

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-293780

(P2004-293780A)

(43) 公開日 平成16年10月21日(2004.10.21)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F16C 3/06  
F16C 9/02  
F16C 19/16  
F16C 19/26  
F16C 19/44

F I

F16C 3/06  
F16C 9/02  
F16C 19/16  
F16C 19/26  
F16C 19/44

テーマコード(参考)

3J033  
3J101

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-46578 (P2004-46578)  
(22) 出願日 平成16年2月23日(2004.2.23)  
(31) 優先権主張番号 特願2003-68497 (P2003-68497)  
(32) 優先日 平成15年3月13日(2003.3.13)  
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000102692  
NTN株式会社  
大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号  
(74) 代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎  
(74) 代理人 100085132  
弁理士 森田 俊雄  
(74) 代理人 100083703  
弁理士 仲村 義平  
(74) 代理人 100096781  
弁理士 堀井 豊  
(74) 代理人 100098316  
弁理士 野田 久登  
(74) 代理人 100109162  
弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

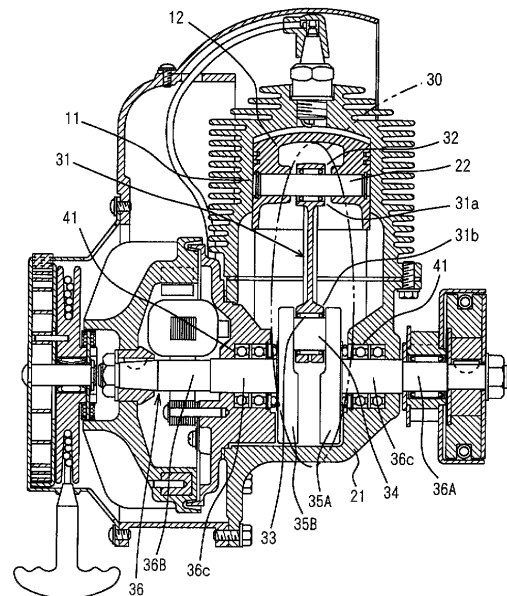
(54) 【発明の名称】 クランク機構における支持構造およびクランク機構の構成部品

(57) 【要約】

【課題】 疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度を有し、経年寸法変化を抑えて寸法安定性を向上させることのできるクランク機構における支持構造およびクランク機構の構成部品を提供する。

【解決手段】 ピストン12の往復運動を連接棒31を介してクランクピン34、クランクアーム35A、35Bおよびクランク軸36によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、そのクランク機構の構成部品の水素含有率を0.5ppm以下とするか、オーステナイト結晶粒の粒度番号を10番を越える範囲にするか、破壊応力値を2650MPa以上とする。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、

前記構成部品の水素含有率を 0.5 ppm 以下としたクランク機構の構成部品。

**【請求項 2】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、

前記構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号を 10 番を超える範囲としたクランク機構の構成部品。

**【請求項 3】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、

前記構成部品の破壊応力値を 2650 MPa 以上としたクランク機構の構成部品。

**【請求項 4】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造であって、

その支持構造のなかに配置される少なくとも 1 つの軸受において、その軸受の内方部材、外方部材および複数の転動体のうち少なくとも 1 つの部材の水素含有率を 0.5 ppm 以下としたクランク機構における支持構造。

**【請求項 5】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造であって、

その支持構造のなかに配置される少なくとも 1 つの軸受において、その軸受の内方部材、外方部材および複数の転動体のうち少なくとも 1 つの部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号を 10 番を超える範囲としたクランク機構における支持構造。

**【請求項 6】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造であって、

その支持構造のなかに配置される少なくとも 1 つの軸受において、その軸受の内方部材、外方部材および複数の転動体のうち少なくとも 1 つの部材の破壊応力値を 2650 MPa 以上としたクランク機構における支持構造。

**【請求項 7】**

前記支持構造のなかに配置される少なくとも 1 つの軸受が、前記クランク軸の端部に位置して前記クランク軸を回転可能に支持する軸受である請求項 4 ~ 6 のいずれかに記載のクランク機構における支持構造。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、エンジンなどのピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造およびクランク機構の構成部品に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構は、従来から多くの分野に用いられている。典型的な用途として、たとえば、二輪車、特殊車両、汎用 2 サイクルエンジン車両、4 サイク

10

20

30

40

50

ルエンジン車両の一部がある。これらの自動車エンジンのクランク機構における支持構造は、大端軸受（連接棒とクランク軸との間において、応力伝達機構として機能する軸受）、小端軸受（連接棒とピストンとの間において、応力伝達機構として機能する軸受）、クランク軸主軸受などから構成される。これら大端軸受、小端軸受、クランク軸主軸受などを含み、ピストンの往復運動をクランク軸の回転運動に変えることを可能にする構造をクランク機構における支持構造という。

【0003】

これらのクランク機構における支持構造は、従来、構造を小形化、軽量化、低フリクション化などをするために、保持器付針状ころが使用されている（たとえば、特許文献1、2参照）。

【0004】

また、上記クランク機構における支持構造の軸受の針状ころには、たとえばJIS（Japanese Industrial Standard）のSUJ2の窒化処理品が使用され、また衝撃荷重に耐えるために、ころ径の大きい保持器付針状ころが使用されている。

【0005】

一方、クランク軸の両端に配置される主軸受は、前記大端軸受により回転駆動されるクランク軸を回転自在に支える。この主軸受には、たとえば、深溝玉軸受が使用される。このクランク軸を支持する主軸受も、大端軸受および小端軸受と同様に、大きな衝撃荷重を受ける。

【特許文献1】特開平11-101247号公報

【特許文献2】特開平8-4774号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来から通常の軸受部材の転動疲労に対して長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気RXガス中にさらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部材の表層部に浸炭窒化処理を施す方法がある。たとえば、浸炭窒化処理法を用いることによって、表層部を硬化させ、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命をある程度は向上させることができている。

【0007】

他方、クランク機構における支持構造の機械的特性として、（1）転動疲労に対して長寿命を確保し、（2）割れ強度を向上させ、（3）経年寸法変化率の増加を抑えるという要求がある。今後のクランク機構における支持構造には、使用環境の高荷重化、高速化に伴い、従来よりも、大きな荷重条件でかつより高温で使用できる機械的特性を備える要求が増大している。

【0008】

本発明は、高強度で、（1）疲労寿命（クランク機構における支持構造では転動疲労寿命）が長寿命で、（2）高度の耐割れ強度を有し、（3）経年寸法変化率の増加を抑えて寸法安定性を向上させることができるクランク機構における支持構造およびクランク機構の構成部品を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一のクランク機構の構成部品は、ピストンの往復運動を連接棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、その構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲であることを特徴とするものである。

【0010】

また本発明の一のクランク機構における支持構造は、ピストンの往復運動を連接棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造であって、その支持構造のなかに配置される少なくとも1つの軸受

