(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4月4日(04.04.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/064684 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/90 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/019510

(22) 国際出願日： 2018年5月21日(21.05.2018)

(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 2017-185534 2017年9月27日(27.09.2017) JP

(71) 出願人: 日立造船株式会社(**HITACHI ZOSEN CORPORATION**) [JP/JP]; 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北１丁目７番８９号 Osaka (JP).

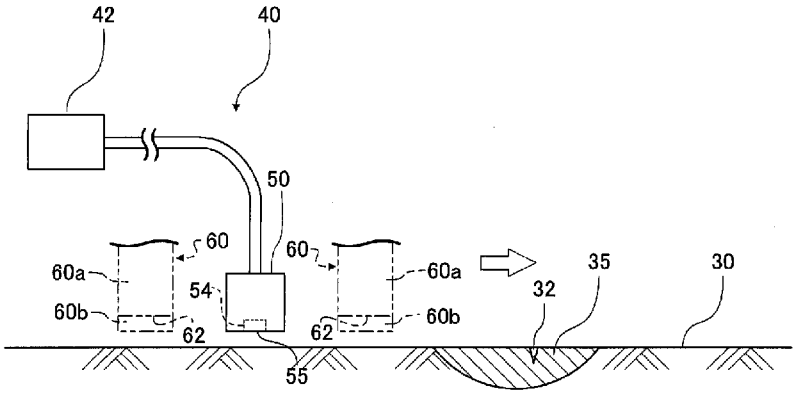
(72) 発明者: 荒井 浩成(**ARAI Hiroaki**); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北１丁目７番８９号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 秦 彰宏(**SHIN Akihiro**); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北１丁目７番８９号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 山田 隆明(**YAMADA Takaaki**); 〒8070803 福岡県北九州市八幡西区千代ヶ崎１丁目１３－２０ 日本電測機株式会社内 Fukuoka (JP). 東 弘(**AZUMA Hiroshi**); 〒8070803 福岡県北九州市八幡西区千代ヶ崎１丁目１３－２０ 日本電測機株式会社内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人森本国際特許事務所 (**MORIMOTO INT'L PATENT OFFICE**); 〒5500004 大阪府大阪市西区靭本町１丁目１１番７号信濃橋三井ビルディング３階 Osaka (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, KE, KG, KH,

(54) **Title:** EDDY CURRENT DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称： 渦電流探傷装置



(57) **Abstract:** This invention combines high magnetic force and heat resistance for a magnetic field-forming magnet which applies a magnetic field to an object being inspected, which is the object of an inspection by an eddy current detection device. The magnetic field-forming magnet 60 which applies a magnetic field to an object 30 being inspected comprises a first magnet 60a and a second magnet 60b, the first magnet 60a having a high magnetic force, and the second magnet 60b having a higher heat resistance than the first magnet 60a is mounted on the end 62 (the end on the side of the object 30 being inspected) close to the first magnet 60.

WO 2019/064684 A1

［続葉有］

KN, KP, KR, KW, 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, 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：本発明は渦電流探傷装置による検査の対象となる検査対象物へ磁界を印加する磁界形成用磁石について、高い磁力と耐熱性とを両立する。検査対象物３０へ磁界を印加する磁界形成用磁石６０が第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとで構成され、第１の磁石６０ａは高い磁力を有するものであり、第１の磁石６０ａの近方端部６２（検査対象物３０側の端部）に、第１の磁石６０ａよりも耐熱性が高い第２の磁石６０ｂが取り付けられる。

明　細　書

発明の名称 ： 渦電流探傷装置

技術分野

[0001] 本発明は、渦電流探傷装置に関するものであり、特に磁気飽和法を用いた渦電流探傷装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、導電性材料からなる構造物（被検体、検査対象物）の表面に傷（欠陥）が生じているかどうかを検査するための探傷装置として、特許文献１に記載されているような渦電流探傷装置が用いられることがある。この装置は、検査対象物に渦電流を発生させ、その渦電流の強度および渦電流の流れの形の変化を検出することで、検査対象物に傷が生じているかどうかを調べることができる。またこの装置は、検査対象物に傷がある場合にはその傷の位置、形状、深さを調べることもできる。

[0003] 発明者は、検査対象物の表面に透磁率が別々になっている複数の領域がある場合（透磁率が不均一の場合）について考察した。例えば検査対象物が非磁性体の材料をベースとし、そのうちの一部に溶接が施されたものである場合、その検査対象物の表面は基本的には非磁性体であるが、溶接が施された個所付近の部分は不規則な磁界を有する磁性体となっている。このように表面に磁性体の領域と非磁性体の領域が混在して現われているような場合には、これらの領域を横切って探傷装置による検査が行われると、領域間の透磁率の変化が原因となって検査結果にノイズが現れる。このノイズの問題への対策として、磁気飽和を利用する手法（磁気飽和法）がある。この手法では、検査対象物に強力な均一磁界が印加されることで、検査される領域に生じている不規則な磁界が打ち消され、検査対象物が磁気飽和状態、すなわち磁性体と非磁性体との間で透磁率にほとんど差がなくなる状態となる。この磁気飽和状態においては、検査対象物の表面の透磁率が不均一であることに起因するノイズが大幅に低減される。このため、この手法によれば、検査対象

