

(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
2019年8月8日(08.08.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/150979 A1

(51) 国際特許分類:

F16C 3/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/001356

(22) 国際出願日: 2019年1月17日(17.01.2019)

(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 2018-013309 2018年1月30日(30.01.2018) 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: 木村 幸彦 (KIMURA, Yukihiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1

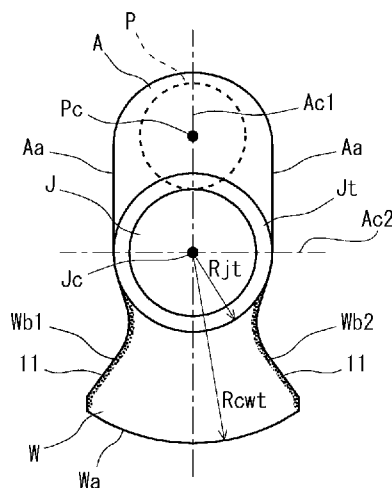
号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 田村 憲司(TAMURA, Kenji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 野上 裕(NOGAMI, Hiroshi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 黄 三守(HWANG, Sam Soo); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 薮野 訓宏(YABUNO, Kunihiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: アセンド特許業務法人 (ASCEND IP LAW FIRM); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島一丁目5番17号 Osaka (JP).

(54) Title: CRANKSHAFT

(54) 発明の名称: クランク軸

[図11]



(57) Abstract: A crankshaft (1) is provided with a plurality of journal parts (J), a plurality of pin parts (P), and a plurality of crank arm parts (A). The journal parts (J) are disposed coaxially with the rotational center of the crankshaft (1). The pin parts (P) are eccentric relative to the journal parts (J). Each of the crank arm parts (A) is disposed between one journal part (J) and one pin part (P), linking the journal part (J) and the pin part (P) together. One or more of the crank arm parts (A) has an integrated counterweight part (W). The counterweight part (W) includes two side surfaces (Wb1, Wb2). Hardened layers (11) are provided on the side surfaces (Wb1, Wb2).

(57) 要約: クランク軸 (1) は、複数のジャーナル部 (J) と、複数のピン部 (P) と、複数のクランクアーム部 (A) と、を備える。ジャーナル部 (J) は、クランク軸 (1) の回転中心と同軸に配置される。ピン部 (P) は、ジャーナル部 (J) に対して偏心する。クランクアーム部 (A) の各々は、一のジャーナル部 (J) と一のピン部 (P) との間に配置されて当該ジャーナル部 (J) と当該ピン部 (P) とをつなぐ。クランクアーム部 (A) の1つ以上は、カウンターウエイト部 (W) を一体で有する。カウンターウエイト部 (W) は、2つの側面 (Wb1、Wb2) を含む。側面 (Wb1、Wb2) には、焼入れ層 (11) が設けられる。

(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, 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： クランク軸

技術分野

[0001] 本開示は、自動車、自動二輪車、農業機械又は船舶等のレシプロエンジンに搭載されるクランク軸に関する。

背景技術

[0002] レシプロエンジンはクランク軸を必要とする。シリンダ（気筒）内でのピストンの往復運動を回転運動に変換することによって動力を取り出すためである。通常、自動車等には多気筒エンジンが用いられる。

[0003] 図1及び図2は、一般的なクランク軸の一例を示す側面図である。図1及び図2に示すクランク軸1は、4気筒エンジンに搭載されるものである。クランク軸1は、5つのジャーナル部J1～J5、4つのピン部P1～P4、フロント部Fr、フランジ部Fl、及び8つのクランクアーム部（以下、単に「アーム部」ともいう）A1～A8を備える。8つのアーム部A1～A8は、それぞれ、ジャーナル部J1～J5の1つとピン部P1～P4の1つとの間に配置され、自身が対向するジャーナル部とピン部とをつなぐ。

[0004] 図1に示すクランク軸1では、8つの全てのアーム部A1～A8がカウンターウエイト部（以下、単に「ウエイト部」ともいう）W1～W8を一体で有する。このクランク軸1は4気筒－8カウンターウエイトのクランク軸と称される。

[0005] 以下では、ジャーナル部J1～J5、ピン部P1～P4、アーム部A1～A8及びウエイト部W1～W8のそれぞれを総称するとき、その符号を、ジャーナル部で「J」、ピン部で「P」、アーム部で「A」、ウエイト部で「W」とも記す。

[0006] 図2に示すクランク軸1では、8つのアーム部Aのうち、先頭の第1アーム部A1、最後尾の第8アーム部A8、並びに中央の第4アーム部A4及び第5アーム部A5がウエイト部Wを一体で有する。残りのアーム部A2、A

3、A 6 及び A 7 はウエイト部を有しない。このクランク軸 1 は 4 気筒－4 カウンターウエイトのクランク軸と称される。

[0007] ジャーナル部 J、フロント部 F_r 及びフランジ部 F_l は、クランク軸 1 の回転中心と同軸上に配置される。各ピン部 P は、クランク軸 1 の回転中心からピストンストロークの半分の距離だけ偏心して配置される。ジャーナル部 J は、すべり軸受けによってエンジンプロックに支持され、回転軸となる。各ピン部 P はすべり軸受けによってコネクティングロッド（以下、「コンロッド」ともいう）の大端部に連結され、ピストンがそのコンロッドの小端部に連結される。フロント部 F_r には、タイミングベルト、ファンベルト等を駆動するためのプーリ（図示省略）が取り付けられる。フランジ部 F_l には、フライホイール（図示省略）が取り付けられる。

[0008] レシプロエンジンにおいて、振動の抑制は重要な課題である。レシプロエンジンの振動は騒音を引き起こし、レシプロエンジン周辺を悪化させるからである。特に、レシプロエンジンを搭載した自動車等の車両では、快適な室内環境も求められるため、振動の抑制に対する要求は厳しい。ここで、クランク軸は、レシプロエンジン内で回転する重量の大きい部品である。そのため、クランク軸の振動抑制は、レシプロエンジンの振動抑制に大きく寄与する。

[0009] クランク軸の振動抑制を図るため、従来、下記の方策がとられている。第 1 の方策は、クランク軸のジャーナル部を支持するすべり軸受けの構造を適正化することである。第 2 の方策は、クランク軸に取り付けられる付属部品に振動減衰機能を持たせることである。第 1 の方策として、特開 2016-153658 号公報（特許文献 1）には、ジャーナル部とすべり軸受けとの間のクリアランスを適切に設定することにより、振動特性を向上させる技術が開示される。第 2 の方策として、特開 2005-299807 号公報（特許文献 2）には、クランク軸のフロント部にダンパプーリを取り付けることにより、曲げ振動及びねじり振動を減衰させる技術が開示される。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2016-153658号公報

特許文献2：特開2005-299807号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 第1の方策では、すべり軸受けの摩耗等によってクリアランスが変化した場合、所望の振動抑制性能が得られない。第2の方策では、特殊な構造の付属部品（ダンパプーリ）の取付けにより、レシプロエンジン全体の重量が増加するため、燃費が悪化する。さらに、レシプロエンジンを構成する部品の数が増えるため、信頼性が低下する。要するに、従来の方策では、簡素な構成でクランク軸の振動を十分に抑制できるとは言えない。

[0012] 本開示の1つの目的は、簡素な構成で振動を十分に抑制できるクランク軸を提供することである。

課題を解決するための手段

[0013] 本開示の実施形態によるクランク軸は、レシプロエンジン用のクランク軸である。クランク軸は、クランク軸の回転中心と同軸に配置される複数のジャーナル部と、複数のジャーナル部に対して偏心した複数のピン部と、各々が、一のジャーナル部と一のピン部との間に配置されて当該ジャーナル部と当該ピン部をつなぐ複数のクランクアーム部と、を備える。クランクアーム部の1つ以上は、焼入れ層が設けられた2つの側面を含むカウンターウェイト部を一体で有する。

発明の効果

[0014] 本開示の実施形態によるクランク軸によれば、簡素な構成で振動を十分に抑制できる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、一般的なクランク軸の一例を示す側面図である。

