(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
2020年7月2日(02.07.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/138145 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 3/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/050773

(22) 国際出願日： 2019年12月25日(25.12.2019)

(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 2018-241429 2018年12月25日(25.12.2018) JP

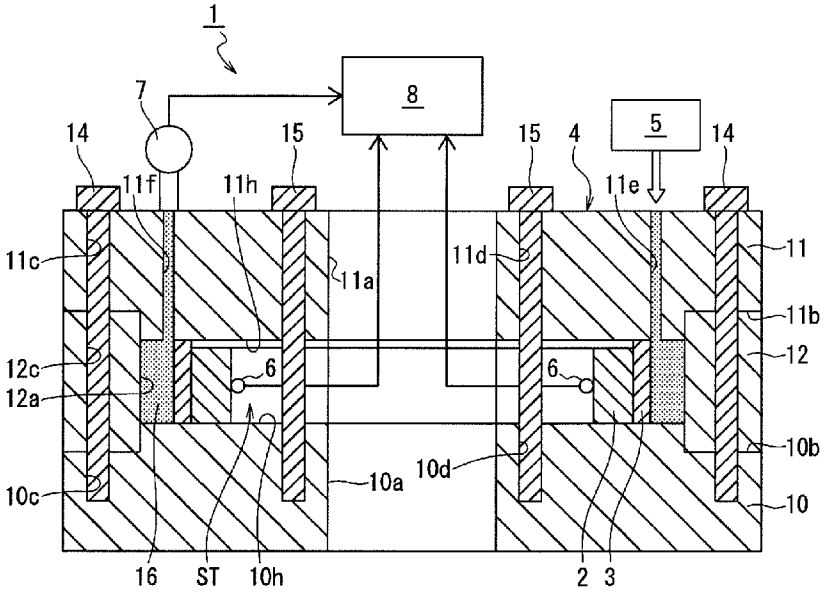
(71) 出願人: ＪＦＥスチール株式会社(**JFE STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: ▲崎▼本 隆洋(**SAKIMOTO Takahiro**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 田近 久和(**TAJIKA Hisakazu**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 半田 恒久(**HANDA Tsunehisa**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 田 中 秀 ▲ て つ ▼, 外 (**TANAKA Hidetetsu** et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目３番１号 城山トラストタワー３２階 特許業務法人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

(54) **Title:** CRUSHING TEST METHOD FOR STEEL PIPE FOR PIPELINE, MANUFACTURING METHOD FOR STEEL PIPE FOR PIPELINE, AND CRUSHING TEST DEVICE

(54) 発明の名称： パイプライン用鋼管の圧潰試験方法、パイプライン用鋼管の製造方法及び圧潰試験装置



(57) **Abstract:** A cylindrical deformation body (3), which has been made from a synthetic resin and is longer in the axial direction than a test steel pipe (2) consisting of a portion of a steel pipe for a pipeline that has been cut off so as to be formed into a ring shape, is fit onto the outer periphery of the test steel pipe. Next, the test steel pipe and deformation body are disposed such that the axes thereof extend along the space between a pair of opposing walls (10, 11) disposed so as to oppose each other. The pair of opposing walls sandwich the deformation body such that both axial-direction end surfaces (3a, 3b) of the deformation body are in close contact with the pair of opposing walls. Subsequently, a fluid is supplied to a pressure chamber (16) formed by surrounding the outer peripheral surface of the deformation body with the pair of

WO 2020/138145 A1

[続葉有]

(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, 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))

opposing walls and a peripheral wall (12a) opposing the outer peripheral surface of the deformation body, and the fluid is pressurized and made to act on the outer peripheral surface of the deformation body. Next, the inner diameter of the test steel pipe is measured, the pressure of the fluid in the pressure chamber is measured, and the crushing limit pressure of the crushed test steel pipe is calculated on the basis of these measured values.

(57) 要約:パイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状に形成した試験鋼管(２)の外周に、試験鋼管に対して軸方向長さを長くした合成樹脂製の円筒形状の変形体(３)を装着する。次いで、互いに対向配置した一対の対向壁(１０),１１の間を軸が延在するように試験鋼管及び変形体を配置し、一対の対向壁に変形体の軸方向の両端面３ａ,３ｂが密着した状態で一対の対向壁で変形体を挟持する。次に、一対の対向壁及び変形体の外周面に対向する周壁１２ａで変形体の外周面を囲んで形成した圧力室１６に流体を供給し、変形体の外周面に加圧した流体を作用させる。次に、試験鋼管の内径を測定し、圧力室の流体の圧力を測定し、それらの測定値に基づいて圧潰した試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する。

明　細　書

発明の名称 ：

パイプライン用鋼管の圧潰試験方法、パイプライン用鋼管の製造方法及び圧潰試験装置

技術分野

[0001] 本発明は、深海海底に敷設されるパイプライン用鋼管（外径３００～１５００㎜程度）の圧潰試験方法、パイプライン用鋼管の製造方法及び圧潰試験装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、エネルギー需要の増大に伴い、原油や天然ガスの長距離輸送方法としてパイプラインの重要性が高まっている。油田やガス田と供給基地との間のパイプラインの一部を深海海底に設ける場合、例えば水深２０００～３０００ｍ程度の海底に沈めても水圧に耐えるパイプライン用鋼管を選定する必要がある。パイプライン用鋼管を選定する手段の一つとして、海底の水圧と同程度の流体圧力が鋼管外周に作用しても圧潰が生じない耐圧潰性能を評価・予測する試験がある（例えば、特許文献１）。

[0003] 特許文献１記載の管試験は、パイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状の試験鋼管を形成し、この試験鋼管を圧力発生部に装着する。圧力発生部は、試験鋼管の軸方向の両端面に密着するように試験鋼管を軸方向から挟持して互いに対向配置されている一対の対向壁と、一対の対向壁の一方の外周縁部から他方に延在して試験鋼管の外周面を囲む周壁とを備え、一対の対向壁及び周壁で前記試験鋼管の外周を囲む圧力室を形成している。

[0004] そして、圧力発生部の圧力室に流体を供給していき、加圧された流体が試験鋼管の外周面に作用することで試験鋼管を径方向内方に変形させ、試験鋼管に装着した歪センサと流体圧力との変化に基づいて試験鋼管が圧潰に至るまでの圧潰限界圧力を測定し、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能の評価及び予測を行っている。ここで、一対の対向壁が試験鋼管の軸方向の両端面に密

着するように試験鋼管を軸方向から挟持しているので、圧力室が高圧になっても端面及び対向壁の間から圧力室外部への流体漏れが発生せずシールされる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第５１２３３２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献１の管試験は、試験鋼管が径方向内方に変形する際に、一対の対向壁に密着している試験鋼管の軸方向の両端面に摩擦力が発生するので、試験鋼管が圧潰に至るまでの圧潰限界圧力が高い値を示すおそれがある。したがって、特許文献１の管試験は、圧潰限界圧力が高い値を示すことで、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能を過大評価してしまうおそれがある。

[0007] 本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、加圧流体の作用で試験鋼管が径方向内方に変形する際には試験鋼管の軸方向の両端面に摩擦力が発生せず、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管で高精度に再現することができるパイプライン用鋼管の圧潰試験方法、パイプライン用鋼管の製造方法及び圧潰試験装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係るパイプライン用鋼管の圧潰試験方法は、パイプライン用鋼管の一部より切断され形成されたリング形状の試験鋼管の外周に、試験鋼管に対して軸方向長さを長く設定して合成樹脂で形成した円筒形状の変形体を装着する工程と、互いに対向配置した一対の対向壁の間を軸が延在するように試験鋼管及び変形体を配置し、一対の対向壁に変形体の軸方向の両端面が密着した状態で一対の対向壁で変形体を挟持する工程と、一対の対向壁及び変形体の外周面に対向する周壁で変形体

の外周面を囲んで形成した圧力室に流体を供給し、変形体の外周面に加圧した流体を作用させる工程と、試験鋼管の内径を測定する工程と、圧力室の流体の圧力を測定する工程と、試験鋼管の内径測定値及び圧力室の流体の圧力測定値に基づいて圧潰した試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する工程と、を備えている。

[0009] また、本発明の一態様に係るパイプライン用鋼管の製造方法は、上述したパイプライン用鋼管の圧潰試験方法を行う工程を経てパイプライン用鋼管の製造を行う方法である。

