

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5285068号
(P5285068)

(45) 発行日 平成25年9月11日 (2013. 9. 11)

(24) 登録日 平成25年6月7日 (2013. 6. 7)

(51) Int. Cl.

F I

HO 2 G 1/00 (2006. 01)
GO 1 R 31/02 (2006. 01)
HO 1 B 13/00 (2006. 01)
HO 1 B 13/02 (2006. 01)
GO 1 N 27/72 (2006. 01)

HO 2 G 1/00 F
GO 1 R 31/02
HO 1 B 13/00 C
HO 1 B 13/02 B
GO 1 N 27/72

請求項の数 14 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2010-512603 (P2010-512603)
(86) (22) 出願日 平成20年6月20日 (2008. 6. 20)
(65) 公表番号 特表2010-532651 (P2010-532651A)
(43) 公表日 平成22年10月7日 (2010. 10. 7)
(86) 国際出願番号 PCT/EP2008/004985
(87) 国際公開番号 W02009/000469
(87) 国際公開日 平成20年12月31日 (2008. 12. 31)
審査請求日 平成23年5月19日 (2011. 5. 19)
(31) 優先権主張番号 102007028965. 2
(32) 優先日 平成19年6月23日 (2007. 6. 23)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 507258065
レオニ ボルトネット-ジステーメ ゲゼ
ルシャフト ミット ベシュレンクテル
ハフツング
ドイツ連邦共和国 97318 キッツィ
ンゲン フルークブラッツシュトラ-セ
74
(74) 代理人 100075166
弁理士 山口 巖
(72) 発明者 エングブリング、ユルゲン
ドイツ連邦共和国 97346 イブホ-
フェン カルプヴェーク 31

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リッツ線の素線内の電流の流れを点検するための方法およびこの方法を実施するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リッツ線 (4) の素線 (12) 内の電流の流れを点検するための方法であって、リッツ線 (4) に電流 (I) が通され、通電するリッツ線 (4) に基づいて生じる磁界 (B) がセンサ (22) によって検出され評価される方法において、

リッツ線 (4) が、撚りピッチ (L) で互いに撚り合わせた複数の素線 (12) から成るものであり、

測定された磁界 (B) が特性振動を有し、振動の長さ (A) が撚りピッチ (L) の倍数であるときに、欠陥部 (28) が推定され、その欠陥部の推定は、さらに詳細には、リッツ線 (4) に電流 (I) を通すことによって接触要素 (8) とリッツ線 (4) との接触結合 (6) の品質が点検されるべく行われるものであって、通電するリッツ線 (4) のゆえに生じる磁界 (B) が接触結合 (6) から離間してセンサ (22) によって検出され評価され、その接触結合 (6) から離間して測定された磁界 (B) に基づいて接触結合 (6) の欠陥部 (28) が推定される、という手順によって行われることを特徴とする方法。

【請求項 2】

磁界 (B) がリッツ線 (4) の長手方向で見て欠陥部 (28) から離間した位置にて評価されて、欠陥部 (28) が推定されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

10

20

欠陥部(28)からの距離が、撚りピッチ(L)の2倍～10倍の範囲内である
ことを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項4】

特性振動が局所的伝播を示し、その伝播の局所的中心がリッツ線(4)の欠陥部(28)
として定位される

ことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】

磁界(B)の傾斜がセンサ(22)としてのグラジオメータを用いて検出される
ことを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載の方法。

【請求項6】

磁界(B)が、ただ1つのセンサ(22)で検出される
ことを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載の方法。

