

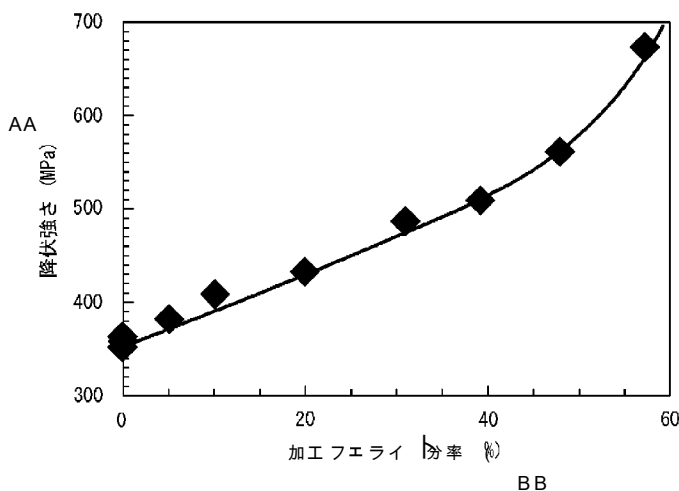


- (51) 国際特許分類 :
C22C 38/00 (2006.01) **C22C 38/00** (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP201 1/006857
- (22) 国際出願日 : 201 1 年 12 月 7 日 (07.12.201 1)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION)
[JP/JP]; 〒100001 1 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- () 発明者 ; および
() 発明者 / 出願人 (米国についてのみ): 本庄 稔 (H O N J O , Minoru) [JP/JP]; 〒100 0 1 1 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). 長谷 和邦 (H A S E , Kazukuni) [JP/JP]; 〒100001 1 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

- (54) Title: STEEL FOR MECHANICAL STRUCTURES AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR
- (54) 発明の名称 : 機械構造用鋼およびその製造方法

FIG. 1



AA Yield strength (MPa)
BB Processed ferrite ratio (%)

(57) Abstract: According to the present invention, a high-strength and high-toughness steel for mechanical structures is obtained without tempering and with little alloying, said steel comprising a ferrite and pearlite composition and having a component composition that includes 0.35-0.60 mass% C, 0.1-1.0 mass% Si, 0.1-1.5 mass% Mn, not more than 0.025 mass% P, not more than 0.025 mass% S, 0.01-0.10 mass% Al, and not more than 0.0013 mass% O, with the remainder comprising unavoidable impurities and Fe, and including 10-50% processed ferrite.

(57) 要約: 本発明に従い、C : 0.35 ~ 0.60 質量%、Si : 0.1 ~ 1.0 質量%、Mn : 0.1 ~ 1.5 質量%、P : 0.025 質量%以下、S : 0.025 質量%以下、Al : 0.01 ~ 0.10 質量%およびO : 0.0015 質量%以下を含み、残部不可避免不純物およびFeからなる成分組成を有し、加工フェライトを10~50%含む、フェライトおよびパーライトの組織とすることによって、高強度かつ高靱性の機械構造用鋼を非調質かつ低合金の下に得ることができる。



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 : 機械構造用鋼およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、自動車部品、機械構造部品等に好適な機械構造用鋼、とくに焼入れ焼戻しの調質処理を必要としない機械構造用鋼とその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、建築機械、産業機械および船舶の分野において、高強度かつ高靱性を要求される部品には、S45Cに代表される機械構造用炭素鋼材や、これにCrやMoを含有した機械構造用低合金鋼の焼入れ焼戻し処理材が用いられてきた。ところが、近年の省コスト化或いは、CO₂排出量削減の観点から、焼入れ焼戻し処理を省略可能な、非調質鋼の開発が積極的に進められてきた。

[0003] 代表的な非調質鋼としては、フェライト・パーライト型非調質鋼がある（例えば、非特許文献1参照）。これは、圧延後の冷却過程において、フェライト・パーライト変態とほぼ同時に析出する、V炭化物によりフェライトを強化して焼入れ焼戻し材並みの強度を得ているが、焼入れ焼戻し材に比べて靱性が低いという問題があった。

[0004] そこで、フェライト・パーライト型非調質鋼材の靱性を改善する試みがなされた。例えば、靱性を改善する方法として、特許文献1には、オーステナイト再結晶域で圧延前の粗大なオーステナイト結晶粒に再結晶を起こさせる圧延（第1圧延）と、オーステナイト未再結晶域でオーステナイトに歪みを付与（第2圧延）し、その歪みによって結晶粒内での初析フェライトの発生を促して、微細なフェライト・パーライト組織を得ることによって低温靱性を改善することが記載されている。

[0005] さらに、特許文献2には、下記のT₁℃以下の温度域での粗圧延の減面率を25%以下とし、その後、下記のT₂に従って（T₂—200）～T₂℃の温度域で減面率25%以上の仕上げ圧延を施した後、650℃まで5℃/s以上の冷却

速度で冷却することによって、靱性を改善している。

記

$$T_1 (^\circ\text{C}) = -5440 / (\text{Log} [V] [C] - 3.314) - 173$$

$$T_2 (^\circ\text{C}) = 91.0 - 203 [C] + 44.7 [Si] - 30 [Mn] - 20 [Cu] - 15.2 [Ni] \\ - 11 [Cr] + 31.5 [Mo] + 104 [V] + 400 [Ti] + 460 [Al] + 700 [P]$$