[0010] また、本発明の一態様に係るパイプライン用鋼管の圧潰試験装置は、パイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状に形成した試験鋼管と、試験鋼管に対して軸方向長さを長く設定して合成樹脂で形成した円筒形状の部材であり、試験鋼管の外周に装着される変形体と、変形体の軸方向の両端面が密着するように変形体を軸方向から挟持して互いに対向配置されている一対の対向壁と、当該一対の対向壁から延在して変形体の外周面を囲む周壁とを備えて変形体の外周を囲む圧力室を形成している装置本体と、圧力室に流体を供給する流体供給手段と、試験鋼管の内径を測定する内径測定手段と、圧力室の流体の圧力を測定する流体圧力測定手段と、内径測定手段で測定した内径測定値及び流体圧力測定手段で測定した流体の圧力測定値に基づいて圧潰した試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する演算手段と、を備えている。

発明の効果

[0011] 本発明に係るパイプライン用鋼管の圧潰試験方法、パイプライン用鋼管の製造方法及び圧潰試験装置によれば、加圧流体の作用で試験鋼管が径方向内方に変形する際には試験鋼管の軸方向の両端面に摩擦力が発生せず、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管で高精度に再現することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明に係る第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置を示す断面図である。

[図2]第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置の要部を示す図であ

る。

[図3]第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置を構成する演算部の構成を示すブロック図である。

[図4]第２実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置の要部を示す図である。

[図5]第３実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置の要部を示す図である。

[図6]第４実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置の要部を示す図である。

[図7]圧潰試験を行った際に塑性圧潰を再現した試験鋼管の内径変位を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 次に、図面を参照して、本発明に係る第１から第３実施形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

また、以下に示す第１から第４実施形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、本発明の技術的思想は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでない。本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された請求項が規定する技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

[0014] ［第１実施形態の圧潰試験装置］

図１及び図２は、本発明に係る第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置を示すものである。

図１に示すように、第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置１は、試験鋼管２と、試験鋼管２の外周に装着した変形体３と、変形体３を軸

方向から挟持した状態で試験鋼管２及び変形体３を内部に配置した装置本体４と、加圧水供給部５と、歪み計６と、圧力計７と、演算部８と、を備えている。

[0015] 試験鋼管２は、耐圧潰性能の評価及び予測を行うパイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状に形成した部材である。パイプライン用鋼管から切断された試験鋼管２は、その軸方向の両端面が平坦面となるように切削されている。

変形体３は、試験鋼管２の外周に装着されている合成樹脂で形成した円筒形状の部材である。変形体３の合成樹脂としては、例えばＮＣナイロンと呼ばれるナイロン樹脂が挙げられる。変形体３の肉厚は３㎜程度に設定されている。また、変形体３の内径は、試験鋼管２の外径寸法と同一寸法として試験鋼管２の外周面に密着するようにしてもよいが、試験鋼管２の外径寸法より５㎜程度大きな寸法であっても圧潰試験には大きな影響を与えない。

[0016] 図２に示すように、変形体３の軸方向長さＬｃ１は、試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１に対して長く設定され、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１（Ｌｃ１－Ｌｔ１）は、０．３㎜以上５．０㎜以内の範囲に設定されている（０．３≦ΔＬ１≦５．０）。

[0017] 装置本体４は、図１に示すように、貫通部１０ａを設けたドーナツ盤形状の底盤１０と、底盤１０と同一の外周形状を有して貫通部１１ａを設けた天盤１１と、底盤１０及び天盤１１の間に同軸に配置された円環形状の中間盤１２と、を備えている。中間盤１２は、底盤１０及び天盤１１の互いに対向する面の外周に設けた環状の段差部１０ｂ，１１ｂに嵌まり込んだ状態で配置されている。図示されていないが、これら段差部１０ｂ，１１ｂの軸方向に沿って延在する段差面及びこれに対面する中間盤１２の内壁面にシール材を挿入できる溝が形成され、それらの溝にゴムパッキンが装着され段差部１０ｂ，１１ｂ及び中間盤１２の間の液密が保持されている。なお、溝の形状、ゴムパッキンの形状は任意に選択でき、たとえば円形断面あるいは矩形断面のゴムパッキンの装着する構造としてもよい。

[0018] 装置本体４には、底盤１０の上面１０ｈと、天盤１１の下面１１ｈと、中間盤１２の内周面１２ａとで囲まれたリング形状の試験空間ＳＴが設けられている。この試験空間ＳＴに、底盤１０の上面１０ｈ及び天盤１１の下面１１ｈの間を軸が延在するように試験鋼管２及び変形体３が配置されている。

そして、装置本体４に複数の第１連結ボルト１４及び第２連結ボルト１５が装着されている。複数の第１連結ボルト１４は、天盤１１及び中間盤１２の外周側の周方向に所定間隔をあけて軸方向に貫通する貫通孔１１ｃ、１２ｃを通過し、底盤１０の周方向に所定間隔をあけて設けたねじ孔１０ｃにねじ部がねじ込まれている。複数の第２ボルト１５は、天盤１１の内周側の周方向に所定間隔をあけて軸方向に貫通する貫通孔１１ｄを通過し、底盤１０の内周側の周方向に所定間隔をあけて設けたねじ孔１０ｄにねじ部がねじ込まれている。

[0019] これら複数の第１及び第２連結ボルト１４，１５を装着することで、変形体３は軸方向の両端面３ａ，３ｂが天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに密着した状態で底盤１０及び天盤１１に挟持される。また、変形体３の外周面、中間盤１２の内周面、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈで囲まれた空間には圧力室１６が形成されている。

天盤１１には、圧力室１６及び装置本体４の外部に連通する水供給路１１ｅ及び圧力計測路１１ｆが形成されており、水供給路１１ｅには加圧水供給部５が接続され、圧力計測路１１ｆには圧力計７が接続されている。さらに、試験鋼管２の内周面には、複数の歪み計６が装着されている。

[0020] 演算部８は、図３に示すように、入力部８ａ、圧潰圧力演算部８ｂ及び表示部８ｃなどを備えている。これら入力部８ａ、圧潰圧力演算部８ｂ及び表示部８ｃは、具体的にはパーソナルコンピュータやワークステーション等の汎用の情報処理装置によって実現されるものであり、例えばＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ等を主要構成部品としているとともに、ネットワークで接続され、データのやり取りが可能に構成されている。

[0021] 演算部８の入力部８ａには、圧力計７で計測した圧力室１６の圧力値が入

力されるとともに、試験鋼管２の内周面に装着された複数の歪み計６が計測した試験鋼管２の変位量が入力される。

圧潰圧力演算部８ｂは、入力部８ａに入力した圧力室１６の圧力値変化と、試験鋼管２の変位量に基づいて、試験鋼管２が圧潰したときの圧力（圧潰限界圧力）を演算する。

表示部８ｃは、圧潰圧力演算部８ｂで演算した試験鋼管２の圧潰限界圧力の値を表示する。

[0022] なお、本発明に記載されている一対の対向壁が、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに対応し、本発明に記載されている流体供給手段が、加圧水供給部５に対応し、本発明に記載されている内径測定手段が、歪み計６に対応し、本発明に記載されている流体圧力測定手段が、圧力計７に対応し、本発明に記載されている演算手段が、演算部８に対応している。

[0023] 次に、第１実施形態の圧潰試験装置１を使用したパイプライン用鋼管の圧潰試験手順について作用とともに説明する。

先ず、試験鋼管２の外周に変形体３を装着する。

次に、図１に示すように、装置本体４の試験空間ＳＴに、底盤１０の上面１０ｈ及び天盤１１の下面１１ｈの間を軸が延在するように試験鋼管２及び変形体３を配置する。

次に、装置本体４に複数の第１連結ボルト１４及び第２連結ボルト１５を装着し、変形体３の軸方向の両端面３ａ，３ｂを天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに密着した状態で、変形体３を底盤１０及び天盤１１で挟持する。これにより、変形体３の外周面、中間盤１２の内周面、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈで囲まれた空間に圧力室１６が形成される。

[0024] このとき、図２に示すように、試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載置され、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しない状態で、変形体３の内側に配置される。

次に、加圧水供給部５から水供給路１１ｅを介して圧力室１６に加圧水を

供給していく。加圧水供給部５からの加圧水の供給によって圧力室１６の水圧が上昇していくと、水圧が変形体３の外周面に作用して変形体３が径方向内方に塑性変形していく。変形体３の塑性変形とともに、変形体３の内側に装着した試験鋼管２も径方向内方に塑性変形していく。

[0025] 変形体３は合成樹脂で形成されているので、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに密着していても、下面１１ｈ及び上面１０ｈとの間に大きな摩擦力が発生しない。