【請求項7】

磁界(B)が、リッツ線(4)の周方向で互いにずれた複数のセンサ(22)を用いて
検出される

ことを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載の方法。

【請求項8】

センサ(22)を介して提供される個別信号から目標信号が計算して形成され、欠陥部
(28)に帰すことのできない干渉効果を取り除かれている

ことを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項9】

リッツ線(4)に直流が印加される
ことを特徴とする請求項1から8のいずれか1つに記載の方法。

【請求項10】

交流成分が、リッツ線(4)に印加される直流に重畳される
ことを特徴とする請求項9記載の方法。

【請求項11】

磁界(B)が変化するように、リッツ線(4)が移動される、またはリッツ線に力が加
えられる

ことを特徴とする請求項1から10のいずれか1つに記載の方法。

【請求項12】

リッツ線(4)が電気ケーブル(2)である
ことを特徴とする請求項1から11のいずれか1つに記載の方法。

【請求項13】

リッツ線(4)が機械的支持索である
ことを特徴とする請求項1から11のいずれか1つに記載の方法。

【請求項14】

請求項1から13のいずれか1つに記載の方法を実施して、リッツ線(4)の素線(12)
内の電流の流れを点検するための装置であって、

リッツ線(4)に電流(I)を供給するための電流源(26)を含み、リッツ線(4)
が撚りピッチ(L)で互いに撚り合わせた複数の素線(12)から成り、通電するリッツ
線(4)のゆえに生じる磁界(B)を検出するためのセンサ(22)を含み、センサ(22)
によって検出された磁界(B)を評価するための評価ユニット(24)を含み、評価
ユニット(24)が、測定された磁界(B)が撚りピッチ(L)の倍数の長さ(A)の振
動を有するとき欠陥部(28)が推定され、その欠陥部の推定は、さらに詳細には、リッ
ツ線(4)に電流(I)を通すことによって接触要素(8)とリッツ線(4)との接触結
合(6)の品質が点検されるのであって、通電するリッツ線(4)のゆえに生じる磁界(B)
が接触結合(6)から離間した位置に配置されたセンサ(22)によって検出され評
価され、その接触結合(6)から離間した位置にて測定された磁界(B)に基づいて接触
結合(6)の欠陥部(28)が推定される、という手順によって行われるように設定され

10

20

30

40

50

ている

ことを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リッツ線の素線内の電流の流れを点検するための方法であって、素線が或る撚りピッチで互いに撚り合わせてあり、リッツ線に電流が通され、通電するリッツ線に基づいて生じる磁界がセンサによって検出し評価されるものに関する。本発明はさらに、この方法を実施するための装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

この方法は、欠陥部を考慮したリッツ線の非破壊試験に役立ち、つまり特に切れた素線の点検に役立つ。

【0003】

特許文献1から読み取ることのできるリッツ線点検方法では、リッツ線の周りに配置される複数のセンサを用いて、リッツ線の周りに生じる磁界が検出される。その際、磁界の強度分布が評価される。低下する磁界強度を或る領域が有すると、この箇所が切れた素線の態様の欠陥部と逆推定される。

【0004】

20

磁界が評価されるこのような方法は、電界が評価される測定（容量測定）と比較して高い感度を有する。しかし、線切れによって引き起こされる磁界変化は僅かであり、極力確実な結果を得るには高い感度の測定兼評価装置が必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005 20813号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

30

本発明の課題は、リッツ線を欠陥部に関して簡単、安全かつ確実に試験することを可能とすることである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この課題は、本発明によれば、請求項1の特徴を有する方法によって解決される。その際、欠陥部、特にリッツ線の切れた素線が存在するか否かを評価するために、測定された磁界が振動を有し、振動の長さがリッツ線のいわゆる撚りピッチの倍数であるとき、欠陥部が推定されるようになっている。特に、磁界の振動が撚りピッチに一致するとき欠陥部は推定される。その際、測定のために、特に、リッツ線と磁界を検出するセンサとが互いに相対的に移動されるように処理される。この相対移動のゆえに、リッツ線の長さにわたる局所依存磁界強度が検出される。ところで研究から判明したように、欠陥部の領域で磁界はリッツ線の長手方向で特徴的な仕方で局所依存的に変化し、特性振動長を有する。この振動長は特にリッツ線の撚りピッチに一致している。それゆえに、確実かつ明確に欠陥部を逆推定できるようにするためにこの特性振動が評価に利用される。やはり磁界の変化を生じることのあるその他の干渉効果、例えばリッツ線の湾曲に基づくリッツ線とセンサとの間の距離の僅かな変化等は、その際消去される。その限りでこの方法は、測定された磁界の振幅の評価にのみ向けられた評価と比較して、改善された評価精度を有する。欠陥部を推定するための他の判定基準として好ましくは補足的になお磁界振幅の規定された閾値を上回ることが利用される。

