

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 503 976 A2 2008-02-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 1252/2007**

(51) Int. Cl.⁸: **C23C 16/30** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **09.08.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.02.2008**

(30) Priorität:

09.08.2006 JP 2006-217266 beansprucht.
02.11.2006 JP 2006-299268 beansprucht.

(73) Patentanmelder:

KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO
(KOBE STEEL, LTD.)
651-8585 HYOGO (JP)

(54) **HARTBESCHICHTUNG UND MIT EINER HARTBESCHICHTUNG BESCHICHTETES MATERIAL**

(57) Eine Hartbeschichtung und ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material mit besserer Verschleißfestigkeit und besserem Gleitverhalten (aufgrund niedrigerer Reibungskoeffizienten) als bei herkömmlichen Oberflächenbeschichtungen, wobei die Hartbeschichtung mindestens eine Überzugsschicht A und mindestens eine Überzugsschicht B übereinander gestapelt aufweist, wobei beide eine Dicke von 5 bis 100 nm haben. Die Überzugsschicht A hat eine durch die Formel $M(B_a C_b N_{1-a-b})$ dargestellte Zusammensetzung, wobei M ein oder mehrere aus W, V, Mo und Nb ausgewählte Elemente bezeichnet und a und b das Atomverhältnis von B bzw. C bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$0 \leq a \leq 0,3 \dots (1A)$ und $0 \leq b \leq 0,5 \dots$

(2A). Die Überzugsschicht B hat eine durch die Formel $Ti_{1-x-y}Cr_xAl_ySi_z(C_{1-A}N_A)$ dargestellte Zusammensetzung, wobei x, y, z und A das Atomverhältnis von Cr, Al, Si bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert: $0 \leq 1-x-y \leq 0,5 \dots (1B)$, $0 \leq x \leq 0,5 \dots (2B)$, $0,4 \leq y \leq 0,7 \dots (3B)$, $0 \leq z \leq 0,15 \dots (4B)$ und $0,5 \leq A \leq 1 \dots (5B)$.

AT 503 976 A2 2008-02-15

Zusammenfassung

Eine Hartbeschichtung und ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material mit besserer Verschleißfestigkeit und besserem Gleitverhalten (aufgrund niedrigerer Reibungskoeffizienten) als bei herkömmlichen Oberflächenbeschichtungen, wobei die Hartbeschichtung mindestens eine Überzugsschicht A und mindestens eine Überzugsschicht B übereinandergestapelt aufweist, wobei beide eine Dicke von 5 bis 100 nm haben. Die Überzugsschicht A hat eine durch die Formel $M(B_a C_b N_{1-a-b})$ dargestellte Zusammensetzung, wobei M ein oder mehrere aus W, V, Mo und Nb ausgewählte Elemente bezeichnet und a und b das Atomverhältnis von B bzw. C bezeichnen, wie nachstehend definiert: $0 \leq a \leq 0,3 \dots (1A)$ und $0 \leq b \leq 0,5 \dots (2A)$. Die Überzugsschicht B hat eine durch die Formel $Ti_{1-x-y}Cr_xAl_ySi_z(C_{1-A}N_A)$ dargestellte Zusammensetzung, wobei x, y, z und A das Atomverhältnis von Cr, Al, Si bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert: $0 \leq 1-x-y \leq 0,5 \dots (1B)$, $0 \leq x \leq 0,5 \dots (2B)$, $0,4 \leq y \leq 0,7 \dots (3B)$, $0 \leq z \leq 0,15 \dots (4B)$ und $0,5 \leq A \leq 1 \dots (5B)$.

Wien, am 9. August 2007

Anmelder(in) vertreten durch:

Patentanwälte

Puchberger, Berger & Partner

Hartbeschichtung und mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Technologie für eine Hartbeschichtung und ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material.

