

(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
2018年5月3日(03.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/079398 A1

(51) 国際特許分類:

C21D 8/10 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
B21C 37/08 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01) C22C 38/38 (2006.01)
C21D 9/08 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/037824

(22) 国際出願日: 2017年10月19日(19.10.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-207518 2016年10月24日(24.10.2016) 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: 荒谷 昌利 (ARATANI Masatoshi); 〒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). 小久保 信作(KOKUBO Shinsaku); 〒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). 堀 弘道(HORI Hiromichi); 〒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). 河端 良和(KAWABATA Yoshikazu); 〒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). 松井 亮二(MATSUI Ryoji); 〒1000011 東京都千

(54) Title: ELECTRIC RESISTANCE WELDED STEEL PIPE FOR HIGH-STRENGTH THIN HOLLOW STABILIZER AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管およびその製造方法

(57) Abstract: Provided is a method for manufacturing an electric resistance welded steel pipe for a high-strength thin hollow stabilizer. A hot rolled sheet is prepared by heating a steel material having a composition containing, on a mass basis, 0.20-0.40% of C, 0.1-1.0% of Si, 0.1-2.0% of Mn, 0.01-0.10% of Al, 0.01-1.0% of Cr, 0.01-0.05% of Ti, 0.0005-0.0050% of B, 0.0001-0.0050% of Ca, and 0.010% or less of N to a temperature of 1000-1300°C, terminating hot rolling at 750-950 °C, cooling, winding the steel material into a coil shape at 500-650 °C, and then skin pass rolling at a rolling reduction of 0.3% or more. The hot rolled sheet is electric resistance welded into an electric resistance welded steel pipe, reheated to a temperature of 800-110 °C and then subjected to hot reducing at a hot rolling termination temperature of 850 °C or lower at a cumulative diameter reduction ratio of 75% or less. This results in a thin electric resistance welded steel pipe wherein a decarburized layer on the inner surface side of the pipe extends 120 μm or less in the thickness direction from the surface, the inner surface of the pipe has a surface roughness Ra of 0.01-5.0 μm, and the YR is 65% or more. The thin pipe product has a hardness of 450 HV or more when measured as Vickers hardness after quenching/tempering and has excellent fatigue resistance characteristics.

(57) 要約: 高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法を提供する。質量%で、C: 0.20~0.40%、Si: 0.1~1.0%、Mn: 0.1~2.0%、Al: 0.01~0.10%、Cr: 0.01~1.0%、Ti: 0.01~0.05%、B: 0.0005~0.0050%、Ca: 0.0001~0.0050%、N: 0.010%以下を含む組成の鋼素材を、1000~1300℃の温度に加熱したのち、750~950℃で熱間圧延を終了し、冷却して、500~650℃でコイル状に巻き取り、ついで圧下率: 0.3%以上のスキnpas圧延を施した熱延板を電縫造管して電縫鋼管とし、ついで800~1100℃の温度に再加熱したのち、圧延終了温度: 850℃以下、累積縮径率: 75%以下の熱間縮径圧延を施す。これにより、管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に120μm以下で、管内面の表面粗さRaが0.01~5.0μmで、YR65%以上の薄肉電縫鋼管となり、焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで450HV以上で、耐疲労特性に優れた薄肉の製品管となる。



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テクノロジー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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、自動車のスタビライザー用として好適な電縫鋼管に係り、とくに高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の耐疲労特性の向上する高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管およびその製造方法に関する。なお、ここでいう「薄肉」とは、肉厚 t : 6mm以下で、かつ肉厚 t (mm) と外径 D (mm) との比、 t/D が0.2以下である場合をいうものとする。

背景技術

[0002] 従来から、自動車のほとんどに、コーナリング時の車体のローリングを緩和したり、高速走行時の走行安定性を保持するために、スタビライザーが装着されている。しかも、最近では、地球環境の保全という観点から、自動車の燃費向上が要望され、自動車車体の軽量化が進められている。自動車車体の軽量化のために、自動車部材のひとつであるスタビライザーにおいても、鋼管を用いた中空スタビライザーが一般的となっている。

[0003] このような中空スタビライザーは、通常、継目無鋼管や電縫溶接鋼管（以下、電縫鋼管ともいう）を素材として、冷間で所望の形状に成形したのち、焼入れまたは焼入れ焼戻等の調質処理を施されて製品とされる。なかでも、電縫鋼管は、比較的安価でしかも寸法精度に優れることから、中空スタビライザー用素材として、広く利用されている。

[0004] 例えば、特許文献1には、耐疲労特性に優れた中空スタビライザーの製造方法が記載されている。特許文献1に記載された技術では、質量％で、C : 0.2~0.38%、Si : 0.35%以下、Mn : 0.3~1.5%、Al : 0.1%以下、Ti : 0.005~0.1%、B : 0.0005~0.005%を含む組成の溶接鋼管に、好ましくは800~1000℃の範囲の温度に加熱する加熱処理を施したのち圧延温度 : 600~850℃で累積縮径率 : 40%以上の絞り圧延を施し、さらに冷間曲げ加工によりスタビ

ライザー形状に成形する成形工程と、焼入れ処理および焼戻処理を施す熱処理工程とを順次施し、中空スタビライザーとするとしている。特許文献1に記載された技術によれば、安価な方法で耐疲労特性を向上させることができるとしている。

[0005] また、特許文献2には、高強度中空スタビライザー用鋼管が記載されている。特許文献2に記載された鋼管は、質量%で、C : 0.20~0.38%、Si : 0.10~0.50%、Mn : 0.30~2.00%、Al : 0.01~0.10%、W : 0.01~1.50%、B : 0.0005~0.0050%を含みさらにTi、Nを、Ti : 0.001~0.04%、N : 0.0010~0.0100%の範囲で、かつ $N/14 < Ti/47.9$ を満足するように含有する組成を有し、焼入れ処理後、あるいは焼入れ焼戻処理後の強度-靱性バランスに優れる、高強度中空スタビライザー用電縫鋼管である。特許文献2に記載された技術によれば、従来得られなかったような400HVを超える高硬度で、強度-靱性バランスに優れた、中空スタビライザーを容易に製造できるとしている。

[0006] また、特許文献3には、質量%で、C : 0.15~0.40%、Si : 0.05~0.50%、Mn : 0.30~2.00%、Al : 0.01~0.10%、Ti : 0.001~0.04%、B : 0.0005~0.0050%、N : 0.0010~0.0100%を含み、かつTi、Nが、 $(N/14) < (Ti/47.9)$ を満足するように含有する組成を有し、電縫溶接部のボンド幅が25 μm 以下である偏平性に優れた熱処理用電縫溶接鋼管が記載されている。そして、その製造方法として、上記した組成を有する鋼管素材を成形し略円筒状のオープン管としたのち、該オープン管の端部同士を突き合わせて高周波抵抗溶接によりボンド幅が30~65 μm となるように入熱を調整して電縫溶接し電縫溶接鋼管とし、ついで、該電縫溶接鋼管に、Ac3変態点以上の温度に加熱し、外径比で圧下率： $(1 - 25 / \text{縮径圧延前ボンド幅}(\mu\text{m})) \times 100\%$ 以上の縮径圧延を施し、ボンド幅を25 μm 以下とする、偏平性に優れた熱処理用電縫溶接鋼管の製造方法が記載されている。特許文献3に記載された製造方法で得られた電縫溶接鋼管は、中空スタビライザー等の焼入れ処理を施される用途に好適であるとしている。特許文献3に記載された電縫溶接鋼管は、電縫

