(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
2022年3月31日(31.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/065425 A1

(51) 国際特許分類:
C21D 9/30 (2006.01)　***C22C 38/60*** (2006.01)
F16C 3/06 (2006.01)　*C21D 1/10* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)　*C21D 1/42* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2021/035059

(22) 国際出願日：　2021年9月24日(24.09.2021)

(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 2020-162443　2020年9月28日(28.09.2020)　JP

(71) 出願人：日本製鉄株式会社(**NIPPON STEEL CORPORATION**) [JP/JP]；〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP). トヨタ自動車株式会社(**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]；〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 Aichi (JP).

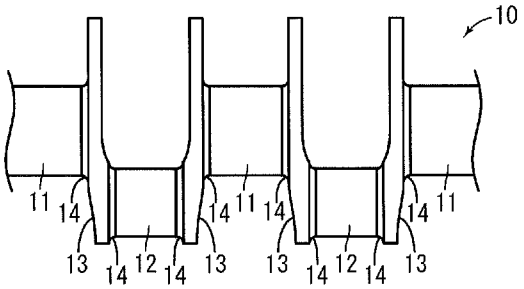
(71) 出願人（*JP* についてのみ）：大豊工業株式会社 (**TAIHO KOGYO CO., LTD.**) [JP/JP]；〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘３丁目６５番地 Aichi (JP).

(72) 発明者：安部 達彦(**ABE, Tatsuhiko**)；〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 久保田 学(**KUBOTA, Manabu**)；〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 大川 暁(**OKAWA, Satoru**)；〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 村上 元一(**MURAKAMI, Motoichi**)；〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 小山 崇(**KOYAMA, Takashi**)；〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 森田 祐輔(**MORITA, Yusuke**)；〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 福井 豪(**FUKUI,**

(54) **Title:** CRANKSHAFT

(54) 発明の名称： クランクシャフト

[図2]



(57) **Abstract:** Provided is a crankshaft that has excellent seizing resistance. A crankshaft (10) comprises journals (11) and pins (12), wherein: the chemical composition in mass percent is C at 0.35-0.40%, Si at 0.70% or less, Mn at 1.00-2:00%, Cr at 0.50% or less, Al at 0.050% or less, N at 0.020% or less, P at 0.020% or less, S at 0.005-0.200%, and the remainder being Fe and impurities; and the journals (11) and the pins (12) both have a surface composition that includes at least 80 vol% of tempered martensite, and a surface hardness of HV450 or less.

(57) 要約：耐焼付性に優れたクランクシャフトを提供する。クランクシャフト（１０）は、ジャーナル部（１１）及びピン部（１２）を備えるクランクシャフトであって、化学組成が、質量％で、Ｃ：０．３５～０．４０％、Ｓｉ：０．７０％以下、Ｍｎ：１．００～２．００％、Ｃｒ：０．５０％以下、ＡＩ：０．０５０％以下、Ｎ：０．０２０％以下、Ｐ：０．０２０％以下、Ｓ：０．００５～０．２００％、残部：Ｆｅ及び不純物、であり、ジャーナル部（１１）及びピン部（１２）の各々は、表面の組織が８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織であり、表面の硬さがＨＶ４５０以下である。

WO 2022/065425 A1

［続葉有］

Takeshi); 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘３丁目６５番地 大豊工業株式会社内 Aichi (JP). 犬飼 祐輔**(INUKAI, Yusuke)**; 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘３丁目６５番地 大豊工業株式会社内 Aichi (JP). 梶木 悠一朗**(KAJIKI, Yuichiro)**; 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘３丁目６５番地 大豊工業株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 上羽 秀敏, 外**(UEBA, Hidetoshi** et al.); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島１丁目１番５号 ザイマックス梅田新道ビル インテリクス国際特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, 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, 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)）

明　細　書

発明の名称 ： クランクシャフト

技術分野

[0001]　本発明は、クランクシャフトに関する。

背景技術

[0002]　クランクシャフトには、疲労強度及び耐摩耗性を向上させるため、高周波焼入れや軟窒化による表面硬化処理が行われる場合がある。

[0003]　特開平１－３０３３０９号公報には、シャフト部、ブッシュ部、フライホイール部、ピン部、及びウェブ部を各々分割して製造し、これらを溶接して一体とするとともに焼入れ焼戻し後機械加工を行うクランクシャフトの製造方法が開示されている。

[0004]　特開平７－３４１３４号公報には、含有炭素量を少なく抑えた非調質鋼を用いて形成されたクランクシャフトに対し、焼入れ硬さがＨＶ４００～５００未満となるように高周波焼入れ焼戻しを行った後、表面硬化層の硬さがＨＶ５００～７００となるように表面塑性加工を行うクランクシャフトの表面処理方法が開示されている。

[0005]　特許第４３３２０７０号公報には、大型鍛鋼品用高強度鋼及び同鋼からなる大型クランク軸が開示されている。同公報には、鍛鋼品用鋼を８７０℃まで加熱後、２０℃／分の冷却速度で冷却（焼入れ）し、５８０～６３０℃で焼戻しすることが記載されている。

[0006]　国際公開第２０１７／５６８９６号には、クランク軸粗形材、窒化クランク軸及びその製造方法が開示されている。同公報には、A_3点よりも１０℃低い温度以上の温度で焼入れし、５５０℃以上A_1点以下の温度で焼戻しすることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平１－３０３３０９号公報