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1 : 特殊鋼42巻5号 第8~14頁

特許文献

[0007] 特許文献1 : 特許3214731号公報

特許文献2 : 特開2009—215576号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、特許文献1に記載の技術では、低温靱性は改善するものの、この靱性を改善するために実施する、圧延により強度が低下することから、所期した量以上のVを添加する必要がある、低合金化によるコスト削減を求める産業界の要求に必ずしも応えるものではなかった。

[0009] また、特許文献2に記載の技術では、圧延後に加速冷却を実施するため、ベイナイト組織などが生成し、鋼の強度が上昇し、却って靱性が低下する可能性があった。

[0010] そこで、本発明は、高強度かつ高靱性の機械構造用鋼を非調質かつ低合金組成の下に提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 発明者らは、前記課題を解決するため、C、Si、Mn、P、S、Alおよび0の添加量を変化させ、かつ加工フェライトの分率を変化させた鋼を製作し、強度および靱性について鋭意調査した。その結果、C、Si、Mn、P、S、Alおよび0の添加量の最適化、ならびに加工フェライトの分率を適正範囲に制

御することにより、素材の強度並びに靱性が向上することを見出し、本発明を完成するに至った。

[00 12] すなわち、本発明の要旨構成は、次のとおりである。

(1) C :0.35~ 0.60質量%、
Si :0.1~ 1.0質量%、
Mn :0.1~ 1.5質量%、
P :0.025 質量%以下、
S :0.025 質量%以下、
AL :0.01~0.10質量%および
O :0.0015質量%以下

を含み、残部不可避不純物およびFeからなる成分組成を有し、加工フェライトを10~ 50% 含む、フェライトおよびパーライトの組織からなることを特徴とする機械構造用鋼。

[00 13] (2) 上記成分組成に、さらに

Cr :1.0質量%以下、
Cu :1.0質量%以下、
Mo :1.0質量%以下、
W :1.0質量%以下および
Ni :1.0質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする前記 (1) に記載の機械構造用鋼。

[00 14] (3) 上記成分組成に、さらに

Nb :0.1質量%以下、
Ti :0.2質量%以下および
V :0.15質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする前記 (1) または (2) に記載の機械構造用鋼。

[00 15] (4) 上記成分組成に、さらに

B :0.0002~0.005質量%

を含有することを特徴とする前記 (1) から (3) のいずれかに記載の機械構造用鋼。

[001 6] (5) 上記成分組成に、さらに

Pb :0.01~0.40質量%、

Bi :0.01~0.40質量%および

Ca :0.0005~0.0100質量%

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする前記 (1) から (4) のいずれかに記載の機械構造用鋼。

[001 7] (6) C :0.35~0.60質量%、

Si :0.1~1.0質量%、

Mn :0.1~1.5質量%、

P :0.025質量%以下、

S :0.025質量%以下、

Al :0.01~0.10質量%および

O :0.0015質量%以下

を含み、残部不可避不純物およびFeからなる素材を、900~1250℃に加熱後、 A_{r3} 点以下の温度での累積減面率が80%以下、かつ A_{r3} 点以下の温度域にて1パス当たりの減面率が10%以上の圧延を少なくとも1パスは行い、仕上温度を($A_{r3}-10^{\circ}\text{C}$)~($A_{r3}-150^{\circ}\text{C}$)とする、熱間圧延を施し、その後、放冷することを特徴とする機械構造用鋼の製造方法。

[001 8] (7) 上記素材に、さらに

Cr :1.0質量%以下、

Cu :1.0質量%以下、

Mo :1.0質量%以下、

W :1.0質量%以下および

Ni :1.0質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする前記 (

6) に記載の機械構造用鋼の製造方法。

[0019] (8) 上記素材に、さらに

Nb :0.1質量%以下、

Ti :0.2質量%以下および

V :0.15質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする前記 (6) または (7) に記載の機械構造用鋼の製造方法。

[0020] (9) 上記素材に、さらに

B :0.0002~0.005質量%

を含有することを特徴とする前記 (6) から (8) のいずれかに記載の機械構造用鋼の製造方法。

[0021] (10) 上記素材に、さらに

Pb :0.01~0.40質量%、

Bi :0.01~0.40質量%および

Ca :0.0005~0.0100質量%

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする前記 (6) から (9) のいずれかに記載の機械構造用鋼の製造方法。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、鋼材の合金成分を高めることなく、高い強度及び靱性を有する非調質の機械構造用鋼を安定して製造することが可能となる。更には、焼入れ焼戻し処理が省略可能となり、CO₂排出量削減にも寄与するため、産業上有益な効果がもたらされる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1] 加工フェライト分率と降伏強さとの関係を示す図である。

[図2] 加工フェライト分率と引張強さとの関係を示す図である。

[図3] 加工フェライト分率と衝撃値との関係を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0024] 次に、本発明の機械構造用鋼について、まず、成分組成における各成分の

限定理由から説明する。

C : 0.35~0.60質量%

Cは、必要な強度を確保するために必須の元素であり、0.35質量%未満では鋼の強度が低下するため0.35質量%以上で添加する。一方、0.60質量%を超えると、鋼の靱性の低下を招く。以上のことから、C量は0.35~0.60質量%とする。

[0025] Si : 0.1~1.0質量%

Siは、製鋼プロセスにおいて、脱酸剤および強度を調整するのに有効な元素である。これらの効果を得るには、0.1質量%以上が必要であり、一方1.0質量%を超えると靱性が損なわれるため、0.1~1.0質量%の範囲とする。