溶接部の減炭層幅が狭いため、急速短時間加熱による焼入れ処理を施しても、電縫溶接部の焼入れ硬さの低下を抑制でき、耐久性に優れた中空スタビライザーとすることができるとしている。

[0007] また、特許文献4には、好ましくは質量%で、C : 0.15~0.5%、Si : 0.1~0.4%、Mn : 0.3~2.0%、Ti : 0.005~0.05%、Al : 0.005~0.05%、B : 0.0005~0.0050%、N : 0.001~0.006%を含有する組成の、鋼管の管内に、1~20質量%のアルカリ金属炭酸塩を含有し、残部が木炭、黒鉛、石炭、コークスの1種または2種以上と不可避免的不純物とからなる固体浸炭処理剤を、管内面の表面積1mm²あたり0.05μg以上挿入し、両端に栓を取り付け、誘導加熱し熱間で縮径圧延する、疲労強度に優れる鋼管の製造方法が記載されている。特許文献4に記載された技術では、管内面に固体浸炭処理剤を付着させて、熱間で縮径圧延を施すことにより、内面の脱炭層の形成を防止でき、疲労強度が増加し、中空スタビライザーなどの素材として好適な、疲労強度に優れる鋼管となるとしている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1 : 特開2005-076047号公報
特許文献2 : 特開2006-206999号公報
特許文献3 : 特開2008-208417号公報
特許文献4 : 特開2010-189758号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 最近の自動車車体の更なる軽量化の要望にともない、自動車車体部材の一つである中空スタビライザーにおいても、高強度化、さらには薄肉化が急速に進められている。そのため、中空スタビライザー用として、スタビライザー形状に成形され熱処理を施されたのちに優れた耐疲労特性を保持できる薄肉の電縫鋼管が求められている。ここでいう「薄肉」電縫鋼管とは、肉厚 t

: 6mm以下で、かつ肉厚 t (mm) と外径 D (mm) との比、 t/D が 0.2 以下の電縫鋼管をいう。

[0010] しかしながら、特許文献 1～4 のいずれにも、本発明でいう「薄肉」の鋼管について、さらには「薄肉」鋼管の耐疲労特性についての言及はなく、特許文献 1～4 に記載された各技術によっては、優れた耐疲労特性（耐ねじり疲労特性）を有する薄肉鋼管を得ることは難しいという問題があった。

[0011] 本発明は、このような従来技術の問題を解決し、高強度薄肉中空スタビライザー用として、鋼管の外径を D としたとき、肉厚 t : 6mm 以下で、かつ t/D が 0.2 以下の薄肉で、スタビライザー形状に成形され熱処理を施されたのちに耐疲労特性に優れた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。

[0012] なお、ここでいう「高強度」とは、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の肉厚方向の平均硬さで、ビッカース硬さで 450HV 以上である場合をいうものとする。なお、「焼入れ焼戻処理」は、焼入れ加熱温度 : 850～1000℃ で、水、焼入れ油等の冷媒に浸漬して急冷する焼入れ処理を施したのち、上記した高強度（ビッカース硬さ HV）が得られる焼戻温度、保持時間の範囲内で焼き戻し、空冷する処理とする。

[0013] また、ここでいう「耐疲労特性に優れた」とは、JIS Z 2273 の規定に準拠して両振りのねじり疲労試験を実施し 10^6 回の疲労強度が 450MPa 以上である場合をいうものとする。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らは、上記した目的を達成するため、薄肉鋼管の耐疲労特性に及ぼす各種要因について鋭意検討した。その結果、管内面の品質を向上させることが最も重要であることに思い至った。

[0015] というのは、薄肉の中空スタビライザー（薄肉鋼管）では、使用時には、管内面に発生する応力と管外面に発生する応力が近い応力を示すことになる。そのような状況では、外面にショットブラストが施され、外面側が硬化しさらに圧縮の残留応力が存在するように管外面のみが強化されると、使用

時に管内面からのき裂発生が懸念される。このような管内面からのき裂発生を防止し、耐疲労特性を向上させるためには、管内面の品質を向上させることが重要となる。

[0016] 管内面の品質を向上させる手段としては、冷間引抜加工が有効であると考えられるが、工程が複雑となり、製造コストが高騰するという問題がある。

[0017] そこで、本発明者らは、更なる検討を行った結果、管内面の脱炭層、管内面の表面粗さおよび曲げ加工部の偏平率など管内面の品質が、薄肉中空スタビライザー（薄肉鋼管）の耐疲労特性に大きく影響することに思い至った。管内面に脱炭層が存在すると、焼入れ処理を行っても内面近傍が十分に高硬度化せず、塑性変形が生じやすくなり、疲労き裂発生の起点となりやすい。このため、耐疲労特性の向上のためには、管内面の脱炭層を可能な限り低減することが好ましい。本発明者らは、脱炭層が管内表面から $120\mu\text{m}$ 以下であれば、疲労き裂発生を抑制することができることを見出し、本発明では、脱炭層は、管内表面から肉厚方向に $120\mu\text{m}$ 以下に限定することとした。なお、脱炭層は、望ましくは管内表面から $50\mu\text{m}$ 以下、さらに望ましくは管内表面から $30\mu\text{m}$ 以下であることがよい。

[0018] また、管内面の表面粗さが粗くなり管内面にしわが存在するようになると、応力集中の原因となる凹部が増加し、疲労き裂発生の起点となる場合がある。このため、耐疲労特性の向上のためには、表面粗さを低減することが好ましい。管内面の表面粗さ R_a が $0.01\sim 5.0\mu\text{m}$ であれば、管内面からの疲労き裂発生を抑制することができることを見出し、本発明では、管内面の表面粗さ R_a を $0.01\sim 5.0\mu\text{m}$ に限定することとした。なお、管内面の表面粗さ R_a は、望ましくは $2.0\mu\text{m}$ 以下であることがよい。また、望ましくは $0.07\mu\text{m}$ 以上であることがよい。

[0019] また、中空スタビライザー形状の曲げ加工部の偏平率が大きくなると、中空スタビライザー使用時に発生する繰返し荷重の負荷により、曲率半径が小さい部位に応力が集中し、耐久性が低下する懸念がある。そのため、曲げ加工部の偏平率が大きくならないように、降伏比を高める必要があることを知

見した。本発明者らは、更なる検討により、電縫鋼管の降伏比が65%以上であれば、耐久性が低下することが懸念されるほどに、曲げ加工部の偏平率が大きくなることはないことを見出した。

