

(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8月27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/170775 A1

(51) 国際特許分類:

B21C 37/08 (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)
B21D 5/06 (2006.01) *C22C 38/06* (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)
C21D 8/10 (2006.01) *E04B 1/24* (2006.01)
E04C 3/32 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/003842

(22) 国際出願日: 2020年2月3日(03.02.2020)

(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 2019-028030 2019年2月20日(20.02.2019) 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: 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). 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). 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). 岡部 能知(OKABE Takatoshi); 〒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).

(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,

(54) Title: SQUARE STEEL PIPE, 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並びに建築構造物

(57) Abstract: Provided are: a square steel pipe; a method for manufacturing same; and a building structure using the square steel pipe. The present invention pertains to a square steel pipe having flat plate portions and corner portions, and having a specific composition, wherein in the microstructure of steel at a position 1/4t in the plate thickness t from the outer surface of the steel pipe, the ratio of the total area fraction of bainite and pearlite to the area fraction of ferrite is 2.0-20.0, and the ratio of the area fraction of bainite to the area fraction of pearlite is 5.0-20.0; YS is at least 350 MPa and TS is at least 520 MPa in the flat plate portions; the ratio of YS in the flat portions to YS in the corner portions is 0.80-0.90; the ratio of TS in the flat portions to TS in the corner portions is 0.90-1.00; the Charpy absorbed energy at -40 °C in the flat portions is at least 100 J; and R in the corner portions is (2.3×t) to (2.9×t).

(57) 要約: 角形鋼管およびその製造方法、並びにこの角形鋼管を使用した建築構造物を提供する。本発明は、平板部と角部を有する角形鋼管であって、特定の成分組成を有し、鋼管の外表面から板厚 t の 1/4 t 位置における鋼組織は、フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合が 2.0 以上 20.0 以下で、かつパーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が 5.0 以上 20.0 以下であり、平板部は、YS が 350 MPa 以上、TS が 520 MPa 以上であり、角部に対する平板部の YS の比は 0.80 以上 0.90 以下、角部に対する平板部の TS の比は 0.90 以上 1.00 以下であり、平板部の -40 °C のシャルピー吸収エネルギーは 100 J 以上であり、角部の R は (2.3×t) 以上 (2.9×t) 以下である。

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)）

明 細 書

発明の名称：角形鋼管およびその製造方法並びに建築構造物

技術分野

[0001] 本発明は、角形鋼管およびその製造方法並びに建築構造物に関する。本発明の角部と平板部の強度差の小さい角形鋼管は建築構造部材として好適に用いられる。

背景技術

[0002] 角形鋼管（「角コラム」とも称する。）は、通常、熱延鋼板（熱延鋼帯）または厚板を素材として、冷間成形により製造される。冷間成形方法としては、プレス成形およびロール成形がある。しかし、これら何れの方法においても、角形鋼管の角部には角形鋼管の平板部と比較して大きな塑性ひずみが加わるため、角部の強度が上昇しやすく、角部と平板部の強度差が大きくなるという問題がある。角部と平板部で特性が大きく異なる場合、溶接材料の選定や建築設計が非常に困難となり、角形鋼管を建築構造用材料として用いることが難しくなる。

[0003] このような問題に対して、直接的な検討が行われた例は多くないが、例えば建築構造物用の角形鋼管として特許文献1の技術がある。特許文献1には、鋼板を冷間曲げ加工して得られる角形鋼管であって、前記角形鋼管は、C：0.02～0.18%（「%」は「質量%」の意味であり、以下の化学成分について同じである。）、Si：0.03～0.5%、Mn：0.7～2.5%、Al：0.005～0.12%およびN：0.008%以下（0%を含まない。）を夫々含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなり、該不可避的不純物のうちP：0.02%以下（0%を含まない。）、S：0.01%以下（0%を含まない。）およびO：0.004%以下（0%を含まない。）に夫々抑制されており、前記曲げ加工部は直角に加工ままの状態であり、且つ下記（A）～（C）の要件を満足することで耐震性を確保する冷間成形角形鋼管が開示されている。

(A) 鋼管の平坦部における降伏強度：355 MPa 以上、引張強度：520 MPa 以上である、

(B) 前記平坦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、

(C) 鋼管の角部における表層部がビッカース硬さ Hv：350 以下、引張試験での伸び：10 % 以上、0℃のシャルピー吸収エネルギー vE0：70 J 以上である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5385760号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 冷間でのロール成形により製造される角形鋼管は、熱間圧延によって造り込まれた幅方向に平坦な材料（例えば熱間圧延材）をロール成形して丸形鋼管とし、その後冷間成形を行い角部と平板部を有する角形鋼管に成形される。このような製法上、加工硬化の差によって生じる角部と平板部の強度差は大きくなりやすい。さらには、ロール成形前に行われる熱間圧延では、熱間圧延材の表面からの冷却制御によって材料の造り込みを行うため、冷却速度が相対的に大きくなる熱間圧延材の表層近傍では加工前の強度（硬さ）が大きくなるという問題があった。

[0006] しかし、上述の特許文献1に開示された技術では、熱間圧延での温度制御により、鋼板の表面の硬さが過度に上昇しないようにすることにとどまっており、積極的に角部と平板部の強度差を小さくするものではない。したがって、冷間曲げ加工して得られた角形鋼管は、たとえ角部の特性がある基準を満たしていても、相対的には平板部の強度と比較して角部の強度が高くなっているのは明らかであった。角部の強度の上昇を抑えるには、角部の塑性ひずみを小さくすることが有効である。角部の塑性ひずみを小さくするには、

角部のR（丸み）を大きくすることが考えられる。しかし、角部のRが大きい角形鋼管は、角形の部材として他の部材と組み合わせる際に、設計上の問題や、隙間の発生などにより建築物としての性能低下につながる問題があるため好ましくない。

[0007] 本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、角部と平板部の強度差の小さい角形鋼管およびその製造方法、並びにこの角形鋼管を使用し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

[0008] 本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、以下の知見を得た。

[0009] 本発明では、まず、冷間でのロール成形で導入される加工ひずみ（塑性ひずみ）が特に大きくなる鋼管の表層近傍（以下、外表面近傍と称する。）において、加工硬化を生じにくくすることにより、角部と平板部の強度差を小さくすることに着想した。

[0010] そこで、本発明者らは、鋼板および鋼管の鋼組織としてフェライト、ベイナイト、パーライトの面積率を変化させた試料を複数用意し、加工硬化のしやすさを調べた。その結果、フェライトに対するベイナイトとパーライトの合計量の割合を一定以上とすることにより、冷間でロール成形しても加工硬化しにくい鋼組織を造り込めることを見出した。これは、軟質相でかつ加工硬化能が小さいフェライトにひずみが集中することで、鋼組織全体としての加工硬化能が小さくなることによるものと考えられる。

[0011] また、本発明者らは、素材（以下、熱間圧延材あるいは鋼板と称する場合もある。）の鋼組織を活かして角部の加工硬化を抑制するためには、角形鋼管を製造する際に、一旦、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状の丸形鋼管に成形した後、上下および左右に配置されたロールにより角状に成形する。これにより、角部を過度に加工硬化させることなく角形鋼管を得られることを見出した。

[0012] ここで、「縦径」とは、上記丸形鋼管の管軸に対する鉛直方向の外径をさ

し、「横径」とは、上記丸形鋼管の管軸に対する水平方向の外径をさす。

[0013] 上記検討により、本発明では、冷間でのロール成形で導入される加工ひずみが最も大きくなる鋼管の外表面近傍の鋼組織について、フェライトに対するベイナイトとパーライトの合計量の割合を特定の範囲とした熱間圧延材（鋼板）を用い、この熱間圧延材を縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形した後、上下および左右に配置されたロールにより角状に成形することで、角部と平板部の強度差の小さい角形鋼管を製造することができる考えた。

[0014] なお、本発明において「角部と平板部の強度差が小さい角形鋼管」とは、角部に対する平板部のYSの比が0.80以上0.90以下、角部に対する平板部のTSの比が0.90以上1.00以下であることを示す。

[0015] 本発明者らは、さらに詳細な検討を重ね、本発明を完成するに至った。本発明の要旨は、次の通りである。

[1] 平板部と角部を有する角形鋼管であって、

成分組成は、質量％で、

C : 0.07～0.20％、

Si : 1.0％以下、

Mn : 0.5～2.0％、

P : 0.030％以下、

S : 0.015％以下、

Al : 0.01～0.06％、

N : 0.006％以下

を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、

鋼管の外表面から板厚tの1/4t位置における鋼組織は、フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合が2.0以上20.0以下で、かつパーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が5.0以上20.0以下であり、

前記平板部は、YSが350MPa以上、TSが520MPa以上であり

、
前記角部に対する前記平板部のYSの比は0.80以上0.90以下、前記角部に対する前記平板部のTSの比は0.90以上1.00以下であり、
前記平板部の-40℃のシャルピー吸収エネルギーは100J以上であり

、
前記角部のRは $(2.3 \times t)$ 以上 $(2.9 \times t)$ 以下である角形鋼管。

[2] 前記成分組成に加えてさらに、質量%で、下記A群～C群のうちから選ばれた1群または2群以上を含有する[1]に記載の角形鋼管。

記

A群：Nb：0.05%以下、Ti：0.05%以下、V：0.10%以下のうちから選ばれた1種または2種以上

B群：B：0.008%以下

C群：Cr：0.01～1.0%、Mo：0.01～1.0%、Cu：0.01～0.50%、Ni：0.01～0.30%、Ca：0.001～0.010%のうちから選ばれた1種または2種以上

[3] [1] または [2] に記載の角形鋼管の製造方法であって、鋼板を冷間でロール成形して円筒状にした端面を溶接し、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形した後、角状に成形する造管工程を施す角形鋼管の製造方法。

[4] [1] または [2] に記載の角形鋼管の製造方法であって、鋼素材に、熱間圧延工程、冷却工程、巻取工程および造管工程をこの順に施して角形鋼管を製造するに際し、