特許文献2：特開平７－３４１３４号公報

特許文献3：特許第４３３２０７０号公報

特許文献4：国際公開第２０１７／５６８９６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] クランクシャフトには、疲労強度や耐摩耗性に加えて、耐焼付性が要求される。近年、燃費効率向上を目的として潤滑油の低粘度化やクランクシャフト摺動部の細軸化が進んでおり、クランクシャフトには、より優れた耐焼付性が求められている。

[0009] 本発明の目的は、耐焼付性に優れたクランクシャフトを提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一実施形態によるクランクシャフトは、ジャーナル部及びピン部を備えるクランクシャフトであって、化学組成が、質量％で、Ｃ：０．３５～０．４０％、Ｓｉ：０．７０％以下、Ｍｎ：１．００～２．００％、Ｃｒ：０．５０％以下、Ａｌ：０．０５０％以下、Ｎ：０．０２０％以下、Ｐ：０．０２０％以下、Ｓ：０．００５～０．２００％、残部：Ｆｅ及び不純物、であり、前記ジャーナル部及び前記ピン部の各々は、表面の組織が８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織であり、表面の硬さがＨＶ４５０以下である。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、耐焼付性に優れたクランクシャフトが得られる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図１は、本発明の一実施形態によるクランクシャフトの概略図である。

[図2]図２は、ジャーナル部及びピン部の一部の拡大図である。

[図3]図３は、図１のクランクシャフトの製造方法の一例を示すフロー図である。

[図4]図４は、焼付試験で使用した評価装置の模式図である。

[図5]図５は、試験軸に加えた面圧の時間変化の模式図である。

[図6]図６は、表面硬さと焼付面圧との関係を示すグラフである。

[図7]図７は、表面硬さと焼付面圧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

[0013] 耐焼付性を向上させるためには、摺動部品のうち軟質材の表面硬さを向上させる必要があると言われている。クランクシャフトにおいても、軟質材である軸受メタルの表面硬さを向上させて耐焼付性を向上させた例がある。一方、硬質材であるクランクシャフトのピン部及びジャーナル部の表面硬さと耐焼付性との関係は、これまで系統的に調べられていなかった。

[0014] 一般的には、表面硬さを高くすることで耐摩耗性が向上し、耐焼付性も向上すると考えられている。しかし本発明者らの調査によれば、この予想に反し、ピン部及びジャーナル部の表面硬さが低いほど耐焼付性が向上するという結果が得られた。

[0015] 本発明は、この知見に基づいて完成された。以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳しく説明する。図中同一又は相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。各図に示された構成部材間の寸法比は、必ずしも実際の寸法比を示すものではない。

[0016] ［クランクシャフト］

図１は、本発明の一実施形態によるクランクシャフト１０の概略図である。クランクシャフト１０は、ジャーナル部１１、ピン部１２、及びアーム部１３を備えている。

[0017] ジャーナル部１１は、シリンダブロック（不図示）と連結される。ピン部１２は、コネクティングロッド（不図示）と連結される。アーム部１３は、ジャーナル部１１とピン部１２とを接続する。ジャーナル部１１及びピン部１２は、それぞれシリンダブロック及びコネクティングロッドに形成された軸受と摺動する。

[0018] ［化学組成］

クランクシャフト１０は、以下に説明する化学組成を有する。以下の説明において、元素の含有量の「％」は、質量％を意味する。

[0019] Ｃ：０．３５～０．４０％

炭素（Ｃ）は、鋼の硬さを向上させ、疲労強度の向上に寄与する。一方、Ｃ含有量が高すぎると、耐焼割れ性及び被削性が低下する。したがって、Ｃ含有量は０．３５～０．４０％である。

[0020] Ｓｉ：０．７０％以下

シリコン（Ｓｉ）は、鋼を脱酸する。一方、Ｓｉ含有量が高すぎると、被削性が低下する。したがって、Ｓｉ含有量は０．７０％以下である。Ｓｉ含有量の下限は、好ましくは０．０１％である。Ｓｉ含有量の上限は、好ましくは０．５０％である。

[0021] Ｍｎ：１．００～２．００％

マンガン（Ｍｎ）は、鋼の焼入れ性を高める。一方、Ｍｎ含有量が高すぎると、被削性が低下する。したがって、Ｍｎ含有量は１．００～２．００％である。

[0022] Ｃｒ：０．５０％以下

クロム（Ｃｒ）は、鋼の焼入れ性を高める。一方、Ｃｒ含有量が高すぎると、被削性が低下する。したがって、Ｃｒ含有量は０．５０％以下である。Ｃｒ含有量の下限は、好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０５％である。Ｃｒ含有量の上限は、好ましくは０．３０％である。

[0023] Ａｌ：０．０５０％以下

アルミニウム（Ａｌ）は、鋼を脱酸する。一方、Ａｌ含有量が高すぎると、被削性が低下する。したがって、Ａｌ含有量は０．０５０％以下である。Ａｌ含有量の下限は、好ましくは０．００１％である。

[0024] Ｎ：０．０２０％以下

窒素（Ｎ）は、不純物である。Ｎは、鋼の熱間延性を低下させる。したがって、Ｎ含有量は０．０２０％以下である。一方、Ｎ含有量を過剰に制限すると製錬コストが増加する。Ｎ含有量の下限は、好ましくは０．００１％で

あり、さらに好ましくは０．００５％である。

[0025] Ｐ：０．０２０％以下

リン（Ｐ）は、不純物である。Ｐは、鋼の耐焼割れ性を低下させる。したがって、Ｐ含有量は０．０２０％以下である。

[0026] Ｓ：０．００５～０．２００％

硫黄（Ｓ）は、ＭｎＳを形成し、鋼の被削性を高める。一方、Ｓ含有量が高すぎると、鋼の熱間加工性が低下する。したがって、Ｓ含有量は０．００５～０．２００％である。

[0027] クランクシャフト１０の化学組成の残部は、Ｆｅ及び不純物である。ここでいう不純物は、鋼の原料として利用される鉱石やスクラップから混入する元素、あるいは製造過程の環境等から混入する元素をいう。

