

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月14日(14.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/050010 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/033286

(22) 国際出願日: 2018年9月7日(07.09.2018)

(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 2017-173275 2017年9月8日(08.09.2017) 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: 木津谷 茂樹 (KITSUYA Shigeki); 〒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). 一宮 克行 (ICHIMIYA Katsuyuki); 〒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: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: STEEL SHEET AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 鋼板およびその製造方法

(57) Abstract: The present invention stably produces a high-strength steel sheet which exhibits excellent toughness not only in the inner part of the steel sheet but also in the surface layer of the steel sheet. A steel sheet which has a component composition that contains, in mass%, from 0.080% to 0.200% (inclusive) of C, 0.40% or less of Si, from 0.50% to 5.00% (inclusive) of Mn, 0.015% or less of P, 0.0050% or less of S, 3.00% or less of Cr, 5.00% or less of Ni, 0.080% or less of Al, 0.0070% or less of N and 0.0030% or less of B, with the balance made up of Fe and unavoidable impurities. This steel sheet is configured such that: the carbon equivalent Ceq IIW is 0.57% or more; the bainite area fraction in the surface layer is 10% or more; and the yield strength is 620 MPa or more.

(57) 要約: 鋼板内部だけでなく鋼板表層についても、韌性に優れた高強度の鋼板を安定的に製造する。質量%で、C: 0.080%以上0.200%以下、Si: 0.40%以下、Mn: 0.50%以上5.00%以下、P: 0.015%以下、S: 0.0050%以下、Cr: 3.00%以下、Ni: 5.00%以下、Al: 0.080%以下、N: 0.0070%以下およびB: 0.0030%以下を含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物の成分組成を有する鋼板であって、炭素当量CeqIIWが0.57%以上であり、表層のベイナイト面積分率が10%以上であり、降伏強度が620MPa以上である。

WO 2019/050010 A1

明 細 書

発明の名称：鋼板およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、建築、橋梁、造船、海洋構造物、建産機、タンク、ペンストックなどの鋼製構造物等に用いられる鋼板、中でも板厚100mm以上の厚鋼板およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 建築、橋梁、造船、海洋構造物、建産機、タンク、ペンストックなどの構造物に、鋼材が使用される場合は、当該構造物の形状に対応して、鋼材を溶接により接合して所望の形状に仕上げられる。近年、かような鋼製構造物の大型化が著しく、使用される鋼材の高強度化や厚肉化も進められている。例えば、非特許文献1には、ジャッキアップリグのラック用に開発された、板厚210mmの極めて厚い鋼板について報告されている。この非特許文献1には、厚鋼板の板厚中心部の靱性を確保するための、成分組成や製造条件が記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：大谷幸三郎、他4名、「ジャッキアップリグのラック用極厚（210mm）800N/mm²級鋼板の開発」、新日鉄技報、1993年、第348号、p.10-16

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 板厚が100mm以上の高強度鋼板は、熱間圧延後に焼入れ焼もどしを施すことによって、高強度に加えて高靱性を付与して製造されるのが通例である。このようにして厚鋼板を製造する際、熱間圧延後の焼入れ工程における冷却速度は、鋼板表層よりも該表層の内側の鋼板内部で低下するため、鋼板内部ではフェライトなど比較的低強度の組織が形成されやすくなる。鋼板内部でこのような低強度の組織が生成されることを抑制するには、多量の合金元素の

添加が必要となる。

ここで、鋼板の表層とは、鋼板の表裏面からそれぞれ板厚方向へ $1/4t$ (t は板厚を表す)の位置を境とする、表面側および裏面側の各領域を指し、この表層より内側 ($1/4t$ を含む)を鋼板の内部とする。

[0005] 特に、厚鋼板内部の強度と靱性を満足させるためには、焼入れ時にベイナイトまたはベイナイトとマルテンサイトの混合組織を鋼板内部に生成させることが重要であり、Mn、Ni、Cr、Mo等の合金元素を多量に添加する必要がある。

[0006] 一方で、上記のような合金元素を多量に添加した場合、焼入れ時の冷却速度が鋼板内部に比べて速い鋼板表層では、靱性に劣るマルテンサイト組織が形成されるため、焼もどした後も鋼板内部に比べ鋼板表層の靱性が低下する。

[0007] しかしながら、上記した冷却の速い鋼板表層における靱性低下について、非特許文献1に触れられていないように、これまで検討がなされてこなかった。

[0008] 本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであって、鋼板内部は勿論、鋼板表層についても、靱性に優れた高強度の鋼板を安定的に製造することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、上記課題を解決するため、降伏強度620MPa以上かつ板厚100mm以上の厚鋼板を対象に、鋼板表層における靱性および鋼板内部における強度の低下を抑制するためのミクロ組織制御因子について鋭意究明したところ、以下I～IIIの知見を得た。

[0010] I. 焼入れ時に鋼板表層に比べて著しく冷却速度が低下する鋼板内部において良好な靱性を維持したまま高い強度を得るためには、冷却速度の低い焼入れであってもミクロ組織をマルテンサイトおよび／またはベイナイト組織とすることが重要であり、そのためには、成分組成を適切に選定し、かつ炭素当量を0.57%以上とする必要がある。

[0011] II. 上記のように選定された成分組成を有する鋼板を焼入れるときに、焼入れ時の冷却速度が速くなる鋼板表層においては、靱性確保に不利なマルテンサイト組織が形成され、焼もどし後においても一旦形成されたブロックやパケットと呼ばれるマルテンサイト組織の組織単位は変化しないことから、安定的な靱性の確保が難しくなる。

[0012] III. 靱性に不利な焼もどしマルテンサイト単相組織の形成を抑制するためには、鋼板表層および鋼板内部が (Ar3変態点+50) °C以上 (Ar3変態点-20) °C以下の温度域にある

ときの平均冷却速度を0.2~10°C/sの範囲に制御することにより、鋼板表層に所定割合以上のベイナイトを形成させることが重要である。

[0013] 本発明は、上記の新規な知見に立脚するものであり、その要旨構成は、以下のとおりである。

[0014] 1. 質量%で、

C : 0.080%以上0.200%以下、

Si : 0.40%以下、

Mn : 0.50%以上5.00%以下、

P : 0.015%以下、

S : 0.0050%以下、

Cr : 3.00%以下、

Ni : 5.00%以下、

Al : 0.080%以下、

N : 0.0070%以下および

B : 0.0030%以下

を、下記式(1)を満足する範囲にて含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物の成分組成を有する鋼板であって、

