

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年11月21日(21.11.2019)



(10) 国際公開番号

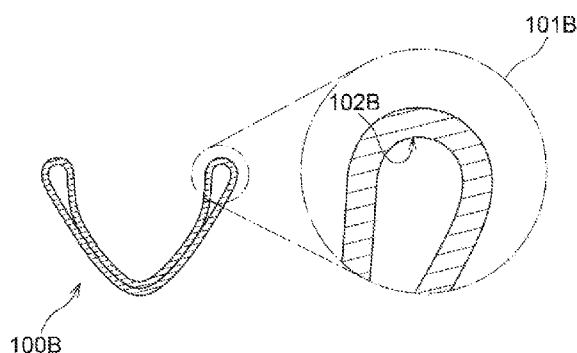
WO 2019/220577 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/14 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/54 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/018985
- (22) 国際出願日: 2018年5月16日(16.05.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL 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: 福士 孝聡 (FUKUSHI, Takaaki); 〒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). 濱谷 秀樹 (HAMATANI, Hideki); 〒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). 篠原 康浩 (SHINOHARA, Yasuhiro); 〒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, 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,

(54) Title: AS-ROLLED ELECTRIC RESISTANCE WELDED STEEL PIPE FOR TORSION BEAM

(54) 発明の名称: トーションビーム用アズロール電縫鋼管

【図2】



(57) Abstract: Provided is an as-rolled electric resistance welded steel pipe for a torsion beam, the as-rolled electric resistance welded steel pipe comprising a base material portion containing 0.02-0.15% of C, 0.03-1.20% of Si, 0.30-2.50% of Mn, 0.010-0.200% of Ti, 0.005-0.500% of Al, 0.01-0.04% of Nb, 0.0005-0.006% of N, and 0.0005-0.0050% of B, with the remainder comprising Fe and impurities, wherein V_{c90} defined by equation (i) is 30-300, the area percentage of bainite in a central portion of an L cross section of the base material portion in the thickness direction is at least 80%, the average grain size of packet grains is 10 μm or less, the average aspect ratio of packet grains is 2.0 or less, and the tensile strength in the pipe axis direction is 750-1000 MPa. (i): $\log V_{c90} = 2.94 - 0.75\beta_a$, (ii): $\beta_a = 2.7C + 0.4Si + Mn + 0.45Ni + 0.8Cr + 2Mo$.

LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：母材部が、C：0.02～0.15%、Si：0.03～1.20%、Mn：0.30～2.50%、Ti：0.010～0.200%、Al：0.005～0.500%、Nb：0.01～0.04%、N：0.0005～0.006%、及びB：0.0005～0.0050%を含み、残部がFe及び不純物を含み、式(i)によって定義される V_{c90} が30～300であり、母材部のL断面における肉厚中央部において、ベイナイトの面積率が80%以上であり、パケット粒の平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下であり、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下であり、管軸方向の引張強さが750～1000MPaであるトーションビーム用アズロール電縫鋼管。 $\log V_{c90}=2.94-0.75\beta_a$ …式(i) $\beta_a=2.7C+0.4Si+Mn+0.45Ni+0.8Cr+2Mo$ …式(ii)

明 細 書

発明の名称： トーションビーム用アズロール電縫鋼管

技術分野

[0001] 本開示は、トーションビーム用アズロール電縫鋼管に関する。

背景技術

[0002] 従来より、自動車構造部材（例えば自動車足回り部品）に用いる鋼材についての検討がなされている。

例えば、特許文献１には、自動車足回り部品鋼管等の機械構造鋼管に用いられる、疲労特性及び曲げ成形性に優れた機械構造鋼管用熱延鋼板が開示されている。

また、特許文献２には、成形加工性が良好であるにもかかわらず疲労特性が高く、しかも熱処理に多くのコストを必要しない疲労特性に優れた自動車足回り部品用鋼材が開示されている。

また、特許文献３には、高強度で、優れた加工性と優れた耐ねじり疲労特性とが要求されるトーションビーム、アクスルビーム、トレーリングアーム、サスペンションアームなどの自動車構造部材用として好適な、高張力鋼が開示されている。

[0003] 特許文献１：国際公開第２００９／１３３９６５号

特許文献２：国際公開第２００８／０１８６２４号

特許文献３：特開２０１１－３８１５５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 自動車足回り部品の一つであるトーションビームには、高い強度（特に、管軸方向の引張強さ）が要求される。

一方、トーションビームは、アズロール電縫鋼管（以下、「トーションビーム用アズロール電縫鋼管」ともいう）に対して曲げ成形を施すことによって製造される場合がある。この場合、アズロール電縫鋼管の曲げ成形が施さ

れた部分の内面に、割れ（以下、「内面割れ」ともいう）が生じることがある。アズロール電縫鋼管の曲げ成形性の観点から、アズロール電縫鋼管に対し、耐内面割れ性を向上させることが求められる場合がある。

ここで、耐内面割れ性とは、アズロール電縫鋼管に対して曲げ成形を施した場合の内面割れを抑制できる性質を意味する。

上記特許文献 1～3 では、鋼管の耐内面割れ性を向上する観点からみた検討が一切なされておらず、改善の余地が残されている。

[0005] 本開示の課題は、管軸方向の引張強さに優れ、かつ、耐内面割れ性に優れたトーションビーム用アズロール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 : 0.02～0.15％、

Si : 0.03～1.20％、

Mn : 0.30～2.50％、

P : 0～0.030％、

S : 0～0.010％、

Ti : 0.010～0.200％、

Al : 0.005～0.500％、

Nb : 0.01～0.04％、

N : 0.0005～0.006％、

B : 0.0005～0.0050％、

Cu : 0～1.00％、

Ni : 0～1.00％、

Cr : 0～1.00％、

Mo : 0～0.50％、

V : 0～0.20％、

W : 0 ~ 0.10 %、

Ca : 0 ~ 0.0200 %、

Mg : 0 ~ 0.0200 %、

Zr : 0 ~ 0.0200 %、

REM : 0 ~ 0.0200 %、並びに、

残部 : Fe 及び不純物であり、

下記式 (i) によって定義される $V_{\text{c}_{90}}$ が 30 ~ 300 であり、

前記母材部の L 断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトの面積率が 80 % 以上であり、前記ベイナイトのパケット粒の平均粒径が $10 \mu\text{m}$ 以下であり、前記パケット粒の平均アスペクト比が 2.0 以下であり、

管軸方向の引張強さが 750 ~ 1000 MPa であるトーションビーム用アズロール電縫鋼管。

$$\log V_{\text{c}_{90}} = 2.94 - 0.75 \beta_a \quad \cdots \text{式 (i)}$$

$$\beta_a = 2.7C + 0.4Si + Mn + 0.45Ni + 0.8Cr + 2Mo \quad \cdots \text{式 (ii)}$$

[式 (i) 中、 β_a は、式 (ii) によって定義される値である。

式 (ii) 中、各元素記号は、各元素の質量%を表す。]

[0007] <2> 前記母材部の化学組成が、質量%で、

Cu : 0 % 超 1.00 % 以下、

Ni : 0 % 超 1.00 % 以下、

Cr : 0 % 超 1.00 % 以下、

Mo : 0 % 超 0.50 % 以下、

V : 0 % 超 0.20 % 以下、

W : 0 % 超 0.10 % 以下、

Ca : 0 % 超 0.0200 % 以下、

Mg : 0 % 超 0.0200 % 以下、

Zr : 0 % 超 0.0200 % 以下、及び、

REM: 0%超0.0200%以下からなる群から選択される1種以上を含むする<1>に記載のトーションビーム用アズロール鋼管。

[0008] <3> 外径が50～150mmであり、肉厚が2.0～4.0mmである<1>又は<2>に記載のトーションビーム用アズロール電縫鋼管。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、管軸方向の引張強さに優れ、かつ、耐内面割れ性に優れたトーションビーム用アズロール電縫鋼管が提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例における曲げ試験の概要を模式的に示す概略図である。

[図2]実施例における曲げ試験において、電縫鋼管に曲げ成形を施すことによって得られた構造物の断面を模式的に示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本明細書中、「～」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。

本明細書中、成分（元素）の含有量を示す「%」は、「質量%」を意味する。

本明細書中、C（炭素）の含有量を、「C含有量」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。

本明細書中、「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。

本明細書中に段階的に記載されている数値範囲において、ある段階的な数値範囲の上限値又は下限値は、他の段階的な記載の数値範囲の上限値又は下限値に置き換えてもよく、また、実施例に示されている値に置き換えてもよい。

[0012] 本明細書において、「トーションビーム用アズロール電縫鋼管」を、単に「アズロール電縫鋼管」又は「電縫鋼管」と称することがある。

[0013] 本明細書において、「アズロール電縫鋼管 (As-rolled electric resistan

ce welded steel pipe) 」とは、造管後、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。即ち、「アズロール電縫鋼管」における「アズロール」とは、「ロール成形されたままの」という意味である。