10

20

30

40

50

において、その軸受の内方部材、外方部材および複数の転動体のうち少なくとも1つの部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲であることを特徴とするものである。

【0011】

本発明の一のクランク機構の構成部品およびクランク機構における支持構造によれば、オーステナイト粒径が微細であることにより、耐割れ強度、寸法安定性および疲労寿命（支持構造である場合には転動疲労寿命）が大幅に改良される。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、疲労寿命は大きく改善されないため、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、クランク機構の構成部品およびクランク機構における支持構造のオーステナイト粒は、浸炭窒化処理の影響を大きく受けている表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。

10

【0012】

本発明の他のクランク機構の構成部品は、ピストンの往復運動を連接棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、その構成部品の破壊応力値が2650MPa以上であることを特徴とするものである。

【0013】

また本発明のさらに他のクランク機構における支持構造は、ピストンの往復運動を連接棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造であって、その支持構造のなかに配置される少なくとも1つの軸受において、その軸受の内方部材、外方部材および複数の転動体のうち少なくとも1つの部材の破壊応力値が2650MPa以上であることを特徴とするものである。

20

【0014】

本願発明者らは、鋼を $A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却し、その後 $A_1$ 変態点以上の焼入れ温度域に再加熱し焼入れを行なうことにより、窒素富化層を有する鋼の破壊応力値を、従来では得られなかった2650MPa以上にできることを見出した。これにより、従来と比較して破壊応力値に優れ、それにより強度の高いクランク機構の構成部品およびクランク機構における支持構造を得ることができる。

30

【0015】

本発明のさらに他のクランク機構の構成部品は、ピストンの往復運動を連接棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品であって、その構成部品の水素含有率が0.5ppm以下であることを特徴とするものである。

【0016】

また本発明のさらに他のクランク機構における支持構造は、ピストンの往復運動を連接棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構における支持構造であって、その支持構造のなかに配置される少なくとも1つの軸受において、その軸受の内方部材、外方部材および複数の転動体のうち少なくとも1つの部材の水素含有率が0.5ppm以下であることを特徴とするものである。

40

【0017】

本発明のさらに他のクランク機構の構成部品およびクランク機構における支持構造によれば、水素に起因する鋼の脆化を軽減することができる。鋼の水素含有率が0.5ppmを超えると鋼の割れ強度は低下する。したがってこのような鋼は、苛酷な荷重が加わる部分にはあまり適さなくなる。水素量は低い方が望ましい。しかし、0.3ppm未満に減らすためには長時間の加熱が必要になり、オーステナイト粒径が粗大化し、かえって靱性が低下してしまう。このため、より望ましい水素含有率は0.3~0.5ppmの範囲である。さらに望ましくは、0.35~0.45ppmの範囲である。

50

## 【0018】

なお、上記の水素含有率は、拡散性水素は測定の対象にはせず、所定温度以上で鋼から放出される非拡散性水素のみを測定の対象とするものである。サンプルサイズが小さければ、常温でもサンプルから放出され散逸してしまうので、拡散性水素量は測定の対象から外している。非拡散性水素は、鋼中の欠陥部などにトラップされており、所定の加熱温度以上ではじめてサンプルから放出される水素である。この非拡散性水素に限定しても、水素含有率は測定方法によって大きく変動する。上記の水素含有率範囲は熱伝導度法による測定方法による範囲である。さらに、後記するように、LECO社製DH-103型水素分析装置またはそれに準じる測定装置を用いて測定することが望ましい。

## 【0019】

上記のクランク機構における支持構造において好ましくは、支持構造のなかに配置される少なくとも1つの軸受が、クランク軸の端部に位置してクランク軸を回転可能に支持する軸受である。

## 【0020】

この構成によって、たとえば、深溝玉軸受で形成されるクランク軸主軸受を、転動疲労寿命を長寿命化させ、高耐割れ強度を向上させ、かつ寸法安定性を確保することができる。

## 【0021】

本発明のクランク機構の構成部品（クランク機構における支持構造を含む）の製造方法は、ピストンの往復運動を接続棒を介してクランクピン、クランクアームおよびクランク軸によって回転運動に変えるクランク機構に組み込まれた、クランク機構の構成部品の製造方法であって、構成部品を製造する工程が、たとえば軸受部品用の鋼を $A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却し、その後、 $A_1$ 変態点以上で浸炭窒化処理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なう工程を備えることを特徴とするものである。

## 【0022】

本発明のクランク機構の構成部品（クランク機構における支持構造を含む）の製造方法によれば、浸炭窒化処理後 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却した後に最終的な焼入れを行なうので、オーステナイト粒径を細かくすることができる。この結果、シャルピー衝撃値、破壊靱性値、割れ強度、疲労寿命（支持構造である場合には転動疲労寿命）などを向上させることができる。

## 【0023】

さらに、たとえばオーステナイトが変態する温度にまで冷却することにより、浸炭窒化処理の際のオーステナイト粒界と最終焼入れの際のオーステナイト粒界とを無関係にすることができる。さらに、最終焼入れの際の加熱温度が浸炭窒化処理時の加熱温度よりも低いので、浸炭窒化処理の効果が及ぶ表層部における未溶解セメンタイト量は浸炭窒化処理のときよりも増大する。このため最終焼入れの加熱温度において、浸炭窒化処理のときより、未溶解セメンタイト量の比率が増大し、オーステナイト量の比率が低下する。しかも、鉄-炭素二元状態図から、セメンタイトとオーステナイトとの共存領域において、焼入れ温度の低下にともないオーステナイトに固溶する炭素濃度も低くなる。

## 【0024】

最終焼入れ温度に加熱したとき、オーステナイト粒の成長を妨げる未溶解セメンタイト量が多いために、オーステナイト粒は微細となる。また、焼入れによってオーステナイトからマルテンサイトやベイナイトに変態した組織は炭素濃度が低いので、浸炭窒化処理温度から焼き入れた組織に比べて靱性に富んだ組織となる。

## 【0025】

上記のクランク機構の構成部品の製造方法において好ましくは、焼入れ温度域が790～830の温度域である。

## 【0026】

これにより、オーステナイト結晶粒の成長が生じにくい温度に再加熱して焼入れするの

10

20

30

40

50

で、オーステナイト粒径を細かくすることができる。

【0027】

なお、本明細書における内方部材または外方部材は、シャフト、ハウジングなどの部材と別体で設けられた内輪または外輪であってもよく、また、シャフト、ハウジングなどの部材と一体化された内輪または外輪として機能するものであってもよい。

【0028】

また、オーステナイト粒という場合、焼入れ加熱中に相変態したオーステナイトの結晶粒のことであり、焼入れられた後のマルテンサイトやベイナイトなどのフェライト相にその痕跡を残している。焼入れ前のオーステナイト粒界を強調するために「旧」を付する場合もある。すなわち、オーステナイト粒と旧オーステナイト粒とは同じものを表現している。