前記鋼素材を加熱温度：1100～1300℃に加熱した後、加熱炉から抽出後、粗圧延が終了するまでの間に、加熱された前記鋼素材に対して、板厚中心温度が1000℃以上の状態で30秒以上静止する回数を1回以上5回以下に制御した上で、粗圧延終了温度：1000～800℃、仕上圧延開始温度：1000～800℃、仕上圧延終了温度：900～75

0℃とする熱間圧延工程を施し、

次いで、冷却開始から10 s間における0.2 s以上3.0 s未満の放冷を1回以上有し、板厚中心温度での平均冷却速度：4～25℃/s、冷却停止温度：580℃以下とする冷却工程を施し、

次いで、巻取温度：580℃以下で巻取る巻取工程を施して鋼板とし、

次いで、前記巻取工程後の鋼板を冷間でロール成形して円筒状にした端部を溶接し、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形した後、角状に成形する造管工程を施す角形鋼管の製造方法。

[5] [1] または [2] に記載の角形鋼管を使用した建築構造物。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、特に冷間のロール成形によって角形鋼管を製造する際に角部と平板部の強度差が小さい角形鋼管を得ることができる。この角形鋼管は、角部のRが適切な大きさに制御されているため、例えば建築構造部材向け角形鋼管として好適に用いることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [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、角鋼管の成形過程を示す模式図である。

[図3]図3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。

[図4]図4は、角鋼管の断面を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明について詳細に説明する。

[0019] 本発明の角形鋼管は以下の通りである。成分組成は、質量%で、C：0.07～0.20%、Si：1.0%以下、Mn：0.5～2.0%、P：0.030%以下、S：0.015%以下、Al：0.01～0.06%、N：0.006%以下を含有し、残部Feおよび不可避免の不純物からなる。この角形鋼管の外表面から板厚tの1/4深さ位置（以下、1/4 t位置と称する。）における鋼組織は、フェライトの面積率に対するベイナイトとパー

ライトの面積率の合計の割合が2.0以上20.0以下で、かつパーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が5.0～20.0である。また、角形鋼板の平板部は、YSが350MPa以上、TSが520MPa以上であり、角部に対する平板部のYSの比は0.80以上0.90以下、角部に対する平板部のTSの比は0.90以上1.00以下であり、平板部の板厚1/4 t 位置における-40℃のシャルピー吸収エネルギーは100J以上であり、角部のRは(2.3×t)以上(2.9×t)以下である。

[0020] まず、本発明の成分組成の限定理由について説明する。なお、特に断らない限り質量％は、単に％で記す。なお、本発明では、角形鋼管と角形鋼管の素材に用いる鋼板との成分組成は同一である。そのため、以下においては、角形鋼管と素材に用いる鋼板の成分組成の限定理由として説明する。

[0021] C : 0.07～0.20％

Cは、固溶強化により鋼板および角形鋼管の強度を増加させるとともに、後述する本発明の鋼組織の一つであるパーライトの形成に寄与する元素である。所望の強度、さらに所望の鋼板組織を確保するためには、Cは0.07％以上の含有を必要とする。一方、0.20％を超えるCの含有は、角形鋼管の現場での溶接時に熱影響によりマルテンサイト組織が生成し、溶接割れの原因となる懸念がある。このため、Cは0.07～0.20％とする。Cは、好ましくは0.09％以上であり、より好ましくは0.10％以上である。また、Cは、好ましくは0.18％以下であり、より好ましくは0.17％以下である。

[0022] Si : 1.0％以下

Siは、固溶強化で鋼板および角形鋼管の強度増加に寄与する元素である。所望の鋼板および角形鋼管の強度を確保するためには、Siは0.01％を超えて含有することが望ましい。しかし、1.0％を超えてSiを含有すると、靱性が低下する。このため、Siは1.0％以下とする。なお、Siは、好ましくは0.8％以下であり、より好ましくは0.6％以下である。より好ましくは0.03％以上である。

[0023] Mn : 0.5 ~ 2.0 %

Mnは、固溶強化を介して鋼板および角形鋼管の強度を増加させる元素であり、所望の鋼板および角形鋼管の強度を確保するために、0.5 %以上のMnの含有を必要とする。Mnが0.5 %未満の含有では、フェライト変態開始温度の上昇を招き、組織が過度に粗大化し、靱性が低下する。一方、2.0 %を超えてMnを含有すると、中心偏析部の硬度が上昇し、角形鋼管の現場での溶接時の割れの原因となる懸念がある。このため、Mnは0.5 ~ 2.0 %とする。Mn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。Mnは、好ましくは0.6 %以上であり、より好ましくは0.7 %以上である。

[0024] P : 0.030 %以下

Pは、フェライト粒界に偏析して、鋼板および角形鋼管の靱性を低下させる作用を有する元素である。本発明では、不純物としてできるだけ低減することが望ましい。しかし、過度の低減は、精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。なお、Pの含有は0.030 %までは許容できる。このため、Pは0.030 %以下とする。Pは、好ましくは0.025 %以下である。Pは、より好ましくは0.020 %以下である。

[0025] S : 0.015 %以下

Sは、鋼中では硫化物として存在し、本発明の成分組成の範囲であれば、主としてMnSとして存在する。MnSは、熱間圧延工程で薄く延伸され、鋼板および角形鋼管の延性および靱性に悪影響を及ぼす。このため、本発明ではできるだけMnSを低減することが望ましい。しかし、過度の低減は、精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。なお、Sの含有は0.015 %までは許容できる。このため、Sは0.015 %以下とする。Sは、好ましくは0.010 %以下であり、より好ましくは0.008 %以下である。

[0026] Al : 0.01 ~ 0.06 %

A l は、脱酸剤として作用するとともに、A l NとしてNを固定する作用を有する元素である。このような効果を得るためには、A l は0.01%以上の含有を必要とする。A l は0.01%未満では、S i 無添加の場合に脱酸力が不足し、酸化物系介在物が増加し、鋼板の清浄度が低下する。一方、0.06%を超えるA l の含有は、固溶A l 量が増加し、角形鋼管の長手溶接時（すなわち、角形鋼管の製造における鋼管長手方向の電縫溶接時）、特に大気中での溶接の場合に、溶接部に酸化物を形成させる危険性が高くなり、角形鋼管溶接部の靱性が低下する。このため、A l は0.01~0.06%にする。A l は、好ましくは0.02%以上である。また、A l は、好ましくは0.05%以下である。

[0027] N : 0.006%以下

Nは、転位の運動を強固に固着することで鋼板および角形鋼管の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く、0.006%までは許容できる。このため、Nは0.006%以下とする。Nは、好ましくは0.005%以下である。本発明では特に規定しないが、製造コストの観点より、Nは0.001%以上とすることが好ましい。

[0028] 残部はF eおよび不可避免的不純物である。ただし、本発明の効果を損なわない範囲においては、不可避免的不純物として、例えばO（酸素）：0.005%以下を含有することを許容できる。

[0029] 以上が本発明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、必要に応じて下記の元素を含有することができる。

[0030] N b : 0.05%以下、T i : 0.05%以下、V : 0.10%以下のうちから選ばれた1種または2種以上

N b、T i、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る。このような効果を得るために、N b、T i、Vを含有する場合は、それぞれ、N b : 0.05%以下

、 Ti : 0.05%以下、 V : 0.10%以下とすることが好ましく、 Nb : 0.04%以下、 Ti : 0.04%以下、 V : 0.08%以下とすることがより好ましい。 Nb 、 Ti 、 V を含有する場合は、それぞれ、 Nb : 0.001%以上、 Ti : 0.001%以上、 V : 0.001%以上とすることが好ましく、 Nb : 0.003%以上、 Ti : 0.003%以上、 V : 0.003%以上とすることがより好ましい。

[0031] なお、 Nb 、 Ti 、 V のうちから選ばれた2種以上を含有する場合には、合計で0.2%以下とすることが好ましく、0.005%以上とすることが好ましい。

[0032] B : 0.008%以下

B は、冷却過程のフェライト変態を遅延させ、低温変態フェライトの形成を促進し、鋼板および角形鋼管の強度を増加させる作用を有する元素である。 B の含有は、鋼板の降伏比、すなわち角形鋼管の降伏比の増加に繋がる。このため、本発明では、角形鋼管の降伏比が90%以下となるような範囲であれば、強度を調整する目的で必要に応じて B を含有できる。 B を含有する場合は、0.008%以下とすることが好ましい。 B は、より好ましくは0.0015%以下であり、さらに好ましくは0.0008%以下である。 B は、好ましくは0.0001%以上であり、より好ましくは0.0003%以上である。

[0033] Cr : 0.01~1.0%、 Mo : 0.01~1.0%、 Cu : 0.01~0.50%、 Ni : 0.01~0.30%、 Ca : 0.001~0.010%のうちから選ばれた1種または2種以上

Cr : 0.01~1.0%

Cr は、焼入れ性を高めることで、鋼板および角形鋼管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。そのような効果を得るために Cr を含有する場合は、0.01%以上の Cr を含有することが好ましい。一方、1.0%を超えて Cr を含有すると靱性や溶接性を低下させるおそれがあるので、 Cr を含有する場合は1.0%以下とすることが好まし

い。C rは、より好ましくは0.02%以上であり、より好ましくは0.8%以下である。

[0034] Mo : 0.01~1.0%

Moは、焼入れ性を高めることで、鋼板および角形鋼管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。そのような効果を得るためにMoを含有する場合は、0.01%以上のMoを含有することが好ましい。一方、1.0%を超えてMoを含有すると靱性を低下させるおそれがあるので、Moを含有する場合は1.0%以下とすることが好ましい。Moは、より好ましくは0.02%以上であり、より好ましくは0.8%以下である。

