

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7378649号
(P7378649)

(45)発行日 令和5年11月13日(2023.11.13)

(24)登録日 令和5年11月2日(2023.11.2)

(51)国際特許分類

F I

G O 1 N 27/92 (2006.01)

G O 1 N 27/92 B

G O 1 R 31/12 (2020.01)

G O 1 R 31/12 A

請求項の数 15 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-575499(P2022-575499)	(73)特許権者	000006013
(86)(22)出願日	令和3年12月23日(2021.12.23)		三菱電機株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/047803		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87)国際公開番号	WO2022/153821	(74)代理人	110002941
(87)国際公開日	令和4年7月21日(2022.7.21)		弁理士法人ばるも特許事務所
審査請求日	令和4年12月14日(2022.12.14)	(72)発明者	三澤 貴浩
(31)優先権主張番号	特願2021-3909(P2021-3909)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(32)優先日	令和3年1月14日(2021.1.14)		三菱電機株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	猿渡 秀憲
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
			三菱電機株式会社内
		(72)発明者	高橋 貞治
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
			三菱電機株式会社内
		審査官	小澤 瞬

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 欠陥検出装置、欠陥検出方法、欠陥検出システムおよび回転電機の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

導電性液体を含浸させ、マグネットワイヤーの絶縁体層の周囲を前記導電性液体が接触するように形成された電極と、前記電極に並列に接続された部分放電検出装置とを備え、前記電極は、交流電圧を前記マグネットワイヤーと前記導電性液体との間に印加し、前記部分放電検出装置を用いて前記マグネットワイヤーと前記導電性液体との間に発生する部分放電の放電電荷量を計測することにより前記マグネットワイヤーの絶縁被膜の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検出装置。

【請求項2】

導電性液体を含浸させ、マグネットワイヤーの絶縁体層の周囲を前記導電性液体が接触するように形成された電極と、前記電極に並列に接続された部分放電検出装置とを備え、交流電圧を前記マグネットワイヤーと前記電極との間に印加し、前記部分放電検出装置を用いて前記マグネットワイヤーと前記導電性液体との間に発生する部分放電の放電電荷量を計測することにより前記マグネットワイヤーの絶縁被膜の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検出装置。

【請求項3】

前記電極は、走行する前記マグネットワイヤーの絶縁体層の全周を前記導電性液体が接触するように形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の欠陥検出装置。

【請求項4】

前記電極は、軟質かつ吸湿性の素材で構成される湿式電極であることを特徴とする請求

項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の欠陥検出装置。

【請求項 5】

前記電極は、導電性液体槽内の前記導電性液体の液面に接触することを特徴とする請求項 4 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 6】

前記導電性液体槽に、液面レベルスイッチと前記導電性液体の給液タンクとバルブからなる給液機構を備えることを特徴とする請求項 5 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 7】

前記電極は、2 つの直方体形状の湿式電極が、前記マグネットワイヤーを挟み込むように配置されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項 8】

前記電極は、U 字形状で、U 字を形成するための折り曲げ部が前記マグネットワイヤーの周囲と接触するように形成されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項 9】

前記電極は、前記マグネットワイヤーにらせん状に巻きつくように形成されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項 10】

外面から前記電極を挟み込むクランプを備えたことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項 11】

マグネットワイヤーをモーターコイルとして巻き取るコイル巻線装置と、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置とを備え、前記欠陥検出装置は、コイル巻線装置においてモーターコイルとして前記マグネットワイヤーが巻き取られる前に前記マグネットワイヤーの欠陥を検出する欠陥検出システム。

【請求項 12】

マグネットワイヤーをモーターコイルに巻き取るコイル巻線装置、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置を備え、前記欠陥検出装置内の電極の後方に回転動力に接続された巻取ボスを備える欠陥検出システム。

【請求項 13】

マグネットワイヤーをモーターコイルに巻き取るコイル巻線装置、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置を備え、前記欠陥検出装置内の電極と前記モーターコイルとの間に、前記マグネットワイヤーの速度を検出するエンコーダを配置し、前記エンコーダの出力と前記欠陥検出装置が出力した欠陥検出信号に基づいて、前記モーターコイルに巻回された前記マグネットワイヤーの欠陥の位置を算出することを特徴とする欠陥検出システム。

【請求項 14】

マグネットワイヤーをモーターコイルに巻き取るコイル巻線装置と、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置と、前記欠陥検出装置内の電極と前記モーターコイルとの間に、前記マグネットワイヤーの速度を検出するエンコーダとを用いて、前記モーターコイルの巻き始めの距離をゼロ点とし、欠陥検出までの巻き取り距離と、欠陥検出後の巻き取り距離に基づいて、前記モーターコイルの欠陥の位置を算出することを特徴とする欠陥検出方法。

【請求項 15】

マグネットワイヤーをモーターコイルに巻き取るコイル巻線装置と、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置とを用いて欠陥検出を行った前記モーターコイルを用いて、回転電機を製造する回転電機の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、欠陥検出装置、欠陥検出方法、欠陥検出システムおよび回転電機の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