「造管」とは、ホットコイルから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までの過程を指す。

「ホットコイル」とは、ホットストリップミルを用いて製造され、コイル状に巻き取られた熱延鋼板を意味する。

「ロール成形」とは、ホットコイルから巻き出された熱延鋼板を、連続的に曲げ加工してオープン管状に成形することを指す。

[0014] ホットストリップミル (Hot strip mill) を用いて製造される熱延鋼板 (Hot-rolled steel sheet) は、長尺の鋼板 (continuous steel sheet) である点で、厚板ミル (plate mill) を用いて製造される厚鋼板 (steel plate) とは異なる。

厚鋼板 (steel plate) は、長尺の鋼板 (continuous steel sheet) ではないため、連続的な曲げ加工である、ロール成形に使用することはできない。

アズロール電縫鋼管は、以上の点で、厚鋼板を用いて製造される溶接鋼管 (例えば、UOE 鋼管) とは明確に区別される。

[0015] また、対象とする電縫鋼管がアズロール電縫鋼管であることは、管軸方向引張試験を行った場合に降伏伸びが観測されないことによって確認できる。

アズロール電縫鋼管は、管軸方向引張試験を行った場合に降伏伸びが観測されない。

これに対し、造管後、シーム熱処理以外の熱処理 (例えば焼戻し) が施された電縫鋼管は、管軸方向引張試験を行った場合に降伏伸びが観測される。

[0016] 本開示の電縫鋼管 (即ち、トーションビーム用アズロール電縫鋼管) 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 : 0.02~0.15%、Si : 0.03~1.20%、Mn : 0.30~2.50%、P : 0~0.030%、S : 0~0.010%、Ti : 0.010~0

、200%、Al : 0.005~0.500%、Nb : 0.01~0.04%、N : 0.0005~0.006%、B : 0.0005~0.0050%、Cu : 0~1.00%、Ni : 0~1.00%、Cr : 0~1.00%、Mo : 0~0.50%、V : 0~0.20%、W : 0~0.10%、Ca : 0~0.0200%、Mg : 0~0.0200%、Zr : 0~0.0200%、REM : 0~0.0200%、残部 : Feおよび不純物であり、下記式 (i) によって定義される V_{90} が30~300であり、母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトの面積率が80%以上であり、ベイナイトのパケット粒の平均粒径が10 μm 以下であり、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下であり、管軸方向の引張強さが750~1000 MPaである。

[0017] $\log V_{90} = 2.94 - 0.75 \beta_a \cdots \text{式 (i)}$

$\beta_a = 2.7C + 0.4Si + Mn + 0.45Ni + 0.8Cr + 2Mo$
 $\cdots \text{式 (ii)}$

[式 (i) 中、 β_a は、式 (ii) によって定義される値である。

式 (ii) 中、各元素記号は、各元素の質量%を表す。]

[0018] 本開示の電縫鋼管において、母材部 (base metal portion) とは、電縫鋼管における、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 (但し、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。

[0019] 本開示の電縫鋼管では、管軸方向の引張強さに優れ (具体的には、管軸方向の引張強さが750 MPa以上であり)、かつ、耐内面割れ性にも優れる。

上記効果が得られる理由は、以下のように推測される。但し、本開示の電縫鋼管は、以下の推定理由によって限定されることはない。

[0020] 本開示の電縫鋼管では、上記金属組織において、ベイナイトの面積率が80%以上であること、ベイナイトのパケット粒の平均粒径 (以下、「平均パ

ケット粒径」ともいう)が $10\mu\text{m}$ 以下であること、及び、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下であることにより、耐内面割れ性が向上する。この理由は、以下のように推測される。

内面割れは、曲げ成形によるせん断変形により、曲げ成形による曲げ部の内面及びその近傍におけるパケット粒界が裂け、その裂けが進展することによって発生すると考えられる。そこで、パケット粒を細粒とすること(即ち、パケット粒の平均粒径を $10\mu\text{m}$ 以下とすること)、及び、パケット粒の形状を球状に近づけること(即ち、パケット粒の平均アスペクト比を2.0以下とすること)により、上記のようにして発生し得る内面割れが抑制される(即ち、耐内面割れ性が向上する)と考えられる。

[0021] 以下、本開示の電縫鋼管における、化学組成及び金属組織について説明する。

[0022] <母材部の化学組成>

以下、本開示の電縫鋼管における母材部の化学組成(以下、「本開示における化学組成」ともいう。)について説明する。

[0023] C : 0.02~0.15%

Cは、鋼の強度を向上させる元素である。C含有量が0.02%未満では、トーションビームとして必要な強度が得られない場合がある。従って、C含有量は0.02%以上である。C含有量は、好ましくは0.05%以上である。

一方、C含有量が0.15%を超えると強度が上がり過ぎて耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、C含有量は0.15%以下である。C含有量は、好ましくは0.12%以下であり、より好ましくは0.10%以下であり、更に好ましくは0.09%以下である。

[0024] Si : 0.03~1.20%

Siは、脱酸のために用いられる元素である。Si含有量が0.03%未満では、脱酸が不十分となり粗大な酸化物が生成する場合がある。従って、Si含有量は0.03%以上である。Si含有量は、好ましくは0.05%

以上であり、より好ましくは0.10%以上であり、更に好ましくは0.20%以上である。

一方、Si含有量が1.20%を超えるとSiO₂などの介在物の生成を招き、成形時に微小ボイドが発生しやすくなる場合がある。従って、Si含有量は1.20%以下である。Si含有量は、好ましくは1.00%以下であり、より好ましくは0.80%以下である。

[0025] Mn : 0.30~2.50%

Mnは、鋼の強度を向上させる元素である。Mn含有量が0.30%未満では、トーションビームとして必要な強度が得られない場合がある。従って、Mn含有量は0.30%以上である。Mn含有量は、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含有量が2.50%を超えると、強度が上がり過ぎて耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、Mn含有量は2.50%以下である。Mn含有量は、好ましくは2.00%以下であり、より好ましくは1.80%以下であり、更に好ましくは1.60%以下であり、更に好ましくは1.50%以下である。

[0026] P : 0~0.030%

Pは、鋼中に不純物として含まれ得る元素である。P含有量が0.030%を超えると、結晶粒界に濃化しやすくなり、耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、P含有量は0.030%以下である。P含有量は、好ましくは0.020%以下である。

一方、P含有量は、0%であってもよい。脱磷コスト低減の観点から、P含有量は0%超であってもよく、0.001%以上であってもよく、0.010%以上であってもよい。

[0027] S : 0~0.010%

Sは、鋼中に不純物として含まれ得る元素である。S含有量が0.010%を超えると、粗大なMnSが生成し、耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、S含有量は0.010%以下である。S含有量は、好ましくは0

、0.05%以下である。

一方、S含有量は、0%であってもよい。脱硫コスト低減の観点から、S含有量は0%超であってもよく、0.001%以上であってもよく、0.003%以上であってもよい。

[0028] Ti : 0.010~0.200%

Tiは、TiCとして析出することで鋼の強度を向上させる元素である。また、Tiは、TiCとして析出することで、熱延時のピンニング効果によりオーステナイト粒の微細化に寄与し、その結果として、オーステナイト粒を分割するパケット粒の微細化に寄与する元素でもある。Ti含有量が0.010%未満では、トーションビームとして必要な強度およびオーステナイト粒のピンニング効果が得られない場合がある。また、Ti含有量が0.010%未満では、NをTiNとして固定できずにNがBと共に析出してしまうため、Bによる焼入れ性向上効果が得られなくなる場合がある。従って、Ti含有量は0.010%以上である。Ti含有量は、好ましくは0.015%以上である。

一方、Ti含有量が0.200%を超えると、粗大なTiC及び／又はTiNが析出し、耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、Ti含有量は0.200%以下である。Ti含有量は、好ましくは0.160%以下であり、より好ましくは0.100%以下であり、更に好ましくは0.080%以下であり、更に好ましくは0.050%以下である。

[0029] Al : 0.005~0.500%

Alは、AlNを生成し、熱延時のピンニング効果によりオーステナイト粒の微細化に寄与し、その結果として、オーステナイト粒を分割するパケット粒の微細化に寄与する元素である。Al含有量が0.005%未満では、オーステナイト粒のピンニング効果が得られず、オーステナイト粒が粗大になり、その結果としてパケット粒が粗大になる場合がある。従って、Al含有量は0.005%以上である。Al含有量は、好ましくは0.010%以上であり、より好ましくは0.020%以上である。

一方、A I 含有量が0.500%を超えると粗大なA I Nが析出し、耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、A I 含有量は0.500%以下である。A I 含有量は、好ましくは0.100%以下であり、より好ましくは0.050%以下である。

[0030] Nb : 0.01~0.04%

Nbは、NbCを生成し、熱延時のピンニング効果によりオーステナイト粒の微細化に寄与し、その結果として、オーステナイト粒を分割するパケット粒の微細化に寄与する元素である。Nb含有量が0.01%未満では、オーステナイト粒のピンニング効果が得られず、オーステナイト粒が粗大になり、その結果としてパケット粒が粗大になる場合がある。従って、Nb含有量は0.01%以上である。Nb含有量は、好ましくは0.02%以上である。

