

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4444491号
(P4444491)

(45) 発行日 平成22年3月31日(2010.3.31)

(24) 登録日 平成22年1月22日(2010.1.22)

| | | | |
|----------------|--------------|------------------|-----------------|
| (51) Int.Cl. | | F 1 | |
| F 1 6 C | 7/02 | (2006.01) | F 1 6 C 7/02 |
| C 2 3 C | 4/00 | (2006.01) | C 2 3 C 4/00 |
| F 1 6 C | 33/14 | (2006.01) | F 1 6 C 33/14 Z |

請求項の数 13 (全 15 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2000-505430 (P2000-505430) | (73) 特許権者 | 591037096 フォルクスワーゲン・アクチエンゲゼルシ ヤフト VOLKSWAGEN AKTIENGE SELLSCHAF T ドイツ連邦共和国、38436 ウオルフ スブルク |
| (86) (22) 出願日 | 平成10年7月20日(1998.7.20) | (74) 代理人 | 100069556 弁理士 江崎 光史 |
| (65) 公表番号 | 特表2002-516961 (P2002-516961A) | (74) 代理人 | 100092244 弁理士 三原 恒男 |
| (43) 公表日 | 平成14年6月11日(2002.6.11) | (74) 代理人 | 100093919 弁理士 奥村 義道 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/EP1998/004496 | (74) 代理人 | 100111486 弁理士 鍛冶澤 實 |
| (87) 国際公開番号 | W01999/006722 | | |
| (87) 国際公開日 | 平成11年2月11日(1999.2.11) | | |
| 審査請求日 | 平成17年4月13日(2005.4.13) | | |
| (31) 優先権主張番号 | 197 32 401.0 | | |
| (32) 優先日 | 平成9年7月28日(1997.7.28) | | |
| (33) 優先権主張国 | ドイツ(DE) | | |
| (31) 優先権主張番号 | 197 33 197.1 | | |
| (32) 優先日 | 平成9年8月1日(1997.8.1) | | |
| (33) 優先権主張国 | ドイツ(DE) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固着された滑り軸受層を備えた連接棒

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連接棒端部を有する連接棒を製作するための方法であって、この連接棒端部内に軸受層が配置され、この軸受層が軸受材料を溶射することによってこの連接棒端部に被覆形成され、その際、

この軸受材料が溶射の過程で種々の温度で連接棒端部に溶着される様式の上記方法において、

軸受材料を連接棒端部に溶着する開始温度は、この温度で軸受層全体を溶着する際にこの連接棒端部の材料が焼きなましする程に高く選択され、

次いで、上記軸受材料の切除すべき層が、低い温度で、高い多孔率の層として溶射され、

次いで、上記切除が、この低い温度で溶射された範囲だけでなく、上記高温で溶射された軸受層範囲内まで行われること、

を特徴とする方法。

【請求項 2】

軸受材料を連接棒端部に溶着する温度が、この温度で軸受層全体を溶着する際に連接棒端部の材料が焼きなましするように選定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

軸受材料の溶着温度が溶射の過程で低下することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

溶射される軸受材料が機械的に後加工されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 5】

低い温度で溶着された軸受材料の少なくとも一部が切除されることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の方法。

【請求項 6】

温度が、軸受材料の供給の変更によって変化され、その際、軸受材料の供給の変更が、軸受材料の原料の変更およびまたは供給される軸受材料の粒の大きさの変更およびまたは単位時間あたりの軸受材料供給量の変更によって行われることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の方法。

10

【請求項 7】

軸受溶射層を形成する前に、粒子噴射によって接続棒端部をざらざらにすることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 8】

山と谷の平均高さ R_A が $4 \sim 30 \mu\text{m}$ になるように、接続棒端部をざらざらにすることを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】

軸受材料がプラズマ溶射によって被覆形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一つに記載の方法。

20

【請求項 10】

軸受材料として、金属が被覆形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 11】

軸受材料でコーティングされる接続棒端部を互いに同心的に重ねて、接続棒が処理されることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 12】

軸受材料が、後加工の後で、 $150 \sim 800 \mu\text{m}$ の厚さに形成されることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 13】

接続棒端部が刻み目形成と破断によって開放されることを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれか一つに記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

本発明は、請求項 1 の上位概念に記載した接続棒の製作方法に関する。

【0001】

今日使用される、特に内燃機関用の接続棒は、いわゆる切断型接続棒としてまたはクラック型接続棒として形成される。この場合、クランク軸を取り囲む接続棒大端部が切断されるかまたはクラックを形成される。接続棒小端部は通常は開放されない。というのは、真っ直ぐなピンを介してピストンに連結されるからである。

【0002】

軸受の荷重に応じて、接続棒端部は異なる軸受ブッシュ（滑り軸受）を備えている。軸受ブッシュとしては特に、支持シェル材料が使用される。この支持シェル材料は通常は DIN 17210 または SAE 1010 に従って鋼 C10 によって形成される。軸受ブッシュは形状や用途に応じて冷間硬化させることができる。この支持シェル材料には、本来の滑り軸受層、例えば軟質金属、銅と鉛の合金、軽金属、スパッタリング層等が、予想される軸受荷重に応じて被覆形成される。軸受ブッシュは 3 成分軸受ブッシュ、2 成分軸受ブッシュまたは中実ブッシュ等として形成される。組み立ての後で軸受ブッシュが申し分ないように固着されるようにするために、軸受ブッシュは初期応力を加えて取付けられる。

40

【0003】

50

軸受ブッシュは材料的なコスト要因であるだけでなく、製造コスト要因を有し、かつ故障源でもある。例えば組み立て時に軸受ブッシュまたは軸受ブッシュ半部の挿入を忘れることがあり、それによって重大なエンジン故障につながる。

【0004】

本発明の課題は、滑り層の強度が大きな接続棒軸受を製作することである。

【0005】

この課題は請求項1の手段によって解決される。

【0006】

従属請求項は好ましい実施形を示している。

【0007】

本発明では、特に接続棒大端部であるかまたは場合によっては接続棒両端部である接続棒端部内に、軸受ブッシュはもはや挿入されず、軸受層が溶射によって接続棒端部に直接的に被覆形成される。溶射としては特にプラズマ溶射が使用される。接続棒は特に内燃機関の部品である。軸受層の接着引張り強度を高めるために、接続棒端部の被覆すべき材料をざらざらにすることができる。この場合、異なる粒度勾配曲線で溶射すると有利である。軸受層上の残留オイル量を増大させるために、軸受層は溝を有し、およびまたは多孔性である。

