

(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
2011 年 6 月 30 日(30.06.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/077904 A1

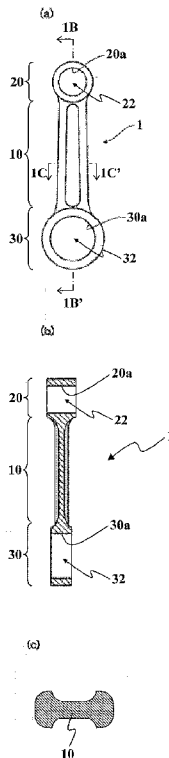
- (51) 国際特許分類:
C23C 8/32 (2006.01) C22C 38/18 (2006.01)
C21D 1/06 (2006.01) C22C 38/22 (2006.01)
C21D 1/70 (2006.01) C23C 8/34 (2006.01)
C21D 9/00 (2006.01) F16C 7/02 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/071328
- (22) 国際出願日: 2010 年 11 月 30 日(30.11.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-292676 2009 年 12 月 24 日(24.12.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ヤマハ発動機株式会社 (YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4388501 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 久保田 剛 (KUBOTA, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒4388501 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目 8 番 1 6 号 大阪証券取引所ビル 1 0 階 奥田国際特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

[続葉有]

(54) Title: CONNECTING ROD, SINGLE-CYLINDER INTERNAL COMBUSTION ENGINE COMPRISING SAME, AND SADDLE TYPE VEHICLE

(54) 発明の名称: コネクティングロッドおよびそれを備えた単気筒内燃機関ならびに鞍乗型車両

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a connecting rod (1) which comprises a rod main body (10), a small end part (20) that is provided on one end of the rod main body (10), and a large end part (30) that is provided on the other end of the rod main body (10). The connecting rod (1) is formed from an iron alloy, and has been subjected to a carbonitriding treatment or to a carburizing treatment and a nitriding treatment. The carbon content at a depth of 0.1 mm from the inner peripheral surface (30a) of the large end part (30) is 0.8-2.1 wt% (inclusive), and the nitrogen content at a depth of 0.1 mm from the inner peripheral surface (30a) of the large end part (30) is 0.03-0.19 wt% (inclusive). Consequently, the connecting rod is prevented from occurrence of flaking at the inner peripheral surface of the large end part, and has excellent fatigue strength.

(57) 要約: 本発明によるコネクティングロッド (1) は、ロッド本体部 (10) と、ロッド本体部 (10) の一端に設けられた小端部 (20) と、ロッド本体部 (10) の他端に設けられた大端部 (30) とを備える。本発明によるコネクティングロッド (1) は、鉄合金から形成され、浸炭窒化処理が施されているか、または、浸炭処理および窒化処理が施されている。大端部 (30) の内周面 (30a) から 0.1 mm の深さにおける炭素含有量は、0.8 wt% 以上 2.1 wt% 以下である。大端部 (30) の内周面 (30a) から 0.1 mm の深さにおける窒素含有量は、0.03 wt% 以上 0.19 wt% 以下である。本発明によると、大端部の内周面におけるフレーキングの発生が抑制され、疲労強度に優れたコネクティングロッドが提供される。



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

コネクティングロッドおよびそれを備えた単気筒内燃機関ならびに鞍乗型車両

技術分野

[0001] 本発明は、コネクティングロッドに関し、特に、鉄合金から形成されたコネクティングロッドに関する。また、本発明は、そのようなコネクティングロッドを備えた単気筒内燃機関や鞍乗型車両に関する。

背景技術

[0002] 内燃機関には、ピストンとクランクシャフトとを連結するためにコネクティングロッドと呼ばれる（「コンロッド（con' rod）」と略称されることもある）部材が用いられている。コネクティングロッドは、棒状のロッド本体部と、ロッド本体部の一端に設けられた小端部と、ロッド本体部の他端に設けられた大端部とを備える。小端部がピストンに接続されるのに対し、大端部はクランクシャフトに接続される。より具体的には、小端部に形成された貫通孔にピストンのピストンピンが挿通される。また、大端部に形成された貫通孔にクランクシャフトのクランクピンが挿通される。これにより、コネクティングロッドがピストンおよびクランクシャフトに接続される。

[0003] コネクティングロッドは、大端部が2つに分割された分割型と、大端部が分割されていない一体型とに大別される。一体型のコネクティングロッドは、主に単気筒の内燃機関に用いられる。

[0004] 一体型コネクティングロッドの大端部の内周面とクランクピンとの間には、フリクションロスを低減するためにニードルベアリングやボールベアリングなどの転がり軸受けが配置される。内燃機関の運転時にピストンを経由して伝わる爆発力は、コネクティングロッドを転がり軸受けに押し付けるので、大端部の内周面には、大きな応力が発生する。この応力が過大な場合、大端部の内周面には、フレーキング（flaking）と呼ばれる疲労破壊現象が発生

する。

- [0005] コネクティングロッドにフレーキングが発生すると、内燃機関のスムーズな回転が妨げられるので、内燃機関や車両に不快な音と振動が発生して商品性や快適性を損なってしまう。そのため、コネクティングロッドにはフレーキングが発生しないことが求められる。
- [0006] 従来、フレーキングの発生を抑制して長寿命化を実現するために、肌焼鋼（例えば J I S S C M 4 2 0）から形成されたコネクティングロッドに対し、浸炭処理を施すことが一般に行われている。浸炭処理によってコネクティングロッドの表面から炭素を浸透させることにより、表面近傍の炭素濃度が高くなる。そのため、焼入れ後に表面硬度が高くなり、そのことによりフレーキングの発生が抑制される。
- [0007] また、特許文献 1 には、コネクティングロッドの表面硬度をさらに高くする技術として、高濃度浸炭処理が提案されている。この技術では、カーボンポテンシャル（C P）が 0.8 % 以上である雰囲気下での浸炭を複数回行う。これにより、コネクティングロッドの表面近傍に微細な粒状の炭化物が析出するとともに、表面近傍におけるマルテンサイト組織の結晶粒径が小さくなる。そのため、表面硬度が著しく高くなるので、疲労強度のいっそうの向上が可能となる。また、特許文献 1 には、高濃度浸炭処理と同様にコネクティングロッドの表面硬度を高くする技術として、高濃度浸炭窒化処理にも言及がなされている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献 1：特開 2 0 0 0 - 3 1 3 9 4 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] しかしながら、近年、内燃機関を高性能化した場合、一般的な浸炭処理や、特許文献 1 に開示されているような高濃度浸炭処理、高濃度浸炭窒化処理

が施されたコネクティングロッドでは、フレーキングが比較的短時間で発生するようになってきた。そのため、フレーキング寿命が内燃機関の高性能化の妨げとなり、内燃機関のさらなる高性能化のためには、フレーキング寿命の増大（つまりコネクティングロッドの長寿命化）が必須となってきた。

[0010] 本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、大端部の内周面におけるフレーキングの発生が抑制され、疲労強度に優れたコネクティングロッドを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明によるコネクティングロッドは、ロッド本体部と、前記ロッド本体部の一端に設けられた小端部と、前記ロッド本体部の他端に設けられた大端部と、を備え、鉄合金から形成され、浸炭窒化处理が施されたか、または、浸炭処理および窒化处理が施されたコネクティングロッドであって、前記大端部の内周面から0.1mmの深さにおける炭素含有量が0.8wt%以上2.1wt%以下であり、前記大端部の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下である。

[0012] ある好適な実施形態において、本発明によるコネクティングロッドは、前記大端部の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.04wt%以上0.18wt%以下である。

[0013] ある好適な実施形態において、本発明によるコネクティングロッドは、前記大端部の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.05wt%以上0.15wt%以下である。

[0014] ある好適な実施形態において、前記鉄合金は、0.1wt%以上0.4wt%以下の炭素、0.1wt%以上0.5wt%以下のケイ素および0.3wt%以上1.2wt%以下のクロムを含む。

[0015] ある好適な実施形態において、前記鉄合金のニッケル含有量は0.7wt%未満である。

[0016] ある好適な実施形態において、本発明によるコネクティングロッドは、非拡散性水素含有量が0.46ppm以下である。

- [0017] ある好適な実施形態において、前記浸炭窒化处理、前記浸炭処理および前記窒化处理は、標準大気圧の $1/10$ 以下の圧力に減圧された炉内において施されている。
- [0018] ある好適な実施形態において、前記大端部の内周面近傍に析出している炭化物および炭窒化物の粒径は $10\ \mu\text{m}$ 以下である。
- [0019] 本発明による単気筒内燃機関は、上記構成を有するコネクティングロッドと、前記コネクティングロッドに接続されたクランクシャフトと、を備える。
- [0020] ある好適な実施形態において、前記クランクシャフトは、前記コネクティングロッドの前記大端部に挿通されたクランクピンと、前記クランクピンとは別体に形成されたクランクウェブと、を有する。
- [0021] ある好適な実施形態において、本発明による単気筒内燃機関は、前記大端部の内周面と前記クランクピンとの間に設けられた転がり軸受けをさらに備える。
- [0022] ある好適な実施形態において、前記クランクピンは、浸炭処理または浸炭窒化处理を施されている。
- [0023] 本発明による鞍乗型車両は、上記構成を有する単気筒内燃機関を備える。
- [0024] 本発明によるコネクティングロッドの製造方法は、ロッド本体部、前記ロッド本体部の一端部に設けられた小端部および前記ロッド本体部の他端部に設けられた大端部を備えるコネクティングロッドの製造方法であって、鉄合金から形成されたワークピースを用意する工程（A）と、前記ワークピースに対して 0.8% 以上のカーボンポテンシャルを有する雰囲気下で浸炭処理を施す工程（B）と、前記工程（B）の後に、前記ワークピースに対して 0.8% 以上のカーボンポテンシャルを有する雰囲気下で浸炭窒化处理を施す工程（C）と、を包含し、前記工程（C）は、前記ワークピースの前記大端部となる領域の内周面から 0.1mm の深さにおける窒素含有量が $0.03\text{wt}\%$ 以上 $0.19\text{wt}\%$ 以下となるように実行される。
- [0025] ある好適な実施形態において、前記工程（B）における前記浸炭処理およ

