

(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2012-72902

(P2012-72902A)

(43) 公開日 平成24年4月12日(2012.4.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 C 9/04 (2006.01)	F 1 6 C 9/04	3 J 0 3 3
F 0 2 B 75/24 (2006.01)	F 0 2 B 75/24	
F 0 2 B 75/28 (2006.01)	F 0 2 B 75/28	
F 1 6 C 7/02 (2006.01)	F 1 6 C 7/02	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2011-202406 (P2011-202406)	(71) 出願人	511225631 エコモータース インターナショナル インコーポレイテッド アメリカ 48101 ミシガン、アレン パーク、スイート 200、フェデラル ドライヴ 17000
(22) 出願日	平成23年9月15日 (2011.9.15)	(74) 代理人	100091683 弁理士 ▲吉▼川 俊雄
(31) 優先権主張番号	61/387881	(72) 発明者	ピーター ホーフパワー アメリカ 48324 ミシガン、ウエスト ブルームフィールド、パイン レイク クノール ドライヴ 3820
(32) 優先日	平成22年9月29日 (2010.9.29)	Fターム(参考)	3J033 AA04 AA05 EB04 EB10 GA05 GA20
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/501557		
(32) 優先日	平成23年6月27日 (2011.6.27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

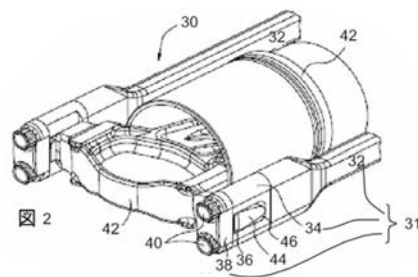
(54) 【発明の名称】 ロッキングジョイントアセンブリ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 往復運動をクランクシャフトと接続ロッドを通して回転運動に変換することができるジョイントの中で、ベアリングの表面に潤滑性を付与することが困難であるため、それを解決する構成を提供する。

【解決手段】 ロッキングジョイント30は、ベアリング表面が、表面と表面の間をスライドすることなく、お互いに関して揺れ動く場所に開示される。左シリンダーからブリッジ42を経由してプル・ロッド31と連結される。プル・ロッド31には以下が含まれる：ボルト40により保持されるプル・ロッドメインボディ32、センターエレメント34、ベアリングエレメント36および端部キャップ38。ブリッジ42には、プル・ロッドに向かって外側に伸びるクロスピン延長部44が含まれている。ベアリングエレメント36では、開口部46の表面に向けて置かれているベアリングエレメント36の後方側面は凸状にカーブした表面を含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロッキングジョイントアセンブリであって、運動部分および非円形ピン（210）を経由して往復エレメントに連結された第2端部（206）に連結された第1端部（204）を持つ接続ロッド（31、60、280、202、222、400）を含み、

前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）は、ロッドベアリング表面（164、166、212、286）と連結の中心の間の距離に略等しい曲率半径（ r_3 ）のある前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）、および前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）と前記運動エレメントの間にある連結の中心を持ち、更に前記ピン（210）が前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）上を揺れ動くピンベアリング表面（166、214、422、426）を持っているロッキングジョイントアセンブリ。

10

【請求項 2】

前記ピンベアリング表面（166、214、422、426）が前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）の動きに呼応して前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）上を揺れ動くことを特徴とする、請求項 1 に記載のアセンブリ。

【請求項 3】

前記接続ロッド（280、202、222、400）が前記第2端部（206）の中に1個の開口部（208）を規定し、前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）が前記開口部の表面の1つを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のアセンブリ。

20

【請求項 4】

前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）が、メインボディ（32、52）および端部キャップ（38、54）の一部である前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）の付いた前記端部キャップ（38、54）を含み；更に前記端部キャップ（38、54）が前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）の前記メインボディ（32、52）に連結されることを特徴とする、請求項 1 に記載のアセンブリ。

【請求項 5】

30

前記接続ロッド（280、202、222、400）が前記第2端部（206）の中に1個の開口部を規定し、アセンブリが更に以下を含み：前記開口部（46、63、152、284）の表面の遠位に置かれた前記ベアリングエレメント（36、56、156）、但し、前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）が前記ベアリングエレメント（36、56、156）の端末側に開口部から形成され、表面と対峙するように置かれた前記ベアリングエレメント（36、56、156）の表面が凸状にカーブしていることを条件とする、請求項 1 に記載のアセンブリ。

【請求項 6】

前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）がメインボディ（32、52）、前記メインボディ（32、52）にしっかり固定された端部キャップ（38、54）、前記接続ロッド（31、60、280、202、222、400）の中に規定された開口部、および前記開口部からベアリングの端末の側に形成された前記ロッドベアリング表面（164、166、212、286）を使って前記開口部の中に置かれた前記ベアリングエレメント（36、56、156）を含み、更に表面に最も近い前記ベアリングエレメント（36、56、156）の表面が凸状にカーブしていることを特徴とする、請求項 1 に記載のアセンブリ。

40

【請求項 7】

前記接続ロッドが前記プル・ロッド（31、60、280、400）である；前記運動エレメントが偏心ジャーナルを持つクランクシャフトである；前記接続ロッドが前記第1端部で前記偏心ジャーナルと連結される；前記接続ロッドと前記クランクシャフトの間に

50

ある連結の中心は前記偏心ジャーナルの中央軸（２１６）である：前記ロッドベアリング表面（１６４，１６６，２１２，２８６）は凹状にカーブしている：更に前記ピンベアリング表面（２１４，１６６，４２２，４２６）は凸状にカーブしていることを特徴とする、請求項１に規定するアセンブリ。

【請求項８】

前記往復エレメントがブリッジ（４２）に連結されたピストンであり、前記ピンが前記ブリッジ（４２）のクロスピン延長部（４４，６２）の一部であることを特徴とする、請求項１に記載のアセンブリ。

【請求項９】

前記ピンベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）の曲率半径が最小半径より大きく、該最小半径が少なくとも前記ロッド（１６４，１６６，２１２，２８６）および前記ベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）の材料特性および表面仕上げ並びに前記ロッキングジョイント（３０，５０，９６，１４８，２００，２２０，２８６）が伝達するよう設計されたピークフォースに基づくことを特徴とする、請求項７に記載のアセンブリ。

【請求項１０】

前記ピンベアリング表面の曲率半径が前記ピンベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）の表面に沿って変化し、各ロケーションにおける曲率半径が、前記ロッキングジョイント（３０，５０，９６，１４８，２００，２２０，２８６）が伝達するよう設計されたローカルピークフォースにおいて受容可能なヘルツ圧を維持することに基づくことを特徴とする、請求項７に記載のアセンブリ。

【請求項１１】

前記接続ロッドがプッシュ・ロッド（２０２，２２２）である；前記ロッドベアリング表面（１６４，１６６，２１２，２８６）は凸状にカーブしている：更に前記ロッドベアリング表面（１６４，１６６，２１２，２８６）の上に置かれたピンおよび前記ピンベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）が凸状または凹状にカーブし、前記ピンベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）のローカル半径が表面に沿って変化し、少なくとも、前記ロッドベアリング表面（１６４，１６６，２１２，２８６）および前記ピンベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）の材料特性および表面仕上げ並びに前記ロッキングジョイント（３０，５０，９６，１４８，２００，２２０，２８６）が伝送するよう設計されたローカルピークフォースに基づく請求項１に規定するアセンブリ。

【請求項１２】

前記ピンが前記ピンベアリング表面（１６６，２１４，４２２，４２６）の反対側にチップ、および前記側面（２８８）を持ち、前記チップ（２９２）と前記側面（２８８）がギヤー歯の外形に基づくことを特徴とする、請求項１に記載のアセンブリ。

