

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年10月3日(03.10.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/187233 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/72 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/035869

(22) 国際出願日: 2018年9月27日(27.09.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-060523 2018年3月27日(27.03.2018) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 鈴間 俊之 (SUZUMA Toshiyuki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6

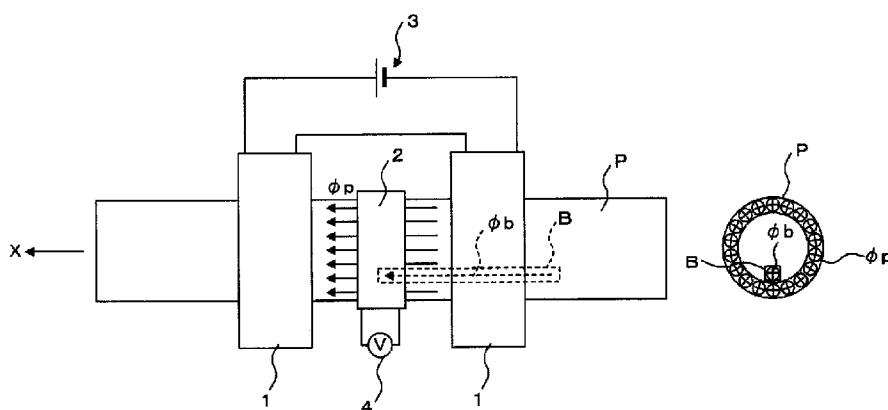
番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
中尾 喜之 (NAKAO Yoshiyuki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING METAL RESIDUE IN ELECTRIC-RESISTANCE-WELDED STEEL PIPE

(54) 発明の名称: 電縫鋼管内の金属残留物検出方法及び装置



(57) Abstract: This method for detecting metal residue in an electric-resistance-welded steel pipe comprises a first step for inserting an electric-resistance-welded steel pipe into an excitation coil while relatively moving the electric-resistance-welded steel pipe along the longitudinal direction and using the excitation coil to DC magnetize the electric-resistance-welded steel pipe and metal residue up to a magnetic saturation state, and a second step for inserting the electric-resistance-welded steel pipe into a detection coil while relatively moving the electric-resistance-welded steel pipe along the longitudinal direction, detecting, as an output signal, the induced electromotive force generated in the detection coil in conjunction with variation in the magnetic flux that has been generated as a result of the DC magnetization by the excitation coil in the first step, and detecting metal residue in the electric-resistance-welded steel pipe on the basis of the output signal from the detection coil.

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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: この電縫鋼管内の金属残留物検出方法は、電縫鋼管を長手方向に相対移動させながら励磁コイルに挿通し、励磁コイルによって、電縫鋼管及び金属残留物を磁気飽和状態まで磁化可能な磁界強度で、電縫鋼管を直流磁化する第1工程と、電縫鋼管を長手方向に相対移動させながら検出コイルに挿通し、第1工程での励磁コイルによる直流磁化によって発生した磁束の変化に伴って検出コイルに生じる誘導起電力を検出コイルの出力信号として検出し、検出コイルの出力信号に基づき、電縫鋼管内に存在する金属残留物を検出する第2工程と、を含む。

明 細 書

発明の名称：電縫鋼管内の金属残留物検出方法及び装置

技術分野

[0001] 本発明は、電縫溶接管等の電縫鋼管内に存在するビード屑等の金属残留物を高感度に検出する方法及び装置に関する。

本願は、２０１８年３月２７日に、日本国に出願された特願２０１８－０６０５２３号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 電縫溶接管（以下、単に「溶接管」という場合がある）は、炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼の鋼板コイルを管状に成形した後、電磁誘導や直接通電によって溶接することで製造される。この際、溶接部には溶接管の内外面に盛り上がったビードが形成されるため、溶接後に切削することでビードを除去している。しかしながら、特に溶接管の内面側のビードが完全に切削されない場合がある。或いは、切削されたもののエアブロー等によって溶接管外に排出されず、ビード屑として溶接管内に残留する場合がある。この状態で製品として出荷されてしまうと問題であるため、溶接管内に残留するビード屑を出荷前に検出して除去する必要がある。

[0003] 従来、溶接管内に残留するビード屑を検出する方法として、光学式、マイクロ波式、電磁気式などの各種方法が提案されている。

光学式の検出方法は、例えば管端近傍に配置したカメラを用いて溶接管内を撮像することでビード屑を検出する方法である。この方法では、小径で曲がりのある溶接管の特に長手方向中央部分は撮像し難いため、この部分に残留するビード屑を検出し難い。また、溶接管内の全てをカメラの視野内に収めるには、カメラの視軸が溶接管の管軸に沿うようにカメラを配置する必要があるため、溶接管を長手方向に搬送しながらの検出に不適である。

[0004] マイクロ波式の検出方法は、例えば特許文献１に記載のように、溶接管の一方の管端からマイクロ波を入射し、他方の管端まで伝搬したマイクロ波の

周波数変調や伝搬減衰によってビード屑を検出する方法である。マイクロ波式の検出方法も、光学式の検出方法と同様に、マイクロ波の送信器や受信器を溶接管の管軸に沿うように配置する必要があるため、溶接管を長手方向に搬送しながらの検出に不適である。また、溶接管の長さに応じてマイクロ波の減衰量が異なるため、長さの異なる溶接管を検査する場合には、溶接管の長さを予め知っておく必要があるという手間を要する。

[0005] 電磁気式の検出方法としては、例えば特許文献 2、3 に記載の方法が提案されている。

特許文献 2 に記載の方法は、きずを検査する方法として公知の渦電流探傷法をビード屑の検出に利用した方法である。具体的には、特許文献 2 に記載の方法では、金属管を磁気コイル及び渦電流検出コイルに挿通する。そして、特許文献 2 に記載の方法は、磁気コイルによって、金属管が磁気飽和され、金属管内に存在するビード屑が磁気飽和されない程度に磁化した状態で、渦電流検出コイルに交流電圧を供給して渦電流を誘起し、渦電流検出コイルのインピーダンス変化に起因した交流電圧の変化を測定することで、ビード屑を検出する方法である。

また、特許文献 3 に記載の方法は、特許文献 2 に記載の方法に近似した方法であるが、きず検出用の渦電流検出コイルと、ビード屑検出用の渦電流検出コイルとを設け、ビード屑検出用の渦電流検出コイルのコイル幅をきず検出用の渦電流検出コイルのコイル幅よりも大きくすることで、きず及びビード屑を検出すると共に両者を弁別可能にした点が特許文献 2 に記載の方法と異なる。

[0006] 特許文献 2、3 に記載の方法は、いずれも渦電流探傷法を用いてビード屑を検出する方法であり、渦電流検出コイルに交流電圧を供給（交流電流を印加）した場合の渦電流検出コイルのインピーダンス変化をビード屑の検出に利用している。具体的には、特許文献 2、3 に記載の方法は、渦電流探傷法を用いる方法であるため、渦電流検出コイルの出力信号から、渦電流検出コイルに印加した交流電流の周波数と同期した信号成分を選択的に抽出し（同

期検波し)、インピーダンス平面に図示することになる。金属管に発生する渦電流は交流であり、表皮効果の影響を受けるため、渦電流の密度は金属管の外面で最も高く、金属管の内面に向かうにつれて減衰する。したがい、金属管の内面よりも内側に存在するビード屑の検出に関しては、特許文献2、3に記載のような渦電流探傷法を利用する方法は、本質的に低感度の方法であると考えられる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国特開平4－215046号公報

特許文献2：日本国特開平7－72263号公報

特許文献3：日本国特開平7－318536号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、上記のような従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、電縫溶接管等の電縫鋼管（以下、単に「金属管」という場合がある）内に存在するビード屑等の金属残留物を高感度に検出する方法及び装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、前記課題を解決するため、金属管内に存在する金属残留物を検出する方法について鋭意検討した。その結果、本発明者らは、金属管を挿通する検出コイルを渦電流探傷法のようなインピーダンス変化の測定に用いるのではなく、検出コイル内を通過する金属の断面積変化を捉えるものとして用いることで、金属管内に存在する金属残留物を高感度に検出可能であることを見出し、本発明を完成した。

[0010] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、以下の態様を採用した。

[0011] (1) 本発明の一態様は、電縫鋼管内に存在する金属残留物を検出する方法

であって、前記電縫鋼管を長手方向に相対移動させながら励磁コイルに挿通し、該励磁コイルによって、前記電縫鋼管及び前記金属残留物を磁気飽和状態まで磁化可能な磁界強度で、前記電縫鋼管を直流磁化する第1工程と、前記電縫鋼管を長手方向に相対移動させながら検出コイルに挿通し、前記第1工程での前記励磁コイルによる直流磁化によって発生した磁束の変化に伴って前記検出コイルに生じる誘導起電力を前記検出コイルの出力信号として検出し、前記検出コイルの出力信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第2工程とを含む。

[0012] 上記(1)に記載の態様によれば、金属管内に金属残留物が存在しない場合、第1工程を実行することにより、励磁コイルで金属管が磁気飽和状態まで直流磁化されることになる。これにより、第2工程において、検出コイルに挿通された金属管の部位における磁束分布は、金属管の長手方向に直交する断面内において略均一となる。すなわち、金属管の飽和磁束密度と断面積との積に比例した磁束 ϕ_p が検出コイル内を通過していると考えられる。金属管の断面積が長手方向で略一定であれば、金属管の長手方向の相対移動(励磁コイル及び検出コイルに対する相対移動)によって磁束 ϕ_p に殆ど変化が生じない。したがって、第2工程において、検出コイルに誘導起電力が殆ど生じず、検出コイルの出力信号は0に近くなる。

一方、金属管内に金属残留物が存在する場合、第1工程を実行することにより、励磁コイルで金属管だけでなく金属残留物も磁気飽和状態まで直流磁化されることになる。これにより、金属残留物にも金属残留物の飽和磁束密度と断面積との積に比例した磁束 ϕ_b が発生する。第2工程において、金属管の相対移動(励磁コイル及び検出コイルに対する相対移動)に伴い、金属残留物の先端(溶接管の相対移動方向下流側の端)が検出コイルに挿通される際には、磁束 ϕ_p から金属残留物の磁束 ϕ_b の分だけ磁束が増加することで、検出コイルに誘導起電力が生じる。また、金属残留物の後端(溶接管の相対移動方向上流側の端)が検出コイルを通過する際には、磁束 $\phi_p +$ 磁束 ϕ_b から金属残留物の磁束 ϕ_b の分だけ磁束が減少することで、検出コイル

に誘導起電力が生じる。したがい、第2工程において、検出コイルに生じる誘導起電力を検出コイルの出力信号として検出すれば、この検出コイルの出力信号に基づき、金属管内に存在する金属残留物を高感度に検出可能である。

上記（1）に記載の態様によれば、金属管内に存在する金属残留物を高感度に検出可能である。さらに、特許文献2に記載のように、金属管が磁気飽和し、金属管内に存在する金属残量物が磁気飽和しない程度に磁化するという微妙な調整が不要であるという利点もある。

[0013] （2）上記（1）に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記第2工程では、前記検出コイルに交流電流を印加しなくてもよい。

上記（2）に記載の態様の場合、特許文献2、3のように検出コイルを渦電流探傷に用いるのではなく、単に金属残留物の磁束によって生じる誘導起電力を監視するためだけに検出コイルを用いることが考えられる。

検出コイルに交流電流を印加しない態様としては、検出コイルに接続される交流電源を全く用意しない態様と、交流電源を用意するものの、第2工程を実行する際には交流電源を検出コイルに常に接続しない態様とを例示できる。

[0014] （3）上記（1）に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記第2工程は、前記検出コイルに所定周波数の交流電流を印加する交流電流印加ステップと、前記交流電流を印加した前記検出コイルの出力信号のうち、前記交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分に基づき、前記電縫鋼管に存在するきずを検出するきず検出ステップと、前記交流電流を印加した前記検出コイルの出力信号のうち、前記交流電流の周波数を遮断周波数とするローパスフィルタを透過する信号成分に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する金属残留物検出ステップと、を含んでもよい。

上記（3）に記載の態様によれば、金属残留物を検出するために検出コイルを用いると共に、きず検出のための通常の渦電流探傷にも用いることがで

きる。すなわち、検出コイルに所定周波数の交流電流を印加する交流電流印加ステップを実行することで、きず検出ステップにおいて、検出コイルの出力信号のうち、印加した交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分を用いた通常の渦電流探傷が可能となる。一方、検出コイルの出力信号のうち、印加した交流電流の周波数を遮断周波数とするローパスフィルタを透過する信号成分には、金属残留物の磁束によって生じる誘導起電力が支配的に含まれると考えられる。このため、金属残留物検出ステップにおいて、検出コイルの出力信号のうち上記のローパスフィルタを透過する信号成分を用いることで、検出コイルに交流電流を印加しない上記（２）に記載の態様と同様に金属残留物を検出可能である。