該鋼板の表層にベイナイト面積分率が10%以上の組織を有し、該表層より内側の鋼板内部の降伏強度が620MPa以上である鋼板。

$$[C] + [Mn] / 6 + [Ni] / 15 + [Cr] / 15 \geq 0.57 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）である。

[0015] 2. 前記成分組成は、さらに、

質量％で、

Cu : 0.50％以下、

Mo : 1.50％以下、

Nb : 0.100％以下、

V : 0.200％以下および

Ti : 0.005％以上0.020％以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を前記式（1）に代えて下記式（2）を満足する範囲にて含有する、上記1に記載の鋼板。

記

$$[C] + [Mn] / 6 + ([Cu] + [Ni]) / 15 + ([Cr] + [Mo] + [V]) / 15 \geq 0.57 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）である。

[0016] 3. 前記成分組成は、さらに、

質量％で、

Mg : 0.0005％以上0.0100％以下、

Ta : 0.010％以上0.200％以下、

Zr : 0.0050％以上0.1000％以下、

Y : 0.001％以上0.010％以下、

Ca : 0.0005％以上0.0050％以下および

REM : 0.0005％以上0.0200％以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有する、上記1または2に記載の鋼板。

[0017] 4. 質量％で、

C : 0.080%以上0.200%以下、

Si : 0.40%以下、

Mn : 0.50%以上5.00%以下、

P : 0.015%以下、

S : 0.0050%以下、

Cr : 3.00%以下、

Ni : 5.00%以下、

Al : 0.080%以下、

N : 0.0070%以下および

B : 0.0030%以下

を、下記式(1)を満足する範囲にて含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物の成分組成を有する鋼素材に、熱間圧延を施して熱延鋼板とし、

該熱延鋼板を冷却した後に、 A_{c3} 変態点以上1050℃以下の温度域に加熱した後、

(A_{r3} 変態点+50)℃以上(A_{r3} 変態点-20)℃以下の温度域における平均冷却速度が0.2~10℃/sである冷却処理を施して350℃以下まで冷却する鋼板の製造方法。

記

$$[C] + [Mn] / 6 + [Ni] / 15 + [Cr] / 15 \geq 0.57 \quad \cdots (1)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量(質量%)である。

[0018] 5. 前記成分組成は、さらに、

質量%で、

Cu : 0.50%以下、

Mo : 1.50%以下、

Nb : 0.100%以下、

V : 0.200%以下および

Ti : 0.005%以上0.020%以下

のうちから選ばれる 1 種または 2 種以上を前記式 (1) に代えて下記式 (2) を満足する範囲にて含有する、上記 4 に記載の鋼板の製造方法。

記

$$[\text{C}] + [\text{Mn}] / 6 + ([\text{Cu}] + [\text{Ni}]) / 15 + ([\text{Cr}] + [\text{Mo}] + [\text{V}]) / 15 \geq 0.57 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量 (質量%) である。

[0019] 6. 前記成分組成は、さらに、

質量%で、

Mg : 0.0005%以上0.0100%以下、

Ta : 0.010%以上0.200%以下、

Zr : 0.0050%以上0.1000%以下、

Y : 0.001%以上0.010%以下、

Ca : 0.0005%以上0.0050%以下および

REM : 0.0005%以上0.0200%以下

のうちから選ばれる 1 種または 2 種以上を含有する、上記 4 または 5 に記載の鋼板の製造方法。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、鋼板内部だけでなく鋼板表層についても靱性に優れた、高強度の鋼板を安定的に製造することができる。

発明を実施するための形態

[0021] [成分組成]

以下、本発明の一実施形態に係る鋼板の製造条件について説明する。まず、鋼の成分組成の限定理由について述べる。なお、本明細書において、各成分元素の含有量を表す「%」は、特に断らない限り「質量%」を意味する。

[0022] C : 0.080%以上0.200%以下

C は、構造用鋼に求められる強度を安価に得るために有用な元素であり、その効果を得るために 0.080% 以上の添加が必要である。一方、0.200% を超

えて含有すると、母材および溶接部の靱性を顕著に劣化させるため、上限を0.200%とする。好ましくは0.080%以上0.140%以下とする。

[0023] Si : 0.40%以下

Siは脱酸のために、好ましくは0.05%以上で添加するが、0.40%を超えて添加すると母材および溶接熱影響部の靱性が顕著に低下するため、Si量は0.40%以下とする。好ましくは0.05%以上0.30%以下とする。より好ましくは0.05%以上0.25%以下とする。

[0024] Mn : 0.50%以上5.00%以下

Mnは母材強度を確保する観点から添加するが、0.50%未満の添加ではその効果が十分ではない。一方、5.00%を超えて添加すると、母材の靱性が劣化するだけでなく、中心偏析を助長するため上限を5.00%とする。好ましくは0.60%以上2.00%以下とする。より好ましくは0.60%以上1.60%以下とする。

[0025] P : 0.015%以下

Pは、0.015%を超えて含有すると、母材および溶接熱影響部の靱性を著しく低下させる。そのため、0.015%以下に制限する。好ましくは、0.010%以下とする。なお、0.001%未満とするのは工業的規模の製造では難しいため、0.001%以上の含有は許容される。

[0026] S : 0.0050%以下

Sは、0.0050%を超えて含有すると、母材および溶接熱影響部の靱性を顕著に低下させる。そのため、Sは0.0050%以下とする。好ましくは、0.0010%以下とする。なお、0.0001%未満とするのは工業的規模の製造では難しいため、0.0001%以上の含有は許容される。

[0027] Cr : 3.00%以下

Crは、母材の高強度化に有効な元素であり、好ましくは0.10%以上で添加するが、多量に添加すると溶接性を低下させる。そのため、Crは3.00%以下とする。好ましくは、0.10%以上2.00%以下とする。

[0028] Ni : 5.00%以下

Niは、鋼の強度および溶接熱影響部の靱性を向上させる有益な元素であり、好ましくは0.50%以上で添加するが、5.00%を超えて添加すると、経済性が著しく低下する。そのため、Niは5.00%以下とする。好ましくは、0.50%以上4.00%以下とする。

[0029] Al : 0.080%以下

Alは、溶鋼を十分に脱酸するために添加されるが、0.080%を超えて添加すると母材中に固溶するAl量が多くなり、母材靱性を低下させる。そのため、Alは0.080%以下とする。好ましくは、0.030%以上0.080%以下とする。より好ましくは、0.030%以上0.060%以下とする。

