

(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
2023年10月5日(05.10.2023)



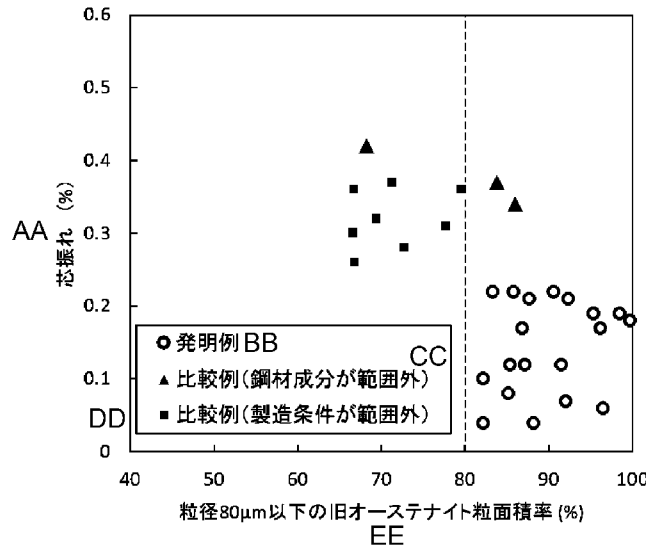
(10) 国際公開番号

WO 2023/190409 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C21D 9/28 (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01) C22C 38/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012333
- (22) 国際出願日: 2023年3月27日(27.03.2023)
- (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 2022-061367 2022年3月31日(31.03.2022) 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: 大塚 智樹 (OTSUKA Tomoki); 〒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). 今浪 祐太 (IMANAMI Yuta); 〒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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: MECHANICAL STRUCTURAL PART AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 機械構造部品およびその製造方法



- AA Axial runout (%)
BB Inventive example
CC Comparative example (steel components are outside range)
DD Comparative example (manufacturing conditions are outside range)
EE Area ratio of prior austenite grains with grain size 80 μm or less

(57) Abstract: Provided is a mechanical structural part in which strain after an induction heat treatment is reliably reduced to eliminate the problem of eccentricity in parts having a large aspect ratio, particularly parts having an axially shaped portion. This mechanical structural part has a component composition comprising C: 0.45 to 0.51%, Si: 0.15 to 0.35%, Mn: 0.60 to 0.90%, P: 0.030% or less, S: 0.025% or less, Al: 0.040 to 0.059%, Cr: 0.10 to 0.50%, and N: 0.0060 to 0.0100%, the remainder being Fe and impurities, and includes a hardened layer obtained by induction quenching/tempering treatment,



WO 2023/190409 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

wherein the area ratio of crystal grains in which the diameter of prior austenite grains in the hardened layer is less than or equal to 80 μm is greater than or equal to 80%, and the proportion of the number of grains having a grain size greater than or equal to twice the grain size mode in the hardened layer is less than or equal to 5%.

(57) 要約 : 高周波熱処理後のひずみを確実に低減させることによって、特に軸形状部を有する縦横比の大きい部品における偏心の問題を解消した機械構造部品について提供する。C : 0.45~0.51%、Si : 0.15~0.35%、Mn : 0.60~0.90%、P : 0.030%以下、S : 0.025%以下、Al : 0.040~0.059%、Cr : 0.10~0.50%およびN : 0.0060~0.0100%を含み、残部はFe及び不純物の成分組成を有し、高周波焼入れ・焼戻し処理による硬化層を有する部品において、前記硬化層における旧オーステナイト粒の径が80 μm 以下の結晶粒の面積率が80%以上、かつ前記硬化層における粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合が5%以下、とする。

明 細 書

発明の名称： 機械構造部品およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、建築産業機械や自動車の分野で用いられる、高周波焼入れ・焼戻し処理による硬化層を有する機械構造部品、中でも軸形状部を有する機械構造部品およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 自動車や建機などに用いられる、例えばドライブシャフトやアクスルシャフト等の動力伝達部品には、JIS規格のSCr420やSCM420をはじめとする機械構造用合金鋼が用いられる。この種の部品の製造方法の概略は以下の通りである。すなわち、機械構造用合金鋼を素材とする棒鋼や線材を、熱間鍛造および／または冷間鍛造することにより部品形状に粗成形し、切削加工により精細な成形を行う。続いて高周波焼入れ・焼戻し処理（高周波熱処理）や浸炭焼入れ・焼戻し処理（浸炭熱処理）などの表面硬化処理を施し製品とする。高周波熱処理および浸炭熱処理は、900℃以上に加熱・保持後冷却することによって、鋼組織の変態を利用して対象部材を硬化させる。そのため加熱時に鋼組織の変態に起因した熱処理ひずみを生じる。特に、シャフトなどの軸形状部を有するような、縦横比の大きい部品においては、ひずみによる部品の偏心が無視できず、その程度に応じた矯正工程が必要となり、コスト増加につながっていた。

[0003] このような課題に対し、例えば、特許文献1～5に記載の技術が提案されている。すなわち、特許文献1には、AlNを析出させることによりオーステナイト粒の粗大化を抑制し、浸炭熱処理時の熱処理ひずみを低下させた鋼の製造方法が提案されている。

