(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
2024年1月11日(11.01.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/009564 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C21D 9/08* (2006.01)
C21D 8/10 (2006.01) *C22C 38/60* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/008928

(22) 国際出願日： 2023年3月8日(08.03.2023)

(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 2022-108570 2022年7月5日(05.07.2022) 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：加茂 祐一(**KAMO Yuichi**)；〒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). 井手 信介(**IDE Shinsuke**)；〒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). 須加原 光喜(**SUGAHARA Koki**)；〒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：杉 村 憲 司 (**SUGIMURA Kenji**)；〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目２番１号 霞が関コモンゲート西館３６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)）

(54) **Title:** SEAMLESS STAINLESS STEEL PIPE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称： ステンレス継目無鋼管およびその製造方法

(57) **Abstract:** Provided is a seamless stainless steel pipe provided with both high strength and excellent low-temperature toughness and corrosion resistance. This seamless stainless steel pipe has: a prescribed component composition; by volume, at least 30% of martensite phase, 50% or less of ferrite phase, and 40% or less of retained austenite phase; a yield strength of 758 MPa or more; and a Charpy absorbed energy vE_{-10} at –10°C of 40 J or more.

(57) 要約：高強度と、優れた低温靭性および耐食性とを兼ね備えたステンレス継目無鋼管を提供する。所定の成分組成を有し、体積率で、マルテンサイト相が３０％以上、フェライト相が５０％以下、および残留オーステナイト相が４０％以下、降伏強さが７５８ＭＰａ以上、－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$が４０J以上である、ステンレス継目無鋼管。

WO 2024/009564 A1

明　細　書

発明の名称 ： ステンレス継目無鋼管およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、油井およびガス井（以下、単に油井と称する）での利用に好適な、ステンレス継目無鋼管（stainless steel seamless pipe）に関する。本発明は、とくに炭酸ガス（CO_2）、塩素イオン（Cl^-）を含む高温の厳しい腐食環境下や、硫化水素（H_2S）を含む環境下等における耐食性を向上させたステンレス継目無鋼管に関する。

背景技術

[0002] ステンレス継目無鋼管は、油井用鋼管などの用途に広く用いられている。油井用鋼管には、降伏強さに優れることに加え、近年の寒冷地における油田開発にともない低温靭性（low-temperature toughness）に優れることも求められている。

[0003] さらに、近い将来に予想されるエネルギー資源の枯渇という観点から、従来、省みられなかったような、高深度の油田や炭酸ガスを含む環境下、およびサワー環境と呼ばれる硫化水素を含む環境下など、厳しい腐食環境の油井の開発が盛んに行われている。そのため、油井用鋼管には、高い耐食性を有することも要求される。

[0004] 従来、CO_2およびCl^-等を含む環境下にある油田およびガス田では、採掘に使用する油井用鋼管として１３Ｃｒマルテンサイト系ステンレス鋼管が一般的に使用されてきた。しかし、最近では、さらなる高温（２００℃までの高温）の油井の開発が進められており、１３Ｃｒマルテンサイト系ステンレス鋼管では耐食性が不足する場合があった。そのため、このような環境下でも使用できる、さらに高い耐食性を有する油井用鋼管が要望されている。

[0005] このような要望に対し、例えば、特許文献１では、質量％で、Ｃ：０．０５％以下、Ｓｉ：１．０％以下、Ｍｎ：０．０１～１．０％、Ｐ：０．０５％以下、Ｓ：０．００２％未満、Ｃｒ：１６～１８％、Ｍｏ：１．８～３％

、Ｃｕ：１．０～３．５％、Ｎｉ：３．０～５．５％、Ｃｏ：０．０１～１．０％、Ａｌ：０．００１～０．１％、Ｏ：０．０５％以下、及び、Ｎ：０．０５％以下を含有し、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｃｕが特定の関係を満足する組成を有する油井用ステンレス鋼が提案されている。

[0006] また、特許文献２では、質量％で、Ｃ：０．００５～０．０５％、Ｓｉ：０．０５～０．５０％、Ｍｎ：０．２０～１．８０％、Ｐ：０．０３０％以下、Ｓ：０．００５％以下、Ｃｒ：１２．０～１７．０％、Ｎｉ：４．０～７．０％、Ｍｏ：０．５～３．０％、Ａｌ：０．００５～０．１０％、Ｖ：０．００５～０．２０％、Ｃｏ：０．０１～１．０％、Ｎ：０．００５～０．１５％、Ｏ：０．０１０％以下を含有し、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｃｕ、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、Ｎが特定の関係を満足する組成を有する油井用高強度ステンレス継目無鋼管が提案されている。

[0007] また、特許文献３では、質量％で、Ｃ：０．０５％以下、Ｓｉ：０．５％以下、Ｍｎ：０．１５～１．０％、Ｐ：０．０３０％以下、Ｓ：０．００５％以下、Ｃｒ：１４．５～１７．５％、Ｎｉ：３．０～６．０％、Ｍｏ：２．７～５．０％、Ｃｕ：０．３～４．０％、Ｗ：０．１～２．５％、Ｖ：０．０２～０．２０％、Ａｌ：０．１０％以下、Ｎ：０．１５％以下、Ｂ：０．０００５～０．０１００％を含有し、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｃｕ、Ｎ、Ｗが特定の関係を満足する組成を有し、さらに体積率で、主相としてマルテンサイト相を４５％超、第二相としてフェライト相を１０～４５％、残留オーステナイト相を３０％以下含有する組織を有する、油井用高強度ステンレス継目無鋼管が提案されている。これにより、降伏強さＹＳ：８６２ＭＰａ以上の強度を備え、かつ、CO_2、Cl^-、H_2Sを含む高温の厳しい腐食環境においても十分な耐食性を示す油井用高強度ステンレス継目無鋼管を得られるとしている。

[0008] また、特許文献４では、質量％で、Ｃ：０．０６％以下、Ｓｉ：１．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｓ：０．００５％以下、Ｃｒ：１５．７％超え１８．０％以下、Ｍｏ：１．８％以上３．５％以下、Ｃｕ：１．５％以上３

．５％以下、Ｎｉ：２．５％以上６．０％以下、Ａｌ：０．１０％以下、Ｎ：０．１０％以下、Ｏ：０．０１０％以下、Ｗ：０．５％以上２．０％以下、Ｃｏ：０．０１％以上１．５％以下を含有し、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｃｕ、Ｎが特定の関係を満足する組成を有し、さらに体積率で、マルテンサイト相を２５％以上、フェライト相を６５％以下、残留オーステナイト相を４０％以下含有する組織を有する、油井用高強度ステンレス継目無鋼管が提案されている。これにより、降伏強さＹＳ：７５８ＭＰａ以上の強度を備え、かつ、CO_2、Cl^-、H_2Sを含む高温の厳しい腐食環境においても十分な耐食性を示す油井用高強度ステンレス継目無鋼管を得られるとしている。

[0009] また、特許文献５では、質量％で、Ｃ：０．０６％以下、Ｓｉ：１．０％以下、Ｍｎ：０．０１％以上１．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｓ：０．００５％以下、Ｃｒ：１５．２％以上１８．５％以下、Ｍｏ：１．５％以上４．３％以下、Ｃｕ：１．１％以上３．５％以下、Ｎｉ：３．０％以上６．５％以下、Ａｌ：０．１０％以下、Ｎ：０．１０％以下、Ｏ：０．０１０％以下、Ｓｂ：０．００１％以上１．０００％以下を含有し、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｃｕ、Ｎが特定の関係を満足する組成を有し、さらに体積率で、マルテンサイト相を３０％以上、フェライト相を６５％以下、残留オーステナイト相を４０％以下含有する組織を有する、油井用高強度ステンレス継目無鋼管が提案されている。これにより、降伏強さＹＳ：７５８ＭＰａ以上の強度を備え、かつ、CO_2、Cl^-、H_2Sを含む高温の厳しい腐食環境においても十分な耐食性を示す油井用高強度ステンレス継目無鋼管を得られるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：国際公開第２０１３／１４６０４６号

特許文献2：国際公開第２０１７／１６８８７４号

特許文献3：国際公開第２０１８／１５５０４１号

特許文献4：国際公開第２０２１／０６５２６３号

特許文献5：国際公開第２０２１／１８７３３１号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 特許文献１～５で提案されている従来技術によれば、ステンレス鋼の耐食性を向上させることができる。しかし、その性能は依然として十分では無かった。

[0012] すなわち、上述したように、油井用鋼管には、降伏強さと低温靭性に優れることに加え、厳しい腐食環境下での使用に耐え得る高い耐食性を有することが求められている。

[0013] 例えば、油井用鋼管には、炭酸ガス環境下における腐食への耐性（耐炭酸ガス腐食性、CO_2 corrosion resistance）に優れることが求められており、とくに、高温環境下においても耐炭酸ガス腐食性に優れることが求められる。

[0014] また、油井用鋼管には、硫化水素環境下において硫化物応力割れ（Sulfide stress cracking：SSC）が生じない特性（耐ＳＳＣ性、SSC resistance）が求められる。とくに海底油田の場合には、冷たい海水の比重が大きいため海底付近に滞留することから，その地域の大気温度よりも低い温度に油井管が晒される。そのため、油井用鋼管には低温環境下においても耐ＳＳＣ性に優れることが求められる。

[0015] さらに、石油を採掘する際に、石油が貯まっている層（貯留層）の性状（主に浸透率）が悪く、十分な生産量が得られない場合や、貯留層内の目詰まりなどにより予期した生産量が得られない場合がある。そこで、生産性の向上を図る手法の一つとして、貯留層に塩酸などの酸を注入する酸処理（acidizing)が行われることがある。そのため、油井用鋼管には酸環境における耐食性に優れることも求められる。

[0016] しかし、従来の技術では、降伏強さ、低温靭性、高温での耐炭酸ガス腐食性、低温での耐ＳＳＣ性、および酸環境における耐食性を十分な水準で兼ね備えた鋼管は得られていないのが実状であった。

[0017] 特に、特許文献５に記載された技術は、高強度と高温での耐食性、および酸環境における耐食性が得られるとされているが、耐硫化物応力割れ性については必ずしも十分とは言えなかった。その要因は次のように考えられる。すなわち、鋼管製造時の相分率が適切でない場合、熱間加工性が不十分となり、亀裂や割れが鋼管内外面に生じる。このような鋼管が油井にて使用された場合には、腐食性イオンが傷内部に滞留さらには腐食の進行により濃縮した結果、十分な耐ＳＳＣ性が発揮されない。

