

(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
2020年3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

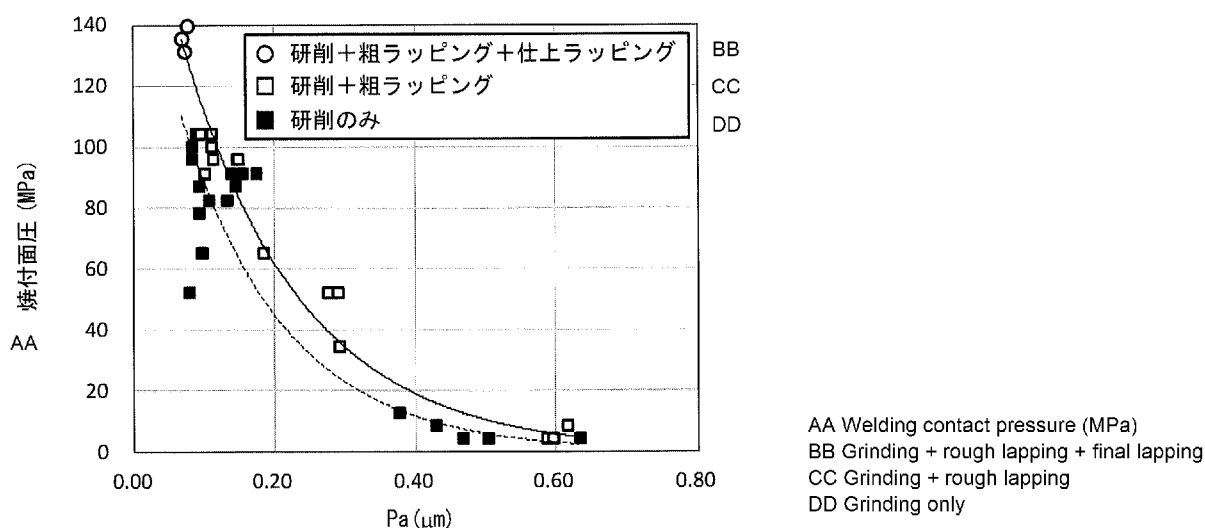
WO 2020/045239 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 3/08 (2006.01) *B24B 21/02* (2006.01)
B24B 5/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/032880
- (22) 国際出願日: 2019年8月22日(22.08.2019)
- (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 2018-162814 2018年8月31日(31.08.2018) 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).
- (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).
- (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,

(54) Title: CRANKSHAFT AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: クランクシャフト及びその製造方法

Fig.13



(57) Abstract: The present invention provides a crankshaft which has excellent welding resistance. This crankshaft is provided with a journal part and a pin part; and the journal part and the pin part have surface profiles, each of which has an arithmetic mean height P_a of a cross-section curve of $0.090 \mu\text{m}$ or less and a profile peak height R_{pk} of $0.070 \mu\text{m}$ or less. Incidentally, the arithmetic mean height P_a of a cross-section curve is defined in JIS B 0601 (2001), and the profile peak height R_{pk} is defined in JIS B 0671 (2002).

(57) 要約: 耐焼付き性に優れたクランクシャフトを提供する。クランクシャフトは、ジャーナル部及びピン部を備え、ジャーナル部及びピン部の各々は、断面曲線の算術平均高さ P_a が $0.090 \mu\text{m}$ 以下であり、かつ、突出山部高さ R_{pk} が $0.070 \mu\text{m}$ 以下である表面形状を有する。ここで、断面曲線の算術平均高さ P_a は JIS B 0601 (2001) に定義されたものであり、突出山部高さ R_{pk} は JIS B 0671 (2002) に定義されたものである。

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

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： クランクシャフト及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、クランクシャフト及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] クランクシャフトには、疲労強度や耐摩耗性に加えて、耐焼付き性が要求される。

[0003] 従来から、摺動部品の表面形状を制御して耐焼付き性を改善する提案がなされている。例えば特開2017-218951号公報には、冷凍機械用圧縮機のクランク軸の表面粗さ R_a を $0.05\mu\text{m}$ 以下にすることが記載されている。国際公開第2016/072305号には、軸受と軸とからなる回転すべり軸受において、軸の表面粗さ R_a を $0.10\mu\text{m}$ 以下にすることが記載されている。

[0004] 特許第5503417号公報には、摺動特性を向上させるため、肌焼鋼部品の表面粗さ R_a を $0.16\mu\text{m}$ 以下にすることが記載されている。特許第4352261号公報には、ピッチング強度を向上させるため、歯車表面の荷重移動方向の表面粗さを $0.2\mu\text{m} \leq R_{pk} + 0.5R_k \leq 0.8\mu\text{m}$ にすることが記載されている。

[0005] 特開2004-276121号公報には、断面円弧状加工面を有するワークにバニッシングローラを押付けて仕上げ加工するローラバニッシュ加工方法において、ワークの加工面をラッピング加工により中凹状に加工した後、両端部の凸部をバニッシングローラによりバニッシング加工するローラバニッシュ加工方法が記載されている。

発明の開示

[0006] 近年、燃費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、より優れた耐焼付き性が求められている。

- [0007] 本発明の目的は、耐焼付き性に優れたクランクシャフト及びその製造方法を提供することである。
- [0008] 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、前記ジャーナル部及びピン部の各々は、断面曲線の算術平均高さ P_a が $0.090\mu m$ 以下であり、かつ、突出山部高さ Rpk が $0.070\mu m$ 以下である表面形状を有する。
- [0009] 本発明の一実施形態によるクランクシャフトの製造方法は、上記のクランクシャフトの製造方法であって、前記ジャーナル部及びピン部を研削する研削工程と、前記研削されたジャーナル部及びピン部を、アルミナ砥粒がコーティングされたフィルムを用いてラッピングする粗ラッピング工程と、前記粗ラッピングされたジャーナル部及びピン部を、ダイヤモンド砥粒がコーティングされたフィルムを用いてラッピングする仕上ラッピング工程とを備える。
- [0010] 本発明によれば、耐焼付き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

- [0011] [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、断面曲線の例である。
- [図3]図3は、粗さ曲線の例である。
- [図4]図4は、粗さ曲線と負荷曲線との関係を示す図である。
- [図5]図5は、突出山部を説明するための図である。
- [図6]図6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7]図7は、実施例で作製した試験軸のヒートパターンである。
- [図8]図8は、実施例で作製した試験軸の断面曲線である。
- [図9]図9は、焼付き試験で使用した評価装置の模式図である。
- [図10]図10は、試験軸に加えた面圧の時間変化の模式図である。
- [図11]図11は、平均粗さ R_a と断面曲線の算術平均高さ P_a との関係を示す図である。

