

(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
2017年9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/163987 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/50 (2006.01)
C21D 9/08 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/010023
- (22) 国際出願日: 2017年3月13日(13.03.2017)
- (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 2016-056858 2016年3月22日(22.03.2016) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長井 健介(NAGAI, Kensuke); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 尾 ▲ 崎 ▼ 雅和(OZAKI, Masakazu); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 長谷川 昇(HASEGAWA, Noboru); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所(TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 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, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ELECTRIC RESISTANCE WELDED STEEL TUBE FOR LINE PIPE

(54) 発明の名称: ラインパイプ用電縫鋼管

(57) Abstract: Provided is an electric resistance welded steel tube for line pipes in which: the chemical composition of the base material part comprises, in terms of mass%, C: 0.080-0.120%, Mn: 0.30-1.00%, Ti: 0.005-0.050%, Nb: 0.010-0.100%, N: 0.001-0.020%, Si: 0.010-0.450%, and Al: 0.001-0.100%, the balance being Fe and impurities; CMeq expressed by equation (1) is 0.170-0.300; the Mn/Si ratio is at least 2.0; LR expressed by equation (2) is at least 0.210; and when the metallographic structure of the base material part is observed using SEM with magnification factor of 1,000, the ferrite area ratio is 60-98% and the balance comprises tempered bainite. Equation (1): $CMeq = C + Mn/6 + Cr/5 + (Ni + Cu)/15 + Nb + Mo/3 + V$ Equation (2): $LR = (2.1 \times C + Nb)/Mn$

(57) 要約: 母材部の化学組成が、質量%で、C: 0.080~0.120%、Mn: 0.30~1.00%、Ti: 0.005~0.050%、Nb: 0.010~0.100%、N: 0.001~0.020%、Si: 0.010~0.450%、及びAl: 0.001~0.100%を含み、残部がFe及び不純物を含み、式(1)で示されるCMeqが0.170~0.300であり、Mn/Si比が2.0以上であり、式(2)で示されるLRが0.210以上であり、母材部の金属組織をSEMを用いて1000倍の倍率で観察した場合に、フェライト面積率が60~98%であり、残部が焼戻しベイナイトを含むラインパイプ用電縫鋼管。 $CMeq = C + Mn/6 + Cr/5 + (Ni + Cu)/15 + Nb + Mo/3 + V$... 式(1) $LR = (2.1 \times C + Nb)/Mn$... 式(2)

WO 2017/163987 A1

明 細 書

発明の名称：ラインパイプ用電縫鋼管

技術分野

[0001] 本開示は、ラインパイプ用電縫鋼管に関する。

背景技術

[0002] 近年、主に原油又は天然ガスの輸送手段の一つである、ラインパイプの重要性がより高まっている。

ラインパイプとして用いられる電縫鋼管（即ち、ラインパイプ用電縫鋼管）に対し、電縫鋼管の管軸方向の降伏比を低くすることが求められる場合がある。

例えば、特許文献１では、造管成形前に、素材である帯鋼に例えば曲げ－曲げ戻し処理による繰返しひずみを付与してバウシンガー効果を誘起させることにより、得られる電縫鋼管の管軸方向の降伏比を低くする技術が開示されている。

また、特許文献２では、電縫鋼管製造用の熱延鋼板の金属組織を、フェライトと面積率１～２０％のマルテンサイトとからなるミクロ組織とすることにより、電縫鋼管の管軸方向の降伏比を低くする技術が提案されている。

また、特許文献３では、塗装加熱による降伏比の上昇を抑制し、変形特性を向上させた耐歪み時効性にすぐれた電縫鋼管の製造方法として、Nb量が０．００３％以上０．０２％未満である鋼片を用いた電縫鋼管の製造方法が提案されている。この特許文献３の段落００１９には、「Nb量が多い従来の電縫鋼管では、造管時に導入された加工歪みによりNb炭化物の析出が進行し、降伏強度及び引張強度が上昇する。このような析出強化では、特に降伏強度が大きく上昇し、その結果、降伏比がかえって上昇することを解明した。」と記載されている。

[0003] 特許文献１：特許第４４６６３２０号公報

特許文献２：特開平１０－１７６２３９号公報

特許文献 3 : 国際公開第 2 0 1 2 / 1 3 3 5 5 8 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、特許文献 1 の技術では、帯鋼へひずみを付与する工程が必要であるため工程数が増加し、その結果、電縫鋼管の製造コストが増加する場合がある。

また、特許文献 2 の技術に対し、電縫鋼管の母材部の靱性をより向上させることが求められる場合がある。

また、特許文献 3 の技術に対し、N b 量を低減させる方法以外の方法によって電縫鋼管の Y R を低減させることが求められる場合がある。

[0005] 本開示の課題は、ある程度の引張強度及び降伏強度を有し、降伏比が低減され、母材部及び電縫溶接部の靱性に優れたラインパイプ用電縫鋼管を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するための手段には、以下の態様が含まれる。

< 1 > 母材部及び電縫溶接部を含み、

前記母材部の化学組成が、質量%で、

C : 0.080~0.120%、

M n : 0.30~1.00%、

T i : 0.005~0.050%、

N b : 0.010~0.100%、

N : 0.001~0.020%、

S i : 0.010~0.450%、

A l : 0.001~0.100%、

P : 0~0.030%、

S : 0~0.0100%、

M o : 0~0.50%、

C u : 0~1.00%、

N i : 0 ~ 1 . 0 0 %、

C r : 0 ~ 1 . 0 0 %、

V : 0 ~ 0 . 1 0 0 %、

C a : 0 ~ 0 . 0 1 0 0 %、

M g : 0 ~ 0 . 0 1 0 0 %、

R E M : 0 ~ 0 . 0 1 0 0 %、並びに

残部 : F e 及び不純物からなり、

下記式 (1) で示される C M e q が 0 . 1 7 0 ~ 0 . 3 0 0 であり、

S i の質量%に対する M n の質量%の比が 2 . 0 以上であり、

下記式 (2) で示される L R が 0 . 2 1 0 以上であり、

前記母材部の金属組織を走査型電子顕微鏡を用いて 1 0 0 0 倍の倍率で観察した場合に、フェライトからなる第一相の面積率が 6 0 ~ 9 8 % であり、残部である第二相が焼戻しベイナイトを含み、

管軸方向の降伏強度が 3 9 0 ~ 5 6 2 M P a であり、

管軸方向の引張強度が 5 2 0 ~ 6 9 0 M P a であり、

管軸方向の降伏比が 9 0 % 以下であり、

前記母材部における管周方向のシャルピー吸収エネルギーが、 0 ° C において 1 0 0 J 以上であり、

前記電縫溶接部における管周方向のシャルピー吸収エネルギーが、 0 ° C において 8 0 J 以上である

ラインパイプ用電縫鋼管。

$$C M e q = C + M n / 6 + C r / 5 + (N i + C u) / 1 5 + N b + M o / 3 + V \quad \cdots \text{式 (1)}$$

$$L R = (2 . 1 \times C + N b) / M n \quad \cdots \text{式 (2)}$$

〔式 (1) 及び式 (2) において、C、M n、C r、N i、C u、N b、M o、及びVは、それぞれ、各元素の質量%を表す。〕

< 2 > 前記母材部の化学組成が、質量%で、

M o : 0 % 超 0 . 5 0 % 以下、

Cu : 0%超1.00%以下、
Ni : 0%超1.00%以下、
Cr : 0%超1.00%以下、
V : 0%超0.100%以下、
Ca : 0%超0.0100%以下、
Mg : 0%超0.0100%以下、及び
REM : 0%超0.0100%以下

の1種又は2種以上を含有する<1>に記載のラインパイプ用電縫鋼管。

<3> 前記母材部の金属組織を透過型電子顕微鏡を用いて100000倍の倍率で観察した場合に、円相当径100nm以下の析出物の面積率が0.10~1.00%である<1>又は<2>に記載のラインパイプ用電縫鋼管。

<4> 前記母材部の化学組成におけるNbの含有量が、質量%で、0.020%以上である<1>~<3>のいずれか1つに記載のラインパイプ用電縫鋼管。

<5> 肉厚が10~25mmであり、外径が114.3~609.6mmである<1>~<4>のいずれか1つに記載のラインパイプ用電縫鋼管。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、ある程度の引張強度及び降伏強度を備え、降伏比が低減され、母材部及び電縫溶接部の靱性に優れたラインパイプ用電縫鋼管が提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示における母材部の金属組織の一例を示す走査型電子顕微鏡写真である。

発明を実施するための形態

[0009] 本明細書において、「~」を用いて表される数値範囲は、「~」の前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む範囲を意味する。