2. Beschreibung des Standes der Technik

Nitridieren ist eine übliche Technik zur Verbesserung von Formen und Spannvorrichtungen (zur Metallbe-/verarbeitung) in Bezug auf die Verschleißfestigkeit und den Widerstand gegen Festfressen. Es wurde versucht, weitere Verbesserungen auf diesem Gebiet durch Ersetzen des Nitridierens durch Gasphasenbeschichtung (wie PVD) zu erreichen, wie in den folgenden Patentdokumenten offenbart. Das Patentdokument 1 offenbart eine Verbesserung beim Gleitverhalten durch Beschichten mit einem Mischnitrid, das mehr als ein aus Cr, Al, Ti und V ausgewähltes Element enthält. Die Patentdokumente 2 und 3 offenbaren eine Form mit guter Verschleißfestigkeit oder gutem Widerstand gegen Festfressen, wobei die Form mit einer Schicht Nitrid, Carbid oder Carbo-nitrid, die mindestens ein aus Ti, V, Al, Cr und Si ausgewähltes Element enthält, und einer optionalen weiteren Schicht aus Molybdänsulfid, die etwas Ti- und/oder Cr-Sulfid enthält, beschichtet ist. Das Patentdokument 4 offenbart einen Oberflächenüberzug aus hartem Nitrid und darauf gebildetem MoS₂ für gute Verschleißfestigkeit und guten Widerstand gegen Festfressen.

Patentdokument 1: japanische Patent-Offenlegungsschrift Nr. 2000-144376

Patentdokument 2: japanische Patent-Offenlegungsschrift Nr. 2002-307128

Patentdokument 3: japanische Patent-Offenlegungsschrift Nr. 2002-307129

Patentdokument 4: japanische Patent-Offenlegungsschrift Nr. 2000-1768

ZIEL UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Trotz seiner hohen Härte und guten Verschleißfestigkeit fehlt dem Mischnitrid (das mehr als ein aus Cr, Al, Ti und V ausgewähltes Element enthält), wie es im Patentedokument 1 offenbart ist, ausreichender Widerstand gegen Festfressen, wie er für die plastische Verarbeitung unter rauen Bedingungen mit hohem Oberflächendruck erforderlich ist. Dies gilt auch für das Nitrid, Carbid oder Carbonitrid (das mehr als ein aus Ti, V, Al, Cr und Si ausgewähltes Element enthält), wie es im Patentedokument 2 offenbart ist. Dem in den Patentedokumenten 3 und 4 offenbarten Sulfid, das zur Verbesserung des Widerstands gegen Festfressen entwickelt wurde, fehlt langfristige Haltbarkeit, weil es weich ist und anfangs gutes Gleitverhalten zeigt, aber leicht mit der Zeit abgenutzt wird.

Die vorliegende Erfindung wurde ausgeführt, um die oben genannten Probleme anzusprechen. Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Hartbeschichtung und ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material vorzusehen, die bessere Verschleißfestigkeit und besseres Gleitverhalten (aufgrund niedrigerer Reibungskoeffizienten) haben als herkömmliche Oberflächenbeschichtungen.

Der erste Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Hartbeschichtung, die mindestens eine Überzugsschicht A und mindestens eine Überzugsschicht B umfasst, die übereinandergestapelt sind, wobei beide eine Dicke von 5 bis 100 nm und eine durch die nachstehende Formel dargestellte Zusammensetzung haben.

Zusammensetzung der Überzugsschicht A: $M(B_aC_bN_{1-a-b})$

wobei M ein oder mehrere aus W, V, Mo und Nb ausgewählte Elemente bezeichnet und a und b das Atomverhältnis von B bzw. C bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$0 \leq a \leq 0,3 \quad \dots \quad (1A)$$

$$0 \leq b \leq 0,5 \quad \dots \quad (2A)$$

Zusammensetzung der Überzugsschicht B: $Ti_{1-x-y}Cr_xAl_ySi_z(C_{1-A}N_A)$

wobei x, y, z und A das Atomverhältnis von Cr, Al, Si bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,5 \quad \dots \quad (1B)$$

$$0 \leq x \leq 0,5 \quad \dots \quad (2B)$$

$$0,4 \leq y \leq 0,7 \quad \dots \quad (3B)$$

$$0 \leq z \leq 0,15 \quad \dots \quad (4B)$$

$$0,5 \leq A \leq 1 \quad \dots \quad (5B)$$

Der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine spezielle Ausführungsform der Hartbeschichtung gemäß dem ersten Aspekt, wobei die Überzugsschicht A V als M und kein B (mit $a = 0$) enthält und die Überzugsschicht B x, y, z und A wie nachstehend durch die Gleichungen (1C) bis (5C) oder (1D) bis (5D) definiert hat:

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,3 \quad \dots \quad (1C)$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3 \quad \dots \quad (2C)$$

$$0,5 \leq y \leq 0,7 \quad \dots \quad (3C)$$

$$z = 0 \quad \dots \quad (4C)$$

$$A = 1 \quad \dots \quad (5C)$$

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,3 \quad \dots \quad (1D)$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3 \quad \dots \quad (2D)$$

$$0,5 \leq y \leq 0,65 \quad \dots \quad (3D)$$

$$0,01 \leq z \leq 0,1 \quad \dots \quad (4D)$$

$$A = 1 \quad \dots \quad (5D)$$

Der dritte Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material, welches ein Stahlsubstrat und eine darauf ausgebildete Hartbeschichtung umfasst, die im ersten oder zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung definiert ist, wobei eine Überzugsschicht C dazwischen angeordnet ist, wobei die Überzugsschicht C dicker als 5 μm ist und eine durch die nachstehende Formel dargestellte Zusammensetzung hat.

Zusammensetzung der Überzugsschicht C: $(\text{Cr}_a\text{M}_{1-a}) (\text{Cr}_{1-y}\text{N}_y)$

wobei M ein oder mehrere aus Ti, Al, Nb, W, Mo und Si ausgewählte Elemente bezeichnet und a und y das Atomverhältnis von Cr bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$0,2 \leq a \quad \dots \quad (1E)$$

$$0 \leq y \leq 1 \quad \dots \quad (2E)$$

Die vorliegende Erfindung sieht eine Hartbeschichtung vor, die herkömmlichen Oberflächenbeschichtungen hinsichtlich der Verschleißfestigkeit und des Gleitverhaltens (aufgrund eines niedrigen Reibungskoeffizienten) überlegen ist und daher bei Formen und Spannvorrichtungen zu deren Verbesserung hinsichtlich der Haltbarkeit Anwendung findet. Ferner sieht die vorliegende Erfindung ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material vor, das als Material für Formen und Spannvorrichtungen mit verbesserter Haltbarkeit Anwendung findet.

Die vorliegende Erfindung basiert auf den folgenden Feststellungen, die sich aus den intensiven Forschungsarbeiten der Erfinder der vorliegenden Erfindung ergeben haben. Eine Beschichtung zeigt gutes Gleitverhalten (oder hat eine niedrige Reibung sowie gute Verschleißfestigkeit), wenn sie aus zwei übereinandergestapelten Schichten besteht, wobei die erste Schicht aus einer Verbindung von (W, Mo, V, Nb) (BCN) gebildet ist, die aus einem oder mehreren aus W, Mo, V und Nb ausgewählten Elementen und einem oder mehreren aus B, C und N ausgewählten Elementen gebildet ist, und die zweite Schicht aus einer Verbindung von TiCrAlSi (CN) gebildet ist. Die Verbindung (W, Mo, V, Nb) (BCN) führt zu niedrig schmelzenden Oxiden von W, Mo, V und Nb durch die tribochemische Reaktion, die durch Reibungswärme und Oberflächendruck beim Gleiten induziert wird. Dies führt dazu, dass die erste Schicht einen niedrigen Reibungskoeffizienten hat. Leider bewirkt die tribochemische Reaktion bei hoher Temperatur, dass die Oxidation schnell voranschreitet, was zu übermäßigem Verschleiß führt. Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die erste Schicht mit der zweiten Schicht aus TiCrAlSi (CN) überzogen wird, die hervorragende Oxidationsbeständigkeit hat. Die Hartbeschichtung mit Doppelschichtstruktur verhindert schnelle Oxidation bei hoher Temperatur und bewahrt einen niedrigen Reibungskoeffizienten.

Die Verbindung (W, Mo, V, Nb) (BCN) kann irgendeines oder mehrere aus W, Mo, V und Nb ausgewählte Elemente enthalten. Die Auswahl hängt von der Arbeitstemperatur ab, da diese Elemente Oxide mit verschiedenen Schmelzpunkten (nachstehend gezeigt) beim Gleiten ergeben.



