



(10) **DE 10 2004 014 466 B4** 2011.05.05

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 014 466.4**
(22) Anmeldetag: **24.03.2004**
(43) Offenlegungstag: **21.10.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.05.2011**

(51) Int Cl.: **C23C 30/00 (2006.01)**
C23C 28/00 (2006.01)
F04B 53/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2003/082955 **25.03.2003** **JP**

(73) Patentinhaber:
Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho (Kobe Steel, Ltd.), Kobe-shi, Hyogo, JP

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

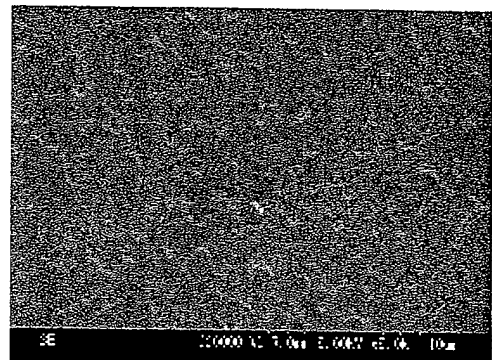
(72) Erfinder:
Yamamoto, Kenji, Kobe, Hyogo, JP; Ohmoto, Seiichiro, Kobe, Hyogo, JP; Takeda, Mikako, Kobe, Hyogo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	9 54 301	B
DE	38 03 014	A1
DD	2 88 625	A
US	40 70 184	A
JP	09-0 19 806	A
JP	06-1 58 272	A
JP	05-1 95 196	A
JP	02-1 89 748	A

(54) Bezeichnung: **Verwendung einer Hartstoffschicht als beschichtung eines Gleitbauteils für eine Hydraulikkomponente in wässriger Umgebung**

(57) Hauptanspruch: Verwendung einer Hartstoffschicht, die aus einem Material gebildet ist, das aus einer $(M_{1-x}Si_x)$ ($C_{1-d}N_d$)-Verbindung besteht, M mindestens einem der Elemente in den Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht und $0,45 \leq x \leq 0,98$ sowie $0 \leq d \leq 1$ gilt, als Beschichtung eines Gleitbauteils für eine Hydraulikkomponente in wässriger Umgebung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Hartstoffschicht als Beschichtung eines Gleitbauteils für eine Hydraulikkomponente in wässriger Umgebung. Die Erfindung betrifft insbesondere die Verwendung einer Hartstoffschicht, die die Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit von Gleitbauteilen für Hydraulikkomponenten verbessert, die anstatt mit einem Schmieröl mit einem Schmierstoff auf Wasserbasis geschmiert werden.

[0002] Die meisten derzeitigen Hydraulikkomponenten für den Antrieb von Industriemaschinen werden durch Öl als Arbeitsfluid betätigt. Um eine Umweltverschmutzung durch ausfließendes Öl zu verhindern, um die Hygiene in der Lebensmittelindustrie zu bewahren und um zu verhindern, dass hydraulische Vorrichtungen Feuer fangen, die in Maschinen wie Verbrennungsöfen eingebaut sind, ist es in einigen Fällen nicht gewünscht, als Arbeitsfluid Öl zu verwenden. Daher wurden Untersuchungen durchgeführt, ob es möglich ist, Öl mit harmlosem, nicht entflammbarem Wasser als einem alternativen Arbeitsfluid zu ersetzen.

[0003] Wenn als Arbeitsfluid Wasser anstelle von Öl verwendet wird, treten die folgenden Probleme auf. Da Wasser keine mit Öl vergleichbare Schmierfähigkeit hat, fressen sich Gleitbauteile aus Metallen fest, wenn die Gleitbauteile in einer wässrigen Umgebung verwendet werden, in der das Wasser als Schmierstoff dient. Daher wurden für die Verwendung in einer wässrigen Umgebung keramische Gleitbauteile und Gleitbauteile aus Kunststoffwerkstoffen vorgeschlagen. Allerdings sind solche Gleitbauteile verglichen mit Metallgleitbauteilen teuer und haben eine schlechtere Bearbeitbarkeit und Schlagzähigkeit. Daher werden in der Praxis selten keramische Gleitbauteile und Gleitbauteile aus Kunststoffwerkstoffen verwendet.

[0004] Andererseits wurden Schneidwerkzeuge vorgeschlagen, die mit einer Hartstoffschicht beschichtet sind, um die Verschleißbeständigkeit der Schneidwerkzeuge zu verbessern. So erwähnt die JP 2002-18606 A beispielsweise "ein beschichtetes Schneidwerkzeug (Schneidwerkzeug A), gebildet durch Beschichten eines Schneidwerkzeugkörpers mit einer oder mehreren Beschichtungslagen, bei dem mindestens eine der Beschichtungslagen aus einem Material gebildet ist, dessen chemische Zusammensetzung ausgedrückt wird durch $(Cr_aSi_{1-a})(N_xB_{1-x})$, wobei $0,7 \leq a < 1$ und $0,4 \leq x \leq 1$ gilt, und eine CrSi-Lage ist, die eine Siliziumnitridphase und/oder Bornitridphase enthält". Die JP 2002-18606 A erwähnt außerdem, dass "bei dem beschichteten Schneidwerkzeug A ein beschichtetes Schneidwerkzeug (Schneidwerkzeug B) dadurch gekennzeichnet ist, dass mindestens eine der Beschichtungslagen eine TiAl-Lage ist, die als Metallelemente zumindest Ti und Al und als Nichtmetallelement zumindest N enthält". In der JP 2002-18606 A ist außerdem erwähnt, dass "bei dem Schneidwerkzeug B ein beschichtetes Schneidwerkzeug (Schneidwerkzeug C) dadurch gekennzeichnet ist, dass $dT/dC = 0,98$ bis $1,02$ ist, wobei dT und dC Gitterkonstanten sind, die mit Hilfe von Daten berechnet wurden, die durch Röntgenbeugung der (111)-Ebenen der TiAl-Lage und der CrSi-Lage erzielt wurden.

[0005] Gleitbauteile, die mit der vorstehenden Hartstoffschicht (Beschichtung) beschichtet sind, lassen sich verwenden, wenn das als Arbeitsfluid dienende Öl für den Hydraulikmotor der Industriemaschine durch Wasser ersetzt wird.

[0006] Allerdings sind die Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit einer Schicht (Beschichtung) mit der in dieser Druckschrift genannten Zusammensetzung in einer wässrigen Umgebung unzureichend und können nicht das Festfressen der Gleitbauteile verhindern.

[0007] Die Verwendung von Hartstoffschichten ist auch aus anderen Druckschriften bekannt. Zum Beispiel offenbart die DE-PS 954 301 B ein Feinmaschinenlager mit einem durch Reaktion aus der Gasphase abgeschiedenen Überzug aus Titanitrid, Titanborid und/oder Titansilizid, dem wahlweise auch noch Carbide der Metalle der III. bis IV. Gruppe des Periodensystems beigegeben sein können. Die DE 38 03 014 A1 offenbart eine durch reaktive Kathodenersträubung gebildete amorphe (Al, Si)N-Schicht, die unter anderem als Antikorrosionsschicht für magneto-optische Aufzeichnungsschichten verwendet werden kann. Die JP 02-189748 A offenbart eine amorphe AlSiNC-Schutzschicht, die durch reaktive Zerstäubung eines $Al_{30}Si_{70}$ -Targets in einer Atmosphäre aus Ar, N_2 und CH_4 gebildet wurde. Die JP 05-195196 A offenbart ein Gleitmaterial mit einem Überzug aus Siliziumnitrid und Chromnitrid. Die JP 06-158272 A offenbart einen Sputterfilm aus einer (Ti, Si)C-, (Ti, Si)N-, (Zr, Si)C- oder (Zr, Si)N-Verbindung mit 5–60 Gew.-% Si, die eine gute Widerstandsfähigkeit und einen hohen Temperaturkoeffizienten hat. Und die DD 288 625 A5 offenbart einen durch Reaktion aus der Gasphase abgeschiedenen Si(C, N)-Überzug mit alternierenden Einzelschichtlagen verschiedener Zusammensetzung, der sich insbesondere für Schneidwerkzeuge eignet.