び前記工程（C）における前記浸炭窒化処理は、標準大気圧の1／10以下の圧力に減圧された炉内において施される。

[0026] あるいは、本発明によるコネクティングロッドの製造方法は、ロッド本体部、前記ロッド本体部の一端部に設けられた小端部および前記ロッド本体部の他端部に設けられた大端部を備えるコネクティングロッドの製造方法であって、鉄合金から形成されたワークピースを用意する工程（A）と、前記ワークピースに対して0.8%以上のカーボンポテンシャルを有する雰囲気下で複数回浸炭処理を施す工程（B）と、前記工程（B）の後に、前記ワークピースに対して窒化処理を施す工程（C）と、を包含し、前記工程（C）は、前記ワークピースの前記大端部となる領域の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下となるように実行される。

[0027] ある好適な実施形態において、前記工程（B）における前記浸炭処理および前記工程（C）における前記窒化処理は、標準大気圧の1／10以下の圧力に減圧された炉内において施される。

[0028] 本発明によるコネクティングロッドは、鉄合金から形成され、浸炭窒化処理が施されているか、または、浸炭処理および窒化処理が施されている。浸炭窒化処理（または浸炭処理と窒化処理）により、コネクティングロッドの表面硬度が高くなり、疲労強度が向上する。また、本発明によるコネクティングロッドでは、大端部の内周面から0.1mmの深さにおける炭素含有量が0.8wt%以上2.1wt%以下である。これは、上記の浸炭窒化処理または浸炭処理が、カーボンポテンシャル（CP）が0.8%以上である雰囲気下で行われたことを意味している。つまり、コネクティングロッドに対して、高濃度浸炭窒化処理または高濃度浸炭処理が施されたことを意味している。高濃度浸炭窒化処理または高濃度浸炭処理によれば、コネクティングロッドの表面近傍に微細な粒状の炭化物および／または炭窒化物が析出するとともに、表面近傍におけるマルテンサイト組織の結晶粒径が小さくなる。そのため、表面硬度が著しく高くなり、疲労強度の向上効果が高い。さらに

、本発明によるコネクティングロッドでは、大端部の内周面から所定の深さにおける窒素含有量が特定の範囲に設定されており、具体的には、大端部の内周面から0.1 mmの深さにおける窒素含有量が0.03 wt %以上0.19 wt %以下である。このことにより、耐フレーキング性が顕著に向上し、フレーキングの発生を長期間にわたって防止することができる。そのため、本発明によるコネクティングロッドは、単に高濃度浸炭窒化処理や高濃度浸炭処理が施されたコネクティングロッドに比べ、優れた疲労強度を有する。

[0029] 耐フレーキング性のいっそうの向上を図る観点からは、大端部の内周面から0.1 mmの深さにおける窒素含有量は、0.04 wt %以上0.18 wt %以下であることが好ましく、0.05 wt %以上0.15 wt %以下であることがさらに好ましい。

[0030] 本発明によるコネクティングロッドの材料である鉄合金は、0.1 wt %以上0.4 wt %以下の炭素、0.1 wt %以上0.5 wt %以下のケイ素および0.3 wt %以上1.2 wt %以下のクロムを含むことが好ましい。炭素含有量が0.1 wt %以上0.4 wt %以下であることにより、熱処理後のコネクティングロッドの内部硬さを200 HV以上500 HV以下にすることができるので、コネクティングロッド内部の強度および靱性を十分に高く保つことができる。また、ケイ素含有量が増加すると、耐フレーキング性は向上するが、靱性は低下するおそれがある。ケイ素含有量が0.1 wt %以上0.5 wt %以下であることにより、耐フレーキング性を十分に向上させ、且つ、十分な靱性を確保することができる。また、クロム含有量が増加すると、焼入れ性が良くなる。ただし、クロム含有量が過度に多くなると、焼戻し脆化が発生することがある。クロム含有量が0.3 wt %以上1.2 wt %以下であることにより、適切な焼入れ性を得つつ、焼戻し脆化の発生を防止することができる。

[0031] 鉄合金のニッケル含有量は、なるべく少ないことが好ましく、具体的には、0.7 wt %未満であることが好ましい。ニッケル含有量が増加すると、

熱処理後の残留オーステナイト量が増加するので、表面硬度が低下することがある。

- [0032] フレーキング寿命のいっそうの向上を図る観点からは、非拡散性水素含有量が0.46ppm以下であることが好ましい。非拡散性水素含有量が0.46ppm以下であることにより、水素脆性型剥離の発生を抑制することができるので、フレーキング寿命をいっそう向上させることができる。
- [0033] 浸炭窒化処理（または浸炭処理と窒化処理）は、真空引きされた炉内において施されることが好ましく、より具体的には、標準大気圧の1/10以下の圧力に減圧された炉内において施されることが好ましい。このような炉内に窒素を含有するガスを導入することにより、表面（大端部の内周面）から深さ0.1mmにおける窒素含有量を精度良く調節することができる。
- [0034] 大端部の内周面近傍に析出している炭化物および炭窒化物の粒径は、なるべく小さいことが好ましく、具体的には10 μ m以下であることが好ましい。炭化物および炭窒化物の粒径が10 μ mを超えると、靱性が低下して十分な強度が得られないことがある。
- [0035] 本発明によるコネクティングロッドは、シリンダの数が1つである単気筒内燃機関に好適に用いられる。単気筒内燃機関のクランクシャフトは、典型的には、組立て式のクランクシャフトである。つまり、クランクピンと、クランクウェブとが別体に形成されている。単気筒内燃機関では、フリクションロスの低減が重要であるので、一般的には、大端部の内周面とクランクピンとの間に転がり軸受け（例えばニードルベアリングやボールベアリング）が設けられる。転がり軸受けが設けられている場合、コネクティングロッドが転がり軸受けに押し付けられることにより、大端部の内周面に応力が発生する。この応力が過大であると、フレーキングの発生が懸念されるが、本発明によるコネクティングロッドは、耐フレーキング性に優れているので、フレーキングの発生が長期間にわたって防止される。
- [0036] 内燃機関全体の耐久性を高める観点からは、クランクピンの表面硬度および疲労強度も高いことが好ましい。そのため、クランクピンは、浸炭処理ま

たは浸炭窒化処理を施されていることが好ましい。

[0037] 本発明によるコネクティングロッドを備えた単気筒内燃機関は、各種の乗用車両（例えば自動二輪車）に好適に用いられる。

[0038] 本発明によるコネクティングロッドの製造方法では、鉄合金から形成されたワークピースに対し、浸炭窒化処理が施されるか、あるいは、浸炭処理および窒化処理が施される。浸炭窒化処理（または浸炭処理と窒化処理）により、コネクティングロッドの表面硬度が高くなり、疲労強度が向上する。また、本発明による製造方法では、上記の浸炭窒化処理や浸炭処理が、カーボンポテンシャル（CP）が0.8%以上である雰囲気下で行われる。つまり、ワークピースに対して、高濃度浸炭窒化処理または高濃度浸炭処理が施される。高濃度浸炭窒化処理または高濃度浸炭処理によれば、ワークピースの表面近傍に微細な粒状の炭化物および／または炭窒化物が析出するとともに、表面近傍におけるマルテンサイト組織の結晶粒径が小さくなる。そのため、表面硬度が著しく高くなり、疲労強度の向上効果が高い。さらに、本発明による製造方法では、浸炭窒化処理や窒化処理は、ワークピースの大端部となる領域の内周面から所定の深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下となるように実行される。このことにより、耐フレーキング性が顕著に向上し、フレーキングの発生を長期間にわたって防止することができる。そのため、本発明による製造方法により製造されたコネクティングロッドは、単に高濃度浸炭窒化処理や高濃度浸炭処理が施されたコネクティングロッドに比べ、優れた疲労強度を有する。

[0039] 浸炭窒化処理（または浸炭処理と窒化処理）は、真空引きされた炉内において施されることが好ましく、より具体的には、標準大気圧の1/10以下の圧力に減圧された炉内において施されることが好ましい。このような炉内に窒素を含有するガスを導入することにより、表面（大端部の内周面）から深さ0.1mmにおける窒素含有量を精度良く調節することができる。

発明の効果

[0040] 本発明によると、大端部の内周面におけるフレーキングの発生が抑制され

、疲労強度に優れたコネクティングロッドが提供される。

図面の簡単な説明

[0041] [図1]本発明の好適な実施形態におけるコネクティングロッド1を模式的に示す図であり、(a)は平面図、(b)は(a)中の1B-1B'線に沿った断面図、(c)は(a)中の1C-1C'線に沿った断面図である。

[図2]一般的なコネクティングロッドの大端部内周面における深さ方向の応力分布(内燃機関の運転時で応力が最大になるときの応力分布)を示す図である。

[図3]本発明の好適な実施形態におけるコネクティングロッド1の製造方法を示すフローチャートである。

[図4](a)および(b)は、コネクティングロッド1の表面近傍における断面の金属顕微鏡写真である。

[図5]コネクティングロッド1の深さ方向における炭素濃度(炭素含有量)の分布を示すグラフである。

[図6]コネクティングロッド1の深さ方向における硬さ分布を示すグラフである。

[図7]大端部の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量(wt%)と、フレーキング寿命(L50寿命)との関係を示すグラフである。

[図8]本発明の好適な実施形態におけるコネクティングロッド1の製造方法を示すフローチャートである。

[図9]窒化处理または高濃度浸炭窒化处理をガス浸炭用の炉内で行う場合と、真空浸炭用の炉内で行う場合とについて、コネクティングロッドの表面から深さ0.1mmにおける窒素含有量と、窒化時間との関係を示すグラフである。