[0018] 本発明は、このような従来技術の問題を解決し、降伏強さ：７５８ＭＰａ（１１０ｋｓｉ）以上という高強度と、優れた低温靭性および耐食性とを兼ね備えたステンレス継目無鋼管を提供することを目的とする。

[0019] なお、本発明において「優れた耐食性」とは、「高温での耐炭酸ガス腐食性」、「低温での耐ＳＳＣ性」、および「酸環境における耐食性」のすべてに優れることをいうものとする。

[0020] ここで、「高温での耐炭酸ガス腐食性」に優れるとは、オートクレーブ中に保持された試験液：２０質量％ＮａＣｌ水溶液（液温：２００℃、３０気圧のCO_2ガス雰囲気）中に、試験片を浸漬し、浸漬時間を３３６時間として実施した際の腐食速度が０．１２７ｍｍ／ｙ以下であることをいうものとする。

[0021] また、「低温での耐ＳＳＣ性」に優れるとは、０．１６５質量％ＮａＣｌ水溶液（液温：７℃、０．９９５気圧のCO_2ガス、０．００５気圧のH_2S雰囲気）に、酢酸＋酢酸ナトリウムを加えてｐＨ：３．０に調整した水溶液中に、ＮＡＣＥ　ＴＭ０１７７　Ｍｅｔｈｏｄ　Ｃに準拠したＣの形をした試験片を浸漬し、浸漬時間を７２０時間とし、降伏応力の１００％を負荷応力として負荷し、試験後の試験片に割れが発生しないことをいうものとする。

[0022] 「酸環境における耐食性」に優れるとは、８０℃に加熱した１５質量％塩酸溶液中に試験片を浸漬し、浸漬時間を４０分として実施した際の腐食速度が６００ｍｍ／ｙ以下であることをいうものとする。

[0023] 「低温靭性」に優れるとは、－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$が４０J以上であることをいうものとする。前記シャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$は以下の手順で測定する。まず、ＡＳＴＭ　Ｅ２３の規定に準拠して、試験片長手方向が管軸に垂直な方向であり、かつノッチが管軸に垂直な面にあるＶノッチ試験片（１０ｍｍ厚）を一つのステンレス継目無鋼管につき３本採取する。次いで、これらの試験片を用いて、試験温度：－１０℃でシャルピー衝撃試験を行ない、３本の試験片の吸収エネルギーの最低値を、－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$とする。

[0024] 本発明者らは、上記した目的を達成するために、ステンレス鋼の耐食性、特に耐ＳＳＣ性および酸環境における耐食性に及ぼす各種要因について鋭意検討した。その結果、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｓｂ、Ｃｏ、Ｃａを所定量以上含有させる、かつ鋼の相分率に影響するＮｉ量を所定の範囲に制限することにより優れた耐食性を得られることを見出した。

[0025] 本発明は、かかる知見に基づき、さらに検討を加えて完成されたものである。すなわち、本発明の要旨はつぎのとおりである。

[0026] １．質量％で、

Ｃ　：０．０６％以下、

Ｓｉ：１．０％以下、

Ｍｎ：０．０１％以上１．０％以下、

Ｐ　：０．０５％以下、

Ｓ　：０．００５％以下、

Ｃｒ：１５．２％以上１８．０％以下、

Ｍｏ：１．５％以上４．３％以下、

Ｃｕ：１．２％以上３．５％以下、

Ｎｉ：３．５％以上５．２％以下、

Ｖ　：０．５％以下、

Ａｌ：０．１０％以下、

Ｎ　：０．１０％以下、

Ｏ　：０．０１０％以下、

Ｓｂ：０．００１％以上１．０００％以下

Ｃｏ：０．０１％以上１．００％以下、および

Ｃａ：０．００１％以上０．０３０％以下を含有し、

残部がＦｅおよび不可避的不純物からなる成分組成を有し、

体積率で、

マルテンサイト相が３０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が４０％以下であり、

降伏強さが７５８ＭＰａ以上、

－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$が４０Ｊ以上である、ステンレス継目無鋼管。

[0027] ２．前記成分組成が、質量％で、

Ｎｂ：０．０７％以下、

Ｔｉ：０．２％以下、

Ｗ　：０．９％以下、

Ｂ　：０．０１％以下、

Ｔａ：０．３％以下、

Ｚｒ：０．３％以下、

ＲＥＭ：０．３％以下、

Ｍｇ：０．０１％以下、および

Ｓｎ：１．０％以下

からなる群より選択される少なくとも１つをさらに含有する、上記１に記載のステンレス継目無鋼管。

[0028] ３．体積率で、

マルテンサイト相が５０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が２５％以下であり、

降伏強さが８６２ＭＰａ以上である、上記１または２に記載のステンレス継目無鋼管。

[0029] ４．上記１または２に記載の成分組成を有する鋼素材から継目無鋼管を造管し、

前記継目無鋼管を８５０～１１５０℃の焼入温度に加熱し、

前記加熱後の前記継目無鋼管を、０．０１℃／ｓ以上の冷却速度で、５０℃以下の冷却停止温度まで冷却し、

前記冷却後の前記継目無鋼管を、５００～６５０℃の焼戻温度に加熱することにより、

体積率で、

マルテンサイト相が３０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が４０％以下であり、

降伏強さが７５８ＭＰａ以上、

－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$が４０J以上であるステンレス継目無鋼管を製造する、ステンレス継目無鋼管の製造方法。

[0030] ５．体積率で、

マルテンサイト相が５０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が２５％以下であり、

降伏強さが８６２ＭＰａ以上である、上記４に記載のステンレス継目無鋼管の製造方法。

発明の効果

[0031] 本発明によれば、降伏強さ：７５８ＭＰａ（１１０ｋｓｉ）以上という高強度と、優れた低温靭性および耐食性とを兼ね備えたステンレス継目無鋼管を得ることができる。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、本発明について詳細に説明する。

[0033] ［成分組成］

本発明のステンレス継目無鋼管は、上記成分組成を有する。まず、前記成分組成の限定理由について説明する。以下、とくに断らない限り、「質量％」は単に「％」で記す。

[0034] Ｃ：０．０６％以下

Ｃは、製鋼過程で不可避に含有される元素である。０．０６％を超えてＣを含有すると、耐食性が低下する。このため、Ｃ含有量は０．０６％以下とする。Ｃ含有量は、好ましくは０．０５％以下であり、より好ましくは０．０４％以下であり、さらに好ましくは０．０３％以下である。一方、耐食性の観点からはＣ含有量は低いほど好ましいため、Ｃ含有量の下限はとくに限定されない。しかし、脱炭コストの観点からは、Ｃ含有量は０．００２％以上であることが好ましく、０．００３％以上であることがより好ましく、０．００５％以上であることがさらに好ましい。

[0035] Ｓｉ：１．０％以下

Ｓｉは、脱酸剤として作用する元素である。しかし、１．０％を超えてＳｉを含有すると、熱間加工性および耐食性が低下する。このため、Ｓｉ含有量は１．０％以下、好ましくは０．７％以下、より好ましくは０．５％以下、さらに好ましくは０．４％以下とする。一方、Ｓｉ含有量の下限はとくに限定されないが、脱酸効果を高めるという観点からは、Ｓｉ含有量は０．０３％以上とすることが好ましく、０．０５％以上とすることがより好ましく、０．１％以上とすることがさらに好ましい。

[0036] Ｍｎ：０．０１～１．０％

Ｍｎは、脱酸材および脱硫材として作用し、熱間加工性を向上させる元素である。脱酸素および脱硫材としての効果を得るとともに、強度を向上させるために、Ｍｎ含有量は０．０１％以上、好ましくは０．０３％以上、より好ましくは０．０５％以上、さらに好ましくは０．１％以上とする。一方、１．０％を超えてＭｎを含有しても効果が飽和する。このため、Ｍｎ含有量は１．０％以下、好ましくは０．８％以下、より好ましくは０．６％以下、

さらに好ましくは０．４％以下とする。

[0037] Ｐ：０．０５％以下

Ｐは、耐炭酸ガス腐食性および耐ＳＳＣ性を低下させる元素である。所望の耐食性を得るために、Ｐ含有量は０．０５％以下、好ましくは０．０４％以下、より好ましくは０．０３％以下とする。一方、Ｐ含有量はできるだけ低減することが好ましいため、Ｐ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよい。しかし、過度の低減はコストの上昇を招くため、コストの観点からは、Ｐ含有量は０．００５％以上であることが好ましく、０．０１０％以上であることがより好ましい。

[0038] Ｓ：０．００５％以下

Ｓは、熱間加工性を著しく低下させ、熱間造管工程の安定操業を阻害する元素である。また、Ｓは、鋼中では硫化物系介在物として存在し、耐食性を低下させる。そのため、Ｓ含有量は、０．００５％以下、好ましくは０．００４％以下、より好ましくは０．００３％以下、さらに好ましくは０．００２％以下とする。一方、Ｓ含有量はできるだけ低減することが好ましいため、Ｓ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよい。しかし、過度の低減はコストの上昇を招くため、コストの観点からは、Ｓ含有量は０．０００３％以上であることが好ましく、０．００００５％以上であることがより好ましい。

[0039] Ｃｒ：１５．２～１８．０％

Ｃｒは、鋼管表面の保護皮膜を形成して耐食性向上に寄与する元素である。Ｃｒ含有量が１５．２％未満では、所望の耐炭酸ガス腐食性および耐硫化物応力割れ性を確保することができない。このため、Ｃｒ含有量は１５．２％以上、好ましくは１５．５％以上、より好ましくは１６．０％以上、さらに好ましくは１６．３０％以上とする。一方、Ｃｒ含有量が１８．０％を超えると、フェライト分率が高くなりすぎて、所望の強度を確保できなくなる。このため、Ｃｒ含有量は１８．０％以下、好ましくは１７．５％以下、より好ましくは１７．２％以下、さらに好ましくは１７．０％以下とする。

[0040] Ｍｏ：１．５～４．３％

Ｍｏは、鋼管表面の保護皮膜を安定化させて、Ｃｌ⁻や低ｐＨによる孔食に対する抵抗性を増加させ、これにより耐食性を高める。所望の耐食性を得るために、Ｍｏ含有量を１．５％以上、好ましくは１．８％以上、より好ましくは２．０％以上、さらに好ましくは２．３％以上とする。一方、Ｍｏ含有量が４．３％を超える場合、フェライト分率が高くなりすぎて、所望の強度を確保できなくなる。このため、Ｍｏ含有量は４．３％以下、好ましくは４．０％以下、より好ましくは３．５％以下、さらに好ましくは３．０％以下とする。

