(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
2021年5月27日(27.05.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/100534 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01)　*C21D 8/02* (2006.01)
B21B 1/22 (2006.01)　*C22C 38/06* (2006.01)
B21C 37/08 (2006.01)　*C22C 38/58* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2020/041808

(22) 国際出願日：　2020年11月10日(10.11.2020)

(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 2019-209233　2019年11月20日(20.11.2019) 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：松 本　晃 英 (**MATSUMOTO Akihide**)；〒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). 松本 昌士(**MATSUMOTO Atsushi**)；〒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). 岡部 能知(**OKABE Takatoshi**)；〒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：熊坂 晃，外(**KUMASAKA Akira** et al.)；〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目７番１号ＪＦＥテクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 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, IT, 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, 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, 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,

(54) Title: HOT ROLLED STEEL SHEET FOR ELECTROSEAMED STEEL PIPE AND METHOD FOR PRODUCING SAME, ELECTROSEAMED STEEL PIPE AND METHOD FOR PRODUCING SAME, LINE PIPE, AND BUILDING STRUCTURE

(54) 発明の名称：電縫鋼管用熱延鋼板およびその製造方法、電縫鋼管およびその製造方法、ラインパイプ、建築構造物

(57) Abstract: Provided are: a hot rolled steel sheet for an electroseamed steel pipe and a method for producing same; an electroseamed steel pipe and a method for producing same; a line pipe; and a building structure. This hot rolled steel sheet for an electroseamed steel pipe has a constituent composition that contains, in terms of mass%, 0.030-0.20% of C, 0.02-1.0% of Si, 0.40-3.0% of Mn, 0.050% or less of P, 0.020% or less of S, 0.0070-0.10% of N and 0.005-0.080% of Al, with the remainder comprising Fe and unavoidable impurities. The amount of N in solid solution in the steel is 0.0010-0.090%. If the sheet thickness is denoted by t, the steel structure at a position corresponding to 1/2t has an average crystal grain diameter of 20.0 μm or less.

(57) 要約：電縫鋼管用熱延鋼板およびその製造方法、電縫鋼管およびその製造方法、ラインパイプ、建築構造物を提供する。本発明の電縫鋼管用熱延鋼板は、成分組成が、質量％で、Ｃ：０.０３０％以上０．２０％以下、Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、Ｍｎ：０.４０％以上３．０％以下、Ｐ：０．０５０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｎ：０．００７０％以上０．１０％以下、ＡＩ：０．００５％以上０．０８０％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下であり、板厚をｔとしたとき、１／２ｔ位置における鋼組織は平均結晶粒径が２０．０μm以下である。

［続葉有］

WO 2021/100534 A1

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)）

明　細　書

発明の名称 ：

電縫鋼管用熱延鋼板およびその製造方法、電縫鋼管およびその製造方法、ラインパイプ、建築構造物

技術分野

[0001] 本発明は、ラインパイプや建築物の柱材等の大型構造物の素材として好適に用いられる、靭性に優れ、さらに高強度、低降伏比を備えた電縫鋼管用熱延鋼板およびその製造方法に関する。また本発明は、ラインパイプや建築物の柱材等の大型構造物に好適に用いられる、靭性に優れ、さらに高強度、低降伏比を備えた厚肉の電縫鋼管およびその製造方法に関する。また本発明は、上記の電縫鋼管から構成されるラインパイプ、建築構造物に関する。

背景技術

[0002] 電縫鋼管は、コイル状に巻き取られた熱延鋼板（鋼帯）を、連続的に払い出しながら冷間ロール成形して円筒状のオープン管とし、該オープン管の周方向両端における突合せ部を高周波電気抵抗加熱により溶融させ、スクイズロールによるアプセットで圧接接合する電縫溶接を施し、サイジングロールにより所定の外径まで縮径することで製造される。

[0003] 上記のように、電縫鋼管は、冷間で連続的に造管されるため生産性や形状精度が高い等の利点を有する。しかし、電縫鋼管は、造管過程において加工硬化するため、電縫鋼管の素材として使用される熱延鋼板の降伏比と比較して管長手方向の降伏比が高く、管の曲げ変形等における変形能が低いという欠点がある。

[0004] 電縫鋼管は、厚肉であるほど造管過程における加工硬化が大きくなり、造管後の降伏比が高くなる。そのため、ラインパイプや建築物の柱材のような、耐震性等の観点から低降伏比が要求される大型構造物に対しては、厚肉の電縫鋼管を適用することが困難であった。

[0005] 例えば、特許文献１には、母材鋼板の金属組織が、面積率で５０～９２％

のポリゴナルフェライトを含み、上記ポリゴナルフェライトの平均粒径が１５μｍ以下であり、電縫溶接部の硬さがＨｖ１６０～２４０であり、上記電縫溶接部の組織がベイナイト、細粒フェライト及びパーライト、又は、細粒フェライト及びベイナイトである、厚肉電縫鋼管が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第５２９３９０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献１に記載の電縫鋼管は、母材鋼板において、面積率で５０～９２％のポリゴナルフェライトを含むため、ラインパイプや建築構造物に要求される強度と靭性を両立することができなかった。また、肉厚が１７ｍｍを超えるような厚肉の電縫鋼管においては、フェライトの加工硬化能が不足するため、要求される低降伏比を得ることができなかった。

[0008] そして、電縫鋼管をラインパイプに用いる場合には、輸送流体の内圧に耐えうる強度、およびき裂発生時のき裂伝播を停止させるための靭性が要求される。また、電縫鋼管を建築物の柱材に用いる場合には、地震時に発生する曲げや衝撃力に耐えうる強度および靭性が必要とされる。そのために、降伏強さが４５０ＭＰａ以上の高強度、および熱延鋼板においてはシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が－６０℃以下の靭性を備えること、または電縫鋼管においては母材部のシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が－４０℃以下の靭性を備えることも要求される。

[0009] 本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであって、ラインパイプや建築物の柱材等の大型構造物、およびその素材として好適に用いられる、靭性に優れ、さらに高強度、低降伏比を備えた電縫鋼管用熱延鋼板およびその製造方法、並びに厚肉の電縫鋼管およびその製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、上記の電縫鋼管から構成されるラインパイプ、建築構

造物を提供することを目的とする。

[0010] なお、本発明でいう「靭性に優れた」とは、後述する実施例に記載の方法で行った、熱延鋼板のシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が－６０℃以下であること、後述する実施例に記載の方法で行った、電縫鋼管の母材部のシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が－４０℃以下であることを指す。

[0011] また、本発明でいう「高強度」とは、後述する実施例に記載の方法で行った、熱延鋼板および電縫鋼管の母材部における降伏強度（ＹＳ）が４５０ＭＰａ以上であることを指す。

[0012] また、本発明でいう「低降伏比（降伏比が低い）」とは、式（１）で示される熱延鋼板の造管後相当の降伏比（YR_P）（％）が９０．０％以下であること、電縫鋼管の母材部の降伏比（ＹＲ）（＝（電縫鋼管の母材部の降伏強度／電縫鋼管の母材部の引張強度）×１００）（％）が９０．０％以下であることを指す。

YR_P＝（４．０ＦＳ／ＴＳ）×１００ ・・・式（１）

ただし、式（１）において、「４．０ＦＳ」は公称ひずみ４．０％における流動応力（ＭＰａ）であり、ＴＳは熱延鋼板の引張強度（ＭＰａ）である。

なお、熱延鋼板および電縫鋼管の降伏強度および引張強度は、後述する実施例に記載の方法で求めた。また本発明において、公称ひずみは、引張試験において、伸び計により測定した試験片平行部の標点間距離の変位量を、引張前の標点間距離で除して１００倍した値である。

[0013] また、「厚肉」とは、上記した熱延鋼板の板厚および電縫鋼管の母材部の肉厚が１７ｍｍ超え、３０ｍｍ以下のものを指す。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らは上記課題を解決すべく鋭意検討を行った。

[0015] 通常、電縫鋼管は、室温における固溶限を上回る量のＣ（炭素）を侵入型固溶元素として含んでおり、鋼に対する固溶限を超えた分のＣは炭化物とし

て析出する。

[0016] Ｎ（窒素）もＣと同様に、鋼中においては侵入型固溶元素であり、鋼に対する固溶限を超えた分のＮは窒化物として析出する。室温での鋼に対するＮ（窒素）の固溶限は、Ｃの室温での鋼に対する固溶限と比較して高いため、原子数で比較して、ＮはＣよりも多く鋼中に固溶することができる。

[0017] そこで、本発明者らは、鋼中の固溶Ｎ量を増加させた際の素材としての熱延鋼板およびその素材を造管して製造した電縫鋼管の機械的特性を調査した。その結果、固溶Ｎ量が増加することによって、素材の加工硬化能が向上し、造管後に低降伏比が得られることを見出した。しかし同時に、造管時に導入された転位にＮが固着することで、靭性が劣化することも明らかとなった。

[0018] そのため、本発明者らは、さらに鋭意検討を行った。その結果、熱延鋼板および電縫鋼管の母材部の１／２ｔ位置（ｔ：板厚、肉厚）（すなわち、熱延鋼板の場合には「板厚ｔの１／２位置」であり、電縫鋼管の場合には「母材部の肉厚ｔの１／２位置」である。以降も同様である。）における鋼組織の平均結晶粒径を２０．０μｍ以下とするとともに、Ｎ含有量を適正に設定することで、靭性に優れ、さらに高強度および低降伏比を備えることを見出した。