[図10]本発明の好適な実施形態におけるコネクティングロッド1を備えた単気筒内燃機関100を模式的に示す断面図である。

[図11]図10に示す内燃機関100を備えた自動二輪車を模式的に示す側面図である。

発明を実施するための形態

- [0042] 本願発明者は、高濃度浸炭処理や高濃度浸炭窒化処理が施されたコネクティングロッドにおいてもフレーキングが発生する理由を詳細に検討し、その結果、以下に説明する知見を得た。
- [0043] フレーキングの原因は、既に説明したように、ニードルベアリングやボールベアリングなどの転がり軸受けから大端部の内周面に大きな応力が伝達されることにある。そのため、コネクティングロッドの表面硬度を、高濃度浸炭処理や高濃度浸炭窒化処理によって上昇させることにより、フレーキングの発生を防止することができると考えられるが、実際には、十分な効果を得ることができない。つまり、単純にコネクティングロッドの表面硬度を高くしても、十分な耐フレーキング性は得られない。
- [0044] そこで、本願発明者が、コネクティングロッドの深さ方向における応力分布を分析したところ、最表面ではなく、表面からある程度の深さにおいてもっとも大きな応力が作用することがわかった。さらに、最大応力が作用する深さにおける元素濃度と、耐フレーキング性との関係を検証したところ、最大応力が作用する深さにおける窒素濃度（窒素含有量）が耐フレーキング性に大きな影響を与えていることがわかった。
- [0045] 本発明は、本願発明者が見出した上記知見に基づいてなされたものである。以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。
- [0046] 図1（a）～（c）に、本実施形態におけるコネクティングロッド1を示す。図1（a）は、コネクティングロッド1を模式的に示す平面図である。また、図1（b）は、図1（a）中の1B－1B'線に沿った断面図であり、図1（c）は、図1（a）中の1C－1C'線に沿った断面図である。
- [0047] コネクティングロッド1は、図1（a）および（b）に示すように、ロッド本体部10と、ロッド本体部10の一端に設けられた小端部20と、ロッド本体部10の他端に設けられた大端部30とを備える。
- [0048] ロッド本体部（軸部）10は、棒状である。ロッド本体部10の断面形状

は、典型的には、図 1 (c) に示すように、H 字状である。

- [0049] 小端部 20 は、ピストンピンを通すための貫通孔（ピストンピン孔）22 を有する。小端部 20 は、ピストンピンを介してピストンに接続される。小端部 20 の内周面（ピストンピン孔 22 の外縁を規定する面）20a は、典型的には、ベアリングを介さずにピストンピンと接触する。
- [0050] 大端部 30 は、クランクピンを通すための貫通孔（クランクピン孔）32 を有している。大端部 30 は、クランクピンを介してクランクシャフトに接続される。クランクピン孔 32 内には、典型的には、転がり軸受けが配置されるため、大端部 30 の内周面（クランクピン 32 の外縁を規定する面）30a は、転がり軸受けと接触する。コネクティングロッド 1 は、大端部 30 が 2 つに分割されていない、一体型のコネクティングロッドである。
- [0051] 本実施形態におけるコネクティングロッド 1 は、鉄合金から形成されている。また、コネクティングロッド 1 は、浸炭窒化処理が施されているか、または、浸炭処理および窒化処理が施されている。
- [0052] ただし、大端部 30 の内周面 30a から 0.1 mm の深さにおける炭素含有量は、0.8 wt % 以上 2.1 wt % 以下である。これは、上記の浸炭窒化処理または浸炭処理が、カーボンポテンシャル（CP）が 0.8 % 以上である雰囲気下で行われたことを意味している。つまり、コネクティングロッド 1 に対して施された浸炭窒化処理または浸炭処理は、普通の浸炭窒化処理や浸炭処理ではなく、高濃度浸炭窒化処理または高濃度浸炭処理である。高濃度浸炭窒化処理または高濃度浸炭処理によれば、コネクティングロッド 1 の表面近傍に微細な粒状の炭化物および／または炭窒化物が析出するとともに、表面近傍におけるマルテンサイト組織の結晶粒径が小さくなる。そのため、表面硬度が著しく高くなり、疲労強度の向上効果が高い。
- [0053] さらに、本実施形態におけるコネクティングロッド 1 では、大端部 30 の内周面 30a から 0.1 mm の深さにおける窒素含有量が 0.03 wt % 以上 0.19 wt % 以下である。このことにより、耐フレーキング性が顕著に向上する。

- [0054] 図2に、一般的なコネクティングロッドの大端部内周面における深さ方向の応力分布（内燃機関の運転時で応力が最大になるときの応力分布）を計算した結果を示す。図2中には、内周面からの深さが負の値で示されている。例えば、深さ0.15mmの位置は、「-0.15」と表記されている。また、図2中で応力を示す複数の曲線には、1～22の番号が付されており、番号が大きいほど大きな応力を示している。
- [0055] 図2からわかるように、応力は最表面においてもっとも大きいわけではない。また、図2から、内周面から約0.1mmの深さにおいて応力が最大となることがわかる。そこで、本願発明者が、深さ0.1mmの位置における元素濃度と耐フレーキング性との関係を詳細に検証したところ、深さ0.1mmの位置における窒素濃度（窒素含有量）が、耐フレーキング性に大きな影響を与えることがわかった。具体的には、後に検証結果とともに説明するように、この深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下であることにより、耐フレーキング性の向上効果が格段に高くなることがわかった。
- [0056] 本実施形態におけるコネクティングロッド1では、大端部30の内周面30aから0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下であるので、耐フレーキング性が顕著に向上し、フレーキングの発生を長期間にわたって防止することができる。そのため、本実施形態におけるコネクティングロッド1は、単に高濃度浸炭窒化処理や高濃度浸炭処理が施されたコネクティングロッドに比べ、優れた疲労強度を有する。
- [0057] なお、耐フレーキング性のいっそうの向上を図る観点からは、大端部30の内周面30aから0.1mmの深さにおける窒素含有量は、0.04wt%以上0.18wt%以下であることが好ましく、0.05wt%以上0.15wt%以下であることがさらに好ましい。
- [0058] 続いて、図3を参照しながら、本実施形態におけるコネクティングロッド1の製造方法を説明する。図3は、コネクティングロッド1の製造工程を示すフローチャートである。

- [0059] まず、鉄合金から鍛造により成形されたワークピースを用意する（工程 S1）。鉄合金の組成に特に限定はないが、鉄合金の炭素（C）含有量は、0.1 wt %以上 0.4 wt %以下であることが好ましい。炭素含有量が 0.1 wt %以上 0.4 wt %以下であることにより、熱処理後のコネクティングロッド 1 の内部硬さ（ビッカース硬さ）を 200 HV 以上 500 HV 以下にすることができるので、コネクティングロッド 1 内部の強度および靱性を十分に高く保つことができる。
- [0060] また、鉄合金のケイ素（Si）含有量は、0.1 wt %以上 0.5 wt %以下であることが好ましい。ケイ素含有量が増加すると、耐フレーキング性は向上するが、靱性は低下するおそれがある。ケイ素含有量が 0.1 wt %以上 0.5 wt %以下であることにより、耐フレーキング性を十分に向上させ、且つ、十分な靱性を確保することができる。
- [0061] さらに、クロム含有量は、0.3 wt %以上 1.2 wt %以下であることが好ましい。クロム含有量が増加すると、焼入れ性（熱処理による硬化のし易さを示す性質）が良くなるものの、クロム含有量が過度に多くなると、焼戻し脆化（鉄合金が所定の温度範囲に長時間保持された場合に生じる脆化現象）が発生することがある。クロム含有量が 0.3 wt %以上 1.2 wt %以下であることにより、適切な焼入れ性を得つつ、焼戻し脆化の発生を防止することができる。
- [0062] このように、ワークピースの材料（コネクティングロッド 1 の材料）である鉄合金は、0.1 wt %以上 0.4 wt %以下の炭素、0.1 wt %以上 0.5 wt %以下のケイ素および 0.3 wt %以上 1.2 wt %以下のクロムを含むことが好ましい。炭素含有量、ケイ素含有量およびクロム含有量が上記の範囲内にある鉄合金としては、例えば JIS SCM420 鋼や、JIS SCr420 鋼を用いることができる。SCM420 鋼は、0.18 wt %以上 0.23 wt %以下の炭素、0.15 wt %以上 0.35 wt %以下のケイ素、0.90 wt %以上 1.2 wt %以下のクロム、0.60 wt %以上 0.85 wt %以下のマンガン、0.15 wt %以上 0.30 %以下の

モリブデンを含む。S C r 4 2 0 鋼は、0. 1 8 w t %以上0. 2 3 w t %以下の炭素、0. 1 5 w t %以上0. 3 5 w t %以下のケイ素、0. 9 0 w t %以上1. 2 w t %以下のクロム、0. 6 0 w t %以上0. 8 5 w t %以下のマンガンを含む。

[0063] また、鉄合金のニッケル含有量は、なるべく少ないことが好ましく、具体的には、0. 7 w t %未満であることが好ましく、0. 2 5 w t %以下であることがさらに好ましい。ニッケル含有量が増加すると、熱処理後の残留オーステナイト量が増加するので、表面硬度が低下することがある。

[0064] なお、ここでは鍛造を例示したが、ワークピースを用意する工程における成形手法はこれに限定されるものではない。ワークピースは、例えば、焼結や鑄造、焼結鍛造などによって成形されてもよい。

[0065] 次に、ワークピースに対して機械加工を行う（工程S 2）。この機械加工により、鍛造後のワークピースの外径寸法が整えられる。例えば、バリ取り、ピストンピン孔2 2およびクランクピン孔3 2の形成、小端部2 0および大端部3 0の端面加工などが行われる。このように、この工程では主に切削が行われる。

[0066] 続いて、ワークピースに対して1回目の高濃度浸炭処理を施す（工程S 3）。浸炭手法としては、固体浸炭、液体浸炭、ガス浸炭などが知られており、現在ではガス浸炭が主流であるが、ここでは、真空浸炭（「真空ガス浸炭」または「減圧浸炭」と呼ばれることもある）を行う。つまり、この工程における高濃度浸炭処理は、真空引きされた炉内（より具体的には、標準大気圧の1 / 1 0以下の圧力に減圧された炉内）において施される。このような炉内をA 1変態点（鋼の共析変態温度）以上の温度に設定するとともに、カーボンポテンシャルが0. 8 %以上になるように炭化水素ガスを炉内に導入し、所定時間浸炭を行う。例えば、1 0 0 0 °Cで1 7 0分間、浸炭を行う。1回目の高濃度浸炭処理により、鉄合金の表面は過剰浸炭される。その後、ガス冷却を行う（工程S 4）。例えば、窒素（N 2）ガスを導入することにより、冷却を行う。

