_{diff} の変化を模式的に示す図である。前述のように、第2検出コイル13は、第1検出コイル12と同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有するため、図3に示すように、鋼板Sをセンサコイル10に挿通していない状態(図3において硬さ0の場合

50

合に相当する)においては、第1検出コイル12内における磁束と第2検出コイル13内における磁束とが略等しくなる結果、電圧差 V_{diff} は略0となる。一方、鋼板Mをセンサコイル10に挿通した状態においては、第2誘起電圧 V_2 が、第1検出コイル12内の空隙磁束のみによって誘起される誘起電圧に略等しいものとなるため、第1誘起電圧 V_1 と第2誘起電圧 V_2 との電圧差 V_{diff} は、鋼板M内に生じている'相に起因する誘起電圧に相当することになる。従って、第1検出コイル12内の空隙磁束が変化することによって生じる第1誘起電圧 V_1 の変動(ノイズ源)の影響を低減し、安定して高精度に'相生成量(硬さ)を推定することが可能である。

【0021】

次に、演算処理装置30は、前記電圧差 V_{diff} を下記の式(1)のように逐次時間積分する(内蔵クロックの所定クロック数毎に累積加算する)。

$$\begin{aligned} V_{diff} \, dt &= (V_1 - V_2) \, dt \\ &= V_1 \, dt - V_2 \, dt \\ &= (m_{at} + a_{ir}) - a_{ir}' \, \dots (1) \end{aligned}$$

なお、 m_{at} は第1検出コイル12内における鋼板M内の磁束を、 a_{ir} は第1検出コイル12内の空隙磁束を、 a_{ir}' は第2検出コイル13内の空隙磁束をそれぞれ意味する。

【0022】

ここで、前述のように、第2検出コイル13は、励磁コイル11内において、励磁コイル11と第1検出コイル12との間の空隙を圍繞するように配設され、且つ、第1検出コイル12と同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有するため、第2検出コイル13に誘起された第2誘起電圧 V_2 は、第1検出コイル12内の空隙磁束のみによって誘起される誘起電圧に略等しいものとなる。換言すれば、第1検出コイル12内の空隙磁束 a_{ir} は、第2検出コイル13内の空隙磁束 a_{ir}' に略等しいものとなる。従って、前記(1)式は、下記(2)式に置き換えることができる。

$$V_{diff} \, dt \, m_{at} \, \dots (2)$$

つまり、演算処理装置30は、電圧差 V_{diff} を所定時間積分することにより、第1検出コイル12内における鋼板M内の磁束 m_{at} を算出する構成であるため、第1検出コイル12内の空隙磁束 a_{ir} の影響を低減することが可能である。

【0023】

次に、演算処理装置30は、前記算出した鋼板M内の磁束 m_{at} に基づいて鋼板Mの磁気特性値を算出する。具体的には、まず、下記の(3)式に従い、プロセスコンピュータ(図示せず)等から入力された鋼板Mの断面積 S を用いて、鋼板M内の磁束密度 B を算出する。

$$B = m_{at} / S \, \dots (3)$$

【0024】

次に、演算処理装置30は、パワーアンプ22の出力信号(励磁コイル11に印加する電圧)や予め記憶した励磁コイル11の巻き数等に基づいて算出される磁界強度 H を横軸に、前記磁束密度 B を縦軸にそれぞれプロットした磁化曲線を作成する。演算処理装置30は、作成した磁化曲線に基づき、下記の磁気特性値を算出する。

$$\text{平均透磁率 } \mu (= B / H)$$

ここで、 H は飽和磁束密度 B_s が得られる程度の所定の磁界強度を、 B は当該所定の磁界強度 H に対応する磁束密度 B を意味する。

【0025】

ここで、演算処理装置30には、予め試料を用いて取得した磁気特性値としての平均透磁率 μ と、ピッカース硬度との相関関係を示す検量線が記憶されている。より具体的には、各種板厚・板幅毎に取得した試料の平均透磁率 μ とピッカース硬度との相関関係を示す検量線(一次回帰直線等)が、当該各種板厚・板幅毎に記憶されている。演算処理装置30は、鋼板 S について取得した磁気特性値としての平均透磁率 μ と、予め記憶した前記検量線とに基づき、鋼板 S の硬さを推定する。より具体的には、鋼板 S の板厚・板幅に基づ