[0041] Ｃｕ：１．２～３．５％

Ｃｕは、鋼管表面の保護皮膜を強固にし、耐炭酸ガス腐食性および耐硫化物応力割れ性を高める効果を有する。所望の強度および耐食性、特に耐炭酸ガス腐食性を得るために、Ｃｕ含有量を１．２％以上、好ましくは１．８％以上、より好ましくは２．０％以上、さらに好ましくは２．３％以上とする。一方、Ｃｕ含有量が多すぎると鋼の熱間加工性が低下して造管時に外面疵が発生し、所望の耐硫化物応力割れ性が得られなくなる。そのため、Ｃｕ含有量は３．５％以下、好ましくは３．２％以下、より好ましくは３．０％以下、さらに好ましくは２．７％以下とする。

[0042] Ｎｉ：３．５～５．２％

Ｎｉは、鋼の低温靭性を向上させる。また、Ｎｉは、オーステナイト分率の増加に寄与するため、熱間圧延時の熱間加工性に影響する。所望の靭性を得るために、Ｎｉ含有層を３．５％以上、好ましくは３．８％以上、より好ましくは４．０％以上、さらに好ましくは４．３％以上とする。一方、Ｎｉ含有量が５．２％を超える場合、オーステナイト分率が高くなりすぎ、鋼の熱間加工性が低下する。さらにその結果、熱間圧延時に疵を生じやすくなり、所望の耐硫化物応力割れ性が得られない場合がある。このため、Ｎｉ含有量は５．２％以下、好ましくは５．０％以下とする。

[0043] Ｖ：０．５％以下

Ｖは、炭窒化物を形成することで靭性を損なうことなく強度を増加させる元素である。また、Ｖは耐食性を向上させる作用も有している。これは、Ｖが優先的に炭窒化物を形成することにより、Ｃｒなどの耐食性元素が炭窒化物を形成して耐食性に効く有効量が減少することが防止されるためである。しかし、０．５％を超えてＶを含有させても、その効果は飽和する。このため、Ｖ含有量は０．５％以下、好ましくは０．２％以下、さらに好ましくは０．１％以下とする。一方、Ｖ含有量の下限はとくに限定されないが、０．０１％以上とすることが好ましく、０．０３％以上とすることがより好ましい。

[0044] ＡｌＩ：０．１０％以下

ＡｌＩは、脱酸剤として作用する元素である。しかし、０．１０％を超えてＡｌＩを含有すると、耐食性が低下する。このため、ＡｌＩ含有量は０．１０％以下、好ましくは０．０７％以下、より好ましくは０．０５％以下とする。一方、ＡｌＩ含有量の下限はとくに限定されないが、脱酸効果を高めるという観点からは、ＡｌＩ含有量を０．００５％以上とすることが好ましく、０．０１％以上とすることがより好ましく、０．０１５％以上とすることがさらに好ましい。

[0045] Ｎ：０．１０％以下

Ｎは製鋼過程で不可避に含有される元素であるが、鋼の強度を高める元素でもある。しかし、０．１０％を超えてＮを含有すると、窒化物の形成量が過剰となり耐食性が低下する。このため、Ｎ含有量は０．１０％以下、好ましくは０．０７％以下、より好ましくは０．０５％以下、さらに好ましくは０．０３％以下とする。一方、Ｎ含有量の下限はとくに限定されないが、極度のＮ含有量の低減は製鋼コストの増大を招く。そのため、Ｎ含有量は、０．００２％以上とすることが好ましく、０．００３％以上とすることがより好ましく、０．００５％以上とすることがさらに好ましい。

[0046] Ｏ：０．０１０％以下

Ｏ（酸素）は、鋼中では酸化物として存在するため、各種特性に悪影響を

及ぼす。このため、本発明では、Ｏ含有量をできるだけ低減することが望ましい。とくに、Ｏ含有量が０．０１０％を超えると熱間加工性および耐食性が低下する。このため、Ｏ含有量は０．０１０％以下とする。しかし、過度の低減はコストの上昇を招くため、コストの観点からは、Ｏ含有量は０．０００５％以上であることが好ましく、０．００１％以上であることがより好ましい。

[0047] Ｓｂ：０．００１～１．０００％

Ｓｂは、酸環境における耐食性を向上させるために必要な元素である。所望の耐食性を得るために、Ｓｂ含有量を０．００１％以上、好ましくは０．００３％以上、より好ましくは０．００５％以上、さらに好ましくは０．０１０％以上とする。一方、Ｓｂを１．０００％超えて含有させても効果が飽和する。そのため、Ｓｂ含有量は１．０００％以下、好ましくは０．５００％以下、より好ましくは０．１００％以下、さらに好ましくは０．０５０％以下とする。

[0048] Ｃｏ：０．０１～１．００％

Ｃｏは、耐食性を向上させる元素である。所望の耐食性を得るために、Ｃｏ含有量を０．０１％以上、好ましくは０．０３％以上、より好ましくは０．０５％以上とする。一方、Ｃｏは１．００％超えて含有させても効果が飽和する。そのため、Ｃｏ含有量は１．００％以下、好ましくは０．５０％以下、より好ましくは０．３０％以下、さらに好ましくは０．１０％以下とする。

[0049] Ｃａ：０．００１～０．０３０％

Ｃａは、硫化物の形態制御を介して熱間加工性を向上させる元素であり、造管時の疵発生を抑制することで、鋼管における耐ＳＳＣ性の改善に寄与する。前記効果を得るために、Ｃａ含有量を０．００１％以上、好ましくは０．００３％以上、より好ましくは０．００５％以上、より好ましくは０．０１０％超、さらに好ましくは０．０１２％以上、最も好ましくは０．０１４％以上とする。一方、０．０３０％を超えてＣａを含有しても効果が飽和し

、含有量に見合う効果が期待できない。そのため、Ｃａ含有量は０．０３０％以下、好ましくは０．０２５％以下、より好ましくは０．０２０％以下である。

[0050] 本発明の一実施形態におけるステンレス継目無鋼管は、以上の成分を含み、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなる成分組成を有する。

[0051] 本発明の他の実施形態においては、上記成分組成が、さらに任意にＮｂ、Ｔｉ、Ｗ、Ｂ、Ｔａ、Ｚｒ、ＲＥＭ、Ｍｇ、およびＳｎからなる群より選択される少なくとも１つを含有することができる。Ｎｂ、Ｔｉ、Ｗ、Ｂ、Ｔａ、Ｚｒ、ＲＥＭ、Ｍｇ、およびＳｎは、任意選択的に含有できる鋼成分であり、これらの成分の含有量は０％であってもよい。

[0052] Ｎｂ：０．０７％以下

Ｎｂは、炭窒化物を形成し、強度および耐食性をさらに向上させる元素であり、必要に応じて含有することができる。しかし、Ｎｂの炭窒化物は低温靭性を低下させやすいため、Ｎｂを添加する場合、Ｎｂ含有量は０．０７％以下、好ましくは０．０３％以下、より好ましくは０．０１％以下とする。一方、Ｎｂ含有量の下限は０％であってよいが、Ｎｂの添加効果を高めるという観点からは、Ｎｂ含有量を０．００１％以上とすることが好ましい。

[0053] Ｔｉ：０．２％以下

Ｔｉは、強度および耐食性をさらに向上させる元素であり、必要に応じて含有することができる。しかし、Ｔｉを０．２％超えて含有すると、低温靭性が低下する。このため、Ｔｉを添加する場合、Ｔｉ含有量は０．２％以下、好ましくは０．０５％以下、より好ましくは０．０１％以下とする。一方、Ｔｉ含有量の下限は０％であってよいが、Ｔｉの添加効果を高めるという観点からは、Ｔｉ含有量を０．００１％以上とすることが好ましい。

[0054] Ｗ：０．９％以下

Ｗは、鋼のさらなる強度向上に寄与するとともに、鋼管表面の保護皮膜を安定化させて耐食性をさらに高める元素である。しかし、０．９％を超えてＷを含有すると、低温靭性が低下する。このため、Ｗを添加する場合、Ｗ含

有量は０．９％以下、好ましくは０．５％以下、より好ましくは０．３％以下とする。一方、W含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．０５％以上とすることが好ましく、０．１％以上とすることがより好ましい。

[0055] Ｂ：０．０１％以下

Ｂは、熱間加工性の改善に寄与するとともに、造管過程において亀裂や割れの発生を抑制する効果も有する元素である。しかし、０．０１％を超えてＢを含有すると、低温靭性が低下する。このため、Ｂを添加する場合、Ｂ含有量は０．０１％以下、好ましくは０．００７％以下、より好ましくは０．００５％以下とする。一方、Ｂ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．０００５％以上とすることが好ましく、０．００１％以上とすることがより好ましい。

[0056] Ｔａ：０．３％以下

Ｔａは、強度をさらに向上させるとともに、耐食性をさらに向上させる効果を有する元素であり、必要に応じて含有することができる。しかし、０．３％を超えて含有させても効果が飽和する。このため、Ｔａを添加する場合、Ｔａ含有量を０．３％以下とする。一方、Ｔａ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．００１％以上とすることが好ましい。

[0057] Ｚｒ：０．３％以下

Ｚｒは、強度をさらに向上させる元素であり、必要に応じて含有することができる。また、Ｚｒは耐ＳＳＣ性をさらに改善する効果も有する。しかし、０．３％を超えてＺｒを含有しても効果が飽和する。このため、Ｚｒを添加する場合、Ｚｒ含有量を０．３％以下とする。一方、Ｚｒ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．０００５％以上とすることが好ましい。

[0058] ＲＥＭ：０．３％以下

ＲＥＭ（希土類金属）は、硫化物の形態制御を介して耐硫化物応力割れ性のさらなる改善に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。しかし、

０．３％超えて含有しても効果が飽和し、含有量に見合う効果が期待できなくなる。このため、ＲＥＭを添加する場合、ＲＥＭ含有量を０．３％以下とする。一方、ＲＥＭ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．０００５％以上とすることが好ましい。なお、本発明でいうＲＥＭとは、原子番号２１番のスカンジウム（Ｓｃ）と原子番号３９番のイットリウム（Ｙ）及び、原子番号５７番のランタン（Ｌａ）から７１番のルテチウム（Ｌｕ）までのランタノイドである。本発明のステンレス継目無鋼管の成分組成は、上記ＲＥＭの少なくとも１つを任意に含有することができる。本発明におけるＲＥＭ含有量とは、前記元素の総含有量である。

