(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
2009 年2 月26 日 (26.02.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/025384 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/83 (2006.01) *G01B 7/34* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/065221

(22) 国際出願日: 2008 年8 月20 日 (20.08.2008)

(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2007-217180 2007 年8 月23 日 (23.08.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): JFE スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 腰原敬弘 (KOSHIHARA, Takahiro) [JP/JP]; 〒2100855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町１番１号JFE技研株式会社内 Kanagawa (JP). 加藤宏晴 (KATO, Hiroharu) [JP/JP]; 〒2100855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町１番１号JFE技研株式会社内 Kanagawa (JP). 長棟章生 (NAGAMUNE, Akio) [JP/JP]; 〒2100855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町１番１号JFE技研株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 落合憲一郎 (OCHIAI, Kenichiro); 〒1030027 東京都中央区日本橋 二丁目１番１０号 柳屋ビルディング７階JFEテクノリサーチ株式会社特許出願部内 Tokyo (JP).

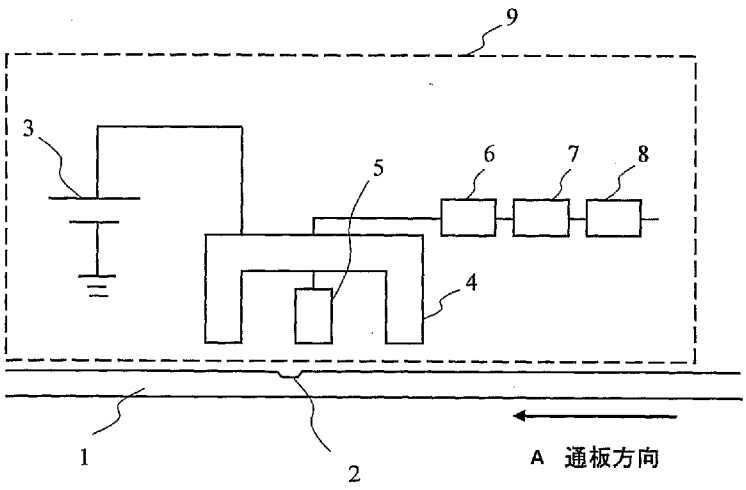
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) **Title:** METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING UNEVEN SURFACE DEFECT

(54) 発明の名称: 凹凸表面欠陥の検出方法及び装置

図1



A BOARD PASSING DIRECTION

(57) **Abstract:** In a method for detecting an uneven surface defect of a magnetic metal, a signal generated due to deformation of an uneven surface defect of 0.5-6 μm is detected. Such signal is a magnetic flux leaked from the magnetic metal to which the magnetic flux is applied. A detecting apparatus is provided with a magnetizing device for magnetizing the magnetic metal, and a plurality of magnetic sensors arranged in the running direction of the magnetic metal and in the vertical direction. The detecting apparatus detects the signal generated due to deformation of the uneven surface defect of 0.5-6 μm.

[続葉有]

WO 2009/025384 A1

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(57) 要約: 磁性金属の凹凸表面欠陥の検出方法は、0.5～6μmの凹凸表面欠陥の歪に起因する信号を検知することからなる。該信号は磁束を印加した該磁性金属から漏洩する磁束である。検出装置は、磁性金属を磁化する磁化器と、磁性金属の走行方向と垂直方向に複数個並んだ磁気センサを有し、0.5～6μmの凹凸表面欠陥の歪に起因する信号を検知する。

明細書

凹凸表面欠陥の検出方法及び装置

技術分野

本発明は、磁性金属(ferromagnetic metal)の凹凸表面欠陥(concavo-convex shape surface defect)の検出方法及び装置に関し、特に、板厚０．４mm～２．３mmの鋼板のRa=0.5～2μmの粗面中に凹凸量0.5μm以上６μm以下、面積10mm^{2}以上の凹凸表面欠陥を検出する凹凸表面欠陥の検出方法及び装置に関するものである。

背景技術

磁性金属、特に、薄鋼板の製造プロセスにおいては、製造ライン内に設置されているロールに付着した異物、あるいはその異物がロールに噛み混んだことによってロール自体に生じた凹凸が鋼板に転写されて生じたロール性の疵が発生する場合がある。

これらのロール性欠陥の中には、鋼板表面の粗さ(Ra=0.5～2μm)の中でなだらかな輪郭(曲率半径R≧10mm)を持つ凹凸量５μm以下であるが、面積は10mm^{2}以上の形状を有する凹凸表面欠陥が見られる。これを以下微小凹凸表面欠陥と呼称する。図４に、この微小凹凸表面欠陥の断面の模式図を示す。この、微小凹凸表面欠陥の大きさは面積としては10mm^2～1000mm^{2}程度であるが、凹凸は先に述べたように５μm以下であり、最も小さいものにあっては１μm前後、と表面粗さと同じオーダーの非常に小さいものである。

大部分の比較的凹凸量の大きなロール性欠陥は視認可能であるため製造ラインでの発見も容易であるが、この微小凹凸表面欠陥は凹凸が鋼板の表面粗さと同じ程度であるため光学的には差が小さく、そのままの状態で観察しても発見することができず、製造ラインでの発見は困難である。ところが、塗装され、表面粗さが塗料に埋められ表面が滑らかになると明瞭に見えるようになり、外観上大きな問題となる。そのため、この微小凹凸表面欠陥を塗装前に発見することは品質管理上重要な問題である。

微小凹凸表面欠陥の形態としては、前述のロール疵のような点状の疵、線状マーク、絞りマークのように鋼板の長手方向に続く疵もある。

これらの微小凹凸表面欠陥はロールに生じた凹凸が鋼板に転写されて生じ、一旦発生するとロールを交換したりプロセスを改善したりするまで連続的に発生するため、早期に発見し対策を講じることは歩留向上の点からも極めて重要である。

このような微小凹凸表面欠陥を見つけるために、製鉄プロセスの各検査ラインにおいては全てのコイルについて、操業中に鋼板の走行を一度停止し検査員が砥石がけを行った後に目視検査をしている。砥石がけを行うと、凹部に比べて凸部がより砥石にあたり反射率が高くなるので、凹凸部の差が明確になり目視で確認可能となる。これを砥石がけ検査と呼称している。

しかしながら、このような方法は検査ラインを停止して行わなければならず、かつかなりの時間を要するので作業能率を低下させるという問題があった。それに対する対策として、凹凸が数μm程度でなだらかな輪郭を持つ凹凸性欠陥を自動検査する方法の開発が行われてきた。このような、自動表面検査装置の例としては、特許文献１、特許文献２、特許文献３および特許文献４に開示された技術がある。

しかしながら、特許文献１に開示された技術は、鏡面を対象とした検査技術であり、表面粗さの大きい対象に適用しようとすると、疵の凹凸による収束光・発散光が、表面粗さによる拡散光に紛れてしまうため、疵を検出することができないという問題がある。

また、特許文献２に開示されている技術は、鋼板を対象にしたものであるが、やはりステンレス鋼板等のように鏡面性の高い対象でなければ有効でない。また、照明光と垂直の向きの凹凸欠陥に対しては有効であるが、平行の向きの凹凸欠陥は十分な検出能が得られないという問題がある。

さらに、特許文献３に開示されている技術は、研磨する前の表面の粗いウエハを対象としているが、全体光量により疵の有無を判定しているため、疵による明確な信号は検出できない。よって、検出精度が低いという問題がある。

そのため、特許文献４に開示された技術が開発されたが、この技術は、装置の検出能は非常に高いものではあるが、その一方で、入射角として90度近くの大きな角度を必要とするため装置の実操業ラインへの配置が困難になる。光学系の調整が困難になるという問題があった。

対象を微小凹凸表面欠陥と限定せず広く欠陥検出法についてみてみると、磁束を被検体に印加する検出方法については、特許文献５に開示されている、漏洩磁束探傷方法を用いて内部介在物を検出する技術がある。そして、この漏洩磁束探傷方法によっても表面形態変化に起因して発生する漏洩磁束信号（形状が変化することに起因した磁束の流れの変化や乱れによる信号）により、表面欠陥を検出することが可能であることが記載されている。

しかし、この漏洩磁束探傷の信号強度は、表面欠陥の形状変化量（凹凸量）に対応するため、自動検査の対象とできる表面欠陥の形状変化量（凹凸量）には下限があり、その下限は１００μｍ程度であると当業者間で考えられている（非特許文献１）。つまり、形状変化量が１００μｍ程度以下の表面欠陥を確実に検出することは困難であり、１００μｍ程度以下の形状変化に起因して発生する信号は、他の目的（例えば、内部介在物の検出）の探傷における雑音源という程度の信号にしかならないという認識である。

一方、単純には比較できないが、内部介在物の検出の場合にも、同様に、検出信号は欠陥サイズに対応するので、検査対象の鋼板板厚方向の欠陥サイズにも下限が存在し、その下限は１０μｍ程度であることが当業者間では考えられている（非特許文献２から５）。

更に付け加えれば、漏洩磁束探傷では、板厚が厚くなると厚み方向の探傷範囲が広がることから鋼板に起因する地合ノイズが大きくなる、鋼板の磁化に必要な磁化力が大きくなる、鋼板の表面の平坦度が悪くなりセンサと鋼板の倣いが困難になる等の理由により、板厚が厚いほど探傷が困難になる傾向がある。先の非特許文献に示した介在物計では、缶用用途向けの薄い鋼板を対象としていることを考慮すれば、本願の対象とする鋼板板厚の上限値２．３ｍｍでは、内部介在物を検出するとしても、その検出可能な欠陥サイズの下限値は１０μｍ（鋼板板厚方向の大きさ）に比べてはるかに大きくなることが考えられる。

また、非特許文献６には、鉄鋼連盟の鉄鋼技術政策委員会　圧延精整システム冷延調査WGが1994年9月～1995年7月に行った砥石検査レベルの疵検出に関する探索調査の結果(砥石検査レベルの疵検出シーズ技術に関する探索調査結果報告書)が開示されているが、本発明の対象となるような微小凹凸表面欠陥の自動検出に関して、過去に取り組んだ例は、光を用いた検出方法が主であり、漏洩磁束探傷

方法により取り組んだ例はみあたらない。

以上から、漏洩磁束探傷によって本発明が検出対象とする、鋼板表面を砥石掛けして、やっと目視で確認できる程度の微小凹凸表面欠陥を漏洩磁束探傷で検出しようとすることは、漏洩磁束探傷の技術者にとっては全くの想定外というものであった。