[0035] Cu : 0.01~0.50%

Cuは、固溶強化により鋼板および角形鋼管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。そのような効果を得るためにCuを含有する場合は、0.01%以上のCuを含有することが好ましい。一方、0.50%を超えてCuを含有すると靱性を低下させるおそれがあるので、Cuを含有する場合は0.50%以下とすることが好ましい。Cuは、より好ましくは0.02%以上であり、より好ましくは0.4%以下である。

[0036] Ni : 0.01~0.30%

Niは、固溶強化により鋼板および角形鋼管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。そのような効果を得るためにNiを含有する場合は、0.01%以上のNiを含有することが好ましい。一方、0.30%を超えてNiを含有するとフェライトの面積率が低下しやすくなるおそれがあるので、Niを含有する場合は0.30%以下とすることが好ましい。Niは、より好ましくは0.02%以上であり、より好ましくは0.2%以下である。

[0037] Ca : 0.001~0.010%

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、必要に応じて含有することがで

きる。このような効果を得るためにC aを含有する場合は、0.001%以上のC aを含有することが好ましい。一方、C a含有量が0.010%を超えると、鋼中にC a酸化物クラスターが形成され、靱性が悪化するおそれがある。このため、C aを含有する場合は、C a含有量は0.001~0.010%とすることが好ましい。C aは、より好ましくは0.0015%以上であり、より好ましくは0.0050%以下である。

[0038] 次に、本発明の角形鋼管の鋼組織の限定理由について説明する。

[0039] 本発明の角形鋼管における1/4 t位置の鋼組織は、主にフェライト、パーライトおよびベイナイトを有し、各組織の割合は、フェライト（F）の面積率に対するベイナイト（B）とパーライト（P）の面積率の合計の割合（ $(B + P) / F$ ）が2.0以上20.0以下で、かつパーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合（ B / P ）が5.0以上20.0以下である。

[0040] フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合：2.0以上20.0以下

フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合が2.0未満では、強度を担うベイナイトやパーライトが不足し、所望の強度を得られない。一方、フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合が20.0を超えると、冷間ロール成形による角形鋼管を製造する際にベイナイトやパーライトにひずみが分散しやすくなり、加工硬化しやすくなる。その結果、角部と平板部の強度差の小さい角形鋼管を得られない。

[0041] パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合：5.0以上20.0以下

パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が5.0未満ではパーライトが過剰となり靱性が低下する。一方、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が20.0を超えるとベイナイトにひずみが分散しやすくなり、加工硬化しやすくなる。その結果、角部と平板部の強度差

の小さい角形鋼管を得られない。

[0042] なお、一般的に、鋼板（熱延鋼板）を素材としてロール成形により製造される角形鋼管は、角部および平板部ともに $1/4\ t$ 位置の鋼組織が同じになるため、平板部 $1/4\ t$ 位置あるいは角部の $1/4\ t$ 位置のどちらで測定してもよい。ここでは、平板部の $1/4\ t$ 位置の鋼組織を規定している。

[0043] 本発明では、鋼管の $3/16\ t$ 位置～ $5/16\ t$ 位置の範囲内に、上述の鋼組織が存在していても同様に上述の効果は得られる。そのため、本発明において「 $1/4\ t$ 位置における鋼組織」とは、上記した $3/16\ t$ 位置～ $5/16\ t$ 位置の範囲のいずれかにおいて、上述の鋼組織が存在していることを意味する。

[0044] 上記の鋼組織は、以下の方法で観察し、組織の種類および面積率（％）を求める。組織観察用試験片は、角形鋼管から採取し、圧延方向断面（L断面）が観察面となるように研磨し、ナイトール腐食を施して作製する。組織観察は、組織観察用試験片の表面（すなわち、角形鋼管の外表面）から板厚 $1/4\ t$ 位置における組織を観察の中心とし、光学顕微鏡（倍率：500倍）または走査型電子顕微鏡（SEM、倍率：500倍）を用いて鋼組織を観察し、撮像する。ここで「t」とは鋼板の厚さ（板厚）を示す。得られた組織写真から、画像解析装置（画像解析ソフト：Photoshop、Adobe社製）を用いて、組織の種類を特定し、各組織（フェライト、パーライト、ベイナイト）の面積率を算出する。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求めた。

[0045] 次に、図1、図2を用いて、本発明の角形鋼管の製造方法について説明する。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は、角鋼管の成形過程を示す模式図である。

[0046] 本発明の角形鋼管の製造方法は、鋼板に造管工程を施して角形鋼管とするものである。本発明の造管工程では、鋼板を冷間でロール成形して円筒状にした端面を溶接する。次いで、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状の丸形鋼管に成形した後、上下および左右に配置されたロールによ

り、さらに冷間で丸形鋼管を角状に成形し、角部と平板部を有する角形鋼管に成形する。

[0047] まず、図1に示すように、電縫鋼管の素材である鋼帯1は、例えばレベル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、円筒状の電縫鋼管7となる。また、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。

[0048] その後、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によって円筒状のまま縮径され、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状とされる。その後、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。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。

[0049] ここで、角状に成形する前に、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形する理由について説明する。

[0050] 本発明では、次の理由により、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下とすることが重要である。一般に、ロール成形により鋼管を製造する場合、その過程において、スプリングバックの抑制を目的として円周方向に不均一なひずみを付与することが多い。しかし、最後に角形に成形することを前提とした場合には、その前段階である円筒形状の断面は必ずしも真円であることを必要としない。そのため、円筒状といっても角形鋼管を製造する途中段階では必ずしも真円ではなく、その結果、得られる角形鋼管は平板部と角部の特性差を小さくすることができない。このことから、本発明では、平板部と角部の特性差を小さくするために、前段階において形状を縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形することが必須である。

[0051] 上記した縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形しな

ければ、平板部に比べて角部の塑性ひずみが大きくなりすぎる。その結果、角部に対する平板部のYSの比が0.80未満、および角部に対する平板部のTSの比が0.90未満となる。なお、平板部に比べて角部の塑性ひずみが大きくなることから、角部に対する平板部のYSの比が0.90以下、および角部に対する平板部のTSの比が1.00以下となるのは当然である。したがって、本発明で目的とする平板部のYSを350MPa以上、TSを520MPa以上であり、角部に対する平板部のYSの比を0.80以上0.90以下、角部に対する平板部のTSの比を0.90以上1.00以下とするためには、縦径／横径の比を0.99以上1.01以下の円筒状に成形する。

[0052] また、上記した縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形することにより、角成形の際に均等に角部を成形できるため、角部のRは $(2.3 \times t)$ 以上 $(2.9 \times t)$ 以下（ここで、 t は板厚である。）とすることができる。角部のRが $(2.3 \times t)$ 以上 $(2.9 \times t)$ 以下（ここで、 t は板厚である。）となることにより、角部と平板部の強度差を小さくすることができる。

[0053] 以上より、本発明によれば、平板部のYSが350MPa以上、TSが520MPa以上であり、角部に対する平板部のYSの比が0.80以上0.90以下、角部に対する平板部のTSの比が0.90以上1.00以下、平板部の -40°C のシャルピー吸収エネルギーが100J以上、角部のRが $(2.3 \times t)$ 以上 $(2.9 \times t)$ 以下となるため、角部と平板部の強度差の小さい角形鋼管を得ることができる。この角形鋼管は、角部のRが適切な大きさに制御され、さらに角部と平板部の強度差が小さいため、特に建築構造部材向け角形鋼管として好適に用いることができる。

[0054] なお、上述したように、本発明の角形鋼管はその素材として、以下に説明する熱延工程、冷却工程および巻取工程をこの順に施して得られた鋼板（熱延鋼板）を好適に用いることができる。本発明では、この鋼板に対して上述した造管工程を施して角形鋼管としてもよい。

[0055] 本発明の角形鋼管の素材として好適な鋼板の製造方法の一例について説明する。

[0056] 本発明の角形鋼管の素材として好適な鋼板の製造方法は、例えば、上述した成分組成を有する鋼素材に、以下に説明する条件で、熱間圧延工程（以下、熱延工程と称する。）、冷却工程および巻取工程をこの順に施して鋼板（熱延鋼板）とすることができる。

[0057] 例えば、上記した成分組成を有する鋼素材を加熱温度：1100～1300℃に加熱した後、加熱炉から抽出後、粗圧延が終了するまでの間に、加熱された鋼素材に対して、鋼素材の板厚中心温度が1000℃以上の状態で30秒以上静止させる放置時間の回数を1回以上5回以下となるように制御した上で、粗圧延終了温度：1000～800℃、仕上圧延開始温度：1000～800℃、仕上圧延終了温度：900～750℃とする熱間圧延工程を施して熱延板とする。次いで、熱間圧延工程後の熱延板に、冷却開始から10s間における0.2s以上3.0s未満の放冷を1回以上有し、熱延板の板厚中心温度での平均冷却速度：4～25℃/s、冷却停止温度：580℃以下とする冷却工程を施す。次いで、冷却工程後の熱延板を巻取温度：580℃以下で巻取り、その後放冷する巻取工程を施して鋼板（熱延鋼板）を得る。

[0058] 以下に、各工程について詳細に説明する。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、シートバー、熱延板あるいは鋼板等の表面温度とする。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。平均冷却速度（℃/s）は、特に断らない限り

$$\left((\text{冷却前の温度 (℃)} - \text{冷却後の温度 (℃)}) / \text{冷却時間 (s)} \right)$$

で求められる値とする。

[0059] 上記した成分組成を有する鋼素材（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を用いて溶製することができる。鑄造方法も特に限定されず、連続鑄造法等の公知の鑄造方法により、所望の寸法に製造することができる。なお、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。溶鋼にはさらに、取鍋精錬等の二次精錬を施してもよい。

[0060] 次いで、得られた鋼素材（鋼スラブ）に熱延工程を施す。熱延工程では、鋼素材を加熱温度：1100～1300℃に加熱する。その後、加熱された鋼素材に粗圧延を施す。この際、鋼素材を加熱炉から抽出した後、粗圧延が終了するまでの間に、鋼素材の板厚中心温度が1000℃以上の状態で30秒以上静止させる放置時間の回数を1回以上5回以下となるように制御した上で、粗圧延終了温度：1000～800℃とする粗圧延を施す。その後、仕上圧延開始温度：1000～800℃、仕上圧延終了温度：900～750℃とする仕上圧延を施して熱延板とする。