[0008] Schließlich offenbart die JP 09-019806 A einen Nassfräser mit einer Hartstoffschicht, die aus einem Material gebildet ist, das eine $(\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-y}\text{N}_y)_z$ -Verbindung enthält, wobei $0,55 \leq x \leq 0,99$, $0,01 \leq y \leq 1$, 0 und $0,5 \leq z \leq 1,34$ gilt.

[0009] Aus der US 4 070 184 A ist zudem bekannt, dass zum Nassmahlen von Hartmetallpulvern statt organischen Fluiden Wasser verwendet werden kann.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Beschichtung eines Gleitbauteils für eine Hydraulikkomponente zur Verfügung zu stellen, die in wässriger Umgebung eine hervorragende Schmierfähigkeit (nachstehend auch als "Wasserschmierfähigkeit" bezeichnet) und Verschleißbeständigkeit zeigt.

[0011] Die Erfindung fußt auf den Erkenntnissen, die die Erfinder aus Untersuchungen gewonnen haben, mit denen sie die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe lösen wollten. Die Erfindung verwendet eine Hartstoffschicht als Beschichtung des Gleitbauteils, die die in Anspruch 1 angegebene Zusammensetzung hat.

[0012] Die die Hartstoffschicht bildende $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbindung kann außerdem O mit einem Atomverhältnis im Bereich 0,01 bis 0,2 bezogen auf die Summe von C und N enthalten.

[0013] Bei der Hartstoffschicht beträgt die durch Röntgenbeugung ermittelte halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene der $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbindung vorzugsweise $1,5^\circ$ oder mehr.

[0014] Bei der Hartstoffschicht ist es vorzuziehen, dass das Element M Cr, Ti oder Zr ist.

[0015] Darüber hinaus sieht die Erfindung eine Verwendung der Hartstoffschicht gemäß Anspruch 5 und Anspruch 6 vor. Bei dem in Anspruch 6 beschriebenen Aufbau kann sich der Wert x kontinuierlich oder stufenweise ändern. Der Wert x kann sich stufenweise ändern, wenn Schichtlagen verschiedener Zusammensetzungen übereinander geschichtet werden.

[0016] Die von der Erfindung verwendeten Hartstoffschichten zeigen eine hervorragende Schmierfähigkeit in wässriger Umgebung (Wasserschmierfähigkeit) und eine hervorragende Verschleißbeständigkeit. Die Hartstoffschichten sind daher dazu imstande, Beschichtungen zu bilden, die die Gleitbauteile überziehen, wenn das im Hydraulikmotor einer Industriemaschine als Arbeitsfluid dienende Öl durch Wasser ersetzt wird, und verbessern die Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit der Gleitbauteile in wässriger Umgebung.

[0017] Es folgt nun eine Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele, wobei auf die Zeichnungen Bezug genommen wird. Es zeigen:

[0018] [Fig. 1](#) schematisch ein Sputtersystem zum Ausbilden einer Hartstoffschicht in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0019] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung, um einen Reibungsversuch zur Überprüfung der Verschleißbeständigkeit der Hartstoffschicht zu erläutern;

[0020] [Fig. 3](#) grafisch die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten einer $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbindung enthaltenden Hartstoffschicht in einer wässrigen Umgebung vom Si-Atomverhältnis x dieser Schicht; und

[0021] [Fig. 4](#) eine Fotografie mit den jeweiligen Oberflächen einer kristallinen Schicht (halbe Breite des Beugungspeaks = $0,37^\circ$) und einer amorphen Schicht (halbe Breite des Beugungspeaks $> 1,5^\circ$).

[0022] Die Erfinder untersuchten die Atomverhältnisse von M (Metallelement) und Si bei Hartstoffschichten (nachstehend auch einfach als "Schicht" bezeichnet) aus einem Material, das eine $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbindung enthält, um eine Hartstoffschicht mit in wässriger Umgebung hervorragender Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit zu erzielen, und stießen dabei auf die folgende Zusammensetzung.

[0023] [Fig. 3](#) zeigt den Zusammenhang zwischen dem Reibungskoeffizienten und dem Si-Atomverhältnis x von Hartstoffschichten aus Materialien, die eine $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbindung enthalten, der anhand eines Reibungsversuchs der Hartstoffschichten in einer wässrigen Umgebung ermittelt wurde. Wie sich aus [Fig. 3](#) ergibt, beträgt der Reibungskoeffizient nur 0,05, wenn das Si-Atomverhältnis x 0,45 oder mehr beträgt. Somit haben Hartstoffschichten aus Verbindungen mit einem Si-Atomverhältnis x von 0,45 oder mehr eine hervorragende Wasserschmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit. Das Si-Atomverhältnis x der $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbin-

dung in den die Hartstoffschichten bildenden Materialien muss daher 0,45 oder mehr betragen. Dabei steht der "Reibungskoeffizient der Schicht" für den "Reibungskoeffizienten zwischen zwei identischen Schichten".

[0024] Die in [Fig. 3](#) gezeigten Daten gelten für Hartstoffschichten aus Materialien, die eine $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthalten, in der M Cr entspricht. Sämtliche Hartstoffschichten aus den die $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthaltenden Materialien haben unabhängig von der Art des Bestandteils M ähnliche Eigenschaften. Wie später erläutert wird, wird davon ausgegangen, dass Si das am meisten dominierende Element ist, wenn es darum geht, den Reibungskoeffizienten zu verringern.

[0025] Schichten aus Materialien, die eine $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung mit einem hohen Si-Atomverhältnis enthalten, sind isolierend und schwer auszubilden und haben eine geringe Haftung. Daher beträgt die Obergrenze des Si-Atomverhältnisses 0,98.

[0026] Die Schichten zeigen unabhängig von den Atomverhältnissen für C und N eine hervorragende Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit in einer wässrigen Umgebung. Das geeignete N-Atomverhältnis d liegt daher im Bereich 0 bis 1 und das geeignete C-Atomverhältnis 1-d im Bereich 1 bis 0.

[0027] Um aus den die $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthaltenden Materialien Hartstoffschichten mit ausreichend hoher Härte zu erzielen, entspricht M (Metallelement) mindestens einem der Metallelemente in den Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al. Das Element M kann ein Element sein, das ein Nitrid mit moderater Härte bildet.

[0028] Die Hartstoffschicht ist also aus einem Material gebildet, das eine $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthält, wobei M mindestens einem der Elemente in den Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht, $0,45 \leq x \leq 0,98$ und $0 \leq d \leq 1$ gilt und x, 1-x, d und 1-d jeweils den Atomverhältnissen von Si, M, N und C entsprechen.

[0029] Die Hartstoffschicht zeigt eine hervorragende Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung.

[0030] In der von der Erfindung verwendeten Hartstoffschicht entspricht das Element M mindestens einem der Elemente in den Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al. Schichten aus $(MSi)CN$ -Verbindungen, die Cr enthalten, haben eine verhältnismäßig geringe Härte, beschädigen weniger häufig das Gegengleitbauteil und sind gegenüber Rissen beständig. Daher ist eine $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung, in der das Element M Cr ist, empfehlenswert.