本明細書において、成分（元素）の含有量を示す「%」は、「質量%」を

意味する。

本明細書において、C（炭素）の含有量を、「C量」と表記することがある。他の元素の含有量についても同様に表記することがある。

本明細書において、「工程」との用語は、独立した工程だけではなく、他の工程と明確に区別できない場合であってもその工程の所期の目的が達成されれば、本用語に含まれる。

[0010] 本開示のラインパイプ用電縫鋼管（以下、単に「電縫鋼管」ともいう）は、母材部及び電縫溶接部を含み、母材部の化学組成が、質量％で、C：0.080～0.120％、Mn：0.30～1.00％、Ti：0.005～0.050％、Nb：0.010～0.100％、N：0.001～0.020％、Si：0.010～0.450％、Al：0.001～0.100％、P：0～0.030％、S：0～0.0100％、Mo：0～0.50％、Cu：0～1.00％、Ni：0～1.00％、Cr：0～1.00％、V：0～0.100％、Ca：0～0.0100％、Mg：0～0.0100％、REM：0～0.0100％、並びに、残部：Fe及び不純物からなり、下記式（1）で示されるCMeqが0.170～0.300であり、Siの質量％に対するMnの質量％の比（以下、「Mn／Si比」ともいう）が2.0以上であり、下記式（2）で示されるLRが0.210以上であり、母材部の金属組織を走査型電子顕微鏡を用いて1000倍の倍率で観察した場合に、フェライトからなる第一相の面積率（以下、「フェライト分率」ともいう）が60～98％であり、残部である第二相が焼戻しベイナイトを含み、管軸方向の降伏強度（以下、「YS」ともいう）が390～562MPaであり、管軸方向の引張強度（以下、「TS」ともいう）が520～690MPaであり、管軸方向の降伏比（以下、「YR」ともいう）が90％以下であり、母材部における管周方向のシャルピー吸収エネルギーが、0℃において100J以上であり、電縫溶接部における管周方向のシャルピー吸収エネルギーが、0℃において80J以上である。

$$CMeq = C + Mn / 6 + Cr / 5 + (Ni + Cu) / 15 + Nb + Mo$$

$\sqrt{3 + V} \dots$ 式 (1)

$LR = (2.1 \times C + Nb) / Mn \dots$ 式 (2)

〔式 (1) 及び式 (2) において、C、Mn、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo、及びVは、それぞれ、各元素の質量%を表す。〕

[0011] 本開示の電縫鋼管は、母材部及び電縫溶接部を含む。

電縫鋼管は、一般的に、熱延鋼板を管状に成形（以下、「ロール成形」ともいう）することによりオープン管とし、得られたオープン管の突合せ部を電縫溶接して電縫溶接部 (electric resistance welded portion) を形成し、次いで、必要に応じ、電縫溶接部をシーム熱処理することによって製造される。

本開示の電縫鋼管において、母材部 (base metal portion) とは、電縫溶接部及び熱影響部以外の部分を指す。

ここで、熱影響部 (heat affected zone ; 以下、「HAZ」とも称する) とは、電縫溶接による熱の影響（電縫溶接後にシーム熱処理を行う場合には、電縫溶接及びシーム熱処理による熱の影響）を受けた部分を指す。

本明細書中では、電縫溶接部を、単に「溶接部」と称することがある。

[0012] 本開示の電縫鋼管は、ある程度のYS及びTS（即ち、上述した範囲のYS及びTS）を備え、YRが90%以下に低減され、母材部及び電縫溶接部の靱性に優れる。

本開示において、靱性に優れるとは、0℃における管周方向のシャルピー吸収エネルギー (J)（以下、「vE」とも称する）が大きいことを意味する。

具体的には、本開示の電縫鋼管は、母材部におけるvEが100J以上であり、電縫溶接部におけるvEが80J以上である。

[0013] 本開示の電縫鋼管はYRが低いので、電縫鋼管の座屈を抑制できる効果が期待される。

鋼管の座屈抑制が求められる場合の一例として、海底ラインパイプ用の鋼管をリーリング敷設によって敷設する場合が挙げられる。リーリング敷設で

は、あらかじめ陸上で鋼管を製造し、製造された鋼管をバージ船のスプール上に巻取る。巻取られた鋼管を海上で巻き出しながら海底に敷設する。このリーリング敷設では、鋼管の巻取り時又は巻き出し時に鋼管に塑性曲げが付与されるため、鋼管が座屈する場合がある。鋼管の座屈が発生すると、敷設作業を停止せざるを得ず、その損害は莫大である。

鋼管の座屈は、鋼管のY Rを低減することによって抑制できる。

従って、本開示の電縫鋼管によれば、例えば、海底ラインパイプ用電縫鋼管として用いた場合のリーリング敷設時の座屈を抑制できるという効果が期待される。

[0014] 更に、本開示の電縫鋼管は、母材部及び電縫溶接部の靱性に優れるので、ラインパイプ用電縫鋼管として用いた場合における、バースト時の亀裂伝播の停止特性に優れるという効果が期待される。

[0015] 上述した、Y S、T S、Y R、母材部の $v E$ 、及び、電縫溶接部の $v E$ は、電縫鋼管における上記化学組成（C M e q、M n / S i比、及びL Rを含む）と上記金属組織との組み合わせによって達成される。

[0016] [母材部の化学組成]

以下、母材部の化学組成に関し、まず、化学組成における各成分について説明し、引き続き、C M e q、M n / S i比、及びL Rについて説明する。

[0017] C : 0.080~0.120%

Cは、第二相を形成させるために必要な元素である。

C量が0.080%以上であると、フェライト分率98%以下を達成し易く、また、L Rが0.210以上であることを達成し易い。その結果、Y R 90%以下を達成し易い。従って、C量は0.080%以上である。C量は、好ましくは0.085%以上である。

一方、C量が0.120%以下であると、フェライト分率60%以上を達成し易い。その結果、Y R 90%以下を達成し易い。従って、本開示におけるC量は0.120%以下である。C量は、好ましくは0.115%以下であり、より好ましくは0.110%以下である。

[0018] Mn : 0.30 ~ 1.00 %

Mn は、鋼の焼入れ性を高める元素である。また、Mn は、S の無害化のためにも必須の元素である。

Mn 量が 0.30 % 未満であると、S による脆化が起こり、母材及び電縫溶接部の靱性が劣化する場合がある。従って、Mn 量は 0.30 % 以上である。Mn 量は、好ましくは 0.40 % 以上であり、より好ましくは 0.50 % 以上である。

一方、Mn 量が 1.00 % を超えると、板厚の中央部に粗大な Mn S が生成して、母材及び電縫溶接部の靱性を損なう場合がある。また、Mn 量が 1.00 % を超えると、LR 0.210 以上を達成できない場合があり、その結果、YR 90 % 以下を達成できない場合がある。従って、Mn 量は 1.00 % 以下である。Mn 量は、好ましくは 0.90 % 以下であり、より好ましくは 0.85 % 以下である。

[0019] Ti : 0.005 ~ 0.050 %

Ti は、炭窒化物を形成し、結晶粒径の微細化に寄与する元素である。

母材及び電縫溶接部の靱性を確保する観点から、Ti 量は、0.005 % 以上である。

一方、Ti 量が 0.050 % を超えると、粗大な Ti N が生成され、母材及び電縫溶接部の靱性が劣化する場合がある。従って、Ti 量は 0.050 % 以下である。Ti 量は、好ましくは 0.040 % 以下であり、更に好ましくは 0.030 % 以下であり、特に好ましくは 0.025 % である。

[0020] Nb : 0.010 ~ 0.100 %

Nb は、靱性の向上及び YR 低減に寄与する元素である。

未再結晶圧延による靱性向上のため、Nb 量は 0.010 % 以上である。Nb 量は、好ましくは 0.020 % 以上である。

一方、Nb 量が 0.100 % を超えると、粗大炭化物により靱性が劣化する。このため、Nb 量は 0.100 % 以下である。Nb 量は、好ましくは 0.090 % 以下である。

[0021] N : 0.001~0.020%

Nは、窒化物を形成することで結晶粒の粗大化を抑制し、その結果、母材部及び電縫溶接部の靱性を向上させる元素である。かかる効果の観点から、N量は0.001%以上である。N量は、好ましくは0.003%以上である。

一方、N量が0.020%を超えると、合金炭化物の生成量が増加し、母材部及び電縫溶接部の靱性が劣化する。従って、N量は0.020%以下である。N量は、好ましくは0.015%以下であり、より好ましくは0.010%以下であり、特に好ましくは0.008%以下である。

[0022] Si : 0.010~0.450%

Siは、鋼の脱酸剤として機能する元素である。より詳細には、Si量が0.010%以上であると、母材部及び電縫溶接部に粗大な酸化物が生成されることが抑制され、その結果、母材部及び電縫溶接部の靱性が向上する。従って、Si量は0.010%以上である。Si量は、好ましくは0.015%以上であり、より好ましくは0.020%以上である。

一方、Si量が0.450%を超えると電縫溶接部に介在物が生成し、シャルピー吸収エネルギーが低下し靱性が劣化する場合がある。従って、Si量は0.450%以下である。Si量は、好ましくは0.400%以下であり、より好ましくは0.350%以下であり、特に好ましくは0.300%以下である。

[0023] Al : 0.001~0.100%

Alは、Siと同様に、脱酸剤として機能する元素である。より詳細には、Al量が0.001%以上であると、母材部及び電縫溶接部に粗大な酸化物が生成されることが抑制され、その結果、母材部及び電縫溶接部の靱性が向上する。従って、Al量は0.001%以上である。Al量は、好ましくは0.010%以上であり、より好ましくは0.015%以上である。

一方、Al量が0.100%を越えると、電縫溶接時のAl系酸化物の生成に伴い、溶接部靱性が劣化する場合がある。従って、Al量は0.100

%以下である。Al量は、好ましくは0.090%以下である。

[0024] P : 0~0.030%

Pは、不純物元素である。P量が0.030%を超えると、粒界に偏析することで靱性を損なう場合がある。従って、P量は0.030%以下である。P量は、好ましくは0.025%以下であり、より好ましくは0.020%以下であり、更に好ましくは0.015%以下であり、より好ましくは0.010%以下である。