[図12]図12は、仕上加工の条件と、表面形状（ P_a 及び R_{pk} ）との関係を示す図である。

[図13]図13は、 P_a と焼付面圧との関係を示す図である。

[図14]図14は、比較例の試験軸の断面曲線である。

[図15]図15は、実施例の試験軸の断面曲線である。

発明を実施するための形態

[0012] 上述した特開2017-218951号公報、国際公開第2016/072305号、及び特許第5503417号公報では、粗さ曲線の算術平均高さ R_a （以下「平均粗さ R_a 」という。）を用いて表面形状を規定している。しかし、平均粗さ R_a による規定には、以下のような問題がある。

[0013] クランクシャフトを始めとする工業製品の表面形状には、短周期成分（粗さ）に加えて、研削機の振動等に由来する長周期成分（うねり）が少なからず含まれている。平均粗さ R_a は、うねり成分を高域フィルタで除いた粗さ曲線に基づくため、実際の表面形状を正確に評価しているとはいいがたい。また平均粗さ R_a の値は、粗さ曲線を得る際に用いられる高域フィルタのカットオフ値 λ_c によって大きく変動する。

[0014] 実際、平均粗さ R_a が同程度であっても、うねりの大きさによって耐焼付き性は大きく変動する。そのため、耐焼付き性を制御する指標としては、断面曲線を輪郭曲線とした評価パラメータを用いることが適切である。

[0015] また、平均粗さ R_a が同程度であっても、突起や谷の形状によって耐焼付き性は変動する。具体的には、平均粗さ R_a が同程度であっても、突起の高さが大きい場合、相手材との接触頻度が増加して耐焼付き性が低下する。

[0016] 本発明者らは、種々の表面形状を有する試験軸を作製して耐焼付き性を評価し、表面形状と耐焼付き性との関係を調査した。その結果、断面曲線の算術平均高さ P_a を $0.090\mu m$ 以下にし、かつ、突出山部高さ R_{pk} を $0.070\mu m$ 以下にすることで、耐焼付き性を従来よりも顕著に向上できることを明らかにした。

[0017] 本発明は、以上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。

[0018] [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。

[0019] クランクシャフト10は、例えば機械構造用鋼材からなる。クランクシャフト10は、これらに限定されないが、JIS G 4051:2009の機械構造用炭素鋼鋼材、JIS G 4052:2008の焼入れ性を保証した機械構造用鋼鋼材(H鋼)、JIS G 4053:2008の機械構造用合金鋼鋼材等からなるものを用いることができる。これらの鋼材の中でも、JIS G 4051:2009のS45C及びS50C、並びにJIS G 4053:2008のSMn438が好適であり、また、これらの鋼材に被削性を向上させるためにSを添加した鋼材が特に好適である。

[0020] クランクシャフト10の化学組成は例えば、質量%で、C:0.30~0.60%、Si:0.01~2.0%、Mn:0.1~2.0%、Cr:0.01~0.50%、Al:0.001~0.06%、N:0.001~0.02%、P:0.03%以下、S:0.20%以下を含む。クランクシャフト10の化学組成は、上記以外の元素(例えばVやNb等)を含有してもよい。

[0021] ジャーナル部11は、クランクシャフト10の中心軸と同軸に形成され、シリンダブロック(不図示)と連結される。ピン部12は、クランクシャフト10の中心軸から離れた位置に形成され、コネクティングロット(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。

[0022] ジャーナル部11及びピン部12の各々は、断面曲線の算術平均高さPaが0.090μm以下であり、かつ、突出山部高さRpが0.070μm

以下である表面形状を有する。ここで、断面曲線の算術平均高さ P_a は J I S B 0601 (2001) に定義されたものであり、突出山部高さ R_{pk} は J I S B 0671 (2002) に定義されたものである。

[0023] 図2及び図3はそれぞれ、断面曲線及び粗さ曲線の例である。図4は粗さ曲線と負荷曲線との関係を示す図であり、図5は突出山部を説明するための図である。これらの図を参照して、断面曲線の算術平均高さ P_a 及び突出山部高さ R_{pk} の測定方法を説明する。

[0024] クランクシャフト10の測定対象箇所（ジャーナル部11及びピン部12）から試験片を採取し、接触式粗さ試験機を用いて測定断面曲線を取得する。接触粗さ試験機の触針の先端半径は $2\mu\text{m}$ 、円錐のテーパ角度は 60° とする。走査速度は 0.5mm/s 以下とし、測定長さは 5mm 以上とする。

[0025] 測定断面曲線にカットオフ値 λ_s の低域フィルタを適用して、断面曲線を得る（図2を参照。）。断面曲線を輪郭曲線として、評価長さ l における $Z(x)$ の絶対値の平均を求め、断面曲線の算術平均高さ P_a とする。ここで、 $Z(x)$ は位置 x における縦座標である。カットオフ値 λ_s は $2.5\mu\text{m}$ 、評価長さ l は 5mm とする。

[0026] 断面曲線にカットオフ値 λ_c の高域フィルタを適用して、粗さ曲線を得る（図3を参照）。粗さ曲線を得る際のカットオフ値 λ_c は 0.25mm とする。

[0027] 粗さ曲線から負荷曲線を求める。負荷曲線とは、粗さ曲線の負荷長さ率 R_{mr} を負荷レベル c の関数として表した曲線である（図4を参照）。負荷曲線を求める際的评价長さ l は 5mm とする。

[0028] 粗さ曲線の測定点の40%を含む負荷曲線の中央部分において、負荷長さ率の差 ΔM_r を40%にして引いた負荷曲線の割線が最も緩い傾斜となる直線を等価直線とし、等価直線が負荷長さ率0%及び100%の位置で縦軸と交わる二つの高さ位置の間をコア部とする。コア部の上にある突出山部の平均高さを突出山部高さ R_{pk} とする（図5を参照）。

[0029] 断面曲線の算術平均高さ P_a を $0.090\mu\text{m}$ 以下にし、かつ、突出山部

高さ $R_p k$ を $0.070\ \mu m$ 以下にすることで、耐焼付き性を従来よりも顕著に向上させることができる。断面曲線の算術平均高さ P_a は、好ましくは $0.080\ \mu m$ 以下である。突出山部高さ $R_p k$ は、好ましくは $0.060\ \mu m$ 以下である。

[0030] [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。

[0031] 図 6 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 S 1）、熱間鍛造工程（ステップ S 2）、熱処理工程（ステップ S 3）、機械加工工程（ステップ S 4）、表面硬化処理工程（ステップ S 5）、及び仕上加工工程（ステップ S 6）を備えている。以下、各工程を詳述する。