N ist ein essentielles Element, weil es mit M (das irgendeines oder mehrere der Elemente W, Mo, V und Nb repräsentiert) ein hartes Nitrid bildet. Das Atomverhältnis von N

sollte vorzugsweise nicht weniger als 0,2, bevorzugter nicht weniger als 0,5 sein, je nach dem Atomverhältnis von B und C. („Atomverhältnis“ wird hier im Folgenden einfach als „Verhältnis“ bezeichnet.) B verbindet sich mit N zur Bildung von B-N-Bindungen in der Schicht, wodurch das Schmierverhalten verbessert wird, und verbindet sich teilweise auch mit M zur Bildung harter Boride. Daher trägt B zur Verschleißfestigkeit und zum Widerstand gegen Festfressen bei. Das Verhältnis von B sollte vorzugsweise nicht weniger als 0,05, bevorzugter nicht weniger als 0,1 sein. Das Verhältnis von B sollte vorzugsweise niedriger als 0,3, bevorzugter niedriger als 0,2 sein, da zu viel B bewirkt, dass weiche BN-Verbindungen vorherrschen.

C verbindet sich mit M zur Bildung eines harten Carbids und trägt dadurch zu einer höheren Härte bei. Das Verhältnis von C sollte vorzugsweise nicht weniger als 0,05 und nicht mehr als 0,5, vorzugsweise nicht mehr als 0,3 und bevorzugter nicht mehr als 0,2 sein. Zu viel C bleibt frei, ohne sich mit M zu verbinden.

Al in der Schicht TiCrAlSi (CN) ist essentiell, weil es der Schicht Oxidationsbeständigkeit verleiht. Cr ist ein optionales Element, das zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit zuzusetzen ist. Das Verhältnis von Cr sollte niedriger als 0,5, vorzugsweise 0,05 bis 0,4, bevorzugter 0,2 bis 0,4 sein, weil zu viel Cr den Al-Gehalt relativ reduziert und die Oxidationsbeständigkeit verschlechtert. Das Verhältnis von Al sollte 0,4 bis 0,7, vorzugsweise 0,5 bis 0,65 sein. Al in einem Verhältnis von weniger als 0,4 ist für eine gute Oxidationsbeständigkeit nicht ausreichend und Al in einem Verhältnis von mehr als 0,7 unterliegt einer Umwandlung in eine weiche hexagonale Verbindung. Das Verhältnis von Ti sollte für eine Schicht mit hoher Härte niedriger als 0,5 sein. Zu viel Ti verschlechtert die Oxidationsbeständigkeit deutlich. In dem Falle, dass Cr zugesetzt wird, sollte das Verhältnis von Ti niedriger als 0,3, vorzugsweise niedriger als 0,25 sein. Zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit sollte das Verhältnis von Si niedriger als 0,15, vorzugsweise niedriger als 0,1 sein. Zu viel Si vermindert die Härte der Schicht. Die Mengen an Al und Si sollten so geregelt werden, dass das Verhältnis von Al plus das Verhältnis von Si niedriger als 0,7 ist; andernfalls hat die resultierende Schicht eine weiche hexagonale Kristallstruktur. N ist ein essentielles Element, und das Verhältnis von N sollte höher als 0,5 sein. Das Verhältnis von C sollte niedriger als 0,5, vorzugsweise niedriger als 0,3 sein. Obwohl C zur Härte und zum Schmierverhalten beiträgt, verschlechtert zu viel C die Oxidationsbeständigkeit deutlich.

Die Hartbeschichtung gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung, die auf Basis der obigen Feststellungen vollendet wurde, umfasst die Überzugsschicht A und die Überzugsschicht B, die übereinandergestapelt sind, wobei beide eine Dicke von 5 bis 100 nm und eine durch die nachstehende Formel dargestellte Zusammensetzung haben.

Zusammensetzung der Überzugsschicht A: $M(B_a C_b N_{1-a-b})$

wobei M ein oder mehrere aus W, V, Mo und Nb ausgewählte Elemente bezeichnet und a und b das Atomverhältnis von B bzw. C bezeichnet, wie nachstehend definiert:

$$0 \leq a \leq 0,3 \quad \dots \quad (1A)$$

$$0 \leq b \leq 0,5 \quad \dots \quad (2A)$$

Zusammensetzung der Überzugsschicht B: $Ti_{1-x-y}Cr_xAl_ySi_z(C_{1-A}N_A)$

wobei x, y, z und A das Atomverhältnis von Cr, Al, Si bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert.