[図2]図2は、一般的なクランク軸の他の一例を示す側面図である。

[図3]図3は、本発明者らの検討ステップ1で想定したクランク軸の斜視図である。

[図4]図4は、図3に示すクランク軸の側面図である。

[図5]図5は、図3に示すクランク軸におけるウエイト部付きアーム部の側面図である。

[図6]図6は、図5に示すウエイト部付きアーム部の正面図である。

[図7]図7は、検討ステップ1での解析結果をまとめた図である。

[図8]図8は、本発明者らの検討ステップ2で想定したクランク軸におけるウエイト部付きアーム部の正面図である。

[図9]図9は、図8に示すウエイト部付きアーム部のウエイト部の一部を拡大した図である。

[図10]図10は、検討ステップ2での解析結果をまとめた図である。

[図11]図11は、実施形態のクランク軸におけるウエイト部付きアーム部の正面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 上記の課題を解決するために、本発明者らは、クランク軸に取り付けられる付属部品ではなくて、クランク軸そのものに着目した。その上で、ウエイト部付きアーム部におけるウエイト部に着目し、鋭意検討を重ねた。その結果下記の知見を得た。

[0017] 通常、クランク軸は炭素鋼からなる。ピン部及びジャーナル部はすべり軸受けと摺動する。ピン部及びジャーナル部の耐摩耗性を確保するため、ピン部の表面及びジャーナル部の表面は高周波焼入れによって硬化される場合がある。一方、アーム部はクランク軸の剛性を担保する部分であり、アーム部には適度な強度と靱性が必要となる。強度と靱性の確保のため、一般に、アーム部の鋼組織は、パーライト組織、又はフェライト組織とパーライト組織が混在した組織（フェライト＋パーライト組織）である。本明細書では、パーライト組織及びフェライト＋パーライト組織を総称して通常組織ともいう。

- [0018] ウェイト部はクランク軸の回転バランスを取る部分であり、ウェイト部の質量自体が重要である。つまり、ウェイト部の鋼組織はクランク軸の本質的な機能上で重要ではない。そのため、従来のクランク軸では、ウェイト部の鋼組織について格別な考慮は一切ない。したがって、従来のクランク軸では、ウェイト部の鋼組織は、アーム部の鋼組織と同じく通常組織である。
- [0019] 高周波焼入れが施されない限り、ピン部及びジャーナル部それぞれの鋼組織も通常組織である。その他にフロント部及びフランジ部それぞれの鋼組織も通常組織である。
- [0020] ここで、同じ化学組成であっても、鋼組織が異なればヤング率等の材料定数が異なる。このことは、例えば、Materials Science and Engineering A vol. 452-453 (2007) pp.633-639, “Elastic constants and internal friction of martensitic steel, ferritic-pearlitic steel, and α -iron” に示される。この文献には、SAE 1050 鋼（炭素鋼の一種）について、マルテンサイト組織では、ヤング率が 203.5 GPa であり、ポアソン比が 0.2921 であると記載され、フェライト+パーライト組織では、ヤング率が 210.3 GPa であり、ポアソン比が 0.2877 であると記載される。
- [0021] 上記のとおり、従来のクランク軸では、ウェイト部の鋼組織は、全体にわたって通常組織である。これに対し、ウェイト部において、通常組織の部分のみならず、通常組織とは異なる鋼組織（以下、「異組織」ともいう）の部分が存在すると仮定する。異組織は、焼入れによって得られるマルテンサイト組織又はベイナイト組織である。この場合、下記の状況が起こると推定される。
- [0022] クランク軸は一体物である。そのため、クランク軸の回転に伴ってクランク軸が振動した場合、ウェイト部が振動変形する。この場合、通常組織の部分の変形に追従して異組織の部分が変形する。上記のとおり、異組織の部分の材料定数は通常組織の部分の材料定数と異なる。そのため、変形のしやすさが異組織の部分と通常組織の部分とで異なる。そうすると、ウェイト部が

振動変形したとき、異組織の部分と通常組織の部分に互いの変形を阻害する力が作用する。この力により振動のエネルギーが散逸することから、振動が効率良く減衰される。したがって、クランク軸の振動が抑制される。

[0023] 上記の推定の妥当性を確認するため、下記の検討を実施した。

[0024] [検討ステップ1]

検討ステップ1では、ウエイト部にマルテンサイト組織の焼入れ層を設けた場合の振動の度合いを調査した。この調査は有限要素法（FEM）による振動解析によって行った。検討ステップ1の解析では、ウエイト部の底面及び2つの側面のうちから1つ以上の面を選択し、選択した各面に施す焼入れの範囲を種々変更した。

[0025] 図3～図6は、検討ステップ1で想定したクランク軸を示す図である。これらの図のうち、図3はそのクランク軸の斜視図であり、図4はそのクランク軸の側面図である。図5はそのクランク軸におけるウエイト部付きアーム部の側面図であり、図6はそのウエイト部付きアーム部の正面図である。本明細書では、ウエイト部付きアーム部において、ジャーナル部Jが接続されている面を正面といい、その反対側の面、つまりピン部Pが接続されている面を裏面という。なお、図6には、アーム部Aの縦中心線Ac1及び横中心線Ac2が示される。本明細書において、アーム部Aの縦中心線Ac1は、ジャーナル部Jの軸心Jc及びピン部Pの軸心Pcに垂直な直線であり、横中心線Ac2は、縦中心線Ac1及びジャーナル部Jの軸心Jcと直交する直線である。ウエイト部付きアーム部において、横中心線Ac2が延びる方向を幅方向という。

[0026] 図3及び図4を参照し、検討ステップ1で想定したクランク軸1は4気筒－8カウンターウエイトのクランク軸である。クランク軸1は、一般的なクランク軸と同様（図1）、複数のジャーナル部J1～J5と、複数のピン部P1～P4と、複数のアーム部A1～A8と、を備える。ジャーナル部J1～J5は、クランク軸1の回転中心と同軸に配置されている。ピン部P1～P4の各々は、ジャーナル部J1～J5に対して偏心して配置されている。

アーム部A 1～A 8の各々は、ジャーナル部J 1～J 5の1つとピン部P 1～P 4の1つとの間に配置され、そのジャーナル部とピン部とを接続する。アーム部A 1～A 8は、それぞれ、ウエイト部W 1～W 8を一体で有する。

[0027] 図5に示すように、このクランク軸1の解析モデルでは、ウエイト部W付きアーム部Aのうちウエイト部Wの裏面に、凹状の肉抜き部10が形成されている。肉抜き部10は、ウエイト部Wの全幅にわたって形成され、ウエイト部Wの2つの側面W b 1、W b 2に広がっている。この肉抜き部10は、ウエイト部W及びアーム部Aに跨って形成されている。このため、肉抜き部10は、アーム部Aの裏面及び2つの側面A aにも広がっている。

[0028] 肉抜き部10により、検討ステップ1のウエイト部W付きアーム部Aの重量は、大幅に減少する。ただし、ウエイト部Wの形状は、ウエイト部W付きアーム部Aの支持剛性にほとんど影響を及ぼさない。そのため、検討ステップ1のウエイト部W付きアーム部Aの支持剛性はほとんど低下しない。したがって、肉抜き部10を備えるウエイト部W付きアーム部Aを有するクランク軸1の場合、大きな軽量化を期待できる。本明細書において、支持剛性とは、ピン部Pに荷重が負荷されたときのアーム部Aの変形抵抗を意味する。

[0029] 図6を参照し、ウエイト部W付きアーム部Aでは、横中心線A c 2及びジャーナル部Jの軸心J cを含む平面によって、アーム部Aとウエイト部Wとが区分される。すなわち、ウエイト部W付きアーム部Aのうち、横中心線A c 2及びジャーナル部Jの軸心J cを含む平面を境界として、ピン部P側に位置する部分がアーム部Aであり、ピン部Pと反対側に位置する部分がウエイト部Wである。本明細書では、説明の便宜上、ウエイト部W付きアーム部Aのうち、アーム部A側を上側、ウエイト部W側を下側という。