[0031] Obwohl die Ursache dafür, dass die Reibungskoeffizienten in wässriger Umgebung mit Zunahme des Si-Atomverhältnisses x abnehmen, nicht genau bekannt ist, wird davon ausgegangen, dass in der wässrigen Umgebung Si und OH-Gruppen interagieren und eine Verbindung mit guter Schmierfähigkeit erzeugen.

[0032] Das Si-Atomverhältnis x sollte möglichst im Bereich 0,6 bis 0,9, besser noch im Bereich 0,7 bis 0,9 liegen, um Hartstoffschichten mit geringer Reibung, guter Ausbildbarkeit und guter Haftung zu bilden.

[0033] Für die jeweiligen Atomverhältnisse von C und N bestehen keine besonderen Grenzen. Einige der als Element M eingesetzten Metallelemente können keine stabilen Carbide bilden. Wenn ein solches Metallelement als das Element M verwendet wird, befindet sich das N-Atomverhältnis d möglichst im Bereich 0,5 bis 1. Metallelemente, die keine stabilen Carbide bilden, sind Cr und Al.

[0034] Die von der Erfindung verwendete Hartstoffschicht ist also aus einem Material gebildet, das eine $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthält, nicht aber unbedingt ausschließlich aus einer $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung. In einigen Fällen kann der Hartstoffschicht jedoch auch nur aus einer $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung gebildet sein. Die Bestandteile der Hartstoffschicht sind nicht auf die obigen Elemente beschränkt, und die Hartstoffschicht kann als zusätzliche Bestandteile andere Elemente als die angesprochenen Elemente enthalten.

[0035] Wenn die $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung als zusätzlichen Bestandteil Sauerstoff mit einem O-Atomverhältnis im Bereich von 0,01 bis 0,2 bezogen auf die Summe von C und N enthält, kann eine Schicht erzielt werden, die in wässriger Umgebung eine geringere Reibung zeigt. Die Zugabe von Sauerstoff zu dem Material steigert also die Wasserschmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit der Hartstoffschicht. Der in der $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung als zusätzlicher Bestandteil enthaltene Sauerstoff oxidiert einen Teil des Si, so dass die Bindung zwischen Si und den in der wässrigen Umgebung enthaltenen OH-Gruppen gefördert wird, wodurch die Reibung der Hartstoffschicht verringert werden kann. Die Zugabe von O bleibt ohne Wirkung, wenn das O-

Atomverhältnis weniger als 0,01 beträgt. Wenn das O-Atomverhältnis mehr als 0,2 beträgt, nimmt die Haftung der Hartstoffschicht ab, die Hartstoffschicht wird isolierend und sie lässt sich nur schwer ausbilden. Daher liegt das geeignete O-Atomverhältnis im Bereich 0,01 bis 0,2, vorzugsweise bei 0,01 bis 0,1.

[0036] Wenn das Si-Atomverhältnis x klein ist, enthält die Hartstoffschicht eine $M(CN)$ -Verbindung mit kristalliner Struktur (in den meisten Fällen mit einer Steinsalzstruktur). Die Größe der Kristallkörner in der Schicht nimmt mit zunehmendem Si-Atomverhältnis x ab. Anhand von Untersuchungen wurde festgestellt, dass eine Schicht mit hohem Si-Atomverhältnis x eine amorphe Struktur hat. Wie sich aus **Fig. 4** ergibt, hat eine Schicht mit kristalliner Struktur eine Oberfläche mit feinen Unregelmäßigkeiten, während eine Schicht mit amorpher Struktur eine sehr glatte Oberfläche hat. Man nimmt an, dass die glatte Oberfläche in einer wässrigen Umgebung für eine geringe Reibung der Schicht sorgt. Der Grad der Amorphie ist durch die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene der in der Schicht enthaltenen $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung definiert, die sich durch Röntgenbeugung ermitteln lässt. Eine größere halbe Breite des Beugungspeaks entspricht einem höheren Grad an Amorphie. Die Oberfläche der Schicht ist sehr glatt, wenn die halbe Breite des Beugungspeaks $1,5^\circ$ oder mehr beträgt. Die Oberfläche der Schicht ist also sehr glatt, wenn die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene der in der Schicht enthaltenen $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung $1,5^\circ$ oder mehr beträgt, wobei der Schicht dann eine geringe Reibung in wässriger Umgebung zeigt.

[0037] Die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene hängt am meisten von dem Si-Atomverhältnis x ab. Die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene beträgt $1,5^\circ$ oder mehr, wenn das Si-Atomverhältnis x 0,45 oder mehr beträgt.

[0038] Eine Hartstoffschicht aus einer $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung hat wie gesagt einen kleinen Reibungskoeffizienten von 0,05 und eine hervorragende Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung, wenn das Si-Atomverhältnis x 0,45 oder mehr beträgt. Allerdings zeigt die Schicht auch bei einem Si-Atomverhältnis von weniger als 0,45 einen geringen Reibungskoeffizienten von 0,3 oder weniger in einer wässrigen Umgebung, was in einigen Fällen für die Anwendung der Schicht ausreicht. Die Haftung einer Schicht mit einem Si-Atomverhältnis x von 0,45 oder mehr ist etwas geringer als die einer Schicht mit einem Si-Atomverhältnis x von weniger als 0,45. Es wurde festgestellt, dass eine mehrlagige Schicht, die aus einer Schichtlage mit einem Si-Atomverhältnis x von 0,45 oder mehr und einer Schichtlage mit einem Si-Atomverhältnis x von weniger als 0,45 besteht, den gewünschten Eigenschaften in der wässrigen Umgebung, d. h. der Wasser-schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit, und der gewünschten Haftung gerecht werden kann. Obwohl dies von der Verwendung abhängt, liegt der Bereich für das effektive Stapelungsintervall im Bereich von 1 bis 1000 nm. Vorzugsweise liegt das effektive Stapelungsintervall im Bereich von 10 bis 100 nm.

[0039] Die Haftung lässt sich wirksam verbessern, wenn auf einem Substrat eine Schichtlage mit einem Si-Atomverhältnis x von weniger als 0,45 und eine Schicht ausgebildet wird, die aus Schichtlagen mit zur äußersten Schichtlage hin zunehmenden Si-Atomverhältnissen besteht.

[0040] Die in Anspruch 5 definierte Hartstoffschicht hat eine Struktur, die auf den vorstehenden Erkenntnissen fußt. Diese Hartstoffschicht wird gebildet, indem abwechselnd mit einem Stapelungsintervall im Bereich von 1 bis 1000 nm die in Anspruch 1 definierte $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung und eine zweite $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung übereinander gelegt werden, bei der M mindestens einem der Elemente der Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht, $0 \leq x \leq 0,45$ und $0 \leq d \leq 1$ gilt.

[0041] Bei der in Anspruch 6 definierten Hartstoffschicht wird der innerste, mit dem Substrat des Gleitbauteils zusammenhängende Abschnitt der Hartstoffschicht durch die oben genannte zweite $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung gebildet, der äußerste Abschnitt der Hartstoffschicht wird durch die in Anspruch 1 definierte $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung gebildet, und die Hartstoffschicht hat nach außen hin ein höheres Si-Atomverhältnis x . Bei diesem Aufbau kann sich der Wert x kontinuierlich oder stufenweise ändern. Der Wert x kann sich stufenweise ändern, wenn Schichtlagen verschiedener Zusammensetzungen übereinander geschichtet werden.

[0042] Die in Anspruch 5 definierte Hartstoffschicht hat eine hervorragende Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung und eine hohe Haftung. Die in Anspruch 6 definierte Hartstoffschicht hat ebenfalls eine hervorragende Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung und eine noch bessere Haftung.