物表面に不均一な磁界を有する磁性体を含む領域があっても、検査対象物の傷の検出が可能となる。

[0004] このような磁気飽和状態を形成するために磁石が利用可能である。ところで磁石には、その温度が上昇した場合、磁力は低下(減磁)し、その磁石に固有のキュリー温度において完全に消磁されるという性質がある。また磁石は、ある程度の高温に達すると、その後冷却されても低下した磁力は元に戻らないという特性（非可逆性減磁特性）を示す。先に述べた磁気飽和状態を形成するためには強力な磁石が必要となるため、強力な磁力を有するネオジム磁石を用いることが考えられる。しかし、このネオジム磁石の中で温度耐性が高く、１５０度の高温で用いることが出来るとされているものであっても、そのキュリー温度は摂氏３００度程度である。そして標準的なネオジム磁石では、一旦８０度以上になると、その後冷却されても元の磁力には回復しない。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第４８８５０６８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、検査対象物が焼却設備の排気ダクトであったり、使用済み核燃料が封入されたキャニスタ（金属製筒型容器）であったりすると、検査対象物の表面は非常に高温となる。例えば検査対象物の表面が摂氏２００度になっていると、前述のネオジム磁石は検査対象物に近づくと磁力が低下してしまい、ネオジム磁石は検査対象物を磁気飽和させることができなくなる。検査対象物へ確実に磁界を印加するためには磁石が検査対象物へできるだけ近づくことが好ましく、可能であれば検査対象物へ磁石が接触するべきであるが、ネオジム磁石は高温の検査対象物へ接近したり接触したりすることができない。

[0007] 一方、耐熱性の高い磁石は磁力が低い。例えばサマリウムコバルト磁石（サマコバ磁石）はキュリー温度が摂氏７００～８００度程度であり、実用上も摂氏３５０度程度までの高温下で有効に利用できる。ところがこのサマリウムコバルト磁石の磁力はネオジム磁石ほど強くないため、サマリウムコバルト磁石は十分に検査対象物を磁気飽和させることができない。

[0008] そこで本発明は、高い磁力と耐熱性とを両立した磁界形成用磁石を備えた渦電流探傷装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一形態に係る渦電流探傷装置は、検査対象物に渦電流を発生させ、前記渦電流の変化を検出することにより前記検査対象物の表面の状態を検査する渦電流探傷装置において、前記渦電流の変化を検出するための検出部と、前記検出部の外側に配置され、前記検査対象物に磁界を印加する磁界形成用磁石とを備え、前記磁界形成用磁石が、第１の磁石と、前記第１の磁石の前記検査対象物側の端部に取り付けられた第２の磁石とを含み、前記第２の磁石のキュリー温度が、前記第１の磁石よりも高いことを特徴とする。

[0010] また好ましくは前記第１の磁石が、ネオジム磁石からなり、前記第２の磁石が、サマリウムコバルト磁石からなるものであるとよい。

[0011] また好ましくは、前記第１の磁石の、前記検査対象物から遠方となる端部に、強磁性体からなる端部被覆板が取り付けられているとよい。

[0012] また好ましくは、前記第２の磁石が、摂氏２００度以上の温度となる前記検査対象物の表面に向けられるとよい。

さらに好ましくは、前記検査対象物が、使用済み核燃料が封入される金属製のキャニスタであり、前記キャニスタがオーステナイト系ステンレス鋼を材料として製造されたものであり、前記キャニスタにはオーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接が行われた溶接部があり、渦電流探傷装置は前記溶接部に渦電流を発生させて、前記渦電流の変化を検出することにより前記キャニスタの外表面における傷の有無を検査するものであるとよい。

発明の効果

[0013] 本発明に係る渦電流探傷装置によれば、高い磁力と耐熱性とを両立した磁界形成用磁石を備えた渦電流探傷装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施形態の一例において渦電流探傷装置による検査の対象となるキャニスタを示す図。

[図2]検査プローブの構造の一例を模式的に示す図。

[図3]ノイズが含まれる検出信号とノイズが除去された検出信号を示す図。

[図4]磁界形成用磁石の構造を示す図。

[図5]磁界形成用磁石に端部被覆板が取り付けられた様子を示す図。

[図6]検出信号にノイズが含まれている場合を示すグラフ。

[図7]検出信号からノイズが除去された場合を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0015] 図１は、本発明の実施形態の一例において渦電流探傷装置によって傷の検査（探傷）が行われる対象（検査対象物）となるキャニスタ２０を示す。このキャニスタ２０は金属製の筒型容器であり、その内部には使用済み核燃料が封入される。図１に示されているように、キャニスタ２０はコンクリート製の大型容器（コンクリートキャスク１０）内に入れられた状態で、都市部から離れた地域、典型的には沿岸部に保管される。

[0016] コンクリートキャスク１０の下方には径方向に貫通する空気導入路１４が設けられており、上方には径方向に貫通する空気排出路１５が設けられている。キャニスタ２０はその内部に封入された使用済み核燃料の崩壊熱によって加熱される。その一方、外部空気が空気導入路１４から取り入れられ、空気排出路１５から排出される過程で、外部空気がキャニスタ２０の側面に触れることにより、キャニスタ２０は冷却される。