- [0067] 次に、ワークピースに対して２回目の高濃度浸炭処理を施す（工程Ｓ５）。ここでも、真空浸炭を行う。真空引きされた炉内をＡ１変態点以上で、Ａ_cｍ変態点（鉄合金のオーステナイトからセメンタイトが析出する変態温度）以下の温度に設定するとともに、カーボンポテンシャルが０．８％以上になるように炭化水素ガスを炉内に導入し、所定時間浸炭を行う。例えば、８５０℃で１５０分間、浸炭を行う。２回目の高濃度浸炭処理により、過剰浸炭された表面層の炭素が内部に拡散する。その後、ガス冷却を行う（工程Ｓ６）。
- [0068] 続いて、ワークピースに対して窒化処理を施す（工程Ｓ７）。この窒化処理も、真空引きされた炉内で施される。真空引きされた（具体的には標準大気圧の１／１０以下の圧力に減圧された炉内）をＡ１変態点以上で、Ａ_cｍ変態点以下の温度に設定するとともに、アンモニアガスを炉内に導入し、所定時間窒化を行う。例えば、８５０℃で１３０分間、浸炭を行う。その後、油冷（焼入れ）を行う（工程Ｓ８）。
- [0069] 次に、焼戻しを行う（工程Ｓ９）。焼戻しは、例えば、１９０℃で１２０分間行われる。その後、空冷を行う（工程Ｓ１０）。
- [0070] 最後に、ワークピースに対して機械加工を行う（工程Ｓ１１）。例えば、小端部２０の内周面２０ａや大端部３０の内周面３０ａの研磨が行われる。このように、この工程では主に研磨が行われる。上述したようにして、コネクティングロッド１が完成する。
- [0071] 図４（ａ）および（ｂ）に、完成したコネクティングロッド１の金属組織を示す。図４（ａ）および（ｂ）は、コネクティングロッド１の表面近傍における断面の金属顕微鏡写真であり、図４（ｂ）は図４（ａ）の一部を拡大したものである。図４（ａ）および（ｂ）に示されているように、マルテンサイトの結晶粒の間に、微細な粒状の炭化物（炭化鉄）および炭窒化物（炭窒化鉄）が析出している。
- [0072] 図５に、コネクティングロッド１の深さ方向における炭素濃度（炭素含有量）の分布を示す。図５に示されているように、表面から０．１ｍｍの深さ

における炭素濃度が約 0.92 wt % であり、高濃度浸炭処理によって、この深さにおける炭素濃度（炭素含有量）が 0.8 wt % 以上になることがわかる。なお、図 5 に示したような炭素濃度分布は、例えば電子線マイクロアナライザ（EPMA）により測定することができる。

[0073] 図 6 に、コネクティングロッド 1 の深さ方向における硬さ分布を示す。図 6 に示されているように、表面から 0.1 mm の深さにおける硬さは約 770 HV である。

[0074] 次に、大端部 30 の内周面 30a の表層（つまり深さ 0 mm）、内周面 30a から 0.1 mm の深さ、内周面 30a から 0.2 mm の深さにおける窒素含有量（wt %）を変化させ、フレーキング寿命への影響を検証した結果を説明する。ここでいうフレーキング寿命は、累積破損確率 50 % の寿命（「L50 寿命」と呼ばれる）である。

[0075] 表 1 に、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量が 0.03 wt % 以上 0.19 wt % 以下の範囲内にある実施例 1～4 と、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量が 0.03 wt % 以上 0.19 wt % 以下の範囲外にある比較例 1 および 2 について、検証結果を示す。実施例 1～4 と、比較例 1 および 2 とは、窒化処理の条件が異なる点以外は同じ製法により製造されている。また、表 1 には、従来のコネクティングロッドとして、普通の浸炭処理（高濃度浸炭処理ではない浸炭処理）が施された比較例 3 と、特許文献 1 に開示されているような高濃度浸炭処理が施された比較例 4 とを併せて示している。なお、深さ方向における窒素含有量の分布は、例えば電子線マイクロアナライザ（EPMA）により測定することができる。

[0076] [表 1]

		窒素含有量(wt%)			L50 寿命 ($\times 10^6$)
		表層(深さ 0mm)	深さ 0.1mm	深さ 0.2mm	
実施例	1	0.05	0.03	0.01	1.70
	2	0.08	0.07	0.05	2.81
	3	0.08	0.07	0.01	2.86
	4	0.20	0.18	0.11	1.91
比較例	1	0.09	0.02	0.01	1.66
	2	0.23	0.20	0.12	1.64
	3	0.01	0.01	0.01	1.56
	4	0.01	0.01	0.01	1.66

[0077] 表 1 に示されているように、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量が 0.03 wt % 未満である比較例 1 および 0.19 wt % を超える比較例 2 では、従来のコネクティングロッド（比較例 3 および 4）と同程度のフレーキング寿命しか得られない。これに対し、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量が 0.03 wt % 以上 0.19 wt % 以下の範囲内にある実施例 1 ～ 4 では、従来のコネクティングロッド（比較例 3 および 4）よりも長いフレーキング寿命が得られる。

[0078] また、表 1 から、表層および深さ 0.2 mm の位置における窒素含有量には、フレーキング寿命との明確な相関がないことがわかる。例えば比較例 1 では、表層における窒素含有量が比較例 3 および 4 よりも著しく多いにも関わらず、従来と同程度のフレーキング寿命しか得られない。また、実施例 1 および 3 では、深さ 0.2 mm の位置における窒素含有量は比較例 3 および 4 と同程度であるにも関わらず、従来よりも長いフレーキング寿命が得られている。

[0079] このように、表層や深さ 0.2 mm の位置ではなく、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量を所定の範囲内（0.03 wt % 以上 0.19 wt % 以下）にすることにより、フレーキング寿命を従来よりも長くし得ることがわかった。なお、比較例 2 のように、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量が多すぎるとフレーキング寿命が低下してしまうのは、窒素化合物が増えることによって、靱性が低くなり、金属組織がコネクティングロッドの使用（内燃機関の運転中）の変形に追従できず、微小な欠陥が発生するためと考えられる。

[0080] 図 7 に、深さ 0.1 mm の位置における窒素含有量と、フレーキング寿命（L50 寿命）との関係をグラフとして示す。図 7 のグラフには、表 1 に示した例よりもさらに多くの例が示されている。

[0081] 図 7 から、表面から 0.1 mm の深さにおける窒素含有量が 0.03 wt % 以上 0.19 wt % 以下（図 7 中の範囲 A）であることにより、従来よりも長いフレーキング寿命が実現されることがわかる。また、図 7 から、表

面から0.1 mmの深さにおける窒素含有量が0.04 wt %以上0.18 wt %以下（図7中の範囲B）であることにより、さらに長いフレーキング寿命が実現され、0.05 wt %以上0.15 wt %以下（図7中の範囲C）であることにより、いっそう長いフレーキング寿命が実現されることがわかる。

[0082] なお、本実施形態では、コネクティングロッド1に対し、高濃度浸炭処理と窒化処理とを別々に（順次）施す場合を説明したが、高濃度浸炭処理を施す際に窒化処理を同時に施してもよい。つまり、コネクティングロッド1に対し、高濃度浸炭窒化処理を施してもよい。図8に、高濃度浸炭窒化処理を施す場合のコネクティングロッド1の製造工程の例を示す。

[0083] 図8に示す例では、まず、鉄合金から鍛造により成形されたワークピースを用意し（工程S1）、次に、ワークピースに対して機械加工（主に切削）を行う（工程S2）。続いて、ワークピースに対して高濃度浸炭処理を真空引きされた炉内で施し（工程S3）、その後、ガス冷却を行う（工程S4）。

[0084] 次に、ワークピースに対して高濃度浸炭窒化処理を真空引きされた炉内で施す（工程S5）。高濃度浸炭窒化処理は、炉内に炭化水素ガスとともにアンモニアガスを導入することにより行う。その後、油冷（焼入れ）を行う（工程S6）。

[0085] 次に、焼戻しを行い（工程S7）、その後、空冷を行う（工程S8）。最後に、ワークピースに対して機械加工（主に研磨）を行う（工程S9）。上述したようにして、コネクティングロッド1が完成する。

[0086] なお、高濃度浸炭処理（図3中の工程S3、S5および図8中の工程S3）および高濃度浸炭窒化処理（図8中の工程S5）は、上述したように、真空引きされた炉内で施される（つまり真空浸炭または真空浸炭窒化である）ことが好ましい。真空浸炭および真空浸炭窒化では、その後の熱処理として炉冷や焼入れの代わりに、ガス冷を行うことができるので、処理時間の短縮を図ることができる。

[0087] また、表面から深さ0.1mmにおける窒素含有量を0.03wt%以上0.19wt%以下の範囲内に制御するためには、窒化処理（図3中の工程S7）および高濃度浸炭窒化処理（図8中の工程S5）が、真空引きされた炉内で施されることが好ましい。真空雰囲気中に窒素を含有するガス（例えばアンモニアガス）を導入することにより、表面（大端部30の内周面30a）から深さ0.1mmにおける窒素含有量を精度良く調節することができる。

[0088] これに対し、ガス浸炭用の炉内（真空引きされていない炉内）で窒化処理や高濃度浸炭窒化処理を行うと、表面から深さ0.1mmにおける窒素含有量を0.03wt%以上0.19wt%以下の範囲内にすることが困難である。図9に、窒化処理または高濃度浸炭窒化処理をガス浸炭用の炉内で行う場合と、真空浸炭用の炉内で行う場合とについて、表面から深さ0.1mmにおける窒素含有量と、窒化時間との関係を示す。

[0089] 図9からわかるように、ガス浸炭用の炉内で処理を行う場合の適切な窒化時間の範囲Cは、真空浸炭用の炉内で処理を行う場合の適切な窒化時間の範囲Dよりも著しく短く、窒化時間を実際にこの範囲Cに収めることは非常に難しい。特許文献1に開示されている技術は、ガス浸炭を前提としているため、特許文献1に教示されている高濃度浸炭窒化処理を用いても、表面から0.1mmの深さにおける窒素含有量を0.03wt%以上0.19wt%以下の範囲内にすることはできない。

