



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 04 652 T2 2006.08.31**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 411 145 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 04 652.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 022 631.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.10.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **19.04.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C23C 16/27 (2006.01)**

**F01L 1/46 (2006.01)**

**F02F 3/00 (2006.01)**

**F02F 5/00 (2006.01)**

**F16J 1/02 (2006.01)**

**F16C 3/14 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**2002302205 16.10.2002 JP**

(73) Patentinhaber:

**Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP**

(74) Vertreter:

**HOEFER & PARTNER, Partnerschaftsgesellschaft,  
80803 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Hamada, Takahiro, Yokohama-shi Kanagawa  
230-0051, JP; Mabuchi, Yutaka, Yokohama-shi  
Kanagawa 231-0834, JP; Kano, Makoto,  
Yokohama-shi Kanagawa 245-0002, JP; Yasuda,  
Yoshiteru, Yokohama-shi Kanagawa 236-0012, JP;  
Okamoto, Yusuke, Yokosuka-shi Kanagawa  
238-0023, JP**

(54) Bezeichnung: **Gleitstruktur für Brennkraftmaschine in einem Fahrzeug**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Gleitstruktur für einen Kraftfahrzeugverbrennungsmotor, die ausgezeichnete Reibungscharakteristiken und hohe Haltbarkeit besitzt. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Gleitstruktur für die Verwendung in einem Kraftfahrzeugmotorventiltrieb oder einem Einlass/Auslasssystem, in dem der Gleitbereich eines Gleitelements mit einem spezifischen Hartkohlenstofffilm beschichtet ist, um einen niedrigen Reibungskoeffizienten und hohe Haltbarkeit, Zuverlässigkeit und hohen Reibschweißungswiderstand zu erzielen.

**[0002]** Ein Ventiltrieb und ein Einlass-/Auslasssystem eines Kraftfahrzeugverbrennungsmotors beinhalten verschiedene Gleitelemente, wie einen Nocken und sein Gegenstückelement, d.h. ein Ventilstößel oder eine an einer Endfläche des Stößels angebrachte Beilagscheibe. Vor allem ist die Gleitreibung zwischen dem Nocken und dem Stößel für 20% des gesamten mechanischen Motorverlusts verantwortlich, wenn der Motor bei geringen Geschwindigkeiten läuft (einschließlich Leerlaufgeschwindigkeit). Die Technik zur Reduzierung der Reibung zwischen dem Nocken und dem Stößel ist wesentlich, um eine unmittelbare Verbesserung des Kraftstoffwirkungsgrads zu erlauben. Hierbei ist der durch den Gleitkontakt zwischen dem Nocken und dem Stößel entwickelte Oberflächendruck unter den höchsten in dem Verbrennungsmotor, und die Schmierung zwischen dem Nocken und dem Stößel ist zeitweise durch ihren Gleitmechanismus unterbrochen. Es kann somit gesagt werden, dass der Schmierungszustand des Nockens und des Stößels äußerst schwerwiegend ist. Es gibt einige vorstellbare effektive Wege, um die Gleitreibung zwischen dem Nocken und dem Stößel zu reduzieren. Zum Beispiel können die Gleitbereiche sowohl des Nockens als auch des Stößels geglättet werden, um den Schmierungszustand zu verbessern und dadurch den direkten Kontakt (Metallkontakt) zwischen dem Nocken und dem Stößel zu reduzieren. Um die Reibung bei Metallkontakt zwischen dem Nocken und dem Stößel zu reduzieren, kann ein Festschmierstoff oder ein Schmiermitteladditiv verwendet werden. In Anbetracht des vorerwähnten wird vorgeschlagen, den Gleitbereich des Stößels zu glätten und dann den Gleitbereich mit einem harten Dünnschicht aus Titanitrid (TiN) oder Chromnitrid (Cr<sub>2</sub>N) oder einem Harzmaterial, das ein festes Schmiermittel, z.B. Molybdendisulfid (MoS<sub>2</sub>) enthält, zu beschichten.

