

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年10月15日(15.10.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/209060 A1

(51) 国際特許分類:

B21D 5/12 (2006.01)

C22C 38/60 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

E04B 1/24 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2020/013236

(22) 国際出願日:

2020年3月25日(25.03.2020)

(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:

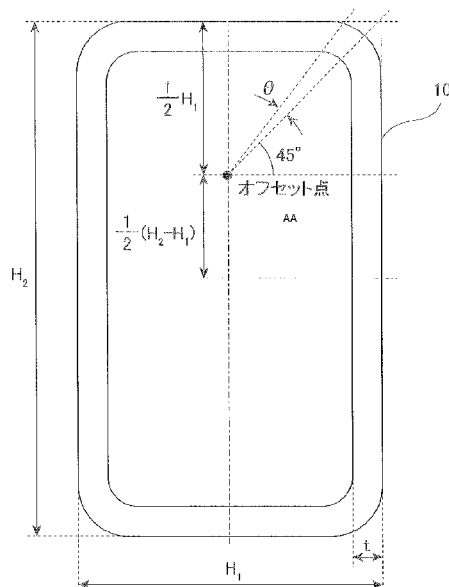
特願 2019-073314 2019年4月8日(08.04.2019) JP

(71) 出願人: J F E 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 昌士(MATSUMOTO Atsushi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 松本 晃英(MATSUMOTO Akihide); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E 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 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 岡部 能知(OKABE Takatoshi); 〒1000011

(54) Title: SQUARE STEEL TUBE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND BUILDING STRUCTURE

(54) 発明の名称: 角形鋼管およびその製造方法ならびに建築構造物



AA Offset point

(57) Abstract: A purpose of the present invention is to provide: a square steel tube wherein there is little effect upon the machining and hardening of corners and surface cracking is suppressed; a method for manufacturing the same; and a building structure that uses the square steel tube according to the present invention. The present invention pertains to a square steel tube comprising flat parts and corners, wherein: the flat parts have a yield strength of 385 MPa or greater, a tensile strength of 520 MPa or greater, and a yield ratio of 0.90 or less; the

[続葉有]

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号J F E 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J F E 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, 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,
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))

hardness of the corners is such that the inner surface side of the corners has greater Vickers hardness than the outer surface side of the corners, the Vickers hardness of the outer surface side of the corners is 280 HV or less, and the difference between the Vickers hardness of the outer surface side of the corners and the Vickers hardness of the inner surface side of the corners is 80 HV or less; and and the Charpy absorption energy vE_0 of the outer surface side of the corners at 0 °C is 70 J or greater.

(57) 要約: 角部の加工硬化への影響が小さく、表面割れを抑制した角形鋼管およびその製造方法ならびに本発明の角形鋼管を用いた建築構造物を提供することを目的とする。平板部と角部を有する角形鋼管において、前記平板部の降伏強度が385 MPa以上および引張強度が520 MPa以上ならびに降伏比が0.90以下であり、前記角部のビッカース硬さは、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きく、前記角部外表面側のビッカース硬さが280 HV以下であり、かつ前記角部外表面側のビッカース硬さと前記角部内表面側のビッカース硬さとの差が80 HV以下であり、角部外表面側の0℃のシャルピー吸収エネルギー vE_0 が70 J以上である角形鋼管。

明 細 書

発明の名称：角形鋼管およびその製造方法ならびに建築構造物 技術分野

[0001] 本発明は、特に工場、倉庫、商業施設などの大型建築物の建築部材に用いられる角形鋼管およびその製造方法ならびに建築構造物に関する。

背景技術

[0002] 近年、工場、倉庫、商業施設などの大型建築物に用いられる建築構造部材は、軽量化による施工コスト削減のため高強度化が進んでいる。特に建築物の柱材として用いられる角形鋼管においては、降伏強度が385MPa以上、引張強度が520MPa以上のものが求められており、さらに耐震性の観点から高い塑性変形能と優れた靱性も同時に必要となる。

[0003] このような高い変形性能と優れた靱性をもった角形鋼管とは、具体的には、平板部の管軸方向降伏比（＝降伏強度／引張強度）を0.90以下、0℃におけるシャルピー吸収エネルギーを70J以上とする必要がある。

[0004] 角形鋼管は、一般に熱延鋼板（鋼帯）または厚鋼板を素材として、これらを冷間でプレス曲げ成形あるいはロール成形することにより製造される。

[0005] 冷間でプレス曲げ成形により製造される角形鋼管は、厚鋼板をプレス曲げ成形により断面形状を口の字型あるいはコの字型となし、これらをサブマーギアーク溶接により接合して製造される。また、ロール成形により製造される角形鋼管は、熱延鋼板をロール成形により円筒状のオープン管形状となし、その突合せ部分を電縫溶接した後、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、続けて角形に成形して製造される。

[0006] 一方で、冷間でプレス曲げ成形により製造される角形鋼管の場合、角部の曲げ変形による加工硬化が著しく、角部の靱性と塑性変形能が損なわれるため、耐震強度が悪化し、角部を起点に破壊しやすくなる。特にベイナイトなどの硬質の第2相を含む建築部材向け高強度材では加工硬化が顕著になる。

[0007] そこで、高強度の角形鋼管を製造する場合には、成形時の角部の加工硬化による靱性の悪化の影響を小さくするような素材や、角部の加工硬化を抑制するような製造方法を選択する必要がある。

[0008] 特許文献1では、平板部のミクロ組織において、ベイナイト組織の面積分率：40%以上であることを特徴とする角形鋼管が提案されている。

[0009] 特許文献2では、冷間成形により造管した後に全管ひずみ取り焼鈍を施すことを特徴とした低降伏比、高靱性の角形鋼管が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特許第5385760号公報

特許文献2：特許第4957671号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 特許文献1に記載の角形鋼管は角部表層部のビッカース硬さが350HV以下である。しかしながら、依然として角部表層部の硬さは大きく、角部を起点とした破壊や表面割れなどを抑制するには更なる硬さの減少が求められている。

[0012] また、特許文献2に記載の角形鋼管は造管後に熱処理を要するため、冷間加工ままの角形鋼管と比較してコストが非常に高くなる。

[0013] 本発明は上記の事情を鑑みてなされたものであって、角部の加工硬化への影響が小さく、表面割れを抑制した角形鋼管およびその製造方法ならびに本発明の角形鋼管を用いた建築構造物を提供することを目的とする。

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い、以下の知見を得た。

[0015] ロール成形による角形鋼管の製造の角成形スタンドでは、成形ロールを用いて最終製品となる角形鋼管の平板部に該当する部位の曲率を小さくし、断面円筒形状から断面矩形形状になるように成形を行っている。これは、成形

ロールが最終製品の角形鋼管の平板部の中心部に該当する箇所を押し込むようにして成形を行っており、角部は平板部の変形に追随するようにL型の角部を形成する。

[0016] したがって、角部全体に直接ロールを接触せずとも曲率をもった角部を形成することは可能である。一方で、鋼管素材がロールと接触することにより、平板部の平坦度や角部の曲率などの寸法精度は向上するものの、ロールからのせん断力を受けるため、ロールとの接触部を中心とした加工硬化が発生することが明らかである。そのため、角部の過度な加工硬化を抑制するためには寸法精度と両立できるようにロールと角部の接触部を制御する必要がある。

[0017] 本発明者らは、曲げ加工による加工硬化が小さい角形鋼管を得るためには、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きい角形鋼管が良いことがわかった。そして、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きい角形鋼管は、円筒鋼管から角形鋼管へ成形するとき、角成形時に角部近傍にロールが接触しないように、角成形中のロールギャップやロールのカリバー曲率を設定し、円筒鋼管から角形鋼管を成形することにより、得られる。これは、鋼管外表面の曲率変化は、鋼管内表面の曲率変化よりも小さいため、曲げ加工による加工硬化が小さく、かつ、ロールのせん断力の影響を受けにくいためと考えられる。