[0004] 特許文献2には、熱間加工後の規定温度域における冷却速度を制御することでAlNのサイズと析出密度を制御し、浸炭熱処理時の熱処理ひずみを低下させることが提案されている。

[0005] 特許文献3には、鑄造後の加熱および熱間圧延温度を制御することで脱炭を低減させ、浸炭熱処理時の粗大粒発生ならびに熱処理ひずみを低下させた鋼およびその製造方法が提案されている。

[0006] 特許文献4には、Ti添加によるTiNの析出ならびに熱間圧延の仕上温度を制御することで浸炭熱処理時の粗大粒発生ならびに熱処理ひずみを低下させた鋼およびその製造方法が提案されている。

[0007] 特許文献5には、棒鋼における長手垂直断面内におけるマルテンサイト変態点のバラつきを制御することで不均一なマルテンサイト変態の発生を抑制し、浸炭焼入れもしくは浸炭窒化焼入れに際して生じる熱処理ひずみを低下させることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開昭61-261427号公報

特許文献2：特開平8-199316号公報

特許文献3：特開2004-204263号公報

特許文献4：特開2006-265703号公報

特許文献5：特開2013-151719号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ここで、浸炭熱処理と高周波熱処理とを比較すると、浸炭熱処理の方が熱処理後に生じるひずみが大きい。そこで、従来は、浸炭熱処理後のひずみを低減させることに重点が置かれていた。そのために、特許文献1～5に示された技術は、浸炭熱処理にて生じるひずみを低減させることには有効であるものの、高周波熱処理にて生じる、より小さなひずみを低減させるには不十分であった。

[0010] 本発明は、上記実状に鑑みて開発されたものであり、高周波熱処理後のひずみを低減させることによって、特に軸形状部を有する縦横比の大きい部品

における偏心の問題を解消した機械構造部品およびその製造方法について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] 本発明者らは、高周波熱処理後の部材におけるひずみの低減を実現するために、高周波熱処理後のひずみに及ぼす鋼材成分ならびに鋼材製造条件の影響を調査した。その結果、高周波熱処理後のひずみ低減には、次の（a）および（b）が重要であることを知見するに到った。

（a）高周波熱処理後の硬化層における旧オーステナイト粒径のばらつきを小さくする。（b）高周波熱処理後の硬化層において、粒径の小さい旧オーステナイト粒が多くを面積を占めるようにする。

[0012] 本発明は、上記の知見に基づいたものであり、その要旨構成は次のとおりである。

1. 質量%で

C : 0.45~0.51%、

Si : 0.15~0.35%、

Mn : 0.60~0.90%、

P : 0.030%以下、

S : 0.025%以下、

Al : 0.040~0.059%、

Cr : 0.10~0.50%および

N : 0.0060~0.0100%

を含み、残部はFe及び不純物の成分組成を有し、高周波焼入れ・焼戻し処理による硬化層を有する部品であって、前記硬化層における旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率が80%以上であり、かつ前記硬化層における粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合が5%以下である機械構造部品。

[0013] 2. 前記部品が軸形状部を有する部品である、前記1に記載の機械構造部品

。

[0014] 3. 質量%で

C : 0.45~0.51%、

Si : 0.15~0.35%、

Mn : 0.60~0.90%、

P : 0.030%以下、

S : 0.025%以下、

Al : 0.040~0.059%、

Cr : 0.10~0.50%および

N : 0.0060~0.0100%

を含み、残部はFe及び不純物の成分組成からなる鋼素材に、下記式(1)を満足する圧延速度VSLにて熱間圧延を施して棒鋼または線材とし、該棒鋼または線材を鍛造成形した後に900~1150℃にて高周波焼入れを施して焼戻しを行う、機械構造部品の製造方法。

記

$$VSL \leq 100 / DL \quad (\text{m/s}) \quad \dots \quad (1)$$

ただし、VSLは圧延最終段通過直前の圧延速度(m/s)、DLは圧延完了後の圧延材直径(mm)。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、残留ひずみの低い機械構造部品を提供することができる。中でも、軸形状部を有する機械構造部品においてひずみの低減が実現するため、この種の機械構造部品の偏心を抑制するという効果を奏するものである。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]硬化層における粒径80μm以下の旧オーステナイト粒の面積率と芯振れ(偏心)との相関を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下では本発明を実施するための一形態について、本発明の機械構造部品に適用する鋼の成分組成から順に詳しく説明する。なお、各元素における含

有量を示す「%」は、特に断らない限り「質量%」を示している。

C : 0.45~0.51%

Cは、高周波熱処理を施した際の部品の硬化層強度を確保するために必須となる元素である。C含有量が0.45%未満の場合は、部品としての強度が不十分となる。一方でC含有量が0.51%を超えると、高周波熱処理後のひずみ量が増加する。以上の理由により、C含有量は0.45~0.51%の範囲と定める。強度とひずみ量とをバランスさせる観点からは、C含有量を0.47%以上とすることが望ましい。同様に、0.49%以下とすることが望ましい。

