

(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)



(10) 国際公開番号

WO 2019/064685 A1

(51) 国際特許分類:

G01N 27/90 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/019512

(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 2017-185535 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

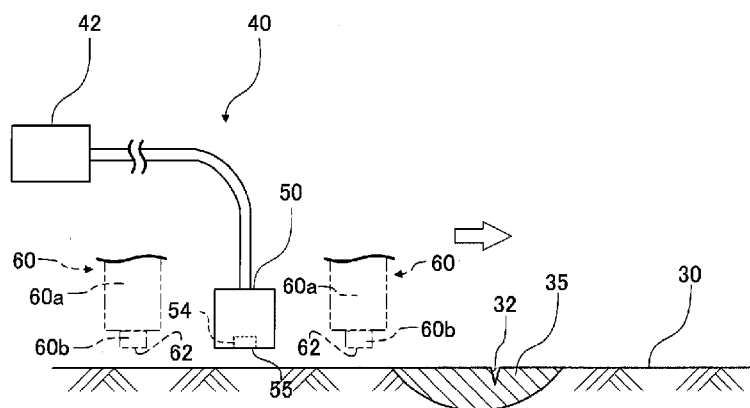
江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 山田 隆明(YAMADA Takaaki); 〒8070803 福岡県北九州市八幡西区千代ヶ崎1丁目13-20 日本電測機株式会社内 Fukuoka (JP). 東 弘(AZUMA Hiroshi); 〒8070803 福岡県北九州市八幡西区千代ヶ崎1丁目13-20 日本電測機株式会社内 Fukuoka (JP).

(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 大阪府大阪市西区靱本町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: Provided is an eddy current detection device with which it is possible to apply an adequately strong magnetic field to an object to be inspected, without using a significantly large magnet. The magnetic field-forming magnet 60 comprises a base magnet piece 60a and a tip magnet piece 60b, and the surface area of the tip pole face 62 of the tip magnet piece 60b in which the pole facing the object 30 being inspected appears is designed to be smaller than the surface area of the base face of the base magnet fragment 60a which is the reverse side of the magnetic field-forming magnet 60 from the tip pole face 62.

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：本発明はさほど大型の磁石を使用せずとも検査対象物に十分な強さの磁界を印加することが可能な渦電流探傷装置を提供する。磁界形成用磁石60が基礎磁石片60aと先端磁石片60bとで構成されており、検査対象物30に向けられる磁極が現れる先端磁石片60bの先端磁極面62の面積は、磁界形成用磁石60において先端磁極面62と反対側の面となる基礎磁石片60aの基礎面64の面積よりも小さく設計される。

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、溶接が施された箇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。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4 8 8 5 0 6 8号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 検査対象物が磁気飽和状態となるには強力な磁界が必要である。しかしながら、強力な磁界を形成できる磁石は寸法が大型になる傾向がある。例えば電磁石ならば強い電流が使用されることによって強力な磁界を形成することができるが、そのような強い電流に耐えられる巻線および電気配線は寸法が大きくなってしまふ。したがって強い電流を使用する電磁石を渦電流探傷装置に付属させると、渦電流探傷装置も大型となってしまう。渦電流探傷装置による発見が期待される傷というのは比較的小型（典型的には深さ・幅ともに3 mm以下）であり、大型の渦電流探傷装置では発見が難しくなってしまう。また磁石が大きければ渦電流探傷装置全体としての重量も重くなってしまう。重い渦電流探傷装置は検査対象物の表面上で移動するのが難しい。一方、永久磁石は小型に設計されることが可能であるが、一般的に小型の磁石では十分に強い磁界を得ることができない。

[0006] そこで本発明は、磁界形成用磁石がさほど小さくなくとも検査対象物に十分な強さの磁界を印加することが可能な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

[0007] 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は、第1の磁石片と、前記第1の磁石片よりも前記検査対象物から遠い位置に配置される第2の磁石片とを含んでおり、前記第1の磁石片の前記検査対象物側の端面の面積は、前記第2の磁石片の前記検査対象物側の端面とその反対側の端面との少なくとも一方の面積よりも小さいことを特徴とする。