[0059] Ｍｇ：０．０１％以下

Ｍｇは、耐食性をさらに向上させる元素であり、必要に応じて含有できる。しかし、０．０１％を超えて含有しても、効果が飽和し、含有量に見合う効果を期待できない。このため、Ｍｇを添加する場合、Ｍｇ含有量を０．０１％以下とする。一方、Ｍｇ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．０００５％以上とすることが好ましい。

[0060] Ｓｎ：１．０％以下

Ｓｎは、耐食性をさらに向上させる元素であり、必要に応じて含有できる。しかし、１．０％を超えて含有しても、効果が飽和し、含有量に見合う効果が期待できない。このため、Ｓｎを含有する場合、Ｓｎ含有量を１．０％以下とする。一方、Ｓｎ含有量の下限はとくに限定されず、０％であってよいが、０．００１％以上とすることが好ましい。

[0061] ［組織］

次に、本発明のステンレス継目無鋼管の組織の限定理由について説明する。

[0062] 本発明の一実施形態におけるステンレス継目無鋼管は、体積率で、マルテンサイト相が３０％以上、フェライト相が５０％以下、および残留オーステナイト相が４０％以下である。

[0063] マルテンサイト相：３０％以上

マルテンサイト相の体積率が３０％未満であると、所望の強度を確保することができない。そのため、マルテンサイト相の体積率は、３０％以上、好ましくは４０％以上、より好ましくは４５％以上、さらに好ましくは５０％以上とする。一方、マルテンサイト相の体積率の上限はとくに限定されないが、９０％以下とすることが好ましく、８５％以下とすることがより好ましい。

[0064] フェライト相：５０％以下

フェライト相を含有することにより、硫化物応力腐食割れおよび硫化物応力割れの進展を抑制することができ、優れた耐食性が得られる。しかし、フェライト相の体積率が５０％を超えると、所望の強度を確保できない。そのため、フェライト相の体積率を５０％以下、好ましくは４０％以下、より好ましくは３５％以下とする。一方、フェライト相の体積率の下限はとくに限定されないが、１０％以上とすることが好ましく、１５％以上とすることがより好ましく、２０％以上とすることがさらに好ましい。

[0065] 残留オーステナイト相：４０％以下

残留オーステナイト相の存在により、延性および低温靭性が向上する。しかし、体積率で４０％を超える多量のオーステナイト相が析出すると、所望の強度を確保できない。このため、残留オーステナイト相は体積率で４０％以下、好ましくは３０％以下、より好ましくは２５％以下とする。一方、残留オーステナイト相の体積率の下限はとくに限定されないが、３％以上とすることが好ましく、５％以上とすることがより好ましい。

[0066] ここで、上記各相の体積率の測定は、次の方法で行うことができる。まず、ステンレス継目無鋼管より採取した組織観察用試験片をビレラ試薬（ピクリン酸、塩酸およびエタノールをそれぞれ２ｇ、１０ｍｌおよび１００ｍｌの割合で混合した試薬）で腐食する。次いで、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）を用いて前記組織観察用試験片の組織を倍率１０００倍で撮像し、ＳＥＭ画像を得る。得られたＳＥＭ画像を画像解析ソフトウェア（ＩｍａｇｅＪ　１．５２ｐ，Ｎａｔｉｏｎａｌ　Ｉｎｓｔｉｔｕｔｅ　ｏｆ　Ｈｅａｌｔｈ）

を用いて解析し、フェライト相の組織分率（面積率（％））を算出する。前記解析においては、ＳＥＭ画像を２値化し、輝度が小さい領域をフェライト相と見なす。以上の手順で得た面積率をフェライト相の体積率（％）と定義する。

[0067] 次に、ステンレス継目無鋼管より採取したＸ線回折用試験片を、管軸方向に直交する断面（Ｃ断面）が測定面となるように、研削および研磨し、Ｘ線回折法を用いて残留オーステナイト（γ）相の組織分率を測定する。具体的には、残留オーステナイト相の体積率は、オーステナイトの（２２０）面およびフェライトの（２１１）面の積分強度から、次式を用いて算出する。

Ｖγ（％）＝１００／（１＋（Ｉαｒγ／Ｉγｒα））

ここで、

Ｖγ：残留オーステナイト相の体積率、

Ｉα：フェライトの（２１１）面の積分強度、

Ｉγ：オーステナイトの（２２０）面の積分強度、

ｒα：αの結晶学的理論計算値（34.15）、

ｒγ：γの結晶学的理論計算値（22.33）である。

[0068] また、上記測定方法により求めたフェライト相および残留γ相以外の残部を、マルテンサイト相の分率とする。なお、上記の各組織の観察方法は、後述の実施例でも詳述している。

[0069] なお、本発明のステンレス継目無鋼管の組織は、実質的にマルテンサイト相、フェライト相、および残留オーステナイト相からなる。すなわち、前記組織は本発明の作用効果を損なわない範囲で、他の組織を含有していてもよい。前記他の組織としては、例えば、金属間化合物および介在物が挙げられる。

[0070] 言い換えると、本発明の一実施形態におけるステンレス継目無鋼管は、体積率で、

５０％以下のフェライト相、および

４０％以下の残留オーステナイト相を含み、残部が実質的にマルテンサ

イト相からなり、かつ、

前記マルテンサイト相の体積率が３０％以上である組織を備えるものであってもよい。

[0071] また、本発明の他の実施形態におけるステンレス継目無鋼管は、体積率で、

３０％以上のマルテンサイト相、

５０％以下のフェライト相、および

４０％以下の残留オーステナイト相からなる組織を備えるものであってもよい。

[0072] ただし、いずれの場合であっても、上記組織には、不可避的に存在する不純物相が含まれることが許容される。

[0073] 降伏強さ：７５８ＭＰａ以上

本発明のステンレス継目無鋼管は、７５８ＭＰａ以上の降伏強さを有する。前記降伏強さの上限はとくに限定されないが、１０３４ＭＰａ以下であることが好ましい。前記降伏強さは引張試験により測定することができる。より具体的には、実施例に記載した方法で測定することができる。

[0074] vE_{-10}：４０J以上

本発明のステンレス継目無鋼管は、－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーvE_{-10}が４０J以上である。前記シャルピー吸収エネルギーvE_{-10}は高いほどよいため、上限はとくに限定されないが、例えば、３００Ｊ以下であってよく、２５０Ｊ以下であってもよい。前記シャルピー吸収エネルギーはシャルピー衝撃試験により測定することができる。より具体的には、実施例に記載した方法で測定することができる。

[0075] 本発明のステンレス継目無鋼管は、とくに限定されることなく任意の用途に用いることができるが、中でも油井用として極めて好適に用いることができる。すなわち、本発明の一実施形態におけるステンレス継目無鋼管は、油井用ステンレス継目無鋼管（油井用高強度ステンレス継目無鋼管）である。

[0076] ［製造方法］

次に、本発明のステンレス継目無鋼管の好適な製造方法について説明する。

[0077] 本発明のステンレス継目無鋼管は、鋼素材から継目無鋼管を造管し、前記継目無鋼管に特定の条件で焼入れ－焼戻処理を施すことにより製造することができる。

[0078] 上記鋼素材としては、とくに限定されることなく任意の素材を用いることができる。前記鋼素材としては、典型的にはビレットを用いられる。前記鋼素材としては、上述した成分組成を有する素材を用いることができる。

[0079] 前記鋼素材の製造方法はとくに限定されず、任意の方法で製造することができる。例えば、上述した成分組成を有する溶鋼を、転炉等を用いた常用の溶製方法で溶製し、次いで、連続鋳造法、造塊－分塊圧延法等の方法でビレット等の鋼素材とすることができる。

[0080] ［造管］

上記鋼素材を造管して継目無鋼管とする。前記造管の方法はとくに限定されず、任意の方法で行うことができる。前記造管は、熱間加工により行うことが好ましい。熱間加工により造管を行う場合は、鋼素材を加熱した後、熱間加工により継目無鋼管とすればよい。前記加熱における加熱温度はとくに限定されないが、造管の際の熱間加工性と最終製品の低温靭性とを高い水準で両立させるという観点からは、１１００～１３５０℃とすることが好ましい。

[0081] 鋼素材を加工して継目無鋼管とする方法としては、とくに限定されず任意の方法を用いることができる。例えば、マンネスマン－プラグミル法およびマンネスマン－マンドレルミル法のいずれかの方法により継目無鋼管を得ることができる。

[0082] 熱間加工により造管を行った場合には、造管後に冷却処理を行ってもよい。前記冷却処理は、とくに限定されることなく任意の条件で行うことができる。例えば、熱間加工後、室温まで冷却することが好ましい。前記冷却における冷却速度はとくに限定されず、任意の速度で冷却することができる。例

えば、空冷程度の冷却速度で冷却してもよい。

[0083] ［焼入れ－焼戻処理］

次いで、得られた継目無鋼管に対して、特定の条件で、焼入れ処理と焼戻処理とからなる熱処理（焼入れ－焼戻処理）を施す。以下、焼入れ－焼戻処理の条件について説明する。

[0084] ・焼入れ処理

まず、継目無鋼管を８５０～１１５０℃の焼入温度に加熱し、加熱された前記継目無鋼管を、０．０１℃／ｓ以上の冷却速度で、５０℃以下の冷却停止温度まで冷却する。

[0085] 焼入温度：８５０～１１５０℃

焼入れ処理における加熱温度（焼入温度）が８５０℃未満では、マルテンサイトからオーステナイトへの逆変態が起こらず、また冷却時にオーステナイトからマルテンサイトへの変態が起こらず、所望の強度を確保できない。そのため、焼入温度は８５０℃以上、好ましくは９００℃以上とする。一方、焼入温度が１１５０℃より高いと、結晶粒が粗大化し、その結果、低温靭性が劣化する。そのため、焼入温度は１１５０℃以下、好ましくは１１００℃以下とする。

[0086] 上記焼入れ処理においては、継目無鋼管を前記焼入温度まで加熱した後、該焼入温度に保持する均熱処理を行ってもよい。均熱処理を行うことにより、継目無鋼管の肉厚方向における温度を均一化し、材質のバラツキを低減することができる。焼入温度に保持する時間（均熱時間）はとくに限定されないが、５～３０分とすることが好ましい。