[0019] 本発明は、これらの知見に基づいて完成されたものであり、その要旨は次のとおりである。

［１］ 成分組成は、質量％で、

Ｃ ：０．０３０％以上０．２０％以下、

Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、

Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、

Ｐ ：０．０５０％以下、

Ｓ ：０．０２０％以下、

Ｎ ：０．００７０％以上０．１０％以下、

Ａｌ：０．００５％以上０．０８０％以下

を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、

鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下であり、

板厚をｔとしたとき、１／２ｔ位置における鋼組織は、平均結晶粒径が２０．０μｍ以下である、電縫鋼管用熱延鋼板。

［２］　前記成分組成に加えてさらに、質量％で、

Ｎｂ：０．１５％以下、

Ｖ　：０．１５％以下、

Ｔｉ：０．０５０％以下、

Ｃｕ：１．０％以下、

Ｎｉ：１．０％以下、

Ｃｒ：０．２０％以下、

Ｍｏ：０．２０％以下、

Ｃａ：０．０１０％以下、

Ｂ　：０．００５０％以下

のうちから選ばれた１種または２種以上を含有する、上記［１］に記載の電縫鋼管用熱延鋼板。

［３］　前記１／２ｔ位置における鋼組織は、体積率で、ベイナイトが９０％以上であり、残部がフェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトから選択される１種または２種以上を有する、上記［１］または［２］に記載の電縫鋼管用熱延鋼板。

［４］　前記板厚が１７ｍｍ超３０ｍｍ以下である、上記［１］～［３］のいずれか１つに記載の電縫鋼管用熱延鋼板。

［５］　上記［１］～［４］のいずれか１つに記載の電縫鋼管用熱延鋼板の製造方法であって、

上記［１］または［２］に記載の成分組成を有する鋼素材を、

加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下に加熱した後、

粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下、仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下、仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０℃以下、かつ

、仕上圧延における合計圧下率：６０％以上である熱間圧延を施し、

次いで、板厚中心温度における、平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下、冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下で冷却を施し、

次いで、４００℃以上６００℃以下の温度で巻取る、電縫鋼管用熱延鋼板の製造方法。

［６］　母材部と電縫溶接部を有する電縫鋼管であって、

前記母材部の成分組成は、質量％で、

Ｃ　：０．０３０％以上０．２０％以下、

Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、

Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、

Ｐ　：０．０５０％以下、

Ｓ　：０．０２０％以下、

Ｎ　：０．００７０％以上０．１０％以下、

Ａｌ：０．００５％以上０．０８０％以下

を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、

鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下であり、

前記母材部の肉厚をｔとしたとき、前記母材部の１／２ｔ位置における鋼組織は、平均結晶粒径が２０．０μｍ以下である、電縫鋼管。

［７］　前記母材部の前記成分組成に加えてさらに、質量％で、

Ｎｂ：０．１５％以下、

Ｖ　：０．１５％以下、

Ｔｉ：０．０５０％以下

Ｃｕ：１．０％以下、

Ｎｉ：１．０％以下、

Ｃｒ：０．２０％以下、

Ｍｏ：０．２０％以下、

Ｃａ：０．０１０％以下、

Ｂ　：０．０００５０％以下

のうちから選ばれた１種または２種以上を含む、上記［６］に記載の電縫鋼管。

［８］　前記母材部の１／２ｔ位置における前記鋼組織は、体積率で、ベイナイトが９０％以上であり、

残部がフェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトから選択される１種または２種以上を有する、上記［６］または［７］に記載の電縫鋼管。

［９］　前記母材部の前記肉厚が、１７ｍｍ超３０ｍｍ以下である、上記［６］～［８］のいずれか１つに記載の電縫鋼管。

［１０］　上記［１］または［２］に記載の熱延鋼板を冷間ロール成形により円筒状に成形してオープン管とし、該オープン管の周方向両端部を突合せて電縫溶接する、電縫鋼管の製造方法。

［１１］　上記［１］または［２］に記載の成分組成を有する鋼素材を、

加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下に加熱した後、

粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下、仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下、仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０℃以下、かつ、仕上圧延における合計圧下率：６０％以上である熱間圧延を施し、

次いで、板厚中心温度における、平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下、冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下で冷却を施し、

次いで、４００℃以上６００℃以下の温度で巻取り熱延鋼板とし、

次いで、冷間ロール成形により前記熱延鋼板を円筒状に成形してオープン管とし、該オープン管の周方向両端部を突合せて電縫溶接する、電縫鋼管の製造方法。

［１２］　上記［６］～［９］のいずれか１つに記載の電縫鋼管を用いた、ラインパイプ。

［１３］　上記［６］～［９］のいずれか１つに記載の電縫鋼管を用いた、建築構造物。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、靭性に優れ、さらに高強度、低降伏比を備えた電縫鋼管用熱延鋼板およびその製造方法、並びに厚肉の電縫鋼管およびその製造方法を提供することができる。また、本発明によれば、これらの特性を有する上記電縫鋼管から構成されるラインパイプ、並びに建築構造物を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図１は、本発明の一実施形態における電縫鋼管の溶接部近傍を示す、管軸方向に垂直な断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下に、本発明について詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されない。また、電縫鋼管では、管周方向断面において、電縫溶接部を０°としたとき、電縫溶接部から９０°離れた母材部の成分組成および鋼組織を規定している。ここでは、電縫溶接部から９０°離れた位置を規定しているが、例えば電縫溶接部から１８０°離れた位置でも同じ成分組成および鋼組織である。

[0023] 本発明の電縫鋼管用熱延鋼板は、質量％で、Ｃ：０．０３０％以上０．２０％以下、Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、Ｐ：０．０５０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｎ：０．００７０％以上０．１０％以下、ＡＩ：０．００５％以上０．０８０％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下である成分組成であり、板厚をｔとしたとき、１／２ｔ位置における鋼組織は、平均結晶粒径が２０．０μｍ以下である。

[0024] また、本発明の電縫鋼管の母材部は、質量％で、Ｃ：０．０３０％以上０．２０％以下、Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、Ｐ：０．０５０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｎ：０．００７０％以上０．１０％以下、ＡＩ：０．００５％以上０．０８０％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、鋼中に固溶するＮが０

．００１０％以上０．０９０％以下である成分組成であり、母材部の肉厚をｔとしたとき、母材部の１／２ｔ位置における鋼組織は、平均結晶粒径が２０．０μｍ以下である。

[0025] まず、本発明の電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管の母材部の成分組成を限定した理由について説明する。なお、特に断りがない限り、成分組成を示す「％」は「質量％」を意味する。

[0026] Ｃ：０．０３０％以上０．２０％以下

Ｃは、固溶強化により鋼の強度を上昇させるとともに、転位に固着してその運動を抑制することで、変形中の転位の回復を阻害して、鋼の加工硬化能を向上させる元素である。本発明で目的とする強度および降伏比を得るためには、０．０３０％以上のＣを含有することが必要である。しかし、Ｃ含有量が０．２０％を超えると、硬質なパーライトおよびマルテンサイトの割合が高くなり靭性が低下する。このため、Ｃ含有量は０．０３０％以上０．２０％以下とする。Ｃ含有量は、好ましくは０．０３５％以上であり、好ましくは０．１９％以下である。より好ましくは０．０４０％以上であり、より好ましくは０．１８％以下である。さらに好ましくは０．０５０％以上であり、さらに好ましくは０．１５％以下である。

[0027] Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下

Ｓｉは、固溶強化により鋼の強度を上昇させる元素であり、必要に応じて含有することができる。このような効果を得るためには、０．０２％以上のＳｉを含有することが望ましい。しかし、Ｓｉ含有量が１．０％を超えると降伏比が高くなり、靭性が低下する。このため、Ｓｉ含有量は１．０％以下とする。Ｓｉ含有量は、好ましくは０．０３％以上であり、好ましくは０．８０％以下である。より好ましくは０．０５％以上であり、より好ましくは０．５０％以下である。さらに好ましくは０．１５％以上であり、さらに好ましくは０．３０％以下である。

[0028] Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下

Ｍｎは、固溶強化により鋼の強度を上昇させる元素である。また、Ｍｎは

フェライト、ベイナイト、マルテンサイト変態開始温度を低下させることで組織の微細化に寄与する元素である。本発明で目的とする強度および靭性を得るためには、０．４０％以上のＭｎを含有することが必要である。しかしながら、Ｍｎ含有量が３．０％を超えると降伏比が高くなり、靭性が低下する。このため、Ｍｎ含有量は０．４０％以上３．０％以下とする。Ｍｎ含有量は、好ましくは０．５０％以上であり、好ましくは２．５％以下である。より好ましくは０．６０％以上であり、より好ましくは２．０％以下である。さらに好ましくは０．７０％以上であり、さらに好ましくは１．７％以下である。