[0030] N : 0.0070%以下

Nは、Alなどと窒化物を形成することによって組織を微細化し、母材および溶接熱影響部の靱性を向上させる効果を有するため、好ましくは0.0020%以上のNを添加してもよい。しかしながら、0.0070%を超えて添加すると、母材中に析出する窒化物量が増加し、母材靱性が著しく低下し、さらに溶接熱影響部においても粗大な炭窒化物を形成し靱性を低下させる。そのため、Nは0.0070%以下とする。好ましくは、0.0050%以下とし、より好ましくは0.0040%以下とする。なお、Nは0%であってもよい。

[0031] B : 0.0030%以下

Bは、オーステナイト粒界に偏析することで粒界からのフェライト変態を抑制し、焼入性を高める効果を有するため、好ましくは0.0003%以上で添加する。一方、0.0030%を超えて添加すると、炭窒化物として析出し焼入性を低下させ靱性低下を引き起こす。そのため、Bは0.0030%以下とする。好ましくは、0.0003%以上0.0030%以下とする。より好ましくは0.0005%以上0.0020%以下とする。

[0032] 炭素当量 C_{eqIIW}

本発明では、特に板厚100mm以上の鋼板の内部において降伏強度で620MPa以上の強度と良好な靱性を確保するために、適切な成分組成の設計が必要であり、炭素当量 C_{eqIIW} に関する下記式(1)を満足する範囲に成分組成を調整

する必要がある。なぜなら、炭素等量が下記式（１）を満足しない場合、強度に劣るフェライトなどが形成されやすく、安定的に所望の強度を確保することが難しくなるためである。

記

$$[C] + [Mn] / 6 + [Ni] / 15 + [Cr] / 15 \geq 0.57 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）での含有量である。

[0033] 以上、本発明の基本成分について説明した。上記成分以外の残部は Fe および不可避免的不純物であるが、本発明では、その他の元素についても必要に応じて適宜含有させることができる。

[0034] 具体的には、さらに強度および靱性を高める目的で、Cu : 0.50% 以下、Mo : 1.50% 以下、Nb : 0.100% 以下、V : 0.200% 以下および Ti : 0.005% 以上 0.020% 以下、のうちから選ばれる１種または２種以上を含有させることができる。

この場合には、炭素当量 Ceq_{IIW} について、上記式（１）に代えて下記式（２）を満足する範囲に成分組成を調整する。

$$[C] + [Mn] / 6 + ([Cu] + [Ni]) / 15 + ([Cr] + [Mo] + [V]) / 15 \geq 0.57 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）での含有量である。

[0035] Cu : 0.50% 以下

Cu は、靱性を損なうことなく鋼の強度の向上が図れるが、0.50% より多く添加すると熱間加工時に鋼板表層に割れを生じる。そのため、Cu を含有させる場合は 0.50% 以下とする。好ましくは、0.03% 以上 0.40% 以下とする。

[0036] Mo : 1.50% 以下

Mo は、母材の高強度化に有効な元素であるが、1.50% を超えて添加すると合金炭化物の析出により硬度を上昇させ靱性を低下させる。そのため、Mo を含有させる場合は、1.50% 以下とする。好ましくは、0.02% 以上 0.80% 以下

とする。

[0037] Nb : 0.100%以下

Nbは、母材の強度の向上に効果があるため有効であるが、0.100%を超える添加は母材の靱性を顕著に低下させる。そのため、Nbを含有させる場合は、上限を0.100%とする。好ましくは、0.025%以下とする。なお、0.003%未満とすると特性の向上効果が得られないため、添加する場合は0.003%以上とする。

[0038] V : 0.200%以下

Vは、母材の強度・靱性の向上に効果があり、また、VNとして析出することで固溶Nの低下に有効であるが、0.200%を超えて添加すると硬質なVCの析出により靱性が低下する。そのため、Vを含有させる場合は、0.200%以下とする。好ましくは、0.010%以上0.100%以下とする。

[0039] Ti : 0.005%以上0.020%以下

Tiは、加熱時にTiNを生成し、オーステナイトの粗大化を効果的に抑制し、母材および溶接熱影響部の靱性を向上させる。しかし、0.020%を超えて添加すると、Ti窒化物が粗大化し母材の靱性を低下させる。そのため、Tiを含有させる場合は、0.005%以上0.020%以下とする。好ましくは、0.008%以上0.015%以下とする。

[0040] また、さらに材質を改善する目的で、Mg : 0.0005%以上0.0100%以下、Ta : 0.010%以上0.200%以下、Zr : 0.0050%以上0.1000%以下、Y : 0.001%以上0.010%以下、Ca : 0.0005%以上0.0050%以下およびREM : 0.0005%以上0.0200%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含有させることができる。

[0041] Mg : 0.0005%以上0.0100%以下

Mgは、高温で安定な酸化物を形成し、溶接熱影響部の旧 γ 粒の粗大化を効果的に抑制し、溶接部の靱性を向上させるのに有効な元素である。しかし、添加量が0.0005%未満の場合では明瞭な効果が得られず、0.0100%を超えて添加すると、介在物量が増加し靱性が低下する。そのため、Mgを含有させる

場合は、0.0005%以上0.0100%以下とする。好ましくは、0.0005%以上0.0050%以下とする。

[0042] Ta : 0.010%以上0.200%以下

Taは、強度向上に有効である。しかし、添加量が0.010%未満の場合では明瞭な効果が得られず、0.200%を超える場合は析出物生成により靱性が低下する。そのため、Taを含有させる場合は、0.010%以上0.200%以下とする。

[0043] Zr : 0.0050%以上0.1000%以下

Zrは、強度上昇に有効な元素であるが、添加量が0.0050%未満の場合は顕著な効果が得られず、また、0.1000%を超える場合には粗大な析出物を生成し靱性が低下する。そのため、Zrを含有させる場合は、0.0050%以上0.1000%以下とする。

[0044] Y : 0.001%以上0.010%以下

Yは、高温で安定な酸化物を形成し、溶接熱影響部の旧 γ 粒の粗大化を効果的に抑制し、溶接部の靱性を向上させるのに有効な元素である。しかし、0.001%未満の添加では効果が得られず、0.010%を超えて添加すると、介在物量が増加し靱性が低下する。そのため、Yを含有させる場合は、0.001%以上0.010%以下とする。

[0045] Ca : 0.0005%以上0.0050%以下

Caは、硫化物系介在物の形態制御に有用な元素であり、その効果を発揮させるためには、0.0005%以上の添加が必要である。しかし、0.0050%を超えて添加すると、清浄度の低下を招き靱性を劣化させる。そのため、Caを含有させる場合は、0.0005%以上0.0050%以下とする。好ましくは0.0005%以上0.0025%以下とする。