試験鋼管２は、変形体３を介して圧力室１６の水圧が外周に作用するので、同様に径方向内方に塑性変形していく。このとき、試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載置され、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しておらず、底盤１０及び天盤１１に挟持されていないので、軸方向の端面２ａ，２ｂは下面１１ｈ及び上面１０ｈとの間に摩擦力が発生しない。

[0026] そして、演算部８は、入力部８ａに試験鋼管２の外周に作用する圧力室１６の水圧の圧力値が圧力計７から入力し、径方向内方に塑性変形する試験鋼管２の変位量が複数の歪み計６から入力するので、圧潰圧力演算部８ｂは、圧力室１６の圧力値変化と、試験鋼管２の変位量に基づいて、試験鋼管２が圧潰したときの圧潰限界圧力を演算する。そして、表示部８ｃが、試験鋼管２の圧潰限界圧力の値を表示する。

ここで、径方向内方に塑性変形する試験鋼管２は、軸長が増大する方向にも塑性変形していく。本実施形態は、変形体３の軸方向長さＬｃ１と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１の差ΔＬ１を０．３㎜以上に設定しているが、この差ΔＬ１（０．３㎜以上）は、軸長が増大する方向に試験鋼管２が塑性変形しても、試験鋼管２の軸方向の端面が天盤１１の下面１１ｈに接触しない値である。これにより、軸長が増大する方向に試験鋼管２が塑性変形しても、天盤１１及び底盤１０との間に摩擦力が発生するおそれがない。

[0027] なお、変形体３の軸方向長さＬｃ１と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１の差ΔＬ１が０．３㎜を下回ると、試験鋼管２の端面が天盤１１の下面１１ｈに

接触するので、試験鋼管２と天盤１１及び底盤１０との間に摩擦力が発生するおそれがある。

また、変形体３の軸方向長さＬｃ１と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１の差ΔＬ１が大きすぎると、圧力室１６の水圧の作用により変形体３が過度に変形してしまい、変形体３の軸方向の端面３ａ及び天盤１１の下面１１ｈの接触位置と、変形体３の軸方向の端面３ｂ及び底盤１０の上面１０ｈの接触位置の液密性が低下するおそれがある。そこで、第１実施形態では、差ΔＬ１を５．０㎜以下の値に設定することで、変形体３の過度の変形を防止して底盤１０及び天盤１１と変形体３との接触位置の液密性を確保している。

[0028] 次に、第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置１の効果について説明する。

第１実施形態によると、圧潰試験を行う試験鋼管２の外周面に水圧を作用する圧力室１６は、試験鋼管２の外周に装着した変形体３の外周面、中間盤１２の内周面、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈで囲まれた空間で形成されている。そして、試験鋼管２には、変形体３を介して圧力室１６の水圧が作用して径方向内方に塑性変形していくが、この試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載り、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しておらず、軸方向の端面２ａ，２ｂは下面１１ｈ及び上面１０ｈとの間に摩擦力が発生しない。

[0029] したがって、圧潰試験を行う試験鋼管２に摩擦力が発生しないので、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管２で高精度に再現することができ、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能を高精度に評価することができる。

また、変形体３の軸方向長さＬｃ１と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１との差ΔＬ１（Ｌｃ１－Ｌｔ１）を０．３㎜以上に設定しているので、試験鋼管２が軸長が増大する方向に塑性変形しても、天盤１１の下面１１ｈに接触せず天盤１１との間に摩擦力が発生せず、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能の評価をさらに高精度に行うことができる。

また、変形体３の軸方向長さＬｃ１と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１との

差ΔＬ１（Ｌｃ１－Ｌｔ１）を、５．０㎜以下の値に設定することで、圧力室１６の液密性を十分に確保することができるので、さらに、試験鋼管２の圧潰限界圧力を高精度に演算することができる。

[0030] ［第２実施形態の圧潰試験装置］

次に、図４は、本発明に係る第２実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置１７の要部を示すものである。なお、第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置１で示した構成要件と同一構成部分には、同一符号を付して説明は省略する。

本実施形態の圧潰試験装置１７の装置本体４は、第１実施形態で示した段差部１０ｂ，１１ｂの軸方向に沿う段差面及びこれに対面する中間盤１２の内壁面にリング溝が形成されておらず、代わりに、段差部１０ｂ，１１ｂの軸方向に直交する段差面及びこれに対面する中間盤１２の軸方向の面に断面四角形状のリング溝が形成されている。そして、段差部１０ｂ，１１ｂ及び中間盤１２の軸方向で対面する面に形成したリング溝に矩形断面の環状パッキン２３が装着されている。

[0031] 第２実施形態によると、天盤１１を貫通して底盤１０にねじ込まれることで第１及び第２連結ボルト１４，１５に発生する軸力が、段差部１０ｂ，１１ｂの軸方向に直交する段差面及びこれに対面する中間盤１２の軸方向に直交する面の間に装着されている環状パッキン２３に大きな密着力を作用するので、第１実施形態と比較して、圧力室１６の水圧を大幅に高めることが可能となる。

したがって、第２実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置１７は、第１実施形態の圧潰試験装置１と比較して圧力室１６の水圧を大幅に高めて試験鋼管２の圧潰限界圧力を測定することができるので、パイプライン用鋼管の大幅に高い値の圧潰限界圧力を試験鋼管２で高精度に再現することができる。

[0032] なお、第２実施形態では段差部１０ｂ，１１ｂの軸方向に直交する段差面及びこれに対面する中間盤１２の軸方向に直交する面に設けたリング溝に環

状パッキン２３を装着したが、断面円弧形状のリング溝を形成し、このリング溝にＯリングを装着しても、同様の効果を奏することができる。

[0033] ［第３実施形態の圧潰試験装置］

次に、図５は、本発明に係る第３実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置の要部を示すものである。なお、第１実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置で示した構成要件と同一構成部分には、同一符号を付して説明は省略する。

第３実施形態の圧潰試験装置２０は、変形体３の外周に、円筒形状のゴムパッキン２１が装着されている。

[0034] ゴムパッキン２１は、軸方向の両端に肉厚部２１ａ，２１ｂを設けており、肉厚部２１ａ，２１ｂ以外の厚さが３㎜とした部材であり、自由長のときの軸方向長さが、変形体３の軸方向長さＬｃ２より長く設定されている。また、肉厚部２１ａ，２１ｂは必ずしも必要ではなく、肉厚部がなくても本発明の効果を発揮できる。

また、変形体３の軸方向長さＬｃ２は、試験鋼管２の軸方向長さＬｔ２に対して長く設定され、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ２（Ｌｃ２－Ｌｔ２）は、１．０㎜以上１．３㎜以内の範囲に設定されている（１．０≦ΔＬ２≦１．３）。

なお、本発明に記載されている円筒形状の弾性体が、ゴムパッキン２１に対応している。

[0035] 次に、第３実施形態の圧潰試験装置２０を使用したパイプライン用鋼管の圧潰試験手順について作用とともに説明する。

先ず、試験鋼管２の外周に変形体３を装着し、変形体３の外周にゴムパッキン２１を装着する。

次に、装置本体４の試験空間ＳＴに、底盤１０の上面１０ｈ及び天盤１１の下面１１ｈの間を軸が延在するように試験鋼管２、変形体３及びゴムパッキン２１を配置する。

[0036] 次に、装置本体４に複数の第１連結ボルト１４及び第２連結ボルト１５を

装着し、変形体３の軸方向の両端面３ａ，３ｂを天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに密着し、ゴムパッキン２１の軸方向の両端の肉厚部２１ａ，２１ｂを圧縮状態で弾性変形させて、変形体３を底盤１０及び天盤１１で挟持する。これにより、ゴムパッキン２１の外周面、中間盤１２の内周面、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈで囲まれた空間に圧力室１６が形成される。

このとき、試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載置され、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しない状態で、変形体３の内側に配置される。

[0037] 次に、加圧水供給部５から水供給路１１ｅを介して圧力室１６に加圧水を供給していく。加圧水供給部５からの加圧水の供給によって圧力室１６の水圧が上昇していくと、水圧がゴムパッキン２１を介して変形体３の外周面に作用し、変形体３が径方向内方に塑性変形していく。そして、変形体３の塑性変形とともに、変形体３の内側に装着した試験鋼管２も径方向内方に塑性変形していく。

径方向内方に塑性変形する試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載置され、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しておらず、底盤１０及び天盤１１に挟持されていないので、軸方向の端面２ａ，２ｂは下面１１ｈ及び上面１０ｈとの間に摩擦力が発生しない。