一方、Nb含有量が0.04%を超えると粗大なNbCが析出し、耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、Nb含有量は0.04%以下である。Nb含有量は、好ましくは0.03%以下である。

[0031] N : 0.0005~0.006%

Nは、A I Nを生成し、熱延時のピンニング効果によりオーステナイト粒の微細化に寄与し、その結果として、オーステナイト粒を分割するパケット粒の微細化に寄与する元素である。N含有量が0.0005%未満では、オーステナイト粒のピンニング効果が得られず、オーステナイト粒が粗大になり、その結果としてパケット粒が粗大になる場合がある。従って、N含有量は0.0005%以上である。N含有量は、好ましくは0.001%以上であり、より好ましくは0.002%以上であり、更に好ましくは0.004%以上である。

一方、N含有量が0.006%を超えると粗大なA I Nが析出し、耐内面割れ性が劣化する場合がある。従って、N含有量は0.006%以下である。N含有量は、好ましくは0.005%以下である。

[0032] B : 0.0005~0.0050%

Bは、鋼の焼入れ性を向上させ、ベイナイトを造り込むために必須な元素である。B含有量が0.0005%未満では、鋼の焼入れ性を向上させる効果が得られない場合がある。従って、B含有量は、0.0005%以上である。B含有量は、好ましくは0.0010%以上である。

一方、B含有量が0.0050%を超えると、Bが凝集及び／又は析出し、オーステナイト粒界に偏析する固溶Bが減少するため、鋼の焼入れ性を向上させる効果が低下する場合がある。従って、B含有量は、0.0050%以下である。B含有量は、好ましくは0.0040%以下であり、更に好ましくは0.0030%以下である。

[0033] Cu : 0～1.00%

Cuは、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、Cu含有量は0%であってもよい。

Cuは、鋼の高強度化に寄与する元素である。かかる効果の観点から、Cu含有量は、0%超であってもよく、0.005%以上であってもよく、0.01%以上であってもよく、0.05%以上であってもよい。

一方、Cuを過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、Cu含有量は、1.00%以下である。Cu含有量は、好ましくは0.50%以下であり、より好ましくは0.30%以下である。

[0034] Ni : 0～1.00%

Niは、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、Ni含有量は0%であってもよい。

Niは、鋼の高強度化に寄与する元素である。かかる効果の観点から、Ni含有量は、0%超であってもよく、0.005%以上であってもよく、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を過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、Ni含有量は、1.00%以下である。Ni含有量は、好ましくは0.50%以下であり、より好ましくは0.30%以下である。

[0035] Cr : 0～1.00%

C r は、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、C r 含有量は 0 % であってもよい。

C r は、鋼の高強度化に寄与する元素である。かかる効果の観点から、C r 含有量は、0 % 超であってもよく、0. 0 0 5 % 以上であってもよく、0. 0 1 % 以上であってもよく、0. 0 5 % 以上であってもよい。

一方、C r を過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、C r 含有量は、1. 0 0 % 以下である。C r 含有量は、好ましくは 0. 5 0 % 以下であり、より好ましくは 0. 3 0 % 以下である。

[0036] M o : 0 ~ 0. 5 0 %

M o は、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、M o 含有量は 0 % であってもよい。

M o は、鋼の高強度化に寄与する元素である。かかる効果の観点から、M o 含有量は、0 % 超であってもよく、0. 0 1 % 以上であってもよく、0. 0 5 % 以上であってもよく、0. 1 0 % 以上であってもよい。

一方、M o を過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、M o 含有量は、0. 5 0 % 以下である。M o 含有量は、好ましくは 0. 4 0 % 以下である。

[0037] V : 0 ~ 0. 2 0 %

V は、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、V 含有量は 0 % であってもよい。

V は、鋼の高強度化に寄与する元素である。かかる効果の観点から、V 含有量は、0 % 超であってもよく、0. 0 0 5 % 以上であってもよく、0. 0 1 % 以上であってもよい。

一方、V を過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、V 含有量は、0. 2 0 % 以下である。V 含有量は、好ましくは 0. 1 0 % 以下である。

[0038] W : 0 ~ 0. 1 0 %

W は、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、W 含有量は 0 %

であってもよい。

Wは、鋼の高強度化に寄与する元素である。かかる効果の観点から、W含有量は、0%超であってもよく、0.005%以上であってもよい。

一方、Wを過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、W含有量は、0.10%以下である。W含有量は、好ましくは0.05%以下である。

[0039] Ca : 0~0.0200%

Caは、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、Ca含有量は0%であってもよい。

Caは、介在物を制御し、耐内面割れ性をさらに抑制する効果を有する。かかる効果の観点から、Ca含有量は、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%以上であってもよい。

一方、Caを過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、Ca含有量は、0.0200%以下である。Ca含有量は、好ましくは0.0100%以下であり、より好ましくは0.0070%以下である。

[0040] Mg : 0~0.0200%

Mgは、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、Mg含有量は0%であってもよい。

Mgは、介在物を制御し、耐内面割れ性をさらに抑制する効果を有する。かかる効果の観点から、Mg含有量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよい。

一方、Mgを過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、Mg含有量は、0.0200%以下である。Mg含有量は、好ましくは0.0100%以下であり、より好ましくは0.0050%以下であり、更に好ましくは0.0020%以下である。

[0041] Zr : 0~0.0200%

Zrは、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、Zr含有量は0%であってもよい。

Zrは、介在物を制御し、耐内面割れ性をさらに抑制する効果を有する。かかる効果の観点から、Zr含有量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよい。

一方、Zrを過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、Zr含有量は、0.0200%以下である。Zr含有量は、好ましくは0.0100%以下であり、より好ましくは0.0050%以下であり、更に好ましくは0.0020%以下である。

[0042] REM: 0~0.0200%

REMは、任意の元素であり、含有されなくてもよい。即ち、REM含有量は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、介在物を制御し、耐内面割れ性をさらに抑制する効果を有する。かかる効果の観点から、REM含有量は、0%超であってもよく、0.0001%以上であってもよく、0.0005%以上であってもよい。

一方、REMを過剰に含有させると、効果が飽和してコストの上昇を招く場合がある。従って、REM含有量は、0.0200%以下である。REM含有量は、好ましくは0.0100%以下であり、より好ましくは0.0050%以下であり、更に好ましくは0.0020%以下である。

[0043] 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、Fe及び不純物である。

ここで、不純物とは、原材料（例えば、鉱石、スクラップ、等）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、S b、S n、C o、A s、P b、B i、Hが挙げられる。

通常、S b、S n、C o、及びA sについては例えば含有量0.1%以下の混入が、P b及びB iについては例えば含有量0.005%以下の混入が、Hについては例えば含有量0.0004%以下の混入が、それぞれあり得る。その他の元素の含有量については、通常の範囲であれば、特に制御する必要はない。

[0044] 母材部の化学組成は、各元素による上記効果を得る観点から、C u : 0%超1.00%以下、N i : 0%超1.00%以下、C r : 0%超1.00%以下、M o : 0%超0.50%以下、V : 0%超0.20%以下、W : 0%超0.10%以下、C a : 0%超0.0200%以下、M g : 0%超0.0200%以下、Z r : 0%超0.0200%以下、及び、R E M : 0%超0.0200%以下からなる群から選択される1種以上を含有してもよい。

これらの元素の含有量の好ましい範囲は、それぞれ前述したとおりである。

[0045] V_{c90} : 30~300

母材部の化学組成において、下記式(i)によって定義される V_{c90} は、鋼の焼入れ性の指標となる値である。

V_{c90} は、90%マルテンサイト組織が得られる臨界冷却速度(単位: °C/s)として知られている値である〔例えば、上野らの論文「GROSSMANNの式に代わる鋼の焼入れ性の新しい予測式」、「鉄と鋼」(社団法人日本鉄鋼協会)、第74年(1988)第6号、pp.1073-1080参照〕。

[0046] $\log V_{c90} = 2.94 - 0.75 \beta_a \dots$ 式(i)

$\beta_a = 2.7C + 0.4Si + Mn + 0.45Ni + 0.8Cr + 2Mo \dots$ 式(ii)

〔式(i)中、 β_a は、式(ii)によって定義される値である。〕

式 (ii) 中、各元素記号は、各元素の質量%を表す。]

[0047] V_{90} が低いほど、鋼の焼入れ性が高くなる。

従って、 V_{90} が300以下であると、フェライトの生成が抑制され、ベイナイトの生成が促進されるので、ベイナイトの面積率が80%以上であることが達成されやすい。

また、 V_{90} が30以上であると、マルテンサイトの生成が抑制され、ベイナイトの生成が促進されるので、ベイナイトの面積率が80%以上であることが達成されやすい。