[0087] 冷却速度：０．０１℃／ｓ以上

焼入れ処理における冷却速度が０．０１℃／ｓ未満であると、所望の組織を得ることができない。そのため、冷却速度は０．０１℃／ｓ以上、好ましくは１．０℃／ｓ以上、より好ましくは５．０℃／ｓ以上、さらに好ましくは１０．０℃／ｓ以上とする。一方、前記冷却速度の上限についてはとくに限定されないが、１００℃／ｓ以下とすることが好ましく、５０℃／ｓ以下

とすることがより好ましく，３０℃／ｓ以下とすることがさらに好ましい。

[0088] 上記冷却は、特に限定されることなく、任意の方法で行うことができる。例えば、前記冷却は、空冷および水冷の少なくとも一方の方法で行うことが好ましく、水冷で行うことがより好ましい。

[0089] 冷却停止温度：５０℃以下

冷却停止温度が５０℃より高いと、所望の組織を得ることができない。すなわち、冷却停止温度が高いと、オーステナイトからマルテンサイトへの変態が十分に起こらず、残留オーステナイト分率が過剰となる。そのため、上記焼入れ処理における冷却停止温度は、５０℃以下とする。一方、前記冷却停止温度の下限はとくに限定されないが、例えば、０℃以上であってよい。なお、ここで前記冷却停止温度は、継目無鋼管の表面温度とする。

[0090] ・焼戻処理

次いで、上記焼入れ処理後の継目無鋼管を、５００～６５０℃の焼戻温度に加熱する焼戻し処理を行う。

[0091] 焼戻温度：５００～６５０℃

焼戻温度が５００℃未満であると、十分な焼戻効果を得ることができず、その結果、低温靭性が劣化する。そのため、焼戻温度は５００℃以上、好ましくは５２０℃以上とする。一方、焼戻温度が６５０℃より高いと、金属間化合物が多く析出し、優れた低温靭性が得られない。そのため、焼戻温度は６５０℃以下、好ましくは６３０℃以下とする。

[0092] 上記焼戻し処理においては、継目無鋼管を前記焼戻温度まで加熱した後、該焼戻温度に保持することができる。前記焼戻温度に保持する時間（保持時間）はとくに限定されないが、肉厚方向における温度を均一化し、材質の変動を防止するという観点からは、５分以上とすることが好ましい。一方、前記保持時間の上限についてもとくに限定されないが、９０分以下とすることが好ましい。

[0093] 上記焼戻し処理を行った後は、放冷することができる。

[0094] 上記焼入れ－焼戻処理を施すことにより、所望の強度を有するとともに、

優れた低温靭性および耐食性とを兼ね備えたステンレス継目無鋼管を得ることができる。

実施例

[0095] 以下、実施例に基づき、さらに本発明について説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されない。

[0096] まず、以下の手順で表１～３に示す成分組成を有する鋼素材から継目無鋼管を造管した。

[0097] 表１～３に示す成分組成を有する溶鋼を用いて鋼素材を鋳造した。その後、前記鋼素材を加熱し、モデルシームレス圧延機を用いる熱間加工により造管して、外径１７７．８ｍｍ×肉厚１６．０ｍｍの継目無鋼管とし、空冷した。このとき、熱間加工前の鋼素材の加熱温度は１２５０℃とした。

[0098] 次いで、得られた継目無鋼管に、以下の条件で焼入れ－焼戻処理を施して、ステンレス継目無鋼管を得た。

[0099] ・焼入れ

得られた継目無鋼管に対して、表４～６に示す条件で焼入れ処理を施した。すなわち、前記継目無鋼管を表４～６に示す焼入温度まで加熱し、表４～６に示した均熱時間の間、該焼入温度に保持した。次いで、表４～６に示した冷却速度で、５℃の冷却停止温度まで冷却した。前記冷却は水冷で行った。

[0100] ・焼戻し

その後、前記冷却後の継目無鋼管を、表４～６に示した焼戻温度まで加熱し、表４～６に示した保持時間の間、該焼戻温度に保持した。その後、前記継目無鋼管を空冷（放冷）した。前記空冷における冷却速度は０．０４℃／ｓであった。

[0101] 得られたステンレス継目無鋼管から試験片を採取し、組織観察、引張試験、シャルピー衝撃試験、および耐食性試験を実施した。試験方法は次の通りとした。

[0102] （１）組織観察

得られたステンレス継目無鋼管から、管軸方向と肉厚方向を含む断面が観察面となるように組織観察用試験片を採取した。得られた組織観察用試験片をビレラ試薬（ピクリン酸、塩酸およびエタノールをそれぞれ２ｇ、１０ｍｌおよび１００ｍｌの割合で混合した試薬）で腐食して走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）で組織を倍率１０００倍で撮像し、ＳＥＭ画像を得た。得られたＳＥＭ画像を画像解析ソフトウェア（ＩｍａｇｅＪ　１．５２ｐ，Ｎａｔｉｏｎａｌ　Ｉｎｓｔｉｔｕｔｅ　ｏｆ　Ｈｅａｌｔｈ）を用いて解析し、フェライト相の組織分率（面積率（％））を算出した。前記解析においては、ＳＥＭ画像を２値化し、輝度が小さい領域をフェライト相と見なした。以上の手順で得た面積率をフェライト相の体積率（％）とした。

[0103] また、得られたステンレス継目無鋼管から、Ｘ線回折用試験片を採取し、管軸方向に直交する断面（Ｃ断面）が測定面となるように、研削および研磨し、Ｘ線回折法を用いて残留オーステナイト（γ）相の組織分率を測定した。具体的には、残留オーステナイト相の体積率は、オーステナイトの（２２０）面およびフェライトの（２１１）面の積分強度から、次式を用いて算出した。

Ｖγ（％）＝１００／（１＋（Ｉα Ｒγ／Ｉγ Ｒα））

ここで、

Ｖγ：残留オーステナイト相の体積率、

Ｉα：フェライトの（２１１）面の積分強度、

Ｉγ：オーステナイトの（２２０）面の積分強度、

Ｒα：αの結晶学的理論計算値（34.15）、

Ｒγ：γの結晶学的理論計算値（22.33）である。

[0104] 以上の手順で得た各相の体積率を表４～６に示す。なお、表４～６に記載した組織の記号Ｍ、Ｆ、およびγは、それぞれ以下の相を表す。

Ｍ：マルテンサイト相

Ｆ：フェライト相

γ：残留オーステナイト相

[0105] （２）引張試験

得られたステンレス継目無鋼管から、管軸方向が引張方向となるように、ＡＰＩ(American Petroleum Institute)－５ＣＴの規定に準拠して弧状引張試験片を採取し、引張試験を実施し、降伏強さ（ＹＳ）を求めた。ここでは、降伏強さＹＳが７５８ＭＰａ以上のものを高強度であるとして合格とし、７５８ＭＰａ未満のものは不合格とした。

[0106] （３）シャルピー衝撃試験

低温靭性を評価するために、以下の手順でシャルピー衝撃試験を実施した。

[0107] まず、得られたステンレス継目無鋼管から、ＡＳＴＭ　Ｅ２３の規定に準拠して、試験片長手方向が管軸に垂直な方向であり，かつノッチが管軸に垂直な面にあるＶノッチ試験片（１０ｍｍ厚）を採取した。前記試験片を用い、試験温度：－１０℃においてシャルピー衝撃試験を実施した。上記試験においては、一つのステンレス継目無鋼管につき３本の試験片を採取し、それぞれの試験片について吸収エネルギーを測定した。３本の試験片の吸収エネルギーの最低値を、－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーvE_{-10}とした。vE_{-10}が４０J以上である場合を合格とした。

[0108] （４）耐炭酸ガス腐食性試験

高温での耐炭酸ガス腐食性を評価するために、以下の試験を行った。

[0109] 得られたステンレス継目無鋼管から、厚さ３ｍｍ×幅３０ｍｍ×長さ４０ｍｍの腐食試験片を機械加工によって作製した。前記腐食試験片を用いて腐食試験を実施し、耐炭酸ガス腐食性の指標としての腐食速度を測定した。前記腐食試験は、オートクレーブ中に保持された試験液：２０質量％ＮａＣＩ水溶液（液温：２００℃、３０気圧のCO_2ガス雰囲気）中に、上記腐食試験片を浸漬し、浸漬期間を１４日間（３３６時間）として実施した。前記腐食試験後の腐食試験片の重量を測定し、予め測定しておいた腐食試験前の前記試験片の重量を差し引くことにより、腐食試験による重量減少量を求めた。次に、前記重量減少量を、使用した試験片の表面積と前記浸漬期間で割るこ

とにより、単位時間・単位面積あたりの重量減少量を得た。そして、前記単位時間・単位面積あたりの重量減少量を鋼の密度で割ることにより、単位時間・単位面積あたりの腐食厚さに換算した。このようにして得られた単位時間・単位面積あたりの腐食厚さ（ｍｍ／ｙ）を炭酸ガス中の腐食速度とした。ここでは、前記腐食速度が０．１２７ｍｍ／ｙ以下のものを合格とし、０．１２７ｍｍ／ｙ超えのものを不合格とした。

[0110] （５）耐ＳＳＣ試験

低温での耐ＳＳＣ性を評価するために、以下の試験を行った。

[0111] 得られたステンレス継目無鋼管から、ＮＡＣＥ　ＴＭ０１７７　Ｍｅｔｈｏｄ　Ｃに準拠して、Ｃの形をした試験片を機械加工によって作製し、耐ＳＳＣ試験を実施した。なお、鋼管内外面に相当する曲面に対しては研削や研磨は行っていない。

[0112] 前記耐ＳＳＣ試験は、０．１６５質量％ＮａＣｌ水溶液（液温：７℃、０．９９５気圧のCO_2ガス、０．００５気圧のH_2S雰囲気）に、酢酸＋酢酸ナトリウムを加えてｐＨ：３．０に調整した水溶液中に、ＮＡＣＥ　ＴＭ０１７７　Ｍｅｔｈｏｄ　Ｃに準拠したＣの形をした試験片を浸漬し、浸漬時間を７２０時間とし、降伏応力の１００％を負荷応力として負荷して実施した。ここでは、割れ無のものを合格、割れ有のものを不合格とし、表４～６においては合格を「１」、不合格を「２」で示した。