[0008] また好ましくは、前記第1の磁石片の前記検査対象物側の端面内で直交する2つの方向をそれぞれ幅方向および奥方向とすると、前記第2の磁石片の前記検査対象物側の端面の幅方向寸法および奥方向寸法が、それぞれ前記第1の磁石片の前記検査対象物側の端面の幅方向寸法および奥方向寸法よりも大きいとよい。

[0009] また好ましくは、前記検査対象物が、オーステナイト系ステンレス鋼で製造されており、前記検査対象物の外表面に、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、前記渦電流探傷装置は、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溶接部における傷の有無を検査するとよい。

発明の効果

[0010] 本発明に係る渦電流探傷装置によれば、磁界形成用磁石がさほど小さくなくとも検査対象物に十分な強さの磁界を印加することが可能な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

[0011] [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]基礎磁石片の先端側に傾斜部が設けられている場合を示す図。

[図6]先端磁石片と基礎磁石片との間に中間磁石片が配置されている場合を示す図。

[図7]中間磁石片および基礎磁石片の奥方向寸法が基礎磁石片と同じ場合を示す図。

[図8]中間磁石片および基礎磁石片の奥方向寸法が基礎磁石片より小さい場合を示す図。

[図9]検出信号にノイズが含まれている場合を示すグラフ。

[図10]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

[0012] 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。

[0013] 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。

[0014] 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（SCC : 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。

[0015] 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2

0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。

[0016] 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。

[0017] 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、検出プローブ50と制御器42を備えている。検出プローブ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、検出プローブ50から受信した検出信号を処理する機能を備えている。

[0018] 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出プローブ50の検出面55となる。

[0019] 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。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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とそれ以外とでは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）。

[0023] 図2、図4が示すように、本実施形態において磁界形成用磁石60は基礎磁石片60a（第2の磁石片）と先端磁石片60b（第1の磁石片）とで構成される。先端磁石片60bは基礎磁石片60aのうち、検査対象物30へ向けられる面（取付面63）に取り付けられている。このため、図4が示す通り先端磁石片60bは検査対象物30に近い位置に配置され、基礎磁石片60aは先端磁石片60bよりも検査対象物30から遠い位置に配置されることになる。先端磁石片60bには検査対象物30へ向けられる先端磁極面62（第1の磁石片の、検査対象物側の端面）があり、この先端磁極面62に、磁界形成用磁石60全体としての磁極のうち1つが現われる。

[0024] 一方、基礎磁石片60aには、磁界形成用磁石60全体としてみたときに先端磁極面62の反対側の面となる基礎面64（第2の磁石片の、検査対象物側の端面とは反対側の端面）がある。基礎磁石片60aが図4に示されるような棒状の磁石片である場合には、基礎磁石片60aの一端が取付面63（第2の磁石片の、検査対象物側の端面）、他端が基礎面64となる。そして図4に示される通り、先端磁石片60bの先端磁極面62の面積は、基礎磁石片60aの取付面63および基礎面64（検査対象物側の端面とその反対側の端面）の面積よりも小さい。

[0025] 基礎磁石片60aと先端磁石片60bとが以上のように組み合わせられていると、磁界形成用磁石60は全体として、検査対象物30に向けて先細り形

状になる。この先細り部分、つまり面積の小さい先端磁極面 6 2 に磁束が集中することになるため、先端磁極面 6 2 近くにおける磁束密度が高くなる。例えば図 4 に示される形状の場合、磁界形成用磁石 6 0 全体としての磁極の一方が先端磁極面 6 2 に現われ、他方の磁極が基礎面 6 4 に現われる。すると、一方の磁極を通った磁束は他方の磁極も通らなければならないため、面積の大きい基礎面 6 4 を通る多量の磁束のうち多くが、面積の小さい先端磁極面 6 2 を通り、多量の磁束が先端磁極面 6 2 に集中する。このため、先端磁極面 6 2 の表面磁束密度は基礎面 6 4 の表面磁束密度よりも高くなる。