40

【0008】

50

その際撚りピッチとは、撚り合わせた各素線がリッツ線の長手方向でその撚りのゆえに360°回転時に進む長さのことである。電気リッツ線が導電性ケーブルとして利用され、例えば数10本以下の素線を有する場合、撚りピッチは数センチメートルである。銅リッツ線が素線直径0.2mm範囲内の素線を7~19本有する場合、撚りピッチはふつう約15~40mm、特に約20mmである。

【0009】

特性振動は例えば以下の如く説明することができる。測定時にリッツ線内を電流が流れる。素線はその撚りのゆえに実質的に螺旋状に推移する。それゆえに、電流輸送はまずなによりも素線の長手方向で螺旋状に起きる。素線はふつう互いに絶縁されていないので、付加的になお、供給された電流が素線を横切っても或る素線から別の素線へと流れ得る可能性がある。しかしながら、素線の長手方向と比較して著しく高い接触抵抗が存在しており、ふつう横方向での電流の流れは現れない。

10

【0010】

リッツ線の素線内の電流の合計はリッツ線の長手方向における電流の流れ全体に一致し、素線内の螺旋状電流伝導は電流の流れ全体では重なりによって少なくとも十分に消去されており、電流の流れは実質的にリッツ線の長手方向で起きる。これは、すべての素線に同じ大きさの電流が供給され、すべての素線で電流の流れが均一かつ間断なく流れることを前提とする。

【0011】

ところで電流の流れが例えば素線切れによって或る素線で中断されると、これにより、素線から素線へと横方向で電流の流れが必要となる。そのことから、このような欠陥部の領域で電流の流れ全体に不均一性が生じる。欠陥部から一定の距離を置いてはじめて、均一な電流の流れ全体が再び生じる。ところで検査が示したように、リッツ線の横断面全体を電流の流れが不均一に流れるにちがいないこの欠陥部の領域に螺旋状電流が生じ、導体を取り囲む磁界は均一に推移するのではなく、リッツ線の撚りピッチに対して固定比で振動する。特に、この不均一領域では磁界がリッツ線の撚りピッチで振動する。

20

【0012】

課題はさらに、本発明によれば、請求項2の特徴を有する方法で解決される。この方法では、リッツ線にやはり電流を通すことによって接触要素とリッツ線との接触結合の品質が点検される。接触結合の品質を点検するために、生成する磁界はいまや接触結合から離間してセンサによって検出され評価される。例えば磁界が基準信号または比較信号に対して特性偏差を有し、例えば閾値を上回る振幅および/または特性推移、特にリッツ線の撚りピッチに一致した長さの振動を有するとき、接触結合から離間して測定される磁界に基づいて接触結合の欠陥部が推定される。

30

【0013】

それゆえにこの他の方法によって、リッツ線のすべての素線が均一に十分接触しているか否か、または個々のリッツ線が接触結合での電流の流れに関与しないかまたは僅かな割合で関与しているだけか否かを考慮して接触結合をごく繊細かつ円滑に点検する可能性が得られる。

【0014】

40

また、本発明のこの実施態様は、電流の流れが或る素線で中断される場合、いまや接触要素との接触不足のゆえに、電流の一部が横方向で或る素線から別の素線へと流れねばならず、それゆえにリッツ線の長さにはわたって一定の領域内で磁界が乱され、不均一性を有するとの認識に基づいている。特に磁界は特性振動長を有する。それゆえにこの選択案では全体として障害部に基づく遠方効果が利用され、本来の欠陥部、つまり素線による電流の流れの中断部から離間しても、接触領域での接触不足に基づいてこの欠陥部はなお識別可能である。それゆえに、予め作製されたケーブルアセンブリにおいて今日一般的であるような押出し被覆接触結合の場合でも、接触結合は非破壊検査することができる。