特許文献１：特開昭５８－８６４０８号公報

特許文献２：特開平５－２５６６３０号公報

特許文献３：特開平６－５８７４３号公報

特許文献４：特開２０００－２９８１０２号公報

特許文献５：特開平８－１６０００６号公報

非特許文献１：日本鉄鋼協会　品質管理部会　NDI 部門(技能伝承技術検討会)編　2001 年 2 月 28 日　鉄鋼製品の漏洩磁束探傷法

非特許文献２：CAMP-ISIJ　Vol.10(1997)-289　薄鋼板高精度介在物検査装置の開発

非特許文献３：日本鉄鋼協会　生産技術部門　第 131 回制御技術部会　千葉 2CGL ガウジ欠陥装置の開発　2004 年 6 月

非特許文献４：CAMP-ISIJ Vol.7(1994)-1270 オンライン微小非金属介在物検査装置の開発

非特許文献５：川崎製鉄技報　31　1999　4.211-215　薄鋼板製造における内部品質のオンライン計測および検査技術

非特許文献６：鉄鋼連盟　鋼技術政策委員会　圧延精整システム冷延調査 WG　1995 年 7 月　砥石検査レベルの疵検出シーズ技術に関する探索調査結果報告書

発明の開示

本発明は、表面粗さが Ra=0.5～2μm 程度の粗さの被検査対象物において通常視認困難で、砥石がけ検査により検出しているような、自動検出が困難な凹凸が数μm 程度の凹凸欠陥を確実に検出できる実用的な凹凸表面欠陥の検出方法及び装置を提供することを目的とする。

本発明は、以上の知見に基づきなされたもので、その要旨は以下のとおりである。

[1] 0.5～6μmの凹凸表面欠陥の歪に起因する信号を検知する磁性金属の凹凸表面欠陥の検出方法。

[2] 該磁性金属の厚さが0.4～2.3mmである[1]に記載の検出方法。

[3] 該磁性金属の厚さt（mm）に対する該凹凸表面欠陥の該厚み方向の大きさs（μm）の比s/tが、9.0～0.63である[1]に記載の検出方法。

[4] 該信号が、磁束を印加した該磁性金属から漏洩する磁束である[1]に記載の検出方法。

[5] 該磁束を印加した該磁性金属の磁束密度が、磁気飽和した場合の磁束密度の75%以上95%未満である[4]に記載の検出方法。

[6] 該検知を、該磁束を印加した該磁性金属の磁束密度が、磁気飽和した場合の磁束密度の75%以上95%未満である条件と、磁気飽和した場合の磁束密度の95%以上である条件を含む複数の条件を組み合わせて行う[4]に記載の検出方法。

[7] 該磁性金属に印加する磁場の強度が4000A/m以上25000A/m未満である[4]に記載の検出方法。

[8] 該検知を、該磁性金属に印加する磁場の強度が、4000A/m以上25000A/m未満である場合と、25000A/m以上である場合とを組み合わせて行う[4]に記載の検出方法。

[9] 該磁性金属と、該信号を検知する検出装置をとの間隔を0.5～1.5mmに設定して行う[1]に記載の検出方法。

[10] 該信号が、欠陥発生原因となるロールより下流工程で、かつアニール作用のある工程より上流工程で発生する該凹凸表面欠陥の歪に起因する物理量である[1]～[9]のいずれかに記載の検出方法。

[11] 該信号が、欠陥発生原因となるロールより下流工程で、かつ調質圧延より後の工程で発生する該凹凸表面欠陥の歪に起因する物理量である[1]～[9]のいずれかに記載の検出方法。

[12] 磁性金属被検体の凹凸量0.5μm以上6μm以下の微小凹凸表面欠陥を検出する微小凹凸表面欠陥の検出方法であって、前記被検体の欠陥部の歪に起因する信号を検知することによって前記表面欠陥を検出することを特徴とする微小凹凸表面欠陥の検出方法。

[13] [1]～[9]のいずれかに記載の検出方法を用いた磁性金属の製造方法。

[１４] [１０]に記載の検出方法を用いた磁性金属の製造方法。

[１５] [１１]に記載の検出方法を用いた磁性金属の製造方法。

[１６] 磁性金属被検体の凹凸量0.5μｍ以上6μｍ以下の微小凹凸表面欠陥を検出する微小凹凸表面欠陥の検出装置であって、前記被検体の欠陥部の歪に起因する信号を検知することによって前記表面欠陥を検出することを特徴とする微小凹凸表面欠陥の検出装置。

[１７] 磁性金属を磁化する磁化器と、磁性金属の走行方向と垂直方向に複数個並んだ磁気センサにより、0.5～6μｍの凹凸表面欠陥の歪に起因する信号を検知する磁性金属の凹凸表面欠陥の検出装置。

本発明は、表面粗さの粗い被検査対象物において通常視認困難で、砥石がけ検査により検出しているような自動検出が困難な、凹凸が数μｍ程度でなだらかな輪郭を持つ微小凹凸表面欠陥を確実に検出できるようになった。

図面の簡単な説明

図１は、本発明の実施例に係る装置構成例を示す図である。

図２（ａ）～図２（ｄ）は、アニール前後での漏洩磁束探傷結果、及び形状計測結果の１例を示した図である。

図３は、歪みと漏洩磁束との関係を示す図である。

図４（ａ）～（ｂ）は、凹凸表面欠陥の断面形状を示す模式図である。

図５は、強磁化条件と弱磁化条件の比較を示す図である。

図６は、磁場の強さと信号レベル、S/N の関係を示す図である。

図７は、C%の異なる３つの鋼における B-H カーブを示す図である。

図８は、冷延鋼板の製造工程例の模式図である。

図９は、リフトオフとＳ／Ｎの関係例１を示す図である。

図１０は、リフトオフとＳ／Ｎの関係例２を示す図である。

図１１は、小または大欠陥測定の様子を模式的に示す図である。

図１２（ａ）～（ｂ）は、本発明の評価対象に用いた欠陥サンプルの形態を示す図である。

図１３は、図１２（ａ）の欠陥の厚さ方向の大きさに対する、漏洩磁束信号のＳ

/N の関係を示す図である。

図１４は、欠陥の厚さ方向の大きさと測定対象鋼板の板厚との関係を示す図である。

図１５は、図１４の縦軸を 0～10μm、横軸を 0～1.5mm の範囲で拡大した図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明者らは、本発明の対象となるロールによって生じる微小凹凸表面欠陥（ロール性微小凹凸表面欠陥）を計測するために、まず、これらの複数枚の欠陥に対してＸ線回折測定を行い、その物理性状を解析した。その結果、これらのロール性微小凹凸表面欠陥は、その発生過程において、ロールより疵が転写された際に生じたと考えられる歪みが存在することを確かめた。

そこで、発明者らは、形状起因の信号のみでは十分に検出できないが、歪をあわせ検出することで、本発明の対象とするロール性微小凹凸表面欠陥を検出できる可能性に着目し、この欠陥発生時に生じた歪みを磁気的な手法により計測できないか、実験で確かめることとした。そこで、まず簡易な漏洩磁束探傷装置を組み、ロール性微小凹凸表面欠陥を複数枚探傷を行い信号が検出されることを確かめた。その後、そのサンプルの歪みが十分除去されるように 850℃で 10 分間のアニール（焼鈍）を施し、再度漏洩磁束探傷を行った。その結果、アニール前に検出された信号が、アニール後には大幅に信号レベルが低下することを確かめた。図２は、アニール前後での漏洩磁束探傷結果、及び形状計測結果の１例を示したものである。

図２で示した欠陥は、凹凸量５μm と微小凹凸表面欠陥としては最小レベルよりはやや大きい欠陥のデータを示した。図２（ａ）、（ｂ）はアニール前の状態で、図２（ｃ）、（ｄ）は、アニール後の状態である。また図２（ａ）、（ｃ）は長手方向（通板方向）に対する形状分布であり、（ｂ）、（ｄ）は長手方向（通板方向）に対する漏洩磁束探傷装置での検出信号の値を示している。また、欠陥部においては、アニールの前後でＸ線回折測定により計測した歪量が 0.00217 から 0.00067 と大幅に減少した結果が得られた。図（ｂ）、（ｄ）の結果からも、アニールの前後で、欠陥部において、漏洩磁束信号も 0.85V から 0.41V と半減している。この欠陥は最小レベルよりやや大きめの欠陥であるため、漏洩磁束信号レベルが約 1/2

となってもまだぎりぎり検出可能なレベルではあるが、歪を除去することで大きく信号が低下することが確認できる。

また、図３は、歪みと漏洩磁束の関係を示す図である。凹凸がほぼ同程度の複数のロール性微小凹凸表面欠陥のＸ線回折測定を行い、歪みを計測し、漏洩磁束探傷結果に対してプロットしたものである。図３より歪みと漏洩磁束信号に強い相関があることがわかる。このことからも、歪みを漏洩磁束により検出していることが見てとれる。

以上のことから、発明者らは、単に粗さと同じオーダーの凹凸であるロール性微小凹凸表面欠陥の凹凸形状に起因する信号のみでは、欠陥を検出することは出来ないが、ロール性微小凹凸表面欠陥が発生する際に生じる内部歪みの信号を凹凸に起因する信号にあわせて検出することで、磁束を用いた検出手法（ここでいう磁束を用いた検出手法とは、例えば直流漏洩磁束探傷、交流漏洩磁束探傷、渦流探傷、残留磁束測定、磁紛探傷等である。）により検出できることを発見したのである。この発見に基づき、当該微小凹凸表面欠陥の特性にあわせて各種条件を最適化し本発明に至ったのである。

ここで、漏洩磁束探傷での歪の検出原理について以下に説明する。歪により漏洩磁束信号が生じるのは、歪により被検対象物の結晶の格子間隔が変化し、それによりスピン間の相互作用に変化が生じて、その結果、磁気特性が変わることが原因と考えられる。これに対して、通常の漏洩磁束探傷では、信号レベルを向上させるため及び測定対象の磁気的特性（透磁率）のムラによるノイズの影響を除くため、飽和磁気レベルで計測することが一般的である。

しかし、通常の漏洩磁束探傷と同じように、被検体を非常に強く磁化し磁気飽和させるとスピンが同一方向にそろってしまい、歪による信号が出づらくなることが予想されるので、磁気飽和よりも低い磁化レベル（回転磁化領域）の方が歪からの信号がより強く得られ、その磁化レベルが好ましいと考えられる。このことは、鋼板に外部から力を加えて鋼板全体に歪を生じさせた状態でのB-Hカーブの測定データと、歪を加えない状態でのB-Hカーブの測定データを比べると、磁気飽和領域よりも小さい磁化レベルの領域（回転磁化領域）において大きな差が生じることに対応すると考えられる。

以上のことから、ロール性微小凹凸表面欠陥の計測では、歪からの信号も計測し

ておりその歪に起因した信号を感度良く計測するには飽和磁化よりも小さい磁化レベルの計測が有利となると考えられる。なお、ここで言っている被検体に印加する磁場の強度とは、被検体を磁化する磁化器から発生している磁場の総和ではなく、被検体の被検対象領域に直接かかっている磁場、すなわち被検体の被検対象領域でB-Hカーブを描かせたときのHに相当する量である。