【0008】

本発明では、軸受材料が溶射特にプラズマ溶射の過程で種々の温度で基質上に溶着される。これら種々の温度は、極めて異なるパラメータ変更によって達成可能である。この場合、1つまたは複数のパラメータを変更することができる。変更すべきパラメータは特に、温度を上昇させるための、バーナーの電流または電圧の上昇、冷却ガスまたは担体ガスの供給低減、燃焼ガス(例えば水素)供給増大、供給すべき軸受材料の流量の低減、軸受材料の粒度の縮小または軸受材料の組成の変更である。溶着温度を低下させるためには、1つまたは複数のパラメータの場合において上記と逆に変更される。

【0009】

軸受材料の被覆形成温度が溶射の過程で低下させられると特に有利である。基本的には、後の時点で、被覆形成温度を再び高めることができる。しかし、低下したままであると有利である。溶射される軸受層の表面が切除されるときに、軸受層の切除すべき部分が低い温度で溶射されると特に有利である。この場合、切除は好ましくは、高温で溶射された軸受層範囲内まで行われる。この方法の場合には、軸受層の切除すべき範囲が、軸受層の後加工の後で切除される比較的的低価値の層部分(schichtanteil)を含むように、温度が低下させられると特に有利である。

【0010】

本発明による方法の場合には、軸受材料を接続棒基質に被覆形成する開始温度は、被覆形成温度で処理されるように高めることが可能である。この被覆形成温度は、必要な軸受層全体をこの温度で被覆形成するとき、接続棒材料を焼きなましさせること(Ausgluehen)になるような温度である。これにより、接続棒端部の基質に対する軸受層の接着強度が非常に高くなり、所望される場合には、軸受層の低い多孔率が達成される。

【0011】

本発明に従って有利に使用される異なる粒度勾配曲線は、メッシュ分級とも呼ばれる。この場合、本発明に従って、特に16~230メッシュ(16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 170, 200, 230)の等級が使用される。メッシュの数は、使用される篩の平方インチ(6.45cm²)あたりの穴の数である。誤差および篩ワイヤ太さを含めた個々の粒度勾配曲線は例えば、化学と物理のハンドブック(Handbook of Chemistry and Physics)64版、1983/84年、CRC Press Inc.、フロリダ州、S.F-114から推察可能である。

【0012】

接続棒の熱コーティングの際、例えばアルミニウム青銅からなる使用可能な軸受層は、

10

20

30

40

50

高い層内部応力を有することが判った。この層内部応力は特に、多孔率の低い材料を被覆形成することによって高められる。この場合、軸受層の接着強度を高めるための手段が必要であることが判った。これは本発明に従い、高い被覆形成開始温度のほかに、接続棒端部が少なくとも1つの細かい粒度勾配曲線と少なくとも1つの粗い粒度勾配曲線によってサンドブラスト（粒子噴射）されることによって有利に達成される。

【0013】

接続棒軸受の信頼性のある形成は、軸受力を確実にかつ許容温度で伝達するために、軸受の耐摩耗設計および構造を必要とする。耐摩耗性は、滑り面が耐荷重能力のある潤滑フィルム（オイルフィルム）によって互いに分離されているときに達成される。このような潤滑フィルムは滑り軸受の場合、やや偏心的な軸支承によって生じる。これにより、回転軸はポンプ作用を有し、このポンプ作用は潤滑剤（エンジンオイル）を（偏心した）軸受隙間内に搬送する。この場合、収斂する軸受隙間ではオイル圧力が高まる。すなわち、潤滑剤は狭い横断面内に押される。この場合、軸の回転運動が開始されるときまたは非常にゆっくり行われるときに、“境界潤滑”（境界面摩擦 - ジャーナル上の軸受材料）の状態が生じる。回転運動が速くなることにより、つながるオイルフィルムがまだ形成されていなくても、オイルフィルムはジャーナルを支持する働きをする。これは“混合摩擦”、すなわち同時に行われる境界面摩擦と浮動摩擦の状態である。この状態は主としてエンジンの始動および停止時に生じる。回転速度が更に上昇すると、軸受遊びの半分の厚さの、流体力学的に支持する潤滑フィルム層が形成される。この状態は“浮動摩擦”である。この場合、軸受遊びは通常は15 ~ 60 μmである。

【0014】

特に滑り軸受層内の微小孔およびまたは溝に関連して、適当な軸受材料によって接続棒（大）端部を本発明に従ってプラズマコーティングすることにより、接続棒軸受内に大きなオイル保持容積（オイル収容容積）が形成される。それによって、相対的に運動する部品の摩擦ひいては摩耗が、特に境界潤滑および混合摩擦の際に低下する。オイル保持容積は少なくとも1つの溝を接続棒軸受に形成することによって大幅に改善される。この溝は半径方向溝として形成すると特に有利である。オイル保持能力を更に高めるために、この溝は加工しないでそのままになっている。すなわち、製作上の原因でざらざらした表面を有する。

【0015】

好ましくは切削加工される滑り軸受面の多孔性でかつ圧力に対して安定している表面構造と、非常にざらざらした表面構造を有する加工されていない溝は、いかなる軸受状態でも、回転運動やオイル圧力に関係なく、或る程度のオイルを軸受内に貯蔵する働きをする。これにより、低いクランク軸回転数のときに既に境界面摩擦と混合摩擦の状態を通過し、それによって（ほとんど）摩耗しない流体力学的潤滑状態を早く達成することができる。すなわち、エンジン始動状態およびエンジン停止状態での緊急時回転特性が大幅に改善される。それによって、同じ軸受寸法で大きな軸受荷重が可能である。

