

(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
2015年6月25日(25.06.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/093178 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C21D 7/13 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079624
- (22) 国際出願日: 2014年11月7日(07.11.2014)
- (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 2013-259564 2013年12月16日(16.12.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.))
[JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 篠崎 智也(SHINOZAKI, Tomoya). 吉田 泰正(YOSHIDA, Yasumasa). 藤網 宣之(FUJITSUNA, Nobuyuki).
- (74) 代理人: 小谷 悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号大阪中之島ビル2階 Osaka (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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))

(54) Title: MARINE STEEL FORGING

(54) 発明の名称: 船用鍛鋼品

(57) Abstract: The present invention pertains to a marine steel forging having a composition including the basic components 0.13-0.25 mass% C, 0.15-0.45 mass% Si, 0.3-1.0 mass% Mn, 1.2-2.6 mass% Ni, 0.4-0.9 mass% Cr, 0.15-0.8 mass% Mo, 0.05-0.15 mass% V, 0.02 mass% or less N, 0.002-0.015 mass% S, and a total of 0.003-0.05 mass% Ti and Al, the balance being Fe and unavoidable impurities, the marine steel forging satisfying the expression $14 \times (Ti/48 + Al/27) \geq N$ and having a ferrite-bainite or ferrite-pearlite-bainite composite structure, the total surface area of the ferrite structure and the pearlite structure at the surface being 70% or less.

(57) 要約: 本発明は、C: 0.13質量%以上0.25質量%以下、Si: 0.15質量%以上0.45質量%以下、Mn: 0.3質量%以上1.0質量%以下、Ni: 1.2質量%以上2.6質量%以下、Cr: 0.4質量%以上0.9質量%以下、Mo: 0.15質量%以上0.8質量%以下、V: 0.05質量%以上0.15質量%以下、N: 0.02質量%以下、S: 0.002質量%以上0.015質量%以下、Ti及びAl: 合計0.003質量%以上0.05質量%以下の基本成分を含み、残部がFe及び不可避免の不純物である組成を有し、 $14 \times (Ti/48 + Al/27) \geq N$ を満たし、フェライト-ベイナイト又はフェライト-パーライト-ベイナイトの複合組織であり、表面におけるフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が70%以下である、船用鍛鋼品に関する。

WO 2015/093178 A1

明 細 書

発明の名称： 船用鍛鋼品

技術分野

[0001] 本発明は、船用鍛鋼品に関する。

背景技術

[0002] 船舶の低燃費化の観点から船用部材に軽量化が求められており、そのため船用部材に用いられる鋼材の高強度化が求められている。一般的に、鋼材の高強度化は、熱処理工程においてオーステナイト化後の冷却を速め、硬質なベイナイトやマルテンサイトを生成させることで達成できる。しかし、重量が数トンから数十トンの大型厚肉部材の場合は、オーステナイト化後の急冷のために水冷すると、冷却時の熱応力や変態応力により割れが発生してしまうおそれがある。そのため、オーステナイト化後の冷却は冷却速度の遅い空冷によらざるをえず、大型厚肉部材で高強度を得ることは難しい。

[0003] これに対し、高強度の大型厚肉部材として、（１）合金元素添加量を適正範囲に制御することで、空冷など冷却速度が遅い場合でも焼入れ性を高め、高強度化を実現する鋳鋼品（特許第３５０９６３４号公報及び特許第５２２９８２３号公報参照）や、（２）非金属介在物の制御に着目し、非金属介在物低減のためにＳ含有量を低減することで優れた疲労強度を実現する鍛鋼品（特開２００９－９１６４９号公報参照）が開発されている。

[0004] しかし、上記（１）の鋳鋼品は、鋳造に起因してミクロポロシティなどの鋳造欠陥が不可避免的に存在し、好ましい疲労強度の実現が困難である。また、上記（１）の鋳鋼品は、鍛造することにより鋳造欠陥を低減することができるが、結晶粒径が鋳鋼品よりも微細になる。一般的に知られるように、鋼の焼入れ性は結晶粒径が小さくなると低下してしまうため、上記（１）の制御を鍛鋼品に適用しても十分な強度を得ることが困難である。

[0005] 一方、鍛鋼品は、大型部材になるほど鋼塊内部の偏析が顕著になり偏析部において水素が濃化する傾向がある。上記（２）の鍛鋼品のようにＳ含有量

が低減されると、疲労強度が向上するものの、水素トラップサイトとなるMnS量が減少するため、水素が濃化した偏析部において水素割れが生じやすくなる。そのため、上記（２）の鍛鋼品は大型部材には適用しにくい。

[0006] 本発明は、上述のような事情に基づいてなされたものであり、高強度を有し、大型厚肉部材にも好適に用いられる船用鍛鋼品の提供を目的とする。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第3509634号公報

特許文献2：特許第5229823号公報

特許文献3：特開2009-91649号公報

発明の概要

[0008] 本発明の一つの局面は、C（炭素）：0.13質量%以上0.25質量%以下、Si（ケイ素）：0.15質量%以上0.45質量%以下、Mn（マンガン）：0.3質量%以上1.0質量%以下、Ni（ニッケル）：1.2質量%以上2.6質量%以下、Cr（クロム）：0.4質量%以上0.9質量%以下、Mo（モリブデン）：0.15質量%以上0.8質量%以下、V（バナジウム）：0.05質量%以上0.15質量%以下、N（窒素）：0質量%超0.02質量%以下、S（硫黄）：0.002質量%以上0.015質量%以下、Ti（チタン）及びAl（アルミニウム）のうち1種以上の元素：合計0.003質量%以上0.05質量%以下の基本成分を含み、残部がFe（鉄）及び不可避免的不純物である組成を有し、下記式（１）を満たし、金属組織がフェライトーベイナイト又はフェライトーパーライトーベイナイトの複合組織であり、表面におけるフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が70%以下の船用鍛鋼品に関する。

$$14 \times (Ti / 48 + Al / 27) \geq N \cdots (1)$$

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、実施例におけるV含有量と引張強度との関係を示すグラフであ