[0029] Ｐ：０．０５０％以下

Ｐは、粒界に偏析し材料の不均質を招くため、不可避的不純物としてできるだけ低減することが好ましいが、０．０５０％以下の含有量までは許容できる。このため、Ｐ含有量は０．０５０％以下とする。Ｐ含有量は、好ましくは０．０４０％以下であり、より好ましくは０．０３０％以下である。なお、特にＰの下限は規定しないが、過度の低減は製錬コストの高騰を招くため、Ｐは０．００２％以上とすることが好ましい。

[0030] Ｓ：０．０２０％以下

Ｓは、鋼中では通常、ＭｎＳとして存在するが、ＭｎＳは、熱間圧延で薄く延伸され、延性に悪影響を及ぼす。このため、本発明ではＳをできるだけ低減することが好ましいが、０．０２０％以下の含有量までは許容できる。このため、Ｓ含有量は０．０２０％以下とする。Ｓ含有量は、好ましくは０．０１５％以下であり、より好ましくは０．０１０％以下である。なお、特にＳの下限は規定しないが、過度の低減は製錬コストの高騰を招くため、Ｓは０．０００２％以上とすることが好ましい。

[0031] Ｎ：０．００７０％以上０．１０％以下

Ｎは、固溶強化により鋼の強度を上昇させるとともに、転位に固着してその運動を抑制することで、変形中の転位の回復を阻害して、鋼の加工硬化能を向上させる元素である。本発明で目的とする強度および降伏比を得るため

には、０．００７０％以上のＮを含有することが必要である。しかし、Ｎ含有量が０．１０％を超えると、鉄と鉄窒化物の共析組織（フェライト+γ’－Fe_4N）から成る硬質な組織の割合が高くなり、靭性が低下する。また、溶接時に溶融した鋼中で多量のN_2ガスが発生し、溶接部にブローホールが形成されやすくなるため、溶接性、溶接部の強度および靭性が悪化する。このため、Ｎ含有量は０．００７０％以上０．１０％以下とする。Ｎ含有量は、好ましくは０．００８０％以上であり、好ましくは０．０９０％以下である。より好ましくは０．００９０％以上であり、より好ましくは０．０８０％以下である。さらに好ましくは０．０１０％以上であり、さらに好ましくは０．０７０％以下である。

[0032] ＡＩ：０．００５％以上０．０８０％以下

ＡＩは、強力な脱酸剤として作用する元素である。この効果を得るため、０．００５％以上のＡＩを含有する。しかし、ＡＩ含有量が０．０８０％を超えると溶接性が悪化するとともに、アルミナ系介在物が多くなり、表面性状が悪化する。また溶接部の靭性も低下する。このため、ＡＩ含有量は０．００５％以上０．０８０％以下とする。好ましくは０．００７％以上であり、好ましくは０．０７０％以下である。より好ましくは０．００９％以上であり、より好ましくは０．０５０％以下である。

[0033] 残部はＦｅおよび不可避的不純物である。ただし、不可避的不純物として、本発明の効果を損なわない範囲においては、Ｏ（酸素）を０．００５％以下含有することを許容できる。

[0034] 上記の成分が本発明における電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管の母材部の基本の成分組成である。上記した必須元素で本発明で目的とする特性は得られるが、さらに、必要に応じて下記の元素を含有することができる。

[0035] Ｎｂ：０．１５％以下、Ｖ：０．１５％以下、Ｔｉ：０．０５０％以下、Ｃｕ：１．０％以下、Ｎｉ：１．０％以下、Ｃｒ：０．２０％以下、Ｍｏ：０．２０％以下、Ｃａ：０．０１０％以下、Ｂ：０．００５０％以下のうちから選ばれた１種または２種以上

Ｎｂ：０．１５％以下

Ｎｂは、鋼中で微細な炭化物、窒化物を形成することで鋼の強度向上に寄与し、また、熱間圧延中のオーステナイトの粗大化を抑制することで組織の微細化にも寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。上記した効果を得るため、Ｎｂを含有する場合は、０．００５％以上のＮｂを含有することが好ましい。しかし、Ｎｂ含有量が０．１５％を超えると降伏比が高くなり靭性が低下する恐れがある。このため、Ｎｂを含有する場合は、Ｎｂ含有量は０．１５％以下とすることが好ましい。好ましくは０．００５％以上である。より好ましくは０．００８％以上であり、より好ましくは０．１３％以下である。更に好ましくは０．０１０％以上であり、更に好ましくは０．１０％以下である。

[0036] Ｖ：０．１５％以下

Ｖは、鋼中で微細な炭化物、窒化物を形成することで鋼の強度向上に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。上記した効果を得るため、Ｖを含有する場合は、０．００５％以上のＶを含有することが好ましい。しかし、Ｖ含有量が０．１５％を超えると降伏比が高くなり、靭性が低下する恐れがある。このため、Ｖを含有する場合は、Ｖ含有量は０．１５％以下とすることが好ましい。好ましくは０．００５％以上である。より好ましくは０．００８％以上であり、より好ましくは０．１３％以下である。更に好ましくは０．０１０％以上であり、更に好ましくは０．１０％以下である。

[0037] Ｔｉ：０．０５０％以下

Ｔｉは、鋼中で微細な炭化物、窒化物を形成することで鋼の強度向上に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。上記した効果を得るため、Ｔｉを含有する場合は、０．００５％以上のＴｉを含有することが好ましい。しかし、ＴｉはＮとの親和性が高いため、Ｔｉ含有量が０．０５０％を超えると固溶Ｎ量が減少し、降伏比が高くなる恐れがある。このため、Ｔｉを含有する場合は、Ｔｉ含有量は０．０５０％以下とすることが好ましい。好ましくは０．００５％以上である。より好ましくは０．００６％以上であり、

より好ましくは０．０３０％以下である。更に好ましくは０．００７％以上であり、更に好ましくは０．０２５％以下である。

[0038] Ｃｕ：１．０％以下、Ｎｉ：１．０％以下、Ｃｒ：０．２０％以下、Ｍｏ：０．２０％以下

Ｃｕ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏは、固溶強化により鋼の強度を上昇させる元素であり、必要に応じて含有することができる。一方、過度の含有は、降伏比の上昇および靭性の低下を招く恐れがある。よって、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏを含有する場合は、それぞれＣｕ：１．０％以下、Ｎｉ：１．０％以下、Ｃｒ：０．２０％以下、Ｍｏ：０．２０％以下とすることが好ましい。

Ｃｕは、好ましくは０．０１％以上であり、より好ましくは０．０２％以上であり、更に好ましくは０．０４％以上である。Ｃｕは、より好ましくは０．９％以下であり、更に好ましくは０．８％以下である。

Ｎｉは、好ましくは０．０１％以上であり、より好ましくは０．０２％以上であり、更に好ましくは０．０４％以上である。Ｎｉは、より好ましくは０．９％以下であり、更に好ましくは０．８％以下である。

Ｃｒは、好ましくは０．０１％以上であり、より好ましくは０．０２％以上であり、更に好ましくは０．０４％以上である。Ｃｒは、より好ましくは０．１８％以下であり、更に好ましくは０．１５％以下である。

Ｍｏは、好ましくは０．０１％以上であり、より好ましくは０．０２％以上であり、更に好ましくは０．０４％以上である。Ｍｏは、より好ましくは０．１８％以下であり、更に好ましくは０．１５％以下である。

[0039] Ｃａ：０．０１０％以下

Ｃａは、熱間圧延で薄く延伸されるＭｎＳ等の硫化物を球状化することで鋼の靭性向上に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。上記した効果を得るため、Ｃａを含有する場合は、０．０００５％以上のＣａを含有することが好ましい。しかし、Ｃａ含有量が０．０１０％を超えると鋼中にＣａ酸化物クラスターが形成され、靭性が悪化する恐れがある。このため、Ｃａを含有する場合は、Ｃａ含有量は０．０１０％以下とすることが好ましい

。好ましくは０．０００５％以上である。より好ましくは０．０００８％以上であり、より好ましくは０．００８０％以下である。更に好ましくは０．００１０％以上であり、更に好ましくは０．００６０％以下である。

[0040] Ｂ：０．００５０％以下

Ｂは、フェライト変態開始温度を低下させることで組織の微細化に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。上記した効果を得るため、Ｂを含有する場合は、０．０００３％以上のＢを含有することが好ましい。しかし、Ｂ含有量が０．００５０％を超えると降伏比が上昇し、靭性が悪化する恐れがある。このため、Ｂを含有する場合は、Ｂ含有量は０．００５０％以下とすることが好ましい。好ましくは０．０００３％以上である。より好ましくは０．０００５％以上であり、より好ましくは０．００３０％以下である。更に好ましくは０．０００８％以上であり、更に好ましくは０．００１０％以下である。

[0041] また本発明では、上記した成分組成に加えてさらに、鋼中に固溶するＮは、０．００１０％（質量％）以上０．０９０％（質量％）以下とする。

[0042] 鋼中に固溶するＮが０．００１０％未満であると、鋼の加工硬化能が低下し、本発明で目的とする降伏比が得られない。また、鋼中に固溶するＮが０．０９０％超であると、鉄と鉄窒化物の共析組織（フェライト+γ’-Fe_4N）から成る硬質な組織の割合が高くなり、靭性が悪化する。さらに、溶接時に溶融した鋼中で多量のN_2ガスが発生し、溶接部にブローホールが形成されやすくなるため、溶接性、溶接部の強度および靭性が悪化する。鋼中に固溶するＮを上記の範囲内とするためには、鋼が上記した成分組成を有していればよい。鋼中に固溶するＮ量は、０．００１０％以上０．０９０％以下とする。好ましくは０．００１５％以上であり、好ましくは０．０８５％以下である。より好ましくは０．００２０％以上であり、より好ましくは０．０８０％以下である。さらに好ましくは０．００４０％以上であり、さらに好ましくは０．０３０％以下である。