[0046] REM:0.0005%以上0.0200%以下

REM（希土類金属）もCaと同様に鋼中で酸化物および硫化物を形成して材質を改善する効果があり、その効果を得るためには0.0005%以上の添加が必要である。しかし、0.0200%を超えて添加しても、その効果が飽和する。そのため、REMを含有させる場合は、0.0005%以上0.0200%以下とする。好ましく

は0.0005%以上0.0050%以下とする。

[0047] [組織]

本発明では、鋼板表層におけるベイナイト面積分率を10%以上とすることが肝要である。鋼板表層がこのような組織を有することにより、鋼板表層についても優れた靱性を得ることができる。鋼板表層のベイナイト面積分率は、好ましくは20%以上である。残部は焼もどしマルテンサイト、フェライト等である。

[0048] また、鋼板表層だけでなく、鋼板内部におけるベイナイト面積分率を10%以上とすることが好ましい。鋼板内部もこのような組織を有することにより、鋼板表層と鋼板内部との特性の差が小さい鋼板を得ることができる。鋼板内部のベイナイト面積分率は、より好ましくは20%以上である。

[0049] なお、鋼板表層および鋼板内部の組織の面積分率の評価は、焼入れままの鋼材の圧延方向断面のサンプルを採取し、ナイトール腐食液で組織を現出させて、200倍の光学顕微鏡で5視野以上観察し、画像解析によりベイナイト等各組織の面積分率を求めることにより、行うことができる。鋼板表層については、板厚1/8 t の位置を中心として、厚さ15 mmの圧延方向断面のサンプルを採取する。鋼板内部については、板厚3/8 t の位置を中心として、厚さ15 mmの圧延方向断面のサンプルを採取する。

[0050] 少なくとも鋼板表層のベイナイト面積分率が10%以上である組織を得るためには、上記の範囲に成分組成を調整した鋼素材に熱間圧延を施して得た、熱延鋼板を冷却した後に、 A_{c3} 変態点以上1050℃以下の温度域に加熱した後、 $(Ar_3\text{変態点}+50)^\circ\text{C}$ 以上 $(Ar_3\text{変態点}-20)^\circ\text{C}$ 以下の温度域における平均冷却速度が $0.2\sim 10^\circ\text{C}/\text{s}$ である冷却処理を施して350℃以下まで冷却する、必要がある。ここで規定される温度条件は、熱延鋼板の表層および鋼板内部が共に満足していることが肝要である。詳細は、後述する。

[0051] [靱性]

鋼板表層の靱性はこれまで着目されてこなかったが、構造物の安全性向上要求の高まりを受け、鋼板内部と同等のレベルを要求されつつある。本発明

の鋼板では、鋼板表層面と鋼板内部との靱性差を、延性－脆性破面遷移温度（ $vTrs$ ）により評価すると、 $vTrs$ での差が $20^{\circ}C$ 以内であることが好ましい。これにより、鋼板表面と鋼板内部とで実質的に同一の靱性が得られていると評価できるためである。ここで、 $vTrs$ は、JIS Z 2242に記載の方法で評価した。 $vTrs$ の差で $20^{\circ}C$ 以内とするのは、靱性の $vTrs$ による評価は、同じ靱性レベルであったとしても、脆性破面率の測定誤差によりその値が最大で $20^{\circ}C$ 程度生じる場合があるため、実質同等と考えられる $20^{\circ}C$ 以内とした。

[0052] [降伏強度]

本発明では、鋼板の内部における降伏強度が $620MPa$ 以上であることとする。その理由は、構造物の大型化に寄与させるには $620MPa$ 以上の降伏強度を必要とするからである。

[0053] 次に、本発明の鋼板の製造方法について説明する。以下の説明における温度は、特に断らない限り、板厚中心部（ $1/2t$ ）における温度を意味するものとする。

[鋼素材]

上記成分組成の溶鋼を、転炉、電気炉、真空溶解炉等の通常の方法で溶製し、連続鋳造法または造塊法等の通常の鋳造方法でスラブ、ビレットなどの鋼素材とする。また、圧延機の荷重等の制約がある場合には、鋼素材にさらに鍛造または分塊圧延を行い、鋼素材の板厚みを小さくしても良い。

[0054] [熱間圧延]

上記鋼素材に対して熱間圧延を施す。鋼板表層における靱性と鋼板内部における強度および靱性とを両立するためには、熱間圧延時に、 γ 域での再結晶を促進し、旧 γ 粒径の微細化を図ることが有効である。このため、熱間圧延では、圧延終了温度を Ar_3 点以上とすることが好ましい。

なお、 Ar_3 変態点は、後述の式（４）により計算される値を用いることができる。

[0055] [熱間圧延後の冷却]

上記熱間圧延後の鋼板を空冷または加速冷却する。特に、靱性の向上を図

る場合には加速冷却が有効である。加速冷却することで、空冷に比べて高温域での滞留時間が短くなり、結晶粒径の微細化や析出物の粗大化を抑制できるためである。そのため、加速冷却する場合は Ar_3 点未満までとする。加速冷却時の冷却は水冷、衝風により行い、いずれの場合も、鋼板表面において $0.1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 以上の冷却速度とすることが好ましい。

[0056] [熱間圧延後加熱温度： Ac_3 変態点以上 $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下]

上記冷却後の熱延鋼板を、 Ac_3 変態点以上 $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下に加熱する。 Ac_3 変態点以上に加熱するのは、鋼をオーステナイト単相に均一化するためである。再加熱温度を $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下とするのは、 $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ を超える高温の再加熱ではオーステナイト粒の粗大化による母材靱性の低下が著しく低下するためである。好ましくは、 Ac_3 変態点以上 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下とする。さらに、 Ac_3 変態点以上 $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下がより好ましい。

[0057] なお、 Ac_3 変態点は、下記式（3）により計算される値を用いる。

$$Ac_3 = 937.2 - 476.5 [C] + 56 [Si] - 19.7 [Mn] - 16.3 [Cu] - 26.6 [Ni] - 4.9 [Cr] + 38.1 [Mo] + 124.8 [V] + 136.3 [Ti] + 198.4 [Al] + 3315 [B] \dots \quad (3)$$

ここで、式（3）における各元素記号は、それぞれの成分組成の鋼素材中の含有量（質量％）を示し、含有しないものは0として計算する。

[0058] [冷却処理：（ Ar_3 変態点 $+50$ ） $^{\circ}\text{C}$ 以上（ Ar_3-20 ） $^{\circ}\text{C}$ 以下の範囲における平均冷却速度が $0.2\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C/s}$]