[0018] また、種々の角成形のロールギャップやロールのカリバー曲率を変更した成形を行い、角部の硬さを調査したところ、角部に直接ロールが接触していない場合でも、角部の直近までロールが接触している条件では角部表面の硬さが増加することを見出した。このことは、ロールとの接触により周方向にもせん断応力が作用するため、ロールとの接触部近傍では加工硬化が発生する。このせん断応力が作用する領域は、被成形材の剛性、すなわち、鋼管素材の肉厚（管厚） t 、最終製品の辺長 H （ H_1 、 H_2 ）によって変化することになった。

[0019] 本発明は上記知見に基づくものであり、その特徴は以下の通りである。

[1] 平板部と角部を有する角形鋼管において、前記平板部の降伏強度が385MPa以上および引張強度が520MPa以上ならびに降伏比が0.90以下であり、

前記角部のビッカース硬さは、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きく、前記角部外表面側のビッカース硬さが280HV以下であり、かつ前記角部外表面側のビッカース硬さと前記角部内表面側のビッカース硬さとの差が80HV以下であり、

角部外表面側の0℃のシャルピー吸収エネルギー vE_0 が70J以上である角形鋼管。

[2] 質量%で、C:0.04~0.50%、Si:2.0%以下、Mn:0.5~3.0%、P:0.10%以下、S:0.050%以下、Al:0.005~0.10%、N:0.010%以下を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有し、

かつ、管表面から $t/4$ (t は管厚)の位置における鋼組織が、体積率で30%超のフェライトおよび10%以上のベイナイトを含み、かつフェライトとベイナイトの体積率の合計が70%以上95%以下であり、残部がパーライト、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種以上からなる[1]に記載の角形鋼管。

[3] さらに、質量%で、Nb:0.005~0.150%、Ti:0.005~0.150%、V:0.005~0.150%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有する[2]に記載の角形鋼管。

[4] さらに、質量%で、Cr:0.01~1.0%、Mo:0.01%~1.0%、Cu:0.01~0.50%、Ni:0.01~0.30%、Ca:0.0005~0.010%、B:0.0003~0.010%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有する[2]または[3]に記載の角形鋼管。

[5] [1]に記載の角形鋼管の製造方法であって、円筒形状へと成形した

後、角形形状へと角成形を行う角形鋼管の製造方法において、前記角成形を行う角成形工程は、管軸方向に対して垂直な断面において、隣り合う辺長をそれぞれ H_1 (mm) および H_2 (mm) ($H_1 \leq H_2$) とし、 H_1 および H_2 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線同士が交わる交点を角形鋼管中央部としたとき、 H_1 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線上において、前記角形鋼管中央部から長辺方向に $1/2 (H_2 - H_1)$ だけオフセットさせた点をオフセット点とし、オフセット点から角形鋼管の角部中央へ引いた直線と、オフセット点から角部の円弧部あるいは角形鋼管の平板部へ向かって引かれる直線とが成す中心角 θ が下記式(1)を満たす角形鋼管の製造方法。

[0020] [数1]

$$\theta \geq \frac{360}{\pi\{\sqrt{2}H_1 - 5t(\sqrt{2}-1)\}} t \quad \cdots (1)$$

ただし、

H_1 : 辺長 (短辺) (mm)

H_2 : 辺長 (長辺) (mm)

t : 管厚 (mm)

である。

[6] [2] ~ [4] のいずれかに記載の成分組成を有する鋼素材を加熱温度: $1100 \sim 1300^\circ\text{C}$ に加熱した後、粗圧延終了温度: $850 \sim 1150^\circ\text{C}$ とする粗圧延を施し、仕上圧延終了温度: $750 \sim 850^\circ\text{C}$ とする仕上圧延を施し、かつ粗圧延と仕上圧延の両方における 930°C 以下の合計圧下率が65%以上とし、次いで、板厚中心温度で冷却開始から冷却停止までの平均冷却速度が $10 \sim 30^\circ\text{C}/\text{s}$ となる冷却速度で冷却停止温度: $450 \sim 650^\circ\text{C}$ まで冷却し巻取り、その後放冷し、続いてロール成形により、円筒形状へと成形した後、ロール成形した鋼板を電縫溶接して電縫鋼管とした後、前記電縫鋼管を角形鋼管へと角成形を行う角成形工程において、管軸方

向に対して垂直な断面において、隣り合う辺長をそれぞれ H_1 (mm) および H_2 (mm) ($H_1 \leq H_2$) とし、 H_1 および H_2 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線同士が交わる交点を角形鋼管中央部としたとき、 H_1 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線上において、前記角形鋼管中央部から長辺方向に $1/2 (H_2 - H_1)$ だけオフセットさせた点をオフセット点とし、オフセット点から角形鋼管の角部中央へ引いた直線と、オフセット点から角部の円弧部あるいは角形鋼管の平板部へ向かって引かれる直線とが成す中心角 θ が下記式 (1) を満たす角形鋼管の製造方法。

[0021] [数1]

$$\theta \geq \frac{360}{\pi \{ \sqrt{2} H_1 - 5t(\sqrt{2} - 1) \}} t \quad \cdots (1)$$

ただし、

H_1 : 辺長 (短辺) (mm)

H_2 : 辺長 (長辺) (mm)

t : 管厚 (mm)

である。

[7] [1] ~ [4] のいずれかに記載の角形鋼管を用いた建築構造物。

発明の効果

[0022] 本発明の角形鋼管によれば、角部の加工硬化への影響が小さく、表面割れを抑制した角形鋼管を得られる。これにより、工場、倉庫、商業施設などの大型建築物の施工コスト削減に大きく貢献することができる。また、本発明の角形鋼管の製造方法によれば、冷間プレス曲げ成形と比較して生産性が高く短期間で高強度角形鋼管を製造することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1] 図1は、電縫鋼管の製造設備の一例を示す模式図である。

[図2] 図2は、角形鋼管の成形過程を示す模式図である。

[図3] 図3は、角形鋼管の管軸方向に対して垂直な断面を示す模式図である。

[図4]図4は、本発明の角形鋼管を使用した建築構造物の一例を模式的に示す斜視図である。

発明を実施するための形態

- [0024] 本発明の角形鋼管は、平板部と角部を有しており、平板部の降伏強度（ YS ）が 385 MPa 以上および引張強度（ TS ）が 520 MPa 以上ならびに降伏比が 0.90 以下であり、角部のビッカース硬さは、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きく、角部外表面側のビッカース硬さが 280 HV 以下であり、かつ角部外表面側のビッカース硬さと角部内表面側のビッカース硬さとの差が 80 HV 以下であり、角部外表面側の 0°C のシャルピー吸収エネルギー vE_0 が 70 J 以上であることを特徴とする。
- [0025] 角形鋼管は平板部よりも角部の方が大きく加工硬化する。特に、角部外表面は周方向への引張応力場となっているため、最終製品における角部の脆性破壊を抑制するために、角部外表面の靱性を確保する必要がある。すなわち、角部外表面において 0°C のシャルピー吸収エネルギー vE_0 は 70 J 以上が求められるとともに、平板部の降伏強度（ YS ）が 385 MPa 以上および引張強度（ TS ）が 520 MPa 以上ならびに降伏比が 0.90 以下であることが求められる。
- [0026] また、本発明では、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きく、角部外表面側のビッカース硬さが 280 HV 以下であり、かつ角部外表面側のビッカース硬さと角部内表面側のビッカース硬さとの差が 80 HV 以下とする。本発明では、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きく、角部外表面側のビッカース硬さが 280 HV 以下とすることにより、曲げ加工による加工硬化が小さい角形鋼管を得ることができる。角部外表面側のビッカース硬さが 280 HV を超えると、外表面側の加工硬化が進行しているため、角部の延性が著しく悪化する。また、曲げ変形により表面の加工硬化が大きな角部の靱性を確保するために、角部外表面側のビッカース硬さと角部内表面側のビ