[0026] Mn : 0.1~1.5質量%

Mnは、強度を調整するために重要な元素であるが、その効果を得るためには0.1質量%以上が必要であり、一方1.5質量%を超えると靱性が損なわれるため、0.1~1.5質量%の範囲とする。

[0027] P、S : 0.025質量%以下

PおよびSは、靱性を劣化させる元素であり、極力低減することが好ましいが、それぞれ0.025質量%までは許容される。

[0028] Al : 0.01~0.10質量%

Alは、脱酸剤として添加する元素であり、0.01質量%未満ではその効果に乏しく、一方0.10質量%を超えて添加すると、靱性に悪影響を及ぼすため、Alは0.01~0.10質量%の範囲とする。

[0029] O : 0.0015質量%以下

Oは、SiやAlと結合し、硬質な酸化物系非金属介在物を形成して、靱性の低下を招くため、可能な限り低い方がよい。本発明では、O含有量は0.0015質量%以下とする。

[0030] 本発明では、さらに、次の元素の1種または2種以上を添加することが可能である。

Cr : 1.0質量%以下、Cu : 1.0質量%以下、Mo : 1.0質量%以下、W : 1.0質量%

%以下およびNi :1.0質量%以下

Cr、Cu、Mo、W 及びNi は、固溶強化元素として強度調整に有効な元素である。そのため、必要に応じて、上記5種のいずれか1種または2種以上を、好ましくはそれぞれ0.05質量%以上で添加することが可能である。一方、いずれの元素も、1.0質量%を超えると靱性が低下するため、1.0質量%以下とすることが好ましい。

[0031] 同様に、次の元素の1種または2種以上を、さらに添加することが可能である。

Nb :0.1質量%以下、Ti :0.2質量%以下およびV :0.15質量%以下

Nb は、炭窒化物を形成することによって結晶粒の粗大化を防止する効果を有するとともに、C と析出物を形成し、強度を得るために有用な元素であるが、0.1質量%を超えて添加すると靱性が低下するため、0.1質量%以下とした。

[0032] Ti は、鋼中のN をTiNとして固定し、結晶粒の粗大化を防止する効果を有するとともに、Nb と同様にC と析出物を形成するため、強度を得るのに有用な元素であるが、0.2質量%を超えて添加すると靱性が低下するため、0.2質量%以下とした。

[0033] V は、Nb やTi と同様にC と析出物を形成して強度の向上に寄与する元素である。0.15質量%を超えて添加しても効果が飽和する。また、析出物が増加するため、靱性が却って低下するため、0.15質量%以下とすることが好ましい。

[0034] さらにまた、以下の元素を添加することが可能である。

B :0.0002~ 0.005質量%

B は、焼入れ性の増大により焼戻し後の鋼の強度を高める元素であり、必要に応じて含有することができる。上記効果を得るためには、0.0002質量%以上にて添加することが好ましい。しかし、0.005質量%を超えて添加すると、靱性が劣化する。よって、B は0.0002~ 0.005質量%とすることが好ましい。

[0035] また、本発明では、被削性を向上させるために、次の元素の1種または2種以上を添加することが可能である。

Pb :0.01~ 0.40質量%、Bi :0.01~ 0.40質量%およびCa :0.0005~ 0.0100質量%。

Pb :0.01~ 0.40質量%

Pbは、被削性を向上させる元素であり、その効果を得るためには、0.01質量%以上で添加することが好ましい。一方、0.40質量%を超えて添加すると、靱性を低下させるため、0.010~ 0.40質量%とすることが好ましい。

[0036] Bi :0.01~ 0.40質量%

Biは、被削性を向上させる元素である。その効果を得るためには、0.01質量%以上で添加することが好ましい。一方、0.40質量%を超えて添加すると、靱性を著しく低下させるため、0.01~ 0.40質量%とすることが好ましい。

[0037] Ca :0.0005~ 0.0100質量%

Caは、被削性を向上させる元素である。その効果を得るためには、0.0005質量%以上で添加することが好ましい。一方、0.0100質量%を超えて添加しても効果が飽和するため、0.0005~ 0.0100質量%とすることが好ましい。

[0038] 次に、本発明の機械構造用鋼の組織について説明する。

さて、直径100mmφ以上のような大径棒鋼に代表される、機械構造用鋼に、基地組織として、フェライトおよびパーライト以外の、マルテンサイト、ベイナイトあるいはそれらの混合組織などの低温変態組織を適用すると、例えば棒鋼の断面内組織を均一にすることが困難となる上、冷却中に発生する熱応力と変態に伴い発生する、変態応力の影響にて、内部割れが発生しやすくなる。このようなことから、本発明では、基地組織を、低温変態組織ではなく、フェライトおよびパーライト組織とした。

[0039] このフェライトおよびパーライト組織において高強度化を実現する手段としては、第2相のパーライト分率を増やす方法、フェライト組織を一層細粒化する方法、フェライトを固溶強化や析出強化して硬くする方法、あるいは(オーステナイト+フェライト)2相域で圧延してフェライトの一部を高転