[0061] なお、熱延工程における鋼素材の板厚中心の温度は、伝熱解析により鋼素材断面内の温度分布を計算することにより求める。

[0062] 加熱温度：1100～1300℃

鋼素材の加熱温度が1100℃未満では、被圧延材の変形抵抗が大きくなり過ぎて、粗圧延機および仕上圧延機で耐荷重、圧延トルクの不足が生じ、圧延が困難となる。一方、加熱温度が1300℃を超えると、オーステナイト結晶粒が粗大化し、粗圧延および仕上圧延でオーステナイト粒の加工および再結晶を繰返しても、細粒化することが困難となり、熱延鋼板における所望の靱性を確保することが困難となる。このため、鋼素材の加熱温度は1100～1300℃とする。加熱温度は、好ましくは1280℃以下である。加熱温度は、好ましくは1150℃以上である。

[0063] なお、各圧延機の耐荷重、圧延トルクに余裕がある場合には、1100℃以下Ar3変態点以上の範囲の温度を、加熱温度として選択してもよい。

[0064] 加熱された鋼素材は、次いで粗圧延を施され、シートバー等とされる。

[0065] 板厚中心温度が1000℃以上の状態で30秒以上静止させる放置時間の回数：1回以上5回以下

鋼素材を加熱炉から抽出した後、粗圧延が終了するまでの間に、鋼素材の板厚中心温度が1000℃以上の状態で30秒以上静止させる放置時間の回

数を1回以上とすることにより、酸化スケールの成長が促進されて粗さが大きくなる。これにより、その後の冷却工程において表面近傍から1/4 t位置の冷却速度が増加し、フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合を2.0以上とすることができる。一方、上記した放置時間の回数は5回を超えるとスケールの成長が過剰となり、フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合が20.0を超え、また、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が20.0を超えることになる。上記した放置時間の回数は、好ましくは2回以上である。好ましくは4回以下である。放置時間の回数を2回以上とする場合には、複数台の粗圧延機を配列した設備を用いて、最初の粗圧延機の入側で放置することに加え、複数の粗圧延機間でも放置することなどによって、この回数を適宜設定すればよい。

[0066] 粗圧延終了温度：1000～800℃

加熱された鋼素材は、粗圧延により、オーステナイト粒が加工、再結晶されて微細化する。粗圧延終了温度が800℃未満では、粗圧延機の耐荷重、圧延トルクの不足が生じやすくなる。一方、粗圧延終了温度が1000℃を超えて高温となると、オーステナイト粒が粗大化し、鋼板および角形鋼管の靱性が低下しやすくなる。粗圧延終了温度は、好ましくは820℃以上であり、さらに好ましくは840℃以上である。粗圧延終了温度は、好ましくは980℃以下であり、さらに好ましくは950℃以下である。

[0067] なお、この粗圧延終了温度は、鋼素材の加熱温度、上記の粗圧延中の冷却条件、粗圧延のパス間での滞留、鋼素材厚さ等を調整することにより達成できる。粗圧延が終了した段階での被圧延材の厚さ（シートバー等の厚さ）は、特に限定する必要はなく、仕上圧延で所望の製品厚さの製品板（熱延鋼板）とすることができればよい。例えば建築構造部材向け角形鋼管の製造では、製品厚さは12～28mm程度が好ましい。

[0068] 粗圧延後は、被圧延材は、例えばタンデム圧延機により仕上圧延を施され、熱延板とされる。

[0069] 仕上圧延開始温度：1000～800℃

仕上圧延では、圧延加工および再結晶が繰り返され、オーステナイト（ γ ）粒の微細化が進行する。仕上圧延開始温度（仕上圧延入側温度）が低くなると、圧延加工により導入される加工歪が残存しやすくなり、 γ 粒の微細化を達成しやすい。仕上圧延開始温度が800℃未満では、仕上圧延機内で鋼板表面近傍の温度がA_r3変態点以下となりフェライトが生成する危険性が増大する。仕上圧延前および仕上圧延中に生成したフェライトは、その後の仕上圧延加工により圧延方向に伸長したフェライト粒となり、靱性低下の原因となる。一方、仕上圧延開始温度が1000℃を超えて高温となると、上記した仕上圧延による γ 粒の微細化効果が低減し、鋼板および角形鋼管の靱性が低下しやすくなる。このため、仕上圧延開始温度は800～1000℃とする。仕上圧延開始温度は、好ましくは825～975℃である。

[0070] 仕上圧延終了温度：900～750℃

仕上圧延終了温度（仕上圧延出側温度）が900℃を超えて高温となると、仕上圧延時に付加される加工ひずみが不足し、 γ 粒の微細化が達成されず、鋼板および角形鋼管の靱性が低下しやすくなる。一方、仕上圧延終了温度が750℃未満では、仕上圧延機内で鋼板表面近傍の温度がA_r3変態点以下となり、圧延方向に伸長したフェライト粒が形成され、フェライト粒が混粒となる。これにより、靱性が低下する危険性が増大する。このため、仕上圧延終了温度は900～750℃とする。仕上圧延終了温度は、好ましくは850℃以下である。好ましくは770℃以上である。

[0071] 次いで、熱延工程で得られた熱延板に冷却工程を施す。

[0072] 冷却開始から10s間における0.2s以上3.0s未満の放冷の回数：
1回以上

本発明では、熱延工程で得られた熱延板の冷却を開始してから10秒間（10s間）を初期冷却とする。冷却工程の初期冷却では、0.2s以上3.0s未満の放冷を1回以上設けて冷却する。これは、鋼板の表裏面において、マルテンサイト組織の生成を抑制するために行なう。初期冷却において、

放冷を設けないか、あるいは放冷が0.2 s未満の場合、マルテンサイト組織が生成し、鋼板および角形鋼管の靱性が低下する。また、初期冷却において、放冷が3.0 s以上の場合、ベイナイトが不足し、主にフェライトおよびパーライトからなる組織となり、所望の鋼組織を得ることができない。このため、冷却工程の初期冷却中に行う1回の放冷時間は、0.2 s以上3.0 s未満とする。1回の放冷時間は、好ましくは0.4 s以上であり、好ましくは2.0 s以下である。

[0073] 上記効果を得るためには、初期冷却中に行う放冷の回数は、1回以上を必要とする。なお、放冷の回数は、冷却設備の配列や冷却停止温度などによって適宜設定すればよい。ここで、放冷とは自然冷却とする。放冷の回数の上限は特に限定しないが、生産性の観点より、好ましくは10回以下とする。放冷の回数を複数回とする場合には、例えば後述する水冷用のノズルの一部区間におけるノズルからの水の噴射を停止することにより、間欠噴射とするなどによって適宜設定すればよい。

[0074] 板厚中心温度での平均冷却速度：4～25℃/s、冷却停止温度：580℃以下

冷却工程では、仕上圧延で得られた熱延板に、冷却開始から冷却停止（冷却終了）までの板厚中心温度での平均冷却速度が4～25℃/s、冷却停止温度が580℃以下となる冷却を施す。冷却工程で施す冷却は、例えばノズルから水を噴射する、水柱冷却、スプレー冷却、ミスト冷却等の水冷（水冷）や、冷却ガスを噴射するガスジェット冷却等で行われる。なお、熱延板（鋼板）の両面（表裏面）が同条件で冷却されるように熱延板の両面に冷却操作を施すことが好ましい。

[0075] 熱延板の板厚中心の平均冷却速度が4℃/s未満では、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が5.0未満となり靱性が低下する。一方、平均冷却速度が25℃/sを超えると、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が20.0を超え、ベイナイトにひずみが分散しやすくなり、加工硬化しやすくなる。その結果、角部と平板部の強度差の小

さい角形鋼管を得られなくなる。このため、熱延板の板厚中心の平均冷却速度は $4 \sim 25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。熱延板の板厚中心の平均冷却速度は、好ましくは $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上であり、好ましくは $15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下である。

[0076] ここで、熱延板の板厚中心の平均冷却速度は、

$$\left(\left(\text{冷却開始時の板厚中心の温度 } (^{\circ}\text{C}) - \text{冷却停止時の板厚中心の温度 } (^{\circ}\text{C}) \right) / \text{冷却時間 } (\text{s}) \right)$$

で求められる。熱延板の板厚中心の温度は、伝熱解析により鋼板断面内の温度分布を計算することにより求める。

[0077] 冷却停止温度が 580°C を超えると、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が 5.0 未満となり靱性が低下する。冷却停止温度は、好ましくは 560°C 以下である。

[0078] なお、所望の $1/4\text{t}$ 位置の鋼組織を得るためには、熱延板の表面温度で $750 \sim 650^{\circ}\text{C}$ の温度域における平均冷却速度は $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上とすることが好ましい。この温度域での平均冷却速度が $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 未満では、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が 5.0 未満となる場合がある。熱延板の表面温度で $750 \sim 650^{\circ}\text{C}$ の温度域における平均冷却速度は $80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下とすることが好ましい。この温度域での平均冷却速度が $80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ を超えると、パーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が 20.0 を超えとなる場合がある。また、パーライトとベイナイトの生成量を制御するため、仕上圧延終了から直ちに（ 5 秒以内に）冷却工程を開始することが好ましい。

[0079] 次いで、冷却終了後の熱延板に巻取工程を施して鋼板（熱延鋼板）を得る。

[0080] 巻取温度： 580°C 以下

巻取工程では、熱延板を巻取温度： 580°C 以下で巻取り、その後放冷する工程を施す。巻取温度が 580°C を超えると、巻取り後にフェライト変態とパーライト変態が進行して、パーライトの割合が過剰となり、鋼板および角形鋼管の靱性が低下する。このため、巻取温度は 580°C 以下とする。巻