ツカーズ硬さとの差を80HV以下とする。角部外表面側のビッカース硬さと角部内表面側のビッカース硬さとの差が80HV超えの場合、角部内表面側の加工硬化が進展しており、角部内表面の残留応力が顕著になるため、後処理で施すめっきの割れなどに悪影響を及ぼす。

[0027] なお、本発明における角部外表面側のビッカース硬さとは、角部外表面から 1 ± 0.2 mm内部におけるビッカース硬さであり、角部内表面側のビッカース硬さとは、角部内表面から 1 ± 0.2 mm内部におけるビッカース硬さのことをいう。

[0028] 本発明の角形鋼管は、質量%で、C : 0.04~0.50%、Si : 2.0%以下、Mn : 0.5~3.0%、P : 0.10%以下、S : 0.050%以下、Al : 0.005~0.10%、N : 0.010%以下を含み、残部がFeおよび不可避免の不純物からなる成分組成を有し、管表面から $t/4$ (t は管厚) の位置における鋼組織が、体積率で30%超のフェライトと、10%以上のベイナイトとを含み、フェライトとベイナイトの体積率の合計が70%以上95%以下であり、残部がパーライト、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種以上からなることが好ましい。

[0029] 本発明において、鋼素材の好ましい成分組成を限定した理由を以下に説明する。なお、本明細書において、特に断りがない限り、鋼組成を示す「%」は「質量%」である。

[0030] C : 0.04~0.50%

C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、Cはパーライトの生成を促進し、焼入れ性を高めてマルテンサイトの生成に寄与し、オーステナイトの安定化に寄与する元素であることから、硬質相の形成にも寄与する元素である。所望の強度を確保するために0.04%以上のCを含有することが好ましい。しかしながら、C含有量が0.50%を超えると硬質相の割合が高くなり靱性が低下し、また溶接性も悪化する。このため、C含有量は0.04%以上0.50%以下とすることが好ましい。より好ましくは、C含有量はC : 0.12%超0.25%以下である。

[0031] Si : 2.0%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、必要に応じて含有できる。このような効果を得るためには、0.01%以上のSiの含有が好ましい。一方、Si含有量が2.0%を超えると溶接性が悪化する。このため、Si含有量は2.0%以下とすることが好ましい。より好ましくは、Si含有量は0.01%以上0.5%以下である。

[0032] Mn : 0.5～3.0%

Mnは固溶強化により鋼の強度を上昇させる元素であり、また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る。所望の強度および組織を確保するために0.5%以上のMnを含有することが好ましい。しかしながら、Mn含有量が3.0%を超えると溶接性が悪化する。このため、Mn含有量は0.5%以上3.0%以下とすることが好ましい。より好ましくは、Mn含有量は0.5%以上2.0%以下である。

[0033] P : 0.10%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。なお、含有する場合0.10%以下の含有量は許容できる。このため、P含有量は0.10%以下の範囲内とすることが好ましい。より好ましくは、P含有量は0.03%以下である。

[0034] S : 0.050%以下

Sは、鋼中では通常、MnSとして存在するが、MnSは、熱間圧延工程で薄く延伸され、延性に悪影響を及ぼす。このため、本発明ではできるだけ低減することが好ましい。なお、含有する場合は0.050%以下の含有量は許容できる。このため、S含有量は0.050%以下とすることが好ましい。より好ましくは、S含有量は0.015%以下である。

[0035] Al : 0.005～0.10%

Alは、強力な脱酸剤として作用する元素である。このような効果を得るためには、0.005%以上のAlを含有することが好ましい。しかしながら、Al含有量が0.10%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。このため、Al含有量は0.005%以上0.10%以下とすることが好ましい。より好ましくは、Al含有量は0.010%以上0.07%以下である。

[0036] N : 0.010%以下

Nは、不可避的不純物であり、転位の運動を強固に固着することで靱性を低下させる作用を有する元素である。本発明では、Nは不純物としてできるだけ低減することが望ましい。なお、含有する場合は0.010%以下の含有量は許容できる。このため、N含有量は0.010%以下とすることが好ましい。より好ましくは、N含有量は0.0080%以下である。

[0037] 上記の成分が本発明における電縫鋼管の鋼素材の基本の成分組成であるが、これらに加えてさらに、Nb : 0.005~0.150%、Ti : 0.005~0.150%、V : 0.005~0.150%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有させてもよい。

[0038] Nb : 0.005~0.150%、Ti : 0.005~0.150%、V : 0.005~0.150%のうちから選ばれた1種または2種以上

Nb、Ti、Vは、いずれも鋼中で微細な炭化物、窒化物を形成し、析出強化を通じて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。このような効果を得るためには、Nb : 0.005%以上、Ti : 0.005%以上、V : 0.005%以上の含有が好ましい。一方で、過度の含有は降伏比の上昇および靱性の低下を招く。このためNb、Ti、Vを含有する場合は、Nb : 0.005~0.150%、Ti : 0.005~0.150%、V : 0.005~0.150%とする。好ましくは、Nb : 0.008~0.10%、Ti : 0.008~0.10%、V : 0.008~0.10%である。

[0039] 上記に加えてさらに、Cr : 0.01~1.0%、Mo : 0.01~1.0%、Cu : 0.01~0.50%、Ni : 0.01~0.30%、Ca : 0.0005%~0.010%、B : 0.0003~0.010%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有させてもよい。

[0040] Cr : 0.01~1.0%、Mo : 0.01~1.0%、Cu : 0.01~0.50%、Ni : 0.01~0.30%、Ca : 0.0005~0.010%、B : 0.0003~0.010%のうちから選ばれた1種または2種以上

Cr、Mo、Cu、Niは、固溶強化により鋼の強度を上昇させる元素であり、またいずれも鋼の焼入れ性を高め、オーステナイトの安定化に寄与する元素であることから、硬質なマルテンサイトおよびオーステナイトの形成に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。このような効果を得るためには、Cr : 0.01%以上、Mo : 0.01%以上、Cu : 0.01%以上、Ni : 0.01%以上の含有が好ましい。一方で、過度の含有は靱性の低下および溶接性の悪化を招く。このためCr、Mo、Cu、Niを含有する場合は、Cr : 0.01~1.0%、Mo : 0.01~1.0%、Cu : 0.01~0.50%、Ni : 0.01~0.30%とする。好ましくは、Cr : 0.1~0.5%、Mo : 0.1~0.5%、Cu : 0.1~0.40%、Ni : 0.1~0.20%である。

[0041] Caは、熱間圧延工程で薄く延伸されるMnS等の硫化物を球状化することで鋼の靱性向上に寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。このような効果を得るためには、0.0005%以上のCaを含有することが好ましい。しかしながら、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靱性が悪化する場合がある。このため、Caを含有する場合は、Ca含有量は0.0005~0.010%とする。好ましくは、Ca含有量は0.0010~0.0050%である。

[0042] 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る。このような効果を得るためには、0.0003%以上のBを含有することが好ましい。しかしながら、B含有量が0.010%を超えると降伏比が上昇する。このため、Bを含有する場合は、B含有量は0.0003~0.010%とする。好ましくは、B含有量は0.0005~0.0050%である。