[0028] ［組織］

ジャーナル部１１及びピン部１２の各々は、表面の組織が８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織であり、表面の硬さがＨＶ４５０以下である。ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の組織を８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織とし、かつ、表面の硬さをＨＶ４５０以下にすることで、耐焼付性が顕著に向上する。

[0029] ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の組織の特定において、セメンタイトは、焼戻しマルテンサイトとは独立した組織として扱うものとする。ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の組織は、１０体積％以上のセメンタイトを含むことが好ましい。ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の組織のセメンタイトの体積率は、好ましくは１２体積％以上であり、さらに好ましくは１５体積％以上である。セメンタイトは、粒状に微細に分散していることが好ましい。

[0030] ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の硬さは、ＪＩＳ Ｚ ２２４４（２００９）に準拠して測定する。試験力は３００ｇｆ（２．９４２Ｎ）とする。ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の硬さは、好ましくはＨＶ４００以下であり、より好ましくはＨＶ３５０以下であり、さらに好ましくは

ＨＶ３００以下であり、さらに好ましくはＨＶ２５０以下である。ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の硬さの下限は特に設けないが、例えばＨＶ１８０であり、より好ましくはＨＶ２００である。

[0031] ジャーナル部１１及びピン部１２ともに、表面の組織以外の組織は任意である。すなわち、ジャーナル部１１及びピン部１２は、芯部まで８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織であってもよいし、表面又は表面近傍だけが８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織であってもよい。

[0032] 同様に、ジャーナル部１１及びピン部１２ともに、表面以外の硬さは任意である。すなわち、ジャーナル部１１及びピン部１２は、芯部まで硬さがＨＶ４５０以下であってもよいし、表面又は表面近傍の硬さだけがＨＶ４５０以下であってもよい。

[0033] 耐焼付性等の摺動特性は通常、部品の最表面の特性の影響が支配的である。そのため、ジャーナル部１１及びピン部１２の各々において、最表面の組織が上述した組織であり、最表面の硬さが上述した硬さであれば、耐焼付性向上の効果が得られる。もっとも、より安定して効果を得るためには、ジャーナル部１１及びピン部１２の各々において、表面から深さ１．０ｍｍまでの領域で上述した組織及び硬さであることが好ましい。より好ましくは、表面から深さ２．０ｍｍまでの領域で上述した組織及び上述した硬さであり、さらに好ましくは、表面から深さ３．０ｍｍまでの領域で上述した組織及び上述した硬さである。

[0034] ジャーナル部１１及びピン部１２のそれぞれは、表面粗さＲａが０．１００μｍ以下であることが好ましい。ジャーナル部１１及びピン部１２の表面粗さＲａは、より好ましくは０．０８０μｍ以下であり、さらに好ましくは０．０６０μｍ以下である。

[0035] 図２は、クランクシャフト１０のジャーナル部１１及びピン部１２の一部の拡大図である。クランクシャフト１０は、ジャーナル部１１とアーム部１３との境界、及びピン部１２とアーム部１３との境界に形成されたフィレッ

ト部１４をさらに備えている。本明細書では、ジャーナル部１１に隣接したフィレット部と、ピン部１２に隣接したフィレット部とを区別せず、両者をフィレット部１４と呼ぶ。フィレット部１４は、応力集中を緩和するために、滑らかな形状に形成されている。

[0036] フィレット部１４は、クランクシャフト１０において、最も強い応力が加わる部分である。クランクシャフト１０の疲労特性は、フィレット部１４の疲労強度の影響が支配的である。また、クランクシャフト１０で問題となる曲げ疲労は、部品の表層部の特性の影響が支配的である。そのため、クランクシャフト１０の疲労強度を高くする観点では、フィレット部１４の表層部の硬さを高くすることが好ましい。

[0037] より具体的には、クランクシャフト１０の疲労強度を高くする観点では、フィレット部１４の表面から深さ２ｍｍまでの硬さをＨＶ５８０以上にすることが好ましい。フィレット部１４の表面から深さ２ｍｍまでの硬さは、さらに好ましくはＨＶ６００以上であり、さらに好ましくはＨＶ６５０以上である。フィレット部１４の表面から深さ２ｍｍまでの硬さの上限は特に設けないが、例えばＨＶ８００である。

[0038] クランクシャフト１０の疲労強度の向上を目的としてフィレット部１４の硬さを高くする場合であっても、フィレット部１４の表面から深さ２．０ｍｍよりも深い領域の硬さは任意である。すなわち、フィレット部１４は、芯部まで硬さがＨＶ５８０以上であってもよいし、表面から深さ２ｍｍまでの領域の硬さだけがＨＶ５８０以上であってもよい。もっとも、より安定して効果を得るためには、表面から深さ３．０ｍｍまでの領域の硬さをＨＶ５８０以上、ＨＶ６００以上、又はＨＶ６５０以上にすることがより好ましく、表面から深さ４．０ｍｍまでの領域の硬さをＨＶ５８０以上、ＨＶ６００以上、又はＨＶ６５０以上にすることがさらに好ましい。

[0039] フィレット部１４の硬さは、クランクシャフト１０の軸方向と平行な断面（縦断面）を測定面とするサンプルを採取し、測定面をＪＩＳ　Ｚ　２２４４（２００９）に準拠して測定するものとする。試験力は３００ｇｆ（２．