[0026] 磁界形成用磁石 6 0 全体の磁極としての先端磁極面 6 2 における表面磁束密度は、基礎磁石片 6 0 a と先端磁石片 6 0 b がそれぞれ単体の場合（互いに組み合わされていない場合）での表面磁束密度よりも高くなる。例えば基礎磁石片 6 0 a と先端磁石片 6 0 b が、それぞれ単体では表面磁束密度が 500 mT であると仮定する。これらを図 4 のように組み合わせた場合、基礎面 6 4 では表面磁束密度が 500 mT のままであったとしても、先端磁極面 6 2 においては表面磁束密度が 550 mT という高い表面磁束密度が得られる。

[0027] 図 4 のような、基礎磁石片 6 0 a と先端磁石片 6 0 b とが組み合わされた磁界形成用磁石 6 0 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 9、図 10 を用いて説明する。図 9、図 10 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。ここではキャニスタ 20 そのものではなく、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を施し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。具体的には SUS 316 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。

[0028] 図 9、図 10 のどちらも、検査対象物の条件は同じである。図 9 のグラフ Z3 は磁界形成用磁石 6 0 が基礎磁石片 6 0 a 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 Z 3 では、試験片表面に傷が無いにも関わらず、グラフ Z 3 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、そのノイズを基礎磁石片 60 a 単体では十分に除去できていない。

[0029] 図 8 のグラフ Z 4 は、図 4 に示すような、基礎磁石片 60 a と先端磁石片 60 b 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 Z 4 は図 6 のグラフ Z 3 と比べて明らかに起伏がなくなっており、基礎磁石片 60 a と先端磁石片 60 b 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。

[0030] このように、本実施形態においては、単体ではさほど大きな磁力を持たない複数の磁石片（基礎磁石片 60 a、先端磁石片 60 b）が組み合わされた磁界形成用磁石 60 を用いることにより、磁界形成用磁石 60 全体としては十分な大きさの磁束密度を得ることができ、検出信号からノイズが十分に除去される。そして、単体ではさほど大きな磁力を持たない磁石片は、寸法もさほど大きくないため、磁界形成用磁石 60 全体としても寸法がさほど大きくなりません。そのため、この磁界形成用磁石 60 が用いられた渦電流探傷装置 40 は、小さな傷を発見することに適したものとなる。またこの渦電流探傷装置 40 は重量が重くならないため検査対象物 30 の表面上を移動しやすい。

[0031] また本実施形態によれば、図 4 に示される通り寸法の異なる直方体型（ブロック形状）の磁石片が複数組み合わせられることで、磁界形成用磁石 60 全体として先細り形状が得られる。そのため、基礎磁石片 60 a および先端磁石片 60 b の材料が例えばサマリウムコバルト磁石などの加工が難しい物質であったとしても、磁石片が複雑な形状に加工される必要はなく、比較的製造しやすいブロック形状の磁石片が用意できればよい。したがって磁界形成用磁石 60 の製造が容易である。

[0032] なお本実施形態においては、図 4 に示されるように基礎磁石片 60 a とし

て直方体型の外形を持つ棒状の磁石片が用いられている。図4では基礎磁石片60aの取付面63は先端側磁石片60bの図中上側面よりも大きくなっているが、基礎磁石片60aと先端磁石片60bの形状はこれに限るものではない。基礎磁石片60aの材料が加工を施し易い物質であるならば、例えば図5に示されるように、基礎磁石片60aの長手方向一端側に、先端へ向けて窄まっていく傾斜部65が設けられてもよい。基礎磁石片60aがこのような形状であると、図5に示される通り、傾斜部65と取付面63とによる外形が台形状になる。この場合、取付面63と先端側磁石片60bの図中上側面とが同じ大きさとなることができる。またこの場合、先端磁石片60bが直方体型であると、取付面63と先端磁極面62とが同じ大きさになる。