**[0003]** Der größte Vorzug eines harten Dünnschichts, der durch ein Physical Vapour Deposition Verfahren (PVD) oder durch ein Chemical Vapour Deposition Verfahren (CVD) erzeugt wird, ist seine Oberflächenhärte, die wesentlich höher ist, als die durch Oberflächenbehandlung (z.B. Plattieren) oder Oberflächenhärten (z.B. Wärmebehandlung) erzielte. Durch das Aufbringen eines solchen harten Dünnschichts auf ein Gleitelement kann der Verschleißwiderstand eines Gleitelements wesentlich verbessert werden, um eine Verschlechterung der Oberflächenrauigkeit bei Schmierung zu verhindern. Auch kann verhindert werden, dass das Gleitelement sein Gegenstückelement durch die Verschlechterung der Oberflächenrauigkeit abnutzt. Es ist somit möglich, zu verhindern, dass die Gleitreibung durch einen Anstieg des direkten Kontakts (Metallkontakt) zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement ansteigt, und es ist möglich, den anfänglichen Schmierungszustand während einer ausgedehnten Zeitdauer zu erhalten. Zusätzlich wird erwartet, dass das Aufbringen des harten Dünnschichts auf das Gleitelement für einen Glättungseffekt auf dem Gegenstückelement sorgen würde, sodass die Gleitbereiche sowohl des Gleitelements wie auch des Gegenstückelements zur Verbesserung der Schmierungszustands geglättet werden können.

**[0004]** Unter verschiedenen Hartkohlenstofffilmen sind amorphe Kohlenstofffilme, wie ein diamantartiger Kohlenstofffilm (DLC (diamond-like carbon)), für hohe Härte und Festschmierstoff ähnliche Fähigkeiten bekannt, um einen niedrigen Reibungskoeffizienten ohne Schmiermittel zur Verfügung zu stellen. In der mikroskopischen Analyse beinhaltet der Gleitkontakt zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement unter Schmierung einen Bereich, in dem das Gleitelement mit dem Gegenstückelement über einen Schmierfilm Kontakt herstellt, und einen Bereich, in dem das Gleitelement und das Gegenstückelement direkten Kontakt (Metallkontakt) zwischen ihren Oberflächenrauigkeitsspitzen herstellen. In der Erwartung, dass die Gleitreibung zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement ohne Schmierung verringert werden kann, ist die Anwendung des DLC Films auf das Gleitelement, besonders die Region, in der das Gleitelement direkten Kontakt mit dem Gegenstückelement herstellt, vor kurzem als eine Niedrig-Reibungstechnik für die Verbrennungskraftmaschine untersucht worden.

**[0005]** Jedoch hat der durch das PVD oder CVD Verfahren erzeugte Hartkohlenstofffilm höhere innere Spannung und Härte, als der durch Oberflächenbehandlung (z.B. Plattieren) erzeugte. Bei der Anwendung eines solchen Hartkohlenstofffilms auf das Gleitelement tritt ein Problem auf, dass der harte Dünnschicht oft von dem Basisbereich des Gleitelements losgelöst und/oder aufgebrochen wird.

**[0006]** Um die Ablösung des Hartkohlenstofffilms zu verhindern, wird vorgeschlagen, eine Zwischenschicht vorzusehen, um die Adhäsion zwischen dem Film und der Basis zu verbessern, und den Film in einer Mehrschichtstruktur zu erzeugen, um die innere Spannung des Films zu reduzieren. Auf der anderen Seite gibt es einige Vorschläge, das Aufbrechen des Hartkohlenstofffilms und das aus dem Aufbrechen des Films resultierende Ablösen des Hartkohlenstofffilms zu verhindern, indem die Oberflächenrauigkeit und das Profil des Hartdünnfilms wie auch die Oberflächenrauigkeit und das Profil des Gegenstückelements gesteuert/eingestellt werden. Einer dieser Vorschläge ist, die Oberflächenrauigkeit des Nockens und der Stößel-Beilagscheibe einzustellen (offen gelegte, japanische Patentveröffentlichung Nr. JP11-294118A). Dieser Vorschlag basiert auf der Grundlage, dass der Lasteintrag auf den Film durch die Begrenzung der Rauigkeit des Nockens und der Stößel-Beilagscheibe auf einen gegebenen Wert oder weniger eingestellt werden kann. Ein weiterer Vorschlag ist, das Oberflächenprofil des Hartkohlenstofffilms einzustellen, insbesondere die Höhe und die Menge von Makropartikeln (Tröpfchen), die auf der Oberfläche des durch Arc-Ion-Plating erzeugten Films zurückbleiben (offen gelegte, japanische Patentveröffentlichung Nr. JP7-118832A).