[0030] アーム部Aの側面A a、及びウエイト部Wの側面W b 1、W b 2は、概ね上下方向に延びている。ウエイト部Wの側面W b 1、W b 2は、下方に向かってつれて幅方向外方に延びている。側面W b 1、W b 2は、底面W aによって接続される。底面W aは、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、ジャーナル部Jの軸心J cを中心とする円弧状をなす。本明細書では、ウエイ

ト部W付きアーム部Aにおいて便宜的にウエイト部W側を下側と定義したことから、側面Wb 1、Wb 2の間の面を底面Waと称するが、実際のクランク軸ではウエイト部Wの底面Waが常に下側に位置するわけではない。

[0031] 検討ステップ1で想定したクランク軸1は、図6に示すように、ジャーナル部Jの周囲にスラスト（以下、「ジャーナルスラスト」ともいう）Jtを有する。ジャーナルスラストJtは、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、ジャーナル部Jの軸心Jcを中心とする円環状をなす。ジャーナルスラストJtは、軸心Jcが延びる方向（軸方向）におけるジャーナル部Jの移動を規制する。すなわち、レシプロエンジン内では、ジャーナルスラストJtと、エンジンプロック（図示略）に取り付けられるすべり軸受けとの接触によって、ジャーナル部Jの軸方向の移動が制限される。

[0032] 図6には、検討ステップ1で焼入れ層が設けられる部分が示される。上述したとおり、ウエイト部Wの底面Waは、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、ジャーナル部Jの軸心Jcを中心とする円弧状をなす。図6中の符号Rcwtは、この底面Waの半径を示す。ジャーナルスラストJtは、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、ジャーナル部Jの軸心Jcを中心とする円環状をなす。符号Rjtは、このジャーナルスラストJtの半径を示す。

[0033] ウエイト部Wの底面Wa及び2つの側面Wb 1、Wb 2のうちの1つ以上の面に、焼入れ層が設けられる。ウエイト部Wの底面Waは、焼入れ層が設けられる単位として、底面Waに沿う方向において6つの領域a 1～a 6に区分される。6つの領域a 1～a 6は、底面Waの一方の端から他方の端まで順に連なる。6つの領域a 1～a 6それぞれの底面Waに沿う長さは同じである。

[0034] また、焼入れ層が設けられる単位として、ウエイト部Wの一方の側面Wb 1が、その側面Wb 1に沿う方向（側面Wb 1の長手方向）において2つの領域b 1、b 2に区分される。2つの領域b 1、b 2は、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、図6に二点鎖線で示す円弧Vrと側面Wb 1との交

点を始点とし、当該交点からウエイト部Wの底面W aまで順に連なる。円弧V rは、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、底面W aと同一の半径R c w tを有し、ジャーナルスラストJ tの下端（ウエイト部W側の端）を通る仮想的な円弧である。円弧V rの中心は、縦中心線A c 1上に位置する。2つの領域b 1、b 2それぞれの側面W b 1に沿う長さは同じである。2つの領域b 1、b 2それぞれの側面W b 1に沿う長さは、概ね $(R c w t - R j t) / 2$ である。これと同様に、ウエイト部Wの他方の側面W b 2が、その側面W b 2に沿う方向（側面W b 2の長手方向）において2つの領域c 1、c 2に区分される。

[0035] 検討ステップ1の解析では、ウエイト部Wの底面W a及び2つの側面W b 1、W b 2のうちから1つ以上の面を種々選択した。さらに、選択した面における複数の領域a 1～a 6、b 1、b 2、c 1、c 2のうちから1つ以上の領域を種々選択した。選択した領域に焼入れを施し、マルテンサイト組織（異組織）の焼入れ層を形成した。焼入れ層の厚さ（深さ）は1 mmとした。ウエイト部Wの焼入れ層以外の部分の鋼組織は、焼入れされないフェライト+パーライト組織（通常組織）とした。下記の表1に、検討ステップ1で調査した複数のウエイト部W付きアーム部Aの焼入れ層の設置パターンを示す。

[0036] [表1]

TABLE 1

モデルNo.	側面		外周面						側面	
	b1	b2	a1	a2	a3	a4	a5	a6	c2	c1
A1	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
A2	M	M							M	M
A3	M									M
A4		M							M	
B1			M	M						
B2			M	M	M					
B3				M	M					
C1					M	M				
C2			M	M	M	M	M	M		
基本										
D1	M	M								
D2					M					

（備考） 印「M」は、焼入れによるマルテンサイト組織の焼入れ層の部分を示す。
空欄は、焼入れされないフェライト+パーライト組織の部分を示す。

- [0037] ウェイト部付きアーム部をそれぞれ備えた複数のクランク軸のモデルについて、上記表 1 に示す設置パターンでウェイト部に焼入れ層を設け、アクセラランス（イナータンス）を調査した。アクセラランスとは、打撃力（インパルス加振力）を加えたときに、観測点での加速度波形を周波数分析し、周波数ごとに振動加速度を加振力で除した値である。アクセラランスの低下は、同じ振動入力に対して発生する振動加速度が小さいことを意味する。つまり、アクセラランスの低下は振動を抑制できたことを意味する。したがって、各モデルのアクセラランスを比較すれば、振動の抑制を評価できる。
- [0038] ここでクランク軸の場合、エンジブロックに取り付けられたすべり軸受けによりクランク軸のジャーナル部が支持される。これにより、クランク軸はエンジン本体と接続される。そのため、レシプロエンジンの振動を抑制するためには、クランク軸のジャーナル部の振動を抑制することが必要である。
- [0039] クランク軸に入力される振動源として、シリンダ内で爆発が起きたときの爆発荷重が考えられる。爆発荷重はピストンに伝わり、さらにピストンからピストンピンを介してコンロッドに伝わる。コンロッドに伝わった荷重はクランク軸のピン部に入力される。そのため、クランク軸の加振源となるのは主にピン部である。したがって、ピン部の表面を打撃した際のジャーナル部の中心でのアクセラランスを評価した。
- [0040] 具体的には、図 4 を参照し、第 1 ピン部 P 1 の点 R に打撃力を入力した。点 R は、第 1 ピン部 P 1 の軸方向中央であって、第 1 ピン部 P 1 の頂上に位置する点であった。打撃力は、ジャーナル部 J の軸心 J c に向く方向に与えた。打撃力の入力に対して、第 5 ジャーナル部 J 5 の点 S で発生する加速度を求めた。点 S は、第 5 ジャーナル部 J 5 の軸方向中央であって、第 5 ジャーナル部 J 5 の軸心 J c 上に位置する点であった。求める加速度は、打撃力の入力方向に沿う方向の加速度とした。
- [0041] 得られた加速度を打撃力で除した後に周波数分析を行い、1 Hz から 2 5 0 0 Hz の範囲で加速度振幅を求め、アクセラランスの周波数特性を得た。

得られたアクセランスの周波数特性からアクセランスの最大値を求めた。

[0042] なお、振動解析の際、焼入れ層（マルテンサイト組織）の部分では、ヤング率を203.5 GPaとし、ポアソン比を0.2921とした。焼入れ層以外のフェライト+パーライト組織の部分では、ヤング率を210.3 GPaとし、ポアソン比を0.2877とした。

[0043] ウェイト部付きアーム部をそれぞれ備えた複数のクランク軸のモデルについて、上記表1に示す設置パターンでウェイト部に焼入れ層を設け、モデルごとに上記のような振動解析を実施した。そして、各モデルの振動解析で得られたアクセランスの最大値を比較して評価した。評価は、ウェイト部に焼入れ層を持たない基本モデルでのアクセランスの最大値に対する比（アクセランス比）で行った。アクセランス比が1を下回れば、振動を抑制できると言える。さらにアクセランス比が小さいほど、振動を効果的に抑制できると言える。一方、アクセランス比が1を上回れば、振動を抑制できないと言える。