上記加熱後に冷却処理を施す。この冷却処理は、鋼板表層および鋼板内部を $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下まで冷却するにあたり、鋼板表層および鋼板内部のそれぞれにおける、（ Ar_3 変態点 $+50$ ） $^{\circ}\text{C}$ 以上（ Ar_3 変態点 -20 ） $^{\circ}\text{C}$ 以下の温度域での平均冷却速度が $0.2\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ となるように冷却処理を施すことが重要である。このような冷却を行うことで、鋼板表層にベイナイト面積分率が10%以上の組織を形成させることができ、鋼板表層の靱性を著しく向上させることができる。同様に、鋼板内部においても、ベイナイトが10%以上の組織を形成させることができる。

[0059] 冷却速度の制御は、水の流量を調整する、間欠的に冷却を行う、衝風により冷却を行うなどの方法により行うことができる。

具体的には、鋼板表層および鋼板内部における平均冷却速度の制御は、所望の冷却速度となるように冷却方法、水量調整、間欠条件をシミュレーション等により導出して行う。

[0060] 鋼板表層および鋼板内部の温度は、板厚、表面温度および冷却条件等から、シミュレーション計算等により求めることができる。例えば、差分法を用い、板厚方向の温度分布を計算することにより、鋼板表層から鋼板内部までの温度を求めることができる。

[0061] なお、 Ar_3 変態点は、下記式（４）により計算される値を用いる。

$$Ar_3 = 910 - 310 [C] - 80 [Mn] - 20 [Cu] - 15 [Cr] - 55 [Ni] - 80 [Mo] \dots$$

（４）

ここで、式（４）における各元素記号は、それぞれの成分組成の鋼素材中の含有量（質量％）を示し、含有しないものは０として計算する。

[0062] [冷却停止温度：350℃以下]

上記冷却の停止温度を350℃以下とする。350℃以下まで冷却すれば、鋼板全体において変態が完了し、均一な組織が得られるためである。

冷却の方法は、工業的には水冷とすることが一般的であるが、冷却方法は水冷以外でも良く、例えば、ガス冷却などの方法もある。

[0063] [焼もどし]

上記のような急冷を行った後に、必要に応じて、450℃以上700℃以下の温度範囲で焼もどしを行う。450℃未満では残留応力の除去効果が少なく、一方、700℃を超えると、種々の炭化物が析出するとともに、母材の組織が粗大化し、強度、靱性が大幅に低下するためである。

[0064] なお、工業的には、鋼の強靱化を目的に繰返し焼入れする場合があるが、本発明においても繰返し焼入れしても良い。ただし、最終の焼入れの際に、鋼板表層および鋼板内部が（ Ar_3 変態点+50）℃以上（ Ar_3 変態点-20）℃以下の温度域における平均冷却速度が0.2℃/s 以上10℃/s以下である冷却を施

し、その後、350℃以下まで冷却を行い、450℃以上700℃以下で焼もどすことが好ましい。

実施例

[0065] 表1に示した鋼No. 1～31の鋼を溶製し、スラブとした後、表2に示した製造条件により板厚が100mm以上240mm以下の鋼板とし、その後、冷却処理、焼もどし処理を行い、試料No. 1～37の厚鋼板を製造し、下記の試験に供した。

[0066]

[表1]