- [0043] 上記成分以外の残部はFeおよび不可避免の不純物である。
- [0044] 次に、本発明の角形鋼管の好ましい鋼組織を限定した理由を説明する。
- [0045] 本発明の角形鋼管は、管表面から $t/4$ （ t は管厚）の位置における鋼組織が、体積率で30%超のフェライトおよび10%以上のベイナイトを含み、かつフェライトとベイナイトの体積率の合計が70%以上95%以下であり、残部がパーライト、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種以上からなることが好ましい。
- [0046] フェライトは軟質な組織であり、他の硬質な組織と混合させることで、鋼管素材の降伏比を低くする。このような効果を得るためには、30%超の体積率とすることが好ましい。
- [0047] また、ベイナイトは中間的な硬さを有する組織であり、鋼の強度を上昇させる。フェライトだけでは所望の降伏強度および引張強度が得られないため、10%以上の体積率とすることが好ましい。
- [0048] さらに、フェライトとベイナイトの体積率の合計が70%未満であると所望の降伏強度または降伏比が得られず、また、95%を超えると所望の降伏強度または降伏比が得られない。
- [0049] 残部は、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種以上からなることが好ましい。パーライト、マルテンサイト、オーステナイトは硬質な組織であり、特に鋼の引張強度を上昇させるとともに、軟質なフェライトと混合させることで鋼管素材の降伏比が低くなる。なお、このような効果を得るためには、合計で5%以上30%以下の体積率であることが好ましい。
- [0050] なお、角形鋼管の鋼組織は鋼管幅方向に均一のため、角部、平板部のいずれの組織も本発明の範囲を満たす。また、管表面から $t/4$ 位置とは、 $t/4$ 位置から $\pm 0.2\text{ mm}$ の範囲も許容できる。また、管表面とは、管の外表面および内表面のいずれでも構わない。
- [0051] 次に、本発明の角形鋼管の製造方法について説明する。
- [0052] 本発明では、特に限定されないが、例えば、上記した化学成分を有するス

ラブ等の鋼素材を、 $1100\sim1300^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱した後、粗圧延終了温度： $850\sim1150^{\circ}\text{C}$ とする粗圧延を施し、仕上圧延終了温度： $750\sim850^{\circ}\text{C}$ とする仕上圧延を施し、かつ粗圧延と仕上圧延の両方における 930°C 以下での合計圧下率が 65% 以上となる熱延工程の後、板厚中心温度で冷却開始から冷却停止までの平均冷却速度が $10\sim30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ となる冷却速度で冷却停止温度： $450\sim650^{\circ}\text{C}$ まで冷却し巻取り、その後放冷する。なお、以下の製造方法の説明において、温度は特に断らない限り鋼素材や鋼板等の表面温度とする。この表面温度は、放射温度計等で測定することができる。また、平均冷却速度は特に断らない限り（（冷却前の温度－冷却後の温度）／冷却時間）とする。また、冷却方法は、ノズルからの水の噴射等の水冷や、冷却ガスを噴射による冷却等で行われる。なお、熱延鋼板の両面が同条件で冷却されるように、鋼板両面に冷却操作を施すことが好ましい。また、これらの熱間圧延における鋼板の中心温度は特に指定はないが、今回、差分計算による非定常伝熱計算により算出する。具体的には鋼板の熱伝導率、比熱、密度などの材料の物性値を用いて、冷却水の水量密度および鋼板の外表面温度から求められる熱伝達係数を境界条件として計算を行う。

[0053] 上記した成分組成を有する鋼素材の製造方法は特に限定されず、転炉、電気炉、真空溶解炉等の通常公知の溶製方法で溶製し、連続鑄造法等の通常公知の鑄造方法により、所望寸法に製造される。溶鋼にはさらに、取鍋精錬等の二次精錬を施してもよい。また、連続鑄造法に代えて、造塊一分塊圧延法を適用しても何ら問題はない。

[0054] 加熱温度： $1100\sim1300^{\circ}\text{C}$

加熱温度が 1100°C 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°C を超えると、オーステナイト粒が粗大化し、後の圧延において微細なオーステナイト粒が得られず、所望の熱延鋼板の靱性を確保することが困難となり、また粗大なベイナイトの生成を抑制することが困難となる。このため、熱間圧延工程における加熱温度は $1100\sim1300^{\circ}\text{C}$ であることが好ましい。

[0055] 粗圧延終了温度：850～1150℃

粗圧延終了温度が850℃未満である場合、後の仕上圧延中に鋼板温度がフェライト変態開始温度以下になりフェライトが生成する危険性が増大する。生成したフェライトは、その後の圧延により圧延方向に伸長した加工フェライト粒となり、降伏比上昇の原因となる。一方、粗圧延終了温度が1150℃を超えると、オーステナイト未再結晶温度域での圧下量が不足し、微細なオーステナイト粒が得られず、所望の熱延鋼板の靱性を確保することが困難となり、また粗大なベイナイトの生成を抑制することが困難となる。このため、粗圧延終了温度は850～1150℃であることが好ましい。

[0056] 仕上圧延終了温度：750～850℃

仕上圧延終了温度が750℃未満である場合、圧延中に鋼板温度がフェライト変態開始温度以下になりフェライトが生成する危険性が高くなる。前記において生成したフェライトは、その後の圧延により圧延方向に伸長した加工フェライト粒となり、降伏比上昇の原因となる。一方、仕上圧延終了温度が850℃を超えると、オーステナイト未再結晶温度域での圧下量が不足し、微細なオーステナイト粒が得られず、所望の熱延鋼板の靱性を確保することが困難となり、また粗大なベイナイトの生成を抑制することが困難となる。このため、仕上圧延終了温度は750～850℃であることが好ましい。

[0057] 粗圧延と仕上圧延の両方における930℃以下での合計圧下率：65%以上

本発明では、熱間圧延においてオーステナイト中のサブグレインを微細化することで、続く冷却、巻取工程において生成するフェライト、ベイナイトおよび残部組織を微細化し、所望の強度および靱性を有する熱延鋼板を得る。熱間圧延においてオーステナイト中のサブグレインを微細化するためには、オーステナイト未再結晶温度域での圧下率を高くし、十分な加工ひずみを導入する必要がある。前記を達成するため、粗圧延と仕上圧延の両方における930℃以下での合計圧下率を65%以上とした。粗圧延と仕上圧延の両方における930℃以下での合計圧下率が65%未満である場合、熱間圧延

において十分な加工ひずみを導入することができないため、所望の靱性を有する組織が得られない。

[0058] 冷却開始から冷却停止までの平均冷却速度： $10 \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{s}$

冷却速度が $10^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 未満では、フェライトの核生成頻度が減少し、フェライト粒が粗大化するため、所望の強度や靱性を有する組織が得られない。一方で、冷却速度が $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ を超えると、鋼板の $t/4$ の位置において多量のマルテンサイトが生成し、フェライトとベイナイトの体積率の合計が70%未満となる。

[0059] 冷却停止温度： $450 \sim 650^{\circ}\text{C}$

冷却停止温度が 450°C 未満では、鋼板の $t/4$ の位置において多量のマルテンサイトが生成し、フェライトとベイナイトの体積率の合計が70%未満となる。一方で、冷却停止温度が 650°C を超えると、フェライトの核生成頻度が減少し、フェライト粒が粗大化するとともに、ベイナイト変態開始温度を上回るためベイナイトの体積率を10%以上とすることができない。

[0060] 次に、熱間圧延後の造管工程について説明する。

[0061] 電縫鋼管の素材である熱延鋼板（鋼帯）1を、図1に示すような製造設備を用いて電縫鋼管を製造する。例えば、熱延鋼板1をレベラー2による入側矯正を施した後、複数のロールからなるケージロール群3で中間成形されて円筒状のオープン管とされた後、複数のロールからなるフィンパスロール群4で仕上げ成形（ロール成形）される。仕上げ成形の後、スクイズロール5で圧接しながら鋼帯1の幅端部を溶接機6で電気抵抗溶接して電縫鋼管7を得る。なお、本発明では、電縫鋼管7の製造設備は図1のような造管工程に限定されない。