[0015] 上記（３）に記載の態様は、検出コイルに交流電流を印加し続けた状態で、検出コイルの同じ出力信号を２系統に分岐し、一方の系統は同期検波してきず検出に用い、他方の系統はローパスフィルタを透過させて金属残留物の検出に用いる態様である。

しかしながら、金属残留物を検出するために検出コイルを用いると共に、きず検出のための通常の渦電流探傷にも用いる態様としては、上記（３）に記載の態様に限らず、検出コイルへの交流電流の印加をオン・オフすることも考えられる。

[0016] （４）上記（１）に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記第２工程は、前記検出コイルに所定周波数の交流電流を印加し、前記交流電流を印加した前記検出コイルの出力信号のうち、前記交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分に基づき、前記電縫鋼管に存在するきずを検出するきず検出ステップと、前記検出コイルへの所定周波数の交流電流の印加を停止し、前記交流電流の印加を停止した前記検出コイルの出力信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する金属残留物検出ステップと、を含んでもよい。

上記（４）に記載の態様によれば、きず検出ステップにおいて、検出コイルに所定周波数の交流電流を印加する（印加をオンする）ことで、検出コイ

ルの出力信号のうち交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分を用いた通常の渦電流探傷が可能となる。一方、金属残留物検出ステップにおいて、検出コイルへの所定周波数の交流電流の印加を停止する（印加をオフする）ことで、前述の（２）に記載の態様と同様に、単に金属残留物の磁束によって生じる誘導起電力を監視するためだけに検出コイルを用いることになり、検出コイルの出力信号に基づき金属残留物を検出可能である。

上記（４）に記載の態様では、検出コイルへの交流電流の印加のオン・オフを周期的に繰り返せばよい。繰り返し周期を長く設定し過ぎない限り、きず及び金属残留物の双方を見逃すことなく検出可能である。

[0017] 本発明において、検出コイルを一つしか配置しない場合、検出コイルの出力信号のうち、金属管の振動等によって金属管の中心軸と検出コイルの中心軸とのズレが生じることに起因して生じるノイズ信号成分に対して、金属残留物に起因して生じる信号成分の比（ S/N 比）が小さく、金属残留物を精度良く検出できないおそれがある。

上記の問題を回避するために、以下の態様を採用した。

[0018] （５）上記（１）に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記検出コイルを前記電縫鋼管の長手方向に複数配置し、前記第２工程は、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第１信号を算出するステップ（以下、このステップを適宜「第１ステップ」という）と、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第１信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第２信号を算出するステップ（以下、このステップを適宜「第２ステップ」という）と、複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記第２信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記第２信号同士を加算することで、第３信号を算出するステップ（以下、このステップを適宜「第３ステップ」という）と、前記第３信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出するステップ（以下、このステップを適宜「第４ステップ」という）と、を含むことが好ましい。以下、この好ましい方法を適宜「第１の好ましい方法」という

。なお、上記横軸は、電縫鋼管を造管し始めてからの距離を示す。

[0019] 上記の第1の好ましい方法によれば、第3ステップによって算出される第3信号において、金属残留物に起因して生じる信号成分のS/N比が高まり、金属残留物を精度良く検出可能である。

なお、第2工程が前述の(2)に記載の態様である場合、上記の第1の好ましい方法の第1ステップにおける「複数の前記検出コイルの同時点での出力信号」は、文字通り、複数の検出コイルの同時点での出力信号を意味する。また、第2工程が前述の(3)に記載の態様である場合、上記の第1の好ましい方法の第1ステップにおける「複数の前記検出コイルの同時点での出力信号」は、複数の検出コイルの同時点での出力信号のうちローパスフィルタを透過する信号成分を意味する。さらに、第2工程が前述の(4)に記載の態様である場合、上記の第1の好ましい方法の第1ステップにおける「複数の前記検出コイルの同時点での出力信号」は、交流電流の印加を停止した複数の検出コイルの同時点での出力信号を意味する。

[0020] また、上記の問題を回避するには、上記の第1の好ましい方法のように第1～第4ステップの全てをこの順に実行する場合に限らず、第3ステップが省略された方法であってもよい。

すなわち、上記の問題を回避するために、以下の態様を採用した。

[0021] (6) 上記(1)に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記検出コイルを前記電縫鋼管の長手方向に複数配置し、前記第2工程は、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第1信号を算出するステップ(第1ステップと同じステップ)と、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第1信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第2信号を算出するステップ(第2ステップと同じステップ)と、複数の前記第2信号のうちの少なくとも何れか一つに基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出するステップ(第4ステップに関連するステップ)と、を含むことが好ましい。以下、この好ましい方法を適宜「第2の好ましい方法」という。

[0022] 上記の第2の好ましい方法によれば、第2信号において、金属残留物に起因して生じる信号成分のS/N比が高まり、金属残留物を精度良く検出可能である。

なお、第2工程が前述の上記(2)に記載の態様である場合、上記の第2の好ましい方法の第1信号を算出するステップにおける「複数の前記検出コイルの同時点での出力信号」は、文字通り、複数の検出コイルの同時点での出力信号を意味する。また、第2工程が前述の(3)に記載の態様である場合、上記の第2の好ましい方法の第1信号を算出するステップにおける「複数の前記検出コイルの同時点での出力信号」は、複数の検出コイルの同時点での出力信号のうちローパスフィルタを透過する信号成分を意味する。さらに、第2工程が前述の(4)に記載の態様である場合、上記の第2の好ましい方法の第1信号を算出するステップにおける「複数の前記検出コイルの同時点での出力信号」は、交流電流の印加を停止した複数の検出コイルの同時点での出力信号を意味する。

[0023] また、上記の問題を回避するには、上記の第1の好ましい方法のように第1～第4ステップの全てをこの順に実行する場合に限らず、第3ステップに関連するステップを最初に実行した後、第4ステップに関連するステップを実行する方法であってもよい。

すなわち、上記の問題を回避するには、以下の態様を採用した。

[0024] (7) 上記(1)に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記検出コイルを前記電縫鋼管の長手方向に複数配置し、前記第2工程は、複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記検出コイルの出力信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記出力信号同士を加算することで、第4信号を算出するステップ(第3ステップに関連するステップ)と、前記第4信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出するステップ(第4ステップに関連するステップ)と、を含むことが好ましい。以下、この好ましい方法を適宜「第3の好ましい方法」という。なお、上記横軸は、電縫鋼管を造管し始めてからの距離を示す。

[0025] 上記の第3の好ましい方法によれば、第4信号において、金属残留物に起因して生じる信号成分のS/N比が高まり、金属残留物を精度良く検出可能である。

なお、第2工程が前述の上記(2)に記載の態様である場合、上記の第3の好ましい方法の第4信号を算出するステップにおける「複数の前記検出コイルの出力信号」は、文字通り、複数の検出コイルの同時点での出力信号を意味する。また、第2工程が第2の態様である場合、上記の第3の好ましい方法の第4信号を算出するステップにおける「複数の前記検出コイルの出力信号」は、複数の検出コイルの同時点での出力信号のうちローパスフィルタを透過する信号成分を意味する。さらに、第2工程が前述の(4)に記載の態様である場合、上記の第3の好ましい方法の第4信号を算出するステップにおける「複数の前記検出コイルの出力信号」は、交流電流の印加を停止した複数の検出コイルの同時点での出力信号を意味する。

[0026] (8) 上記(1)～(7)の何れか1項に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法において、前記電縫鋼管の長手方向に沿った一端側に位置し、前記電縫鋼管が挿通される第1開口部と、前記電縫鋼管の長手方向に沿った他端側に位置し、前記電縫鋼管が挿通される第2開口部とを有し、前記第1開口部及び前記第2開口部を通る軸に対して略軸対称な外形を有し、前記励磁コイル及び前記検出コイルを囲繞する継鉄部材により前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出してもよい。

[0027] 上記(8)に記載の態様によれば、金属管の長手方向端部における不感帯を低減可能である。

[0028] (9) 本発明の他の態様は、電縫鋼管内に存在する金属残留物を検出する装置であって、長手方向に相対移動する前記電縫鋼管を挿通し、前記電縫鋼管及び前記金属残留物を磁気飽和状態まで磁化可能な磁界強度で、前記電縫鋼管を直流磁化する励磁コイルと、長手方向に相対移動する前記電縫鋼管を挿通し、前記励磁コイルによる直流磁化によって発生した磁束の変化に伴って生じる誘導起電力を検出して出力する検出コイルと、前記検出コイルの出力

信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する検出手段と、を備える。

[0029] (10) 上記(9)に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出装置において、前記検出コイルは、前記電縫鋼管の長手方向に複数配置され、前記検出手段は、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第1信号を算出する第1信号算出部と、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第1信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第2信号を算出する第2信号算出部と、複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記第2信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記第2信号同士を加算することで、第3信号を算出する第3信号算出部と、前記第3信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第1検出部と、を有する。

[0030] (11) 上記(9)に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出装置において、前記検出コイルは、前記電縫鋼管の長手方向に複数配置され、前記検出手段は、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第1信号を算出する第1信号算出部と、複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第1信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第2信号を算出する第2信号算出部と、複数の前記第2信号のうちの少なくとも何れか一つに基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第2検出部と、を有する。

[0031] (12) 上記(9)に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出装置において、前記検出コイルは、前記電縫鋼管の長手方向に複数配置され、前記検出手段は、複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記検出コイルの出力信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記出力信号同士を加算することで、第4信号を算出する第4信号算出部と、前記第4信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第3検出部と、を有する。

[0032] (13) 上記(9)～(12)の何れか1項に記載の電縫鋼管内の金属残留

物検出装置において、前記金属残留物検出装置は、前記電縫鋼管の長手方向に沿った一端側に位置し、前記電縫鋼管が挿通される第 1 開口部と、前記電縫鋼管の長手方向に沿った他端側に位置し、前記電縫鋼管が挿通される第 2 開口部とを有し、前記第 1 開口部及び前記第 2 開口部を通る軸に対して略軸対称な外形を有し、前記励磁コイル及び前記検出コイルを囲繞する継鉄部材を更に備える。

発明の効果

[0033] 本発明によれば、電縫溶接管等の電縫鋼管内に存在するビード屑等の金属残留物を高感度に検出することが可能である。

図面の簡単な説明

[0034] [図1A]本発明の第 1 実施形態に係る検出方法を説明する図であり、溶接管 P 内にビード屑 B が存在しない場合を示す。

[図1B]同実施形態に係る検出方法を説明する図であり、溶接管 P 内にビード屑 B が存在する場合を示す。

[図1C]上図は、図 1 B の場合における検出コイル 2 の出力信号を模式的に示す図であり、下図は、上図に示す出力信号を積分した信号を模式的に示す図である。

[図2]本発明の第 2 実施形態に係る検出方法を説明する側面図である。

[図3]本発明の第 3 実施形態に係る検出方法を説明する側面図である。

[図4]本発明の第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例を説明する図である。

[図5]本発明の第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例の第 1 ステップの内容を模式的に説明する図である。

[図6]本発明の第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例の第 2 ステップの内容を模式的に説明する図である。

[図7]本発明の第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例の第 3 ステップの内容を模式的に説明する図である。

[図8]本発明の第 1 実施形態に係る検出方法の第 3 変形例で算出される第 4 信

号を模式的に示す図である。

[図9A]本発明の第4変形例の検出方法を実行するために用いる検出装置の概略構成を示す図であって、溶接管Pの中心軸線を含む縦断面で見た場合の断面図である。

[図9B]図9Aの斜視図である。

[図10]図9A及び図9Bに示す第4変形例に係る検出方法によって得られた検出コイルの出力信号の一例を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、添付図面を適宜参照しつつ、本発明の実施形態に係る電縫鋼管内の金属残留物検出方法（以下、適宜、単に「検出方法」という）及び電縫鋼管内の金属残留物検出装置（以下、適宜、単に「検出装置」という）について説明する。本実施形態では、金属残留物がビード屑である場合を例に挙げて説明する。

本実施形態に係る検出方法には、第1～第3実施形態に係る検出方法が含まれる。第1～第3実施形態に係る検出方法は、いずれも、溶接管を直流磁化する第1工程と、溶接管内に存在するビード屑を検出する第2工程とを含むが、各実施形態毎に、第2工程の態様が異なる。以下、第1～第3実施形態に係る検出方法について、順次説明する。

[0036] <第1実施形態>

図1A及び図1Bは、第1実施形態に係る検出方法を説明する図である。図1Aの左図は、溶接管P内にビード屑Bが存在しない場合の磁束分布を模式的に示す側面図である。図1Aの右図は、図1Aの左図の検出コイル2における断面内の磁束分布を模式的に示す図である。図1Bの左図は、溶接管P内にビード屑Bが存在する場合の磁束分布を模式的に示す側面図である。図1Bの右図は、図1Bの左図の検出コイル2における断面内の磁束分布を模式的に示す図である。図1Cの上図は、図1Bの場合における検出コイル2の出力信号を模式的に示す図であり、図1Cの下図は、図1Cの上図に示す出力信号を積分した信号を模式的に示す図である。