【0015】

それゆえに両者の解決策は同じ考えに基づいている、つまり素線による電流の流れの中

50

断時に電流は既に欠陥部から離間して横方向に流れねばならず、そのことから、検出された磁界内で特性偏差が生じるということに基づいている。

【 0 0 1 6 】

合目的的な発展形では、欠陥部を推定するために遠方効果が利用される。その際、合目的には欠陥部から撚りピッチの2倍～10倍の範囲内の距離で測定される。これにより、特に接触結合の点検時、離間領域でも安全確実に評価する可能性が得られる。

【 0 0 1 7 】

撚りピッチに一致した振動長を有する特性振動は遠方効果に基づいて一定の局所的伝播を示す。それゆえに、特性振動は実際の欠陥部の両側で一定の路程にわたって広がっている。それゆえに合目的には、特性振動の局所的な中心、つまり局所的伝播の中央に対応したリッツ線個所が欠陥部として識別される。代替的に、振動する磁界が最大振幅を有するリッツ線個所が欠陥部の位置として定位される。

10

【 0 0 1 8 】

極力高い感度を調整するために、合目的的な構成によれば磁界の傾斜が検出される。このため特にいわゆるグラジオメータがセンサとして利用される。このようなグラジオメータは、単数または複数の空間方向でも磁界変化を検出することのできる唯一の構成ユニットである。その一例は、例えばDE 10 30 42 25 B 4に述べられたいわゆるSQUIDグラジオメータである。代替的に、グラジオメータを形成するために複数の個別磁気センサをブリッジ回路の方式で結合して1つの統一構成ユニットとすることもできる。個別センサはここでは例えばホールセンサであり、または磁気抵抗センサでもあり、これらはそれぞれ半導体部品として形成されている。グラジオメータを使用することによって、例えば地磁界等の実質均一なバックグラウンド磁界の影響はいわば取り除かれ、欠陥部によって引き起こされる障害信号のみが検出される。

20

【 0 0 1 9 】

この方法ではアンペア範囲、例えば約1 Aの電流がリッツ線に通され、発生する磁界の強度は例えば地磁界の2倍～3倍にすぎず、つまり地磁界に概ね匹敵するオーダーを有する。

【 0 0 2 0 】

極力単純な構成を考慮して、望ましくは磁界が単一のセンサで、特に単一のグラジオメータを用いて検出される。特殊な評価技術、つまり振動長の評価のゆえに、多数のセンサをリッツ線の周囲に配置する必要はない。

30

【 0 0 2 1 】

代替的な合目的構成において、例えば周方向で互いにずらして配置された複数のセンサが使用される。これにより、位置に依存して異なる磁界強度を確定しもしくは勾配も確定する可能性がある。

【 0 0 2 2 】

合目的的には、ここでセンサを介して提供される個別信号から目標信号が計算して形成され、欠陥部に帰すことのできない干渉効果は既に取り除かれている。これにより特に雑音効果は消去される。好ましくは、素線の撚りのゆえに引き起こされる磁界変動は個別信号を好適に例えば位相補正し振幅補正して合計することによって消去される。このため、特に3つの独立した空間方向で磁界の変化は検出される。これらの空間方向は好ましくはリッツ線の長手方向、周方向、半径方向である。

40

【 0 0 2 3 】

複数のセンサを使用する場合補足的に、リッツ線を通る電流の重心点位置を確定し、その際、リッツ線の内部に均一な電流分布が存在するか否かを点検する可能性もある。

【 0 0 2 4 】

この方法では、好ましくはリッツ線に直流が印加される。感度を高めて改善するために、合目的構成によれば補足的に、交流成分が重畳される。基本的に、リッツ線に専ら交流を印加する可能性もある。ロックイン技術の方式で交流成分を重畳することによって感度と精度が高まる。ロックイン技術とは一種の位相依存フィルタリングである。というの

50

も、印加された交流成分に対して所定の位相差または印加交流と同じ位相を有する信号部分のみが評価されるからである。

【 0 0 2 5 】

完全確実な検出を保証するために、合目的構成においてリッツ線は、場合によっては付加的にセンサに対する相対的ずれだけ移動され、または代替的にもしくは補足的にリッツ線に力が加えられる。その際、移動または力作用は故障部が変化し、従って磁界が変化するように選択されている。この構成の根底にある考えは、不都合な状況のもとで或る素線の切れにもかかわらず素線の長手方向で十分な接触が存在し、測定された磁界の不均一性が殆ど生じないということである。リッツ線全体の移動によって、または力作用によっても、欠陥部が機械的に負荷され、磁界内でも欠陥部が著しく顕著となる確率は増加する。このため例えば測定中連続的にリッツ線に振動が加えられ、またはリッツ線が機械的交番力を施され、この交番力は例えばリッツ線の長手方向で作用し、または横方向でも作用する。代替的に、2つの測定過程を実行し、測定過程の間でリッツ線を移動させまたはリッツ線に力を加える可能性もある。

10

【 0 0 2 6 】

本方法は、合目的的には、電気ケーブルの例えばリッツ切れの可能性を点検するのに利用される。特に本方法はケーブルの電気接触結合を点検するのに役立つ。というのも、接触結合時に決定的に重要であるのは接触抵抗が極力少ないことであるからである。

【 0 0 2 7 】

代替的に、その応用分野自体ではもはや電流伝導用に設けられているのではない機械的支持索が本方法で点検される。このような支持索は例えばエレベータ、クレーン、ロープウェー、橋において利用され、それらにおいて支持索は一般に動的または静的引張荷重を受ける。

20

【 0 0 2 8 】

その際選択的に、本方法は試験個所で行うことができ、または移動式試験装置を用いて現場で、例えば設置済みの支持索について行うこともできる。

【 0 0 2 9 】

その際、リッツ線が非磁性材料、特に磁化不可能な材料であると、あらゆる利用分野において有利である。しかし本方法は基本的に磁性材料においても適している。電気ケーブルを点検する場合、これは特に銅リッツ線またはアルミニウムリッツ線である。

30

【 0 0 3 0 】

上記方法は特にこのようなリッツ線において品質点検に利用される。好ましくは、本方法は例えば自動車分野用のケーブルアセンブリを作製するときの品質点検に利用される。その際特に、ヒンジ式および部分的には押出し被覆もされた接触要素での接触も点検される。このような接触要素は例えば差込コネクタであり、半田接触、溶接接触および/または圧着接触を介して各リッツ線と結合されている。締付接触または絶縁接触を設けておくこともできる。

【 0 0 3 1 】

好ましい構成において、リッツ線に対して相対的に摺動する単一のセンサまたはせいぜい若干数のセンサで処理される。これに対する代案として、リッツ線の長さにわたって複数個所に分散してセンサを取付けた静的測定が予定されている。

40

【 0 0 3 2 】

他の諸構成において、リッツ線に高周波電流を印加し、リッツ線がアンテナの方式で特殊な放射特性を有するようにすることができる。その際、欠陥部に基づく放射特性の変化を評価することができる。このような点検が特別考慮に値するのは、後の利用領域においてアンテナ構造体および/または送信器構造体として設けられかつ高周波を印加されるようなリッツ線に対してである。さらに磁界測定を補足して、容量測定を用いて電界も検出し評価するようにすることができる。

【 0 0 3 3 】

代替的な応用において合目的的には、測定された信号に基づいて実際の撚りピッチが逆

50

推定され、それゆえに磁界の評価によって撚りピッチが測定される。素線の撚りに基づく、先に雑音効果として述べた磁界変化がこのため評価される。

【0034】

以下、本発明の1実施例が図面を基に詳しく説明される。それぞれ、図式的な非常に簡単化した図で示してある。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】磁界センサと測定装置とを有する電気ケーブルの圧着キャップおよび裸端領域における接触結合の斜視展開図である。

【図2】リッツ線の側面図である。

【図3】欠陥部領域における測定された磁界の特徴的信号推移を示す。

【図4】測定装置の断面図である。

【0036】

図中、同じ作用の部品には同じ符号が付けてある。

【0037】

図1により展開図の方式で末端側裸電気ケーブル2を読み取ることができ、末端側での電気導体、リッツ線4が、実施例において圧着キャップとして形成された接触要素8との接触結合6用に露出している。接触結合6の領域でケーブル2と接触要素8は被覆10によって取り囲まれている。特に接触要素8とケーブル2は押出し被覆されている。

【0038】

リッツ線4は互いに撚り合わせた多数の素線12から成る。素線12は特に非絶縁銅素線であり、素線直径は0.1~0.25mmの範囲内である。実施例において約7本~30本の素線12が互いに撚り合わせてある。リッツ線4自体は絶縁体14によって取り囲まれており、こうして電気ケーブル2が形成されている。

【0039】

図1にさらに図示された磁気センサ22は特にグラジオメータとして形成されている。補足的に概略示唆しただけの評価ユニット24は信号線路25を介してセンサ22と結合されている。さらに設けられている電流源26は電流Iを供給するために一方で接触要素8、他方でリッツ線2と結合されている。評価ユニット24は電流源26とも結合されており、この電流源を制御する。電流源26は実施例において特に直流源として形成されており、付加的に交流成分の重畳が可能である。

【0040】

図2では、そこに図示されたリッツ線4を基に素線12の撚りを特別良好に認めることができる。図2によるリッツ線4は例えば、特別な電氣的機能を持たない単なる機械的支持索であり、またはケーブル2用導体でもある。その際、撚りを明確にするために1本の素線12Aが灰色ハッチングで強調してある。全体として素線12はいわゆる撚りピッチLで互いに撚り合わせてある。その際、撚りピッチLは各素線12が360°回転するのに必要とする長さとして定義されている。撚りピッチLはふつう、数アンペアの電流用に設計された電気ケーブル2の場合15mm~40mmである。

【0041】

以下に述べる方法でもってリッツ線4は可能な欠陥部28を考慮して点検される。その際、図2に示唆したように一方で例えばリッツ線4の中心またはその他の任意個所の素線切れが欠陥部28とされる。しかし他方でリッツ線4の裸端と接触要素8との間の接触結合不備も、つまり素線12が接触要素8との電気接触結合に関与しておらず、これらの素線12を通して接触要素8に電流が流れないかまたはごく僅かが流れるだけのとき、欠陥部28とされる。

【0042】

それゆえに本方法では素線12内の電流の流れが点検される。欠陥部28が現れないと、素線12にはそれぞれ同じ強さの部分電流iが供給され、その電流伝播方向は素線12の長手方向(図2参照)である。素線の撚りのゆえに各部分電流iは概ね螺旋状に伝播す

10

20

30

40

50

る。部分電流の重なりによってリッツ線 4 の長手方向でほぼ理想的な総電流 I が生じ、十分に均一な磁界が通電する導体の磁界 B に相応して生じる。撚りのゆえに一定の障害信号もしくは雑音が生じる。信号推移の 1 例が図 3 に示してある。図示された線図に磁界 B が位置 x (リッツ線 4 の長手広がり) に対してプロットされている。

【 0 0 4 3 】

欠陥部 2 8 の場合、つまり或る素線 1 2 を通る電流の流れが中断されている場合、この素線 1 2 を流れる部分電流 i は別の素線 1 2 に回避しなければならない、そのことが図 2 に点線の矢印で図示してある。これにより、欠陥部 2 8 の領域で電流の流れに障害が生じ、従って磁界 B に障害が現れ、これが検出される。撚りピッチ L での素線 1 2 の撚りのゆえに、電流の流れの不均一性は、従って磁界 B の不均一性も、特性振動を有する。磁界 B は欠陥部 2 8 の領域において撚りピッチ L で振動する。

10

【 0 0 4 4 】

センサ 2 2 を用いて磁界信号が検出される。その際、センサ 2 2 はケーブル 2 に沿ってこれに対して相対的に矢印方向に移動される。その際、センサ 2 2 もリッツ線 2 も移動させることができる。検出されたセンサ信号は評価ユニット 2 4 に転送される。次に評価ユニット内でセンサ信号が評価される。電気交流成分を直流上に重畳することが予定されている限り、評価ユニット 2 4 は、センサ 2 2 によって受信された測定信号を、その位相に関して重畳交流成分と、ロックイン技術の方式で比較する。

【 0 0 4 5 】

位置に依存して測定された磁界 B の図 3 に示した代表的信号推移例は欠陥部 2 8 の領域で生じる。

20

【 0 0 4 6 】

明確に認めることができるように、欠陥部 2 8 の領域で測定された信号はその他の推移と比較して明確な変化を有する。詳細には、欠陥部 2 8 の領域において信号は撚りピッチ L に一致した特定振動長 A を有する明確な振動を示す。

【 0 0 4 7 】

信号中に明示された位置 P はリッツ線 4 中の欠陥部 2 8 の位置に一致している。位置 P は特性振動の局所的中心にある。特性振動とは、特性振動長 A で信号が振動する信号範囲のことである。

【 0 0 4 8 】

30

いまや専ら、撚りピッチ L に一致した振動長 A を振動が有するとき、欠陥部 2 8 の存在が推定される。雑音信号を考慮しなくてよいようにするために、好ましくは一定振幅を上回ることが他の判定基準として利用される。

【 0 0 4 9 】

極力高い感度を得るためにセンサ 2 2 は好ましくはグラジオメータとして形成されており、つまりこれは例えばリッツ線 2 に対して半径方向で位置依存磁界変化を検出する。

【 0 0 5 0 】

図 3 から明らかとなるように、欠陥部 2 8 (位置 P) は明確な遠方効果を有する。すなわち欠陥部 2 8 は、撚りピッチ L の倍数に一致したかなりの長さによって磁界 B に作用する。特に、欠陥部 2 8 の領域における特性信号は本実施例において約 10 cm の長さを全体として有する。この遠方効果のゆえに、本来の欠陥部 2 8 から離間しても各素線 1 2 内の電流の流れの点検を行うことができる。これにより、図 1 に示したように接触要素 8 とリッツ線 2 との接触結合の確実かつ安全な評価が可能である。

40

【 0 0 5 1 】

欠陥部 2 8 の周りの特性領域の両側で信号は雑音または障害信号を示す。例えば複数のセンサ 2 2、例えば 2 つまたは 3 つのセンサをリッツ線 2 の周囲に分散配置し、これらのセンサ 2 2 をリッツ線 2 に沿って一緒に移動させることによって、雑音または障害信号は十分に抑制することができる。こうして検出された個別信号から合成目標信号または総信号 (図示せず) が形成される。個別信号の好適な位相角と重ね合わせとによって障害信号は明確に減らすことができる。つまり障害信号は少なくとも一部は素線 1 2 の撚りによ

50

て引き起こされ、センサ 22 の高い感度に基づいて測定可能な不均一磁界が検出される。この不均一性が撚りによって引き起こされるので、例えば周方向で互いにずらして配置されるセンサ 22 の個別信号を好適に重ね合わせて互いに清算することによって、障害信号を計算で消去する可能性がある。

【 0 0 5 2 】

最後になお図 4 から測定装置の例示的構造を読み取ることができる。その際、リッツ線 4 は試験ブロック 32 の一種の V 溝 30 に挿入され、V 溝 30 の底を長手方向に沿って引かれる。V 溝 30 内の離散個所にセンサ 22 が配置されている。それゆえに、離散測定個所でリッツ線 4 はセンサ 22 の上を引かれる。必要なら付加的に 90° ずれた他のセンサ 22 を設けておくことができ、このセンサが破線で示唆してある。その際、このセンサ 22 は好ましくは第 1 センサ 22 に対して軸線方向でもずらして配置されている。V 溝 30 から出発して 2 つの通路 34 が延び、一方の通路 34 は信号線路 25 をセンサ 22 へと導くのに役立つ。他方の通路 34 内に配置された磁石、特に永久磁石 38 はセンサ 22 の動作点を調整するのに役立つ。リッツ線 4 とセンサ 22 との間に規定された一定した距離を保証するために、好ましくは図示しない仕方でリッツ線 4 がセンサ 22 に押付けられるようになっている。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 3 】

2	ケーブル	
4	リッツ線	20
6	接触結合	
8	接触要素	
10	被覆	
12	素線	
14	絶縁体	
22	センサ	
24	評価ユニット	
25	信号線路	
26	電流源	
28	欠陥部	30
30	V 溝	
32	試験ブロック	
34	通路	
38	永久磁石	
A	振動長	
B	磁界	
I	電流	
i	部分電流	
L	撚りピッチ	
P	測定信号中の欠陥部の位置	40

【図 1】

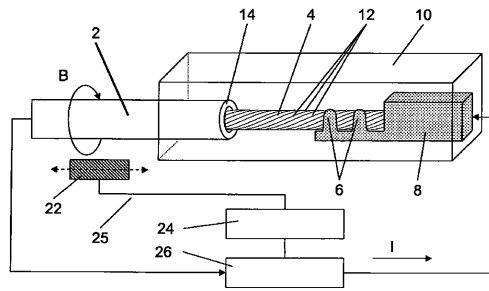


Fig 1

【図 2】

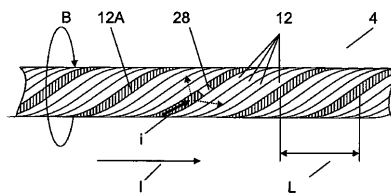


Fig 2

【図 3】

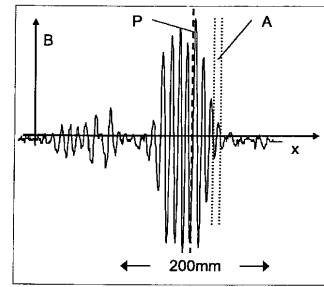


Fig 3

【図 4】

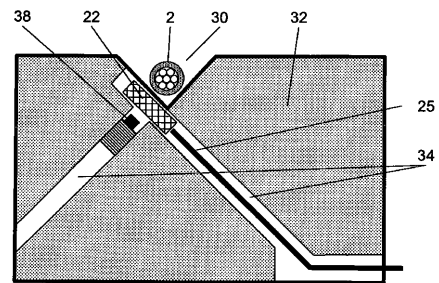


Fig 4

フロントページの続き

(72)発明者 エベルト、マティアス

ドイツ連邦共和国 9 7 3 3 7 デッテルバッハ ヨーゼフ クラム シュトラーセ 9

(72)発明者 ヒンケン、ヨハン

ドイツ連邦共和国 3 9 1 1 4 マクデブルク ブライトシャイトシュトラーセ 1 7

審査官 南 正樹

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 0 2 0 8 1 3 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 2 7 4 3 5 1 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 2 2 8 6 1 2 (J P , A)

特開平 1 0 - 0 2 6 6 0 8 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 1 8 4 3 0 3 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 2 5 8 4 9 4 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 5 7 2 0 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 2 G 1 / 0 0

G 0 1 N 2 7 / 7 2

G 0 1 R 3 1 / 0 2

H 0 1 B 1 3 / 0 0

H 0 1 B 1 3 / 0 2