る。

[図2]図2は、実施例におけるフェライト及びパーライトの面積率と引張強度との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の船用鍛鋼品は、C（炭素）：0.13質量%以上0.25質量%以下、Si（ケイ素）：0.15質量%以上0.45質量%以下、Mn（マンガン）：0.3質量%以上1.0質量%以下、Ni（ニッケル）：1.2質量%以上2.6質量%以下、Cr（クロム）：0.4質量%以上0.9質量%以下、Mo（モリブデン）：0.15質量%以上0.8質量%以下、V（バナジウム）：0.05質量%以上0.15質量%以下、N（窒素）：0質量%超0.02質量%以下、S（硫黄）：0.002質量%以上0.015質量%以下、Ti（チタン）及びAl（アルミニウム）のうち1種以上の元素：合計0.003質量%以上0.05質量%以下の基本成分を含み、残部がFe（鉄）及び不可避免的不純物である組成を有し、下記式（1）を満たし、金属組織がフェライトーベイナイト又はフェライトーパーライトーベイナイトの複合組織であり、表面におけるフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が70%以下の船用鍛鋼品であることを特徴とする。

$$14 \times (Ti / 48 + Al / 27) \geq N \cdots (1)$$

[0011] 鋼材の各組成の含有量を上記範囲でかつ上記式（1）を満たすものとし、金属組織を、フェライトーベイナイト又はフェライトーパーライトーベイナイトの複合組織で、かつ表面におけるフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が上記上限以下のものとする。ことで、熱処理工程においてオーステナイト化後の冷却速度を速めずとも十分な強度を確保できる。また、当該船用鍛鋼品は、鋼材の組成を上記式（1）を満たすものとするにより、窒素（N）との親和性の高いチタン（Ti）又はアルミニウム（Al）によって窒素（N）が固定されてバナジウム窒化物（以下、V窒化物と略す）の生成が抑制される。つまり、窒素（N）との結合によるバナジウム（V）の消費量が低減するのでバナジウム炭化物（以下、V炭化物と略す）の減少が

抑制され、オーステナイト化後の冷却速度が遅い場合でもバナジウム炭化物の析出強化能（冷却中に変態と同時に硬質粒子を析出させる能力）によって当該船用鍛鋼品の強度が高められる。

[0012] 本発明の船用鍛鋼品は、高強度を有し、大型厚肉部材にも好適に用いられる。

[0013] 以下、本発明に係る船用鍛鋼品の実施形態について説明する。

[0014] <金属組織>

本実施形態における船用鍛鋼品の金属組織は、フェライトーベイナイト又はフェライトーパーライトベイナイトの複合組織であり、表面におけるフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が70%以下である。フェライト組織及びパーライト組織が多くなると、十分な強度を確保することが困難となる。そのため、このように金属組織をフェライトーベイナイト又はフェライトーパーライトーベイナイトの複合組織とし、フェライト組織及びパーライト組織の合計面積率を上記上限以下とすることで、当該船用鍛鋼品は高い強度を有する。なお、フェライト組織及びパーライト組織の面積率の測定方法としては、例えば、鍛鋼品からミクロ組織観察用の試験片を切り出し、この試験片の平行面を鍛伸方向に鏡面研磨し、ナイトールで腐食して光学顕微鏡で観察することにより行うことができる。

[0015] <組成>

本実施形態の船用鍛鋼品は、C：0.13質量%以上0.25質量%以下、Si：0.15質量%以上0.45質量%以下、Mn：0.3質量%以上1.0質量%以下、Ni：1.2質量%以上2.6質量%以下、Cr：0.4質量%以上0.9質量%以下、Mo：0.15質量%以上0.8質量%以下、V：0.05質量%以上0.15質量%以下、N：0質量%超0.02質量%以下、S：0.002質量%以上0.015質量%以下、Ti及びAlのうち1種以上の元素：合計0.003質量%以上0.05質量%以下の基本成分を含み、残部がFe及び不可避免の不純物である組成を有し、かつ下記式（1）を満たす。

$$14 \times (Ti / 48 + Al / 27) \geq N \cdots (1)$$

[0016] 本実施形態において、船用鍛鋼品のC含有率の下限としては、0.13質量%であり、0.15質量%が好ましい。一方、船用鍛鋼品のC含有率の上限としては、0.25質量%であり、0.23質量%が好ましい。船用鍛鋼品のC含有率が上記下限未満であると、十分な焼入れ性と強度とを確保できないおそれがある。逆に、船用鍛鋼品のC含有率が上記上限を超えると、溶接割れの感受性が高くなり、溶接割れが生じやすくなる。船用鍛鋼品のC含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の焼入れ性及び強度を適切に確保することができる。

[0017] 本実施形態の船用鍛鋼品において、Si含有率の下限としては、0.15質量%であり、0.16質量%が好ましい。一方、前記Si含有率の上限としては、0.45質量%であり、0.30質量%が好ましい。前記Si含有率が上記下限未満であると、脱酸が十分にできないおそれや、強度を確保できないおそれがある。逆に、前記Si含有率が上記上限を超えると、逆V偏析を助長するおそれがある。前記Si含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の強度を適切に確保することができる。

[0018] 本実施形態の船用鍛鋼品において、Mn含有率の下限としては、0.3質量%であり、0.31質量%が好ましい。一方、前記Mn含有率の上限としては、1.0質量%であり、0.95質量%が好ましい。前記Mn含有率が上記下限未満であると、十分な強度と焼入れ性とを確保できないおそれがある。逆に、前記Mn含有率が上記上限を超えると、焼戻し脆化を助長するおそれや、溶接性を阻害するおそれがある。前記Mn含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の焼入れ性、強度及び溶接性を適切に確保することができる。