鋼 No.	成分組成(質量%)																					Ceq ^{IIW} (%)	Ac ₃ (°C)	Ar ₃ (°C)	備考
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	N	B	Cu	Mo	Nb	V	Ti	Mg	Ta	Zr	Y	Ca	REM				
1	0.084	0.23	1.22	0.006	0.0010	0.82	0.48	0.047	0.0032	0.0011	0.25	0.38	-	0.021	0.010	-	-	-	-	0.0023	-	0.58	896.6	712.3	炭明例
2	0.096	0.32	1.54	0.005	0.0011	0.88	0.82	0.068	0.0051	0.0012	0.21	0.33	-	0.032	-	-	-	-	-	-	0.0019	0.67	883.5	668.1	炭明例
3	0.108	0.21	1.13	0.006	0.0004	0.80	3.63	0.077	0.0063	0.0010	0.18	0.51	-	0.041	-	-	-	-	-	0.0025	-	0.82	815.0	530.1	炭明例
4	0.115	0.21	1.12	0.005	0.0006	0.88	2.45	0.063	0.0048	0.0010	0.19	0.52	-	0.042	-	-	-	-	-	0.0023	-	0.77	840.4	591.4	炭明例
5	0.118	0.20	0.98	0.007	0.0009	0.61	0.95	0.048	0.0038	0.0009	0.25	0.45	-	0.040	0.012	-	-	-	-	0.0026	-	0.58	876.8	692.6	炭明例
6	0.121	0.19	1.14	0.006	0.0005	0.98	2.06	0.033	0.0032	0.0010	0.20	0.49	0.011	0.039	0.011	-	-	-	-	0.0025	-	0.76	839.8	610.1	炭明例
7	0.126	0.19	1.13	0.006	0.0005	0.79	3.62	0.064	0.0027	0.0010	0.18	0.51	-	0.038	-	-	-	-	-	0.0022	-	0.84	802.6	525.2	炭明例
8	0.129	0.03	1.16	0.005	0.0005	0.95	1.99	0.039	0.0036	0.0009	0.21	0.49	-	0.041	0.011	-	-	-	-	0.0018	-	0.77	829.6	610.1	炭明例
9	0.132	0.06	1.14	0.005	0.0004	0.81	3.35	0.055	0.0046	0.0012	0.19	0.53	-	0.040	-	-	-	-	-	0.0019	-	0.83	799.1	535.3	炭明例
10	0.148	0.07	0.88	0.005	0.0060	0.85	2.23	0.046	0.0033	0.0010	0.45	0.39	-	0.036	-	-	-	-	-	0.0018	-	0.73	814.2	618.1	炭明例
11	0.082	0.15	2.83	0.006	0.0007	0.29	1.85	0.053	0.0045	0.0013	0.20	0.48	-	0.029	-	-	-	-	-	-	0.0078	0.85	833.6	509.7	炭明例
12	0.177	0.39	1.55	0.004	0.0005	0.94	1.82	0.041	0.0029	0.0008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.74	801.9	616.9	炭明例
13	0.118	0.21	1.16	0.004	0.0006	0.93	2.15	0.046	0.0036	0.0009	0.19	0.50	-	0.042	0.009	-	-	-	-	0.0022	-	0.76	842.7	604.6	炭明例
14	0.190	0.24	1.11	0.005	0.0009	0.49	1.56	0.036	0.0022	0.0011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	805.1	669.2	炭明例
15	0.131	0.21	0.91	0.005	0.0007	0.79	4.72	0.048	0.0029	0.0009	0.22	0.49	0.018	0.036	-	-	-	-	-	0.0018	-	0.88	771.3	481.5	炭明例
16	0.103	0.16	0.58	0.003	0.0005	2.73	-	0.043	0.0039	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	883.6	789.6	炭明例
17	0.133	0.21	0.99	0.003	0.0005	0.36	3.82	0.061	0.0044	0.0012	0.18	0.45	-	0.183	-	0.0016	-	-	-	0.0019	-	0.76	815.8	534.5	炭明例
18	0.139	0.19	1.01	0.005	0.0008	0.93	2.43	0.078	0.0061	0.0014	0.20	0.41	-	-	-	-	0.063	-	-	0.0020	-	0.75	825.0	601.7	炭明例
19	0.116	0.21	1.13	0.006	0.0011	0.74	1.88	0.059	0.0036	0.0026	0.32	0.52	-	0.042	-	-	-	0.0039	-	0.0022	-	0.71	858.0	621.1	炭明例
20	0.120	0.19	1.24	0.005	0.0010	0.86	3.29	0.077	0.0067	0.0010	0.21	0.46	-	0.038	-	-	-	-	0.0042	0.0019	-	0.83	811.9	538.8	炭明例
21	0.081	0.18	0.73	0.006	0.0010	0.65	2.43	0.041	0.0039	0.0011	0.22	1.46	-	0.041	-	-	-	-	-	0.0022	-	0.81	895.4	581.9	炭明例
22	0.082	0.33	1.15	0.006	0.0011	1.45	0.45	0.028	0.0065	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57	892.3	752.3	比較例
23	0.253	0.16	1.24	0.005	0.0011	1.04	0.59	0.048	0.0033	0.0012	0.26	0.43	-	0.036	0.018	-	-	-	-	0.0021	-	0.82	813.0	644.7	比較例
24	0.141	0.43	1.16	0.005	0.0007	0.95	0.88	0.043	0.0022	0.0010	0.12	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.68	881.8	671.6	比較例
25	0.083	0.36	0.28	0.012	0.0016	1.16	1.95	0.052	0.0036	0.0014	0.22	0.59	-	0.036	-	-	-	-	-	0.0023	-	0.63	893.1	685.6	比較例
26	0.121	0.29	1.22	0.028	0.0014	0.95	0.55	0.042	0.0036	0.0010	0.26	0.48	-	0.039	-	-	-	-	-	-	0.0053	0.67	883.0	686.8	比較例
27	0.151	0.22	1.26	0.011	0.0088	1.12	1.33	0.036	0.0028	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.67	822.0	672.4	比較例
28	0.123	0.27	1.43	0.006	0.0006	0.94	1.99	0.093	0.0027	0.0009	0.40	0.53	-	-	-	-	-	-	-	0.0022	-	0.81	843.1	583.5	比較例
29	0.129	0.26	1.28	0.006	0.0009	1.14	2.13	0.046	0.0036	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.71	814.9	633.4	比較例
30	0.136	0.28	1.14	0.011	0.0022	0.81	1.83	0.045	0.0033	0.0048	0.28	0.45	-	-	-	-	-	-	-	0.0021	-	0.72	850.4	622.2	比較例
31	0.120	0.13	0.99	0.013	0.0013	0.45	0.90	0.039	0.0030	0.0008	0.12	0.45	-	0.038	0.011	-	-	-	-	0.0019	-	0.54	873.5	699.0	比較例

表1

Ceq^{IIW}、Ac₃、Ar₃の値はそれぞれ本文(1)～(3)式より計算したものである。
下線は本発明の範囲外であることを示す。

[0067] [引張試験]

各鋼板の板厚1/8t部および板厚1/4t部からΦ12.5mm丸棒引張試験片を圧延

方向と直角方向に長さ50mmにて採取し、降伏強度（YS）、引張強度（TS）を測定した。降伏強度（YS）および引張強度（TS）は、JIS Z 2241に準拠して測定した。

[0068] [シャルピー衝撃試験]

各鋼板の鋼板表層下2mmおよび板厚1/4t部から圧延方向を長手方向とする2mmVノッチシャルピー試験片を各15本ずつ採取し、各試験片についてvTrs（延性 - 脆性破面遷移温度）をJIS Z 2242に準拠して評価した。

[0069] 上記の試験結果を表2に示す。この結果から、鋼の成分組成および組織が本発明に適合する発明例の鋼板（試料No. 1～22）は、いずれも1/4t部のYSが620MPa以上、TSが720MPa以上、鋼板表層および1/4t部の靱性（vTrs）が-30℃より低温であり、vTrsの差が20℃以内となっており、母材の強度および鋼板表層と鋼板内部の靱性差が小さく、鋼板表層から鋼板内部まで、板厚方向にわたって靱性に優れていることがわかる。

[0070]

[表2]

