

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-525230  
(P2018-525230A)

(43) 公表日 平成30年9月6日(2018.9.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 1 C 51/00</b> (2006.01)	B 2 1 C 51/00	K
<b>B 2 1 B 38/04</b> (2006.01)	B 2 1 B 38/04	B

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2018-507004 (P2018-507004)  
 (86) (22) 出願日 平成28年8月10日 (2016.8.10)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年2月27日 (2018.2.27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2016/054817  
 (87) 国際公開番号 WO2017/025910  
 (87) 国際公開日 平成29年2月16日 (2017.2.16)  
 (31) 優先権主張番号 102015000043716  
 (32) 優先日 平成27年8月10日 (2015.8.10)  
 (33) 優先権主張国 イタリア (IT)

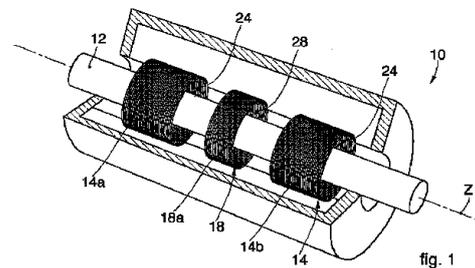
(71) 出願人 514165990  
 ダニエリ オートメーション ソシエタ  
 ベル アチオニ  
 イタリア共和国 イー33042 プット  
 リオ、ヴィア ボナルド ストリンジェー  
 ル、4  
 (74) 代理人 100105957  
 弁理士 恩田 誠  
 (74) 代理人 100068755  
 弁理士 恩田 博宣  
 (74) 代理人 100142907  
 弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属プロファイルのサイズの圧延時での熱測定のための方法およびデバイス

(57) 【要約】

管または中実の棒のような金属プロファイル 1 2 の少なくとも直径 D および平均厚さ S 1 のうちの少なくとも一方の測定値を得るために、圧延時に、同金属プロファイル 1 2 の横方向サイズを熱測定するための方法およびデバイス。方法は、少なくとも 2 つの周波数 F 1 , F 2 を有する正弦波電流 2 0 を用いて、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも 2 つのセクション 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d を有する送信要素 1 4 であって、金属プロファイル 1 2 の公称送り軸 Z に沿って配置されている送信要素 1 4 に電力を供給すること、力線の所望のプロファイルを有する電磁場を前記送信要素 1 4 で発生させることと、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している 1 つ以上のセクション 1 8 a , 1 8 b を有する受信要素 1 8 であって、前記公称軸 Z に沿って、前記送信要素 1 4 の全体の長手方向バルクに含まれる位置に配置されている受信要素 1 8 によって、前記送信要素 1 4 の前記セクション 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d を前記金属プロファイル 1 2 が通過することに起因する電磁場の変化に関連する信号 2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

管または中実の棒のような金属プロファイル(12)の少なくとも直径(D)および平均厚さ(S1)のうちの少なくとも一方の測定値を得るために、圧延時に、同金属プロファイル(12)の横方向サイズを熱測定するための方法において、前記方法は、

少なくとも2つの周波数(F1, F2)を有する正弦波電流(20)で、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも2つのセクション(14a, 14b, 14c, 14d)を有する送信要素(14)であって、前記金属プロファイル(12)の公称送り軸(Z)に沿って配置され、前記金属プロファイル(12)の横方向サイズと同じ公称測定にて動作する送信要素(14)に電力を供給することと、

力線の所望のプロファイルを有する電磁場を前記送信要素(14)で発生させることと、

互いに対して区別されるとともに空間的に離間している1つ以上のセクション(18a, 18b)を有する受信要素(18)であって、前記公称軸(Z)に沿って、前記送信要素(14)の全体の長手方向バルクに含まれる位置に配置されている受信要素(18)によって、前記送信要素(14)の前記セクション(14a, 14b, 14c, 14d)を前記金属プロファイル(12)が通過することに起因する電磁場の変化に関連する信号(22)を検出することであって、前記送信要素(14)の前記セクション(14a, 14b, 14c, 14d)および前記受信要素(18)のいずれも、前記金属プロファイル(12)の直径よりも大きなサイズの通過孔を画定する断面形状を有し、かつ同送信要素(14)の前記セクション(14a, 14b, 14c, 14d)および同受信要素(18)にて測定が実施されるとともにそれらの内側を前記金属プロファイル(12)が通過する、前記検出することと、

周波数(F1, F2)毎に前記電流(20)の値に関して検出された電磁場の前記流れの値を正規化および無次元化することと、

流れの正規化および無次元化された値に基づく数学的モデルを定義することと、

前記送信要素(14)および前記受信要素(18)の物理的サイズからの前記金属プロファイル(12)の横方向サイズの測定の制約を解除するために、実際の無次元化された値と数学的モデルによって定義された理想的な無次元化された値との間の対応関係を決定するべくホモグラフィック変換を実行することと、

前記金属プロファイル(12)の直径(D)および平均厚さ(S1)のうちの少なくとも一方を計算するためにホモグラフィから得られたデータを処理することと、

を含むことを特徴とする方法。

**【請求項 2】**

前記ホモグラフィック変換は、少なくとも前記送信要素(14)および前記受信要素(18)の第1の較正レベルに由来するパラメータに基づいて実行されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記第1の較正レベルは、それぞれが、金属プロファイル(12)が存在しない状態での1つの測定と、中実の棒として存在する2つの金属プロファイル(12)での2つの測定と、である少なくとも3つの電磁反応場の測定を検出することを提供し、少なくとも3つの測定は電流(20)の各周波数(F1, F2)に対して実施されることを特徴とする、請求項2に記載の方法。

**【請求項 4】**

少なくとも管状の金属プロファイル(12)の局部厚さ(S2)の測定を行うために、前記受信要素(18)の周囲に配置された円形クラウンを等分することによって得られる確定セクタに対応するセグメント化されたコイル(31, 31a, 31b, 31c, 31d)を用いて、前記管状の金属プロファイル(12)の通過に起因する電磁場の変化に関連する信号(23)を検出することが提供されることを特徴とする、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 5】

前記第 1 の較正レベルから得られるパラメータを用いて、正規化、無次元化およびホモグラフィック変換により、前記セグメント化されたコイル ( 3 1 , 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d ) で検出された前記信号 ( 2 3 ) を処理することが提供されることを特徴とする、請求項 2 および 4、または請求項 3 および 4 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記公称軸 ( Z ) に関する前記金属プロファイル ( 1 2 ) のアラインメントとは無関係に横方向サイズの前記測定が行われるために、前記送信要素 ( 1 4 ) および前記受信要素 ( 1 8 ) に関する管状の金属プロファイル ( 1 2 ) の位置の補償を行うことが提供されることを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

10

## 【請求項 7】

位置の前記補償は、少なくとも前記送信要素 ( 1 4 ) および前記受信要素 ( 1 8 ) の第 2 の較正レベルから得られる少なくとも 1 つのパラメータを用いて実行され、前記公称軸 ( Z ) に対して変位している、既知のサイズを有する非偏心金属プロファイル ( 1 2 ) の存在下で反応電磁場の少なくとも 1 つの測定値を検出することが提供されることを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記セグメント化されたコイル ( 3 1 , 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d ) の各々によって検出された各信号 ( 2 3 ) に対して、少なくとも局部壁厚 ( S 5 , S 6 , S 7 , S 8 ) を決定するために、前記金属プロファイル ( 1 2 ) の偏心の推定を実行することが提供されることを特徴とする、請求項 4 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法。

20

## 【請求項 9】

前記偏心の推定は、少なくとも前記送信要素 ( 1 4 ) および前記受信要素 ( 1 8 ) の第 3 の較正レベルから得られる少なくとも 1 つのパラメータを用いて実行され、既知の偏心性および既知の方向に配向している既知のサイズを有する管状の金属プロファイル ( 1 2 ) の存在下にて前記反応電磁場の少なくとも 1 つの測定を検出することが提供されることを特徴とする、請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