[0090] なお、図3に示したようにコネクティングロッド1に対して高濃度浸炭処理と窒化処理とを別々に（順次）施す場合、図8に示したように高濃度浸炭窒化処理を施す場合に比べ、窒素含有量の制御がより容易となる。真空引きされた炉内に導入されるガスが、窒素含有ガスのみであるからである。これに対し、図8に示したように高濃度浸炭窒化処理を施す場合、製造工程を簡略化し、処理時間を短縮できるという効果が得られる。

[0091] 大端部30の内周面30a近傍（具体的には表面から深さ0.1mmまでの領域）に析出している炭化物および炭窒化物の粒径（より具体的には外接

円直径)は、なるべく小さいことが好ましく、具体的には $10\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。炭化物および炭窒化物の粒径が $10\mu\text{m}$ を超えると、靱性が低下して十分な強度が得られないことがある。

[0092] また、必ずしもコネクティングロッド1の全体に高濃度浸炭処理や窒化处理、高濃度浸炭窒化处理を施す必要はなく、少なくとも大端部30の内周面30a付近にこれらの処理を施せばよい。例えば、ロッド本体部10は、大端部30よりも靱性が高いことが好ましいので、1回目の高濃度浸炭処理(図3中の工程S3および図8中の工程S3)の前にロッド本体部10を銅めっきや防炭剤等によりマス킹してもよい。

[0093] あるいは、2回目の高濃度浸炭処理、焼入れ、焼戻しの後(図3中の工程S9の後)や、高濃度浸炭窒化处理、焼入れ、焼戻しの後(図8中の工程S7の後)に、ロッド本体部10に選択的なさらなる焼戻しを行うことによって、ロッド本体部10の靱性を高くすることもできる。局所的な焼戻しは、例えば、高周波誘導加熱により行うことができる。

[0094] なお、本実施形態では、図3に示したように高濃度浸炭処理を2回行う場合と、図8に示したように高濃度浸炭処理と高濃度浸炭窒化处理とを1回ずつ(計2回)行う場合とを例示したが、高濃度浸炭処理および/または高濃度浸炭窒化处理を計3回以上行ってもよい。

[0095] また、本願発明者の検討によれば、フレーキング寿命には、コネクティングロッド1の非拡散性水素含有量も大きな影響を与えることがわかった。鉄合金中の水素は、その固溶状態により2種類に分類される。室温で拡散する水素は拡散性水素と呼ばれ、介在物等にトラップされて室温から 200° 程度までの温度では拡散しにくい水素は非拡散性水素と呼ばれる。

[0096] フレーキング寿命のいっそうの向上を図る観点からは、非拡散性水素含有量は、具体的には、 0.46ppm 以下であることが好ましい。非拡散性水素含有量が 0.46ppm 以下であることにより、水素脆性型剥離の発生を抑制することができるので、フレーキング寿命をいっそう向上させることができる。

[0097] 表2に、表1中に示した実施例1～4および比較例1～4について、非拡散性水素含有量を示す。また、表2には、さらなる実施例5～7についても、非拡散性水素含有量を示している。実施例5～7でも、深さ0.1mmの位置における窒素含有量は0.03wt%以上0.19wt%以下の範囲内にある。さらに、表2には、各例における浸炭処理（あるいは浸炭窒化処理）が、ガス浸炭（ガス浸炭窒化）であるか真空浸炭（真空浸炭窒化）であるかも示している。なお、非拡散性水素含有量の測定は、昇温離脱法により行った。試験片を200℃から600℃まで徐々に昇温させ、試験片から放出された水素量を、質量分析計により定量分析した。

[0098] [表2]

			窒素含有量(wt%)			L50 寿命 ($\times 10^6$)	非拡散性 水素含有量 (ppm)
			表層 (深さ 0mm)	深さ 0.1mm	深さ 0.2mm		
実施例	1	真空 高濃度 浸炭窒化	0.05	0.03	0.01	1.70	0.43
	2		0.08	0.07	0.05	2.81	0.40
	3		0.08	0.07	0.01	2.86	0.42
	4		0.20	0.18	0.11	1.91	0.41
	5	ガス 高濃度 浸炭窒化	0.19	0.17	0.09	2.02	0.46
	6		0.29	0.18	0.15	1.71	0.49
	7		0.24	0.17	0.10	1.67	0.47
比較例	1	真空 高濃度 浸炭窒化	0.09	0.02	0.01	1.66	0.40
	2	ガス 浸炭	0.23	0.20	0.12	1.64	0.41
	3	ガス 高濃度 浸炭	0.01	0.01	0.01	1.56	0.55
	4	真空 高濃度 浸炭窒化	0.01	0.01	0.01	1.66	0.48

[0099] 表2における実施例4と実施例6との比較、あるいは、実施例5と実施例7との比較から、深さ0.1mmの位置における窒素含有量が同じであっても、非拡散性水素含有量が少ないほど、フレーキング寿命が長く、非拡散性水素含有量は0.46ppm以下が好ましいことがわかる。

[0100] また、表2から、浸炭処理（浸炭窒化処理）が、ガス浸炭（ガス浸炭窒化）である場合よりも、真空浸炭（真空浸炭窒化）である場合の方が、非拡散性水素含有量が少なく、この点からも真空浸炭（真空浸炭窒化）が好ましいことがわかる。

[0101] 本実施形態におけるコネクティングロッド1は、シリンダの数が1つであ

る単気筒内燃機関に好適に用いられる。図 10 に、本実施形態におけるコネクティングロッド 1 を備えた単気筒内燃機関 100 の一例を示す。内燃機関 100 は、クランクケース 110、シリンダブロック 120 およびシリンダヘッド 130 を有している。

[0102] クランクケース 110 内にはクランクシャフト 111 が収容されている。クランクシャフト 111 は、クランクピン 112 およびクランクウェブ 113 を有している。クランクピン 112 と、クランクウェブ 113 とは、別体に形成されている。つまり、クランクシャフト 111 は、組立て式のクランクシャフトである。

[0103] クランクケース 110 の上に、シリンダブロック 120 が設けられている。シリンダブロック 120 には、円筒状のシリンダスリーブ 121 がはめ込まれており、ピストン 122 は、シリンダスリーブ 121 内を往復し得るように設けられている。

[0104] シリンダブロック 120 の上に、シリンダヘッド 130 が設けられている。シリンダヘッド 130 は、シリンダブロック 120 のピストン 122 やシリンダスリーブ 121 とともに燃焼室 131 を形成する。シリンダヘッド 130 は、吸気ポート 132 および排気ポート 133 を有している。吸気ポート 132 内には燃焼室 131 内に混合気を供給するための吸気弁 134 が設けられており、排気ポート 133 内には燃焼室 131 内の排気を行うための排気弁 135 が設けられている。

[0105] ピストン 122 とクランクシャフト 111 とは、コネクティングロッド 1 によって連結されている。具体的には、コネクティングロッド 1 の小端部 20 に形成されたピストンピン孔にピストン 122 のピストンピン 123 が挿通されているとともに、大端部 30 に形成されたクランクピン孔にクランクシャフト 111 のクランクピン 112 が挿通されており、そのことによってピストン 122 とクランクシャフト 111 とが連結されている。

[0106] 単気筒内燃機関 100 では、フリクションロスの低減が重要であるので、図 10 に示すように、コネクティングロッド 1 の大端部 30 の内周面 30a

とクランクピン１１２との間には、ニードルベアリング１１４が設けられている。ニードルベアリング１１４が設けられている場合、コネクティングロッド１がニードルベアリング１１４に押し付けられることにより、大端部３０の内周面３０ａに応力が発生する。この応力が過大であると、フレーキングの発生が懸念される。しかしながら、本実施形態におけるコネクティングロッド１は、耐フレーキング性に優れているので、フレーキングの発生が商品として必要な期間以上の長期間にわたって防止される。

[0107] 内燃機関１００全体の耐久性を高める観点からは、クランクピン１１２の表面硬度および疲労強度も高いことが好ましい。そのため、クランクピン１１２は、浸炭処理または浸炭窒化処理を施されていることが好ましい。

[0108] なお、図１０には、転がり軸受けとしてニードルベアリング１１４を例示したが、転がり軸受けは、ニードルベアリングのようなころ軸受けに限定されるものではなく、ボールベアリング（玉軸受け）であってもよい。

[0109] 図１１に、図１０に示した内燃機関１００を備えた自動二輪車を示す。図１１に示す自動二輪車では、本体フレーム３０１の前端にヘッドパイプ３０２が設けられている。ヘッドパイプ３０２には、フロントフォーク３０３が車両の左右方向に揺動し得るように取り付けられている。フロントフォーク３０３の下端には、前輪３０４が回転可能なように支持されている。

[0110] 本体フレーム３０１の後端上部から後方に延びるようにシートレール３０６が取り付けられている。本体フレーム３０１上に燃料タンク３０７が設けられており、シートレール３０６上にメインシート３０８ａおよびタンデムシート３０８ｂが設けられている。

[0111] また、本体フレーム３０１の後端に、後方へ延びるリアアーム３０９が取り付けられている。リアアーム３０９の後端に後輪３１０が回転可能なように支持されている。

[0112] 本体フレーム３０１の中央部には、図１０に示した内燃機関１００が保持されている。内燃機関１００は、本実施形態におけるコネクティングロッド１を備えている。内燃機関１００の前方には、ラジエータ３１１が設けられ

ている。内燃機関１００の排気ポートには排気管３１２が接続されており、排気管３１２の後端にマフラー３１３が取り付けられている。

[0113] 内燃機関１００には変速機３１５が連結されている。変速機３１５の出力軸３１６に駆動スプロケット３１７が取り付けられている。駆動スプロケット３１７は、チェーン３１８を介して後輪３１０の後輪スプロケット３１９に連結されている。変速機３１５およびチェーン３１８は、内燃機関１００により発生した動力を駆動輪に伝える伝達機構として機能する。