10

20

30

40

50

いて、対応する検量線を抽出し、平均透磁率 μ と前記抽出した検量線とにより鋼板Sのビッカース硬度を算出する。このようにして推定された鋼板Sの硬さは、測定結果として演算処理装置30から出力される。

【0026】

なお、本発明において算出する磁気特性値としては、前記平均透磁率 μ に限るものではなく、例えば、下記(a)~(d)のような磁気特性値を算出し、予め試料を用いて取得した(a)~(d)の各磁気特性値とビッカース硬度との相関関係を示す検量線を用いて鋼板Sの硬さを推定することも可能である。

(a) 飽和磁束密度 B_s

(b) 透磁率 $\mu (= B_s / H_{max})$ ここで、 H_{max} は飽和磁束密度 B_s に到達する磁界強度を意味する。

(c) 保磁力 H_c

(d) 鉄損 $W (= B dH)$

【0027】

以上に説明したように、本実施形態に係る硬さ測定装置1によれば、励磁コイル11内において、鋼板Sを囲繞するように配設される一方、第2検出コイル13が、励磁コイル11内において、励磁コイル11と第1検出コイル12との間の空隙を囲繞するように配設され、且つ、第1検出コイル12と同一の巻き数並びに略同等の形状及び寸法を有するため、第2検出コイル13に誘起された第2誘起電圧 V_2 は、第1検出コイル12内の空隙磁束のみによって誘起される誘起電圧に略等しいものとなる。演算処理装置30は、第1誘起電圧 V_1 と第2誘起電圧 V_2 との電圧差 V_{diff} を算出し、当該算出した電圧差 V_{diff} に基づいて鋼板Sの磁気特性値ひいては硬さを測定する構成であるため、鋼板Sが挿通する第1検出コイル12内の空隙磁束の影響を低減することが可能である。換言すれば、第1誘起電圧 V_1 に含まれる空隙磁束に起因した成分と、第2誘起電圧 V_2 とは同等であるため、両者の電圧差 V_{diff} を算出することにより、空隙磁束に変化が生じてもその影響を低減することが可能である。従って、鋼板S全体の硬さを高精度に測定することが可能である。

【0028】

なお、本実施形態では、オーステナイト系ステンレス鋼材として鋼板を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限るものではなく、鋼管や棒鋼等にも適用可能である。この場合の硬さ測定装置を構成する各コイルの形状は、例えば図4に示すように、それぞれ断面円形の励磁コイル11a、第1検出コイル12a及び第2検出コイル13aを適用することが可能である他、被測定ステンレス鋼材の形状に応じて適宜変更すればよい。

【0029】

また、本実施形態では、第1検出コイル12に誘起された第1誘起電圧と、第2検出コイル13に誘起された第2誘起電圧との電圧差を算出する手段として、差動アンプを例に挙げて説明したが、本発明はこれに限るものではなく、通常の差動結線を用いることができる他、図5に示すように、第1検出コイル12と第2検出コイル13とでブリッジ回路を形成し、被測定ステンレス鋼材の磁気特性変化によって生ずる不平衡電圧を第1誘起電圧と第2誘起電圧との電圧差として算出する構成を採用することも可能である。

【0030】

さらに、図6に示すように、温度変化による出力変動を抑制するべく、第1検出コイル12、第2検出コイル13、演算処理装置30の差動アンプ31、及び、各検出コイル12、13と差動アンプ31とを結線する信号線121、131を冷却する(一定温度に保つ)のが好ましい。より具体的には、図6に示すように、例えば、恒温槽41と、恒温槽41内の水を循環させるための配管42と、配管42から導入された水を内部に流通させるための筐体43とを具備する冷却装置40によって、恒温槽41内の水中に差動アンプ31を浸漬し、配管42内に信号線121、131を挿通し、筐体43内に第1検出コイル12及び第2検出コイルを収納して、流通する水でそれぞれを冷却する(一定温度に保つ)ことが好ましい。これにより、長期的には気温の変化や短期的には鋼板Sの温度変化

10

20

30

40

50

などに起因して、検出コイル 1 2、1 3 の温度が変化しそのインピーダンスが変化することに伴う出力変動や、熱膨張によってコイル線の径が変化することに伴う出力変動を抑制することが可能である。なお、図 6 に示す冷却装置 4 0 を適用した場合、励磁コイル 1 1 (図 6 には図示せず) は、筐体 4 3 の外方に巻回する構成を採用することができる他、筐体 4 3 内に配置することにより第 1 検出コイル 1 2 等と同様に冷却する構成を採用することも可能である。