圧延時に金属プロファイル ( 1 2 ) の横方向サイズを熱測定するためのデバイスであって、前記デバイスは、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも 2 つのセクション ( 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d ) を有する送信要素 ( 1 4 ) であって、前記金属プロファイル ( 1 2 ) の公称送り軸 ( Z ) に沿って配置され、前記金属プロファイル ( 1 2 ) の横方向サイズの同じ公称測定で動作し、力線の所望のプロファイルを有する電磁場を発生するように構成されている送信要素 ( 1 4 ) と、前記送信要素 ( 1 4 ) の全体の長手方向バルクに含まれる位置において公称軸 ( Z ) に沿って配置されるとともに前記金属プロファイル ( 1 2 ) の通過に起因して前記電磁場の変化に関連する信号 ( 2 2 ) を検出するように構成されている受信要素 ( 1 8 ) と、を含み、前記送信要素の前記セクション ( 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d ) および前記受信要素 ( 1 8 ) のいずれも前記金属プロファイル ( 1 2 ) の直径よりも大きなサイズの通過孔を画定する断面形状を有し、かつ同送信要素 ( 1 4 ) および同受信要素 ( 1 8 ) にて測定が実施されるとともにそれらの内側を前記金属プロファイル ( 1 2 ) が通過することを特徴とするデバイス。

30

40

## 【請求項 11】

前記デバイスは、複数の受信コイル ( 3 1 , 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d ) を含み、各々が、前記受信要素 ( 1 8 ) の周囲に配置された円形クラウンを等分することによって得られる相対セクタに対応するセグメントとして構成されることを特徴とする、請求項 10 に記載のデバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えば鋼製の棒または管のような金属プロファイルの横方向サイズの、圧延

50

時での熱測定のための方法に関する。

より詳細には、本発明は、棒および管の場合では、外径を、金属プロファイルが管の場合では、平均厚さと局部厚さの両方をも、測定するのに使用できる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

熱間圧延により鋼製の管および/または棒のような金属プロファイルを製造することが知られている。圧延プロセスを制御するために、プロセスが実行される時に、金属プロファイルの横方向のサイズ、例えば棒の場合の平均直径および/または管の場合の平均直径および厚さを知ることは有用である。これは、所望の直径および/または厚さを有する金属プロファイルを可能な限り一定かつ均一に得るために、圧延プロセスを調整するために迅速に介入することを可能にする。

10

【0003】

完全なプロファイルから開始してマンドレルを用いて軸方向の孔を形成して、管状要素を作製することが知られている。次のステップは、所望の管状要素の断面サイズを低減することからなる。この操作は、通常、こうして得られた管状要素を1つ以上の圧延スタンドに通すことによって行われる。

【0004】

このプロセスは、管状要素の品質において主に2つのタイプの問題を引き起こす可能性があり、いずれも厚さにおける偏差に関係する。

第1の問題は、軸方向の孔が形成されているときのマンドレルの偏心に起因して、形成される管状要素の公称断面に関して厚さにおける偏差に関する。

20

【0005】

第2の問題は、孔と断面との間の偏心に起因するものではなく、管状要素の厚さの局所的な円周方向の変化に起因する厚さにおける偏差に関する。

厚さにおける偏差は加工品の質に悪影響を及ぼす。さらに、金属プロファイルの抵抗性および性能は、使用中に影響を受ける可能性がある。

【0006】

熱間圧延時に、金属プロファイルのサイズ、特に横方向のサイズを、直接かつ接触せずに測定するための異なるデバイスおよび方法が知られている。

例えば、放射線源によって生成されたガンマ線の使用に基づいて、放射線撮影法を使用するデバイスが知られている。この方法は、1つまたは複数の対の放射線源および1つまたは複数の放射線検出器の使用を提供する。管状要素が通過した後に放射線検出器によって捕捉された放射線に応じて、電流が生成され、それは測定用トランスデューサによって処理され、デジタル化され、その後中央処理システムに送られて管状要素の壁の厚さが計算される。

30

【0007】

このようなデバイスの1つの欠点は、放射性物質の使用およびその後の廃棄手順に起因する高いコストおよび安全性の問題である。

超音波レーザ技術を使用する横方向のサイズを測定するためのデバイスも知られている。この場合、送信機プローブは超音波を発生するパルスレーザビームを放射し、それは金属プロファイルの厚さ部分の外側から内側に伝播され、管状要素の内面によって反射されて外面に向かって戻る。レーザ干渉計は、超音波が通過するのに要する時間を決定し、超音波の伝播速度がわかれば、デバイスは、測定された通過時間の関数として金属プロファイルの厚さを検出することができる。

40

【0008】

超音波レーザデバイスの1つの欠点は、角走査を必要とすることであり、従って、全周をカバーするために、プローブの支持部分を移動させ、部分的に回転させて、金属プロファイルのいくつかの表面部分について測定値の検出を得ることが必要である。

【0009】

この技術の別の欠点は、送信機プローブおよび受信機プローブの位置に対する検出の感

50

度である。さらに、これらのデバイスは、一般にかなり高価であり、管理および維持が難しい。

【0010】

寄生電流を伴う電磁測定デバイスも知られている。磁場を生成する1つまたは複数の送信コイル、および誘導される磁場の変化を検出する1つまたは複数の受信コイルが一般に使用される。既知の電磁デバイスの1つの欠点は、測定値が金属プロファイルおよびセンサの相対位置に大きく依存することである。

【0011】

寄生電流を伴う電磁測定デバイスの別の欠点は、金属プロファイルの横方向サイズの測定が、測定されるプロファイルの金属材料の導電性によって影響を受けることである。この理由から、寄生電流を伴う測定デバイスは、測定されるプロファイルの材料の導電率に応じて特定の異なる較正を必要とする。

10

【0012】

特許文献1には、管状金属要素の断面の厚さの偏差を検出する装置が記載されている。この装置は、各々が測定される管状金属要素の周囲に間隔をおいて配置された送信コイルと受信コイルとを含む電磁型の少なくとも3つのセンサからなる。送信コイルおよび受信コイルは、測定される管状金属要素の壁の外側に配置される。この文献では、送信コイルと受信コイルの両方を組み込んだセンサの各々が、それぞれの圧延リングに関連していることが有利に提供される。

20

【0013】

この文献は、断面における各低減と同時に測定を行うために、各圧延スタンドに関連する測定装置が存在していることを規定している。しかしながら、同一断面における各測定について、各測定装置は、管状金属要素の局所的な厚さを検出するために、各電磁センサが断面の角部分、例えば3つのセンサの場合は120°で動作することを規定する。3つの検出値を比較することにより、管状金属要素の厚さが全周にわたり一定であるか否かの表示が得られる。この文献は、管状金属要素の公称断面の同じ測定で動作する送信コイルおよび受信コイルが、管状要素の軸に沿って互いから距離をおいて配置されることを規定していない。

【0014】

特許文献2は、管状金属要素の欠陥、偏心および壁厚を検出するシステムおよび装置を記載している。この装置は、管状金属要素の表面に寄生電流を発生させる電磁場を放出する一次コイルと、寄生電流を検出して所望の情報を得る二次コイルとを有する。

30

【0015】

一次コイルおよび二次コイルは、互いに対して実質的に軸線上にあり、それらは、測定される管状金属要素の壁に対して相対向する側にそれぞれ配置される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

【特許文献1】国際公開第2013/190360号パンフレット

【特許文献2】米国特許第3,693,075号明細書

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明の1つの目的は、高温条件下で測定を効率的に行うことを可能にする棒(bar)および管の直径および/または厚さを測定する方法を提供することにある。

本発明の別の目的は、使用される測定デバイス内部の金属プロファイル(metal profile)の位置に関係なく測定を行うことを可能にする測定方法を提供することにある。

【0018】

別の目的は、測定される材料の導電率に依存しない測定方法を提供することにある。

50

別の目的は、材料が強磁性でない場合、例えば非鉄金属若しくはステンレス鋼の場合には、金属プロファイルの速度および温度の両方および/または使用される特定のタイプの材料に実質的に依存しない測定方法を得ることであり、他のタイプの材料の場合には、後者がキュリー温度を上回るときの速度および温度とは無関係である測定方法を得ることである。