10

【0029】

また、上記オーステナイト結晶粒は、対象とする部材の金相試料に対してエッチングなど、粒界を顕出する処理を施して観察することができる結晶粒であればよい。低温焼入れ直前の加熱された時点での粒界という意味で、上記のように旧オーステナイト粒と呼ぶ場合がある。測定は、JIS規格の粒度番号の平均値から平均粒径に換算して求めてもよいし、切片法などにより金相組織に重ねたランダム方向の直線が粒界と会合する間の間隔長さの平均値をとってもよい。

【0030】

また、上記窒素富化層は、あとで説明するように、浸炭窒化処理により形成されるが、上記窒素富化層に炭素が富化されていてもよいし、富化されていなくてもよい。

20

【発明の効果】

【0031】

本発明のクランク機構の構成部品およびクランク機構における支持構造を用いることにより、窒素富化層を形成した上で、耐割れ強度、寸法安定性および疲労寿命（支持構造である場合には転動疲労寿命）が大幅に改良される。また、クランク機構をコンパクト化することもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

30

【0033】

図1は、本発明の一実施の形態に係るクランク機構における支持構造を組み込んだエンジン部分の概略断面図である。図2は、図1のエンジン部分に組み込まれたクランク機構の主要部を示す概略斜視図(A)、連接棒アセンブリの概略図(B)およびクランク軸の概略図(C)である。

【0034】

主に図1を参照して、エンジン部分は、シリンダ11を有するシリンダケーシングと、クランクケース21と、クランク機構30とを有している。このクランク機構30の大部分は、シリンダ11内とクランクケース21の内部空間内とに配置されている。

【0035】

クランク機構30は、ピストン12と、ピストン小端部軸22と、小端軸受32と、連接棒31と、大端軸受33と、クランク軸36と、クランク軸主軸受41とを主に有している。

40

【0036】

ピストン12は、シリンダ11内にてスライド(往復)運動可能なように配置されている。このピストン12にはピストン小端部軸22が固定して取り付けられている。

【0037】

クランク軸36は、第1クランク軸部36Aと、第2クランク軸部36Bと、クランクジャーナル36c、36cと、第1クランクアーム35Aと、第2クランクアーム35Bと、クランクピン34とを有している。このクランク軸36は、クランクジャーナル36

50

cにおいてクランク軸主軸受41を介してクランクケース21などに回転自在に取り付けられている。また、クランクピン34の軸線(中心線)は第1および第2クランクアーム35A、35Bにより第1および第2クランク軸部36A、36Bの軸線(回転中心)に対して偏心している。

【0038】

上記のピストン12とクランク軸36とは接続棒31により連結されている。

【0039】

主に図2(B)を参照して、この接続棒31は、一方の端部に小端部31aを有し、かつ他方の端部に大端部31bを有している。小端部31aに設けられた孔内には小端軸受32が配置されており、大端部31bに設けられた孔内には大端軸受33が配置されている。小端部31aはこの小端軸受32により図1または図2(A)に示すようにピストン小端部軸22に回転自在に軸支される部分であり、大端部31bは大端軸受33により図1または図2(C)に示すクランクピン34に回転自在に軸支される部分である。

10

【0040】

主に図1を参照して、上記のように接続棒31がピストン小端部軸22とクランクピン34とのそれぞれに回転自在に連結されることにより、接続棒31の大端部31bはクランクピン34に対して回転するとともにクランク軸36の回転中心に対して偏心運動をし、小端部31aはピストン小端部軸22に対して回転するとともにシリンダ11に対してスライド(往復)運動をする。これにより、ピストン12のスライド(往復)運動がクランクピン34の偏心運動となり、クランク軸36が回転駆動され、回転駆動力が得られる。

20

【0041】

本実施の形態におけるクランク機構における支持構造とは、小端軸受32と、大端軸受33と、クランク軸主軸受41とを含んでいる。小端軸受32および大端軸受33の各々はたとえば図3(A)に示すように針状ころ軸受20であり、クランク軸主軸受41はたとえば図3(B)に示すように深溝玉軸受10である。

【0042】

図3(A)を参照して、針状ころ軸受20は、円周方向に配列された複数の転動体としての針状ころ18と、複数の針状ころ18の各々を保持する保持器19と、内輪として機能する内方部材(図示せず)と、外輪として機能する外方部材(図示せず)とを有している。図1の構成では、小端軸受32および大端軸受33の双方は、通常の針状ころ軸受に用いられる内輪と外輪とを有していない。小端軸受32においては、ピストン小端部軸22がその外周面に転走面を有して内輪として機能する内方部材であり、連結棒小端部31aがその内周面に転走面を有して外輪として機能する外方部材である。また、大端軸受33においては、クランクピン34がその外周面に転走面を有して内輪として機能する内方部材であり、連結棒大端部31bがその内周面に転走面を有して外輪として機能する外方部材である。

30

【0043】

なお、小端軸受32および大端軸受33の双方は、通常の針状ころ軸受に用いられる内輪と外輪とを有していてもよい。

40

【0044】

図3(B)を参照して、深溝玉軸受10は、円周方向に配列された複数の転動体としての玉8と、複数の玉8の各々を保持する保持器9と、内輪(内方部材)6と、外輪(外方部材)7とを有している。図1の構成では、クランク軸主軸受41は、通常の深溝玉軸受に用いられる内輪と外輪とを有しているが、これらの内輪と外輪とを有していなくてもよい。この場合、図1においてクランクジャーナル36cがその外周面に転走面を有して内輪として機能する内方部材となり、クランクケース21などがその内周面に転走面を有して外輪として機能する外方部材となる。

【0045】

本実施の形態のクランク機構における支持構造(小端軸受32、大端軸受33、クラン

50

ク軸主軸受 4 1 ) に含まれる内方部材 ( ピストン小端部軸 2 2 、 クランクピン 3 4 、 内輪 6 ) と、 外方部材 ( 連結棒小端部 3 1 a 、 連結棒大端部 3 1 b 、 外輪 7 ) と、 転動体 ( 針状ころ 1 8 、 玉 8 ) との少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、 かつ 0 . 5 p p m 以下の水素含有量を有している。

【 0 0 4 6 】

本実施の形態のクランク機構における支持構造 ( 小端軸受 3 2 、 大端軸受 3 3 、 クランク軸主軸受 4 1 ) に含まれる内方部材 ( ピストン小端部軸 2 2 、 クランクピン 3 4 、 内輪 6 ) と、 外方部材 ( 連結棒小端部 3 1 a 、 連結棒大端部 3 1 b 、 外輪 7 ) と、 転動体 ( 針状ころ 1 8 、 玉 8 ) との少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、 かつ 1 0 番を超える範囲のオーステナイト結晶粒の粒度番号を有している。