[0019] 本実施形態の船用鍛鋼品において、Ni含有率の下限としては、1.2質量%であり、1.4質量%が好ましい。一方、前記Ni含有率の上限としては、2.6質量%であり、2.5質量%が好ましい。前記Ni含有率が上記下限未満であると、十分な強度と焼入れ性とを確保できないおそれがある。

また、N i は高価な元素であるため、前記N i 含有率が上記上限を超えると、強度及び焼入れ性向上効果が頭打ちとなる一方、製造コストが増大するため工業的な観点から好ましくない。前記N i 含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の焼入れ性及び強度を適切に確保することができる。

[0020] 本実施形態の船用鍛鋼品において、C r 含有率の下限としては、0.4質量%であり、0.41質量%が好ましい。一方、前記C r 含有率の上限としては、0.9質量%であり、0.85質量%が好ましい。前記C r 含有率が上記下限未満であると、十分な焼入れ性と焼戻し軟化抵抗とを確保できないおそれがある。逆に、前記C r 含有率が上記上限を超えると、溶接性が低下するおそれや、逆V偏析を助長するおそれがある。前記C r 含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の焼入れ性、焼戻し軟化抵抗及び溶接性を適切に確保することができる。

[0021] 本実施形態の船用鍛鋼品において、M n 含有率の下限としては、0.15質量%である。一方、前記M n 含有率の上限としては、0.8質量%であり、0.7質量%が好ましい。前記M n 含有率が上記下限未満であると、十分な焼入れ性と焼戻し軟化抵抗とを確保できないおそれがある。逆に、前記M n 含有率が上記上限を超えると、溶接性が低下するおそれ、鋼塊中のミクロ偏析を助長するおそれ、又は重力偏析が発生しやすくなるおそれがある。前記M n 含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の焼入れ性、焼戻し軟化抵抗及び溶接性を適切に確保することができる。

[0022] V は、微細なV炭化物を形成して析出強化により強度を高める元素である。オーステナイト化後の冷却が空冷のように遅い場合は、軟質なフェライトが生成して強度が低下してしまうが、V炭化物をフェライト中に析出させることで軟質なフェライトを硬化させて、強度を高めることができる。

[0023] 本実施形態の船用鍛鋼品において、V 含有率の下限としては、0.05質量%であり、前記V 含有率の上限としては、0.15質量%である。前記V 含有率が上記下限未満であると、強度が不十分となる。逆に、前記V 含有率が上記上限を超えると、強度向上効果が小さくなる上に溶接性を阻害するお

それがある。前記V含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の強度及び溶接性を適切に確保することができる。

[0024] Nは、鋼中のVと結合してV窒化物を生成する。V窒化物はV炭化物よりも溶解温度が高いためオーステナイト化時に未固溶で残留する場合があります、炭化物析出による析出強化能を低減させる。そのため、Nの含有量は低い方が望ましい。ただし、Nは不可避免的に不純物として混在してしまうので、Nの含有量は0にはできない。従って、本実施形態の船用鍛鋼品のN含有率の下限としては、0質量%超である。一方、前記N含有率の上限としては、0.02質量%であり、0.015質量%が好ましく、0.012質量%がより好ましい。前記N含有率が上記上限を超えると、析出強化能が低減し十分な強度を確保できないおそれがある。前記N含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の強度を適切に確保することができる。

[0025] 本実施形態の船用鍛鋼品において、S含有率の下限としては、0.002質量%であり、0.003質量%が好ましい。一方、本実施形態の船用鍛鋼品のV含有率の上限としては、0.015質量%であり、0.01質量%が好ましい。Sは、鋼中でMnと結合してMnSを形成し、MnSは鋼中の水素トラップサイトとなり水素割れを防止する。そのため、前記S含有率が上記下限未満であると、水素割れが発生するおそれがある。逆に、前記S含有率が上記上限を超えると、主鍛造方向に対して垂直方向の延性や靱性が低下するおそれがある。前記S含有率を上記範囲とすることで、船用鍛鋼品の水素割れを適切に防止することができる。

[0026] 本実施形態の船用鍛鋼品において、Ti及びAlのうち1種以上の元素の合計含有率の下限としては、0.003質量%であり、0.005質量%が好ましい。一方、前記Ti及びAlの合計含有率の上限としては、0.05質量%であり、0.045質量%が好ましい。V炭化物による析出強化能を十分に発揮させるためには、V窒化物の生成を抑制する必要があるが、Nとの親和力がVよりも高いTiやAlを添加することによりNを固定させることができ、V窒化物の生成を抑制することができる。そのため、前記Ti及

びA l の合計含有率が上記下限未満であると、十分にV窒化物の生成を抑制することができない。一方、T i 及びA l は他の元素とも結合するため、前記T i 及びA l の合計含有率が上記上限を超えると、非金属介在物や金属間化合物が生成されて内部欠陥となるおそれがある。前記T i 及びA l の合計含有率を上記範囲とすることで、V炭化物による析出強化能が十分に発揮され、船用鍛鋼品の強度を適切に確保することができる。

[0027] 本実施形態の船用鍛鋼品は、上述した基本成分以外に残部にF e 及び不可避的不純物とを含む。また、不可避的不純物としては、例えば原料、資材、製造設備等の状況によって持ち込まれるP (リン)、S n (スズ)、A s (ヒ素)、P b (鉛) 等の元素の混入が許容される。また、さらにその他の組成を積極的に含有させることも有効であり、含有される組成の種類によって鍛鋼材の特性がさらに改善される。

[0028] 本実施形態の船用鍛鋼品の不可避不純物であるPの含有率の上限としては、0.1質量%が好ましく、0.05質量%がより好ましく、0.01質量%がさらに好ましい。前記P含有率が上記上限を超えると、粒界偏析による粒界破壊を助長するおそれがある。

[0029] <各組成の関係式>

本実施形態の船用鍛鋼品において、各元素の含有量が下記式(1)を満たす。

$$14 \times (T i / 48 + A l / 27) \geq N \quad \cdots (1)$$

[0030] 上記式(1)の左辺は、T i NやA l Nとして化学量論的に消費されるN量を表している。上記式(1)に示すように、この消費されるN量がN含有量以上となれば、NがT i NやA l Nとして全量消費されることになり、V窒化物の生成を抑制できV炭化物による析出強化能を十分に発揮させることができる。