【0016】

本発明は次の効果を奏する。接続棒の場合一般的である、滑り軸受面を形成する軸受ブッシュを省略可能である。というのは、本発明に従い、軸受コーティングが接続棒材料に形成され、挿入される何らかの要素には形成されないからである。これにより同時に、軸受ブッシュの組み立てが不要である。軸受ブッシュの省略およびまたは本発明による滑り軸受層の後切削加工により、誤差が小さくなる。普通の接続棒軸受の場合には、3つの誤差がある。第1の誤差はクランク軸の誤差であり、第2の誤差は接続棒内の（軸受ブッシュの）滑り層によって決定され、第3の誤差は軸受ブッシュを挿入する接続棒端部によって決定される。本発明によるコーティングと軸受層の後加工によって、第3の誤差が無くなる。更に、本発明に従い、ボルト範囲に大きな材料厚さを有する。というのは、本発明に従って被覆形成される軸受層は、軸受ブッシュよりも薄い厚さを有するからである。これにより、接続棒の外形寸法が同じ場合に大きな荷重が可能である。第3の誤差（接続棒端部の誤差）は、本発明の場合には、非常に大まかに定寸可能である。というのは、第2

10

20

30

40

50

の誤差寸法まで例えば精密スピンドル（精密ホーニング）によって切除される後続のコーティングによって、この第2の誤差が相殺可能であるからである。

【0017】

本発明に従い、軸受層は好ましくは、場合によっては層を切除した後で、少なくとも表面に或る程度の多孔性を有するように溶着される。この多孔性は、酸化物封じ込めによって形成される微小孔を有する軸受層が形成されることによって得られる。この酸化物は層表面の後加工時にブローチ加工されて露出した微小孔を形成する。多孔率は軸受面において好ましくは約0.2~6%、特に0.5~4%である。更に、微小孔が互いに接続しておらず、微小孔の孔容積が主として閉じた孔によって形成されていると有利である。この微小孔は流体力学的微小圧力室潤滑システムを形成する。この場合、微小孔は例えば表面加工（例えば精密スピンドル加工）の切削加工工程によって開放される。この場合、滑り軸受面内の孔はオイル保持室としての働きをするので、エンジンスタートまたはエンジン停止の瞬間に、およびクランク軸の回転が開始されるときまたは徐々に停止するとき、例えば滑り軸受内のオイル圧力が既に低下しているかまたは上昇させなければならなくても、微小孔からのエンジンオイルがクランク軸に付着することによって、滑りフィルム形成（浮動摩擦）のために十分なオイル量が供される。本発明による微小圧力室システムによって、混合摩擦の範囲が大幅に短くなる。これによって、鉛合金、亜鉛合金またはニッケル合金等のような付加的な滑り軸受物質を挿入しないで、軸受の緊急時回転特性が大幅に改善される。孔の大きさと孔の容積は好ましくは、滑り表面の軸受荷重に応じて溶射時に調節される。通常は、孔容積の大部分は0.2~250 μ m、特に1~50 μ mの大きさの孔である。

10

20

【0018】

本発明による軸受層の製作時の普通の工程は次の通りである。先ず最初に、被覆すべき基質表面（例えば連接棒大端部）が洗浄され、特に脂肪が除去される。これは例えば高温蒸気によって行われる。続いて、基質表面が例えば Al_2O_3 によってサンドブラストされる。この場合、 SiO_2 または SiC を使用してもよい。噴射圧は好ましくは3~8バール、特に4~6バールである。その際、異なる粒度で加工される。この場合好ましくは、増大する粒度（粗くなる粒度勾配曲線）が使用される。すなわち、先ず最初に、細かい粒子が砂吹きされ、そして粗い粒子が砂吹きされる。少なくとも3の異なる粒度（粗くなる粒度勾配曲線）が使用されると特に有利である。この場合、粒度は普通のメッシュ範囲内にある。細かい粒度のためには好ましくはメッシュ80以下、特にメッシュ100~230が使用される。中間の粒度のためには好ましくはメッシュ100~40、特にメッシュ80~45の粒子の大きさが使用される。粗い粒度のためには好ましくはメッシュ45、特にメッシュ30から特にメッシュ16（標準粒度600 μ m~1.18mm）までが使用される。

30

【0019】

サンドブラストの際の異なる粒度によって、刻み目、例えば破断刻み目または溝の範囲においても、良好な表面粗さが得られる。この場合、滑らかな範囲においては、山と谷の平均高さRAが約5~10 μ m、特に6.5~8 μ mの表面構造が得られ、RZの場合約35~60 μ m、特に42~54 μ mである。このようなサンドブラストによるざらざらによって、連接棒上の溶射層の接着引張り強度がきわめて良好である。

40

【0020】

続いて、 $AlCuFe$ 合金（アルミニウム青銅）によるプラズマコーティングが行われる。好ましくは多孔率が増大する溶射軸受層が作られる（その代わりにまたはそれに加えて、溶射中温度を低下させる手段が使用される）。この場合、第1の層として、低い（小さい）多孔率（2%以下、特に1%以下）を有する層が作られる。そのためには例えば約38 μ m（400メッシュ）の粉末粒度が適している。この下側のコーティングは約100~300 μ m、特に200~250 μ mの層厚で作られる。次いでこの層の上に、約2~6%、特に2.5~4%の多孔率を有する1つの層が形成される。この場合例えば、約63 μ m（メッシュ230）の大きさの粉末粒子が使用される。この場合、粉末粒度は、

50

粉末の少なくとも40重量%、特に少なくとも50重量%が標準粒度以下であり、好ましくは少なくとも70重量%、特に少なくとも80重量%が最も近い等級内にあり、少なくとも90重量%がダブル直径（ハーフメッシュ大きさ）内にあるように選定される。

【0021】

この場合、層厚は下側のコーティングのために記載した範囲内で選択される。1つだけの層を形成するときには、この層の厚さは好ましくは100～600 μm 、特に200～400 μm である。