試料 No.	鋼 No.	製品 厚 (mm)	スラブ 厚 (mm)	加熱 温度 (℃)	圧延 後の 冷却	冷却 停止 温度 (℃)	焼入れ			焼戻し (℃)	表層						鋼板内部(1/4t)				vTrs 差	備考					
							再 加熱 温度 (℃)	表面 冷却 ※1 (℃/s)	内部 冷却 ※1 (℃/s)		マルテン サイト 面積分率 (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	vTrs (℃)	ベイナイト 面積分率 (%)	マルテン サイト 面積分率 (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	vTrs (℃)	ベイナイト 面積分率 (%)			マルテン サイト 面積分率 (%)				
1	1	100	310	1150	放冷	≦100	930	9.0	1.5	100	600	15	80	680	762	756	-40	80	15	673	756	-40	※2	○	発明例		
2	2	100	265	1250	炉風	600	930	7.0	1.5	100	620	25	70	703	792	-40	75	692	781	-50	20	692	781	-50	○	発明例	
3	3	210	450	1250	水冷	450	900	3.0	0.4	150	650	50	45	733	842	-90	80	731	840	-95	10	731	840	-95	○	発明例	
4	4	180	450	1250	水冷	400	900	1.5	0.6	100	630	60	35	726	805	-60	90	722	800	-75	5	722	800	-75	○	発明例	
5	5	100	310	1150	放冷	≦100	900	8.0	1.5	200	620	20	75	763	816	-40	80	761	815	-40	15	761	815	-40	○	発明例	
6	6	150	265	1200	放冷	≦100	900	4.0	0.8	100	635	45	50	753	869	-60	90	751	852	-65	5	751	852	-65	○	発明例	
7	7	215	450	1200	水冷	400	900	0.5	0.4	150	645	90	5	791	865	-100	85	782	854	-110	10	782	854	-110	○	発明例	
8	8	150	265	1200	放冷	≦100	900	3.0	0.8	100	630	45	50	741	831	-65	90	738	829	-65	5	738	829	-65	○	発明例	
9	9	150	265	1200	放冷	≦100	900	1.5	0.8	300	-	45	50	836	1081	-35	90	845	1080	-35	5	845	1080	-35	○	発明例	
10	10	240	485	1200	水冷	500	880	2.0	0.3	150	650	60	35	745	929	-85	85	743	827	-95	5	743	827	-95	○	発明例	
11	11	150	265	1150	炉風	400	900	5.0	0.8	100	630	35	60	780	954	-70	85	772	851	-65	10	772	851	-65	○	発明例	
12	12	240	485	1250	水冷	500	900	0.5	0.3	100	660	90	5	733	921	-60	85	731	816	-65	10	731	816	-65	○	発明例	
13	13	100	310	1150	炉風	400	880	9.5	1.5	150	580	10	85	658	940	-45	80	652	735	-55	15	652	735	-55	○	発明例	
14	14	150	265	1150	放冷	≦100	900	4.5	0.8	100	650	40	55	762	946	-70	85	759	845	-80	10	759	845	-80	○	発明例	
15	15	100	310	1150	炉風	450	900	8.5	1.5	250	630	20	75	809	901	-60	80	806	896	-65	15	806	896	-65	○	発明例	
16	16	150	240	485	1200	炉風	500	880	0.5	0.3	100	630	85	10	861	939	-115	70	856	938	-125	20	856	938	-125	○	発明例
17	17	100	265	1250	炉風	500	930	1.0	1.5	150	650	90	5	745	832	-30	80	729	815	-35	15	729	815	-35	○	発明例	
18	18	240	485	1100	水冷	450	900	1.0	0.2	100	620	80	20	726	822	-100	80	722	816	-95	10	722	816	-95	○	発明例	
19	19	180	450	1300	水冷	400	900	1.5	0.5	150	650	85	10	720	790	-80	80	716	783	-85	10	716	783	-85	○	発明例	
20	20	150	265	1250	水冷	350	900	2.0	0.8	150	630	75	20	748	830	-55	85	743	826	-50	10	743	826	-50	○	発明例	
21	21	180	265	1300	炉風	500	900	2.0	0.6	150	650	55	40	669	751	-80	90	665	747	-85	5	665	747	-85	○	発明例	
22	22	150	265	1200	水冷	450	930	1.5	0.8	100	630	60	40	864	946	-75	90	862	945	-80	5	862	945	-80	○	発明例	
23	23	150	265	1150	放冷	≦100	930	2.0	0.8	100	650	75	20	632	718	-20	75	582	673	-30	5	582	673	-30	○	比較例	
24	24	150	265	1200	放冷	≦100	900	1.5	0.8	100	630	85	10	815	878	-20	85	813	873	-25	10	813	873	-25	○	比較例	
25	25	100	265	1150	炉風	500	930	5.5	1.5	150	620	40	55	769	846	-15	90	769	842	-30	5	769	842	-30	○	比較例	
26	26	150	310	1150	水冷	450	930	6.0	0.8	100	650	30	65	595	661	-60	90	583	658	-30	5	583	658	-30	×	比較例	
27	27	150	310	1150	水冷	400	930	5.5	0.8	150	630	45	50	732	820	-10	85	728	816	-15	10	728	816	-15	○	比較例	
28	28	180	450	1200	水冷	500	900	4.5	0.6	100	630	50	45	746	840	-20	85	745	836	-5	10	745	836	-5	○	比較例	
29	29	215	450	1200	炉風	400	900	3.0	0.4	150	630	65	30	760	820	-25	90	758	816	-15	5	758	816	-15	○	比較例	
30	30	215	450	1200	炉風	450	900	2.0	0.3	150	640	70	25	716	779	-20	90	711	773	-30	5	711	773	-30	○	比較例	
31	31	150	265	1200	水冷	450	900	4.5	0.8	100	630	50	45	736	811	-25	85	732	806	-20	10	732	806	-20	○	比較例	
32	32	150	265	1150	放冷	≦100	900	9.0	0.8	150	600	15	80	551	653	-45	85	545	650	-15	10	545	650	-15	×	比較例	
33	33	150	265	1150	放冷	≦100	1100	3.0	0.8	100	630	65	30	640	850	0	90	638	846	-25	5	638	846	-25	×	比較例	
34	34	150	265	1150	放冷	≦100	900	3.0	0.8	150	630	60	35	573	709	-15	80	572	703	-20	15	572	703	-20	○	比較例	
35	35	150	265	1150	放冷	≦100	900	12.0	0.8	100	630	5	90	740	833	-20	80	732	829	-50	15	732	829	-50	×	比較例	
36	36	150	265	1150	放冷	≦100	900	30.0	0.8	100	630	<5	95	751	841	-20	90	745	837	-55	5	745	837	-55	×	比較例	
37	37	150	265	1250	放冷	≦100	900	3.0	0.8	550	630	60	35	573	651	-55	80	572	645	-20	15	572	645	-20	×	比較例	

下線は本発明の範囲外であることを示す。

※1 (A₃変態点+50)°C~(A₃変態点-20)°Cの範囲における平均冷却速度である

※2 表面とのvTrs差が20°Cを超えているものを×とした。

[0071] これに対して、本発明の成分組成または組織を外れる比較例の鋼板（試料N o. 23~32）は、鋼板内部のYSが620MPa未満、TSが720MPa未満、または、鋼板表層および1/4t部の靱性（vTrs）が-30°C以上、もしくは、vTrs 差が20°C

を超えており、上記のいずれかの特性が劣っている。

[0072] また、試料No. 33～37に示すように、鋼の成分組成が本発明に適合する鋼板であっても、製造条件が本発明に適合していない場合、YS、TS、靱性、靱性差のいずれか1つ以上の特性が劣っていることがわかる。

産業上の利用可能性

[0073] 本発明によれば、母材の降伏強度が620MPa以上の強度であるとともに、鋼板表層の靱性、鋼板内部の強度および靱性、並びに製造安定性に優れた100mm以上の厚鋼板を得ることができ、鋼構造物の大型化、鋼構造物の安全性の向上に大きく寄与する。

請求の範囲

[請求項1]