[0031] また、本実施形態の船用鍛鋼品は、各元素の含有量が下記式(2)を満たすことが好ましい。

$$C + Mn / 6 + Ni / 15 + (Cr + Mo + V) / 5 \leq 0.8 \quad \cdots ($$

2)

[0032] 上記式(2)の左辺は、鋼の硬化性及び溶接性に及ぼす合金元素の影響を炭素量に換算した炭素当量(Ceq: equivalent carbon content)であり、鋼材の溶接性の指標として用いられる(例えば特許第3863413号公報参照)。Ceqが大きくなると、溶接熱影響部(HAZ: Heat-Affected Zone)の硬さが高くなり割れ発生を助長する。一般的にCeqとHAZ最高硬さには相関があることが知られており、Ceqが高い場合は、溶接時の予熱温度を高くする必要がある。しかし、大型鍛鋼品の場合は高温での予熱が困難であるため、本実施形態の船用鍛鋼品では、予熱温度50℃以下で溶接可能にするための溶接性指数としてCeqを0.8以下とする。これにより、本実施形態の船用鍛鋼品は溶接性に優れ、溶接施行を必要とする鍛鋼品として好適に用いることができる。

[0033] <機械的性質>

本実施形態の船用鍛鋼品の引張強度(TS)の下限としては、600MPaが好ましい。前記引張強度が上記下限以上であると、船用の大型厚肉部材に要求される強度を満たすことができる。引張強度の評価は、例えばJIS-Z2241(1998)による引張試験により行うことができる。

[0034] 本実施形態の船用鍛鋼品の0.2%耐力(YS)の下限としては、400MPaが好ましい。当該船用鍛鋼品の0.2%耐力が上記下限以上であると、船用の大型厚肉部材に要求される強度を満たすことができる。0.2%耐力の評価は、例えばJIS-Z2241(1998)による引張試験により行うことができる。

[0035] <製造方法>

本実施形態の船用鍛鋼品は、例えば、以下の溶解工程、鑄造工程、加熱工程、鍛造工程及び熱処理工程により製造される。

[0036] (溶解工程)

溶解工程では、まず高周波溶解炉、電気炉、転炉などを用いて、上述した

所定の組成に調整した鋼を溶解する。その後、成分調整後の溶解した鋼に真空処理を施し、O（酸素）、H（水素）等のガス成分や不純元素を除去する。

[0037] （鑄造工程）

鑄造工程では、大型鍛造用鋼の場合は主としてインゴット（鋼塊）鑄造が採用される。比較的小型の鍛鋼品の場合は連続鑄造法を採用することも可能である。

[0038] （加熱工程）

加熱工程では、所定の温度で所定時間、鋼塊を加熱する。低温になると材料の変形抵抗が増大するので、材料の変形能の良好な範囲で加工を行うために、加熱温度は1150℃以上とする。また、鋼塊の表面と内部との温度を均一にするために所定の加熱時間が必要であり、加熱時間を3時間以上とする。加熱時間は、一般的に被加工物の直径の2乗に比例すると考えられており、大型材ほど加熱保持時間は長くなる。

[0039] （鍛造工程）

鍛造工程では、加熱工程で1150℃以上の温度に加熱された鋼塊を鍛造する。ザク巣やミクロポロシティなどの鑄造欠陥を圧着させるために、鍛錬成形比としては3S以上が好ましい。

[0040] （熱処理工程）

本実施形態において、船用鍛鋼品の構成は、化学組成だけでなくミクロ組織を適切に制御することによって達成されるものであるため、所定のミクロ組織を得るために熱処理を実施する。熱処理工程は、焼ならし処理を行った後、焼戻し処理を行う。焼ならし処理は、まずオーステナイト化処理を行い、オーステナイト化後に冷却処理を行う。

[0041] 焼ならし処理において、まず鋼材のオーステナイト化を行う。オーステナイト化は、Ac3変態点（830℃）以上に昇温速度30～70℃/hrで徐加熱して、一定時間（例えば1時間以上）保持する。旧オーステナイト結晶粒粗大化抑制の観点から、オーステナイト化は940℃以下で処理するこ

とが好ましい。なお、大型品の場合、加熱時に材料の内外で温度差が生じるため、オーステナイト化温度まで徐加熱し、鋼材の表面と内部との温度を均一にするために一定時間保持する必要がある。この保持時間は、鋼材直径に依存し、大型材ほど長くする必要がある。

[0042] 次に、焼ならし処理において、オーステナイト化により鋼材の温度が均質になった後、鋼材を冷却する。重量が数トンから数十トンの大型厚肉部材の場合、水冷すると冷却時の熱応力や変態応力により割れが発生してしまうため、オーステナイト化後の冷却は、水冷よりも遅い空冷などの方法で冷却するのが好ましい。空冷での冷却速度は直径 D (mm) により異なるが、例えば $D/4$ 位置における空冷の冷却速度は $\phi 200\text{ mm}$ で約 $300^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 、 $\phi 500\text{ mm}$ で約 $150^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 、 $\phi 1000\text{ mm}$ で約 $70^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ となる。また、完全に変態を完了させるために 200°C 以下まで鋼材を冷却する。冷却が不十分である場合、未変態の残留オーステナイトが残存し、特性ばらつきの原因となる。

[0043] 上記冷却後、焼戻し処理を行うことにより当該船用鍛鋼品が得られる。鋼材の焼戻しは、所定の温度まで昇温速度 $30\sim 70^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ で徐加熱し、一定時間（例えば $5\sim 20$ 時間）保持する。焼戻しは、強度、延性及び靱性のバランスを調整するとともに、相変態で生じた内部応力（残留応力）を除去するために 550°C 以上で行う。ただし、高温になると炭化物の粗大化、転位組織の回復などにより鋼材が軟化し、十分な強度が確保できないため 650°C 以下とする。