[0033] また本実施形態においては、図4に示されるように磁界形成用磁石60が基礎磁石片60aと先端磁石片60bの2つの磁石片で構成されているが、3つ以上の磁石片で磁界形成用磁石60が構成されてもよい。例えば図6に示されるように、基礎磁石片60aと先端磁石片60bとの間に中間磁石片60cが配置されていてもよい。この場合、磁界形成用磁石60が全体として先細り形状となるように、基礎磁石片60a、中間磁石片60c、先端磁石片60bの順で寸法が小さくなっていくことが望ましい。図6では、中間磁石片60cの基礎磁石片60a側の面68（図中上側面）は基礎磁石片60aの基礎面64および取付面63より小さい。そして中間磁石片60cの先端磁石片60b側の面69（図中下側面）は、先端磁極面62の面積より大きい。このように3つの磁石片で磁界形成用磁石60が構成されていると、2つの磁石片で磁界形成用磁石60が構成された場合よりもさらに先端磁極面62での表面磁束密度が高くなる。例えば図6の基礎磁石片60a、中間磁石片60c、先端磁石片60bが、それぞれ単体では表面磁束密度が500mTである場合に、図6のように各磁石片が組み合わせられれば、先端磁極面62において600mTもの表面磁束密度が得られる。

[0034] また本実施形態においては、磁界形成用磁石60が先細り形状であるが、

全体として先端磁極面 6 2 における表面磁束密度が大きくなるのであれば、磁界形成用磁石 6 0 の立体的な形状はどのようなものでもよい。例えば磁界形成用磁石 6 0 は図 7 に示されるような形状でも図 8 に示されるような形状であってもよい。図 7 に示されるように、先端磁極面 6 2 内で直交する 2 つの方向をそれぞれ X 方向（幅方向）および Y 方向（奥方向）とすると、図 7 では基礎磁石片 6 0 a、中間磁石片 6 0 c、先端磁石片 6 0 b の順に X 方向寸法が小さくなっていく一方で、Y 方向寸法はどの磁極片も等しくなっている。一方、図 8 では基礎磁石片 6 0 a、中間磁石片 6 0 c、先端磁石片 6 0 b の順に、X 方向寸法も Y 方向寸法も小さくなっている。つまり、X 方向においても Y 方向においても、中間磁石片 6 0 c の基礎磁石片 6 0 a 側の面 6 8（図中上側面）は基礎磁石片 6 0 a の取付面 6 3 より小さく、中間磁石片 6 0 c の先端磁石片 6 0 b 側の面 6 9（図中下側面）は、先端磁極面 6 2 よりも大きい。基礎磁石片 6 0 a のうち先端磁石片 6 0 b の側に向けられる面（取付面 6 3）を基準として、取付面 6 3 の X 方向寸法（幅方向寸法）および Y 方向寸法（奥方向寸法）が、それぞれ先端磁極面 6 2 の X 方向寸法および Y 方向寸法よりも大きくなっている。図 8 の形状であれば、先端磁石片 6 0 b の寸法が基礎磁石片 6 0 a に対して非常に小さくなるため、図 7 の形状に比べて先端磁極面 6 2 での表面磁束密度がより大きくなる。また、図面には各磁石片の断面が四角形状となる形態を示しているが、各磁石片の形状はこれに限るものではなく、各磁石片は断面が円形となる形状であってもよい。

[0035] また本実施形態においては、特に図 1 に示されるキャニスタ 2 0、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 3 0 であるが、検査対象物 3 0 はこれに限るものではなく、渦電流探傷装置 4 0 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ることができる。

[0036] また渦電流探傷装置 4 0 の検出部 5 4 は検査対象物 3 0 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。