[0043] Wenn die Haftung der Hartstoffschicht mit dem Substrat wichtig ist, ist es günstig, wenn auf dem Substrat eine metallische Zwischenschicht des Elementes M ausgebildet wird.

[0044] Obwohl dies von der Verwendung abhängt, hat die von der Erfindung verwendete Hartstoffschicht eine Dicke im Bereich von 0,5 bis 10 μm .

[0045] Eine Abwandlung der von der Erfindung verwendeten Hartstoffschicht enthält Sauerstoff mit einem O-Atomverhältnis im Bereich von 0,01 bis 0,2. Das heißt, diese Hartstoffschicht ist aus einem Material gebildet, das eine $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Verbindung enthält, die Sauerstoff mit einem O-Atomverhältnis im Bereich von 0,01 bis 0,2 bezogen auf die Summe von C und N enthält. Die Hartstoffschicht enthält also eine $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_a\text{N}_b\text{O}_c)$ -Verbindung, wobei M mindestens einem der Elemente in den Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht und $0,45 \leq x \leq 0,98$, $0 < a < 1$, $0 < b < 1$, $0,01 \leq c \leq 0,2$ und $a + b + c = 1$ gilt.

[0046] In den Schichtlagen der in Anspruch 5 und Anspruch 6 definierten Hartstoffschichten müssen nicht unbedingt sämtliche der Schichtlagen für das Element M das gleiche Element enthalten, sondern können für das Element M jeweils verschiedene Elemente enthalten. Solche Hartstoffschichten, die aus Schichtlagen bestehen, die als Element M verschiedene Elemente enthalten, haben die gleiche Schmierfähigkeit und Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung wie die, die aus Schichtlagen bestehen, die als Element M das gleiche Element enthalten.

Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1

[0047] Zum Ausbilden der Hartstoffschichten in Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 wurde ein Sputtersystem verwendet, das wie in [Fig. 1](#) gezeigt mit zwei UBM-Sputterquellen (UBM: unbalanced magnetron) ausgestattet war. In die UBM-Sputterquellen wurden jeweils ein M-Target, d. h. ein Metalltarget aus einem Element M, und ein Si-Target gesetzt, um dann auf einem Substrat eine Schicht abzuscheiden. Auf den Substraten wurden $\text{MSi}(\text{C}, \text{N})$ -Schichten, und zwar $(\text{M}_{1-x}\text{Si}_x)(\text{C}_{1-d}\text{N}_d)$ -Schichten abgeschieden.

[0048] Die Abgabe durch das M- und Si-Target erfolgte gleichzeitig, wobei das Verhältnis zwischen der Höhe der dem M- und dem Si-Target zugeführten Energie eingestellt wurde, um die durch das Si-Atomverhältnis x dargestellte Zusammensetzung und dadurch auch die Zusammensetzung des die Schicht bildenden Materials einzustellen. Als Prozessgas wurde ein Gasgemisch verwendet, das Argongas und Stickstoffgas und/oder Methangas enthielt. Der Druck des Prozessgases wurde bei 0,6 Pa gehalten, wobei das Verhältnis zwischen dem Argongas und dem Reaktionsgas (Stickstoffgas und/oder Methangas) im Bereich von 0,2 bis 0,5 geregelt wurde. Die an das Substrat angelegte Vorspannung lag im Bereich 50 bis 100 V und die Temperatur des Substrats im Bereich von 300°C bis 400°C. Als Substrate wurden Carbidplättchen, Flügel (engl. vanes) aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) und Scheiben aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) verwendet.

[0049] Die auf den Substraten ausgebildeten Musterschichten wurden geprüft, indem die Struktur der Schichten analysiert wurde (Analyse der Zusammensetzung und Röntgenbeugungsanalyse), die Härte der Schichten gemessen wurde, die Haftung der Schichten an den Substraten gemessen wurde und die Morphologie der Oberflächen der Schichten untersucht wurde. Die Musterschichten wurden einem Reibungsversuch in destilliertem Wasser unterzogen. In dem Reibungsversuch wurde ein Flügel-auf-Scheibe-Reibungsmessgerät verwendet, wie es in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Es wurden die Reibungskoeffizienten bestimmt und die spezifischen Verschleißmengen ermittelt. Bei dem Reibungsversuch wurden eine Last von 20 N und eine Reibungsstrecke von 1 km gewählt. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 1 angegeben.

[0050] Entsprechend den Versuchsinhalten wurden als Substrate die Carbidplättchen, die Flügel aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) oder die Scheiben aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) gewählt. Als Substrate für die Hartstoffschichten, die der Strukturanalyse, der Messung der Härte und Haftung und der Untersuchung der Oberflächenmorphologie unterzogen wurden, wurden hochglanzpolierte Carbidplättchen verwendet. Die Flügel und Scheiben aus rostfreiem Stahl wurden dagegen als Substrate für die Hartstoffschichten verwendet, die dem Reibungsversuch unterzogen wurden.

[0051] Die Härte der Schicht wurde mit einem Mikro-Vickershärte-Messgerät gemessen, das eine Last von 245 N (25 kgf) und eine Haltezeit von 15 s verwendete. Die Haftung der Schicht an dem Substrat wurde mit einem Kratzmessgerät gemessen, das einen Diamanteinkerber mit einer einen Radius von 200 μm aufweisenden runden Spitze verwendete. Das Kratzmessgerät brachte bei einer Belastungsgeschwindigkeit von 100 N/min eine vertikale Last im Bereich 0 bis 100 N auf und kratzte mit dem Diamanteinkerber den Schicht mit einer Kratzgeschwindigkeit von 10 mm/min, bis sich die Schicht ablöste. In dem Reibungsversuch wurden in der in [Fig. 2](#) gezeigten Kombination die jeweils mit den Hartstoffschichten aus MSiN beschichteten Flügel und die jeweils mit den Hartstoffschichten aus MSiN beschichteten Scheiben verwendet. Die Flügel und Scheiben hatten die in [Fig. 2](#) gezeigte Form. Während des Reibungsversuchs wurde der Reibungskoeffizient gemessen.

sen, nach dem Reibungsversuch wurde das Abriebvolumen berechnet, und dann wurde die dem spezifischen Abriebverlust entsprechende Verschleißbeständigkeit ermittelt, indem das Abriebvolumen durch die vertikale Last und die Reibungsstrecke geteilt wurde. Für den Reibungsversuch wurde destilliertes Wasser verwendet.

Beispiel 2

[0052] Um die Hartstoffschichten in Beispiel 2 zu bilden, wurde das in [Fig. 1](#) gezeigte Sputtersystem verwendet, das mit zwei UBM-Sputterquellen ausgestattet war. In die UBM-Sputterquellen wurden jeweils ein M-Target aus einem Element M und ein Si-Target gesetzt, um dann auf einem Substrat eine Schicht abzuscheiden. Auf den Substraten wurden MSi(NO)-Schichten abgeschieden, und zwar $(M_{1-x}Si_x)(N_bO_{1-b})$ -Schichten bzw. $(M_{1-x}Si_x)(N_bO_c)$ -Schichten mit $b + c = 1$.