図 1 A 及び図 1 B に示すように、第 1 実施形態に係る検出方法は、第 1 実施形態に係る検出装置 100 を用いて実行される。検出装置 100 は、励磁コイル 1 と、検出コイル 2 と、検出手段としての電圧計 4 と、を備えている。また、検出装置 100 は、直流電源 3 を備えている。なお、図 1 A 及び図 1 B に示す例では、励磁コイル 1 が溶接管 P の長手方向（X 方向）に 2 つに分割されているが、これに限るものではなく、分割されていない単一の励磁コイルを用いて、その内側に検出コイル 2 を配置する構成を採用することも可能である。後述の図 2 に示す検出装置 100 A、図 3 に示す検出装置 100 B についても同様である。

[0037] 第 1 実施形態に係る検出方法は、第 1 工程において、溶接管 P を長手方向に相対移動（本実施形態では、静止している励磁コイル 1 に対して溶接管 P の方を移動）させながら励磁コイル 1 に挿通し、励磁コイル 1 によって、溶接管 P 及びビード層 B を磁気飽和状態まで磁化可能な磁界強度で、溶接管 P を長手方向に直流磁化する。具体的には、励磁コイル 1 には直流電源 3 が接続され、励磁コイル 1 に通電する電流と励磁コイル 1 の巻き数とによって決まる磁界強度が溶接管 P 及びビード層 B を磁気飽和状態まで磁化できる磁界強度となるように、直流電源 3 から励磁コイル 1 に直流電流が印加される。なお、磁気飽和状態まで磁化するとは、例えば 10 秒以上で 1 周期の交流磁化を材料に与えてヒステリシス曲線を取得し、その磁界強度のピーク値での曲線の傾き、すなわち比透磁率の値が 20 程度以下を示せば、一般には飽和領域にあると見なされる。ビード層 B は、溶接管 P の内面から部分的に浮いた状態で存在する場合があります、ビード層 B を磁気飽和状態まで磁化するには、直流電流が有効である。交流電流の場合、交流磁界では磁界の時間変化に伴い発生する渦電流の影響により、磁束がビード層 B の内部に浸透しにくいことは自明である。

[0038] また、第 1 実施形態に係る検出方法は、第 2 工程において、溶接管 P を長手方向に相対移動（本実施形態では、静止している検出コイル 2 に対して溶接管 P の方を移動）させながら検出コイル 2 に挿通し、第 1 工程での励磁コ

イル 1 による直流磁化によって発生した磁束の変化に伴って検出コイル 2 に生じる誘導起電力を検出コイル 2 の出力信号として検出し、検出コイル 2 の出力信号に基づき、溶接管 P 内に存在するビード層 B を検出する。具体的には、検出コイル 2 には、電圧計 4 が接続され、電圧計 4 によって検出コイル 2 の出力電圧が測定され、この測定した出力電圧に基づき、溶接管 P 内に存在するビード層 B を検出する。なお、第 1 実施形態に係る検出方法では、検出コイル 2 に交流電流を印加しない。具体的には、第 1 実施形態に係る検出方法では、後述の第 2 実施形態や第 3 実施形態に係る検出方法のような検出コイル 2 に接続される交流電源 5 を用意しない。ただし、本発明はこれに限るものではなく、交流電源 5 を用意するものの、第 2 工程を実行する際には交流電源 5 を検出コイル 2 に常に接続しない態様を採用することも可能である。

[0039] 第 1 実施形態に係る検出方法によれば、図 1 A に示すように、溶接管 P 内にビード層 B が存在しない場合、第 1 工程を実行することにより、励磁コイル 1 で溶接管 P が磁気飽和状態まで直流磁化されることになる。これにより、第 2 工程において、検出コイル 2 に挿通された溶接管 P の部位における磁束分布は、溶接管 P の長手方向に直交する断面内において略均一となる。すなわち、溶接管 P の飽和磁束密度と断面積との積に比例した磁束 ϕ_p が検出コイル 2 内を通過していると考えられる。溶接管 P の断面積が長手方向で略一定であれば、溶接管 P の長手方向の相対移動（励磁コイル 1 及び検出コイル 2 に対する相対移動）によって磁束 ϕ_p に殆ど変化が生じない。したがって、第 2 工程において、検出コイル 2 に誘導起電力が殆ど生じず、検出コイル 2 の出力信号は 0 に近くなる。すなわち、電圧計 4 によって測定される検出コイル 2 の出力電圧は 0 に近くなる。

[0040] 一方、図 1 B に示すように、溶接管 P 内にビード層 B が存在する場合、第 1 工程を実行することにより、励磁コイル 1 で溶接管 P だけでなくビード層 B も磁気飽和状態まで直流磁化されることになる。これにより、ビード層 B にもビード層 B の飽和磁束密度と断面積との積に比例した磁束 ϕ_b が発生す

る。第2工程において、溶接管Pの相対移動に伴い、ビード層Bの先端（溶接管Pの相対移動方向下流側の端）が検出コイル2に挿通される際には、磁束 ϕ_p からビード層Bの磁束 ϕ_b の分だけ磁束が増加することで、検出コイル2に誘導起電力が生じる。すなわち、図1Cの上図に示すように、電圧計4によって測定される検出コイル2の出力電圧が一の方向（図1Cに示す例では正の方向）に増加する。

また、ビード層Bの後端（溶接管Pの相対移動方向上流側の端）が検出コイル2を通過する際には、磁束 $\phi_p + \phi_b$ からビード層の磁束 ϕ_b の分だけ磁束が減少することで、検出コイル2に誘導起電力が生じる。すなわち、図1Cの上図に示すように、電圧計4によって測定される検出コイル2の出力電圧が前記一の方向とは逆の方向（図1Cに示す例では負の方向）に増加する。

[0041] したがい、第2工程において、検出コイル2に生じる誘導起電力を検出コイル2の出力信号として検出すれば、この検出コイル2の出力信号に基づき、溶接管P内に存在するビード層Bを高感度に検出可能である。すなわち、図1Cの上図に示すような検出コイル2の出力電圧を例えば所定の正負のしきい値と比較し、しきい値を超える場合には溶接管P内にビード層Bが存在すると判定する（しきい値を超える箇所がビード層Bの端部であると判定する）ことが可能である。また、図1Cの下図に示すような出力電圧の積分値を所定のしきい値と比較し、しきい値を超える場合には溶接管P内にビード層Bが存在すると判定する（しきい値を超える箇所がビード層Bであると判定する）ことも可能である。

[0042] なお、検出コイル2は、第1工程において直流磁化された範囲の溶接管Pの長手方向中央部分から前半側（溶接管Pの相対移動方向下流側）に配置されることが好ましい。溶接管Pが励磁コイル1に挿通すると、溶接管Pの磁束密度分布が変化する。すなわち、溶接管Pが励磁コイル1に突入した直後は、渦電流効果（シールド効果）により磁束の浸透が妨げられるが、特に、直流磁化された溶接管Pにおける長手方向中央部分から相対移動方向下流側

にかけて磁気飽和状態となる。したがって、この磁気飽和状態された範囲に検出コイル 2 を配置することにより、ビード屑 B をより高感度に検出することが可能となる。なお、第 2 実施形態および第 3 実施形態についても同様である。

[0043] 第 1 実施形態に係る検出方法によれば、溶接管 P 内に存在するビード屑 B を高感度に検出可能である。さらに、特許文献 2 に記載のように、溶接管 P が磁気飽和し、溶接管 P 内に存在するビード屑 B が磁気飽和しない程度に磁化するという微妙な調整が不要であるという利点もある。

[0044] <第 2 実施形態>

図 2 は、第 2 実施形態に係る検出方法を説明する側面図である。

図 2 に示すように、第 2 実施形態に係る検出方法は、第 2 実施形態に係る検出装置 100A を用いて実行される。検出装置 100A は、励磁コイル 1 と、検出コイル 2 と、検出手段としての電圧計 4 及びローパスフィルタ (LPF) 7 と、を備えている。また、検出装置 100A は、直流電源 3 と、交流電源 5 と、同期検波器 6 と、を備えている。

[0045] 第 2 実施形態に係る検出方法も、第 1 実施形態に係る検出方法と同様の第 1 工程を含むが、第 2 工程の様相が第 1 実施形態に係る検出方法と異なる。第 2 実施形態に係る検出方法では、検出コイル 2 をビード屑 B を検出するために用いると共に、きず検出のための通常の渦電流探傷にも用いている。

[0046] 第 2 実施形態に係る検出方法の第 2 工程は、交流電流印加ステップと、きず検出ステップと、ビード屑検出ステップ (金属残留物検出ステップ) と、を含んでいる。

交流電流印加ステップでは、交流電源 5 から検出コイル 2 に所定周波数の交流電流を印加する。交流電流を印加した検出コイル 2 の出力信号は、2 系統に分岐され、一方の系統が同期検波器 6 に入力され、他方の系統がローパスフィルタ (LPF) 7 に入力される。

きず検出ステップでは、交流電流を印加した検出コイル 2 の出力信号のうち、同期検波器 6 によって前記交流電流の周波数で同期検波して得られる信

号成分に基づき、溶接管Pに存在するきずを検出する。

ビード屑検出ステップでは、交流電流を印加した検出コイル2の出力信号のうち、前記交流電流の周波数を遮断周波数とするローパスフィルタ7を透過する信号成分に基づき、溶接管P内に存在するビード屑Bを検出する。具体的には、ローパスフィルタ7には電圧計4が接続され、電圧計4によってローパスフィルタ7を透過する信号成分の電圧が測定され、この測定した電圧に基づき、溶接管P内に存在するビード屑Bを検出する。電圧に基づくビード屑Bの検出方法は、図1Cを参照して説明した第1実施形態の場合と同様であるので、ここでは説明を省略する。

[0047] 第2実施形態に係る検出方法によれば、検出コイル2に所定周波数の交流電流を印加する交流電流印加ステップを実行することで、きず検出ステップにおいて、検出コイル2の出力信号のうち、印加した交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分を用いた通常の渦電流探傷が可能となる。一方、検出コイル2の出力信号のうち、印加した交流電流の周波数を遮断周波数とするローパスフィルタ7を透過する信号成分には、ビード屑Bの磁束 ϕ_b によって生じる誘導起電力が支配的に含まれると考えられる。このため、ビード屑検出ステップにおいて、検出コイル2の出力信号のうちローパスフィルタ7を透過する信号成分を用いることで、検出コイル2に交流電流を印加しない第1実施形態に係る検出方法と同様にビード屑Bを検出可能である。

[0048] <第3実施形態>

図3は、第3実施形態に係る検出方法を説明する側面図である。

図3に示すように、第3実施形態に係る検出方法は、第3実施形態に係る検出装置100Bを用いて実行される。検出装置100Bは、励磁コイル1と、検出コイル2と、検出手段としての電圧計4とを備えている。また、検出装置100Bは、直流電源3と、交流電源5と、同期検波器6と、スイッチング回路8と、を備えている。

[0049] 第3実施形態に係る検出方法も、第1実施形態及び第2実施形態に係る検出方法と同様の第1工程を含むが、第2工程の態様が第1実施形態及び第2

実施形態に係る検出方法と異なる。

第3実施形態に係る検出方法では、第1実施形態に係る検出方法と異なり、検出コイル2をビード屑Bを検出するために用いると共に、きず検出のための通常の渦電流探傷にも用いている。

また、第3実施形態に係る検出方法では、第2実施形態に係る検出方法と異なり、交流電源5から検出コイル2に交流電流を印加し続けるのではなく、スイッチング回路8を用いて、交流電源5から検出コイル2への交流電流の印加をオン・オフしている。

[0050] 第3実施形態に係る検出方法の第2工程は、きず検出ステップと、ビード屑検出ステップ（金属残留物検出ステップ）と、を含んでいる。

きず検出ステップでは、スイッチング回路8が備えるスイッチS1、S2がそれぞれ図3に点線で示す状態となる。すなわち、交流電源5と検出コイル2とが接続され、検出コイル2と同期検波器6とが接続された状態となる。そして、きず検出ステップでは、交流電源5から検出コイル2に所定周波数の交流電流を印加し、交流電流を印加した検出コイル2の出力信号のうち、同期検波器6によって前記交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分に基づき、溶接管Pに存在するきずを検出する。

ビード屑検出ステップでは、スイッチング回路8が備えるスイッチS1、S2がそれぞれ図3に実線で示す状態となる。すなわち、検出コイル2は交流電源5から切り離され、検出コイル2と電圧計4とが接続された状態となる。そして、ビード屑検出ステップでは、交流電源5から検出コイル2への所定周波数の交流電流の印加を停止し、交流電流の印加を停止した検出コイル2の出力信号に基づき、溶接管P内に存在するビード屑Bを検出する。具体的には、第1実施形態と同様に、電圧計4によって検出コイル2の出力電圧が測定され、この測定した出力電圧に基づき、溶接管P内に存在するビード屑Bを検出する。