[0044] 図7は、検討ステップ1での解析結果をまとめた図である。図7の横軸に表示された番号は、表1に示すモデルNo.と対応する。図7の結果から下記のこと示される。モデルNo. A1～A4と基本モデルとの比較より、ウェイト部Wの2つの側面Wb1、Wb2の両方に焼入れ層が設けられれば、振動を抑制できる。特に、焼入れ層の領域の側面Wb1、Wb2に沿う長さが $(R_{cw}t - R_{jt})$ の0.5倍以上であって、焼入れ層の領域がアーム部Aに隣接すれば、効果的に振動を抑制できる（モデルNo. A1～A3参照）。さらに、焼入れ層の領域の側面Wb1、Wb2に沿う長さが $(R_{cw}t - R_{jt})$ の1倍以上であれば、振動抑制効果が特に高い（モデルNo. A1及びA2参照）。

[0045] これに対し、ウェイト部Wの2つの側面Wb1、Wb2の一方のみに焼入れ層が設けられる場合、振動を抑制できない（モデルNo. D1参照）。また、ウェイト部Wの底面Waに焼入れ層が設けられても、振動抑制効果はほ

とんど生じない。

[0046] 要するに、ウエイト部Wの2つの側面Wb 1、Wb 2の両方に焼入れ層が設けられるだけで、振動を十分に抑制できる。

[0047] [検討ステップ2]

検討ステップ2では、検討ステップ1と同様に、ウエイト部にマルテンサイト組織の焼入れ層を設けた場合の振動の度合いを調査した。検討ステップ2の解析では、ウエイト部2つの側面に設ける焼入れ層の範囲を細分化して種々変更した。それ以外の諸条件は検討ステップ1と同じであった。

[0048] 図8及び図9は、検討ステップ2で想定したクランク軸におけるウエイト部付きアーム部を示す図である。これらの図のうち、図8はそのウエイト部付きアーム部の正面図であり、図9は図8に示すウエイト部付きアーム部のウエイト部の一部を拡大した図である。

[0049] 図9には、検討ステップ2で焼入れ層が設けられる部分が示される。焼入れ層が設けられる単位として、ウエイト部Wの一方の側面Wb 1が、その側面Wb 1に沿う方向において10個の領域 $b' 1 \sim b' 10$ に区分される。10個の領域 $b' 1 \sim b' 10$ は、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、円弧 V_r と側面Wb 1との交点からウエイト部Wの底面Waまで順に連なる。10個の領域 $b' 1 \sim b' 10$ それぞれの側面Wb 1に沿う長さは同じである。10個の領域 $b' 1 \sim b' 10$ それぞれの側面Wb 1に沿う長さ（側面Wb 1の長手方向における長さ）は、概ね $(R_{cwt} - R_{jt}) / 10$ である。これと同様に、ウエイト部Wの他方の側面Wb 2が、その側面Wb 2に沿う方向において10個の領域（図示省略）に区分される。

[0050] 検討ステップ2の解析では、焼入れを施す面として、ウエイト部Wの2つの側面Wb 1、Wb 2の両方を選択した。さらに、焼入れ層を設ける領域として、一方の側面Wb 1における10個の領域 $b' 1 \sim b' 10$ のうちから1つ以上の領域を種々選択した。他方の側面Wb 2では、アーム部Aの縦中心線Ac 1に対し、側面Wb 1で選択した領域と対称の領域を選択した。選択した領域に焼入れを施し、マルテンサイト組織（異組織）の焼入れ層を形

成した。ウエイト部Wの焼入れ層以外の部分の鋼組織は、焼入れされないフェライト＋パーライト組織（通常組織）とした。下記の表2に、検討ステップ2で調査した複数のウエイト部W付きアーム部Aのモデルにおける焼入れ層の設置パターンを示す。

[0051]

[表2]

TABLE 2

行No.	b'1	b'2	b'3	b'4	b'5	b'6	b'7	b'8	b'9	b'10
基本										
A'1	M									
A'2		M								
A'3			M							
A'4				M						
A'5					M					
A'6						M				
A'7							M			
A'8								M		
A'9									M	
A'10										M
B'1	M	M								
B'2		M	M							
B'3			M	M						
B'4				M	M					
B'5					M	M				
B'6						M	M			
B'7							M	M		
B'8								M	M	
B'9									M	M
C'1	M	M	M							
C'2		M	M	M						
C'3			M	M	M					
C'4				M	M	M				
C'5					M	M	M			
C'6						M	M	M		
C'7							M	M	M	
C'8								M	M	M
D'1	M	M	M	M						
D'2		M	M	M	M					
D'3			M	M	M	M				
D'4				M	M	M	M			
D'5					M	M	M	M		
D'6						M	M	M	M	
D'7							M	M	M	M
E'1	M	M	M	M	M					
E'2		M	M	M	M	M				
E'3			M	M	M	M	M			
E'4				M	M	M	M	M		
E'5					M	M	M	M	M	
E'6						M	M	M	M	M
F'1	M	M	M	M	M	M				
F'2		M	M	M	M	M	M			
F'3			M	M	M	M	M	M		
F'4				M	M	M	M	M	M	
F'5					M	M	M	M	M	M
G'1	M	M	M	M	M	M	M			
G'2		M	M	M	M	M	M	M		
G'3			M	M	M	M	M	M	M	
G'4				M	M	M	M	M	M	M
H'1	M	M	M	M	M	M	M	M		
H'2		M	M	M	M	M	M	M	M	
H'3			M	M	M	M	M	M	M	M
I'1	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
I'2		M	M	M	M	M	M	M	M	M
J'1	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

(備考) 印「M」は、焼入れによるマルテンサイト組織の焼入れ層の部分を示す。
空欄は、焼入れされないフェライト＋パーライト組織の部分を示す。

[0052] ウェイト部付きアーム部をそれぞれ備えた複数のクランク軸のモデルについて、上記表2に示す設置パターンでウェイト部に焼入れ層を設け、モデルごとに検討ステップ1と同様に振動解析を実施した。そして、各モデルの振動解析で得られたアクセラランスの最大値を比較して評価した。評価は、ウェイト部に焼入れ層を持たない基本モデルでのアクセラランスの最大値に対する比（アクセラランス比）で行った。

[0053] 図10は、検討ステップ2での解析結果をまとめた図である。図10の横軸に表示された番号は、表2に示すモデルNo. と対応する。図10の結果から下記のこと示される。焼入れ層の領域の側面Wb1、Wb2に沿う長さが $(R_{cw}t - R_{jt})$ の0.5倍以上であれば、効果的に振動を抑制できる場合がある（モデルNo. E' ~ J' 参照）。この場合、焼入れ層がジャーナルスラストJt寄りに設けられれば、より効果的に振動を抑制できる（モデルNo. E' 1、F' 1、G' 1、H' 1、I' 1、J' 1参照）。さらに、焼入れ層の領域の側面Wb1、Wb2に沿う長さが $(R_{cw}t - R_{jt})$ の0.9倍以上であれば、振動抑制効果が高い（モデルNo. I' ~ J' 参照）。このことから焼入れ層がウェイト部Wの側面Wb1、Wb2の全域に設けられれば、より高い振動抑制効果が得られると考えられる。

[0054] これに対し、焼入れ層の領域の側面Wb1、Wb2に沿う長さが $(R_{cw}t - R_{jt})$ の0.4倍以下である場合、振動抑制効果はそれほど認められない。

[0055] 本開示のクランク軸は、上記の知見に基づいて完成されたものである。

[0056] 本開示の実施形態によるクランク軸は、複数のジャーナル部と、複数のピン部と、複数のクランクアーム部と、を備える。複数のジャーナル部は、クランク軸の回転中心と同軸に配置される。複数のピン部は、複数のジャーナル部に対して偏心する。複数のクランクアーム部の各々は、一のジャーナル部と一のピン部との間に配置されて当該ジャーナル部と当該ピン部とをつなぐ。クランクアーム部の1つ以上は、カウンターウェイト部を一体で有する。カウンターウェイト部は、2つの側面を含む。この2つの側面には、焼入