[0018] Si : 0.15~0.35%

Siは、鋼の脱酸作用による酸素系介在物の低減と焼戻し熱処理における硬さ低下抑制の作用を有する。すなわち、製品としての機械的特性を向上させる効果を有する。一方で過剰に添加すると、素材が硬化することにより冷間加工性が低下してしまう。以上の理由により、Si含有量は0.15~0.35%の範囲と定める。より望ましい範囲としては、0.20%以上である。より望ましい範囲としては、0.30%以下である。

[0019] Mn : 0.60~0.90%

Mnは、焼入れ性を大きく向上させる作用があり、そのためには0.60%以上の添加が必要である。一方で添加量が増加するに伴い素材硬さの増加ならびに冷間加工性の低下が生じるが、0.90%までは許容される。以上の理由によりMn含有量は0.60~0.90%の範囲と定める。なお、より望ましい範囲としては0.70%以上である。より望ましい範囲としては、0.80%以下である。

[0020] P : 0.030%以下 (0%を含む)

Pは、高周波焼入れ後の旧オーステナイト粒界に偏析し、硬化層の疲労特性を低下させる作用を有する。そのためP含有量は可能な限り少量に抑えることが好ましい。以上の理由によりP含有量を0.030%以下の範囲と定める。なお、より好ましくは0.012%以下に抑制するのが良い。0%であっても良いのは、勿論である。

[0021] S : 0.025%以下 (0%を含む)

Sは、硫黄系介在物として存在し、被削性の向上に有効な元素であるが、0.025%を超える添加は鑄造時の製造性に悪影響を及ぼすため、上限量は0.025%とする。なお、被削性の向上が必要な場合は0.010%以上添加してもよく、0.010~0.015%の範囲が好適である。なお、被削性を考慮する必要がない場合は、0%であっても良い。

[0022] Al : 0.040~0.059%

Alは、Nと結合してAlNを形成するため、棒鋼・線材の圧延時ならびに高周波焼入れ時のオーステナイト粒の粗大化を抑制する作用を持つ。棒鋼・線材の圧延および高周波焼入れ時のオーステナイト粒径制御がひずみ抑制において効果的であるため、本発明において重要な元素である。Al含有量が少ない場合には、上記効果が見込まれない。一方でAl含有量が過剰である場合は、介在物の増加を招いて疲労破壊の起点を増やし、疲労強度低下の原因となる。以上の理由により、Al含有量を0.040~0.059%の範囲と定めた。好ましくは、0.045%以上である。好ましくは、0.055%以下である。

[0023] Cr : 0.10~0.50%

Crは、焼入れ性の向上や鋼の強度改善に有効に作用する。一方でCr含有量が多くなると、硬さ増加による加工性の低下が避けられない。以上の理由により、Cr含有量を0.10~0.50%の範囲と定めた。好ましくは、0.10%以上である。好ましくは、0.20%以下である。

[0024] N : 0.0060~0.0100%

Nは、Alと結合してAlNを形成するため、Alと同様、本発明において重要な元素である。Nを0.0060%以上含有させることが、棒線・線材圧延および高周波焼入れ時のオーステナイト粒径制御に必要である。一方でN含有量が多くなると、凝固時に割れが発生し、その後の工程においても疵として残存することになる。この疵が残ったままでは、疵が開いて割れが著しく発生しやすくなるため、製品として使用できなくなる。以上の理由により、N含有量を0.0060~0.0100%の範囲と定めた。好ましくは、0.0060%以上である。好ましくは、0.0080%以下である。

[0025] 本発明の機械構造部品では、成分組成の残部はFe及び不純物を有する。不純物とは、鋼材を工業的に製造する際に、原料としての鉱石、スクラップ、または製造環境などから混入されるものであって、本実施形態の特性に悪影響を与えない範囲で許容される。

[0026] 次に、本発明における、高周波熱処理による硬化層の旧オーステナイト粒径に関する規定について説明する。

本発明の機械構造部品は、上述した成分組成の鋼を用いて、例えば軸部を有する形状などの部品形状に成形され、その後に高周波焼入れ・焼戻しの高周波熱処理が施される。この高周波熱処理により形成される硬化層において、旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率が80%以上であり、かつ粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合が5%以下である必要がある。

[0027] [硬化層]

本発明の機械構造部品では、部品形状となった成形体に高周波焼入れ・焼戻しの高周波熱処理を施して表層に硬化層を形成する。この硬化層は、高周波熱処理によって硬化した部分である。具体的には、高周波熱処理後の部品表面から中心に向かう硬さ（例えばビッカース硬さ）分布測定を行って、得られた硬さ分布において所定の硬さ（例えばHV450）が維持されている深さ位置までを有効硬化層深さ（ECD）として、この有効硬化層深さの領域を硬化層とする。

[0028] [旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率が80%以上]

この旧オーステナイト粒径の規定は、高周波熱処理後のひずみを抑制可能な旧オーステナイト粒の性状を示す指標である。ここで、後述の実施例における、粒径 $80\mu\text{m}$ 以下の旧オーステナイト粒の面積率と芯振れ（0.25%以下であれば、部品におけるひずみの抑制が実現）との関係を図1に示すように、旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率が80%以上を満足するとき、芯振れを効果的に抑制、すなわち部品におけるひずみを抑制することができる。なお、旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒を規制対象と