９４２Ｎ）とする。

[0040] フィレット部１４の組織は任意である。ただし、クランクシャフト１０の疲労強度向上等のためにフィレット部１４の表層部の硬さをＨＶ５８０以上にする場合、当該領域の組織がマルテンサイトを含む組織であることが好ましい。より具体的には、当該領域の組織が、８０体積％以上のマルテンサイトを含む組織であることが好ましい。当該領域のマルテンサイトの体積率は、より好ましくは９０体積％以上であり、さらに好ましくは９５体積％以上である。

[0041] ここでの「マルテンサイト」（フレッシュマルテンサイト）は、焼入れままのマルテンサイト、又はひずみ除去のための低温焼戻しがされたマルテンサイトを意味し、「焼戻しマルテンサイト」と区別されるものとする。「マルテンサイト」と「焼戻しマルテンサイト」とは、析出した金属炭化物やセメンタイトの量及び分散状態を顕微鏡等で観察することによって判別することができる。また、フィレット部１４の表層部の組織の特定において、セメンタイトは、マルテンサイトとは独立した組織として扱うものとする。

[0042] ジャーナル部１１、ピン部１２、及びフィレット部１４以外の部分（例えばアーム部１３）の組織や硬さは任意である。

[0043] ［クランクシャフトの製造方法］

次に、クランクシャフト１０の製造方法の一例を説明する。以下に説明する製造方法は、あくまでも例示であって、クランクシャフト１０の製造方法を限定するものではない。

[0044] 図３は、クランクシャフト１０の製造方法の一例を示すフロー図である。この製造方法は、素材を準備する工程（ステップＳ１）、熱間鍛造工程（ステップＳ２）、熱処理工程（ステップＳ３）、機械加工工程（ステップＳ４）、焼入れ工程（ステップＳ５）、焼戻し工程（ステップＳ６）、及び仕上加工工程（ステップＳ７）を備えている。以下、各工程を詳述する。

[0045] クランクシャフト１０の素材を準備する（ステップＳ１）。素材は、例えば棒鋼である。素材は例えば、所定の化学組成を有する溶鋼を連続鋳造又は

分塊圧延して製造することができる。

[0046] 素材を熱間鍛造してクランクシャフトの粗形状にする（ステップＳ２）。熱間鍛造は、粗鍛造と仕上鍛造とに分けて実施してもよい。

[0047] 熱間鍛造によって製造されたクランクシャフトの粗形品に対して、必要に応じて焼準し等の熱処理を実施する（ステップＳ３）。熱処理工程（ステップＳ３）は任意の工程であり、クランクシャフトの要求特性等によってはこの工程を省略してもよい。

[0048] クランクシャフトの粗形品を機械加工する（ステップＳ４）。機械加工は、切削加工や研削加工、孔開け加工等である。この工程により、最終製品に近い形状を有する中間品が製造される。

[0049] 機械加工されたクランクシャフトの中間品を焼入れする（ステップＳ５）。具体的には、所定の加熱温度に加熱した後、急冷する。このとき、高周波誘導加熱装置によって局所的に加熱してもよいし、熱処理炉によって中間品全体を加熱してもよい。ただし、局所的に加熱する場合、少なくともジャーナル部１１、ピン部１２、及びフィレット部１４が加熱されるようにすることが好ましい。この焼入れは、複数回に分けて実施してもよい。加熱温度は、好ましくはAc_3点以上であり、より好ましくは９００℃以上である。

[0050] このとき、フィレット部１４の表層部の硬さがＨＶ５８０以上になるようにすることが好ましい。フィレット部１４の表層部の硬さは、素材の化学組成や、焼入れ時の冷却速度によって調整することができる。具体的には、Ｃ等の焼入れ性に寄与する元素の含有量を高くするか、冷却速度を大きくすれば、フィレット部１４の表層部の硬さは高くなる。なお、焼入れでフィレット部１４の表層部の硬さがＨＶ５８０に届かない場合には、フィレットロール等の塑性加工を実施してフィレット部１４の表層部硬さを向上させてもよい。

[0051] 焼入れされた中間品を焼戻しする（ステップＳ６）。具体的には例えば、３３０～７５０℃の温度に所定時間保持する。焼戻しは、ジャーナル部１１及びピン部１２の表面の硬さがＨＶ４５０以下になるように行う。加熱温度

を高くする程、あるいは保持時間を長くする程、硬さを低くすることができる。加熱温度が３３０℃未満であると、硬さを十分に下げることができない場合がある。一方、加熱温度を７５０℃よりも高くすると、組織中にオーステナイトが発生する場合がある。このオーステナイトは冷却時に再焼入れマルテンサイトやフェライト・パーライトに変態するため、硬さを十分に下げることができなくなる場合がある。加熱温度は、好ましくは５５０～６５０℃である。保持時間は、例えば１０～１２０分間である。

[0052] このとき、高周波誘導加熱装置を用いてジャーナル部１１及びピン部１２を加熱し、フィレット部１４ができるだけ加熱されないようにすることが好ましい。この焼戻しは、複数回に分けて実施してもよい。これによって、ジャーナル部１１及びピン部１２を軟化させ、フィレット部１４を軟化させないようにすることができる。加熱箇所は、誘導コイルの形状、誘導コイルと対象部分との距離、出力周波数等によって調整することができる。

[0053] なお、焼入れや焼戻しは複数回実施してもよく、焼入れや焼戻しに加えて他の熱処理を実施してもよい。例えば、焼割れを抑制するため、表面の組織や硬さに大きな影響を与えない温度での低温焼戻しを実施してもよい。