回転電機、あるいはトランスのコイルに巻線されるマグネットワイヤーは、一般的に表面をワニスでコーティングすることにより電気絶縁処理がなされている。ワニス層にキズ、気泡、またはピンホール等の欠陥が存在すると、そこが電氣的に脆弱な箇所となり電圧を印加した際の破壊の起点となり得る。

【0003】

絶縁被膜における欠陥の検出手法として、従来技術には導電性液体を含浸させた軟質パッドを絶縁皮膜に当て、ピンホールによる導通の抵抗変化から欠陥位置を特定する手法がある。（例えば、特許文献1参照）

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開平5-332981号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このようなピンホール検査法及び検査装置にあっては、ピンホールのような完全に貫通した欠陥の存在を知ることが可能であるが、マグネットワイヤーの金属線が露出しない程度のキズまたは気泡による非貫通の欠陥がワニス層に存在する場合、導通の抵抗変化からそれを検出することは難しい問題がある。

20

【0006】

本願は上記のような問題を解決するためになされたものであり、非貫通の絶縁被膜の欠陥であっても非破壊で検出する欠陥検出装置、欠陥検出方法、欠陥検出システムおよび回転電機の製造方法を得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願に開示される欠陥検出装置は、

30

導電性液体を含浸させ、マグネットワイヤーの絶縁体層の周囲を導電性液体が接触するように形成された電極と、電極に並列に接続された部分放電検出装置とを備え、電極は、交流電圧をマグネットワイヤーと導電性液体との間に印加し、部分放電検出装置を用いてマグネットワイヤーと導電性液体との間に発生する部分放電の放電電荷量を計測することによりマグネットワイヤーの絶縁被膜の欠陥を検出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本願に開示される欠陥検出装置によれば、マグネットワイヤーの絶縁被膜の欠陥を、非破壊で検出することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0009】

【図1】実施の形態1に係る欠陥検出装置を配置したコイル巻線装置の構成概念図である。

【図2】実施の形態1に係る欠陥検出装置の構成を示した図である。

【図3】実施の形態1に係る欠陥検出装置で検査される丸線タイプのマグネットワイヤーの構造概念図である。

【図4】実施の形態1に係る欠陥検出装置で検査される平角線タイプのマグネットワイヤーの構造概念図である。

【図5】実施の形態1に係る欠陥検出の際の、コアに巻き取られるモーターコイル、湿式電極およびエンコーダの関係を示す図である。

【図6】実施の形態1に係る欠陥検出の欠陥位置を計算するための距離の関係を説明する

50

図である。

【図 7】実施の形態 1 に係る欠陥検出装置の測定手順を説明するフロー図である。

【図 8】モーターコイルのティースを一円に配置して構成されたステーターを、軸方向から見た様子を表した図である。

【図 9】実施の形態 1 に係る別の欠陥検出装置の構成を示した図である。

【図 10】実施の形態 1 に係る導電液体槽の給液機構の構成概念図である。

【図 11】実施の形態 2 に係る欠陥検出装置の湿式電極の構造図である。

【図 12】実施の形態 3 に係る欠陥検出装置の湿式電極の構造図である。

【図 13】実施の形態 4 に係るマグネットワイヤーの巻取方式の構成概念図である。

【図 14】実施の形態 1 に係る欠陥検出装置の制御装置のハードウェア構成図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本願に係る欠陥検出装置の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、同一内容および相当部については同一符号を配し、その詳しい説明は省略する。以降の実施形態も同様に、同一符号を付した構成について重複した説明は省略する。

【0011】

実施の形態 1.

以下、実施の形態 1 について図に基づいて説明する。図 1 はコイル巻線装置 100 を表しており、マグネットワイヤー絶縁被膜欠陥検出装置（以下、欠陥検出装置 200）の配置とその他の装置との位置関係を表している。

20

【0012】

コイル巻線装置 100 は、地面に対して軸方向が垂直になるように置かれたボビン 1 から、材料であるマグネットワイヤー 2 が引き出されている。引き出されたマグネットワイヤー 2 は、テンショナー 3 を通り、ノズル 4 を経て、モーターコイル 5 に巻き取られる。

【0013】

テンショナー 3 からモーターコイル 5 までの区間におけるマグネットワイヤー 2 は、テンショナー 3 により所定の張力に保たれている。また、マグネットワイヤー 2 はボビン 1 における巻始め側の端部を通じて電氣的に繋がるように設置されている。

【0014】

本実施の形態の欠陥検出装置 200 は、テンショナー 3 とノズル 4 との間の領域に配置され、マグネットワイヤー 2 の動線が横切る場所に設置される。コイル巻線装置 100 は、巻線方式の分類で主にスピンドル巻線方式、フライヤー巻線方式そしてノズル巻線方式等に分けられるが、本実施の形態の欠陥検出装置 200 ではいずれの巻線方式にも適用可能である。