[0114] 図１１に示した自動二輪車には、本実施形態におけるコネクティングロッド１を備えた内燃機関１００が用いられているので、商品として必要な期間以上の長期間にわたってフレーキングの発生が防止される。また、本実施形態におけるコネクティングロッド１は、小型軽量化にも適している。高寿命化により、高負荷をコネクティングロッド１にかけることが可能になるためである。コネクティングロッド１の小型軽量化により、内燃機関１００や車体も軽量化され、自動二輪車の走行安定性や、乗りやすさ、扱いやすさが向上し、商品性が向上する。

[0115] なお、本実施形態におけるコネクティングロッド１を備えた内燃機関１００は、自動二輪車に限定されず、ライダーが跨って乗る鞍乗り型車両全般に好適に用いられる。例えば、バギーなどのＡＴＶにも用いられる。

[0116] また、本実施形態におけるコネクティングロッド１は、発電機や農作業機器などで用いられる小型内燃機関にも用いることができる。

産業上の利用可能性

[0117] 本発明によると、大端部の内周面におけるフレーキングの発生が抑制され、疲労強度に優れたコネクティングロッドが提供される。

[0118] 本発明によるコネクティングロッドは、各種の鞍乗型車両用の内燃機関（例えば自動二輪車用の内燃機関）に広く用いられる。

符号の説明

[0119] １ コネクティングロッド
１０ ロッド本体部

- 2 0 小端部
- 2 0 a 小端部の内周面
- 2 2 ピストンピン孔
- 3 0 大端部
- 3 0 a 大端部の内周面
- 3 2 クランクピン孔
- 1 0 0 単気筒内燃機関

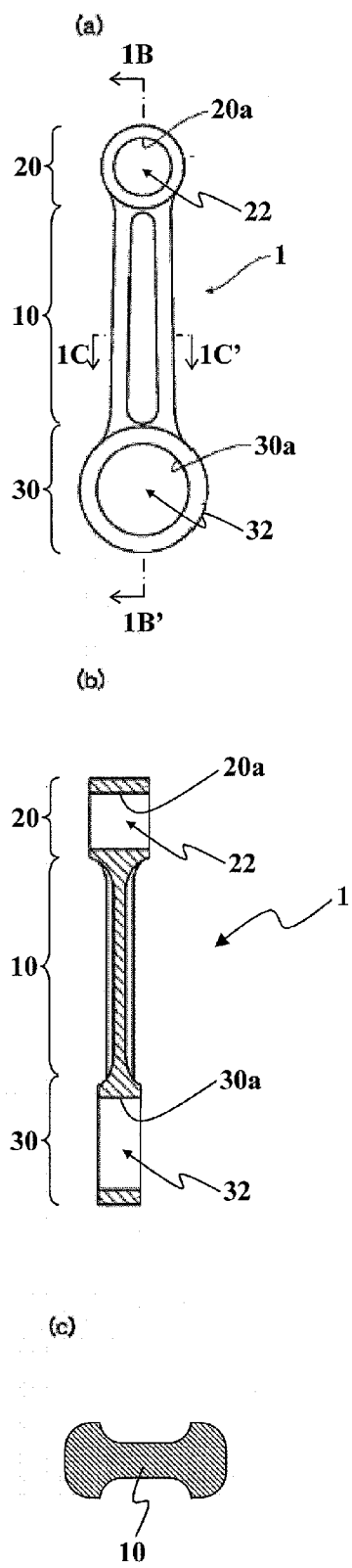
請求の範囲

- [請求項1] ロッド本体部と、
 前記ロッド本体部の一端に設けられた小端部と、
 前記ロッド本体部の他端に設けられた大端部と、を備え、
 鉄合金から形成され、
 浸炭窒化处理が施されたか、または、浸炭処理および窒化处理が施されたコネクティングロッドであって、
 前記大端部の内周面から0.1 mmの深さにおける炭素含有量が0.8 wt %以上2.1 wt %以下であり、
 前記大端部の内周面から0.1 mmの深さにおける窒素含有量が0.03 wt %以上0.19 wt %以下であるコネクティングロッド。
- [請求項2] 前記大端部の内周面から0.1 mmの深さにおける窒素含有量が0.04 wt %以上0.18 wt %以下である請求項1に記載のコネクティングロッド。
- [請求項3] 前記大端部の内周面から0.1 mmの深さにおける窒素含有量が0.05 wt %以上0.15 wt %以下である請求項1に記載のコネクティングロッド。
- [請求項4] 前記鉄合金は、0.1 wt %以上0.4 wt %以下の炭素、0.1 wt %以上0.5 wt %以下のケイ素および0.3 wt %以上1.2 wt %以下のクロムを含む請求項1から3のいずれかに記載のコネクティングロッド。
- [請求項5] 前記鉄合金のニッケル含有量は0.7 wt %未満である請求項1から4のいずれかに記載のコネクティングロッド。
- [請求項6] 非拡散性水素含有量が0.46 ppm以下である請求項1から5のいずれかに記載のコネクティングロッド。
- [請求項7] 前記浸炭窒化处理、前記浸炭処理および前記窒化处理は、標準大気圧の1/10以下の圧力に減圧された炉内において施されている請求項1から6のいずれかに記載のコネクティングロッド。

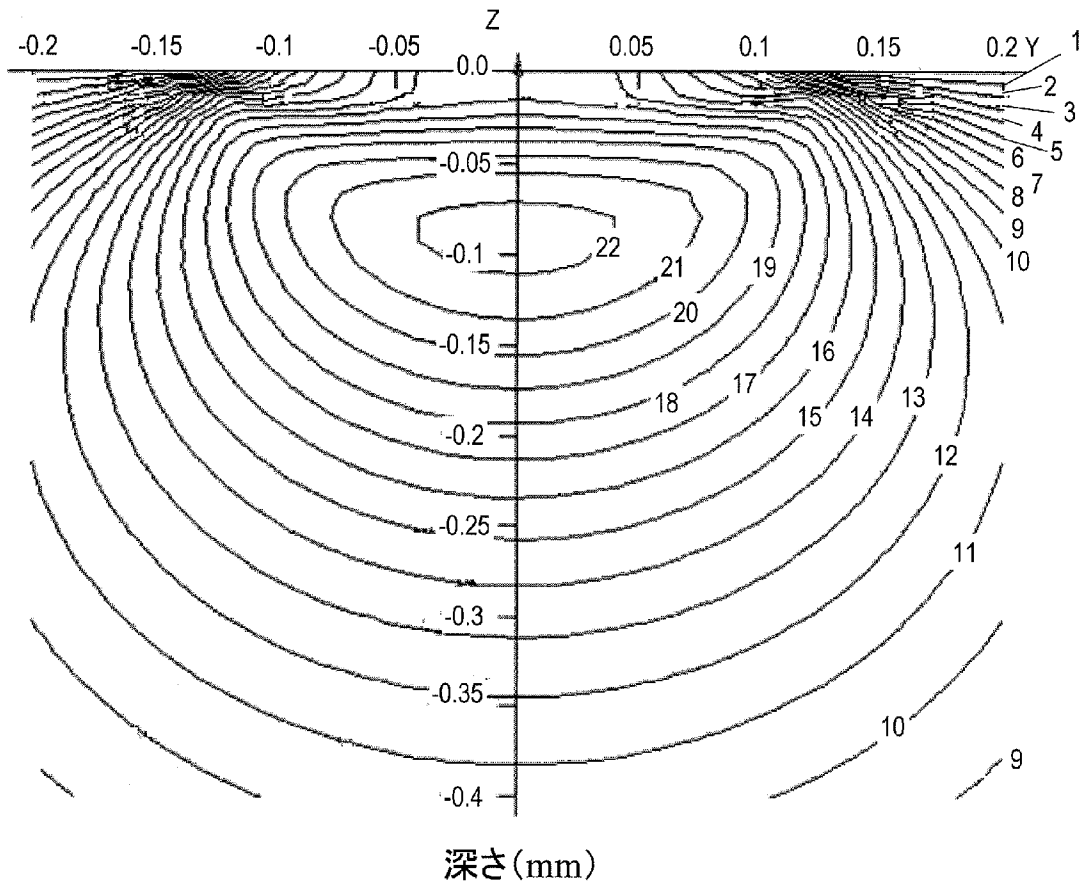
- [請求項8] 前記大端部の内周面近傍に析出している炭化物および炭窒化物の粒径が $10\mu\text{m}$ 以下である請求項1から7のいずれかに記載のコネクティングロッド。
- [請求項9] 請求項1から8のいずれかに記載のコネクティングロッドと、
前記コネクティングロッドに接続されたクランクシャフトと、
を備える単気筒内燃機関。
- [請求項10] 前記クランクシャフトは、前記コネクティングロッドの前記大端部に挿通されたクランクピンと、前記クランクピンとは別体に形成されたクランクウェブと、を有する請求項9に記載の単気筒内燃機関。
- [請求項11] 前記大端部の内周面と前記クランクピンとの間に設けられた転がり軸受けをさらに備える請求項10に記載の単気筒内燃機関。
- [請求項12] 前記クランクピンは、浸炭処理または浸炭窒化処理を施されている請求項11に記載の単気筒内燃機関。
- [請求項13] 請求項9から12のいずれかに記載の単気筒内燃機関を備えた鞍乗型車両。
- [請求項14] ロッド本体部、前記ロッド本体部の一端部に設けられた小端部および前記ロッド本体部の他端部に設けられた大端部を備えるコネクティングロッドの製造方法であって、
鉄合金から形成されたワークピースを用意する工程（A）と、
前記ワークピースに対して0.8%以上のカーボンポテンシャルを有する雰囲気下で浸炭処理を施す工程（B）と、
前記工程（B）の後に、前記ワークピースに対して0.8%以上のカーボンポテンシャルを有する雰囲気下で浸炭窒化処理を施す工程（C）と、を包含し、
前記工程（C）は、前記ワークピースの前記大端部となる領域の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下となるように実行されるコネクティングロッドの製造方法。