[0043] 次に、本発明の電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管の母材部の鋼組織を限

定した理由について説明する。

[0044] 電縫鋼管用熱延鋼板の１／２ｔ位置、電縫鋼管の母材部の１／２ｔ位置における鋼組織の平均結晶粒径：２０．０μｍ以下

本発明における平均結晶粒径とは、結晶方位差（隣り合う結晶の方位差）が１５°以上の境界によって囲まれた領域を結晶粒としたとき、該結晶粒の平均円相当径である。ここで、円相当径（結晶粒径）とは、対象となる結晶粒と面積が等しい円の直径とする。結晶方位差が１５°以上の境界は、大角粒界と呼ばれ、脆性破壊の抵抗となる。１／２ｔ位置における鋼組織の平均結晶粒径を２０．０μｍ以下とすることで、大角粒界の総面積を増加させ、これにより本発明で目的とする強度および靭性を得ることができる。１／２ｔ位置における鋼組織の平均結晶粒径は、より好ましくは１５．０μｍ以下である。

なお、１／２ｔ位置における鋼組織の平均結晶粒径の下限は特に規定しない。平均結晶粒径が減少すると降伏比が上昇するため、低降伏比の観点から、２．０μｍ以上とすることが好ましい。より好ましくは４．０μｍ以上である。

[0045] なお、結晶方位差、平均結晶粒径は、ＳＥＭ／ＥＢＳＤ法によって測定することが可能である。ここでは、後述する実施例に記載の方法で測定することができる。

[0046] また本発明では、上記の鋼組織は、上述した条件に加えて、体積率で、ベイナイトが９０％以上であり、残部がフェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトから選択される１種または２種以上を有することが好ましい。なお、上記パーライトは、鉄と鉄炭化物の共析組織（フェライト＋セメンタイト）、鉄と鉄窒化物の共析組織（フェライト＋γ’-Fe_4N）の両方を含む。

[0047] ベイナイトの体積率：９０％以上

ベイナイトは、フェライトよりも硬質であり、一方でパーライト、マルテンサイトおよびオーステナイトよりも軟質であり、靭性に優れた組織である

。ベイナイトに硬度の異なる組織を混合させた場合、硬度差に起因する応力集中によって界面が破壊の起点となりやすく、靭性が低下する。このため、ベイナイトの体積率は、上記した１／２ｔ位置における鋼組織全体に対して９０％以上とすることが好ましい。より好ましくは９３％以上であり、更に好ましくは９５％以上である。

[0048] 残部：フェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトから選択される１種または２種以上

ベイナイト以外の残部組織は、フェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトから選択される１種または２種以上を有する。これらの各組織の体積率の合計が１０％超えでは、ベイナイトとの硬度差に起因する応力集中が生じやすくなって界面が破壊の起点となり、靭性が低下する。そのため、残部組織は、各組織の合計の体積率が、上記した１／２ｔ位置における鋼組織全体に対して１０％以下とすることが好ましい。より好ましくは５％以下とする。

[0049] なお、オーステナイトを除く上記の各種組織は、オーステナイト粒界またはオーステナイト粒内の変形帯を核生成サイトとする。後述するように、熱間圧延において、オーステナイトの再結晶が生じにくい低温での圧下量を大きくすることで、オーステナイトに多量の転位を導入してオーステナイトを微細化し、かつ粒内に多量の変形帯を導入することができる。これにより、核生成サイトの面積が増加して核生成頻度が高くなり、上記のように鋼組織を微細化することができる。

[0050] 次に、本発明の一実施形態における電縫鋼管用熱延鋼板の製造方法を説明する。

[0051] 本発明の電縫鋼管用熱延鋼板は、例えば、上記した成分組成を有する鋼素材を、加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下に加熱した後、粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下、仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下、仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０℃以下、かつ仕上圧延における合計圧下率：６０％以上である熱間圧延を施し、次いで、板厚中心温

度における平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下、冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下で冷却を施し、次いで、４００℃以上６００℃以下の温度で巻取ることで得られる。

[0052] なお、以下の製造方法の説明において、温度に関する「℃」表示は、特に断らない限り、鋼素材や鋼板（熱延鋼板）の表面温度とする。これらの表面温度は、放射温度計等で測定することができる。また、鋼板の板厚中心の温度は、鋼板断面内の温度分布を伝熱解析により計算し、その結果を鋼板の表面温度によって補正することで求めることができる。また、「熱延鋼板」には、熱延鋼板、熱延鋼帯を含むものとする。

[0053] 本発明において、鋼素材（鋼スラブ）の溶製方法は特に限定されず、転炉、電気炉、真空溶解炉等の公知の溶製方法のいずれもが適合する。鋳造方法も特に限定されないが、連続鋳造法等の公知の鋳造方法により、所望の寸法に製造される。なお、連続鋳造法に代えて、造塊－分塊圧延法を適用しても何ら問題はない。溶鋼にはさらに、取鍋精錬等の二次精錬を施してもよい。

[0054] 加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下

加熱温度が１１００℃未満である場合、被圧延材の変形抵抗が大きくなり圧延が困難となる。一方、加熱温度が１３００℃を超えると、オーステナイト粒が粗大化し、後の圧延（粗圧延、仕上圧延）において微細なオーステナイト粒が得られず、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径を確保することが困難となる。このため、加熱温度は、１１００℃以上１３００℃以下とする。より好ましくは１１２０℃以上であり、より好ましくは１２８０℃以下である。

[0055] なお、本発明では、鋼スラブ（スラブ）を製造した後、一旦室温まで冷却し、その後再度加熱する従来法に加え、室温まで冷却しないで、温片のままで加熱炉に装入する、あるいは、わずかの保熱を行った後に直ちに圧延する、これらの直送圧延の省エネルギープロセスも問題なく適用できる。

[0056] 粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下

粗圧延終了温度が９００℃未満である場合、後の仕上圧延中に鋼板表面温

度がフェライト変態開始温度以下になり、多量の加工フェライトが生成し、その結果、強度が低下し、降伏比が上昇する。一方、粗圧延終了温度が１１００℃を超えると、オーステナイトが粗大化し、かつオーステナイト中に十分な変形帯が導入されないため、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径を得ることができなくなる。このため、粗圧延終了温度は、９００℃以上１１００℃以下とする。より好ましくは９１０℃以上であり、より好ましくは１０００℃以下である。

[0057] 仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下

仕上圧延開始温度が８００℃未満である場合、仕上圧延中に鋼板表面温度がフェライト変態開始温度以下になり、多量の加工フェライトが生成する。その結果、強度が低下し、降伏比が上昇する。一方、仕上圧延開始温度が９５０℃を超えると、オーステナイトが粗大化し、かつオーステナイト中に十分な変形帯が導入されないため、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径を得ることができなくなる。このため、仕上圧延開始温度は、８００℃以上９５０℃以下とする。より好ましくは８２０℃以上であり、より好ましくは９３０℃以下である。

[0058] 仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０℃以下

仕上圧延終了温度が７５０℃未満である場合、仕上圧延中に鋼板表面温度がフェライト変態開始温度以下になり、多量の加工フェライトが生成し、その結果、強度が低下し、降伏比が上昇する。一方、仕上圧延終了温度が８５０℃を超えると、オーステナイトが粗大化し、かつオーステナイト中に十分な変形帯が導入されないため、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径を得ることができなくなる。このため、仕上圧延終了温度は、７５０℃以上８５０℃以下とする。より好ましくは７７０℃以上であり、より好ましくは８３０℃以下である。

[0059] 仕上圧延における合計圧下率：６０％以上

仕上圧延における合計圧下率が６０％未満である場合、オーステナイトが粗大化し、かつオーステナイト中に十分な変形帯が導入されないため、本発

明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径を得ることができなくなる。仕上圧延における合計圧下率は、好ましくは６５％以上である。特に上限は規定しないが、８０％を超えると圧下率の上昇に対する靭性向上の効果が小さくなり、設備負荷が増大するだけであるため、仕上圧延における合計圧下率は８０％以下が好ましい。より好ましくは７５％以下である。

[0060] 上記した合計圧下率とは、仕上圧延における各圧延パスの圧下率の合計をさす。

[0061] なお、本発明では、必要である圧下率の確保や鋼板の温度管理の観点より、仕上板厚（仕上圧延後の鋼板の板厚）は１７ｍｍ超３０ｍｍ以下とすることが好ましい。

[0062] 平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下

熱延鋼板の板厚中心温度で、冷却開始から後述する冷却停止までの温度域における平均冷却速度が１０℃／ｓ未満では、ベイナイトの核生成頻度が低くなるため、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径を得ることができない。また、多量のフェライトが生成するため所望の降伏強度が得られない。一方で、平均冷却速度が３０℃／ｓを超えると、多量のマルテンサイトが生成し、その結果、降伏比が上昇し、靭性が低下する。平均冷却速度は、１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下とする。好ましくは１５℃／ｓ以上であり、好ましくは２５℃／ｓ以下である。