30

【0015】

図 2 に実施の形態 1 による欠陥検出装置 200 の構成を示す。導電性液体槽 6 が設けられ、内部に導電性液体 7 が満たされている。導電性液体槽 6 の上部に軟質かつ吸湿性を持つフェルト素材による直方体形状の湿式電極 8 A と 8 B が設けられ、湿式電極 8 A、8 B 間にマグネットワイヤー 2 が配置される。湿式電極 8 A、8 B は、コイル巻線装置 100 または導電性液体槽 6 に固定されたクランプ 9 によって、マグネットワイヤー 2 に押し付けられ、保持される。すなわち、直方体形状の湿式電極 8 A、8 B がマグネットワイヤー 2 を挟み込むように接触している。

40

【0016】

湿式電極 8 の下側部分は導電性液体 7 に浸漬されている。湿式電極 8 は、吸湿性であるため、導電性液体 7 で湿潤している。さらに、湿式電極 8 は軟質であるため、クランプ 9 によってマグネットワイヤー 2 に押し付けられることで、電極幅 D1 の領域においてマグネットワイヤー 2 の全周と接触している。すなわち電極幅 D1 の領域において導電性液体 7 がマグネットワイヤー 2 の全周で接触していることとなる。この構成によって、導電性液体 7 をマグネットワイヤー 2 の表面に効率的に接触することができる。

【0017】

50

マグネットワイヤー 2 は、コイル巻線装置 100 におけるモーターコイル 5 への巻取動作により、湿式電極 8 と電極幅 D1 の接触領域を保ちながら移動する。

電源 V と部分放電検出装置 P に接続されている金属電極 10 は、下部を導電性液体 7 に浸漬され、導電性液体 7 に測定電圧を印加する。湿式電極 8A と湿式電極 8B は導電性液体 7 で湿潤しているため、電源 V を接続することで、電極幅 D1 の領域においてマグネットワイヤー 2 の全周に電圧が印加される。

【0018】

この電圧印加回路に対して、部分放電検出装置 P は並列に接続される。電極幅 D1 の領域において部分放電が発生する際、放電に起因する回路内の電圧または電流の変化を部分放電検出装置 P が検知する。

【0019】

部分放電発生を検知方法としては他に、電圧印加回路の外にセンサを置き、部分放電に伴う放電光および電磁波を捉える手法等が存在するが、本構成は回路内で直接電気信号を取得する事で、より高感度な放電検出が可能となる。

【0020】

図 3 は丸線タイプのマグネットワイヤー 2 を軸方向に対して垂直に切った際の断面図である。マグネットワイヤー 2 は軸中心部に導体 21 があり、その表面全体を絶縁体層 22 があらかじめ定められた皮膜厚みで覆う形で構成されている。

【0021】

図 4 は平角線タイプのマグネットワイヤー 2 を軸方向に対して垂直に切った際の断面図であるが、導体 21 の断面形状が角型であること以外において、基本的な構成は図 3 の丸線タイプと同様である。

【0022】

このような構成により、以下の測定方法でマグネットワイヤー 2 の絶縁体層 22 における電氣的な欠陥を非破壊でかつ連続的に検出することが可能となる。

【0023】

[測定方法]

測定を行う際、上述した通り、電源 V を接続し電極幅 D1 の領域においてマグネットワイヤー 2 の外周表面に交流電圧を印加する。

もし電極幅 D1 の測定領域に絶縁体層 22 を貫通するピンホール欠陥が存在する場合、導電性液体 7 は絶縁体層 22 の内側の導体 21 と直接接触するため、電圧印加時には電流が検出され、電極幅 D1 領域で絶縁欠陥を検出できる。また絶縁体層 22 を貫通しない程度の電氣的脆弱部分が電極幅 D1 の測定領域を通過する場合でも、前後の部分放電波形の変化から欠陥を検知することが可能である。

【0024】

またコイル巻線装置 100 において巻線動作が行われる際、マグネットワイヤー 2 は必ず欠陥検出装置 200 の電極幅 D1 領域を通過するので、マグネットワイヤー 2 が製品としてモーターコイル 5 に巻き取られる前に、その全領域の欠陥を検査できる。これにより、後述する欠陥位置特定方法を適用することで、巻き取られた後のモーターコイルにおける欠陥位置の把握が可能になる。また検出される放電信号により欠陥の大きさも検出できるため、予め放電信号の閾値を定めておくことで、大きな欠陥部分についてはモーターコイルに巻き取られる前に除去することもできる。

【0025】

次にモーターコイル 5 に巻き取られた後に、欠陥位置を特定する方法について、図 5 を用いて説明する。図 5 は、欠陥検出の際の、コア 11 に巻き取られるモーターコイル 5、湿式電極 8 およびエンコーダ E の関係を示す図である。図 5 (a) は、コア 11 のティースをコアバック部に向かって突出方向に沿って見て、モーターコイル 5 にマグネットワイヤー 2 が巻き取られるまでの構成を示している。コイルの距離 T1 はモーターの周方向に沿った長さであり、コイルの距離 T2 はモーターの軸方向に沿った長さである。

【0026】

10

20

30

40

50

マグネットワイヤー 2 は、モーターコイル 5 として、コア 11 のティース部に巻き取られる。また、分かりやすさの為、コア 11 のインシュレーター 12 に巻き取られるモーターコイル 5 の斜視図を図 5 (b) に示す。図 6 に示すように、湿式電極 8 からノズル 4 の先端までの距離 L_1 、ノズル 4 の先端からモーターコイル 5 までの距離 L_2 、モーターコイル 5 の短手方向の距離 T_1 と長手方向の距離 T_2 、加えて巻線張力下でのマグネットワイヤー 2 の伸び率を予め把握しておく。