【請求項１３】

ピストンとクランクのアセンブリであって、偏心ジャーナルを持つクランクシャフト；非円形ピン（２１０）を持つコンポーネントに連結された往復エレメント；および前記クランクシャフトの前記偏心ジャーナルに連結された大形端部（２８）を持つ接続ロッド（２８０，２０２，２２２，４００）および前記ピンに連結された小形端部を含み、前記接続ロッド（６０，２８０，２０２，２２２，４００）が、第一ロッドベアリング表面（４０２）と前記偏心ジャーナルの中央軸（２１６）の間の距離と本質的に等しい曲率半径を持つシリンダーの部分を含む前記第一ロッドベアリング表面（４０２）を持つアセンブリ。

【請求項１４】

前記接続ロッド（２８０，４００）には主に引っ張り応力が負荷されている；前記ピンには、その上で前記第一ロッドベアリング表面（４０２）が揺れ動く第一ピンベアリング表面（４２２）が取り付けられている；前記第一ピンベアリング表面（４２２）と前記第一ロッドベアリング表面（４０２）は第一ロッキングジョイントを含む；前記第一ピンベ

10

20

30

40

50

アリング表面（４２２）の曲率半径は前記第一ピンベアリング表面（４２２）の表面に沿って変化し；更にローカル曲率半径は少なくとも一部、前記第一ロッキングジョイントが送達するよう設計されたピークローカルフォースに於いて受容可能なヘルツ圧を維持することに基づくことを特徴とする、請求項１３に規定するアセンブリ。

【請求項１５】

前記第一ロッドベアリング表面（４０２）の反対側に位置する前記接続ロッド（２８０，２０２，２２２，４００）上の第二ロッドベアリング表面（４０４）、および前記、第二ロッドは、前記第二ベアリングロッド表面（４０４）と前記偏心ジャーナルの中央軸（２１６）の間の距離と殆ど等しい曲率半径を持つシリンダーの部分；および

第一ピンベアリング表面（４２２）の反対側に位置するピン上の第二ピンベアリング表面（４２２）を含み、

前記接続ロッド（２８０，４００）には主に引っ張り応力が負荷され、第二ピンベアリング表面（４２６）が第一ロッドベアリング表面（４０２）と第二ロッドベアリング表面（４０４）によって規定されるとき、前記第二ベアリングロッド表面（４０４）が第二ピンベアリング表面（４２６）の上で揺れ動くことを特徴とする、請求項１４に規定するアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、直線運動を回転運動に変換する機械の分野に属し、接続ロッドとピンの間の接続に特に関連している。

【背景技術】

【０００２】

連結棒をピンで接続して持つ内燃エンジンの例を図１に示す。図１に示すエンジンは、合衆国特許第６，１７０，４４３号および第７，４３４，５５０号に明示されているタイプの対向ピストンや対向シリンダーを持つＯＰＯＣエンジン１０で、これを引用によって本特許に組み込む。

【０００３】

外部ピストン１２と内部ピストン１４は（図１に開示されていない）左シリンダーの中に位置している。外側ピストン１２は２本のプル・ロッド１８によってクランクシャフト２０にその大端部において連結されている。プル・ロッド１８はその小端部上でブリッジ２２に連結されている。内部ピストン１４はプッシュ・ロッド１６によってクランクシャフト２０に連結されている。（図に開示されていない）右シリンダー内のピストン１２とピストン１４はそれぞれ、プッシュ・ロッド１６とプッシュ・ロッド１８によって、クランクシャフト２０に連結されている。クランクシャフトには、２つのメインベアリング２６、プッシュ・ロッド１６が連結される（図には開示されていない）中央ジャーナルベアリングおよび各々に２個のプル・ロッド１８が連結されている２個のオフセットジャーナルが付いている。

【０００４】

ブリッジ２２は実際にＺ方向に動かず、Ｙ軸に沿って往復移動する。それと対照的に、プル・ロッド１８の大端部２８はクランクシャフト２０の回転運動に呼応してＺ方向に動く。プル・ロッド１８の大端部２８のＺ方向の動きによって、プル・ロッド１８はブリッジ２２と相対的に揺れ動く。ブリッジ２２から伸びるシリンダーピン２３とその中に当該ピン２３が伸びベアリングかニードルベアリングにすることができる。

【０００５】

２ストロークのＯＰＯＣエンジンが運転されている間には、プル・ロッドには引っ張り応力が、プッシュ・ロッド１６には圧縮応力がそれぞれほぼ常時負荷される。ベアリング２４がスリーブベアリングの場合、潤滑油が押し出されるように、スリーブベアリングの一方の側が、プル・ロッド１８とピン２３の間に詰め込まれる。連結棒とピンの間に起こる相対的な動きにより、潤滑不足に起因して、ベアリングの表面に摩耗が引き起こされる

10

20

30

40

50

ことがある。当該摩耗の導入を減らすため、ベアリング 24 をニードルベアリングに替える。ニードルベアリングには、十分な接触面積を提供する問題がある。さらに、ニードルベアリングが適当でない利用もある。連結棒と潤滑に対する依存度が低く、実用的に摩擦のないピンの間に、ジョイントを付けることが望ましい。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の具体例によれば、往復エレメントに関連して、連結棒とピンの間に位置するベアリングの表面に相対運動が殆どまたはまったく起こらない場所に、ロッキングジョイントアセンブリが開示される。アセンブリには、クランクシャフトの偏心ジャーナルと連結された大端部および非円形ピンを経由して往復エレメントに連結された小端部が付いた接続ロッドが含まれる。当該接続ロッドには、ベアリングの表面と偏心ジャーナルの中央軸の間の距離と実質等しい曲率半径のロッドベアリング表面が付いている。ロッドベアリング表面上を揺れ動くピンの表面、即ちピンベアリング表面は、ロッドベアリング表面の曲率半径より小さい曲率半径を持っている。幾つかの具体例では、連結ロッドは、ロッドベアリング表面と共にメインボディおよび端部キャップを含み、端部キャップの一部となっている。端部キャップはボルトによって接続ロッドのメインボディと連結されている。

【0007】

代わりに、接続ロッドには、メインボディ、ロッドベアリング表面を含むベアリングエレメントおよび端部キャップが含まれる。ベアリングエレメントは、端部キャップによって定位置に保たれる。端部キャップは、ボルトによるかその他の接続スキームによって、メインボディにしっかりと固定される。ピンベアリング表面はクランクシャフトの回転に応じて、ロッドベアリング表面上で揺れ動く。