[0063] なお、本発明では、冷却前の鋼板表面におけるフェライト生成を抑制する観点より、仕上圧延終了後直ちに冷却を開始することが好ましい。

[0064] 冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下

熱延鋼板の板厚中心温度における冷却停止温度が４００℃未満では、多量のマルテンサイトが生成し、その結果、降伏比が上昇し、靭性が低下する。一方で、冷却停止温度が６００℃を超えると、フェライトおよびベイナイトの核生成頻度が低くなるため、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径および所望の分率のベイナイトを得ることができなくなる。冷却停止温度は、４００℃以上６００℃以下とする。好ましくは４５０℃以上であり、好まし

くは５８０℃以下である。

[0065] なお、本発明において、平均冷却速度は、特に断らない限り、（（冷却前の熱延鋼板の板厚中心温度－冷却後の熱延鋼板の板厚中心温度）／冷却時間）で求められる値（冷却速度）とする。冷却方法は、ノズルからの水の噴射等の水冷や、冷却ガスの噴射による冷却等が挙げられる。本発明では、熱延鋼板の両面が同条件で冷却されるように、熱延鋼板両面に冷却操作（処理）を施すことが好ましい。

[0066] 冷却後に、熱延鋼板を巻取り、その後放冷する。

[0067] 巻取では、鋼組織を得る観点より、巻取温度：４００℃以上６００℃以下の温度で巻取る。巻取温度が４００℃未満では、多量のマルテンサイトが生成し、その結果、降伏比が上昇し、靭性が低下する。巻取温度が６００℃を超えると、フェライトおよびベイナイトの核生成頻度が低くなるため、本発明で目的とする鋼組織の平均結晶粒径および所望の分率のベイナイトを得ることができなくなる。巻取温度は、４００℃以上６００℃以下の温度とする。より好ましくは４５０℃以上であり、より好ましくは５８０℃以下である。

[0068] 次に、本発明の一実施形態における電縫鋼管の製造方法について説明する。

[0069] 本発明の電縫鋼管は、母材部と電縫溶接部を有する。本発明の電縫鋼管は、例えば、上記した成分組成を有する鋼素材を、加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下に加熱した後、粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下、仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下、仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０℃以下、かつ仕上圧延における合計圧下率：６０％以上である熱間圧延を施し、次いで、板厚中心温度における平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下、冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下で冷却を施し、次いで、４００℃以上６００℃以下の温度で巻取り熱延鋼板とし、次いで、冷間ロール成形により該熱延鋼板を円筒状に成形してオープン管とし、該オープン管の周方向両端部を突合せて電縫溶接する造管を施すことで

得られる。

[0070] なお、巻取って熱延鋼板を得るところまでは、上述の電縫鋼管用熱延鋼板の説明と同じであるため、ここでは省略する。

[0071] 巻取後に、熱延鋼板に造管を施す。造管の工程では、熱延鋼板を冷間ロール成形により円筒状のオープン管（丸型鋼管）とし、該オープン管の周方向両端部（突合せ部）を突合せて高周波電気抵抗加熱により溶融させながら、スクイズロールによるアプセットで圧接接合して電縫溶接し、電縫鋼管とする。その後、該電縫鋼管に対して上下左右に配置されたロールにより、円筒状のまま管軸方向に数％の絞りを加え、外径を所望の値に調整する。

[0072] また、鋼管が電縫鋼管であるかどうかは、電縫鋼管を管軸方向と垂直に切断し、溶接部（電縫溶接部）を含む切断面を研磨後、腐食し、光学顕微鏡で観察することにより判断できる。具体的には、溶接部（電縫溶接部）の溶融凝固部の管周方向の幅が、管全厚にわたり１．０μｍ以上１０００．０μｍ以下であれば、電縫鋼管である。

[0073] ここで、腐食液は、鋼成分、鋼管の種類に応じて適切なものを選択すればよい。

また、図１には、腐食後の上記断面の一部（電縫鋼管の溶接部近傍）を模式的に示す。図１に示すように、溶融凝固部は、母材部１および熱影響部２と異なる組織形態やコントラストを有する領域（溶融凝固部３）として視認できる。例えば、炭素鋼および低合金鋼の電縫鋼管の溶融凝固部は、ナイタールで腐食した上記断面において、光学顕微鏡で白く観察される領域として特定できる。また、炭素鋼および低合金鋼のＵＯＥ鋼管の溶融凝固部は、ナイタールで腐食した上記断面において、光学顕微鏡でセル状またはデンドライト状の凝固組織を含有する領域として特定できる。

[0074] 以上に説明した製造方法により、本発明の電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管が製造される。本発明の電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管は、特に板厚および肉厚が１７ｍｍを超えるような厚肉であっても、降伏比が低く、優れた変形性能および高い耐震性を発揮する。また、高い強度、優れた靭性も

兼ね備える。

[0075] そのため、本発明の電縫鋼管は、ラインパイプや建築物の柱材等の建築構造物の素材として好適に用いることができる。特に、耐震性等の観点から低降伏比、曲げ、衝撃力に耐えうる特性が要求される大型構造物に好適である。また、輸送流体の内圧に耐えうる強度、き裂発生時のき裂伝播を停止させるための靭性等が要求されるラインパイプに好適である。

実施例

[0076] 以下、実施例に基づいてさらに本発明を詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されない。

[0077] 表１に示す成分組成を有する溶鋼を溶製し、スラブとした。得られたスラブを表２に示す条件の熱間圧延、冷却、巻取を施して、表２に示す板厚（仕上板厚）（ｍｍ）の電縫鋼管用熱延鋼板とした。

[0078] また、巻取後、冷間ロール成形により円筒状の丸型鋼管に成形し、その突合せ部分を電縫溶接した。その後、丸型鋼管の上下左右に配置したロールにより管軸方向に数％の絞りを加え、表２に示す外径（ｍｍ）および肉厚（母材部の肉厚）（ｍｍ）の電縫鋼管を得た。

[0079] 得られた電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管から試験片を採取して、以下に示す固溶Ｎ量の測定、組織観察、引張試験、シャルピー衝撃試験を実施した。電縫鋼管においては、管周方向断面において、電縫溶接部を０°としたとき、電縫溶接部から９０°離れた位置の母材部から試験片を採取した。

[0080] 〔固溶Ｎ量の測定〕

固溶Ｎ量（質量％）は、鋼中の全Ｎ量から析出物として存在するＮ量（析出Ｎ量）を差し引いて求めた。なお、析出Ｎ量は定電位電解法を用いた電解抽出分析法により求めた。電解抽出においては、電解液としてアセチル・アセトン系溶液を用いて、定電位にて電解することで、炭化物、窒化物などの析出物以外の地鉄部分のみを溶解し、抽出した残渣を化学分析して、残渣中の総Ｎ量を求め、これを析出Ｎ量とした。

[0081] 〔組織観察〕

組織観察用の試験片は熱延鋼板から採取し、観察面が鋼板表面から板厚ｔの１／２位置において熱間圧延時の圧延方向断面に沿うように、研磨した後、ナイタール腐食して作製した。組織観察は、光学顕微鏡（倍率：１０００倍）または走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ、倍率：１０００倍）を用いて、板厚１／２ｔ位置における組織を観察し、撮像した。得られた光学顕微鏡像およびＳＥＭ像から、ベイナイトおよび残部（フェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイト）の面積率を求めた。各組織の面積率は、５視野以上で観察を行い、各視野で得られた値の平均値として算出した。ここでは、組織観察により得られた面積率を、各組織の体積率とした。なお、造管前後で鋼組織が変化しないとみなせるため、電縫鋼管の鋼組織は熱延鋼板の鋼組織と同様とした。上記した「板厚１／２ｔ位置」および「板厚ｔの１／２位置」は、電縫鋼管の場合には「肉厚１／２ｔ位置」および「肉厚ｔの１／２位置」を指すものとする。

[0082] ここで、フェライトは拡散変態による生成物のことであり、転位密度が低くほぼ回復した組織を呈する。ポリゴナルフェライトおよび擬ポリゴナルフェライトがこれに含まれる。

[0083] ベイナイトは、転位密度が高いラス状のフェライトとセメンタイトの複相組織である。

[0084] パーライトは、鉄と鉄炭化物の共析組織（フェライト＋セメンタイト）、あるいは鉄と鉄窒化物の共析組織（フェライト＋γ’-Fe_4N）であり、フェライトと炭化物または窒化物が交互に並んだラメラ状の組織を呈する。

[0085] マルテンサイトは、転位密度が非常に高いラス状の低温変態組織である。ＳＥＭ像では、フェライトやベイナイトと比較して明るいコントラストを示す。

[0086] なお、光学顕微鏡像およびＳＥＭ像ではマルテンサイトとオーステナイトの識別が難しいため、得られたＳＥＭ像からマルテンサイトあるいはオーステナイトとして観察された組織の面積率を測定し、その測定値から後述する方法で測定したオーステナイトの体積率を差し引いた値をマルテンサイトの