取温度は、好ましくは550℃以下である。なお、巻取温度を低くしても材質上の問題は生じないが、巻取温度が400℃未満となると、特に板厚が25mmを超えるような厚肉鋼板では、巻取り変形抵抗が多大になり、きれいに巻き取れない場合がある。このため、巻取り温度は400℃以上とすることが好ましい。

[0081] その後、巻取工程後の鋼板（熱延鋼板）に上述の造管工程を施して角形鋼管を得る。

[0082] 次に、本発明の角形鋼管を使用した建築構造物の一例について説明する。

[0083] 図3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3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11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11の間には、H形鋼等の鋼材からなる大梁14が複数架設されている。また、隣り合う大梁14の間には、H形鋼等の鋼材からなる小梁15が複数架設されている。角形鋼管11とダイアフラム16とを溶接し、それに大梁14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11の間にH形鋼等の鋼材からなる大梁14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17が設けられる。

[0084] 本発明の建築構造物は、角部と平板部の強度差が小さい本発明の角形鋼管11を使用するため、角形鋼管11とダイアフラム16とを溶接する溶接材料の選定が容易となり、アンダーマッチなどの溶接材料との強度差が生じにくい。アンダーマッチが生じにくいことにより、溶接部における破断などのトラブルを抑止できる。また、角形鋼管11の角R（角部のR）が適切な大きさに制御されているため、断面が直角である他の構造部材との組み合わせが容易である。また、角形鋼管11の角Rが適切な大きさに制御されていることにより、より大きな外力に耐えることができ、耐震性などが向上する。

実施例

[0085] 以下、本発明の更なる理解のために実施例を用いて説明する。なお、以下の実施例は本発明を何ら限定するものではない。

[0086] <実施例 1>

本発明の角形鋼管について説明する。

[0087] 溶鋼を転炉で溶製し、連続鋳造法で表 1 に示す成分組成のスラブ（鋼素材：肉厚 250 mm）とした。それらのスラブ（鋼素材）を、表 2-1 および表 2-2 に示す条件で加熱温度に加熱した後、熱間圧延工程、冷却工程、巻取工程を施した後、放冷し、板厚：16～28 mm の鋼板（熱延鋼板）とした。なお、仕上圧延終了後、直ちに（5 秒以内に）冷却工程を開始した。冷却は水冷で行った。初期冷却中の放冷は、冷却開始から 10 s 間の初期冷却中に、水冷を行わない放冷区間を設けることで行った。その後、得られた鋼板を素材として、表 2-1 および表 2-2 に示す条件で冷間でのロール成形により丸形鋼管とし、次いで、冷間でロール成形により角形鋼管（400～550 mm 角）とした。

[0088] 本発明の実施例では、得られた角形鋼管から試験片をそれぞれ採取して、組織観察、引張試験、シャルピー衝撃試験、角部の R の測定をそれぞれ実施した。なお、組織観察は上記の方法で観察し、測定した。また、引張試験、シャルピー衝撃試験の試験方法、および角部の R の測定方法は次の通りとした。

（1）角形鋼管引張試験

得られた角形鋼管の平板部および角部から、引張方向が管長手方向となるように、JIS 5 号引張試験片を採取した。次いで、JIS Z 2241（2011）の規定に準拠して引張試験を実施し、降伏強さ YS、引張強さ TS を測定した。得られた測定値を用いて、（降伏強さ）／（引張強さ）×100（％）で定義される降伏比 YR（％）を算出した。

（2）角形鋼管衝撃試験

得られた角形鋼管の平板部の板厚 1／4 t 位置から、試験片長手方向が管周方向となるように、V ノッチ試験片を採取した。次いで、JIS Z 2242（2011）の規定に準拠して、試験温度：－40℃で、シャルピー衝撃試験を実施し、吸収エネルギー（J）を求めた。なお、試験片の本数は

各 3 本とし、各 3 本の平均値を表 4 - 1 および表 4 - 2 に示す衝撃試験結果の値とした。

(3) 角部の R (角 R) の測定方法

得られた角形鋼管から、管軸方向に対して垂直な断面 10 箇所を任意で切出し、垂直断面の 4 隅にある角部の曲率半径を測定し、その平均値をその断面の角部の R とした。具体的には、図 4 に示すように、鋼管の溶接部（シーム部）を 0° とし、この 0° を基準として、 45° 、 135° 、 225° 、 315° の位置をそれぞれ角部中央とした場合、角部の曲率半径とは、管の中心を起点とし隣り合う辺と 45° をなす線（L）と、角部外側（角部の管外表面側）との交点での曲率半径をいう。角部の曲率半径は、上記 L 上に中心を置き、角形鋼管の平坦部と円弧部との接続点（A、A'）に向かって引かれる線で定まる中心角が 65° となるような扇形の半径とする。なお、図 4 に示した「t」は板厚であり、「H」は外形の辺の長さを指す。曲率半径の算出方法としては、例えば、3 点（角部外側の交点、および、平坦部と円弧部との接続点である 2 点）の距離関係の測定結果から正弦定理を用いて曲率半径を算出する方法や、前記 3 点の領域内のコーナー部とよく一致するラジアルゲージから曲率半径を計測する方法などがあるが、この限りではない。本実施例では、角部の曲率半径の測定にはラジアルゲージを使用した。なお、角 R は、上記したように管軸方向に対して垂直な断面 10 箇所の平均値とした。

[0089] 得られた結果を表 3 - 1、表 3 - 2、表 4 - 1 および表 4 - 2 に示す。

[0090]

[表1]

鋼 No.	成分組成（質量％）													
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb, Ti, V	B	Cr	Mo	Cu	Ni	Ca
A	0.16	0.21	1.4	0.018	0.005	0.03	0.005	-	-	-	-	-	-	-
B	0.09	0.01	1.4	0.019	0.004	0.03	0.004	-	-	-	-	-	-	-
C	0.18	0.35	0.6	0.015	0.003	0.03	0.005	-	-	-	-	-	-	-
D	0.11	0.15	1.0	0.025	0.010	0.04	0.004	-	-	-	-	-	-	-
E	0.06	0.16	1.4	0.019	0.002	0.04	0.003	-	-	-	-	-	-	-
F	0.16	0.03	0.4	0.022	0.003	0.03	0.004	-	-	-	-	-	-	-
G	0.16	0.23	1.2	0.018	0.003	0.03	0.003	Nb:0.01	-	-	-	-	-	-
H	0.15	0.18	0.8	0.021	0.005	0.04	0.003	Ti:0.04	-	-	-	-	-	-
I	0.16	0.20	1.2	0.015	0.003	0.04	0.005	V:0.04	-	-	-	-	-	-
J	0.16	0.25	0.8	0.017	0.003	0.03	0.003	-	0.0004	-	-	-	-	-
K	0.11	0.02	1.8	0.019	0.004	0.04	0.006	-	-	-	-	-	-	-
L	0.16	0.02	0.8	0.018	0.003	0.03	0.004	Nb:0.04	-	-	-	-	-	-
M	0.16	0.21	1.2	0.018	0.005	0.03	0.005	-	-	0.2	-	-	-	-
N	0.15	0.18	0.8	0.017	0.005	0.04	0.004	-	-	-	0.2	-	-	-
O	0.16	0.22	1.2	0.015	0.004	0.04	0.005	-	-	-	-	0.1	-	-
P	0.16	0.22	1.2	0.016	0.003	0.03	0.004	-	-	-	-	-	0.1	-
Q	0.16	0.19	1.4	0.018	0.004	0.03	0.005	-	-	-	-	-	-	0.002
R	0.19	0.19	1.4	0.015	0.003	0.04	0.004	-	-	-	-	-	-	-
S	0.22	0.21	1.3	0.018	0.005	0.04	0.005	-	-	-	-	-	-	-
T	0.15	0.18	1.9	0.017	0.004	0.04	0.005	-	-	-	-	-	-	-
U	0.15	0.19	1.3	0.015	0.004	0.06	0.005	-	-	-	-	-	-	-
V	0.15	0.70	1.6	0.018	0.003	0.03	0.004	-	-	-	-	-	-	-
W	0.16	0.22	1.4	0.015	0.004	0.04	0.004	Nb:0.02, Ti:0.01	-	-	-	-	-	-
X	0.16	0.19	1.0	0.016	0.004	0.04	0.003	-	-	0.1	0.1	-	-	-
Y	0.15	0.18	1.2	0.014	0.003	0.03	0.004	Nb:0.01, Ti:0.01, V:0.01	-	-	-	-	-	-
Z	0.16	0.20	1.4	0.016	0.003	0.06	0.005	Nb:0.01	-	0.1	-	-	-	0.002

※ 上記成分組成以外の残部は、Feおよび不可避免的不純物である。

[表2-1]