[0051] 第3実施形態に係る検出方法によれば、きず検出ステップにおいて、検出コイル2に所定周波数の交流電流を印加する（印加をオンする）ことで、検

出コイル 2 の出力信号のうち、印加した交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分を用いた通常の渦電流探傷が可能となる。一方、ビード屑検出ステップにおいて、検出コイル 2 への所定周波数の交流電流の印加を停止する（印加をオフする）ことで、第 1 実施形態に係る検出方法と同様に、単にビード屑 B の磁束 ϕ_b によって生じる誘導起電力を監視するためだけに検出コイル 2 を用いることになり、検出コイル 2 の出力信号に基づきビード屑 B を検出可能である。

第 3 実施形態に係る検出方法では、スイッチング回路 8 が備えるスイッチ S 1、S 2 の切り替え、すなわち検出コイル 2 への交流電流の印加のオン・オフを予め定めた周期で周期的に繰り返せばよい。繰り返し周期を長く設定し過ぎない限り、きず及びビード屑 B の双方を見逃すことなく検出可能である。具体的には、例えば交流周波数が 20 kHz の場合、20 kHz の 3 周期分（＝0.15 ms）程度の間隔で、オン・オフを周期的に繰り返せばよい。

[0052] 以上に説明した第 1～第 3 実施形態に係る検出方法では、いずれも検出コイル 2 を一つ配置した場合を例に挙げたが、検出コイル 2 を一つしか配置しない場合、検出コイル 2 の出力信号のうち、溶接管 P の振動等によって溶接管 P の中心軸と検出コイル 2 の中心軸とのズレが生じることに起因して生じるノイズ信号成分に対して、ビード屑 B に起因して生じる信号成分の比（S/N 比）が小さく、ビード屑 B を精度良く検出できないおそれがある。

ビード屑 B を精度良く検出するには、検出コイル 2 を溶接管 P の長手方向に複数配置し、各検出コイル 2 の出力信号に対して所定の信号処理を施すことが好ましい。以下、この好ましい方法について、第 1 実施形態に係る検出方法に適用する場合を例に挙げて説明する。

[0053] 図 4 は、第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例を説明する図である。

図 4 に示すように、第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例は、検出装置 100D を用いて実行される。検出装置 100D は、励磁コイル 1 と、複数（図 4 に示す例では 3 つ）の検出コイル 2 a、2 b、2 c と、検出手段と

しての複数（検出コイルと同数。図4に示す例では3つ）の電圧計4 a、4 b、4 c 及び信号処理装置9と、を備えている。電圧計4 a～4 cで測定した出力電圧（検出コイル2 a～2 cの出力信号）は、信号処理装置9に入力され、信号処理装置9によって信号処理（後述の第1～第4ステップ）が施される。また、検出装置100Dは、直流電源3と、レーザドップラ速度計10と、を備えている。

第1実施形態に係る検出方法の第1変形例は、第2工程において、以下の第1～第4ステップを実行する。

[0054] [第1ステップ]

第1ステップでは、信号処理装置9が、検出コイル2 a～2 cの同時点での出力信号（電圧計4 a～4 cによって測定した出力電圧）を平均化することで、第1信号を算出する。検出手段は、複数の検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第1信号を算出する第1信号算出部を有する。

図5は、第1ステップの内容を模式的に説明する図である。図5（a）は検出コイル2 aの出力信号を、図5（b）は検出コイル2 bの出力信号を、図5（c）は検出コイル2 cの出力信号を、図5（d）は平均化信号を示す。図5に示す各信号の横軸は距離である。後述の図6～図8に示す各信号も同様である。例えば、レーザドップラ速度計10で検出した溶接管Pの相対移動速度が信号処理装置9に入力され、信号処理装置9が、この入力された相対移動速度と、時間とを積算して距離を算出する。なお、各信号の横軸を距離ではなく時間で表わすことも可能である。

図5（a）～（c）に示すように、溶接管Pの中心軸と検出コイル2 a～2 cの中心軸とのズレが生じることに起因して生じるノイズ信号成分は、何れの検出コイル2 a～2 cについても同時点で生じる。これに対し、ビード屑Bの先端（溶接管Pの相対移動方向下流側の端）が検出コイル2 a～2 cに挿通される際に生じる信号成分（以下、適宜、「ビード屑先端信号成分」という）は、溶接管Pの相対移動方向の最も上流側に位置する検出コイル2 aで最も早く生じ、次いで検出コイル2 bで生じ、最も下流側に位置する検

出コイル 2 c で最後に生じることになる。

[0055] 仮に、何れの検出コイル 2 a ~ 2 c についても、ノイズ信号成分の電圧が同一で、ビード屑先端信号成分の電圧も同一（電圧 V）であるとすれば、図 5（d）に示すように、検出コイル 2 a ~ 2 c の同時点での出力信号を平均化することで算出される第 1 信号において、ノイズ信号成分の電圧は変化せず、ビード屑先端信号成分の電圧は $1/3 V$ となる。

[0056] [第 2 ステップ]

第 2 ステップでは、信号処理装置 9 が、検出コイル 2 a ~ 2 c の同時点での出力信号から第 1 ステップで算出した第 1 信号を減算することで、検出コイル 2 a ~ 2 c に対応する第 2 信号を算出する。検出手段は、複数の検出コイルの同時点での出力信号から第 1 信号を減算することで、複数の検出コイルにそれぞれ対応する第 2 信号を算出する第 2 信号算出部を有する。

図 6 は、第 2 ステップの内容を模式的に説明する図である。図 6（a）は検出コイル 2 a の第 2 信号を算出する過程を、図 6（b）は検出コイル 2 b の第 2 信号を算出する過程を、図 6（c）は検出コイル 2 c の第 2 信号を算出する過程を示す。

図 6（a）～（c）に示すように、何れの検出コイル 2 a ~ 2 c の第 2 信号についても、ノイズ信号成分の電圧は理想的には 0 となり、ビード屑先端信号成分（正側の成分）の電圧は $2/3 V$ となる。

[0057] [第 3 ステップ]

第 3 ステップでは、信号処理装置 9 が、検出コイル 2 a ~ 2 c の離間距離に対応する分だけ検出コイル 2 a ~ 2 c の第 2 信号の横軸をずらし、該ずらした検出コイル 2 a ~ 2 c の第 2 ステップで算出した第 2 信号同士を加算することで、第 3 信号を算出する。検出手段は、複数の検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の第 2 信号の横軸をずらし、該ずらした複数の第 2 信号同士を加算することで、第 3 信号を算出する第 3 信号算出部を有する。

図 7 は、第 3 ステップの内容を模式的に説明する図である。図 7（a）は検出コイル 2 a の第 2 信号を、図 7（b）は検出コイル 2 b の第 2 信号をず

らした状態を、図 7 (c) は検出コイル 2 c の第 2 信号をずらした状態を、図 7 (d) は第 3 信号を示す。

検出コイル 2 a ~ 2 c の離間距離 (図 4 参照) は予め分かっており、信号処理装置 9 に予め入力されている。例えば、検出コイル 2 a の位置 (溶接管 P の長手方向の位置) を基準として、検出コイル 2 a に対する検出コイル 2 b の離間距離 $\Delta a b$ と、検出コイル 2 a に対する検出コイル 2 c の離間距離 $\Delta a c$ とが、信号処理装置 9 に予め入力される。そして、例えば、各検出コイル 2 a ~ 2 c の第 2 信号の横軸が距離であり、検出コイル 2 a の第 2 信号を基準にして、検出コイル 2 b の第 2 信号と検出コイル 2 c の第 2 信号の横軸をずらす場合、検出コイル 2 b の第 2 信号におけるビード屑先端信号成分 (正側の成分) は、検出コイル 2 a の第 2 信号におけるビード屑先端信号成分 (正側の成分) に対して離間距離 $\Delta a b$ だけずれて (遅れて) 生じるため、図 7 (b) に示すように、点線で示す位置から実線で示す位置にずらす (早める)。同様に、検出コイル 2 c の第 2 信号におけるビード屑先端信号成分 (正側の成分) は、検出コイル 2 a の第 2 信号におけるビード屑先端信号成分 (正側の成分) に対して離間距離 $\Delta a c$ だけずれて (遅れて) 生じるため、図 7 (c) に示すように、点線で示す位置から実線で示す位置にずらす (早める)。

なお、各検出コイル 2 a ~ 2 c の第 2 信号の横軸が時間である場合には、信号処理装置 9 に入力されたレーザドップラ速度計 10 で検出した溶接管 P の相対移動速度と、時間とを積算して距離を算出した後、上記と同様に減算すればよい。

[0058] 上記のようにしてずらした検出コイル 2 a ~ 2 c の第 2 信号におけるビード屑先端信号成分 (正側の成分) の横軸の位置は一致するため、図 7 (d) に示すように、これらを加算することで算出される第 3 信号において、ビード屑先端信号成分 (正側の成分) の電圧は 2 V となる。

以上の説明では、検出コイル 2 が 3 つである場合を例に挙げたが、一般に検出コイル 2 の数が N ($N \geq 2$) である場合、図 5 (d) に示す第 1 信号に

おけるビード屑先端信号成分の電圧は $(1/N)V$ となる。この場合、図 6 (a) ~ (c) に示す第 2 信号におけるビード屑先端信号成分（正側の成分）の電圧は $(1 - 1/N)V$ となる。また、図 7 (d) に示す第 3 信号におけるビード屑先端信号成分（正側の成分）の電圧は $N(1 - 1/N)V = (N - 1)V$ となる。したがい、検出コイル 2 の元の出力信号におけるビード屑先端信号成分の電圧 V （図 5 (a) 参照）の $(N - 1)$ 倍となる。第 3 信号におけるビード屑先端信号成分（正側の成分）の電圧を元の出力信号におけるビード屑先端信号成分の電圧よりも大きくするには、 $N \geq 3$ にすることが好ましい。

[0059] [第 4 ステップ]

第 4 ステップでは、信号処理装置 9 が、第 3 ステップで算出した第 3 信号に基づき、溶接管 P 内に存在するビード屑 B を検出する。検出手段は、第 3 信号に基づき、溶接管 P 内に存在するビード屑 B を検出する第 1 検出部を有する。第 3 信号において、ノイズ信号成分の電圧は理想的には 0 となり、ビード屑先端信号成分（正側の成分）の電圧は元の電圧の $(N - 1)$ 倍となるため、 S/N 比が高まり、ビード屑 B を精度良く検出可能である。

[0060] 以上に説明した第 1 実施形態に係る検出方法の第 1 変形例では、第 1 ~ 第 4 ステップの全てをこの順に実行するが、第 3 ステップが省略された変形例であってもよい。

すなわち、第 1 実施形態に係る検出方法の第 2 変形例は、第 2 工程において、以下の各ステップ (1) ~ (3) を実行する。

(1) 信号処理装置 9 が、検出コイル 2 a ~ 2 c の同時点での出力信号を平均化することで、第 1 信号を算出するステップ（第 1 ステップと同じステップ）。

(2) 信号処理装置 9 が、検出コイル 2 a ~ 2 c の同時点での出力信号から第 1 信号を減算することで、検出コイル 2 a ~ 2 c に対応する第 2 信号を算出するステップ（第 2 ステップと同じステップ）。

(3) 信号処理装置 9 が、複数の第 2 信号のうちの少なくとも何れか一つ

に基づき、溶接管P内に存在するビード層Bを検出するステップ（第4ステップに関連するステップ）。

なお、検出手段は、複数の第2信号のうちの少なくとも何れか一つに基づき、溶接管P内に存在するビード層Bを検出する第2検出部を有する。

[0061] 上記の第1実施形態に係る検出方法の第2変形例によれば、図6（a）～（c）に示す検出コイル2a～2cの第2信号のうちの少なくとも何れか一つに基づき、ビード層Bを検出することになる。前述のように、何れの検出コイル2a～2cの第2信号についても、ノイズ信号成分の電圧は理想的には0となる一方で、ビード層先端信号成分（正側の成分）の電圧は $2/3V$ に低下するに過ぎないため、S/N比が高まり、ビード層Bを精度良く検出可能である。

[0062] また、以上に説明した第1実施形態に係る検出方法の第1変形例では、第1～第4ステップの全てをこの順に実行するが、第3ステップに関連するステップを最初に実行した後、第4ステップに関連するステップを実行する変形例であってもよい。

すなわち、第1実施形態に係る検出方法の第3変形例は、第2工程において、以下の各ステップ（4）及び（5）を実行する。

（4）信号処理装置9が、検出コイル2a～2cの離間距離に対応する分だけ検出コイル2a～2cの出力信号の横軸をずらし、該ずらした検出コイル2a～2cの出力信号同士を加算することで、第4信号を算出するステップ（第3ステップに関連するステップ）。