体積率とした。

[0087] オーステナイトの体積率の測定は、Ｘ線回折により行った。組織観察用の試験片は、回折面が鋼板の板厚および鋼管の肉厚の１／２ｔ位置となるように研削した後、５０μｍ以上の化学研磨をして表面加工層を除去して作製した。測定にはＭｏのＫα線を使用し、ｆｃｃ鉄の（２００）、（２２０）、（３１１）面とｂｃｃ鉄の（２００）、（２１１）面の積分強度からオーステナイトの体積率を求めた。

[0088] また、平均結晶粒径は、ＳＥＭ／ＥＢＳＤ法を用いて測定した。測定領域は５００μｍ×５００μｍ、測定ステップサイズは０．５μｍとした。結晶粒径は、隣接する結晶粒の間の方位差を求め、方位差が１５°以上の境界を結晶粒界として測定した。得られた結晶粒界から結晶粒径（円相当径）の算術平均を求めて、平均結晶粒径とした。

なお、結晶粒径解析においては、結晶粒径が２．０μｍ未満のものは測定ノイズとして解析対象から除外し、得られた面積率が体積率と等しいとした。

[0089] 〔引張試験〕

引張試験は、電縫鋼管用熱延鋼板においては引張方向が圧延方向と平行になるように、電縫鋼管においては引張方向がＬ方向（管長手方向）となるように、ＪＩＳ　Ｚ　２２４１（２０１１）の規定に準拠して、ＪＩＳ５号の引張試験片をそれぞれ採取した。各引張試験片を用いて、引張試験を実施し、降伏強度ＹＳ、引張強度ＴＳを測定した。ただし、降伏強度ＹＳは、公称ひずみ０．５％における流動応力とした。

また、以下の式（１）で示される熱延鋼板の造管後相当の降伏比（YR_P）（％）を算出した。

YR_P＝（４．０ＦＳ／ＴＳ）×１００　・・・式（１）

ただし、式（１）において、「４．０ＦＳ」は公称ひずみ４．０％における流動応力（ＭＰａ）であり、ＴＳは熱延鋼板の引張強度（ＭＰａ）である。

また、電縫鋼管の母材部の降伏比（ＹＲ）（＝（電縫鋼管の母材部の降伏強

度／電縫鋼管の母材部の引張強度）×１００）（％）を算出した。

[0090] 〔シャルピー衝撃試験〕

シャルピー衝撃試験は、得られた電縫鋼管用熱延鋼板の板厚１／２ｔ位置および電縫鋼管の肉厚１／２ｔ位置から、試験片長手方向が圧延幅方向または管周方向（圧延方向または管長手方向と垂直）と平行になるように、Ｖノッチ試験片を採取した。そして、ＪＩＳ　Ｚ　２２４２（２０１８）の規定に準拠して実施した。試験片の本数は各３本とした。試験は各温度で３回実施し、その平均を求めた。

[0091] 得られた結果を表１、表３および表４に示す。

[0092]

[0093]

[表1]

鋼No.	成分組成(質量%)																
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Nb	V	Ti	Cr	Mo	Cu	Ni	Ca	B	固溶N
1	0.078	0.35	1.23	0.016	0.0008	0.0154	0.042	0.040	0.032	0.011	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0023	0.0000	0.0046
2	0.080	0.20	1.19	0.010	0.0007	0.0039	0.029	0.040	0.031	0.013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0002
3	0.141	0.04	1.10	0.007	0.0041	0.0556	0.012	0.025	0.010	0.023	0.00	0.00	0.14	0.13	0.0000	0.0000	0.0372
4	0.139	0.05	1.08	0.008	0.0020	0.0135	0.031	0.024	0.020	0.016	0.00	0.00	0.12	0.12	0.0042	0.0000	0.0035
5	0.186	0.19	0.63	0.022	0.0019	0.0744	0.048	0.012	0.015	0.041	0.07	0.05	0.00	0.00	0.0000	0.0009	0.0310
6	0.027	0.27	1.49	0.015	0.0033	0.0102	0.025	0.013	0.014	0.013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0018
7	0.209	0.19	1.33	0.004	0.0012	0.0344	0.034	0.056	0.040	0.028	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0027	0.0000	0.0254
8	0.113	0.01	1.94	0.028	0.0073	0.0163	0.023	0.023	0.019	0.021	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0013	0.0000	0.0073
9	0.065	1.12	2.87	0.025	0.0084	0.0226	0.038	0.034	0.037	0.019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0035	0.0000	0.0127
10	0.139	0.06	0.36	0.011	0.0007	0.0097	0.035	0.031	0.024	0.009	0.00	0.00	0.22	0.12	0.0014	0.0000	0.0014
11	0.092	0.48	3.05	0.009	0.0006	0.0241	0.045	0.015	0.041	0.018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0011	0.0000	0.0159
12	0.149	0.23	0.98	0.052	0.0090	0.0198	0.022	0.043	0.015	0.017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0135
13	0.127	0.19	1.07	0.027	0.0230	0.0119	0.037	0.038	0.023	0.014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0018
14	0.034	0.25	1.76	0.014	0.007	0.0205	0.071	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0086
15	0.161	0.71	2.95	0.013	0.004	0.0143	0.042	0.018	0.000	0.025	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0019
16	0.115	0.18	1.22	0.046	0.003	0.0119	0.030	0.022	0.000	0.022	0.13	0.11	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0012
17	0.089	0.39	0.87	0.007	0.017	0.0094	0.007	0.000	0.037	0.014	0.18	0.17	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0038
18	0.064	0.11	1.31	0.028	0.001	0.0076	0.022	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0054
19	0.139	0.03	0.82	0.009	0.003	0.0435	0.025	0.000	0.031	0.017	0.00	0.00	0.16	0.10	0.0000	0.0000	0.0415
20	0.145	0.05	1.02	0.014	0.004	0.0515	0.011	0.008	0.022	0.011	0.00	0.00	0.11	0.13	0.0000	0.0000	0.0388
21	0.099	0.23	0.91	0.021	0.001	0.0144	0.026	0.009	0.041	0.010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0019	0.0000	0.0045
22	0.076	0.21	1.16	0.015	0.001	0.0151	0.041	0.011	0.033	0.029	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0036	0.0000	0.0011
23	0.051	0.15	1.22	0.025	0.001	0.0081	0.032	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0041
24	0.083	0.32	1.49	0.018	0.001	0.0152	0.027	0.007	0.000	0.052	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0025	0.0000	0.0004

*1. 成分組成は、上記以外は残部Feおよび不可避的不純物である。

[0094] [表2]

鋼No.	熱延鋼板										
	熱間圧延条件					冷却条件		巻取条件	鋼板寸法	鋼管寸法	
	加熱温度(℃)	粗圧延終了温度(℃)	仕上圧延開始温度(℃)	仕上圧延終了温度(℃)	仕上圧延における合計圧下率(%)	平均冷却速度(℃/s)	冷却停止温度(℃)	巻取温度(℃)	板厚(mm)	外径(mm)	肉厚(mm)
1	1150	1020	910	830	64	26	510	480	23.8	406.4	23.8
2	1140	1050	930	820	64	14	530	510	22.2	406.4	22.2
3	1200	970	890	780	71	15	540	515	22.2	406.4	22.2
4	1200	990	930	810	52	21	570	550	19.1	406.4	19.1
5	1250	940	880	790	74	23	475	455	28.0	609.6	28.0
6	1160	960	840	800	70	18	500	480	25.4	508.0	25.4
7	1210	980	860	780	73	24	515	490	25.0	600.0	25.0
8	1150	990	870	820	68	17	575	560	28.0	700.0	28.0
9	1130	950	840	790	67	22	490	470	25.0	600.0	25.0
10	1180	940	890	800	70	18	570	550	25.4	508.0	25.4
11	1230	970	920	790	71	18	490	470	22.0	406.4	22.0
12	1250	990	910	820	68	13	560	540	25.0	600.0	25.0
13	1240	1000	930	790	70	16	550	535	25.0	600.0	25.0
14	1280	980	940	850	71	18	430	415	17.5	406.4	17.5
15	1110	900	810	750	72	28	420	400	16.0	406.4	16.0
16	1170	1070	900	820	67	22	565	530	22.0	400.0	22.0
17	1200	950	890	810	66	20	515	490	19.1	406.4	19.1
18	1220	990	910	800	62	16	590	575	25.4	508.0	25.4
19	1320	1020	940	830	62	23	460	440	19.1	406.4	19.1
20	1200	1110	920	840	66	19	520	505	22.2	406.4	22.2
21	1250	1070	960	880	71	24	430	405	23.8	508.0	23.8
22	1280	960	900	840	60	8	550	530	19.1	406.4	19.1
23	1270	1070	920	830	63	12	630	615	19.1	406.4	19.1
24	1190	1050	910	790	68	18	530	510	25.4	508.0	25.4

[表3]