P量は0%であってもよい。脱燐コスト低減の観点から、P量は、0%超であってもよく、0.001%以上であってもよい。

[0025] S : 0~0.0100%

Sは、不純物元素である。S量が0.0100%を超えると、靱性を損なう場合がある。従って、S量は0.0100%以下である。S量は、好ましくは0.0070以下であり、より好ましくは0.0050%以下であり、より好ましくは0.0030%以下である。

S量は0%であってもよい。脱硫コスト低減の観点から、S量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよく、0.0003%以上であってもよい。

[0026] Mo : 0~0.50%

Moは、任意の元素である。従って、Mo量は0%であってもよい。

Moは、鋼材の焼入れ性を向上させ、鋼材の高強度に寄与する元素である。かかる効果の観点から、Mo量は、0%超であってもよく、0.01%以上であってもよく、0.03%以上であってもよい。

一方、Mo量が0.50%を超えると、Mo炭窒化物の生成により靱性を低下させる可能性がある。従って、Mo量は0.50%以下である。Mo量は、好ましくは0.40%以下であり、より好ましくは0.30%以下であり、更に好ましくは0.20%以下であり、特に好ましくは0.10%以下である。

[0027] Cu : 0~1.00%

Cuは、任意の元素である。従って、Cu量は0%であってもよい。

Cuは、母材の強度向上に有効な元素である。かかる効果の観点から、Cu量は、0%超であってもよく、0.01%以上であってもよく、0.03%以上であってもよい。

一方、Cu量が1.00%を超えると、微細なCu粒子を生成し、靱性を著しく劣化させるおそれがある。従って、Cu量は1.00%以下である。Cu量は、好ましくは0.80%以下であり、より好ましくは0.70%以下であり、更に好ましくは0.60%以下であり、特に好ましくは0.50%以下である。

[0028] Ni : 0~1.00%

Niは、任意の元素である。従って、Ni量は0%であってもよい。

Niは、強度及び靱性の向上に寄与する元素である。かかる効果の観点から、Ni量は、0%超であってもよく、0.01%以上であってもよく、0.05%以上であってもよい。

一方、Ni量が1.00%を超えると、強度が高くなりすぎるおそれがある。従って、Ni量は1.00%以下である。Ni量は、好ましくは0.80%以下であり、より好ましくは0.70%以下であり、更に好ましくは0.60%以下である。

[0029] Cr : 0~1.00%

Crは、任意の元素である。従って、Cr量は0%であってもよい。

Crは、焼入れ性を向上させる元素である。かかる効果の観点から、Cr量は、0%超であってもよく、0.01%以上であってもよく、0.05%以上であってもよい。

一方、Cr量が1.00%を超えると、電縫溶接部に生成したCr系介在物により溶接部の靱性が劣化するおそれがある。従って、Cr量は1.00%以下である。Cr量は、好ましくは0.80%以下であり、より好ましくは0.70%以下であり、更に好ましくは0.50%以下であり、特に好ましくは0.30%以下である。

[0030] V : 0 ~ 0.100%

Vは、任意の元素である。従って、V量は0%であってもよい。

Vは、靱性の向上及びYR低減に寄与する元素である。かかる効果の観点から、V量は、0%超であってもよく、0.005%以上であってもよく、0.010%以上であってもよい。

一方、V量が0.100%を超えると、V炭窒化物により、靱性が劣化するおそれがある。従って、V量は、0.100%以下である。V量は、好ましくは0.080%以下であり、より好ましくは0.070%以下であり、更に好ましくは0.050%以下であり、特に好ましくは0.030%以下である。

[0031] Ca : 0 ~ 0.0100%

Caは、任意の元素である。従って、Ca量は0%であってもよい。

Caは、硫化物系介在物の形態を制御し、低温靱性を向上させる元素である。かかる効果の観点から、Ca量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよく、0.0010%以上であってもよく、0.0030%以上であってもよく、0.0050%以上であってもよい。

一方、Ca量が0.0100%を超えると、CaO-CaSからなる大型のクラスター又は大型の介在物が生成され、靱性に悪影響を及ぼすおそれがある。従って、Ca量は、0.0100%以下である。Ca量は、好ましくは0.0090%以下であり、より好ましくは0.0080%以下であり、特に好ましくは0.0060%以下である。

[0032] Mg : 0 ~ 0.0100%

Mgは、任意の元素である。従って、Mg量は0%であってもよい。

Mgは、脱酸剤及び脱硫剤として有効な元素であり、特に、微細な酸化物を生じて、HAZ (Heat affected zone) の靱性の向上にも寄与する元素である。かかる効果の観点から、Mg量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよく、0.0010%以上であってもよく、0.0020%以上であってもよく、0.0030%以上であってもよく、0.00

50%以上であってもよい。

一方、Mg量が0.0100%を超えると、酸化物が凝集又は粗大化し易くなり、その結果、耐HIC性（Hydrogen-Induced Cracking Resistance）の低下、又は、母材若しくはHAZの靱性の低下をもたらすおそれがある。従って、Mg量は0.0100%以下である。Mg量は、0.0060%以下が好ましい。

[0033] REM：0～0.0100%

REMは、任意の元素である。従って、REM量は0%であってもよい。

ここで、「REM」は希土類元素、即ち、Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及びLuからなる群から選択される少なくとも1種の元素を指す。

REMは、脱酸剤及び脱硫剤として有効な元素である。かかる効果の観点から、REM量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよく、0.0010%以上であってもよい。

一方、REM量が0.0100%を超えると、粗大な酸化物を生じ、その結果、耐HIC性の低下、又は、母材若しくはHAZの靱性の低下をもたらすおそれがある。従って、REM量は0.0100%以下である。REM量は、好ましくは0.0070%以下であり、より好ましくは0.0050%以下である。

[0034] 母材部の化学組成は、上述した任意の元素による効果を得る観点から、Mo：0%超0.50%以下、Cu：0%超1.00%以下、Ni：0%超1.00%以下、Cr：0%超1.00%以下、V：0%超0.100%以下、Ca：0%超0.0100%以下、Mg：0%超0.0100%以下、及びREM：0%超0.0100%以下の1種又は2種以上を含有してもよい。

各任意の元素のより好ましい量については、それぞれ前述したとおりである。

[0035] 残部：Fe及び不純物

母材部の化学組成において、上述した各元素を除いた残部は、F e 及び不純物である。

ここで、不純物とは、原材料に含まれる成分、または、製造の工程で混入する成分であって、意図的に鋼に含有させたものではない成分を指す。

不純物としては、上述した元素以外のあらゆる元素が挙げられる。不純物としての元素は、1 種のみであっても2 種以上であってもよい。

不純物として、例えば、O、B、S b、S n、W、C o、A s、P b、B i、Hが挙げられる。

上述した元素のうち、Oは、含有量0. 006%以下となるように制御することが好ましい。

また、その他の元素について、通常、S b、S n、W、C o、及びA sについては含有量0. 1%以下の混入が、P b及びB iについては含有量0. 005%以下の混入が、Bについては含有量0. 0003%以下の混入が、Hについては含有量0. 0004%以下の混入が、それぞれあり得るが、その他の元素の含有量については、通常範囲であれば、特に制御する必要はない。

[0036] C M e q : 0. 170~0. 300

母材部の化学組成において、下記式(1)で示されるC M e qは、0. 170~0. 300である。

$$C M e q = C + M n / 6 + C r / 5 + (N i + C u) / 15 + N b + M o / 3 + V \quad \cdots \text{式(1)}$$

〔式(1)において、C、M n、C r、N i、C u、N b、M o、及びVは、それぞれ、各元素の質量%を表す。〕

[0037] C M e qは、降伏強度に対し、正の相関がある。

降伏強度390MP a以上を達成し易い観点から、C M e qは0. 170以上である。C M e qは、好ましくは0. 180以上であり、より好ましくは0. 200以上であり、更に好ましくは0. 230以上である。

一方、降伏強度562MP a以下を達成し易い観点から、C M e qは、0

、 300 以下である。CMeq は、好ましくは 0.290 以下であり、より好ましくは 0.275 以下である。

[0038] LR : 0.210 以上

母材部の化学組成において、下記式 (2) で示される LR が、0.210 以上である。

本開示の電縫鋼管では、LR が 0.210 以上であることにより、YR 90% 以下が達成され得る。

LR が 0.210 未満である場合には、YR が 90% を超える場合がある。この理由は、鋼中の析出物量が少なくなり、加工硬化能が低下する（即ち、TS が低下する）ためと考えられる。

[0039] $LR = (2.1 \times C + Nb) / Mn \cdots \text{式 (2)}$

〔式 (2) において、C、Nb、及び Mn は、それぞれ、各元素の質量%を表す。〕

[0040] 式 (2) の技術的な意味は以下のとおりである。

式 (2) において、C 量及び Nb 量を分子に配置する理由は、C 及び Nb が析出物を形成することにより、鋼の加工硬化能が向上し（即ち、TS が上昇し）、その結果、鋼の YR が低減され则认为られるためである。

C 量に「2.1」を乗じる理由は、上述した析出物形成による加工硬化能向上の効果に関し、C の含有による効果は Nb の含有による効果の約 2.1 倍であると考えられるためである。

式 (2) において、Mn 量を分母に配置する理由は、Mn の含有により鋼を比較的低温で変態させることが可能となるものの、Mn の含有によって鋼の加工硬化能自体が損なわれ（即ち、TS が低下し）、その結果、鋼の YR が上昇するためである。