【0019】

本発明の別の目的は、管のような金属プロファイルの局所的な厚さを異なる角度位置で同時に測定することができる測定方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本出願人は、最先端の技術の欠点を克服し、これらの目的および他の目的ならびに利点を得るために、本発明を考案し、試験し、具現化した。

本発明は、独立請求項に記載され、特徴付けられる一方で、従属請求項は、本発明の他の特徴または主な発明思想に対する変形を記載する。

【0021】

上記の目的にしたがって、例えば中実の棒または管のような金属プロファイルの横方向 (transverse) サイズの、圧延中における熱測定のための方法が提供される。

本発明によれば、少なくとも金属プロファイルの直径および/または厚さの測定値を得るために、管または中実の棒のような金属プロファイルの横方向サイズの、圧延中における熱測定のための方法は、少なくとも2つの周波数を有する正弦波電流で、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも2つのセクションを有する送信要素であって、金属プロファイルの公称送り軸に沿って配置され、横方向サイズの同じ公称測定にて動作する送信要素に電力を供給し、力線 (force line) の所望のプロファイルを有する電磁場を送信要素で発生させるように構成されている。

【0022】

送信要素と受信要素のいずれも、測定が行われる、金属プロファイルの直径よりも大きなサイズの通過孔を画定する断面形状と、金属プロファイルが通過する内側とを有し、同断面形状は円形であると有利であるが、必ずしも円形である必要はない。

【0023】

同方法はまた、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している1つ以上のセクションを有する受信要素であって、公称軸に沿って、送信要素の全体の長手方向バルクに含まれる位置に配置されている受信要素によって、送信要素のセクションを通る金属プロファイルの通過に起因する電磁場の変化に関連する信号を検出することを提供する。

【0024】

「送信要素の全体の長手方向バルク (overall longitudinal bulk) に含まれる位置にある」という表現は、受信要素が、金属プロファイルの送り方向に、常に2つの送信要素の間の中間位置に配置され、そして、任意の場合において、送信要素によって画定された端部の内側に長手方向に含まれていることを意味している。この構成を備えることによって、送信要素によって伝達される場の力線は、受信要素上で最適に伝達され、外部に分散されず、測定が極めて有効かつ正確になる。

【0025】

「横方向サイズの同じ公称測定 (same nominal measurement) で動作する」という表現は、送信要素の2つのセクションが、金属プロファイルの送り軸に沿って互いに空間的に分離して配置されるが、両者の間には、金属プロファイルの断面の低減が認められず、したがって、それらは金属プロファイルの2つの別個のセクションで動作しているが、2つのセクションは同じ公称横方向サイズを有していることを意味する。

【0026】

本発明の1つの構築によれば、本方法はまた、周波数毎に電流の値に関して検出された電磁場の流れの値の正規化および無次元化を実行し、流れの正規化および無次元化された

10

20

30

40

50

値に基づく数学的モデルを定義し、実際の無次元化された値と、数学的モデルによって定義された理想的な無次元化された値との間の対応関係を決定するために、ホモグラフィック変換を実行することを提供する。本発明に従う方法は、ホモグラフィから得られたデータを処理して、金属プロファイルの直径および/または平均厚さを計算することも提供する。

【0027】

このようにして、前記金属プロファイルの物理的サイズの横方向サイズの測定は、送信要素および受信要素の物理的サイズから制約を受けず、従って、より信頼性の高い測定を可能にする。

【0028】

いくつかの実施形態によれば、ホモグラフィック変換は、少なくとも送信要素および受信要素の第1の較正レベルに由来するパラメータに基づいて実行される。

いくつかの実施形態によれば、第1の較正レベルは、それぞれが、金属プロファイルが存在しない状態での1つの測定と、中実の棒として存在する2つの金属プロファイルを用いた2つの測定と、である少なくとも3つの電磁反応場の測定を検出することを提供し、測定は電流の各周波数に対して実施される。

【0029】

いくつかの実施形態によれば、本方法は、少なくとも管状の金属プロファイルの局所的な厚さの測定を行うために、受信要素の周囲に配置された円形クラウンを等分することによって得られる確定セクタに対応するセグメント化(segmented)されたコイルを用いて、管状金属プロファイルの通過に起因する電磁場の変化に関連する信号を検出するために提供される。

【0030】

いくつかの実施形態によれば、本方法は、公称軸に対する金属プロファイルのアライメントとは無関係に横方向サイズの測定を行うために、送信要素および受信要素に関して管状金属プロファイルの位置の補償を行うことを提供する。これにより、測定される金属プロファイルが受信要素と同軸でなくても、信頼性のある測定を得ることができる。

【0031】

いくつかの実施形態によれば、本方法は、測定される金属プロファイルの偏心の推定を実行し、各セグメント化コイルによって検出された各信号に対して、少なくとも局所的な壁厚を決定することも提供する。

【0032】

このようにして、管状金属プロファイルの起こりうる偏心の実体を決定し、それがどの方向に向いているかを決定することができ、それによって、作業エラーを修正するために、送信要素および受信要素の上流に位置する金属プロファイルの作業機械を調整することができる。

【0033】

したがって、本発明による方法は、同時に測定することにより、金属プロファイル(棒および管の両方)の外径、および管状の金属プロファイルの平均および局部厚さの両方を評価することができる。

【0034】

本発明のこれらおよび他の特徴は、添付図面を参照して非限定的な例として与えられるいくつかの実施形態の以下の説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本明細書に記載の実施形態に従う金属プロファイルのサイズの熱測定のためのデバイスの部分断面斜視図である。

【図2】本明細書に記載の実施形態に従う金属プロファイルのサイズの熱測定のためのデバイスの断面図である。

【図3】本明細書に記載の実施形態に従う金属プロファイルのサイズの熱測定のためのデ

10

20

30

40

50

バイスの一部の概略図である。

【図4】本明細書に記載の変形実施形態に従う金属プロファイルのサイズの熱測定のためのデバイスの一部の概略図である。

【図5】本明細書に記載の他の変形実施形態に従う、金属プロファイルのサイズの熱測定のためのデバイスの一部の概略図である。

【図6】金属プロファイルのサイズを熱測定するためのデバイスの断面図である。

【図7】本明細書に記載の他の実施形態に従う金属プロファイルのサイズの熱測定のためのデバイスの部分断面斜視図である。

【図8】図3の断面Pに沿った断面図である。

【図9】本明細書に記載の他の実施形態に従う、図3の断面Pに沿った断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

理解を容易にするために、可能であれば、図面中の同一の共通要素を識別するために同じ参照番号が使用されている。1つの実施形態の要素および特性は、さらなる説明なしに他の実施形態に都合よく組み込むことができることが理解される。

【0037】

ここで、1つまたは複数の例が添付の図面に示されている本発明の様々な実施形態を詳細に参照する。各実施例は、本発明の説明のために提供され、その限定として理解されるべきではない。例えば、1つの実施形態の一部である限り、図示または記載された特性は、他の実施形態に、またはそれに関連して採用することができる。本発明は、そのような変更および変形のすべてを含むものと理解される。

【0038】

図1乃至9は、金属プロファイル12の横方向サイズを熱測定(hot measuring)するためのデバイス10の実施形態を記載するために使用される。本発明の記載において、「金属プロファイル」の定義は、例えば鋼製の棒または管のような、その長手方向への展開よりもはるかに小さい横方向サイズを有する要素を意味する。

【0039】

デバイス10は、通過中の、かつ例えばスタンド間のセグメントに、すなわち2つの連続する圧延スタンドの間のセグメントに配置される金属プロファイル12の横方向サイズを測定するために、或いは、圧延プロセスの終了時に得られた製品の最終サイズを測定するために、使用されてもよい。

【0040】

図2は、圧延中に、金属プロファイル12の横方向サイズを測定するための装置50であって、デバイス10と、制御および命令ユニット40と、を含む装置50の実施形態を説明するために使用される。

【0041】

制御および命令ユニット40は、機能する(functioning)ために必要な電気エネルギーをデバイス10に供給すると共に、デバイス10によって検出された信号を処理するように構成され得る。