【0008】

1つの具体例で、接続ロッドはプル・ロッドで、ロッドベアリングの表面は凹状に、ピンベアリングのそれは凸状にそれぞれカーブしている。幾つかの具体例における往復エレメントは、ブリッジに連結されたピストンで、ピンは、ブリッジのクロスピン延長部である。接続ロッドのピンベアリング表面の曲率半径は最小半径より大きく、最小半径は、少なくとも材料の性質、ピンベアリングの表面仕上げ、および、ロッキングジョイントが伝達するよう設計されているピークフォースに基づいている。ベアリング表面上に置かれたピンの表面が持つ曲率半径は、ピンの表面の中心に於いて最大となり、当該曲率半径は、ローカルフォースと表面の中心に近い部位を起点とする距離の関数として単調に減少する。ピンのベアリング表面の持つ曲率半径は、ピンベアリング表面の表面に沿って変化し、曲率半径は、ロックジョイントが伝達するよう設計されたピークフォースに於いて受容できるヘルツ圧の維持に基づいて決まる。必要なローカル半径、即ち、ローカルピーク設計フォースに対して十分である可能性が高い最小半径に対して、ピンのベアリング表面の曲率半径を正確に調整すると、ロッキングジョイントの幅が最小化される利点を得られる。幾つかの具体例における接続ロッドはプッシュ・ロッドである；ベアリング表面は凸状にカーブし、ベアリング表面に置かれているピンの表面は凸状にカーブさせるか、凹状にカーブさせるか、もしくは凸状にカーブした部分と凹状にカーブした部分を組み合わせた状態にすることができる。ピンベアリング表面の凹状にカーブした部分は、ロッドベアリング表面の曲率半径より大きい曲率半径を持っている。ピンベアリング表面に必要なローカル半径は、表面に沿って変化し、ロッドベアリング表面およびピンベアリング表面の材料の性質および表面仕上げ並びにロッキングジョイントが伝達するよう設計されたローカルピークフォースに基づいて決まる。

【0009】

また本発明は内燃エンジン用のピストンとクランクのアセンブリを開示している。このアセンブリは少なくとも1個の偏心ジャーナルを持つクランクシャフト、第1非円形ピンを持つ第1コンポーネントに連結された第1往復エレメント、第2非円形ピンを持つ第2コンポーネントに連結された第2往復エレメントおよび各々が、クランクシャフトに連結

10

20

30

40

50

された偏心ジャーナルに連結された大端部およびピンに連結された接続ロッドの小端部を持つ第1と第2接続ロッドを有する。接続ロッドには、ロッドベアリング表面と接続ロッドに添付した偏心ジャーナルの中央軸の間の距離と本質的に等しい曲率半径のシリンダーの部分からなるロッドベアリング表面が付いている。幾つかの適用における第1往復エレメントと第2往復エレメントは、第1クロスヘッドと第2クロスヘッドで、アセンブリには以下が含まれる：互いに向き合い、シリンダーライナーの中で往復するよう配置された第1ピストンと第2ピストンの頂部と反対に配置された第1ピストンと第2ピストン、第1プッシュ・ロッドの第1端部上の第1ピストンに、更に第1プッシュ・ロッドの第2端部上の第1クロスヘッドに連結された第1プッシュ・ロッド、および第2プッシュ・ロッドの第2端部上の第2ピストンに連結され、更に第2プッシュ・ロッドの第2端部上の第2クロスヘッドに連結された第2プッシュ・ロッドを持つシリンダーライナー。

10

【0010】

他の適用では：第1往復エレメントは第1シリンダーライナー中に配置した第1ピストンで；第2往復エレメントは第2シリンダーライナー中に配置した第2ピストンで；第1接続ロッドは第1プル・ロッドで；第2接続ロッドは第2プル・ロッドで；第1往復エレメントは第1ブリッジで；第2往復エレメントは第2ブリッジで；第1プル・ロッドと第2プル・ロッドは、エンジンを運転している間、主にテンションが負荷された状態になり更に、ロッドベアリング表面は凹形である。アセンブリには以下が更に含まれる：第1シリンダーライナーに配置し、第1ピストンに関して、対向位置に配置される第3ピストン、第2シリンダーライナーに配置し、第2ピストンに関して、対向位置に配置される第4ピストン、第3ピストンを第3非円形ピンによるロッドとピストンの接続を使って、クランクシャフトの偏心ジャーナルの1つに連結する第3接続ロッド、および第4ピストンを第4非円形ピンによるロッドとピストンの接続を使って、クランクシャフトの偏心ジャーナルの1つに連結する第4接続ロッド。第3接続ロッドと第4接続ロッドは、エンジンを運転している間主に圧縮応力が負荷されるプッシュ・ロッドである。第3接続ロッドと第4接続ロッドには、クランクシャフトの偏心ジャーナルに連結された大形端部と第3非円形ピン第4非円形ピンがそれぞれまたがっているロッドベアリング表面を含む小型端部がそれぞれ含まれている。第3接続ロッド上と第4接続ロッド上のピンベアリング表面は：凸状または、凹状にカーブするかあるいは凸状と凹状が混ざってカーブしている：凸状にカーブした部分と凹状にカーブした部分が含まれている。ピンベアリング表面に必要なローカル半径は、表面に沿って変化し、ロッドベアリング表面およびピンベアリング表面の材料の性質および表面仕上げ並びにロッキングジョイントが伝達するよう設計されたローカルピークフォースに基づいて決まる。

20

30

【0011】

第1接続ロッドと第2接続ロッドのロッドベアリング表面—プル・ロッド—は、凹状にカーブし、ベアリング表面にまたがるピンのピンベアリング表面は第1接続ロッドベアリングと第2接続ロッドベアリングの曲率半径より小さな曲率半径で凸状にカーブしている。

【0012】

幾つかの具体例におけるピンベアリング表面の曲率半径はかなり一定である。プル・ロッドの場合、曲率半径は、ピンベアリング表面およびロッドベアリング表面の材料特性と表面仕上げ状態ならびに接続ロッドがピン接続に伝達するよう設計されているピークフォースに基づく最小半径より大きい。ピンベアリング表面が凹形であるプッシュ・ロッドセクションがコンパクトであるためには、ピンの半径は可能な限り大きく、受容できるヘルツ圧を維持しなければならない。更に、曲率半径は、ピンベアリング表面に対して揺れ動くロッドベアリング表面のそれより大きくななければならない。プッシュ・ロッドベアリング中のピンベアリング表面の凸状にカーブしたセクションの場合、コンパクトさは、受容可能なヘルツ圧を維持した状態の出来るだけ小さい曲率半径によって達成される。

40

【0013】

本発明の具体例によれば、往復エレメントに関連して、連結棒とピンの間に位置するべ

50

アリングの表面の相対運動が殆ど起こらない場所に、ロッキングジョイントアセンブリが開示される。アセンブリには、クランクシャフトの偏心ジャーナルと連結された大端部および非円形ピンを経由して往復エレメントに連結された小端部が付いた接続ロッドが含まれる。当該接続ロッドには、ベアリングの表面と偏心ジャーナルの中央軸の間の距離と実質等しい曲率半径のロッドベアリング表面が付いている。プル・ロッドの場合、ピンベアリング表面の持つ曲率半径は、ロッドベアリング表面の曲率半径より小さい。プッシュ・ロッドの場合、ロッドベアリング表面は凸状にカーブしている。ピンベアリング表面も凸であるとき、ジョイントをコンパクトにすることができる。凹形のベアリング表面は対照的に、それ程コンパクトではないが、より大きい負荷輸送能力を持っている。凹形ベアリング表面用の曲率半径は、凸形ロッドベアリング表面用の曲率半径より大きくなければなら
10

【0014】

代わりに、接続ロッドには、メインボディ、ロッドベアリング表面を含むベアリングエレメント、および端部キャップが含まれる。ロッドベアリングエレメントは、端部キャップによって定位置に保持される。端部キャップは、ボルトによってメインボディにしっかり固定される。ピンはクランクシャフトの回転あるいは連結ロッドが連結される可動エレメントに応じて、ロッドベアリング表面上を揺れ動く。