鋼板 No.	鋼 No.	熱間圧延工程						冷却工程					巻取工程	造管工程
		加熱 温度 (℃)	30秒以上の 静止回数 (回)	粗圧延終 了温度 (℃)	シート バ－厚 (mm)	仕上圧延 開始温度 (℃)	仕上圧延 終了温度 (℃)	冷却開始 温度 (℃)	放冷の 回数 (回)	放冷1回当 たりの時間 (s)	平均冷却 速度 (℃/s)	冷却停止 温度 (℃)		
1	A	1350	1	990	54	950	900	895	2	1.2	10	540	520	1.00
2	A	1250	1	1000	54	980	950	940	2	1.0	12	560	550	0.99
3	A	1200	1	910	54	900	790	780	1	1.5	15	640	580	0.99
4	A	1250	1	990	54	950	890	885	1	2.0	2	560	540	0.99
5	A	1200	1	900	42	850	780	770	15	0.2	30	510	490	1.01
6	A	1200	1	900	54	850	780	770	5	0.1	25	570	550	1.00
7	A	1200	1	900	42	850	780	775	1	5.0	15	570	550	0.99
8	E	1200	1	900	58	850	780	770	1	1.8	9	520	500	1.00
9	F	1200	1	910	58	860	780	770	2	1.6	10	520	500	1.00
10	A	1200	2	890	42	850	780	770	1	2.0	10	440	420	1.01
11	A	1200	4	870	58	860	780	770	9	0.4	22	540	520	1.01
12	A	1180	0	900	54	840	780	775	1	1.5	13	550	530	1.00
13	A	1200	0	890	42	850	780	770	1	2.0	10	440	420	1.01
14	A	1250	6	920	58	860	780	770	9	0.4	22	540	520	1.01
15	A	1200	1	890	42	850	780	770	1	2.0	10	440	420	0.97
16	A	1180	1	900	54	840	780	775	1	1.5	13	550	530	1.02
17	A	1200	1	890	42	850	780	770	1	2.0	10	440	420	1.01
18	A	1200	5	880	42	840	780	770	1	2.0	25	420	410	1.01
19	B	1250	3	870	58	820	780	770	1	1.5	13	520	500	1.01
20	C	1150	3	880	58	830	780	775	2	1.0	10	520	500	1.00
21	D	1120	3	900	58	850	800	790	2	1.2	8	540	520	1.00
22	G	1200	3	910	45	860	780	775	2	1.5	8	580	560	1.00
23	H	1200	3	900	45	850	780	770	1	1.9	10	540	520	1.00
24	I	1220	3	900	48	850	780	775	1	2.5	9	580	570	1.01
25	J	1210	3	890	48	840	820	810	1	2.2	10	540	520	1.01
26	K	1190	3	880	54	830	780	775	2	1.2	10	560	540	1.01
27	L	1180	3	890	54	840	780	775	2	1.0	14	540	520	0.99
28	M	1200	3	880	54	830	780	775	2	1.0	14	560	550	0.99
29	N	1190	3	890	54	850	780	775	2	1.0	10	570	550	1.01

[0092]

[表2-2]

鋼板 No.	鋼 No.	熱間圧延工程						冷却工程				巻取工程 巻取温度 (°C)	造管工程 円筒 縦径・横径	
		加熱 温度 (°C)	30秒以上の 静止回数 (回)	粗圧延終 了温度 (°C)	シート 厚 (mm)	仕上圧延 開始温度 (°C)	仕上圧延 終了温度 (°C)	冷却開始 温度 (°C)	放冷の 回数 (回)	放冷1回当 たりの時間 (s)	平均冷却 速度 (°C/s)			冷却停止 温度 (°C)
30	O	1210	3	880	48	840	790	780	1	1.9	10	550	520	1.00
31	P	1200	3	890	45	860	790	770	1	1.2	10	560	530	0.99
32	Q	1190	3	900	45	850	790	770	1	2.2	10	550	540	1.00
33	A	1150	3	870	58	780	770	770	1	1.5	13	520	500	1.01
34	A	1150	2	870	42	830	730	730	1	2.0	10	440	420	1.01
35	A	1250	1	1000	54	900	850	800	2	1.0	12	560	550	0.99
36	A	1250	1	1020	54	930	870	800	2	1.0	12	560	550	0.99
37	A	1200	1	810	54	800	750	740	1	1.5	15	520	500	0.99
38	A	1200	1	910	54	850	780	770	1	1.5	4	580	580	0.99
39	A	1200	1	910	54	900	790	780	1	1.5	6	640	600	0.99
40	G	1200	0	950	45	900	850	800	2	1.5	8	580	580	1.00
41	H	1200	0	950	45	900	850	800	1	1.9	8	580	580	1.00
42	I	1220	0	950	48	900	780	800	1	2.5	8	580	580	1.01
43	J	1210	0	950	48	900	820	800	1	2.2	8	580	580	1.01
44	M	1200	0	950	45	900	850	800	2	1.5	8	580	580	1.00
45	N	1190	0	950	45	900	850	800	1	1.9	8	580	580	1.00
46	O	1210	0	950	48	900	780	800	1	2.5	8	580	580	1.01
47	P	1200	0	950	45	900	850	800	2	1.5	8	580	580	1.00
48	Q	1190	0	950	45	900	850	800	1	1.9	8	580	580	1.00
49	R	1200	2	890	42	850	790	770	1	2.0	12	500	450	1.01
50	S	1200	2	890	42	830	780	770	1	2.0	10	500	450	1.00
51	T	1200	2	890	42	840	780	770	1	2.0	10	500	450	1.00
52	U	1200	2	890	42	840	770	770	1	2.0	10	500	450	0.99
53	V	1200	2	890	42	860	790	770	1	2.0	12	500	450	1.01
54	W	1200	2	890	42	850	780	770	1	2.0	10	500	450	1.01
55	X	1200	2	890	42	850	790	780	1	2.0	12	500	450	1.00
56	Y	1200	2	890	42	860	800	780	1	2.0	15	500	450	0.99
57	Z	1200	2	890	42	850	780	770	1	2.0	10	500	450	1.01

[0093]

[表3-1]

鋼管 No.	鋼 No.	熱延鋼板 板厚 (t) [mm]	一辺長さ [mm]	外表面から1/4t位置の組織					
				フェライト(F) の面積率 [%]	ペイナイト(B) の面積率 [%]	パーライト(P) の面積率 [%]	マルテンサイトの 面積率 [%]	(B+P)/F	B/P
1	A	16	500	25	65	10	0	3.0	6.5
2	A	16	450	25	65	10	0	3.0	6.5
3	A	16	400	20	60	20	0	4.0	3.0
4	A	25	500	20	60	20	0	4.0	3.0
5	A	22	500	8	90	2	0	11.5	45.0
6	A	25	550	20	70	5	5	3.8	14.0
7	A	22	550	75	5	20	0	0.3	0.3
8	E	28	550	25	70	5	0	3.0	14.0
9	F	28	550	20	75	5	0	4.0	15.0
10	A	16	400	20	70	10	0	4.0	7.0
11	A	16	400	20	75	5	0	4.0	15.0
12	A	28	400	35	45	20	0	1.9	2.3
13	A	25	400	35	45	20	0	1.9	2.3
14	A	16	400	4	95	1	0	24.0	95.0
15	A	16	400	20	70	10	0	4.0	7.0
16	A	16	400	20	70	10	0	4.0	7.0
17	A	16	400	25	65	10	0	3.0	6.5
18	A	16	400	5	90	5	0	19.0	18.0
19	B	28	550	25	70	5	0	3.0	14.0
20	C	28	500	20	70	10	0	4.0	7.0
21	D	28	500	20	70	10	0	4.0	7.0
22	G	25	450	5	80	15	0	19.0	5.3
23	H	16	400	10	75	15	0	9.0	5.0
24	I	19	450	5	85	10	0	19.0	8.5
25	J	22	400	5	80	15	0	19.0	5.3
26	K	22	450	25	65	10	0	3.0	6.5
27	L	22	400	25	65	10	0	3.0	6.5
28	M	16	400	25	65	10	0	3.0	6.5
29	N	16	400	25	65	10	0	3.0	6.5

[0094]

[表3-2]

鋼管 No.	鋼 No.	熱延鋼板 板厚 (t) [mm]	一辺長さ [mm]	外表面から1/4t位置の組織					
				フェライト(F) の面積率 [%]	ベライト(B) の面積率 [%]	パーライト(P) の面積率 [%]	マルテンサイトの 面積率 [%]	(B+P)/F	B/P
30	O	16	400	15	75	10	0	5.7	7.5
31	P	16	400	15	75	10	0	5.7	7.5
32	Q	16	400	20	70	10	0	4.0	7.0
33	A	16	400	20	70	10	0	4.0	7.0
34	A	16	400	20	70	10	0	4.0	7.0
35	A	25	550	20	75	5	0	4.0	15.0
36	A	25	550	20	75	5	0	4.0	15.0
37	A	25	550	20	75	5	0	4.0	15.0
38	A	25	550	20	70	10	0	4.0	7.0
39	A	25	550	20	65	15	0	4.0	4.3
40	G	25	550	35	45	20	0	1.9	2.3
41	H	25	550	35	40	25	0	1.9	1.6
42	I	25	550	35	45	20	0	1.9	2.3
43	J	25	550	35	45	20	0	1.9	2.3
44	M	25	550	35	45	20	0	1.9	2.3
45	N	25	550	35	40	25	0	1.9	1.6
46	O	25	550	35	40	25	0	1.9	1.6
47	P	25	550	35	45	20	0	1.9	2.3
48	Q	25	550	35	45	20	0	1.9	2.3
49	R	25	550	20	70	10	0	4.0	7.0
50	S	25	550	20	65	15	0	4.0	4.3
51	T	25	550	20	75	5	0	4.0	15.0
52	U	25	550	20	70	10	0	4.0	7.0
53	V	25	550	20	70	10	0	4.0	7.0
54	W	25	550	25	65	10	0	3.0	6.5
55	X	25	550	25	65	10	0	3.0	6.5
56	Y	25	550	25	65	10	0	3.0	6.5
57	Z	25	550	25	65	10	0	3.0	6.5

[0095]

[表4-1]