[0032] クランクシャフト 10 の素材を準備する（ステップ S 1）。クランクシャフト 10 の素材は、これに限定されないが、例えば化学組成が、質量％で、 $C : 0.30 \sim 0.60\%$ 、 $Si : 0.01 \sim 2.0\%$ 、 $Mn : 0.1 \sim 2.0\%$ 、 $Cr : 0.01 \sim 0.50\%$ 、 $Al : 0.001 \sim 0.06\%$ 、 $N : 0.001 \sim 0.02\%$ 、 $P : 0.03\%$ 以下、 $S : 0.20\%$ 以下を含むものを用いることができる。クランクシャフト 10 の素材は、上記以外の元素（例えば V や Nb 等）を含有するものであってもよい。

[0033] 素材は、例えば棒鋼である。素材は例えば、上記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。

[0034] 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 S 2）。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。

[0035] 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 S 3）。熱処理工程（ステップ S 3）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。

- [0036] クランクシャフトの粗形品を機械加工する（ステップS 4）。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。
- [0037] 機械加工されたクランクシャフトの中間品に対して、必要に応じて表面硬化処理を実施する（ステップS 5）。表面硬化処理は例えば、フィレットロール加工や高周波焼入れ、軟窒化等である。表面硬化処理工程（ステップS 5）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。
- [0038] 表面硬化処理は、クランクシャフトの中間品全体に対して実施してもよいし、摺動箇所であるジャーナル部及びピン部のみに実施してもよい。
- [0039] 表面硬化処理工程（ステップS 5）を実施する場合、表面の組織を均一にしなければ、後述する仕上加工工程（ステップS 6）において表面のうねりを除去することが困難になる。表面の組織を均一にするためには、例えば高周波焼入れの場合、 $A c_3$ 点以上に昇温して表面の組織を完全にオーステナイトに変態させた後に焼入れを行うこと等が考えられる。
- [0040] クランクシャフトの中間品に対して仕上加工を実施する（ステップS 6）。仕上加工工程（ステップS 6）は、研削工程（ステップS 6-1）、粗ラッピング工程（ステップS 6-2）、及び仕上ラッピング工程（ステップS 6-3）を含んでいる。
- [0041] まず、ジャーナル部11及びピン部12を研削する（ステップS 6-1）。断面曲線の平均高さ $P a$ を小さくするためには、粗さ及びうねりの両方を小さくする必要がある。このうち粗さは、研削に用いる砥粒の大きさに依存する。そのため、できるだけ細かい砥粒を用いて研削することが好ましい。
- [0042] ジャーナル部11及びピン部12には、機械加工（ステップS 4）の際の工具の送りや振動に起因して、数 $100\mu m$ ～数 mm 周期のうねりが存在している。粗さを十分に小さくしても（粗さ曲線の算術平均高さ $R a$ を十分に小さくしても）、うねりが残っていると断面曲線の算術平均高さ $P a$ は小さくならない。そのため、研削工程（ステップS 6-1）では、 $R a$ が小さく

なった後も研削を続けて、うねりを十分に除去する必要がある。

[0043] 続いて、ジャーナル部 11 及びピン部 12 をラッピングする。具体的には、微細な砥粒をコーティングしたフィルムを用いてジャーナル部 11 及びピン部 12 を研磨する。ラッピングは、粗ラッピング工程（ステップ S 6-2）と仕上ラッピング工程（ステップ S 6-3）とに分けて実施し、粗ラッピング工程（ステップ S 6-2）ではアルミナ砥粒を、仕上ラッピング工程（ステップ S 6-3）ではダイヤモンド砥粒をコーティングしたフィルムを用いる。

[0044] ラッピング工程（ステップ S 6-2 及び S 6-3）によって、ジャーナル部 11 及びピン部 12 の表面の鋭利な突起部が削られ、プラトー表面が得られる。これによって、突出山部高さ $R_p k$ を小さくすることができる。

[0045] ラッピング工程（ステップ S 6-2 及び S 6-3）の際、特開 2004-276121 号公報に記載されているような中凹状の形状になることを防止するため、以下の（1）～（4）を実施することが好ましい。（1）幅が狭いフィルムを使用して軸方向に送りながら研磨する。これによって、潤滑油がフィルム中央部まで到達しやすくなる。（2）砥粒をできるだけ小径にする。これによって、切り込み深さが浅くなるので過度な研削が緩和される。（3）工作物の回転速度を高くし、かつ押しつけ力を小さくする。これによって、フィルムと工作物との間の油（水）膜の厚さを増加させることができる。（4）潤滑油（水）の量を多くする。これによって、フィルムと工作物との間の油（水）膜の厚さを増加させることができる。

[0046] 粗ラッピング工程（ステップ S 6-2）及び仕上ラッピング工程（ステップ S 6-3）のいずれにおいても、クランクシャフトの軸方向のフィルムの送り速度をできるだけ小さくする。これによって、微細なうねりが除去され、断面曲線の算術平均高さ P_a をより小さくすることができる。

[0047] 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、耐焼付き性に優れたクランクシャフトが得られる。

実施例

[0048] 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。

[0049] 表 1 に示す化学組成を有する鋼を素材として、焼付き試験用の試験軸を作製した。図 7 に、試験軸作製時のヒートパターンを示す。

[0050] [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
0.38	0.50	1.50	0.015	0.060	0.15	0.002	0.0175

[0051] 具体的は、素材を 1 2 5 0℃で 1 時間加熱した後、1 1 0 0℃～8 5 0℃で熱間鍛造を実施し、鍛造終了後、室温まで空冷した。その後、1 2 5 0℃で 2 0 分間加熱した後空冷する焼準しを実施した後、機械加工（切削加工）によって外径を約 4 8 m m にした。その後、高周波焼入れを実施して表面硬さを H V 6 5 0 に調整した。

[0052] 仕上加工として、（１）研削のみ、（２）研削＋粗ラッピング、及び（３）研削＋粗ラッピング＋仕上ラッピングのそれぞれを実施し、種々の表面形状を有する試験軸を作製した。粗ラッピングは粒径 9－1 5 μ m のアルミナ砥粒がコーティングされたフィルムを用いて、仕上ラッピングは粒径 1－3 μ m（＃ 8 0 0 0－＃ 4 0 0 0）のダイヤモンド砥粒がコーティングされたフィルムを用いて行った。試験軸の外径は、後述する焼付き試験に用いる軸受とのクリアランスが約 0. 0 9 0 m m になるように調整した。