【0015】

本発明には、シリンダーライナー、互いに向き合うピストンの頂部と反対の部位にあるシリンダーライナー中に配置した1組のピストン、プッシュ・ロッドの第1端部で各ピストンに連結されているプッシュ・ロッド、ガイド表面上にまたがっているプッシュ・ロッドの第2端部と共に、各プル・ロッド用に用意され、シリンダーの軸と略平行になるよう配置されているガイド表面並びにプル・ロッドの第1端部に連結されたプッシュ・ロッドの第2端部を使って、プッシュ・ロッドの各々と連結されたプル・ロッドおよび2個のメインベアリングジャーナル、第1偏心ジャーナルおよび第2偏心ジャーナルを付けたクランクシャフトを含む内縁エンジンも含まれる。プル・ロッドの第1の第2端部は、第1偏心ジャーナルに、プル・ロッドの第2の第2端部は、第2偏心ジャーナルにそれぞれ連結
20

【0016】

プッシュ・ロッドの第2端部とプル・ロッドの第1端部の間にあるジョイントは、プッシュ・ロッドの第2端部に連結された非シリンダーピンの凸状にカーブしたベアリング表面と組をなすプル・ロッド上の凸状にカーブしたベアリング表面とのロッキングジョイントである。凹状にカーブしたロッドベアリング表面の曲率半径は、ロッドベアリング表面とオフセンター偏心ジャーナルの中央軸の間の距離にほぼ等しい。凸状にカーブしたピンベアリング表面は、凸状にカーブしたロッドベアリング表面の曲率半径より小さい曲率半径を持っている。既存のものの代替となる具体例では、凸状にカーブしたピンベアリング表面は、2つの表面の間に起こるスライドモーションを本質的に避けて揺動するように、凹状にカーブしたロッドベアリング表面上に乗っている。もう1つの代替具体例では、プッシュ・ロッドの第2端部とプル・ロッドの第1端部の間にあるジョイントは、プッシュ・ロッドの第2端部およびプル・ロッドの第1端部の上にシリンダーピンを搭載するため形成した円筒状開口部と連結したスライドジョイントで、ここでは、ピンが円筒状開口部に関して前後に回転して相対的な動きを引き起こす。第1偏心ジャーナルは、第2偏心ジャーナルからクランクシャフトの回転で150度~180度の範囲移動させられる。幾つかの具体例における第2プル・ロッドには、クランクシャフトと連結されたプル・ロッドの端部上のVおよび第2偏心ジャーナルおよび第3偏心ジャーナルにおけるクランクシャフトに連結されたVが含まれ：第1偏心ジャーナルは、第2偏心ジャーナルと第3偏心ジャーナルの間に位置し：更に、第2プル・ロッド中のVは、第1プル・ロッドと第2プル・ロッドの間に干渉を引き起こすことなく第1プル・ロッドをクランクシャフトと連結す
30
40
50

るコンポーネントに回転を許すに十分な深さと幅を持っている。

【図面の簡単な説明】

【0017】

これから、発明を添付図面と関連させて説明する：

【図1】技術的に既知な対向ピストン、対向シリンダーエンジンの構成を説明する等角投影図である。

【図2】本発明の1部に記載のロッキングジョイントの等角投影図である。

【図3】本発明に基づく1つの具体例におけるロッキングジョイントの断面図である。

【図4】本発明に基づく1つの具体例におけるロッキングジョイントの断面図である。

【図5】ニュートラルポジションと先端ポジションのロッキングジョイントの詳細を示す図面である。

10

【図6】ニュートラルポジションと先端ポジションのロッキングジョイントの詳細を示す図面である。

【図7】ニュートラルポジションと先端ポジションのロッキングジョイントの詳細を示す図面である。

【図7-2】図5～図7のベアリングエレメントの平面図を示す。

【図8】2ストロークエンジンを対象として、シリンダーの圧力をクランク角の関数として例証したグラフを示す。

【図9】1つの具体例で使用するピンの最小曲率半径を接続ロッド角の関数として例証したグラフである。

20

【図10】本発明の要件を満たす具体例で使したプッシュ・ロッドロッキングジョイントについて、ニュートラルポジションと先端ポジションの状態をそれぞれ開示した図面である。

【図11】本発明の要件を満たす具体例で使したプッシュ・ロッドロッキングジョイントについて、ニュートラルポジションと先端ポジションの状態をそれぞれ開示した図面である。

【図12】プッシュ・ロッド中のロッキングジョイントを明細に説明した図面である。

【図13】代替となる具体例で使用するピンベアリング表面の形を例証する図面である。

【図14】ベアリングによって伝達された力を図13と関連するロッキング角の関数として示すグラフである。

30

【図15】代替となる具体例で使用するピンベアリング表面の形を例証する図面である。

【図16】ベアリングによって伝達された力を図15と関連するロッキング角の関数として示すグラフである。

【図17】代替となる具体例で使用するピンベアリング表面の形を例証する図面である。

【図18】ベアリングによって伝達された力を図17と関連するロッキング角の関数として示すグラフである。

【図19】プル・ロッドの代替となる具体例を説明する図面である。

【図20】第一ロッドベアリング表面と第二ベアリング表面の両方を持つプル・ロッド400を示す図面である。

【発明を実施するための形態】

40

【0018】

当業者は、図面のどれか1つに関して説明および詳述されている具体例の持つ様々な特徴を理解するので、1つまたはそれ以上の他の図面の中で説明された特徴と組み合わせて、明確に例証または説明されていない代替となる具体例を生成することができる。例証された特徴の組み合わせは典型的な適用に代表的な具体例を提供する。しかし、本発明に含まれる技術と一致する特徴の様々な組み合わせと改良が、特定の応用あるいは実施に対して切望されてもよい。技術的に普通レベルの技能を持つ人々は、明確に説明もしくは例証されたか否かを問わず、類似な応用あるいは実施を認識することができる。

【0019】

本発明の具体例の要件を満たすロッキングジョイント30に關与する部品を強調する対

50

向形ピストン、対向形シリンダー式エンジンの一部を示す等角等軸投影図が図 2 に例証されている。外側ピストン 12 は、（開示されない）左シリンダーからブリッジ 42 を経由してプル・ロッド 31 と連結される。プル・ロッド 31 には以下が含まれる：ボルト 40 を経由して一緒に保持されるプル・ロッドメインボディ 32、センターエレメント 34、ベアリングエレメント 36 および端部キャップ 38。代わりに、ナット付きスタッドボルトがボルト 40 の場所に使われる。ブリッジ 42 には、プル・ロッドに向かって外側に伸びるクロスピン延長部 44 が含まれている。ロックリング表面の詳細について、以下で説明する：

代替となる具体例に使用するロックリングジョイント 50 の断面を図 3 に示す。プル・ロッド 60 には以下が含まれる：メインボディ 52、端部キャップ 54、ベアリングエレメント 56 およびボルト 58。（ブリッジもピストンも図 3 には開示されていない）ピストンに連結されたブリッジの一部であるクロス・延長ピン 62 は、端部キャップ 54 中の開口部 63 と噛み合い、ベアリングエレメント 56 のベアリング表面の上にまたがるか、そこで揺れ動く。ボルト 58 は、ボルトの頭から離れた部位にあるボルトの端部にネジが切られている。59 におけるネジはプル・ロッド 60 のメインボディ 52 と噛み合う。ボルト 58 の領域 61 の中で、ボルトの外表面が端部キャップ 54 に制限を加える。図 3 に示したロックリングジョイントの断面は図 4 に開示される。ベアリングエレメント 56 は、端部キャップ 54 とベアリングエレメント 56 の中に生成された窪みの中に置かれているボール 64 によって、端部キャップ 54 とピン 62 に関して正位置に保たれる。（図 4 中には見えない）ボルト 58 の締め付けがタイトであると、ボール 64 はベアリングエレメント 56 を正しい位置に保持する。延長ピン 62 と共にブリッジが曲がることを可能にするため、開口部 63 の表面と対峙するように置かれているベアリングエレメント 56 の表面は、凸状にカーブさせられる。