【0022】

本発明では、多孔率が低下するにつれて層内部応力が増大することが判った。それによって、接続棒端部から層が剥離する危険がある。本発明は特に、接続棒端部における層のきわめて高い接着強度が達成される特別なサンドブラストステップによって、この危険に対処する。本発明に従って他方では、層の被覆形成温度を高めることによって、大きすぎる層内部応力による層の剥離が防止される。これは例えばプラズマバーナーの電圧または電流を高めることによって行われる。これにより、層は基質（接続棒端部）に良好に分配され、良好な接着が達成される。これは好ましくは、被覆層が上記のように或る程度低い多孔率を有するような程度でのみ行われる。他方では、被覆形成温度の増大は基板の焼きなましの危険をもたらす。すなわち、基板が過熱され得る。これは特に鉄材料の場合に問題である。本発明ではこれに対処するために、下層だけが低い被覆形成温度で溶着される。更なる（weitere）層形成は低温でかつ高い多孔率で行われる。この高い多孔率が所望な滑り軸受に適していないときには、この高い多孔率の層を後続の加工の際に切除すると、本発明にとって問題ではなくなる。この場合、高い多孔率の層、即ち（bzw.）低温で被覆された層は、機械的な後加工のための基質形成のためにのみ役立つ。

【0023】

軸受層の被覆形成は好ましくは1回の作業工程で行われる。すなわち、コーティングは中断されない。異なる多孔率を達成するために、自動的な粉末適合およびまたはパラメータ適合が行われると有利である。

【0024】

下側の軸受層は好ましくは、例えば軸受ブッシュの破断の際に接続棒のクラック形成によって生じる非円形部（代表的な非円形部は30～150 μm ）を覆い、後加工のために所望される厚さを得るために、接続棒の軸受材料上に方法技術的に簡単に被覆形成可能な特に多孔性の更なる層によって覆うことができる。この層は本来の滑り軸受層（低い多孔性層）内まで大きな問題なく切除可能である。この方法により、層内部応力の調整、接続棒の焼きなまししないことまたは少しだけ焼きなましすること、および、滑り軸受層の大きな接着引張り強度が達成される。この接着引張り強度は通常は20 N/mm^2 以上、特に25 N/mm^2 以上である。28 N/mm^2 以上の接着引張り強度が可能である。アルミニウム青銅によって例えば約185 $\text{HV}_{0.3}$ 以上の層硬さが得られる。

【0025】

主としてディーゼルエンジンにおいて設けられるような、接続棒、特に接続棒大端部の高荷重滑り軸受層のために、滑り軸受層内の残留オイル量を増大させると有利である。これは本発明に従い、滑り軸受層内に1つまたは複数の潤滑溝を形成することにより、エンジン停止時またはアイドル回転数以下のエンジン回転数においてオイル保持容積を増大させることによって達成される。これによって、エンジン始動またはエンジン停止時に、混合摩擦の範囲を短時間で通過する。この短い時間は滑りフィルムの長い維持または迅速な形成の結果である。この滑りフィルムは、微小孔または溝からのエンジンオイルがクランク軸に付着することによって生じる。特に多孔性表面と共に、軸受層に少なくとも1個の溝を形成することによって、ポンプのオイル圧力が既に低下したり、上昇し始めるときでも、潤滑フィルムは“長く”維持される。溝が主として半径方向に、すなわち周方向に延びていると、溝効果が特に有利である。その際、溝が閉じていると、すなわち無端溝、特にリング状の無端溝であると特に有利である。溝は好ましくはV字形または台形に形成される。この場合、溝の側面は互いに特に30～80°、特に45～60°をなしてい

10

20

30

40

50

る。溝の深さは0.2～1mm、特に0.4～0.6mmが適している。溝の数は特に、滑り軸受の幅、滑り軸受の接触面積の割合および必要な付加的なオイル保持容積に依存する。上記の溝形状と溝深さは、溶射コーティング前の状態である。溶射コーティングとしてプラズマ溶射を使用すると特に有利である。

【0026】

1つまたは複数の溝を形成した後で、基質表面は好ましくは、滑り層、特に上記の異なる多孔率の複合軸受層で被覆される。それに続く軸受面の後加工の際、特に溝が後加工されないかまたは少しだけしか後加工されないの、ざらざらした(プラズマ)層構造がきわめて良好なオイル保持を生じる。

【0027】

軸受層の溶射の際に、金属が溶射されると有利である。この場合、好ましくは金属合金が使用される。更に、好ましくはいろいろな金属の混合物(特に金属合金)が使用される。このような混合物は例えばアルミニウムと亜鉛の混合物である。この場合、個々の成分を粉末形態で混合することによって、混合物が特に有利に得られる。金属粉末の分級は特に個々の溶射パラメータに依存し、専門家による一連の実験で容易に検出可能である。軸受材料としては、青銅、特にアルミニウム青銅(アルミニウム/亜鉛)が好ましいがしかし、銅の青銅や金属-軟質物質-層およびまたは金属-固体潤滑物質-層を使用することができる。軟質物質としては、例えば亜鉛のような軟質金属が使用され、この軟質物質は例えばアルミニウム合金(アルミニウム/銅/マグネシウム/クロム)のような硬い金属内に分配される。しかし、軟質物質として、例えばフルオロポリマー(例えばポリテトラフルオロエチレン)のような他の材料を使用することができる。固体潤滑物質としては、二硫化モリブデン、窒化ホウ素またはグラファイトのような化合物が適している。

【0028】

軸受材料を過剰に溶射すると有利である。この軸受材料は続いて後加工される。後加工のために、例えばホーニング、特に精密スピンドル加工が適している。ホーニングの際に好ましくは、軸受材料の20～300μm、特に50～200μmが切除される。精密スピンドル加工の際に、過剰量は好ましくは50～1000μm、特に100～500μmである。

【0029】

(余剰量の切除の後の)完成した軸受層は特に、150～800μm、特に200～500μmである。このような層は、2.5mmの範囲内の厚さの普通の軸受ブッシュよりも非常に薄い。これは、多くの材料が接続棒に残ったままであること(高荷重に耐える)あるいは軽量の接続棒を製作することができることを意味する。

【0030】

本発明では、溶射によって軸受材料で被覆される接続棒端部は好ましくは、軸受材料を被覆形成した後で初めて開放される。この方法は、接続棒端部が破断される(クラックを形成される)ときに使用される。この方法の場合には、接続棒端部は(内側に)所望な破断個所に各々1つの刻み目を備えている。この刻み目がレーザーによって形成されると有利である。この場合例えば、FKレーザーが約45°で接続棒端部に作用する。レーザー出力として特に5～10kWが使用される。刻み目は好ましくは幅が0.3～0.8mmであり、深さが0.2～0.7mmに形成される。破断個所は通常は接続棒端部のほぼ中央に形成される。その代わりに、エロージョンによってまたはブローチ工具を用いて例えば突くことによって刻み目が形成される。