[0037] また本実施形態においては、基礎磁石片 60 a と先端磁石片 60 b（および中間磁石片 60 c）は互いに磁力によって固定されるので、固定の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 が外部からの力を受けた場合にも基礎磁石片 60 a と先端磁石片 60 b とがズレないようする必要があるならば、各磁石片同士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。また各磁石片がズレないようにするために、磁界形成用磁石 60 の外面形状に沿うように作られたカバーが磁界形成用磁石 60 に被せられてもよい。

符号の説明

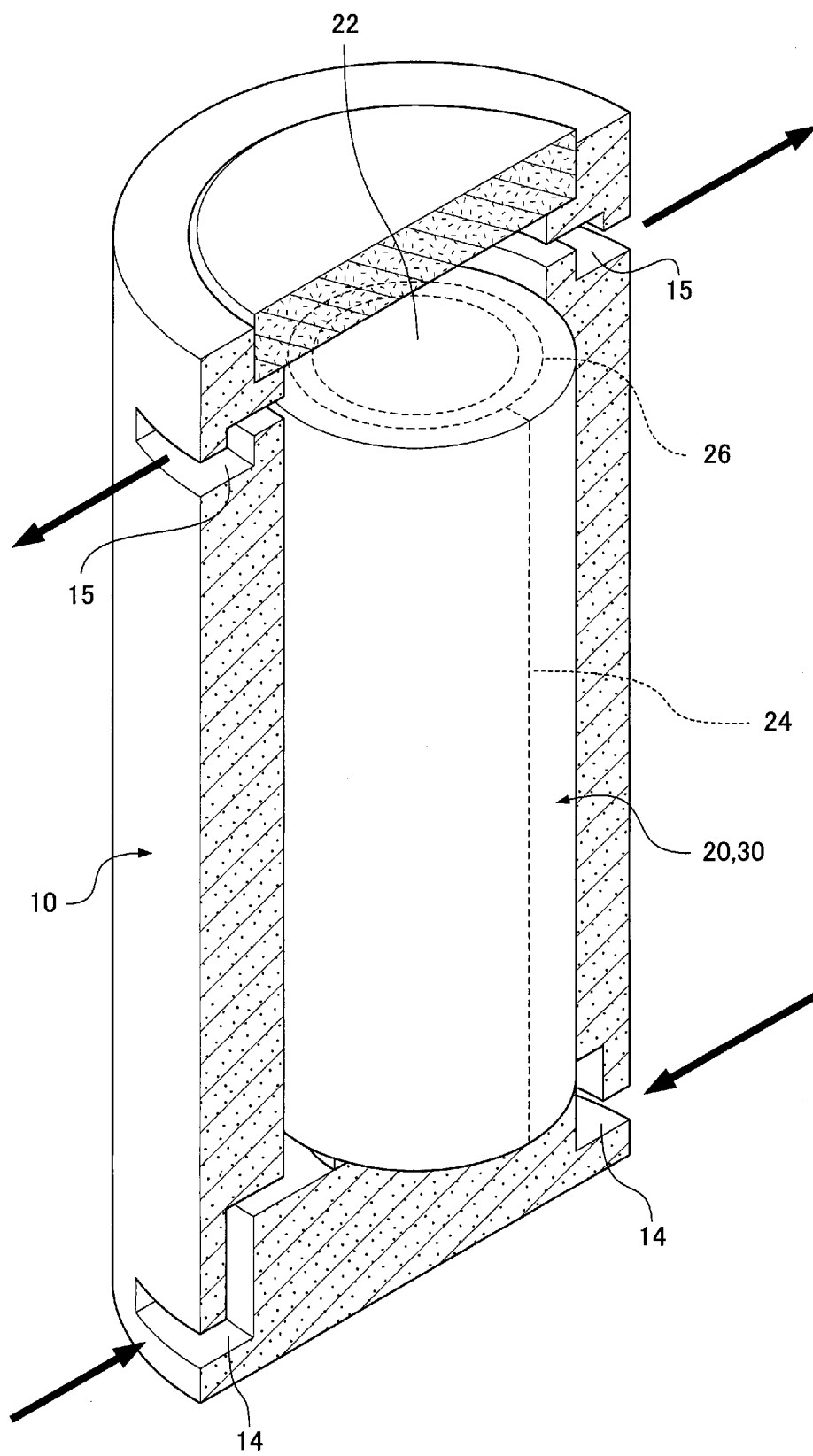
[0038]	10	コンクリートキャスク
	20	キャニスタ
	30	検査対象物
	40	渦電流探傷装置
	50	検査プローブ
	60	磁界形成用磁石
	60 a	基礎磁石片
	60 b	先端磁石片
	62	先端磁極面
	64	基礎面