【0020】

プル・ロッド 280 の代替となる具体例は図 25 に開示されている。ピン 282 は、プル・ロッド 280 の中に定義される開口部 284 の中で揺れ動く。当該具体例には、別なベアリングエレメントは含まれていない。その代わりに、ロッドベアリング表面を、ロッドベアリング表面とピンベアリング表面がロックリングジョイント 286 で相互に作用する開口部 284 の表面である。このような具体例では、端部キャップは使用されないで、ボルト接続は除去される。さらに、別なベアリングがないので、ボールまたは他のキーパーも除去される。拡張ピンを使ったブリッジの曲げ行為は、長いプル・ロッドの持つ優れた柔軟性によって補償される。もう一つの代替となる具体例で使用するプル・ロッドには開口部に置かれた別なベアリングエレメントが含まれているが、端部キャップは含まれていない。

【0021】

ロックリングジョイントの 1 部は、図 5、図 6 および図 7 に誇張された形で開示されている。ブリッジの 1 部か、ピストンと接続ロッドの間のその他のコネクターであるピン 162 には、その上でベアリングエレメント 156 のロッドベアリング表面 166 が揺れ動くピンベアリング表面 166 が含まれている。エンジンを運転している間、ピン 162 は Y 方向に往復運動を繰り返し、接続ロッドは、Y 方向に往復運動を繰り返しながら、Z 方向に動く。ベアリングエレメント 156 のロッドベアリング表面 164 は、ピン 162 のロッドベアリング表面 166 の上を揺れ動く。ピンベアリング表面 166 は、凸状にカーブさせられた表面で、これによって、曲率半径が r_1 のシリンダーの 1 部が形成される。図 5、図 6 および図 7 に開示されている具体例に使用するピンベアリング表面 166 の持つ曲率半径の値は一定している。代わりに、曲率半径を表面に沿って変化させることができる。以下で、ピンベアリング表面 166 の曲率半径の大きさについて考察する。ベアリングエレメント 156 の凹状にカーブしたロッドベアリング表面 164 は、 r_2 の曲率半径を持つシリンダーの一部である。この場合、 r_1 は r_2 より小さい。 r_2 の値は、ロッドベアリング表面から（開示されていないが、A に位置していると説明されている）クランクピンの中心までの距離である。以下で考察するように、 r_1 の値は少なく

とも、ベアリングエレメント 1 5 6 とピン 1 6 2 の材料特性並びにジョイントが伝達するよう設計される最大フォースに基づいて決められる。

【0022】

図 6 において、ベアリングエレメント 1 5 6 は、その中でベアリングエレメント 1 5 8 が上方に傾く 1 つの先端ポジションに開示されている。ベアリングエレメント 1 5 6 とピン 1 6 2 の間の接点における力は、すべてのポジションでピンの表面およびロッドの表面とほぼ直角である。その中でベアリングエレメント 1 5 6 が下方に傾くその他の先端ポジションは、図 7 に開示されている。図 5 ～図 7 の中に示されているロッキングジョイントは、 r_1 の曲率半径と r_2 の曲率半径が、最も実用的な状況で見られるより遙かに小さく誇張されている。このような小さい半径は、ベアリングエレメント 1 5 6 とピン 1 6 2 上の曲率を視覚化することを可能する。図 3 のロッキングジョイントの中で、ベアリングエレメント 5 6 は、ピン 6 2 に対しておよそ 5 度揺れ動く。これによって、接触しているベアリングエレメント 5 6 とピン 6 2 の表面は、殆ど平らであるように見える。

【0023】

図 2 に例証されているようなベアリングエレメント 3 6 を使った具体例では、開口部 4 6 の表面に向けて置かれているベアリングエレメント 3 6 の後方側面は、図 7 ‘ に見ることができるような凸状にカーブした表面を含む。図 7 – 2 中のベアリングエレメント 1 5 6 は、図 5 ～図 7 のベアリングエレメント 1 5 6 の平面図である。ベアリングエレメントの長方向と平行な軸 1 6 9 は図 5 の中に開示されている。図 7 – 2 中の表面 1 6 8 の曲率半径の中心は、(図 7 – 2 の中で点として見ることができる) 軸 1 6 9 とおおむね平行している。表面 1 6 8 の曲率は、エンジンを運転している間に起こるピストンピン (またはクロスヘッドピン) の曲がりを補償するために提供される。

【0024】

ロッキングジョイントの表面間に起こる相対的な動きは、力が接触している曲面部分の法線であるとき妨げられる。しかしながら、幾つかの状況で、穏やかな横力が存在する。

(図 5 ～図 7 の) ベアリングエレメント 1 5 6 の曲率は、合力がベアリング表面に対して直角になるよう修正することができる。しかしながら、図 1 に示す内燃エンジンを含む多くの実用的な装置では、横力は無視することができる。さらに、サイドフォース (横力) の大きさはエンジンのスピードによって変化する。従って、設計スピードを除く一切のスピードにおいて、当該サイドフォースの存在を認めて妥協しなければならない。存在するサイドフォースの大きさは滑走が起きない程小さいので、殆どの具体例で調整を行わない。

【0025】

ロッキングジョイントが力を運べることを保証するため、ピン 1 6 2 の曲率半径をより大きくすることができる。しかし、そうしたことによる罰として、ジョイントの幅である W がより広くなる。連結ロッドがコンパクトになるように、ジョイントにできるだけ狭い幅を持たせることが望ましい。1 つの具体例で、表面 1 6 4 に一定の半径値、ジョイントが伝達するよう設計されたピークフォースによって規定された r_1 を持たせる。図 8 で、ジョイントにおける力とエンジン中に最も高いシリンダー圧力状態を得るためのクランク角の関数としてプロットする。圧力は燃焼によって増加し、シリンダー中に起こる圧縮によって、TDC (上死点) の近くでピークに達する。しかしながら、圧力はピークのいずれの側面でも急激に低下する。これによって、シリンダー内のピーク圧力によって定義された一定の半径の値である r_1 を持たせると、曲率半径がピーク圧から離れたクランク角の位置で必要であるより大きくさせることができる。代替となる具体例では、ピンの上の表面の持つ曲率半径の値は一定ではないが、クランク角の関数として変化する。(ここでは、連結ロッドの角度である b との関係で定義することができるかもしれない。) 定数でない当該半径を圧力が受容できるヘルツ圧より小さくなるように選択し、ピンとベアリングエレメントの間にある接触のラインにおけるローラーコンポーネントの材料によって定義する。その中で r_1 が定数でなく、連結ロッドのアンクルである b の関数として変化する具体例では、ピン上の最小ローカル半径は受容できる最大ヘルツ圧である

H_pに基づいて決定される。ジョイントに固有な半径である r は以下に式によって定義される

$$1/r = 1/r_1 + 1/r_2$$

更に、 $H_p = [(F * C) / (r * L)]^{0.5}$ 但し、 F はジョイントによって運ばれる力、 C はピンとベアリングエレメントの材料に基づく材料定数、 L は一定の長さとする。結果として連結ロッドアングルの関数として得られる r_1 は図 9 の中に実線で開示されている。図 9 中の点線は、使用してもよい安全な最小半径を示す。図 9 中の点線に基づいて非定数の半径を規定することによって、ジョイントの幅を、 r_1 が遭遇することが期待されるピークフォースによって定義された定数であると仮定した場合より、小さくすることができる。