鋼管 No.	平板部引張特性		角部引張特性		平板部と角部の特性比		角R (× t)	衝撃試験 吸収エネルギー [J]	備考
	降伏強さ (YS) [MPa]	引張強さ (TS) [MPa]	降伏強さ (YS) [MPa]	引張強さ (TS) [MPa]	平板部のYS/ 角部のYS	平板部のTS/ 角部のTS			
1	423	549	497	572	0.85	0.96	2.5	87	比較例
2	431	553	500	574	0.86	0.96	2.5	96	比較例
3	419	546	481	565	0.87	0.97	2.5	76	比較例
4	422	547	483	568	0.87	0.96	2.5	81	比較例
5	524	568	667	672	0.79	0.85	2.6	212	比較例
6	454	573	500	586	0.91	0.98	2.5	92	比較例
7	341	515	398	539	0.86	0.96	2.5	134	比較例
8	343	492	404	518	0.85	0.95	2.4	169	比較例
9	392	523	450	528	0.87	0.99	2.5	75	比較例
10	456	568	543	619	0.84	0.92	2.6	214	発明例
11	439	551	537	608	0.82	0.91	2.5	208	発明例
12	343	517	398	533	0.86	0.97	2.4	77	比較例
13	338	510	398	533	0.85	0.96	2.4	81	比較例
14	542	633	688	712	0.79	0.89	2.7	189	比較例
15	434	547	551	648	0.79	0.84	2.6	223	比較例
16	431	545	549	645	0.79	0.84	2.6	216	比較例
17	443	562	538	615	0.82	0.91	2.6	237	発明例
18	540	623	651	681	0.83	0.91	2.7	210	発明例
19	387	522	448	531	0.86	0.98	2.4	173	発明例
20	459	563	542	617	0.85	0.91	2.6	146	発明例
21	438	535	520	572	0.84	0.94	2.6	153	発明例
22	483	575	580	625	0.83	0.92	2.5	175	発明例
23	420	545	505	570	0.83	0.96	2.4	182	発明例
24	418	541	504	578	0.83	0.94	2.6	180	発明例
25	425	545	498	568	0.85	0.96	2.7	184	発明例
26	420	540	501	569	0.84	0.95	2.7	191	発明例
27	425	534	484	542	0.88	0.99	2.3	187	発明例
28	459	571	544	623	0.84	0.92	2.6	206	発明例
29	460	570	548	624	0.84	0.91	2.6	228	発明例

[0096]

[表4-2]

鋼管 No.	平板部引張特性		角部引張特性		平板部と角部の特性比		角R ($\times t$)	衝撃試験 吸収エネルギー [J]	備考
	降伏強さ (YS) [MPa]	引張強さ (TS) [MPa]	降伏強さ (YS) [MPa]	引張強さ (TS) [MPa]	平板部のYS/ 角部のYS	平板部のTS/ 角部のTS			
30	452	563	538	617	0.84	0.91	2.6	219	発明例
31	442	559	540	617	0.82	0.91	2.6	217	発明例
32	455	566	541	618	0.84	0.92	2.6	234	発明例
33	431	545	531	605	0.81	0.90	2.6	97	比較例
34	429	543	533	604	0.80	0.90	2.6	95	比較例
35	426	532	526	584	0.81	0.91	2.5	114	発明例
36	408	521	501	573	0.81	0.91	2.5	94	比較例
37	452	563	545	622	0.83	0.91	2.5	246	発明例
38	427	535	526	590	0.81	0.91	2.5	108	発明例
39	413	534	512	570	0.81	0.94	2.5	94	比較例
40	343	512	421	518	0.81	0.99	2.6	98	比較例
41	347	515	423	524	0.82	0.98	2.5	99	比較例
42	346	515	420	521	0.82	0.99	2.5	90	比較例
43	345	516	422	520	0.82	0.99	2.5	95	比較例
44	342	511	423	519	0.81	0.98	2.5	78	比較例
45	344	510	428	526	0.80	0.97	2.6	99	比較例
46	343	512	417	542	0.82	0.94	2.5	93	比較例
47	348	528	420	534	0.83	0.99	2.5	94	比較例
48	345	515	411	525	0.84	0.98	2.5	86	比較例
49	433	545	535	580	0.81	0.94	2.6	138	発明例
50	447	553	541	594	0.83	0.93	2.6	98	比較例
51	460	571	553	627	0.83	0.91	2.5	232	発明例
52	436	538	513	589	0.85	0.91	2.5	210	発明例
53	452	560	547	611	0.83	0.92	2.5	169	発明例
54	446	562	542	619	0.82	0.91	2.6	205	発明例
55	455	573	555	628	0.82	0.91	2.5	213	発明例
56	444	557	539	604	0.82	0.92	2.5	194	発明例
57	451	574	532	620	0.85	0.93	2.5	186	発明例

[0097] 本発明範囲であった発明例では、いずれも本発明の特性（平板部のYSが350MPa以上、TSが520MPa以上、平板部と角部のYSの比が0.80以上0.90以下、平板部と角部のTSの比が0.90以上1.00以下、平板部の−40℃のシャルピー吸収エネルギーが100J以上、角部のRが(2.3×t)以上(2.9×t)以下)（ここで、tは板厚である

。)を得られた。一方、本発明範囲を外れる比較例では、本発明の特性を得られなかった。

符号の説明

[0098]	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	角形鋼管
	14	大梁
	15	小梁
	16	ダイアフラム
	17	間柱

請求の範囲

[請求項1]

平板部と角部を有する角形鋼管であって、

成分組成は、質量％で、

C : 0.07 ~ 0.20 %、

Si : 1.0 %以下、

Mn : 0.5 ~ 2.0 %、

P : 0.030 %以下、

S : 0.015 %以下、

Al : 0.01 ~ 0.06 %、

N : 0.006 %以下

を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなり、

鋼管の外表面から板厚 t の $1/4 t$ 位置における鋼組織は、フェライトの面積率に対するベイナイトとパーライトの面積率の合計の割合が2.0以上20.0以下で、かつパーライトの面積率に対するベイナイトの面積率の割合が5.0以上20.0以下であり、

前記平板部は、YSが350MPa以上、TSが520MPa以上であり、

前記角部に対する前記平板部のYSの比は0.80以上0.90以下、前記角部に対する前記平板部のTSの比は0.90以上1.00以下であり、

前記平板部の -40°C のシャルピー吸収エネルギーは100J以上であり、

前記角部のRは $(2.3 \times t)$ 以上 $(2.9 \times t)$ 以下である角形鋼管。

[請求項2]

前記成分組成に加えてさらに、質量％で、下記A群～C群のうちから選ばれた1群または2群以上を含有する請求項1に記載の角形鋼管。

A群：Nb：0.05%以下、Ti：0.05%以下、V：0.10%以下のうちから選ばれた1種または2種以上

B群：B：0.008%以下

C群：Cr：0.01～1.0%、Mo：0.01～1.0%、Cu：0.01～0.50%、Ni：0.01～0.30%、Ca：0.001～0.010%のうちから選ばれた1種または2種以上

[請求項3]

請求項1または2に記載の角形鋼管の製造方法であって、

鋼板を冷間でロール成形して円筒状にした端面を溶接し、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形した後、角状に成形する造管工程を施す角形鋼管の製造方法。

[請求項4]

請求項1または2に記載の角形鋼管の製造方法であって、

鋼素材に、熱間圧延工程、冷却工程、巻取工程および造管工程をこの順に施して角形鋼管を製造するに際し、

前記鋼素材を加熱温度：1100～1300℃に加熱した後、加熱炉から抽出後、粗圧延が終了するまでの間に、加熱された前記鋼素材に対して、板厚中心温度が1000℃以上の状態で30秒以上静止する回数を1回以上5回以下に制御した上で、粗圧延終了温度：1000～800℃、仕上圧延開始温度：1000～800℃、仕上圧延終了温度：900～750℃とする熱間圧延工程を施し、

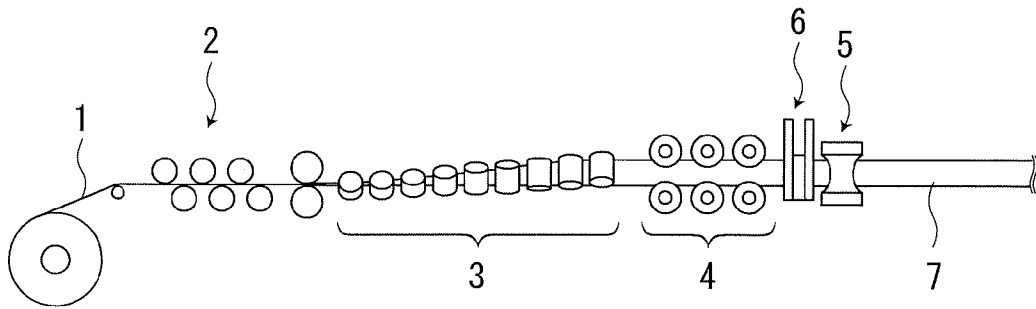
次いで、冷却開始から10s間における0.2s以上3.0s未満の放冷を1回以上有し、板厚中心温度での平均冷却速度：4～25℃／s、冷却停止温度：580℃以下とする冷却工程を施し、

次いで、巻取温度：580℃以下で巻取る巻取工程を施して鋼板とし、

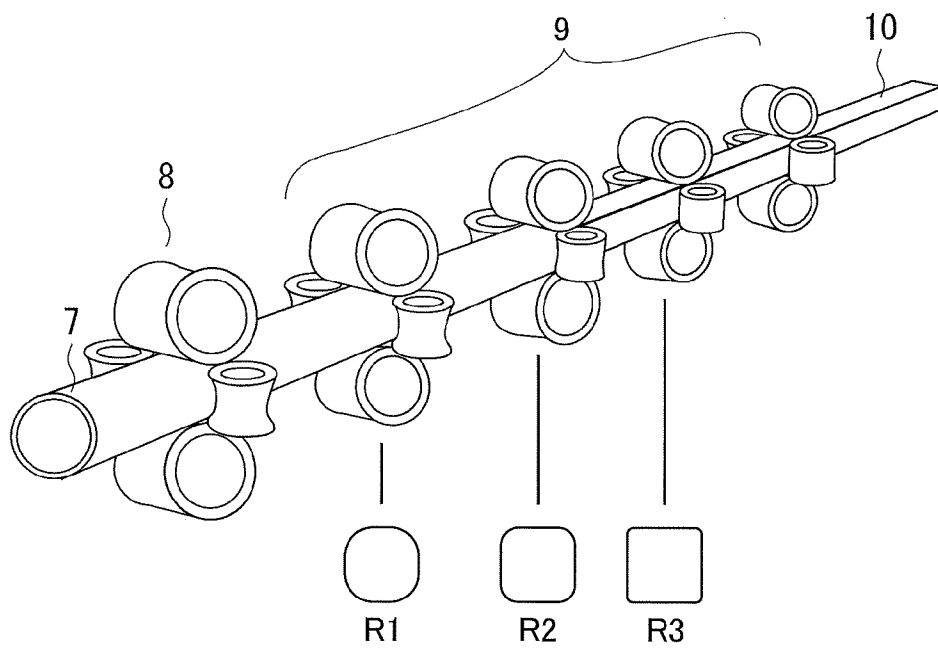
次いで、前記巻取工程後の鋼板を冷間でロール成形して円筒状にした端面を溶接し、縦径／横径の比で0.99以上1.01以下の円筒状に成形した後、角状に成形する造管工程を施す角形鋼管の製造方法。