[0044] <機械加工>

必要に応じて、熱処理後に本実施形態の船用鍛鋼品の表層の少なくとも一部の研削を含む仕上げ機械加工を施すことで、船舶用の鋼材とすることができる。

実施例

[0045] 以下、実施例によって本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0046] [試験試料の作成]

表 1 に示す組成を有する鋼 A～P を溶解した。鋼 A、B、C、E、F、G、H、I、J、K、M は高周波溶解炉によって溶解し、鋼 D、L、N、O、P は真空溶解炉によって溶解し、それぞれ 20～150 kg のインゴット（鋼塊）を鑄造した。得られた鋼塊を 1230℃ で 3 時間加熱した後、鍛錬成形比を 3 S～6 S として熱間で鍛伸し、大気中で室温まで放冷した。その後、各鍛伸材から 20 mm×20 mm×150 mm の試験片を切り出した。この切り出した試験片に対し、機械的特性を確保するための熱処理（焼ならし処理及び焼戻し処理）を行った。焼ならし条件については、ラダーストックや中間軸のような大型鍛鋼品の加熱速度及び冷却速度を模擬した熱処理を施した。具体的には、小型熱処理炉を用いてオーステナイト化温度（850～920℃）まで 40℃/hr で昇温し、その温度で 1 時間以上保持した。その後、800～500℃ の温度範囲における平均冷却速度が 30～300℃/hr となるよう冷却を行った。焼戻し処理は、580～640℃ で 10 時間以上保持してから炉冷した。このようにして表 2 に示す実施例 1～19 及び比較例 1～8 の鍛鋼品の試験試料を作成した。

[0047] なお、表 1 中「—」は測定限界以下を示す。鋼 A～P は、いずれも溶接性を考慮して、上記式（2）の左辺に示される炭素当量 C_{eq} が 0.8 以下となるよう成分設計した。また、表 2 中の「 $N - 14 \times (Ti / 48 + Al / 27)$ 」は、N 含有量から上記式（1）の左辺を減じたものであり、Ti 又は Al によって消費されずに残留する N の量を示しており、この値が 0 以下であると、N が TiN や AlN として全量消費されるといえる。

[0048] （実施例 1～19）

実施例 1～19 の試験試料は、C、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、V、N、S、Ti、Al の含有率が本発明の範囲内で、かつ上記式（1）を満たす鋼 A～J を用いて、上述した作成方法により作成したものである。実施例 6～8 の試験試料は、同一組成の鋼 F を用いて、表 2 に示すように焼ならし処理における冷却速度を異ならせて作成したものである。同様に、実施例 9

～12、実施例13～15、実施例16～18の試験試料も、それぞれ同一組成の鋼G、H、Iを用いて、焼ならし処理における冷却速度を異ならせて作成したものである。

[0049] (比較例1、2)

比較例1及び2の試験試料は、C、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、V、N、S、Ti、Alの含有率が本発明の範囲内である鋼E、Fを用いて作成したものであるが、焼ならし処理における冷却速度を遅くして、フェライト組織又はパーライト組織を多く生成させたものである。

[0050] (比較例3～5、7、8)

比較例3～5、7、8の試験試料は、C、Ni、Cr、Mo、Vの少なくともいずれかの含有率が本発明の範囲外である鋼K～M、O、Pを用いて作成したものである。

[0051] (比較例6)

鋼Nの組成は、C、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、V、N、S、Ti、Alの含有率が本発明の範囲内であるが、上記式(1)を満たさないものである。比較例6の試験試料は、この鋼Nを用いて作成したものである。

[0052]

[表1]

鋼種	組成含有率 (質量%)											Ceq	N - 14 × (Ti/48+Al/27)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Al	N	
A	0.15	0.20	0.85	0.005	0.005	1.69	0.51	0.25	0.05	0.028	0.003	0.0058	-0.0039
B	0.15	0.26	0.85	0.005	0.005	1.70	0.50	0.25	0.08	0.002	0.028	0.0065	-0.0086
C	0.16	0.23	0.83	0.006	0.005	1.71	0.50	0.25	0.15	0.002	0.021	0.0061	-0.0054
D	0.15	0.25	0.86	0.005	0.003	1.70	0.52	0.25	0.08	0.002	0.003	0.0006	-0.0015
E	0.23	0.17	0.31	0.005	0.005	1.52	0.41	0.15	0.05	-	0.044	0.0054	-0.0174
F	0.18	0.23	0.92	0.007	0.005	1.40	0.48	0.25	0.08	-	0.022	0.0044	-0.0070
G	0.17	0.25	0.94	0.007	0.005	1.69	0.48	0.25	0.08	-	0.022	0.0049	-0.0065
H	0.18	0.23	0.90	0.007	0.005	1.98	0.47	0.25	0.08	-	0.021	0.0052	-0.0057
I	0.18	0.23	0.91	0.007	0.006	2.46	0.47	0.25	0.08	-	0.021	0.0053	-0.0056
J	0.15	0.16	0.36	0.005	0.005	1.50	0.85	0.70	0.09	0.002	0.033	0.0117	-0.0060
K	0.15	0.25	0.86	0.006	0.005	1.70	0.50	0.25	0.03	0.002	0.021	0.0061	-0.0054
L	0.16	0.25	0.85	0.005	0.004	1.71	0.52	0.25	0.01	0.002	0.003	0.0080	0.0059
M	0.15	0.26	0.85	0.005	0.005	1.70	0.50	0.25	0.03	0.002	0.003	0.0087	0.0066
N	0.15	0.25	0.85	0.007	0.003	1.71	0.50	0.25	0.08	0.002	0.003	0.0065	0.0044
O	0.12	0.15	0.57	0.007	0.003	2.47	0.32	0.25	0.05	-	0.023	0.0060	-0.0059
P	0.16	0.20	0.90	0.005	0.001	0.88	0.30	0.12	0.01	0.001	0.020	0.0054	-0.0053