また、通常、これらの漏洩磁束探傷装置は、最終ラインでの製品検査に用いられており、欠陥発生時から探傷までの間にさまざまな工程が存在する。これらの工程の中には、例えば、欠陥発生時に生じた歪みが熱により除去される、通板時の張力等の他のストレスにより歪が開放される等の現象が生じ、歪みが開放された状態となる工程があり、そのような工程では歪に起因した信号が検出できない懸念があり、検出を行う場所も検討が必要である。

図8は、冷延鋼板の製造工程例の模式図である。冷延鋼板の主な製造工程は、冷間圧延後、焼鈍（アニール）、さらに調圧を行うものである。通常、本発明の検出対象である、ロール性微小凹凸表面欠陥は、冷間圧延の圧延ロール、冷間圧延後のアニール工程の焼鈍炉内のロール、アニール後の調圧ロールによって生じる。

冷延鋼板の製造工程においては、通常、圧延時に生じる硬化の影響を除くため焼鈍工程等の熱工程が加えられる。この熱工程では、再結晶温度まで昇温することがある。この熱工程によって熱が加えられると、上記実験と同じように欠陥信号が弱くなってしまうことが懸念される。そのため、図8に示した「位置A」のように欠陥発生原因となるロールの直後ないしは、「位置B」のように欠陥発生原因となるロールより後かつ、歪みが開放されるレベルの熱工程(アニール作用のある工程)より前に計測する必要がある。

また、一旦熱工程によってひずみが除去された後でも、調質圧延（調圧）によって再度ひずみが付与される。ここで、欠陥部は、凹凸の影響で正常部と比較して異なる大きさのひずみが付与されることから、熱工程後であっても図8に示した「位置C」のように調圧後であれば欠陥を検出することが可能となる。

上記の発生原因となる全てのロールによって生じる欠陥を検出するには、調圧後に計測することが望ましく、さらには、欠陥発生時のフィードバック、位置トラッキングが容易であることと、製造ラインを通板する際のテンション等で歪みの状態が変化することが考えられることから、図8に示した「位置C」調質圧延直後に計

測するのが最も良い。

なお、CGL, EGL 等のラインで作られる亜鉛鍍金鋼板や錫鍍金鋼板などの表面処理鋼板においても、工程にメッキ処理等の表面処理工程が加わることを除いて、調圧までの基本的な工程は同様であり、設置個所についても同様である。

また、焼鈍工程(CAL), 鍍金工程(CGL, EGL)で調圧を行わない場合でも、たとえばリコイルラインなどの精整ラインで調圧を行い、その後に設置しても同様である。

特に、鍍金工程、及びそれ以降の工程において表面の鍍金層にのみ凹凸が転写され、下地の金属には影響を与えないような欠陥が生じることがあるが、これらの欠陥を検出する場合は、調圧により、下地金属に歪みを発生させてから検出する方がより良いため、特に調圧後に計測する手法が望ましい。

また、再圧延等により大きな圧下率の圧延を施すと欠陥自体が消滅することから、ロール性欠陥を検知する観点からすると、欠陥発生後で大きな圧下率の圧延前に計測することも重要となることは言うまでもない。なお、大きな圧下率の圧延により欠陥自体は消滅するが、欠陥の再発生防止の観点から、このように大きな圧下率の圧延をする場合でも欠陥を検知することは重要である。

実施例

図１は、本発明の実施例に係る装置構成例を示す図である。図１で、１は鋼板、２はロール性微小凹凸表面欠陥、３は直流電源、４は磁化器、５は磁気センサ、６は増幅器、７はフィルタ回路、８は欠陥判定器、および９はロール性微小凹凸表面欠陥検出装置をそれぞれ表す。

鋼板１には、厚さ方向に数μｍと粗さと同レベルのロール性微小凹凸性欠陥が２が存在している。鋼板１にはロール性微小凹凸表面欠陥検出装置９が設けられている。ロール性微小凹凸表面欠陥検出装置は、以下の構成からなる。磁化器４と磁気センサ５が鋼板１の同じ側に配置されている。磁化器４には磁化電源３ からの直流電流が供給されて磁化されている。

磁化器４により両磁極間に発生された磁束は、鋼板１を通る。欠陥２が鋼板１に存在すると、欠陥２が発生する際に生じた歪みが欠陥２の周囲にあり、それにより磁束が妨げられ、その変化を磁気センサ５により検出することが出来る。磁気センサ５の出力信号は増幅器６で信号増幅を行われ、その後、フィルタ回路７でノイ

ズが除かれ、8の欠陥判定機により一定の値以上の信号が合った個所を欠陥として判定する。

本実施例では、直流信号を用いて漏洩磁束探傷を行う例を示したが、交流信号を用いてもかまわない。その場合は、同期検波回路が必要となる。また、磁化器と磁気センサを鋼板に対して同じ側に配置しているが、直流信号を用いる場合は、鋼板を挟んで対抗して配置してもかまわないし、交流信号を用いる場合でも、励磁周波数が板厚に対して十分小さい場合は、同様に鋼板を挟んで対向して配置してもかまわない。

なお、欠陥判定器9では、欠陥からの信号強度を元に欠陥の判定を行っているが、信号強度がある値以上の点の長さ、幅、面積と組み合わせて判定してもかまわないし、それらの2つ以上のものと組み合わせて判定してもかまわない。また、交流信号を用いる場合は交流信号の位相を用いて判定してもかまわない。

本発明者らは成分を変えたいくつかの鋼種について、まずB-Hカーブの測定を行った、結果を図7に示す。C%の異なる3つの鋼におけるB-Hカーブを示しており、Aは極低炭鋼(C%-0.0-0.002)、Bは低炭鋼(C%-0.03-0.06)、およびCはホーロー鋼(C% 約0.0009)を表しているが、鋼種の違いによりB-Hカーブに違いは見られなかった。また、その後それらの鋼種についてロール性微小凹凸表面欠陥の探傷を行った。以下に、その結果の代表例(極低炭の例)を示す。

図5は、強磁化条件と弱磁化条件の比較を示す図であり、強い磁化条件 (48000A/m) と弱い磁化条件(8000A/m)におけるロール性微小凹凸表面欠陥の探傷例である。信号レベルが低下していることがわかる。磁場の値を変えながら同様の測定を繰り返し、磁場に対して信号レベル、ノイズレベル、S/Nをプロットしたものが図6である。

図6からわかるように、4000A/m以上、25000A/m未満で、S/Nが5以上と高くなり検出に適していると言うことがわかる。この磁場は、図7でみられるように鋼を対象とした場合に磁束密度が、飽和磁化状態での磁束密度の95%から75%に相当している。

また、図6で25000A/m以上の特に40000A/mを越えた磁場で信号レベルが増加している(ただし、その一方でノイズレベルも増加しているためS/Nはさほど増加し

ていない)。これは、欠陥の凹凸からの信号成分が増加しているためと考えられる。欠陥の凹凸からの信号は、従来用いて来た飽和磁化レベルでの計測が望ましい。ここで磁場が 25000A/m 以上となる磁束密度は、図 7 から飽和磁化状態の 95%以上に相当する。特に、40000A/m 以上は 99%に相当する。

ロール性微小凹凸表面欠陥においても、小さい場合で数μm と極微小となることはあるが凹凸は存在することから、このように凹凸起因の信号も得ることができる。そこで、25000A/m 未満の磁場強度による探傷で歪からの信号を検知し、25000A/m 以上の磁場強度による探傷で凹凸からの信号を検知するという 2 条件の探傷を組み合わせることで、欠陥の検出能を向上させることができる。また、凹凸からの信号成分と歪からの信号成分を比較することで、凹凸量と歪量の比較が可能となり、例えば凹凸量が小さく歪が大きい場合は圧下率の高いロールで発生した欠陥であると推定するなど欠陥の発生原因となるロールの位置の特定が可能となる。

なお、本実施例では、磁束密度の値は、あらかじめ測定した B-H カーブを元に、磁場の強度から求めている。なお、磁場の強度に関しては、被検体の対象位置の近傍の空間の値を測定して用いても構わない。

なお、本実施例では直流の漏洩磁束を用いて計測を行ったが、歪に起因する信号を検知すれば、交流の漏洩磁束法、渦流探傷法、磁紛探傷法、でもかまわない。

また、本実施例では、磁気センサとしてホール素子を使用したが、磁気を感知するものであればコイル、磁気抵抗素子、SQUID などを用いてもかまわない。また、磁気センサは単数で用いても複数で用いてもかまわない。複数の磁気センサを用いる場合は、非検体の走行方向と垂直かつ非検体に平行に並べて使用することで同時に広い面積の検査が可能となる。その場合、磁気センサと磁気センサのピッチは、ピッチが大きすぎると欠陥が磁気センサの間を通過する際に見逃しが生じ、逆に、ピッチが小さすぎると効率が悪くなる問題が生じる。磁気センサのピッチは、0.5mm～3mm の間であれば検出可能であるが、0.8mm～2mm の間が検出感度と効率の点から最も適している。

また、本実施例では、リフトオフを 1mm としている。これは以下のような知見によるものである。ロール性微小凹凸表面欠陥の中でも特に小さな欠陥には、漏洩磁束信号レベルが非常に小さいものがある。これらの欠陥を検出するためには、上述したような工夫に加えてさらにセンサと非検体の距離であるリフトオフを最適化

する必要がある。

通常、鉄鋼ラインにおける砥石がけ検査で問題となるような欠陥は、前述したように粗さ数μmのなかに粗さと同程度(数μm程度)の凹凸で曲率半径Rが１０mm以上の欠陥である。これらは、鋼板面上でφ４mm～30mm 程度、面積にして１０mm^2～１０００mm^{2}程度の大きさの欠陥であることが多い。通常、漏洩磁束探傷方法では、リフトオフは小さければ小さいほど感度が高くなり有利である。しかし、これらの凹凸量は数μmと小さいが、面積が大きい欠陥を検出するためには、リフトオフが小さすぎると欠陥のごく一部の部分からの信号のみを検知することとなり、欠陥検出の上ではセンサを複数並べる必要が生じるなど効率が悪くなる問題が生じる。

図９は、リフトオフとＳ／Ｎの関係例１を示す図である。図１０は、リフトオフとＳ／Ｎの関係例２を示す図である。それぞれ、リフトオフとＳ／Ｎの関係を調べたグラフであり、図９では、本発明において主に検出対象とする凹凸が数μm程度の比較的小さくて、面積が大きい、サンプルａ：長さ 15mm 幅 4mm とサンプルｂ：長さ 10mm 幅 4mm をリフトオフを変えて測定し、図１０では、凹凸が数 10μm程度の比較的大きくて、面積が小さい、サンプルｃ：長さ 1mm 幅 2mm、とサンプルｄ：長さ 1mm、幅 2mm を測定したものである。上記の実施例では、センサとして感磁部の面積がφ0.2mm 以下程度のホール素子を利用している。