[0017] ここで、コンクリートキャスク１０が沿岸部で保管されている場合、沿岸部の空気には海塩が含まれているため、外部空気に触れるキャニスタ２０の表面には塩化物によって錆や腐食が生じるおそれがある。そして、錆や腐食の生じた箇所に引張応力が加わっていると、その箇所に応力腐食割れ（ＳＣ

Ｃ：Stress Corrosion Cracking）が生じることがある。そこで、キャニスタ２０は定期的にコンクリートキャスク１０から抜き出され、その表面にＳＣＣが生じていないかどうかの検査（探傷）が行われる。

[0018] キャニスタ２０は図１に示されているように、底を有する円筒形状の本体と、その本体上部の開口を閉ざす蓋２２とで構成されている。キャニスタ２０の本体と蓋２２とは、溶接によって固着されており、図１に示されているように、その溶接の跡が蓋溶接部２６として残る。またキャニスタ２０の本体側面は、長方形状の金属板が円筒状に湾曲され、その金属板の両端同士が溶接されることで形成される。この溶接の跡も、図１に示されているように側面溶接部２４として残る。こうした側面溶接部２４や蓋溶接部２６には引張応力が加わり易いため、これらの箇所にＳＣＣが発生する可能性が高い。そのため、特にこれら側面溶接部２４や蓋溶接部２６において探傷を行うことが重要である。

[0019] 図２に、渦電流探傷装置４０を用いた探傷の様子を概略的に示す。渦電流探傷装置４０は検出プローブ５０を備えている。この検出プローブ５０からは交番磁界が発生する。交番磁界が検査対象物３０（ここではキャニスタ２０の側壁、蓋、底面など）の表面に接近すると、検査対象物３０の外表面を構成する金属（キャニスタ２０の場合は一般的にオーステナイト系ステンレス鋼）に渦電流が発生する。この渦電流から発生する磁束は検出プローブ５０によって検出され、検出された磁束密度の大きさや波形を基にして検査対象物３０表面の状態が判定される。

[0020] 図２は、渦電流探傷装置４０の構造の一例を模式的に示す。渦電流探傷装置４０は、検査プローブ５０と制御器４２を備えている。検査プローブ５０は検査対象物３０表面に発生する渦電流の変化を検出するための検出部５４を有する。また制御器４２は、検査プローブ５０から受信した検出信号を処理する機能を備えている。

[0021] ここでは、検出部５４の下端面は検査対象物３０の表面と向かい合うように配置されており、この下端面が、検査対象物３０に発生する渦電流から生

じる磁束を受ける検査プローブ５０の検出面５５となる。

[0022] ここで、検査対象物３０の表面がどのように交番磁界に対して反応するかは、検査対象物３０の材料自体が持つ性質によって異なる。検査範囲内において材料の性質が均一であれば、渦電流探傷装置４０は他の部分に比べて交番磁界に対する反応が異なる部分を探すことで探傷を行うことができる。しかし、材料の性質、特に透磁率が位置によって異なっていると、傷３２が無くとも位置によって交番磁界に対する反応が異なることとなり、検査に影響を及ぼすノイズが発生するため、探傷が困難となる。したがってこのようなノイズは可能な限り除去されることが望ましい。

[0023] 図２では、検査対象物３０の表面の一部に、周りと異なる透磁率を持つ異種材料からなる異種材料部３５が現れている。例えば検査対象物３０が図１に示されているキャニスタ２０である場合、側面溶接部２４や蓋溶接部２６（溶接部）に異種材料が現れることがある。具体的には、キャニスタ２０がオーステナイト系ステンレス鋼で構成されている場合、溶接部にはフェライト系の合金が現れる可能性がある。すなわち、溶接の過程でオーステナイト系ステンレス鋼が融解した際、その成分である鉄（Ｆｅ），クロム（Ｃｒ），ニッケル（Ｎｉ），モリブデン（Ｍｏ），そして炭素（Ｃ）などの原子配列が乱されるため、溶接の完了後、表面にはオーステナイト系ステンレス鋼と異なる原子配列を持つ合金が現れることになり、場合によってはフェライト系合金が現れることもある。このように検査対象物３０表面の透磁率が不均一な場合において、検出信号にノイズが現れる様子と、磁界形成用磁石６０を用いることによりノイズが除去される様子が、図３に示されている。

[0024] フェライト系合金が存在する位置では磁界の向きに乱れが生じるため、表面に傷３２が無くとも、フェライト系合金が存在する位置では、検査プローブ５０が検出する検出信号に変化が現れてしまう。このため、フェライト系合金が表面に現われる溶接部においては、検出信号の変化が傷３２に起因するものなのか、フェライト系合金に起因するものなのかを判別することが困難である。具体的には図２に示されているように、検査対象物３０の表面に

フェライト系合金が現れて異種材料部３５が形成されている場合、検査プローブ５０から発せられる交番磁界の磁束が異種材料部３５の位置で乱されることとなる。この位置の上方を検査プローブ５０が通過した際、検出信号にノイズが生じる（図３のグラフＺ１）。そのため、異種材料部３５内に傷３２があるとしても、その傷３２に起因する検出信号の変化を発見することが困難である。