**[0007]** Die Erfindung betrifft eine Gleitstruktur für einen Fahrzeugmotor wie in JP-A-2001 172766 und JP-A-2001 64005 beschrieben. Diese beiden Dokumente zielen auf ein Gleitelement für einen Fahrzeugmotor ab, das Doppelbeschichtungsfilme besitzt: einen oberen aus Metall und/oder aus Kohlenstoff hergestellten Beschichtungsfilm und einen unteren Beschichtungsfilm aus Hartkohlenstoff. Diese Gleitelemente haben jedoch den Nachteil, dass ein oberer Beschichtungsfilm und ein unterer Beschichtungsfilm notwendig sind, um ein Aufbrechen und ein Ablösen zu verhindern.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Eine Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegt, ist es, eine Gleitstruktur für einen Kraftfahrzeugmotor bereitzustellen, in der der Gleitbereich eines Gleitelements mit einem einzigen Hartkohlenstofffilm beschichtet ist, um so einen niedrigeren Reibungskoeffizienten, höhere Haltbarkeit und Zuverlässigkeit und verbesserten Reibschweißungswiderstand zu erzielen, während das Aufbrechen und Ablösen des Hartkohlenstofffilms verhindert werden. Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die Kombination der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beinhalten vorteilhafte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

**[0009]** Die anderen Aufgaben und Merkmale der Erfindung werden durch die folgende Beschreibung auch verstanden werden.

#### BESCHREIBUNG DES AUSFÜHRUNGSBEISPIELS

**[0010]** Die vorliegende Erfindung wird unten im Detail beschrieben. In der folgenden Beschreibung betreffen alle Prozentgehalte (%) die Masse, wenn nicht anders angegeben.

**[0011]** Eine Gleitstruktur, entsprechend einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung, beinhaltet ein Gleitelement mit einem Gleitbereich und ein auf den Gleitbereich aufgebracht Schmiermittel, sodass der Gleitbereich über das Schmiermittel in Gleitkontakt mit dem Gegenstückelement treten kann.

**[0012]** Das Gleitelement ist speziell für die Verwendung in einem Fahrzeugmotor gestaltet und kann die Gestalt eines Kolbenrings, eines Kolbenbolzen, eines Nockens, eines Nockenzapfens, eines Gleitlagers, eines Rotorflügelrads oder einer Steuerkette oder wechselnder Kombinationen davon haben.

**[0013]** Dabei ist der Kolbenring ein auf den Kolben montierter Ring zum Gleiten gegen einen Zylinder. Der Kolbenbolzen ist ein Bolzen, der einen Kolben mit einer Pleuelstange verbindet und gegen den Kolben, die Laufbüchse oder die Pleuelstange gleitet. Der Kolbenmantel ist der Mantelteil eines Kolben, der gegen einen Zylinder gleitet. Der Nocken und der Nockenzapfen werden jeweils dafür verwendet, eine Nockenwelle gegen eine Pleuelstange oder eine Beilagscheibe gleiten zu lassen, um so Einlass- und Auslassventile anzutreiben. Das Rotorflügelrad ist rotierbar in dem Gehäuse (das eine Pumpkammer definiert) einer Ölpumpe (wie eine Basispumpe) eines automatischen Getriebes angebracht, um so gegen das Gehäuse zu gleiten, oder ist rotierbar in dem zylindrischen Gehäuse eines hydraulischen Kreislaufs eines Ventiltriebs (der die Ventilstößelcharakteristiken eines Einlass-oder Auslassventils veränderlich steuert) angebracht, um so gegen das Gehäuse zu gleiten. Die Steuerkette ist eine kontinuierliche Rollenkette, die gegen ein Kettenrad oder eine Kettenführung gleitet, um so eine Nockenwelle von einer Kurbelwelle anzutreiben.