[0053] Die Abgabe durch das M- und Si-Target erfolgte gleichzeitig, wobei das Verhältnis zwischen der Höhe der dem M- und dem Si-Target zugeführten Energie eingestellt wurde, um die durch das Si-Atomverhältnis x dargestellte Zusammensetzung und dadurch auch die Zusammensetzung des die Schicht bildenden Materials einzustellen. Als Prozessgas wurde ein Gasgemisch verwendet, das Argongas und Stickstoffgas und/oder Methangas enthält. Der Druck des Prozessgases wurde bei 0,6 Pa gehalten, wobei das Verhältnis zwischen dem Argongas und dem Reaktionsgas (Stickstoffgas und/oder Methangas) im Bereich von 0,2 bis 0,5 geregelt wurde. Die an das Substrat angelegte Vorspannung lag im Bereich 50 bis 100 V und die Temperatur des Substrats im Bereich von 300°C bis 400°C. Als Substrate wurden Carbidplättchen, Flügel aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) und Scheiben aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) verwendet.

[0054] Die auf den Substraten ausgebildeten Musterschichten wurden auf ähnliche Weise wie die Musterschichten von Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 geprüft. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 2 angegeben.

Beispiel 3

[0055] Um die Hartstoffschichten in Beispiel 3 zu bilden, wurde das in [Fig. 1](#) gezeigte Sputtersystem verwendet, das mit zwei UBM-Sputterquellen ausgestattet war. In die UBM-Sputterquellen wurden jeweils ein M-Target, d. h. ein Metalltarget aus einem Element M, und ein Si-Target gesetzt, um dann auf einem Substrat eine Schicht abzuscheiden. Auf den Substraten wurden mehrlagige Schichten bzw. eine in der Zusammensetzung abgestufte Schicht aus $(M_{1-x}Si_x)(N)$ abgeschieden. Die mehrlagigen Schichten entsprechen dabei Ausführungsbeispielen des Anspruchs 1, während die in der Zusammensetzung abgestufte Schicht einem Ausführungsbeispiel des Anspruchs 6 entspricht.

[0056] Die Abgabe durch das M- und Si-Target erfolgte gleichzeitig, wobei das Verhältnis zwischen der Höhe der dem M- und dem Si-Target zugeführten Energie eingestellt wurde, um die durch das Si-Atomverhältnis x dargestellte Zusammensetzung und dadurch auch die Zusammensetzung des die Schicht bildenden Materials einzustellen. Als Prozessgas wurde ein Gasgemisch verwendet, das Argongas und Stickstoffgas und/oder Methangas enthält. Der Druck des Prozessgases wurde bei 0,6 Pa gehalten, wobei das Verhältnis zwischen dem Argongas und dem Reaktionsgas (Stickstoffgas und/oder Methangas) im Bereich von 0,2 bis 0,5 geregelt wurde. Die an das Substrat angelegte Vorspannung lag im Bereich 50 bis 100 V und die Temperatur des Substrats im Bereich von 300°C bis 400°C. Als Substrate wurden Carbidplättchen, Flügel aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) und Scheiben aus rostfreiem Stahl (Typ: SUS304, JIS) verwendet.

[0057] Die auf den Substraten ausgebildeten Musterschichten wurden auf ähnliche Weise wie die Musterschichten von Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 geprüft. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 3 angegeben.

[0058] In den Tabellen 1, 2 und 3 sind die Härten der Schichten als Vickershärte HV angegeben. Schichten mit höherer Vickershärte sind härtere Schichten. Schichten mit höherer Haftung N haben eine bessere Haftung mit dem Substrat. Schichten mit einem geringeren Reibungskoeffizienten μ haben eine bessere Schmierfähigkeit in einer wässrigen Umgebung. Der durch Dividieren des Abriebvolumens durch die vertikale Last und die Reibungsstrecke ermittelte spezifische Abriebverlust ($\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$) gibt das Abriebvolumen pro Lasteinheit und Reibungsstreckeneinheit an. Schichten mit geringerem spezifischen Abriebverlust haben eine bessere Verschleißbeständigkeit. In den Tabellen 1 bis 3 steht "1,00E-07" für $1,00 \times 10^{-7}$ und "6,00E-08" für $6,00 \times 10^{-8}$.

(1) Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1

[0059] Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, ist das Element M der Musterschichten Nr. 1 bis 10 Cr und sind die Si-Atomverhältnisse x der Musterschichten Nr. 1 bis 5 kleiner als die Untergrenze des Si-Atomverhältnisses von 0,45. Die Musterschichten Nr. 1 bis 5 sind daher Vergleichsbeispiele. Obwohl die Musterschichten Nr. 1 bis 5 eine hervorragende Haftung mit dem Substrat haben, haben sie auch eine geringere Vickershärte und hohe Reibungskoeffizienten im Bereich von 0,24 bis 0,09, haben keine zufrieden stellende Wasserschmierfähigkeit und haben hohe spezifische Abriebverluste im Bereich von $1,00E-0,7$ bis $2,60E-0,7$, was auf eine unzureichende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung hindeutet.

[0060] Die Musterschichten Nr. 6 bis 9 entsprechen denen, die von der Erfindung verwendet werden, wobei die Musterschicht Nr. 6 eine halbe Breite des Beugungspeaks von $2,3^\circ$ hat und diese bei den Musterschichten Nr. 7 bis 9 nicht feststellbar war. Die Musterschichten Nr. 6 bis 9 haben eine hervorragende Haftung mit den Substraten, geringe spezifische Abriebverluste im Bereich von $1,20E-0,8$ bis $6,00E-0,8$ und eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung. Die Musterschichten Nr. 8 und 9 haben besonders geringe spezifische Abriebverluste, was eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung beweist.

[0061] Die Musterschicht Nr. 10 ist ein Vergleichsbeispiel mit einem größeren Si-Atomverhältnis als die Obergrenze des Si-Atomverhältnisses x von 0,98. Die Musterschicht Nr. 10 hat zwar eine hohe Härte, einen geringen Reibungskoeffizienten von weniger als 0,01 und einen geringen spezifischen Abriebverlust von $1,00E-0,8$ sowie eine hervorragende Wasserschmierfähigkeit, doch beträgt die Haftung der Musterschicht Nr. 10 mit dem Substrat nur 40 N.

[0062] Das Element M der Musterschichten Nr. 11 bis 20 ist Ti. Die Musterschichten Nr. 11–15 haben kleinere Si-Atomverhältnisse als die Untergrenze des Si-Atomverhältnisses und sind daher Vergleichsbeispiele. Die Musterschichten Nr. 11 bis 15 haben zwar eine hervorragende Haftung mit dem Substrat, doch haben sie auch hohe Reibungskoeffizienten im Bereich von 0,13 bis 0,27, eine geringe Wasserschmierfähigkeit, einen hohen spezifischen Abriebverlust und eine geringe Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung.

[0063] Die Musterschichten Nr. 16 bis 19 entsprechen Schichten, die von der Erfindung verwendet werden, wobei die Musterschicht Nr. 16 eine halbe Breite des Beugungspeaks von $2,6^\circ$ hat und diese bei den Musterschichten Nr. 17 bis 19 nicht feststellbar war. Die Musterschichten Nr. 16 bis 19 haben eine hervorragende Haftung mit den Substraten, eine hohe Härte, einen kleinen Reibungskoeffizienten von weniger als 0,01, eine hervorragende Wasserschmierfähigkeit und einen geringen spezifischen Abriebverlust sowie eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung. Darüber hinaus haben die Musterschichten Nr. 18 und 19 sehr geringe spezifische Abriebverluste und eine besonders hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung.

[0064] Die Musterschicht Nr. 20 hat ein größeres Si-Atomverhältnis als die Obergrenze des Si-Atomverhältnisses von 0,98 für die von der Erfindung verwendeten Schichten. Die Musterschicht Nr. 20 ist daher ein Vergleichsbeispiel. Die Musterschicht Nr. 20 hat zwar eine hohe Härte, einen kleinen Reibungskoeffizienten von weniger als 0,01, eine hervorragende Wasserschmierfähigkeit und einen geringen spezifischen Abriebverlust sowie eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung, doch beträgt die Haftung der Musterschicht Nr. 20 mit dem Substrat nur 40 N.