[0020] 本発明は、かかる知見に基づき、さらに検討を加えて完成されたものである。すなわち、本発明の要旨は次のとおりである。

(1) 鋼素材に、加熱工程と、熱間圧延工程と、スキンプス圧延工程と、を順次施し熱延板とし、さらに、該熱延板を鋼管素材として、該鋼管素材に、電縫造管工程を施し電縫鋼管とし、該電縫鋼管に、再加熱し熱間縮径圧延を施す熱間縮径圧延工程を施して製品管とする薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法であって、前記鋼素材が、質量%で、C : 0.20~0.40%、Si : 0.1~1.0%、Mn : 0.1~2.0%、P : 0.1%以下、S : 0.01%以下、Al : 0.01~0.10%、Cr : 0.01~1.0%、Ti : 0.01~0.05%、B : 0.0005~0.0050%、Ca : 0.0001~0.0050%、N : 0.010%以下を含み、残部Feおよび不可避免的不純物からなる組成を有し、前記鋼素材の前記加熱工程が、前記鋼素材を加熱温度 : 1000~1300℃の範囲の温度に加熱する工程であり、前記熱間圧延工程を、圧延終了温度 : 750~950℃で熱間圧延を終了し、冷却して、巻取温度 : 500~650℃でコイル状に巻き取る工程とし、前記スキンプス圧延工程を、圧下率 : 0.3%以上でスキンプス圧延を施す工程とし、前記熱間縮径圧延工程が、前記電縫鋼管を加熱温度 : 800~1100℃の温度に再加熱したのち、前記熱間縮径圧延を圧延終了温度 : 850℃以下、累積縮径率 : 75%以下である圧延とする工程であり、前記製品管が、管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に120 μ m以下で、管内面の表面粗さ R_a が0.01~5.0 μ mであり、降伏比 : 65%以上を有し、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで450HV以上で、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の耐疲労特性に優れる肉厚 t : 6mm以下で、かつ肉厚 t (mm) と外径 D (mm) との比、 t/D が0.2以下である高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

(2) (1) において、前記スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理

を施した後の硬さがビッカース硬さで550HV未満である高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

(3) (1) または (2) において、前記組成に加えてさらに、質量%で、Cu : 1%以下、Ni : 1%以下のうちから選ばれた1種または2種を含有する組成とする高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

(4) (1) ないし (3) において、前記組成に加えてさらに、質量%で、Nb : 0.05%以下、W : 0.05%以下、V : 0.5%以下のうちから選ばれた1種または2種以上を含有する組成とする高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

(5) (1) ないし (4) のいずれかにおいて、前記組成に加えてさらに、質量%で、REM : 0.02%以下を含有する高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

(6) 熱延鋼板製電縫鋼管にさらに、熱間縮径圧延を施してなる電縫鋼管であって、質量%で、C : 0.20~0.40%、Si : 0.1~1.0%、Mn : 0.1~2.0%、P : 0.1%以下、S : 0.01%以下、Al : 0.01~0.10%、Cr : 0.01~1.0%、Ti : 0.01~0.05%、B : 0.0005~0.0050%、Ca : 0.0001~0.0050%、N : 0.010%以下を含み、残部Feおよび不可避免的不純物からなる組成を有し、管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に120 μ m以下で、管内面の表面粗さR_aが0.01~5.0 μ mであり、降伏比 : 65%以上を有し、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで450HV以上未満で、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の耐疲労特性に優れる肉厚t : 6mm以下で、かつ肉厚t (mm) と外径D (mm) との比、t / Dが0.2以下である高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

(7) (6) において、前記スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで550HV未満である高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

(8) (6) または (7) において、前記組成に加えてさらに、質量%で、Cu : 1%以下、Ni : 1%以下のうちから選ばれた1種または2種を含有する

組成とする高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

(9) (6) ないし (8) のいずれかにおいて、前記組成に加えてさらに、質量%で、Nb : 0.05%以下、W : 0.05%以下、V : 0.5%以下のうちから選ばれた1種または2種以上を含有する組成とする高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

(10) (6) ないし (9) のいずれかにおいて、前記組成に加えてさらに、質量%で、REM : 0.02%以下を含有する高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで450HV以上550HV未満で、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の耐疲労特性に優れる、肉厚 t : 6mm以下で、かつ肉厚 t (mm) と外径 D (mm) の比、 t/D が0.2以下の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管を、容易に製造でき、産業上格段の効果を奏する。なお、本発明によれば、自動車車体の軽量化をさらに促進できるという効果もある。

発明を実施するための形態

[0022] 本発明高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管は、熱延鋼板を電縫造管して得られた電縫鋼管、すなわち熱延鋼板製電縫鋼管にさらに、熱間縮径圧延を施してなる電縫鋼管である。なお、ここでいう「熱間縮径圧延を施してなる電縫鋼管」とは、熱間縮径圧延を施された状態の電縫鋼管を意味する。ここでは、熱間縮径圧延後の電縫鋼管を特性・構造で表現するためには多大な労力を要し、实际的でないため、熱間縮径圧延を施された状態の電縫鋼管として表す。

[0023] まず、本発明で使用する熱延鋼板の製造方法について説明する。

鋼素材に、加熱工程と、熱間圧延工程と、スキンプス圧延工程と、を順次施し熱延板（熱延鋼板）とする。

使用する鋼素材は、質量%で、C : 0.20~0.40%、Si : 0.1~1.0%、Mn : 0

.1~2.0%、P : 0.1%以下、S : 0.01%以下、Al : 0.01~0.10%、Cr : 0.01~1.0%、Ti : 0.01~0.05%、B : 0.0005~0.0050%、Ca : 0.0001~0.0050%、N : 0.010%以下を含み、あるいはさらに、Cu : 1%以下、Ni : 1%以下のうちから選ばれた1種または2種、および／または、Nb : 0.05%以下、W : 0.05%以下、V : 0.5%以下のうちから選ばれた1種または2種以上、および／または、REM : 0.02%以下を含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなる組成を有する鋼素材とする。

[0024] つぎに、鋼素材の組成の限定理由について説明する。以下、組成における質量%は、とくに断りのない限り、単に%で記す。

[0025] C : 0.20~0.40%

Cは、焼入れ性の向上を介して、マルテンサイトの生成を促進するとともに、固溶して鋼の強度（硬さ）を増加させる作用を有し、中空スタビライザーの高強度化のために重要な元素である。本発明では、高強度（高硬さ）を確保するためには、Cは0.20%以上の含有を必要とする。一方、Cは0.40%を超えて多量に含有すると、焼入れ処理後の靱性が低下する。このため、Cは0.20~0.40%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Cは、0.22%以上であり0.38%以下である。より好ましくは、Cは、0.24%以上であり、0.37%以下である。

[0026] Si : 0.1~1.0%

Siは、脱酸剤として作用するとともに、固溶強化元素としても作用する。このような効果を得るためには、Siは0.1%以上の含有を必要とする。一方、Siは1.0%を超えて含有すると、焼入れ性が低下する。このため、Siは0.1~1.0%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Siは、0.12%以上であり、0.5%以下である。より好ましくは、Siは、0.15%以上であり、0.3%以下である。