[0025] ここで、図２が仮想線で示しているように、磁界形成用磁石６０が検査プローブ５０の外側に配置されていれば、この磁界形成用磁石６０から発せられる磁界を受けた検査対象物３０と異種材料部３５の透磁率が変化する。磁界形成用磁石６０の磁界の強さが適切に設定されていれば、検査対象物３０と異種材料部３５の透磁率がほぼ等しくなる。そのため、検査プローブ５０から発せられる交番磁界に対する反応が、異種材料部３５とそれ以外とでほぼ等しくなるため、検出信号が強くなるのは傷３２の位置のみとなる（図３のグラフＺ２）。

[0026] このように、磁界形成用磁石６０によって強力な磁界が検査対象物３０へ印加されることにより、図３のグラフＺ２のように、フェライト系合金に起因する検出信号の変化（ノイズ）が有意に除去される。しかしながら、検査対象物３０が図１に示されるような使用済み核燃料が封入されるキャニスタ２０である場合は、キャニスタ２０表面は非常に高温（典型的には摂氏２００度以上）となるため、磁界形成用磁石６０はその高温に耐えられるものでなくてはならない。しかし前述の通り、一般的に磁力の強い磁石は耐熱性が低く、耐熱性の高い磁石は磁力が低い。

[0027] そこで本実施形態においては、図４が示すように、磁界形成用磁石６０は第１の磁石６０ａと、第２の磁石６０ｂとで構成される。第１の磁石６０ａは第２の磁石６０ｂに比べ磁力の強いものであり、第２の磁石６０ｂは第１の磁石６０ａに比べ耐熱性の高いものである。具体例としては、第１の磁石６０ａがネオジム磁石であり、第２の磁石６０ｂがサマリウムコバルト磁石である。

[0028] ここで耐熱性とは、加熱された磁石がその後冷却されても不可逆に磁力が低下したままとなってしまう加熱時の温度上限の高さを意味し、一般的にキュリー温度が高い物質ほどこの耐熱性も高い。

[0029] 第２の磁石６０ｂは、第１の磁石６０ａの磁極が現れる端部に取り付けられる。この第２の磁石６０ｂが取り付けられる端部は図４が示す通り、第１の磁石６０ａの、検査対象物３０に向けられる近方端部６２（検査対象物３０側の端部）である。第２の磁石６０ｂは第１の磁石６０ａの磁極に取り付けられるため、第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとはお互いに磁力によって固定される。

[0030] このように２つの磁石が直列に接続された場合、磁界形成用磁石６０全体としての磁力は２つの磁石の単純な合計にはならない。本実施形態のように第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとの磁力が異なる場合、全体としては第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとの中間程度の磁力となる。具体例として、第１の磁石６０ａがネオジム磁石で、それ単体では磁極の表面磁束密度が５００ｍＴであると仮定する。そして第２の磁石６０ｂがサマリウムコバルト磁石で、それ単体では表面磁束密度が３００ｍＴであると仮定する。この場合、磁界形成用磁石６０全体としての磁極（図４では第２の磁石６０ｂの下端）の表面磁束密度はおよそ４５０ｍＴとなる。このように、磁界形成用磁石６０全体としての磁力は第２の磁石６０ｂ単体の磁力よりも強くなる。

[0031] そして、第２の磁石６０ｂが第１の磁石６０ａの近方端部６２に取り付けられているため、検査対象物３０が高温であっても、その熱を直接受けるのは耐熱性の高い第２の磁石６０ｂである。このため第１の磁石６０ａの耐熱性が低くとも磁界形成用磁石６０全体としての磁界発生能力が低下してしまうことはない。具体的には検査対象物３０が図１に示されるキャニスタ２０で、その表面温度が摂氏２００度程度になっていたとしても、第２の磁石６０ｂが実用上は摂氏３５０度まで耐えられるサマリウムコバルト磁石であれば、キャニスタ２０の熱によって第２の磁石６０ｂの磁力が低下してしまう

ことがない。そしてキャニスタ２０表面の熱が第１の磁石６０ａ（例えばネオジム磁石）にまで伝わらなければ、磁界形成用磁石６０全体の磁力が低下してしまうことはない。

[0032] なお、第１の磁石６０ａが図５に示されるような棒状の磁石である場合には、第１の磁石６０ａの端部に端部被覆板７０が取り付けられてもよい。端部被覆板７０は、第１の磁石６０ａの、近方端部６２とは別の端部、すなわち検査対象物３０から離れた位置の遠方端部６４（検査対象物から遠方となる端部）を覆うようにして取付けられる。このようにすることで、遠方端部６４の側から出ていく磁束が少なくなり、近方端部６２表面における磁束密度が大きくなる。