【0031】

接続棒端部に刻み目を形成し破断する際に、まず最初に接続棒に刻み目を入れ(例えば工具、レーザーまたはエロージョンによって)、そして溶射によって軸受材料を被覆し、続いて破断すると有利である。この方法によらない場合に破断個所または個々の軸受ブッシュの間に存在する隙間が、この方法では無くなる(かまたは最小となる)。このような隙間はエンジン高負荷の場合に、オイルフィルムの亀裂を促進する。軸受材料のコーティングの前に刻み目を設けることにより、良好な潤滑特性が達成される。事情によっては、軸

10

20

30

40

50

受材料のコーティングの前に破断してもよい。それに続いて、軸受材料はもう一度（好ましくは刻み目なしで）破断される。

【0032】

接続棒端部が切断によって開放される場合、これは好ましくは、溶射による軸受材料の被覆の前に行われる。この方法の場合、接続棒端部が切断され、接続棒本体と接続棒キャップの合わせ面が個別的に滑らかにブローチ削りされる。この部品は続いて組み立てられ、穴とねじが形成されてボルト止めされる。再びボルト止めされた接続棒端部には好ましくは、特に軸受材料にコーティングの前に、（分離個所に）刻み目が形成される。続いて、軸受層を分離するために、接続棒端部が再び破断される。この場合、破断が不均一に行われるときには、軸受層自体に刻み目を入れなければならない。

10

【0033】

軸受層の上記加工（ホーニングまたはスピンドル加工）は好ましくは、接続棒端部の開放の後で初めて行われる。これによって、場合によって軸受層の破断時に発生する破断エッジのまくれが、過剰量の除去と同時に除去される。

【0034】

本発明に従って製作された接続棒には、オイル通路を接続棒端部に穿設することができる。このオイル通路は好ましくは、軸受層を被覆形成した後で初めて、特にその後加工の後で初めて、接続棒端部に穿孔される。この場合、オイル通路は接続棒本体を通して反対側の接続棒端部まで穿孔することができる。

【0035】

本発明に従って、軸受層を被覆した後で初めて、接続棒の端面（大きな側面）を後加工すると有利である。後加工は好ましくは端面の研削によって行われる。

20

【0036】

本発明による方法の場合、コーティングの前に、接続棒端部をざらざらにする加工ステップが設けられる。サンドブラストによってざらざらにすると特に有利である。しかし、高圧の液体を噴射してもよい。この場合、接続棒端部の材料、特にC70鋼は、山から谷までの平均高さRaが4~30μm、特に8~12μmになるようにざらざらにされる。このようなざらざらの平均高さの場合、接続棒端部の材料上での軸受材料のきわめて良好な接着が達成される。

【0037】

接続棒端部における軸受層のきわめて有利な製作のために、接続棒端部の少なくとも一方の端面が型で被覆される。この型は接続棒端部の範囲に穴を備えている。この穴は接続棒端部の穴とほぼ同じ大きさであるので、コーティングは型によって妨害されることがなく、接続棒端部の範囲における端面のコーティングが避けられる。一方の端面だけが型で被覆されると、他方の端面は好ましくはパレット上に載せられる。このパレットは接続棒の範囲に同様に、型のような穴を備えている。

30

【0038】

本発明に従って、個々の接続棒の端部が1回の作業工程でコーティングされると有利である。そのために、複数の接続棒、好ましくは2~10個、特に4~8個の接続棒は、コーティングすべき接続棒端部が円筒を形成するように重ねられる。そのために、接続棒を位置決めするホルダーを特殊パレット上に設けることができる。このホルダー内に接続棒が挿入される。この方法の場合、同時に被覆される接続棒は、それに続いて内燃機関と一緒に取付けるために、グループとして持続的に取り扱われる。内燃機関のすべての（同じような）接続棒は重ねることによって一緒にコーティングされる。シリンダの数（例えば12シリンダ）のためにこれが不可能であるときには、少なくとも1つのシリンダバンクの接続棒（V12エンジンの場合には6個）が重ねてコーティングされる。この方法により、同じ品質の接続棒を内燃機関に取付けることができる。

40

【0039】

特に複数の接続棒を重ねてコーティングするときに、溶射中、ガス流が接続棒端部を通過すると特に有利である。ガス流としては特に、調和され浄化された空気が適している。

50

特に、空気は脂肪や水分を含まないようにすべきであり、かつできるだけ所定の温度範囲（約20）内にあるようにすべきである。空気流は好ましくは、3～15 m/s、特に5～8 m/sの流速（空気下降速度）を有する。ガス流によって、溶射時に発生するスプレーしぶきが吹き飛ばされる。

【0040】

軸受材料の溶射は特に、回転する噴射ノズルによって行われる。この噴射ノズルは特に、接続棒端部の上方で回転して接続棒端部内に入れられる。このような噴射ノズルによって、接続棒端部にきわめて均一なコーティングが行われる。噴射ノズルは本発明による接続棒のコーティングの際に、接続棒内への特に0.5～20 mm/s、特に2～8 mm/sの送りによって接続棒端部に通される。

10

【0041】

溶射の際に、軸受材料の複数の層が接続棒端部に被覆されると特に有利である。この場合、4～30個の層を接続棒端部に形成することができる。その際、この層は好ましくは異なる方向に被覆される。これは、層品質を改善する働きをする。これは接続棒端部の場合、噴射ノズルが内部に挿入されるときと外に出されるときに接続棒端部をコーティングする。この場合、回転する噴射ノズルは特にその回転方向を維持する。

【0042】

本発明では、接続棒が大量生産で軸受材料によって被覆される。この場合、一連の個々の接続棒を測定すると有利である。この場合、特に山と谷の平均高さRaおよびまたは軸受材料自体（例えば混合物を使用する際の軸受材料の分布の均一性）が測定される。接続棒の測定が破壊せずに行われると特に有利である。