[0054] 焼戻しされた中間品に対して、必要に応じて仕上加工を実施する（ステップＳ７）。例えばジャーナル部１１及びピン部１２に研削やラッピングを施して表面形状を調整する。仕上加工を行う場合、表面粗さＲａを０．０４０～０．１００μｍにすることが好ましい。

[0055] 以上、本発明の一実施形態によるクランクシャフト１０の構成及びその製造方法の一例を説明した。本実施形態によれば、耐焼付性に優れたクランクシャフトが得られる。

実施例

[0056] 以下、実施例によって本発明をより具体的に説明する。本発明はこれらの実施例に限定されない。

[0057] 表１に示す化学組成を有する鋼を素材として、焼付試験用の試験軸を作製し、表面硬さと耐焼付性との関係を調査した。

[0058] [表1]

TABLE 1

	化学組成(単位は質量%、残部はFe及び不純物)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N
鋼材A	0.38	0.05	1.50	0.015	0.060	0.15	0.002	0.0175
鋼材B	0.38	0.50	1.50	0.015	0.060	0.15	0.002	0.0175

[0059] 具体的は、素材を１２５０℃に加熱した後、熱間鍛造（打ち終わり温度１０７５℃）によって外径６３ｍｍ、長さ５７０ｍｍに加工した。室温まで空冷した後、切削加工及びスケール除去を行った。その後、高周波誘導加熱装置により、Ac_3点以上の温度まで加熱した後水冷する高周波焼入れを行った。焼入れ硬化層の厚さが３．０ｍｍ以上になるように周波数等を調整した。その後、６２０℃又は３５０℃で９０分間加熱後空冷する焼戻しを行った。仕上加工として、表面粗さＲａが０．０４０～０．１００μｍになるように、試験軸に研削及びラッピングを施した。

[0060] 比較例として、焼戻しを省略した試験軸を作製した。

[0061] 作製した試験軸を用いて、焼付試験を実施した。焼付試験は、神鋼造機株式会社製クランクメタル耐摩耗焼付性評価装置を用いて実施した。評価装置２０の模式図を図４に示す。試験軸ＴＰを複数の軸受２１に挿入し、軸受２１に給油しながら、モータ（不図示）によって試験軸ＴＰを８０００ｒｐｍで回転させた。軸受のメタルは、大豊工業株式会社製エンジンベアリング（ＡＩ合金）を使用した。潤滑油は０Ｗ－１６又は０Ｗ－８、給油温度は１３０℃とした。

[0062] この状態で、軸受２１の一つを引き下げて試験軸ＴＰに加わる面圧を段階的に増加させながら、焼付きが発生するまで運転した。図５に、試験軸ＴＰに加えた面圧の時間変化を模式的に示す。同一面圧での保持時間は３分間、１ステップあたりの面圧増加幅は４．０ＭＰａとした。軸受の表面温度が規定値以上になるか、試験軸にかかるトルクが規定値以上になったときに焼付きが発生したと判定した。

[0063] 各試験軸の表面硬さ、表面の組織、表面粗さＲａ、焼戻し条件、焼付面圧

、焼戻し条件等を表２及び表３に示す。

[0064] [表2]

TABLE 2

	No.	鋼材	表面硬さ (HV)	表面から3 mmまでの組織（体積%）	表面Ra (μm)	焼付面圧 (MPa)	焼戻し条件	潤滑油
発明例	1	A	220	焼戻しマルテンサイト(82%)	0.057	101	620℃ ×90 min	0W-16
	2	A	219	焼戻しマルテンサイト(84%)	0.050	109		
	3	A	222	焼戻しマルテンサイト(83%)	0.060	81		
	4	A	450	焼戻しマルテンサイト(88%)	0.077	89	350℃ ×90 min	0W-16
	5	A	449	焼戻しマルテンサイト(88%)	0.061	89		
	6	A	447	焼戻しマルテンサイト(86%)	0.057	105		0W-8
	7	A	446	焼戻しマルテンサイト(86%)	0.052	101		
	8	A	449	焼戻しマルテンサイト(87%)	0.058	97		
	9	A	450	焼戻しマルテンサイト(88%)	0.060	93		
比較例	10	A	620	マルテンサイト(98%)	0.059	69	なし	0W-16
	11	A	623	マルテンサイト(98%)	0.063	60		
	12	A	624	マルテンサイト(99%)	0.070	56		
	13	A	624	マルテンサイト(99%)	0.070	56		
	14	A	621	マルテンサイト(98%)	0.058	65		0W-8
	15	A	621	マルテンサイト(98%)	0.058	65		
	16	A	619	マルテンサイト(98%)	0.064	60		

[0065] [表3]

TABLE 3

	No.	鋼材	表面硬さ (HV)	表面から3 mmまでの組織（体積%）	表面Ra (μm)	焼付面圧 (MPa)	焼戻し条件	潤滑油
発明例	21	B	220	焼戻しマルテンサイト(82%)	0.059	85	620℃ ×90 min	0W-16
	22	B	219	焼戻しマルテンサイト(81%)	0.056	97		
	23	B	464	焼戻しマルテンサイト(89%)	0.078	73	350℃ ×90 min	
	24	B	461	焼戻しマルテンサイト(88%)	0.064	73		
比較例	25	B	622	マルテンサイト(98%)	0.059	69	なし	0W-16
	26	B	623	マルテンサイト(98%)	0.063	65		
	27	B	631	マルテンサイト(99%)	0.070	52		
	28	B	624	マルテンサイト(99%)	0.070	52		0W-8
	29	B	633	マルテンサイト(98%)	0.058	56		