（5）信号処理装置9が、第4信号に基づき、溶接管P内に存在するビード層Bを検出するステップ（第4ステップに関連するステップ）。

なお、検出手段は、複数の検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の検出コイルの出力信号の横軸をずらし、該ずらした複数の出力信号同士を加算することで、第4信号を算出する第4信号算出部と、第4信号に基づき、溶接管P内に存在するビード層Bを検出する第3検出部と、を有する。

[0063] 上記の第1実施形態に係る検出方法の第3変形例によれば、図8に示す第

4 信号に基づき、ビード層 B を検出することになる。図 8 に示すように、第 4 信号において、ノイズ信号成分の電圧は変化せず、ビード層先端信号成分の電圧は 3 V となる。したがい、S/N 比が高まり、ビード層 B を精度良く検出可能である。

[0064] なお、以上の説明では、検出コイル 2 を溶接管 P の長手方向に複数配置し、各検出コイル 2 の出力信号に対して所定の信号処理を施す好ましい方法（第 1 ～第 3 変形例）について、第 1 実施形態に係る検出方法に適用する場合を例に挙げたが、本発明はこれに限るものではなく、第 2 実施形態及び第 3 実施形態に係る検出方法に適用することも可能である。

第 2 実施形態に係る検出方法に適用する場合には、図 2 に示す電圧計 4 及びローパスフィルタ 7 を検出コイル 2 と同じ数だけ配置し、各電圧計 4 で測定した測定電圧を信号処理装置 9 に入力して、第 1 変形例の場合には前述の第 1 ～第 4 ステップを、第 2 変形例の場合には前述のステップ（1）～（3）を、第 3 変形例の場合には前述のステップ（4）及び（5）を実行すればよい。

また、第 3 実施形態に係る検出方法に適用する場合には、図 3 に示す電圧計 4 を検出コイル 2 と同じ数だけ配置し、各電圧計 4 で測定した測定電圧を信号処理装置 9 に入力して、第 1 変形例の場合には前述の第 1 ～第 4 ステップを、第 2 変形例の場合には前述のステップ（1）～（3）を、第 3 変形例の場合には前述のステップ（4）及び（5）を実行すればよい。

[0065] 以上に説明した第 1 ～第 3 実施形態及び第 1 ～第 3 変形例に係る検出方法では、励磁コイル 1 として、金属管 P を挿通する貫通型の励磁コイルを用いている。貫通型の励磁コイル 1 単体では、発生する磁束の磁路が開磁路であるため、金属管 P の長手方向端部の位置に応じて、金属管 P の磁化状態が異なる。すなわち、一定の磁化状態を得るには、金属管 P の長手方向端部は励磁コイル 1 の端部から十分に離れている必要がある。換言すれば、金属管 P の長手方向端部に、ビード層 B を高感度に検出できない領域（不感帯）が存在するおそれがある。金属管 P の長手方向全体に亘ってビード層 B を高感度

に検出するには、この不感帯を可能な限り低減することが望ましい。このためには、第1～第3実施形態及び第1～第3変形例に係る検出方法の何れの場合であっても、励磁コイル1及び検出コイル2を囲繞する所定の継鉄部材を設けることが好ましい。以下、この変形例（第4変形例）について具体的に説明する。

[0066] 図9A及び図9Bは、第4変形例の検出方法を実行するために用いる検出装置100Eの概略構成を示す図である。図9Aは検出装置が備える励磁コイル1、検出コイル2、ボビン50及び継鉄部材30の概略構成を示す図であり、溶接管Pの中心軸線を含む縦断面で見た場合の断面図である。図9Bは、図9Aの斜視図である。図9Bの左図は、継鉄部材30を構成する一方の部材片を取り除いた状態を、右図は取り除いていない状態を示す。

図9Aに示すように、第4変形例に係る検出装置100Eは、励磁コイル1、検出コイル2、及びボビン50に加え、継鉄部材30を備えている。なお、図9A及び図9Bでは図示を省略しているが、第4変形例の継鉄部材30を第1～第3実施形態及び第1～第3変形例の何れに適用するかに応じて、検出装置100Eは他の構成要素を備える。例えば、第1実施形態に適用する場合、検出装置100Eは、構成要素として、励磁コイル1、検出コイル2、継鉄部材30、及びボビン50に加え、直流電源3及び電圧計4を備えることになる。

[0067] 励磁コイル1は、溶接管Pが内部を通る中空のボビン50の外面に巻回されている。励磁コイル1には、直流電源3から直流電流が印加され、溶接管PはX方向に直流磁化されて、磁束 ϕ が発生する。なお、図9A及び図9bにおいて、磁束 ϕ は破線で図示している。また、図9Bの左図に図示する磁束 ϕ は、励磁コイル1の内側に発生している磁束である。

[0068] 検出コイル2も、励磁コイル1と同様に、ボビン50の外面に巻回されている。ただし、検出コイル2は、ボビン50の外面のX方向中央位置において、励磁コイル1の内側に巻回されている。

[0069] 継鉄部材30は、溶接管Pの相対移動方向（X方向）に沿った上流側（一

端側)に位置し、溶接管Pが挿通される第1開口部31と、溶接管Pの相対移動方向に沿った下流側(他端側)に位置し、溶接管Pが挿通される第2開口部32とを有する。図9Aに示す第1開口部31及び第2開口部32は、X方向から見て略円形とされている。継鉄部材30は、第1開口部31及び第2開口部32を通る軸(X方向の中心軸)に対して略軸対称な外形を有している。励磁コイル1及び検出コイル2は、継鉄部材30と第1開口部31と第2開口部32とにより囲繞されている。

[0070] 図9A及び図9Bに示す継鉄部材30の外形は球状であり、それぞれ半球状の外形を有する部材片30a及び部材片30bから構成されている。具体的には、部材片30aにおける第1開口部31及び第2開口部32をそれぞれ形成する部位(X方向から見て略半円状の部位)31a、32aと、部材片30bにおける第1開口部31及び第2開口部32をそれぞれ形成する部位(X方向から見て略半円状の部位)31b、32bとが、それぞれボビン50の端部に形成されたフランジ部51の溝に嵌合する。これにより、各部材片30a、30bは一体化し、球状の外形を有する継鉄部材30が形成されている。各部材片30a、30bの溶接管Pの相対移動方向(X方向)上流側の端部、すなわち各部材片30a、30bにおける第1開口部31を形成する部位31a、31bは、励磁コイル1及び検出コイル2における溶接管Pの相対移動方向(X方向)上流側の端部よりも上流側に位置する。また、各部材片30a、30bの溶接管Pの相対移動方向(X方向)下流側の端部、すなわち各部材片30a、30bにおける第2開口部32を形成する部位32a、32bは、励磁コイル1及び検出コイル2における溶接管Pの相対移動方向(X方向)下流側の端部よりも下流側に位置している。さらに、第1開口部31及び第2開口部32は、継鉄部材30の中央付近より溶接管Pに近接している。これにより、励磁コイル1及び検出コイル2は、継鉄部材30と第1開口部31と第2開口部32とによりを囲繞されることになる。

[0071] なお、図9A及び図9Bに示す継鉄部材30の外形は球状であるが、これ

に限るものではなく、例えば、回転楕円体や円柱など、略軸対称な外形を有する限りにおいて、種々の構成を採用可能である。また、図9 A及び図9 Bに示す継鉄部材30は、第1開口部31及び第2開口部32を除き、開口を有していない。しかしながら、ビード層Bに発生する磁束が大きいために、継鉄部材30に厳格な軸対称性を必要としないのであれば、例えば、継鉄部材30の周方向（中心軸周りの方向）の一部に、中心軸に沿って延びるスリット部を形成し、継鉄部材30の軽量化を図ることも可能である。

[0072] 以上に説明したように、第4変形例に係る検出装置100Eは、励磁コイル1及び検出コイル2を囲繞する略軸対称な外形の継鉄部材30を備えるため、励磁コイル1による磁化によって溶接管Pに発生する磁束 ϕ の磁路（図9 A及び図9 B参照）を、溶接管Pの周方向の何れの部位においても、強制的に継鉄部材30に導入することが可能である。すなわち、溶接管Pに発生する磁束 ϕ の磁路が閉磁路となるため、開磁路の場合のように溶接管Pの磁化状態が溶接管Pの端部の位置の影響を受け難く、管端部の不感帯を低減可能である。また、溶接管Pに発生する磁束 ϕ が、溶接管Pの周方向の何れの部位においても略均一になるため、溶接管Pの周方向の何れの部位にビード層Bが存在しても、ビード層Bを高感度に検出可能である。

実施例

[0073] 以下、図9 A及び図9 Bに示す第4変形例に係る検出方法によるビード層Bの検出例について説明する。

直径160mmの鉄球から直径100mmの球相当部分をくり抜いた構造で、継鉄部材30の肉厚が30mmである継鉄部材30を製造した。継鉄部材30には、溶接管Pの相対移動方向（X方向）上流側に位置する第1開口部31と、溶接管Pの相対移動方向下流側に位置する第2開口部32とを設けた。第1開口部31および第2開口部32の直径は、共に55mmである。継鉄部材30の第1開口部31の相対移動方向（X方向）上流側および第2開口部32の相対移動方向（X方向）下流側に、溶接管Pのパスラインを抑制するためのローラ（図示せず）を配置した。このローラは、溶接管Pが相

対移動（励磁コイル 1 及び検出コイル 2 に対する相対移動）する際の上下左右方向のパスライン変動を、溶接管 P の中心軸から半径 1 mm の範囲内に抑制する。この継鉄部材 30 に、長さ 1 m、外径 35 mm、肉厚 3 mm の溶接管 P を挿通した。溶接管 P の先端（相対移動方向下流側の端）から 200 mm の位置が、継鉄部材 30 の X 軸方向中央に位置するように、溶接管 P を配置した。この溶接管 P の内側に、断面 1 mm × 2 mm、長さ 900 mm のビード屑 B を挿入した。ビード屑 B の後端（相対移動方向上流側の端）が、溶接管 P の後端（相対移動方向上流側の端）から 100 mm の位置となるように固定した。励磁コイル 1 の巻き数（巻き数の総計）は 200 回、検出コイル 2 の巻き数は 20 回とした。直流電源 3 から励磁コイル 1 に対して 10 A の直流電流を通电して、溶接管 P 及びビード屑 B を直流磁化した。この状態で、溶接管 P を長手方向に 1 m / s e c の速度で移動させた。

[0074] 図 10 は、上記に説明した条件の第 4 変形例に係る検出方法によって得られた検出コイル 2 の出力信号の一例を示すグラフである。具体的には、図 10 は、ビード屑 B の後端が検出コイル 2 を通過する際に得られた検出コイル 2 の出力信号の一例である。図 10 の縦軸は検出コイル 2 の出力電圧を、横軸は出力信号波形を所定のサンプリングピッチでサンプリングしたときのサンプリング番号を示す。

図 10 に示すように、検出コイル 2 の出力電圧は、ビード屑 B の後端が検出コイル 2 を通過する際に、顕著に低下した。したがって、検出コイル 2 の出力電圧を例えば所定の負のしきい値と比較し、しきい値を超える（しきい値より小さい）場合には溶接管 P 内にビード屑 B が存在すると判定する（しきい値を超える箇所がビード屑 B の後端であると判定する）ことが可能である。

産業上の利用可能性

[0075] 本発明によれば、電縫溶接管等の電縫鋼管内に存在するビード屑等の金属残留物を高感度に検出することが可能である。よって、本発明は、産業上の利用可能性は大である。

符号の説明

- [0076] 1 . . . 励磁コイル
- 2、2 a、2 b、2 c . . . 検出コイル
- 3 . . . 直流電源
- 4、4 a、4 b、4 c . . . 電圧計
- 5 . . . 交流電源
- 6 . . . 同期検波器
- 7 . . . ローパスフィルタ
- 8 . . . スイッチング回路
- 9 . . . 信号処理装置
- 30 . . . 継鉄部材
- 100、100 A、100 B、100 C、100 D、100 E . . . 検出
装置
- P . . . 金属管（溶接管）
- B . . . 金属残留物（ビード屑）

請求の範囲

- [請求項1] 電縫鋼管内に存在する金属残留物を検出する方法であって、
前記電縫鋼管を長手方向に相対移動させながら励磁コイルに挿通し、該励磁コイルによって、前記電縫鋼管及び前記金属残留物を磁気飽和状態まで磁化可能な磁界強度で、前記電縫鋼管を直流磁化する第1工程と、
前記電縫鋼管を長手方向に相対移動させながら検出コイルに挿通し、前記第1工程での前記励磁コイルによる直流磁化によって発生した磁束の変化に伴って前記検出コイルに生じる誘導起電力を前記検出コイルの出力信号として検出し、前記検出コイルの出力信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第2工程と、
を含むことを特徴とする電縫鋼管内の金属残留物検出方法。
- [請求項2] 前記第2工程では、前記検出コイルに交流電流を印加しない、
ことを特徴とする請求項1に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。
- [請求項3] 前記第2工程は、
前記検出コイルに所定周波数の交流電流を印加する交流電流印加ステップと、
前記交流電流を印加した前記検出コイルの出力信号のうち、前記交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分に基づき、前記電縫鋼管に存在するきずを検出するきず検出ステップと、
前記交流電流を印加した前記検出コイルの出力信号のうち、前記交流電流の周波数を遮断周波数とするローパスフィルタを透過する信号成分に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する金属残留物検出ステップと、
を含むことを特徴とする請求項1に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。
- [請求項4] 前記第2工程は、