[0041] 上述したとおり、LR は、Nb 量及び C 量に対して正の相関があり、Mn 量に対して負の相関がある。

本開示の電縫鋼管では、LR が 0.210 以上であることを満足することにより、Nb 量が比較的多い場合、例えば、特許文献 3（国際公開第 201

2 / 1 3 3 5 5 8 号) における Nb 量 (0.003%以上0.02%未満) よりも多い場合であっても、C 量及び Mn 量によっては LR が 0.210 以上となる場合がある。この場合には、YR 90%以下が達成され得る。

なお、本開示の電縫鋼管では、Nb 量が 0.02%未満である場合においても、LR が 0.210 以上であること及び LR 以外の条件を満足することにより、YR 90%以下が達成され得る。

[0042] LR は、YR 90%以下をより達成し易い観点から、好ましくは 0.230 以上であり、より好ましくは 0.270 以上である。

LR の上限には特に制限はない。LR は、電縫鋼管の製造適性の観点から、好ましくは 0.500 以下であり、より好ましくは 0.450 以下であり、特に好ましくは 0.400 以下である。

[0043] Mn / Si 比 : 2.0 以上

母材部の化学組成において、Mn / Si 比 (即ち、Si の質量%に対する Mn の質量%の比 Mn / Si 比) は、2.0 以上である。

本開示の電縫鋼管では、Mn / Si 比が 2.0 以上であることにより、電縫溶接部の靱性が向上し、電縫溶接部における vE (即ち、0℃における管周方向のシャルピー吸収エネルギー) が 80 J 以上となる。

Mn / Si 比が 2.0 未満である場合には、vE が 80 J 未満となる場合がある。この理由は、Mn / Si 比が 2.0 未満である場合、電縫溶接部において、Mn Si 系の介在物が脆性破壊の起点となることにより、靱性が劣化するためと考えられる。

Mn / Si 比は、電縫溶接部の靱性をより向上させる観点から、好ましくは 2.1 以上である。

Mn / Si 比の上限には特に制限はない。Mn / Si 比は、電縫溶接部の靱性及び母材部の靱性をより向上させる観点から、好ましくは 50 以下であり、より好ましくは 40 以下であり、特に好ましくは 30 以下である。

[0044] [母材部の金属組織]

本開示の電縫鋼管において、母材部の金属組織は、この金属組織を走査型

電子顕微鏡を用いて1000倍の倍率で観察した場合に、フェライト分率（即ち、フェライトからなる第一相の面積率）が60～98%であり、残部である第二相が焼戻しベイナイト及びパーライトの少なくとも一方である。

[0045] 本開示の電縫鋼管では、フェライト分率が60%以上であることにより、YR90%以下が達成され得る。フェライト分率は、好ましくは65%以上であり、より好ましくは70%以上である。

また、本開示の電縫鋼管では、前述のとおり、フェライト分率が98%以下であることにより、TS520MPa以上が達成され得る。フェライト分率は、好ましくは95%以下であり、より好ましくは92%以下である。

[0046] 本開示の電縫鋼管において、残部である第二相は焼戻しベイナイトを含む。

第二相が焼戻しベイナイトを含むことは、本開示の電縫鋼管が、造管後（即ち、電縫溶接後（電縫溶接後にシーム熱処理が施された場合にはシーム熱処理後））、焼戻しが施された電縫鋼管であることを意味する。

[0047] 本開示の電縫鋼管が、造管後に焼戻しが施された電縫鋼管であることにより、YR90%以下が達成され得る。この理由は、造管後の焼戻しによってYRが下がるためと考えられる。造管後の焼戻しによってYRが下がる理由は、転位密度が低下することによってYSが下がり、かつ、転位上にセメントタイトが析出することによって加工硬化が大きくなる（即ち、TSが上昇する）ため、と考えられる。

[0048] 本明細書において、焼戻しベイナイトは、その組織中に粒状のセメントタイトを含む点で、焼戻しベイナイトではないベイナイトと区別される。

本明細書における「ベイナイト」の概念には、ベイニティックフェライト、グラニューラーベイナイト、上部ベイナイト、及び下部ベイナイトが包含される。

[0049] 第二相は、焼戻しベイナイトを含んでいればよく、焼戻しベイナイトのみからなる相であってもよいし、焼戻しベイナイト以外の組織を含んでいてもよい。

焼戻しベイナイト以外の組織としては、パーライトが挙げられる。

本明細書における「パーライト」の概念には、擬似パーライトも包含される。

[0050] 母材部の金属組織において、フェライト分率の測定及び第二相の特定は、母材 90° 位置の L 断面における肉厚 1 / 4 位置の金属組織をナイトールエッチングし、ナイトールエッチング後の金属組織の写真（以下、「金属組織写真」ともいう）を、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて 1000 倍の倍率で観察することにより行う。ここで、金属組織写真は、1000 倍の視野で 10 視野分（断面の実面積として 0.12 mm² 分）撮影する。撮影した金属組織写真を画像処理することにより、フェライト分率の測定及び第二相の特定を行う。画像処理は、例えば（株）ニレコ製の小型汎用画像解析装置 LUZEX AP を用いて行う。

[0051] 本明細書において、「母材 90° 位置」とは、電縫溶接部から管周方向に 90° ずれた位置を指し、「L 断面」とは、管軸方向及び肉厚方向に対して平行な断面を指し、「肉厚 1 / 4 位置」とは、電縫鋼管の外周面からの距離が肉厚の 1 / 4 である位置を指す。

また、本明細書において、管軸方向を「L 方向」と称することがある。

[0052] 図 1 は、本開示における母材部の金属組織の一例を示す走査型電子顕微鏡写真（SEM 写真；倍率 1000 倍）である。

図 1 の SEM 写真は、後述の実施例 17 において、フェライト分率の測定及び第二相の特定に用いた SEM 写真のうちの一枚（1 視野）である。

図 1 に示すように、フェライトからなる第一相、及び、焼戻しベイナイトを含む第二相が確認できる。特に、白色の点（セメントライト）が存在することから、第二相が焼戻しベイナイトを含むことがわかる。

[0053] 母材部の金属組織は、この金属組織を透過型電子顕微鏡を用いて 100000 倍の倍率で観察した場合に、円相当径 100 nm 以下の析出物（以下、「特定析出物」ともいう）の面積率（以下、「特定析出物面積率」ともいう）が 0.10 ~ 1.00 % であることが好ましい。

特定析出物面積率が0.10%以上であると、Y Rが90%以下であることをより達成し易い。この理由は、特定析出物（即ち、円相当径100nm以下の析出物）が加工硬化特性の向上（即ち、TSの上昇）に寄与し、その結果、Y Rが低下するためと考えられる。

一方、特定析出物面積率が1.00%以下であると、脆性破壊が抑制される（即ち、母材部の靱性に優れる）。特定析出物面積率は、好ましくは0.80%以下であり、より好ましくは0.70%以下である。

[0054] 特定析出物面積率が0.10～1.00%であることは、造管後、400℃以上Ac1点以下の温度での焼戻しを行うことによって達成され得る。

[0055] 本開示において、析出物面積率（即ち、円相当径100nm以下の析出物の面積率）は、母材90°位置のL断面における肉厚1/4位置の金属組織を、透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて100000倍の倍率で観察することにより測定する。

より詳細には、まず、母材90°位置のL断面における肉厚1/4位置から採取したサンプルに基づき、アセチルアセトン10容積%、テトラメチルアンモニウムクロライド1容積%、及びメチルアルコール89容積%からなる電解液を用いたSPEED法により、TEM観察用レプリカを作製する。得られたTEM観察用レプリカを、TEMを用いて100000倍の倍率で観察することにより、1μm四方の視野サイズのTEM像を10視野分取得する。取得したTEM像の全面積に対する円相当径100nm以下の析出物の面積率を算出し、得られた結果を特定析出物面積率（%）とする。

なお、上記SPEED法におけるエッチングの条件は、参照電極として飽和甘こう電極を用い、約80平方ミリメートルの表面積に対して-200mVの電圧で10クーロンの電荷を印加する条件とする。

[0056] なお、特定析出物（即ち、円相当径100nm以下の析出物）は、具体的には、Fe以外の金属の炭化物、Fe以外の金属の窒化物、及びFe以外の金属の炭窒化物からなる群から選択される少なくとも1種であると考えられる。

ここでいうF e以外の金属としては、T i及びN bが考えられる。また、化学組成が、V、M o及びC rの少なくとも1種を含有する場合には、上記F e以外の金属として、このV、M o及びC rの少なくとも1種も考えられる。

[0057] 〔管軸方向の降伏強度（Y S）〕

本開示の電縫鋼管は、管軸方向の降伏強度（Y S）が390～562MP aである。

管軸方向のY Sは、好ましくは430MP a以上であり、より好ましくは450MP a以上であり、より好ましくは470MP a以上であり、特に好ましくは500MP a以上である。

管軸方向のY Sは、好ましくは550MP a以下であり、より好ましくは540MP a以下であり、特に好ましくは530MP a以下である。

[0058] 管軸方向のY Sが562MP a以下であることは、造管後、焼戻しを行うことによって達成され得る。この理由は、造管後の焼戻しによって造管ひずみが緩和され、転位密度が下がるためと考えられる。