するのは、粒径 $80\mu\text{m}$ よりも大きい旧オーステナイト粒は、芯振れ抑制に与える影響が大きく、 $80\mu\text{m}$ 超の結晶粒を規制することによって、所望の芯振れ抑制能が得られるからである。そのため、旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 超の結晶粒の面積率は20%未満とすること、言い換えると、旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率を80%以上とする。

[0029] ここで、旧オーステナイト粒径は、高周波熱処理後の部品を適切に腐食し観察することで得ることができる。例えば、部品表層に形成された硬化層をピクリン酸溶液にて腐食し旧オーステナイト粒界を顕現させた後、旧オーステナイト粒組織を撮影し、画像処理ソフトウェアによって処理し、各旧オーステナイト粒における円相当径を得るとともに、 $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率を求めることができる。

[0030] [粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合が5%以下]

硬化層において、粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合を5%以下にすることによって、高周波焼入れ後の部品のひずみ並びに偏心を抑制することができる。前項の旧オーステナイト粒の面積率を満足する場合においても、一定少数の旧オーステナイト粒が他の粒よりも著しく粗大化（具体的には粒径最頻値の2倍以上）すると、偏心の抑制が所望の程度まで達しない。かように、偏心の抑制の基準として、上記条件が適切であることを知見した。

[0031] ここで、粒径最頻値は、高周波熱処理後の部品を適切に腐食し観察することで得ることができる。例えば、部品表層に形成された硬化層をピクリン酸溶液にて腐食し旧オーステナイト粒界を顕現させた後、旧オーステナイト粒組織を撮影し、画像処理ソフトウェアによって処理して得られた粒径のヒストグラムにて求めることができる。さらに、そのヒストグラムによって当該粒径を有する粒の数割合を求めることができる。

[0032] 次に、本発明の機械構造部品の製造方法について説明する。

すなわち、上記した成分組成を有する鋼素材に、下記式(1)を満足する圧延速度にて熱間圧延を施して棒鋼又は線材とし、該棒鋼または線材を部品

形状に鍛造成形した後に900～1150℃にて高周波焼入れを施して、機械構造部品を製造する。なお、鋼素材としては、例えばビレットを典型例とする鋳片やスラブ等、特に限定されない。

[0033] ここで、上述した硬化層での旧オーステナイト粒径に関する規定を満足させるためには、上述の成分組成の調整に加えて、鋼素材、例えば鋳片に下記式（1）を満足する圧延速度にて熱間圧延を施し、棒鋼または線材とする必要がある。

記

$$VSL \leq 100 / DL \quad (\text{m/s}) \quad \dots \quad (1)$$

ただし、VSLは圧延最終段通過直前の圧延速度（m/s）、DLは圧延完了後の圧延材直径（mm）。

[0034] 上掲式（1）は、鋳片を、機械構造部品とするための鍛造素材となる棒鋼または線材へと熱間圧延を施す際の、圧延速度を示す指標である。棒鋼または線材の径に応じて適切な圧延速度とすることにより、圧延材内部の温度勾配を低減し、圧延材の組織を制御することができる。この式を満足する圧延速度とすることによって圧延材内部の冷却に必要な時間を担保することができ、圧延材の表層と内部の温度差が抑制される結果、均質な圧延後組織を得ることができる。従って、圧延速度と圧延材直径が上掲式（1）を満足しない場合、後述の高周波熱処理の際の熱処理条件を満足したとしても、最終部品における旧オーステナイト粒径が上述の条件を満たすことができない。

[0035] さらに、（1）式の右辺における定数を100から90として規定する、圧延速度とすることが、ひずみ抑制の観点から好ましい。すなわち、次式（2）を満足する圧延速度にて熱間圧延を施すことが、ひずみを抑制するのに好適である。

記

$$VSL \leq 90 / DL \quad (\text{m/s}) \quad \dots \quad (2)$$

ただし、VSLは圧延最終段通過直前の圧延速度（m/s）、DLは圧延完了後の圧延材直径（mm）。

[0036] ちなみに、本来であれば、圧延速度を示す指標としては圧延最終段直前の圧延材直径を用いるのが適切であるが、棒鋼または線材の圧延最終段は、通常、寸法を整えるための軽微な圧下であり、径の変化が微小であるため、圧延完了後の直径を用いることができる。

[0037] 以上のようにして製造された棒鋼あるいは線材に対して、熱間鍛造および／または冷間鍛造、切削などの加工が施されて部品形状に仕上げられ、その後高周波熱処理が施されて部品となる。高周波熱処理後の硬化層の旧オーステナイト粒が上述の粒径条件を満たすためには、高周波焼入れの温度が900～1150℃である必要がある。

[0038] 上記の温度範囲は、本発明の成分組成の範囲において、加熱時に完全にオーステナイト変態する、かつ加熱時に著しいオーステナイト粒成長が生じない、ことを基に規定されたものである。なお、高周波焼入れ後の焼戻し熱処理については公知の条件で差し支えない。