[0053] [ミクロ組織の観察]

熱処理後、試験試料からミクロ組織観察用の試験片を切出し、その試験片の平行面を鍛伸方向に鏡面研磨し、ナイトールで腐食して光学顕微鏡で観察した。観察は400倍の倍率で行い、任意に4視野観察してミクロ組織を判定し、4視野それぞれのフェライト組織及びパーライト組織の面積割合を求めて平均化した。各試験試料について求めた金属組織の面積率を表2に示す。表2では、フェライト組織を「F」、パーライト組織を「P」、ベイナイト組織を「B」と記載した。

[0054] [機械的性質の測定]

熱処理後、試験片の長手方向が鍛伸方向に平行になるよう試験試料を加工して引張試験を実施した。試験片形状は、JIS-Z2201(1998)の14号試験片で $\phi 6 \times G, L, 30 \text{ mm}$ とした。引張試験は、JIS-Z2241(1998)に基づいて実施し、引張強度、0.2%耐力、伸び及び絞り測定した。引張強度が600MPa以上で、かつ0.2%耐力が400MPa以上のものを船用の大型厚肉部材に要求される強度を満たすものとして総合評価「A」とし、これらの強度を満たさないものを総合評価「B」とした。これらの測定結果を表2に示す。

[0055]

[表2]

	鋼種	焼ならし			焼戻し		ミクロ組織				引張特性				総合 評価
		温度 (°C)	保持 時間 (Hr)	冷却速度 (°C/hr)	温度 (°C)	保持 時間 (Hr)	組織構成	F面積率 (%)	P面積率 (%)	F+P合計 面積率 (%)	引張強度 (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	
実施例1	A	870	2	120	620	10	F+P+B	57	5	62	618	455	32	66	A
実施例2	B	920	2	120	620	10	F+B	60	-	60	655	509	25	68	A
実施例3	C	920	2	120	620	10	F+B	66	-	66	688	561	21	66	A
実施例4	D	920	2	120	620	10	F+B	31	-	31	680	552	22	68	A
実施例5	E	870	2	120	620	10	F+B	68	-	68	617	448	27	71	A
実施例6	F	870	1	300	640	10	F+B	45	-	45	636	496	27	73	A
実施例7	F	870	1	120	620	10	F+B	63	-	63	627	468	28	68	A
実施例8	F	870	1	60	600	10	F+B	69	-	69	620	437	28	67	A
実施例9	G	870	1	300	640	10	F+B	38	-	38	676	553	25	72	A
実施例10	G	870	1	120	620	10	F+B	46	-	46	655	521	26	71	A
実施例11	G	870	1	60	600	10	F+B	53	-	53	657	491	28	70	A
実施例12	G	870	1	30	580	10	F+P+B	62	4	66	646	456	27	65	A
実施例13	H	870	1	120	640	10	F+B	40	-	40	660	530	26	70	A
実施例14	H	870	1	60	620	10	F+B	48	-	48	665	524	26	67	A
実施例15	H	870	1	30	600	10	F+B	55	-	55	664	499	29	68	A
実施例16	I	870	1	120	640	10	F+B	22	-	22	715	595	24	71	A
実施例17	I	870	1	60	640	10	F+B	33	-	33	695	567	24	71	A
実施例18	I	870	1	30	640	10	F+B	49	-	49	675	540	27	71	A
実施例19	J	920	2	120	620	10	F+B	52	-	52	621	466	28	64	A
比較例1	E	870	1	60	620	10	F+P+B	66	8	74	593	370	27	71	B
比較例2	F	870	1	30	620	10	F+P+B	55	18	73	590	423	31	70	B
比較例3	K	870	2	120	620	10	F+P+B	59	5	64	578	448	30	69	B
比較例4	L	870	2	120	620	10	F+P+B	59	6	65	521	363	35	72	B
比較例5	M	870	2	120	620	10	F+B	68	-	68	541	395	32	71	B
比較例6	N	870	2	120	620	10	F+B	55	-	55	596	430	29	73	B
比較例7	O	850	3	120	600	18	F+P+B	58	6	64	563	413	28	70	B
比較例8	P	870	3	120	635	16	F+B	75	-	75	482	319	38	75	B

[0056] [測定結果]

実施例 1 ～ 19 の試験試料は、いずれもフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が 70%以下であった。また、いずれも引張強度が 600 MPa 以上であり、0.2%耐力が 400 MPa 以上であった。

[0057] これに対し、比較例 1、2 及び 8 の試験試料は、フェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が 70%を超えていた。また、比較例 1 ～ 8 の試験試料では、いずれも引張強度が 600 MPa 未満であり、さらに比較例 1、4、5、8 の試験試料では、0.2%耐力が 400 MPa 未満であった。

[0058] 比較例 3、4、5、7、8 では、本発明の範囲外である組成を有する鋼 K、L、M、O、P を用いたため、大型厚肉部材として要求される強度が得られないといえる。また、比較例 6 においては、本発明の上記式 (1) を満たさない組成を有する鋼 N を用いたため、大型厚肉部材として要求される強度が得られないといえる。さらに、比較例 1 及び 2 では、同一の鋼 E、F を用いた実施例 5 ～ 8 に比べてオーステナイト化後の冷却速度が遅いため、これらの実施例に比べてフェライト及びパーライトの面積率が大きくなって強度が低下し、大型厚肉部材として要求される強度が得られないといえる。また、比較例 8 では、用いた鋼 P の組成が本発明の範囲とは大きく異なっていることに起因してオーステナイト化後のフェライトの面積率が大きくなっており、そのために他の比較例と比べてさらに強度が低下したといえる。

[0059] (V 含有量との関係)