図１０に示す面積の小さい欠陥の場合は、従来から知られているように、リフトオフが小さい方が S/N が高い傾向が確認されたが、これに対して、図９のように面積が大きい欠陥の場合(上記欠陥ａ，ｂの実効的な欠陥径で考えると、φ5mm 以上程度)では、リフトオフが 1mm 前後で S/N が最も高くなる傾向が確認された。また、リフトオフ 0.5～1.5mm で S/N=2 以上なので適用可能であるが、図９の中央の一点鎖線で示した S/N=3 の線は、自動検出可能なレベルを示したものであり、これからリフトオフ 0.8mm～1.2mm の範囲が自動検出可能となる好適な範囲である。なお、特にリフトオフ 1mm で S/N が良く、0.9mm～1.1mm が最も好適な範囲であることが分る。

以下に、この現象について、図１１を用いて、考察する。図１１は、面積が小（上記欠陥のｃ、ｄに対応）と面積大（上記欠陥のａ、ｂに対応）の欠陥を測定する様子を模式的に示す図である。

通常、漏洩磁束探傷では、被検体に近いほど欠陥からの漏洩磁束密度が高くなるので、リフトオフが小さいほど欠陥信号が強く検出され、リフトオフが大きいほど欠陥信号が低く検出されることが知られている。ここで、さらに考察を進めると、センサが検出する検出領域はリフトオフが大きくなるに従い、大きくなる。

通常、検出が困難となるような欠陥は、凹凸が小さいとともに面積も小さい欠陥である。このような欠陥は、センサの検出領域に比べ、元々小さいので、リフトオフが大きくなると、センサ検出領域内に占める欠陥面積は小さくなっていく(図１１(a)参照)。このとき、検出領域に含まれる信号は平均化されて検出されることになるので、欠陥信号は、周辺の正常部からの信号（地肌ノイズ信号）とで平均化されて、信号強度はより下がることになる。一方で、正常部からの信号はほとんど同じレベルであるので、欠陥信号ほどの信号強度は下がらない。このように、面積が小さい欠陥の場合は、この欠陥信号の低下する程度が被検体に起因するノイズの低下の程度に比べて強いため、リフトオフが遠ざかるほどS/Nが減少していっていると考えられる。よって、従来検出しようとしていた面積が小さい欠陥では、リフトオフは小さい方が検出に有利であった。

一方、今回測定対象としている凹凸量は微小であるが面積の大きい欠陥(φ5mm相当以上)である。この欠陥を検出する場合においても、リフトオフが大きくなると、欠陥信号と被検体に起因するノイズ信号はともに小さくなるが、欠陥のサイズが大きいため、リフトオフを大きくしても、センサの検出領域に対して欠陥が大きい状態になっている間までは(図１１(b)参照)、センサの検出領域内における欠陥の占める面積は変化しないために、正常部からの信号と平均化されないので、欠陥信号の低下はほとんど無い。

一方、ノイズ信号は、リフトオフをある程度大きくするまでは、ランダムノイズ成分が、加算平均の効果により、低下していくと考えられる。したがって、欠陥サイズとランダムノイズの加算平均との関係によって、あるリフトオフまでは、実質的にS/Nが増加していく。さらに、リフトオフを大きくすると、小さい欠陥と同様に、欠陥信号の低下が大きくなるので、S/Nは低下していくことになると考えられる。

このように、ある程度リフトオフを大きくしても、センサに影響を与えることのできる被検体の範囲よりも欠陥が大きくなるまでは、被検体に起因するノイズが低

下するのに加え、欠陥信号の低下の程度がほとんどないためS/Nが増加していくことになり、最適範囲をもつことになったと考えられる。

なお、通常鉄鋼ラインにおける砥石がけ検査では、前述したような凹凸量数μmで鋼板面上でφ5mm～30mm 程度の大きさの欠陥を砥石をかけることで目視可能にして検査しているが、同じ工程で砥石をかけなくても検出可能な微小な欠陥の検査もしていることが多い。これらの欠陥は、砥石がけを行う必要はないため本発明の対象とはしていない。

本発明の対象としている容易に視認できない欠陥(通常視認困難で、砥石がけ検査により検出しているような欠陥)について、実データを用いた結果を以下に示す。図１２は、本発明の評価対象に用いた欠陥サンプルの形態を示す図である。図１２（ａ）は、容易に視認できない欠陥の鋼板厚さ方向の大きさ（凹凸変化量）と頻度（サンプル数）を示す図であり、図１２（ｂ）は、鋼板面上における面積と頻度（サンプル数）を示す図である。

本発明では、図１２に示すように、欠陥の凹凸量（鋼板厚み方向の形状変化量）が０．５μｍ以上６μｍ以下で、鋼板面上で面積にして１０mm^2～１０００mm^2程度（φ４ｍｍ～３０ｍｍに対応）の微小凹凸表面欠陥を検出対象としている。なお、これらの欠陥は、板厚が０．４ｍｍ以上２．３ｍｍ以下、表面粗さがＲａ＝０．５～２μｍの鋼板において発生しているものであり、鋼板厚み方向の断面で曲率半径Ｒは１０ｍｍ以上となっていた。

そして、図１３は、これらのサンプルについて、図１２（ａ）の欠陥の厚さ方向の大きさに対する、漏洩磁束信号のS/Nの関係を示す図である。図１３に示すようにこれらの欠陥全てについて、漏洩磁束信号のＳ／Ｎが２以上となっており、本発明で十分に検出可能であることがわかる。なお、図１３において、凹凸方向の大きさ（凹凸変化量）が０．５μｍの欠陥については、Ｓ／Ｎが約３となるものが４サンプルあったため、重ねてプロットしている。

さらに、図１４は、欠陥の厚さ方向の大きさと測定対象鋼板の板厚との関係を示す図である。図１２および１３で示した本発明の対象であるデータを○印で示し、冷延工程以降のラインに設置された鋼板用漏洩磁束探傷装置で測定した従来の漏洩磁束探傷の対象を×印で示している。なお、先にあげた文献中で「缶用鋼板を対象とする」とのみ示され対象板厚が明示されていない例に関しては、缶用鋼板とし

て良く使われる板厚0.2mmとして整理している。

図１４で、従来の漏洩磁束探傷の例では、計測対象となる欠陥の厚さ方向の大きさｓ(単位μm)を計測対象となる板厚ｔ(mm)で割った値ｓ／ｔが、40から250程度の大きな値となっているのに対して、○印で示す本発明の対象のｓ／ｔは非常に小さな値であることが分かる。そこで、図１４の縦軸を0～10μm、横軸を0～1.5mmの範囲で拡大したものを、図１５に示す。

図１３および図１４で示したように本発明では、0.4mm以上2.3mm以下の板厚での凹凸量0.5μm以上6μm以下の微小凹凸表面欠陥を対象としているが、欠陥の鋼板厚さ方向の大きさｓ(凹凸変化量、単位μm)を計測対象となる板厚ｔ(mm)で割った値ｓ／ｔが、図１５で示すごとく、9.0以下0.63以上と著しく小さい値になっていることが分かる。以上のように、本発明の検査対象は、鋼板厚さｔ（mm）と欠陥の鋼板厚さ方向の大きさｓ（μm）との関係ｓ／ｔで表現すると、9.0以下0.63以上となる微小凹凸表面欠陥であると導くことができる。

請 求 の 範 囲

1． 0.5～6μmの凹凸表面欠陥の歪に起因する信号を検知する磁性金属の凹凸表面欠陥の検出方法。

2． 該磁性金属の厚さが0.4～2.3mmである請求項1に記載の検出方法。

3． 該磁性金属の厚さt（mm）に対する該凹凸表面欠陥の該厚み方向の大きさs（μm）の比s/tが、9.0～0.63である請求項1に記載の検出方法。

4． 該信号が、磁束を印加した該磁性金属から漏洩する磁束である請求項1に記載の検出方法。

5． 該磁束を印加した該磁性金属の磁束密度が、磁気飽和した場合の磁束密度の75%以上95%未満である請求項4に記載の検出方法。

6． 該検知を、該磁束を印加した該磁性金属の磁束密度が、磁気飽和した場合の磁束密度の75%以上95%未満である条件と、磁気飽和した場合の磁束密度の95%以上である条件を含む複数の条件を組み合わせて行う請求項4に記載の検出方法。

7． 該磁性金属に印加する磁場の強度が4000A/m以上25000A/m未満である請求項4に記載の検出方法。

8． 該検知を、該磁性金属に印加する磁場の強度が、4000A/m以上25000A/m未満である場合と、25000A/m以上である場合とを組み合わせて行う請求項4に記載の検出方法。

9． 該磁性金属と、該信号を検知する検出装置をとの間隔を0.5～1.5mmに設定して行う請求項1に記載の検出方法。

１０．　該信号が、欠陥発生原因となるロールより下流工程で、かつアニール作用のある工程より上流工程で発生する該凹凸表面欠陥の歪に起因する物理量である請求項１～９のいずれかに記載の検出方法。

１１．　該信号が、欠陥発生原因となるロールより下流工程で、かつ調質圧延より後の工程で発生する該凹凸表面欠陥の歪に起因する物理量である請求項１～９のいずれかに記載の検出方法。

１２．　磁性金属被検体の凹凸量0.5μｍ以上６μｍ以下の微小凹凸表面欠陥を検出する微小凹凸表面欠陥の検出方法であって、前記被検体の欠陥部の歪に起因する信号を検知することによって前記表面欠陥を検出することを特徴とする微小凹凸表面欠陥の検出方法。

１３．　請求項１～９のいずれかに記載の検出方法を用いた磁性金属の製造方法。

１４．請求項１０に記載の検出方法を用いた磁性金属の製造方法。

１５．請求項１１に記載の検出方法を用いた磁性金属の製造方法。

１６．　磁性金属被検体の凹凸量0.5μｍ以上６μｍ以下の微小凹凸表面欠陥を検出する微小凹凸表面欠陥の検出装置であって、前記被検体の欠陥部の歪に起因する信号を検知することによって前記表面欠陥を検出することを特徴とする微小凹凸表面欠陥の検出装置。

１７．　磁性金属を磁化する磁化器と、磁性金属の走行方向と垂直方向に複数個並んだ磁気センサにより、0.5～6μｍの凹凸表面欠陥の歪に起因する信号を検知する磁性金属の凹凸表面欠陥の検出装置。