【0026】

図 3 に開示されているベアリングエレメント 56 は端部キャップ 54 から分離されたエレメントである。代わりに、ベアリングエレメント 56 を端部キャップ 54 に含める。分離されたベアリングエレメント 56 には、カーブした表面を機械加工し、材料に端部キャップ 54 に対して望ましくないかもしれないものを選ぶことが容易であるという利点がある。端部キャップ 54 をベアリングエレメント 56 と一体化して含めることによって、部品数の削減や組み立てを更に容易にする等の利点を得られる。

【0027】

上に述べた具体例はテンションが負荷されている連結ロッド、即ちプル・ロッドと関連している。本発明は、圧縮応力が負荷されている連結ロッド、即ち、図 10 および図 11 に開示されているようなプッシュ・ロッドとも関連している。ロッキングジョイント 200 は、プッシュ・ロッド 202 と非円形ピン 210 の間に開示されている。プッシュ・ロッド 202 には（開示されていない）クランクシャフトの偏心ジャーナルと連結される大形端部 204 が含まれている。小形端部 206 には、その中でピン 210 が揺れ動く開口部 208 が含まれている。プッシュ・ロッド 202 の（図 11 には開示されているが、図 11 には別に見えない）ロッドベアリング表面 212 およびピン 210 のピンベアリング表面 214 は両方とも凸状である。ニュートラルポジションのロッキングジョイントは図 10 に、先端ポジションの 1 つの状態にある当該ジョイントは図 11 にそれぞれ開示されている。ベアリング表面 212 は値が r_3 の曲率半径を持ち、当該半径は、表面 212 とプッシュ・ロッド 202 の大形端部 204 の中央軸 216 の間の距離である。中央軸 216 は、その周りのプッシュ・ロッド 202 と（図示されていない）偏心ジャーナルの間に相対的な動きが起こるセンターである。しかしながら、代替となる具体例では、運動部分は、クランクシャフトの一部でなく、潜在的に複雑な軌跡を持つ運動部分である。にもかかわらず、ジョイントに相対的な動きの中心が存在し、ロッドベアリング表面の曲率半径は、そのセンターの位置までの距離に基づいている。

【0028】

プッシュ・ロッド 222 中のロッキングジョイント 220 の誇張されたバージョンは図 12 に開示されている。ここでは、ベアリング表面 232 に形成されている湾曲の半径、 r_4 およびベアリング表面 234 の湾曲の半径は、典型的な場合より遙かに小さい。図 12 中の具体例では、ピン 230 は、プッシュ・ロッド 222 の端部にある開口部の中に含まれている。プッシュ・ロッド 222 上のベアリング表面 232 は、凸状にカーブしている。ピン 230 上のベアリング表面 234 も凸状にカーブしている。このような状況で、2 つの凸状表面を持つロッキングジョイントを使うと、コンパクトにし、凹状にカーブしたロッキングジョイントより少ない力を運ぶことができる。ベアリング表面 234 の曲率半径は、 r_4 より小さい定数にすることができる。その代り、ベアリング表面 234 の曲率半径はピン 230 のシンメトリー 238 の軸の近くでピークに達し、シンメトリーの軸から遠ざかるにつれて単調に減少する。

【0029】

凹形のベアリング表面 242 を持つピン 240 の例を図 13 に示す。図 14 には、ジョイント中を伝送される力のグラフがロッキングアングルの関数として開示されている。表

10

20

30

40

50

面 2 4 2 は一定の曲率半径、 r_{5} を持っているので、図 1 3 に実線で示す受容できるヘルツフォースは一定である。ピーク設計圧力を 1 つの例として、鎖線 2 4 4 として開示する場合、ジョイント内のピーク設計フォースは、すべてのロッキングアングルで、受容可能なヘルツフォースより小さく、ロッキングジョイントは、ピーク設計フォースを超えない限り生き残る。

【0030】

図 1 5 に示されたもう 1 つの例では、ピン 2 5 0 は、凸形の部分 2 5 6 と凹形の部分 2 5 4 を部分 2 5 6 のアウトボードに有するベアリング表面 2 5 2 を有する。このような形状に対して受容可能なヘルツフォースは、部分 2 5 6 に付随するロッキングアングルでは高く、部分 2 5 4 に付随するロッキングアングルに対して劇的に下落する。特定の適用のためのピーク設計フォースが図 1 6 に示す例と同等である限り、表面 2 5 2 は適切である。

10

【0031】

図 1 7 に示す更なるもう 1 つの例では、ピン 2 6 0 は、一方の端部の近くに凸形のセクションを、図 1 8 に示すような受容可能なヘルツ・フォースリミットを提供する他の端部の近くに凹形のセクションをそれぞれ含むベアリング表面 2 6 2 を持っている。開示されたピン、ベアリング、表面の大部分の例は、対称的な外形を持っているが、図 1 7 中のピン 2 6 0 はこのような外形を持っていない。ピンベアリング表面の外形は、受容可能なヘルツ圧を維持するため選択され、望みのピークローカルフォースが複雑な外形を持っている場合には、複雑な外形を割り当てることができる。

20

【0032】

図 1 9 の中に、別な端部キャップもベアリングエレメントも存在しないプル・ロッド 2 8 0 の具体例が示されている。その代わりに、開口部 2 8 4 がプル・ロッド 2 8 0 の端部に定義される。ロッドベアリング表面 2 8 6 が開口部 2 8 4 の表面上に形成される。ピン 2 8 2 が開口部 2 8 4 の中で揺れ動く。プル・ロッド 2 8 0 には、殆ど排他的にテンションが負荷されているが、ピン 2 8 2 と開口部 2 8 4 の他の表面の間に隙間が形成されることを回避することが望ましい。ピン 2 8 2 の中間側面 2 8 8 および開口部 2 8 4 のサイド・表面 2 9 0 は、永久グライデング・コンタクトを使ってギヤーの歯にて成形される。この方向に作用する最小の力があるので、側面 2 9 0 の上をスライドするピン 2 8 の側面に関連づけられた摩擦を無視することができる。更に、ピン 2 8 2 のチップ 2 9 2 は開口部 2 8 4 の頂部表面 2 9 4 に沿ってスライドする。開口部 2 8 4 の側面 2 9 0 および頂部表面 2 9 4 並びにピンの側面 2 8 8 およびチップ 2 9 2 は、ギヤーの外形を使って設計される。

30

【0033】

説明した具体例は、2 サイクルあるいは 4 サイクルの対向ピストンエンジン並びに可動エレメントを付けた往復エレメントを連結する連結ロッドを含むその他のマシンのほかに、内燃エンジンにも適用できる。表面の相対的な動きを許すよりむしろ揺れ動くジョイントを提供することによって、ジョイントの潤滑が取り除かれる。あるいは、ロッキング表面中の欠陥に起因して、わずかな量のスライデングが起こる場合、潤滑のプレゼンスは有用であるが、その必要性はスライデング・ジョイントの場合より低い。

40

【0034】

プル・ロッドには主に引っ張り応力が負荷され、プッシュ・ロッドには主に圧縮応力が負荷されるエンジンの形態は既存であるが、プル・ロッドが安易に圧縮応力を経験し、プッシュ・ロッドが安易に引っ張り応力を経験する運転条件があってもよい。このように負荷が逆転すると、主要なロッキングジョイントは力を運ばず、ピンの反対側が代わりに力を運ぶ。図 2 0 の中に、第一ロッドベアリング表面 4 0 2 と第二ロッドベアリング表面 4 0 4 を両方共含むプル・ロッド 4 0 0 が開示されている。第一ロッドベアリング表面 4 0 2 の曲率半径は、 X 、それに対してプル・ロッド 4 0 0 が連結される偏心ジャーナルの中心、即ち円 4 1 0 の部分から決められる。そして、第二ロッドベアリング表面 4 0 4 は円 4 1 0 と一致する。内燃エンジンの中では、ロッキングジョイントによって支えられてい