【0042】

図1乃至7は、測定デバイス10の実施形態を記載するために使用され、同測定デバイス10は、電磁場を生成するように構成されている互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも2つのセクション(しかしながら、同セクションは3つ、4つ或いはそれ以上のセクション14a, 14b, 14c, 14dであってもよい)を有する送信要素14と、同送信要素14のバルク全体の間位置に配置された受信要素18と、を含む。いくつかの実施形態によれば、受信要素18は、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している1つまたは複数のセクション18a, 18bを有していてもよい。

【0043】

送信要素14および受信要素18は、圧延または他の種類の熱変形から到着する通過(

10

20

30

40

50

t r a n s i t ) 中の熱い金属プロファイル 1 2 の公称送り軸 Z に沿って、互いに対して実質的に整列しかつ同軸に配置される。

【 0 0 4 4 】

送信要素 1 4 および受信要素 1 8 のいずれも、金属プロファイル 1 2 のための通過孔を画定する円形の断面（必ずしも必要ではないが）を有すると有利である。

送信要素 1 4 および受信要素 1 8 は、金属プロファイル 1 2 の通過体積を画定するそれぞれの内面 2 4、2 8 を有し、送信要素 1 4 によって生成された電磁場の力線がその内部で金属プロファイル 1 2 の公称送り軸 Z に実質的に平行に配置される。

【 0 0 4 5 】

受信要素 1 8 は、送信要素 1 4 によって生成された電磁場の内部で金属プロファイル 1 2 が通過することにより、同金属プロファイル 1 2 に誘導された電流によって生成される反応電磁場における変化を検出するように構成される。

10

【 0 0 4 6 】

図 1 および 2 を用いて説明される実施形態によれば、2 つの別個のセクション 1 4 a、1 4 b を有する送信要素 1 4 と、送信要素 1 4 の 2 つのセクション 1 4 a、1 4 b の中間位置に配置された単一のセクション 1 8 a を有する受信要素 1 8 とが設けられている。

【 0 0 4 7 】

図 3 を用いて説明される実施形態によれば、3 つの別個のセクション 1 4 a、1 4 b、1 4 c に分割された送信要素 1 4 と、1 つのセクション 1 8 a が送信要素 1 4 の中央のセクション 1 4 b の内側に隠れて ( d r o w n e d ) 配置された受信要素 1 8 とが設けられている。

20

【 0 0 4 8 】

図 4 を用いて説明される可能な変形実施形態によれば、3 つの別個のセクション 1 4 a、1 4 b、1 4 c に分割された送信要素 1 4 と、例えば送信要素 1 4 の 2 つのセクション 1 4 a、1 4 b の中間位置に配置された単一のセクション 1 8 a を有する受信要素 1 8 とが設けられている。

【 0 0 4 9 】

図 5 を用いて説明されるその他の変形実施形態によれば、4 つの別個のセクション 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d に分割された送信要素 1 4 と、2 つのセクション 1 8 a、1 8 b に分割された受信要素 1 8 であって、送信要素 1 4 の隣接するセクション 1 4 a、1 4 b、1 4 c の対の間の中間の位置に配置された 2 つのセクション 1 8 a、1 8 b を有する受信要素 1 8 とが設けられている。

30

【 0 0 5 0 】

図面に示されていない他の変形実施形態によれば、4 つ以上の別個のセクションに分割された送信要素 1 4 と、2 つ以上の別個のセクションに分割された受信要素 1 8 であって、同セクションが送信要素 1 4 の隣接部分の間に配置されているか、送信要素 1 4 の 1 つのセクションの内側に隠れて配置されている受信要素 1 8 とが設けられている。

【 0 0 5 1 】

図 1 および 2 を用いて説明される実施形態によれば、送信要素 1 4 および受信要素 1 8 は、それぞれが半径 R 1 および R 2 を備えたほぼ円筒形のコイルまたは螺旋であってもよい。

40

【 0 0 5 2 】

送信要素 1 4 は、受信要素 1 8 の全体的な長さ ( e x t e n s i o n ) L 2 よりもサイズが大きい、公称軸 Z に沿った全体的な長さ L 1 を有する螺旋またはコイルからなってもよい。

【 0 0 5 3 】

図 2 を用いて説明される実施形態によれば、受信要素 1 8 の半径 R 2 は、送信要素 1 4 の半径 R 1 とほぼ等しい。

変形実施形態によれば、受信要素 1 8 の半径 R 2 は、送信要素 1 4 の半径 R 1 よりも大きくても小さくてもよい。

50

## 【 0 0 5 4 】

いくつかの実施形態によれば、送信要素 1 4 のサイズ、特にコイルの長さ  $L_1$ 、半径  $R_1$  および / または螺旋数は、送信要素 1 4 によって生成される電磁場が所定のプロファイルを有するように適切に選択することができる。電磁場のプロファイルは、それを通過する金属プロファイル 1 2 のサイズの測定値が公称軸  $Z$  に対してその位置に依存しないように設計されている。

## 【 0 0 5 5 】

図 6 は、デバイス 1 0 内の金属プロファイル 1 2 の可能な位置を示すために使用される。可能な位置は、公称軸  $Z$  に沿って完全に位置合わせされた位置に対応する番号 1 6 ' で示される位置であり、この位置では、金属プロファイル 1 2 は、デバイス 1 0 と完全に同軸である。

10

## 【 0 0 5 6 】

符号 1 6 ' ' および 1 6 ' ' ' は、金属プロファイル 1 2 またはその一部分がデバイス 1 0 を通過するとき同金属プロファイル 1 2 が見いだされる可能性のある位置を示しており、これらの位置では、金属プロファイル 1 2 がデバイス 1 0 に対して偏心している。特に、金属プロファイル 1 2 の実際の送り軸は、送信要素 1 4 および受信要素 1 8 の軸と一致しないことがあり、これは、デバイス 1 0 の測定値をゆがめ、それを不正確かつ信頼できないものにする。

## 【 0 0 5 7 】

測定されている金属プロファイル 1 2 のサイズに依存して、金属プロファイル 1 2 および送信要素 1 4 および受信要素 1 8 の内面 2 4、2 8 の相対充填率 ( *i n d e x o f r e l a t i v e f i l l i n g* ) が増加または減少してもよいことが分かる。

20

## 【 0 0 5 8 】

相対充填率とは、公称軸  $Z$  に垂直な平面 (  $X$ 、 $Y$  ) と交差する金属プロファイル 1 2 によって画定される領域と、同一平面 (  $X$ 、 $Y$  ) 上の内面 2 4、2 8 によって画定される領域との比率を意味する。相対充填率の値が低いほど、測定中に公称軸  $Z$  に対して金属プロファイル 1 2 がずれてしまう可能性が高くなり、金属プロファイル 1 2 の中心の公称軸  $Z$  からの距離が大きくなる。

## 【 0 0 5 9 】

相対充填率が低い値を有する場合、結果として、測定デバイス 1 0 の精度および感度が低下する。

30

上記した幾何学的構成を使用して、所望の長手方向への展開を有する力線のプロファイルを備えた電磁場を生成することにより、送信要素 1 4 および受信要素 1 8 の軸線に対する金属プロファイル 1 2 の位置を実質的に影響を及ぼさないものにするができる。

## 【 0 0 6 0 】

したがって、測定は、特に、それぞれの軸方向の孔のサイズで、送信要素 1 4 および受信要素 1 8 のサイズに適合する測定範囲で、金属プロファイル 1 2 の任意の測定に対して、信頼性があり、正確であり、かつ繰り返し可能である。

## 【 0 0 6 1 】

電流 2 0 が送信要素 1 4 を通過し、これにより内面 2 4、2 8 によって画定された体積の内部に電磁場が生成される。

40

送信要素 1 4 内を循環する電流 2 0 によって生成された電磁場は、金属プロファイル 1 2 内の主に方位角 ( *a z i m u t h* ) である寄生電流を誘導する。したがって寄生電流は反応場を生成し、これは、起電力が発生するヘッド ( *h e a d* ) にて受信要素 1 8 によって連結されたその流れによって検出することができる。起電力に関連する信号 2 2 は、厚さおよび直径の測定値を得るべく、制御および命令ユニット 4 0 に送られ、その後処理され得る。