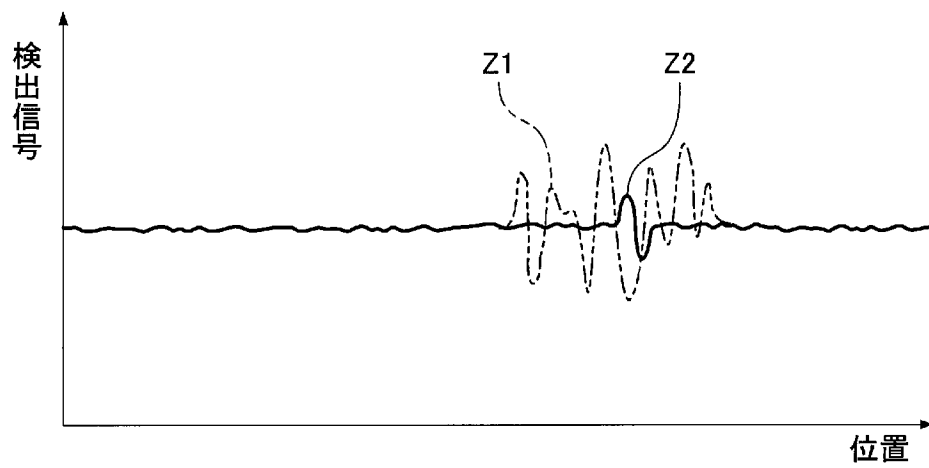
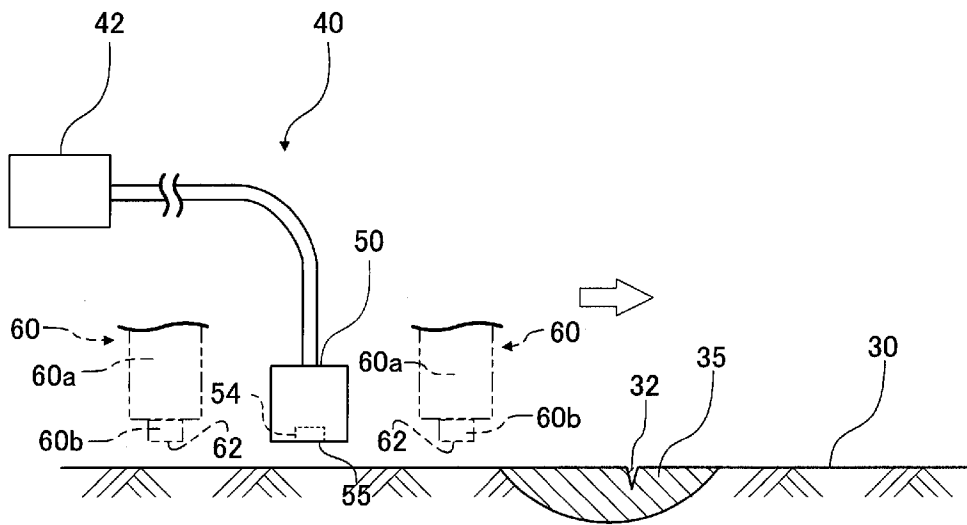
請求の範囲