【0027】

欠陥検出装置 200 の湿式電極 8 とノズル 4 との間にエンコーダ E を設置し、マグネットワイヤー 2 がエンコーダ E を通る速度から、距離(長さ)を計測する。PC では部分放電検出装置 P からの信号とエンコーダ E の信号を取り込み、モーターコイル 5 の巻き始めの距離をゼロ点として、欠陥検出までの巻き取り距離と、検出後の巻き取り距離を記録する。するとエンコーダ E からの巻き取り距離のデータと、既知の距離 L_1 、 L_2 、 T_1 、 T_2 そして巻線張力に従うマグネットワイヤー 2 の伸び率から、モーターコイル 5 上において何巻目のどの場所に欠陥が位置するかを計算によって正確に求めることができる。

【0028】

測定手順のフローを図 7 に示す。測定フローは、制御装置 PC において実行され、測定フローに従い、制御装置 PC は、湿式電極 8、部分放電検出装置 P、エンコーダ E を制御し、測定を行う。

【0029】

制御装置 PC のハードウェアの一例を図 14 に示す。プロセッサ 1000 と記憶装置 2000 から構成され、図示していないが、記憶装置 2000 はランダムアクセスメモリ等の揮発性記憶装置と、フラッシュメモリ等の不揮発性の補助記憶装置とを具備する。また、フラッシュメモリの代わりにハードディスクの補助記憶装置を具備してもよい。プロセッサ 1000 は、記憶装置 2000 から入力されたプログラムを実行することにより、以下に説明する測定フローを実行する。この場合、補助記憶装置から揮発性記憶装置を介してプロセッサ 1000 にプログラムが入力される。また、プロセッサ 1000 は、演算結果および測定値等のデータを記憶装置 2000 の揮発性記憶装置に出力してもよいし、揮発性記憶装置を介して補助記憶装置にデータを保存してもよい。

【0030】

まず、コイル巻線装置 100 により、巻線を開始すると同時にエンコーダ E の距離のカウントを開始する(ステップ S1)。巻き終わりまで欠陥が検出されなかった場合、次の巻線を開始するためにワークを交換する(ステップ S12)。欠陥が検出された場合(ステップ S2)、検出時のカウントの距離 E_1 を取得し、制御装置 PC に記憶する(ステップ S3)。距離 E_1 取得と同時に、距離 E_2 を取得するための新たなカウントを開始する(ステップ S4)。巻線完了に必要なマグネットワイヤー 2 の全距離 R_{total} と、欠陥が検出された距離 E_1 とを比較する(ステップ S5)。比較する際、距離 E_1 に、巻線開始時の既知の距離 L_1 と距離 L_2 を足しておく(図 6 の各距離関係を参照)。

【0031】

距離 E_1 + 距離 L_1 + 距離 L_2 が全距離 R_{total} よりも小さいとき(ステップ S5)、距離 E_1 + 距離 L_1 + 距離 L_2 に応じたモーターコイル 5 上の欠陥位置を算出して制御装置 PC に記録する(ステップ S9)。欠陥が検出された距離 E_1 に欠陥が検出されてから現在までの距離 E_2 を加えることで、巻き始めから現在までの距離 E_1 とし(ステップ S11)距離 E_1 のカウントを継続する。この際、距離 E_2 をリセットする(ステップ S10)。

【0032】

距離 E_1 + 距離 L_1 + 距離 L_2 が全距離 R_{total} と等しいか、または全距離 R_{total} よりも大きいとき、巻き終わりの地点から、距離 L_1 + 距離 L_2 さかのぼった地点までの範囲のいずれかの位置で欠陥が生じていると推測され、ワーク交換とともに(ステップ S7)、 $L_1 + L_2 - E_2$ に対応したモーターコイル 5 上の欠陥位置を算出し(図 6 の各距離関係を参照)、制御装置 PC 内に記録する(ステップ S8)。記録後、カウントした距離

10

20

30

40

50

E₁、距離E₂をリセットする（ステップS9）。

【0033】

モーターコイル5のワーク交換毎に距離のカウントをリセットするので、エンコーダEの距離読み取り量と、実際のマグネットワイヤー2の送り量とのずれがモーターコイル5の生産が進むにつれて広がる事はない。

【0034】

例としてスピンドル巻線方式で欠陥位置の特定方法を示したが、フライヤー巻線方式、ノズル巻線方式でも欠陥位置の特定は可能である。

【0035】

上述した測定フローにより、巻線されたモーターコイル5上において、欠陥の位置を正確に把握することができる。例えばワントィースコアのモーターだと、予め欠陥のあるティースのみを除外することで、後工程における不良発生率を抑えて全体のコスト低下が期待できる。他にも、欠陥が発生しているモーターコイルであっても、モーターコイルでステーターを組む際に、欠陥を持つモーターコイルの位置が隣り合わないよう配置することで、問題なく使いこなすことも可能となり、歩留まり改善も期待できる。