## 【 0 0 6 2 】

他の実施形態によれば、送信要素 1 4 は、生成された電磁場が、受信要素 1 8 によって測定される反応場がデバイス 1 0 内の金属プロファイル 1 2 の位置と実質的に無関係であ

50

るようなプロファイルを有するように設計されてもよい。

【0063】

起電力22および電流20に関連する信号を適切に処理することによって、金属プロファイル12が管である場合には円周に沿った金属プロファイル12のWT（壁厚（Wall Thickness））にて一般的に示される平均厚さS1と、また金属プロファイル12が管または棒である場合には、外径D、またはOD（外側の径）と、を評価することが可能である。

【0064】

従って、本発明に従うデバイス10は、有利には熱間圧延プロセスの間に使用することができ、管および棒の両方の横方向サイズを測定することができる。

10

図1、図2および図7を用いて説明される実施形態によれば、デバイス10は、少なくとも送信要素14および受信要素18を囲むケーシング30を含んでいてもよく、それは、さらに磁場がデバイス10の外部に電流を誘導することを防止するために遮蔽物としても機能する。

【0065】

図7を用いて説明される実施形態によれば、測定デバイス10はまた、ケーシング30のサイズおよび導電率を実質的に均一に保ち、そしていかなる場合においても許容できる公差限界にあるように構成されたサーモスタットシステム29を備えることができ、同サーモスタットシステム29は、それらに影響を与えるケーシング30の温度を安定させる。

20

【0066】

他の実施形態によれば、デバイス10は、セグメントとして構成された受信デバイスまたは受信コイル31を備えることができる。図7および図8を用いて説明される実施形態によれば、受信コイル31は、受信要素18の周囲に配置された、円形クラウンを等分することにより得られたセクタ（sector）に対応するセグメント化された形状を備えたコイルであってもよい。

【0067】

セグメント化された受信コイル31は受信要素18の周りに配置されているので、そして、受信要素18の内面28を通る磁界の流れはその外部の無限面を通過する磁界の流れと同じであるので、磁界の流れの一部のみがセグメント化された受信コイル31の各々を通過する。特に、セグメント化された受信コイル31の各々を通過する流れは、それらに対面する金属プロファイル12の部分の特性によって少なくとも部分的に決定される。

30

【0068】

図7および図8を用いて説明される実施形態によれば、20個のセグメント化されたコイル31を設けることができ、各々が18°の円形セクタに対応する。

図9を用いて説明される変形実施形態によれば、例えば符号31a, 31b, 31c, 31dによって示されるような4つのセグメント化されたコイル31を設けることができ、各々が90°の円形セクタに対応する。

【0069】

他の変形実施形態によれば、セグメント化されたコイル31の数は、2から20、またはさらに20より多くの任意の数で提供することができる。

40

いくつかの実施形態によれば、セグメント化された受信コイル31は、各々が、例えば2つ、3つ、4つ、5つまたはそれ以上のセグメント化されたコイル31からなる測定コイルを構成するようにグループに直列に接続されていてもよい。図9を参照して非限定的な例として記載された実施形態によれば、4つのセグメント化されたコイル31a, 31b, 31c, 31dによって、各々が測定された金属プロファイル12の角度セクタに関する4つの異なる磁界流を検出することが可能であり、それは、この場合では、例えば90°の円弧に関連する4つの流れである。

【0070】

このようにして、金属プロファイル12（この場合は管）のその外周に沿った局部厚さ

50

S 2も評価することが有利に可能となる。実際には、受信要素18およびセグメント化されたコイル31a, 31b, 31c, 31dと連結された磁場の流れを一度に測定し、そのデータを処理して直径と厚さの測定に関する情報を得る。

【0071】

具体的には、外径D、平均厚さS1および局部厚さS2は、制御および命令ユニット40が受信要素18のヘッドで発生する起電力に関する受信信号22を処理することによって評価される。

【0072】

これは、例えば、マンドレルの偏心またはいわゆる「デイズー(daisy)」型の波状欠陥に起因する管状金属プロファイル12の厚さの偏差を検出することを可能にする。

制御および命令ユニット40は、金属プロファイルの横方向サイズを熱測定するための方法を実施するために使用することができる。

【0073】

本発明に従う測定方法は、デバイス10の較正に関する手順と、所望の量の値を検出するための計算アルゴリズムの実施に関する手順とを含む。

いくつかの実施形態によれば、制御および命令ユニット40は、長手方向電磁場の誘導に必要な電流20を送信要素14に供給するように構成された供給ユニット42を備える。

【0074】

供給ユニット42は、電気エネルギー44を供給するための供給源、例えば従来の電気ネットワークへの接続部、または電気エネルギーを蓄積するためのシステムを含むことができる。

【0075】

いくつかの実施形態によれば、電磁場を生成する要素に給電する電流20は、異なる周波数F1、F2を有する少なくとも2つの正弦波電流を重ね合わせるにより得られる多周波数スペクトルを有する交流であってもよく、それらのうちで、第1の周波数F1は第2の周波数F2よりはるかに大きい。

【0076】

いくつかの実施形態によれば、3つ以上の周波数を提供することができ、例えば、測定される金属プロファイル12の幾何学的形状に関する他の情報を見つけるために、またはデバイス10を自己較正するために、および/または、反応場の共通モードを排除するために使用され得る。

【0077】

いくつかの変形実施形態によれば、金属プロファイル12の起こり得る楕円化を検出することが可能となるように、例えば、測定される金属プロファイル12が棒である場合、互いに非常に近い2つの周波数を使用することができる。

【0078】

一方が他方よりも大きい2つの周波数F1、F2を使用するべく提供されるいくつかの実施形態によれば、第1のより大きな周波数F1は、予測される導電率および測定されるべき金属プロファイル12の範囲についてそれに対応する浸透深さが予測される最小の厚さよりもはるかに小さくなるように選択されてもよい。

【0079】

いくつかの実施形態によれば、起電力に関連して検出された信号22の絶対値(modulus)および位相における変化を最適化するように、第2のより低い周波数F2は、それに対応する浸透深さが、現在測定されている金属プロファイル12の所与のフォーマットの期待される厚さと確定比であるように選択される。

【0080】

いくつかの実施形態によれば、制御および命令ユニット40はまた、検出された信号22を処理し、測定された金属プロファイル12の少なくとも直径D、平均厚さS1および局部厚さS2の値を得るための計算アルゴリズムを実行するように構成された処理ユニッ

10

20

30

40

50

ト 4 6 を含む。

【 0 0 8 1 】

いくつかの実施形態によれば、処理ユニット 4 6 は、制御フィールド内で使用可能なコントローラ、マイクロコントローラ、プロセッサまたはマイクロプロセッサのいずれのデータ処理システムであってもよい。

【 0 0 8 2 】

いくつかの実施形態によれば、制御および命令ユニット 4 0 は、処理されるべきデバイス 1 0 から受信したデータおよびデバイス 1 0 を較正するために必要なパラメータを記憶するように構成されたデータ記憶ユニット 4 8 を含むこともできる。

【 0 0 8 3 】

起電力に関する信号 2 2 は、受信要素 1 8 によって検出され、高インピーダンスの入口回路によって増幅され、その後処理ユニット 4 6 によってデジタル化され処理される。

計算アルゴリズムは、起電力に関する信号 2 2 と、設定された電流 2 0 の周波数のそれぞれについて信号 2 2 の成分の絶対値および位相を識別する電流 2 0 の信号の同期復調の第 1 の段階 ( p h a s e ) を提供する。同様に、電流 2 0 に比例する電圧信号が増幅され、デジタル化され、デジタル同期プロセッサによって処理される。

【 0 0 8 4 】

アルゴリズムの第 2 の段階は、誘導された起電力の値から磁場の流れの「フェーザ ( p h a s o r ) 」を見出すことを提供し、設定された電流 2 0 の周波数は既知である。