[0033] 図４のような、第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとが組み合わされた磁界形成用磁石６０が用いられることにより十分にノイズが除去されることを図６、図７を用いて説明する。図６、図７のグラフは、図１に示されるキャニスタ２０の溶接部（側面溶接部２４や蓋溶接部２６）において渦電流探傷装置４０が探傷を行う場合の検出信号を示している。具体的には発明者は、キャニスタ２０の材質として用いられるオーステナイト系ステンレス鋼に溶接が施された試験片の表面を検査して、どのような検出信号が得られるかを調べた。より具体的にはＳＵＳ３１６の試験片同士をＴＩＧ溶接して、その溶接部に対して検査を行った。なお、ここでは表面に傷がない場合に得られる検出信号が示されている。

[0034] 図６、図７のどちらも、検査対象物の条件は同じである。図６のグラフＺ３は磁界形成用磁石６０がサマリウムコバルト磁石のみで構成されている場合に得られる検出信号を示している。グラフＺ３では、試験片表面に傷が無いにも関わらず、グラフＺ３には起伏が多く見られ、溶接部に現われる異種金属（フェライト系合金など）の影響によって検出信号にノイズが混入していることがわかる。そして、そのノイズをサマリウムコバルト磁石単体では十分に除去できていない。

[0035] 図７のグラフＺ４は、図４に示すような、第１の磁石６０ａ（ネオジム磁

石）と第２の磁石６０ｂ（サマリウムコバルト磁石）とが組み合わされた磁界形成用磁石６０が用いられた場合に得られる検出信号を示している。図７のグラフＺ４は図６のグラフＺ３と比べて明らかに起伏がなくなっており、ネオジム磁石とサマリウムコバルト磁石との組み合わせによってノイズが十分に除去されていることがわかる。

[0036] このように、本実施形態においては磁界形成用磁石６０が高温の検査対象物３０に近づいても磁界形成用磁石６０が熱によって損傷してしまうことがなく、その上で十分にノイズが除去される。これにより、オーステナイト系ステンレス鋼を材料とする使用済み核燃料用キャニスタの溶接部外表面における傷の有無の検査が良好に行われる。

[0037] なお本実施形態においては、特に図１に示されるキャニスタ２０、特にオーステナイト系ステンレス鋼を材料として製造されたものが検査対象物３０であるが、検査対象物３０はこれに限るものではなく、渦電流探傷装置４０は表面に渦電流が発生する物質全般の探傷のために用いられることができる。

[0038] また渦電流探傷装置４０の検出部５４は検査対象物３０表面に発生する渦電流の変化を検出できるものであればよく、具体的な形態は様々なものが利用可能である。例えば大きな励磁コイルで一様な渦電流を発生させ、その下方に配置され励磁コイルと中心軸が直交する小さな検出コイルで渦電流の変化を検出するものであってもよい。また一つの励磁コイルを挟むように二つの検出コイルが配置されて、二つの検出コイルに流れる電流の差が検出信号として測定される形態であったり、インピーダンスの変化が測定されることにより励磁コイルと検出コイルの役割を一つのコイルで兼用できる形態であったりしてもよい。

[0039] なお本実施形態においては、第２の磁石６０ｂは磁力によって第１の磁石６０ａに対して固定されるので、第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとを固定するために他の部材が用いられる必要はない。しかし、磁界形成用磁石６０が外部からの衝撃を受けた場合にも第１の磁石６０ａと第２の磁石６０

ｂとがズレないようにする必要があるならば、第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとの間に金属の接着に適した接着剤（２液型エポキシ系接着剤など）が塗布されていてもよい。また、第２の磁石６０ｂから第１の磁石６０ａにまでわたるネジ穴が設けられていて、そのネジ穴にボルトがねじ込まれることで第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとが強固に連結されていてもよい。また第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとがズレないようにするためには、第１の磁石６０ａと第２の磁石６０ｂとの両者を覆うカバーが磁界形成用磁石６０全体に被せられていてもよい。

符号の説明

[0040]

１０	コンクリートキャスク
２０	キャニスタ
３０	検査対象物
４０	渦電流探傷装置
５０	検査プローブ
６０	磁界形成用磁石
６２	近方端部
６４	遠方端部
７０	端部被覆板