- [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は、第1の磁石片と、前記第1の磁石片よりも前記検査対象物から遠い位置に配置される第2の磁石片とを含んでおり、
- 前記第1の磁石片の前記検査対象物側の端面の面積は、前記第2の磁石片の前記検査対象物側の端面とその反対側の端面との少なくとも一方の面積よりも小さいこと
- を特徴とする渦電流探傷装置。
- [請求項2] 前記第1の磁石片の前記検査対象物側の端面内で直交する2つの方向をそれぞれ幅方向および奥方向とするととき、
- 前記第2の磁石片の前記検査対象物側の端面の幅方向寸法および奥方向寸法が、それぞれ前記第1の磁石片の前記検査対象物側の端面の幅方向寸法および奥方向寸法よりも大きいこと
- 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] 前記検査対象物が、オーステナイト系ステンレス鋼で製造されており、
- 前記検査対象物の外表面に、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、
- 前記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溶接部における傷の有無を検査すること

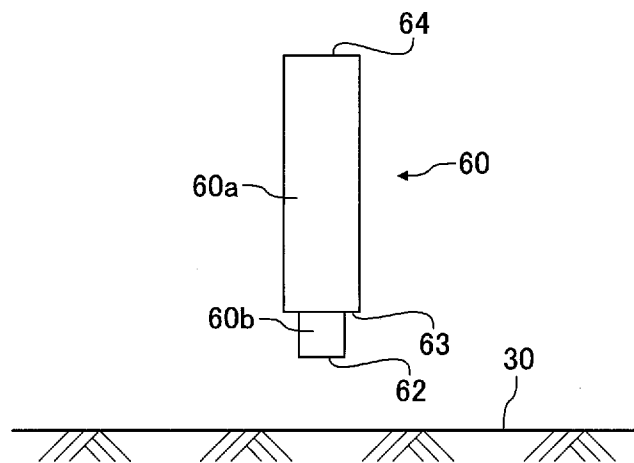
を特徴とする請求項 1 に記載の渦電流探傷装置。

[図1]

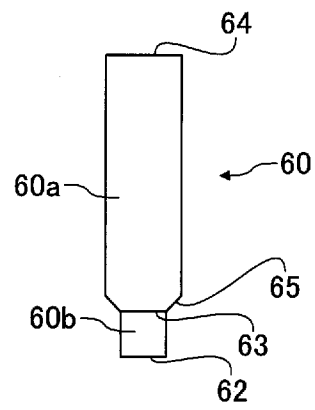




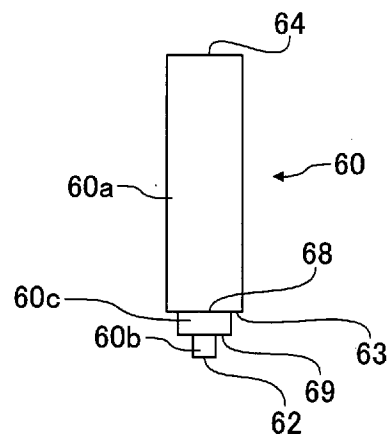
[図4]



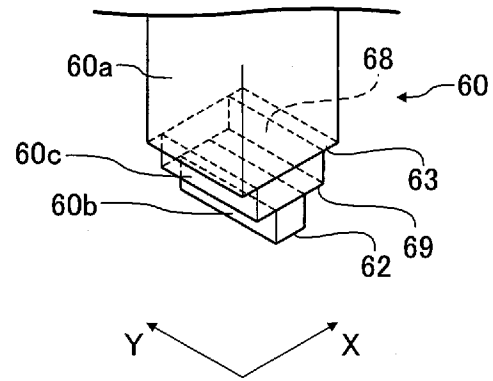
[図5]



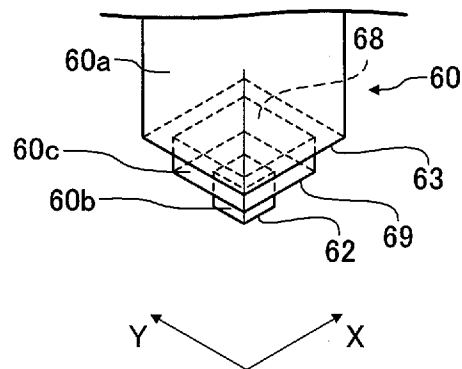
[図6]