[0066] 表２及び表３の「表面から３．０ｍｍまでの組織（体積%）」の欄には、表面から３．０ｍｍの深さの位置における主な組織（最も体積率の大きい組織）を記載している。括弧内の数値は、当該組織の体積率である。具体的には、試験軸の軸方向と平行な断面（縦断面）を観察面として、表面から３．０ｍｍの深さの位置で３６μｍ×４８μｍの視野を観察し、当該断面での面積率を体積率とみなした。Ｎｏ．１～９及びＮｏ．２１～２４の試験軸の表

面の組織は、いずれも焼戻しマルテンサイトを８０体積％以上含む組織であった。

[0067] 図６及び図７に、潤滑油が０Ｗ－１６のデータから作成した、表面硬さと焼付面圧との関係を示す。図６は鋼材Ａに関するものであり、図７は鋼材Ｂに関するものである。図６及び図７に示すように、表面硬さがＨＶ４５０以下の試験軸は、比較例の試験軸よりも焼付面圧が高く、優れた耐焼付性を示した。また、ばらつきはあるものの表面硬さが低くなるほど焼付面圧が増加する傾向が見られた。

[0068] 以上、本発明の一実施形態を説明したが、上述した実施形態は本発明を実施するための例示に過ぎない。よって、本発明は上述した実施形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施形態を適宜変形して実施することが可能である。

符号の説明

[0069] １０ クランクシャフト

１１ ジャーナル部

１２ ピン部

１３ アーム部

１４ フィレット部

請求の範囲

[請求項1] ジャーナル部及びピン部を備えるクランクシャフトであって、

化学組成が、質量％で、

Ｃ　：０．３５～０．４０％、

Ｓｉ：０．７０％以下、

Ｍｎ：１．００～２．００％、

Ｃｒ：０．５０％以下、

Ａｌ：０．０５０％以下、

Ｎ　：０．０２０％以下、

Ｐ　：０．０２０％以下、

Ｓ　：０．００５～０．２００％、

残部：Ｆｅ及び不純物、であり、

前記ジャーナル部及び前記ピン部の各々は、表面の組織が８０体積％以上の焼戻しマルテンサイトを含む組織であり、表面の硬さがＨＶ４５０以下である、クランクシャフト。

[請求項2] 請求項１に記載のクランクシャフトであって、

フィレット部をさらに備え、

前記フィレット部は、表面から深さ２．０ｍｍまでの硬さがＨＶ５８０以上である、クランクシャフト。

[請求項3] 請求項２に記載のクランクシャフトであって、

前記フィレット部は、表面から深さ２．０ｍｍまでの組織が、８０体積％以上のマルテンサイトを含む組織である、クランクシャフト。

[請求項4] 請求項１～３のいずれか一項に記載のクランクシャフトであって、

前記ジャーナル部及び前記ピン部の各々の表面の硬さがＨＶ２５０以下である、クランクシャフト。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか一項に記載のクランクシャフトであって、

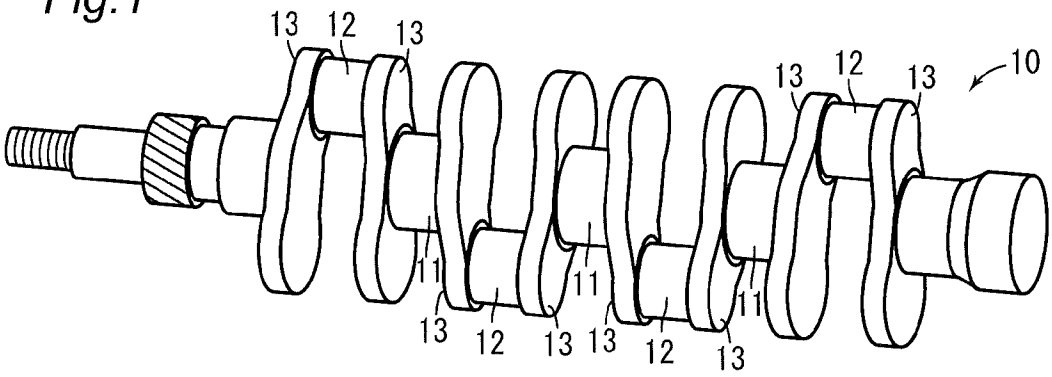
前記ジャーナル部及び前記ピン部の各々の表面の組織が、１０体積％以上のセメンタイトをさらに含む、クランクシャフト。

[請求項6] 請求項１～５のいずれか一項に記載のクランクシャフトであって、

前記ジャーナル部及び前記ピン部の各々の表面粗さＲａが０．１００μｍ以下である、クランクシャフト。

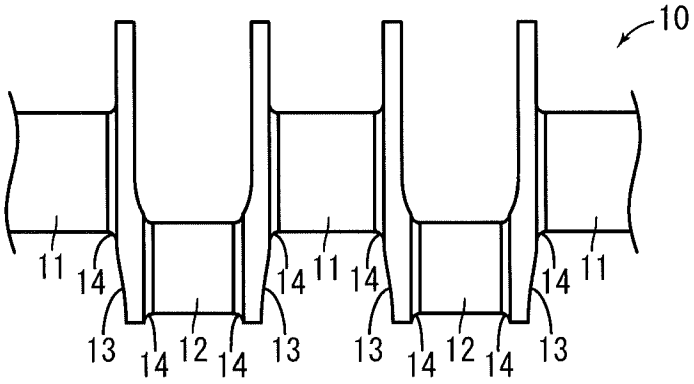
[図1]