[0059] 〔管軸方向の引張強度（T S）〕

本開示の電縫鋼管は、管軸方向の引張強度（T S）が520～690MP aである。

管軸方向のT Sは、好ましくは550MP a以上であり、より好ましくは580MP a以上である。

管軸方向のT Sは、好ましくは680MP a以下であり、より好ましくは660MP a以下であり、特に好ましくは650MP a以下である。

[0060] 〔管軸方向の降伏比〕

本開示の電縫鋼管は、管軸方向の降伏比（ $Y R = (Y S / T S) \times 100$ ）が、90%以下である。

これにより、敷設時等における電縫鋼管の座屈が抑制される。

[0061] 管軸方向のY Rが90%以下であることは、造管後、焼戻しを行うことによって達成され得る。この理由は、転位密度が低下することでY Sが下がり

、かつ、転位上にセメンタイトが微細に析出することで加工硬化が大きくなる（即ち、TSが上昇する）ためと考えられる。

[0062] 〔電縫鋼管の肉厚〕

本開示の電縫鋼管の肉厚は、好ましくは10～25mmである。

肉厚が10mm以上であると、熱延鋼板を管状に成形する際の歪みを利用してYRを低下させやすい点で有利である。肉厚は、より好ましくは12mm以上である。

肉厚が25mm以下であると、電縫鋼管の製造適性（詳細には、熱延鋼板を管状に成形する際の成形性）の点で有利である。肉厚は、より好ましくは20mm以下である。

[0063] 〔電縫鋼管の外形〕

本開示の電縫鋼管の外径は、好ましくは114.3～609.6mm（即ち、4.5～24インチ）である。

外径が114.3mm以上であると、ラインパイプ用電縫鋼管としてより好適である。外径は、好ましくは139.7mm（即ち、5.5インチ）以上、より好ましくは177.8mm（即ち、7インチ）以上である。

外径が609.6mm以下であると、熱延鋼板を管状に成形する際の歪みを利用してYRを低下させやすい点で有利である。外径は、好ましくは406.4mm（即ち、16インチ）以下、より好ましくは304.8mm（即ち、12インチ）以下である。

[0064] 〔製法の一例〕

本開示の電縫鋼管の製法の一例として、以下の製法Aが挙げられる。

製法Aは、

上述した化学組成を有する熱延鋼板を用いてアズロール電縫鋼管を製造する工程と、

アズロール電縫鋼管に対し焼戻しを施すことにより電縫鋼管を得る焼戻し工程と、

を有する。

[0065] 上記製法Aによれば、焼戻し工程を有することにより、前述した理由により、Y Rが90%以下である電縫鋼管を製造し易い。

[0066] 焼戻し温度（即ち、焼戻しにおける保持温度）は、400℃以上Ac1点以下であることが好ましい。

焼戻し温度が400℃以上であると、セメントイト及び特定析出物（円相当径100nm以下の析出物）をより析出させやすいので、Y R90%以下をより達成し易い。焼戻し温度として、より好ましくは420℃以上である。

焼戻し温度がAc1点以下であると、析出物が粗大となることをより抑制できる。焼戻し温度は、鋼のAc1点にもよるが、720℃以下であることも好ましく、710℃以下であることも好ましく、700℃以下であることも好ましい。

[0067] ここで、Ac1点は、鋼の温度を上昇させた際、オーステナイトへの変態が開始される温度を意味する。

Ac1点は、下記式によって算出される。

$$\text{Ac1点 (}^{\circ}\text{C)} = 750.8 - 26.6\text{C} + 17.6\text{Si} - 11.6\text{Mn} - 22.9\text{Cu} - 23\text{Ni} + 24.1\text{Cr} + 22.5\text{Mo} - 39.7\text{V} - 5.7\text{Ti} + 232.4\text{Nb} - 169.4\text{Al}$$

〔ここで、C、Si、Mn、Ni、Cu、Cr、Mo、V、Ti、Nb、及びAlは、それぞれ、各元素の質量%である。Ni、Cu、Cr、Mo、及びVは任意の元素であり、これら任意の元素のうち、鋼片に含有されていない元素については、0質量%としてAc1点を計算する。〕

[0068] 焼戻し工程における焼戻し時間（即ち、焼戻し温度での保持時間）は、Y Rをより低下させやすい点で、5分以上であることが好ましい。

[0069] 製法Aにおいて、アズロール電縫鋼管とは、熱延鋼板をロール成形（即ち、管状の成形）して製造される電縫鋼管であって、ロール成形後、シーム熱処理以外の熱処理が施されていない電縫鋼管を指す。

製法Aにおけるアズロール電縫鋼管を製造する工程の好ましい態様につい

ては後述する。

[0070] 製法Aは、アズロール電縫鋼管を製造する工程と、焼戻し工程と、の間に、アズロール電縫鋼管の形状を、サイザーにより、調整前後の真円度の変化量（以下、「サイザー真円度変化量（％）」ともいう）が1.0％以上となる条件で調整するサイザー工程を有することが好ましい。

製法Aがサイザー工程を有する場合には、上述した特定析出物面積率が0.10～1.00％である電縫鋼管をより製造し易い。

この理由は、サイザー真円度変化量が1.0％以上となる条件の上記サイザー工程により、アズロール電縫鋼管の内部に、ある程度の量以上の転位が導入され、その後、アズロール電縫鋼管に対し400℃以上Ac1点以下の温度の焼戻しを施すことにより、転位上に微細な特定析出物が析出しやすくなるため、と考えられる。

[0071] ここで、アズロール電縫鋼管の真円度は、以下のようにして求める。

まず、アズロール電縫鋼管の外径を、管周方向について45°ピッチで測定することにより4つの測定値を得る。得られた4つの測定値における、最大値、最小値、及び平均値をそれぞれ求める。最大値、最小値、及び平均値に基づき、以下の式によってアズロール電縫鋼管の真円度を求める。

$$\text{アズロール電縫鋼管の真円度} = (\text{最大値} - \text{最小値}) / \text{平均値}$$

[0072] また、サイザー真円度変化量（％）は、サイザーによる形状調整前のアズロール電縫鋼管の真円度、及び、サイザーによる形状調整後のアズロール電縫鋼管の真円度に基づき、下記式によって求める。

$$\text{サイザー真円度変化量（％）} = \left(\left| \text{サイザーによる形状調整後のアズロール電縫鋼管の真円度} - \text{サイザーによる形状調整前のアズロール電縫鋼管の真円度} \right| / \text{サイザーによる形状調整前のアズロール電縫鋼管の真円度} \right) \times 100$$

[0073] 製法Aにおけるアズロール電縫鋼管を製造する工程は、

上述した化学組成を有する鋼片（スラブ）を加熱し、加熱された鋼片を熱間圧延することにより、熱延鋼板を得る熱間圧延工程と、

熱間圧延工程で得られた熱延鋼板を冷却する冷却工程と、

冷却工程で冷却された熱延鋼板を巻き取ることにより、熱延鋼板からなるホットコイルを得る巻き取り工程と、

ホットコイルから熱延鋼板を巻き出し、巻き出された熱延鋼板をロール成形することによりオープン管とし、得られたオープン管の突合せ部を電縫溶接して電縫溶接部を形成することにより、アズロール電縫鋼管を得る造管工程と、

を有することが好ましい。

造管工程は、電縫溶接後、必要に応じ、電縫溶接部に対しシーム熱処理を施してもよい。

[0074] 熱間圧延工程では、上述した化学組成を有する鋼片（スラブ）を 1 1 5 0℃～1 3 5 0℃の温度に加熱することが好ましい。

鋼片を加熱する温度が 1 1 5 0℃以上であると、電縫鋼管の母材部の靱性をより向上させることができる。この理由は、鋼片を加熱する温度が 1 1 5 0℃以上であると、未固溶の N b 炭化物の生成を抑制できるためと考えられる。

鋼片の加熱する温度が 1 3 5 0℃以下であると、電縫鋼管の母材部の靱性をより向上させることができる。この理由は、鋼片の加熱温度が 1 3 5 0℃以下であると、金属組織の粗大化を抑制できるためと考えられる。

[0075] 熱間圧延工程では、例えば 1 1 5 0℃～1 3 5 0℃の温度に加熱された鋼片を、A r 3 点 + 1 0 0℃以上の温度で熱間圧延することが好ましい。これにより、熱延鋼板の焼入れ性を向上させることができる。

[0076] ここで、A r 3 点は、母材部の化学組成から、下記式によって求める。

$$A r 3 \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 910 - 310C - 80Mn - 55Ni - 20Cu - 15Cr - 80Mo$$

〔ここで、C、Mn、Ni、Cu、Cr、及びMoは、それぞれ、各元素の質量%である。Ni、Cu、Cr、及びMoは任意の元素であり、これら任意の元素のうち、鋼片に含有されていない元素については、0質量%として

A r 3 点を計算する。]

[0077] 冷却工程では、熱間圧延工程で得られた熱延鋼板を、冷却開始温度を A r 3 点以上として冷却することが好ましい。これにより、母材部の強度及び靱性をより向上させることができる。この理由は、冷却開始温度を A r 3 点以上とすることにより、粗大なポリゴナルフェライトの生成が抑制されるためと考えられる。

[0078] 冷却工程では、熱間圧延工程で得られた熱延鋼板を、 $5^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の冷却速度で冷却することが好ましい。

冷却速度が $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上であると、母材部の靱性劣化がより抑制される。この理由は、冷却工程における冷却速度が $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上であることにより、粗大なフェライトの生成が抑制されるためと考えられる。

冷却速度が $80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下であると、母材部の靱性劣化が抑制される。この理由は、冷却工程における冷却速度が $80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下であることにより、第二相分率が過剰となること（即ち、フェライト分率が 60% 未満となること）が抑制されるためと考えられる。

[0079] 巻き取り工程は、冷却工程で冷却された熱延鋼板を、 $450 \sim 650^{\circ}\text{C}$ の巻き取り温度にて巻き取ることが好ましい。