10

【 0 0 4 7 】

本実施の形態のクランク機構における支持構造 ( 小端軸受 3 2 、 大端軸受 3 3 、 クランク軸主軸受 4 1 ) に含まれる内方部材 ( ピストン小端部軸 2 2 、 クランクピン 3 4 、 内輪 6 ) と、 外方部材 ( 連結棒小端部 3 1 a 、 連結棒大端部 3 1 b 、 外輪 7 ) と、 転動体 ( 針状ころ 1 8 、 玉 8 ) との少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、 かつ 2 6 5 0 M P a 以上の破壊応力値を有している。

【 0 0 4 8 】

また、 本実施の形態のクランク機構の構成部品 ( 上記支持構造の内方部材、 外方部材、 転動体、 ピストン 1 2 、 ピストン小端部軸 2 2 、 連結棒 3 1 、 クランク軸 3 6 などの少なくとも 1 つ ) は、 窒素富化層を有し、 かつ 0 . 5 p p m 以下の水素含有量を有している。

20

【 0 0 4 9 】

また、 本実施の形態のクランク機構の構成部品 ( 上記支持構造の内方部材、 外方部材、 転動体、 ピストン 1 2 、 ピストン小端部軸 2 2 、 連結棒 3 1 、 クランク軸 3 6 などの少なくとも 1 つ ) は、 窒素富化層を有し、 かつ 1 0 番を超える範囲のオーステナイト結晶粒の粒度番号を有している。

【 0 0 5 0 】

また、 本実施の形態のクランク機構の構成部品 ( 上記支持構造の内方部材、 外方部材、 転動体、 ピストン 1 2 、 ピストン小端部軸 2 2 、 連結棒 3 1 、 クランク軸 3 6 などの少なくとも 1 つ ) は、 窒素富化層を有し、 かつ 2 6 5 0 M P a 以上の破壊応力値を有している。

30

【 0 0 5 1 】

なお、 上記においては、 図 1 に示すようにピストン小端部軸 2 2 がピストン 1 2 に固定されており、 かつ連結棒 3 1 に回転自在である場合について説明したが、 ピストン小端部軸 2 2 はピストンに対して回転自在であって、 かつ連結棒に固定されていてもよい。 以下、 その構成について説明する。

【 0 0 5 2 】

図 4 は、 ピストン小端部軸がピストンに対して回転自在であって、 かつ連結棒に固定されたタイプのクランク機構を組み込んだエンジン部分の概略断面図である。 図 4 を参照して、 この構成におけるクランク機構 3 0 は、 1 本のクランク軸 3 6 により 2 組のピストン 1 2 A 、 1 2 B をスライド ( 往復 ) 運動可能な構成を有している。

40

【 0 0 5 3 】

1 本のクランク軸 3 6 は、 第 1 クランク軸部 3 6 A と、 第 2 クランク軸部 3 6 B と、 クランクジャーナル 3 6 c 、 3 6 c と、 第 1 クランクアーム 3 5 A と、 第 2 クランクアーム 3 5 B と、 第 3 クランクアーム 3 5 C と、 クランクピン 3 4 A 、 3 4 B とを有している。

【 0 0 5 4 】

一方のピストン 1 2 A は、 連結棒 3 1 A によりクランク軸 3 6 のクランクピン 3 4 A に連結されている。 連結棒 3 1 A の小端部 3 1 a にはピストン小端部軸 2 2 A が固定されており、 ピストン 1 2 A は小端軸受 3 2 により回転自在にピストン小端部軸 2 2 A に軸支されている。 連結棒 3 1 A の大端部 3 1 b は大端軸受 3 3 A により回転自在にクランクピン 3 4 A に軸支されている。

50



## 【0055】

他方のピストン12Bは、接続棒31Bによりクランク軸36のクランクピン34Bに連結されている。接続棒31Bの小端部31aにはピストン小端部軸22Bが固定されており、ピストン12Bは回転自在にピストン小端部軸22Bに軸支されている。接続棒31Bの大端部31bは大端軸受33Bにより回転自在にクランクピン34Bに軸支されている。

## 【0056】

クランク軸36は、クランクジャーナル36cにおいてクランク軸主軸受41により回転自在に支持されている。

## 【0057】

図4に示すクランク機構における支持構造とは、小端軸受32と、大端軸受33A、33Bと、クランク軸主軸受41とを含んでいる。小端軸受32および大端軸受33A、33Bの各々はたとえば図3(A)に示すように針状ころ軸受20であり、クランク軸主軸受41はたとえば図3(B)に示すように深溝玉軸受10である。

## 【0058】

図4に示されたクランク機構における支持構造(小端軸受32、大端軸受33A、33B、クランク軸主軸受41)に含まれる内方部材(ピストン小端部軸22A、クランクピン34A、34B、内輪6)と、外方部材(ピストン12A、連結棒大端部31b、外輪7)と、転動体(針状ころ18、玉8)との少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、かつ0.5ppm以下の水素含有量を有している。

## 【0059】

本実施の形態のクランク機構における支持構造(小端軸受32、大端軸受33A、33B、クランク軸主軸受41)に含まれる内方部材(ピストン小端部軸22A、クランクピン34A、34B、内輪6)と、外方部材(ピストン12A、連結棒大端部31b、外輪7)と、転動体(針状ころ18、玉8)との少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、かつ10番を超える範囲のオーステナイト結晶粒の粒度番号を有している。

## 【0060】

本実施の形態のクランク機構における支持構造(小端軸受32、大端軸受33A、33B、クランク軸主軸受41)に含まれる内方部材(ピストン小端部軸22A、クランクピン34A、34B、内輪6)と、外方部材(ピストン12A、連結棒大端部31b、外輪7)と、転動体(針状ころ18、玉8)との少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、かつ2650MPa以上の破壊応力値を有している。

## 【0061】

また、本実施の形態のクランク機構の構成部品(上記支持構造の内方部材、外方部材、転動体、ピストン12A、12B、ピストン小端部軸22A、22B、接続棒31A、31B、クランク軸36などの少なくとも1つ)は、窒素富化層を有し、かつ0.5ppm以下の水素含有量を有している。

## 【0062】

また、本実施の形態のクランク機構の構成部品(上記支持構造の内方部材、外方部材、転動体、ピストン12A、12B、ピストン小端部軸22A、22B、接続棒31A、31B、クランク軸36などの少なくとも1つ)は、窒素富化層を有し、かつ10番を超える範囲のオーステナイト結晶粒の粒度番号を有している。

## 【0063】

また、本実施の形態のクランク機構の構成部品(上記支持構造の内方部材、外方部材、転動体、ピストン12A、12B、ピストン小端部軸22A、22B、接続棒31A、31B、クランク軸36などの少なくとも1つ)は、窒素富化層を有し、かつ2650MPa以上の破壊応力値を有している。