[0038] 試験鋼管２は、径方向内方への塑性変形とともに、軸長が増大する方向にも塑性変形していく。第２実施形態は、変形体３の軸方向長さＬｃ２と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ２の差ΔＬ１を１．０㎜以上に設定しているが、この差ΔＬ２（１．０㎜以上）は、軸長が増大する方向に試験鋼管２が塑性変形しても、試験鋼管２の軸方向の端面が天盤１１の下面１１ｈに接触しない値である。これにより、軸長が増大する方向に試験鋼管２が塑性変形しても、天盤１１及び底盤１０との間に摩擦力が発生するおそれがない。

また、第３実施形態では、差ΔＬ２を１．３㎜以下の値に設定することで

、変形体３の過度の変形を防止して底盤１０及び天盤１１と変形体３との接触位置の液密性を確保している。

[0039] 次に、第３実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置２０の効果について説明する。

試験鋼管２には変形体３を介して圧力室１６の水圧が作用して径方向内方に塑性変形していくが、試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載り、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しておらず、軸方向の端面２ａ，２ｂは下面１１ｈ及び上面１０ｈとの間に摩擦力が発生しない。したがって、圧潰試験を行う試験鋼管２に摩擦力が発生しないので、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管２で高精度に再現することができ、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能を高精度に評価することができる。

[0040] また、第３実施形態の圧潰試験装置２０は、変形体３の外周にゴムパッキン２１が装着され、変形体３を底盤１０及び天盤１１で挟持する際には、ゴムパッキン２１の軸方向の両端の肉厚部２１ａ，２１ｂが天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに圧縮状態で弾性変形している。これにより、第３実施形態の圧潰試験装置２０は、第１実施形態の圧潰試験装置１と比較して、底盤１０及び天盤１１と変形体３との接触位置の液密性が高まるので、圧力室１６の水圧を高めることが可能となる。したがって、第３実施形態の圧潰試験装置２０は、圧力室１６の水圧を高めることで試験鋼管２の高い値の圧潰限界圧力を測定することができ、パイプライン用鋼管の高い値の圧潰限界圧力を試験鋼管で高精度に再現することができる。

[0041] また、変形体３の軸方向長さＬｃ２と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ２との差ΔＬ２（Ｌｃ２－Ｌｔ２）を１．０≦ΔＬ２≦１．３に設定しているので、試験鋼管２が軸長が増大する方向に塑性変形しても、天盤１１の下面１１ｈに接触せず天盤１１との間に摩擦力が発生せず、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能の評価をさらに高精度に行うことができるとともに、試験鋼管２の圧潰限界圧力を高精度に演算することができる。

[0042] ［第４実施形態の圧潰試験装置］

次に、図６は、本発明に係る第４実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置の要部を示すものである。なお、図５で示した第３実施形態のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置２０で示した構成要件と同一構成部分には、同一符号を付して説明は省略する。

第４実施形態の圧潰試験装置３０は、変形体３の軸方向の両端面３ａ，３ｂの外周側に、環状の切り欠き３ｃ、３ｄが形成されており、それら切り欠き３ｃ，３ｄに、Ｏリング３１，３２が装着されている。

[0043] また、図６では記載していないが、変形体３の軸方向長さＬｃ２と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ２との差ΔＬ２（Ｌｃ２－Ｌｔ２）は、１．０≦ΔＬ２≦１．３に設定されている。

なお、本発明に記載されている環状の凹部が、環状の切り欠き３ｃ、３ｄに対応し、本発明に記載されているＯリングが、Ｏリング３１，３２に対応している。

[0044] 第４実施形態の圧潰試験装置３０は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着し、変形体３の両端面３ａ，３ｂに設けた環状の切り欠き３ｃ、３ｄに、Ｏリング３１，３２を装着する。そして、装置本体４の試験空間ＳＴに、底盤１０の上面１０ｈ及び天盤１１の下面１１ｈの間を軸が延在するように試験鋼管２及びＯリング３１，３２を装着した変形体３を配置する。

[0045] また、装置本体４に複数の第１連結ボルト１４及び第２連結ボルト１５を装着し、変形体３の軸方向の両端面３ａ，３ｂを天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに密着し、Ｏリング３１，３２を下面１１ｈ及び上面１０ｈに圧縮状態で弾性変形させて、変形体３を底盤１０及び天盤１１で挟持する。これにより、変形体３の外周面、中間盤１２の内周面、天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈで囲まれた空間に圧力室１６が形成される。このとき、試験鋼管２は、軸方向の一方の端面２ｂが底盤１０の上面１０ｈに載置され、軸方向の他方の端面２ａが天盤１１の下面１１ｈには接触しない状態で、変形体３の内側に配置される。

[0046] そして、第２実施形態の圧潰試験装置２０と同様に、加圧水供給部５から水供給路１１ｅを介して圧力室１６に加圧水を供給していくと、変形体３の塑性変形とともに、変形体３の内側に装着した試験鋼管２も径方向内方に塑性変形していく。

したがって、第４実施形態の圧潰試験装置３０も、圧潰試験を行う試験鋼管２に摩擦力が発生しないので、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管２で高精度に再現することができ、パイプライン用鋼管の耐圧潰性能を高精度に評価することができる。

[0047] また、第４実施形態の圧潰試験装置３０は、変形体３の両端面３ａ，３ｂ側にＯリング３１，３２が装着され、変形体３を底盤１０及び天盤１１で挟持する際には、Ｏリング３１，３２が天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに圧縮状態で弾性変形している。これにより、第４実施形態の圧潰試験装置３０も、第１実施形態の圧潰試験装置１と比較して、底盤１０及び天盤１１と変形体３との接触位置の液密性が高まるので、圧力室１６の水圧を高めることが可能となる。

[0048] したがって、第４実施形態の圧潰試験装置３０は、圧力室１６の水圧を高めることで試験鋼管２の高い値の圧潰限界圧力を測定することができ、パイプライン用鋼管の高い値の圧潰限界圧力を試験鋼管で高精度に再現することができる。

また、第１～第４実施形態の圧潰試験装置１，１７，２０，３０を使用して圧潰試験を行うことで、高精度の圧潰限界圧力が設定されたパイプライン用鋼管を製造することができる。

実施例

[0049] ［実施例１］

次に、本発明に係るパイプライン用鋼管の圧潰試験装置を使用した圧潰試験方法による圧潰限界圧力の測定と、従来の圧潰試験装置を使用した圧潰試験方法による圧潰限界圧力の測定とを、以下の表１に示すように比較することで、本発明の効果を検証した。

[0050] [表1]

	鋼管		外径形状	鋼管特性		変形体及び試験鋼管の軸方向長さの差ΔL1,ΔL2[mm]	圧潰限界圧力		測定精度
	公称管厚,t (mm)	公称外径,D (mm)	Ovality, f0 (%)	ヤング率,E (MPa)	ポアソン比,v		実管試験結果 [MPa]	圧潰装置結果 [MPa]	(実管試験結果-圧潰装置結果)/実管結果(%)
本発明例1	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL1=0.3	40.0	40.2	100.5
本発明例2	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL1=0.5	40.0	40.1	100.3
本発明例3	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL1=3.0	40.0	39.8	99.5
本発明例4	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL2=1.0	45.7	46.1	100.9
本発明例5	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL2=1.3	45.7	45.9	100.4
比較例1	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL1=0.1	40.0	42.3	105.8
比較例2	39	812.8	0.17	206000	0.3	ΔL1=6.0	40.0	35.0	87.5

[0051] 本発明例１～本発明例５、比較例１，２は、公称管厚が３９mmであり、公

称外径が８１２．８㎜であり、同一外径形状、同一鋼管特性のパイプライン用鋼管を使用した。

本発明例１～本発明例３は、試験鋼管２の外周に変形体３が装着されている第１実施形態の圧潰試験装置１を使用した測定結果である。そして、本発明１は、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝０．３㎜とし、本発明２はΔＬ１＝０．５㎜とし、本発明３はΔＬ１＝３．０㎜とした。

[0052] また、本発明例４，５は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着し、変形体３の外周にゴムパッキン２１を装着した第２実施形態の圧潰試験装置２０を使用した測定結果である。そして、本発明例４は、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ２＝１．０㎜とし、本発明例５はΔＬ２＝１．３㎜とした。

また、比較例１は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着した第１実施形態の圧潰試験装置１を使用し、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝０．１㎜とした。さらに、比較例２は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着した第１実施形態の圧潰試験装置１を使用し、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝６．０㎜とした。