[0053] 作製した試験軸の表面形状は、接触粗さ試験機（株式会社ミットヨ製 S J－4 1 2）を用いて、実施形態で説明した方法に沿って測定した。

[0054] 図 8 に、作製した試験軸の断面曲線の例を示す。左が研削のみを実施した試験軸の断面曲線であり、右が研削に加えてラッピングを実施した試験軸の断面曲線である。図 8 に示すように、研削のみを実施した試験軸では、鋭利な突出山部が存在し、山部が三角形状になっているのに対し、研削に加えてラッピングを実施した試験軸では、突出山部が削られ、山部が台形状になっ

ていることが分かる。

[0055] 次に、作製した試験軸を用いて、焼付き試験を実施した。焼付き試験は、神鋼造機株式会社製クランクメタル耐摩耗焼付き性評価装置を用いて実施した。評価装置20の模式図を図9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、HV40～50のAl合金を使用した。潤滑油は0W-20、給油温度は140℃、油圧は0.8MPaとした。

[0056] 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10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4.35MPa、面圧増加にかかる時間は15秒間とした。試験軸TPの表面温度が280℃以上になるか、試験軸にかかるトルクが25Nm以上になったときに焼付きが発生したと判定した。

[0057] 各試験軸の仕上加工の条件、表面形状、及び焼付面圧を表2に示す。

[0058]

[表2]

TABLE 2

符号	仕上加工	Ra(μm)	Pa(μm)	Rpk(μm)	焼付面圧(MPa)	備考
1	研削＋粗ラッピング＋仕上ラッピング	0.058	0.068	0.056	134.8	実施例
2	研削＋粗ラッピング＋仕上ラッピング	0.059	0.073	0.057	130.5	実施例
3	研削＋粗ラッピング＋仕上ラッピング	0.065	0.076	0.070	139.2	実施例
4	研削のみ	0.436	0.501	0.760	4.3	比較例
5	研削のみ	0.338	0.466	0.584	4.3	比較例
6	研削のみ	0.524	0.633	0.715	4.3	比較例
7	研削のみ	0.411	0.427	0.557	8.7	比較例
8	研削のみ	0.369	0.427	0.559	8.7	比較例
9	研削のみ	0.318	0.376	0.399	13.0	比較例
10	研削のみ	0.125	0.137	0.142	91.3	比較例
11	研削のみ	0.133	0.143	0.138	87.0	比較例
12	研削のみ	0.143	0.153	0.141	91.3	比較例
13	研削のみ	0.136	0.146	0.136	95.7	比較例
14	研削のみ	0.125	0.132	0.138	82.5	比較例
15	研削のみ	0.160	0.173	0.190	91.3	比較例
16	研削のみ	0.077	0.091	0.066	87.0	比較例
17	研削のみ	0.079	0.090	0.074	78.3	比較例
18	研削のみ	0.086	0.095	0.105	65.2	比較例
19	研削のみ	0.076	0.081	0.074	100.0	比較例
20	研削のみ	0.079	0.086	0.075	104.4	比較例
21	研削のみ	0.071	0.080	0.080	95.7	比較例
22	研削のみ	0.071	0.104	0.070	82.6	比較例
23	研削のみ	0.070	0.091	0.065	87.0	比較例
24	研削のみ	0.069	0.078	0.074	52.2	比較例
25	研削＋粗ラッピング	0.515	0.587	0.266	4.3	比較例
26	研削＋粗ラッピング	0.522	0.615	0.399	8.7	比較例
27	研削＋粗ラッピング	0.476	0.595	0.205	4.3	比較例
28	研削＋粗ラッピング	0.227	0.274	0.146	52.2	比較例
29	研削＋粗ラッピング	0.240	0.291	0.132	34.8	比較例
30	研削＋粗ラッピング	0.243	0.288	0.105	52.2	比較例
31	研削＋粗ラッピング	0.076	0.099	0.057	91.3	比較例
32	研削＋粗ラッピング	0.082	0.110	0.062	95.7	比較例
33	研削＋粗ラッピング	0.081	0.110	0.073	100	比較例
34	研削＋粗ラッピング	0.069	0.094	0.074	104.4	比較例
35	研削＋粗ラッピング	0.067	0.107	0.068	104.4	比較例
36	研削＋粗ラッピング	0.068	0.109	0.140	104.4	比較例
37	研削＋粗ラッピング	0.125	0.145	0.122	95.7	比較例
38	研削＋粗ラッピング	0.128	0.148	0.131	95.7	比較例
39	研削＋粗ラッピング	0.165	0.184	0.144	65.2	比較例

[0059] 図11は、平均粗さRaと断面曲線の算術平均高さPaとの関係を示す図である。図11から、Raの値が同等であっても、Paの値は異なり得ることが分かる。

[0060] 図12は、仕上加工の条件と、表面形状(Pa及びRpk)との関係を示す図である。図12から、仕上加工として研削に加えてラッピングを実施すると、研削のみの場合と比較して、突出山部高さRpkが小さくなる傾向があることが分かる。また、研削、粗ラッピング、及び仕上ラッピングを実施することで、断面曲線の算術平均高さPaが0.090 μm 以下であり、か

つ、突出山部高さ $R_p k$ が $0.070 \mu m$ 以下である表面形状が得られることが分かる。

[0061] 図13は、 P_a と焼付面圧との関係を示す図である。図13から、断面曲線の算術平均高さ P_a が小さいほど、焼付面圧が大きくなることが分かる。また、研削に加えてラッピングを実施することで、研削のみの場合と比較して、焼付面圧を大きくできることが分かる。さらに、研削、粗ラッピング、及び仕上ラッピングを実施して $P_a : 0.090 \mu m$ 以下、かつ $R_p k : 0.070 \mu m$ 以下にした試験軸では、焼付面圧が顕著に向上していることが分かる。

[0062] 図14は、比較例（符号15）の試験軸の断面曲線である。図15は、実施例（符号1）の試験軸の断面曲線である。図14と図15との比較から、実施例の試験軸（図15）では、表面粗さだけではなく、うねりも小さくなっていることが分かる。