[請求項5] 請求項 1 または 2 に記載の角形鋼管を使用した建築構造物。

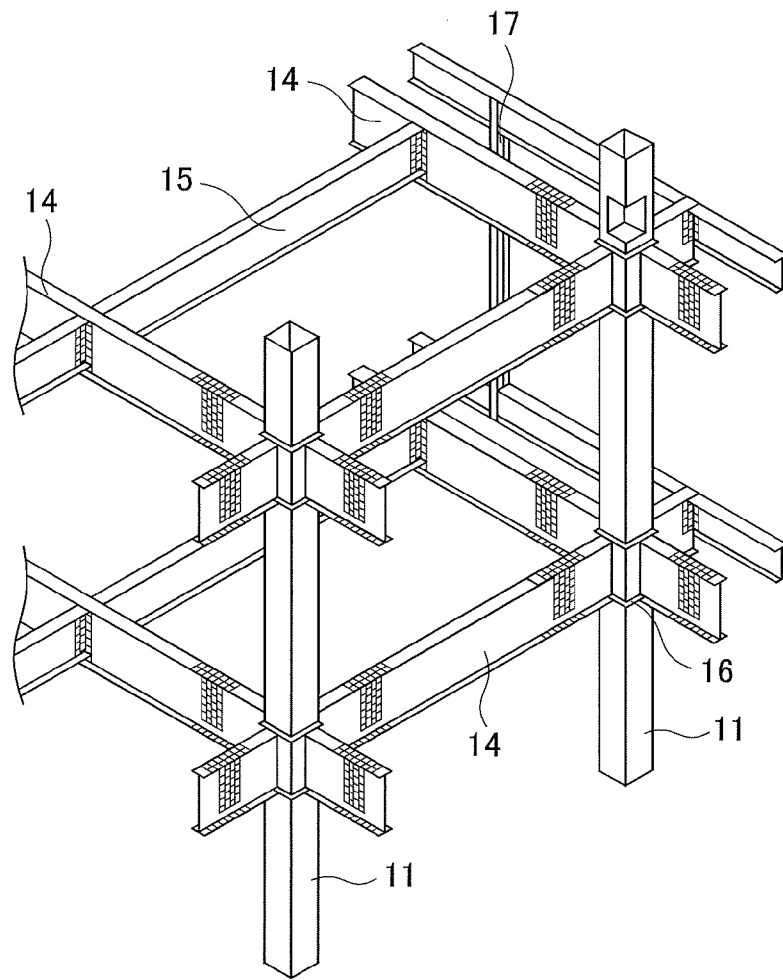
[図1]



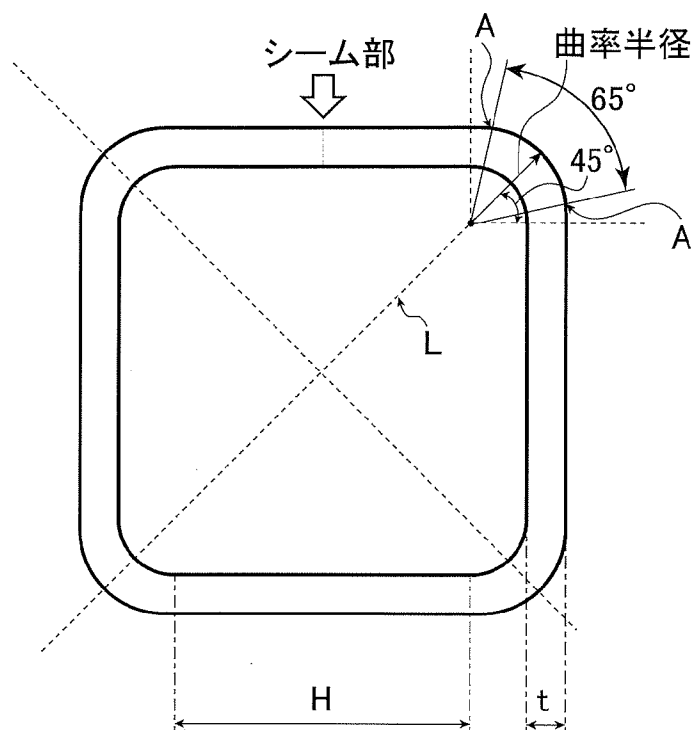
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/003842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B21C37/08(2006.01)i, B21D5/06(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)i, C21D8/10(2006.01)i, E04C3/32(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/06(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i, E04B1/24(2006.01)i
FI: C22C38/00 301Z, C22C38/06, C22C38/58, C21D8/02 B, B21C37/08 D, B21D5/06, E04B1/24 C, E04B1/24 E, C21D8/10 B, E04C3/32

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. B21C37/08, B21D5/06, C21D8/02, C21D8/10, E04C3/32, 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	WO 2018/110152 A1 (JFE STEEL CORP.) 21 June 2018, entire text	1-5
A	JP 2018-95904 A (JFE STEEL CORP.) 21 June 2018, entire text	1-5
A	JP 2018-53281 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 05 April 2018, entire text, all drawings	1-5
A	JP 2016-11439 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 21 January 2016, entire text, all drawings	1-5
A	JP 2014-31546 A (JFE STEEL CORP.) 20 February 2014, entire text, all drawings	1-5

☒ 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
02.04.2020

Date of mailing of the international search report
14.04.2020

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

International application No.

PCT/JP2020/003842

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-69039 A (NKK CORP.) 23 March 1993, entire text, all drawings	1-5
A	KR 10-2014-0118313 A (HYUNDAI STEEL COMPANY) 08 October 2014, entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/003842

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/110152 A1	21.06.2018	CN 110073018 A entire text KR 10-2019-0085027 A	
JP 2018-95904 A	21.06.2018	(Family: none)	
JP 2018-53281 A	05.04.2018	(Family: none)	
JP 2016-11439 A	21.01.2016	(Family: none)	
JP 2014-31546 A	20.02.2014	(Family: none)	
JP 5-69039 A	23.03.1993	(Family: none)	
KR 10-2014- 0118313 A	08.10.2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B21C 37/08(2006.01)i; B21D 5/06(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i; C21D 8/10(2006.01)i; E04C 3/32(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i; E04B 1/24(2006.01)i FI: C22C38/00 301Z; C22C38/06; C22C38/58; C21D8/02 B; B21C37/08 D; B21D5/06; E04B1/24 C; E04B1/24 E; C21D8/10 B; E04C3/32																							
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）） B21C37/08; B21D5/06; C21D8/02; C21D8/10; E04C3/32; 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			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													
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																						
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018/110152 A1 (JFEスチール株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2018-95904 A (JFEスチール株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2018-53281 A (新日鐵住金株式会社) 05.04.2018 (2018-04-05) 全文, 全図</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2016-11439 A (新日鐵住金株式会社) 21.01.2016 (2016-01-21) 全文, 全図</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2014-31546 A (JFEスチール株式会社) 20.02.2014 (2014-02-20) 全文, 全図</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 5-69039 A (日本鋼管株式会社) 23.03.1993 (1993-03-23) 全文, 全図</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			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 2018/110152 A1 (JFEスチール株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文	1-5	A	JP 2018-95904 A (JFEスチール株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文	1-5	A	JP 2018-53281 A (新日鐵住金株式会社) 05.04.2018 (2018-04-05) 全文, 全図	1-5	A	JP 2016-11439 A (新日鐵住金株式会社) 21.01.2016 (2016-01-21) 全文, 全図	1-5	A	JP 2014-31546 A (JFEスチール株式会社) 20.02.2014 (2014-02-20) 全文, 全図	1-5	A	JP 5-69039 A (日本鋼管株式会社) 23.03.1993 (1993-03-23) 全文, 全図	1-5
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 2018/110152 A1 (JFEスチール株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文	1-5																					
A	JP 2018-95904 A (JFEスチール株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文	1-5																					
A	JP 2018-53281 A (新日鐵住金株式会社) 05.04.2018 (2018-04-05) 全文, 全図	1-5																					
A	JP 2016-11439 A (新日鐵住金株式会社) 21.01.2016 (2016-01-21) 全文, 全図	1-5																					
A	JP 2014-31546 A (JFEスチール株式会社) 20.02.2014 (2014-02-20) 全文, 全図	1-5																					
A	JP 5-69039 A (日本鋼管株式会社) 23.03.1993 (1993-03-23) 全文, 全図	1-5																					
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																			
* 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 02.04.2020		国際調査報告の発送日 14.04.2020																					
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） 鈴木 葉子 4K 3557 電話番号 03-3581-1101 内線 3435																					

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	KR 10-2014-0118313 A (HYUNDAI STEEL COMPANY) 08.10.2014 (2014 - 10 - 08) 全文, 全図	1-5

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/JP2020/003842

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/110152	A1	21.06.2018	CN 110073018 A 全文 KR 10-2019-0085027 A	
JP	2018-95904	A	21.06.2018	(ファミリーなし)	
JP	2018-53281	A	05.04.2018	(ファミリーなし)	
JP	2016-11439	A	21.01.2016	(ファミリーなし)	
JP	2014-31546	A	20.02.2014	(ファミリーなし)	
JP	5-69039	A	23.03.1993	(ファミリーなし)	
KR	10-2014-0118313	A	08.10.2014	(ファミリーなし)	