巻き取り温度が 450°C 以上であると、母材部の靱性劣化が抑制される。この理由は、巻き取り温度が 450°C 以上であると、マルテンサイトの生成が抑制されるためと考えられる。

巻き取り温度が 650°C 以下であると、Y R の上昇を抑制できる。この理由は、巻き取り温度が 650°C 以下であると、Nb 炭窒化物の過剰な生成が抑制され、その結果、Y S の上昇が抑制されるためと考えられる。

実施例

[0080] 以下、本開示の実施例を示すが、本開示は以下の実施例には限定されない。

[0081] [実施例 1 ～ 17、比較例 1 ～ 26]

<ホットコイルの製造>

表 1 及び表 2 に示す化学組成を有する鋼片を、1250℃の温度に加熱し、加熱された鋼片を熱間圧延して熱延鋼板とし、得られた熱延鋼板を、冷却開始温度を820℃とし、冷却速度50℃/sにて冷却し、冷却された熱延鋼板を巻き取り温度550℃にて巻き取ることにより、熱延鋼板からなるホットコイルを得た。

[0082] 各実施例及び各比較例において、表 1 及び表 2 に示した元素を除いた残部は、Fe 及び不純物である。

表 1 及び 2 中、実施例 11 におけるREMはCeであり、実施例 16 におけるREMはNdであり、実施例 17 におけるREMはLaである。

表 1 ～ 3 中、下線を付した数値は、本開示の範囲外の数値である。

[0083] <アズロール電縫鋼管の製造>

上記ホットコイルから熱延鋼板を巻き出し、巻き出された熱延鋼板をロール成形することによりオープン管とし、得られたオープン管の突合せ部を電縫溶接して電縫溶接部（以下、「溶接部」ともいう）を形成し、次いで溶接部をシーム熱処理することにより、アズロール電縫鋼管を得た。

[0084] <電縫鋼管の製造（サイザー及び焼戻し）>

上記アズロール電縫鋼管の形状を、サイザーにより、表 3 に示すサイザー真円度変化量（％）となる条件で調整した。

形状調整後のアズロール電縫鋼管に対し、表 3 に示す焼戻し温度及び焼戻し時間による焼戻しを施すことにより、電縫鋼管を得た。

得られた電縫鋼管の外径は219mmであり、この電縫鋼管の肉厚は15.9mmであった。

なお、以上の製造工程は、鋼の化学組成に影響を及ぼさない。従って、得られた電縫鋼管の母材部の化学組成は、原料である鋼片の化学組成と同一とみなせる。

[0085] <測定>

得られた電縫鋼管について、以下の測定を行った。

結果を表 3 に示す。

[0086] (フェライト分率の測定及び第二相の組織の確認)

前述した方法により、フェライト分率（表3では「F分率」）を測定し、第二相の種類を確認した。

表3中、TBは、焼戻しベイナイトを意味し、Pは、パーライトを意味し、MAは、島状マルテンサイトを意味する。

[0087] (YS、TS、及びYRの測定)

電縫鋼管の母材90°位置から、引張試験用の試験片を、引張試験の試験方向（引張方向）が電縫鋼管の管軸方向（以下、「L方向」とも称する）となる向きに採取した。ここで、試験片の形状は、アメリカ石油協会規格API 5L（以下、単に「API 5L」とする）に準拠する平板形状とした。

採取した試験片を用い、室温にて、API 5Lに準拠し、試験方向を電縫鋼管のL方向とする引張試験を行い、電縫鋼管のL方向のTS、及び、電縫鋼管のL方向のYSをそれぞれ測定した。

また、算出式「 $(YS/TS) \times 100$ 」により、電縫鋼管のL方向のYR (%) を求めた。

[0088] (母材部の vE (J) (0℃におけるシャルピー吸収エネルギー) の測定)

電縫鋼管の母材90℃位置からVノッチ付きフルサイズ試験片（シャルピー衝撃試験用の試験片）を採取した。Vノッチ付きフルサイズ試験片は、試験方向が管周方向（C方向）となるように採取した。採取されたVノッチ付きフルサイズ試験片について、0℃の温度条件下で、API 5Lに準拠してシャルピー衝撃試験を行い、 vE (J) を測定した。

以上の測定を、電縫鋼管1つ当たり5回行い、5回の測定値の平均値を、その電縫鋼管の母材部の vE (J) とした。

[0089] (溶接部の vE (J) (0℃におけるシャルピー吸収エネルギー) の測定)

Vノッチ付きフルサイズ試験片を採取した位置を、電縫鋼管の溶接部に変更したこと以外は、母材部の vE (J) の測定と同様の操作を行った。

[0090] (特定析出物面積率の測定)

前述した方法により、特定析出物面積率（即ち、円相当径100nm以下の析出物の面積率；表3では単に「析出物面積率（％）」と表記する）を測定した。

[0091] [表1]

	成分(質量%)								
	C	Mn	Ti	Nb	N	Si	Al	P	S
実施例 1	0.097	0.73	0.010	0.032	0.010	0.318	0.041	0.019	0.0019
実施例 2	0.092	0.64	0.016	0.021	0.005	0.200	0.019	0.008	0.0044
実施例 3	0.088	0.64	0.007	0.047	0.003	0.026	0.071	0.018	0.0050
実施例 4	0.080	0.50	0.006	0.030	0.009	0.100	0.048	0.013	0.0026
実施例 5	0.098	0.66	0.007	0.036	0.004	0.179	0.084	0.017	0.0020
実施例 6	0.103	0.61	0.017	0.026	0.011	0.243	0.099	0.018	0.0029
実施例 7	0.085	0.62	0.014	0.043	0.008	0.300	0.090	0.018	0.0006
実施例 8	0.084	0.72	0.008	0.040	0.009	0.230	0.020	0.005	0.0030
実施例 9	0.080	0.60	0.009	0.025	0.003	0.100	0.031	0.012	0.0036
実施例 10	0.081	0.66	0.012	0.038	0.005	0.289	0.019	0.006	0.0024
実施例 11	0.095	0.77	0.016	0.032	0.010	0.027	0.061	0.015	0.0009
実施例 12	0.082	0.61	0.019	0.060	0.010	0.121	0.088	0.010	0.0008
実施例 13	0.083	0.82	0.045	0.020	0.007	0.200	0.010	0.003	0.0020
実施例 14	0.083	0.51	0.025	0.015	0.005	0.200	0.015	0.001	0.0019
実施例 15	0.082	0.78	0.025	0.015	0.003	0.230	0.020	0.001	0.0020
実施例 16	0.084	0.61	0.045	0.020	0.005	0.243	0.010	0.015	0.0008
実施例 17	0.082	0.61	0.017	0.020	0.010	0.200	0.020	0.013	0.0009
比較例 1	0.150	0.73	0.006	0.028	0.004	0.046	0.059	0.002	0.0032
比較例 2	0.090	0.90	0.023	0.015	0.011	0.480	0.051	0.007	0.0029
比較例 3	0.106	0.66	0.008	0.042	0.002	0.005	0.029	0.019	0.0030
比較例 4	0.109	0.20	0.013	0.031	0.002	0.069	0.088	0.014	0.0038
比較例 5	0.080	1.02	0.024	0.049	0.011	0.091	0.015	0.002	0.0017
比較例 6	0.117	0.82	0.001	0.027	0.009	0.015	0.056	0.008	0.0049
比較例 7	0.086	0.69	0.060	0.049	0.012	0.300	0.052	0.019	0.0047
比較例 8	0.090	0.63	0.016	0.008	0.010	0.225	0.020	0.006	0.0035
比較例 9	0.080	0.60	0.017	0.102	0.004	0.081	0.071	0.010	0.0011
比較例 10	0.081	0.78	0.010	0.080	0.005	0.241	0.0008	0.011	0.0015
比較例 11	0.093	0.65	0.014	0.051	0.011	0.093	0.110	0.018	0.0020
比較例 12	0.100	0.90	0.021	0.080	0.010	0.100	0.015	0.002	0.0005
比較例 13	0.080	0.30	0.021	0.010	0.008	0.100	0.015	0.002	0.0005
比較例 14	0.080	0.90	0.014	0.010	0.010	0.300	0.006	0.010	0.0026
比較例 15	0.113	0.64	0.017	0.056	0.008	0.184	0.054	0.000	0.0012
比較例 16	0.089	0.62	0.014	0.068	0.002	0.097	0.074	0.012	0.0038
比較例 17	0.087	0.73	0.021	0.050	0.012	0.046	0.016	0.006	0.0048
比較例 18	0.116	0.61	0.012	0.063	0.010	0.173	0.004	0.001	0.0035
比較例 19	0.087	0.65	0.008	0.044	0.0006	0.068	0.089	0.003	0.0003
比較例 20	0.099	0.78	0.009	0.046	0.030	0.054	0.060	0.016	0.0015
比較例 21	0.099	0.77	0.014	0.042	0.005	0.300	0.055	0.018	0.0049
比較例 22	0.102	0.76	0.008	0.026	0.007	0.081	0.015	0.019	0.0004
比較例 23	0.081	0.60	0.009	0.091	0.006	0.296	0.089	0.004	0.0014
比較例 24	0.090	0.60	0.023	0.015	0.005	0.450	0.051	0.007	0.0029
比較例 25	0.086	0.95	0.021	0.015	0.010	0.100	0.074	0.018	0.0035
比較例 26	0.081	0.95	0.021	0.021	0.005	0.081	0.060	0.000	0.0003

[0092] [表2]