鋼No.	熱延鋼板							備考
	鋼組織		機械的特性					
	ベイナイトの体積率（%）	残部	平均結晶粒径（μm）	YS（MPa）	4.0FS（MPa）	TS（MPa）	YR_P（%）	vT_{rs}（℃）	
1	98	F, P	6.3	537	542	619	87.6	−70	本発明例
2	99	F, P	7.1	503	529	568	93.1	−65	比較例
3	95	M	5.3	472	481	554	86.8	−75	本発明例
4	96	M	22.4	484	490	561	87.3	−35	比較例
5	91	F, P, M	8.7	505	507	569	89.1	−65	本発明例
6	98	F	6.6	434	442	509	86.8	−70	比較例
7	86	F, P	7.4	499	513	580	88.4	−30	比較例
8	92	F, P	8.5	439	441	515	85.6	−70	比較例
9	96	F, P	7.0	561	573	619	92.6	−45	比較例
10	87	F, P	21.3	418	424	487	87.1	−25	本発明例
11	98	F, P	6.2	536	550	593	92.7	−50	本発明例
12	93	F, P	11.0	492	508	581	87.4	−35	比較例
13	94	F, P	9.7	501	513	579	88.6	−40	比較例
14	99	F, P	6.9	528	534	619	86.3	−65	比較例
15	92	M	5.1	515	520	595	87.4	−70	本発明例
16	94	M, A	7.3	537	548	632	86.7	−75	本発明例
17	95	M	5.5	460	472	538	87.7	−65	本発明例
18	96	F	8.9	494	503	577	87.2	−60	本発明例
19	91	M	23.4	510	522	589	88.6	−25	比較例
20	92	M	22.8	486	492	556	88.5	−30	比較例
21	97	M	25.1	529	537	612	87.7	−20	比較例
22	73	F	21.1	418	429	492	87.2	−40	比較例
23	76	F, P	24.0	425	437	506	86.4	−50	比較例
24	93	F, P	6.3	482	515	557	92.5	−70	比較例

*1. F:フェライト、P:パーライト、M:マルテンサイト、A:オーステナイト

[0095]

[表4]

鋼No.	電縫鋼管				備考
	機械的特性				
	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	母材部vTrs (℃)	
1	551	627	87.9	−55	本発明例
2	536	580	92.4	−50	比較例
3	492	563	87.4	−65	本発明例
4	494	588	84.0	−25	比較例
5	518	589	87.9	−50	本発明例
6	438	512	85.5	−60	比較例
7	536	628	85.4	−20	比較例
8	448	519	87.3	−55	比較例
9	574	621	92.4	−30	比較例
10	441	495	89.1	−10	比較例
11	554	599	92.5	−30	比較例
12	497	584	85.1	−25	比較例
13	520	592	87.8	−15	比較例
14	528	591	89.3	−55	本発明例
15	527	601	87.7	−60	本発明例
16	556	637	87.3	−45	本発明例
17	470	529	88.8	−55	本発明例
18	508	592	85.8	−40	本発明例
19	531	611	86.9	−5	比較例
20	499	564	88.5	−15	比較例
21	534	618	86.4	0	比較例
22	438	509	86.1	−15	比較例
23	440	493	89.2	−30	比較例
24	523	564	92.7	−45	比較例

[0096] 表３および表４中、鋼Ｎｏ．１、３、５、１４～１８は本発明例であり、鋼Ｎｏ．２、４、６～１３、１９～２４は比較例である。

[0097] 本発明例の電縫鋼管用熱延鋼板および電縫鋼管の母材部の成分組成は、いずれもＣ：０．０３０％以上０．２０％以下、Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、Ｐ：０．０５０％以下、Ｓ：０．０２０％以下、Ｎ：０．００７０％以上０．１０％以下、Ａｌ：０．００５％以上０．０８０％以下であり、鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下であり、１／２ｔ位置における鋼組織の平均結晶粒径が２０．０μｍ以下であった。

[0098] また、本発明例の電縫鋼管用熱延鋼板は、いずれも降伏応力が４５０ＭＰａ以上であり、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が－６０℃以下であり、造管後相当の降伏比$ＹＲ_{Ｐ}$が９０．０％以下であった。

[0099] さらに、本発明例の電縫鋼管は、いずれも降伏応力が４５０ＭＰａ以上であり、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が－４０℃以下であり、降伏比が９０．０％以下であった。

[0100] 一方、比較例の鋼Ｎｏ．２は、Ｎの含有量が本発明の範囲を下回っていたため、降伏比が所望の値に達しなかった。

[0101] 比較例の鋼Ｎｏ．４は、仕上圧延における合計圧下率が低く、結晶粒が粗大化し、平均結晶粒径が本発明の範囲を上回った。そのため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0102] 比較例の鋼Ｎｏ．６は、Ｃの含有量が本発明の範囲を下回っていたため、降伏応力が所望の値に達しなかった。

[0103] 比較例の鋼Ｎｏ．７は、Ｃの含有量が本発明の範囲を上回っていたため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0104] 比較例の鋼Ｎｏ．８は、Ｓｉの含有量が本発明の範囲を下回っていたため、降伏応力が所望の値に達しなかった。

[0105] 比較例の鋼Ｎｏ．９は、Ｓｉの含有量が本発明の範囲を上回っていたため、降伏比およびシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0106] 比較例の鋼Ｎｏ．１０は、Ｍｎの含有量が本発明の範囲を下回っていたため、降伏応力が所望の値に達しなかった。また、結晶粒が粗大化し、平均結晶粒径が本発明の範囲を上回ったため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0107] 比較例の鋼Ｎｏ．１１は、Ｍｎの含有量が本発明の範囲を上回っていたため、降伏比およびシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0108] 比較例の鋼Ｎｏ．１２は、Ｐの含有量が本発明の範囲を上回っていたため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0109] 比較例の鋼Ｎｏ．１３は、Ｓの含有量が本発明の範囲を上回っていたため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0110] 比較例の鋼Ｎｏ．１９は、加熱温度が本発明の範囲を上回っていたため、平均結晶粒径が本発明の範囲を上回ってしまった。そのため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0111] 比較例の鋼Ｎｏ．２０は、粗圧延終了温度が本発明の範囲を上回っていたため、平均結晶粒径が本発明の範囲を上回ってしまった。そのため、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0112] 比較例の鋼Ｎｏ．２１は、仕上圧延開始温度が本発明の範囲を上回っていたため、仕上圧延終了温度も本発明の範囲を上回ってしまい、平均結晶粒径が本発明の範囲を上回った。その結果、シャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0113] 比較例の鋼Ｎｏ．２２は、平均冷却速度が本発明の範囲を下回っていたため、多量のフェライトが生成してしまい、また平均結晶粒径が本発明の範囲を上回ってしまった。そのため、降伏強度およびシャルピー衝撃試験における延性-脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0114] 比較例の鋼Ｎｏ．２３は、冷却停止温度が本発明の範囲を上回っていたため、巻取温度も本発明の範囲を上回ってしまい、多量のフェライトが生成し、また平均結晶粒径が本発明の範囲を上回った。その結果、降伏強度およびシャルピー衝撃試験における延性－脆性遷移温度が所望の値に達しなかった。

[0115] 比較例の鋼Ｎｏ．２４は、固溶Ｎ量が本発明の範囲を下回っていたため、降伏比が所望の値に達しなかった。

符号の説明

[0116] 1 母材部

2 溶接熱影響部

3 溶融凝固部

請求の範囲

[請求項1] 成分組成は、質量％で、

Ｃ　：０．０３０％以上０．２０％以下、

Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、

Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、

Ｐ　：０．０５０％以下、

Ｓ　：０．０２０％以下、

Ｎ　：０．００７０％以上０．１０％以下、

Ａｌ：０．００５％以上０．０８０％以下

を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、

鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下であり、

板厚をｔとしたとき、１／２ｔ位置における鋼組織は、平均結晶粒径が２０．０μｍ以下である、電縫鋼管用熱延鋼板。

[請求項2] 前記成分組成に加えてさらに、質量％で、

Ｎｂ：０．１５％以下、

Ｖ　：０．１５％以下、

Ｔｉ：０．０５０％以下、

Ｃｕ：１．０％以下、

Ｎｉ：１．０％以下、

Ｃｒ：０．２０％以下、

Ｍｏ：０．２０％以下、

Ｃａ：０．０１０％以下、

Ｂ　：０．００５０％以下

のうちから選ばれた１種または２種以上を含有する、請求項１に記載の電縫鋼管用熱延鋼板。

[請求項3] 前記１／２ｔ位置における鋼組織は、体積率で、ベイナイトが９０％以上であり、

残部がフェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトか

ら選択される１種または２種以上を有する、請求項１または２に記載の電縫鋼管用熱延鋼板。

[請求項4] 前記板厚が１７ｍｍ超３０ｍｍ以下である、請求項１～３のいずれか１項に記載の電縫鋼管用熱延鋼板。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項に記載の電縫鋼管用熱延鋼板の製造方法であって、

請求項１または２に記載の成分組成を有する鋼素材を、

加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下に加熱した後、

粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下、仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下、仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０℃以下、かつ、仕上圧延における合計圧下率：６０％以上である熱間圧延を施し、

次いで、板厚中心温度における、平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下、冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下で冷却を施し、