従って、 V_{90} は30~300である。

V_{90} の上限は、好ましくは260であり、より好ましくは200であり、更に好ましくは150である。

V_{90} の下限は、好ましくは32であり、より好ましくは35である。

[0048] <母材部の金属組織>

本開示の電縫鋼管は、母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトの面積率が80%以上であり、ベイナイトのパケット粒の平均粒径が10 μm 以下であり、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下である。

母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織がこれらの条件を満足することにより、電縫鋼管の耐内面割れ性が向上する。

ここで、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す。

[0049] 本開示の電縫鋼管では、母材部のL断面における代表的な位置として、母材部のL断面における肉厚中央部を選定し、この肉厚中央部の金属組織を特定する。

但し、一般的に、電縫鋼管では、母材部のL断面における肉厚内部（詳細には、表面から深さ100 μm の位置から肉厚中央部までの領域。以下同じ。）における金属組織は一樣であることが多い。従って、本開示の電縫鋼管においても、母材部のL断面において、肉厚内部における金属組織は、一樣であっても構わない。例えば、後述の製法Aによって製造される電縫鋼管で

は、母材部のL断面における肉厚内部において、金属組織は一様であると考えられる。

[0050] ベイナイトの面積率：80%以上

母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトの面積率は、80%以上である。これにより、曲げ成形による成形歪を各パケット粒に均等に配分させることできるので、耐内面割れ性が向上する。

ベイナイトの面積率が80%未満であると、硬質相と軟質相との境界に歪が集中するため、曲げ成形時に内面割れが発生しやすくなる（即ち、耐内面割れ性が劣化する）。

ベイナイトの面積率は、好ましくは85%以上であり、より好ましくは90%以上である。

ベイナイトの面積率は、100%であってもよいし、100%未満であってもよい。

[0051] ここで、ベイナイトの面積率とは、金属組織全体に占めるベイナイトの面積率を表す。

ベイナイトの面積率が100%未満である場合、金属組織の残部は、例えば、フェライト、マルテンサイト、パーライト、疑似パーライト等である。

[0052] 本開示でいう「ベイナイト」の概念には、

ラス状のベイニティックフェライトを含み、かつ、セメンタイトが析出していない上部ベイナイト、

ラス状のベイニティックフェライトを含み、かつ、ラス状のベイニティックフェライト間にセメンタイトが析出している上部ベイナイト、

ラス状のベイニティックフェライトを含み、かつ、ラス状のベイニティックフェライト内にセメンタイトが析出している下部ベイナイト、

板状のベイニティックフェライトを含み、かつ、板状のベイニティックフェライト内にセメンタイトが析出している下部ベイナイト、

ラス状のベイニティックフェライトを含み、かつ、ラス状のベイニティックフェライト内にセメンタイトが析出しているオートテンパードマルテンサ

イト、及び、

板状のベイニティックフェライトを含み、かつ、板状のベイニティックフェライト内にセメントナイトが析出しているオートテンパードマルテンサイトの全てが包含される。

上部ベイナイト及び下部ベイナイトについては、公知文献〔例えば、日本金属学会「まてりあ」 Vol.46(2007), No.5, pp.321-326参照〕を参照できる。

[0053] ベイナイトの面積率の測定及び残部の特定は、以下のように行う。

J I S G 0 5 5 1 (2 0 1 3 年) に準拠し、本開示の電縫鋼管における母材 1 8 0 ° 位置（即ち、電縫溶接部から管周方向に 1 8 0 ° ずれた位置。以下同じ。）の L 断面（観察面）を研磨し、次いでナイトール腐食液によってエッチングする。エッチングされた L 断面における肉厚中央部の金属組織の写真（以下、「金属組織写真」ともいう）を撮影する。ここで、金属組織写真は、光学電子顕微鏡を用い、倍率 1 0 0 0 倍の視野について 1 0 視野分（断面の実面積として 0. 1 2 m m ² 分）撮影する。

撮影した金属組織写真を画像処理し、画像処理した結果に基づき、ベイナイトの面積率の測定及び残部の特定を行う。画像処理は、例えば（株）ニレコ製の小型汎用画像解析装置 L U Z E X A P を用いて行う。

[0054] なお、上記の手法において、ベイナイトであるかどうかの判別（例えば、ベイナイトとマルテンサイトとの判別）が困難な場合には、対象となる位置のビッカース硬さ（以下、「H v」ともいう）を測定し、測定された H v が下記不等式（a）を満足する場合に、その位置の組織がベイナイトであると判断する。

ビッカース硬さ（H v）の測定は、J I S Z 2 2 4 4 (2 0 0 9) に準拠し、かつ、荷重（試験力）1 0 0 g f の条件にて行う。

[0055]
$$(2500 \times C + 550) / 3.16 \leq H v \leq (2500 \times C + 750) / 3.16 \quad \dots \text{不等式 (a)}$$

〔不等式（a）中、H v は、ビッカース硬さ（H v）を表し、C は、C 含有

量（質量％）を表す。]

[0056] 不等式（a）の右辺 $[H_v \leq (2500 \times C + 750) / 3.16]$ を満足しない場合、その位置の組織はマルテンサイトであると判断し、不等式（a）の左辺 $[(2500 \times C + 550) / 3.16 \leq H_v]$ を満足しない場合、その位置の組織はフェライト（例えば、アシキュラーフェライト、ポリゴナルフェライト、等）であると判断する。

[0057] ベイナイトのパケット粒の平均粒径：10 μm 以下

母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトのパケット粒の平均粒径（以下、「平均パケット粒径」ともいう）は、10 μm 以下である。これにより、曲げ成形による成形歪を各パケット粒に均等に配分させ易くなり、その結果、耐内面割れ性を向上させることができる。

平均パケット粒径が10 μm を超えると、曲げ成形による成形歪が粗大なパケット粒に集中することにより、内面割れが誘発される（即ち、耐内面割れ性が劣化する）場合がある。

平均パケット粒径は、好ましくは8 μm 以下である。

平均パケット粒径の下限には特に制限はない。鋼の製造適性の観点から、平均パケット粒径は、好ましくは3 μm 以上であり、より好ましくは4 μm 以上である。

[0058] 平均パケット粒径（即ち、ベイナイトのパケット粒の平均粒径）は、以下のようにして測定する。

母材部（詳細には、本開示の電縫鋼管における母材180°位置）のL断面における肉厚中央部の金属組織をSEM-EBSD装置を用いて観察し（倍率1000倍）、傾角10°以上の粒界で囲まれる領域をパケット粒とみなす。言い換えれば、細長い複数のベイニティックフェライトがほぼ平行に（詳細には、互い長手方向同士のなす角度が10°以下に）並んでいる領域を、パケット粒とみなす。

上記パケット粒の円相当径を求め、上記パケット粒の粒径とする。

以上の方法により、200 μm （管軸方向）×500 μm （肉厚方向）の

視野範囲に含まれる全てのポケット粒について、それぞれ粒径を求める。得られた測定値（粒径）を算術平均し、得られた算術平均値を、ポケット粒の平均粒径とする。

[0059] ベイナイトのポケット粒の平均アスペクト比：2.0以下

母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトのポケット粒の平均アスペクト比は、2.0以下である。これにより、管軸方向（即ち、電縫鋼管の素材である熱延鋼板の製造時における圧延方向）に連続する内面割れを抑制できる（即ち、耐内面割れ性が向上する）。

ポケット粒の平均アスペクト比が2.0を超えると、管軸方向にポケット粒の粒界が連続し易くなる。その結果、電縫鋼管の曲げ成形を行った際に、電縫鋼管の内面に一旦亀裂が発生すると、亀裂が管軸方向に進展し、連続した割れ（即ち、内面割れ）へと発展する場合がある。

ポケット粒の平均アスペクト比は、好ましくは1.8以下であり、より好ましくは1.6以下である。

[0060] ポケット粒の平均アスペクト比は、その定義からみて当然に、1.0以上である。ポケット粒の平均アスペクト比は、好ましくは1.0超であり、より好ましくは1.1以上である。

[0061] ポケット粒の平均アスペクト値は、以下のようにして測定する。

母材部（詳細には、本開示の電縫鋼管における母材180°位置）のL断面における肉厚中央部の金属組織をSEM-EBSD装置を用いて観察し（倍率1000倍）、傾角10°以上の粒界で囲まれる領域をポケット粒とみなし、このポケット粒の形状を楕円近似する。得られた楕円における、短軸長さに対する長軸長さの比（即ち、長軸長さ／短軸長さ比）を、ポケット粒のアスペクト比とする。

この方法により、200μm（管軸方向）×500μm（肉厚方向）の視野範囲に含まれる全てのポケット粒について、それぞれアスペクト比を求める。得られた測定値（アスペクト比）を算術平均し、得られた算術平均値を、ポケット粒の平均アスペクト比とする。

[0062] なお、概して、上記長軸方向は電縫鋼管の管軸方向（即ち、電縫鋼管の素材である熱延鋼板の製造時における圧延方向）と略一致し、上記短軸方向は電縫鋼管の肉厚方向と略一致する。