[0065] Die Musterschichten Nr. 21 bis 23 enthalten C. Die die Musterschichten Nr. 21 bis 23 bildenden Materialien haben kleine N-Atomverhältnisse d oder enthalten kein N. Die Musterschichten Nr. 21 bis 23 entsprechen Schichten, die von der Erfindung verwendet werden. Die Haftung der Schichten mit den Substraten und die Härte der Schichten nimmt mit zunehmendem C-Atomverhältnis bzw. mit abnehmendem N-Atomverhältnis d ab.

[0066] Die Bemerkung "(111) nicht erfassbar" in Tabelle 1 bedeutet, dass die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene sehr breit war und die Beugungspeaks nicht erfasst werden konnten. Es wird davon ausgegangen, dass die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene in einem durch eine solche Bemerkung bezeichneten Zustand unendlich ist und der Schicht somit die Bedingung erfüllt, wonach die halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene $1,5^\circ$ oder mehr betragen muss.

(2) Beispiel 2

[0067] Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, ist das Element M der Musterschichten Nr. 1 bis 5 Cr. Die Musterschicht Nr. 1 entspricht der Musterschicht Nr. 8 in Tabelle 1, während die Musterschichten Nr. 2 bis 4 abgewandelten Schichten der von der Erfindung verwendeten Schichten entsprechen.

[0068] Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, haben die Musterschichten Nr. 2 bis 4 verglichen mit der Musterschicht Nr. 1 geringere spezifische Abriebverluste und eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung. Die Musterschicht Nr. 5 hat ein höheres O-Atomverhältnis als die von der Erfindung vorgesehene Obergrenze des O-Atomverhältnisses von 0,2 und daher eine geringe Haftung mit dem Substrat.

[0069] Das Element M der in Tabelle 2 angegebenen Musterschichten Nr. 6 bis 10 ist Zr. Die Musterschichten Nr. 7 bis 9 haben verglichen mit der Musterschicht Nr. 6 geringere spezifische Abriebverluste und eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung. Die Musterschicht Nr. 10 hat ein höheres O-Atomverhältnis als die von der Erfindung vorgesehene Obergrenze des O-Atomverhältnisses von 0,2 und daher eine geringe Haftung mit dem Substrat.

[0070] Die in Tabelle 2 angegebenen Musterschichten Nr. 5 und 10 haben zwar verglichen mit den in Tabelle 1 angegebenen Vergleichsbeispielen geringere Härten, doch haben sie auch einen geringen spezifischen Abriebverlust und eine hervorragende Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung. Die Musterschichten Nr. 10 und 20 in den in Tabelle 1 angegebenen Vergleichsbeispielen haben eine etwas geringere Haftung. Obwohl die in Tabelle 2 angegebenen Musterschichten Nr. 5 und 10 gegenüber den abgewandelten Musterschichten im Hinblick auf ihre Fähigkeit unterlegen sind, sowohl der Haftung als auch der Verschleißbeständigkeit in wässriger Umgebung gerecht zu werden, sind sie den Schichten der Vergleichsbeispiele überlegen.

[0071] Durch eine vergleichende Untersuchung der Schichten aus den $(Cr_{1-x}Si_x)(NbO_c)$ enthaltenden Materialien und der Schichten aus den $(Zr_{1-x}Si_x)(NbO_c)$ enthaltenden Materialien in Tabelle 2 ergibt sich, dass eine Schicht aus einem Material, in dem das Element M Cr ist, unter der Annahme, dass die Werte x, b und c für die Schichten die gleichen sind, einen geringeren spezifischen Abriebverlust in wässriger Umgebung hat als eine Schicht aus einem Material, in dem das Element M Zr ist, und eine hervorragende Verschleißbeständigkeit hat.

(3) Beispiel 3

[0072] Die Versuchsergebnisse der Schichten des Beispiels 3 sind in Tabelle 3 angegeben. Die in Tabelle 3 angegebenen Musterschichten Nr. 1 bis 4 entsprechen denen in Anspruch 5. Jede der Musterschichten Nr. 1 bis 4 wurde gebildet, indem abwechselnd eine erste Schichtlage und eine zweite Schichtlage mit dem in Tabelle 3 angegebenen Stapelungsintervall übereinander gelegt wurden. In jeder der Musterschichten Nr. 1 bis 4 entspricht die mit dem Substrat zusammenhängende Bodenlage der ersten Schichtlage und die Decklage der zweiten Schichtlage. Die zweite Schichtlage hat eine ähnliche Zusammensetzung wie die in Tabelle 1 angegebene Musterschicht Nr. 8.

[0073] Die Musterschichten Nr. 1 bis 4 haben jeweils verschiedene Stapelungsintervalle.

[0074] Verglichen mit der in Tabelle 1 angegebenen Musterschicht Nr. 8 haben die Musterschichten Nr. 1 bis 4 eine höhere Haftung mit dem Substrat. Dabei ist die Tendenz die, dass die Haftung mit zunehmendem Stapelungsintervall zunimmt, während der Reibungskoeffizient und der spezifische Abriebverlust nicht von dem Stapelungsintervall abhängen.

[0075] Die Musterschicht Nr. 5 in Tabelle 3 entspricht einer Schicht, wie sie in Anspruch 6 verwendet wird. In Tabelle 3 ist die mit "Substratseite" bezeichnete Schichtlage die mit dem Substrat zusammenhängende Bodenlage und die mit "Oberflächenseite" bezeichnete Schichtlage die Decklage.

[0076] Die Si-Atomverhältnisse der oberen Schichtlagen sind größer als die der unteren Schichtlagen. Die Schicht hat also einen in der Zusammensetzung abgestuften Aufbau.

[0077] Verglichen mit der in Tabelle 1 angegebenen Musterschicht Nr. 8 hat die Musterschicht Nr. 5 eine höhere Haftung mit dem Substrat.

Tabelle 1

	1-x		x	1-d		d	Härte HV	Haftung N	Reibungs- koeffizient μ	Spezifischer Verschleiß $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$	Halbe Breite des Beugungspeaks ϕ
	M	Si		C	N						
1	Cr	1	0	0	1	1500	80	0,12	1,00E-07	0,36	
2	Cr	0,95	0,05	0	1	1550	75	0,15	1,50E-07	0,37	
3	Cr	0,9	0,1	0	1	1570	75	0,24	2,60E-07	0,45	
4	Cr	0,75	0,25	0	1	1650	75	0,22	2,30E-07	1,2	
5	Cr	0,6	0,4	0	1	1700	72	0,09	1,20E-07	1,48	
6	Cr	0,5	0,5	0	1	2000	67	<0,01	6,00E-08	2,3	
7	Cr	0,35	0,65	0	1	2050	67	<0,01	4,20E-08	(111) nicht erfassbar	
8	Cr	0,2	0,8	0	1	2000	65	<0,01	3,40E-08	(111) nicht erfassbar	
9	Cr	0,1	0,9	0	1	2010	65	<0,01	1,20E-08	(111) nicht erfassbar	
10	Cr	0	1	0	1	1900	40	<0,01	1,00E-08	(111) nicht erfassbar	
11	Ti	1	0	0	1	2000	70	0,13	2,00E-07	0,25	
12	Ti	0,95	0,05	0	1	2200	70	0,16	2,30E-07	0,27	
13	Ti	0,9	0,1	0	1	2300	68	0,27	4,50E-07	0,27	
14	Ti	0,75	0,25	0	1	2250	67	0,24	3,50E-07	0,8	
15	Ti	0,6	0,4	0	1	2200	65	0,13	3,40E-07	1,45	
16	Ti	0,5	0,5	0	1	2150	64	<0,01	8,00E-08	2,6	
17	Ti	0,35	0,65	0	1	2200	63	<0,01	5,50E-08	(111) nicht erfassbar	
18	Ti	0,2	0,8	0	1	2150	63	<0,01	3,20E-08	(111) nicht erfassbar	
19	Ti	0,1	0,9	0	1	2100	57	<0,01	2,80E-08	(111) nicht erfassbar	
20	Ti	0	1	0	1	2010	40	<0,01	1,00E-08	(111) nicht erfassbar	
21	Cr	0,2	0,8	0,4	0,6	2050	65	<0,01	3,40E-08	(111) nicht erfassbar	
22	Cr	0,2	0,8	0,2	0,8	1950	55	<0,01	3,20E-08	(111) nicht erfassbar	
23	Cr	0,2	0,8	1	0	1900	55	<0,01	3,20E-08	(111) nicht erfassbar	