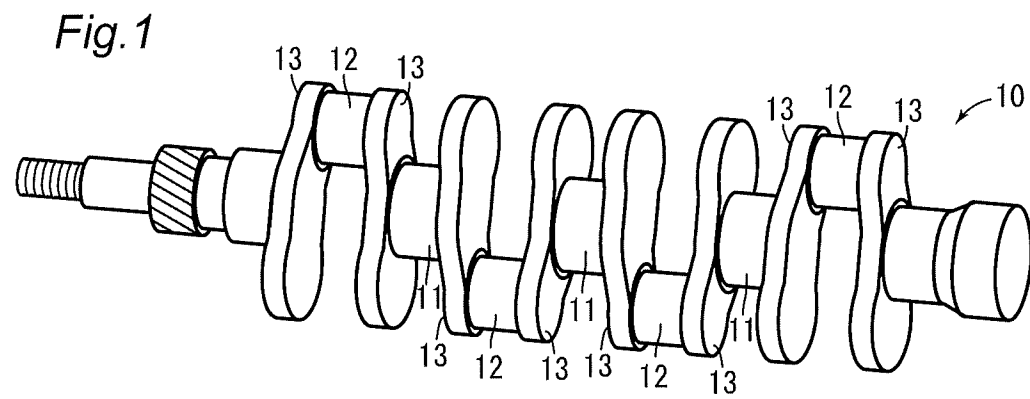
[0063] 以上の結果から、断面曲線の算術平均高さ P_a を $0.090 \mu m$ 以下にし、かつ、突出山部高さ $R_p k$ を $0.070 \mu m$ 以下にすることで、耐焼付き性を従来よりも顕著に向上できることを確認した。

[0064] 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。

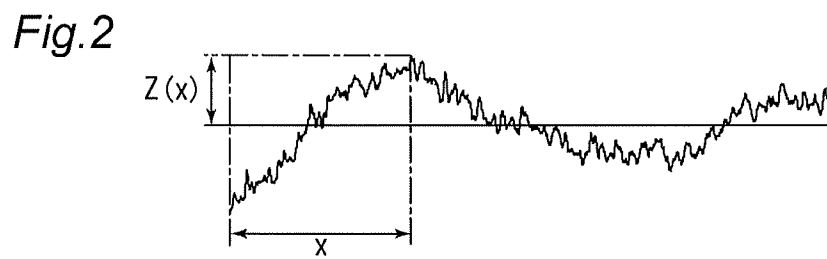
請求の範囲

- [請求項1] ジャーナル部及びピン部を備え、
 前記ジャーナル部及びピン部の各々は、断面曲線の算術平均高さ P_a が $0.090\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、突出山部高さ Rpk が $0.070\text{ }\mu\text{m}$ 以下である表面形状を有する、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の製造方法であって、
 前記ジャーナル部及びピン部を研削する研削工程と、
 前記研削されたジャーナル部及びピン部を、アルミナ砥粒がコーティングされたフィルムを用いてラッピングする粗ラッピング工程と、
 前記粗ラッピングされたジャーナル部及びピン部を、ダイヤモンド砥粒がコーティングされたフィルムを用いてラッピングする仕上ラッピング工程とを備える、クランクシャフトの製造方法。

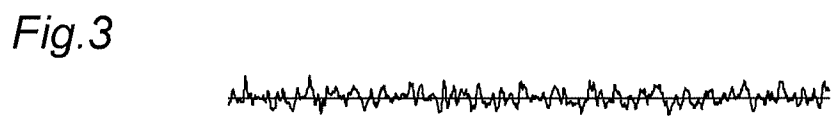
[図1]



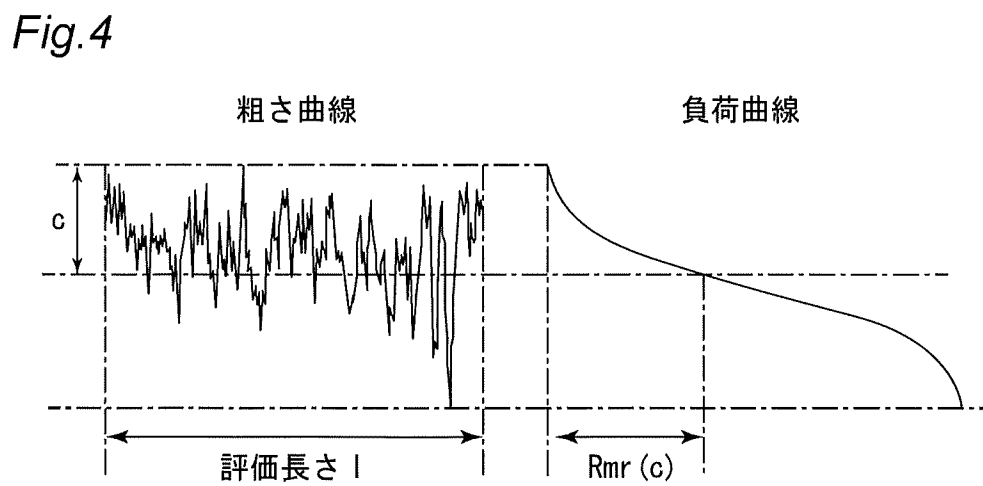
[図2]



[図3]

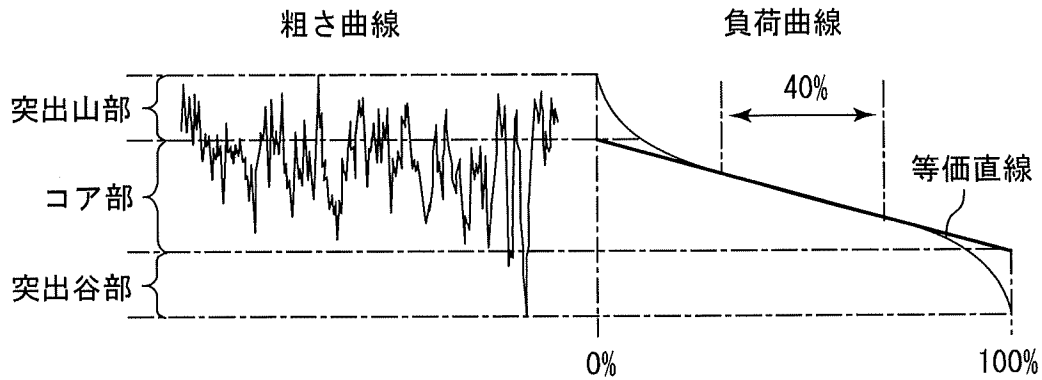


[図4]