実施例

[0039] 以下、実施例に従って、本発明の構成および作用効果を具体的に説明する。しかし、本発明は下記の実施例によって制限を受けるものではなく、本発明の要旨に適合し得る範囲内にて適宜変更することも可能であり、これらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれる。

[0040] 表1に示す成分組成の鋼を溶製し連続鋳造によって作製した鋳片を、ピレットに加工した後、種々の直径の丸棒に熱間圧延した。熱間圧延条件は、圧延完了後の圧延材直径 $DL=30$ mm、圧延最終段通過直前の圧延速度 $V_{SL}=3.0$ m/sである。得られた丸棒について、機械構造用鋼に求められる特性を調査した。機械構造用鋼に求められる特性、すなわち鋼自体の特性として熱間圧延後の丸棒の硬さを測定し、さらに焼入れ性の評価として、丸棒を後述の高周波熱処理した後の硬さ分布測定を行った。

[0041]

[表1]

鋼No.	化学成分(質量%)											備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	N				
1	0.50	0.17	0.63	0.011	0.011	0.048	0.31	0.0069	適合例			
2	0.51	0.15	0.84	0.010	0.011	0.045	0.47	0.0098	適合例			
3	0.51	0.33	0.82	0.012	0.015	0.052	0.41	0.0074	適合例			
4	0.47	0.33	0.80	0.030	0.023	0.056	0.42	0.0068	適合例			
5	0.50	0.17	0.73	0.029	0.018	0.040	0.25	0.0083	適合例			
6	0.45	0.21	0.64	0.029	0.020	0.052	0.48	0.0087	適合例			
7	0.49	0.22	0.85	0.016	0.018	0.052	0.41	0.0085	適合例			
8	0.49	0.18	0.67	0.012	0.012	0.042	0.32	0.0060	適合例			
9	0.46	0.25	0.65	0.007	0.024	0.053	0.30	0.0085	適合例			
10	0.45	0.30	0.75	0.016	0.023	0.048	0.27	0.0098	適合例			
11	0.45	0.15	0.67	0.024	0.019	0.042	0.50	0.0073	適合例			
12	0.50	0.26	0.60	0.030	0.018	0.057	0.38	0.0071	適合例			
13	0.47	0.28	0.80	0.012	0.010	0.052	0.14	0.0098	適合例			
14	0.47	0.23	0.79	0.012	0.014	0.056	0.20	0.0094	適合例			
15	0.45	0.24	0.86	0.013	0.022	0.053	0.46	0.0070	適合例			
16	0.50	0.30	0.79	0.026	0.025	0.043	0.37	0.0088	適合例			
17	0.51	0.35	0.79	0.011	0.024	0.047	0.24	0.0065	適合例			
18	0.45	0.25	0.73	0.020	0.011	0.049	0.29	0.0078	適合例			
19	0.50	0.26	0.88	0.015	0.021	0.049	0.10	0.0095	適合例			
20	0.53	0.28	0.86	0.018	0.015	0.050	0.48	0.0086	比較例			
21	0.44	0.26	0.74	0.013	0.011	0.048	0.49	0.0082	比較例			
22	0.48	0.12	0.72	0.025	0.015	0.059	0.30	0.0099	比較例			
23	0.51	0.34	0.58	0.028	0.011	0.052	0.43	0.0061	比較例			
24	0.46	0.24	0.84	0.033	0.021	0.040	0.41	0.0068	比較例			
25	0.48	0.17	0.83	0.010	0.024	0.063	0.16	0.0077	比較例			
26	0.48	0.16	0.66	0.024	0.017	0.039	0.37	0.0088	比較例			
27	0.46	0.23	0.82	0.018	0.020	0.044	0.09	0.0093	比較例			
28	0.46	0.19	0.73	0.017	0.025	0.049	0.47	0.0059	比較例			

[0042] 硬さ測定は、丸棒の周面から該丸棒の直径の1/4の深さ位置において、300g fにてビッカース硬さを測定した。任意の10点において計測し、その平均値を算出し評価した。ここでのビッカース硬さとしては、冷間加工性の観点からHV195以下であることが望ましい。

[0043] 高周波熱処理後の硬さ分布測定は、丸棒を高周波熱処理し実施した。高周

波熱処理は、周波数8.5kHz、最高加熱温度1000℃、移動焼入れにて実施した。焼戻しは加熱炉を用いて180℃にて30分の条件で実施した。その後、丸棒の軸垂直断面にて表面から中心まで300gfにてビッカース硬さ測定を実施した。すなわち、丸棒の表面から半径方向内側へ1mmの深さ位置を1点目とし、以後半径方向内側へ1mmピッチで測定し、半径方向の硬さ分布を評価した。その結果を基に、表面からHV450以上となる位置までの層を有効硬化層深さ（ECD）として評価した。この有効硬化層深さ域が本発明の硬化層である。部品の強度確保のためには、ECDが丸棒の直径の10%以上であることが望ましい。

これらの測定結果を表2に示す。

[0044]

[表2]

[表 2]