[0053] そして、本発明例１～本発明例５、比較例１，２の圧潰限界圧力は、パイプライン用鋼管の一部を切断せず実管で測定した結果（実管試験結果）と、パイプライン用鋼管の一部を切断した試験鋼管２を使用して第１及び第３実施形態の圧潰試験装置で測定した結果（圧潰装置結果）を示し、実管試験結果及び圧潰装置結果を比較して測定精度を示した。

表１から明らかなように、本発明例１～本発明例３は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着したことで圧潰試験を行う際に試験鋼管２には摩擦力が発生せず、変形体３の軸方向長さＬｃ１と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ１との差ΔＬ１を０．３㎜≦ΔＬ１≦５．０㎜に設定しているので、測定精度の誤差が０．５％以内に収まっている。

[0054] また、本発明例４，５は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着し、さらに変形体３の外周側にゴムパッキン２１を装着したことで圧潰試験を行う際に

試験鋼管２には摩擦力が発生せず、変形体３の軸方向長さＬｃ２と試験鋼管２の軸方向長さＬｔ２との差ΔＬ２を１．０㎜≦ΔＬ２≦１．３㎜に設定しているので、測定精度の誤差が１．０％未満に収まっている。

一方、比較例１は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着した第１実施形態の圧潰試験装置１を使用しているが、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝０．３㎜未満としたことで、試験鋼管２が軸方向に塑性変形して天盤１１の下面１１ｈ及び底盤１０の上面１０ｈに接触して摩擦力が発生し、試験鋼管２の圧潰限界圧力が高い値を示してしまい、測定誤差が５．８％と大きくなった。

[0055] また、比較例２は、測定誤差が１０％以上である。これは、比較例２は試験鋼管２の外周に変形体３を装着した第１実施形態の圧潰試験装置１を使用しているが、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝５．０㎜を上回っている。これにより、圧力室１６の水圧が上昇しているときに、変形体３が、試験鋼管２の端面と天盤１１の下面１１ｈとの間に入り込んだ状態で変形して圧力室１６の液密が不可能になり、試験鋼管２が圧潰する前に圧力室１６の最大圧力が大きく低下してしまった。

したがって、本願発明に係る第１実施形態の圧潰試験装置１を使用した方法、第３実施形態の圧潰試験装置２０を使用した方法が、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管で高精度に再現することができることが確認された。なお、第４実施形態の圧潰試験装置３０を使用した方法も、パイプライン用鋼管の圧潰限界圧力を試験鋼管で高精度に再現することができる。

[0056] ［実施例２］

次に、本発明に係るパイプライン用鋼管の圧潰試験装置を使用した圧潰試験方法による圧潰限界圧力の測定と、従来の圧潰試験装置を使用した圧潰試験方法による圧潰限界圧力の測定を行い、塑性圧潰の再現の有無を判定することで、本発明の効果を検証した。

塑性圧潰の再現の有無は、以下の（１）式で算出される圧潰試験を行った試験鋼管２の内径変位ΔＲ（測定した内径変化の平均値）と、試験鋼管２の

弾性変形線からのかい離量との比較により判断し、試験鋼管２の内径変位ΔＲが、弾性変形線からかい離量が０．２％以上となったときに塑性圧痕が再現されていると判定する。

$$\Delta R = -(PR^2)/(tE) \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

なお、Ｐは圧力（Ｍｐａ）、Ｒは試験鋼管２の初期内径（㎜）、ｔは試験鋼管２の厚さ（㎜）、Ｅはヤング率（Ｍｐａ）である。

[0057] [表2]

	鋼管		外径形状	鋼管特性		変形体及び試験鋼管の軸方向長さの差ΔL1[mm]	圧潰限界圧力[MPa]	測定精度
	公称管厚,t (mm)	公称外径,D (mm)	Ovality, f0 (%)	ヤング率,E (MPa)	ポアソン比,v			リーク、塑性圧潰の判定
本発明例6	40	691	0.40	206000	0.3	ΔL1=1.0	50.5	塑性圧潰
比較例3	40	691	0.40	206000	0.3	ΔL1=6.0	30.0	リーク

[0058] 本発明例６と比較例３は、公称管厚が４０㎜であり、公称外径が６９１㎜であり、同一外径形状、同一鋼管特性のパイプライン用鋼管を使用した。

本発明例６は、試験鋼管２の外周に変形体３が装着されているとともに、天盤１１を貫通して底盤１０にねじ込まれることで第１及び第２連結ボルト１４，１５に発生する軸力が、段差部１０ｂ，１１ｂの軸方向に直交する段差面及びこれに対面する中間盤１２の軸方向に直交する面の間に装着されている環状パッキン２３に大きな密着力を作用し、圧力室１６の水圧を大幅に高めることが可能となる第２実施形態の圧潰試験装置１７（図４参照）を使用した測定結果である。そして、本発明例６は、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝１．０㎜とした。一方、比較例３は、試験鋼管２の外周に変形体３を装着した第２実施形態の圧潰試験装置１７を使用し、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝６．０㎜とした。

[0059] 図７は、本発明例６の試験鋼管２について圧力室１６の水圧変化と内径変位の関係を示すものであり、本発明例６の試験鋼管２は、圧力室１６の水圧上昇とともに塑性変形していき、弾性変形線からのかい離量が０．８％のときに塑性圧痕が再現されることが検証された。そして、この本発明例６の塑性圧痕の再現の際には、５０ＭＰａを超える超高圧での圧潰試験が再現できることも検証できた。

一方、変形体３及び試験鋼管２の軸方向長さの差ΔＬ１＝６．０㎜とした比較例３は、圧力室１６の水圧が上昇すると、変形体３が試験鋼管２の端面と天盤１１の下面１１ｈとの間に入り込んだ状態で変形して圧力室１６の液密が不可能になり、試験鋼管２が圧潰する前に圧力室１６の最大圧力が大きく低下してしまった。この際の、試験鋼管２の内径変位ΔＲが弾性変形線からかい離量が０．０５％となり、弾性変形状態となって圧力室１６の水が外部にリークするので、圧潰試験は再現することができない。

符号の説明

[0060] １，１７，２０，３０　圧潰試験装置

２　試験鋼管

２ａ　試験鋼管の軸方向の他方の端面

２ｂ　試験鋼管の軸方向の一方の端面

３　変形体

３ａ，３ｂ　変形体の軸方向の端面

４　装置本体

５　加圧水供給部

６　歪み計

７　圧力計

８　演算部

８ａ　入力部

８ｂ　圧潰圧力演算部

８ｃ　表示部

１０　底盤

１０ａ　貫通部

１０ｂ　段差部

１０ｃ，１０ｄ　ねじ孔

１０ｈ　上面

１１　天盤

１１ａ　貫通部

１１ｂ　段差部

１１ｃ　貫通孔

１１ｄ　貫通孔

１１ｅ　水供給路

１１ｆ　圧力計測路

１１ｈ　下面

１２　中間盤

１２ａ　内周面

１２ｃ　貫通孔

１４　第１連結ボルト

１５　第２連結ボルト

１６　圧力室

２１　ゴムパッキン

２１ａ，２１ｂ　肉厚部

２２　Ｏリング

２３　環状パッキン

ＳＴ　試験空間

Ｌｃ１　第１実施形態の変形体の軸方向長さ

Ｌｔ１　第１実施形態の試験鋼管の軸方向長さ

ΔＬ１　第１実施形態の変形体及び試験鋼管の軸方向長さの差

Ｌｃ２　第２実施形態の変形体の軸方向長さ

Ｌｔ２　第２実施形態の試験鋼管の軸方向長さ

ΔＬ２　第２実施形態の変形体及び試験鋼管の軸方向長さの差

請求の範囲

[請求項1] パイプライン用鋼管の一部より切断され形成されたリング形状の試験鋼管の外周に、前記試験鋼管に対して軸方向長さを長く設定して合成樹脂で形成した円筒形状の変形体を装着する工程と、

互いに対向配置した一対の対向壁の間を軸が延在するように前記試験鋼管及び前記変形体を配置し、前記一対の対向壁に前記変形体の軸方向の両端面が密着した状態で前記一対の対向壁で前記変形体を挟持する工程と、

前記一対の対向壁及び前記変形体の外周面に対向する周壁で前記変形体の外周面を囲んで形成した圧力室に流体を供給し、前記変形体の外周面に加圧した前記流体を作用させる工程と、