	成分(質量%)(表1の続き)								CMeq	Mn/Si	LR	Ac1 (°C)
	Mo	Cu	Ni	Cr	V	Ca	Mg	REM				
実施例 1									0.251	2.3	0.325	746
実施例 2									0.219	3.2	0.336	746
実施例 3									0.242	25.1	0.363	740
実施例 4									0.193	5.0	0.396	743
実施例 5		0.35							0.267	3.7	0.370	730
実施例 6			0.44						0.261	2.5	0.396	724
実施例 7				0.20					0.272	2.1	0.354	746
実施例 8				0.08		0.0032			0.260	3.1	0.301	752
実施例 9	0.05								0.222	6.0	0.322	745
実施例 10					0.015				0.245	2.3	0.312	751
実施例 11								0.0018	0.255	28.9	0.300	737
実施例 12		0.06	0.06						0.251	5.0	0.382	740
実施例 13									0.240	4.1	0.237	745
実施例 14	0.20								0.250	2.6	0.371	752
実施例 15							0.0060		0.227	3.4	0.240	744
実施例 16						0.0025		0.0015	0.205	2.5	0.323	748
実施例 17						0.0028		0.0020	0.204	3.1	0.314	746
比較例 1									0.299	15.7	0.469	736
比較例 2									0.255	2.1	0.227	741
比較例 3									0.257	131.3	0.402	745
比較例 4									0.173	2.9	1.296	739
比較例 5									0.299	13.2	0.213	747
比較例 6									0.281	52.9	0.334	735
比較例 7									0.249	2.3	0.335	748
比較例 8									0.203	2.8	0.312	744
比較例 9									0.282	7.5	0.450	755
比較例 10									0.290	3.2	0.322	762
比較例 11									0.252	7.0	0.379	736
比較例 12									0.330	9.0	0.322	755
比較例 13									0.140	3.0	0.593	747
比較例 14									0.240	3.0	0.198	745
比較例 15									0.275	3.5	0.461	747
比較例 16									0.261	6.4	0.408	746
比較例 17									0.259	15.8	0.320	750
比較例 18									0.279	3.5	0.503	758
比較例 19									0.238	9.4	0.349	737
比較例 20									0.275	14.5	0.324	741
比較例 21									0.270	2.6	0.323	745
比較例 22									0.255	9.4	0.318	744
比較例 23									0.273	2.0	0.432	753
比較例 24									0.205	1.2	0.340	744
比較例 25									0.259	2.0	0.206	730
比較例 26									0.260	2.0	0.201	734

[0093]

[表3]

	サイザー 真円度 変化量 (%)	焼戻し 温度 (°C)	焼戻し 時間 (分)	電縫鋼管							析出物 面積率 (%)
				F分率 (%)	第二相 の種類	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	vE(J)		
									母材部	溶接部	
実施例 1	1.8	620	16	72	TB+P	536	657	82	181	146	0.38
実施例 2	2.6	610	22	79	TB+P	490	586	84	247	212	0.35
実施例 3	2.5	570	25	81	TB	527	631	83	262	228	0.31
実施例 4	4.0	540	10	92	TB	438	525	83	272	245	0.22
実施例 5	1.2	680	7	68	TB+P	541	633	85	200	178	0.49
実施例 6	4.6	650	10	67	TB+P	546	636	86	199	179	0.43
実施例 7	4.5	420	26	69	TB+P	560	663	84	260	229	0.10
実施例 8	2.5	590	5	81	TB	520	635	82	251	209	0.41
実施例 9	4.4	680	19	85	TB	534	623	86	308	262	0.57
実施例 10	2.2	620	22	82	TB	516	633	82	272	228	0.42
実施例 11	2.5	640	24	70	TB+P	544	676	81	188	150	0.42
実施例 12	2.1	590	19	82	TB	532	653	82	259	218	0.39
実施例 13	4.0	680	10	78	TB+P	515	600	86	300	268	0.12
実施例 14	3.6	700	10	68	TB+P	550	640	86	315	285	0.42
実施例 15	3.6	650	10	65	TB+P	520	590	88	325	298	0.35
実施例 16	2.5	600	10	67	TB+P	480	560	86	358	318	0.42
実施例 17	3.2	650	10	63	TB+P	490	560	88	380	369	0.37
比較例 1	4.5	710	8	<u>59</u>	TB+P	<u>590</u>	616	<u>96</u>	207	166	0.52
比較例 2	1.6	520	10	65	TB+P	<u>579</u>	679	85	262	<u>10</u>	0.19
比較例 3	2.1	600	8	74	TB+P	539	627	86	<u>8</u>	<u>18</u>	0.36
比較例 4	1.2	480	29	95	TB+P	424	530	80	5	12	0.13
比較例 5	3.5	580	29	<u>50</u>	TB+P	<u>673</u>	<u>759</u>	89	15	18	0.35
比較例 6	1.2	610	26	60	TB+P	575	<u>705</u>	82	10	<u>15</u>	0.33
比較例 7	1.5	710	9	79	TB+P	<u>575</u>	<u>697</u>	83	<u>5</u>	<u>8</u>	0.63
比較例 8	1.7	720	21	81	TB	474	588	81	15	171	0.53
比較例 9	2.2	590	10	86	TB	598	688	87	21	24	0.47
比較例 10	2.7	530	5	74	TB+P	<u>560</u>	<u>660</u>	85	<u>15</u>	<u>21</u>	0.34
比較例 11	4.1	410	20	79	TB+P	533	655	81	250	<u>8</u>	0.15
比較例 12	3.1	690	27	61	TB+P	<u>668</u>	<u>829</u>	81	218	194	0.62
比較例 13	2.5	640	30	100	-	406	<u>495</u>	82	350	312	0.39
比較例 14	2.3	480	6	68	TB+P	518	569	<u>91</u>	250	220	0.15
比較例 15	4.6	350	27	72	TB+P	<u>578</u>	635	<u>91</u>	113	99	0.01
比較例 16	4.6	750	7	82	TB+MA	450	594	<u>76</u>	10	<u>15</u>	0.02
比較例 17	0.5	450	28	76	TB+P	<u>575</u>	632	<u>91</u>	251	216	0.05
比較例 18	4.5	620	1	73	TB+P	<u>581</u>	638	<u>91</u>	106	85	0.05
比較例 19	2.3	480	10	81	TB	511	627	81	<u>15</u>	<u>15</u>	0.14
比較例 20	2.5	530	15	69	TB+P	570	666	86	5	8	0.24
比較例 21	0.9	690	15	69	TB+P	<u>568</u>	624	<u>91</u>	215	190	0.05
比較例 22	0.8	710	15	69	TB+P	536	585	<u>92</u>	143	110	0.02
比較例 23	0.7	510	15	85	TB	564	618	<u>91</u>	287	250	0.06
比較例 24	2.5	510	10	83	TB	495	592	84	279	10	0.17
比較例 25	0.8	690	15	69	TB+P	520	570	<u>91</u>	340	310	0.02
比較例 26	4.6	350	10	69	TB+P	515	568	<u>91</u>	330	300	0.42

[0094] 表1～表3に示すように、各実施例の電縫鋼管は、本開示における、TS、YS、YR、vE（母材部）、及びvE（溶接部）を満足した。即ち、各実施例の電縫鋼管は、ある程度の引張強度及び降伏強度を有し、降伏比が低減され、母材部及び溶接部の靱性に優れることが示された。

[0095] C量が上限を超過した比較例1では、F分率が低下し、Y Rが高くなった。

S i量が上限を超過した比較例2では、溶接部の靱性が劣化した。

S i量が下限を下回った比較例3では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、脱酸が不十分となり粗大な酸化物が生じたためと考えられる。

M n量が下限を下回った比較例4では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、S起因の脆化が起こったためと考えられる。

M n量が上限を超過した比較例5では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、M n S起因の割れが生じ易くなったためと考えられる。

T iが下限を下回った比較例6では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、結晶粒が粗大になったためと考えられる。

T iが上限を超過した比較例7では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、粗大なT i Nが生成したためと考えられる。

N bが下限を下回った比較例8では、母材部の靱性が劣化した。この理由は、未再結晶圧延が不十分となったためと考えられる。

N bが上限を超過した比較例9では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、粗大なN b炭窒化物が生成したためと考えられる。

A lが下限を下回った比較例10では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、この理由は、脱酸が不十分となったためと考えられる。

A lが上限を超過した比較例11では、溶接部の靱性が劣化した。この理由は、A l系介在物が多量に生成されたためと考えられる。

C M e qが上限を超過した比較例12では、Y S及びT Sが上限を超えた。

C M e qが下限を下回った比較例13では、F分率が上限を超過し、T Sが下限を下回った。

[0096] L Rが0. 210を下回った比較例14では、降伏比が90%を超えた。

比較例15では、Y S及びY Rが上限を超過した。この理由は、焼戻し温

度が低すぎたために、焼戻しによって造管ひずみを緩和させる効果（即ち、焼戻しによって転位密度を低減させる効果）が不十分であり、かつ、転位上析出が不十分であったためと考えられる。

比較例 16 では、母材部及び溶接部の靱性が低下した（即ち、母材部及び溶接部の νE が、いずれも下限を下回った）。この理由は、焼戻し温度が高すぎたために、一部の領域においてオーステナイトへの変態が起こり、上記一部の領域で C の濃度が高くなり、その結果、その後の冷却により、島状マルテンサイト（MA）が生成されたためと考えられる。