前記検出コイルに所定周波数の交流電流を印加し、前記交流電流を印加した前記検出コイルの出力信号のうち、前記交流電流の周波数で同期検波して得られる信号成分に基づき、前記電縫鋼管に存在するきずを検出するきず検出ステップと、

前記検出コイルへの所定周波数の交流電流の印加を停止し、前記交流電流の印加を停止した前記検出コイルの出力信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する金属残留物検出ステップと、

を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。

[請求項5]

前記検出コイルを前記電縫鋼管の長手方向に複数配置し、

前記第 2 工程は、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第 1 信号を算出するステップと、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第 1 信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第 2 信号を算出するステップと、

複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記第 2 信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記第 2 信号同士を加算することで、第 3 信号を算出するステップと、

前記第 3 信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出するステップと、

を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。

[請求項6]

前記検出コイルを前記電縫鋼管の長手方向に複数配置し、

前記第 2 工程は、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、第 1 信号を算出するステップと、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第 1 信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第 2 信号を算出するステップと、

複数の前記第 2 信号のうちの少なくとも何れか一つに基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出するステップと、
を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。

[請求項7]

前記検出コイルを前記電縫鋼管の長手方向に複数配置し、
前記第 2 工程は、

複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記検出コイルの出力信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記出力信号同士を加算することで、第 4 信号を算出するステップと、

前記第 4 信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出するステップと、
を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。

[請求項8]

前記電縫鋼管の長手方向に沿った一端側に位置し、前記電縫鋼管が挿通される第 1 開口部と、前記電縫鋼管の長手方向に沿った他端側に位置し、前記電縫鋼管が挿通される第 2 開口部とを有し、前記第 1 開口部及び前記第 2 開口部を通る軸に対して略軸対称な外形を有し、前記励磁コイル及び前記検出コイルを囲繞する継鉄部材により前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する、
ことを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出方法。

[請求項9]

電縫鋼管内に存在する金属残留物を検出する装置であって、

長手方向に相対移動する前記電縫鋼管を挿通し、前記電縫鋼管及び前記金属残留物を磁気飽和状態まで磁化可能な磁界強度で、前記電縫鋼管を直流磁化する励磁コイルと、

長手方向に相対移動する前記電縫鋼管を挿通し、前記励磁コイルによる直流磁化によって発生した磁束の変化に伴って生じる誘導起電力を検出して出力する検出コイルと、

前記検出コイルの出力信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する検出手段と、

を備えることを特徴とする電縫鋼管内の金属残留物検出装置。

[請求項10]

前記検出コイルは、前記電縫鋼管の長手方向に複数配置され、
前記検出手段は、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、
第1信号を算出する第1信号算出部と、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第1信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第2信号を算出する第2信号算出部と、

複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記第2信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記第2信号同士を加算することで、第3信号を算出する第3信号算出部と、

前記第3信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第1検出部と、

を有することを特徴とする請求項9に記載の電縫鋼管内の金属残留物検出装置。

[請求項11]

前記検出コイルは、前記電縫鋼管の長手方向に複数配置され、
前記検出手段は、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号を平均化することで、
第1信号を算出する第1信号算出部と、

複数の前記検出コイルの同時点での出力信号から前記第1信号を減算することで、複数の前記検出コイルにそれぞれ対応する第2信号を算出する第2信号算出部と、

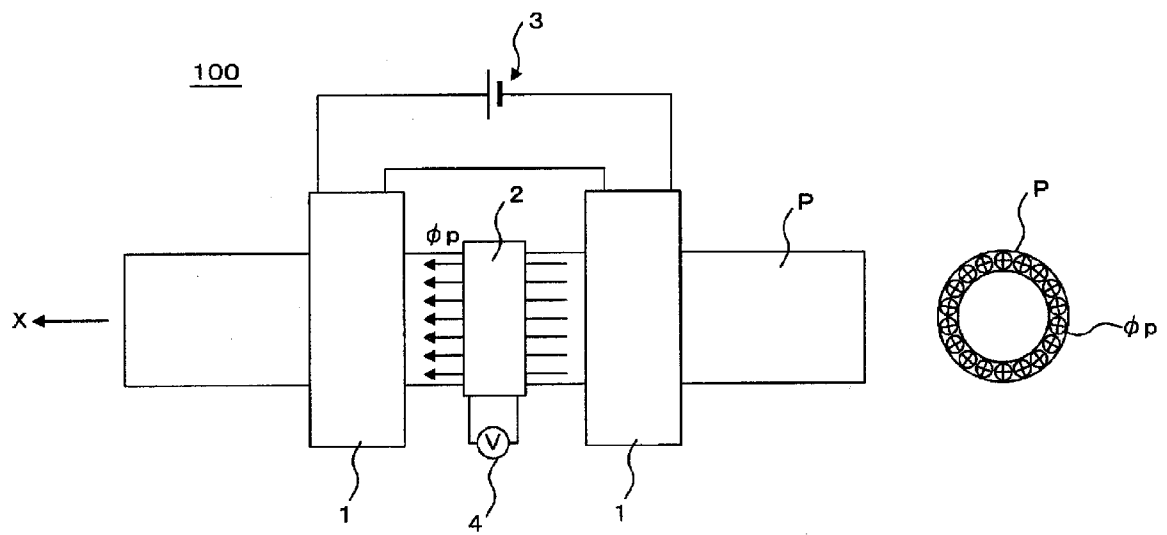
複数の前記第2信号のうちの少なくとも何れか一つに基づき、前記

電縫鋼管内に存在する前記金属残留物を検出する第2検出部と、
を有することを特徴とする請求項9に記載の電縫鋼管内の金属残留物
検出装置。

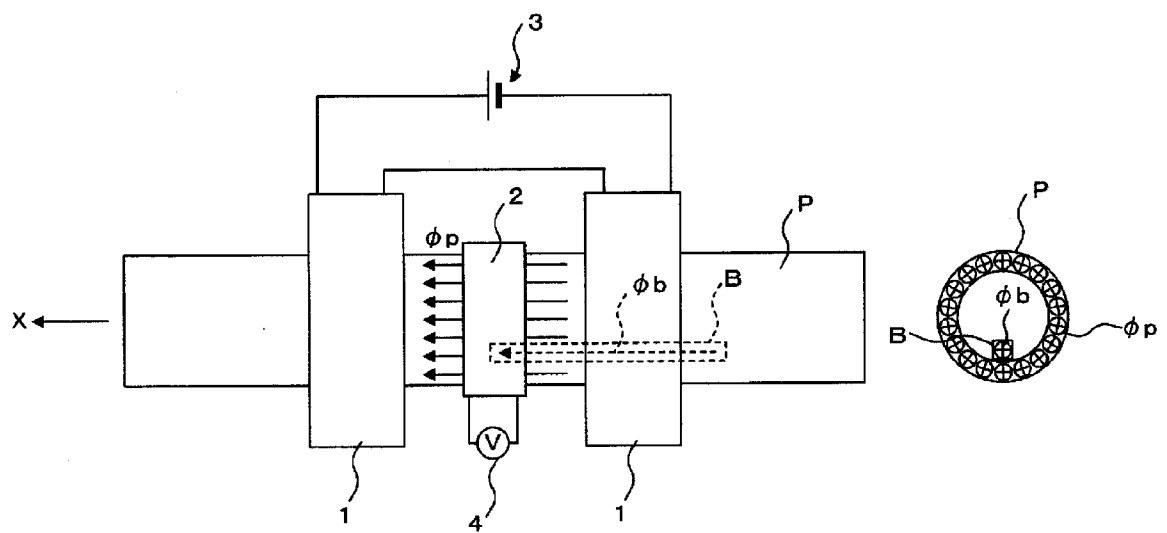
[請求項12] 前記検出コイルは、前記電縫鋼管の長手方向に複数配置され、
前記検出手段は、
 複数の前記検出コイルの離間距離に対応する分だけ複数の前記検出
コイルの出力信号の横軸をずらし、該ずらした複数の前記出力信号同
士を加算することで、第4信号を算出する第4信号算出部と、
 前記第4信号に基づき、前記電縫鋼管内に存在する前記金属残留物
を検出する第3検出部と、
を有することを特徴とする請求項9に記載の電縫鋼管内の金属残留物
検出装置。

[請求項13] 前記電縫鋼管の長手方向に沿った一端側に位置し、前記電縫鋼管が
挿通される第1開口部と、前記電縫鋼管の長手方向に沿った他端側に
位置し、前記電縫鋼管が挿通される第2開口部とを有し、前記第1開
口部及び前記第2開口部を通る軸に対して略軸対称な外形を有し、前
記励磁コイル及び前記検出コイルを囲繞する継鉄部材を更に備える、
ことを特徴とする請求項9から12の何れか1項に記載の電縫鋼管内
の金属残留物検出装置。

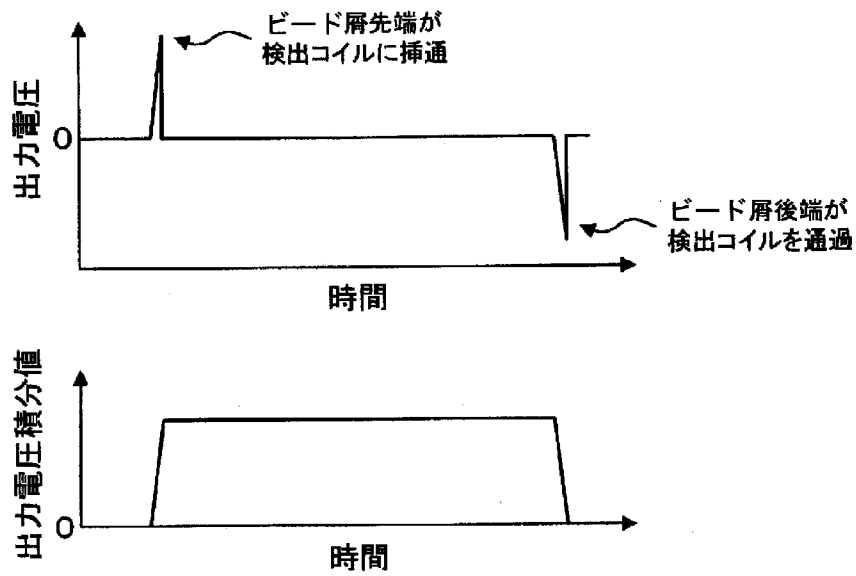
[図1A]



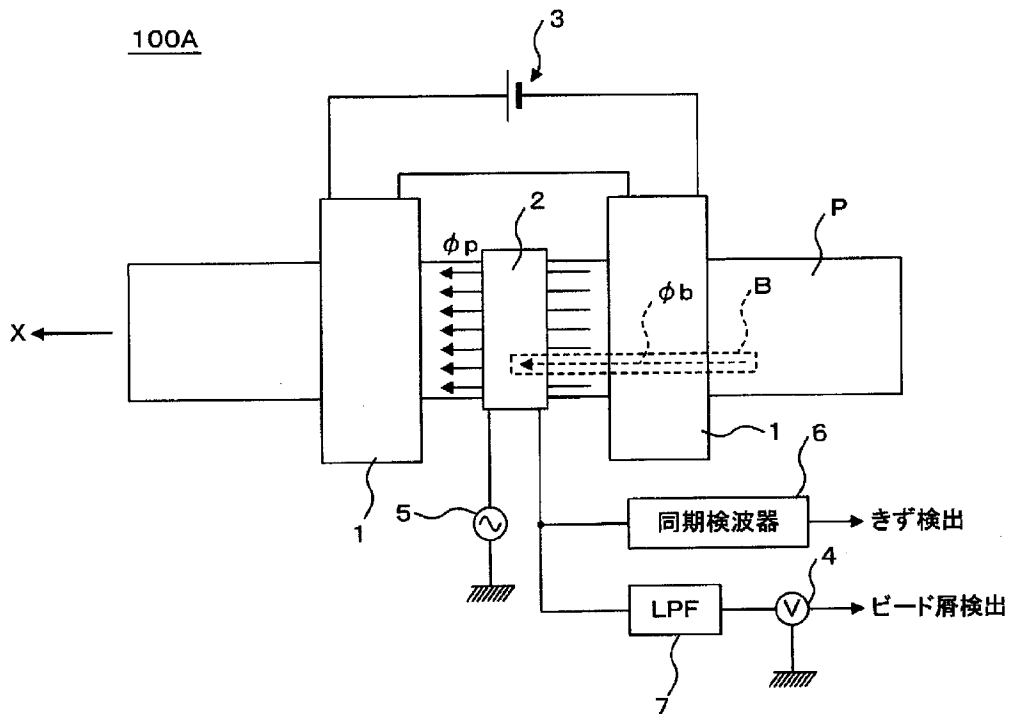
[図1B]