[0062] その後、得られた電縫鋼管7を、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、続けて角形に成形して角形鋼管を得る。図2は、本発明の一実施形態における、角形鋼管の成形過程を示す模式図である。図2に示すように、電縫鋼管7は複数のロールからなるサイジングロール群（サイジングスタンド）8によって円筒形状のまま縮径された後

、複数のロールからなる角成形ロール群（角成形スタンド）9によって、順次R1、R2、R3のような形状に成形され、角形鋼管10となる。角成形スタンドのロールは、カリバー曲率をもった孔型ロールであり、後段スタンドになるに従って、カリバー曲率半径が大きくなり、角形鋼管の平板部と角部を形成する。なお、サイジングロール群8および角成形ロール群9のスタンド数は特に制限されない。

[0063] 次に、本発明の角成形の製造条件について、説明する。

[0064] ロール成形した後、溶接し、角成形して角鋼管を得る方法により成形される角形鋼管は、鋼板から一度、円筒形状に成形された後、角形形状へと成形される。このような製造方法では、周方向の曲げ変形だけではなく、絞り変形による長手方向のひずみが発生するため、結果として周方向の曲げの中立軸が外表面側へと移動し、内表面側の硬さが大きくなる。

[0065] 前述したように、鋼管素材がロールと接触することにより、平板部の平坦度や角部の曲率などの寸法精度は向上するものの、ロールからのせん断力を受けるため、ロールとの接触部を中心とした加工硬化が発生することが明らかである。そのため、角部の過度な加工硬化を抑制するためには寸法精度と両立できるようにロールと角部の接触部を制御する必要がある。

[0066] そこで本発明者らは角成形時に角部近傍にロールが接触しないように、角成形中のロールギャップやロールのカリバー曲率を設定し、円筒鋼管から角形鋼管を成形した。その結果、図3に示すように、角成形工程において、管軸方向に対して垂直な断面において、隣り合う辺長をそれぞれ H_1 (mm) および H_2 (mm)（ただし、 $H_1 \leq H_2$ であり、 H_1 、 H_2 はそれぞれ最終製品の辺長である。）とし、 H_1 および H_2 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線同士が交わる交点を角形鋼管中央部としたとき、 H_1 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線上において、前記角形鋼管中央部から長辺方向に $1/2 (H_2 - H_1)$ だけオフセットさせた点をオフセット点とし、オフセット点から角形鋼管の角部中央へ引いた直線と、オフセット点から角部の円弧部あるいは角形鋼管の平板部へ向かって引かれる直線とが成す中心角 θ が

下記式（１）を満たすことにより、曲げ加工による加工硬化が小さく、表面割れを抑制できる。

[0067] [数1]

$$\theta \geq \frac{360}{\pi\{\sqrt{2}H_1 - 5t(\sqrt{2}-1)\}} t \quad \cdots (1)$$

ただし、

H_1 : 辺長（短辺）（mm）

H_2 : 辺長（長辺）（mm）

t : 管厚（mm）

である。

[0068] 角成形工程において、後段スタンド側では、ロールのカリバー曲率半径と、角形鋼管の平板部の曲率半径がほぼ同等の値になるため、後段スタンドでは孔型ロールと角形鋼管の周方向の接触幅が増加し、平板部中心側から角部側へと拡大しながら所望の角部寸法を得る。特に、角形鋼管の最終製品の肉厚である管厚 t と辺長 H の比 t/H が大きくなると、変形の剛性が大きくなるため、より孔型ロールと角形鋼管の周方向の接触幅を角部近傍まで確保する必要がある。一方、角成形のときに、角形鋼管の角部へ直接孔型ロールを接触させて角成形を行った場合、孔型ロールのせん断力による角部の加工硬化が顕著になる。

このような過度な加工硬化が発生させずに、所望の角部の曲率半径を得るためには、角成形の全スタンドを通して、孔型ロールと角形鋼管が接触しない領域が、角部の頂点から肉厚に相当する周方向の距離までに制御する必要がある。その領域は角形鋼管の最終形状の角部中央を基準に、上記（１）を満たす鋼管外表面側の領域である。孔型ロールと角形鋼管の接触位置の制御方法としては、例えば孔型ロールのカリバー曲率半径やロール間ギャップを調整する方法などがあるが、この限りではない。

[0069] 次に、本発明の角形鋼管を使用した建築構造物について説明する。

[0070] 図4は、本発明の実施形態に係る建築構造物を模式的に示す斜視図である。図4に示すように、本実施形態の建築構造物は、本発明の角形鋼管10が複数立設され、柱材として用いられている。隣り合う角形鋼管10の間には、H形鋼等の鋼材からなる大梁11が複数架設されている。また、隣り合う大梁11の間には、H形鋼等の鋼材からなる小梁12が複数架設されている。角形鋼管10とダイアフラム13とを溶接し、それに大梁11となるH型鋼を溶接することによって、隣り合う角形鋼管10の間にH形鋼等の鋼材からなる大梁11が架設されている。また、壁等の取り付けのため、必要に応じて間柱14が設けられる。

[0071] 本発明の建築構造物は、角部外表面側のビッカース硬さが小さい、すなわち加工硬化の影響が小さい本発明の角形鋼管10を使用するため、突合せ溶接の際に生じる角部熱影響部における応力解放による表面割れなどが生じにくい。

実施例

[0072] 以下、実施例に基づき、本発明についてさらに説明する。

[0073] 表1に示す成分組成を有する溶鋼を転炉で溶製し、連続鋳造法でスラブ（鋼素材）とした。これらを表1に示す条件で加熱、熱間圧延（粗圧延および仕上圧延）、水冷、巻取を施した後、放冷して所定の仕上げ板厚を有する熱延鋼板とした。続けて得られた熱延鋼板をロール成形により円筒状のオープン管形状となし、その突合せ部分を電縫溶接した後、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%の絞りを加えて、円筒鋼管を得た。

[0074]

続いて、得られた円筒鋼管から、2段のサイジングスタンドを経た後、4段の角成形スタンドを経て角部の曲率が板厚の (2.5 ± 0.5) 倍となる角形鋼管を得た。このとき、角成形において、角成形スタンドの孔型ロールのギャップやカリバー曲率を変更して、角部近傍におけるロールと角部の周方向の接触幅を制御した。各角成形スタンドにおける接触幅は、円筒鋼管から角形鋼管への変形に関する有限要素法による構造解析を用いて、設定している孔型ロールのギャップのカリバー曲率の条件から得られる接触幅を算出した。上記接触幅は、式(1)から θ を算出し(表2中の許容 θ 下限)、成形 θ の範囲を接触しないように鋼管を製造した。なお、成形 θ は、管の平板部中央の位置から接触部の周方向端部までの距離 L_1 を測定し、その L_1 から成形 θ を算出した。

[0075] 得られた角形鋼管から試験片を採取して、組織観察、引張試験、シャルピー衝撃試験、硬さ試験を実施した。

[0076] 組織観察は、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて角形鋼管平板部の管表面(鋼管外表面)から $t/4$ の位置において行った。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。得られたSEM像から、フェライト、パーライト、ベイナイトおよび残部組織の面積率を求めた。なお、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、それ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。観察用試料は、観察面が熱間圧延時の圧延方向断面となるように採取し、研磨した後、ナイトール腐食して作製した。観察条件として、倍率を2000倍とし、観察面積は $2500\mu\text{m}^2$ とした。5視野以上観察を行い、各視野で得られた組織の平均値を面積率として算出した。