位密度化する方法、等が考えられる。

[0040] 上記の諸方法のうち、フェライトを細粒化する方法は、降伏応力（以降、 $Y P$ と示す）を上昇させるには有利であるが、引張強さ（以降、 $T S$ と示す）の上昇は小さいため、この手法のみでは十分な高強度化は図れない。また、パーライト分率を増加する方法は、 C を多量に添加する必要があるが、 C の過度な添加は上述したように、靱性の低下を招くため好ましくない。固溶強化元素や析出強化元素を添加してフェライトを強化する方法は、合金元素の多量添加が必要となり、合金コストの上昇や、靱性の低下を招いたりする。

[0041] 一方、加工フェライトの活用は、 C や合金元素の添加を最小限に抑制し、 $Y P$ および $T S$ を上昇させることができる。すなわち、加工フェライトを利用する方法は、熱間圧延後、制御冷却（加速冷却）することなく高強度化を図ることができるため、冷却中に発生する熱応力と変態に伴い発生する変態応力との影響による、内部割れの発生を抑えながら、高強度化することが可能である。

[0042] そこで、本発明においては、機械構造用鋼の高強度化手段として、鋼のミクロ組織が、加工フェライトを面積率で10~50% 含むフェライトおよびパーライトの組織とする方法を採用することにしたのである。ここで、加工フェライトの分率を、面積率にして鋼組織全体の10~50% の範囲としたのは、次の理由によるものである。

すなわち、加工フェライトの分率が10% 未満では、鋼の強化が十分に得られず、一方、50% を超えると、強度は上昇するものの靱性が低下すると共に、（オーステナイト+ フェライト）の2相域圧延時の荷重増大に伴うロール割損リスクが増加するからである。

なお、上記加工フェライトは、 $A r_3$ 変態点以下の（オーステナイト+ フェライト）2相域での熱間圧延によって形成された、加工歪が導入されたフェライトのことであり、通常、フェライトをトレースし、短軸および長軸の長さを求めて、短軸に対する長軸の比（アスペクト比）が2以上のフェライト

を加工フェライトと定義し、これがミクロ組織中に占める面積を定量化すれば、その分率を測定することができる。

[0043] 次に、本発明の鋼を得るための製造条件について説明する。

本発明の機械構造用鋼の製造に当たっては、先ず、上記した成分組成を有する鋼を転炉や電気炉等による、通常の方法にて溶製し、連続鋳造法や造塊法等の通常の方法にてスラブ、ビレットまたはプルーム等の鋼素材とする。なお、溶製後、取鋼精錬や真空脱ガス等の処理を付加しても良い。

[0044] その後、上記鋼素材を、加熱炉に装入して再加熱後、熱間圧延して所望の寸法、組織及び特性を有する、例えば非調質棒鋼とする。この際、鋼素材の再加熱温度は、900~1250℃の範囲とする必要がある。加熱温度が900℃未満では、圧延時の変形抵抗が大きくなるため、熱間圧延が難しくなる。一方、1250℃を超える加熱は、表面痕の発生原因となったり、スケールロスや燃料原単位が増加したりする。好ましくは、900~1200℃の範囲である。

[0045] 続く熱間圧延は、まず、 A_{r3} 点以下の温度で圧延を行う必要がある。この温度で圧延を行わないと、鋼のミクロ組織が加工フェライトを含まないものとなり、必要な強度および靱性を確保することができない。 A_{r3} 点以下の温度での圧延は、1パス当たり10%以上の減面率を有する圧延を少なくとも1パス行う必要がある。なぜなら、この減面率が10%未満の場合、加工フェライトの生成量が少なくなるため、2相域圧延による強度や靱性を高める効果が十分に得られないからである。

A_{r3} 点以下の温度での累積減面率が80%を超えると、圧延荷重が増大して圧延が困難となったり、圧延のパス回数が増えて生産性の低下を招いたりする。さらに、加工フェライト量が50%を超えるようになり、鋼の強度が上昇し過ぎて、却って靱性の低下を招く。よって、 A_{r3} 点以下での累積減面率は80%以下とする。

[0046] さらに、上記熱間圧延における、仕上温度を $(A_{r3} - 10^{\circ}\text{C}) \sim (A_{r3} - 180^{\circ}\text{C})$ の条件にて行う必要がある。圧延仕上温度が、 $(A_{r3} - 10^{\circ}\text{C})$ 超えでは、2相域圧延による靱性を高める効果が十分に得られず、一方、 $(A_{r3} - 180^{\circ}\text{C})$

℃) 未満では、変形抵抗の増大により圧延荷重が増加し、圧延することが困難となり、さらに、加工フェライト量が50%を超えるようになり、鋼の強度が上昇し過ぎて、靱性の低下を招く。

[0047] 上記熱間圧延に続く冷却は、放冷することが好ましい。なぜなら、熱間圧延後に加速冷却を行うと、組織がフェライト+パーライト以外の、マルテンサイト、ベイナイトあるいはそれらの混合組織などの低温変態組織となり、断面内の組織を均一な組織とすることが困難となる上、冷却中に発生する熱応力と変態に伴い発生する変態応力の影響にて、内部割れが発生しやすくなる。そのために、熱間圧延に続く冷却は、放冷することが好ましい。具体的には、 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下で冷却するとよい。

実施例 1

[0048] 以下に、機械構造用鋼として棒鋼を例に、具体的に説明する。

表 1 に示す成分組成を有する鋼を、真空溶解炉または転炉で溶製してブルームとし、このブルームを加熱炉に装入して加熱後、表 2 に示した条件に従う熱間圧延にて丸棒に熱間圧延した。得られた圧延ままの棒鋼の表面から直径の $1/4$ 深さ部分より、JIS4 号引張試験片および JIS3 号シャルピー衝撃試験片を切り出し、機械的特性を評価した。