比較例 17 では、YR が 90% を超えた。この理由は、サイザー真円度変化量が小さかったため、転位の導入及び転位上析出が不十分であったためと考えられる。

比較例 18 では、YR が 90% を超えた。この理由は、焼戻し時間が短かったために、転位上析出が不十分であったためと考えられる。

N 量が下限を下回った比較例 19 では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、結晶粒が粗大となったためと考えられる。

N 量が上限を超えた比較例 20 では、母材部及び溶接部の靱性が劣化した。この理由は、炭化物が粗大となったためと考えられる。

比較例 21～23 では、YR が 90% を超えた。この理由は、サイザー真円度変化量が小さかったため、転位の導入及び転位上析出が不十分であったためと考えられる。

Mn/Si 比が 2.0 以下である比較例 24 では、溶接部の靱性が劣化した。

LR が 0.210 を下回った比較例 25 及び 26 では、降伏比が 90% を超えた。

[0097] 日本国特許出願 2016-056858 の開示はその全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的か

つ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

[請求項1]

母材部及び電縫溶接部を含み、

前記母材部の化学組成が、質量%で、

C : 0.080~0.120%、

Mn : 0.30~1.00%、

Ti : 0.005~0.050%、

Nb : 0.010~0.100%、

N : 0.001~0.020%、

Si : 0.010~0.450%、

Al : 0.001~0.100%、

P : 0~0.030%、

S : 0~0.0100%、

Mo : 0~0.50%、

Cu : 0~1.00%、

Ni : 0~1.00%、

Cr : 0~1.00%、

V : 0~0.100%、

Ca : 0~0.0100%、

Mg : 0~0.0100%、

REM : 0~0.0100%、並びに

残部 : Fe 及び不純物からなり、

下記式(1)で示される $CMeq$ が 0.170~0.300 であり

、

Si の質量%に対する Mn の質量%の比が 2.0 以上であり、

下記式(2)で示される LR が 0.210 以上であり、

前記母材部の金属組織を走査型電子顕微鏡を用いて 1000 倍の倍率で観察した場合に、フェライトからなる第一相の面積率が 60~98% であり、残部である第二相が焼戻しベイナイトを含み、

管軸方向の降伏強度が390～562MPaであり、
 管軸方向の引張強度が520～690MPaであり、
 管軸方向の降伏比が90%以下であり、
 前記母材部における管周方向のシャルピー吸収エネルギーが、0℃
 において100J以上であり、
 前記電縫溶接部における管周方向のシャルピー吸収エネルギーが、
 0℃において80J以上である
 ラインパイプ用電縫鋼管。

$$CMeq = C + Mn / 6 + Cr / 5 + (Ni + Cu) / 15 + Nb + Mo / 3 + V \quad \cdots \text{式(1)}$$

$$LR = (2.1 \times C + Nb) / Mn \quad \cdots \text{式(2)}$$

〔式(1)及び式(2)において、C、Mn、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo、及びVは、それぞれ、各元素の質量%を表す。〕

[請求項2]

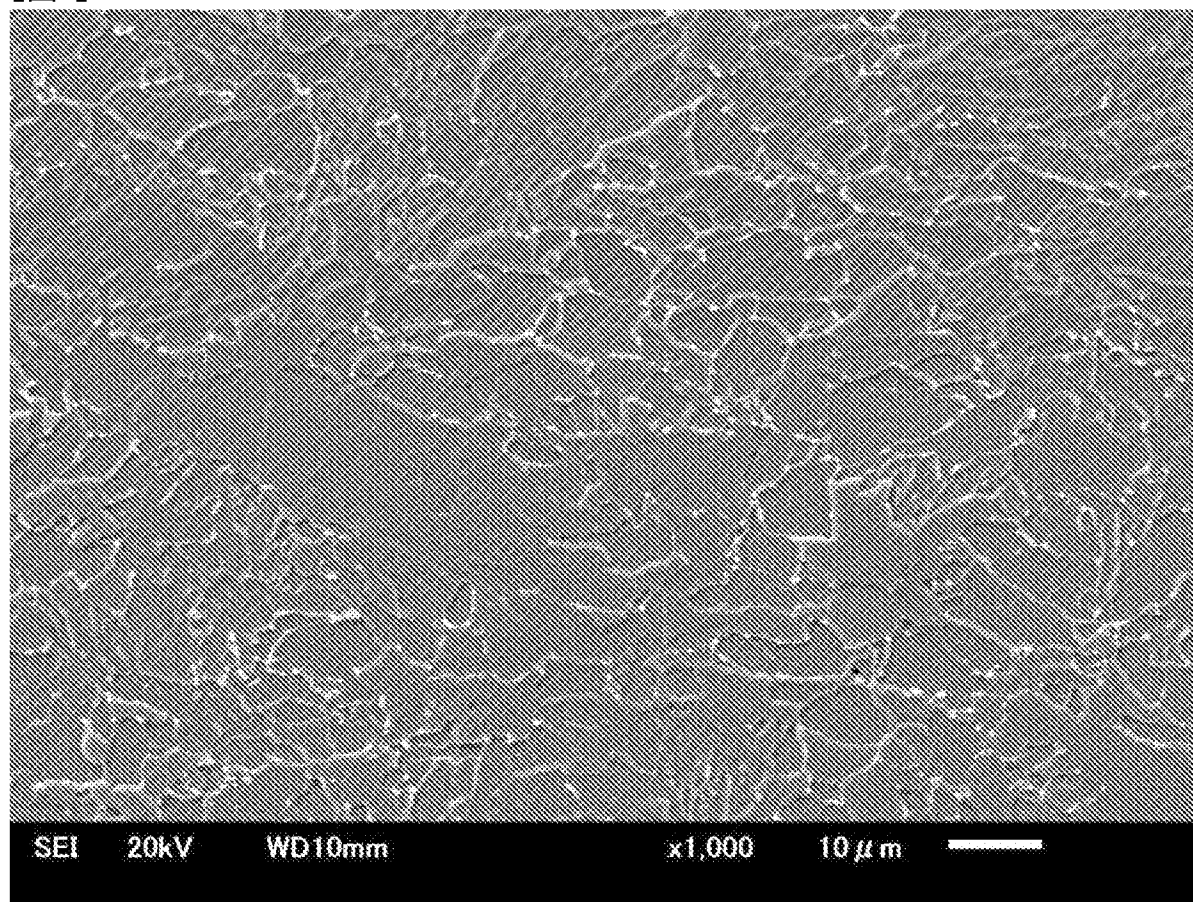
前記母材部の化学組成が、質量%で、
 Mo：0%超0.50%以下、
 Cu：0%超1.00%以下、
 Ni：0%超1.00%以下、
 Cr：0%超1.00%以下、
 V：0%超0.100%以下、
 Ca：0%超0.0100%以下、
 Mg：0%超0.0100%以下、及び
 REM：0%超0.0100%以下
 の1種又は2種以上を含有する請求項1に記載のラインパイプ用電縫
 鋼管。

[請求項3]

前記母材部の金属組織を透過型電子顕微鏡を用いて100000倍
 の倍率で観察した場合に、円相当径100nm以下の析出物の面積率
 が0.10～1.00%である請求項1又は請求項2に記載のライン
 パイプ用電縫鋼管。

- [請求項4] 前記母材部の化学組成におけるNbの含有量が、質量%で、0.020%以上である請求項1～請求項3のいずれか1項に記載のラインパイプ用電縫鋼管。
- [請求項5] 肉厚が10～25mmであり、外径が114.3～609.6mmである請求項1～請求項4のいずれか1項に記載のラインパイプ用電縫鋼管。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, C21D9/08(2006.01)i, C22C38/14(2006.01)i, C22C38/50(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)n

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)

C22C38/00-38/60, C21D9/08, C21D8/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2013/027779 A1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 28 February 2013 (28.02.2013), & EP 2752499 A1 & KR 10-2013-0058074 A & CN 103249854 A & CA 2832021 A1	1-5
A	JP 2014-189808 A (Kobe Steel, Ltd.), 06 October 2014 (06.10.2014), (Family: none)	1-5
A	JP 2010-506044 A (ExxonMobil Upstream Research Co.), 25 February 2010 (25.02.2010), & US 2009/0301613 A1 & WO 2008/045631 A2 & KR 10-2009-0078807 A & CN 101611163 A	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 June 2017 (01.06.17)

Date of mailing of the international search report
13 June 2017 (13.06.17)

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/JP2017/010023

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 2002-302716 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 18 October 2002 (18.10.2002), (Family: none)	1-5
A	JP 2007-15008 A (JFE Steel Corp.), 25 January 2007 (25.01.2007), (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, C21D9/08(2006.01)i, C22C38/14(2006.01)i, C22C38/50(2006.01)i,
C21D8/02(2006.01)n

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. C22C38/00-38/60, C21D9/08, C21D8/02

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2013/027779 A1 (新日鐵住金株式会社) 2013.02.28, & EP 2752499 A1 & KR 10-2013-0058074 A & CN 103249854 A & CA 2832021 A1	1-5
A	JP 2014-189808 A (株式会社神戸製鋼所) 2014.10.06, (ファミリーなし)	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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

01.06.2017

国際調査報告の発送日

13.06.2017

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)

田口 裕健

4 K

4663

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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 2010-506044 A (エクソンモービル アップストリーム リサーチ カンパニー) 2010.02.25, & US 2009/0301613 A1 & WO 2008/045631 A2 & KR 10-2009-0078807 A & CN 101611163 A	1-5
A	JP 2002-302716 A (住友金属工業株式会社) 2002.10.18, (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2007-15008 A (J F E スチール株式会社) 2007.01.25, (ファミリーなし)	1-5