前記試験鋼管の内径を測定する工程と、

前記圧力室の前記流体の圧力を測定する工程と、

前記試験鋼管の内径測定値及び前記圧力室の前記流体の圧力測定値に基づいて圧潰した前記試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する工程と、を備えたことを特徴とするパイプライン用鋼管の圧潰試験方法。

[請求項2] 前記変形体の軸方向長さをＬｃ１、前記試験鋼管の軸方向長さをＬｔ１とすると、前記変形体及び前記試験鋼管の軸方向長さの差ΔＬ１（Ｌｃ１－Ｌｔ１）が、０．３㎜≦ΔＬ１≦５．０㎜であることを特徴とする請求項１記載のパイプライン用鋼管の圧潰試験方法。

[請求項3] パイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状の試験鋼管を形成する工程と、

前記試験鋼管の外周に、当該試験鋼管に対して軸方向長さを長く設定して合成樹脂で形成した円筒形状の変形体を装着する工程と、

前記変形体の外周に弾性体からなるシール部材を装着する工程と、

互いに対向配置した一対の対向壁の間を軸が延在するように前記試験鋼管、前記変形体及び前記シール部材を配置し、前記一対の対向壁に前記変形体の軸方向の両端面が密着し、且つ前記シール部材を弾性

変形しながら密着した状態で前記一対の対向壁で前記変形体を挟持する工程と、

前記一対の対向壁及び前記変形体の外周面に対向する周壁で前記変形体の外周面を囲んで形成した圧力室に流体を供給し、前記変形体の外周面に加圧した流体を作用させる工程と、

前記試験鋼管の内径を測定する工程と、

前記圧力室の前記流体の圧力を測定する工程と、

前記試験鋼管の内径測定値及び前記圧力室の前記流体の圧力測定値に基づいて圧潰した前記試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する工程と、を備えたことを特徴とするパイプライン用鋼管の圧潰試験方法。

[請求項4] 前記変形体の軸方向長さをＬｃ２、前記試験鋼管の軸方向長さをＬｔ２とすると、前記変形体及び前記試験鋼管の軸方向長さの差ΔＬ２（Ｌｃ２－Ｌｔ２）が、１．０㎜≦ΔＬ２≦１．３㎜であることを特徴とする請求項３記載のパイプライン用鋼管の圧潰試験方法。

[請求項5] 請求項１から４の何れか一項のパイプライン用鋼管の圧潰試験方法を行う工程を経て前記パイプライン用鋼管を製造することを特徴とするパイプライン用鋼管の製造方法。

[請求項6] パイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状に形成した試験鋼管と、

前記試験鋼管に対して軸方向長さを長く設定して合成樹脂で形成した円筒形状の部材であり、前記試験鋼管の外周に装着される変形体と、

前記変形体の軸方向の両端面が密着するように前記変形体を軸方向から挟持して互いに対向配置されている一対の対向壁と、当該一対の対向壁から延在して前記変形体の外周面を囲む周壁とを備えて前記変形体の外周を囲む圧力室を形成している装置本体と、

前記圧力室に流体を供給する流体供給手段と、

前記試験鋼管の内径を測定する内径測定手段と、

前記圧力室の前記流体の圧力を測定する流体圧力測定手段と、

前記内径測定手段で測定した内径測定値及び前記流体圧力測定手段で測定した前記流体の圧力測定値に基づいて圧潰した前記試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する演算手段と、を備えたことを特徴とするパイプライン用鋼管の圧潰試験装置。

[請求項7] 前記変形体の軸方向長さをＬｃ１、前記試験鋼管の軸方向長さをＬｔ１とすると、前記変形体及び前記試験鋼管の軸方向長さの差ΔＬ１（Ｌｃ１－Ｌｔ１）が、０．３㎜≦ΔＬ１≦５．０㎜であることを特徴とする請求項６記載のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置。

[請求項8] パイプライン用鋼管の一部を切断してリング形状に形成した試験鋼管と、

前記試験鋼管に対して軸方向長さを長く設定して合成樹脂で形成した円筒形状の部材であり、前記試験鋼管の外周に装着される変形体と、

前記変形体の外周に装着される弾性体からなるシール部材と、

前記変形体の軸方向の両端面が密着し、且つ前記シール部材が弾性変形しながら密着するように前記変形体及び前記シール部材を軸方向から挟持して互いに対向配置されている一対の対向壁と、当該一対の対向壁から延在して前記変形体の外周面を囲む周壁とを備えて前記変形体の外周を囲む圧力室を形成している装置本体と、

前記圧力室に流体を供給する流体供給手段と、

前記試験鋼管の内径を測定する内径測定手段と、

前記圧力室の前記流体の圧力を測定する流体圧力測定手段と、

前記内径測定手段で測定した内径測定値及び前記流体圧力測定手段で測定した前記流体の圧力測定値に基づいて圧潰した前記試験鋼管の圧潰限界圧力を演算する演算手段と、を備えたことを特徴とするパイプライン用鋼管の圧潰試験装置。

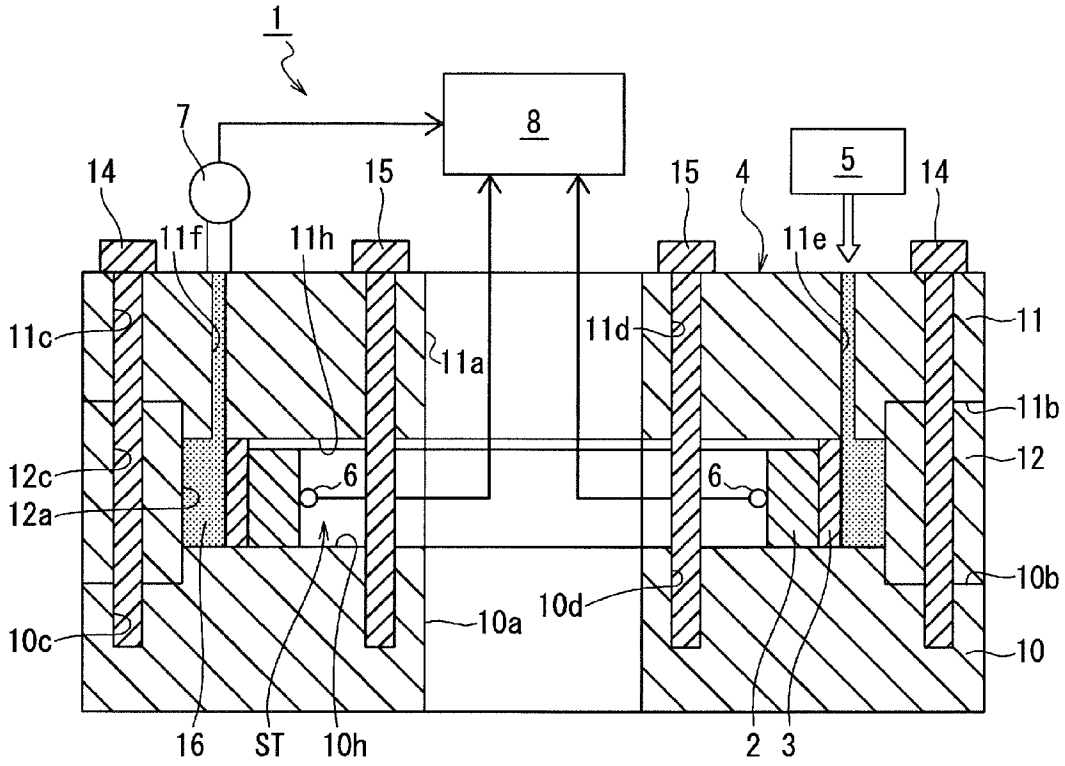
[請求項9] 前記変形体の軸方向長さをＬｃ２、前記試験鋼管の軸方向長さをＬ

ｔ２とすると、前記変形体及び前記試験鋼管の軸方向長さの差ΔＬ２（Ｌｃ２－Ｌｔ２）が、１．０㎜≦ΔＬ２≦１．３㎜であることを特徴とする請求項８記載のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置。