[0063] 本開示の電縫鋼管は、管軸方向の引張強さが750～1000MPaである。

管軸方向の引張強さが750MPa以上であることにより、トーションビーム用の鋼管としての強度が確保される。管軸方向の引張強さは、好ましくは800MPa以上である。

管軸方向の引張強さが1000MPa以下であることにより、耐内面割れ性が向上する。管軸方向の引張強さは、好ましくは990MPa以下である。

[0064] 本開示の電縫鋼管の管軸方向の引張強さは、以下のようにして測定する。

本開示の電縫鋼管における母材180°位置から、JIS 12号引張試験片を採取する。採取したJIS 12号引張試験片について、JIS Z 2241（2011年）に準拠して管軸方向の引張試験を行い、管軸方向の引張強さを測定する。得られた結果を、本開示の電縫鋼管の管軸方向の引張強さとする。

[0065] 本開示の電縫鋼管の外径には特に制限はない。電縫鋼管の製造適性の観点から、外径は、好ましくは50～150mmである。

本開示の電縫鋼管の肉厚には特に制限はない。電縫鋼管の製造適性の観点から、本開示の電縫鋼管の肉厚は、好ましくは2.0～4.0mmである。

[0066] 本開示の電縫鋼管は、トーションビームの製造に用いられる。

本開示の電縫鋼管を用いたトーションビームの製造は、例えば、本開示の電縫鋼管の一部に対し曲げ成形を施すことによって行う。曲げ成形は、例えば、本開示の電縫鋼管のうち、管軸方向に平行な直線状の領域の一部を、電縫鋼管の外部から内部に向かう方向に押し込むことにより行う（例えば、後述の図1に示す曲げ試験参照）。これにより、例えば、略V字型の閉断面（例えば、後述の図2参照）を有する部分を含むトーションビームが製造され

る。

[0067] 一般的には、曲げ成形による曲げ部の内面の曲率半径 R が小さい場合に、内面割れが発生し易くなる傾向となる。

しかし、耐内面割れ性に優れた本開示の電縫鋼管によれば、この場合においても、内面割れの発生が効果的に抑制される。

従って、本開示の電縫鋼管による耐内面割れ性向上の効果は、曲げ成形による曲げ部の内面の曲率半径 R が小さい場合に、特に効果的に発揮される。

言い換えれば、本開示の電縫鋼管による耐内面割れ性向上の効果は、本開示の電縫鋼管が、内面の曲率半径 R が小さい曲げ部（例えば、内面の曲率半径 R が肉厚に対して 2 倍以下（好ましくは 0.7 ～ 2 倍、より好ましくは 1 ～ 2 倍）である曲げ部）を含むトーションビームの作製に用いられた場合に、特に効果的に発揮される。

[0068] <製法の一例>

本開示の電縫鋼管を製造する方法の一例として、以下の製法 A が挙げられる。

製法 A は、

本開示における化学組成を有するスラブを準備するスラブ準備工程と、
準備したスラブを 1070 ～ 1300℃ のスラブ加熱温度にまで加熱し、
加熱されたスラブに対し、熱間圧延仕上温度を 920℃ 以上とする熱間圧延を施すことにより、熱延鋼板を得る熱延工程と、

熱延工程で得られた熱延鋼板を、40 ～ 100℃/s の 1 次冷却速度にて、「Ms 点 + 10℃」～「Ms 点 + 80℃」の保持温度となるまで 1 次冷却し、次いで上記保持温度にて 2 ～ 10 s（保持時間）保持し、次いで 60℃/s 以上の 2 次冷却速度にて、200℃ 以下の巻取温度となるまで 2 次冷却する冷却工程と、

2 次冷却後の熱延鋼板を上記巻取温度にて巻取ることにより、熱延鋼板からなるホットコイルを得る巻取工程と、

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、電縫鋼管を得る造管工程と、を含む。

以上の、熱延工程、冷却工程、及び巻取工程は、ホットストリップミルを用いて実施する。

[0069] 製法Aにおいて、Ms点とは、下記(iii)式で表される温度を意味する。

$$\text{Ms点}(\text{℃}) = 550 - 361 \times \text{C} - 39 \times \text{Mn} - 35 \times \text{V} - 20 \times \text{Cr} - 17 \times \text{Ni} - 10 \times \text{Cu} - 5 \times (\text{Mo} + \text{W}) + 30 \times \text{Al} \quad \dots \quad (\text{iii})$$

〔式(iii)中、各元素記号は、各元素の質量%を表す。〕

[0070] 後述の実施例では、Ms点、「Ms点+10℃」、及び「Ms点+80℃」を、それぞれ、Ms(℃)、Ms+10(℃)、及びMs+80(℃)と称することがある(例えば表2)。

[0071] この製法Aによれば、管軸方向の引張強さが750~1000MPaであり、かつ、母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトの面積率が80%以上であり、ベイナイトのパケット粒の平均粒径が10μm以下であり、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下である、本開示の電縫鋼管を製造し易い。

[0072] (スラブ準備工程)

製法Aにおいて、スラブ準備工程は、上述の化学組成を有するスラブを準備する工程である。

スラブ準備工程は、スラブを製造する工程であってもよいし、予め製造されていたスラブを単に準備するだけの工程であってもよい。

スラブを製造する場合、例えば、上述の化学組成を有する溶鋼を製造し、製造した溶鋼を用いて、スラブを製造する。この際、連続 casting 法によりスラブを製造してもよいし、溶鋼を用いてインゴットを製造し、インゴットを分塊圧延してスラブを製造してもよい。

[0073] (熱延工程)

製法Aにおいて、熱延工程は、上記で準備したスラブを1070~130

0℃のスラブ加熱温度にまで加熱し、加熱されたスラブに対し、熱間圧延仕上温度を920℃以上とする熱間圧延を施すことにより、熱延鋼板を得る工程である。

[0074] スラブを1070～1300℃のスラブ加熱温度にまで加熱することにより、溶鋼凝固過程で析出した、炭化物、窒化合物及び炭窒化合物を鋼中で固溶させることができる。その結果、耐内面割れ性を劣化させずに強度を向上させることができる。また、成形時に微小ボイドの発生を抑制することもできる。

スラブ加熱温度が1070℃以上であると、溶鋼凝固過程で析出した、炭化物、窒化合物及び炭窒化合物を、鋼中に十分に固溶させることができる。

スラブ加熱温度が1300℃以下であると、オーステナイト粒の粗大化が抑制され、粗大なAlNが、熱間圧延中または熱間圧延後の冷却中に析出することを抑制できる。

[0075] 熱間圧延仕上温度が920℃以上であることは、未再結晶域で熱間圧延を行うのではなく、再結晶域で熱間圧延を行うことを意味する。これにより、得られる電縫鋼管において、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下であることが実現され易い。

熱間圧延仕上温度の上限は適宜設定されるが、パケット粒の粗大化をより抑制する観点から、上限は、好ましくは1000℃である。

[0076] (冷却工程及び巻取工程)

製法Aにおいて、冷却工程は、熱延工程で得られた熱延鋼板を、40～100℃/sの1次冷却速度にて、「Ms点+10℃」～「Ms点+80℃」の保持温度となるまで1次冷却し、次いで上記保持温度にて2～10sの保持時間保持し、次いで60℃/s以上の2次冷却速度にて200℃以下の巻取温度となるまで2次冷却する工程である。

製法Aにおいて、巻取工程は、2次冷却後の熱延鋼板を上記巻取温度にて巻取ることにより、熱延鋼板からなるホットコイルを得る工程である。

[0077] 1次冷却速度が40℃/s以上であると、フェライトの生成が抑制される

ので、得られる電縫鋼管において、ベイナイトの面積率が80%以上であることが実現され易い。

1次冷却速度が $100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下であると、冷却停止温度を制御し易い。また、1次冷却速度が $100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下であると、熱延鋼板の表面と肉厚内部（例えば肉厚中央部）との間での冷却速度の差が小さくなるので、熱延鋼板の材質の安定性により優れる。

[0078] 保持温度が「Ms点+80℃」以下であると、過冷度が高くなり、オーステナイト粒（ γ 粒）の強度が高くなる。このため、 γ 粒の内部エネルギーを放出するために、同一の γ 粒内においてバリエーションの形成が頻繁に起こる。このようにして、同一の γ 粒から複数の方位のパケット粒が形成され、パケット粒が細くなるので、得られる電縫鋼管において、パケット粒の平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下であることが実現され易い。

また、保持温度が「Ms点+80℃」以下であると、フェライトの生成が抑制されるので、得られる電縫鋼管において、ベイナイトの面積率が80%以上であることが実現され易い。

また、保持温度が「Ms点+10℃」以上であると、マルテンサイトの生成が抑制されるので、得られる電縫鋼管において、ベイナイトの面積率が80%以上であることを実現し易い。

[0079] 保持時間が2s以上であると、ベイナイト変態に要する時間が確保されるので、得られる電縫鋼管において、ベイナイトの面積率が80%以上であることが実現され易い。