【実施例】

【0031】

以下、実施例及び比較例を示すことにより、本発明の特徴をより一層明らかにする。


【0032】

<実施例>

オーステナイト系ステンレス鋼板 (SUS301、板厚 0.2 mm、板幅 640 mm) の圧延条件を変更することにより、鋼板の長手方向に硬さ (ビッカース硬度 Hv) を変化させた試験材について、図 1 及び図 2 を参照して説明した硬さ測定装置と同様の装置構成を用いて硬さを測定すると共に、測定後の鋼板から試料を抜き出してビッカース硬さ試験を実施し、両測定値を比較した。図 7 は、測定値を比較した結果を示す。図 7 において、横軸は圧延条件変更位置を基準とした鋼板の長手方向位置を、縦軸はビッカース硬度 Hv 及び硬さ測定装置の出力値をそれぞれ示す。また、図 7 に示す「H材」とは Hv = 400 ~ 440 程度の材料を、「3/4 H材」とは Hv = 360 ~ 400 程度の材料を意味する。図 7 に示すように、本実施例に係る硬さ測定装置の出力値 (図中、実線でプロット) は、ビッカース硬度 (図中、 でプロット) と良好な対応関係を示すことが分かった。図 8 は、図 7 に示す測定結果について、両測定値の相関を定量評価した結果を示す。図 8 に示すように、本実施例に係る硬さ測定装置によれば、ビッカース硬度に対し ±5% の精度で硬さを測定できることが分かった。

【0033】

<比較例>

実施例と同様の試験材 (但し、本比較例では SUS304 を使用) について、図 9 を参照して説明した従来の硬さ測定装置と同様の装置構成を用いて硬さを測定すると共に、測定後の鋼板から試料を抜き出してビッカース硬さ試験を実施し、両測定値を比較した。図 11 は、測定値を比較した結果を示す。図 11 において、横軸は圧延条件変更位置を基準とした鋼板の長手方向位置を、縦軸はビッカース硬度及び硬さ測定装置の出力値をそれぞれ示す。図 11 に示すように、本比較例に係る硬さ測定装置の出力値 (図中、実線でプロット) は、図 7 の場合に比べて、ビッカース硬度 (図中、 でプロット) との対応関係が悪いことが分かった。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図 1】図 1 は、本発明の一実施形態に係るステンレス鋼材の硬さ測定装置を示す概略構成図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示すセンサコイルの縦断面図である。

【図 3】図 3 は、図 2 に示す硬さ測定装置において、硬さ変化に対する第 1 誘起電圧と第 2 誘起電圧との電圧差の変化を模式的に示す図である。

【図 4】図 4 は、本発明に係るステンレス鋼材の硬さ測定装置について、センサコイルの他の実施形態を示す縦断面図である。

【図 5】図 5 は、本発明に係るステンレス鋼材の硬さ測定装置について、第 1 誘起電圧と第 2 誘起電圧との電圧差を算出する手段の他の実施形態を示す図である。

【図 6】図 6 は、本発明に係るステンレス鋼材の硬さ測定装置について、センサコイル等に冷却装置を適用した実施形態を模式的に示す縦断面図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施例に係る硬さ測定装置の出力値とビッカース硬度とを比較した結果を示す。

【図 8】図 8 は、図 7 に示す測定結果について、硬さ測定装置の出力値とビッカース硬度

10

20

30

40

50

との相関を定量評価した結果を示す。

【図9】図9は、従来の硬さ測定装置を示す概略構成図である。

【図10】図10は、従来の硬さ測定装置において、硬さ変化に対する検出コイルの出力信号変化を模式的に示す図である。

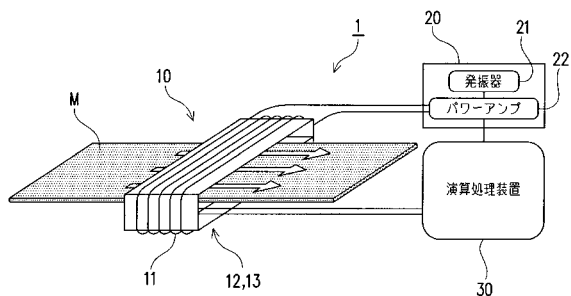
【図11】図11は、本発明の比較例に係る硬さ測定装置の出力値とビッカース硬度とを比較した結果を示す。