## 【0064】

なお、図4に示す構成のうち上述した以外の構成は図1～図3に示す構成とほぼ同じであるため、同一の構成要素については同一の符号を付しその説明を省略する。

10

20

30

40

50

## 【0065】

次に、本実施の形態におけるクランク機構の構成部品（クランク機構における支持構造）に行う浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。

## 【0066】

図5および図6に、本発明の実施の形態における熱処理方法を示す。図5は1次焼入れおよび2次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図6は焼入れ途中で材料を $A_1$ 変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れる方法を示す熱処理パターンである。どちらも本発明の実施の態様例である。

## 【0067】

図5を参照して、まず、たとえば軸受部品用の鋼が $A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度（845）に加熱され、その温度で軸受部品用の鋼に浸炭窒化処理が施される。温度処理 $T_1$ では鋼の素地に炭素や窒素が拡散され、また炭素が鋼に十分に溶け込ませられる。この後、軸受部品用の鋼は、処理 $T_1$ の温度から油焼入れを施されて、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却される。次いで180で焼戻しが行なわれるが、この焼戻しは省略することができる。

10

## 【0068】

この後、軸受部品用の鋼が $A_1$ 変態点以上の温度で上記の浸炭窒化処理の温度未満の温度（たとえば800）に再加熱され、その温度で保持することにより処理 $T_2$ が施された後、処理 $T_2$ の温度から油焼入れを施されて、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却される。次いで180で焼戻しが行なわれる。

20

## 【0069】

図6を参照して、まず、たとえば軸受部品用の鋼が $A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度（845）に加熱され、その温度で軸受部品用の鋼に浸炭窒化処理が施される。温度処理 $T_1$ では鋼の素地に炭素や窒素が拡散され、また炭素が鋼に十分に溶け込ませられる。この後、軸受部品用の鋼は焼入れされずに $A_1$ 変態点以下の温度に冷却される。この後、軸受部品用の鋼が $A_1$ 変態点以上の温度で上記の浸炭窒化処理の温度未満の温度（たとえば800）に再加熱され、その温度で保持することにより処理 $T_2$ が施された後、処理 $T_2$ の温度から油焼入れを施されて、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却される。次いで180で焼戻しが行なわれる。

30

## 【0070】

上記の熱処理は、普通焼入れ（すなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま1回焼入れ）するよりも、表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率を減少することができる。上述したように、上記の熱処理方法によれば、オーステナイト結晶粒の粒径を従来の2分の1以下となるミクロ組織を得ることができる。上記の熱処理を受けたクランク機構の構成部品およびクランク機構における支持構造は、疲労寿命特性（支持構造の場合には転動疲労寿命特性）が長寿命であり、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率も減少させることができる。

## 【0071】

上記の熱処理のどちらによっても、その中の浸炭窒化処理により「浸炭窒化処理層」である窒素富化層が形成される。浸炭窒化処理において素材となる鋼の炭素濃度が高いため、通常の浸炭窒化処理の雰囲気から炭素が鋼の表面に侵入しにくい場合がある。たとえば炭素濃度が高い鋼の場合（1重量%程度の鋼）、それ以上高い炭素濃度の浸炭層が生成する場合もあるし、それ以上高い炭素濃度の浸炭層は生成しにくい場合がある。しかし、窒素濃度は、Cr濃度などにも依存するが、通常の鋼では最大限0.025重量%程度以下と低いので、素材の鋼の炭素濃度によらず窒素富化層が明瞭に生成される。上記窒素富化層には炭素が富化されていてもよいことはいうまでもない。

40

## 【0072】

上記図5に示す熱処理パターンを適用した軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図7（A）に示す。また、比較のため、従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図7（B）に示す。また、図8（A）および図8（B）に、上記図7（A）および図7

50

(B)を図解したオーステナイト結晶粒度を示す。これらオーステナイト結晶粒度を示す組織より、従来のオーステナイト粒径はJIS規格の粒度番号で10番であり、また本発明による熱処理方法によれば12番の細粒を得ることができる。また、図7(A)の平均粒径は、切片法で測定した結果、5.6 $\mu\text{m}$ であった。

【実施例】

【0073】

次に本発明の実施例について説明する。

【0074】

(実施例1)

JIS規格SUJ2材(1.0重量% C - 0.25重量% Si - 0.4重量% Mn - 1.5重量% Cr)を用いて、本発明の実施例1を行った。表1に示した各試料の製造履歴を以下に示す。

【0075】

【表1】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭窒化処理品	普通焼入品
二次焼入温度(°C)	780 <sup>1)</sup>	800	815	830	850	870	-	-
水素量(ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度(JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピ-衝撃値(J/cm <sup>2</sup> )	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値(MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労寿命比(L <sub>10</sub> )	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

【0076】

(試料A~D;本発明例):温度850で150分間保持して浸炭窒化処理を施した。その浸炭窒化処理時の雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図5に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度850から1次焼入れを行ない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域780~830に加熱して2次焼入れを行った。ただし、2次焼入れ温度780の試料Aは焼入れ不足のため試験の対象から外した。

【0077】

(試料E、F;本発明例):浸炭窒化処理は、本発明例A~Dと同じ履歴で行い、2次焼入れ温度を浸炭窒化処理温度(850)以上の850~870で行った。

【0078】

(従来浸炭窒化処理品;比較例):温度850で150分間保持して浸炭窒化処理を施した。その浸炭窒化処理時の雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。その浸炭窒化処理時の温度からそのまま焼入れを行ない、2次焼入れは行わなかった。

【0079】

(普通焼入れ品;比較例):浸炭窒化処理を行わずに、850に加熱して焼入れた。2次焼入れは行わなかった。

【0080】

10

20

30

40

50

上記の各試料に対して、(1)水素量の測定、(2)結晶粒度の測定、(3)シャルピー衝撃試験、(4)破壊応力値の測定、(5)転動疲労試験、の各々を行った。その結果を表1に合わせて示す。

【0081】

次にこれらの測定方法および試験方法について説明する。

【0082】

(1)水素量の測定

水素量は、LECO社製DH-103型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定していない。このLECO社製DH-103型水素分析装置の仕様を下記に示す。

10

【0083】

分析範囲：0.01～50.00ppm

分析精度：±0.1ppmまたは±3%H(いずれか大なるほう)

分析感度：0.01ppm

検出方式：熱伝導度法

試料重量サイズ：10mg～35g(最大：直径12mm×長さ100mm)

加熱炉温度範囲：50～1100

試薬：アンハイドロン( $Mg(ClO_4)_2$ )、アスカライト、NaOH

キャリアガス：窒素ガス、ガスドージングガス：水素ガス、いずれのガスも純度99.99%以上、圧力40PSI(2.8kgf/cm<sup>2</sup>)である。

20

【0084】

測定手順の概要は以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごとに上記の水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取出し抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

【0085】

(2)結晶粒度の測定

結晶粒度の測定は、JIS G 0551の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に基づいて行った。