【0036】

さらに絶縁体層22を非貫通であるが、内部に気泡またはクラックが存在する場合においても、欠陥の検出が可能である。すなわち、あらかじめ定められた大きさの交流電圧を印加する際、湿式電極8を湿潤する導電性液体7とマグネットワイヤー2との間には部分放電が発生しており、部分放電検出装置Pでは電荷が検出される。絶縁体層22に気泡またはクラックの欠陥がある場合に検出される放電電荷量は、欠陥がない場合と比べて大きくなる。このように部分放電を利用することで、絶縁体層22の欠陥が導通するような貫通穴ではなくても検出することが可能である。

【0037】

部分放電が長期間に渡り同じ箇所に発生する場合は、絶縁体層22を劣化させる原因となり得るが、一般的な巻線機の送り速度で電極幅D1を通過する時間であれば、ほぼ劣化の影響は受けない。つまり、マグネットワイヤー2の絶縁体層22における欠陥を、ほぼ非破壊で検出できるということとなる。

【0038】

本実施の形態の欠陥検出装置および検出方法で欠陥位置を特定したコイルを用いれば、モーター製造において品質向上のみならず生産コスト低減も期待できる。

例えばワントィースコアのモーター製造の場合、予め欠陥のあるモーターコイルのみを除外することで、ステーター全体が組まれた後の工程で不良が発覚する場合に比べ、製造全体のロスコストを抑えられる。さらに、コイル内に欠陥が存在していても、検出装置によりその位置が特定されていれば、廃棄せずに使いこなすことも可能となる。

【0039】

図8は、モーターコイルのティースを一円に配置して構成されたステーターを、軸方向から見た様子を表した図である。図8において、ステーターの内径側に空隙を介して対向して配置されステーターに対して回転可能なローターの図は省略している。図8の左側に示す配置では、モーターコイル間の欠陥距離が近いいため通電時に放電による電氣的短絡が生じる可能性がある。これに対し、図8の右側に示す様にティースを入れ替え、欠陥同士的位置が隣り合わないよう配置すれば、ステーターは元よりティースも廃棄せず使いこなすことが可能となり、一層の歩留まり改善が期待できる

【0040】

部分放電は印加する交流電圧1波長につき、最大2回発生するので、欠陥検出装置200の測定電圧の周波数を仮に50Hzとした場合、部分放電の発生頻度は1秒当たり100回である。つまり巻線されるマグネットワイヤー2全領域の欠陥を漏れなく検査するためには、巻線速度である1秒あたりに進む距離を電極幅D1の領域の100倍以下(周波数の2倍以下)に設定しなければならない。仮に電極幅D1が10mmだとすると、巻線速度は1000mm/sec以下で設定する必要がある。電極幅D1の領域を更に大きくする

10

20

30

40

50

場合、欠陥の検出確率は向上するが、同時に欠陥の存在する場所は、電極幅 D 1 と同じ範囲内でのどこかとなるので、モーターコイル 5 における位置特定の精度が低下してしまうことに留意する必要がある。

【 0 0 4 1 】

図 5、図 6 では例として丸線型のマグネットワイヤーを用いて説明を行ったが、湿式電極 8 は軟質であるため、図 4 で示した平角線型マグネットワイヤーでも適用可能である。湿式電極はフェルト素材を上げたが、吸水性があり使用するマグネットワイヤーの曲面に沿って密着できる程度軟質であればどんな素材でも良く、例えばスポンジのような海綿素材を用いても良い。

【 0 0 4 2 】

導電性液体 7 は、メチルアルコール、エチルアルコール等の揮発性のアルコール類が挙げられる。アルコール類以外の液体でも良いが、高い導電性を有するとともに、ピンホール等のマグネットワイヤー 2 の欠陥に浸透するための低い粘性を有しており、更に電極幅 D 1 の測定領域の通過後に速やかに除去される性質を有する必要がある。

【 0 0 4 3 】

クランプ 9 は湿式電極 8 A と湿式電極 8 B とをマグネットワイヤー 2 に押し付けるために用いるが、気中において湿式電極 8 A と湿式電極 8 B の表面から導電性液体 7 が蒸発することを抑制する役割も持つ。またクランプ 9 の素材は樹脂でも金属でも良いが、銅または鉄のような導電性金属素材を用いることで、図 9 に示すように、金属電極 1 0 を排除し、電源 V および部分放電検出装置 P をクランプ 9 に直接接続し、電圧を印加して測定を行っても良い。

【 0 0 4 4 】

導電性液体槽 6 は絶縁性の素材を使用し、導電性液体 7 に溶解されない素材を選択する。本実施の形態では、上面の開いた直方体の箱形状で説明しているが、導電性液体 7 を保持できれば立方体、円柱および円錐形状のいずれでもよい。また、液面からの導電性液体 7 の蒸発を抑制するため、フロートを浮かべても良く、また導電性液体槽 6 の上面に蓋を設けても良い。