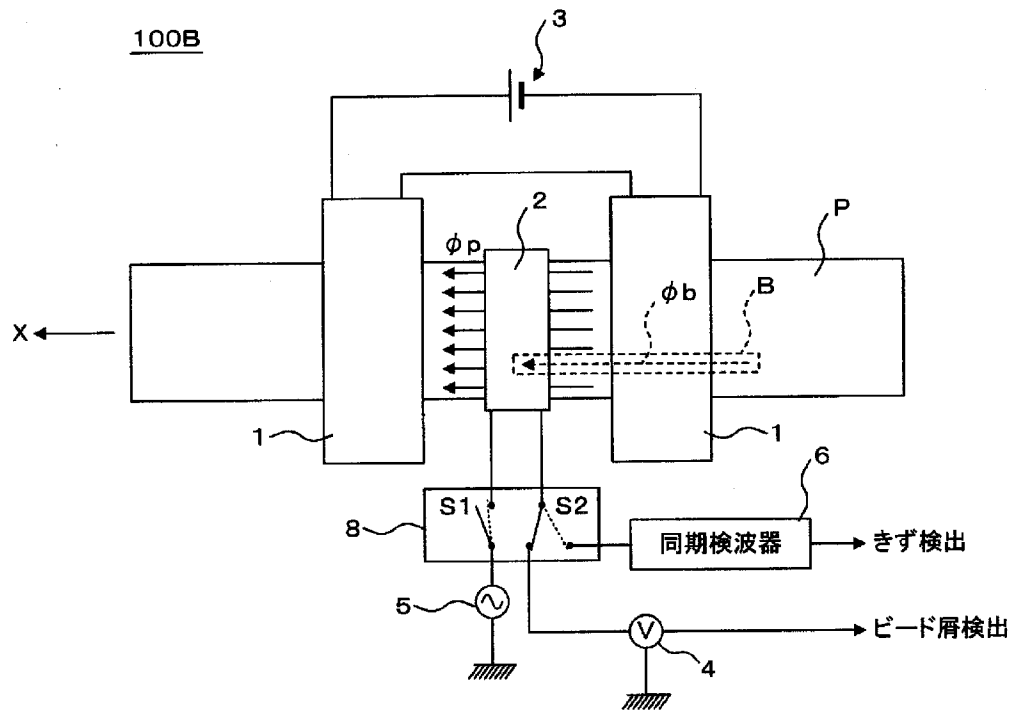
[図1C]



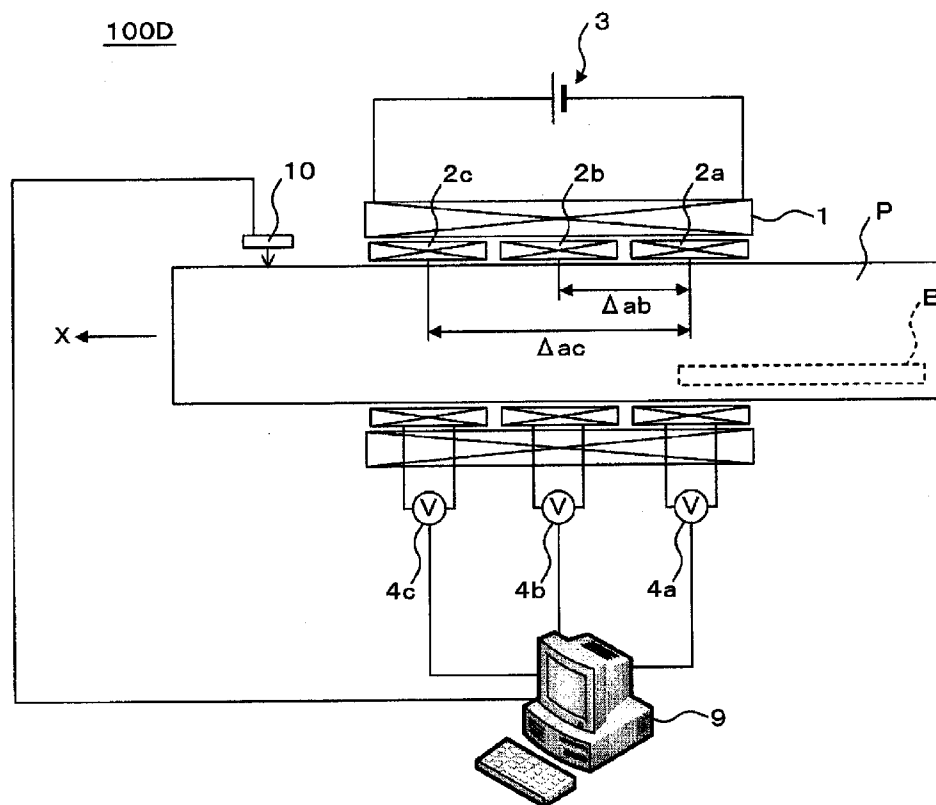
[図2]



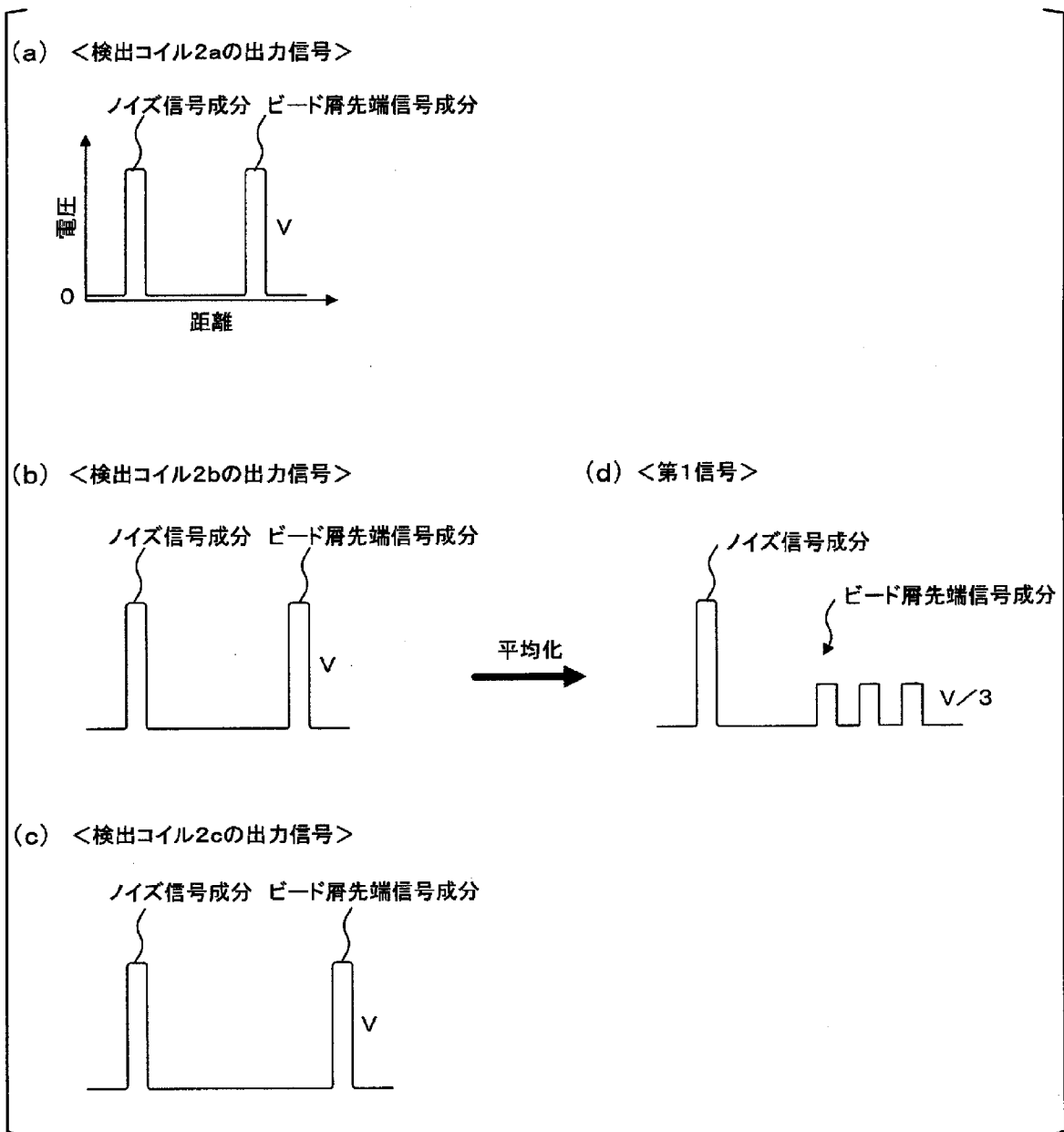
[図3]



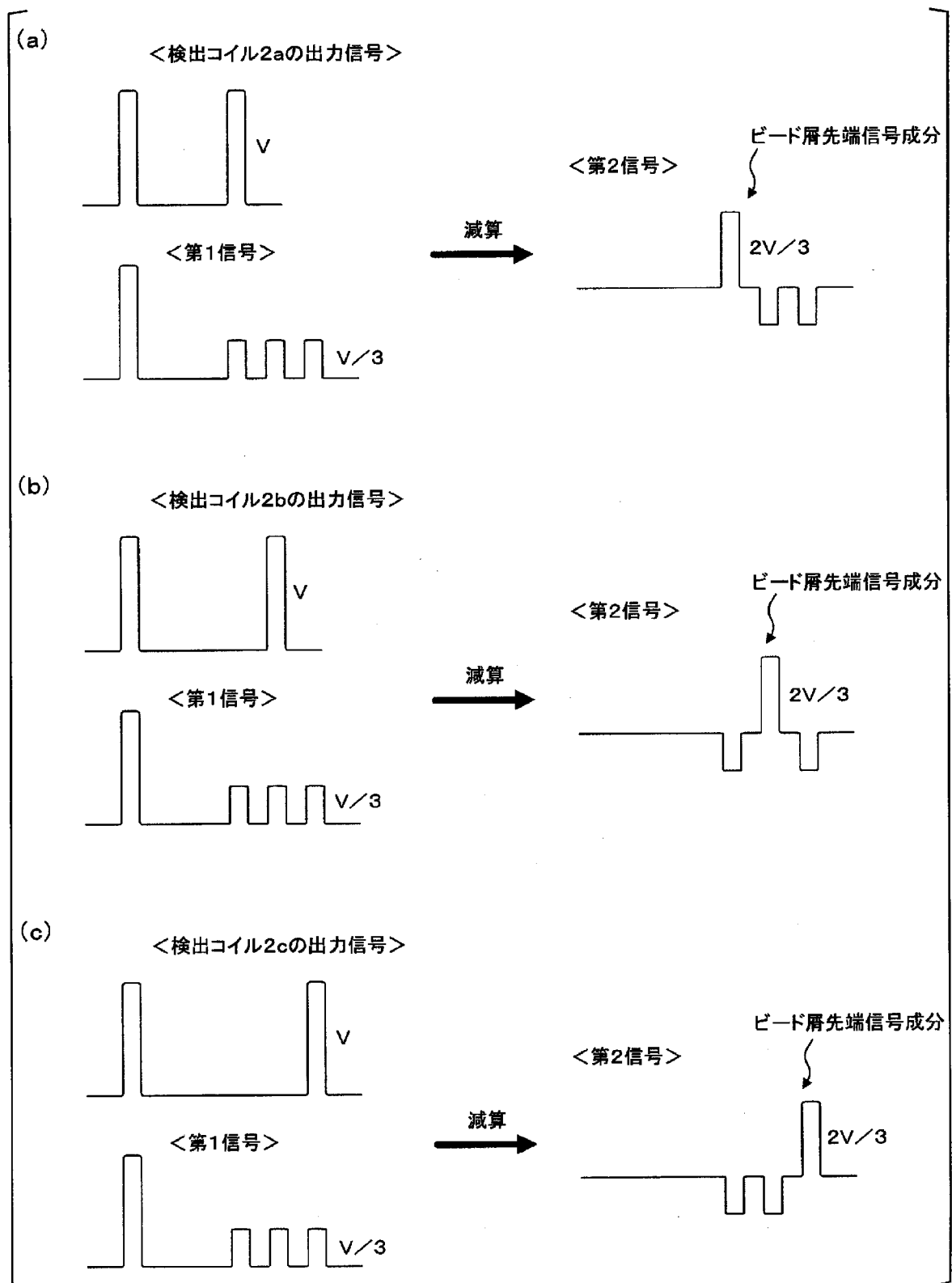
[図4]