20

【0043】

上記の特徴と手段および次に説明する特徴と手段は、接続棒のような本発明による方法のために同じように適用される。

【0044】

次に、図と実施の形態に基づいて本発明を詳しく説明する。

【0045】

上述の方法ステップは一部だけが必須である。基本的には個々の方法ステップを省略、補足、代替的实施およびまたは他の方法ステップと交換可能である。

30

クラック型接続棒の製作工程

今まで例えばC70鋼製の軸受ブッシュを備えていたような普通の接続棒1（図1, 2）が、製作ラインに置かれる。これに続いて、側面2の粗研削が行われる。続いて、接続棒大端部3と小端部4が予備加工される。すなわち、寸法が合わせられる。更に、接続棒キャップ9のためのねじ穴加工が側面2で行われる。すなわち、穴5とねじ6が形成される。

【0046】

クラッキングの準備のために、FKレーザ7が45°の角度で接続棒大端部3に向けられる。このレーザ7によって、接続棒大端部3の両側と中央にそれぞれ、幅が約0.5 mmで深さが約0.3～0.5 mmの刻み目が形成される。その代わりに、ブローチ工具によって刻み目を形成してもよい。

40

【0047】

刻み目8が形成された後で、接続棒大端部3は、後述するように、プラズマコーティングされる。プラズマ層を形成した後で、接続棒大端部3はプラズマ層と共に、約100 kNの破壊力を有する破断装置によってクラック（亀裂）を入れられる。破断箇所は洗浄され（圧縮空気を吹き付けられ）、破断した接続棒キャップ9はボルト10によって、所定のトルクで組み立てられる。接続棒小端部も、ブッシュ11を圧入することによって組み立てられる。その後で、端面12が仕上げ研削される。

【0048】

今や、大端部3と場合によっては小端部4は寸法16（図3）となる。これは、精密ド

50

リルすなわち精密スピンドルによって行われる。続いて、接続棒は仕上げ洗浄、測定および分級される。

切断型接続棒の製作工程

切断型接続棒の製作過程は上記の過程と実質的に同じであるがしかし、接続棒端部は側面、ヘッド面およびボルト座をブローチ削りした後で、切断によって分離される。切断の後で、接続棒本体の合わせ面と接続棒キャップの合わせ面は別々にブローチ加工される。これに洗浄ステップが続く。この洗浄ステップの後で、接続棒小端部が粗加工および仕上げ加工される。今や、側面に穴とねじを形成することによって、キャップボルトが挿入される。接続棒本体と接続棒キャップの合わせ面が仕上げ研削され、もう一度洗浄され、接続棒キャップが接続棒本体に取付けられる。切断面に再びF Kレーザによって刻み目が形成され、続いて接続棒大端部が軸受層を備える。この軸受層は続いて再び破断される。

10

【0049】

例えば接続棒小端部4への圧入のような軸受ブッシュ11の個々の製作ステップは、工程全体の異なる個所で行うことができ、例えばプラズマコーティングの前に行うことができる。

接続棒大端部の製作工程のプラズマコーティング

プラズマコーティングのために、接続棒は洗浄され、接続棒大端部は高温蒸気で脱脂され、その後残留水分が乾燥除去される。このようにして前処理された接続棒は4～8本上下に重ねられるので、接続棒大端部が特殊パレットの穴上に同心的に位置する。その際、接続棒は好ましくは、予備加工された接続棒小端部と接続棒本体または側面によって方向づけられて固定される。接続棒を載せた特殊パレットは、準備領域を経てサンドブラストユニット内に達する。このサンドブラストユニット内では、接続棒大端部は砂噴射によってざらざらの凹凸の(山から谷までの)平均高さが約8～12 μm となる。続いて、接続棒は洗浄ステーションに移動し、噴射された表面に圧縮空気が吹き付けられて清掃される。前処理された接続棒は最後に、プラズマステーションに移動する。このプラズマステーションでは、接続棒大端部が回転するプラズマバーナーによって、約0.5mmの層厚でアルミニウム青銅が被覆される(図3)。被覆された接続棒はその後で、冷却領域に達し、そこから、冷却された接続棒は特殊パレットによって取り出され、上述の再加工部に供給される。

20

30

【0050】

本発明に従って製作された接続棒は、接続棒大端部に軸受ブッシュを含んでいないので、軸受ブッシュの組み立てと、軸受ブッシュの保持溝またはデバリングが省略されるという利点がある。これにより、プラズマ層の形成はコスト的に競争力がつく。更に、プラズマコーティングされた接続棒は組み立て信頼性が高まる。というのは、軸受ブッシュの組み立てを逸することがないからである。

【0051】

本発明による接続棒は大端部において、軸受押えの範囲内に大きなウェブ幅を有する。というのは、後加工の後で、プラズマ層がたったの約0.3mmの厚さであり、軸受ブッシュの厚さが2.5mmに増大するからである。これにより、高負荷エンジンのための接続棒高負荷およびまたは重量の低減が可能である。更に、2個の軸受ブッシュ半部の間隙間がなくなる。高負荷の場合、この隙間のところでオイルフィルムが途切れ始める。それによって、本発明に従って製作された接続棒は良好な潤滑特性を有する。

40

被覆形成工程

上述の製作工程で述べたように、半径方向の溝を有するコーティングすべき表面の洗浄は高温蒸気によって行われる。この場合、実際に100%の脂肪除去が達成される。基質表面(鉄材料、例えばC70)をざらざらにすることは、約4～6パールの噴射圧力でかつ粒の大きさを高めて、 Al_2O_3 による複数回のサンドブラスト処理を行うことによ

50

て達成される。クラック型連接棒またはコーティング型連接棒における、侵食される破断刻み目のための第1回目の噴射作業は、0.063～0.15mm（230～100メッシュ）の粒径で行われる。基質表面と半径方向溝のための第2回目の噴射作業は0.18～0.35mm（80～45メッシュ）の粒径で行われ、基質表面と半径方向溝のための第3回目の噴射作業は0.6～1.1mm（30～16メッシュ）の粒径で行われる。更なる作業ステップとして、続いてアルミニウム-銅-鉄-合金によるプラズマコーティングが行われる。この場合、例えばアルミニウムを5～15%、鉄を1～5%、コバルトを1～4%そしてマンガンを含0.5～4%含むアルミニウム青銅、特にアルミニウムを9～12%、マンガンを含約2%、コバルトを含約2～2.5%そして鉄を含約3～4%含むアルミニウム青銅を使用することができる。第1回目のプラズマコーティングは約200～250μmの層厚でそして平均で約38μmのコーティング材料の粉末粒度で行われる。この場合、その都度使用されるバーナーに関連する被覆パラメータによって、層内に1%以下の多孔率が生じる。幾分粗い粉末粒（約65μm）によって中断しないで更にコーティングが行われる。この場合、200～250μmの層厚が形成される。この場合、装置パラメータは1.5～3.5%の多孔率が達成されるように調節される。