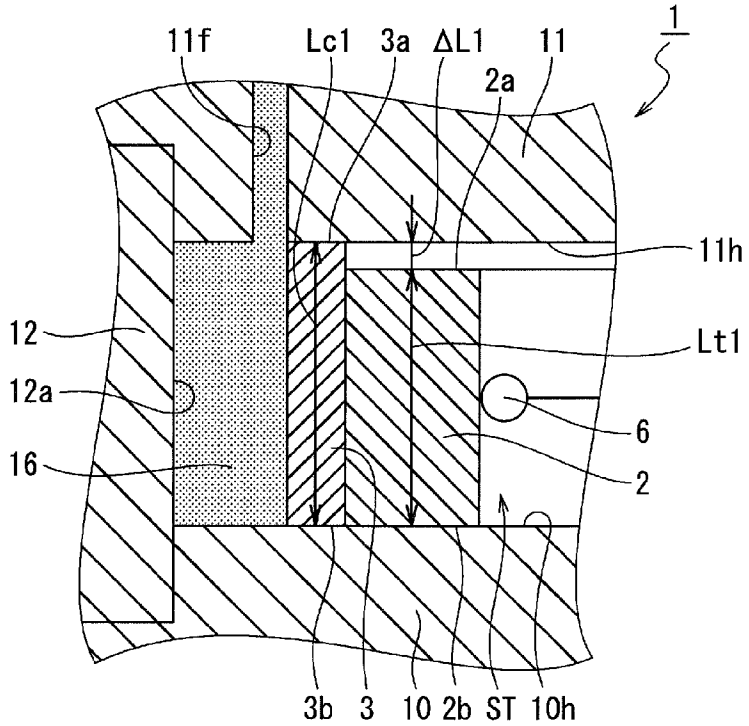
[請求項10] 前記シール部材は、前記変形体に対して軸方向長さを長くした円筒形状の弾性体であることを特徴とする請求項８又は９記載のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置。

[請求項11] 前記シール部材は、前記変形体の軸方向の両端面の一部に形成した環状の凹部に嵌まり込んでいるＯリングであることを特徴とする請求項８又は９記載のパイプライン用鋼管の圧潰試験装置。

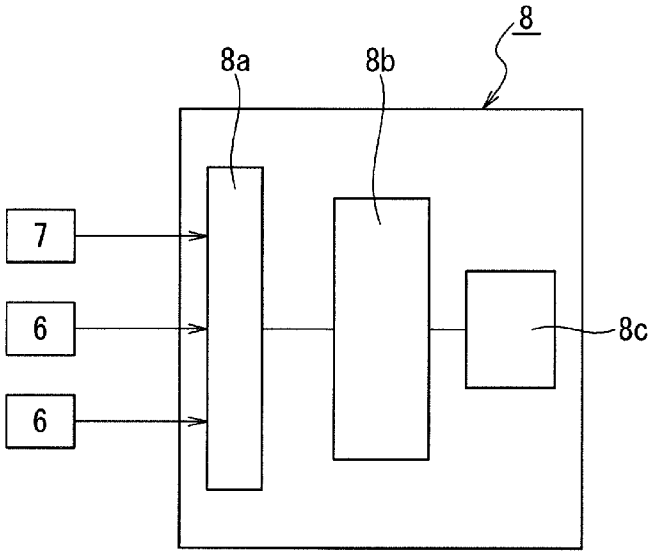
[図1]


1
7
8
5
14
15
15
4
14
11f
11h
11e
11c
11a
11d
11
11b
12c
6
6
12
12a
10b
10d
10c
10a
10
16
ST
10h
2
3

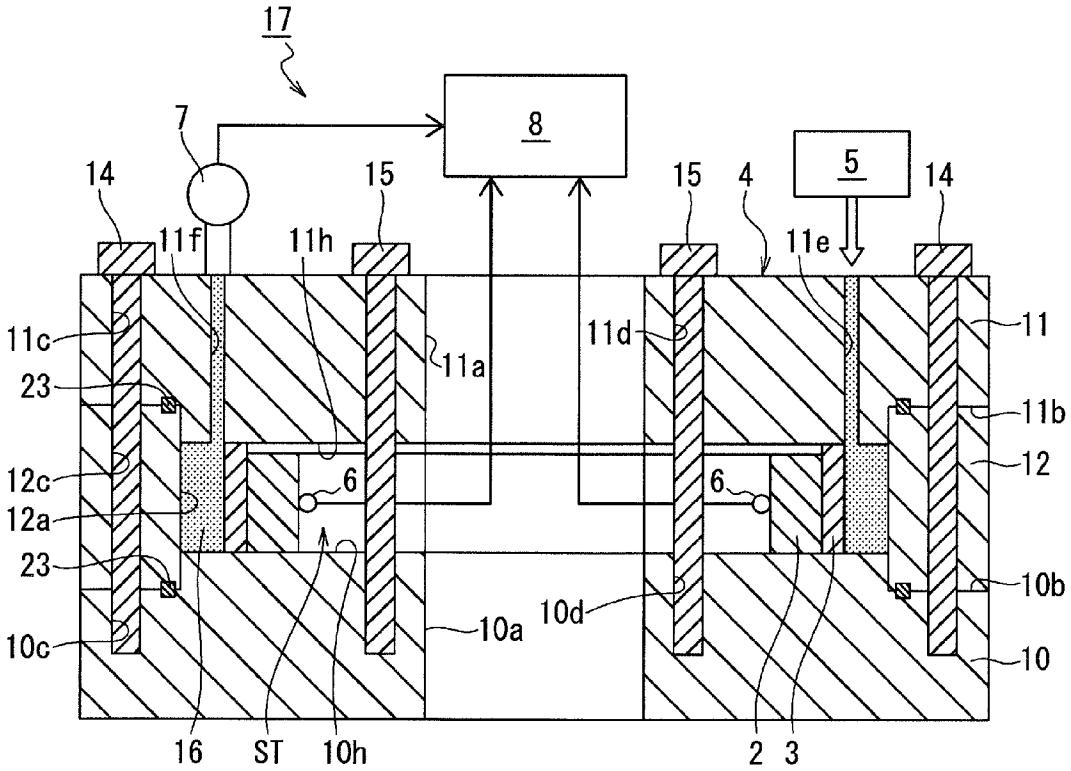
[図2]


11f
Lc1
3a
ΔL1
11
1
2a
11h
12
Lt1
12a
6
16
2
3b
3
10
2b
ST
10h

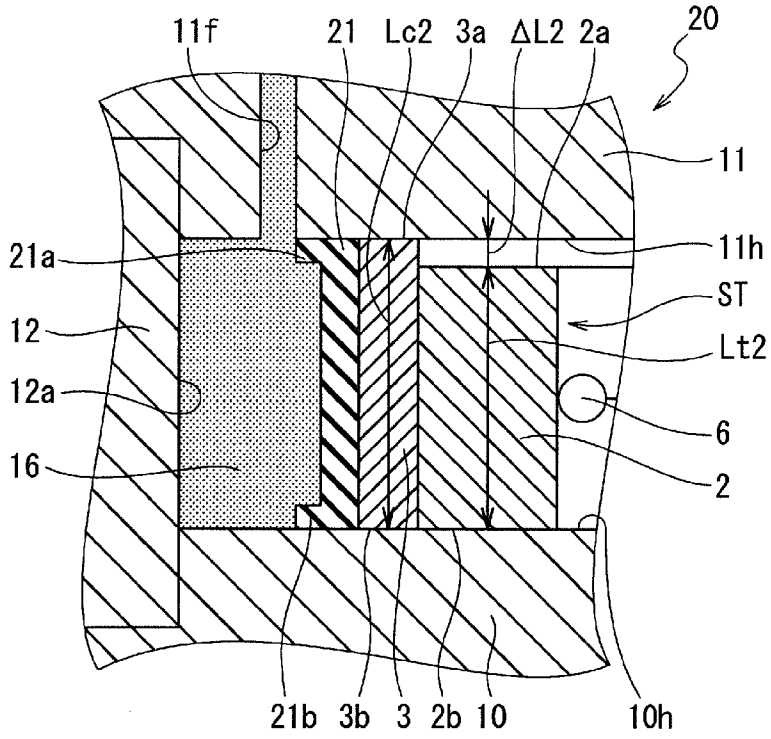
[図3]