**[0014]** Der Gleitbereich des Gleitelements hat eine Basis und einen auf der Basis erzeugten Hartkohlenstoff-

film zum Beschichten des Gleitbereich.

**[0015]** Die Basis ist im Allgemeinen aus einem Stahlmaterial oder einem Aluminiummaterial hergestellt.

**[0016]** Der Hartkohlenstofffilm ist aus einem Kohlenstoff hergestellt, der nur unvermeidbare Unreinheiten enthält, und ist wünschenswerter Weise ein diamantartiger Kohlenstofffilm (DLC/diamand-like carbon). Obwohl der DLC Film durch jedes Physical Vapour Deposition (PVD) Verfahren erzeugt werden kann, ist es besonders wünschenswert, den DLC Film durch Arc-Ion-Plating zu erzeugen.

**[0017]** Ferner hat der Hartkohlenstofffilm eine Dicke von 0,3 bis 2,0  $\mu\text{m}$ , eine Oberflächenhärte von 1500 bis 4500  $\text{kg/mm}^2$  in Knoop-Härte ausgedrückt, und eine Oberflächenrauigkeit  $R_y$  ( $\mu\text{m}$ ), die der folgenden Gleichung genügt (A):

$$R_y < \{(0,75 - H_k/8000) \times h + 0,07/0,8\} \quad (\text{A})$$

wobei  $h$  die Dicke ( $\mu\text{m}$ ) des Hartkohlenstofffilms ist; und  $H_k$  ist die Knoop-Härte ( $\text{kg/mm}^2$ ) des Hartkohlenstofffilms.

**[0018]** Die obige Gleichung (A) ist von den Erfindern experimentell aufgestellt worden. Insbesondere sind Experimente über das Gleiten verschiedener Kombinationen der obigen Gleitelemente und ihrer Gegenstückelemente ausgeführt worden, um herauszufinden, wie das Auftreten von Schäden und das Ablösen des Hartkohlenstofffilms durch die Härte, die Oberflächenrauigkeit und die Dicke des Hartkohlenstofffilms, die Oberflächenrauigkeit und das Profil der Basis und die Oberflächenrauigkeit und das Profil des Gegenstückelements beeinflusst werden kann. Als ein Ergebnis des Experiments wurde herausgefunden, dass der Hartkohlenstofffilm Schaden durch Gleiten erleidet, wenn er einer übermäßig hohen Last ausgesetzt ist. Es wurde auch herausgefunden, dass ein solcher Schaden des Hartkohlenstofffilms das Aufbrechen des Films, mikroskopische Filmablösung und ernsteren Schaden zur Folge hat, verursacht durch Scheuern abgelöster Filmbruchstücke.

**[0019]** Wenn das Gleitelement oder das Gegenstückelement seinen Gleitbereich als Ebene ausgebildet hat, und das andere seinen Gleitbereich in einer einfachen Krümmung ausgebildet hat, haben das Gleitelement und das Gegenstückelement derart Linienkontakt zwischen ihren Gleitbereichen, dass der Hartkohlenstofffilm nur von dem Linienkontakt einen Druck erhält. In diesem Fall kann der Hartkohlenstofffilm davor bewahrt werden, aufgebrochen zu werden, indem die Dicke des Hartkohlenstofffilms auf einen gegebenen Wert oder größer eingestellt wird, ohne die Notwendigkeit, die Beziehung der obigen Gleichung (A) zu beachten. In der Praxis gibt es jedoch die folgenden Ursachen für die übermäßige Last auf dem Hartkohlenstofffilm.