保持時間が10s以下であると、熱延鋼板が実質的に焼き戻される現象が抑制されるので、得られる電縫鋼管の強度を確保し易い。従って、得られる電縫鋼管において、管軸方向の引張強さが750MPa以上であることが実現され易い。

[0080] 2次冷却速度が $60^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上であると、熱延鋼板が実質的に焼き戻される現象が抑制されるので、得られる電縫鋼管の強度を確保し易い。従って、得られる電縫鋼管において、管軸方向の引張強さが750MPa以上である

ことが実現され易い。

[0081] 巻取温度が200℃以下であると、熱延鋼板が実質的に焼き戻される現象が抑制されるので、得られる電縫鋼管の強度を確保し易い。従って、得られる電縫鋼管において、管軸方向の引張強さが750MPa以上であることが実現され易い。

[0082] (造管工程)

造管工程は、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、電縫鋼管を得る工程である。

造管工程は、公知の方法に従って行うことができる。

[0083] 製法Aは、必要に応じ、その他の工程を含んでいてもよい。

その他の工程としては、造管工程後に電縫溶接部をシーム熱処理する工程；造管工程後（前述のシーム熱処理する工程を含む場合には、シーム熱処理する工程の後）において、電縫鋼管の外径をサイザーによって縮径する工程；等が挙げられる。

[0084] 以上の製法Aの各工程は、鋼の化学組成に影響を及ぼさない。

従って、製法Aによって製造される電縫鋼管の母材部の化学組成は、原料（溶鋼又はスラブ）の化学組成と同様とみなせる。

実施例

[0085] 以下、実施例によって本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0086] [実施例1～16、比較例1～15]

<電縫鋼管の製造>

前述の製法Aに従い、実施例1～16の電縫鋼管をそれぞれ得た。

また、各実施例の電縫鋼管の製造条件（詳細には、熱延鋼板からなるホットコイルの製造条件）又は化学組成を変更し（表2参照）、比較例1～15の電縫鋼管をそれぞれ得た。

以下、詳細を示す。

[0087] 表 1 に示す化学組成を有する溶鋼（鋼 A ～ Y）を炉で溶製した後、鑄造によって厚さ 250 mm のスラブを作製した（スラブ準備工程）。

[0088] 表 1 に示した元素を除いた残部は、Fe 及び不純物である。

表 1 中、鋼 H 中の REM は La であり、鋼 P 中の REM は Ce である。

表 1 及び表 2 中の下線は、本開示の範囲外であることを示す。

表 1 中の V_{90} は、前述の式 (i) 及び式 (ii) によって定義される V_{90} である（但し、B が含有されていない鋼 Q 及び鋼 R を除く）。

但し、B が含有されていない鋼 Q 及び鋼 R については、表 1 中の V_{90} は、下記の式 (i-b) 及び式 (ii-b) によって定義される V_{90} である。

[0089] $\log V_{90} = 2.94 - 0.75 \beta_b \dots$ 式 (i-b)

$$\beta_b = 2.7C + 0.4Si + Mn + 0.45Ni + 0.8Cr + Mo$$

$\dots$ 式 (ii-b)

[0090] B が含有されているか否かによって V_{90} の定義式が異なる理由は、公知文献〔例えば、上野らの論文「GROSSMANN の式に代わる鋼の焼入性の新しい予測式」、「鉄と鋼」（社団法人日本鉄鋼協会）、第 74 年（1988）第 6 号、pp.1073-1080〕を参照できる。

[0091] 上記で得られたスラブを、表 2 に示すスラブ加熱温度にまで加熱し、加熱されたスラブに対し、熱間圧延仕上温度を表 2 に示す温度とする熱間圧延を施すことにより、熱延鋼板を得た（熱延工程）。

熱延工程で得られた熱延鋼板に対し、表 2 に示す条件の、1 次冷却、保持、及び 2 次冷却を施し、次いで表 2 に示す巻取温度にて巻き取ることにより、板厚 3.0 mm の熱延鋼板からなるホットコイルを得た（冷却工程及び巻取工程）。

以上の、熱延工程、冷却工程、及び巻取工程は、ホットストリップミルを用いて実施した。

次に、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し、次いでサイザーを用いて縮径を行うことにより、外径が90 mmであり肉厚が3.0 mmである電縫鋼管を得た。

[0092] ＜ベイナイトの面積率の測定、及び、残部の種類の確認＞

得られた電縫鋼管の母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織について、前述した方法により、ベイナイトの面積率を測定し、かつ、残部の種類を確認した。

結果を表2に示す。

表2中の残部において、「F」はフェライトを意味し、「M」はマルテンサイトを意味する。

[0093] ＜ベイナイトのパケット粒の平均アスペクト比＞

得られた電縫鋼管の母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織について、前述した方法により、ベイナイトのパケット粒の平均アスペクト比（表2では、単に「平均アスペクト比」とする）を測定した。

結果を表2に示す。

[0094] ＜ベイナイトのパケット粒の平均粒径＞

得られた電縫鋼管の母材部のL断面における肉厚中央部の金属組織について、前述した方法により、ベイナイトのパケット粒の平均結晶粒径（表2では、単に「平均パケット粒径」とする）を測定した。

結果を表2に示す。

[0095] ＜管軸方向の引張強さの測定＞

得られた電縫鋼管の管軸方向の引張強さ（表2では、単に「引張強さ」とする）を、前述した方法によって測定した。

結果を表2に示す。

なお、いずれの実施例及び比較例においても、引張強さを測定するための管軸方向の引張試験において、降伏伸びが観測されなかった。

[0096] ＜曲げ試験（内面割れ深さの評価）＞

得られた電縫鋼管について、トーションビームの製造を模した曲げ試験を行い、内面割れ深さを評価した。以下、詳細を説明する。

[0097] 図1は、曲げ試験の概要を模式的に示す概略図である。

図1に示すように、各実施例及び各比較例の電縫鋼管である電縫鋼管100Aと、

V字型の切り欠き部を有する下金型10と、断面が略三角形状である先端を有するポンチ12と、を準備した。

ここで、金型10の切り欠き部の谷部の角度 θ_1 、及び、ポンチ12の先端の角度 θ_2 は、いずれも 60° とした。

[0098] この曲げ試験では、下金型10の切り欠き部に電縫鋼管100Aを配置し、配置された電縫鋼管100Aに対し、ポンチ12を矢印Pの方向に押し込むことにより、電縫鋼管100Aに曲げ成形を施した。これにより、電縫鋼管100Aの一部に、電縫鋼管100Aの管軸方向Lに対して垂直な方向の曲げを加え、図2に示す、略V字型の閉断面を有する構造物100Bを形成した。

なお、電縫鋼管100Aの管軸方向Lは、電縫鋼管100Aの素材である熱延鋼板の製造時における圧延方向に相当する。

[0099] 図2は、曲げ試験において、電縫鋼管100Aに曲げ成形を施すことによって得られた構造物の断面を模式的に示す概略断面図である。図2に示す構造物の断面は、構造物の長手方向に対して垂直な断面であり、曲げ成形前の電縫鋼管におけるC断面（即ち、管軸方向Lに対して垂直な断面）に対応する。

図2に示すように、電縫鋼管100Aに曲げ成形を施すことにより、略V字型の閉断面を有する構造物100Bが形成された。ここで、ポンチ12の押し込み量は、構造物100Bの閉断面における一端部101B（曲げ部）において、内面102Bの曲率半径Rが4mmとなるように調整した。構造物100Bの閉断面における他端部の内面の曲率半径Rも4mmとなるように調整した。

一端部101Bの断面（詳細には、図2に相当する断面）における内面102B及びその近傍を、走査型電子顕微鏡（SEM）で観察することにより

、内面割れの深さ（以下、「内面割れ深さ」ともいう）を測定した。

ここで、内面割れ深さは、以下のようにして求めた。

一端部 101B の断面における内面 102B 及びその近傍を SEM で観察することにより、内面割れの有無を確認した。内面割れが存在した場合、個々の内面割れについて、それぞれ、割れの起点から終点までの直線距離を求め、個々の内面割れの深さを求めた。個々の内面割れの深さの最大値を、その実施例又は比較例における「内面割れ深さ」とした。内面割れが存在しなかった場合、その実施例又は比較例における「内面割れ深さ」は、「 $0\ \mu\text{m}$ 」とした。

得られた内面割れ深さを表 2 に示す。

[0100] この内面割れ深さの評価では、内面割れ深さが小さい程、耐内面割れ性に優れる。内面割れ深さが $0\ \mu\text{m}$ であることは、内面割れが全く生じていないこと、即ち、耐内面割れ性に顕著に優れることを意味する。

[0101]

[表1]