[0077] 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。また、ベイナイトは転位密度が高いラス状のフ

エライトとセメントタイトの複相組織である。

- [0078] オーステナイトの体積率測定は、X線回折により行った。測定用試料は、回折面が角形鋼管平板部の管表面から $t/4$ の位置となるように研削した後、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 $K\alpha$ 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。
- [0079] 引張試験は、引張方向が管軸方向と平行になるように、角形鋼管の平板部からJIS 5号引張試験片およびJIS 12B号引張試験片をそれぞれ採取し、これらを用いてJIS Z 2241の規定に準拠して実施し、降伏強度、引張強度を測定し、(降伏強度)/(引張強度)で定義される降伏比を算出した。試験片本数は各3本とし、それらの平均値を代表値とした。
- [0080] シャルピー衝撃試験は、角形鋼管の角部の管表面から $t/4$ 位置において試験片長手方向が管の長手方向と平行となるように採取したVノッチ試験片を用いて、JIS Z 2242の規定に準拠して、試験温度：0℃で実施し、吸収エネルギー(J)を求めた。なお、試験片本数は各3本とし、それらの平均値を代表値とした。平均値が70J以上となる場合を○、70J未満となる場合を×とした。
- [0081] 硬さ試験は、管軸方向に対して垂直な断面において、角形鋼管の角部の外表面および内表面から1mm内側の位置を、マイクロビッカース硬さ試験機を用いて、JIS Z 2244:2009の規定に準拠して、試験力9.8Nで行った。ここで角部の外表面および内表面からの1mm内側の位置とは、外表面側、内表面側から 1 ± 0.2 mmの範囲の位置のことを指す。それぞれの位置で硬さを各5点測定し、それらの平均値を代表値とした。
- [0082] また、表面割れについては、得られた角形鋼管を用いて、柱一通しダイアフラム溶接継手の溶接実験を行った。溶接条件は溶接ワイヤJIS Z 3312 GJ 59 J A1UC 3M1T、入熱条件40kJ/cm以下、パス間温度350℃以下とし、7層9パスにて行った。溶接後、溶接部周辺において鋼材表面の割れ発生の有無を判定した。

[0083] これらの結果を表2に示す。

[0084] 表2から、本発明例はいずれも、靱性に優れるとともに、表面割れが起こっていない。

[0085] 以上から、角成形条件を本発明の範囲内とすることで、大型建築物の建築部材等に用いられる、靱性に優れるとともに表面割れを抑制した角形鋼管を提供することができる。なお、本実施例では、ロール成形した鋼板を電縫溶接して電縫鋼管とする態様で説明したが、円筒形状へと成形するのは、シームレス鋼管であってもよい。

[0086]

[表2]

管 No.	鋼 No.	製品寸法			角部 非接触域		角形鋼管機械的特性								備 考	
		板厚 (mm)	縦辺長 (mm)	横辺長 (mm)	許容θ下限 (°)	成形θ (°)	平板部			角部						
							降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	降伏比 (—)	外表面硬さ (HV1.0)	内表面硬さ (HV1.0)	硬さ差 (HV1.0)	吸収エネルギー (J)	シャルピー 衝撃試験		表面割れ
1	A	22	550	550	3.4	5.1	485	591	0.82	242	254	12	179	○	無	本発明例
2	A	25	550	550	3.9	3.5	432	579	0.75	287	291	4	31	×	無	比較例
3	B	22	300	300	6.7	7.2	364	448	0.81	214	269	55	224	○	無	比較例
4	C	25	500	500	4.4	7.1	372	452	0.82	234	297	63	68	×	無	比較例
5	D	25	500	500	4.4	8.2	478	589	0.81	244	292	48	45	×	無	比較例
6	E	22	500	500	3.8	7.6	519	618	0.84	273	358	78	212	○	無	本発明例
7	F	25	550	550	3.9	5.5	485	577	0.84	242	291	49	42	×	無	比較例
8	G	19	400	400	4.1	8.1	521	573	0.91	258	312	54	194	○	無	比較例
9	H	25	500	500	4.4	7.7	457	542	0.84	253	314	61	56	×	無	比較例
10	I	22	400	400	4.8	7.5	362	453	0.80	248	311	63	47	×	無	比較例
11	J	25	550	550	3.9	6.2	568	612	0.93	272	361	89	23	×	有	比較例
12	K	30	550	550	4.8	7.6	554	631	0.88	271	322	51	205	○	無	本発明例
13	L	22	400	400	4.8	6.1	526	622	0.85	261	337	76	201	○	無	本発明例
14	M	22	500	500	3.8	5.8	358	448	0.80	234	257	23	53	×	無	比較例
15	N	22	500	500	3.8	7.3	592	637	0.93	251	277	26	29	×	無	比較例
16	A	22	300	500	6.7	7.5	472	588	0.80	237	262	25	209	○	無	本発明例

符号の説明

[0087]	1	鋼帯
	2	レベラー
	3	ケージロール群
	4	フィンパスロール群
	5	スクイズロール
	6	溶接機
	7	電縫鋼管
	8	サイジングロール群
	9	角成形ロール群
	10	角形鋼管
	11	大梁
	12	小梁
	13	ダイアフラム
	14	間柱
	H_1	辺長（短辺）
	H_2	辺長（長辺）

θ H_1 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線上において、角形鋼管中央部から長辺方向に $1/2 (H_2 - H_1)$ だけオフセットさせた点をオフセット点とし、オフセット点から角形鋼管の角部中央へ引いた直線と、オフセット点から角部の円弧部と直線部との接続点に向かって引かれる線で定まる中心角

t 管厚

請求の範囲

- [請求項1] 平板部と角部を有する角形鋼管において、前記平板部の降伏強度が385MPa以上および引張強度が520MPa以上ならびに降伏比が0.90以下であり、
- 前記角部のビッカース硬さは、角部外表面側のビッカース硬さよりも角部内表面側のビッカース硬さの方が大きく、前記角部外表面側のビッカース硬さが280HV以下であり、かつ前記角部外表面側のビッカース硬さと前記角部内表面側のビッカース硬さとの差が80HV以下であり、
- 角部外表面側の0℃のシャルピー吸収エネルギー vE_0 が70J以上である角形鋼管。
- [請求項2] 質量%で、C：0.04～0.50%、
- Si：2.0%以下、
- Mn：0.5～3.0%、
- P：0.10%以下、
- S：0.050%以下、
- Al：0.005～0.10%、
- N：0.010%以下を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有し、
- かつ、管表面から $t/4$ （ t は管厚）の位置における鋼組織が、体積率で30%超のフェライトおよび10%以上のベイナイトを含み、かつフェライトとベイナイトの体積率の合計が70%以上95%以下であり、残部がパーライト、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種以上からなる請求項1に記載の角形鋼管。
- [請求項3] さらに、質量%で、Nb：0.005～0.150%、
- Ti：0.005～0.150%、
- V：0.005～0.150%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2に記載の角形鋼管。

[請求項4] さらに、質量%で、Cr : 0.01～1.0%、
 Mo : 0.01%～1.0%、
 Cu : 0.01～0.50%、
 Ni : 0.01～0.30%、
 Ca : 0.0005～0.010%、
 B : 0.0003～0.010%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2または3に記載の角形鋼管。

[請求項5] 請求項1に記載の角形鋼管の製造方法であって、円筒形状へと成形した後、角形形状へと角成形を行う角形鋼管の製造方法において、前記角成形を行う角成形工程は、管軸方向に対して垂直な断面において、隣り合う辺長をそれぞれ H_1 (mm) および H_2 (mm) ($H_1 \leq H_2$) とし、 H_1 および H_2 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線同士が交わる交点を角形鋼管中央部としたとき、 H_1 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線上において、前記角形鋼管中央部から長辺方向に $1/2 (H_2 - H_1)$ だけオフセットさせた点をオフセット点とし、オフセット点から角形鋼管の角部中央へ引いた直線と、オフセット点から角部の円弧部あるいは角形鋼管の平板部へ向かって引かれる直線とが成す中心角 θ が下記式(1)を満たす角形鋼管の製造方法。