**[0020]** Eine Ursache für die übermäßige Last auf dem Hartkohlenstofffilm ist eine dem Dünnsfilm eigene Ablagerung, die durch jedes PVD Verfahren (wie Arc-Ion-Plating) erzeugt wird. Die Ablagerung wird hierin als Partikel definiert, die von dem Metall-Target (d.h. die Quelle des einen Film erzeugenden Materials) in einem Cluster oder im geschmolzenen Zustand kommen, aber nicht in einem ionisierten oder atomaren Zustand, und, wie sie sind, in dem Film verbleiben. Der Hartkohlenstofffilm wird über der Ablagerung entwickelt, sodass die Ablagerung in dem Film bleibt, um einen harten Partikelüberstand zu erzeugen. Diese Überstände lösen sich während des Gleitens leicht. Wenn die entstehenden Partikel in dem Kontakt zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement eingeschlossen werden, erhält der Hartkohlenstofffilm über diese Partikel einen Druck von dem Gegenstückelement. Solch ein örtlich begrenzter Druck ist wesentlich höher als eine Hertzsche Pressung, die, basierend auf der makroskopischen Krümmung des Gleit- oder Gegenstückelements unter Berücksichtigung seiner elastischen Verformung, bestimmt ist, und das Aufbrechen des Films verursachen kann. Der Hartkohlenstofffilm ist beim Gleitkontakt zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement Scherbeanspruchung ausgesetzt. Die Beschädigung des Hartkohlenstofffilms entwickelte sich radial in Linienform nach außen hin, um makroskopische Ablösung des Films zu verursachen.

**[0021]** Eine andere Ursache für die übermäßige Last auf dem Hartkohlenstofffilm ist zu hohe Oberflächenrauigkeit des Gegenstückelements. Es gibt zwei Fälle: in einem Fall verstärken die Oberflächenrauigkeitsspitzen des Gegenstückelements die örtliche Begrenzung des Oberflächendrucks auf dem Film; und in dem anderen Fall haben das Gleitelement und das Gegenstückelement eher Punktkontakt als Linienkontakt, da sie aufgrund ihrer geringen Glattheit den Kontaktdruck stärker lokalisieren. Insbesondere wird, wenn das Gleitelement und das Gegenstückelement aufgrund ihrer geringen Glattheit Punktkontakt erzeugen, das Aufbrechen des Hartkohlenstofffilms unter dem kombinierten Einfluss der Ablagerung und der hohen Oberflächenrauigkeit des Gleitelements und des Gegenstückelements zunehmend gefördert.

**[0022]** Es wird von den Erfindern auch herausgefunden, dass das Aufbrechen des Hartkohlenstofffilms abhängig von der Dicke und der Härte des Films verursacht werden kann. Mit steigender Dicke des Films wird die durch das Pressen der Partikel gegen den Film unter einer gegebenen Last verursachte Verformung klein. Der Widerstand des Films gegen Aufbrechen steigt somit an. Um einen guten Schmierzustand zu bewirken, ist es erforderlich, dass der Hartkohlenstofffilm, abhängig von der unter den Gleitbedingungen vorstellbaren angewandten Last, eine gewisse Dicke hat. Zusätzlich stehen die Härte und die Duktilität des Films im Allgemeinen im Zielkonflikt miteinander, und die Härte des Films nimmt mit der Abnahme der Duktilität des Films zu. Entsprechend steigt der Widerstand des Films gegen Aufbrechen an, wenn die Härte des Films messbar abnimmt.

**[0023]** Den Lasteintrag, den der Hartkohlenstofffilm (insbesondere der DLC Film) vertragen kann, hängt von der Oberflächenrauigkeit, der Dicke und Härte des Films ab. Durch angemessenes Einstellen der Oberflächenrauigkeit und der Profile des Hartkohlenstofffilms, der Basis des Gleitelements und des Gegenstückselements entsprechend der vorstellbaren Gleitbedingungen des Gleitelements, ist es möglich, den Lasteintrag auf den Film innerhalb gewisser Grenzen zu steuern. Es kann daher verhindert werden, dass der Hartkohlenstofffilm aufgebrochen und abgelöst wird, sodass der Film seine Funktion über eine ausgedehnte Zeitdauer zweckmäßig erhalten und ausführen kann.

**[0024]** Basierend auf den oben genannten Tatsachen, ist die Gleichung (A) wie folgt aufgestellt worden.

**[0025]** Es wird nun angenommen, dass der Hartkohlenstofffilm eine Dicke  $h$ , eine Knoop-Härte  $H_k$  hat, und eine Tiefe  $h'$ , mit der die Ablagerungspartikel oder Rauigkeitsspitzen des Gegenstückelements beim Kontakt zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement in den Film hineingedrückt werden können.