[0027] Mn : 0.1~2.0%

Mnは、固溶して鋼の強度増加に寄与するとともに、鋼の焼入れ性を向上させる元素である。本発明では、所望の高強度（高硬さ）を確保するために、Mnは0.1%以上の含有を必要とする。一方、Mnは2.0%を超えて含有すると、残

留オーステナイト量が増加しすぎて、焼戻処理後の靱性が低下する。このため、Mnは0.1~2.0%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Mnは、0.3%以上であり、1.7%以下である。より好ましくは、Mnは、0.4%以上である。

[0028] P : 0.1%以下

Pは、不純物として存在し、粒界等に偏析し、溶接割れ性、靱性に悪影響を及ぼす元素である。中空スタビライザー用としては、Pは0.1%以下に低減することが必要となる。なお、好ましくは、Pは0.05%以下である。一方、Pを必要以上に低減することは、強度の低下、および製造コストの上昇を招く恐れがある。よって、好ましくは、Pは、0.001%以上である。

[0029] S : 0.01%以下

Sは、鋼中では硫化物系介在物として存在し、熱間加工性、靱性、耐疲労特性を低下させる元素である。中空スタビライザー用としては、Sは0.01%以下に低減することが必要となる。なお、好ましくは、Sは0.005%以下である。一方、Sを必要以上に低減することは、製造コストの上昇を招く恐れがある。よって、好ましくは、Sは0.0001%以上である。

[0030] Al : 0.01~0.10%

Alは、脱酸剤として作用するとともに、Nと結合し、焼入れ性向上に有効な固溶B量を確保する効果を有する。また、Alは、AlNとして析出し、焼入れ加熱時のオーステナイト粒の粗大化を防止する作用を有する。このような効果を得るためには、Alは0.01%以上の含有を必要とする。一方、Alは0.10%を超えて多量に含有すると、酸化物系介在物量が増加し、疲労寿命を低下させる場合がある。このため、Alは0.01~0.10%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Alは、0.015%以上であり、0.05%以下である。より好ましくは、Alは、0.02%以上であり、0.045%以下である。

[0031] Cr : 0.01~1.0%

Crは、鋼の焼入れ性を向上させるとともに、耐食性の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は、Crは0.01%以上の含有を必要とする。一方、Crは1.0%を超えて含有しても、効果が飽和し含有量に見合う効果

が期待できず、経済的に不利となるうえ、電縫溶接性が低下する。このため、Crは0.01~1.0%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Crは、0.10%以上であり、0.8%以下である。より好ましくは、Crは、0.12%以上であり、0.5%以下である。

[0032] Ti : 0.01~0.05%

Tiは、Nと結合し、焼入れ性向上に有効な固溶B量を確保する効果を有する。また、Tiは、微細な炭化物として析出し、焼入れ等の熱処理時に、オーステナイト粒の微細化に寄与し、耐疲労特性の向上に寄与する。このような効果を得るためには、Tiは0.01%以上の含有を必要とする。一方、Tiが0.05%を超える含有は、介在物が増加し靱性が低下する。このため、Tiは0.01~0.05%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Tiは、0.011%以上であり、0.04%以下である。より好ましくは、Tiは、0.012%以上であり0.038%以下である。

[0033] B : 0.0005~0.0050%

Bは、微量で鋼の焼入れ性を向上させる有効な元素である。また、Bは、粒界を強化する作用を有し、P偏析による粒界脆化を抑制する。このような効果を得るために、Bは0.0005%以上の含有を必要とする。一方、Bは0.0050%を超えて含有しても、効果が飽和し経済的に不利となる。このため、Bは0.0005~0.0050%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Bは、0.0008%以上であり、0.0030%以下である。より好ましくは、Bは、0.0010%以上であり、0.0025%以下である。

[0034] Ca : 0.0001~0.0050%

Caは、硫化物系介在物の形態を微細な、略球形の微細な介在物に制御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、Caは0.0001%以上の含有を必要とする。一方、Caは0.0050%を超えて多量に含有すると、介在物量が多くなりすぎて、かえって耐疲労特性が低下する。このため、Caは0.0001~0.0050%の範囲に限定した。なお、好ましくは、Caは、0.0005%以上であり、0.0030%以下である。

[0035] N : 0.010%以下

Nは、鋼中に不可避免的に含有される元素であるが、鋼中の窒化物形成元素と結合し、結晶粒の粗大化の抑制、さらには焼戻後の強度増加に寄与する。

しかし、Nが0.010%を超える含有は、電縫溶接部の靱性を低下させる。このため、Nは0.010%以下に限定した。なお、好ましくは、Nは0.0050%以下である。より好ましくは、Nは、0.0005%以上であり、0.0040%以下である。

[0036] 上記した成分が基本の成分であり、本発明では、この基本の組成に加えてさらに、選択元素として、必要に応じて、Cu : 1%以下、Ni : 1%以下のうちから選ばれた1種または2種、および／または、Nb : 0.05%以下、W : 0.05%以下、V : 0.5%以下のうちから選ばれた1種または2種以上、および／または、REM : 0.02%以下を含有できる。

[0037] Cu : 1%以下、Ni : 1%以下のうちから選ばれた1種または2種

Cu、Niはいずれも、焼入れ性を向上させるとともに、耐食性を向上させる元素であり、必要に応じて選択して含有できる。このような効果を得るためには、それぞれCu : 0.01%以上、Ni : 0.01%以上の含有を必要とする。一方、Cu、Niはいずれも高価な元素であり、Cu : 1%、Ni : 1%をそれぞれ超えて含有すると、材料コストの高騰を招く。このため、含有する場合には、それぞれCu : 1%以下、Ni : 1%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは、それぞれCu : 0.1~0.5%、Ni : 0.1~0.5%である。

[0038] Nb : 0.05%以下、W : 0.05%以下、V : 0.5%以下のうちから選ばれた1種または2種以上

Nb、W、Vはいずれも、微細な炭化物を形成して強度（硬さ）の増加に寄与する元素であり、必要に応じて選択して含有できる。このような効果を得るためには、Nb : 0.001%以上、W : 0.01%以上、V : 0.01%以上、それぞれ含有することが望ましい。一方、Nb : 0.05%、W : 0.05%、V : 0.5%を超えて含有しても、効果が飽和し、含有量に見合う効果が期待できず、経済的に不利となるうえ、炭化物が粗大化しやすくなり、靱性に悪影響を及ぼす。このため、含有する場合には、Nb : 0.05%以下、W : 0.05%以下、V : 0.5%以

下にそれぞれ限定することが好ましい。なお、より好ましくは、それぞれNb : 0.001~0.03%、W : 0.01~0.03%、V : 0.01~0.3%である。

[0039] REM : 0.02%以下

REMは、Caと同様に、硫化物系介在物の形態を微細な略球形の介在物に制御する作用を有する元素である。本発明では、Caの作用を補完する観点から、REMは0.0005%以上含有することが望ましい。一方、REMは0.02%を超えて含有すると、介在物量が多くなりすぎて、延性、靱性が低下する。このため、含有する場合には、REMは0.02%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは、REMは0.001~0.01%である。