れ層が設けられている。

[0057] 本実施形態によるクランク軸によれば、ウエイト部の2つの側面の両方に焼入れ層が設けられる。この焼入れ層の鋼組織は、マルテンサイト組織又はベイナイト組織である。ウエイト部付きアーム部のうち、焼入れ層以外の部分の鋼組織は、フェライト+パーライト組織又はパーライト組織である。ウエイト部の2つの側面にのみ異組織の焼入れ層が設けられることにより、クランク軸に発生する振動を十分に抑制できる。ウエイト部において、側面同士を接続する底面には、焼入れ層が設けられないことが好ましい。通常、クランク軸の回転バランスを調整するときに、ウエイト部の底面に穴明け加工が施される。ウエイト部の底面に硬い焼入れ層が存在しない場合、その穴明け加工に支障はない。

[0058] 焼入れ層を形成する方法は特に限定されない。例えば、高周波焼入れによって焼入れ層を形成することができる。その他に、炎焼入れやレーザ焼入れによって焼入れ層を形成することができる。加熱方法として、通電加熱を適用してもよい。熱間鍛造によってクランク軸を製造する場合、冷却の段階でウエイト部の側面のみを水冷してもよい。

[0059] 焼入れ層の厚さ（深さ）は特に限定されない。ただし、実用的には、焼入れ層の厚さは0.5～10mm程度である。典型的な例として、高周波焼入れによって焼入れ層を形成する場合、焼入れ層の厚さは0.5～2mm程度である。

[0060] 典型的な例では、本実施形態のクランク軸は、4気筒－8カウンターウエイトのクランク軸、又は4気筒－4カウンターウエイトのクランク軸である。ただし、本実施形態のクランク軸はこのタイプに限定されない。例えば、本実施形態のクランク軸は、3気筒エンジン用のクランク軸であってもよいし、直列6気筒エンジン用のクランク軸であってもよい。

[0061] 焼入れ層が設けられるウエイト部付きアーム部の数は、特に限定されない。クランク軸が複数のウエイト部付きアーム部を有する場合、1つのウエイト部付きアーム部に焼入れ層が設けられてもよいし、2つ以上のウエイト部

付きアーム部に焼入れ層が設けられてもよいし、全てのウエイト部付きアーム部に焼入れ層が設けられてもよい。クランク軸に発生する振動を最大限に低減する観点から、全てのウエイト部付きアーム部に焼入れ層が設けられることが好ましい。

[0062] 典型的な例では、ウエイト部の一方の側面において焼入れ層が設けられる領域は、ウエイト部の他方の側面において焼入れ層が設けられる領域とアーム部の縦中心線に対して対称である。ただし、ウエイト部の両側面における焼入れ層の領域は、アーム部の縦中心線に対して非対称であってもよい。ウエイト部付きアーム部の形状も、アーム部の縦中心線に対して典型的には対称であるが、非対称であってもよい。

[0063] ウエイト部付きアーム部に肉抜き部が形成されてもよいし、形成されなくてもよい。ただし、クランク軸の重量を低減する観点から、ウエイト部付きアーム部に肉抜き部が形成されることが好ましい。

[0064] 本実施形態のクランク軸において、焼入れ層は、カウンターウエイト部の側面の全域に設けられることが好ましい。これにより、特に効果的にクランク軸の振動を抑制できる。

[0065] 本実施形態のクランク軸において、焼入れ層は、カウンターウエイト部の各側面の一部に設けられてもよい。この場合、カウンターウエイト部の底面の半径を $R_{cw\ t}$ とし、ジャーナル部のスラストの半径を $R_{j\ t}$ としたとき、カウンターウエイト部の各側面において、その長手方向における焼入れ層の長さは、 $(R_{cw\ t} - R_{j\ t})$ の 0.5 倍以上であることが好ましい。焼入れ層の長さは、好ましくは $(R_{cw\ t} - R_{j\ t})$ の 0.6 倍以上であり、より好ましくは $(R_{cw\ t} - R_{j\ t})$ の 0.9 倍以上である。これにより、効果的にクランク軸の振動を抑制できる。

[0066] 焼入れ層がカウンターウエイト部の側面の一部に設けられる場合、この焼入れ層は、ジャーナル部のスラスト寄りの領域に設けられることが好ましい。これにより、より効果的にクランク軸の振動を抑制できる。

[0067] 以下に、図面を参照しながら、本実施形態のクランク軸の具体例を説明す

る。

[0068] 図 1 1 は、本実施形態のクランク軸におけるウエイト部付きアーム部の正面図である。図 1 1 に示すウエイト部W付きアーム部Aは、例えば4気筒－8カウンターウエイトのクランク軸が備える8つのウエイト部付きアーム部の全てに適用される。

[0069] 図 1 1 を参照し、ウエイト部W付きアーム部Aの形状は、アーム部Aの縦中心線A c 1 に対して対称である。ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、ウエイト部Wは、括れ部を有し、括れ部から底面W a に向かって拡幅する。すなわち、ウエイト部Wの幅は、ジャーナルスラストJ t 側で小さく、底面W a 側で大きい。ウエイト部Wは、側面W b 1、W b 2 の下端（底面W a 側の端）で最大幅を有する。ウエイト部Wの2つの側面W b 1、W b 2 それぞれの全域に焼入れ層 1 1 が設けられる。つまり、ウエイト部W付きアーム部Aの正面視で、アーム部Aの横中心線A c 2 側からウエイト部Wの底面W a 側までの側面W b 1、W b 2 の全範囲に、焼入れ層 1 1 が設けられる。焼入れ層 1 1 は、側面W b 1、W b 2 から所定の厚さ（深さ）でウエイト部Wに設けられる。この焼入れ層 1 1 は、例えば、高周波焼入れによって形成される。焼入れ層 1 1 の鋼組織は、例えば、マルテンサイト組織である。ウエイト部W付きアーム部Aのうち焼入れ層 1 1 以外の部分の鋼組織は、例えば、フェライト＋パーライト組織である。このようなウエイト部W付きアーム部Aを備えるクランク軸によれば、クランク軸に発生する振動を十分に抑制できる。

[0070] その他、本開示は上記の実施形態に限定されず、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能であることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0071] 本開示は、あらゆるレシプロエンジンに搭載されるクランク軸に有効に利用できる。

符号の説明

[0072] 1 クランク軸

J、J 1～J 5 ジャーナル部

J c ジャーナル部の軸心

J t ジャーナル部のスラスト

P、P 1～P 4 ピン部

P c ピン部の軸心

A、A 1～A 8 クランクアーム部

A a クランクアーム部の側面

A c 1 アーム部の縦中心線

A c 2 アーム部の横中心線

W、W 1～W 8 カウンターウエイト部

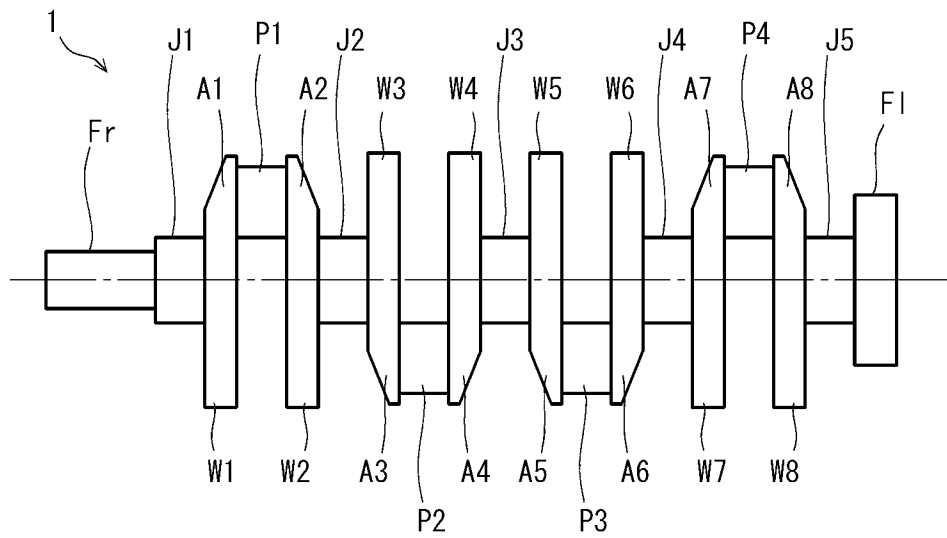
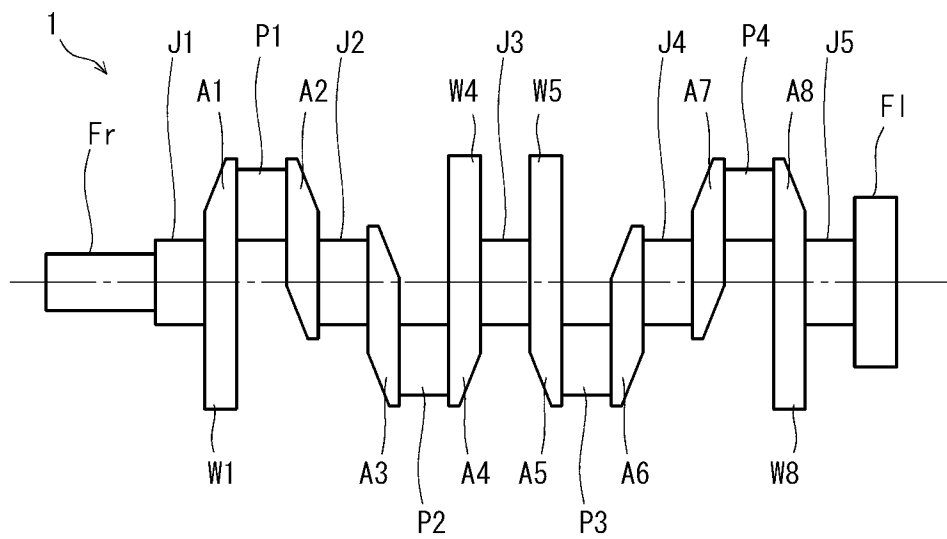
W a カウンターウエイト部の底面