図1

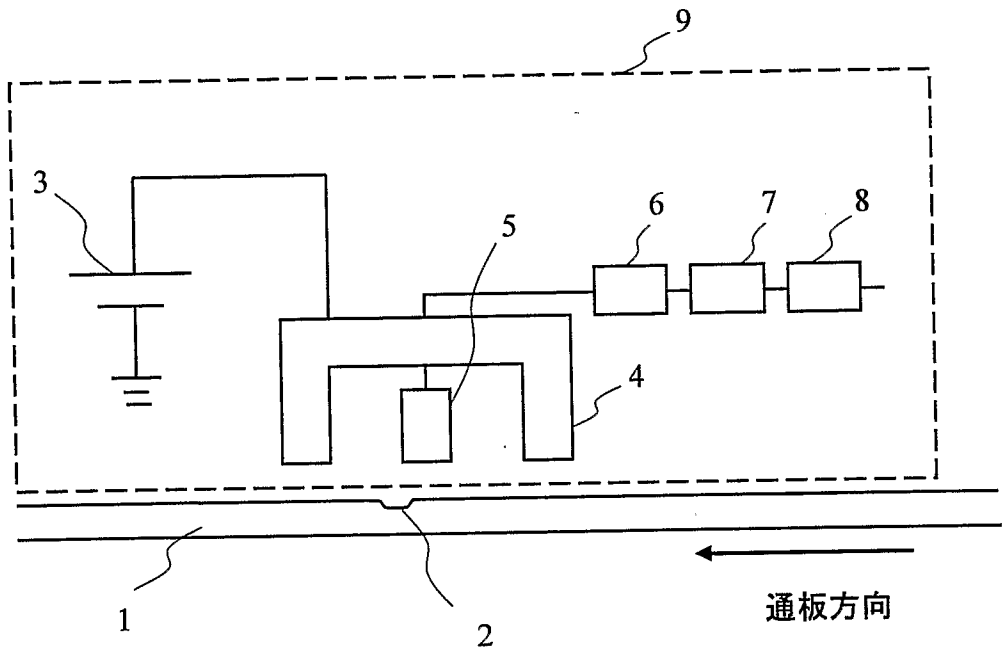


図2A

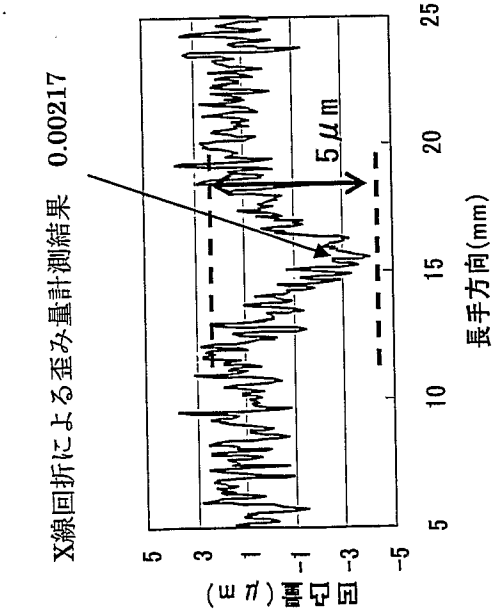


図2B

図2C

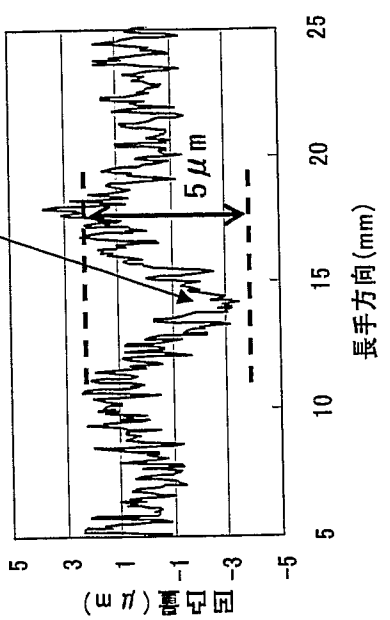


図2D

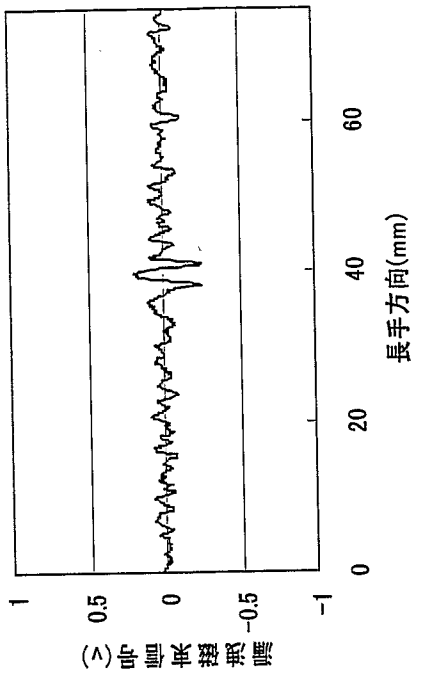


図3

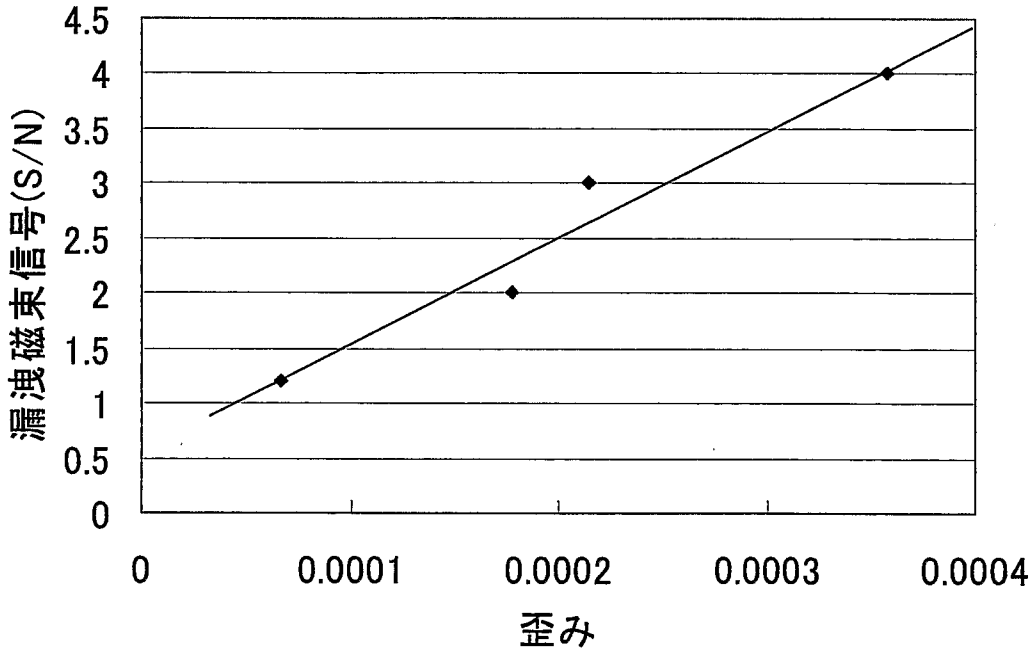


図4A 凸欠陥



図4B 凹欠陥



図5A

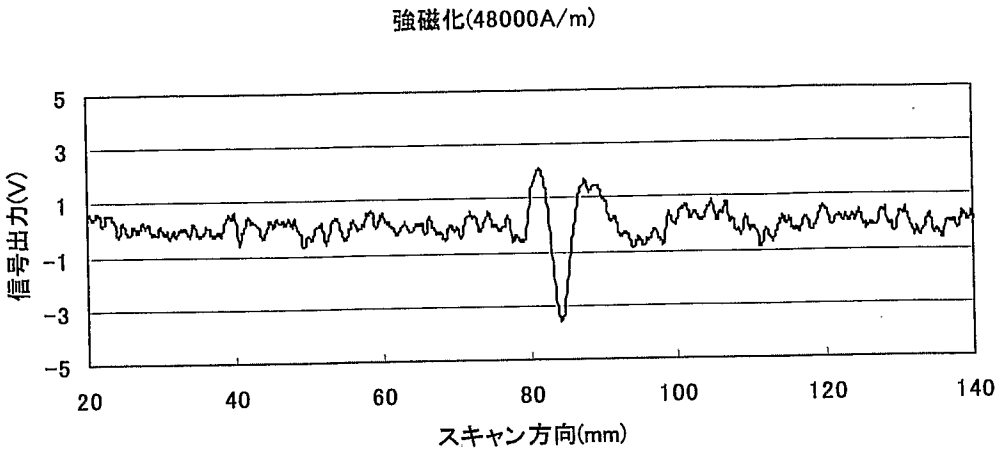

強磁化(48000A/m)
信号出力(V)
5
3
1
-1
-3
-5
20
40
60
80
100
120
140
スキャン方向(mm)

図5B

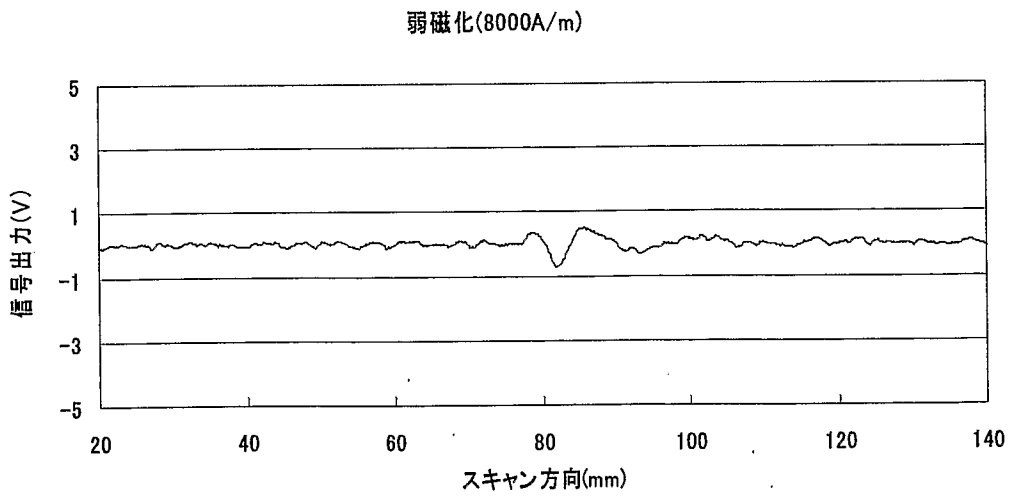

弱磁化(8000A/m)
信号出力(V)
5
3
1
-1
-3
-5
20
40
60
80
100
120
140
スキャン方向(mm)