[0040] 上記した成分以外の残部は、Feおよび不可避免の不純物からなる。なお、不可避免の不純物として、O（酸素） : 0.005%以下に調整することが好ましい。O（酸素）は、鋼中では酸化物系介在物として存在し、加工性、靱性、耐疲労性等を低下させるため、0.005%以下に調整することが好ましい。なお、より好ましくは0.002%以下である。

[0041] 本発明では、鋼素材の製造方法はとくに限定する必要はなく、常用の方法がいずれも適用できる。なお、上記した組成の溶鋼を、転炉、電気炉等の常用の溶製炉で溶製し、連続鑄造法等の常用の鑄造方法でスラブ等の鑄片（鋼素材）とすることが、生産性の観点から好ましい。なお、造塊一分塊圧延により鋼片（鋼素材）としてもなんら問題はない。

[0042] 得られた鋼素材に、まず、加熱工程を施す。

加熱工程では、鋼素材を加熱温度 : 1000~1300℃の範囲の温度に加熱する。

加熱温度が、1000℃未満では、鑄造段階で析出した炭化物等の析出物を完全に固溶することができず、所望の高強度（高硬さ）を確保することができない。一方、加熱温度が1300℃を超えて高温となると、結晶粒の粗大化が著しくなり、所望の耐疲労特性を確保できなくなる。このため、加熱工程における加熱温度は1000~1300℃の範囲の温度に限定した。なお、好ましくは、加熱温度は1100~1250℃である。

[0043] 加熱された鋼素材には、ついで、熱間圧延工程を施す。

熱間圧延工程では、圧延終了温度を750～950℃の範囲の温度とする熱間圧延を施し、所定寸法の熱延板とする。

[0044] 圧延終了温度：750℃～950℃

圧延終了温度が、750℃未満では、熱延板が硬質化し加工性が低下する。一方、圧延終了温度が950℃を超える高温では、表面肌が粗くなり、同時に表面脱炭が著しい。このため、熱間圧延工程の圧延終了温度は750～950℃の範囲に限定した。なお、好ましくは、圧延終了温度は800～880℃である。圧延終了温度を上記した温度範囲内に調整することにより、本発明が対象とする薄肉鋼板では、圧延後の冷却中にパーライト変態が完了し、巻き取り後にパーライト変態が生じることはない。巻き取り後にパーライト変態が生じると、パーライト変態が発熱反応であるため、熱延板は高温域で長時間保持されることになり、板表面での脱炭が進行する。このため、パーライト変態を極力、巻き取り前の、ランアウトテーブル上で進行させておくことが、電縫鋼管内面の脱炭層厚さを小さくすることに繋がる。

[0045] 熱間圧延工程では、圧延終了後、熱延板を冷却し、巻取温度：500～650℃でコイル状に巻き取る。なお、巻取温度が、上記した温度範囲を低温側に外れると、熱延板が硬質化し加工性が低下する。一方、上記した温度範囲を高温側に外れると、表面脱炭が著しくなり、耐疲労特性が低下する。このため、巻取温度は500～650℃の範囲の温度とした。なお、好ましくは、巻取温度は500～620℃である。

[0046] 得られた熱延板に、スキンプス圧延工程を施す。

なお、本発明では、得られた熱延板に、板酸洗工程を施し、表面に生成した酸化スケールを除去し、しかるのちにスキンプス圧延工程を施してもよい。板表面に酸化スケールが残存していると、その後の加熱・圧延工程で脱炭層が形成される恐れがある。なお、酸洗液は、常用の酸洗液である塩酸、硫酸、あるいはそれらの混合したものとするのが好ましい。

[0047] スキンプス圧延工程では、好ましくは板酸洗工程後の熱延板に、圧下率：0

.3%以上でスキンプス圧延を施す。スキンプス圧延により、熱延板表面に生成した脱炭層を潰して薄肉化するとともに、板表面の表面粗さを低減する。圧下率：0.3%未満では、脱炭層の薄肉化が不十分となるうえ、表面粗さ R_a を $5.0\mu\text{m}$ 以下とすることができない。このため、スキンプス圧延の圧下率は0.3%以上とした。一方、スキンプス圧延の圧下率は1.5%を超えると、圧延の負荷が大きくなる。このため、スキンプス圧延の圧下率は1.5%以下が好ましい。なお、好ましくは、スキンプス圧延の圧下率は0.3～1.0%である。

[0048] 上記した工程で得られた熱延鋼板（熱延板）を鋼管素材として、該鋼管素材に電縫造管工程を施し電縫鋼管とする。電縫造管工程は、とくに限定する必要はないが、熱延鋼板（鋼管素材）を複数のロールを用い冷間で連続的に略円筒状のオープン管に成形し、該オープン管の円周方向端部同士を圧接し、電縫溶接する工程とすることが好ましい。

[0049] 本発明では、得られた電縫鋼管にさらに、熱間縮径圧延工程を施す。

熱間縮径圧延工程は、電縫鋼管を加熱温度：800～1100℃の温度に再加熱したのち、圧延終了温度：850℃以下、累積縮径率：75%以下である縮径圧延を施す工程とする。

[0050] 本発明における熱間縮径圧延工程は、所望の製品サイズの鋼管とするとともに、高い加工性と均一な焼入れ性を確保するために行う。熱間縮径圧延を行うことにより母管とくらべ炭素量が低い溶接部の幅を狭くでき、均一な焼入れ性を有する鋼管となる。そのため、再加熱温度を800～1100℃の範囲の温度とし、縮径圧延の圧延終了温度を850℃以下の温度とする。

[0051] 再加熱温度が、上記した再加熱温度範囲から外れ、800℃未満では、溶接部の復炭が不十分となり、焼入れ性が低下する。一方、再加熱温度が1100℃を超えて高温では、表面脱炭が著しくなり、焼入れ処理後の表面硬さが低下する。なお、好ましくは、再加熱温度は、900℃以上であり、1050℃以下である。

[0052] また、縮径圧延の圧延終了温度が850℃を超えて高温となると、 α と γ との二相温度域の通過時間が長時間側となり、フェライト脱炭が進行するとともに

に、降伏比：65%以上を確保することができず、曲げ加工部の断面偏平率が高くなり、耐疲労特性が低下する。また、縮径圧延の圧延終了温度を850℃以下の温度とすることにより、圧延ロールとの接触による拔熱を利用でき、二相温度域の通過時間を短くすることができ、フェライト脱炭の進行を抑制することができる。このような観点から、縮径圧延の圧延終了温度は、850℃以下に限定した。なお、好ましくは、縮径圧延の圧延終了温度は845℃以下である。一方、縮径圧延の圧延終了温度が600℃未満では材料が硬くなり、加工性が低下する。このため、縮径圧延の圧延終了温度は600℃以上とすることが好ましい。より好ましくは、縮径圧延の圧延終了温度は700℃以上である。