10

【0052】

このようなコーティングは半径方向溝なしの軸受においても行うことができる。

半径方向溝を備えた切断型連接棒の製作工程

次に、全体の製作工程について説明する。個々の作業ステップは既述のように、作業計画に応じて省略、交換、補足または他の作業ステップと置換可能である。

20

【0053】

連接棒未加工品を納品した後で、この連接棒未加工品は製造ライン上に置かれる。この製造ラインでは、端面12の予備研削（粗研削）とブローチ加工が行われる。続いて、側面2、ヘッド面およびボルト座がブローチ加工され、連接棒大端部が分離される。その後で、合わせ面30と連接棒大端部3のブローチ加工が行われる。この場合、連接棒本体と連接棒キャップ9は個別的に加工される。部品を洗浄した後で、連接棒小端部4が粗加工および仕上げ加工され、連接棒キャップボルト10のために穴とねじが加工される。連接棒小端部4に軸受ブッシュ11が圧入され、押圧され、面取りされる。連接棒本体と連接棒キャップ9の合わせ面30は仕上げ研削され、全体がもう一度洗浄される。

30

【0054】

その後で、連接棒キャップ9は所定のトルクで連接棒本体に締結され、そして半径方向溝32を使用する場合には、溝が例えばフライス加工または旋盤加工によって連接棒大端部に形成される。

【0055】

プラズマ層15, 16を後で開放するために、破断刻み目が例えばエロージョンまたはレーザによって連接棒大端部に形成される。それに続いて、連接棒大端部のプラズマコーティングが行われる。

【0056】

必要な場合には、連接棒の種類に応じて、オイル通路を（連接棒大端部から連接棒本体を通過して連接棒小端部まで）穿孔することができる。これはガソリンエンジンの場合に行うことができ、たいいていの場合ディーゼルエンジンで行われる。

40

【0057】

被覆されたプラズマ層15は連接棒キャップボルト10を弛めることによってクラックが入られる。これはプラズマコーティングに応じて、しばしばプラズマ層15の内部応力によって行われる。連接棒キャップ9が取り外され、破断個所が吹き飛ばしによって洗浄される。続いて、連接棒キャップ9が再び取付けられ、連接棒キャップボルト10が所定のトルクで締付けられる。連接棒大端部が両側を面取りされ、そして代替物に応じて半径方向溝のエッジが破断される（丸められる）。

【0058】

50

その後で、端面 1 2 が仕上げ研削され、接続棒小端部 4 が仕上げ穿孔され、接続棒大端部 3 が軸受層 1 6 上に固有の軸受面を形成し微小孔 3 3 を露出させるために、仕上げスピンドル加工される。その後の洗浄の後で、接続棒が定寸され、分級される。この場合好ましくは、2つの誤差等級が選択される。

【 0 0 5 9 】

このようにして製作された接続棒は組み立てラインで分解され、組み立てラインで内燃機関のクランク軸 3 4 に取付けられる。

【 0 0 6 0 】

接続棒大端部をプラズマコーティングし、場合によってはオイル通路を穿孔した後で、接続棒大端部の両側を面取りし、代替物に応じて半径方向の溝エッジを丸めることができる。これに続いて、端面の仕上げ研削が行われ、接続棒小端部が仕上げ穿孔され、接続棒大端部が仕上げスピンドル加工される。接続棒を洗浄、定寸および分級した後で、特に組み立てラインで直に、接続棒キャップボルトを弛めることによってプラズマ層にクラックが形成される。接続棒キャップが取り外され、破断個所が例えば吹き飛ばしによって清掃される。そして、接続棒は内燃機関のクランク軸に取付けられる。

【 0 0 6 1 】

例えば接続棒キャップボルト用穴をややずらすことによって、接続棒におけるキャップのねじれ防止が有利に行われる。それによって、プラズマ層にクラックを形成する際に生じるぎざぎざが再び互いに同一に配向される。

クラック型接続棒の製作工程

接続棒未加工品（材料は例えば C 7 0 ）が製作ライン上に置かれ、粗研削される。この場合、側部が平らに研削される。接続棒大端部と小端部の粗加工と、軸受キャップのためのボルト穴加工（穿孔とねじ切り）が行われる。軸受の種類に応じて、例えばフライス加工または旋盤加工によって、1つまたは複数の半径方向溝が接続棒大端部に形成される。続いて、接続棒大端部に例えば F K レーザによって刻み目が形成される。このレーザは接続棒大端部に 4 5 ° で向けられる。レーザ出力は約 7 k W である。この場合、両側において、約 2 mm すれすれの幅と 0 . 5 mm すれすれの深さの刻み目が大端部の中央に形成される。この刻み目はブローチ工具によってあるいはエロージョンによって形成することができる。約 1 0 0 k N の破断力を有する破断装置によって、接続棒大端部にクラックが形成される。接続棒軸受キャップが取り外され、破断個所が例えば圧縮空気によって清掃される。続いて、接続棒軸受キャップが再び取付けられ、接続棒軸受キャップボルトが所定のトルクで締付けられる。その後、接続棒大端部がプラズマコーティングされ、軸受ブッシュが接続棒小端部に圧入される。接続棒大端部の両側が面取りされ、接続棒側部が仕上げ研削され、接続棒大端部と接続棒小端部が精密穿孔または精密スピンドル加工される。続いて、接続棒の完全な清掃（洗浄）と定寸と分級が行われる。組み立てライン上で接続棒が分解され、内燃機関のためのクランク軸に取付けられる。

【 0 0 6 2 】

特に接続棒キャップボルトを弛めることによるプラズマ層のクラック形成は、組み立てライン上で直接的にあるいはその前の時点で行うことができる。プラズマ層のクラック形成の後で、接続棒キャップ破断個所を清掃（吹き飛ばし）することが推奨される。