用語「フェーザ」は、明確に定義された脈動正弦関数のスタインメッツ変換を表す複素平面内のベクトルとして表現可能な複素数を意味する。

【 0 0 8 5 】

アルゴリズムの第 3 の段階は、電流の対応するフェーザに対して前の段階で得られた磁場の流れの値を正規化することを提供する。このようにして、例えば送信要素 1 4 のインピーダンスの熱ドリフトに起因するような、起こりうる変化の影響が排除される。

【 0 0 8 6 】

続いて、デバイス 1 0 内の金属プロファイル 1 2 がない状態で得られた正規化された流れに関する基準値を使用して、磁場の流れの値を無次元化するために、第 2 の正規化が実行される。デバイス 1 0 内に金属プロファイル 1 2 がない状態の正規化された流れの値は、デバイス 1 0 の較正ステップ中に取得され、制御および命令ユニット 4 0 のデータ記憶ユニットに記憶され得る。

【 0 0 8 7 】

このパスにより、測定デバイス 1 0 の物理的パラメータからデータの処理の制約を解除し、無次元の数学的モデルに戻すことができる。

このアルゴリズムはまた、正規化されたおよび無次元化された流れから開始して、受信要素 1 8 内の磁場の流れの値を平均外側半径  $R_4$ 、平均内側半径  $R_3$  および導電率 の関数として計算するのに使用される理想的な理論モデルを定義する第 4 の段階を提供する。

【 0 0 8 8 】

磁場の流れの値を計算するために、以前に計算された実際の無次元化フェーザと理想モデルの無次元フェーザとの間の対応関係を決定するために、ホモグラフィック変換も実行される。「ホモグラフィック変換」の定義は、一方の空間の形状は他方の対応する形状と同じ種類であるように、同じ大きさの 2 つの射影空間の点を双生的な関係に置く性質を有する一貫性のある変換を意味する。

【 0 0 8 9 】

ホモグラフィック変換を実行するために必要なパラメータは、デバイス 1 0 を較正することによって、特に以下でより詳細に説明する第 1 の較正レベルによって見つけることができる。

【 0 0 9 0 】

測定アルゴリズムは、ホモグラフィック変換によって測定された流れの正規化された値が対応する理想値に変換される第 5 の段階を提供する。

10

20

30

40

50

理想的な流れの第1のより高い周波数 $F_1$ に対する成分は、測定されている金属プロファイル12の平均外側半径 $R_4$ を見つける適切な解決(resolution)アルゴリズムを実施する処理ユニット46によって処理される。

【0091】

理想的な流れの第2のより低い周波数 $F_2$ への成分は、測定されている金属プロファイル12の平均内側半径 $R_3$ を見つける適切な解決アルゴリズムを実施する処理ユニット46によって処理される。

【0092】

最後に、段階6では、平均厚さ $S_1$ の値は、平均外側半径 $R_4$ の値と平均内側半径 $R_3$ の値との間の差から計算することができる。

有利には、平均外側半径 $R_4$ の値を知ることにより、外径 $D$ の値も容易に計算することができる。したがって、測定デバイス10は、中実の棒の外径 $D$ を測定するためにも使用することができる。

【0093】

金属プロファイル12が管である場合、計算アルゴリズムは、セグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31dによって検出された磁場の流れに関する信号23を用いて、測定されている金属プロファイル12の局部厚さ $S_2$ を計算するために受信された信号を処理する段階を提供することができる。特に、金属プロファイル12の偏心値を推定することができる。

【0094】

受信要素18上で得られる流れは、公称軸 $Z$ に関して測定されるべき金属プロファイル12の起こりうるミスアライメントによってはっきりとは影響されないが、セグメント化された受信コイル31, 31a, 31b, 31c, 31dによって得られる流れは、セグメント化された受信コイル31, 31a, 31b, 31c, 31d自体に対する金属プロファイル12の位置によって影響を受ける可能性がある。実際、金属プロファイル12がセグメント化された受信コイル31, 31a, 31b, 31c, 31dに近ければ近いほど、セグメント化された受信コイル31, 31a, 31b, 31c, 31dは、金属プロファイル12において誘導された寄生電流によって生成された反応の流れのより大きな部分と連結される(concatenated with)。

【0095】

局部厚さ $S_2$ を決定する計算アルゴリズムは、2つの対向するセグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31d上の位置の影響の対称性(例えば、セグメント化されたコイル31a, 31c(図9において))を利用して実施される測定デバイス10内の金属プロファイル12の位置を補償する第1の段階を提供する。いくつかの実施形態によれば、セグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31dによって検出された流れの値は、複素平面上に報告される。前記流れを表す複素平面上の点は、ミスアライメントの方向および実体が変わると直線に沿って移動するので、補償の目的は、あるミスアライメントに対して得られた確定されたセグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31dに関する地点を金属プロファイル12が完全に公称軸 $Z$ 上に中心合わせされた状態で得られる地点まで移動させることである。

【0096】

地点の移動方法を決定するために、2つの対向するセグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31dの間の対称性を利用することができ、各対に対して、複素平面上にあるセグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31dの連結された流れに関する2つの地点間の異なるベクトルを考慮することが可能である。考えられる差ベクトルの絶対値は地点間の距離を定量化する一方で、方向は地点が移動する直線と一致する。金属プロファイル12が、対称性により中心合わせされている場合、我々が有し得る地点は、対向するセグメント化されたコイル31, 31a, 31b, 31c, 31dの各対の連結された流れに関する2つの点の中間に位置する。図9の場合、例えば、セグメント化されたコイル31a, 31cの連結された流れが考慮されるならば、セグメン

10

20

30

40

50

ト化されたコイル 3 1 a に対する流れの補償された値を得るために、複素平面上で識別されたセグメント化されたコイル 3 1 a , 3 1 c の検出された流れの地点の間で計算された差分ベクトルの半分を、セグメント化されたコイル 3 1 a によって検出された流れから引くことで十分である。

【 0 0 9 7 】

いくつかの実施形態によれば、位置を補償するために、第 2 の校正レベルによって得られたパラメータを使用することが可能であり、以下の説明でより詳細に説明する。

計算アルゴリズムはまた、セグメント化されたコイル 3 1 , 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d の各々のヘッドにて誘導された起電力に関連する信号 2 3 が、使用された周波数の各々について理想的なモデルに関する正規化された無次元化された流れの値が各信号につ

10

【 0 0 9 8 】

この場合も、正規化およびホモグラフィック変換に必要なパラメータは、セグメント化されたコイル 3 1 , 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d の各々に対して実行される第 1 の校正レベルによって得ることができる。

【 0 0 9 9 】

例えば図 9 を用いて説明される次の段階において、計算アルゴリズムは、セグメント化されたコイル 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d の各々について、内側半径 R 5 , R 6 , R 7 , R 8 , 従って内側半径 R 5 , R 6 , R 7 , R 8 の値の算術平均としての平均内側半径

20

【 0 1 0 0 】

セグメント化されたコイル 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d によって見出された信号 2 3 と、受信要素 1 8 によって検出された信号 2 2 とを用いて、測定される管状金属プロファイル 1 2 の起こりうる偏心の推定を行うことも可能である。

【 0 1 0 1 】

受信要素 1 8 で得られた平均値の測定値を知ることにより、セグメント化されたコイル 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d によって得られた内側半径 R 5 , R 6 , R 7 , R 8 の各値と平均内側半径 R 3 の値との間の比に対応する偏心指数を実際に計算することが可能である。したがって、セグメント化されたコイル 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d の各々に

30

【 0 1 0 2 】

例えば図 8 に示されるように、4 つ以上のセグメント化されたコイル 3 1 が存在する場合、それらの各々について、計算アルゴリズムは、対応する内側半径、したがって平均半径および偏心指数を見出すことを提供する。

【 0 1 0 3 】

得られた値は、偏心の絶対値に線形に依存するので、単純な線形関数によって、無次元指数から管のサイズとコヒーレントな数を得ることができる。線形関数で使用しなければならないパラメータは、第 3 の校正レベルによって識別することができる。この計算を使用すると、内側半径の推定値、したがって局所的な厚さの推定値しか得られないが、プロセスを制御することが可能であるように、非偏心チューブを製造することが可能であるように、それを定量化する偏心および無次元指数の存在を検出するだけで十分である。