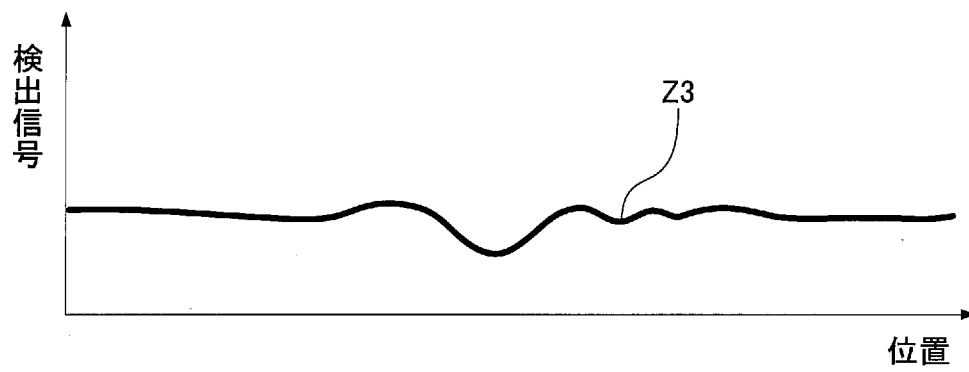
[図7]



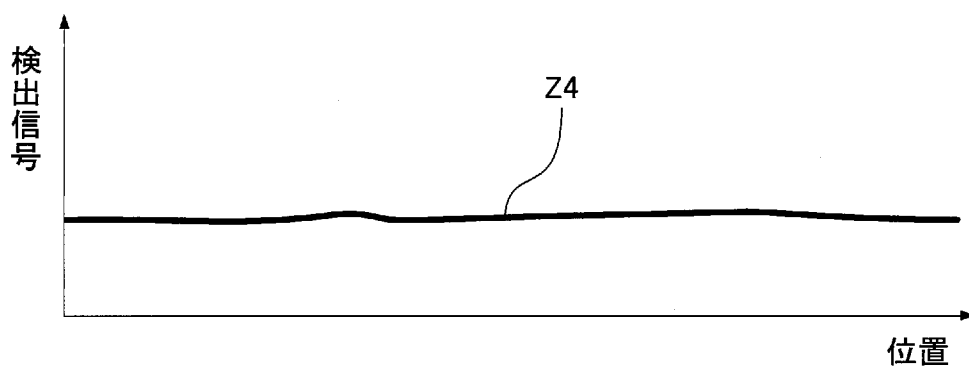
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019512

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. G01N27/72-21/90, 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	1-3
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	1-3
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	1-3
A	JP 2-147950 A (EDDIO CORP.) 06 June 1990, & US 5130652 A	1-3



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

06.07.2018

Date of mailing of the international search report

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/JP2018/019512

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 7-174730 A (NIPPON STEEL CORP.) 14 July 1995, & US 5565773 A	1-3
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 17275/1985 (Laid-open No. 132747/1986) (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 19 August 1986, (Family: none)	1-3
A	US 2010/0148766 A1 (WEISCHEDEL, Herbert R.) 17 June 2010, & WO 2010/077840 A2	1-3

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. G01N27/72-21/90, 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	1-3
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	1-3

☒ 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

06.07.2018

国際調査報告の発送日

17.07.2018

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 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	1-3
A	JP 2-147950 A (原電子測器株式会社) 1990. 06. 06 & US 5130652 A	1-3
A	JP 7-174730 A (新日本製鐵株式会社) 1995. 07. 14 & US 5565773 A	1-3
A	日本国実用新案登録出願 60-17275 号(日本国実用新案登録出願公開 61-132747 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 (川崎重工業株式会社) 1986. 08. 19 (ファミリーなし)	1-3
A	US 2010/0148766 A1 (WEISCHEDEL, Herbert R.) 2010. 06. 17 & WO 2010/077840 A2	1-3