W b 1、W b 2 カウンターウエイト部の側面

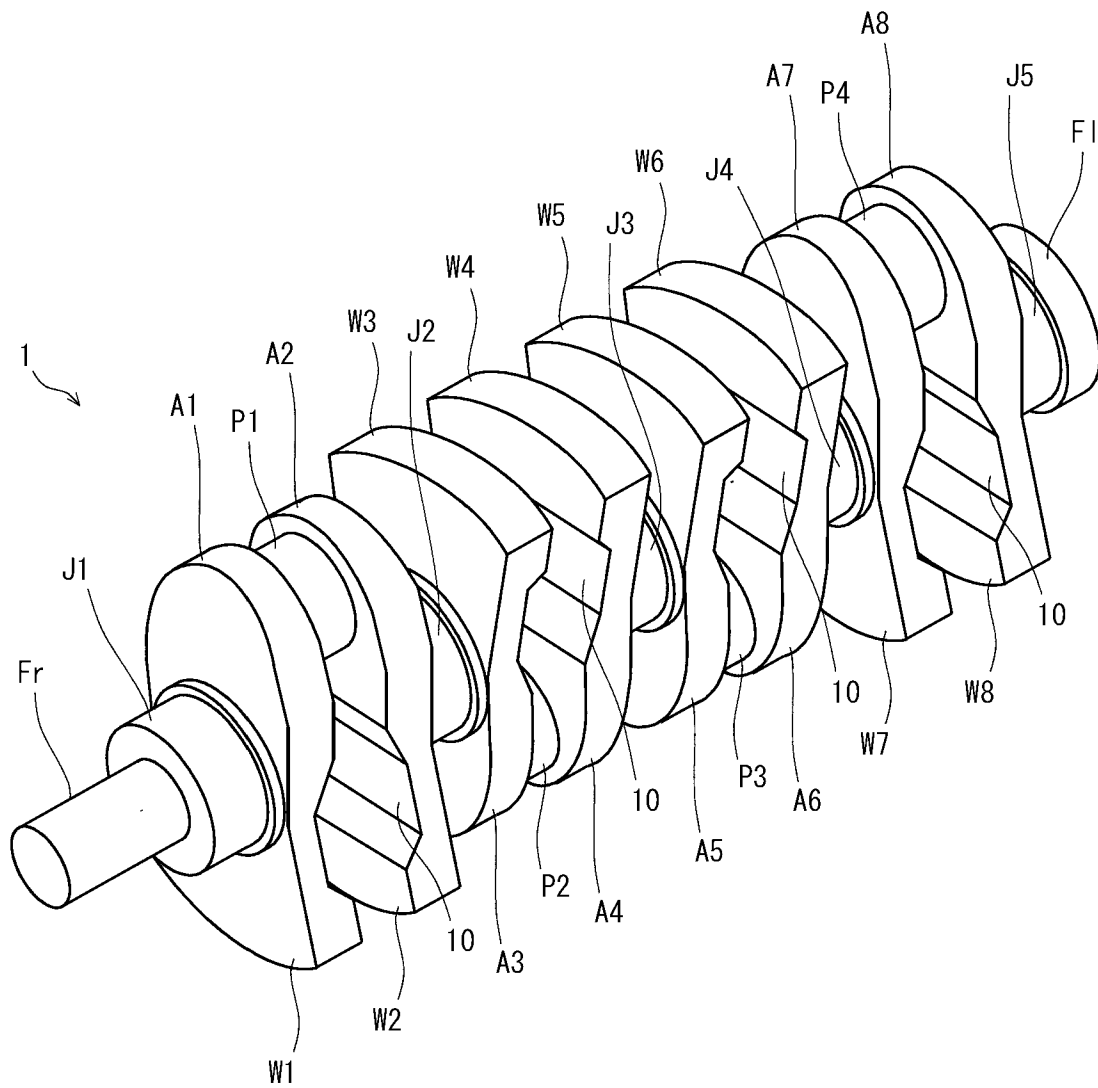
1 1 焼入れ層

請求の範囲

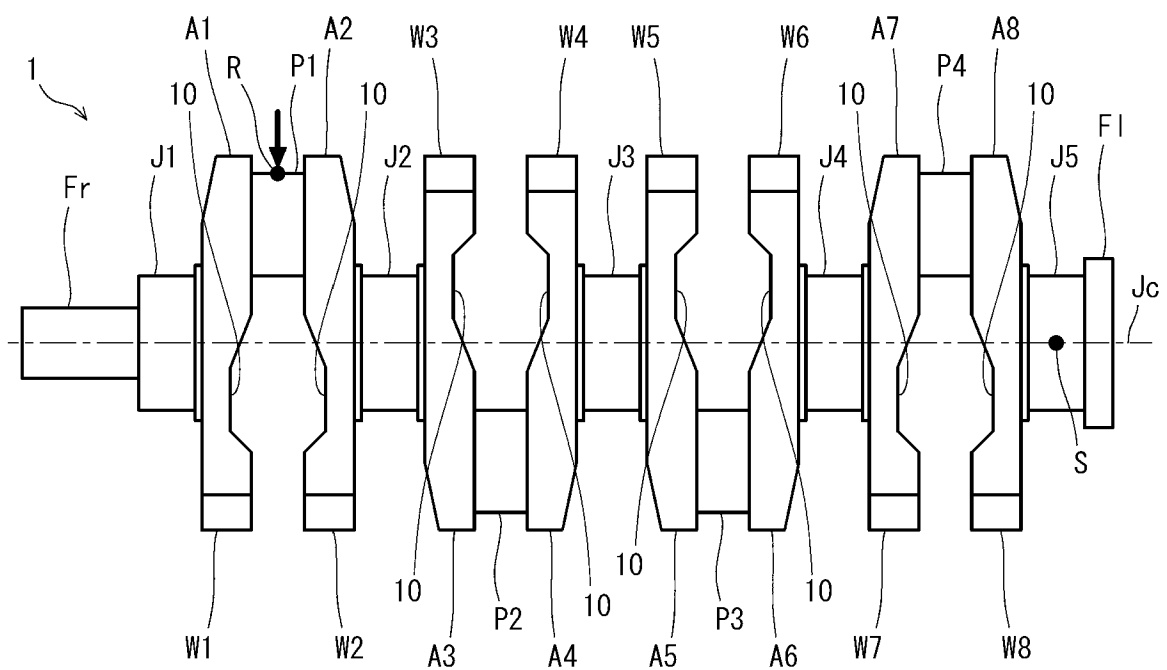
- [請求項1] レシプロエンジン用のクランク軸であって、
前記クランク軸の回転中心と同軸に配置される複数のジャーナル部と、
前記複数のジャーナル部に対して偏心した複数のピン部と、
各々が、一のジャーナル部と一のピン部との間に配置されて前記ジャーナル部と前記ピン部とをつなぐ複数のクランクアーム部と、
を備え、
前記クランクアーム部の1つ以上は、焼入れ層が設けられた2つの側面を含むカウンターウェイト部を一体で有する、クランク軸。
- [請求項2] 請求項1に記載のクランク軸であって、
前記焼入れ層は前記カウンターウェイト部の前記側面の全域に設けられる、クランク軸。
- [請求項3] 請求項1に記載のクランク軸であって、
前記カウンターウェイト部は、さらに、
前記ジャーナル部の軸心を中心とする円弧状をなし、前記2つの側面を接続する底面、
を含み、
前記底面の半径を R_{cwt} 、前記ジャーナル部のスラストの半径を R_{jt} としたとき、前記側面の長手方向における前記焼入れ層の長さは、 $(R_{cwt} - R_{jt})$ の0.5倍以上である、クランク軸。
- [請求項4] 請求項3に記載のクランク軸であって、
前記焼入れ層は、前記カウンターウェイト部の前記側面のうち、前記スラスト寄りの領域に設けられる、クランク軸。