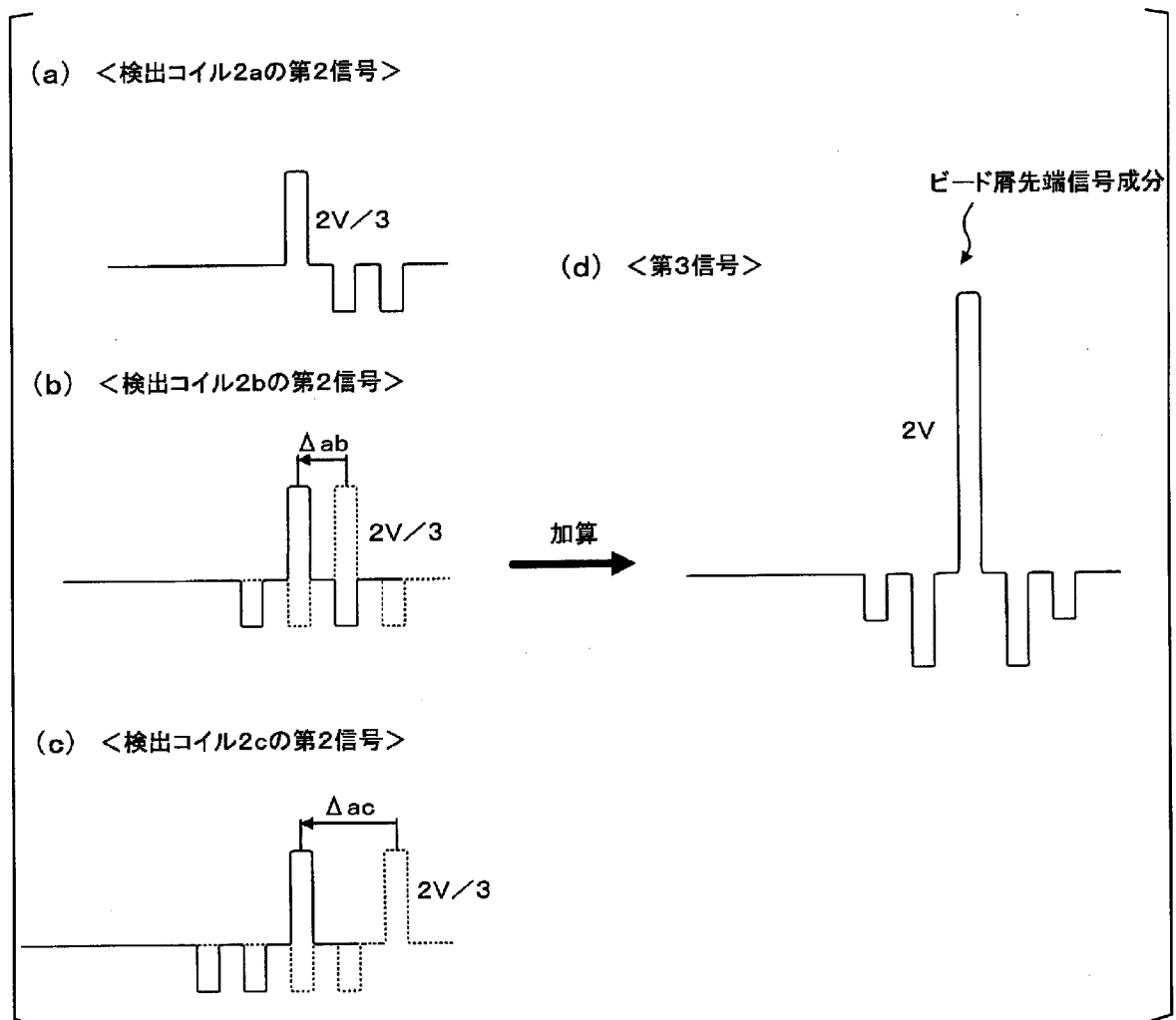
[図5]



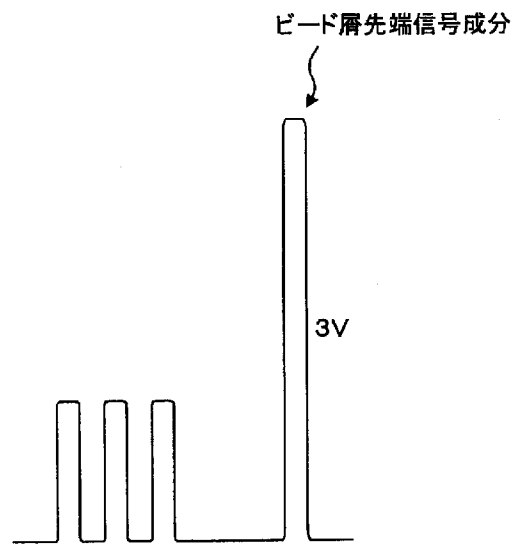
[図6]



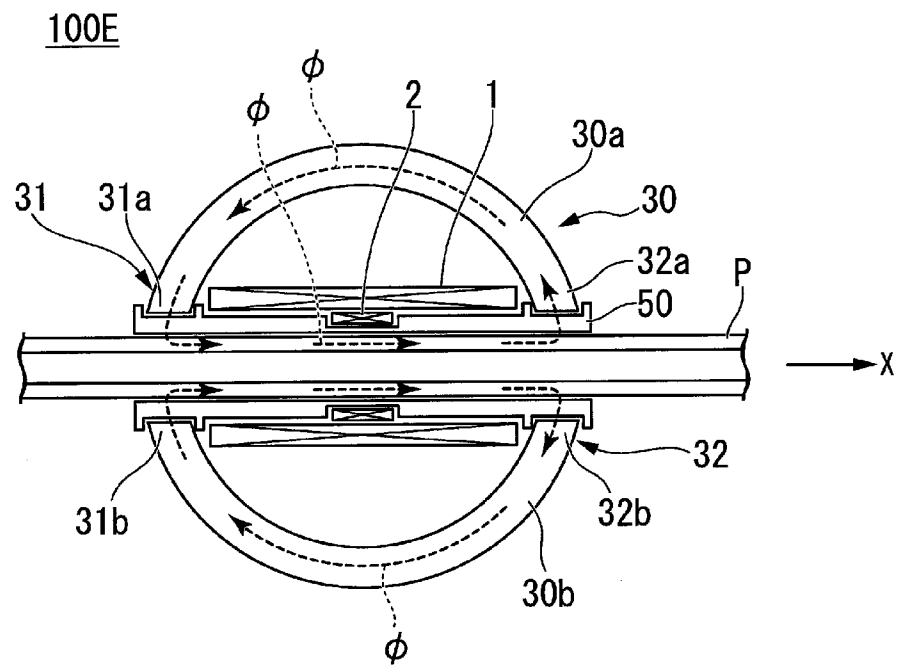
[図7]



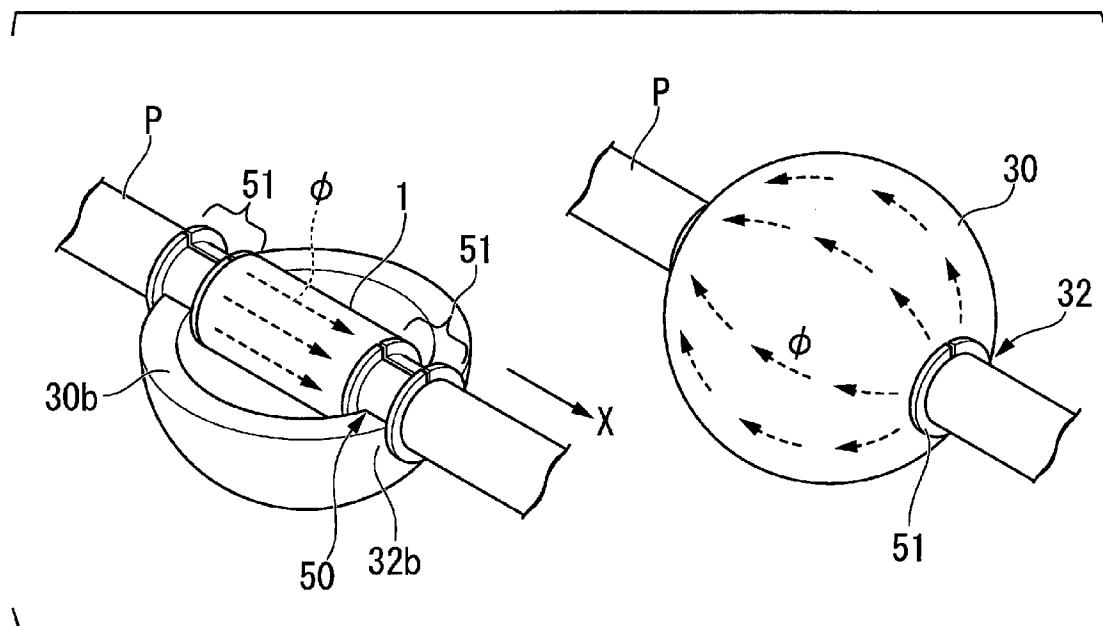
[図8]



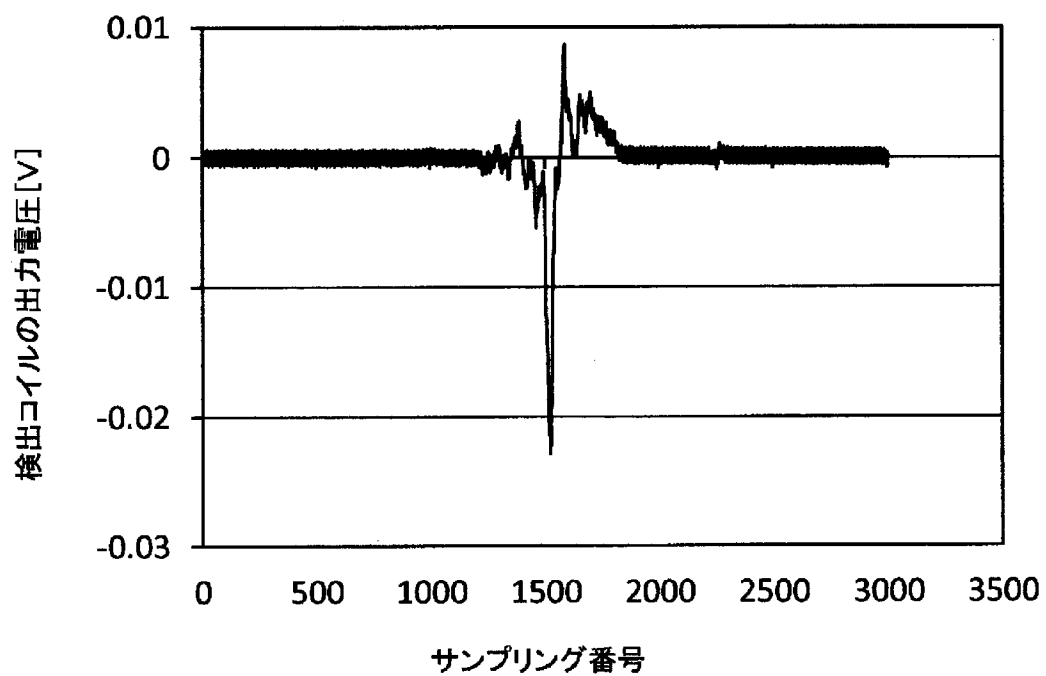
[図9A]



[図9B]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/035869

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N27/72 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01N27/72

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-96855 A (HIHAKAI KENSA KK) 22 April 1991 (Family: none)	1-13
A	JP 2002-257789 A (NKK CORP.) 11 September 2002 (Family: none)	1-13
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 101909/1985 (Laid-open No. 10661/1987) (HARA DENSHI SOKKI KK) 22 January 1987 (Family: none)	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
--	---

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 12.12.2018	Date of mailing of the international search report 25.12.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/035869

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-97914 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 07 April 2000 (Family: none)	1-13
A	US 5321361 A (GOODMAN) 14 June 1994 (Family: none)	1-13
E, X	JP 2018-169392 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 01 November 2018, claims 1-13 (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N27/72(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N27/72

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/ JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 3-96855 A (非破壊検査株式会社) 1991.04.22 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2002-257789 A (日本鋼管株式会社) 2002.09.11 (ファミリーなし)	1-13
A	日本国実用新案登録出願60-101909号(日本国実用新案登録出願公開62-10661号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (原電子測器株式会社) 1987.01.22 (ファミリーなし)	1-13

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.12.2018

国際調査報告の発送日

25.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

塚本 丈二

2W

3304

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-97914 A (古河電気工業株式会社) 2000.04.07 (ファミリーなし)	1-13
A	US 5321361 A (GOODMAN) 1994.06.14 (ファミリーなし)	1-13
E, X	JP 2018-169392 A (新日鐵住金株式会社) 2018.11.01, [請求項1]-[請求項13] (ファミリーなし)	1-13