**[0026]** Die folgende Gleichung (1) ist, basierend auf der obigen Annahme, experimentell erstellt worden:

$$h'/h = 0,6 - H_k/10000 \quad (1)$$

**[0027]** Die folgende Gleichung (2) ist auch experimentell erstellt worden:

$$a = 0,8R_y - 0,07 \quad (2)$$

in der  $a$  eine Höhe der in dem Hartkohlenstofffilm verbleibenden Ablagerung ist; und  $R_y$  ist eine Oberflächenrauigkeit  $R_y$  des Hartkohlenstofffilms.

**[0028]** Es kann verhindert werden, dass die in dem Hartkohlenstofffilm verbleibende Ablagerung die Beschädigung des Films und das Aufbrechen und das Ablösen der Films, resultierend aus der Filmbeschädigung, verursachen, indem die Oberflächenrauigkeit des Films gesteuert wird. Insbesondere wird gewünscht, dass die Ablagerung in die obige Eindringtiefe passt, um der folgenden Gleichung (3) zu genügen:

$$a < h' \quad (3)$$

**[0029]** Die Gleichung (A) ist abgeleitet von den Gleichungen (1) bis (3), sodass die Oberflächenrauigkeit des Hartkohlenstofffilms entsprechend der Härte und der Dicke des Films eingestellt werden kann.

**[0030]** Die einschränkenden Bedingungen der Gleichung (A) werden jetzt erklärt. Die Dicke  $h$  des Hartkohlenstofffilms wird von 0,3 bis 2,0  $\mu\text{m}$  eingestellt, wie oben beschrieben. Wenn die Dicke des Films kleiner als 0,3  $\mu\text{m}$  ist, tritt unter einem vorstellbaren Lasteintrag vom Gegenstückelement in dem Film ein Riss auf. Auf der anderen Seite tritt, wenn die Dicke des Films 2,0  $\mu\text{m}$  überschreitet, während der Filmerzeugung große interne Spannung auf, wodurch verursacht wird, dass der Film deformiert wird. Die Deformierung des Films hat Punktkontakt zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement zur Folge, und das Aufbrechen des Films kann dadurch indirekt, wegen dieses schlechten Kontakts, beschleunigt werden. Ferner ist die Oberflächenhärte  $H_k$  des Hartkohlenstofffilms, in Anbetracht des Zielkonflikts zwischen Härte und Duktilität, zwischen 1500 bis 4500  $\text{kg}/\text{mm}^2$  eingestellt, wie oben beschrieben.

**[0031]** Die Oberflächenrauigkeit und das Profil der Basis müssen auch entsprechend der Art und der Charakteristiken des Gleitelements und der Art und der Eigenschaften des Schmiermittels eingestellt werden. Hierbei bezieht sich die Oberflächenrauigkeit der Basis auf eine Oberflächenrauigkeit der Basis, auf der der Hartkohlenstofffilm erzeugt werden soll, und wird somit normalerweise vor der Erzeugung des Hartkohlenstofffilms auf der Basis gemessen. Wünschenswerterweise hat die Basis eine Oberflächenrauigkeit von 0,03  $\mu\text{m}$  oder