試験No.	鋼No.	圧延まま材特性	
		硬さ (HV)	ECD (mm)
1A	1	183	3.3
2A	2	183	3.2
3A	3	188	3.3
4A	4	180	3.0
5A	5	185	3.1
6A	6	180	3.0
7A	7	184	3.2
8A	8	185	3.0
9A	9	180	3.0
10A	10	185	3.0
11A	11	185	3.1
12A	12	188	3.2
13A	13	195	3.1
14A	14	193	3.1
15A	15	182	3.3
16A	16	183	3.2
17A	17	184	3.1
18A	18	185	3.1
19A	19	187	3.0
20A	20	217	3.1
21A	21	176	2.9
22A	22	182	2.7
23A	23	177	2.7
24A	24	187	3.0
25A	25	186	3.1
26A	26	193	3.0
27A	27	182	2.7
28A	28	195	3.0

[0045] さらに、上記した硬さ測定および硬さ分布測定に供したのと同じ鋳片を用いて、各鋳片から作製したビレットを、表3に示す部品製造条件にて熱間圧延および高周波焼入れ熱処理を施して軸部品を作製した。なお、部品形状は、熱間圧延後の棒鋼から減面率20%の押出加工を加えた丸棒であり、高周波熱処理はECD（すなわち硬化層の厚さ）が軸直径の10%程度となるように条件を調整の上、それぞれ実施した。

[0046] 得られた部品の硬化層における、粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合および旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率について調査した。

[0047] [粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合]

部品の硬化層における旧オーステナイト粒の観察は、上記軸部品の軸垂直断面を観察面とするサンプルを切り出し実施した。切り出したサンプルを3%ピクリン酸水溶液にて腐食し、光学顕微鏡を用いてECDの半分の位置において旧オーステナイト粒組織を200倍にて10視野撮影した。その撮影写真を基に、旧オーステナイト粒界をトレースし、トレース像を画像処理ソフトウェアのImage Jにより処理し、各旧オーステナイト粒における直径を円相当径として整数となるように四捨五入し算出した。得られた粒径データから、最も粒の数が多き粒径を最頻値として定義し、その2倍よりも大きい粒の全粒数に対する個数割合を算出した。なお、最頻値の候補が複数ある場合は、その中で最小のものを最頻値として取り扱った。

[0048] [旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率]

上記と同様に得た、トレース像を画像解析することによって、粒径 $80\mu\text{m}$ 以下の旧オーステナイト粒の面積率を算出した。

[0049] さらに、得られた部品について、ねじり疲労寿命および部品芯振れを評価した。

[ねじり疲労寿命]

ねじり疲労寿命は、電気サーボ式ねじり疲労試験機を用いて実施した。負荷は2Hzにて、最大せん断応力が 300MPa となるように実施し、破壊までの繰

返し数を測定した。本試験において15,000回以上の破壊寿命を示す場合、十分な疲労強度を有しているといえる。

[0050] [部品芯振れ]

部品のひずみを、偏心検査機によって測定した。すなわち、高周波熱処理前に両端部中心にあけた穴を支持することにより部品を一周させたときの変位の変化幅（変位最大値と変位最小値の差）を測定部分の直径で除することにより芯振れ（%）を算出した。今回の試験においては芯振れが0.25%以下であれば、部品としてのひずみが十分抑制されているといえる。

[0051] 得られた評価結果を表3に併せて示す。また、図1に、粒径80 μm 以下の旧オーステナイト粒の面積率と芯振れとの関係を整理して示す。なお、図中には疲労寿命が好適範囲である例のみを示した。

[0052]

[表3]

[表 3]