8
8a
8b
7
6
6
8c

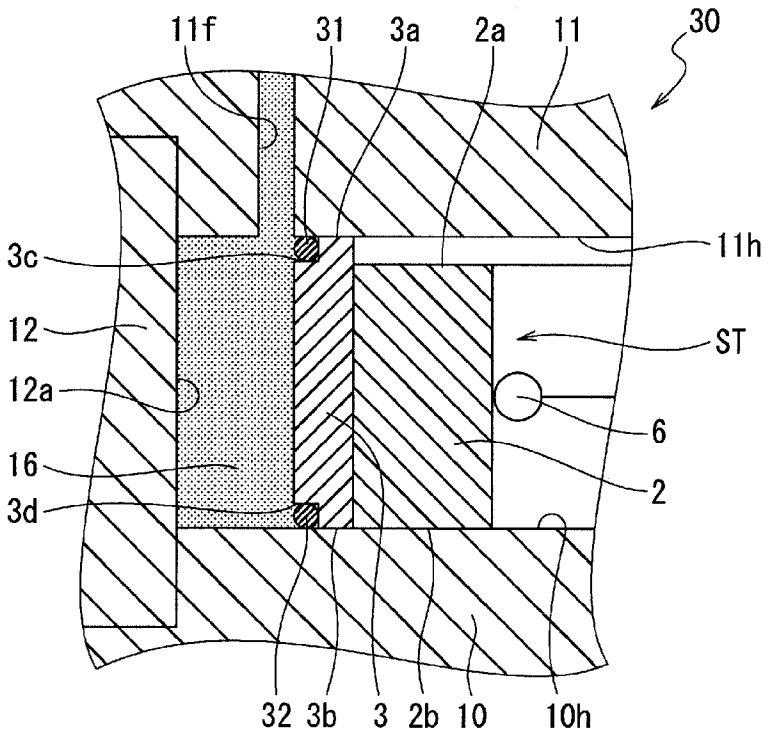
[図4]


17
7
8
5
14
15
11f
11h
15
4
11e
14
11c
23
12c
12a
23
10c
11a
11d
11
11b
12
10b
10d
10a
10
6
6
16
ST
10h
2
3

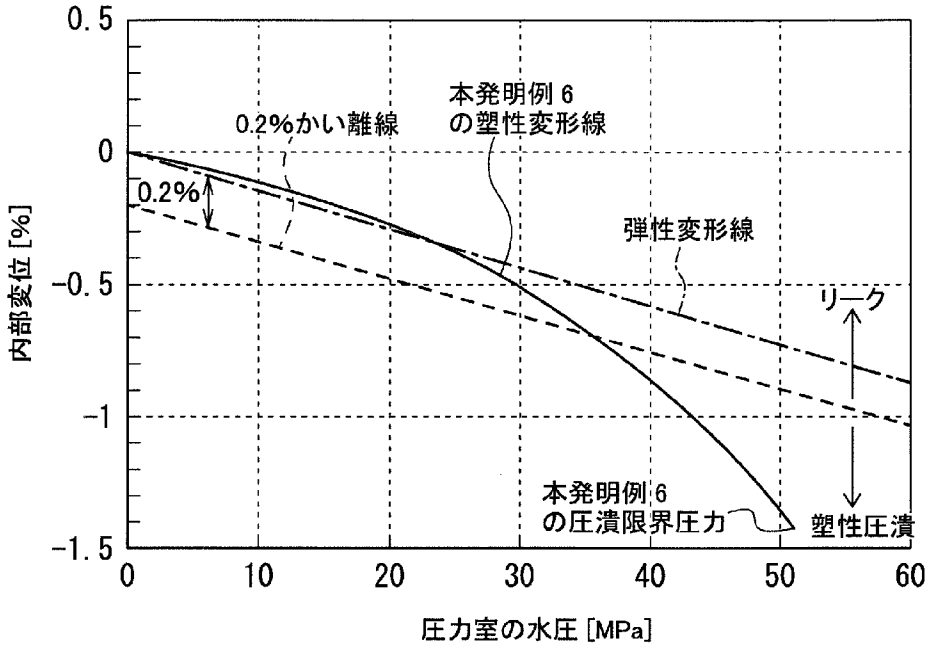
[図5]


11f
21
Lc2
3a
ΔL2
2a
20
11
11h
21a
ST
12
Lt2
12a
6
16
2
21b
3b
3
2b
10
10h

[図6]


11f
31
3a
2a
11
30
11h
3c
ST
12
12a
6
16
2
3d
32
3b
3
2b
10
10h

[図7]


0.5
0
−0.5
−1
−1.5
内部変位 [%]
0.2%
0.2%かい離線
本発明例 6
の塑性変形線
弾性変形線
リーク
本発明例 6
の圧潰限界圧力
塑性圧潰
0
10
20
30
40
50
60
圧力室の水圧 [MPa]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/050773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. C01N3/04(2006.01)i
FI: G01N3/04 P

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. G01N3/00-3/62

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5123327 B2 (VERDERG LTD.) 23 January 2013, paragraphs [0026]-[0037], fig. 1-5	1-11
A	JP 2009-537794 A (CORENSO UNITED OY LTD.) 29 October 2009, paragraphs [0001]-[0033], fig. 1-6	1-11
A	JP 04-158241 A (OSAKA PREFECTURE) 01 June 1992, page 2, upper right column, line 13 to page 4, lower left column, line 13, fig. 1-5	1-11
A	JP 2017-096879 A (NGK INSULATORS, LTD.) 01 June 2017, paragraphs [0032]-[0060], fig. 1-3	1-11

☒ 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
04.02.2020	18.02.2020
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/JP2019/050773

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 06-281554 A (SONOCO PRODUCTS CO.) 07 October 1994, paragraphs [0009]-[0029], fig. 1-6	1-11
A	US 3331238 A (KOST, Erwin) 18 July 1967, column 1, line 45 to column 4, line 34, fig. 1-3	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/050773

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 5123327 B2	23.01.2013	US 2010/0212405 A1 paragraphs [0011]- [0062], fig. 1-5 GB 2447668 A WO 2008/114049 A2 EP 2132520 A2 CA 2681188 A1 RU 2009138434 A BR PI0809407 A2	
JP 2009-537794 A	29.10.2009	US 2009/0223301 A1 paragraphs [0001]- [0043], fig. 1-6 WO 2007/131483 A1 EP 2018536 A1 DE 102006023110 A1 KR 10-2009-0027634 A CN 101443645 A	
JP 04-158241 A	01.06.1992	(Family: none)	
JP 2017-096879 A	01.06.2017	US 2017/0153169 A1 paragraphs [0043]- [0072], fig. 1-3 EP 3173766 A1 CN 106813985 A	
JP 06-281554 A	07.10.1994	US 5339693 A column 2, line 59 to column 6, line 3, fig. 1-6 EP 605109 A1 CA 2112169 A1	
US 3331238 A	18.07.1967	GB 1075656 A DE 1216633 B	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2019/050773

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N 3/04(2006.01)i
FI: G01N3/04 P

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））

G01N3/00-3/62

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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）

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 5123327 B2 (ヴァーダーグ リミテッド) 23.01.2013 (2013-01-23) [0026]-[0037],図1-5	1-11
A	JP 2009-537794 A (コレンソー ユナイテッド オーワイ リミテッド) 29.10.2009 (2009-10-29) [0001]-[0033],図1-6	1-11
A	JP 04-158241 A (大阪府) 01.06.1992 (1992-06-01) 第2頁右上欄第13行-第4頁左下欄第13行,第1-5図	1-11
A	JP 2017-096879 A (日本碍子株式会社) 01.06.2017 (2017-06-01) [0032]-[0060],図1-3	1-11
A	JP 06-281554 A (ソノコ プロダクツ カンパニー) 07.10.1994 (1994-10-07) [0009]-[0029],図1-6	1-11
A	US 3331238 A (KOST, Erwin) 18.07.1967 (1967-07-18) column1 line45-column4 line34,FIGs.1-3	1-11

☐ 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抵触するものではなく、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
04.02.2020	18.02.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
本村　眞也 2J 5265
電話番号 03-3581-1101 内線 3252

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2019/050773

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 5123327 B2	23.01.2013	US 2010/0212405 A1 [0011]-[0062],FIGs.1-5 GB 2447668 A WO 2008/114049 A2 EP 2132520 A2 CA 2681188 A1 RU 2009138434 A BR PI0809407 A2	
JP 2009-537794 A	29.10.2009	US 2009/0223301 A1 [0001]-[0043],FIGs.1-6 WO 2007/131483 A1 EP 2018536 A1 DE 102006023110 A1 KR 10-2009-0027634 A CN 101443645 A	
JP 04-158241 A	01.06.1992	（ファミリーなし）	
JP 2017-096879 A	01.06.2017	US 2017/0153169 A1 [0043]-[0072],FIGs.1-3 EP 3173766 A1 CN 106813985 A	
JP 06-281554 A	07.10.1994	US 5339693 A column2 line59-column6 line3, FIGs.1-6 EP 605109 A1 CA 2112169 A1	
US 3331238 A	18.07.1967	GB 1075656 A DE 1216633 B	