[0113] （６）酸環境での腐食試験

酸環境における耐食性を評価するために、以下の試験を行った。

[0114] まず、得られたステンレス継目無鋼管から、直方体形状の試験片を機械加工により作成した。前記試験片の寸法は、鋼管の長手方向長さが５０ｍｍ、鋼管の肉厚方向の厚さが３ｍｍ、幅が２５ｍｍとした。前記試験片の重量を測定した後、８０℃に加熱した１５質量％塩酸溶液中に前記試験片を４０分間浸漬して腐食試験を実施した。前記腐食試験後の試験片の重量を測定し、腐食試験前の前記試験片の重量を差し引くことにより、腐食試験による重量減少量を求めた。次に、前記重量減少量を、使用した試験片の表面積と前記

腐食試験における浸漬時間で割ることにより、単位時間・単位面積あたりの重量減少量を得た。そして、前記単位時間・単位面積あたりの重量減少量を鋼の密度で割ることにより、単位時間・単位面積あたりの腐食厚さに換算した。このようにして得られた単位時間・単位面積あたりの腐食厚さ（ｍｍ／ｙ）を酸環境中の腐食速度とした。ここでは、前記腐食速度が６００ｍｍ／ｙ以下であるものを合格とし、６００ｍｍ／ｙ超えのものを不合格とした。

[0115] （７）熱間加工性

さらに、得られたステンレス継目無鋼管の熱間加工性を評価するために、以下の評価を行った。上記耐ＳＳＣ試験の試験片の鋼管外面側にあたる面における疵深さを、超音波探傷により測定した。測定された疵深さの最大値に基づいて、以下の３水準で熱間加工性を評価した。

１：最大疵深さが０．１ｍｍ以下

２：最大疵深さが０．１ｍｍ超、０．２ｍｍ以下

３：最大疵深さが０．２ｍｍ超

[0116] 得られた結果を表４～６に示す。表４～６に示した結果から分かるように、本発明の条件を満たすステンレス継目無鋼管は、いずれも、降伏強さ：７５８ＭＰａ（１１０ｋｓｉ）以上という高強度と、優れた低温靭性および耐食性とを兼ね備えていた。特に耐食性については、「高温での耐炭酸ガス腐食性」、「低温での耐ＳＳＣ性」、および「酸環境における耐食性」のすべてに優れていた。したがって、本発明のステンレス継目無鋼管は、油井用鋼管を初めとする様々な用途に極めて好適に用いることができる。

[0117] さらに、Ｃａ含有量が０．０１０％超である発明例では、疵深さの最大値が０．１ｍｍ以下であった。この結果は、特にＣａ含有量が０．０１０％超である場合に、熱間加工性が著しく優れることを表している。したがって、Ｃａ含有量が０．０１０％超であれば、低温での耐ＳＳＣ性に一層優れるといえる。

[0118]

[表1]

表1

鋼種	成分組成（質量%）*																備考
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Ni	V	Al	N	O	Sb	Co	Ca	その他	
A	0.013	0.28	0.28	0.015	0.0010	16.57	2.56	2.46	4.79	0.050	0.022	0.016	0.002	0.017	0.08	0.0076	−	適合鋼
B	0.013	0.32	0.31	0.017	0.0018	16.71	2.52	2.60	4.66	0.048	0.022	0.016	0.002	0.015	0.08	0.0163	−	適合鋼
C	0.009	0.28	0.31	0.016	0.0020	16.62	2.56	2.52	4.57	0.049	0.027	0.013	0.002	0.018	0.08	0.0172	−	適合鋼
D	0.052	0.32	0.30	0.016	0.0007	16.60	2.45	2.47	4.67	0.048	0.024	0.013	0.003	0.015	0.10	0.0107	−	適合鋼
E	0.010	0.45	0.31	0.016	0.0009	16.75	2.50	2.41	4.41	0.051	0.021	0.012	0.002	0.015	0.11	0.0118	−	適合鋼
F	0.010	0.81	0.33	0.015	0.0007	16.50	2.31	2.35	4.75	0.038	0.029	0.010	0.002	0.012	0.08	0.0102	−	適合鋼
G	0.007	0.29	0.53	0.015	0.0008	16.68	2.51	2.40	4.48	0.050	0.026	0.012	0.002	0.017	0.10	0.0117	−	適合鋼
H	0.008	0.28	0.83	0.014	0.0010	16.57	2.42	2.40	4.58	0.058	0.029	0.011	0.002	0.010	0.09	0.0087	−	適合鋼
I	0.007	0.31	0.04	0.015	0.0007	16.64	2.54	2.56	4.41	0.052	0.030	0.014	0.002	0.017	0.11	0.0077	−	適合鋼
J	0.012	0.30	0.27	0.014	0.0009	17.53	2.41	2.54	4.63	0.053	0.023	0.013	0.002	0.016	0.08	0.0127	−	適合鋼
K	0.007	0.27	0.31	0.014	0.0012	15.56	2.45	2.41	4.65	0.049	0.025	0.011	0.002	0.018	0.11	0.0109	−	適合鋼
L	0.007	0.31	0.33	0.015	0.0013	16.63	2.80	2.54	4.63	0.050	0.023	0.012	0.003	0.018	0.12	0.0098	−	適合鋼
M	0.011	0.32	0.31	0.015	0.0013	16.73	1.78	2.40	4.59	0.048	0.024	0.012	0.002	0.012	0.11	0.0111	−	適合鋼
N	0.012	0.30	0.33	0.014	0.0008	16.61	2.56	2.95	4.63	0.050	0.022	0.011	0.003	0.014	0.12	0.0078	−	適合鋼
O	0.008	0.32	0.28	0.013	0.0010	16.70	2.51	1.64	4.46	0.050	0.020	0.012	0.002	0.016	0.12	0.0090	−	適合鋼
P	0.011	0.28	0.27	0.016	0.0009	16.61	2.40	2.49	4.96	0.049	0.028	0.012	0.003	0.018	0.11	0.0092	−	適合鋼
Q	0.010	0.31	0.28	0.016	0.0009	16.67	2.40	2.57	3.87	0.048	0.024	0.015	0.002	0.017	0.08	0.0079	−	適合鋼
R	0.012	0.15	0.17	0.013	0.0010	16.58	2.29	2.31	4.58	0.360	0.025	0.013	0.003	0.009	0.10	0.0066	−	適合鋼
S	0.011	0.28	0.31	0.014	0.0008	16.57	2.47	2.58	4.50	0.048	0.026	0.048	0.002	0.016	0.09	0.0124	−	適合鋼
T	0.010	0.29	0.28	0.016	0.0009	16.60	2.46	2.44	4.60	0.051	0.026	0.011	0.002	0.052	0.12	0.0084	−	適合鋼

＊　残部はFeおよび不可避的不純物

[0119] [表2]

表2

鋼種	成分組成（質量%）*																	備考
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Ni	V	Al	N	O	Sb	Co	Ca	その他	
U	0.007	0.11	0.13	0.015	0.0013	16.33	2.19	2.22	4.39	0.038	0.053	0.023	0.003	0.689	0.016	0.0093	–	適合鋼
V	0.009	0.29	0.29	0.016	0.0013	16.58	2.44	2.52	4.63	0.048	0.023	0.014	0.002	0.005	0.11	0.0079	–	適合鋼
W	0.011	0.28	0.27	0.017	0.0012	16.63	2.45	2.58	4.43	0.049	0.023	0.014	0.002	0.014	0.32	0.0114	–	適合鋼
X	0.010	0.32	0.30	0.014	0.0007	16.61	2.59	2.50	4.41	0.048	0.030	0.010	0.002	0.016	0.05	0.0072	–	適合鋼
Y	0.007	0.31	0.31	0.015	0.0008	16.62	2.55	2.55	4.71	0.048	0.028	0.011	0.003	0.012	0.09	0.0037	–	適合鋼
Z	0.011	0.28	0.29	0.014	0.0008	16.69	2.40	2.46	4.46	0.051	0.027	0.014	0.003	0.015	0.11	0.0088	Nb:0.005, Ti:0.004	適合鋼
AA	0.007	0.33	0.31	0.014	0.0009	16.72	2.40	2.52	4.69	0.050	0.028	0.010	0.003	0.015	0.12	0.0083	W:0.45, B:0.0026	適合鋼
AB	0.010	0.29	0.28	0.016	0.0013	16.58	2.46	2.41	4.57	0.051	0.024	0.013	0.003	0.012	0.12	0.0087	REM:0.023	適合鋼
AC	0.013	0.29	0.30	0.015	0.0007	16.60	2.54	2.54	4.62	0.049	0.022	0.013	0.002	0.013	0.11	0.0081	Nb:0.002, Sn:0.019	適合鋼
AD	0.011	0.29	0.29	0.017	0.0007	16.62	2.40	2.52	4.57	0.049	0.025	0.015	0.002	0.014	0.11	0.0103	Ta:0.14, Zr:0.22 Mg:0.004	適合鋼
AE	0.067	0.32	0.30	0.013	0.0013	16.64	2.58	2.44	4.57	0.047	0.025	0.014	0.003	0.016	0.11	0.0091	–	比較鋼
AF	0.007	0.31	0.33	0.016	0.0007	18.41	2.51	2.53	4.66	0.047	0.021	0.015	0.002	0.012	0.11	0.0078	–	比較鋼
AG	0.009	0.31	0.31	0.017	0.0010	14.89	2.43	2.43	4.64	0.048	0.025	0.013	0.003	0.014	0.08	0.0113	–	比較鋼
AH	0.012	0.32	0.32	0.016	0.0012	16.64	4.61	2.49	4.42	0.047	0.024	0.012	0.002	0.016	0.11	0.0103	–	比較鋼
AI	0.007	0.31	0.29	0.017	0.0011	16.62	1.32	2.42	4.61	0.047	0.025	0.015	0.002	0.014	0.09	0.0080	–	比較鋼
AJ	0.009	0.32	0.29	0.017	0.0011	16.70	2.54	3.83	4.70	0.053	0.022	0.014	0.002	0.017	0.12	0.0087	–	比較鋼
AK	0.010	0.27	0.32	0.016	0.0009	16.72	2.57	0.85	4.57	0.051	0.028	0.013	0.003	0.013	0.08	0.0084	–	比較鋼
AL	0.013	0.30	0.33	0.013	0.0011	16.58	2.60	2.42	5.61	0.048	0.030	0.010	0.002	0.017	0.10	0.0120	–	比較鋼
AM	0.007	0.29	0.29	0.014	0.0010	16.70	2.50	2.52	3.14	0.053	0.029	0.011	0.003	0.014	0.09	0.0077	–	比較鋼
AN	0.012	0.27	0.32	0.015	0.0011	16.69	2.58	2.60	4.45	0.053	0.023	0.132	0.003	0.015	0.09	0.0075	–	比較鋼
AO	0.011	0.29	0.33	0.017	0.0010	16.58	2.40	2.57	4.71	0.052	0.021	0.013	0.002	1.319	0.10	0.0072	–	比較鋼