[図1]
FIG.1[図2]
FIG.2

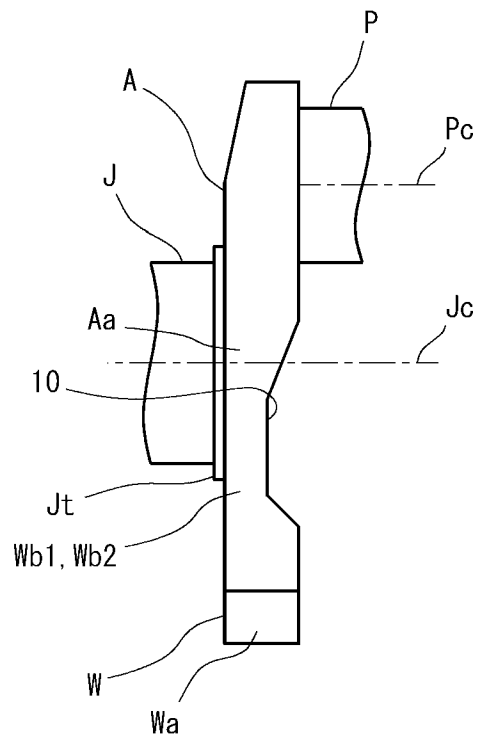
[図3]
FIG.3



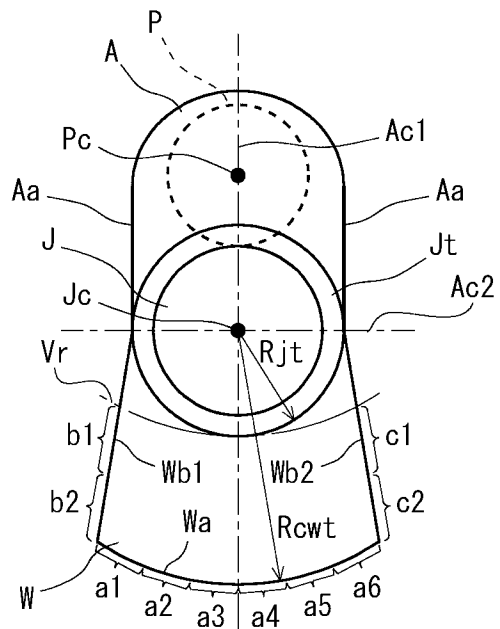
[図4]
FIG.4

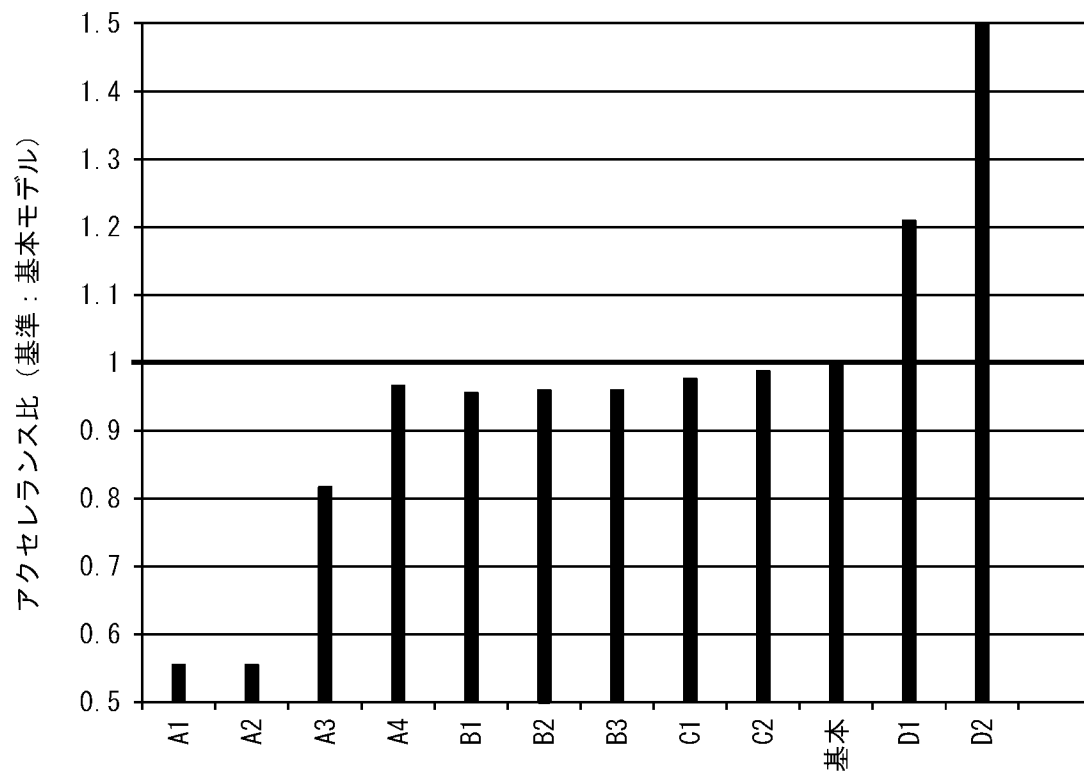
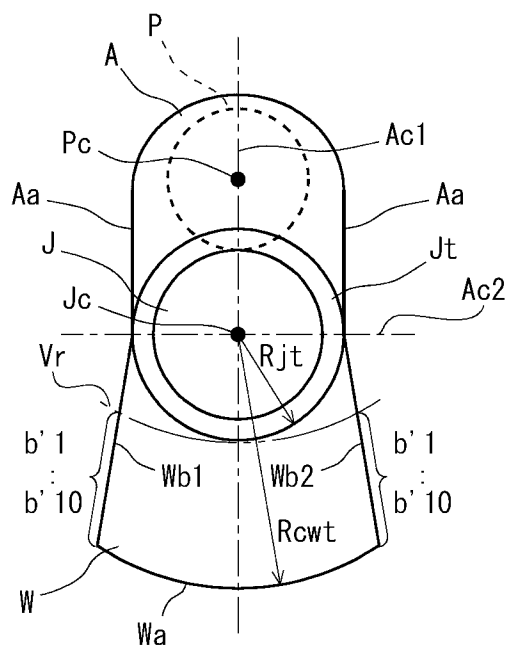