請求の範囲

[請求項1] 検査対象物に渦電流を発生させ、前記渦電流の変化を検出することにより前記検査対象物の表面の状態を検査する渦電流探傷装置において、

前記渦電流の変化を検出するための検出部と、

前記検出部の外側に配置され、前記検査対象物に磁界を印加する磁界形成用磁石と

を備え、

前記磁界形成用磁石が、

第１の磁石と、前記第１の磁石の前記検査対象物側の端部に取り付けられた第２の磁石とを含み、

前記第２の磁石のキュリー温度が、前記第１の磁石よりも高いことを特徴とする渦電流探傷装置。

[請求項2] 前記第１の磁石が、ネオジム磁石からなり、

前記第２の磁石が、サマリウムコバルト磁石からなること

を特徴とする請求項１に記載の渦電流探傷装置。

[請求項3] 前記第１の磁石の、前記検査対象物から遠方となる端部に、強磁性体からなる端部被覆板が取り付けられていること

を特徴とする請求項１に記載の渦電流探傷装置。

[請求項4] 前記第２の磁石が、摂氏２００度以上の温度となる前記検査対象物の表面に向けられること

を特徴とする請求項１に記載の渦電流探傷装置。

[請求項5] 前記検査対象物が、使用済み核燃料が封入される金属製のキャニスタであり、

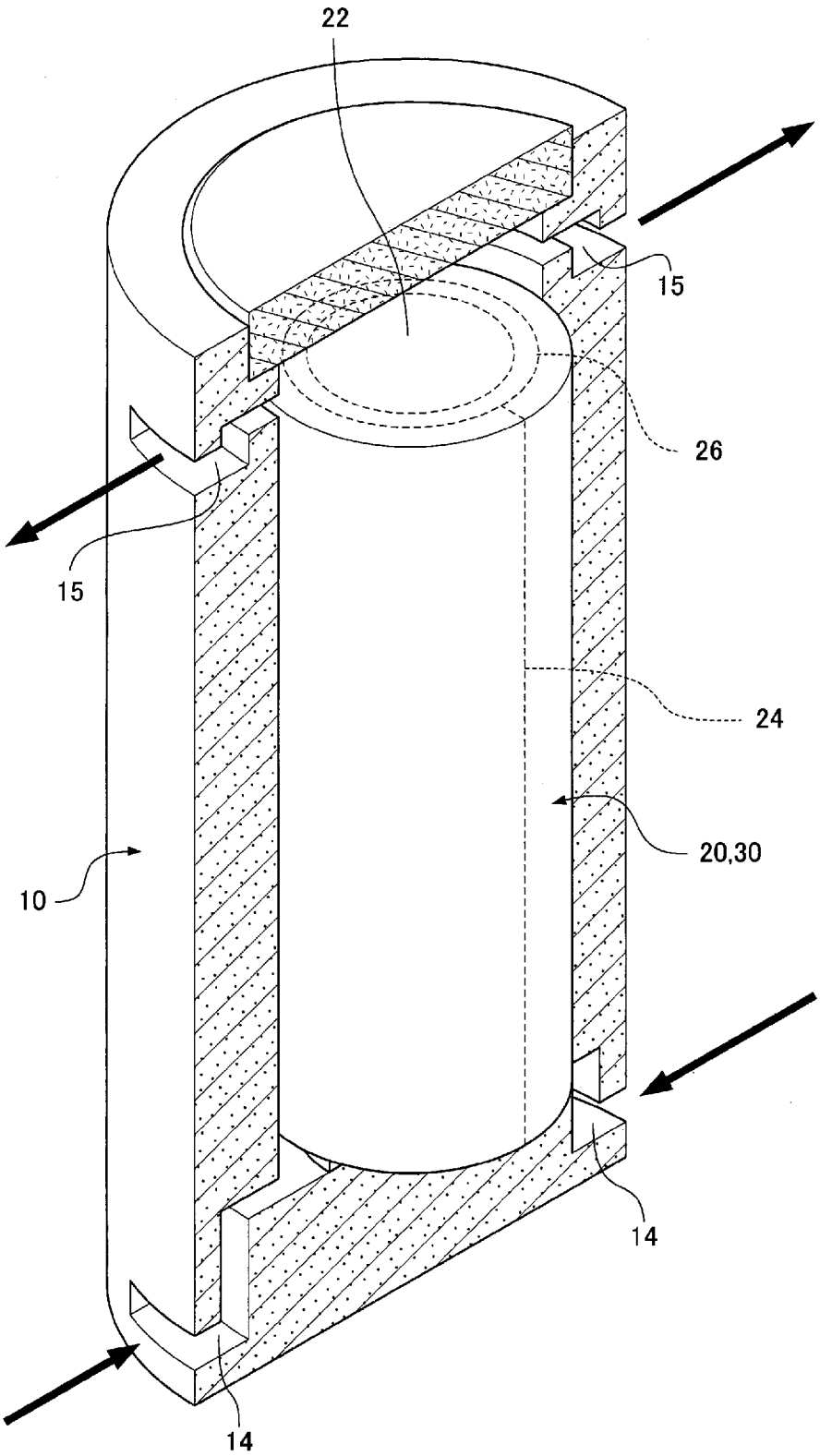
前記キャニスタがオーステナイト系ステンレス鋼を材料として製造されたものであり、

前記キャニスタにはオーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接が行われた溶接部があり、

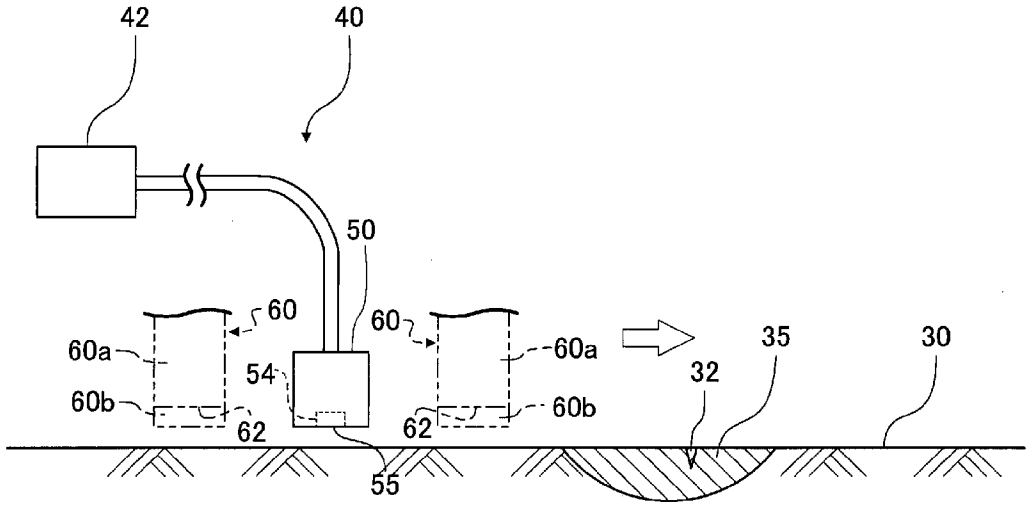
渦電流探傷装置は前記溶接部に渦電流を発生させて、前記渦電流の変化を検出することにより前記キャニスタの外表面における傷の有無を検査すること