30

【0086】

(3)シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行った。試験片には、JIS Z 2202に示されたUノッチ試験片(JIS 3号試験片)を用いた。なお、シャルピー衝撃値は、次式の吸収エネルギーEを断面積(0.8cm<sup>2</sup>)で除した値である。

【0087】

吸収エネルギー： $E = W g R (\cos \alpha - \cos \beta)$

W：ハンマー重量(=25.438kg)

g：重力加速度(=9.80665m/sec<sup>2</sup>)

R：ハンマー回転軸中心から重心までの距離(=0.6569m)

α：ハンマー持ち上げ角度(=146°)、β：ハンマー降り上がり角度

40

(4)破壊応力値の測定

図9に破壊応力値の測定に用いた試験片を示す。アムスラー万能試験機を用いて図中のP方向に荷重を負荷して試験片が破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図9に示す試験片に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

【0088】

図9の試験片の凸表面における繊維応力を $\sigma_1$ 、凹表面における繊維応力を $\sigma_2$ とすると

50

、 $\sigma_1$ および $\sigma_2$ は下記の式によって求められる（機械工学便覧A4編材料力学A4-40）  
 )。ここで、Nは円環状試験片の軸を含む断面の軸力、Aは横断面積、 $e_1$ は外半径、 $e_2$ は内半径を表す。また、 $\mu$ は曲がり梁の断面係数である。

【0089】

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= (N/A) + \{ M/(A \cdot r_0) \} [ 1 + e_1 / \{ r_0 + e_1 \} ] \\ \sigma_2 &= (N/A) + \{ M/(A \cdot r_0) \} [ 1 - e_2 / \{ r_0 - e_2 \} ] \\ \mu &= -(1/A) \int_A r^2 / (r_0 + r) \, dA \end{aligned}$$

(5) 転動疲労試験

転動疲労寿命試験の試験条件および試験装置の略図を、表2および図10(A)、(B)に示す。図10(A)、(B)において、転動疲労寿命試験片221は、駆動ロール211によって駆動され、ボール213と接触して回転している。ボール213は、(3/4)"のボールであり、案内ロール212にガイドされて、転動疲労寿命試験片221との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。 10

【0090】

次に上記の測定結果および試験結果について説明する。

【0091】

(1) 水素量

表1より、浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品の鋼中水素量は、0.72 ppmと非常に高い値となっている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア(NH<sub>3</sub>)が分解して水素が鋼中に侵入したためと考えられる。これに対して、試料B~Fの鋼中水素量は0.37~0.42 ppmで0.5 ppm以下となっており、従来浸炭窒化処理品の半分近くにまで減少している。この鋼中水素量は普通焼入れ品と同じレベルである。 20

【0092】

上記の鋼中水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料B~Fのシャルピー衝撃値および破壊応力値は大きく改善されている。

【0093】

(2) 結晶粒度

表1より、結晶粒度は、2次焼入れ温度が浸炭窒化処理時の焼入れ(1次焼入れ)の温度より低い場合、すなわち試料B~Dの場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号11~12と顕著に微細化されている。試料EおよびFならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入れ品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号10であり、試料B~Dより粗大な結晶粒となっている。 30

【0094】

(3) シャルピー衝撃値

表1によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は5.33 J/cm<sup>2</sup>であるのに比して、本発明例の試料B~Fのシャルピー衝撃値は6.20~6.65 J/cm<sup>2</sup>と高い値が得られている。この中でも、2次焼入れ温度が低いほうがシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。なお、普通焼入れ品のシャルピー衝撃値は6.70 J/cm<sup>2</sup>と高い。 40

【0095】

(4) 破壊応力値

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表1によれば、従来浸炭窒化処理品は2330 MPaの破壊応力値となっている。これに比して、試料B~Fの破壊応力値は2650~2840 MPaで2650 MPa以上に改善されている。普通焼入れ品の破壊応力値は2770 MPaであり、試料B~Fの破壊応力値と同等である。このような、試料B~Fの改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

【0096】

(5) 転動疲労試験

表 1 によれば、普通焼入品は窒素富化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命  $L_{10}$  は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は 3.1 倍となる。試料 B ~ D の転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向上する。試料 E, F は、従来浸炭窒化処理品とほぼ同等であった。

【0097】

上記をまとめると、本発明例の試料 B ~ F では、鋼中水素量が低くなり、破壊応力値やシャルピー衝撃値が向上する。しかし、転動疲労寿命まで含めて改良しうるのは、さらにオーステナイト結晶粒度を粒度番号で 11 番程度以上に微細化した試料 B ~ D である。したがって、本発明例に該当するのは試料 B ~ F であるが、より望ましい本発明の範囲は、2 次焼入れ温度を浸炭窒化処理温度より低くして結晶粒の微細化をさらに図った試料 B ~ D の範囲である。

10

【0098】

(実施例 2)

次に実施例 2 について説明する。

【0099】

下記の X 材、Y 材および Z 材について、一連の試験を行った。熱処理用素材には、JIS 規格 SUJ2 材 (1.0 重量% C - 0.25 重量% Si - 0.4 重量% Mn - 1.5 重量% Cr) を用い、X 材 ~ Z 材に共通とした。X 材 ~ Z 材の製造履歴は次のとおりである。

(X 材：比較例)：普通焼入れのみを行なった (浸炭窒化処理せず)。

20

(Y 材：比較例)：浸炭窒化処理後にそのまま焼き入れた (従来の浸炭窒化焼入れ)。浸炭窒化処理の温度を 845 とし、保持時間を 150 分間とした。また浸炭窒化処理の雰囲気、RX ガス + アンモニアガスとした。

(Z 材：本発明例)：軸受鋼に図 2 の熱処理パターンを施した。浸炭窒化処理の温度を 845 とし、保持時間を 150 分間とし、雰囲気を RX ガス + アンモニアガスとした。また、最終焼入れ温度を 800 とした。

【0100】

(1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験装置には上述した図 10 の装置を用い、試験条件は表 2 に示す条件とした。この転動疲労寿命試験結果を表 3 に示す。

30

【0101】

【表 2】

試験片	φ12×L22 円筒試験片
試験数	10 個
相手鋼球	3/4" (19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービン VG68 強制循環給油

40

【0102】

【表 3】

材質	寿命(負荷回数)		L <sub>10</sub> の比
	L <sub>10</sub> (×10 <sup>4</sup> 回)	L <sub>10</sub> (×10 <sup>4</sup> 回)	
X材	8017	18648	1.0
Y材	24656	33974	3.1
Z材	43244	69031	5.4

10

## 【0103】

表3によれば、浸炭窒化処理を施したY材(比較例)のL<sub>10</sub>寿命は、普通焼入れのみを施したX材(比較例)のL<sub>10</sub>寿命(試験片10個中1個が破損する寿命)の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のZ材は、Y材の1.74倍、またX材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