Tabelle 2

	1-x		x			b	1-b	Härte	Haftung	Reibungs- koeffizient	Spezifischer Verschleiß
	M	M		Si	C						
1	Cr	0,2	0,8	0	0	1	0	2000	65	<0,01	3,40E-08
2	Cr	0,2	0,8	0	0,02	0,98	0,02	2000	65	<0,01	2,30E-08
3	Cr	0,2	0,8	0	0,08	0,92	0,08	2000	65	<0,01	2,40E-08
4	Cr	0,2	0,8	0	0,15	0,85	0,15	1950	65	<0,01	3,10E-08
5	Cr	0,2	0,8	0	0,25	0,75	0,25	1700	45	0,03	6,70E-08
6	Zr	0,2	0,8	0	0	1	0	2350	65	<0,01	4,20E-08
7	Zr	0,2	0,8	0	0,02	0,98	0,02	2350	65	<0,01	2,90E-08
8	Zr	0,2	0,8	0	0,08	0,92	0,08	2250	65	<0,01	2,50E-08
9	Zr	0,2	0,8	0	0,12	0,88	0,12	2200	65	<0,01	3,30E-08
10	Zr	0,2	0,8	0	0,25	0,75	0,25	1900	45	0,03	7,00E-08

Tabelle 3

	Erste Lage		Zweite Lage		Stapelungs- intervall	Härte	Haftung	Reibungs- koeffizient	Spezifischer Verschleiß
	(Cr0,95,Si0,05)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N					
1	(Cr0,95,Si0,05)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	2	1950	70	<0,01	4,50E-08
2	(Cr0,95,Si0,05)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	20	1950	68	<0,01	3,40E-08
3	(Cr0,95,Si0,05)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	300	1950	72	<0,01	3,60E-08
4	(Cr0,95,Si0,05)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	(Cr0,2,Si0,8)N	800	1950	74	<0,01	4,10E-08
5	Substratseite (Cr0,95,Si0,05)N	Oberflächen- seite (Cr0,2,Si0,8)N			abgestufter Aufbau	1950	76	<0,01	3,50E-08

Patentansprüche

1. Verwendung einer Hartstoffschicht, die aus einem Material gebildet ist, das aus einer $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung besteht, M mindestens einem der Elemente in den Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht und $0,45 \leq x \leq 0,98$ sowie $0 \leq d \leq 1$ gilt, als Beschichtung eines Gleitbauteils für eine Hydraulikkomponente in wässriger Umgebung.

2. Verwendung nach Anspruch 1, wobei die $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung außerdem Sauerstoff in einem Atomverhältnis im Bereich 0,01 bis 0,2 bezogen auf die Summe von C und N enthält.

3. Verwendung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die durch Röntgenbeugung ermittelte halbe Breite des Beugungspeaks der (111)-Ebene der $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung $1,5^\circ$ oder mehr beträgt.

4. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Element M Cr, Ti oder Zr ist.

5. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Hartstoffschicht neben der ersten $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung, die $0,45 \leq x \leq 0,98$ erfüllt, außerdem eine zweite $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthält, in der M mindestens einem der Elemente der Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht und $0 \leq x < 0,45$ sowie $0 \leq d \leq 1$ gilt; und sich die zweite $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung schichtweise in einem Stapelintervall im Bereich von 1 bis 1000 nm mit der ersten $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung abwechselt.

6. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Hartstoffschicht neben der ersten $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung, die $0,45 \leq x \leq 0,98$ erfüllt, außerdem eine zweite $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung enthält, in der M mindestens einem der Elemente der Gruppen 3A, 4A, 5A und 6A sowie Al entspricht und $0 \leq x < 0,45$ sowie $0 \leq d \leq 1$ gilt; der innerste, mit dem Substrat des Gleitbauteils zusammenhängende Abschnitt der Hartstoffschicht durch die zweite $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung gebildet wird; der Hartfilm nach außen hin ein höheres Si-Atomverhältnis x hat; und der äußerste Abschnitt der Hartstoffschicht durch die erste $(M_{1-x}Si_x)(C_{1-d}N_d)$ -Verbindung gebildet wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