[0049] なお、シャルピー衝撃試験は、試験温度 20°C で 3 本実施し、平均衝撃値で評価した。また、上述した試験片の採取位置と同じ位置から組織観察用の試料を採取し、光学顕微鏡にて倍率 400 倍で 5 視野観察し、生成したフェライトのトレースを行い、NIPPON ROPER製「Image_Pro」(商品名)を使用して、該フェライトの短軸および長軸の長さを求め、アスペクト比が 2 以上のフェライト(加工フェライト)のミクロ組織中に占める面積を定量化し、加工フェライトの分率を求めた。

[0050] 圧延温度は、ミルの入側および出側に放射温度計を設置して測定した。また、表 2 の仕上圧延温度は、最終圧延時の出側の温度のことを言う。

降伏強さ、引張強さおよび靱性(衝撃値)は、従来の S45C(基準鋼)に比べて 10% 以上向上した場合に特性が向上したと判断した。

[0051] [表 1]

表1

化学成分							(質量%)	
鋼No.	C	Si	Mn	P	S	Al	O	備考
A-1	0.45	0.25	0.71	0.015	0.009	—	0.0009	基準鋼
A-2	0.44	0.23	0.67	0.018	0.012	0.025	0.0010	適合鋼

[0052] [表 2]

表2

No.	鋼No.	Ar ₃ (°C)	加熱温度 (°C)	熱間圧延条件				圧延後の 冷却	備考
				圧延仕上 温度(°C)	Ar ₃ 超累 積減面率 (%)	Ar ₃ 以下 累積減面 率(%)	Ar ₃ 以下におけ る10%以上の 圧延回数/全 パス数		
B-1	A-1	741	1100	950	77	0	0/10	放冷	基準鋼
B-2	A-2	746	1100	800	77	0	0/10	放冷	比較鋼
B-3	A-2	746	1100	750	77	0	0/10	放冷	比較鋼
B-4	A-2	746	1100	730	75	10	1/10	放冷	発明鋼
B-5	A-2	746	1100	710	69	25	2/10	放冷	発明鋼
B-6	A-2	746	1100	680	65	35	3/10	放冷	発明鋼
B-7	A-2	746	1100	660	58	45	3/10	放冷	発明鋼
B-8	A-2	746	1100	620	24	70	4/10	放冷	発明鋼
B-9	A-2	746	1100	600	10	85	4/10	放冷	比較鋼
B-10	A-2	746	1100	730	76	5	0/10	放冷	比較鋼

[0053] 表 3 に、加工フエライト分率、降伏強さ、引張強さ、衝撃値および組織の評価結果を示す。また、表 3 の結果を、図 1～図 3 に整理して示す。本発明の成分組成、組織および製造条件を満たす、鋼 B _ 4 ~ 8 の鋼は、降伏強さ、引張強さ並びに衝撃値が基準鋼に比べて10%以上良好な値を示しており、高強度でありながら高靱性を有していることがわかる。これに対して、成分組成が本発明範囲内であっても、本発明の組織形態を有していない鋼 B _ 2、3、9 および10は、降伏強さ、引張強さ並びに衝撃値が基準鋼レベル、または高強度化により靱性が低下していることが分かる。

[0054]

[表3]

表3

No.	加工フェライト分率 (%)	降伏強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	20°Cでの 衝撃値 (J/cm ²)	組織	備考
B-1	0	344	609	50	α +P	基準鋼
B-2	0	357	611	49	α +P	比較鋼
B-3	0	360	610	52	α +P	比較鋼
B-4	10	409	673	65	α +P	発明鋼
B-5	20	433	703	71	α +P	発明鋼
B-6	31	493	733	78	α +P	発明鋼
B-7	39	513	742	80	α +P	発明鋼
B-8	48	562	765	80	α +P	発明鋼
B-9	57	677	789	45	α +P	比較鋼
B-10	5	361	632	53	α +P	比較鋼

ひ : フェライト P : / $\leftarrow$ ライト B : ベイナイト

実施例 2

[0055] 表4に示す成分組成を有する鋼を、真空溶解炉または転炉で溶製してプルーフとし、このプルーフを加熱炉に装入して加熱後、表5に示した条件で熱間圧延を行い、丸棒に熱間圧延した。得られた圧延ままの棒鋼に対して、上述した試験を実施し評価した。

[0056]

[0057] [表5]