- [請求項15] 前記工程（B）における前記浸炭処理および前記工程（C）における前記浸炭窒化処理は、標準大気圧の1／10以下の圧力に減圧された炉内において施される請求項14に記載のコネクティングロッドの製造方法。
- [請求項16] ロッド本体部、前記ロッド本体部の一端部に設けられた小端部および前記ロッド本体部の他端部に設けられた大端部を備えるコネクティングロッドの製造方法であって、
鉄合金から形成されたワークピースを用意する工程（A）と、
前記ワークピースに対して0.8%以上のカーボンポテンシャルを有する雰囲気下で複数回浸炭処理を施す工程（B）と、
前記工程（B）の後に、前記ワークピースに対して窒化処理を施す工程（C）と、を包含し、
前記工程（C）は、前記ワークピースの前記大端部となる領域の内周面から0.1mmの深さにおける窒素含有量が0.03wt%以上0.19wt%以下となるように実行されるコネクティングロッドの製造方法。
- [請求項17] 前記工程（B）における前記浸炭処理および前記工程（C）における前記窒化処理は、標準大気圧の1／10以下の圧力に減圧された炉内において施される請求項16に記載のコネクティングロッドの製造方法。

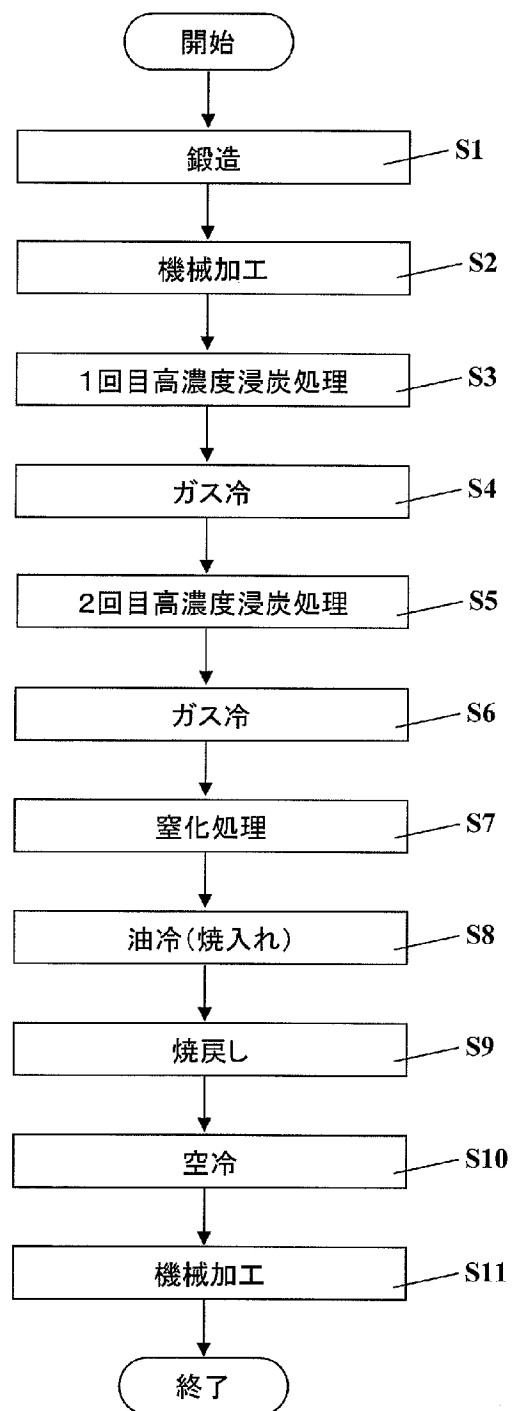
[図1]



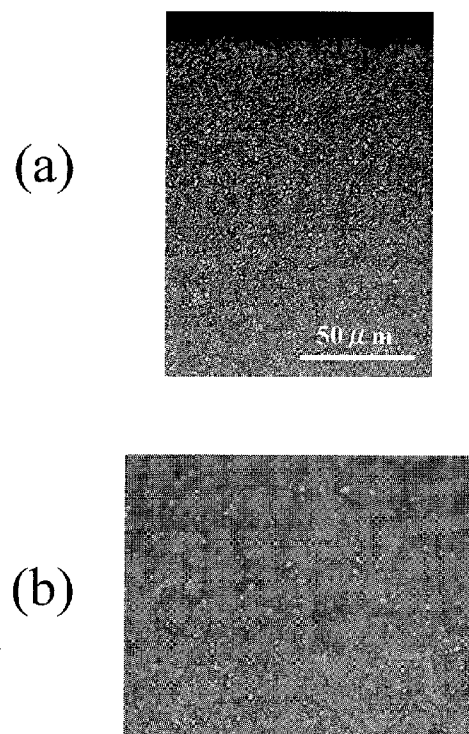
[図2]



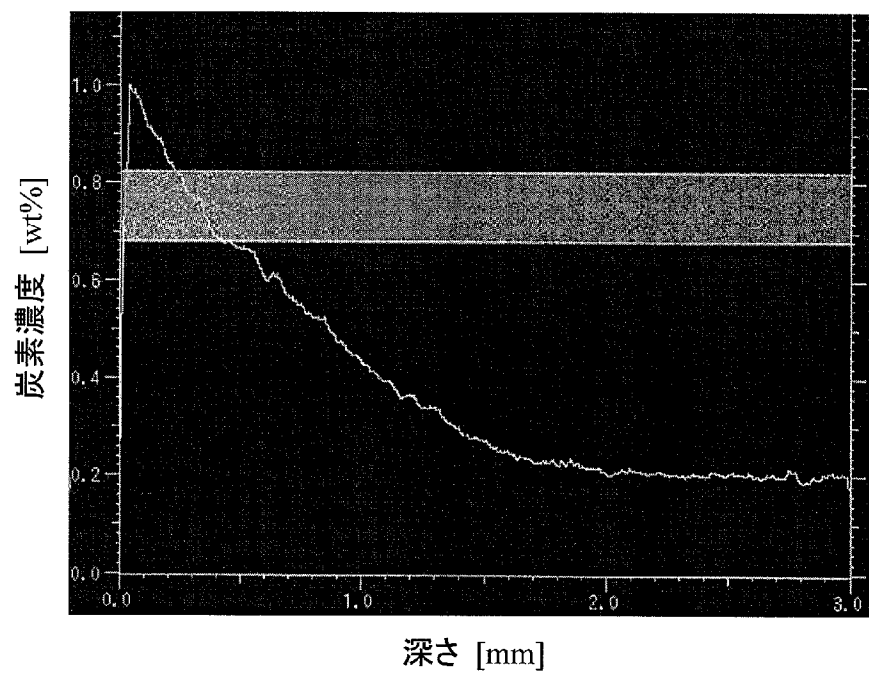
[図3]



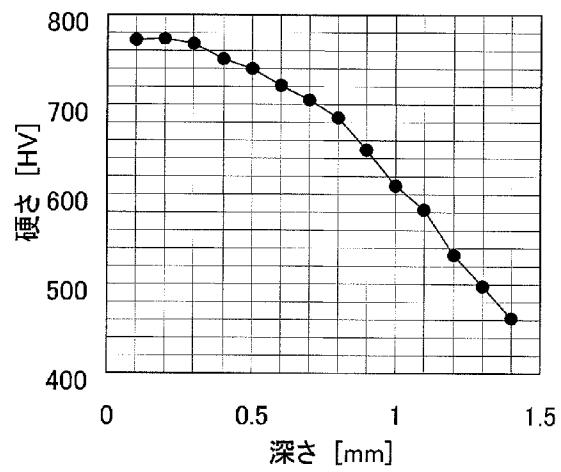
[図4]



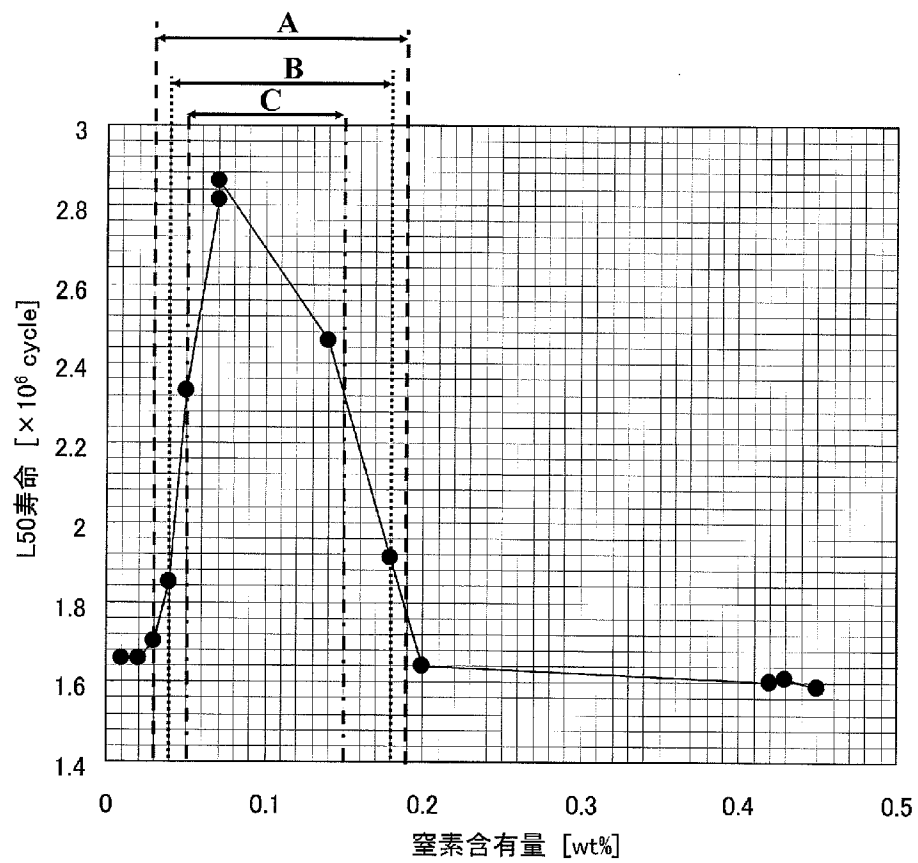
[図5]