[0053] また、累積縮径率が75%を超えて縮径率が大きくなると、管内面のしわ発生が顕著となり、耐疲労特性の低下を招く。このため、累積縮径率は75%以下に限定した。一方、累積縮径率は35%未満では本発明で目的とする強度が得られない。このため、累積縮径率は35%以上が好ましい。なお、好ましくは、累積縮径率は35～72%である。より好ましくは、累積縮径率は、45%以上であり、71%以下である

[0054] 熱間縮径圧延工程後に、本発明ではさらに管酸洗工程を施してもよい。管酸洗工程により、管表面、とくに管内面に形成されたスケールを除去する。なお、酸洗液は、常用の酸洗液である塩酸、硫酸、あるいはそれらを混合したものとするのが好ましい。

[0055] なお、上記した工程を経て、得られた電縫鋼管は、上記した組成を有し、管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に120 μ m以下で、管内面の円周方向の表面粗さR_aが0.01～5.0 μ mで、内面のしわが減少し、降伏比：65%以上を有する電縫鋼管となる。

[0056] 降伏比が65%未満では、電縫鋼管を冷間でスタビライザー形状に曲げ加工した際に、曲げ加工部の断面偏平率が大きくなり、中空スタビライザーとして使用した時の耐久性が低下する。降伏比：65%以上を有する本発明電縫鋼管であれば、曲げ加工部の断面偏平率が小さく、中空スタビライザーとして使用した時の耐久性の低下も認められない。なお、好ましくは、降伏比は66

%以上である。一方、降伏比が90%以上では、加工性が劣るためスタビライザーへの加工に支障がでる場合がある。このため、好ましくは、降伏比は90%以下である。降伏比は、より好ましくは85%以下であり、さらに好ましくは80%以下である。

[0057] また、本発明電縫鋼管は、管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に120 μm 以下で、管内面の円周方向の表面粗さ R_a が0.01~5.0 μm で、管内面のしわが減少した鋼管であり、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後において、管内面からのき裂発生を抑制でき、耐疲労特性が向上した薄肉電縫鋼管である。なお、本発明電縫鋼管においても、管外面側には、ショットブラスト処理を施し、外面の硬質化および圧縮残留応力の付与を図っておくことはいうまでもない。

[0058] また、上記した組成を有する本発明電縫鋼管は、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで450HV以上550HV未満でかつ耐疲労特性に優れた高強度薄肉電縫鋼管である。

なお、本発明において、焼入れ焼戻処理とは、焼入れ加熱温度：850~1000℃で、水、焼入れ油等の冷媒に浸漬して急冷する焼入れ処理を施したのち、上記した高強度（ビッカース硬さHV）が得られる焼戻温度、保持時間の範囲内で焼き戻し、空冷する処理とする。

焼入れ加熱温度が850℃未満では、肉厚の厚いスタビライザーの場合、全体に均一な焼き入れが施されない場合がある。一方、焼入れ加熱温度が1000℃超えでは、表面脱炭が生じやすくなり、本発明で目的とする焼き入れ硬さが得られないことがある。好ましくは、焼入れ加熱温度は、860℃以上であり、980℃以下である。

また、焼戻温度は上記した高強度（ビッカース硬さHV）が得られる温度とするが、焼戻温度が200℃未満では材料が脆化する場合がある。一方、420℃超えでは、本発明で目的とする硬さが得られない場合がある。より好ましくは、焼戻温度は200~420℃である。焼戻温度での保持時間は、上記した高強度（ビッカース硬さHV）が得られる保持時間とするが、焼戻温度での保持時間

が5min未満では均一な硬さが得られない場合がある。一方、60min超えでは生産性の低下を招く場合がある。より好ましくは、焼戻温度での保持時間は、10min以上であり、30min以下である。

なお、本発明では、上記したビッカース硬さの上限は550HV未満とすることが好ましい。ビッカース硬さが550HVを超えると、遅れ破壊を発生しやすくなる恐れがある。また、材料が脆化しやすくなる恐れがある。

[0059] 以下、実施例に基づき、さらに本発明について説明する。

実施例

[0060] 表1に示す組成の溶鋼を、転炉で溶製し、連続鋳造法で鋳片として、鋼素材とした。得られた鋼素材に、表2に示す加熱温度に加熱する加熱工程と、表2に示す圧延終了温度の熱間圧延と表2に示す巻取温度で巻き取る熱間圧延工程と、表2に示す板酸洗工程と、さらに、表2に示す圧下率のスキンプラス圧延工程と、を施し、表2に示す板厚の熱延鋼板とした。なお、一部では板酸洗工程は行わなかった。酸洗液は塩酸とした。

[0061] ついで、得られた熱延鋼板を鋼管素材として、冷間で、複数のロールで連続的に成形し、略円筒状のオープン管とした。ついで、該オープン管の円周方向端部同士を圧接し、高周波電気抵抗溶接法を用いて電縫溶接して、表3に示す寸法形状の電縫鋼管とした。

[0062] そしてさらに、得られた電縫鋼管に、表3に示す加熱温度に再加熱したのち、熱間縮径圧延機で表3に示す縮径率で縮径圧延する熱間縮径圧延工程と表3に示す管酸洗工程を施して、表3に示す寸法の製品管（電縫鋼管）とした。なお、一部では管酸洗工程を実施した。酸洗液は硫酸とした。

[0063] 得られた製品管（電縫鋼管）から、組織観察用試験片（観察面が管軸方向に直交する断面）を採取し、研磨し、管内面近傍の炭素量をEPMを用いて測定した。炭素量は、管内面表面基点として、肉厚方向に1mmの位置まで測定した。そして、製品管の平均C量を基準として、平均C量の90%以下となった領域を脱炭層とし、脱炭層の肉厚方向の深さを脱炭層深さ（ μm ）とした。

- [0064] また、製品管から、管内面の表面粗さ測定用試験片を採取し、表面粗さ計を用い、管内面円周方向の表面粗さを測定した。なお、表面粗さ測定は、JIS B 0601-2001の規定に準拠して、管内面円周方向の表面粗さ R_a (μm) を測定した。
- [0065] また、製品管から、管軸方向が引張方向となるように、JIS 11号試験片を採取し、JIS Z 2241の規定に準拠して引張試験を実施し、引張特性（降伏比（ $YR : YR = YS / TS \times 100$ （％）、 YS ：降伏強さ、 TS ：引張強さ））を求めた。
- [0066] また、製品管から、試験材（管材）を採取し、スタビライザー形状への加工を模擬した成形を加えたのち、表3に示す条件で熱処理（焼入れ焼戻処理）を施した。
- [0067] なお、焼入れ処理は、鋼管外表面が表3に示す焼入加熱温度となるように、通電加熱したのち、水槽に浸漬する処理とした。焼入れ処理後、表3に示す温度で20min間保持する焼戻処理を施した。
- [0068] 熱処理後の試験片（管材）から、硬さ測定用試験片を採取し、管軸方向に垂直な面（C断面）を研磨して、硬さ測定を行った。管内面を起点とし肉厚方向に0.1mmピッチで、JIS Z 2244に準拠してビッカース硬さ測定を行った。硬さ測定は、ビッカース硬度計（荷重：500gf（4.9N））を用いてビッカース硬さHV0.5を測定した。得られた硬さを算術平均して当該鋼管の熱処理後硬さ（平均硬さ）とした。
- [0069] また、熱処理後の試験片（管材）から、疲労試験片を採取し、JIS Z 2273の規定に準拠して両振りのねじれ疲労試験を実施し、 10^6 回の疲労強度（MPa）を求めた。
- [0070] 得られた結果を表4に示す。
- [0071]