表5

鋼No.	Ar ₃ (°C)	加熱温度 (°C)	熱間圧延条件				圧延後の 冷却	備考
			圧延仕上 温度(°C)	Ar ₃ 超累 積減面率 (%)	Ar ₃ 以下累積 減面率(%)	Ar ₃ 以下における 10%以上の圧延 回数/全パス数		
A-1	741	1100	950	77	0	0/10	放冷	基準鋼
C-1	658	900	620	21	50	4/10	放冷	発明鋼
C-2	699	1000	650	53	15	2/10	放冷	発明鋼
C-3	673	1150	630	63	38	3/12	放冷	発明鋼
C-4	680	1150	670	75	10	1/10	放冷	発明鋼
C-5	680	1100	665	74	13	1/9	放冷	発明鋼
C-6	755	1250	720	50	21	2/10	放冷	発明鋼
C-7	724	1100	710	56	10	1/10	放冷	発明鋼
C-8	739	1100	710	55	12	1/13	放冷	発明鋼
C-9	662	1000	650	75	10	1/10	放冷	発明鋼
C-10	696	950	610	67	31	3/12	放冷	発明鋼
C-11	772	1150	630	24	70	4/10	放冷	発明鋼
C-12	778	1150	650	43	60	4/10	放冷	比較鋼
C-13	690	1100	620	39	35	3/10	放冷	比較鋼
C-14	744	1150	710	50	20	2/10	放冷	比較鋼
C-15	673	1000	660	56	10	1/10	放冷	比較鋼
C-16	767	1150	730	70	23	2/10	放冷	比較鋼
C-17	677	1150	650	56	10	0/10	放冷	比較鋼
C-18	742	1150	720	73	15	1/10	水冷	比較鋼
C-19	772	1150	610	24	70	4/10	放冷	比較鋼

[0058] 表6に、加工フェライト分率、降伏強さ、引張強さ、衝撃値および組織の評価結果を示す。本発明の成分組成、組織および製造条件を満たす、鋼C-1~11は、降伏強さ、引張強さ並びに衝撃値が、基準鋼に比べて10%以上良好な値を示しており、高強度でありながら高靱性を有していることが分かる。これに対して、成分組成が本発明範囲内であっても、本発明の組織形態を有していない鋼C-12~16、製造条件が本発明の範囲外であって本発明の組

組織形態を有していない鋼 C-17~19 の鋼は、降伏強さ、引張強さ並びに衝撃値のいずれかが基準鋼レベル、または高強度化により靱性が低下していることが分かる。なお、発明鋼についての内部観察では内部割れは発生していないが、比較例である鋼 C-18 (水冷材) については内部割れが発生していた。

[0059] [表 6]

表6

鋼No.	加工フェライト分率 (%)	降伏強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	20°Cでの衝撃値 (J/cm ²)	組織	備考
A-1	0	344	609	50	α +P	基準鋼
C-1	42	625	835	82	α +P	発明鋼
C-2	15	525	750	69	α +P	発明鋼
C-3	34	508	895	77	α +P	発明鋼
C-4	10	518	773	63	α +P	発明鋼
C-5	12	480	789	62	α +P	発明鋼
C-6	21	477	663	71	α +P	発明鋼
C-7	10	502	768	61	α +P	発明鋼
C-8	13	510	749	62	α +P	発明鋼
C-9	10	469	688	61	α +P	発明鋼
C-10	30	574	789	79	α +P	発明鋼
C-11	50	645	766	82	α +P	発明鋼
C-12	13	583	653	64	α +P	比較鋼
C-13	37	629	935	19	α +P	比較鋼
C-14	20	432	679	30	α +P	比較鋼
C-15	11	486	766	25	α +P	比較鋼
C-16	25	466	655	18	α +P	比較鋼
C-17	5	360	825	41	α +P	比較鋼
C-18	10	492	923	37	α +B	比較鋼
C-19	55	670	785	42	α +P	比較鋼

α : フェライト、P: パーライト、B: ベイナイト

請求の範囲

[請求項1]

C :0.35~ 0.60質量%、
Si :0.1~ 1.0質量%、
Mn :0.1~ 1.5質量%、
P :0.025質量%以下、
S :0.025質量%以下、
Al :0.01~0.10質量%および
O :0.0015質量%以下

を含み、残部不可避不純物およびFeからなる成分組成を有し、加工フェライトを10~50%含む、フェライトおよびパーライトの組織からなることを特徴とする機械構造用鋼。

[請求項2]

上記成分組成に、さらに
Cr :1.0質量%以下、
Cu :1.0質量%以下、
Mo :1.0質量%以下、
W :1.0質量%以下および
Ni :1.0質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載の機械構造用鋼。

[請求項3]

上記成分組成に、さらに
Nb :0.1質量%以下、
Ti :0.2質量%以下および
V :0.15質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1または2に記載の機械構造用鋼。

[請求項4]

上記成分組成に、さらに
B :0.0002~ 0.005質量%

を含有することを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の機械

構造用鋼。

[請求項5]

上記成分組成に、さらに

Pb :0.01~0.40質量%、

Bi :0.01~0.40質量%および

Ca :0.0005~0.0100質量%

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする
請求項1から4のいずれかに記載の機械構造用鋼。

[請求項6]

C :0.35~0.60質量%、

Si :0.1~1.0質量%、

Mn :0.1~1.5質量%、

P :0.025質量%以下、

S :0.025質量%以下、

Al :0.01~0.10質量%および

O :0.0015質量%以下

を含み、残部不可避不純物およびFeからなる素材を、900~1250℃に加熱後、 A_{r3} 点以下の温度での累積減面率が80%以下、かつ A_{r3} 点以下の温度域にて1パス当たりの減面率が10%以上の圧延を少なくとも1パスは行い、仕上温度を $(A_{r3}-10^{\circ}\text{C}) \sim (A_{r3}-150^{\circ}\text{C})$ とする、熱間圧延を施し、その後、放冷することを特徴とする機械構造用鋼の製造方法。

[請求項7]

上記素材に、さらに

Cr :1.0質量%以下、

Cu :1.0質量%以下、

Mo :1.0質量%以下、

W :1.0質量%以下および

Ni :1.0質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする
請求項6に記載の機械構造用鋼の製造方法。