編號	C	Si	Mn	P	S	Ti	Al	Nb	N	B	Cu	Ni	Cr	Mo	V	W	Ca	Mg	Zr	REM	V _{eq}	M.s (°C)
A	0.05	1.00	1.20	0.015	0.004	0.130	0.024	0.03	0.005	0.0015											44	486
B	0.08	0.25	0.86	0.017	0.004	0.103	0.031	0.03	0.005	0.0005											114	488
C	0.07	0.22	1.57	0.015	0.004	0.076	0.025	0.03	0.005	0.0050											35	463
D	0.05	0.20	0.50	0.010	0.004	0.093	0.024	0.03	0.005	0.0010											253	513
E	0.06	0.24	0.81	0.018	0.003	0.155	0.028	0.02	0.005	0.0020											138	498
F	0.09	0.27	0.92	0.010	0.003	0.197	0.031	0.02	0.005	0.0015	0.10		0.08								85	479
G	0.09	0.28	0.60	0.019	0.004	0.055	0.026	0.04	0.004	0.0030			0.12								141	492
H	0.09	0.27	0.78	0.014	0.004	0.083	0.032	0.04	0.006	0.0018		0.18		0.36	0.01			0.0002		0.0013	32	484
I	0.05	0.28	1.00	0.016	0.004	0.141	0.028	0.03	0.005	0.0015						0.01					100	493
J	0.08	0.24	1.22	0.020	0.004	0.091	0.026	0.03	0.005	0.0012		0.13					0.0050		0.0004		57	474
K	0.05	1.00	1.20	0.015	0.004	0.010	0.024	0.03	0.005	0.0015	0.05	0.05			0.02						42	484
L	0.07	0.40	0.72	0.011	0.005	0.050	0.010	0.01	0.005	0.0015				0.10			0.0030				97	496
M	0.06	0.62	0.78	0.013	0.003	0.015	0.050	0.03	0.005	0.0015			0.20					0.0005			85	495
N	0.09	0.31	0.93	0.018	0.004	0.028	0.033	0.04	0.005	0.0015							0.0025				93	482
O	0.08	0.77	1.10	0.010	0.003	0.041	0.028	0.02	0.005	0.0015											53	479
P	0.05	0.05	1.75	0.016	0.005	0.033	0.024	0.02	0.005	0.0015						0.01			0.0007	0.0010	32	464
Q	0.06	0.26	1.59	0.015	0.004	0.067	0.029	0.03	0.005	0				0.15	0.01						154	467
R	0.07	0.28	1.29	0.013	0.003	0.050	0.032	0.04	0.006	0		0.03		0.34							171	474
S	0.17	0.20	1.30	0.011	0.004	0	0.027	0.03	0.005	0.0015				0.30							13	437
T	0.07	0.23	2.60	0.016	0.004	0.063	0.032	0.03	0.006	0.0011											6	425
U	0.06	0.21	0.76	0.020	0.004	0.005	0.024	0.02	0.005	0.0016											153	500
V	0.20	0.20	1.61	0.010	0.004	0.050	0.020	0.03	0.005	0.0019											19	416
W	0.05	1.00	1.20	0.015	0.004	0.130	0.024	0	0.005	0.0015											44	486
X	0.05	1.00	1.50	0.015	0.004	0.130	0.024	0.03	0.005	0.0015											26	474
Y	0.05	0.10	0.40	0.015	0.004	0.130	0.024	0.03	0.005	0.0015											323	517

[0102] [表2]

		熱延鋼板からなるポットコイルの製造条件										電鍍鋼管						
鋼	V _{ES}	M _s (°C)	M _s +10 (°C)	M _s +80 (°C)	スラブ 加熱温度 (°C)	熱間圧延 仕上温度 (°C)	1次冷却 速度 (°C/s)	保持 温度 (°C)	保持 時間 (s)	2次冷却 速度 (°C/s)	巻取 温度 (°C)	ベイナイト 面積率 (%)	残部	平均 アスペクト比	平均 パケット 粒径 (μm)	引張強さ (MPa)	内面割れ 深さ (μm)	
実施例1	A	44	485	496	566	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	780	0
実施例2	B	114	468	498	568	1200	940	50	530	5	80	200	95	F	1.2	5	850	0
実施例3	C	35	463	473	543	1200	940	50	490	5	80	50	95	M	1.2	4	880	0
実施例4	D	253	513	523	593	1200	940	50	550	10	80	50	95	F	1.2	7	750	0
実施例5	E	138	498	508	578	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	800	0
実施例6	F	85	479	489	559	1200	940	50	510	10	80	50	100	—	1.2	5	900	0
実施例7	G	141	492	502	572	1200	940	50	540	5	80	50	95	M	1.2	5	890	0
実施例8	H	32	484	494	564	1200	940	50	530	5	80	50	95	M	1.2	5	890	0
実施例9	I	100	493	503	573	1200	940	50	540	10	80	50	100	—	1.2	6	760	0
実施例10	J	57	474	484	554	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	850	0
実施例11	K	42	484	494	564	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	750	0
実施例12	L	97	496	506	576	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	780	0
実施例13	M	85	495	505	575	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	780	0
実施例14	N	93	482	492	562	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	850	0
実施例15	O	53	479	489	559	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	780	0
実施例16	P	32	464	474	544	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	5	750	0
比較例1	Q	154	467	477	547	1200	940	50	500	5	80	50	70	F	1.2	5	720	10
比較例2	R	171	474	484	554	1200	940	50	520	5	80	50	75	F	1.2	5	730	10
比較例3	S	13	437	447	517	1200	940	50	500	10	80	50	60	F	1.2	15	900	80
比較例4	T	6	425	435	505	1200	940	50	490	5	80	50	30	M	1.2	5	1040	70
比較例5	U	153	500	510	580	1200	940	50	540	5	80	50	75	F	1.2	11	730	5
比較例6	V	19	415	426	496	1200	940	50	460	5	80	50	56	M	1.2	5	1090	100
比較例7	W	44	486	496	566	1200	940	50	520	5	80	50	95	M	1.2	16	780	30
比較例8	A	44	485	495	565	1200	940	5	520	5	68	50	50	F	1.2	12	730	10
比較例9	A	44	485	495	565	1200	920	50	600	5	74	50	40	F	1.8	15	700	15
比較例10	A	44	486	496	566	1200	940	50	520	5	55	50	100	—	1.2	5	730	0
比較例11	A	44	486	496	566	1200	940	50	520	0	80	50	30	M	1.2	5	950	50
比較例12	A	44	486	496	566	1200	940	50	520	5	80	300	95	M	1.2	5	690	0
比較例13	X	26	474	484	554	1200	940	50	520	5	80	50	75	M	1.2	5	880	15
比較例14	Y	323	517	527	597	1200	940	50	520	5	80	50	75	F	1.2	5	730	10
比較例15	A	44	486	496	566	1200	880	50	520	5	80	50	95	M	2.4	5	780	15

[0103] 表2に示すように、本開示における化学組成を有し、ベイナイトの面積率が80%以上であり、ベイナイトのパケット粒の平均粒径（平均パケット粒

径)が $10\mu\text{m}$ 以下であり、パケット粒の平均アスペクト比が2.0以下である実施例1～16の電縫鋼管では、 750MPa ～ 1000MPa の範囲の優れた引張強さを示し、かつ、耐内面割れ性に優れていた。

[0104] これに対し、Bを含有しない比較例1及び2では、フェライトが増加してベイナイト面積率が低下し、耐内面割れ性が劣化した。また、引張強さも不足した。

また、C含有量が過剰であり、Tiを含有せず、Vc90が小さすぎる比較例3では、フェライトが増加してベイナイト面積率が低下し、平均パケット粒径が大きくなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。この比較例3では、C含有量が多くかつBが含有されているためにVc90は小さいものの、Tiが含有されていないためにBによる焼入れ性向上効果が得られなかったと考えられる。このため、フェライト面積率が高くなり、耐内面割れ性が劣化したと考えられる。また、この比較例3では、Tiによるピンニング効果も得られないために、平均パケット粒径が大きくなりすぎ、その結果、耐内面割れ性が更に劣化したと考えられる。

また、Mn含有量が過剰であり、Vc90が小さすぎる比較例4では、マルテンサイトの面積率が高くなってベイナイト面積率が低下し、引張強さが高くなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。

また、Ti含有量が少なすぎる比較例5では、フェライトが増加してベイナイト面積率が低下し、かつ、平均パケット粒径が大きくなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。また、引張強さも不足した。

また、C含有量が過剰であり、Vc90が小さすぎる比較例6では、マルテンサイトの面積率が高くなってベイナイト面積率が低下し、引張強さが高くなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。

また、Nbを含有しない比較例7では、平均パケット粒径が大きくなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。

[0105] また、本開示における化学組成を有するが、1次冷却速度が低すぎた比較例8では、フェライトが増加してベイナイト面積率が低下し、平均パケット

粒径が大きくなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。また、引張強さも不足した。

また、本開示における化学組成を有するが、保持温度が高すぎた比較例 9 では、フェライトが増加してベイナイト面積率が低下し、平均パケット粒径が大きくなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。また、引張強さも不足した。

また、本開示における化学組成を有するが、2 次冷却速度が低すぎた比較例 10 では、引張強さが不足した。引張強さが不足した理由は、2 次冷却速度が低すぎたことにより、熱延鋼板が実質的に焼き戻される現象が生じたためと考えられる。