[数1]

$$\theta \geq \frac{360}{\pi\{\sqrt{2}H_1 - 5t(\sqrt{2}-1)\}} t \quad \dots (1)$$

ただし、

H_1 : 辺長 (短辺) (mm)

H_2 : 辺長 (長辺) (mm)

t : 管厚 (mm)

である。

[請求項6] 請求項2～4のいずれかに記載の成分組成を有する鋼素材を加熱温度：1100～1300℃に加熱した後、粗圧延終了温度：850～1150℃とする粗圧延を施し、仕上圧延終了温度：750～850℃とする仕上圧延を施し、かつ粗圧延と仕上圧延の両方における930℃以下での合計圧下率が65%以上とし、次いで、板厚中心温度で冷却開始から冷却停止までの平均冷却速度が10～30℃/sとなる冷却速度で冷却停止温度：450～650℃まで冷却し巻取り、その後放冷し、続いてロール成形により、円筒形状へと成形した後、ロール成形した鋼板を電縫溶接して電縫鋼管とした後、前記電縫鋼管を角形鋼管へと角成形を行う角成形工程において、管軸方向に対して垂直な断面において、隣り合う辺長をそれぞれ H_1 (mm) および H_2 (mm) ($H_1 \leq H_2$) とし、 H_1 および H_2 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線同士が交わる交点を角形鋼管中央部としたとき、 H_1 の中心位置から鋼管内部に向かって引いた直線上において、前記角形鋼管中央部から長辺方向に $1/2 (H_2 - H_1)$ だけオフセットさせた点をオフセット点とし、オフセット点から角形鋼管の角部中央へ引いた直線と、オフセット点から角部の円弧部あるいは角形鋼管の平板部へ向かって引かれる直線とが成す中心角 θ が下記式(1)を満たす角形鋼管の製造方法。

[数1]

$$\theta \geq \frac{360}{\pi\{\sqrt{2}H_1 - 5t(\sqrt{2}-1)\}} t \quad \dots (1)$$

ただし、

H_1 : 辺長 (短辺) (mm)

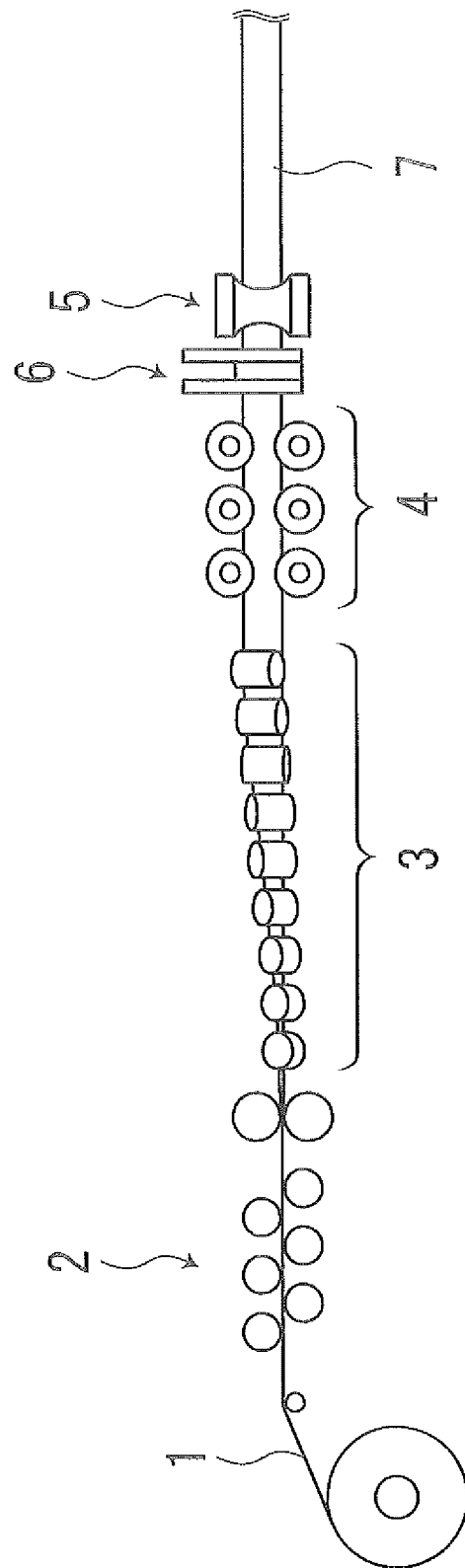
H_2 : 辺長 (長辺) (mm)

t : 管厚 (mm)