[請求項8] 上記素材に、さらに

Nb :0.1質量%以下、

Ti :0.2質量%以下および

V :0.15質量%以下

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする
請求項6または7に記載の機械構造用鋼の製造方法。

[請求項9] 上記素材に、さらに

B :0.0002~0.005質量%

を含有することを特徴とする請求項6から8のいずれかに記載の機械
構造用鋼の製造方法。

[請求項10] 上記素材に、さらに

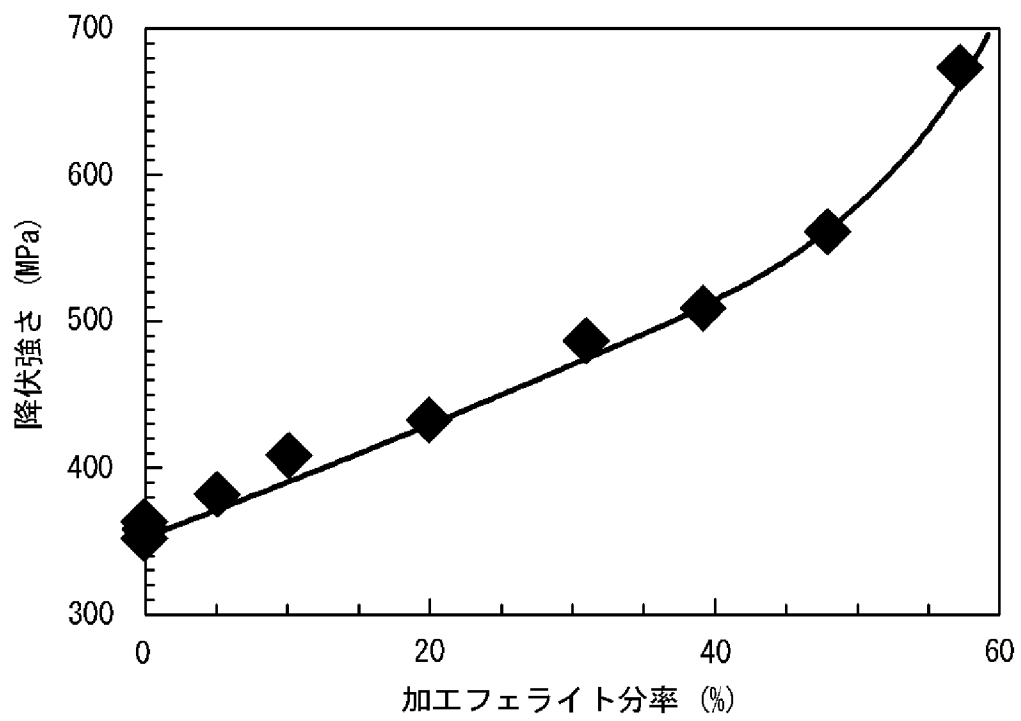
Pb :0.01~0.40質量%、

Bi :0.01~0.40質量%および

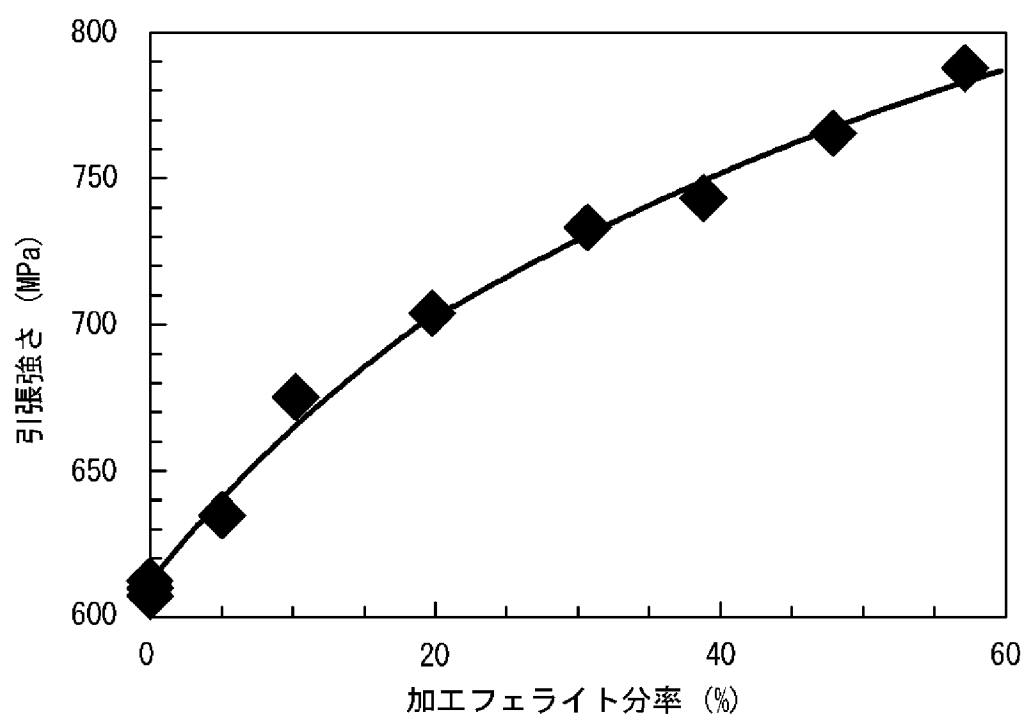
Ca :0.0005~0.0100質量%

のうちから選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする
請求項6から9のいずれかに記載の機械構造用鋼の製造方法。