図6

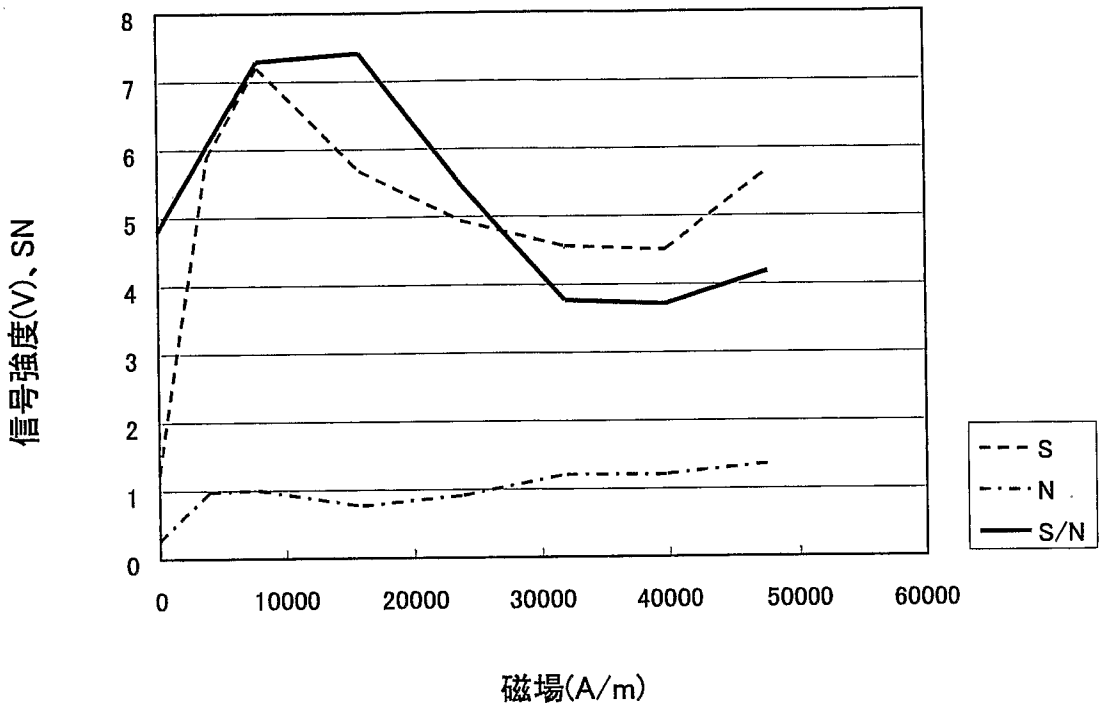

8
7
6
5
4
3
2
1
0
信号強度(V)、SN
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
磁場(A/m)
S
N
S/N

図7

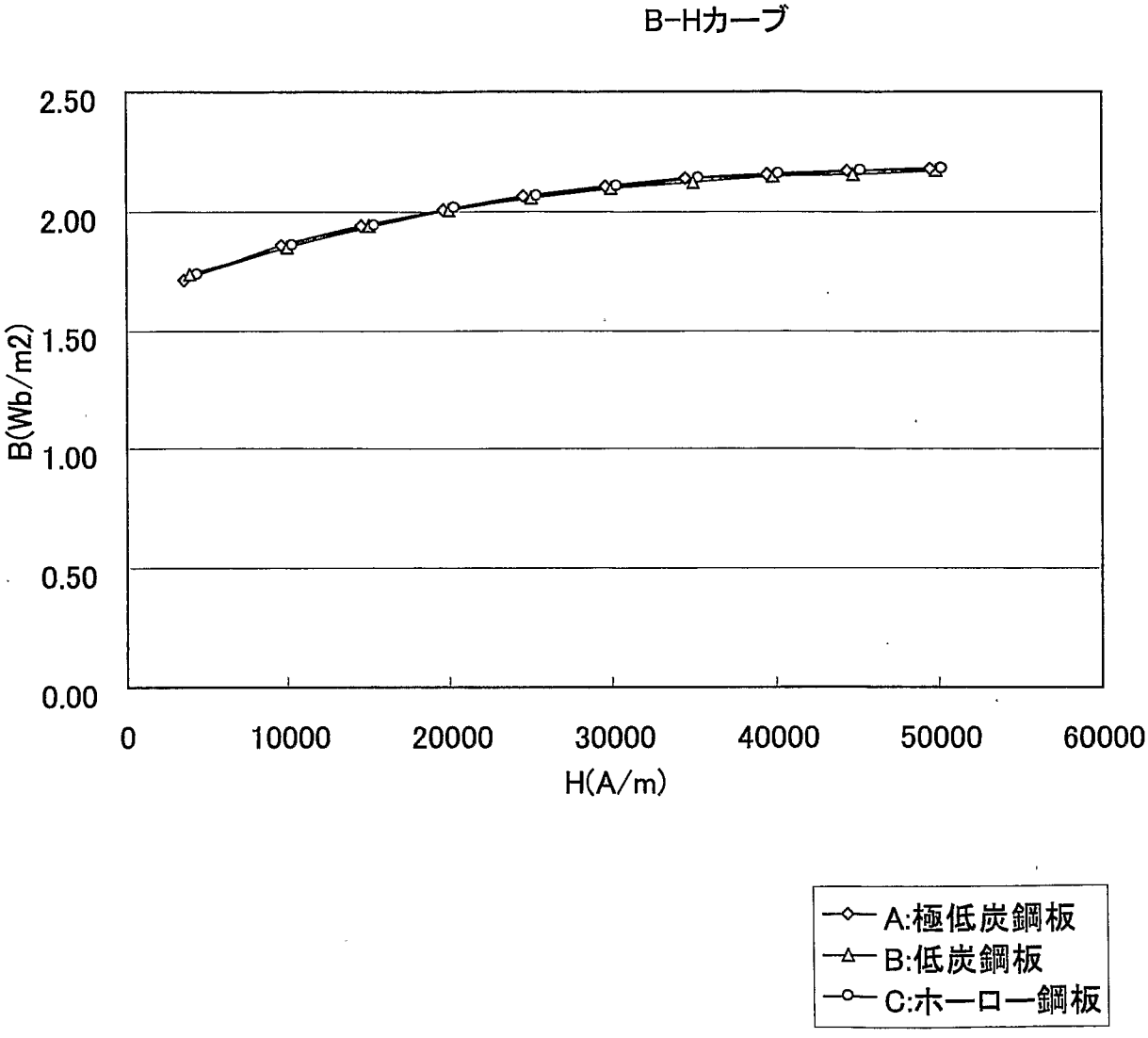

B-Hカーブ
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
B(Wb/m2)
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
H(A/m)
A:極低炭鋼板
B:低炭鋼板
C:ホーロー鋼板