＊ 残部はFeおよび不可避的不純物

[0120] [表3]

表3

鋼種	成分組成（質量%）*																	備考
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Ni	V	Al	N	O	Sb	Co	Ca	その他	
AP	0.013	0.28	0.28	0.015	0.0010	16.57	2.56	2.46	4.79	0.050	0.022	0.016	0.002	0.017	0.08	0.0106	−	適合鋼
AQ	0.008	0.28	0.83	0.014	0.0010	16.57	2.42	2.40	4.58	0.058	0.029	0.011	0.002	0.010	0.09	0.0131	−	適合鋼
AR	0.007	0.31	0.04	0.015	0.0007	16.64	2.54	2.56	4.41	0.052	0.030	0.014	0.002	0.017	0.11	0.0111	−	適合鋼
AS	0.007	0.31	0.33	0.015	0.0013	16.63	2.80	2.54	4.63	0.050	0.023	0.012	0.003	0.018	0.12	0.0130	−	適合鋼
AT	0.012	0.30	0.33	0.014	0.0008	16.61	2.56	2.95	4.63	0.050	0.022	0.011	0.003	0.014	0.12	0.0123	−	適合鋼
AU	0.008	0.32	0.28	0.013	0.0010	16.70	2.51	1.64	4.46	0.050	0.020	0.012	0.002	0.016	0.12	0.0135	−	適合鋼
AV	0.011	0.28	0.27	0.016	0.0009	16.61	2.40	2.49	4.96	0.049	0.028	0.012	0.003	0.018	0.11	0.0125	−	適合鋼
AW	0.010	0.31	0.28	0.016	0.0009	16.67	2.40	2.57	3.87	0.048	0.024	0.015	0.002	0.017	0.08	0.0118	−	適合鋼
AX	0.012	0.15	0.17	0.013	0.0010	16.58	2.29	2.31	4.58	0.360	0.025	0.013	0.003	0.009	0.10	0.0101	−	適合鋼
AY	0.010	0.29	0.28	0.016	0.0009	16.60	2.46	2.44	4.60	0.051	0.026	0.011	0.002	0.052	0.12	0.0127	−	適合鋼
AZ	0.007	0.11	0.13	0.015	0.0013	16.33	2.19	2.22	4.39	0.038	0.053	0.023	0.003	0.689	0.016	0.0127	−	適合鋼
BA	0.009	0.29	0.29	0.016	0.0013	16.58	2.44	2.52	4.63	0.048	0.023	0.014	0.002	0.005	0.11	0.0120	−	適合鋼
BB	0.010	0.32	0.30	0.014	0.0007	16.61	2.59	2.50	4.41	0.048	0.030	0.010	0.002	0.016	0.05	0.0103	−	適合鋼
BC	0.007	0.31	0.31	0.015	0.0008	16.62	2.55	2.55	4.71	0.048	0.028	0.011	0.003	0.012	0.09	0.0073	−	適合鋼
BD	0.011	0.28	0.29	0.014	0.0008	16.69	2.40	2.46	4.46	0.051	0.027	0.014	0.003	0.015	0.11	0.0133	Nb:0.005, Ti:0.004	適合鋼
BE	0.007	0.33	0.31	0.014	0.0009	16.72	2.40	2.52	4.69	0.050	0.028	0.010	0.003	0.015	0.12	0.0133	W:0.45, B:0.0026	適合鋼
BF	0.010	0.29	0.28	0.016	0.0013	16.58	2.46	2.41	4.57	0.051	0.024	0.013	0.003	0.012	0.12	0.0136	REM:0.023	適合鋼
BG	0.013	0.29	0.30	0.015	0.0007	16.60	2.54	2.54	4.62	0.049	0.022	0.013	0.002	0.013	0.11	0.0128	Nb:0.002, Sn:0.019	適合鋼
BH	0.067	0.32	0.30	0.013	0.0013	16.64	2.58	2.44	4.57	0.047	0.025	0.014	0.003	0.016	0.11	0.0122	−	比較鋼
BI	0.007	0.31	0.33	0.016	0.0007	18.41	2.51	2.53	4.66	0.047	0.021	0.015	0.002	0.012	0.11	0.0110	−	比較鋼
BJ	0.007	0.31	0.29	0.017	0.0011	16.62	1.32	2.42	4.61	0.047	0.025	0.015	0.002	0.014	0.09	0.0119	−	比較鋼
BK	0.009	0.32	0.29	0.017	0.0011	16.70	2.54	3.83	4.70	0.053	0.022	0.014	0.002	0.017	0.12	0.0133	−	比較鋼
BL	0.010	0.27	0.32	0.016	0.0009	16.72	2.57	0.85	4.57	0.051	0.028	0.013	0.003	0.013	0.08	0.0119	−	比較鋼
BM	0.007	0.29	0.29	0.014	0.0010	16.70	2.50	2.52	3.14	0.053	0.029	0.011	0.003	0.014	0.09	0.0123	−	比較鋼
BN	0.012	0.27	0.32	0.015	0.0011	16.69	2.58	2.60	4.45	0.053	0.023	0.132	0.003	0.015	0.09	0.0115	−	比較鋼
BO	0.011	0.29	0.33	0.017	0.0010	16.58	2.40	2.57	4.71	0.052	0.021	0.013	0.002	1.319	0.10	0.0107	−	比較鋼
BP	0.013	0.32	0.31	0.017	0.0018	16.71	2.52	2.60	4.66	0.048	0.022	0.016	0.002	0.015	0.08	−	−	比較鋼

＊　残部はFeおよび不可避的不純物

[0121] [表4]

表4

No.	鋼種	製造条件					測定結果								備考
		焼入処理			焼戻処理		組織(体積率)			強度	低温靭性	耐食性			熱間加工性	
		焼入温度(℃)	均熱時間(分)	冷却速度(℃／s)	焼戻温度(℃)	保持時間(分)	M(%)	F(%)	γ(%)	降伏強さYS(MPa)	vE_{-10}(J)	炭酸ガス中の腐食速度(mm/y)	耐SSC性	酸環境中の腐食速度(mm/y)		
1	A	930	20	11	575	30	73	22	5	974	220	0.053	1	586	2	本発明例
2	B	930	20	11	575	30	69	25	6	967	212	0.055	1	587	1	本発明例
3	C	930	20	11	575	30	72	23	5	980	208	0.057	1	587	1	本発明例
4	D	930	20	11	575	30	67	20	13	932	209	0.078	1	593	1	本発明例
5	E	930	20	11	575	30	59	27	14	934	103	0.067	1	590	1	本発明例
6	F	930	20	11	575	30	50	31	19	905	185	0.051	1	577	1	本発明例
7	G	930	20	11	575	30	67	18	15	920	209	0.043	1	583	1	本発明例
8	H	930	20	11	575	30	64	15	21	911	189	0.048	1	567	2	本発明例
9	I	930	20	11	575	30	69	27	4	979	189	0.051	1	585	2	本発明例
10	J	930	20	11	575	30	55	29	16	916	109	0.038	1	581	1	本発明例
11	K	930	20	11	575	30	73	21	6	968	217	0.080	1	594	1	本発明例
12	L	930	20	11	575	30	56	29	15	921	123	0.045	1	584	2	本発明例
13	M	930	20	11	575	30	76	20	4	977	199	0.069	1	591	1	本発明例
14	N	930	20	11	575	30	70	17	13	939	212	0.044	1	583	2	本発明例
15	O	930	20	11	575	30	69	26	5	980	187	0.077	1	593	2	本発明例
16	P	930	20	11	575	30	63	20	17	918	200	0.052	1	586	2	本発明例
17	Q	930	20	11	575	30	67	29	4	977	73	0.059	1	588	2	本発明例
18	R	930	20	11	575	30	51	31	18	970	123	0.054	1	587	2	本発明例
19	S	930	20	11	575	30	52	30	18	913	218	0.077	1	593	1	本発明例
20	T	930	20	11	575	30	71	23	6	973	200	0.050	1	585	2	本発明例
21	U	930	20	11	575	30	58	22	20	922	109	0.043	1	563	2	本発明例
22	V	930	20	11	575	30	71	24	5	976	200	0.061	1	588	2	本発明例
23	W	930	20	11	575	30	73	22	5	973	209	0.052	1	586	1	本発明例
24	X	930	20	11	575	30	72	24	4	981	215	0.067	1	590	2	本発明例
25	Y	930	20	11	575	30	70	24	6	968	103	0.055	1	587	2	本発明例
26	Z	930	20	11	575	30	72	23	5	978	219	0.050	1	585	2	本発明例

[0122] [表5]