Fig.1



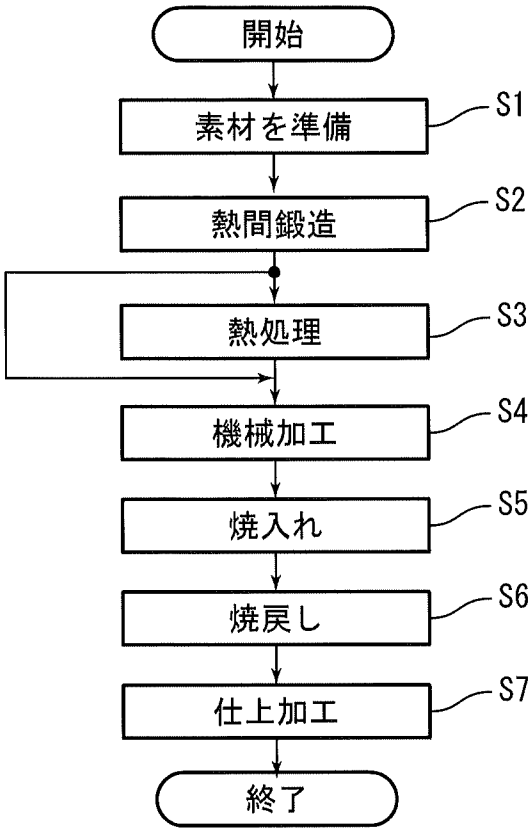
[図2]

Fig.2



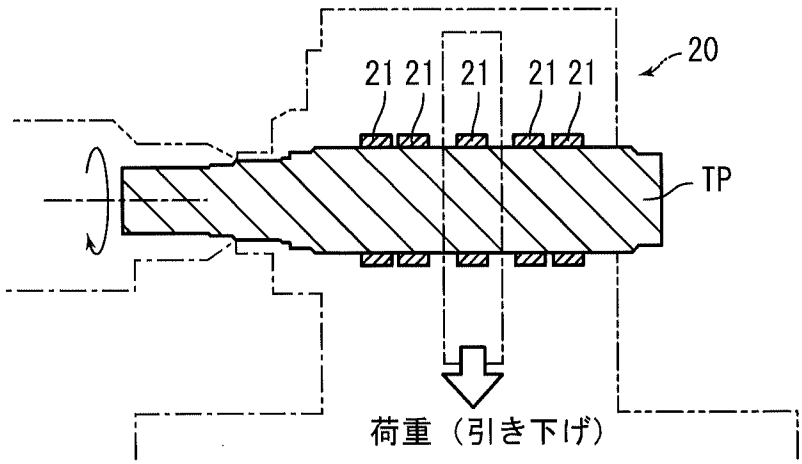
[図3]

Fig.3



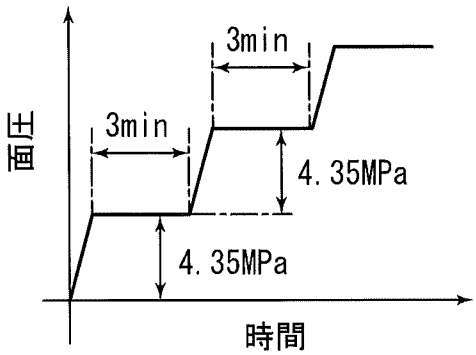
[図4]

Fig.4



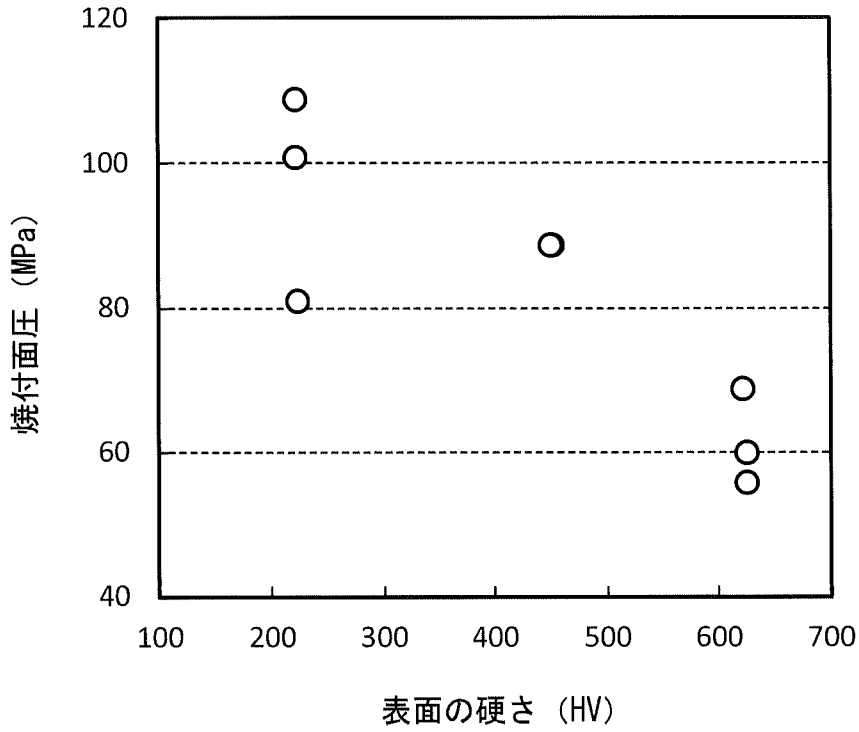
[図5]