[表1]

鋼 No.	化 学 成 分 (質量%)														備 考
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	B	Ca	N	Cu,Ni	Nb,W,V	REM	
A	0.26	0.19	0.5	0.01	0.002	0.03	0.30	0.015	0.002	0.0002	0.003	—	—	—	適合例
B	0.26	0.19	1.3	0.01	0.002	0.03	0.15	0.035	0.002	0.0020	0.003	—	—	—	適合例
C	0.26	0.19	1.3	0.01	0.002	0.03	0.15	0.035	0.002	0.0020	0.003	Cu:0.2	—	—	適合例
D	0.34	0.19	1.4	0.01	0.002	0.03	0.15	0.035	0.002	0.0020	0.003	—	—	—	適合例
E	0.34	0.19	1.4	0.01	0.002	0.03	0.15	0.035	0.002	0.0020	0.003	Ni:0.2	Nb:0.015	—	適合例
F	0.34	0.19	1.4	0.01	0.002	0.03	0.15	0.035	0.002	0.0020	0.003	—	W:0.03,V:0.1	0.002	適合例
G	0.15	0.19	0.6	0.01	0.002	0.03	0.15	0.035	0.002	0.0020	0.003	—	—	—	比較例
H	0.34	0.19	0.02	0.01	0.002	0.03	—	0.035	0.002	0.0020	0.003	—	—	—	比較例
I	0.26	0.19	1.3	0.01	0.002	0.03	0.10	—	0.002	0.0020	0.003	—	—	—	比較例

[表2]

鋼板 No.	鋼 No.	加熱工程 加熱温度 (℃)	熱間圧延工程		板酸洗工程 有無	スキンパス 圧下率 (%)	板厚 (mm)	備考
			圧延終了温度 (℃)	巻取温度 (℃)				
A1	A	1200	840	550	無	0.7	5.0	適合例
B1	B	1150	850	500	無	0.7	5.0	適合例
C1	C	1250	860	550	有	0.7	5.0	適合例
D1	D	1150	840	600	無	0.7	5.0	適合例
E1	E	1200	830	580	無	0.7	5.0	適合例
F1	F	1180	850	520	有	0.7	5.0	適合例
G1	G	1190	820	550	無	0.7	5.0	比較例
H1	H	1200	840	540	無	0.7	5.0	比較例
I1	I	1150	830	510	無	0.7	5.0	比較例
A2	A	1310	830	550	無	0.7	5.0	比較例
A3	A	1200	960	550	無	0.7	5.0	比較例
A4	A	1200	850	700	無	0.7	5.0	比較例
A5	A	1200	850	550	無	0.1	5.0	比較例

[0073]

[表3]

鋼管 No.	鋼板 No.	鋼 No.	電縫鋼管		熱間縮径圧延工程		管酸洗 有無	製品管		熱処理			備 考
			外径φ×肉厚 (mm)	再加熱温度 (°C)	縮径率 (%)	圧延終了温度 (°C)		外径φ×肉厚 (mm)	t/D **	焼入れ加熱温度 (°C)	冷却	焼戻温度 (°C)	
1	A1	A	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	適合例
2	B1	B	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	280	適合例
3	C1	C	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	250	適合例
4	D1	D	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	適合例
5	E1	E	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	280	適合例
6	F1	F	89.1φ×4.5	950	71	800	有	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	250	適合例
7	G1	G	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	280	比較例
8	H1	H	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	280	比較例
9	I1	I	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	280	比較例
10	A2	A	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	比較例
11	A3	A	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	比較例
12	A4	A	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	比較例
13	A5	A	89.1φ×4.5	950	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	比較例
14	A1	A	89.1φ×4.5	1110	71	800	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	比較例
15	D1	D	89.1φ×4.5	980	71	900	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	300	比較例
16	D1	D	89.1φ×4.5	950	71	830	無	25.4φ×4.0	0.16	950	水冷	450	比較例
17	A1	A	89.1φ×4.5	950	36	800	無	57.0φ×4.5	0.08	950	水冷	300	適合例
18	A1	A	89.1φ×4.5	950	36	900	無	57.0φ×4.5	0.08	950	水冷	300	比較例

**):t:肉厚、D:外径

[0074] [表4]

鋼管 No.	鋼板 No.	鋼 No.	製品管			熱処理後の特性		備考
			脱炭層深さ (μm)	表面粗さ Ra * (μm)	降伏比 (%)	平均硬さ HV0.5	耐疲労特性 疲労強度 (MPa)	
1	A1	A	—	1.1	68	460	480	本発明例
2	B1	B	10	1.2	70	480	490	本発明例
3	C1	C	15	1.0	71	500	520	本発明例
4	D1	D	—	1.5	70	480	500	本発明例
5	E1	E	—	1.0	66	500	510	本発明例
6	F1	F	10	1.2	68	520	530	本発明例
7	G1	G	20	1.0	69	380	380	比較例
8	H1	H	10	1.0	70	420	430	比較例
9	I1	I	10	1.3	65	420	430	比較例
10	A2	A	150	7.0	70	450	320	比較例
11	A3	A	140	7.2	66	440	430	比較例
12	A4	A	140	6.5	68	440	430	比較例
13	A5	A	25	5.6	68	440	440	比較例
14	A1	A	150	7.0	66	450	410	比較例
15	D1	D	160	6.8	60	450	450	比較例
16	D1	D	150	3.0	67	340	320	比較例
17	A1	A	10	1.0	67	460	490	本発明例
18	A1	A	150	3.0	60	340	320	比較例

*)管内面円周方向

[0075] 本発明例はいずれも、焼入れ焼戻処理後の硬さが450HV以上であり高強度（高硬さ）でしかも、両振りねじり疲労試験の疲労強度が450MPa以上と耐疲労特性に優れており、薄肉の中空スタビライザー用として好適な電縫鋼管となっている。

一方、本発明の範囲を外れる比較例は、焼入れ焼戻処理後の硬さが450HV未満であり所望の高強度（高硬さ）を確保できていないか、耐疲労特性が450MPa未満と低下している。

請求の範囲

[請求項1]

鋼素材に、加熱工程と、熱間圧延工程と、スキンプス圧延工程と、を順次施し熱延板とし、さらに、該熱延板を鋼管素材として、該鋼管素材に、電縫造管工程を施し電縫鋼管とし、該電縫鋼管に、再加熱し熱間縮径圧延を施す熱間縮径圧延工程を施して製品管とする薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法であって、
前記鋼素材が、質量％で、