kleiner, ausgedrückt als Ra (mittlere arithmetische Rauigkeit). Da die Dicke des Hartkohlenstofffilms sehr klein ist, wird die Oberflächenrauigkeit der Basis auf der Oberflächenrauigkeit des Films abgebildet. Wenn die Oberflächenrauigkeit der Basis groß ist, wird der auf den Film ausgeübte Kontaktoberflächendruck aufgrund der Oberflächenrauigkeitsspitzen des Films mehr lokalisiert, wodurch das Aufbrechen des Films verursacht wird. Mit einer auf 0,03 µm oder kleiner eingestellten Oberflächenhärte Ra der Basis, wird es jedoch möglich, das Aufbrechen des Films und das aus dem Aufbrechen des Films resultierende Ablösen des Films zu verhindern. Weiterhin ist es wahrscheinlich, dass der Gleitbereich durch Eigenspannung des Hartkohlenstofffilms, abhängig von dem Profil der Basis, konvex wird. Wenn die Höhe der konvexen Ausformung des Gleitbereichs zu groß ist, haben das Gleitelement und das Gegenstückelement unerwünschter Weise eher Punktkontakt als Linienkontakt, sodass der auf den Film aufgebrachte Oberflächendruck durch die Ablagerung und das Fremdmaterial, das in dem Kontakt zwischen dem Gleitelement und dem Gegenstückelement eingeschlossen ist, lokalisierter und erhöht ist. Es ist daher wünschenswert, die konvexe Ausformung des Gleitbereichs nach der Erzeugung des Films auf der Basis auf 0,03 µm oder kleiner einzustellen.

**[0032]** Das Schmiermittel ist überwiegend aus einem Basisöl gebildet. Das Basisöl hat vorzugsweise eine kinematische Viskosität von 2 bis 8 m<sup>2</sup>/s bei 100°C und einen Viskositätsindex von 80 oder höher, um so einen größeren Reibungsreduzierungseffekt bereit zu stellen.

**[0033]** Weiterhin kann der Schmiermittel zusätzlich mindestens ein Additiv enthalten, das aus der Gruppe bestehend aus einem Agens gegen Verschleiß, einem Detergenz-Dispergiermittel, einem Viskositätsindex-Verbesserungsmittel, einem Reibungsmodifiziermittel, einem Agens gegen Schaumbildung, einem Stockpunkterniedriger, einem Rostinhibitor und einem Antioxidationsmittel ausgewählt wird, um den Reibungskoeffizienten zu reduzieren und den Reibschweißungswiderstand zu verbessern. Insbesondere sorgt der Zusatz eines Agens gegen Verschleiß in dem Schmiermittel für eine wesentliche Verringerung des Reibungskoeffizienten. Der Grund dafür ist noch nicht geklärt, aber es wird angenommen, dass der Film des Schmiermittels durch chemische Adsorption an den Hartkohlenstofffilm gebunden ist, um so eine effektivere Schmierfunktion zu bewirken.

**[0034]** Die vorliegende Erfindung wird mit Bezug auf das folgende Beispiel detaillierter beschrieben. Es sollte jedoch bemerkt werden, dass das folgende Beispiel nur veranschaulichend ist und nicht dafür bestimmt ist, die Erfindung darauf zu beschränken.

#### BEISPIEL

**[0035]** Ein Gleitelement wurde durch das Anfertigen eines zylindrischen Teils (als eine Basis) aus SCr Stahl gemäß JIS G4104 gebildet und ein DLC Film durch PVD Arc-Ion-Plating auf einer Oberfläche des SCr Stahlteils erzeugt. Der DLC Film hatte eine Dicke h von 0,5 µm, eine Knoop-Härte Hk von 2170 kg/mm<sup>2</sup> und eine Oberflächenrauigkeit Ry von 0,03 µm.

#### VERGLEICHSBEISPIEL

**[0036]** Im VERGLEICHSBEISPIEL wurde ein zylindrisches Teil aus SCr Stahl gemäß JIS G4104 als ein Gleitelement verwendet. Das im VERGLEICHSBEISPIEL verwendete SCr Stahlteil war das gleiche wie das im BEISPIEL verwendete. Es wurde im VERGLEICHSBEISPIEL kein DLC Film auf dem SCr Teil erzeugt.

#### AUSWERTUNG

**[0037]** Die Gleitelemente aus dem BEISPIEL und dem VERGLEICHSBEISPIEL wurden einem Reibungs-/Verschleißtest unterzogen, um ihre Reibungskoeffizienten und Lasten des Festfressens zu messen.

**[0038]** Der Reibungs-/Verschleißtest wurde unter Verwendung eines Art hin- und hergehenden (SRV) Reibungs-/Verschleißtesters unter den folgenden Testbedingungen ausgeführt. Die Testergebnisse sind in der TABELLE gezeigt.