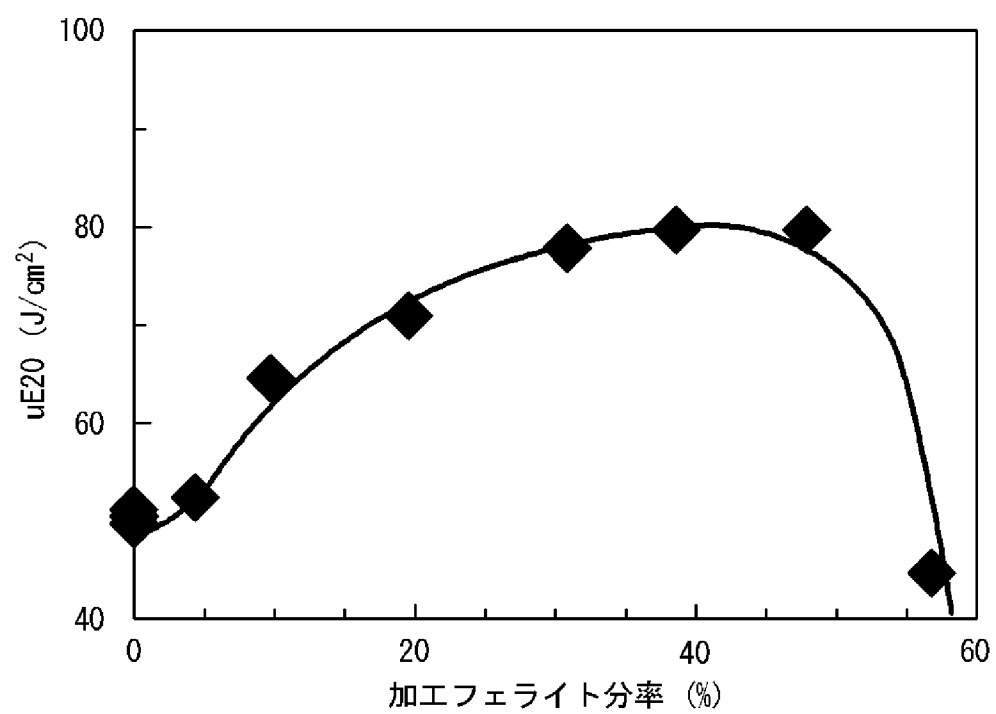
[図1]

FIG. 1

[図2]

FIG. 2

[図3]

FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 006857

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C3 8/0 0 (2006.01)i, C21 D8/0 6 (2006.01)i, C22C3 8/0 6 (2006.01)i, C22C3 8/60 (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)

C 2 2 C 3 8 / 0 0 , C 2 1 D 8 / 0 6 , C 2 2 C 3 8 / 0 6 , C 2 2 C 3 8 / 6 0

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1	996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2012
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2012	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2012

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 Y	JP 2009-263684 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 12 November 2009 (12.11.2009), claims ; paragraph [0005] (Family : none)	1-3, 6-8 4, 5, 9, 10
X Y A	JP 62-199750 A (Nippon Steel Corp.), 03 September 1987 (03.09.1987), claims (Family : none)	3, 8 4, 5, 9, 10 1, 2, 5, 7
Y A	JP 2004-346415 A (Nippon Steel Corp.), 09 December 2004 (09.12.2004), entire text (Family : none)	4, 5, 9, 10 1-3, 6-8



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
01 March, 2012 (01.03.12)

Date of mailing of the international search report
13 March, 2012 (13.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 006857

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 2011-241465 A (Sumi tomo Metal Industries, Ltd.), 01 December 2011 (01.12.2011), entire text (Family : none)	1-10
A	JP 2010-229475 A (JFE Steel Corp.), 14 October 2010 (14.10.2010), entire text (Family : none)	1-10
E, X	JP 2011-246769 A (JFE Steel Corp.), 08 December 2011 (08.12.2011), entire text (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. C22C38/00 (2006. 01) i, C21D8/06 (2006. 01) i, C22C38/06 (2006. 01) i, C22C38/60 (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. C22C38/00, C21D8/06, C22C38/06, C22C38/60

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
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0

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)
年

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	JP 2009-263684 A (日産自動車株式会社) 2009. 11. 12, 【特許請求の範囲】, 【0005】 (ファミリーなし)	1-3, 6-8 4, 5, 9, 10
X Y A	JP 62-199750 A (新日本製鐵株式会社) 1987. 09. 03, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	3, 8 4, 5, 9, 10 1, 2, 6, 7
Y A	JP 2004-346415 A (新日本製鐵株式会社) 2004. 12. 09, 全文 (ファミリーなし)	4, 5, 9, 10 1-3, 6-8

☒ 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

IA」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

IE」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

「」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)

IΘ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

IP」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

IY」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

I&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 3 . 2 0 1 2

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)

岸 智之

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

4 K

4 4 2 7

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 2011-241465 A (住友金属工業株式会社) 2011. 12. 01, 全文 (フ アミリーなし)	1-10
A	JP 2010-229475 A (J F E スチール株式会社) 2010. 10. 14, 全文 (フ アミリーなし)	1-10
E, X	JP 2011-246769 A (J F E スチール株式会社) 2011. 12. 08, 全文 (フ アミリーなし)	1-10