C : 0.20～0.40％、

Si : 0.1～1.0％、

Mn : 0.1～2.0％、

P : 0.1％以下、

S : 0.01％以下、

Al : 0.01～0.10％、

Cr : 0.01～1.0％、

Ti : 0.01～0.05％、

B : 0.0005～0.0050％、

Ca : 0.0001～0.0050％、

N : 0.010％以下

を含み、残部Feおよび不可避免的不純物からなる組成を有し、

前記鋼素材の前記加熱工程が、前記鋼素材を加熱温度：1000～1300℃の範囲の温度に加熱する工程であり、

前記熱間圧延工程を、圧延終了温度：750～950℃で熱間圧延を終了し、冷却して、巻取温度：500～650℃でコイル状に巻き取る工程とし、前記スキンプス圧延工程を、圧下率：0.3％以上でスキンプス圧延を施す工程とし、

前記熱間縮径圧延工程が、前記電縫鋼管を加熱温度：800～1100℃の温度に再加熱したのち、前記熱間縮径圧延を圧延終了温度：850℃以下、累積縮径率：75％以下である圧延とする工程であり、

前記製品管が、管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に120μm以下で、管内面の表面粗さR_aが0.01～5.0μmであり、

降伏比：65％以上を有し、

スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで450HV以上で、

スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の耐疲労特性に優れる肉厚 t : 6mm以下で、かつ肉厚 t (mm) と外径 D (mm) との比、 t/D が0.2以下である高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

[請求項2] 上記スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで550HV未満である請求項1に記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

[請求項3] 前記組成に加えてさらに、質量%で、
Cu : 1%以下、 Ni : 1%以下
のうちから選ばれた1種または2種を含有する組成とする請求項1または2に記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

[請求項4] 前記組成に加えてさらに、質量%で、
Nb : 0.05%以下、 W : 0.05%以下、
V : 0.5%以下
のうちから選ばれた1種または2種以上を含有する組成とする請求項1ないし3のいずれかに記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

[請求項5] 前記組成に加えてさらに、質量%で、REM : 0.02%以下を含有する請求項1ないし4のいずれかに記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管の製造方法。

[請求項6] 熱延鋼板製電縫鋼管にさらに、熱間縮径圧延を施してなる電縫鋼管であって、質量%で、

C : 0.20~0.40%、	Si : 0.1~1.0%、
Mn : 0.1~2.0%、	P : 0.1%以下、
S : 0.01%以下、	Al : 0.01~0.10%、
Cr : 0.01~1.0%、	Ti : 0.01~0.05%、
B : 0.0005~0.0050%、	Ca : 0.0001~0.0050%、

N : 0.010%以下

を含み、残部Feおよび不可避免的不純物からなる組成を有し、

管内面側の脱炭層が表面から肉厚方向に $120\mu\text{m}$ 以下で、管内面の表面

粗さ R a が $0.01 \sim 5.0 \mu\text{m}$ であり、

降伏比：65%以上を有し、

スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビツ

カーブ硬さで450HV以上で、スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻

処理を施した後の耐疲労特性に優れる肉厚 t : 6mm以下で、かつ肉厚

t (mm) と外径 D (mm) との比、 t/D が 0.2 以下である高強度薄肉

中空スタビライザー用電縫鋼管。

【請求項7】 上記スタビライザー形状に成形し焼入れ焼戻処理を施した後の硬さがビッカース硬さで550HV未満である請求項6に記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

〔請求項8〕 前記組成に加えてさらに、質量%で、

Cu : 1%以下、

Ni : 1%以下

のうちから選ばれた１種または２種を含有する組成とする請求項６または７に記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

〔請求項9〕 前記組成に加えてさらに、質量%で、

Nb : 0.05%以下、

W : 0.05%以下、

V : 0.5%以下

のうちから選ばれた 1 種または 2 種以上を含有する組成とする請求項 6 ないし 8 のいずれかに記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

[請求項10] 前記組成に加えてさらに、質量％で、REM：0.02％以下を含有する請求項6ないし9のいずれかに記載の高強度薄肉中空スタビライザー用電縫鋼管。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C21D8/10 (2006.01) i, B21C37/08 (2006.01) i, C21D8/02 (2006.01) i,
C21D9/08 (2006.01) i, C21D9/46 (2006.01) i, C22C38/00 (2006.01) i,
C22C38/38 (2006.01) i, C22C38/58 (2006.01) i

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. C21D8/10, C21D9/08, C21D9/50, C21D8/02, C21D9/46, C22C38/00-38/60,
B21C37/08, B60G21/055

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/175821 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.)	6-9
Y	28 November 2013, claims, paragraph [0026], examples & US 2015/0176101 A1, claims, paragraph [0041], examples & EP 2857537 A1 & KR 10-2015-0013247 A & CN 104395487 A & MX 2014014205 A	1-10
Y	JP 2006-312773 A (JFE STEEL CORPORATION) 16 November 2006, claims, paragraphs [0001], [0048]-[0055] (Family: none)	1-10

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

* Special categories of cited documents:	"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
"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
10 January 2018 (10.01.2018)

Date of mailing of the international search report
23 January 2018 (23.01.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037824

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-217736 A (JFE STEEL CORPORATION) 30 August 2007, claims, paragraphs [0043]-[0053] (Family: none)	1-10
Y	JP 2003-201543 A (JFE STEEL CORPORATION) 18 July 2003, claims (Family: none)	3-5, 8-10
A	JP 2007-270349 A (NIPPON STEEL CORP.) 18 October 2007 (Family: none)	1-10
A	JP 2009-249650 A (NISSHIN STEEL CO., LTD.) 29 October 2009 (Family: none)	1-10
P, A	WO 2017/056384 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 06 April 2017 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C21D8/10(2006.01)i, B21C37/08(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)i, C21D9/08(2006.01)i,
C21D9/46(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/38(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. C21D8/10, C21D9/08, C21D9/50, C21D8/02, C21D9/46, C22C38/00-38/60, B21C37/08, B60G21/055

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 8 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
X Y	WO 2013/175821 A1（新日鐵住金株式会社）2013.11.28, 請求の範囲, [0026], 実施例 & US 2015/0176101 A1, Claims, [0041], Examples & EP 2857537 A1 & KR 10-2015-0013247 A & CN 104395487 A & MX 2014014205 A	6-9 1-10
Y	JP 2006-312773 A（J F E スチール株式会社）2006.11.16, 特許請求の範囲, [0001], [0048]-[0055]（ファミリーなし）	1-10

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

国際調査を完了した日

1 0 . 0 1 . 2 0 1 8

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 1 . 2 0 1 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田口 裕健

4 K

4 6 6 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-217736 A (J F E スチール株式会社) 2007. 08. 30, 特許請求の範囲, [0043]-[0053] (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 2003-201543 A (J F E スチール株式会社) 2003. 07. 18, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	3-5, 8-10
A	JP 2007-270349 A (新日本製鐵株式会社) 2007. 10. 18, (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2009-249650 A (日新製鋼株式会社) 2009. 10. 29, (ファミリーなし)	1-10
P, A	WO 2017/056384 A1 (J F E スチール株式会社) 2017. 04. 06, (ファミリーなし)	1-10