試験No.	鋼No.	部品製造条件			最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合 (%)	粒径80 μ m以下の旧オーステナイト粒面積率 (%)	部品特性		備考
		D _L (mm)	V _{SL} (m/s)	高周波焼入れ温度 (°C)			ねじり疲労寿命 (※) (回)	芯振れ (%)	
1B	1	20	4.6	930	1.7	85.8	2.0E+04	0.22	発明例
2B	2	20	4.7	1010	4.6	99.7	3.5E+04	0.18	発明例
3B	3	20	4.8	1010	1.7	95.3	3.4E+04	0.19	発明例
4B	4	20	5.0	1110	1.9	98.4	3.3E+04	0.19	発明例
5B	5	20	4.9	920	2.0	86.8	2.2E+04	0.17	発明例
6B	6	20	4.8	1000	1.0	87.6	3.7E+04	0.21	発明例
7B	7	40	2.5	960	1.6	92.3	2.6E+04	0.21	発明例
8B	8	40	2.0	1000	1.0	83.3	2.8E+04	0.22	発明例
9B	9	40	1.8	970	4.7	96.1	1.9E+04	0.17	発明例
10B	10	40	1.6	1020	4.7	90.5	1.6E+04	0.22	発明例
11B	11	40	2.0	1150	0.3	82.1	3.0E+04	0.04	発明例
12B	12	40	1.8	1030	0.9	87.1	2.9E+04	0.12	発明例
13B	13	40	2.2	1060	1.0	85.1	3.9E+04	0.08	発明例
14B	14	20	4.5	1130	0.5	92.0	4.1E+04	0.07	発明例
15B	15	20	3.6	1010	1.0	85.3	2.9E+04	0.12	発明例
16B	16	40	1.3	980	0.5	91.5	2.7E+04	0.12	発明例
17B	17	40	1.4	920	0.8	82.1	4.3E+04	0.10	発明例
18B	18	40	1.7	1130	1.0	96.5	3.6E+04	0.06	発明例
19B	19	20	3.9	990	3.9	88.2	2.1E+04	0.04	発明例
20B	20	20	4.1	1050	4.8	83.8	2.3E+04	0.37	比較例
21B	21	20	4.6	1020	2.5	93.1	1.3E+04	0.21	比較例
22B	22	20	4.6	1060	3.2	90.7	1.2E+04	0.17	比較例
23B	23	20	4.5	980	2.7	97.0	1.3E+04	0.17	比較例
24B	24	20	4.7	900	2.7	97.6	1.3E+04	0.23	比較例
25B	25	40	1.9	970	4.9	83.0	1.2E+04	0.17	比較例
26B	26	40	1.6	1130	5.9	86.0	2.1E+04	0.34	比較例
27B	27	40	1.6	970	2.0	82.0	1.0E+04	0.17	比較例
28B	28	40	2.3	1100	2.7	68.2	2.8E+04	0.42	比較例
29B	2	20	5.4	1010	2.2	71.3	3.3E+04	0.37	比較例
30B	3	20	5.4	1000	2.3	66.8	1.6E+04	0.26	比較例
31B	4	20	5.2	1020	4.9	69.4	3.1E+04	0.32	比較例
32B	6	40	2.7	1050	2.1	66.6	3.3E+04	0.30	比較例
33B	8	40	3.0	930	3.2	77.7	2.5E+04	0.31	比較例
34B	9	40	3.0	1110	4.8	79.6	3.8E+04	0.36	比較例
35B	11	20	4.9	890	3.0	84.6	1.3E+04	0.18	比較例
36B	13	20	4.1	880	3.7	83.4	1.0E+04	0.24	比較例
37B	15	40	1.8	1170	2.3	72.7	2.2E+04	0.28	比較例
38B	17	40	2.5	1180	3.2	66.7	2.3E+04	0.36	比較例

※:ねじり疲労寿命における「E+04」は「 $\times 10^4$ 」を示している。

請求の範囲

[請求項1]

質量%で

C : 0.45~0.51%、

Si : 0.15~0.35%、

Mn : 0.60~0.90%、

P : 0.030%以下、

S : 0.025%以下、

Al : 0.040~0.059%、

Cr : 0.10~0.50%および

N : 0.0060~0.0100%

を含み、残部はFe及び不純物の成分組成を有し、高周波焼入れ・焼戻し処理による硬化層を有する部品であって、前記硬化層における旧オーステナイト粒の径が $80\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の面積率が80%以上であり、かつ前記硬化層における粒径最頻値の2倍以上の粒径を有する粒の数割合が5%以下である機械構造部品。

[請求項2]

前記部品が軸形状部を有する部品である、請求項1に記載の機械構造部品。

[請求項3]