基本組成 (C、Si、Mn、Ni、Cr、Mo) が略同等で、V 及び上記式 (1) に含まれる元素 (Ti、Al、N) が異なる鋼 A ～ D、K ～ N を用いて作成した試験試料 (実施例 1 ～ 4 及び比較例 3 ～ 6) についての V 含有量と引張強度との関係を図 1 に示す。図 1 より、V 含有量が同じ試験試料を見ると、上記式 (1) を満たすものは高強度が得られており、V 炭化物の析出強化が大きく発揮されていることがわかる。また、600 MPa 以上の引張強度を確保するには、上記式 (1) を満たし、かつ V を 0.05 質量%以上含有させる必要があることがわかる。

[0060] (フェライト及びパーライト面積率との関係)

本発明で規定する組成を満たす鋼A～Jを用いた実施例及び比較例の試験試料表面におけるフェライト及びパーライト面積率と引張強度との関係を図2に示す。図2より、フェライト及びパーライトが多くなるほど強度は低下するが、フェライト及びパーライトの合計面積を70%以下にすることで、600MPa以上の引張強度を確保できることがわかる。

[0061] この出願は、2013年12月16日に出願された日本国特許出願特願2013-259564を基礎とするものであり、その内容は、本願に含まれるものである。

[0062] 本発明を表現するために、前述において図面等を参照しながら実施形態を通して本発明を適切かつ十分に説明したが、当業者であれば前述の実施形態を変更及び／又は改良することは容易になし得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態又は改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態又は当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

産業上の利用可能性

[0063] 本発明は、船用鍛鋼品の技術分野において、広範な産業上の利用可能性を有する。特に、ラダーストック、舵板フランジ、舵用ボルト、軸用ボルト、ピントル、推進軸、中間軸等の船用大型厚肉部材として有用である。

請求の範囲

[請求項1]