【 0 0 4 5 】

湿式電極 8 は、マグネットワイヤー 2 の測定中、常に導電性液体 7 で湿潤している必要がある。金属電極 1 0 を介して湿式電極 8 に電圧を印加する場合には、湿式電極 8 の両端は常に導電性液体 7 の液面化に位置していなければならない。液面高さを維持するには、前述した蒸発を抑制するためのフロートの設置に加え、図 1 0 に示すように導電性液体槽 6 に導電性液体 7 の給液機構 3 0 0 を設置しても良い。

【 0 0 4 6 】

図 1 0 中、導電性液体槽 6 に液面レベルスイッチ 1 3 を設置する。そして、予め定められた下限水位を下回った際に、バルブ 1 4 を開き、給液タンク 1 5 から導電性液体 7 を導電性液体槽 6 内に供給し、上限水位に達した際にバルブ 1 4 を閉めて導電性液体 7 の供給を停止する。電気式の液面レベルスイッチの代わりにフロート式の液面レベルスイッチを用いても良い。

【 0 0 4 7 】

導電性液体槽 6 に供給された導電性液体 7 の液面に湿式電極 8 を接触させて導電性液体 7 または湿式電極 8 に交流電圧を印加することにより、湿式電極 8 に安定して導電性液体 7 を供給し続けることができ、湿式電極 8 を常に湿潤させておくことができる。

【 0 0 4 8 】

実施の形態 2 .

図 2 に示した湿式電極 8 は、湿式電極 8 A と湿式電極 8 B の 2 つに分割され、マグネットワイヤー 2 を挟み込む形態をとっているが、図 1 1 に示す湿式電極 8 C のような形状でもよい。図 1 1 (a) は湿式電極 8 C の正面図を、図 1 1 (b) は斜視図を示すが、分かりやすさのためにクランプおよび導電性液体を除いて表わしている。

【 0 0 4 9 】

10

20

30

40

50

湿式電極 8 C は、例えば、図 2 で示した湿式電極 8 A または湿式電極 8 B の約 2 倍の長さを有する直方体形状の 1 本の長い湿式電極を U 字型に上部で曲げる形で使用する。この折り曲げた部分でマグネットワイヤー 2 を包み込むように形成する。これにより、U 字形状の折り曲げた部分から延びる 2 つの部位は、図 1 1 (a) に示すように接触する。なお、同様な形状に湿式電極 8 C を形成できれば、直方体形状の 1 本の長い形状で電極を形成する必要はない。

【0050】

この湿式電極 8 C の構成によれば、図 2 で示した湿式電極 8 A および湿式電極 8 B の接触面とマグネットワイヤー 2 の上面および下面との間に生じる微小な空隙を排除できるため、効率よく、より確実に導電性液体 7 をマグネットワイヤー 2 の表面に接触させることが可能となる。

10

【0051】

実施の形態 3 .

さらに、図 1 2 に示す湿式電極 8 D の形状でもよい。図 1 2 (a) は湿式電極 8 D の正面図を、図 1 2 (b) は斜視図を示すが、分かりやすさのためにクランプおよび導電性液体を除いて表わしている。湿式電極 8 D は、図 2 で示した湿式電極 8 A または湿式電極 8 B の約 2.5 倍から 3 倍程度の長さを有する 1 本の長い湿式電極をマグネットワイヤー 2 に対してらせん状に巻き付けながら、その両端は導電性液体 7 に浸漬させる。

【0052】

この湿式電極 8 D の構成によれば、図 2 に示した湿式電極 8 A および湿式電極 8 B の接触面とマグネットワイヤー 2 の上面および下面との間に生じる微小な空隙を全周にわたり排除できるため、実施の形態 1 および 2 よりも確実に導電性液体 7 をマグネットワイヤー 2 の表面に接触させることが可能となる。

20

【0053】

また湿式電極 8 D のマグネットワイヤー 2 への巻き付け方について、マグネットワイヤー 2 の全周が湿式電極 8 D と触れていれば、図 1 2 (b) に示すように隣り合う湿式電極には隙間があっても良い。また、巻きつける回数は 2 巻以上でも良い。ただし実施の形態 1 で説明したように、巻き付け回数を増やすと欠陥の検出確率は向上するが、電極幅 D 1 の領域が大きくなるため、モーターコイル 5 における欠陥の存在する位置特定の精度が低下してしまうことに留意する必要がある。

30

【0054】

実施の形態 4 .

本実施の形態におけるマグネットワイヤーの巻取方式は、モーターコイル巻線形態のみならず、図 1 3 に示すようにポビンに巻き取る形態でも利用可能である。

マグネットワイヤー 2 が欠陥検出装置 2 0 0 を通過した後、トラバース機構 1 6 を経て、巻取ポビン 1 7 に巻き取られる。巻取ポビン 1 7 の軸方向はマグネットワイヤー 2 の動線に対して垂直の位置にあり、サーボモーター 1 8 から動力が伝達されることで軸が回転する。図 1 3 ではベルトによる動力伝達が表示されているが、巻取ポビン 1 7 の軸を回転させる機構であれば動力伝達方式にはチェーンまたはギアを採用しても良い。