[図5]
FIG.5

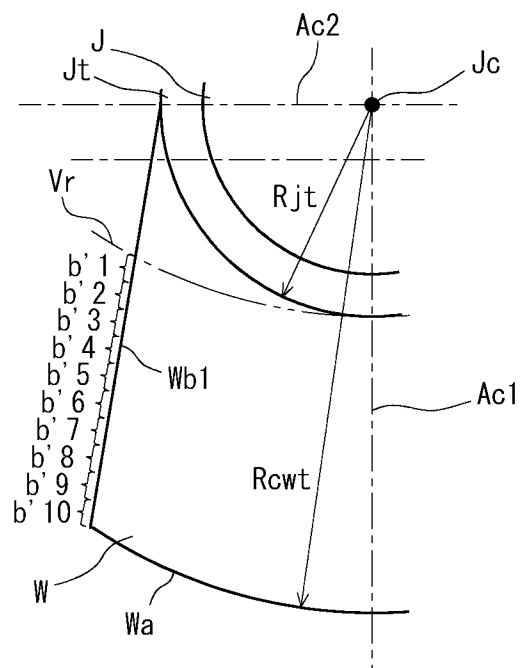


[図6]
FIG.6



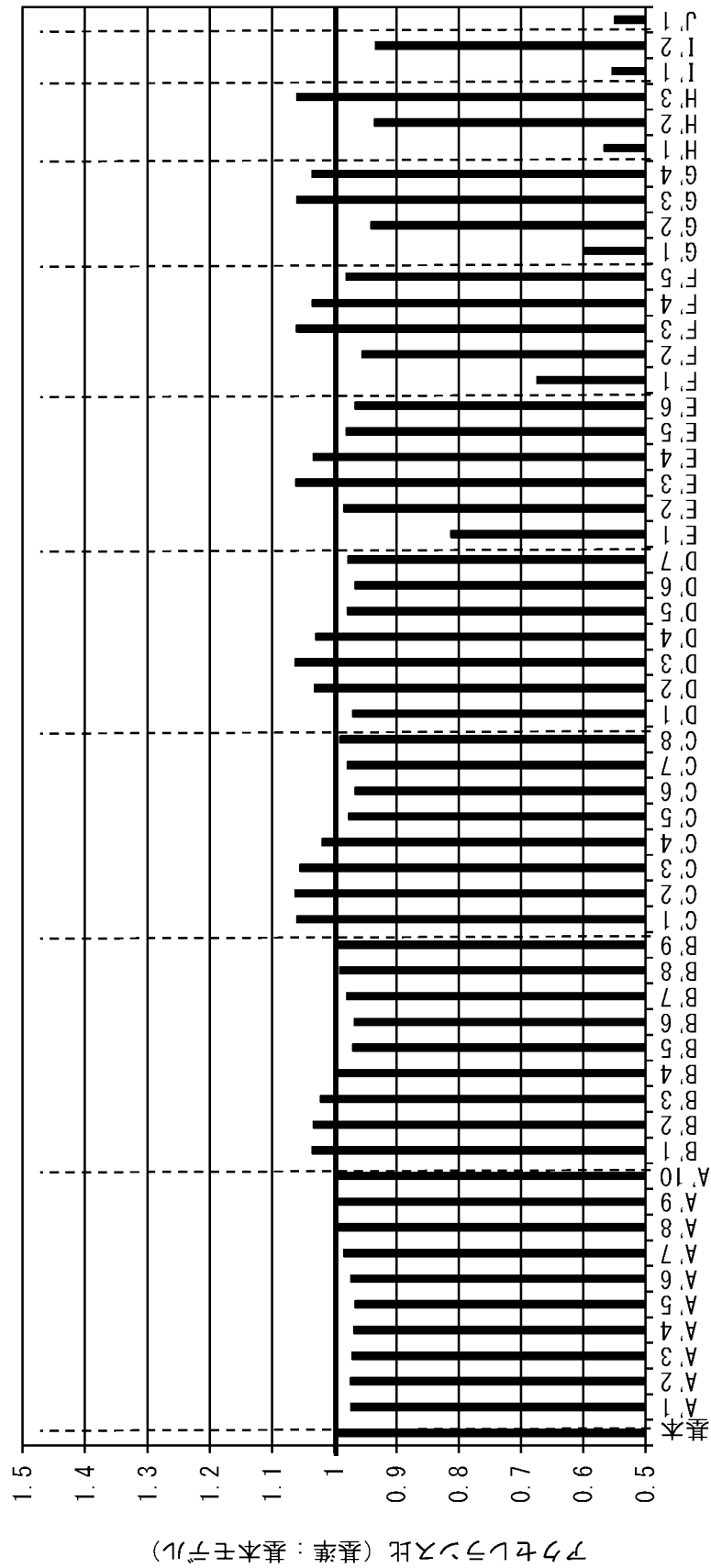
[図7]
FIG.7[図8]
FIG.8

[図9]
FIG.9

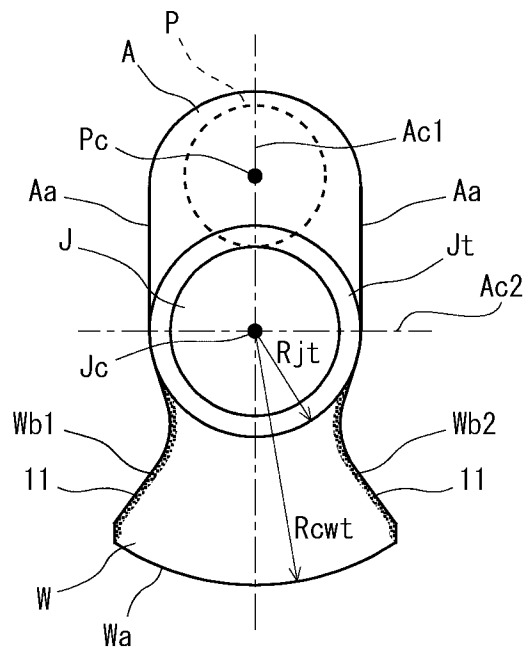


[図10]

FIG.10



[図11]
FIG.11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/001356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F16C3/08 (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

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.
Y	JP 2008-267598 A (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 06 November 2008, paragraphs [0041], [0079]-[0084], fig. 1, 14 & US 2008/0229877 A1, paragraphs [0062], [0102]-[0105], fig. 1, 14 & EP 1972694 A2	1-4
Y	JP 2006-131927 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 25 May 2006, paragraph [0002], fig. 10 (Family: none)	1-4

☒ 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
20 March 2019 (20.03.2019)

Date of mailing of the international search report
02 April 2019 (02.04.2019)

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/JP2019/001356

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2008/136137 A1 (KONDO KOUSAKUSHO CO., LTD.) 13 November 2008, paragraphs [0012], [0017]-[0019], fig. 1-2 & US 2010/0126458 A1, paragraphs [0018], [0045]-[0050], fig. 1-2 & EP 2141372 A1 & CN 101680476 A & KR 10-2010-001637 4 A	1-4
Y	JP 59-16586 Y2 (NISSAN DIESEL MOTOR CO., LTD.) 15 May 1984, page 2, column 3, lines 5-12, fig. 1 (Family: none)	1-4
A	JP 2005-180571 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 07 July 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 10-184657 A (HINO MOTORS, LTD.) 14 July 1998, entire text, all drawings (Family: none)	1-4

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

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

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
Y	JP 2008-267598 A（ヤマハ発動機株式会社）2008.11.06, 段落 [0041], [0079]-[0084], 図 1, 14 & US 2008/0229877 A1, 段落 [0062], [0102]-[0105], 図 1, 14 & EP 1972694 A2	1-4
Y	JP 2006-131927 A（トヨタ自動車株式会社）2006.05.25, 段落 [0002], 図 10（ファミリーなし）	1-4

☒ 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

20.03.2019

国際調査報告の発送日

02.04.2019

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）

保田 亨介

3 J

3862

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
Y	WO 2008/136137 A1 (株式会社近藤工作所) 2008. 11. 13, 段落 [0012], [0017]-[0019], 図 1-2 & US 2010/0126458 A1, 段落 [0018], [0045]-[0050], 図 1-2 & EP 2141372 A1 & CN 101680476 A & KR 10-2010-0016374 A	1-4
Y	JP 59-16586 Y2 (日産ディーゼル工業株式会社) 1984. 05. 15, 第 2 ページ第 3 欄第 5-12 行, 図 1 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2005-180571 A (本田技研工業株式会社) 2005. 07. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 10-184657 A (日野自動車工業株式会社) 1998. 07. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4