50

る力は図20に示されているように、中心位置、即ち上死点に近いポジションで最大となる。図16に示すように、力はセンターポジションから離れると急速に低下する。これによって、曲率半径は、センターポジションにおけるロッドベアリング表面と接触するピンの表面から離れれば離れる程タイトになりうる。図20の中では、第一ピンベアリング表面422上のピン420の曲率半径は、中心領域で大きくなり、端末領域424で小さくなる。領域424中の曲率半径は、少なくとも、第一ロッドベアリング表面402と第二ロッドベアリング表面404の幾何学的配置によって決まる。負荷が逆転されると、ベアリング表面は、第一ロッキングジョイント（第一ロッドベアリング表面402と第一ピンベアリング表面422）から第二ロッキングジョイント（第二ロッドベアリング表面404と第二ピンベアリング表面426）に切り替わり、その後の負荷の反転中にその反対に切り替わる。第二ジョイントが支えている力の大きさは、第一ロッキングジョイントが運ぶピークフォースよりずっと低い。このようにして、領域424の中のそのようなタイトな曲率半径は、ヘルツ圧を超えないで、負荷を運ぶことができる。

10

【0035】

本発明は、クランクシャフトとレシプロ部材の間に連結ロッドを持つ内燃エンジンの文脈の中に開示されているが、本発明は、レシプロ部材と複雑な動きをするタイプの可動エレメントの間に連結ロッドが含まれる状況にも適用される。このような状況で、連結ロッドと結び付けられたベアリング表面の形は、表面から連結ロッドと可能エレメントの間にある接続の中心までの距離に等しい半径を持っている。同じく、往復エレメントのピンベアリング表面の形は、ロッキングジョイントを通してロッキングアングルの関数として伝達されるピーク設計フォースに基づいている。同じく、ヘルツ圧力とヘルツフォースなる用語も使われた；これらは、ベアリング表面の接触表面の面積を通して関連付けられる。

20

【0036】

現実には、多くの実用的具体例の中で、カーブした様々な表面の曲率半径は、図のように、殆ど平らに見える。例示を目的として、図5～図7、図7、図10～図13、図15、図17、図19および図20の中にあるような曲率半径は実際より小さく描かれている。

【0037】

説明した具体例は、2サイクルあるいは4サイクルの対向ピストンエンジン並びに往復エレメントと回転エレメントを付けた他の機械のほかに、その他の内燃エンジンにも適用できる。表面の相対的な動きを許すよりむしろ揺れ動くジョイントを提供することによって、ロッキングジョイントの中から潤滑が取り除かれる。しかしながら、グライデングが起こる他の表面に発生する摩擦を無視できる程少なく保つために、潤滑は有用である。

30

【0038】

特定な具体例について、最良の様態を明細に説明したが、当業者は、以下の請求項の範囲内に様々な代替となる設計や具体例を認識する。様々な具体例が、利点を提供するか、望ましい1つまたはそれ以上の特徴に関する他の具体例により好まれるか、当業者が気付いているものとして、説明されてもよかったかもしれないが、1つまたはそれ以上の特徴が、特定な出願と施行に頼る望みのシステム属性を達成するため、犠牲にされてもよい。これらの属性には以下が限定することなく含まれる：コスト、強度、耐久性、ライフ・サイクル・コスト、商品価値、外観、梱包、サイズ、有用性、重さ、製造能力、組み立ての容易さ等。本書で説明した具体例で、他の具体例または1つまたはそれ以上の特徴に関する従来技術の施行より望ましい恐れのあるものは、本発明の範囲から逸脱するものではなく特定の適用に対して望ましいかもしれない。

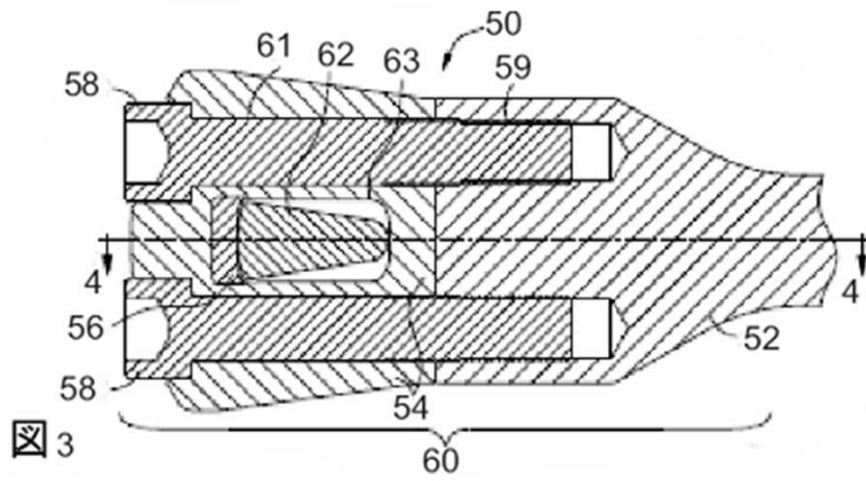
40

図1 (従来技術)

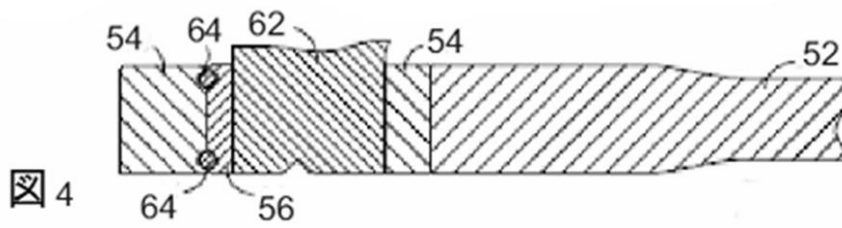
図 1 (従来技術)

Figure 2 is a perspective view of a mechanical assembly 30. The assembly includes a main body 31 with a curved, ribbed section 42. A bracket 32 is attached to the top of the main body. A handle 34 is connected to the main body via a pivot 36. The handle has a grip 38 and a release button 40. A spring 44 is shown between the handle and the main body. A locking mechanism 46 is also visible on the handle.