次いで、４００℃以上６００℃以下の温度で巻取る、電縫鋼管用熱延鋼板の製造方法。

[請求項6] 母材部と電縫溶接部を有する電縫鋼管であって、

前記母材部の成分組成は、質量％で、

Ｃ　：０．０３０％以上０．２０％以下、

Ｓｉ：０．０２％以上１．０％以下、

Ｍｎ：０．４０％以上３．０％以下、

Ｐ　：０．０５０％以下、

Ｓ　：０．０２０％以下、

Ｎ　：０．００７０％以上０．１０％以下、

ＡｌＩ：０．００５％以上０．０８０％以下

を含有し、残部がＦｅおよび不可避的不純物からなり、

鋼中に固溶するＮが０．００１０％以上０．０９０％以下であり、

前記母材部の肉厚をｔとしたとき、前記母材部の１／２ｔ位置における鋼組織は、平均結晶粒径が２０．０μｍ以下である、電縫鋼管。

[請求項7] 前記母材部の前記成分組成に加えてさらに、質量％で、

Ｎｂ：０．１５％以下、

Ｖ　：０．１５％以下、

Ｔｉ：０．０５０％以下

Ｃｕ：１．０％以下、

Ｎｉ：１．０％以下、

Ｃｒ：０．２０％以下、

Ｍｏ：０．２０％以下、

Ｃａ：０．０１０％以下、

Ｂ　：０．００５０％以下

のうちから選ばれた１種または２種以上を含む、請求項６に記載の電縫鋼管。

[請求項8] 前記母材部の１／２ｔ位置における前記鋼組織は、体積率で、ベイナイトが９０％以上であり、

残部がフェライト、パーライト、マルテンサイト、オーステナイトから選択される１種または２種以上を有する、請求項６または７に記載の電縫鋼管。

[請求項9] 前記母材部の前記肉厚が、１７ｍｍ超３０ｍｍ以下である、請求項６～８のいずれか１項に記載の電縫鋼管。

[請求項10] 請求項１または２に記載の熱延鋼板を冷間ロール成形により円筒状に成形してオープン管とし、該オープン管の周方向両端部を突合せて電縫溶接する、電縫鋼管の製造方法。

[請求項11] 請求項１または２に記載の成分組成を有する鋼素材を、

加熱温度：１１００℃以上１３００℃以下に加熱した後、

粗圧延終了温度：９００℃以上１１００℃以下、仕上圧延開始温度：８００℃以上９５０℃以下、仕上圧延終了温度：７５０℃以上８５０

℃以下、かつ、仕上圧延における合計圧下率：６０％以上である熱間圧延を施し、

次いで、板厚中心温度における、平均冷却速度：１０℃／ｓ以上３０℃／ｓ以下、冷却停止温度：４００℃以上６００℃以下で冷却を施し、

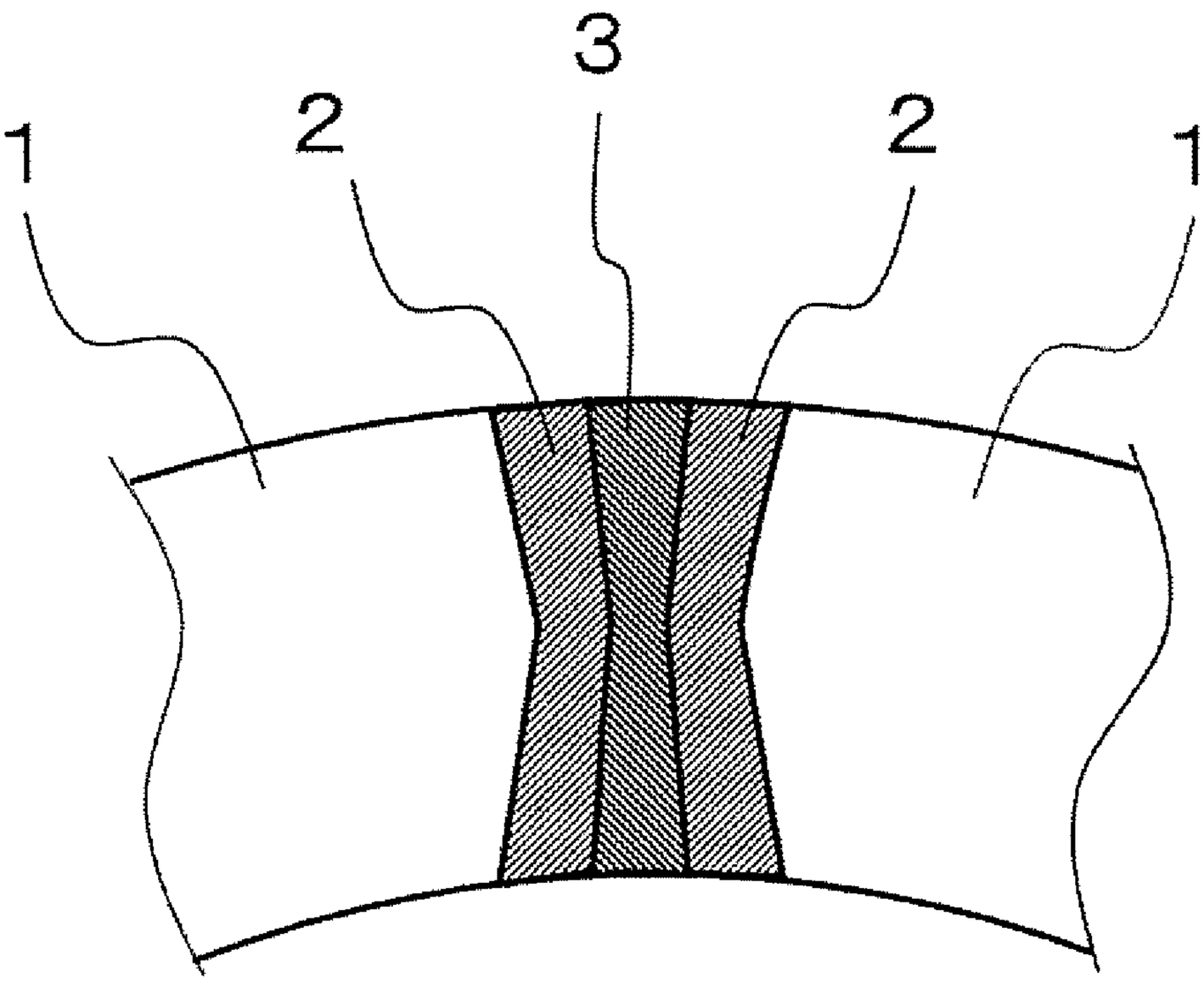
次いで、４００℃以上６００℃以下の温度で巻取り熱延鋼板とし、

次いで、冷間ロール成形により前記熱延鋼板を円筒状に成形してオープン管とし、該オープン管の周方向両端部を突合せて電縫溶接する、電縫鋼管の製造方法。

[請求項12] 請求項６～９のいずれか１項に記載の電縫鋼管を用いた、ラインパイプ。

[請求項13] 請求項６～９のいずれか１項に記載の電縫鋼管を用いた、建築構造物。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/041808

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C 38/00(2006.01)i; B21B 1/22(2006.01)i; B21C 37/08(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i
FI: C22C38/00 301A; C22C38/00 301Z; C22C38/06; C22C38/58; C21D8/02 B; B21C37/08 A; B21B1/22 A

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; B21B1/22; B21C37/08; C21D8/02

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 2013/099192 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 04 July 2013 (2013-07-04)	1-13
A	WO 2016/056216 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 14 April 2016 (2016-04-14)	1-13
A	WO 2017/130875 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 03 August 2017 (2017-08-03)	1-13
A	JP 2001-303196 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 31 October 2001 (2001-10-31)	1-2, 6-7, 10

☐ 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
05 January 2021 (05.01.2021)	19 January 2021 (19.01.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/041808

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2013/099192 A1	04 Jul. 2013	US 2014/0352852 A1 EP 2799575 A1 CN 104011245 A KR 10-2014-0099321 A	
WO 2016/056216 A1	14 Apr. 2016	(Family: none)	
WO 2017/130875 A1	03 Aug. 2017	US 2019/0062862 A1 EP 3409803 A1 CA 3007073 A1 CN 108495945 A KR 10-2018-0095917 A MX 2018009160 A	
JP 2001-303196 A	31 Oct. 2001	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/041808

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; B21B 1/22(2006.01)i; B21C 37/08(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i;
C22C 38/06(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i
FI: C22C38/00 301A; C22C38/00 301Z; C22C38/06; C22C38/58; C21D8/02 B; B21C37/08 A; B21B1/22 A

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））

C22C38/00-38/60; B21B1/22; B21C37/08; 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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 2013/099192 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 04.07.2013 (2013-07-04)	1-13
A	WO 2016/056216 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 14.04.2016 (2016-04-14)	1-13
A	WO 2017/130875 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 03.08.2017 (2017-08-03)	1-13
A	JP 2001-303196 A (川崎製鉄株式会社) 31.10.2001 (2001-10-31)	1-2, 6-7, 10

☐ 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
05.01.2021	19.01.2021

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）
相澤　啓祐 4K 4037

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/JP2020/041808

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2013/099192 A1	04.07.2013	US 2014/0352852 A1 EP 2799575 A1 CN 104011245 A KR 10-2014-0099321 A	
WO 2016/056216 A1	14.04.2016	（ファミリーなし）	
WO 2017/130875 A1	03.08.2017	US 2019/0062862 A1 EP 3409803 A1 CA 3007073 A1 CN 108495945 A KR 10-2018-0095917 A MX 2018009160 A	
JP 2001-303196 A	31.10.2001	（ファミリーなし）	