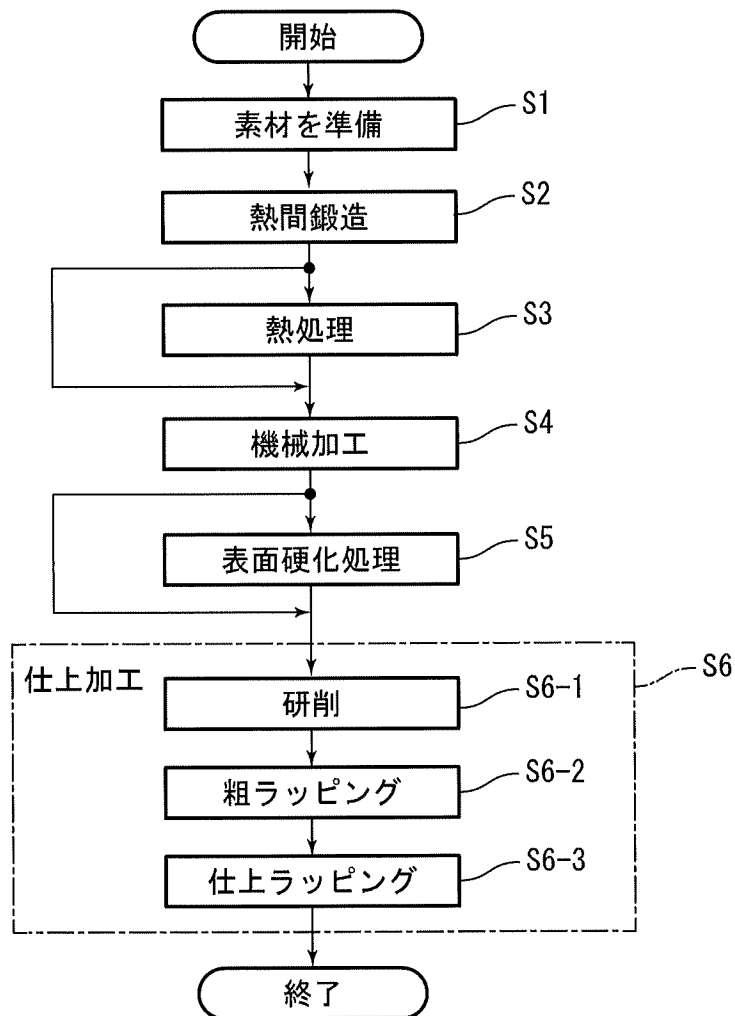
[図5]

Fig.5



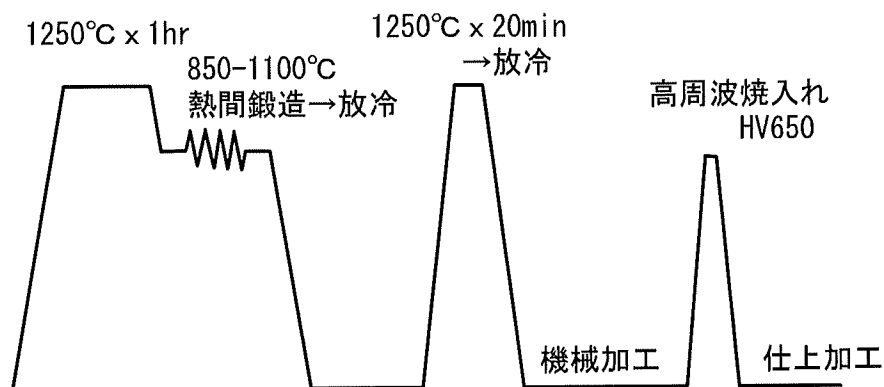
[図6]

Fig.6



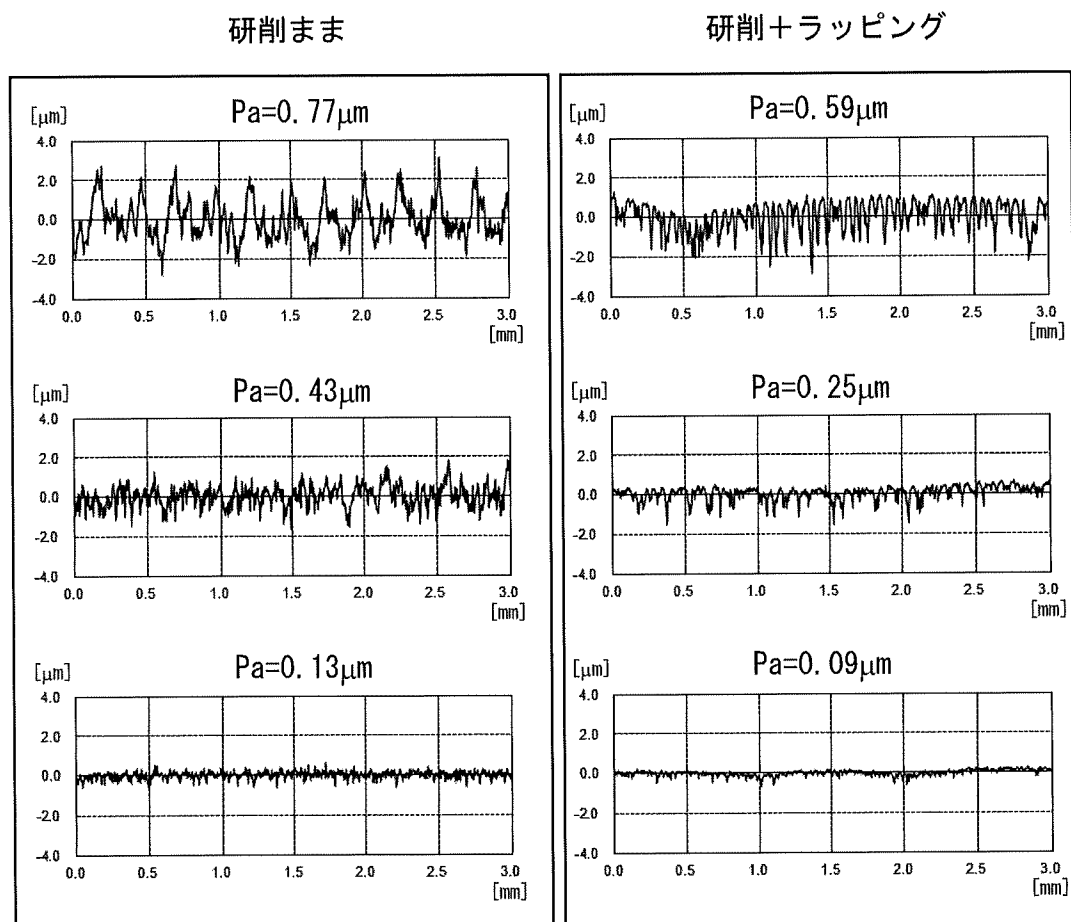
[図7]

Fig. 7



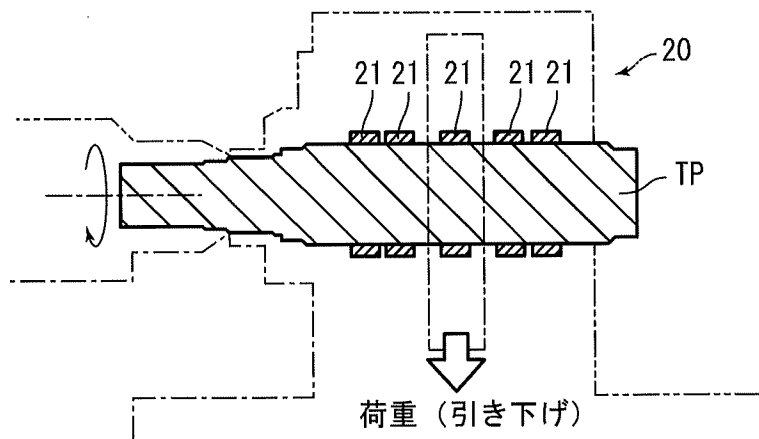
[図8]