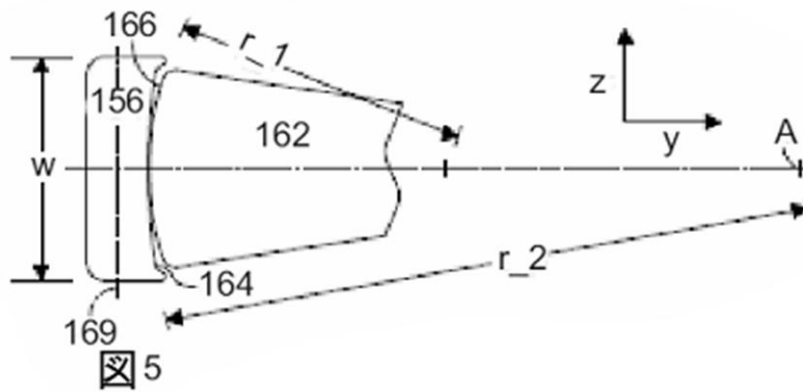
【図 3】



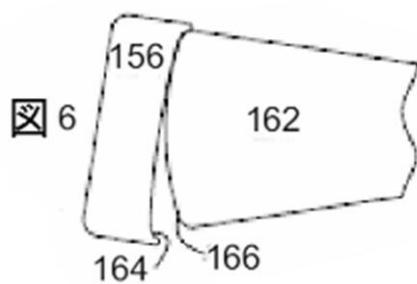
【図 4】



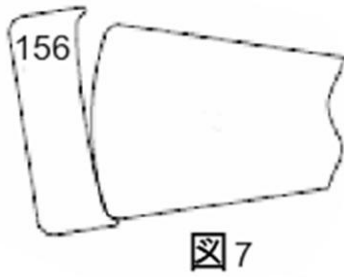
【図 5】



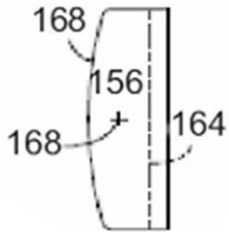
【図 6】



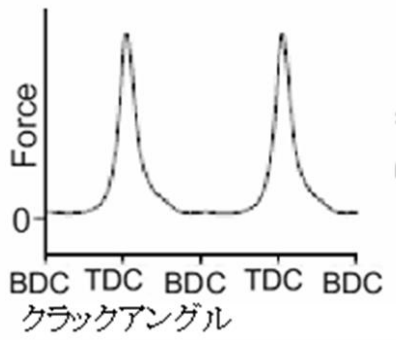
【図 7】



【図 7 - 2】



【図 8】

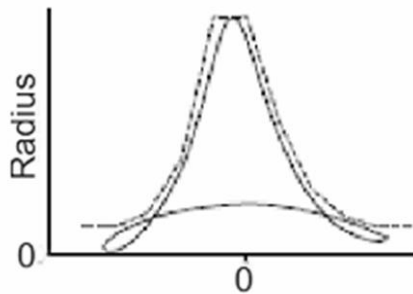


X 横軸：クラックアングル

Y 縦軸：フォース

図 8

【図 9】

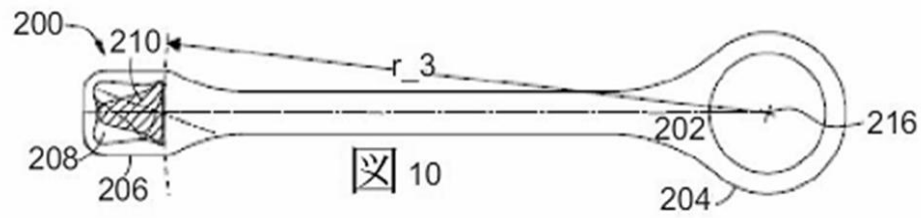


接続ロッドアングル

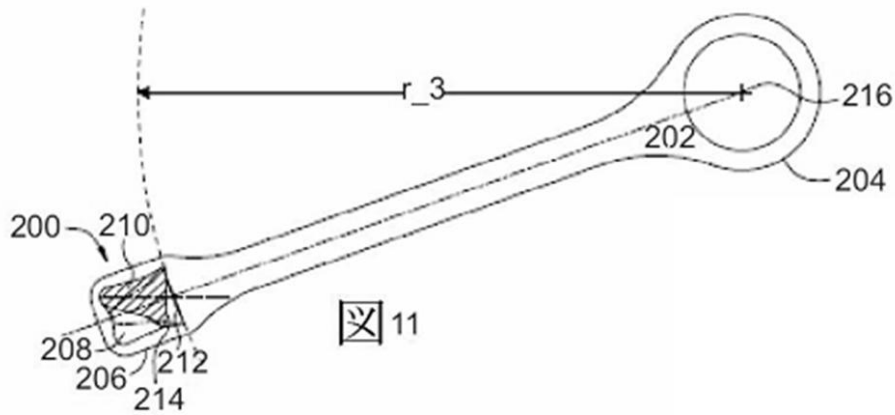
X 軸： 接続ロッドアングル

Y 縦軸：半径

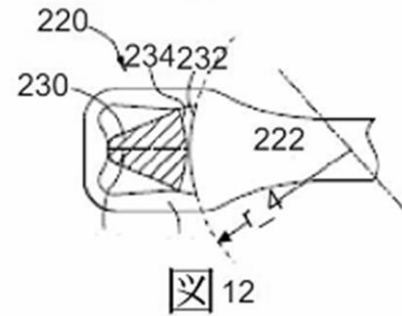
【図 10】



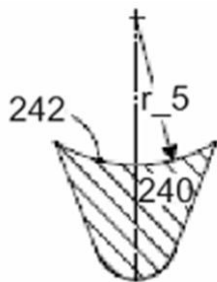
【図 11】



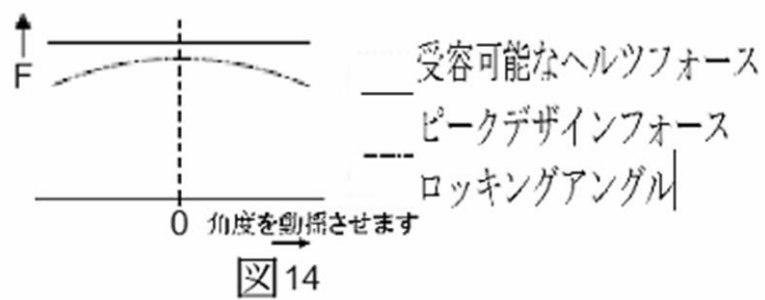
【図 12】



【図 13】



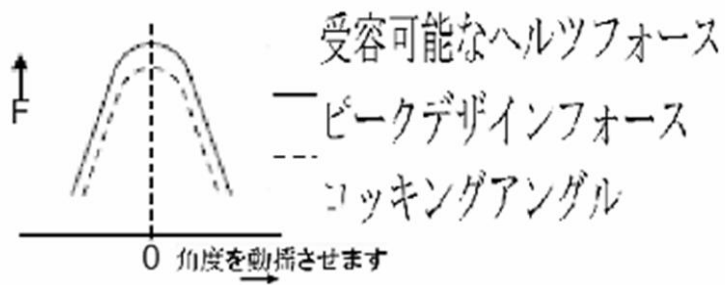
【図 14】



【図 15】



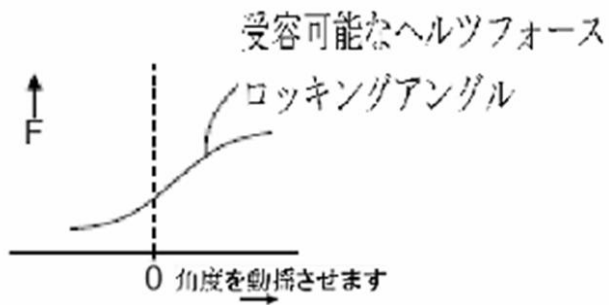
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

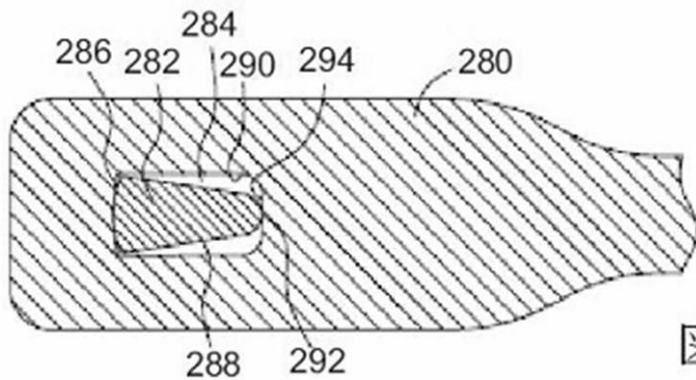


図 19

【図 20】