40

【 0 1 0 4 】

したがって、偏心ベクトルは、平均内側半径 R 9 , 内側半径 R 5 , R 6 , R 7 , R 8 および平均外側半径 R 4 から出発して計算することができる。

まず、平均外側半径 R 4 と内側半径 R 5 , R 6 , R 7 , R 8 との差として、セグメント化されたコイル 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d の各々に関する局部壁厚 S 5 , S 6 , S 7 , S 8 が算出される。

50

## 【0105】

続いて、平均外側半径  $R_4$  と平均内側半径  $R_3$  との差として、平均厚さ  $S_1$  も算出される。

最後に、4つの局所壁厚  $S_5$ 、 $S_6$ 、 $S_7$ 、 $S_8$  から平均壁厚  $S_1$  を減算することによって、偏心ベクトルの成分を評価し、定義することが可能であり、したがって、前記ベクトルの絶対値および位相を見つけることができる。

## 【0106】

このようにして、有利には、測定された金属プロファイル12が偏心しているかどうかを判定することが可能であり、同時に、ミスアライメントの問題を解決するために圧延プロセス時に介入することができるように、偏心の実体とその方向を定量化することができる。

10

## 【0107】

デバイス10の較正は、ホモグラフィック変換に必要な対応するパラメータを得るために、位置を補償し、偏心を検出し推定するために3つの異なるレベルを含む。

いくつかの実施形態によれば、第1の較正レベルは、既知の条件における磁流に関する3つの値を見つけることを提供する。この値は、精度が既知である異なる直径を有する2つの中実の棒を使用して検出することができ、デバイス10に金属プロファイル12が存在しない状態での流れの測定値を検出することができる。いくつかの実施形態によれば、使用される棒の直径は、所与の測定者のために提供される測定フィールドの極値を定義するように選択され、したがって、期待される公称値は、このように定義された範囲に含まれなければならない。例えば、公称外径  $D$  が100 mmである場合、較正に使用される棒の直径は、それぞれ80 mmと120 mmに等しいものであり得る。

20

## 【0108】

いくつかの実施形態によれば、使用される棒は同じ導電率を有し、同じ原料から作られる。

したがって、第1の較正レベルは、測定デバイス10の内側には何も存在しない状態で、2つの異なる中実基準棒を使用して、最低周波数  $F_1$  および最高周波数  $F_2$  での流れの値を測定することからなる。

## 【0109】

いくつかの実施形態によれば、第2の較正レベルは、例えば公称軸  $Z$  に対する金属プロファイル12の位置を補償するために使用できるパラメータを評価するために使用される。この目的のために、デバイス10の軸  $Z$  から一定量だけ移動した既知のサイズの偏心管を使用して測定が行われる。このパラメータは、セグメント化されたコイル  $31$ 、 $31a$ 、 $31b$ 、 $31c$ 、 $31d$  上の流れの補償された値の間の差を最小にすることを目的として、最小の問題 (minimum problem) によって決定される。

30

## 【0110】

いくつかの実施形態によれば、第3の較正レベルは、既知の偏心を有する管を既知の方向に向けて測定することを提供する。例えば、図9を用いて説明される実施形態によれば、セグメント化されたコイル  $31a$ 、 $31c$  で測定された流れから得られる内側半径  $R_5$ 、 $R_7$  を偏心管の内側半径  $R_3$  の値と関連させることにより、偏心を推定および評価するための線形補間により係数が得られる。

40

## 【0111】

いくつかの実施形態によれば、異なるレベルの較正によって得られたパラメータは、データ記憶ユニット48に記憶され、続いて計算アルゴリズムを実施するために使用される。

## 【0112】

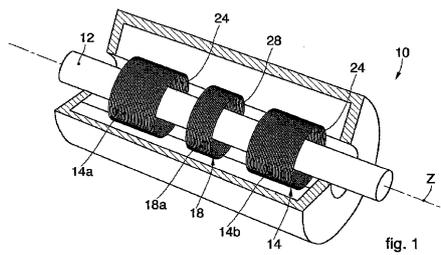
本発明の分野および範囲から逸脱することなく、上述したような金属プロファイルの横方向サイズを圧延中に熱測定するためのデバイスに対して、部品の修正および/または追加を行うことができることは明らかである。

## 【0113】

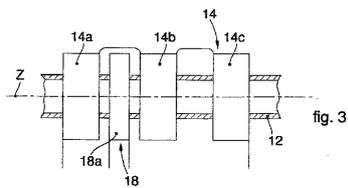
50

本発明は、いくつかの特定の実施例を参照して説明されているが、当業者は、特許請求の範囲に記載されているような特性を有し、したがって、それによって定義される保護の分野にすべて入っている、金属プロファイルの横方向サイズを圧延中に熱測定するためのデバイスの多くの他の同等の形態を確実に達成できるであろうことも明らかである。

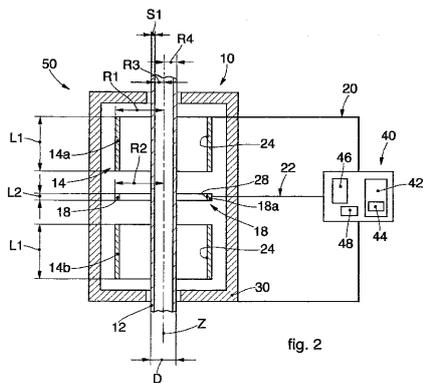
【 図 1 】



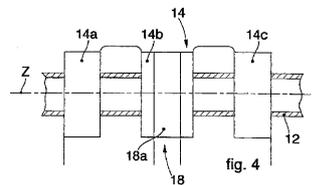
【 図 3 】



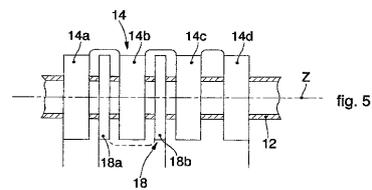
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

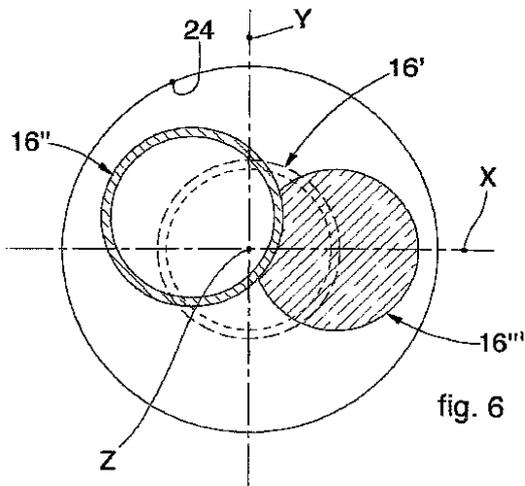


fig. 6

【 図 8 】

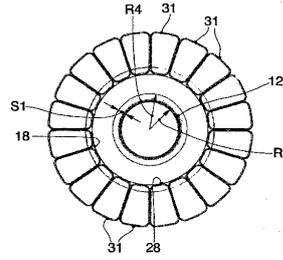


fig. 8

【 図 9 】

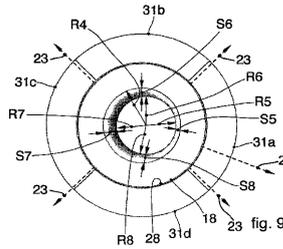


fig. 9

【 図 7 】

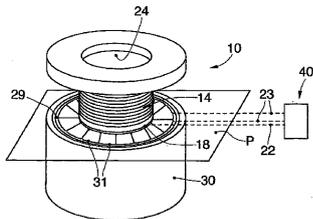


fig. 7

【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成29年6月9日 (2017.6.9)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

管または中実の棒のような金属プロファイル ( 1 2 ) の少なくとも直径 ( D ) および平均厚さ ( S 1 ) のうちの少なくとも一方の測定値を得るために、圧延時に、同金属プロファイル ( 1 2 ) の横方向サイズを熱測定するための方法において、前記方法は、