プラズマコーティングの製作工程

接続棒が洗浄され、少なくとも接続棒大端部が高温蒸気によって脱脂され、続いてできるだけ低い残留水分含有量まで乾燥される。複数の接続棒が接続棒大端部に対して同心的に重ねて特殊パレット上に積層される（通常は 4 ~ 8 個の接続棒）。この場合、固定は接続棒小端部と接続棒本体または側面を介して行うことができる。積荷された特殊パレットはニュートラルゾーンを経てサンドブラストユニットに入れられ、位置決めされる。接続棒大端部は上記の砂分級によって約 6 . 5 ~ 8 μ m の平均凹凸深さにサンドブラスト加工される。続いて、特殊パレットはサンドブラスト加工した接続棒と共に清掃ステーション

に移動する。この清掃ステーションでは、サンドブラスト加工された表面に圧縮空気が吹き付けられる。更に、特殊パレットはプラズマステーションに移動する。このプラズマステーションでは、接続棒大端部が先ず最初に、アルミニウム青銅性の小孔の少ない層で、続いて小孔が幾分多い層で、全体厚さが0.5mmになるまでプラズマコーティングされる。コーティングされた接続棒は冷却領域に移動させられ、パレットを冷却した後で再加工のためにパレットから取り外される。

【0063】

本発明は軸受ブッシュとその組み立てと保持溝とそのためのデバリングを省略することができるという効果がある。これによって、組み立て信頼性が高まる。プラズマコーティングによって、軸受キャップ固定部の範囲において大きなウェブ幅（小さな接続棒穴直径）が得られる。なぜなら、約2.5mmの軸受ブッシュ厚さの代わりに、0.5mmよりも薄いプラズマ層が使用されるからである。これによって、高負荷エンジンにおける接続棒高負荷または或る程度の重量低減が可能である。更に、構造的な原因により事情によってはオイルフィルムを破断することになる、2個の軸受ブッシュ半部の間の隙間が無くなる。プラズマコーティングによって、良好な潤滑特性が達成される。同時に、誤差が小さくなる。なぜなら、プラズマコーティングによって誤差等級が無くなるからである。小さな製作誤差によって良好なエンジン回転が達成される。プラズマコーティングにおいて半径方向溝を使用することにより、軸受の高荷重と、混合摩擦時間の低減が達成される。微小圧力室システムは、1つまたは複数の溝と組み合わせて、摩擦係数を改善する。溝は他の滑り軸受材料で被覆してもよい。この滑り摩擦材料は、コーティングを切削加工した後で溝内に存在する。このような軸受材料は鉛、亜鉛またはニッケルをベースとするものであってもよい。これによって、軸受の高荷重または寿命が達成可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 接続棒の正面図である。

【図2】 接続棒の側面図である。

【図3】 接続棒大端部の層構造を示す図である。

【図4】 クランク軸ジャーナルと微小孔の軸受層を備えた接続棒キャップを示す図である。

【図5】 半径方向潤滑溝を備えた図4の接続棒キャップを示す図である。

【図6】 複数の半径方向潤滑溝を備えた接続棒キャップを示す図である。

10

20

30

【 図 1 】

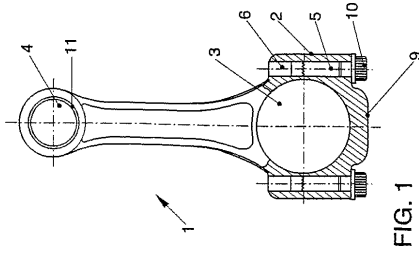


FIG. 1

【 図 2 】

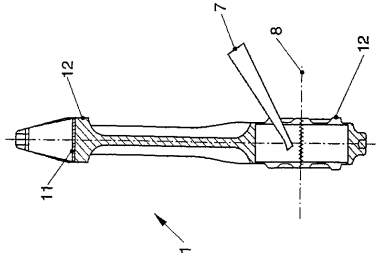


FIG. 2

【 図 3 】

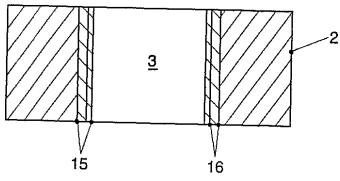


FIG. 3

【 図 6 】

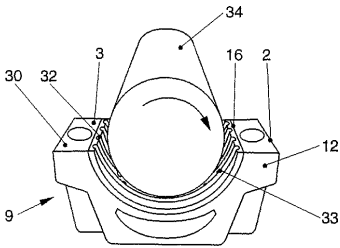


FIG. 6

【 図 4 】

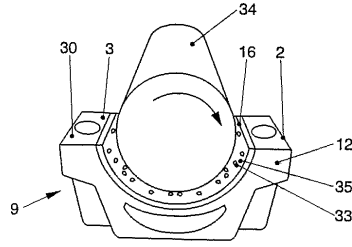


FIG. 4

【 図 5 】

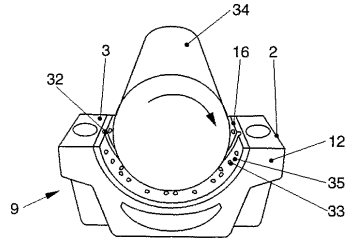


FIG. 5

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 197 33 930.1

(32)優先日 平成9年8月6日(1997.8.6)

(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

(72)発明者 シュレーゲル・ウッド

ドイツ連邦共和国、D - 3 8 1 5 9 ヴェヒエルデ、リーバーマンストラッセ、11

(72)発明者 フォーゲルザング・ラインハルト

ドイツ連邦共和国、D - 3 8 2 2 6 ザルツギッター、ファザーネンヴェーク、18

審査官 佐藤 高弘

(56)参考文献 国際公開第96/004485(WO, A1)

特開平09-067662(JP, A)

特開平05-263212(JP, A)

特開昭61-006421(JP, A)

特開昭61-228121(JP, A)

特表平07-506176(JP, A)

特開平08-296024(JP, A)

特開平08-284621(JP, A)

特開平09-085311(JP, A)

特開平03-064443(JP, A)

特開平07-197935(JP, A)

特表平01-500763(JP, A)

英国特許出願公開第01531222(GB, A)

特開平08-311634(JP, A)

特開昭55-018522(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 7/02

C23C 4/00

F16C 33/14