質量%で、

C : 0.080%以上0.200%以下、

Si : 0.40%以下、

Mn : 0.50%以上5.00%以下、

P : 0.015%以下、

S : 0.0050%以下、

Cr : 3.00%以下、

Ni : 5.00%以下、

Al : 0.080%以下、

N : 0.0070%以下および

B : 0.0030%以下

を、下記式(1)を満足する範囲にて含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物の成分組成を有する鋼板であって、

該鋼板の表層にベイナイト面積分率が10%以上の組織を有し、該表層より内側の鋼板内部の降伏強度が620MPa以上である鋼板。

記

$$[C] + [Mn] / 6 + [Ni] / 15 + [Cr] / 15 \geq 0.57 \quad \cdots (1)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量(質量%)である。

[請求項2]

前記成分組成は、さらに、

質量%で、

Cu : 0.50%以下、

Mo : 1.50%以下、

Nb : 0.100%以下、

V : 0.200%以下および

Ti : 0.005%以上0.020%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を前記式(1)に代えて下記

式（２）を満足する範囲にて含有する、請求項１に記載の鋼板。

記

$$\frac{[\text{C}] + [\text{Mn}]}{6} + \frac{([\text{Cu}] + [\text{Ni}])}{15} + \frac{([\text{Cr}] + [\text{Mo}] + [\text{V}])}{15} \geq 0.57 \quad \cdots \quad (2)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）である。

[請求項3]

前記成分組成は、さらに、

質量％で、

Mg : 0.0005％以上0.0100％以下、

Ta : 0.010％以上0.200％以下、

Zr : 0.0050％以上0.1000％以下、

Y : 0.001％以上0.010％以下、

Ca : 0.0005％以上0.0050％以下および

REM : 0.0005％以上0.0200％以下

のうちから選ばれる１種または２種以上を含有する、請求項１または２に記載の鋼板。

[請求項4]

質量％で、

C : 0.080％以上0.200％以下、

Si : 0.40％以下、

Mn : 0.50％以上5.00％以下、

P : 0.015％以下、

S : 0.0050％以下、

Cr : 3.00％以下、

Ni : 5.00％以下、

Al : 0.080％以下、

N : 0.0070％以下および

B : 0.0030％以下

を、下記式（１）を満足する範囲にて含有し、残部はFeおよび不可避

的不純物の成分組成を有する鋼素材に、熱間圧延を施して熱延鋼板とし、

該熱延鋼板を冷却した後に、 Ac_3 変態点以上 $1050^{\circ}C$ 以下の温度域に加熱した後、

$(Ar_3\text{変態点} + 50)^{\circ}C$ 以上 $(Ar_3\text{変態点} - 20)^{\circ}C$ 以下の温度域における平均冷却速度が $0.2 \sim 10^{\circ}C/s$ である冷却処理を施して $350^{\circ}C$ 以下まで冷却する鋼板の製造方法。

記

$$[C] + [Mn] / 6 + [Ni] / 15 + [Cr] / 15 \geq 0.57 \quad \cdots \quad (1)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）である。

[請求項5]

前記成分組成は、さらに、

質量％で、

Cu : 0.50％以下、

Mo : 1.50％以下、

Nb : 0.100％以下、

V : 0.200％以下および

Ti : 0.005％以上0.020％以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を前記式（1）に代えて下記式（2）を満足する範囲にて含有する、請求項4に記載の鋼板の製造方法。

記

$$[C] + [Mn] / 6 + ([Cu] + [Ni]) / 15 + ([Cr] + [Mo] + [V]) / 15 \geq 0.57 \quad \cdots \quad (2)$$

ここで、

[] は、該 [] 内元素の含有量（質量％）である。

[請求項6]

前記成分組成は、さらに、

質量％で、

Mg : 0.0005%以上0.0100%以下、
Ta : 0.010%以上0.200%以下、
Zr : 0.0050%以上0.1000%以下、
Y : 0.001%以上0.010%以下、
Ca : 0.0005%以上0.0050%以下および
REM : 0.0005%以上0.0200%以下
のうちから選ばれる 1 種または 2 種以上を含有する、請求項 4 または
5 に記載の鋼板の製造方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/033286

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C22C38/00 (2006.01) i, C21D8/02 (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. C22C38/00-38/60, C21D8/02

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
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 2015/162939 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 29 October 2015, paragraphs [0016]-[0063], tables 1, 2 & US 2017/0044639 A1, paragraphs [0010]-[0103], tables 1, 2 & EP 3135787 A1	1-6
A	WO 2017/094593 A1 (KOBE STEEL, LTD.) 08 June 2017 & CN 108350540 A & KR 10-2018-0085791 A	1-6
A	JP 2014-177669 A (JFE STEEL CORPORATION) 25 September 2014 (Family: none)	1-6
A	JP 62-174322 A (KOBE STEEL, LTD.) 31 July 1987 (Family: none)	1-6
A	JP 2012-062558 A (JFE STEEL CORPORATION) 29 March 2012 & US 2013/0167985 A1 & EP 2617852 A1	1-6
A	JP 2012-062561 A (JFE STEEL CORPORATION) 29 March 2012 & US 2013/0276940 A1 & EP 2617853 A1	1-6
A	JP 2015-190008 A (JFE STEEL CORPORATION) 02 November 2015 (Family: none)	1-6

☐ 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 November 2018 (18.11.2018)

Date of mailing of the international search report
27 November 2018 (27.11.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, C21D8/02(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（IPC））

Int.Cl. C22C38/00-38/60, C21D8/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2015/162939 A1（J F E スチール株式会社）2015.10.29, 段落 [0016]-[0063]の記載、表 1, 2 & US 2017/0044639 A1, 段落 [0010]-[0103], Table 1, 2 & EP 3135787 A1	1-6
A	WO 2017/094593 A1（株式会社神戸製鋼所）2017.06.08 & CN 108350540 A & KR 10-2018-0085791 A	1-6
A	JP 2014-177669 A（J F E スチール株式会社）2014.09.25（ファミ リーなし）	1-6

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

19.11.2018

国際調査報告の発送日

27.11.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

太田 一平

4 K

3841

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 62-174322 A (株式会社神戸製鋼所) 1987. 07. 31 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2012-062558 A (J F E スチール株式会社) 2012. 03. 29 & US 2013/0167985 A1 & EP 2617852 A1	1-6
A	JP 2012-062561 A (J F E スチール株式会社) 2012. 03. 29 & US 2013/0276940 A1 & EP 2617853 A1	1-6
A	JP 2015-190008 A (J F E スチール株式会社) 2015. 11. 02 (ファミリーなし)	1-6