少なくとも 2 つの周波数 ( F 1 , F 2 ) を有する正弦波電流 ( 2 0 ) で、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも 2 つのセクション ( 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d ) を有する送信要素 ( 1 4 ) であって、前記金属プロファイル ( 1 2 ) の公称送り軸 ( Z ) に沿って配置され、前記金属プロファイル ( 1 2 ) の横方向サイズと同じ公称測定にて動作する送信要素 ( 1 4 ) に電力を供給することと、

力線の所望のプロファイルを有する電磁場を前記送信要素 ( 1 4 ) で発生させることと、

互いに対して区別されるとともに空間的に離間している 1 つ以上のセクション ( 1 8 a , 1 8 b ) を有する受信要素 ( 1 8 ) であって、前記公称軸 ( Z ) に沿って、前記送信要素 ( 1 4 ) の前記公称軸 ( Z ) に沿った全体の長手方向バルクに含まれる位置に配置されている受信要素 ( 1 8 ) によって、前記送信要素 ( 1 4 ) の前記セクション ( 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d ) を前記金属プロファイル ( 1 2 ) が通過することに起因する電磁場の変化に関連する信号 ( 2 2 ) を検出することであって、前記送信要素 ( 1 4 ) の前記

セクション(14 a, 14 b, 14 c, 14 d)および前記受信要素(18)のいずれも円筒形の螺旋またはコイルであり、前記金属プロファイル(12)の直径よりも大きなサイズの通過孔を画定し、かつ同送信要素(14)の前記セクション(14 a, 14 b, 14 c, 14 d)および同受信要素(18)にて測定が実施されるとともにそれらの内側を前記金属プロファイル(12)が通過する、前記検出することと、

周波数(F1, F2)毎に前記電流(20)の値に関して検出された電磁場の前記流れの値を正規化および無次元化することであって、電磁場の前記流れは、金属プロファイル(12)がない状態で得られた正規化された流れに関する基準値を使用して無次元化される、前記正規化および無次元化することと、

流れの正規化および無次元化された値に基づく数学的モデルを定義することと、

前記送信要素(14)および前記受信要素(18)の物理的サイズからの前記金属プロファイル(12)の横方向サイズの測定の制約を解除するために、実際の無次元化された値と数学的モデルによって定義された理想的な無次元化された値との間の対応関係を決定するべくホモグラフィック変換を実行することと、

前記金属プロファイル(12)の直径(D)および平均厚さ(S1)のうちの少なくとも一方を計算するためにホモグラフィから得られたデータを処理することと、

を含むことを特徴とする方法。

#### 【請求項2】

前記ホモグラフィック変換は、少なくとも前記送信要素(14)および前記受信要素(18)の第1の較正レベルに由来するパラメータに基づいて実行されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

#### 【請求項3】

前記第1の較正レベルは、それぞれが、金属プロファイル(12)が存在しない状態での1つの測定と、中実の棒として存在する2つの金属プロファイル(12)での2つの測定と、である少なくとも3つの電磁反応場の測定を検出することを提供し、少なくとも3つの測定は電流(20)の各周波数(F1, F2)に対して実施されることを特徴とする、請求項2に記載の方法。

#### 【請求項4】

少なくとも管状の金属プロファイル(12)の局部厚さ(S2)の測定を行うために、前記受信要素(18)の周囲に配置された円形クラウンを等分することによって得られる確定セクタに対応するセグメント化されたコイル(31, 31 a, 31 b, 31 c, 31 d)を用いて、前記管状の金属プロファイル(12)の通過に起因する電磁場の変化に関連する信号(23)を検出することが提供されることを特徴とする、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項5】

前記第1の較正レベルから得られるパラメータを用いて、正規化、無次元化およびホモグラフィック変換により、前記セグメント化されたコイル(31, 31 a, 31 b, 31 c, 31 d)で検出された前記信号(23)を処理することが提供されることを特徴とする、請求項2および4、または請求項3および4に記載の方法。

#### 【請求項6】

前記公称軸(Z)に関する前記金属プロファイル(12)のアラインメントとは無関係に横方向サイズの前記測定が行われるために、前記送信要素(14)および前記受信要素(18)に関する管状の金属プロファイル(12)の位置の補償を行うことが提供されることを特徴とする、請求項5に記載の方法。

#### 【請求項7】

位置の前記補償は、少なくとも前記送信要素(14)および前記受信要素(18)の第2の較正レベルから得られる少なくとも1つのパラメータを用いて実行され、前記公称軸(Z)に対して変位している、既知のサイズを有する非偏心金属プロファイル(12)の存在下で反応電磁場の少なくとも1つの測定値を検出することが提供されることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記セグメント化されたコイル(31, 31a, 31b, 31c, 31d)の各々によって検出された各信号(23)に対して、少なくとも局部壁厚(S5, S6, S7, S8)を決定するために、前記金属プロファイル(12)の偏心の推定を実行することが提供されることを特徴とする、請求項4乃至7のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記偏心の推定は、少なくとも前記送信要素(14)および前記受信要素(18)の第3の較正レベルから得られる少なくとも1つのパラメータを用いて実行され、既知の偏心性および既知の方向に配向している既知のサイズを有する管状の金属プロファイル(12)の存在下にて前記反応電磁場の少なくとも1つの測定を検出することが提供されることを特徴とする、請求項8に記載の方法。

## 【請求項 10】

圧延時に金属プロファイル(12)の横方向サイズを熱測定するためのデバイスであって、前記デバイスは、互いに対して区別されるとともに空間的に離間している少なくとも2つのセクション(14a, 14b, 14c, 14d)を有する送信要素(14)であって、前記金属プロファイル(12)の公称送り軸(Z)に沿って配置され、前記金属プロファイル(12)の横方向サイズの同じ公称測定で動作し、力線の所望のプロファイルを有する電磁場を発生するように構成されている送信要素(14)と、前記送信要素(14)の前記公称軸(Z)に沿った全体の長手方向バルクに含まれる位置において公称軸(Z)に沿って配置されるとともに前記金属プロファイル(12)の通過に起因して前記電磁場の変化に関連する信号(22)を検出するように構成されている受信要素(18)と、を含み、前記送信要素の前記セクション(14a, 14b, 14c, 14d)および前記受信要素(18)のいずれも円筒形の螺旋またはコイルであり、前記金属プロファイル(12)の直径よりも大きなサイズの通過孔を画定し、かつ同送信要素(14)および同受信要素(18)にて測定が実施されるとともにそれらの内側を前記金属プロファイル(12)が通過することを特徴とするデバイス。

## 【請求項 11】

前記デバイスは、複数の受信コイル(31, 31a, 31b, 31c, 31d)を含み、各々が、前記受信要素(18)の周囲に配置された円形クラウンを等分することによって得られる相対セクタに対応するセグメントとして構成されることを特徴とする、請求項10に記載のデバイス。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/IB2016/054817
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B21B38/04 G01B7/06 G01B7/12 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B21B G01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/190360 A1 (DANIELI AUTOMATION SPA [IT]) 27 December 2013 (2013-12-27)	10
Y	page 9, line 23 - page 11, line 19; figures 1-5	1-3
Y	----- US 3 693 075 A (FORSTER FRIEDRICH M O) 19 September 1972 (1972-09-19) column 3, lines 28-41 column 5, lines 42-54 figures 1-14 -----	1-3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 1 December 2016		Date of mailing of the international search report 14/12/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Fazio, Valentina

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2016/054817

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013190360 A1	27-12-2013	CN 104540609 A EP 2864065 A1 US 2015336145 A1 WO 2013190360 A1	22-04-2015 29-04-2015 26-11-2015 27-12-2013
US 3693075 A	19-09-1972	CA 924383 A DE 1957489 A1 GB 1291935 A SE 375155 B US 3693075 A	10-04-1973 27-05-1971 04-10-1972 07-04-1975 19-09-1972

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 アルデシ、アレッサンドロ

イタリア国 33100 ウディネ ヴィア ピオ パスキーニ 201 スカーラ チ

(72)発明者 モルデグリア、アントネロ

タイ国 10310 バンコク フワイ クワーン リーチャダピセンゲ ロード 252 / 363

## 【要約の続き】

2を検出することと、を提供する。