を特徴とする請求項１に記載の渦電流探傷装置。

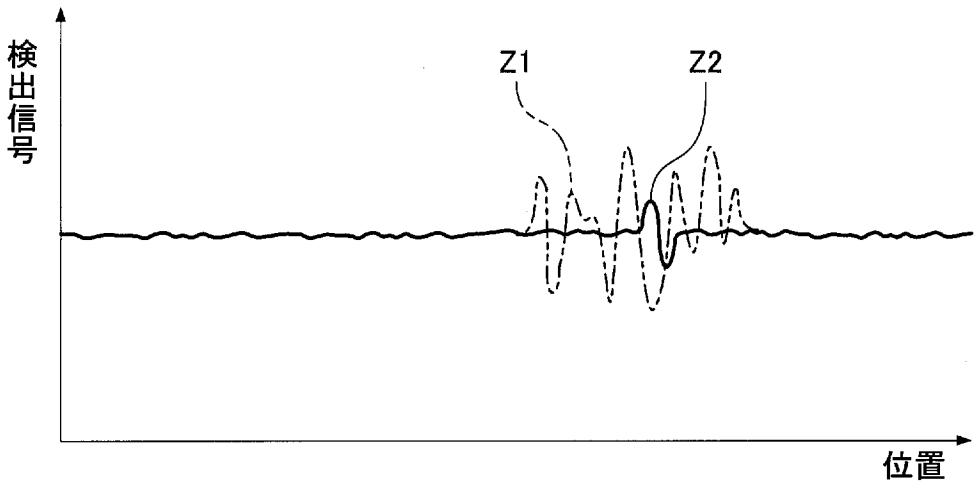
[図1]



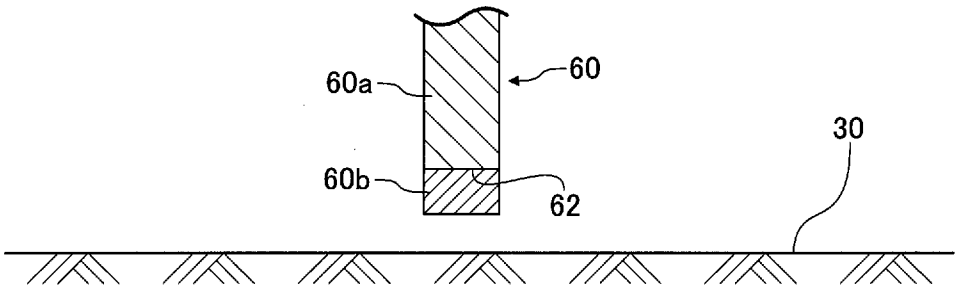
[図2]



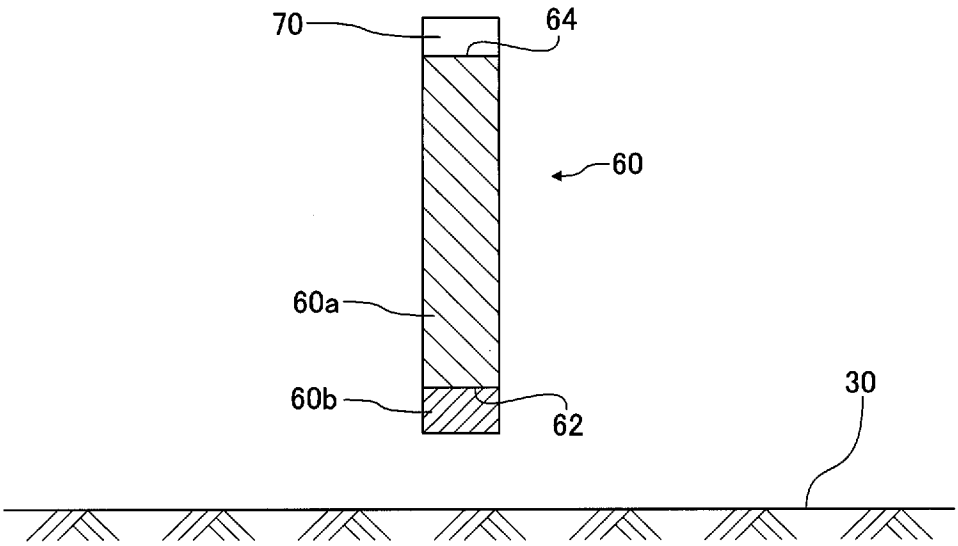
[図3]