[Testbedingungen]

Frequenz:	50 Hz
Temperatur:	25°C
Last:	Erhöht mit 130 N/min.
Schmiermittel:	SAE 5W30

TABELLE

	Reibungskoeffizient	Last des Festfressens (N)
BEISPIEL	0,1	1110
VERGLEICHBSBEISPIEL	0,17	610

**[0039]** Es ist aus der TABELLE ersichtlich, dass das Gleitelement des BEISPIELS hervorragendere Niedrig-Reibungscharakteristiken und höheren Widerstand gegen das Festfressen hatte als das Gleitelement des VERGLEICHBSBEISPIELS.

**[0040]** Wie oben beschriebenen, ist es in der Gleitstruktur des vorliegenden Ausführungsbeispiels möglich, zu verhindern, dass der Hartkohlenstoffilm aufgebrochen und abgelöst wird, und einen niedrigen Reibungskoeffizienten, hohe Zuverlässigkeit der Haltbarkeit, und verbesserten Widerstand gegen das Festfressen durch angemessenes Steuern der Oberflächenrauigkeit und des Profils des Hartkohlenstofffilms (namentlich DLC Film), der Oberflächenrauigkeit und des Profils der Basis des Gleitelements und der Schmiermitteleigenschaften zu erhalten.

### Patentansprüche

1. Gleitstruktur für einen Kraftfahrzeugmotor, umfassend:

- ein Gleitelement, das ein aus einer Gruppe, bestehend aus einem Kolbenring, einem Kolbenbolzen, einem Kolbenmantel, einem Nocken, einem Nockenzapfen, einem Gleitlager, einem Rotorflügelrad und einer Steuerkette ausgewähltes ist, und einen Gleitbereich umfasst; und
  - ein auf den Gleitbereich aufgebracht Schmiermittel,
  - wobei der Gleitbereich eine Basis, die entweder aus einem Stahlmaterial oder aus einem Aluminiummaterial hergestellt ist, und einen diamantartigen Kohlenstoffilm aufweist, sodass der diamantartige Kohlenstoffilm Gleitkontakt mit einem Gegenstückelement über das Schmiermittel herstellt, und der diamantartige Kohlenstoffilm eine Dicke von 0,3 bis 2,0  $\mu\text{m}$  aufweist,
- dadurch gekennzeichnet**, dass
- der diamantartige Kohlenstoffilm eine Knoop-Härte von 1500 bis 4500  $\text{kg}/\text{mm}^2$ , eine Oberflächenrauigkeit  $R_y$  ( $\mu\text{m}$ ) hat, die der folgenden Gleichung genügt:

$$R_y < \{(0,75 - Hk/8000) \times h + 0,07/0,8\}$$

- wobei h die Dicke ( $\mu\text{m}$ ) des diamantartigen Kohlenstofffilms ist; und Hk die Knoop-Härte ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ) des diamantartigen Kohlenstofffilms ist, und
- der diamantartige Kohlenstoffilm durch Arc-Ion-Plating erzeugt ist.

2. Gleitstruktur gemäß Anspruch 1, wobei die Basis eine Oberflächenrauigkeit  $R_a$  von 0,03  $\mu\text{m}$  oder kleiner hat.

3. Gleitstruktur gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der mit dem diamantartigen Kohlenstoffilm beschichtete Gleitbereich eine konvexe Ausformung hat, deren maximale Höhe 0,3  $\mu\text{m}$  oder kleiner ist.

4. Gleitstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Schmiermittel ein Basisöl mit einer kinematischen Viskosität von 2 bis 8  $\text{m}^2/\text{s}$  bei 100°C und einem Viskositätsindex von 80 oder höher umfasst.

5. Gleitstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Schmiermittel mindestens ein Additiv umfasst, das aus der Gruppe, bestehend aus einem Agens gegen Verschleiß, einem Detergenz-Dispergiermittel, einem Viskositätsindex-Verbesserungsmittel, einem Reibungsmodifiziermittel, einem Agens gegen Schaumbildung, einem Stockpunktniedriger, einem Rostinhibitor und einem Antioxidationsmittel, ausgewählt ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen