

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6189870号
(P6189870)

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 27/90 (2006.01) GO 1 N 27/90

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-558039 (P2014-558039)	(73) 特許権者	512259156
(86) (22) 出願日	平成25年1月11日 (2013.1.11)		インスティトゥート ドクトル フェルス
(65) 公表番号	特表2015-508897 (P2015-508897A)		ター ゲゼルシャフト ミット ベシュレ
(43) 公表日	平成27年3月23日 (2015.3.23)		ンクテル ハフツング ウント コンパニ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/050470		ー コマンディトゲゼルシャフト
(87) 国際公開番号	W02013/124087		ドイツ連邦共和国 ロイトリンゲン 72
(87) 国際公開日	平成25年8月29日 (2013.8.29)		766 イン ライゼン 70
審査請求日	平成27年1月22日 (2015.1.22)	(74) 代理人	100092093
(31) 優先権主張番号	102012202800.5		弁理士 辻居 幸一
(32) 優先日	平成24年2月23日 (2012.2.23)	(74) 代理人	100082005
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	12195748.4	(74) 代理人	100067013
(32) 優先日	平成24年12月5日 (2012.12.5)		弁理士 大塚 文昭
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 貫通コイル構成、貫通コイル構成を有する試験装置、及び試験方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

貫通方向(192)に沿って長い製品(190)を貫通させるための通路開口部(112)を取り囲む励磁コイル(122)を有し、交流電圧供給源(130)に該励磁コイルを接続するための接続デバイスを含む励磁コイル構成と、

前記通路開口部周りに配置され、試験装置の評価デバイス(150)に受電コイル構成を接続するための接続デバイス(148)を含む受電コイル構成と、

を含み、

前記受電コイル構成が、前記通路開口部(112)の円周にわたって配分された2つ又はそれよりも多くのセグメントコイル構成(142-1から142-8、742-1から742-8)を含み、各セグメントコイル構成が、前記長い製品の表面の円周の円周区間のみを覆う検出範囲を有する、

渦電流による貫通方法において長い製品を試験するための試験装置に使用される貫通コイル構成(100)であって、

前記セグメントコイル構成(142-1から142-8、742-1から742-8)は、前記貫通コイル構成の基準軸線(114)までの異なる距離(A1、A2)で前記通路開口部を取り囲む少なくとも2つのシェル(S1、S2)の上に配分され、

第1セグメントコイル構成(142-1から142-4、742-1から742-4)が、相互に重なり合うことなく第1シェル(S1)上に配置され、

第2セグメントコイル構成(142-5から142-8、742-5から742-8)

が、相互に重なり合うことなく第2シェル(S2)上に配置され、

第1及び第2セグメントコイル構成が、該第2セグメントコイル構成が該第1セグメントコイル構成によって覆われない円周区間を検出するように、周方向に互いに周方向にオフセットして配置される、

ことを特徴とする貫通コイル構成。

【請求項2】

第1セグメントコイル構成(142-1から142-4)が、円形円筒形第1シェル(S1)上で中心基準軸線までの第1の半径方向距離(A1)に配置され、第2セグメントコイル構成(142-5から142-8)が、円形円筒形第2シェル(S2)上で該第1の半径方向距離と異なる前記中心基準軸線までの第2の半径方向距離(A2)に配置されることを特徴とする請求項1に記載の貫通コイル構成。

10

【請求項3】

前記シェル(S1、S2)は、前記円形円筒形の断面形状に代えて、好ましくは、長円形断面形状、卵形断面形状、又は多角形断面形状、特に丸いコーナ領域を有する正方形断面形状を有することを特徴とする請求項2に記載の貫通コイル構成。

【請求項4】

シェル上に、特に各シェル(S1、S2)上に偶数のセグメントコイル構成が配置されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

【請求項5】

1つのシェル、複数のシェル、又は全てのシェルにおいて正反対の位置に、少なくとも1対のセグメントコイル構成の各々が設けられることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

20

【請求項6】

前記セグメントコイル構成(142-1から142-8、742-1から742-8)のいずれもが、差動コイル構成を含み、

前記差動コイル構成は、好ましくは、差動信号が前記長い製品の円周全体上で検出可能であるように配置される、

ことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

【請求項7】

セグメントコイル構成(542)が、差動コイル構成(520)と絶対コイル構成(530)とを含み、

前記絶対コイル構成(530)は、出力信号である絶対信号を供給し、前記絶対信号は、前記絶対コイル構成(530)に到達した磁場が変化した場合に供給され、

好ましくは、全てのセグメントコイル構成が、差動コイル構成と絶対コイル構成とを含む、

ことを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

30

【請求項8】

前記差動コイル構成(520)及び前記絶対コイル構成(530)は、共通支持要素(510)に取り付けられ、

好ましくは、前記支持要素(510)は、内面と外面を含み、差動コイル構成(520)及び絶対コイル構成(530)が、前記支持要素の同じ表面に配置される、

40

ことを特徴とする請求項7に記載の貫通コイル構成。

【請求項9】

貫通コイル構成であって、

セグメントコイル構成(542)において、前記励磁コイル構成(122)は、前記貫通コイル構成の基準軸線(114)に垂直に延びるコイル平面(M)を定め、前記コイル平面(M)において本質的に均質な磁場領域(FH)ができ、該磁場領域では、磁力線が貫通方向と殆ど平行に、かつ、前記励磁コイル構成(122)の前記コイル平面(M)に垂直に延び、

50

前記差動コイル構成(520)は、前記本質的に均質な磁場領域(FH)に配置されるように、コイル平面(M)に対して配置され、

前記絶対コイル構成(530)は、該絶対コイル構成の巻線により定められたコイル面が前記基準軸線(114)に対して半径方向に延びる前記磁力線のy成分により貫通されるように、前記励磁コイル構成によって発生された磁場の不均質な磁場領域(F1)内に少なくとも部分的に配置されることを特徴とする請求項7又は請求項8に記載の貫通コイル構成。

【請求項10】

前記励磁コイル構成(122)は、前記貫通コイル構成の前記基準軸(114)に対して垂直なコイル面(M)を定め、

前記コイル平面(M)において本質的に均質な磁場領域(FH)ができ、該磁場領域では、磁力線が貫通方向と殆ど平行に、かつ、前記励磁コイル構成(122)の前記コイル平面(M)に垂直に延び、セグメントコイル構成は絶対コイル構成(530)を含み、

前記絶対コイル構成(530)が、前記励磁コイル構成(122)のコイル平面に対して対称的に、該コイル平面の一方の第1の不均質な磁場領域における第1の部分コイル構成(530-1)と、該コイル平面の他方の第2の不均質な磁場領域における第2の部分コイル構成(530-2)とを含み、

前記第1及び前記第2の部分コイル構成は、反対方向に作用するように接続される、

ことを特徴とする請求項7から請求項9のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

【請求項11】

複数の周方向にオフセットされた絶対コイル構成、特に、全ての絶対コイル構成が、絶対コイル構成上で発生された距離信号の処理のための距離評価デバイス(152)に接続されることを特徴とする請求項7から請求項10のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

【請求項12】

前記励磁コイル(122、722)は、1つの単一卷線を有する平坦なりボンコイルであることを特徴とする請求項1から請求項11のいずれか1項に記載の貫通コイル構成。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1の序文により、渦電流による貫通方法において長い製品を試験するための試験装置に使用される貫通コイル構成に関し、請求項12の序文により、渦電流によって長い製品を試験する試験方法に関し、並びにそのような貫通コイル構成を有する試験装置に関する。

【背景技術】

【0002】

長い製品は、例えば、ワイヤ、バー、ロッド、又はチューブなどのような長形金属物体である。このような長い製品は、高品質最終製品のための出発原料として機能することができ、かつ極めて高い品質要件を受けることが多い。材料欠点又は不良、例えば、表面近くの割れ、空洞、かさぶた、又は他の材料不均質性(以下、欠点又は欠陥とも呼ぶ)に関して試験することは、これらの製品の品質管理の重要な部分を形成する。この関連では、高解像度による材料表面の最も完全な試験は、一般的に、可能な場合に製造現場で同時にかつ製造工程の速度でどの試験を実施することが可能になるかに向けられる。今日では、このような試験は、貫通方法において電磁的方法、特に、渦電流技術を使用して実施することが多い。貫通方法を使用する試験中に、試験される物体(試験片、試験物体)は、対応するセンサシステムを装備した試験装置の試験区間に通して予め定義可能な必要に応じて比較的速い貫通速度で移動され、物体は、その工程で試験される。

【0003】

渦電流方法を使用する材料の非破壊試験中に、交流で作動される励磁コイルが使用されて、試験される材料内に適切な向き、大きさ、及び周波数を有する電気交流(渦電流)を

10

20

30

40

50

誘導し、渦電流に発生される不規則性が、センサ、例えば、コイル構成を使用して検出かつ評価される。

【0004】

渦電流試験では、導電材料内の殆どの不純物又は欠陥が、本質的に試験材料と異なる導電率及び/又は透磁率を有するという効果を使用される。評価される測定信号は、特に、試験片の材料の導電率及び透磁率から及び渦電流センサと材料表面の間の距離から判断され、不良信号の絶対強度及び同じく有用な信号と干渉信号の間の比率（信号対ノイズ比、S/N比）は、材料表面からのセンサの距離が増加すると減少する。

【0005】

貫通方法のための試験装置の1つの部類では、試験物体を含む貫通コイル構成が使用され、試験される物体（長い製品）は、この構成を通過して貫通される。貫通コイル構成は、貫通方向に沿って長形物体を貫通させるための通路開口部を取り囲む励磁コイルを有する励磁コイル構成を含む。励磁コイル構成は、交流電圧供給源に励磁コイルを接続するための接続デバイスを含む。

10

【0006】

更に、通路開口部周りに配置される受電コイル構成が提供され、それは、試験装置の評価デバイスに受電コイル構成を接続するための接続デバイスを含む。励磁コイル構成及び受電コイル構成は、接続デバイスを通じて試験装置の電気又は電子構成要素に接続される。このような総合的な貫通コイル構成は、一般的に比較的成本効率よく製造することができ、かつ厳しい環境条件下でさえもその堅牢性のために使用において信頼性が高くかつ効率的である。

20

【0007】

独国特許出願公開第10135660号（DE 101 35 660 C1）では、明瞭な不良解像度及び試験結果の良好な再現性を保証するために、経路タイプの不良の経済的かつ信頼性が高い検出を可能にすると考えられる貫通コイル構成が説明されている。貫通コイル構成は、平均半径方向距離で円形に物体を取り囲む差動又はマルチ差動回路を使用してストリップ線で製造された少なくとも3つのセグメント測定コイルの形態で外部的に試験される物体を取り囲む測定要素を含む。このセグメント測定コイルは、端部部分が互いに隣接する状態で周方向に重なり、かつ多チャンネル評価電子システムに結合される。更に、セグメント測定コイルは、絶対コイルによって取り囲まれ、絶対コイルは、逆に、全ての測定コイルに割り当てられた励磁コイルによって取り囲まれる。セグメント測定コイルへの構造的適合において、絶対コイルはまた、セグメント化することができ、その場合に、セグメント絶対コイルは、それらの端部部分と重なり合う。周方向に重なり合うセグメント測定コイルのコイル有効面積の結果として、同じ感度での試験される物体の表面の実際の100%のカバレッジが達成されることになる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】独国特許出願公開第10135660号（DE 101 35 660 C1）

40

【特許文献2】独国特許出願公開第4438171号（DE 44 38 171 A1）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の目的は、廉価かつ堅牢な構造を有し、貫通する試験物体の欠陥及び他の不規則性に関する意義がある試験結果をもたらすことができ、貫通方法で長い製品を試験する試験装置に使用されるような貫通コイル構成を提供することである。別の目的は、このような貫通コイル構成と協働する試験方法、並びに試験装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 1 0 】

上述の目的を達成するために、請求項 1 の特徴を有する貫通コイル構成を提供する。更に、請求項 1 2 の特徴を有する試験方法、並びに請求項 1 5 の特徴を有する試験装置を提供する。

【 0 0 1 1 】

有利な実施形態を従属請求項に示している。全ての請求項の表現は、引用により本発明の説明の内容に組み込まれる。

【 0 0 1 2 】

受電コイル構成は、通路開口部の円周にわたって配分された 2 つ又はそれよりも多くのセグメントコイル構成を含む。セグメントコイル構成の各々は、長い製品の表面の円周全体の一部のみを覆う検出範囲、すなわち、円周セグメントを有する。このような貫通コイル構成は、各々の場合にそれぞれ試験片の円周の一部又はセグメントのみを覆う 2 つ又はそれよりも多くのセグメントコイル構成の共通励磁部を含む。従って、個々のセグメントコイル構成によって送出される全ての信号は、同じ励磁部に基づいており、かつこの点において直接的に互いに同等である。同時に、複数のセグメントコイル構成への受電コイル構成のそれぞれセグメント化又は分割は、発生する不良信号の物体表面のある一定の円周区間との相関を可能にする。その結果、欠陥の位置特定は、従来の貫通コイル構成の場合と同様に物体の縦方向ばかりではなく、周方向においても可能である。この場合に、堅牢性及び信頼性に関する従来の貫通コイル構成の長所は維持することができる。

【 0 0 1 3 】

主張する本発明では、セグメントコイル構成が、貫通コイル構成の基準軸線までの異なる距離で通路開口部を封入する少なくとも 2 つのシェルの上に配分されることが提供される。ここでは、第 1 のセグメントコイル構成は、第 1 シェル上で周方向に相互に重なり合うことなく配置される。これとは対照的に、第 2 のセグメントコイル構成は、第 2 シェル上で周方向に相互に重なり合うことなく配置される。基準軸線までの半径方向にシェル間に距離があるので、第 1 のセグメントコイル構成は、第 2 のセグメントコイル構成のものとは異なる基準軸線までの距離を有する。この場合に、「シェル」という用語は、表面の表面セグメントが基準軸線と平行に位置合せされ、かつ周方向に区分的又は連続的に湾曲している基準軸線周りに周方向に延びる表面を指す。

【 0 0 1 4 】

基準軸線までの表面の半径方向距離は、予め定義された距離関数に従う。シェルの全てのセグメントコイル構成が上述のシェル上に位置するという事実の結果、基準軸線までの半径方向距離は、シェルの各セグメントコイル構成の各点で距離関数を通じて正確に定義される。シェルのセグメントコイル構成は、相互に重なり合うことなくそれぞれのシェル上に配置される。それらは、周方向に互いに直接に隣接することができる。しかし、一般的に、互いに面する隣接するセグメントコイル構成の端部の間には周方向に距離がある。

【 0 0 1 5 】

互いまでの第 1 及び第 2 シェルの定義された距離において、第 1 及び第 2 のセグメントコイル構成の信号の直接的な比較可能性が存在し、その理由は、発生する不良信号が、一般的に特徴的な距離性能を示し、かつ従って既知の距離関数によって互いと比較することができるからである。

【 0 0 1 6 】

貫通方向に重なり合う 2 つ又はそれよりも多くのシェル上の構成は、試験される長い製品に沿った軸線方向の位置との発生する不良信号の正確な相関を可能にする。

【 0 0 1 7 】

周方向の相互の重複の防止は、有利であると考えられる。本発明者の観測結果によれば、名目上は基準軸線まで同じ距離に位置することになるセグメントコイル構成の重なり合う領域では、試験に関連する試験片表面までの信号発生コイル構成の距離が、重なり合う領域の外側のものからずれており、これは、測定時の不正確性をもたらす場合がある。この不正確性は、相互重複の防止の場合に防止される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

それにも関わらず、周方向の完全な試験を可能にするために、第 1 及び第 2 のセグメントコイル構成は、第 1 のセグメントコイル構成間に位置する円周区間が第 2 のセグメントコイル構成により部分的又は完全に検出可能であるように互いに周方向にオフセットして配置される。換言すると、第 1 及び第 2 のセグメントコイル構成は、第 2 のセグメントコイル構成が第 1 のセグメントコイル構成によって覆われない円周区間を検出するように互いに周方向にオフセットして配置される。従って、第 1 及び第 2 のセグメントコイル構成は、試験される長い製品の異なる円周区間を覆い、検出範囲は、全体的に互いを補い、かつ周方向の完全な試験が可能であるように必要に応じて部分的に重なり合う。

【 0 0 1 9 】

別の形式に従って、それぞれのセグメントコイル構成は、相互に重なり合うことなくそれらの関連付けられたシェル上に配置され、それぞれのセグメントコイル構成は、全円周が全てのシェルのセグメントコイル構成によって覆われるように、周方向に互いに周方向にオフセットした異なるシェル上に配置される。

【 0 0 2 0 】

セグメントコイル構成は、正確に 2 つのシェル、すなわち、1 つの第 1 シェル及び正確に 1 つの第 2 シェルの上に配分されることが好ましい。これは、構造的観点から複雑性の低い構造をもたらし、セグメントコイル構成によって発生される信号を 2 つの距離関数だけに割り当てれば十分である。しかし、2 つよりも多いシェル、例えば、3 つ、4 つ、5 つ、又は 6 つのシェルにわたってセグメントコイル構成を配分させることも可能であり、これらのシェル間には、各場合に半径方向に距離が存在する。この場合に、円周の完全なカバレッジは、3 つ又はそれよりも多くのシェルのセグメントコイル構成を結合することによってのみ達成されるという可能性がある。

【 0 0 2 1 】

一部の実施形態において、第 1 のセグメントコイル構成は、基準軸線までの第 1 の半径方向の距離で円形円筒形第 1 シェル上に配置され、第 2 のセグメントコイル構成は、第 1 の半径方向距離からずれた基準軸線までの第 2 の半径方向の距離で円形円筒形第 2 シェル上に配置される。断面形状が対称中心に対して中心対称性を有する場合に、対称中心を通る軸線は、中心基準軸線又は中心軸線と呼ぶことができる。このような実施形態において、シェルは、各場合に貫通コイル構成の中心軸線と同軸に円形円筒形シェル表面を形成する。円形断面を有する実施形態は、例えば、丸い材料（中実又は管状の円形断面を有する長い製品）を試験するのに有利であるが、それらは、適切な信号評価の場合には、多角形断面を有する長い製品の試験にも使用することができる。

【 0 0 2 2 】

代替的な実施形態の場合に、シェルは、円形形状以外の断面形状を有することができる。例えば、長円形断面又は卵形断面を有するシェルが可能である。シェルは、多角形断面、例えば、丸いコーナ領域を有する本質的に正方形の断面を有することもできる。シェル間及び基準軸線までの半径方向の距離は、均一ではなくてもよく、周方向で変動する場合がある。

【 0 0 2 3 】

セグメントコイル構成の過剰な感度差を防止するために、第 1 シェルと第 2 シェル間、又は隣接するシェル間の半径方向の距離は、それぞれ、1 センチメートルよりも大きいとすべきではなく、距離は、好ましくは 1 mm 又はそれ未満、特に 0.1 mm と 1 mm の間に存在する。より大きな距離が可能であり、信号強度差は、次に、それぞれ電子的に又は計算方式で均衡を取るか又は考慮することができる。

【 0 0 2 4 】

シェル当たりのセグメントコイル構成の数は、試験タスクに適応させることができる。セグメントコイル構成の数が各シェル上で同一であるという可能性がある。異なる数のセグメントコイル構成をシェル上に設けることもできる。

【 0 0 2 5 】

多くの場合に、偶数個のセグメントコイル構成、例えば、2つ、4つ、6つ、又は8つのセグメントコイル構成がシェル上に配置されれば有利である。代替的に又は追加的に、正反対のセグメントコイル構成の対又は複数の対をシェル上に設けることができる。それは、個々のシェル、複数のシェル、又は全てのシェルに適用することができる。

【0026】

一般的に、受電コイル構成は、正反対のセグメントコイル構成の複数の対を含むことができる。これは、信号評価において長所をもたらす場合がある。その手段は、シェル構造を有する貫通コイル構成の場合（主張するような本発明による）又はシェル構造のないそのような貫通構成の場合に有利である場合がある。

【0027】

それぞれの使用目的に適應させて、セグメントコイル構成の異なる実施形態が可能である。セグメントコイル構成は、専ら1つ又は複数の差動コイル構成、専ら1つ又は複数の絶対コイル構成、又は少なくとも1つの差動コイル構成及び少なくとも1つの絶対コイル構成の組合せを含むことができる。

【0028】

ここでは、「差動コイル構成」という用語は、単一の差動コイル構成及び複数の差動コイル構成の両方を含むものとする。差動コイル構成によって発生された電気信号は、典型的には差動信号と呼ばれる。

【0029】

絶対コイル構成は、絶対信号を送出する。対応する評価の場合に、この信号は、欠点検出に使用することができる。絶対信号の振幅は、絶対コイル構成と試験片表面間の距離に強くかつ特徴的に依存するので、絶対コイル構成は、この構成が距離評価デバイスに作動のために接続され、かつ距離信号が距離信号として相応に評価される場合に（例えば、DE 44 38 171 A1を参照されたい）、絶対信号の対応する評価の場合の距離センサとして機能することができる。

【0030】

全てのセグメントコイル構成は、各場合に少なくとも1つの差動コイル構成を有することが好ましい。「差動コイル構成」という用語は、逆の方式で作用する2つ又はそれよりも多くの部分コイル構成を含むコイル構成を指す。その結果、差動コイル構成を通して到達する磁場の変化は、逆に作用する部分コイル構成における磁場強度変化が異なる場合に限り信号を発生する。これとは対照的に、磁場変化が存在しない場合、又は磁場変化が逆に作用する部分コイル構成において等しく強力に作用する場合には、出力信号はないことになる。差動コイル構成により、非常に感度の高い欠点検出は、小さい欠点寸法の場合でさえも可能である。差動コイル構成は、好ましくは、差動コイル構成による完全な試験が周方向に可能であるように、差動信号を試験片の円周全体で検出することができるように配置される。

【0031】

差動コイル構成の他に、セグメントコイル構成は、絶対コイル構成を更に含むことが好ましい。全てのセグメントコイル構成に又はセグメントコイル構成の一部だけにそれを行ってもよい。ここでは、「絶対コイル構成」という用語は、通過して到達した磁場の変化の場合に出力信号（絶対信号）を供給するコイル構成を指す。絶対コイル構成は、複数の部分コイル構成を含むことができる。しかし、差動コイル構成とは対照的に、この部分コイル構成は、複数の部分コイル構成内の磁場変化によっても各場合に信号が発生されるように、到達した磁場に関して調和性があるように接続され、この信号は、絶対コイル構成の出力で合計される。

【0032】

上述の手段は、シェル構造を有する貫通コイル構成において（主張する本発明による）、及びシェル構造のない一般的な貫通コイル構成において有利とすることができる。

【0033】

差動コイル構成により、例えば、孔欠陥又は横断方向の欠陥を高感度で検出することが

10

20

30

40

50

できる。更に、縦方向欠陥をその深度勾配に従って評価することができる。絶対コイル構成により、取りわけ、一定の縦方向の欠陥をその全長で検出することができる。差動信号及び絶対信号の同時の検出により、欠陥タイプの確実な認定が可能である。

【 0 0 3 4 】

更に、絶対コイル構成により、距離信号も検出可能であり、従って、セグメントコイル構成と試験片表面の間の距離、すなわち、試験距離に関する情報は、絶対コイル構成の信号部分から導出することができる。この距離信号は、例えば、偏心した試験片位置の場合に異なるセグメント上で検出された不良信号の比較可能性を改善するために、例えば、電子側で又はソフトウェアによって距離補償に使用することができる。

【 0 0 3 5 】

差動コイル構成及び絶対コイル構成は、共通支持要素上に配置されることが好ましい。その結果、互いに対するこのコイル構成の相対位置は、機械的に正確に設定することができる。一部の実施形態において、支持要素は、内面（貫通される試験物体に向けて対面する）及び外面を有し、差動コイル構成及び絶対コイル構成は、支持要素の少なくとも一部が同じ表面に配置される。同じ表面に配置されるコイル構成の構成要素は、シェルの形状によって予め決められた貫通コイル構成の基準軸線まで同じ距離を有し、従って、信号の共通評価が直ちに可能である。

【 0 0 3 6 】

上述の手段は、シェル構造を有する貫通コイル構成において（主張する本発明による）、及びシェル構造のない一般的な貫通コイル構成において有利とすることができる。

【 0 0 3 7 】

一部の貫通コイル構成では、セグメントコイル構成において、差動コイル構成が、励磁コイル構成のコイル平面（典型的には中心平面）に対して本質的に対称的に配置され、絶対コイル構成が、励磁コイル構成によって発生された磁場の不均質な磁場領域において部分的又は完全にコイル平面と非対称的に配置されることが提供される。その結果、特に感度の高い距離検出が、絶対コイル構成によって可能である。この場合に、絶対コイル構成の巻線は、典型的には励磁コイルのコイル平面に垂直な湾曲した区域に位置することが考慮されるものとする。非対称の構成の場合に、少なくとも、信号発生巻線の一部は、不均質な磁場領域に位置し、絶対コイル構成の位置で発生する磁場は、絶対コイル構成を通過して到達する半径方向の成分（y成分）を有する。この成分の強度は、絶対コイル構成と長い製品の表面との間の距離次第で大幅に変化し、これは、絶対コイル構成の位置での磁力線分布に影響を与える。これは、勾配磁場における絶対巻線の構成をもたらし、この構成は、貫通される時の長い製品の半径方向の位置的变化に応じ変化する。長い製品の非中心又は偏心性の位置により、それぞれ、絶対コイル構成の巻線を通る磁束の変化が発生し、この磁束の変化は、距離センサとして使用された絶対コイル構成により検出することができる。

【 0 0 3 8 】

一部の実施形態において、励磁コイル構成のコイル平面又は中心平面に対して対称的である絶対コイル構成が、それぞれ、コイル平面の前の第1の不均質な磁場領域内の第1の部分コイル構成及びコイル平面の背後の第2の不均質な磁場領域内の第2の部分コイル構成を含み、第1及び第2の部分コイル構成が、反対方向に作用するように接続されるという点で、特に強いかつ安定した距離信号が得られる。不均質な磁場は、異なる磁力線方向に部分コイル構成を通過して到達する。反対方向に接続されることにより、部分コイル構成において誘導された電圧は強い距離信号が得られるように合計されることが達成される。

【 0 0 3 9 】

磁場の不均質部分におけるこの構成に関連して距離センサとして使用される絶対コイル構成のセグメント化は、距離検出センサのセグメント化をもたらし、従来の絶対コイル構成とは対照的に、ここでは、試験される長い製品のほぼ貫通方向に延びる磁力線ではなく、磁力線の垂直な成分が使用される。この磁気磁力線により、勾配磁場の変化は、試験される長い製品の位置に回答して検出される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

この手段は、シェル構造を有する貫通コイル構成において（主張する本発明による）、及びシェル構造のない一般的な貫通コイル構成において有利とすることができる。

【 0 0 4 1 】

絶対コイル構成によって異なる円周区間に別々に距離信号を発生させるためにセグメント化によって与えられるこのオプションは、距離信号により、貫通コイル構成内の長い製品の位置に関する位置情報を取得することを可能にする。

【 0 0 4 2 】

対単位で正反対のセグメントコイル構成の絶対信号の共通評価は、例えば、特に簡単な方式で、対応する斜めの方向における試験片直径、一部の場合に更に直径変動及び/又はミスアラインメントの検出を可能にする。

10

【 0 0 4 3 】

この手段は、シェル構造を有する貫通コイル構成において（主張する本発明による）、及びシェル構造のない一般的な貫通コイル構成において有利とすることができる。

【 0 0 4 4 】

本発明は、長い製品が本発明に説明するタイプの貫通コイル構成を貫通方向に沿って貫通するように使用される長い製品を試験する試験方法にも関する。

【 0 0 4 5 】

このような貫通構成は、従来の貫通コイル構成で実施することができない評価方法を可能にする。

20

【 0 0 4 6 】

一部の実施形態では、例えば、対単位で正反対のセグメントコイル構成の信号の共通評価が行われる。

【 0 0 4 7 】

一変形では、共通評価は、対単位で正反対のセグメントコイル構成のそれぞれ距離信号及び絶対信号の合計信号及び/又は差動信号の検出を含む。直径及び偏心度の両方は、この評価によって判断することができる。

【 0 0 4 8 】

複数（例えば、3つ、4つ、5つ、又は6つ）の周方向にオフセットされた絶対コイル構成の距離信号の評価は、取りわけ、貫通コイル構成に関する試験片の直径値、直径変動、及び/又は偏芯の判断を可能にする。

30

【 0 0 4 9 】

一部の実施形態では、直径、試験片幾何学形状、真円度、及び/又は貫通コイル構成と試験物体の間の軸線オフセットに関する情報は、円周にわたって配分された複数の絶対コイル構成の絶対信号から得られる。

【 0 0 5 0 】

本発明の使用の別の長所は、不良信号と試験される物体の対応する円周区間との間の相関を含む不良プロトコルを発生することができるという点である。この情報により、欠陥の評価の有意な改善及び精密化が可能である。例えば、原則的に再加工することができる欠陥がその後の使用中に重大な方式で応力を受けない円周区間に位置する場合には、再加工を省略することができる。再加工を必要とする場合に、欠陥領域が、不良プロトコルに基づいて比較的小さい円周区間まで絞り込まれ、従って、不良が見つけやすくすることができる。再加工することができない不良の場合に、この不良が極めて重要な円周区間に位置するか否かを不良プロトコルに基づいて判断することができ、従って、試験片の更なる使用に関して、以前よりも正確に判断することができる。それは、例えば、溶接管の場合は縫い目及び壁欠陥の差別化された評価に向けて、かつ多角形のプロフィールの場合は縁部及び面欠陥の妥当な評価に向けて合理的である場合がある。差別化及びその重み付けは、無傷品質で製造される材料を生産するように期限中に製造工程を中断することができるために特に重要である。

40

【 0 0 5 1 】

50

不良プロトコルは、縦方向位置の関数として試験物体の直径、試験片幾何学形状、及び/又は真円度に関するデータを含むこともできる。

【0052】

貫通コイル構成のシェル構造と関連して、特に正確な試験結果を達成することができる。一般的に、この手段は、シェル構造を有する貫通コイル構成において（主張する本発明による）、及びシェル構造のない一般的な貫通コイル構成においても有利に使用することができる。

【0053】

上述の特徴及び更に別の特徴は、特許請求の範囲からのみではなくこの説明及び図面からももたらされ、個々の特徴は、各場合に本発明の実施形態において及び他の分野で単独又は部分的組合せの形態で達成することができ、かつ本質的に有利かつ保護可能である実施形態を表すことができる。本発明の例示的实施形態を図面に示すと共に、その後により詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】試験物体が通路開口部に貫通される本発明による貫通コイル構成の実施形態の傾斜した斜視図である。

【図2】図1の貫通コイル構成の軸線方向の概略図である。

【図3】磁力線の向きに関する記号を有する円形円筒形励磁コイルの縦断面を示す図である。

【図4】励磁コイル周りの磁針路に関する詳細を示す図である。

【図5】セグメントコイル構成の実施形態の傾斜した斜視図である。

【図6】差動コイル構成及び絶対コイル構成を有するシェル構成の異なる変形を示す図である。

【図7】ほぼ正方形タイプの断面形状を有する貫通コイル構成の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0055】

図1の傾斜した概略斜視図は、貫通方法におけるそれぞれ長形導電性物体又は長い製品の非破壊渦電流試験の試験装置の構成要素を示している。図示の例では、試験される物体（試験物体、試験片）は、貫通方向192に沿って移動して数メートル/秒（m/s）の範囲までの貫通速度で試験装置の試験区間を貫通する金属管190である。この場合に、試験装置は、生産ライン、例えば、配管溶接ラインに組み込むことができる。試験装置は、試験区間を通る試験材料の最適移送を保証する試験経路を含む別々の試験ラインに位置決めされる可能性もある。取りわけ、試験経路は、試験物体の中心長手軸が最も中心に試験区間を通過して延びるように保証するために案内要素及び位置決め要素を含む。

【0056】

固定の貫通コイル構成100が、試験区間内に配置される。この構成は、非導電性又は僅かにのみ導電性の材料、例えば、繊維強化プラスチック材料で製造された円筒形スリーブで本質的に生成される図2に示すコイル支持体110を含む。周方向に閉じたコイル支持体は、試験される物体190を通す円形の通路開口部112を封入する。基準軸線として機能する貫通コイル構成の中心軸線114は、通路開口部の中心を延びる。コイル支持体の内径は、貫通される最大の試験片の外径よりも大きく、従って、試験片と貫通コイル構成の間の直接接触が、この貫通コイル構成によって試験される全ての試験物体の場合に防止される。

【0057】

コイル支持体の外面において、貫通コイル構成の電気構成要素、すなわち、励磁コイル構成及び受電コイル構成が取り付けられる。励磁コイル構成120は、平坦なりボンコイル122の形態の1つの単一励磁コイルを含む。このコイルは、良導電性の材料、例えば、銅で製造された平坦な金属的リボンによって形成され、それぞれ、コイル支持体又は通

10

20

30

40

50

路開口部周りに環状形状で湾曲しており、かつ半径方向外方に湾曲した2つの接続区間124を有し、その間に、電気絶縁材料で製造された絶縁層が配置される。平坦なりボンコイルは、実際的には円周全体（絶縁層の領域を除く）にわたって閉じた単一卷線を形成する。励磁コイルのコイル平面は、中心軸線114に垂直に延びる。平坦なりボンの半径方向に測定される平坦なりボンの厚みは、例えば、0.5mmと1mmの間とすることができ、かつ貫通コイル構成の中心軸線114に平行に測定された平坦なりボンの幅よりも有意に小さいその幅は、直径次第で数ミリメートル～数センチメートルまで変動する可能性がある。例えば、幅は、平坦なりボンコイルの自由内径の10%よりも大きいことができ、例示的な場合ではこの自由直径のほぼ15%である。平坦なりボンコイルの2つの端部は、一点鎖線に示されている導体を通して接続デバイス128に接続され、このデバイスを通して励磁コイル構成は、試験装置の交流電圧供給源130に接続することができる。励磁要素122及び交流電圧供給源130のインピーダンスの調節に関して、変圧器127を相互接続することができる。励磁コイル構成は、単一の励磁器周波数又は複数の異なる励磁器周波数で作動させることができる。

10

【0058】

更に、励磁コイル構成の内側にこれと同軸に通路開口部112周りに配置された受電コイル構成が設けられ、この受電コイルは、試験装置の評価デバイス150への受電コイル構成の接続に向けて接続要素148に属する。

【0059】

この例では、受電コイル構成は、通路開口部の円周にわたって配分された8つのセグメントコイル構成142-1から142-8を含み、これらの構成は、各場合に4つのセグメントコイル構成の2つの群に分割される。4つの第1のセグメントコイル構成142-1から142-4は、円形円筒形第1シェルS1上で相互に重なり合うことなく、貫通コイル構成の中心軸線114までの第1の半径方向距離A1に位置する。4つの第2のセグメントコイル構成142-5から142-8は、第1シェルS1と励磁シェル122の間に第2シェルS2上で相互に重なり合うことなく第1の半径方向距離A1よりも大きい第2の半径方向距離A2に位置する。

20

【0060】

距離A1及びA2、又はシェル間の半径方向距離の差は、それぞれ、異なるシェル上で検出された信号が酷似の信号強度を有することができるようにできるだけ低減されなければならない。シェル間の半径方向距離は、可能な場合に、高々1センチメートル、好ましくは1mm又はそれ未満、例えば、0.1mmと1mmの間に存在するべきである。距離の下限値は、主として生産に依存する。

30

【0061】

第1シェル上に均一に配分された第1のセグメントコイル構成の各々は、試験される物体の表面の円周のほぼ50°の円周区間のみを覆う検出範囲を有する。間隙が、周方向に第1セグメントコイル構成の間に残る。また、更に外側に位置する第2セグメントコイル構成は、各場合に試験片円周のほぼ50°の円周区間のみを覆い、かつ周方向に互いから離間している。第2セグメントコイル構成は、第2セグメントコイル構成142-5から142-8が、各場合に第1セグメントコイル構成間に存在する間隙を完全に覆い、かつ関連の第1セグメントコイル構成142-1から142-4にわたって最も近い隣接する端部部分上で両方の端部セグメントと更に重複するように、第1セグメントコイル構成に対して周方向にオフセットして配置される。その結果、2つのシェルの上に配分されたセグメントコイル構成は、周方向に通路開口部112周りに共通して閉リングを形成する。

40

【0062】

セグメントコイル構成の各々は、異なるチャンネルK1～K8及び多チャンネル接続デバイス148を通して評価デバイス150に接続され、従って、全てのセグメントコイル構成の試験信号の別々の評価が可能である。

【0063】

この「シェルモデル」では、共通のシェル上に位置するセグメントコイル構成の巻線又

50

はコイルは、中心軸線までの正確かつ完全に同じ半径方向距離、すなわち、同じ半径で常に位置する。異なる層を有するセグメントコイル構成では、有効領域の半径方向の中心は、同じ半径上に位置する。同じシェルのセグメントコイル構成の全ての巻線領域は、従って、幾何学的配置のために同じ感度を有し、それによってセンサ信号の直接的な比較可能性もたらされる。ここでは、シェルモデルにより、共通の半径上に位置するセグメント構成が端部領域と相互に重なり合う場合にこのような解決法において発生する場合がある。これまで無視されていた問題が排除される。不良解析における数 dB / ミリメートル距離の距離性能では、1 dB よりも大きい偏りが、相互の重複を伴う従来の解決法において発生する可能性がある。測定信号の解釈可能性は、それによって損なわれる。このような重大な重複は防止される。

10

【 0 0 6 4 】

シェルモデルでは、異なるシェルのセグメントコイル構成は、距離差 $A_2 - A_1$ のために感度差を有する。しかし、シェル内では、相互の重複の防止のために感度差がない。セグメントコイル構成の感度の距離性能が既知である結果として、この感度差は、電子的に又は適切な評価のためのソフトウェアによって解析することができる。

【 0 0 6 5 】

セグメントコイル構成は、各場合に平坦なコイル構成として構成され、これは、円筒形に湾曲した表面内のコイル構成の横方向の延長が、この表面に垂直に測定される延長を有意に超えることを意味している。ここでは、コイルは、プリント回路技術において発生される導体トラック 144 によって形成され、導体トラック 144 は、可撓性非導電性支持材料に適用されたものである（図 5 を参照されたい）。貫通コイル構成の生成中に、導体トラックに設けられた内側（第 1）セグメントコイル構成の支持体は、直接にコイル支持体 110 の円筒形に湾曲した表板に置かれ、例えば、接着剤によってそこに固定される。外部（第 2）セグメントコイル構成は、シェルの非常に小さい半径方向距離をもたらすために支持体と共にその上に直接に適用することができる。互いまでの半径方向距離を有するコイル支持体を配置することも可能である。

20

【 0 0 6 6 】

導体トラックの接続端部は、各場合に適切なケーブルによって接続要素 148 に接続することができる狭い一体接続ストリップ上で互いに絶縁された状態で延びる。セグメントコイル構成 142 - 1 から 142 - 8 と接続ユニット 148 のコイルとの間に、信号を増強し及び / 又は主として容量性のケーブルインピーダンスからの誘導コイルインピーダンスの分離を引き起こす増幅器ユニットを挿入することができる。

30

【 0 0 6 7 】

組付けされた貫通コイル構成では、セグメントコイル構成は、コイル支持体 110 と外部励磁コイル 122 との間に位置する。試験物体の外面とそれぞれのセグメントコイル構成との間に半径方向の試験距離があり、この距離は、試験物体が中心で貫通コイル構成に貫通される場合の円形円筒形の試験物体の例示的な場合では、同じシェルの全てのセグメントコイル構成に対して同一である。

【 0 0 6 8 】

各セグメントコイル構成 142 - 1 から 142 - 8 は、差動コイル構成、並びに絶対コイル構成を含む。その結果、各円周区間に関して、差動信号及び絶対信号の両方を検出してそれぞれの円周区間に割り当てることができる。それ以外に、差動コイル構成により、導電性出発原料の小さい欠陥さえ又は他の不均質性も確実に検出することができ、その理由は、コイル部分の軸線方向の差別化により、欠陥にトレースバックしない信号部分を殆ど補償することができるからである。セグメント化の結果、位置解像度 / 検出は、周方向に可能である。例えば、管 190 の円周での割れタイプの欠陥 F1 は、第 2 シェル S2 のセグメントコイル構成 1426 においてのみ不良信号を発生し、その理由は、この不良の移動経路は試験物体がシステムに貫通される間にこの 1 つのセグメントコイル構成の検出範囲を通るに過ぎないからである。これとは対照的に、円周で軸線方向の方向にオフセットした第 2 の不良 F2 は、その後の時点で内側の第 1 シェルの周方向にオフセットして配

40

50

置されたセグメントコイル構成 1 4 2 - 1 において不良信号を発生する。従って、2つの不良の位置を軸線方向及び周方向に識別することができる。対応する不良信号は、互いから分離されたチャンネルによって評価ユニット 1 5 0 に伝達され、対応する不良信号をそれぞれの円周区間と関連させることができる。

【 0 0 6 9 】

セグメントコイル構成の絶対コイル構成により、殆どは縦方向に延びる大きな不良を不良信号として検出することができる。しかし、ここでは、距離センサとしての使用というオプションが特に重要である。絶対信号の信号強度は、感度的に絶対コイル構成と材料表面の間の距離に依存し、信号の絶対強度及び使用信号と干渉信号間の比率は、材料表面からの絶対コイル構成の距離が増加する時に減少する。この関係は、特定の通達距離にわたって本質的に線形であるので、絶対コイル構成を距離センサとして使用することができるほど良好に較正することができる。

10

【 0 0 7 0 】

絶対コイル構成によって形成された距離センサは、不良信号を検出することができる差動コイル構成と同一平面において貫通方向に垂直に配置される。評価デバイス 1 5 0 は、距離評価デバイスを含み、かつ絶対コイル構成の信号から導出することができる距離情報を様々な評価目的に対して更に処理することができるように構成される。

【 0 0 7 1 】

例示的な実施形態において、個々のセグメントコイル構成の絶対コイル構成のそれぞれ絶対信号又は距離信号は、1対1でそれぞれのセグメントコイル構成の差動コイル構成の差動信号に割り当てることができる。しかし、それは、必須ではない。例えば、より小さい数の選択された絶対コイル構成からのみの距離情報に関して絶対信号を評価することができる。例えば、4つの異なる（例えば、対単位で反対の）絶対コイル構成からの4つの距離信号のみが検出されれば十分と考えられ、4つの距離信号は、次に、8つの差動コイル構成の全ての差動信号の処理においてソフトウェア制御方式で考慮される。

20

【 0 0 7 2 】

図 3 ~ 図 6 は、本発明の実施形態において距離信号を発生するためにセグメント化した絶対コイル構成を使用する方法を説明する。その目的に関して、図 3 は、中心軸線 1 1 4 又は試験される長い製品の貫通方向に平行な円形円筒形の励磁コイル 1 2 2 を通る縦断面を示している。励磁コイルは、周方向に交流が流れる導体を形成し、それによって交替する電磁場が発生され、磁力線（矢印）が、励磁コイル周りに電流フロー方向に本質的に垂直に延びる。ここでは、それぞれ、励磁コイルの軸線方向の中心平面 M の周りに対称的にかつ中心コイル平面に対して対称的に本質的に均質な磁場領域 F H ができ、この磁場領域では、磁力線は、貫通方向と殆ど平行に又は励磁コイルのコイル平面に垂直に延びる。両方の軸線方向の端部に向けて、不均質な磁場領域 F I が、均質な磁場領域 F H に隣接し、この不均質な磁場領域では、磁力線の磁場は、磁力線が互いと平行に及び中心軸線と平行に延びないように不均質である。

30

【 0 0 7 3 】

励磁コイルの軸線方向の端部の近く、並びに励磁コイルの外側の磁力線の逆流領域では、磁場 B は、励磁コイルの中心軸線に平行な x 成分だけではなく、中心軸線に対して半径方向に有限の y 成分も有する。図 4 は、磁場の成分 B_x 及び B_y を概略的に示している。図 3 では、励磁コイルの内部に部分的に到達し、かつ外部逆流領域を含む不均質な磁場領域は、破線で強調されている。均質な磁場領域は、ハッチング線なしで示されている。不均質な磁場領域は、距離補償に対する絶対コイル構成の位置決めのために考えられる。

40

【 0 0 7 4 】

本発明の実施形態において、セグメント化した絶対コイル構成は、距離センサとして使用され、距離センサは、従来の試験される長い製品の貫通方向に平行に延びる磁力線ではなく、垂直な磁力線の成分、すなわち、y 成分を使用する。その場合に、試験される長い製品の位置次第で、不均質な磁場領域において検出することができる絶対磁場及び勾配磁場の変化が生じるという事実が利用される。ここでは、本質的に、励磁コイルによって

50

発生される主磁場が検出され、しかし、主磁場は、長い製品における渦電流磁場と干渉し、それによって低減される。測定が影響を受けるのは、殆ど均質な領域FRにおいてはではなく、試験される長い製品の偏心度の結果として変化する可能性がある勾配磁場がある不均質な逆流領域においてである。1つの理由は、近接効果であり、近接効果は、長い製品の偏心度に応答して異なる渦電流を発生し、従って、逆流領域における磁力線にも影響を与える。

【0075】

試験される長い製品を取り囲む従来の広範囲にわたる絶対コイルでは、この効果は、コイル内で互いを殆ど相殺し、従って、一部の場合に得られる信号は、貫通される長い製品の可能な偏心度に関する使用可能な結論を可能にしない。これとは対照的に、本発明の実施形態において、勾配磁場の変化は、距離信号の形態で検出及び処理することができる。

10

【0076】

その目的のために、図5は、貫通コイル構成のシェルの1つの上に配置されたセグメントコイル構成542の実施形態の斜めの透視概略図を示している。円筒形に湾曲した電気絶縁支持要素510の上に、差動コイル構成520及び絶対コイル構成530が、互いから電気絶縁されて配置される。絶対コイル構成は、差動コイル構成の軸線方向の側の第1の部分コイル構成530-1及び反対側の軸線方向の側の第2の部分コイル構成530-2を含む。反対の方向を有する2つの部分コイル構成の巻線が互いに接続される。

【0077】

図3は、励磁コイル122の内側のセグメントコイル構成542の配置状況を示している。設けられた状態の励磁コイル構成のコイル平面(中心平面M)に対するセグメントコイル構成は、差動コイル構成520が励磁コイルの均質な磁場領域FRにおいてコイル平面に対して対称的に位置するように配置されているということを見ることができる。これとは対照的に、軸線方向の端部に隣接する絶対コイル構成の部分コイル構成は、不均質な磁場領域F1に位置し、従って、部分コイル構成の巻線により定められたコイル面は、中心軸線まで半径方向に延びる磁力線のy成分により貫通される。

20

【0078】

ここで、距離センサとして絶対コイル構成が性能を発揮するのに決定的なことは、2つの部分コイル構成530-1及び530-2が異なる磁力線方向に不均質な磁場により貫通されるということである(図5の円形の磁場記号を参照されたい)。ここで、B磁場のy成分は、電圧を誘導する。部分コイル構成の直列接続は、コイル内で誘導された電圧の部分的又は完全な相殺をもたらす。これとは対照的に、反対方向に接続することにより、2つの部分コイル構成内で誘導された電圧が、勾配磁場の変化に基づいて強い絶対信号ABSが起こるように合計されることがもたらされる。励磁コイルの中心平面Mと対称的な絶対コイル構成のこの構成の更に別の長所は、欠点検出に悪影響がもたらされないという点である。

30

【0079】

完全に組付けされた試験装置では、絶対コイル構成530は、評価デバイス150に一体化された距離評価ユニット152に接続される。

【0080】

差信号DIFFは、差動コイル構成520の接続端部に存在する。この信号は、評価ユニット150においても評価される。

40

【0081】

長い製品の導入及び2次磁場の関連の発生中に、長い製品内で生じる渦電流のために磁力線分布が変化する。貫通コイル構成の中心軸線に対する長い製品の中心位置の場合に、磁力線変位は、全ての位置で同一になる。これとは対照的に、長い製品の非中心位置の場合には、非対称の磁力線分布が生じ、これを距離センサとして作用する絶対コイル構成により検出することができる。

【0082】

この実施形態において、絶対コイル構成は、一見すると異なるセンサ特性を有するよう

50

に見える巻線によって形成される。しかし、使用される磁力線の異なる貫通方向のために、絶対コイル特性が生じ、それによって新しいタイプの距離センサがもたらされる。

【0083】

コイル平面に対して対称的である絶対コイル構成の2つの部分コイル構成を有する視覚的に示す構成の代わりに、差動コイル構成の片側（貫通コイル構成の入口側又は出口側）に絶対コイル構成を装着することも可能であり、この絶対コイル構成は、信号発生に向けて半径方向に延びる磁力線の成分を使用する。

【0084】

絶対コイル構成は、励磁コイルの磁場の外部逆流領域に位置することができる（ハッチング線を参照されたい）。

【0085】

絶対コイル構成の巻線は、共通の円筒表面上、すなわち、同じ半径上に位置することができる。絶対コイル構成の各部分は、中心軸線までの異なる半径方向距離に位置する可能性もある。ループ又は巻線のタイプは、それぞれ、用途の事例に従って選択することができる。概略的に示した長円形の形状の他に、例えば、巻線の丸い形状又は多角形の形状も可能である。絶対コイル構成のサイズ、すなわち、周方向の横方向広がり、個々の事例に適合させることができる。図5に示すように、周方向の絶対コイル構成の広がり、それぞれ完全に重なり合うことに関してかつ試験片の完全な円周の検出に関して周方向に複数のシェルにわたって全体的に互いを補完することになっている差動コイル構成よりも有意に小さい可能性がある。それは、絶対コイル構成の場合は必要ではなく、一般的に所望されもしない。材料表面内の欠点による干渉のない距離の正確な判断に向けて、周方向の非常に短い長さ、適切な場合には殆ど点の形態の距離センサさえ有利とすることができる。しかし、ループ内に誘導された電圧が、確実な評価に対して十分に大きいように、ある一定の物理的広がりが望ましい。

【0086】

典型的な実施形態において、セグメント化した絶対コイル構成が、周方向に存在し、各絶対コイル構成は、試験片の円周の一部のみを覆う。一般的に、絶対コイル構成は、周方向には重なり合わない。絶対コイル構成は、距離センサとして機能する。ここでは、欠点検出のための長い製品を取り囲む別々の絶対コイルは設けられない。

【0087】

任意的に、励磁コイル122による貫通コイル構成の円周にわたる標準的な絶対信号のパラメトリック検出を実施することができる。ここで、励磁コイルは、パラメトリック絶対コイルとして作用し、励磁及び検出は、同じ成分によって行われ、インピーダンス変化が評価される。

【0088】

他の実施形態において、セグメントコイル構成及び励磁コイル構成とは別々で長い製品を取り囲む絶対コイルを設けることができる。

【0089】

詳細に説明した実施形態に加えて、多くの変形が本発明の範囲で可能である。例えば、貫通コイル構成は、差動コイル構成を有する2つよりも多いシェルを含む場合がある。貫通コイル構成は、絶対コイル構成なしで差動コイル構成のみによって作動するという可能性がある。絶対コイル構成を有していないセグメントコイル構成と絶対コイル構成を有するセグメントコイル構成とを結合することも可能である。

【0090】

貫通される時の試験片の直径、直径形状、直径変動、及び/又は位置の偏心度の判断のみが必要な場合には、貫通コイル構成は、差動コイル構成なしでも、すなわち、セグメント化された絶対コイル構成のみで製造及び/又は使用することができる。その後、完全な欠陥試験、又は適切な場合には別の試験装置によってある一定の欠点タイプに向けて最適化された欠陥試験を実施することができる。

【0091】

ここで、不良信号の評価に加えて、同じく又は長い製品の位置の機械的補償のみが、得られるデータによって実施される可能性がある。

【 0 0 9 2 】

例示的方式で、図 6 は、各場合に差動コイル構成を有する 4 つのシェルが絶対コイル構成を有する 1 つ又は複数のシェルに結合されるいくつかの変形を示している。ここで、必要に応じて、絶対コイルの使用により距離補償が可能である。この場合に、実線は、差動コイル構成のみを含むシェルを表している。破線は、距離検出に向けて絶対コイル構成のみを含むシェルを表している。図 5 に関して説明したように、絶対コイル構成及び差動コイル構成は、異なるシェル上に位置しなくてもよいが、中心軸線までの同じ距離を有する 1 つのシェルの上に位置することができる。差動チャンネル及び距離チャンネルの特徴的な距離性能に対して公知である結果として、適切なハードウェア構成要素により、及び適切な評価のためのソフトウェアにより、長い製品の偏心度に基づく欠点検出において異なる感度性能の補償をもたらすことができる。

10

【 0 0 9 3 】

本発明は、円形断面を有する貫通コイル構成に限定されない。図 7 は、矩形断面を有し、特に、正方形の断面を有する長い製品の試験のために構成された丸くない形状調節された貫通コイル構成 7 0 0 の例示的な実施形態を示している。図 2 の場合と類似又は同じ機能の構成要素及び特徴は、6 0 0 だけ多い同じ参照記号を有する。

【 0 0 9 4 】

励磁コイル 7 2 2 及びシェル S 1 及び S 2 は、各場合に丸いコーナを有するほぼ正方形タイプの形状を有する。外側の第 2 シェル S 2 の 4 つの平面セグメントコイル構成 7 4 2 - 5 ~ 7 4 2 - 8 は、縦方向縁部の近くまで長い製品の平面側面を試験する。縁部領域は、内側の第 1 シェル S 1 の第 1 セグメントコイル構成 7 4 2 - 1 ~ 7 4 2 - 4 により検出される。この構成は、角度的に構成され、円弧状に湾曲した中心区間は、互いに垂直 (9 0 °) に配置されたアームの間に位置する。電気接続及び評価オプションは、第 1 の例示的な実施形態に類似のものである。

20

【 0 0 9 5 】

上述したように、正方形タイプ及び他の多角形断面 (例えば、六角形の棒) も、一部の場合に、セグメント化されたコイルの円形構成によって試験することができる (例えば、図 1、図 2 を参照されたい) 。

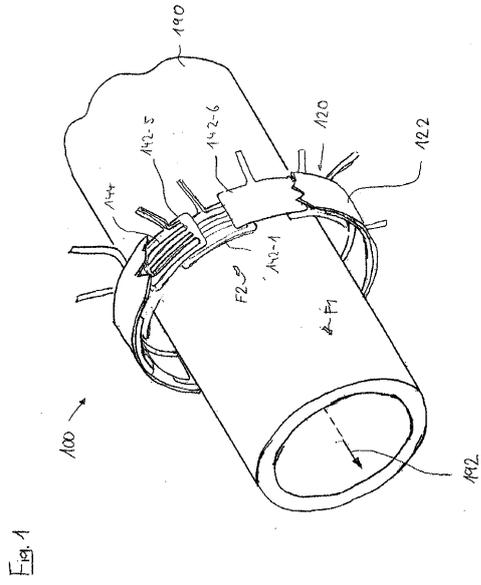
30

【 符号の説明 】

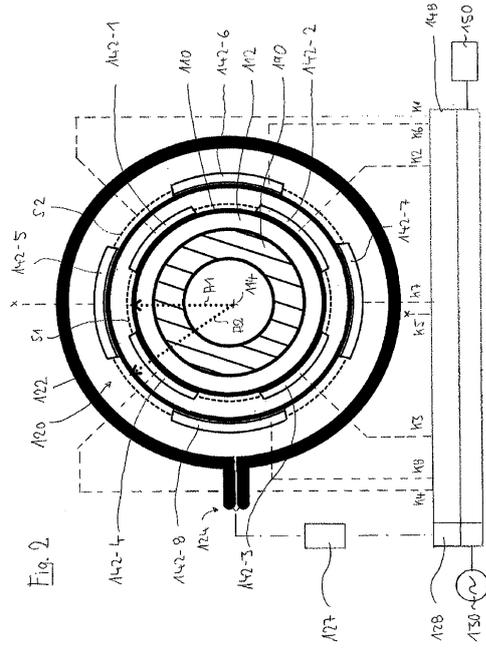
【 0 0 9 6 】

- 1 1 2 通路開口部
- 1 2 0 励磁コイル構成
- 1 5 0 評価デバイス
- 1 9 0 長い製品
- S 1 シェル

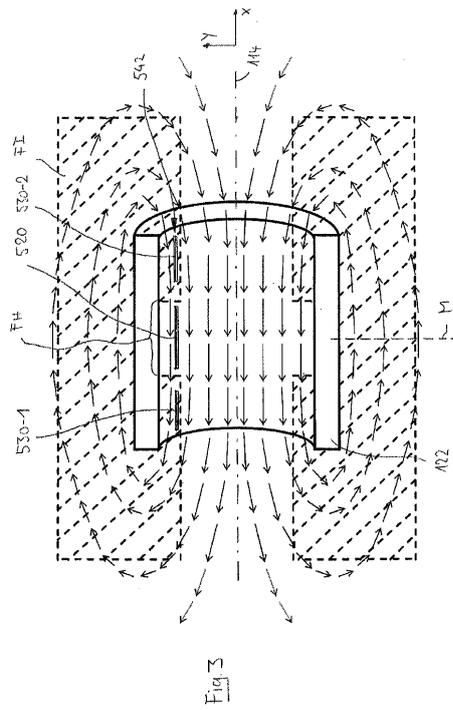
【 図 1 】



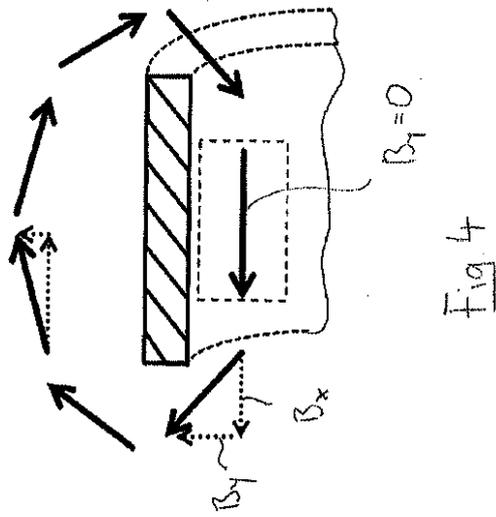
【 図 2 】



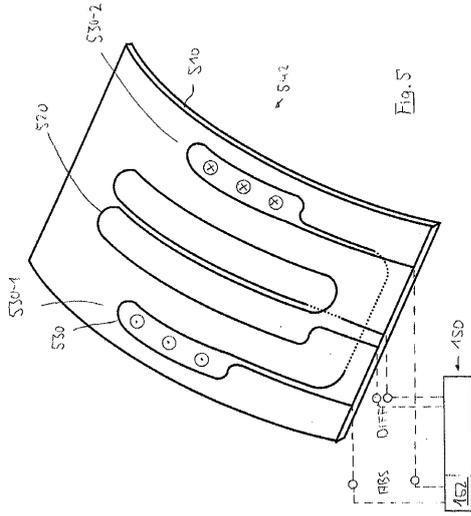
【 図 3 】



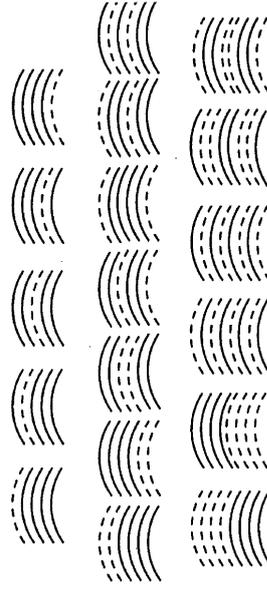
【 図 4 】



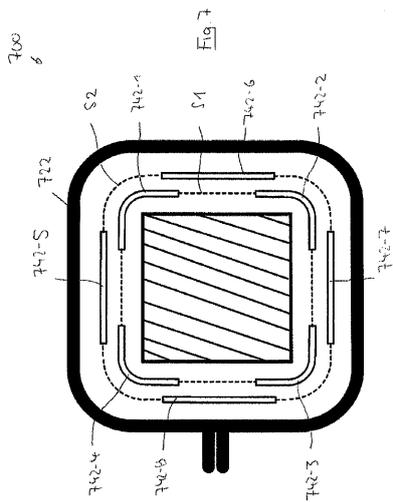
【 5 】



【 6 】



【 7 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
- (74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩
- (74)代理人 100176418
弁理士 工藤 嘉晃
- (72)発明者 ボッカー マティアス
ドイツ連邦共和国 ロイトリンゲン 72760 ヨハネス - アイゼンローア - シュトラーセ 1
60
- (72)発明者 ハディッチュ フランツ
ドイツ連邦共和国 ロイトリンゲン 72762 マリーエンシュトラーセ 3/2
- (72)発明者 コッホ シュテファン
ドイツ連邦共和国 ビジンゲン 72406 アン デア ザイテ 13

審査官 蔵田 真彦

- (56)参考文献 特開昭62-032355(JP,A)
特開2002-221514(JP,A)
実開平06-069835(JP,U)
特開平11-051905(JP,A)
特開昭63-198863(JP,A)
米国特許第04024470(US,A)
特開2011-033510(JP,A)
特開2002-062280(JP,A)
国際公開第2008/126554(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 27/72 - 27/90