表5

No.	鋼種	製造条件					測定結果									備考
		焼入処理			焼戻処理		組織(体積率)			強度	低温靭性	耐食性			熱間加工性	
		焼入温度(℃)	均熱時間(分)	冷却速度(℃／s)	焼戻温度(℃)	保持時間(分)	M(%)	F(%)	γ(%)	降伏強さYS(MPa)	vE_{-10}(J)	炭酸ガス中の腐食速度(mm/y)	耐SSC性	酸環境中の腐食速度(mm/y)		
27	AA	930	20	11	575	30	70	24	6	968	204	0.061	1	588	2	本発明例
28	AB	930	20	11	575	30	72	22	6	967	205	0.053	1	586	2	本発明例
29	AC	930	20	11	575	30	70	24	6	971	202	0.046	1	584	2	本発明例
30	AD	930	20	11	575	30	58	29	13	908	172	0.053	1	580	1	本発明例
31	AE	930	20	11	575	30	44	18	38	814	223	0.130	2	609	2	比較例
32	AF	930	20	11	575	30	26	33	41	735	62	0.033	1	580	2	比較例
33	AG	930	20	11	575	30	76	19	5	980	220	0.141	2	612	1	比較例
34	AH	930	20	11	575	30	26	31	43	750	65	0.035	1	581	1	比較例
35	AI	930	20	11	575	30	73	23	4	979	207	0.129	2	609	2	比較例
36	AJ	930	20	11	575	30	60	22	18	913	185	0.040	2	582	2	比較例
37	AK	930	20	11	575	30	71	24	5	976	168	0.131	2	609	2	比較例
38	AL	930	20	11	575	30	70	18	12	940	224	0.053	2	586	1	比較例
39	AM	930	20	11	575	30	61	35	4	985	31	0.055	1	587	2	比較例
40	AN	930	20	11	575	30	45	20	35	825	165	0.135	2	611	2	比較例
41	AO	930	20	11	575	30	72	24	4	979	218	0.048	1	631	2	比較例
42	A	930	20	11	620	30	47	27	26	853	227	0.051	1	585	2	本発明例
43	B	930	20	11	620	30	44	28	28	855	231	0.049	1	585	1	本発明例
44	C	930	20	11	620	30	43	27	30	856	232	0.053	1	586	1	本発明例
45	B	930	10	11	575	20	69	25	6	967	221	0.056	1	587	1	本発明例
46	B	930	50	11	575	20	69	24	7	962	215	0.053	1	586	1	本発明例
47	B	930	20	0.07	575	20	56	24	20	869	135	0.063	1	590	1	本発明例
48	B	930	20	11	575	10	70	24	6	974	210	0.058	1	587	1	本発明例
49	B	930	20	11	575	80	61	23	16	889	225	0.054	1	586	1	本発明例
50	B	800	20	11	575	30	14	35	51	514	159	0.053	1	586	1	比較例
51	B	1200	20	11	575	30	55	39	6	971	29	0.049	1	585	1	比較例
52	B	930	20	11	470	30	71	25	4	984	25	0.051	1	585	1	比較例
53	B	930	20	11	680	30	38	27	35	827	32	0.044	1	583	1	比較例

[0123] [表6]

表6

No.	鋼種	製造条件					測定結果									備考
		焼入処理			焼戻処理		組織(体積率)			強度	低温靭性	耐食性			熱間加工性	
		焼入温度(℃)	均熱時間(分)	冷却速度(℃／s)	焼戻温度(℃)	保持時間(分)	M(%)	F(%)	γ(%)	降伏強さYS(MPa)	vE_{-10}(J)	炭酸ガス中の腐食速度(mm/y)	耐SSC性	酸環境中の腐食速度(mm/y)		
54	AP	930	20	11	575	30	74	21	5	972	223	0.053	1	590	1	本発明例
55	AQ	930	20	11	575	30	63	16	21	916	192	0.049	1	568	1	本発明例
56	AR	930	20	11	575	30	71	26	3	977	189	0.046	1	582	1	本発明例
57	AS	930	20	11	575	30	55	30	15	918	123	0.042	1	588	1	本発明例
58	AT	930	20	11	575	30	69	18	13	944	217	0.044	1	580	1	本発明例
59	AU	930	20	11	575	30	68	27	5	978	189	0.072	1	598	1	本発明例
60	AV	930	20	11	575	30	63	19	18	915	202	0.049	1	586	1	本発明例
61	AW	930	20	11	575	30	67	29	4	975	71	0.06	1	587	1	本発明例
62	AX	930	20	11	575	30	51	30	19	970	124	0.051	1	590	1	本発明例
63	AY	930	20	11	575	30	71	24	5	974	204	0.052	1	587	1	本発明例
64	AZ	930	20	11	575	30	58	22	20	918	106	0.039	1	566	1	本発明例
65	BA	930	20	11	575	30	70	25	5	972	201	0.059	1	585	1	本発明例
66	BB	930	20	11	575	30	72	24	4	986	213	0.065	1	593	1	本発明例
67	BC	930	20	11	575	30	71	23	6	963	100	0.056	1	585	1	本発明例
68	BD	930	20	11	575	30	70	24	6	981	215	0.045	1	589	1	本発明例
69	BE	930	20	11	575	30	70	25	5	967	202	0.065	1	589	1	本発明例
70	BF	930	20	11	575	30	72	22	6	972	205	0.048	1	586	1	本発明例
71	BG	930	20	11	575	30	70	24	6	971	207	0.045	1	579	1	本発明例
72	BH	930	20	11	575	30	46	17	37	817	225	0.135	2	614	1	比較例
73	BI	930	20	11	575	30	27	33	40	739	64	0.031	1	585	1	比較例
74	BJ	930	20	11	575	30	75	22	3	975	209	0.132	2	610	1	比較例
75	BK	930	20	11	575	30	61	22	17	912	185	0.037	2	585	1	比較例
76	BL	930	20	11	575	30	69	25	6	972	172	0.127	2	610	1	比較例
77	BM	930	20	11	575	30	62	34	4	989	29	0.056	1	592	1	比較例
78	BN	930	20	11	575	30	43	21	36	823	168	0.133	2	606	1	比較例
79	BO	930	20	11	575	30	73	24	3	979	217	0.045	1	629	1	比較例
80	BP	930	20	11	575	30	71	25	5	968	241	0.050	2	583	3	比較例

請求の範囲

[請求項1] 質量％で、

Ｃ　：０．０６％以下、

Ｓｉ：１．０％以下、

Ｍｎ：０．０１％以上１．０％以下、

Ｐ　：０．０５％以下、

Ｓ　：０．００５％以下、

Ｃｒ：１５．２％以上１８．０％以下、

Ｍｏ：１．５％以上４．３％以下、

Ｃｕ：１．２％以上３．５％以下、

Ｎｉ：３．５％以上５．２％以下、

Ｖ　：０．５％以下、

Ａｌ：０．１０％以下、

Ｎ　：０．１０％以下、

Ｏ　：０．０１０％以下、

Ｓｂ：０．００１％以上１．０００％以下

Ｃｏ：０．０１％以上１．００％以下、および

Ｃａ：０．００１％以上０．０３０％以下を含有し、

残部がＦｅおよび不可避的不純物からなる成分組成を有し、

体積率で、

マルテンサイト相が３０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が４０％以下であり、

降伏強さが７５８ＭＰａ以上、

－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$が４０Ｊ以上である、ステンレス継目無鋼管。

[請求項2] 前記成分組成が、質量％で、

Ｎｂ：０．０７％以下、

Ｔｉ：０．２％以下、

Ｗ　：０．９％以下、

Ｂ　：０．０１％以下、

Ｔａ：０．３％以下、

Ｚｒ：０．３％以下、

ＲＥＭ：０．３％以下、

Ｍｇ：０．０１％以下、および

Ｓｎ：１．０％以下

からなる群より選択される少なくとも１つをさらに含有する、請求項１に記載のステンレス継目無鋼管。

[請求項3] 体積率で、

マルテンサイト相が５０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が２５％以下であり、

降伏強さが８６２ＭＰａ以上である、請求項１または２に記載のステンレス継目無鋼管。

[請求項4] 請求項１または２に記載の成分組成を有する鋼素材から継目無鋼管を造管し、

前記継目無鋼管を８５０～１１５０℃の焼入温度に加熱し、

前記加熱後の前記継目無鋼管を、０．０１℃／ｓ以上の冷却速度で、５０℃以下の冷却停止温度まで冷却し、

前記冷却後の前記継目無鋼管を、５００～６５０℃の焼戻温度に加熱することにより、

体積率で、

マルテンサイト相が３０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が４０％以下であり、

降伏強さが７５８ＭＰａ以上、

－１０℃におけるシャルピー吸収エネルギーｖＥ$_{-10}$が４０J以上であるステンレス継目無鋼管を製造する、ステンレス継目無鋼管の製造方法。

[請求項5] 体積率で、

マルテンサイト相が５０％以上、

フェライト相が５０％以下、および

残留オーステナイト相が２５％以下であり、

降伏強さが８６２ＭＰａ以上である、請求項４に記載のステンレス継目無鋼管の製造方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/008928

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/00(2006.01)i; ***C21D 8/10***(2006.01)i; ***C21D 9/08***(2006.01)i; ***C22C 38/60***(2006.01)i
FI: C22C38/00 302Z; C22C38/60; C21D9/08 E; C21D8/10 D

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)

C22C38/00; C21D8/10; C21D9/08; C22C38/60

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	WO 2021/187331 A1 (JFE STEEL CORP) 23 September 2021 (2021-09-23)	1-5
A	WO 2021/187330 A1 (JFE STEEL CORP) 23 September 2021 (2021-09-23)	1-5
A	JP 2021-161503 A (NIPPON STEEL CORP) 11 October 2021 (2021-10-11)	1-5
P, A	JP 7226675 B1 (JFE STEEL CORP) 21 February 2023 (2023-02-21)	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
17 May 2023	**30 May 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/008928

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/187331 A1	23 September 2021	CN 115349024 A	
		BR 112022018370 A2	
		EP 4123039 A1	
		US 2023/0048685 A1	
WO 2021/187330 A1	23 September 2021	CN 115298343 A	
		BR 112022018317 A2	
		EP 4123040 A1	
		US 2023/0137295 A1	
JP 2021-161503 A	11 October 2021	(Family: none)	
JP 7226675 B1	21 February 2023	WO 2023/053743 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/008928

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C22C 38/00(2006.01)i; C21D 8/10(2006.01)i; C21D 9/08(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i
FI: C22C38/00 302Z; C22C38/60; C21D9/08 E; C21D8/10 D

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））

C22C38/00; C21D8/10; C21D9/08; C22C38/60

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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	WO 2021/187331 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 23.09.2021 (2021-09-23)	1-5
A	WO 2021/187330 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 23.09.2021 (2021-09-23)	1-5
A	JP 2021-161503 A (日本製鉄株式会社) 11.10.2021 (2021-10-11)	1-5
P, A	JP 7226675 B1 (ＪＦＥスチール株式会社) 21.02.2023 (2023-02-21)	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
17.05.2023	30.05.2023

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）
川口　由紀子 4K 5798

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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/JP2023/008928

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/187331 A1	23.09.2021	CN 115349024 A	
		BR 112022018370 A2	
		EP 4123039 A1	
		US 2023/0048685 A1	
WO 2021/187330 A1	23.09.2021	CN 115298343 A	
		BR 112022018317 A2	
		EP 4123040 A1	
		US 2023/0137295 A1	
JP 2021-161503 A	11.10.2021	（ファミリーなし）	
JP 7226675 B1	21.02.2023	WO 2023/053743 A1	