## 【0104】

## (2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJIS Z 2242に準じた方法により行なった。試験結果を表4に示す。

20

## 【0105】

【表 4】

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	衝撃値の比
X材	6.7	1.0
Y材	5.3	0.8
Z材	6.7	1.0

30

## 【0106】

本発明例のZ材では、普通焼入れのみを施したX材(比較例)と同等で、かつ浸炭窒化処理を施したY材(比較例)よりも高いシャルピー衝撃値が得られた。

## 【0107】

## (3) 静的破壊靱性値の試験

静的破壊靱性試験の試験片には、図11に示す試験体を用い、亀裂を予め約1mm導入した後に、3点曲げによる静的荷重Pを加え、破壊荷重を求めた。破壊靱性値(K<sub>IC</sub>値)の算出には次に示す次式を用いた。また、試験結果を表5に示す。

## 【0108】

$$K_{IC} = (PL \ a / BW^2) \{ 5.8 - 9.2(a/W) + 43.6(a/W)^2 - 75.3(a/W)^3 + 77.5(a/W)^4 \} \quad 40$$

## 【0109】

【表 5】

材質	試験数	K <sub>IC</sub> (MPa√m)	K <sub>IC</sub> の比
X材	3個	16.3	1.0
Y材	3個	16.1	1.0
Z材	3個	18.9	1.2

50

## 【0110】

予め導入した亀裂の深さが窒素富化層深さよりも大きくなったため、比較例のX材とY材とは違いはない。しかし、本発明例のZ材では比較例のX材およびY材に対して約1.2倍の破壊靱性値( $K_{IC}$ 値)を得ることができた。

## 【0111】

(4) 静圧壊強度試験(破壊応力値の測定)

静圧壊強度試験片には、上述のように図9に示す形状のものを用いた。図中、P方向に荷重を付加して、上記と同様にして静圧壊強度試験を行なった。試験結果を表6に示す。

## 【0112】

## 【表6】

表6 試験結果

材質	試験数	静圧壊強度(kgf)	静圧壊強度の比
X材	3個	4200	1.00
Y材	3個	3500	0.84
Z材	3個	4300	1.03

10

## 【0113】

浸炭窒化処理を施したY材(比較例)の静圧壊強度は普通焼入れのみを施したX材(比較例)の静圧壊強度よりもやや低い値である。しかしながら、本発明例のZ材の静圧壊強度は、Y材の静圧壊強度よりも向上し、X材の静圧壊強度よりもわずかに高いレベルになっている。

20

## 【0114】

(5) 経年寸法変化率

温度130で500時間保持した場合の経年寸法変化率を測定した。その測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量(表面から0.1mm深さでの)とともに表7に示す。

## 【0115】

## 【表7】

材質	試験数	表面硬度(HRC)	残留 $\gamma$ 量(体積%)	寸法変化率( $\times 10^{-5}$ )	寸法変化率の比 <sup>*</sup> )
X材	3個	62.5	9.0	18	1.0
Y材	3個	63.6	28.0	35	1.9
Z材	3個	60.0	11.3	22	1.2

\*: 小さい方が優れている

30

## 【0116】

残留オーステナイト量(体積%)の多いY材の寸法変化率に比べて、本発明例のZ材の寸法変化率は低く抑えられていることがわかる。

40

## 【0117】

(6) 異物混入潤滑下における寿命試験

玉軸受6206を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入潤滑下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表8に、また試験結果を表9に示す。

## 【0118】



【表 8】

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービン 56 油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径 100~180 $\mu$ m、硬さ Hv800

10

【0119】

【表 9】

材質	L <sub>10</sub> 寿命 (h)	L <sub>10</sub> 寿命の比
X材	20.0	1.0
Y材	50.2	2.5
Z材	74.0	3.7

20

【0120】

X材に比べ、浸炭窒化処理を施したY材（比較例）では約2.5倍の、また本発明例のZ材では約3.7倍の長寿命が得られた。本発明例のZ材では、比較例のY材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の侵入と微細化されたミクロ組織の影響とにより長寿命が得られている。

【0121】

上記の結果より、本発明例のZ材、すなわち本発明の熱処理方法によって製造されたクランク機構における支持構造をなす軸受部品またはクランク機構の構成部品は、従来の浸炭窒化処理では困難であった疲労寿命（支持構造においては転動疲労寿命）の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の3項目を同時に満足することができることがわかった。

30

【0122】

なお、本明細書におけるオーステナイト結晶粒とは、焼入加熱中に相変態したオーステナイトの結晶粒のことであり、これは、冷却によりマルテンサイトへ変態した後も、過去の履歴として残存しているものをいう。

【0123】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。たとえば針状ころ軸受は総ころタイプであっても、シェル型針状ころ軸受であってもよい。

40

【産業上の利用可能性】

【0124】

本発明は、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度や耐経年寸法変化を有するクランク機構における支持構造またはクランク機構の構成部品に特に有利に適用され得る。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】本発明の一実施の形態に係るクランク機構における支持構造を組み込んだエンジン部分の概略断面図である。

【図2】図1のエンジン部分に組み込まれたクランク機構の主要部を示す概略斜視図（A

50

)、接続棒アセンブリの概略図 ( B ) およびクランク軸の概略図 ( C ) である。

【図 3】クランク機構における支持構造を示す図であり、針状ころ軸受の構成を示す概略断面図 ( A ) と、深溝玉軸受の構成を示す概略断面図 ( B ) である。

【図 4】ピストン小端部軸がピストンに対して回転自在であって、かつ接続棒に固定されたタイプのクランク機構を組み込んだエンジン部分の概略断面図である。

【図 5】本発明の実施の形態におけるクランク機構の構成部品に施される熱処理方法を説明する図である。

【図 6】本発明の実施の形態におけるクランク機構の構成部品に施される熱処理方法の変形例を説明する図である。

【図 7】軸受部品のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。( A ) は本発明例の軸受部品であり、( B ) は従来例の軸受部品である。 10

【図 8】( A ) は図 7 ( A ) を図解したオーステナイト粒界を示し、( B ) は図 7 ( B ) を図解したオーステナイト粒界を示す。

【図 9】静圧壊強度試験 ( 破壊応力値の測定 ) の試験片を示す図である。

【図 10】転動疲労寿命試験機の概略図である。( A ) は正面図であり、( B ) は側面図である。

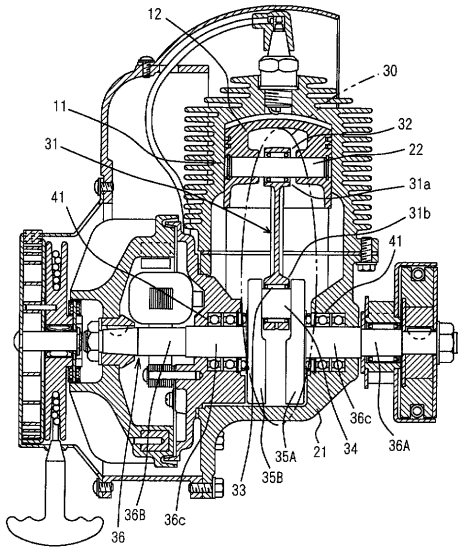
【図 11】静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。