質量%で

C : 0.45~0.51%、

Si : 0.15~0.35%、

Mn : 0.60~0.90%、

P : 0.030%以下、

S : 0.025%以下、

Al : 0.040~0.059%、

Cr : 0.10~0.50%および

N : 0.0060~0.0100%

を含み、残部はFe及び不純物の成分組成からなる鋼素材に、下記式(1)を満足する圧延速度VSLにて熱間圧延を施して棒鋼または線材と

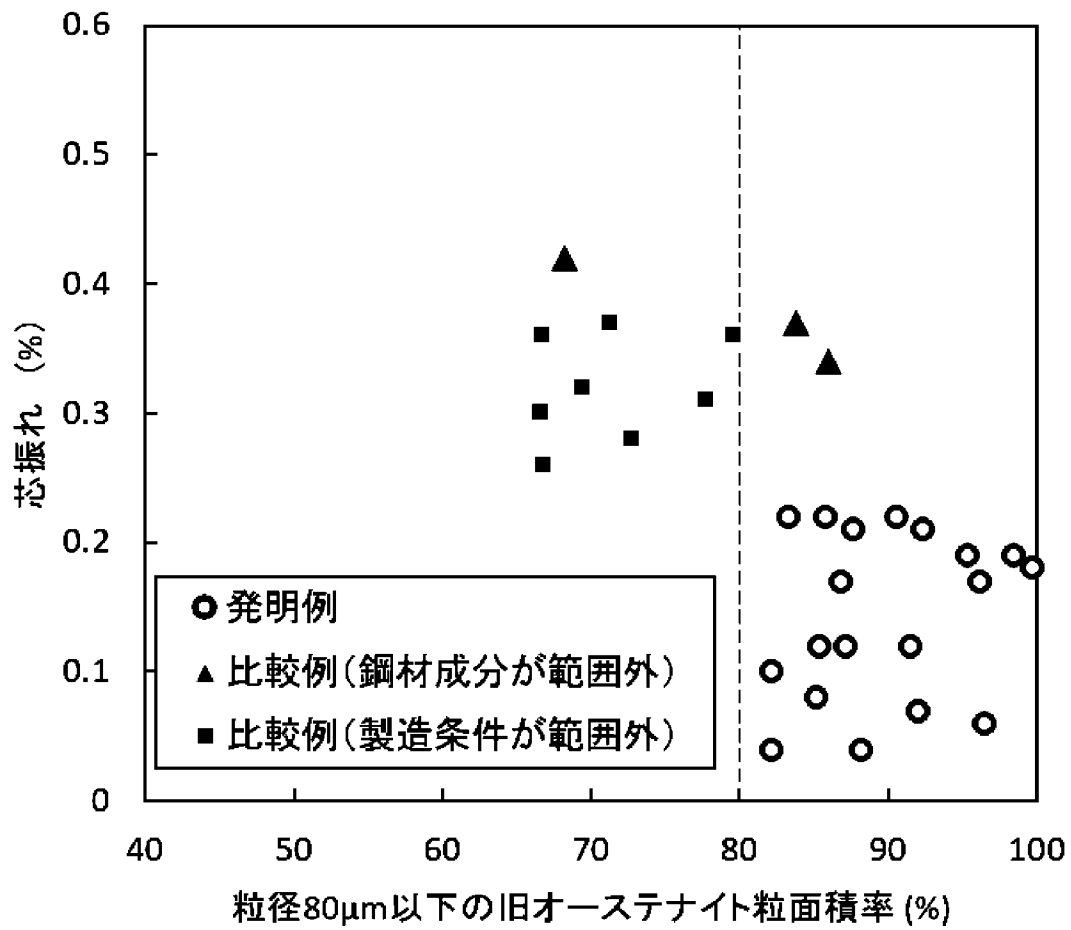
し、該棒鋼または線材を鍛造成形した後に900～1150℃にて高周波焼入れを施して焼戻しを行う、機械構造部品の製造方法。

記

$$VSL \leq 100 / DL \quad (\text{m/s}) \quad \dots \quad (1)$$

ただし、VSLは圧延最終段通過直前の圧延速度（m/s）、DLは圧延完了後の圧延材直径（mm）。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
C22C 38/00(2006.01)i; C21D 8/06(2006.01)i; C21D 9/28(2006.01)i; C22C 38/18(2006.01)i FI: C22C38/00 301Z; C21D8/06 A; C21D9/28 A; C22C38/18		
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) C22C38/00; C21D8/06; C21D9/28; C22C38/18		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/049006 A1 (NIPPON STEEL CORP.) 28 April 2011 (2011-04-28) entire text, all drawings	1-3
A	JP 2008-133530 A (JFE STEEL CORP.) 12 June 2008 (2008-06-12) entire text, all drawings	1-3
A	JP 2010-236062 A (JFE STEEL CORP.) 21 October 2010 (2010-10-21) entire text	1-3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 05 June 2023		Date of mailing of the international search report 20 June 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/012333

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2011/049006	A1	28 April 2011	US 2012/0193000	A1	
				entire text, all drawings		
				KR 10-2012-0047303	A	
				CN 102575328	A	
JP	2008-133530	A	12 June 2008	KR 10-2008-0039284	A	
				entire text, all drawings		
JP	2010-236062	A	21 October 2010	(Family: none)		

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C22C 38/00(2006.01)i; C21D 8/06(2006.01)i; C21D 9/28(2006.01)i; C22C 38/18(2006.01)i FI: C22C38/00 301Z; C21D8/06 A; C21D9/28 A; C22C38/18</p>														
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C22C38/00; C21D8/06; C21D9/28; C22C38/18</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年													
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2011/049006 A1（新日本製鐵株式会社）28.04.2011（2011-04-28） 全文、全図</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008-133530 A（JFEスチール株式会社）12.06.2008（2008-06-12） 全文、全図</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2010-236062 A（JFEスチール株式会社）21.10.2010（2010-10-21） 全文</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	A	WO 2011/049006 A1（新日本製鐵株式会社）28.04.2011（2011-04-28） 全文、全図	1-3	A	JP 2008-133530 A（JFEスチール株式会社）12.06.2008（2008-06-12） 全文、全図	1-3	A	JP 2010-236062 A（JFEスチール株式会社）21.10.2010（2010-10-21） 全文	1-3
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	WO 2011/049006 A1（新日本製鐵株式会社）28.04.2011（2011-04-28） 全文、全図	1-3												
A	JP 2008-133530 A（JFEスチール株式会社）12.06.2008（2008-06-12） 全文、全図	1-3												
A	JP 2010-236062 A（JFEスチール株式会社）21.10.2010（2010-10-21） 全文	1-3												
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>														
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>														
<p>国際調査を完了した日</p> <p>05.06.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>20.06.2023</p>													
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>川村 裕二 4K 3349</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3435</p>													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/012333

引用文献			公表日	パテントファミリー文献		公表日
WO	2011/049006	A1	28.04.2011	US 2012/0193000	A1	
				全文、全図		
				KR 10-2012-0047303	A	
				CN 102575328	A	
JP	2008-133530	A	12.06.2008	KR 10-2008-0039284	A	
				全文、全図		
JP	2010-236062	A	21.10.2010	(ファミリーなし)		