Fig.5



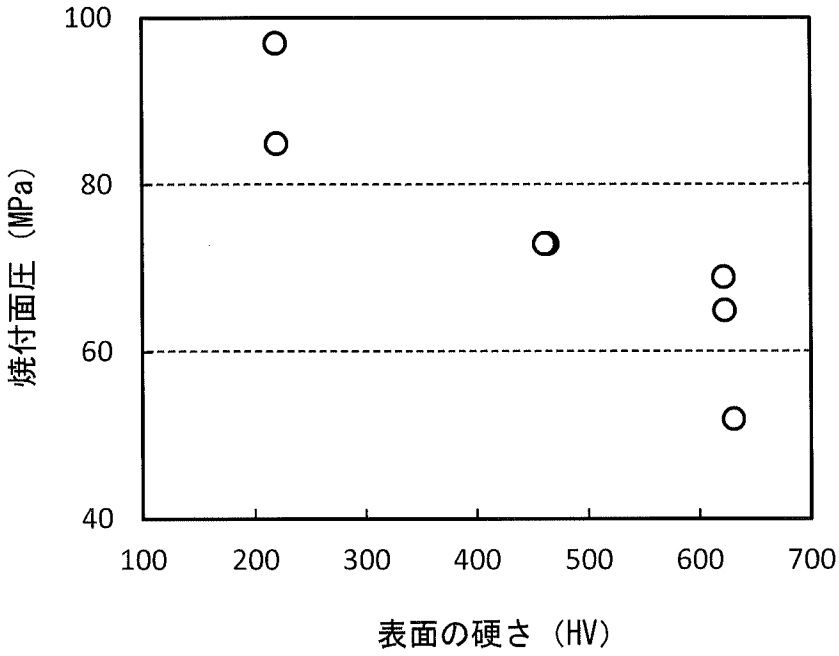
[図6]

Fig.6



[図7]

Fig.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/035059

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 9/30(2006.01)n; ***F16C 3/06***(2006.01)i; ***C22C 38/00***(2006.01)i; ***C22C 38/60***(2006.01)i; *C21D 1/10*(2006.01)n; *C21D 1/42*(2006.01)n
FI: C22C38/00 301Z; F16C3/06; C22C38/60; C21D1/42 B; C21D9/30 A; C21D1/10 R

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)

C21D9/30; F16C3/06; C22C38/00-C22C38/60; C21D1/10; C21D1/42

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 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2020-41214 A (NIPPON STEEL CORP.) 19 March 2020 (2020-03-19) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2007-44764 A (JFE STEEL CORP.) 22 February 2007 (2007-02-22) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2000-514868 A (THE TIMKEN CO.) 07 November 2000 (2000-11-07) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2007-238965 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 20 September 2007 (2007-09-20) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2017-110247 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 22 June 2017 (2017-06-22) entire text, all drawings	1-6
A	WO 2007/069270 A2 (TRUE HOLDINGS PVT LTD.) 21 June 2007 (2007-06-21) entire text	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
"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	Date of mailing of the international search report
16 November 2021	**21 December 2021**
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/JP2021/035059

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-41214 A	19 March 2020	WO 2020/050053 A1 entire text, all drawings	
JP 2007-44764 A	22 February 2007	US 2009/0126451 A1 entire text, all drawings WO 2007/007497 A1 EP 1911536 A1 TW 200712215 A KR 10-2008-0019239 A CN 101203340 A	
JP 2000-514868 A	07 November 2000	US 5906691 A entire text, all drawings WO 1998/000570 A1 EP 0912769 A1 DE 69738069 T2	
JP 2007-238965 A	20 September 2007	(Family: none)	
JP 2017-110247 A	22 June 2017	(Family: none)	
WO 2007/069270 A2	21 June 2007	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/035059

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C21D 9/30(2006.01)n; F16C 3/06(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i; C21D 1/10(2006.01)n; C21D 1/42(2006.01)n
FI: C22C38/00 301Z; F16C3/06; C22C38/60; C21D1/42 B; C21D9/30 A; C21D1/10 R

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））

C21D9/30; F16C3/06; C22C38/00-C22C38/60; C21D1/10; C21D1/42

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 2020-41214 A (日本製鉄株式会社) 19.03.2020 (2020-03-19) 全文,全図	1-6
A	JP 2007-44764 A (ＪＦＥスチール株式会社) 22.02.2007 (2007-02-22) 全文,全図	1-6
A	JP 2000-514868 A (ザ・ティムケン・カンパニー) 07.11.2000 (2000-11-07) 全文,全図	1-6
A	JP 2007-238965 A (住友金属工業株式会社) 20.09.2007 (2007-09-20) 全文,全図	1-6
A	JP 2017-110247 A (新日鐵住金株式会社) 22.06.2017 (2017-06-22) 全文,全図	1-6
A	WO 2007/069270 A2 (TRUE HOLDINGS PVT LTD) 21.06.2007 (2007-06-21) 全文	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
“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	国際調査報告の発送日
16.11.2021	21.12.2021

名称及びあて先
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

権限のある職員（特許庁審査官）
鈴木　葉子 4K 3557

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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/JP2021/035059

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-41214 A	19.03.2020	WO 2020/050053 A1 全文,全図	
JP 2007-44764 A	22.02.2007	US 2009/0126451 A1 全文,全図 WO 2007/007497 A1 EP 1911536 A1 TW 200712215 A KR 10-2008-0019239 A CN 101203340 A	
JP 2000-514868 A	07.11.2000	US 5906691 A 全文,全図 WO 1998/000570 A1 EP 0912769 A1 DE 69738069 T2	
JP 2007-238965 A	20.09.2007	（ファミリーなし）	
JP 2017-110247 A	22.06.2017	（ファミリーなし）	
WO 2007/069270 A2	21.06.2007	（ファミリーなし）	