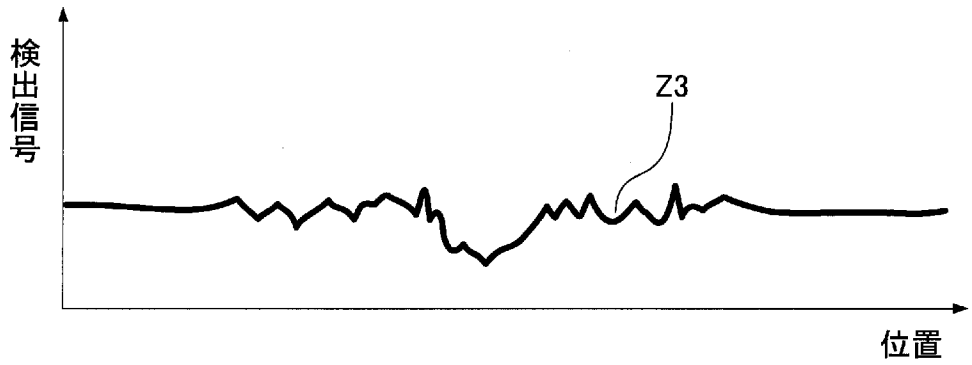
[図4]



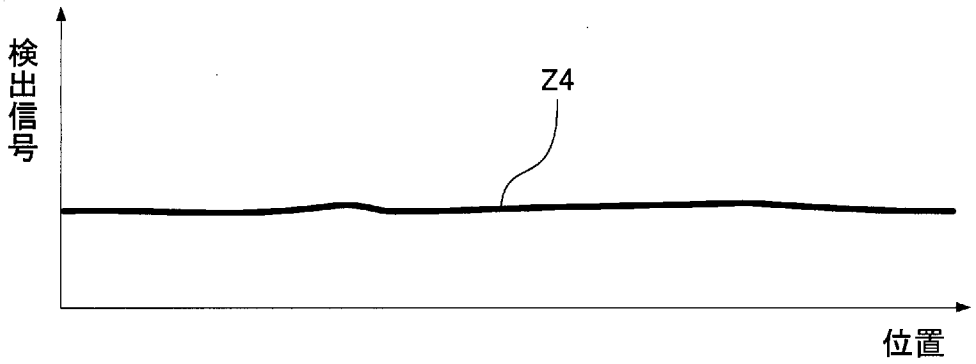
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/019510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G01N27/90(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. G01N27/72-27/90, G01B7/00-7/34

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 6-331602 A (NDT TECHNOLOGIES, INC.) 02 December 1994, & US 5414353 A & GB 2277993 A & DE 4416252 A1	1-5
A	JP 2011-47736 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 10 March 2011, & US 2012/0153944 A1 & WO 2011/025049 A1 & CN 102483391 A & KR 10-2012-0052394 A & SG 178302 A1	1-5
A	JP 2017-26354 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 02 February 2017, & WO 2017/010215 A1 & EP 3336533 A1 & CN 107850571 A & KR 10-2018-0030991 A	1-5
A	JP 2-147950 A (EDDIO CORP.) 06 June 1990, & US 5130652 A	1-5

☒ 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
05.07.2018	17.07.2018
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/JP2018/019510

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 7-167674 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 04 July 1995, (Family: none)	1-5
A	US 2010/0148766 A1 (WEISCHEDEL, Herbert R.) 17 June 2010, & WO 2010/077840 A2	1-5
A	WO 01/02847 A1 (SHANGHAI BAOSTEEL GROUP CORPORATION) 11 January 2001, & CN 1239023 A	1-5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１９５１０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N27/90(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.　G01N27/72-27/90, G01B7/00-7/34

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 6-331602 A（エヌ　ディー　ティー　テクノロジーズ　インコーポレイテッド）1994.12.02 & US 5414353 A & GB 2277993 A & DE 4416252 A1	1-5
A	JP 2011-47736 A（住友化学株式会社）2011.03.10 & US 2012/0153944 A1 & WO 2011/025049 A1 & CN 102483391 A & KR 10-2012-0052394 A & SG 178302 A1	1-5

☑　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	国際調査報告の発送日
０５．０７．２０１８	１７．０７．２０１８

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　３３０４
塚本　丈二
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 2017-26354 A (住友化学株式会社) 2017.02.02 & WO 2017/010215 A1 & EP 3336533 A1 & CN 107850571 A & KR 10-2018-0030991 A	1-5
A	JP 2-147950 A (原電子測器株式会社) 1990.06.06 & US 5130652 A	1-5
A	JP 7-167674 A (本田技研工業株式会社) 1995.07.04 (ファミリーなし)	1-5
A	US 2010/0148766 A1 (WEISCHEDEL, Herbert R.) 2010.06.17 & WO 2010/077840 A2	1-5
A	WO 01/02847 A1 (SHANGHAI BAOSTEEL GROUP CORPORATION) 2001.01.11 & CN 1239023 A	1-5