【0055】

40

本実施の形態により、モーターの生産のみならず材料の受入れ検査として、予めそのマグネットワイヤーの絶縁被膜の欠陥発生頻度およびポビン内の分布がどの程度か把握する用途にも利用できる。

【0056】

本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1 つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも 1 つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも 1 つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要

50

素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

【符号の説明】

【 0 0 5 7 】

1：ボビン、2：マグネットワイヤー、3：テンショナー、4：ノズル、5：モーターコイル、6：導電性液体槽、7：導電性液体、8、8 A、8 B、8 C、8 D：湿式電極、9：クランプ、10：金属電極、11：コア、12：インシュレーター、13：液面レベルスイッチ、14：バルブ、15：給液タンク、16：トラバース機構、17：巻取ボビン、18：サーボモーター、100：コイル巻線装置、200：欠陥検出装置、300：給液機構、1000：プロセッサ、2000：記憶装置。

10

20

30

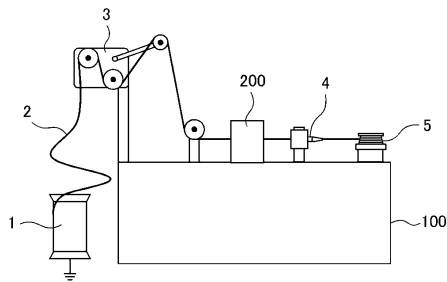
40

50

【凶面】

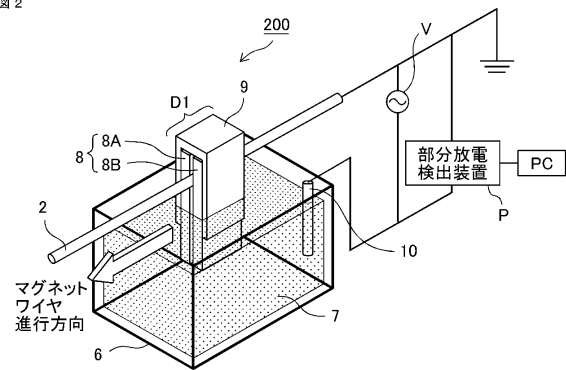
【図 1】

图 1



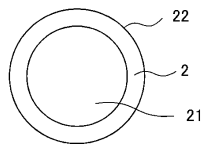
【図 2】

图 2



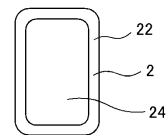
【図 3】

图 3



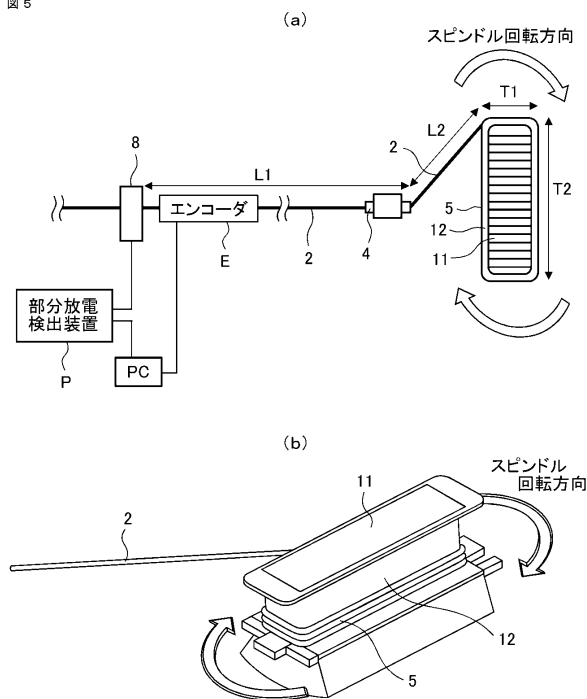
【圖 4】

图 4