図8

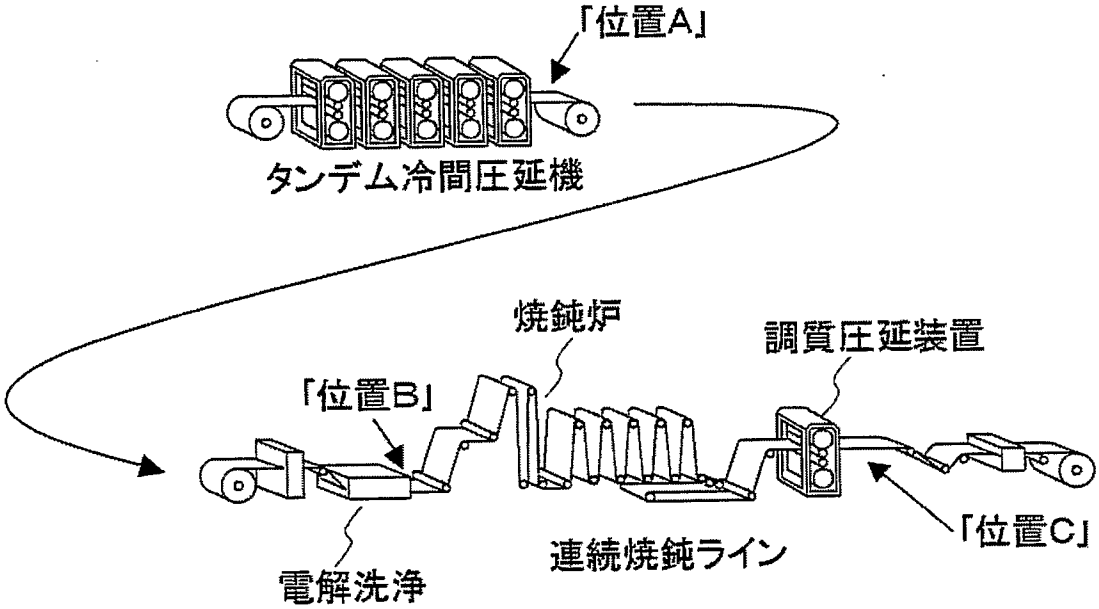


図9

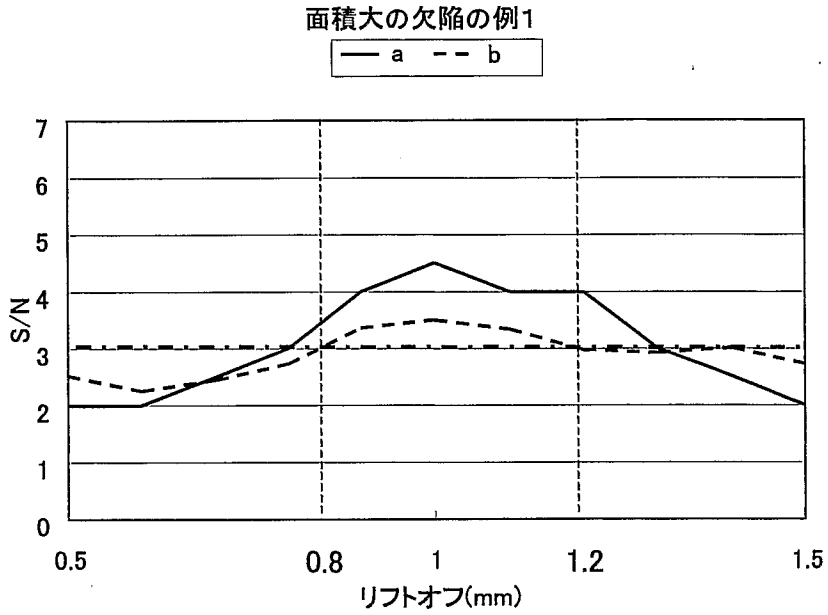


図10

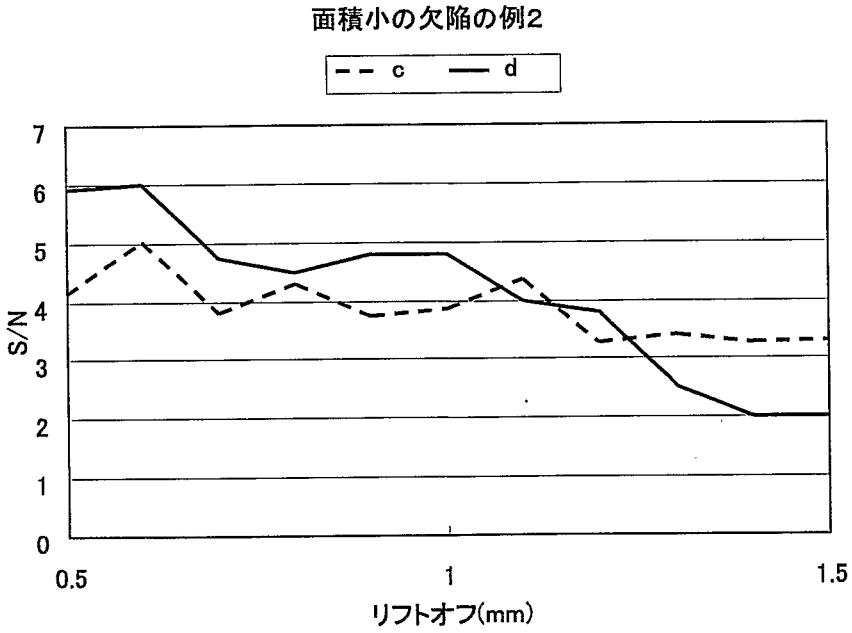


図11A
小欠陥測定イメージ図

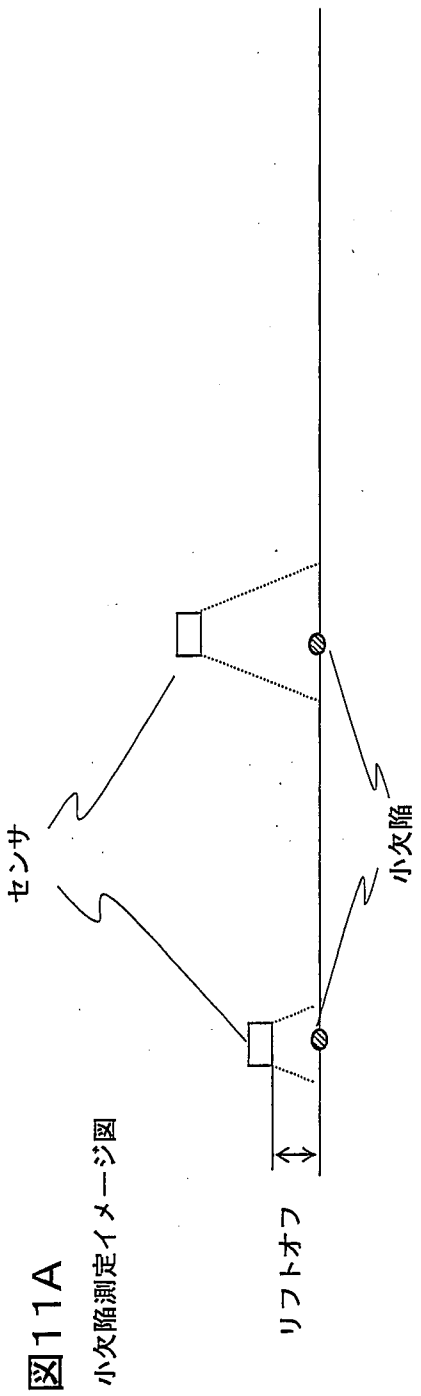


図11B
大欠陥測定イメージ図

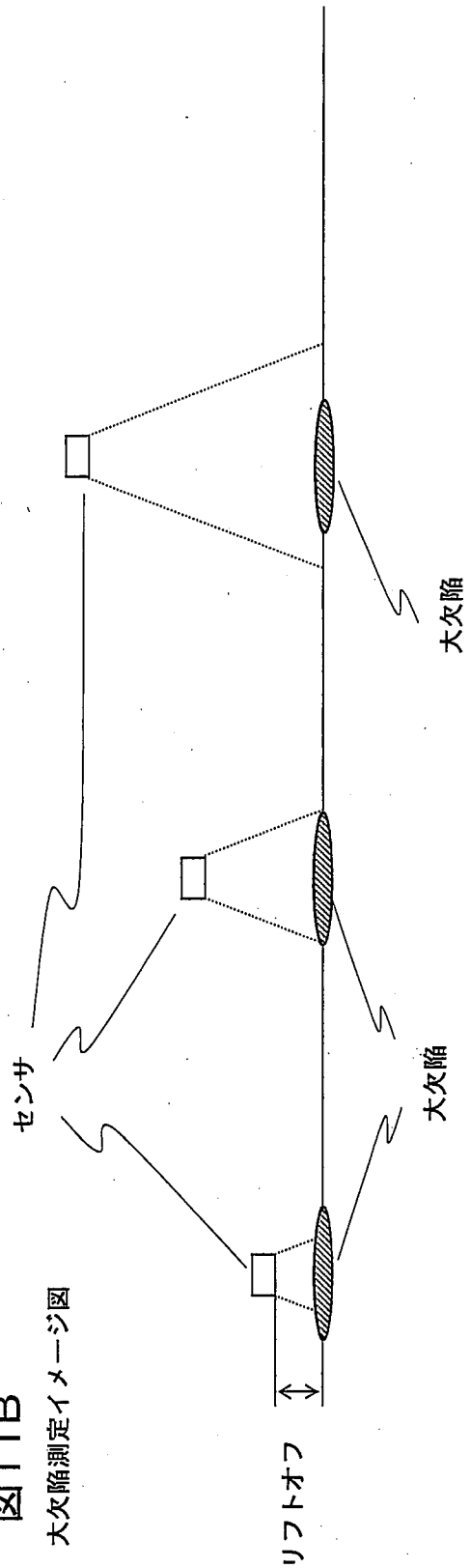


図12A

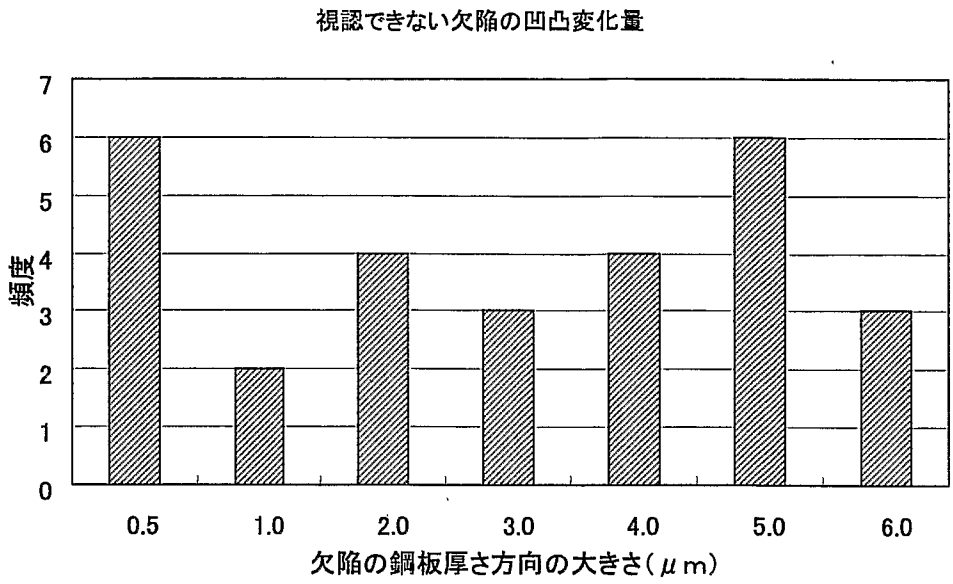

視認できない欠陥の凹凸変化量
頻度
0
1
2
3
4
5
6
7
0.5
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
欠陥の鋼板厚さ方向の大きさ(μm)

図12B

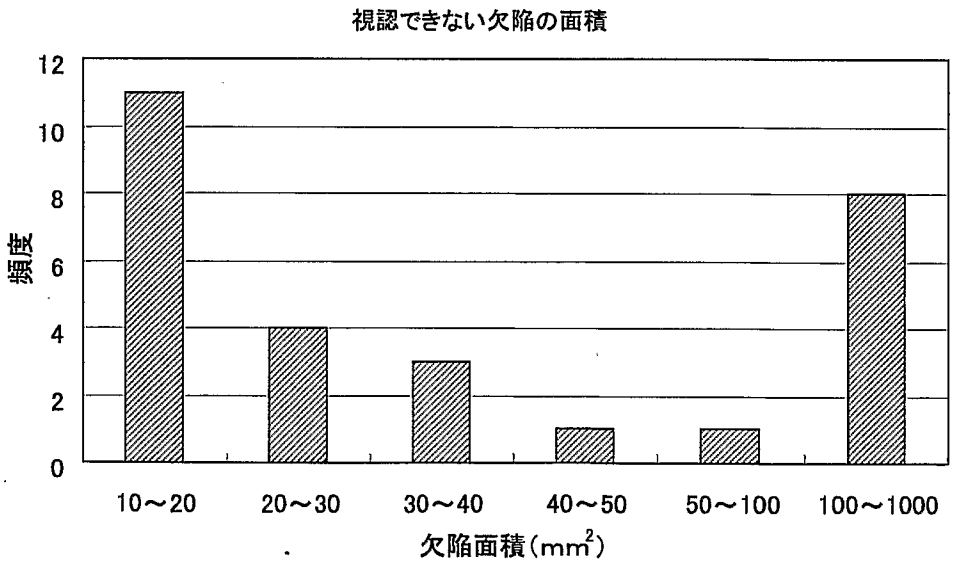

視認できない欠陥の面積
頻度
0
2
4
6
8
10
12
10～20
20～30
30～40
40～50
50～100
100～1000
欠陥面積(mm²)