C : 0.13質量%以上0.25質量%以下、

Si : 0.15質量%以上0.45質量%以下、

Mn : 0.3質量%以上1.0質量%以下、

Ni : 1.2質量%以上2.6質量%以下、

Cr : 0.4質量%以上0.9質量%以下、

Mo : 0.15質量%以上0.8質量%以下、

V : 0.05質量%以上0.15質量%以下、

N : 0質量%超0.02質量%以下、

S : 0.002質量%以上0.015質量%以下、

Ti及びAlのうち1種以上の元素 : 合計0.003質量%以上0.05質量%以下の基本成分を含み、

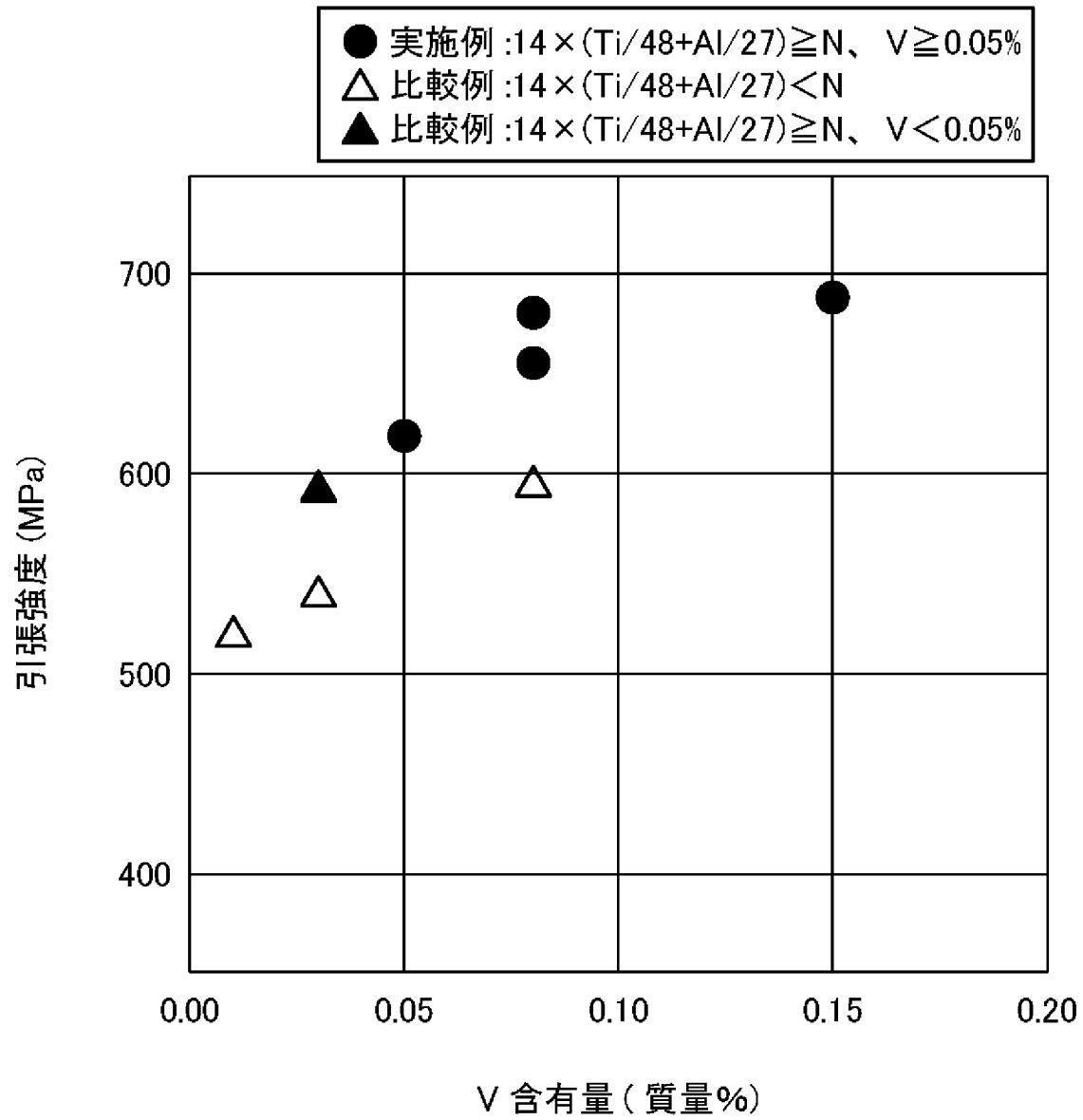
残部がFe及び不可避免の不純物である組成を有し、

下記式(1)を満たし、

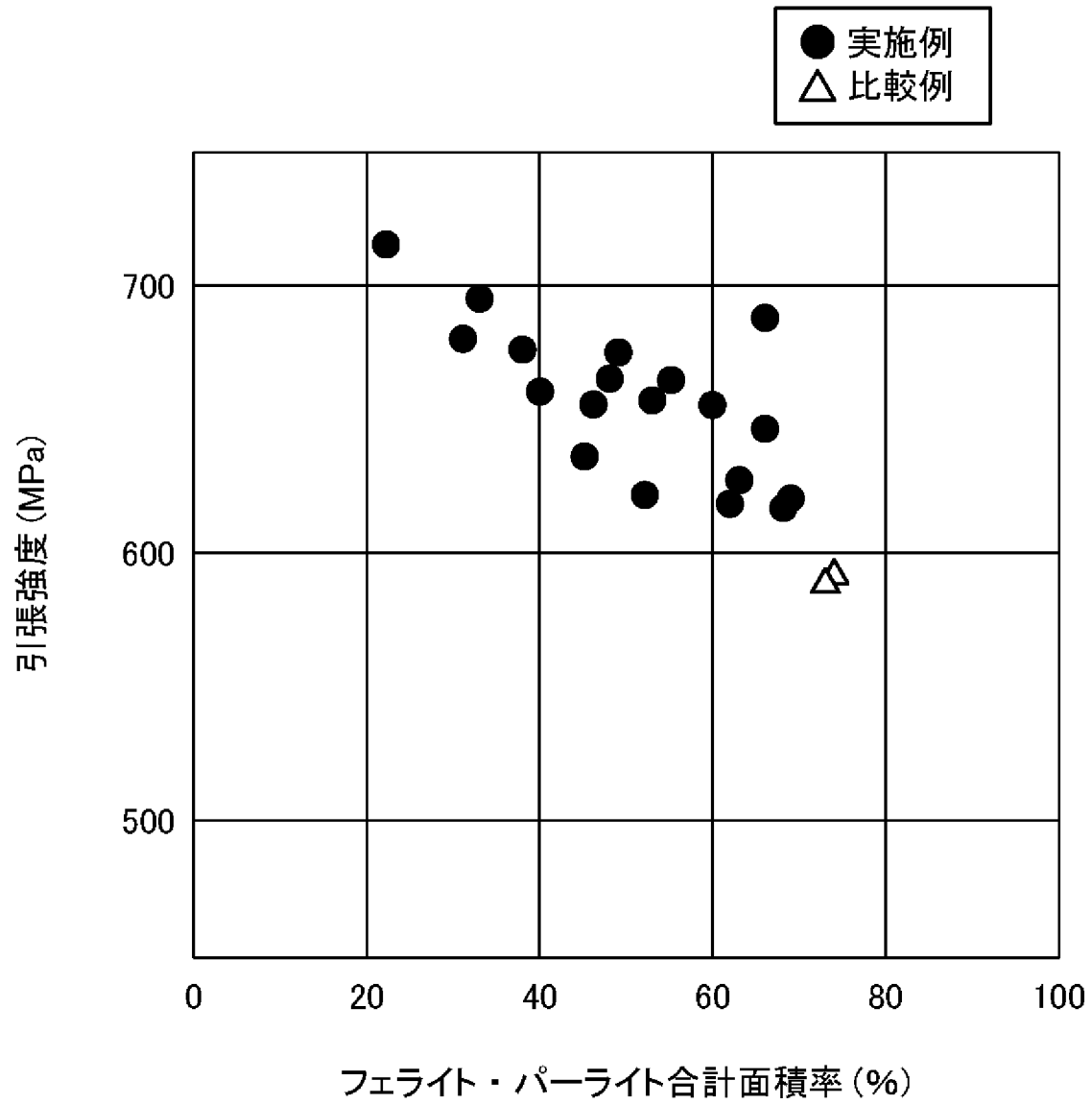
金属組織がフェライトーベイナイト又はフェライトーパーライトーベイナイトの複合組織であり、表面におけるフェライト組織及びパーライト組織の合計面積率が70%以下である船用鍛鋼品。

$$14 \times (Ti / 48 + Al / 27) \geq N \quad \cdots (1)$$

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, C22C38/50(2006.01)i, C21D7/13(2006.01)n

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)

C22C1/00-49/14, C21D7/13

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-290555 A (Nippon Steel Corp.), 20 October 2005 (20.10.2005), & US 2007/0193665 A1 & WO 2005/087966 A1 & KR 10-2007-0003918 A	1
A	JP 2010-59472 A (Kobe Steel, Ltd.), 18 March 2010 (18.03.2010), & CN 101665887 A & KR 10-2010-0027993 A	1
A	JP 2011-195883 A (JFE Steel Corp.), 06 October 2011 (06.10.2011), (Family: none)	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 November, 2014 (28.11.14)

Date of mailing of the international search report

09 December, 2014 (09.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

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, C22C38/50(2006.01)i, C21D7/13(2006.01)n

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. C22C1/00-49/14, C21D7/13

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	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-290555 A（新日本製鐵株式会社）2005. 10. 20, & US 2007/0193665 A1 & WO 2005/087966 A1 & KR 10-2007-0003918 A	1
A	JP 2010-59472 A（株式会社神戸製鋼所）2010. 03. 18, & CN 101665887 A & KR 10-2010-0027993 A	1
A	JP 2011-195883 A（J F E スチール株式会社）2011. 10. 06, （ファミリーなし）	1

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

28. 11. 2014

国際調査報告の発送日

09. 12. 2014

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）

河野 一夫

4 K

9833

電話番号 03-3581-1101 内線 3435