Fig. 8



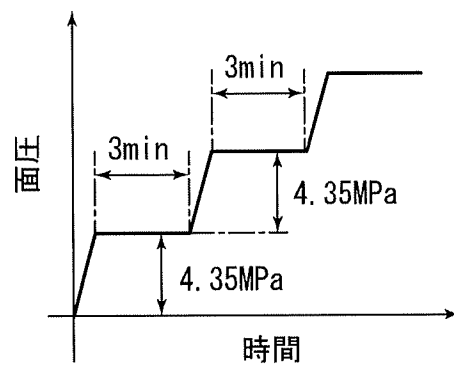
[図9]

Fig. 9



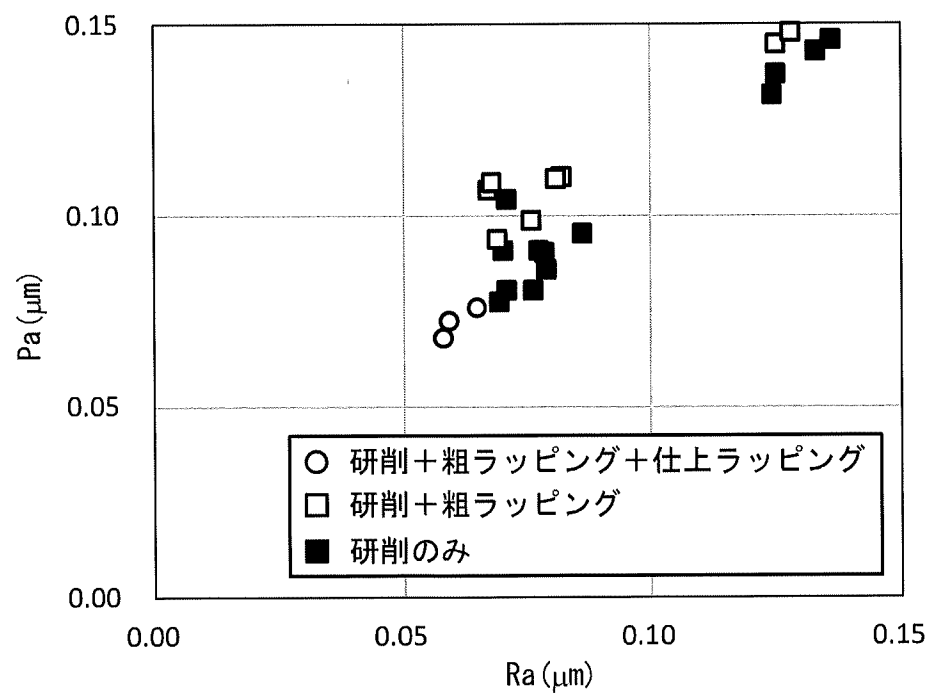
[図10]

Fig. 10



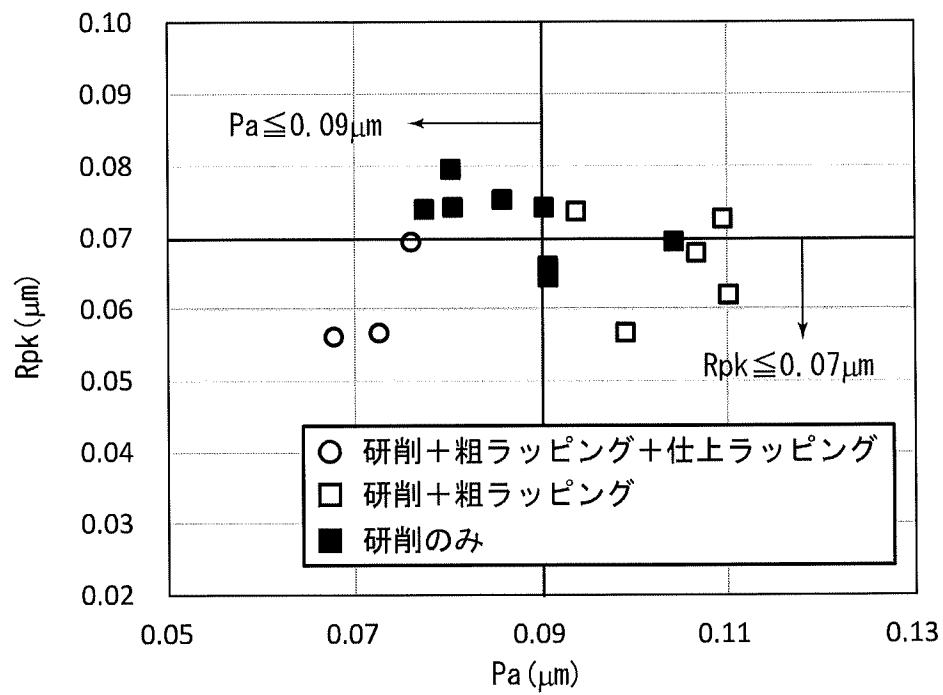
[図11]