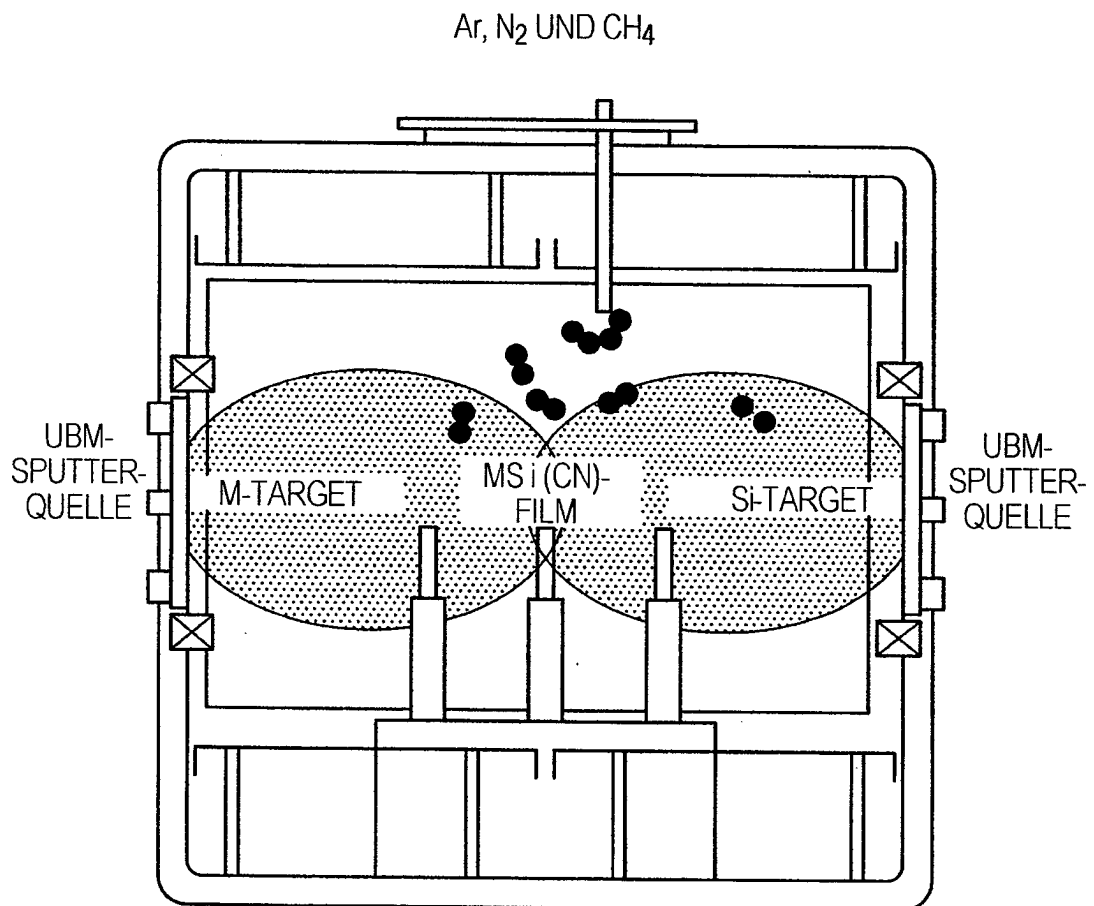


FIG. 2

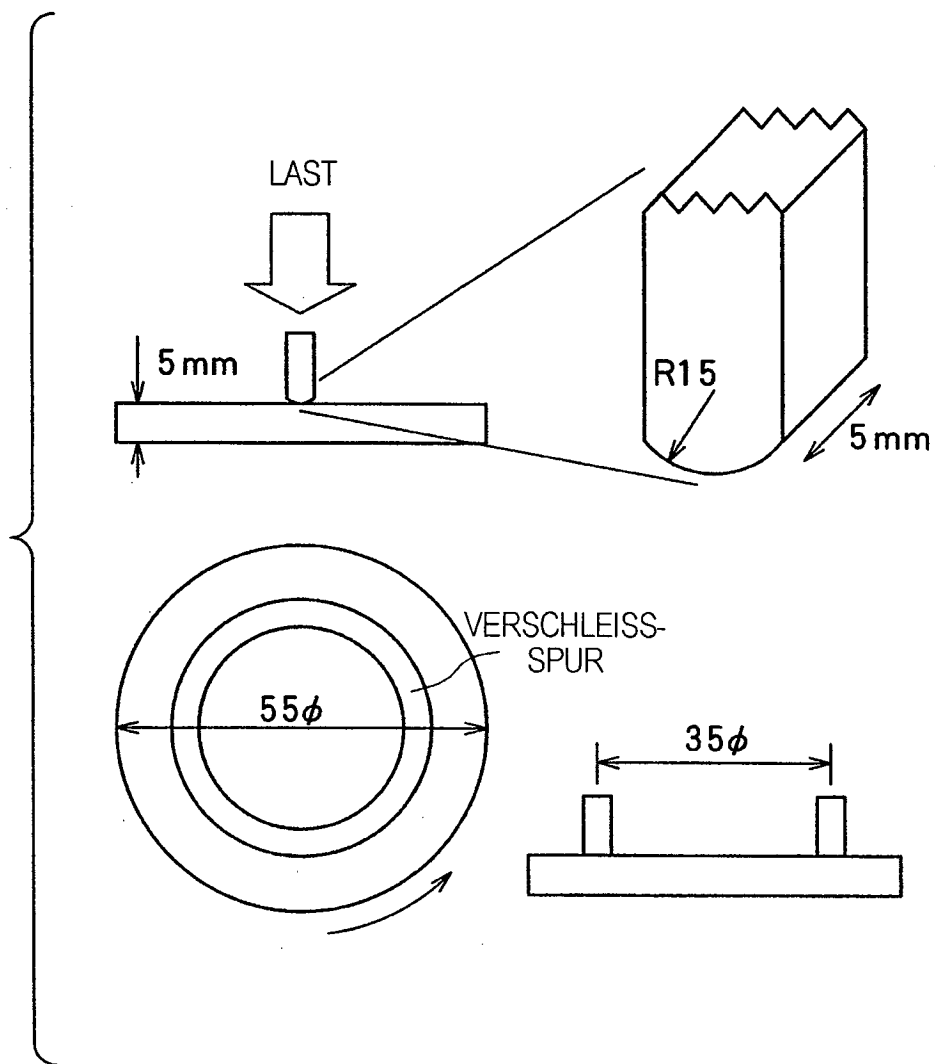


FIG. 3

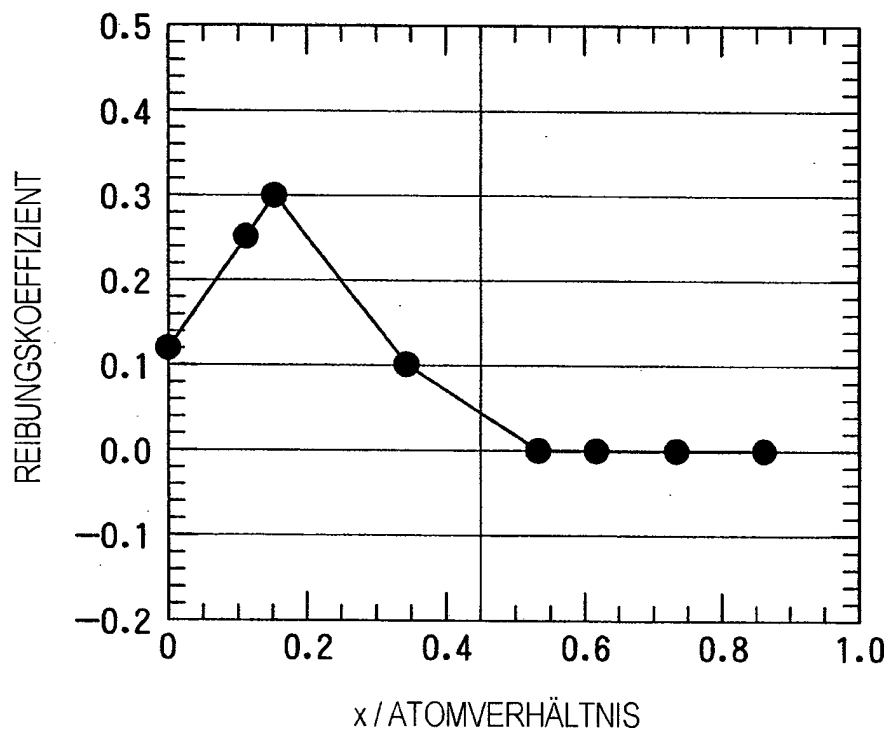
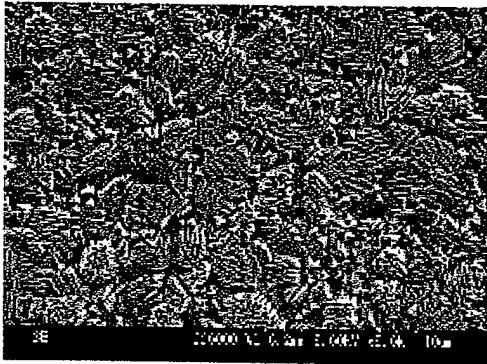
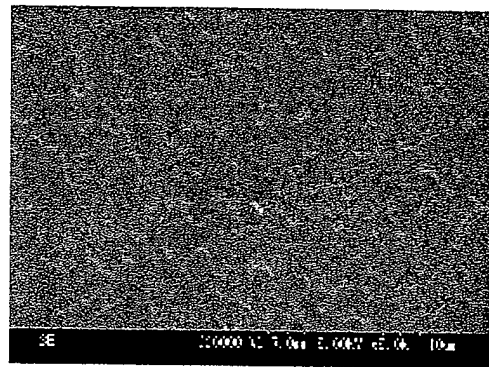


FIG. 4A



KRISTALLINER AUFBAU
(HALBE BREITE DES BEU-
GUNGSPEAKS: 0,37°)

FIG. 4B



AMORPHER AUFBAU
(HALBE BREITE DES BEU-
GUNGSPEAKS: MEHR ALS 1,5°)