また、本開示における化学組成を有するが、保持時間を 0 s とした比較例 11 では、マルテンサイトの面積率が高くなってベイナイト面積率が低下し、耐内面割れ性が劣化した。マルテンサイトの面積率が高くなってベイナイト面積率が低下した理由は、保持時間を 0 s としたことにより、ベイナイト変態が起こりにくくなり、その代わりにマルテンサイト変態が起こり易くなったためと考えられる。

また、本開示の化学組成を有するが、熱延鋼板の巻取り温度が高かった比較例 12 の電縫鋼管では、引張強さが不足した。引張強さが不足した理由は、巻取り温度が高かったことにより、熱延鋼板が実質的に焼き戻される現象が生じたためと考えられる。

また、V c 90 が小さすぎる比較例 13 では、マルテンサイトの面積率が高くなってベイナイト面積率が低下し、耐内面割れ性が劣化した。

また、V c 90 が大きすぎる比較例 14 では、フェライトの面積率が高くなってベイナイト面積率が低下し、耐内面割れ性が劣化した。また、引張強さも不足した。

また、本開示の化学組成を有するが、熱間圧延仕上温度が低すぎた比較例 15 では、パケット粒の平均アスペクト比が大きくなりすぎ、耐内面割れ性が劣化した。

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 : 0.02 ~ 0.15 %、

Si : 0.03 ~ 1.20 %、

Mn : 0.30 ~ 2.50 %、

P : 0 ~ 0.030 %、

S : 0 ~ 0.010 %、

Ti : 0.010 ~ 0.200 %、

Al : 0.005 ~ 0.500 %、

Nb : 0.01 ~ 0.04 %、

N : 0.0005 ~ 0.006 %、

B : 0.0005 ~ 0.0050 %、

Cu : 0 ~ 1.00 %、

Ni : 0 ~ 1.00 %、

Cr : 0 ~ 1.00 %、

Mo : 0 ~ 0.50 %、

V : 0 ~ 0.20 %、

W : 0 ~ 0.10 %、

Ca : 0 ~ 0.0200 %、

Mg : 0 ~ 0.0200 %、

Zr : 0 ~ 0.0200 %、

REM : 0 ~ 0.0200 %、並びに、

残部 : Fe 及び不純物であり、

下記式 (i) によって定義される $V_{c_{90}}$ が 30 ~ 300 であり、

前記母材部の L 断面における肉厚中央部の金属組織において、ベイナイトの面積率が 80 % 以上であり、前記ベイナイトのパケット粒の平均粒径が $10 \mu\text{m}$ 以下であり、前記パケット粒の平均アスペクト比

が2.0以下であり、

管軸方向の引張強さが750～1000MPaであるトーションビーム用アズロール電縫鋼管。

$$\log V_{c_{90}} = 2.94 - 0.75 \beta_a \quad \cdots \text{式 (i)}$$

$$\beta_a = 2.7C + 0.4Si + Mn + 0.45Ni + 0.8Cr + 2Mo \quad \cdots \text{式 (ii)}$$

〔式 (i) 中、 β_a は、式 (ii) によって定義される値である。

式 (ii) 中、各元素記号は、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、

Cu : 0%超1.00%以下、

Ni : 0%超1.00%以下、

Cr : 0%超1.00%以下、

Mo : 0%超0.50%以下、

V : 0%超0.20%以下、

W : 0%超0.10%以下、

Ca : 0%超0.0200%以下、

Mg : 0%超0.0200%以下、

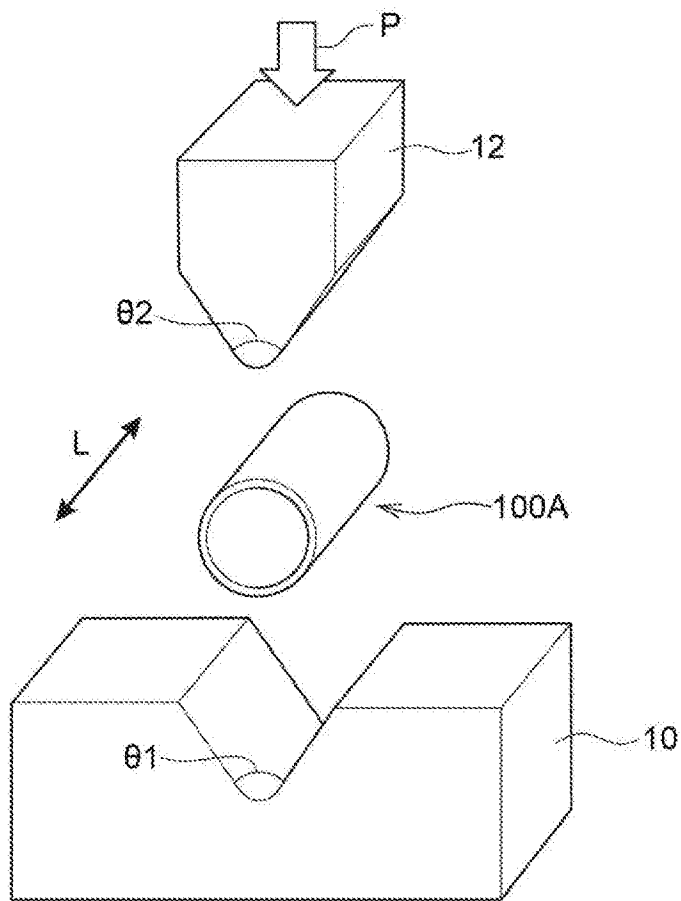
Zr : 0%超0.0200%以下、及び、

REM : 0%超0.0200%以下からなる群から選択される1種以上を含有する請求項1に記載のトーションビーム用アズロール電縫鋼管。

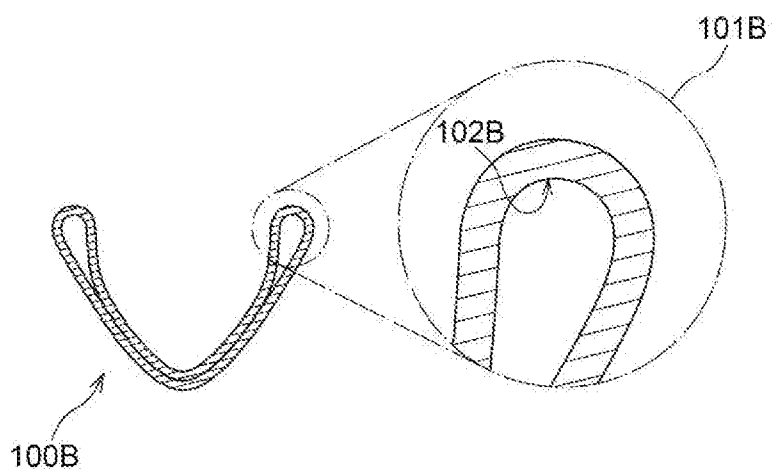
[請求項3]

外径が50～150mmであり、肉厚が2.0～4.0mmである請求項1又は請求項2に記載のトーションビーム用アズロール電縫鋼管。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/018985

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C22C38/14 (2006.01) i, C22C38/54 (2006.01) i, C21D8/02 (2006.01) n, C21D9/46 (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)

Int.Cl. C22C38/00-38/60, C21D8/00-8/04, C21D9/46-9/48

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/066249 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 12 April 2018, claims, fig. 3 & JP 6315157 B1	1-3
A	JP 2011-38154 A (JFE STEEL CORPORATION) 24 February 2011, claims, paragraph [0001], fig. 1 (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
07.08.2018

Date of mailing of the international search report
21.08.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/018985

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/145234 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 24 November 2011, claims, specification, page 26, lines 5-9, fig. 3, 4 & US 2013/0056115 A1, claims, paragraph [0205], fig. 3, 4 & EP 2573200 A1 & CN 102892911 A & JP 2011-6781 A	1-3
A	JP 2010-111931 A (JFE STEEL CORPORATION) 20 May 2010, claims, paragraph [0001] (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22C38/14(2006.01)i, C22C38/54(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)n, C21D9/46(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, C21D8/00-8/04, C21D9/46-9/48

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

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 2018/066249 A1（新日鐵住金株式会社）2018.04.12, 請求の範囲, 図3 & JP 6315157 B1	1-3
A	JP 2011-38154 A（JFEスチール株式会社）2011.02.24, 特許請求の範囲, [0001], 図1 (ファミリーなし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.08.2018

国際調査報告の発送日

21.08.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 毅

4 K

9154

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	WO 2011/145234 A1 (新日本製鐵株式会社) 2011.11.24, 請求の範囲, 明細書第26頁5-9行, 図3, 図4 & US 2013/0056115 A1, Claims, [0205], Fig.3, Fig.4 & EP 2573200 A1 & CN 102892911 A & JP 2011-6781 A	1-3
A	JP 2010-111931 A (J F E スチール株式会社) 2010.05.20, 特許請求の範囲, [0001] (ファミリーなし)	1-3