【符号の説明】

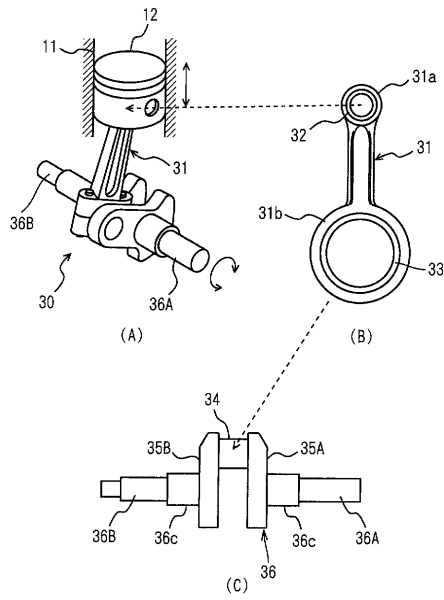
【 0 1 2 6 】

6 内輪、7 外輪、8 玉、9 玉保持器、10 深溝玉軸受、11 シリンダ、12, 12 A, 12 B ピストン、18 針状ころ、19 針状ころ保持器、20 保持器付針状ころ、21 クランクケース、22, 22 A, 22 B 小端部軸、30 クランク機構、31, 31 A, 31 B 接続棒、31 a 接続棒小端部、31 b 接続棒大端部、32 小端軸受、33, 33 A, 33 B 大端軸受、34, 34 A, 34 B クランクピン、35 A, 35 B, 35 C クランクアーム、36 クランク軸、36 A 第 1 クランク軸部、36 B 第 2 クランク軸部、36 c クランクジャーナル、41 クランク軸主軸受、211 駆動ロール、212 案内ロール、213 ボール、221 転動疲労寿命試験片。 20

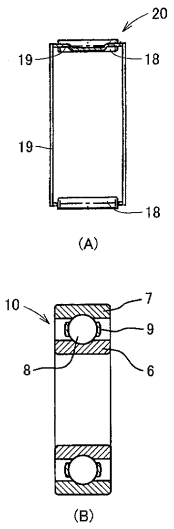
【図1】



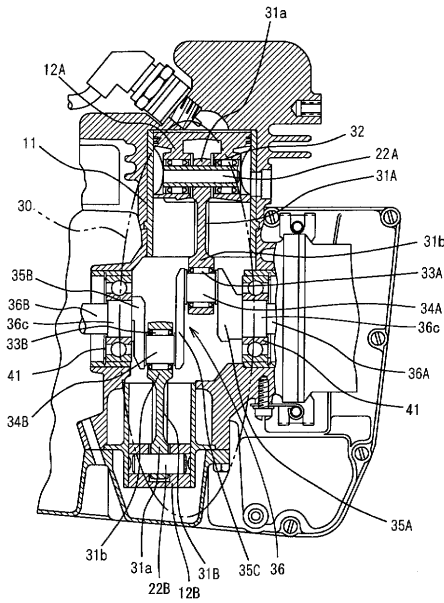
【図2】



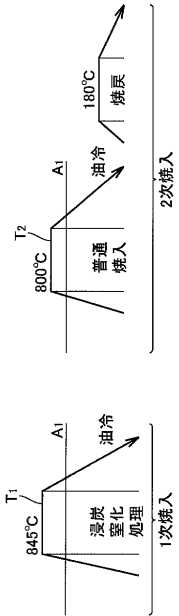
【図3】



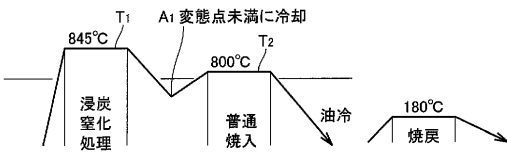
【図4】



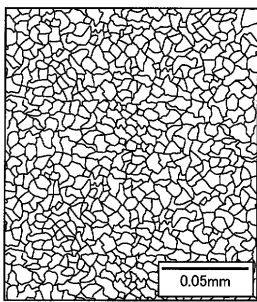
【 図 5 】



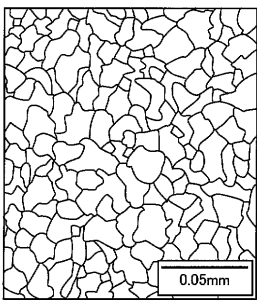
【 図 6 】



【 図 8 】

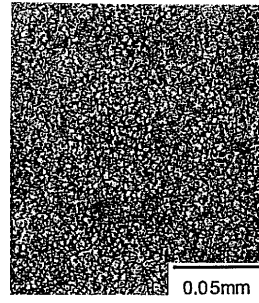


(A)

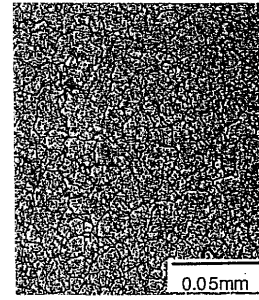


(B)

【 図 7 】

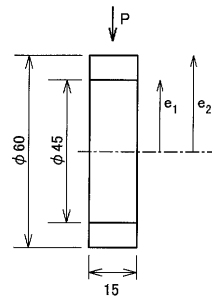


(A)

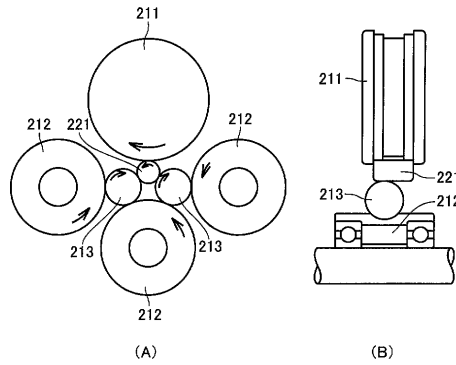


(B)

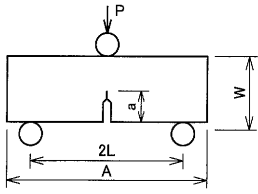
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
F 1 6 C 33/32	F 1 6 C 33/32	
F 1 6 C 33/34	F 1 6 C 33/34	
F 1 6 C 33/62	F 1 6 C 33/62	

(74)代理人 100111936  
弁理士 渡辺 征一

(72)発明者 鈴木 忠寿  
静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内

(72)発明者 寺田 貴則  
静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内

Fターム(参考) 3J033 AA02 AA05 AB03 AC01 FA11 GA08  
3J101 AA02 AA14 AA24 AA32 AA42 AA52 AA54 AA62 AA72 BA10  
BA70 DA02 DA03 EA02 EA51 FA15 FA31 FA53 GA22