図13

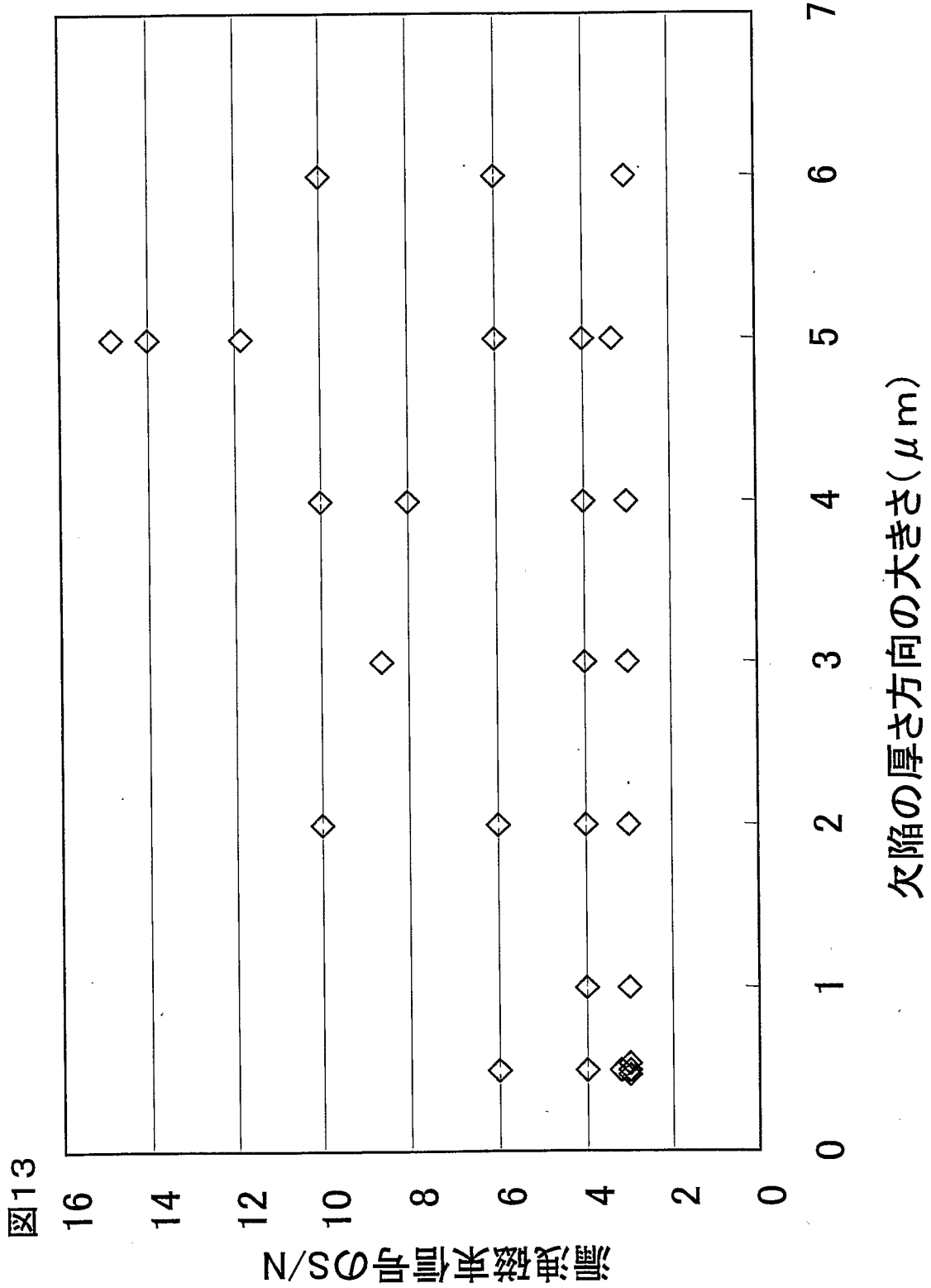


図14

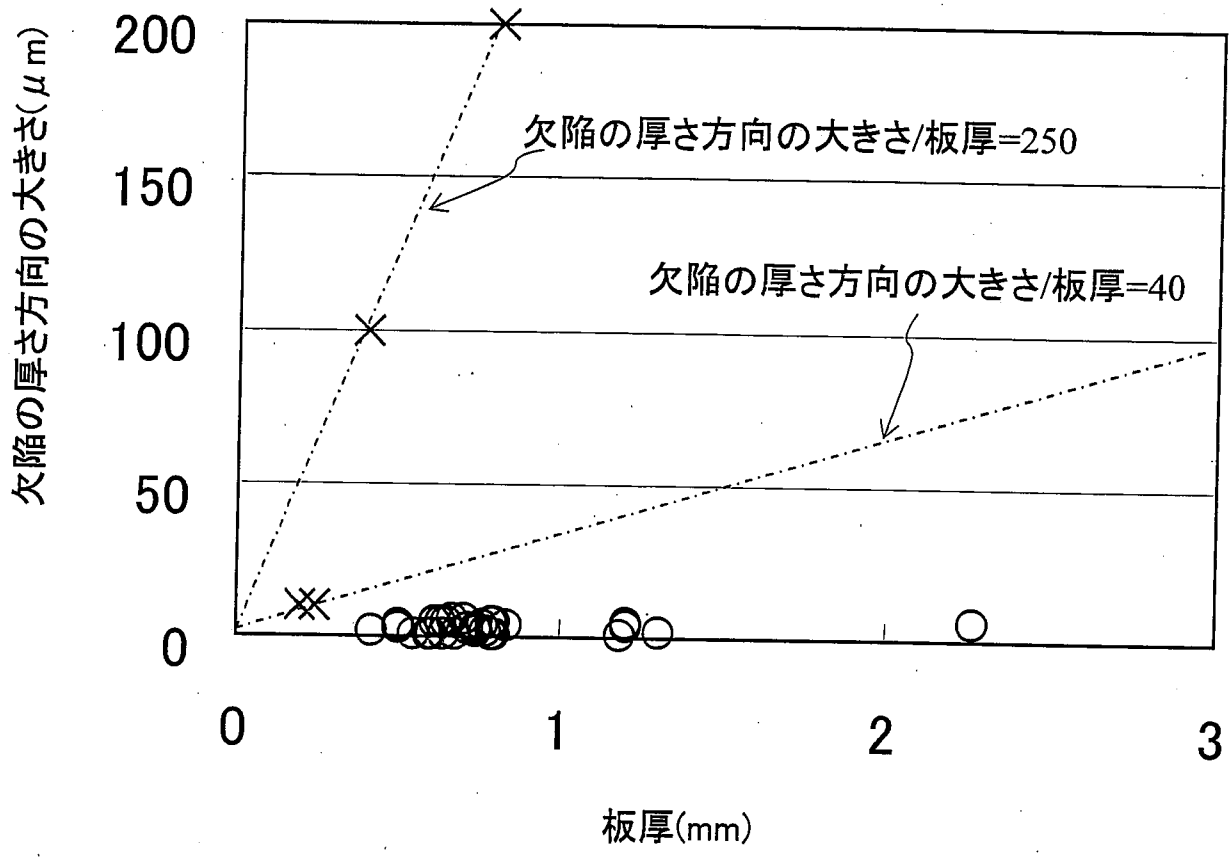
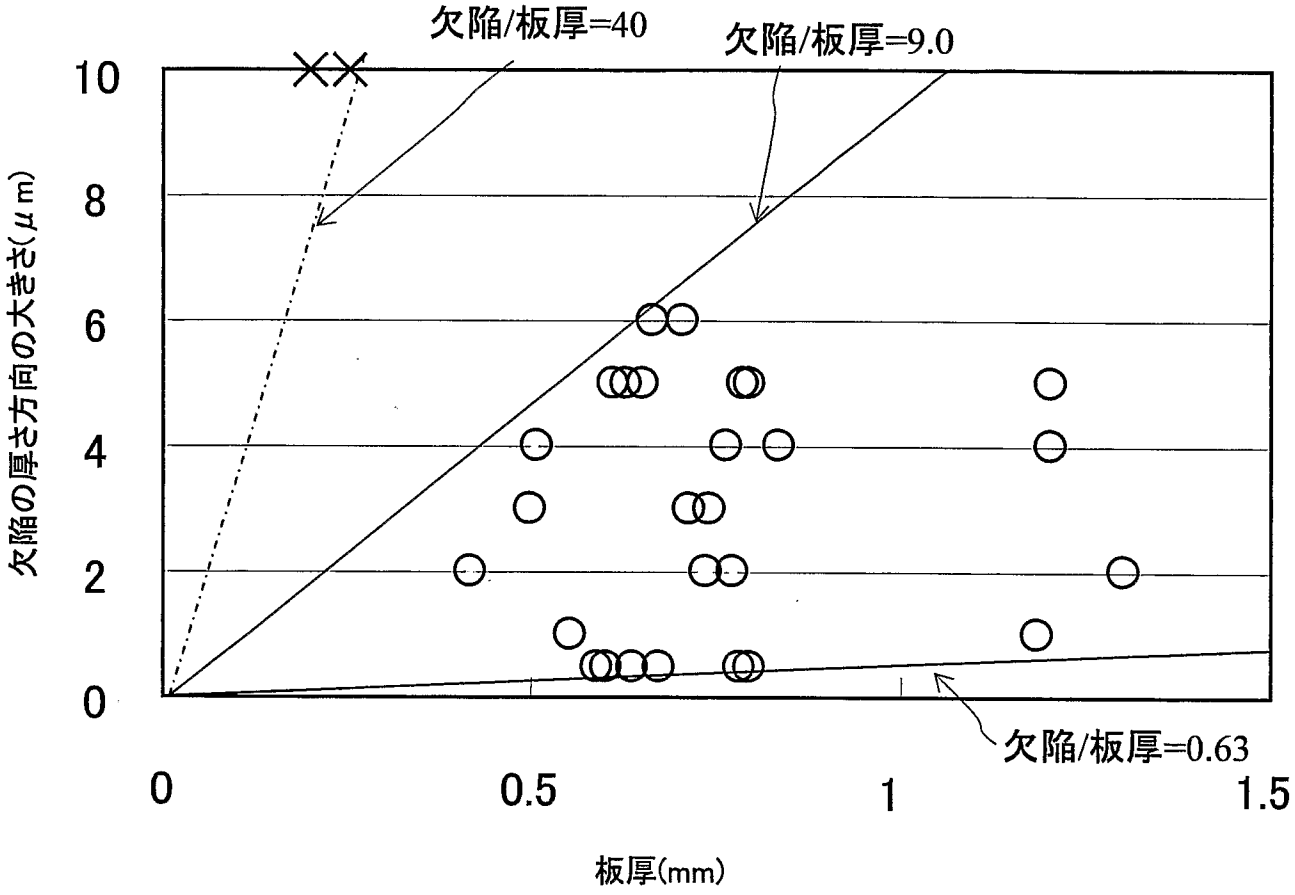

欠陥の厚さ方向の大きさ(μm)
200
150
100
50
0
欠陥の厚さ方向の大きさ/板厚=250
欠陥の厚さ方向の大きさ/板厚=40
0
1
2
3
板厚(mm)

図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/065221

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N27/83(2006.01)i, *G01B7/34*(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)
G01N27/72-90

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-191220 A (Nippon Steel Corp.), 08 July, 2004 (08.07.04), Full text; all drawings (Family: none)	1-4,9-16 5-8,17
Y	JP 2005-227133 A (JFE Steel Corp.), 25 August, 2005 (25.08.05), Claim 2 (Family: none)	5-8
Y	JP 3271246 B2 (NKK Corp.), 25 January, 2002 (25.01.02), Claim 1 & TW 234651 B	5-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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	Date of mailing of the international search report
20 November, 2008 (20.11.08)	02 December, 2008 (02.12.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/065221

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-61940 A (JFE Steel Corp.), 10 March, 2005 (10.03.05), Full text; all drawings (Family: none)	17
A	JP 2007-71659 A (International Superconductivity Technology Center), 22 March, 2007 (22.03.07), Page 8, right column, lines 18 to 20; page 10, left column, lines 11 to 13 & US 2007/0108974 A1 & EP 1760479 A2	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０６５２２１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N27/83(2006.01)i, G01B7/34(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.　G01N27/72-90

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	１９７１－２００８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００８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(JDreamII), JST7580(JDreamII)

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	関連する請求の範囲の番号
X	JP 2004-191220 A（新日本製鐵株式会社）2004.07.08, 全文、全図	1-4,9-16
Y	（ファミリーなし）	5-8,17
Y	JP 2005-227133 A（ＪＦＥスチール株式会社）2005.08.25, 請求項２ （ファミリーなし）	5-8
Y	JP 3271246 B2（日本鋼管株式会社）2002.01.25, 請求項１ & TW 234651 B	5-8

☑　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 ２０．１１．２００８	国際調査報告の発送日 ０２．１２．２００８
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｗ　３００９ 田中　洋介 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２

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	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 2005-61940 A（ＪＦＥスチール株式会社）2005.03.10, 全文、全図（ファミリーなし）	17
A	JP 2007-71659 A (財団法人国際超電導産業技術研究センター) 2007.03.22, 第８頁右欄第１８行－第２０行, 第１０頁左欄第１１行－第１３行 & US 2007/0108974 A1 & EP 1760479 A2	1-17