Fig. 11



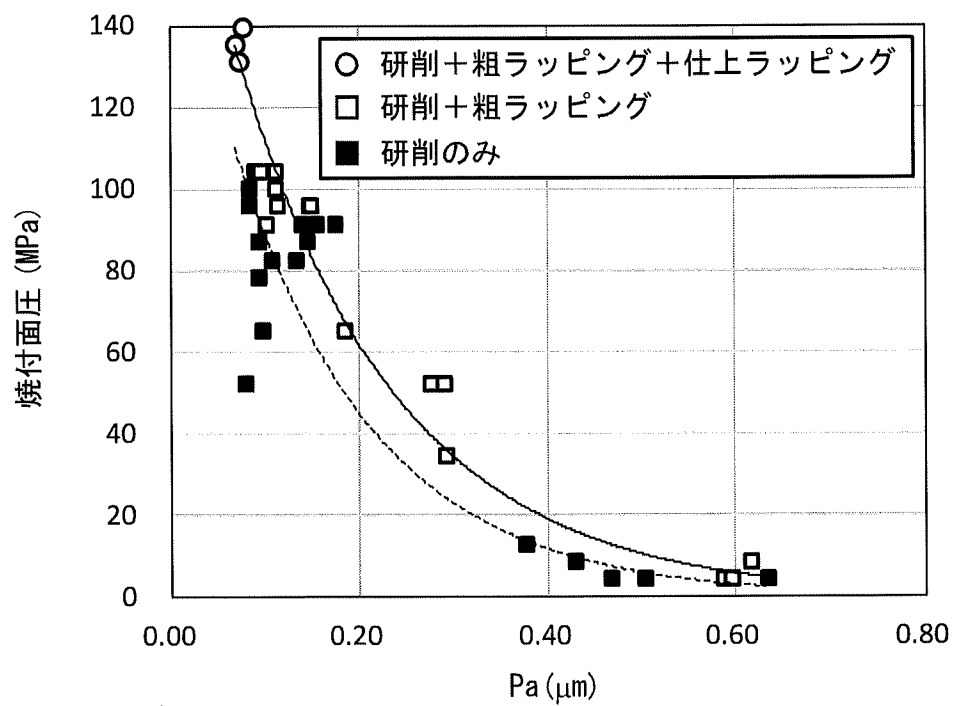
[図12]

Fig.12



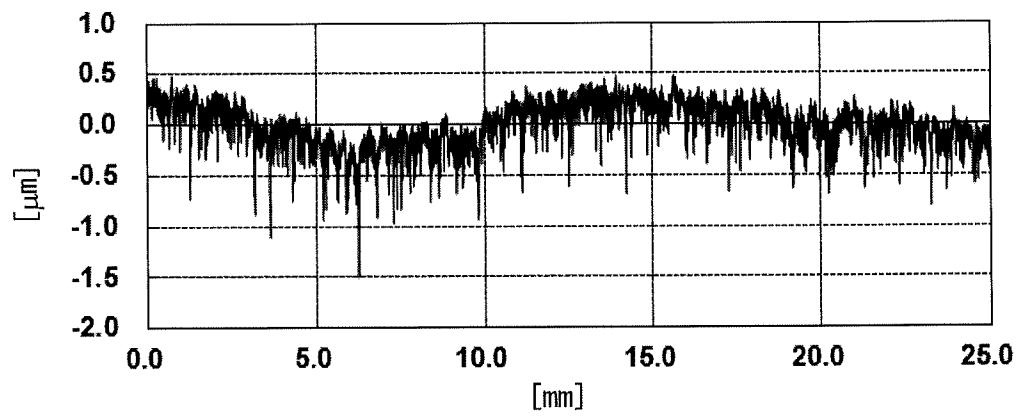
[図13]

Fig.13



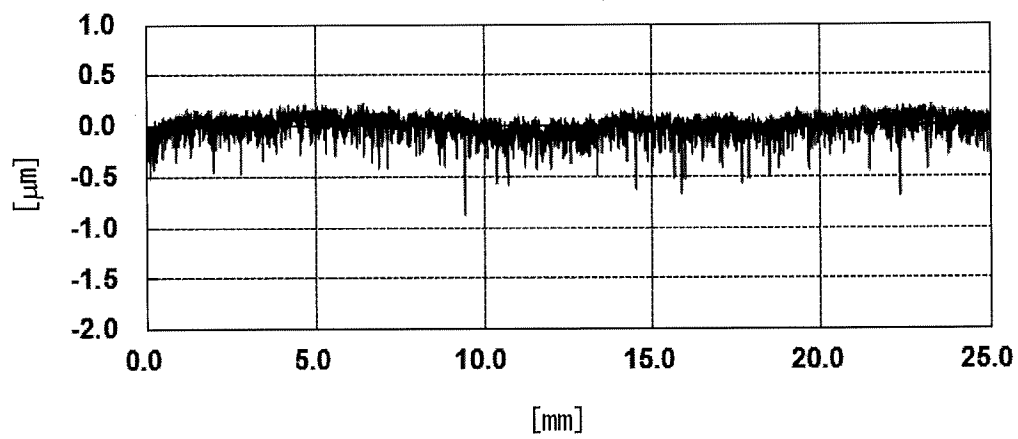
[図14]

Fig. 14



[図15]

Fig. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/032880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F16C3/08 (2006.01) i, B24B5/42 (2006.01) i, B24B21/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F16C3/08, B24B5/42, B24B21/02

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2016-532835 A (MAG IAS GMBH) 20 October 2016 & US 2016/0273576 A1 & WO 2015/025004 A2 & EP 3036448 A2 & DE 102013109025 A1 & CN 105451921 A & KR 10-2016-0046805 A & MX 2016001496 A	1-2
A	JP 2017-501349 A (MAHLE INTERNATIONAL GMBH) 12 January 2017 & US 2016/0312827 A1 & GB 2521004 A & WO 2015/082697 A2 & EP 3077688 A2 & CN 105829743 A	1-2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
--	---

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 02.10.2019	Date of mailing of the international search report 15.10.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/032880

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 2004-276121 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 07 October 2004 & US 2004/0166776 A1 & EP 1447170 A1 & CN 1520962 A	1-2
A	JP 8-510693 A (MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING COMPANY) 12 November 1996 & US 5913716 A & WO 1994/027780 A1 & EP 700326 A1 & AU 6664994 A & BR 9406687 A & CA 2163761 A1 & KR 10-1996-0702370 A & CN 1124472 A	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16C3/08(2006.01)i, B24B5/42(2006.01)i, B24B21/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16C3/08, B24B5/42, B24B21/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2016-532835 A（エムアーゲー イーアーエス ゲーエムペーハー）2016.10.20, & US 2016/0273576 A1 & WO 2015/025004 A2 & EP 3036448 A2 & DE 102013109025 A1 & CN 105451921 A & KR 10-2016-0046805 A & MX 2016001496 A	1-2
A	JP 2017-501349 A（マーレ インターナショナル ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング）2017.01.12, & US 2016/0312827 A1 & GB 2521004 A & WO 2015/082697 A2 & EP 3077688 A2 & CN 105829743 A	1-2

☑ 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

02.10.2019

国際調査報告の発送日

15.10.2019

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）

渡邊 義之

3 J

5789

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

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 2004-276121 A (日産自動車株式会社) 2004. 10. 07, & US 2004/0166776 A1 & EP 1447170 A1 & CN 1520962 A	1-2
A	JP 8-510693 A (ミネソタ マイニング アンド マニュファクチャ リング カンパニー) 1996. 11. 12, & US 5913716 A & WO 1994/027780 A1 & EP 700326 A1 & AU 6664994 A & BR 9406687 A & CA 2163761 A1 & KR 10-1996-0702370 A & CN 1124472 A	1-2