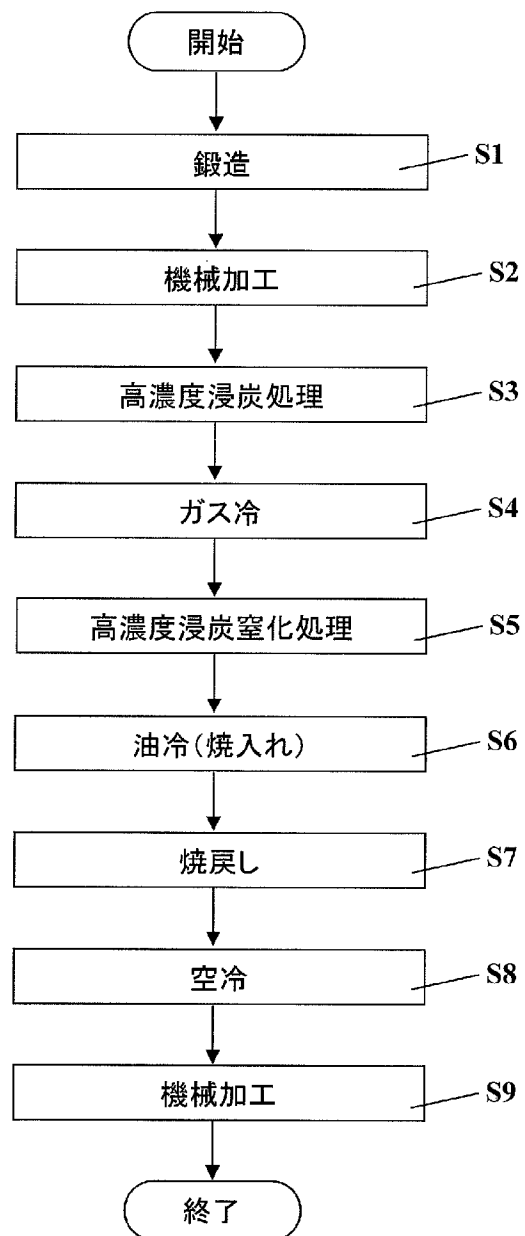
[図6]



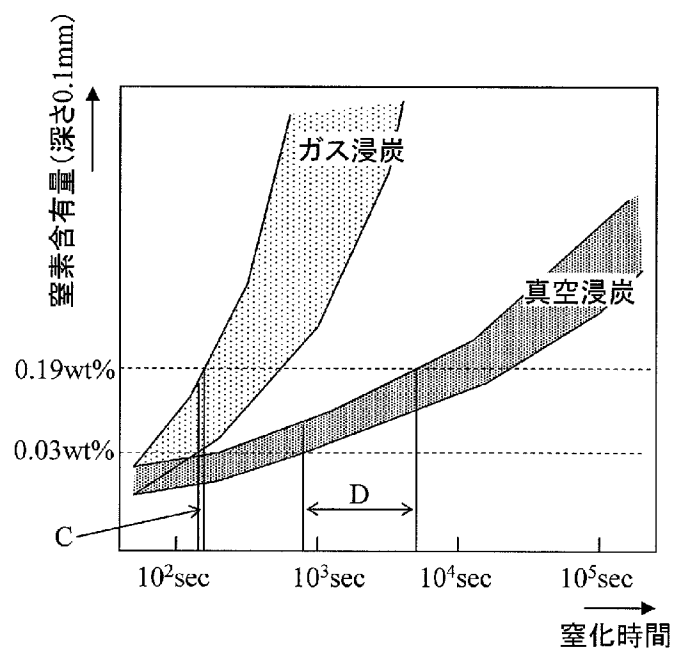
[図7]



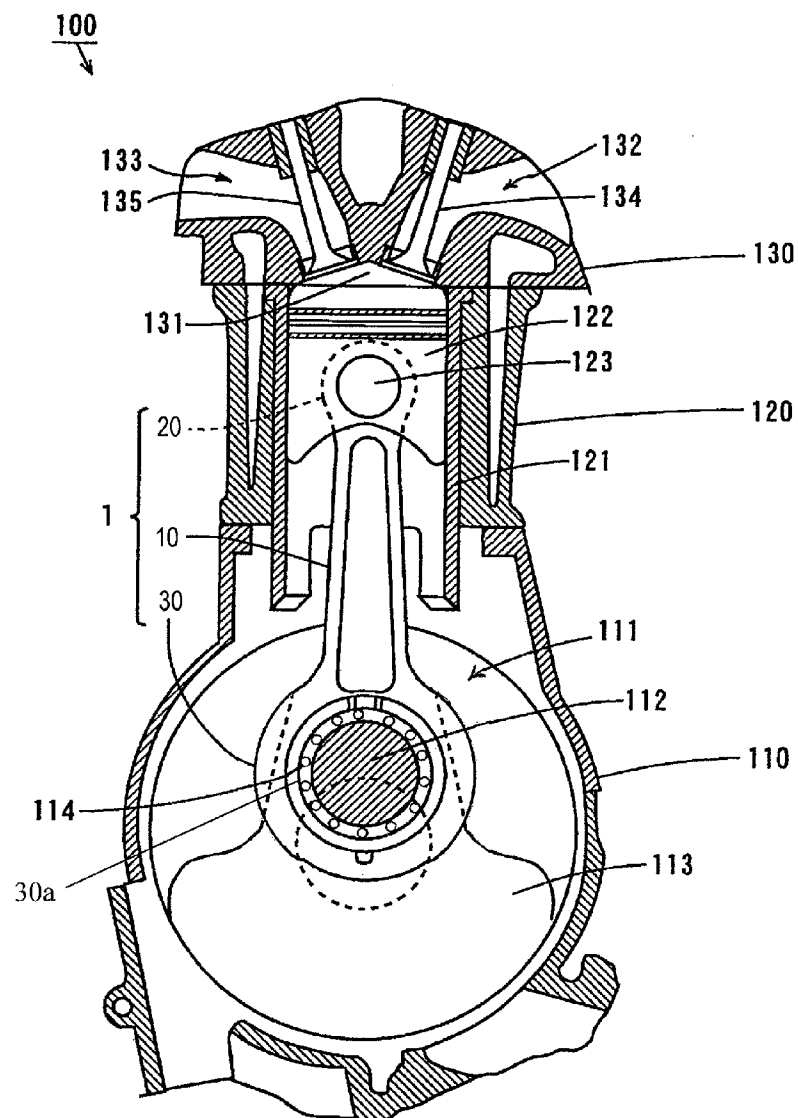
[図8]



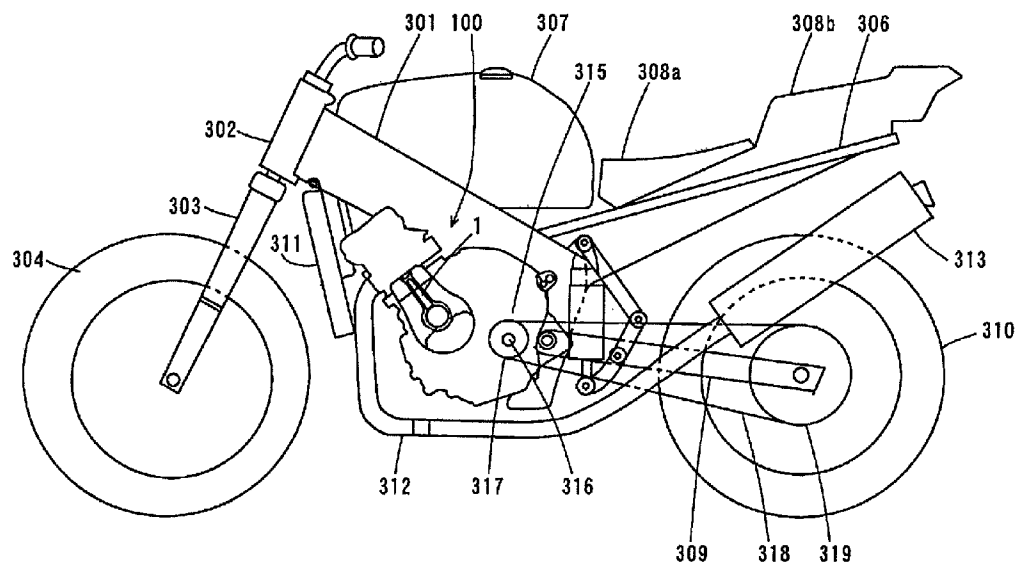
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/071328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C8/32(2006.01)i, C21D1/06(2006.01)i, C21D1/70(2006.01)i, C21D9/00(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/18(2006.01)i, C22C38/22(2006.01)i, C23C8/34(2006.01)i, F16C7/02(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C8/32, C21D1/06, C21D1/70, C21D9/00, C22C38/00, C22C38/18, C22C38/22, C23C8/34, F16C7/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-313949 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 14 November 2000 (14.11.2000), entire text (Family: none)	1-17
A	JP 2009-019639 A (NTN Corp.), 29 January 2009 (29.01.2009), entire text & US 2004/0079310 A1 & EP 1411142 A1	1-17
A	JP 10-046286 A (NSK Ltd.), 17 February 1998 (17.02.1998), entire text & US 6171411 B1 & GB 9715699 A0	1-17



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
14 January, 2011 (14.01.11)

Date of mailing of the international search report
25 January, 2011 (25.01.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23C8/32(2006.01)i, C21D1/06(2006.01)i, C21D1/70(2006.01)i, C21D9/00(2006.01)i,
C22C38/00(2006.01)i, C22C38/18(2006.01)i, C22C38/22(2006.01)i, C23C8/34(2006.01)i,
F16C7/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23C8/32, C21D1/06, C21D1/70, C21D9/00, C22C38/00, C22C38/18, C22C38/22, C23C8/34, F16C7/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-313949 A (ヤマハ発動機株式会社) 2000. 11. 14, 全文 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2009-019639 A (NTN株式会社) 2009. 01. 29, 全文 & US 2004/0079310 A1 & EP 1411142 A1	1-17
A	JP 10-046286 A (日本精工株式会社) 1998. 02. 17, 全文 & US 6171411 B1 & GB 9715699 A0	1-17

☐ 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

1 4 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

市枝 信之

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

4 E

3 5 4 8