【符号の説明】

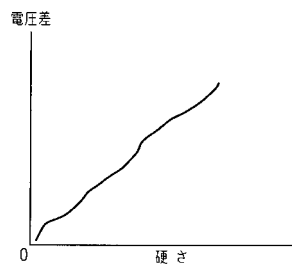
【0035】

- 1・・・硬さ測定装置
- 10・・・センサコイル
- 11・・・励磁コイル
- 12・・・第1検出コイル
- 13・・・第2検出コイル
- 20・・・発振器
- 21・・・パリアンプ
- 22・・・演算処理装置
- 30・・・演算処理装置

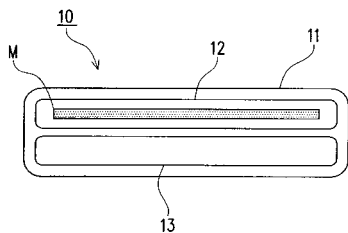
【図1】



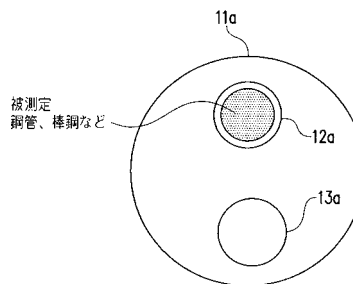
【図3】



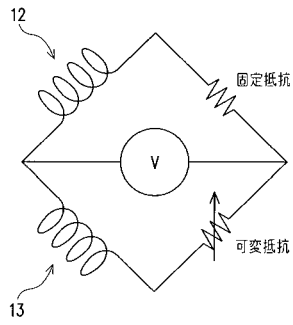
【図2】



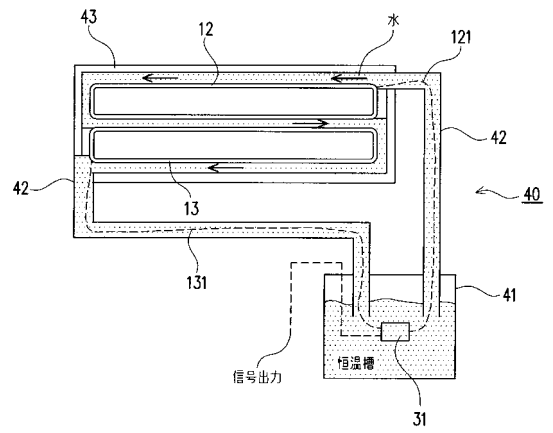
【図4】



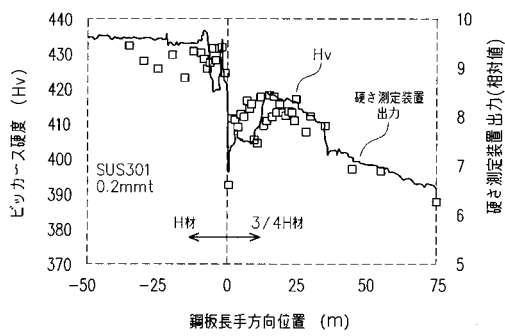
【 図 5 】



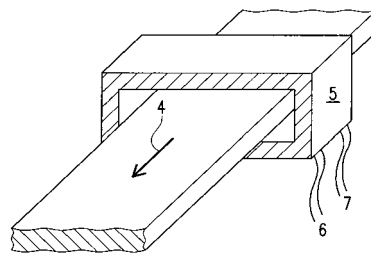
【 図 6 】



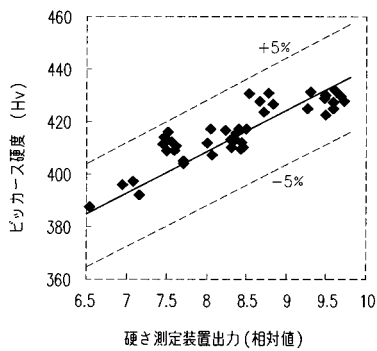
【 図 7 】



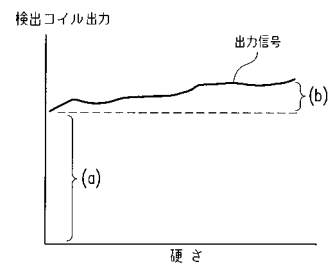
【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】