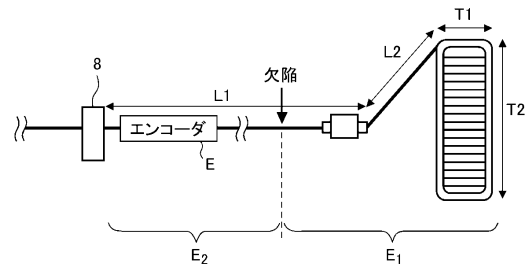
【図 5】

图 5



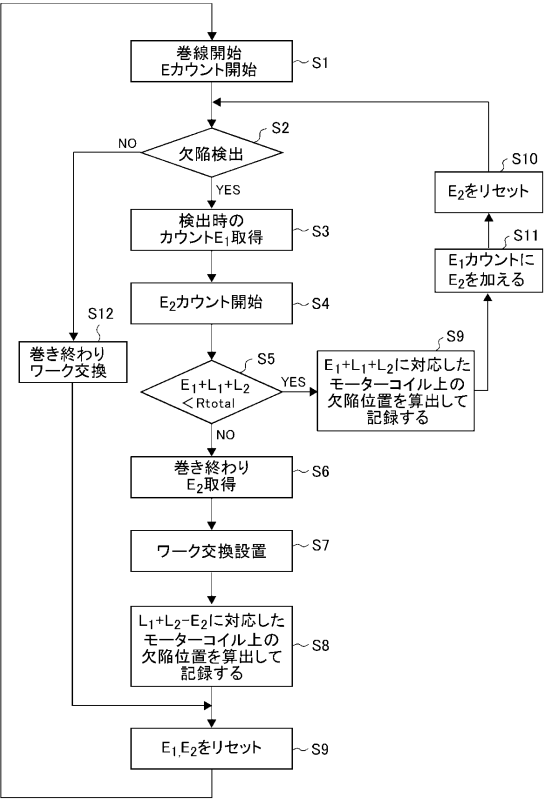
【圖 6】

图 6



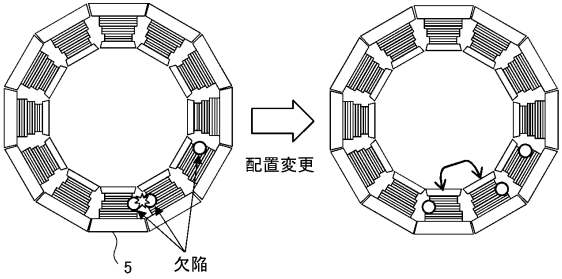
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8

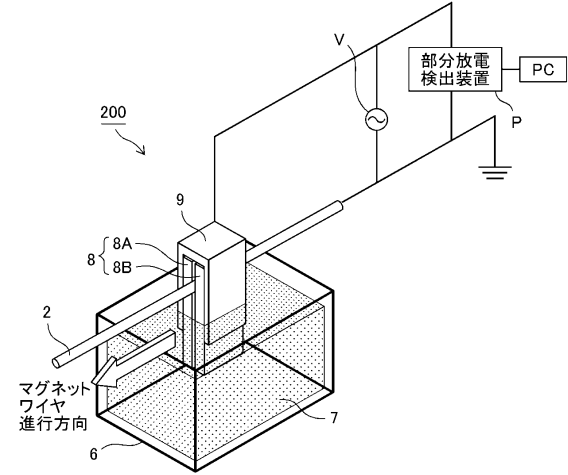


10

20

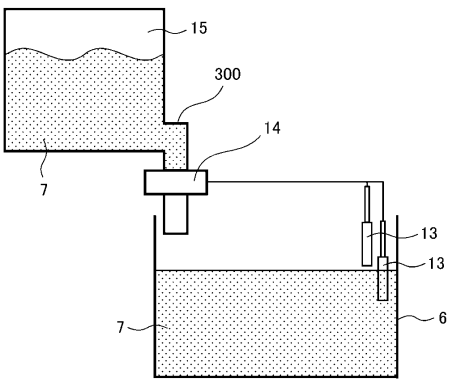
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10



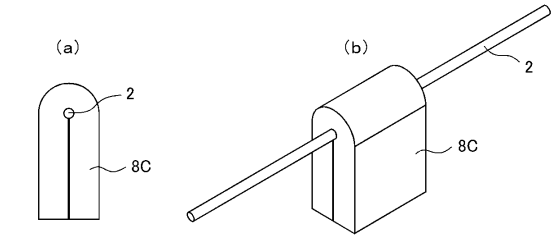
30

40

50

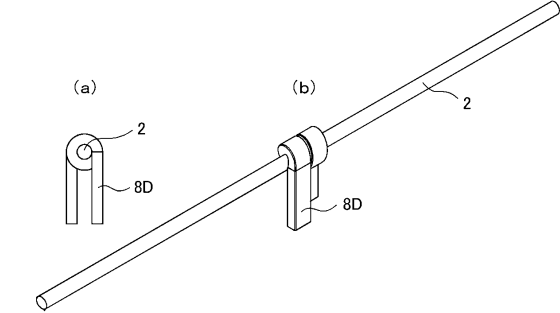
【図 1 1】

図 11



【図 1 2】

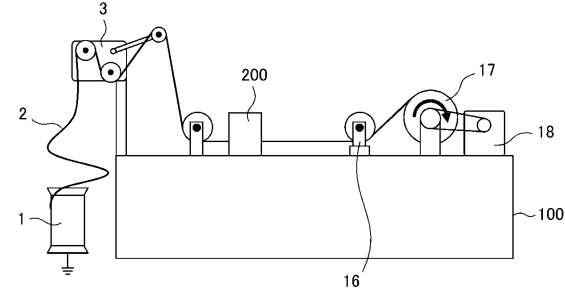
図 12



10

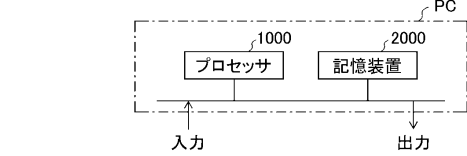
【図 1 3】

図 13



【図 1 4】

図 14



20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特公昭53-024626 (JP, B1)
特開平08-211115 (JP, A)
特開2016-180629 (JP, A)
特開2006-300532 (JP, A)
特開2004-347523 (JP, A)
特開2009-236887 (JP, A)
特開2014-182053 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01R 31/12 - G01R 31/20
G01N 27/00 - G01N 27/10
G01N 27/14 - G01N 27/24
G01N 27/92