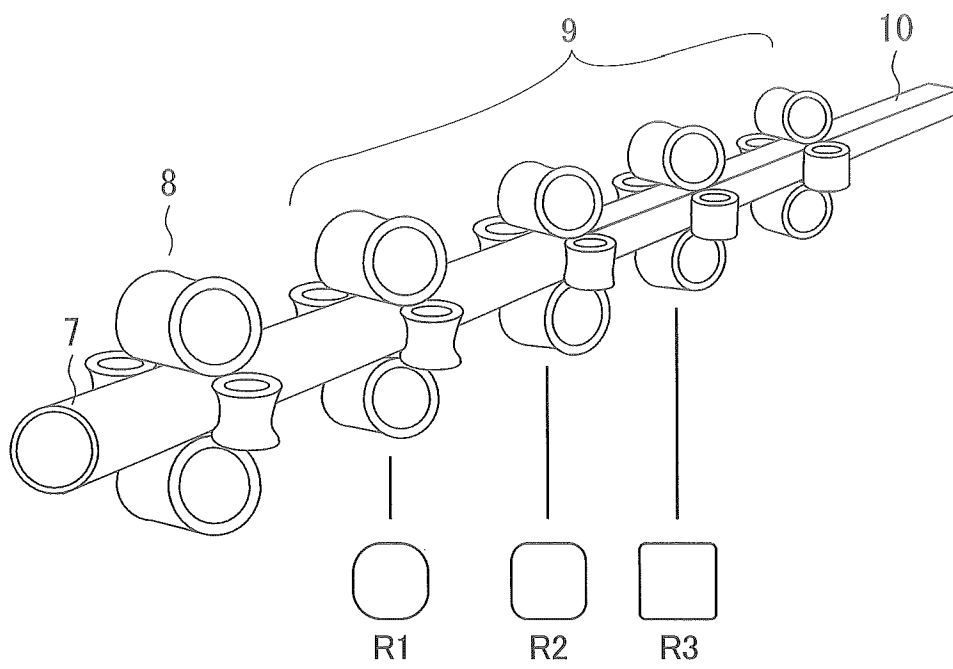
である。

[請求項7] 請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の角形鋼管を用いた建築構造物。

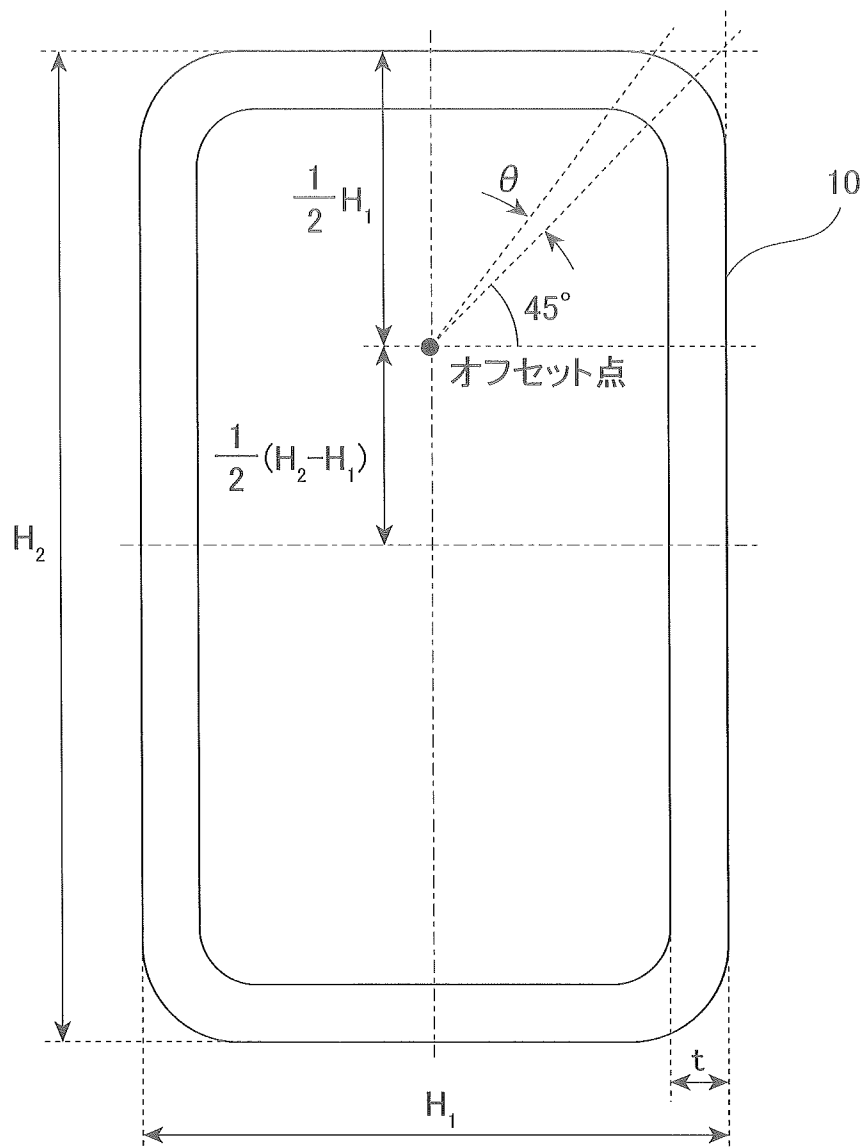
[図1]



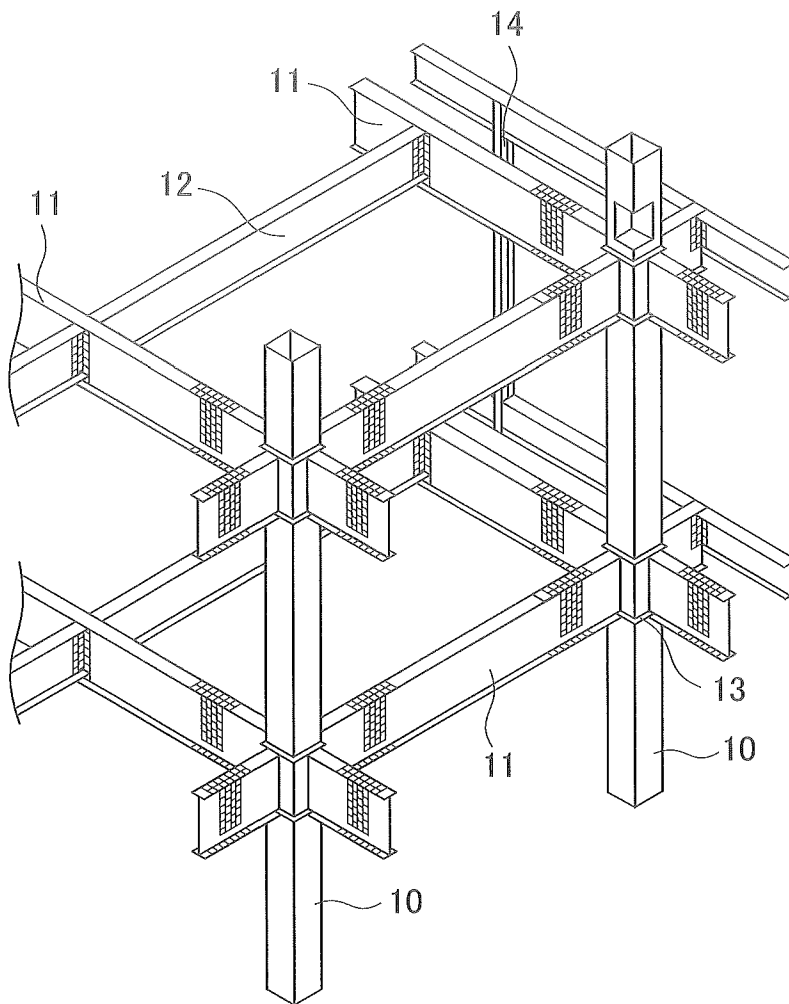
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/013236

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21D 5/12(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)n; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i; E04B 1/24(2006.01)i

FI: C22C38/00 301Z; E04B1/24 C; E04B1/24 D; B21D5/12 P; C22C38/60; C21D8/02 B

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)

B21D5/12; C21D8/02; C22C38/00; C22C38/60; E04B1/24

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-053281 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 05.04.2018 (2018-04-05)	1-7
A	JP 2017-078196 A (JFE STEEL CORPORATION) 27.04.2017 (2017-04-27)	1-7
A	JP 2016-011439 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 21.01.2016 (2016-01-21)	1-7
A	JP 2011-094214 A (KOBE STEEL, LTD.) 12.05.2011 (2011-05-12)	1-7
P, A	WO 2020/039980 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 27.02.2020 (2020-02-27)	1-7

☐ 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

"I" 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
19 June 2020 (19.06.2020)

Date of mailing of the international search report
30 June 2020 (30.06.2020)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/013236

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-053281 A	05 Apr. 2018	(Family: none)	
JP 2017-078196 A	27 Apr. 2017	(Family: none)	
JP 2016-011439 A	21 Jan. 2016	(Family: none)	
JP 2011-094214 A	12 May 2011	(Family: none)	
WO 2020/039980 A1	27 Feb. 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B21D 5/12(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)n; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i; E04B 1/24(2006.01)i FI: C22C38/00 301Z; E04B1/24 C; E04B1/24 D; B21D5/12 P; C22C38/60; C21D8/02 B		
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）） B21D5/12; C21D8/02; C22C38/00; C22C38/60; E04B1/24 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2018-053281 A（新日鐵住金株式会社）05.04.2018（2018-04-05）	1-7
A	JP 2017-078196 A（JFEスチール株式会社）27.04.2017（2017-04-27）	1-7
A	JP 2016-011439 A（新日鐵住金株式会社）21.01.2016（2016-01-21）	1-7
A	JP 2011-094214 A（株式会社神戸製鋼所）12.05.2011（2011-05-12）	1-7
P, A	WO 2020/039980 A1（JFEスチール株式会社）27.02.2020（2020-02-27）	1-7
☐ 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、一般的な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 19.06.2020		国際調査報告の発送日 30.06.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 河野 一夫 4K 9833 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/JP2020/013236

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-053281	A	05.04.2018	(ファミリーなし)	
JP	2017-078196	A	27.04.2017	(ファミリーなし)	
JP	2016-011439	A	21.01.2016	(ファミリーなし)	
JP	2011-094214	A	12.05.2011	(ファミリーなし)	
WO	2020/039980	A1	27.02.2020	(ファミリーなし)	