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,5 \quad \dots \quad (1B)$$

$$0 \leq x \leq 0,5 \quad \dots \quad (2B)$$

$$0,4 \leq y \leq 0,7 \quad \dots \quad (3B)$$

$$0 \leq z \leq 0,15 \quad \dots \quad (4B)$$

$$0,5 \leq A \leq 1 \quad \dots \quad (5B)$$

Die Hartbeschichtung mit den oben genannten spezifischen Zusammensetzungen ist durch eine bessere Verschleißfestigkeit und einen niedrigeren Reibungskoeffizient (was zu besserem Gleitverhalten führt) gekennzeichnet als herkömmliche Oberflächenbeschichtungen und findet daher Anwendung als Beschichtung auf Formen und Spannvorrichtungen, um deren Haltbarkeit zu verbessern.

Die Hartbeschichtung gemäß dem Aspekt besteht aus der Überzugsschicht A und der Überzugsschicht B, die beide eine Dicke von 5 bis 100 nm haben. Bei einer Dicke von mehr als 100 nm ist dominiert die Überzugsschicht A über die Überzugsschicht B, wobei verhindert wird, dass die Hartbeschichtung das gewünschte Verhalten aufgrund des Stapels der Schichten zeigt. Wenn umgekehrt die Dicke kleiner als 5 nm ist, ist das für die Überzugsschicht A nicht ausreichend, um ihre Wirkung zu zeigen. Ähnlich dominiert bei einer Dicke von mehr als 100 nm die Überzugsschicht B über die Überzugsschicht A, wobei verhindert wird, dass die Hartbeschichtung das gewünschte Verhalten aufgrund des Stapels der Schichten zeigt. Wenn umgekehrt die Dicke kleiner als 5 nm ist, ist das

für die Überzugsschicht B nicht ausreichend, um ihre Wirkung zu zeigen. Aus den oben genannten Gründen sollte die Überzugsschicht A eine Dicke kleiner als 50 nm, vorzugsweise kleiner als 20 nm haben, und die Überzugsschicht B sollte eine Dicke kleiner als 50 nm, vorzugsweise kleiner als 20 nm haben.

Die Überzugsschicht A sollte ein Atomverhältnis (a) für B im Bereich von $0 \leq a \leq 0,3$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht A mit einem Atomverhältnis (a) größer als 0,3 wegen der weichen BN-Verbindungen, die darin vorherrschen, in Bezug auf die Härte und Verschleißfestigkeit schlecht ist. Die Überzugsschicht A sollt ein Atomverhältnis (b) für C im Bereich von $0 \leq b \leq 0,5$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht A mit einem Atomverhältnis (b) größer als 0,5 wegen des ohne Verbindung mit M darin verbleibenden freien C in Bezug auf die Verschleißfestigkeit schlecht ist.

Die Überzugsschicht B sollte ein Atomverhältnis $(1-x-y)$ für Ti im Bereich von $0 \leq 1-x-y \leq 0,5$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis $(1-x-y)$ größer als 0,5 in Bezug auf die Oxidationsbeständigkeit schlecht ist. Die Überzugsschicht B sollte ein Atomverhältnis (x) für Cr im Bereich von $0 \leq x \leq 0,5$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis (x) größer als 0,5 in Bezug auf die Oxidationsbeständigkeit schlecht ist, weil zu viel Cr die Menge an Al relativ reduziert. Die Überzugsschicht B sollte ein Atomverhältnis (y) für Al im Bereich von $0,4 \leq x \leq 0,7$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis (y) kleiner als 0,4 in Bezug auf die Oxidationsbeständigkeit schlecht ist und eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis (y) größer als 0,7 in Bezug auf die Härte und Verschleißfestigkeit schlecht ist, weil übermäßige Mengen Al weiche hexagonale Verbindungen bilden. Die Überzugsschicht B sollte ein Atomverhältnis (z) für Si im Bereich von $0 \leq z \leq 0,15$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis (z) größer als 0,15 in Bezug auf die Härte und Verschleißfestigkeit schlecht ist. Die Überzugsschicht B sollte ein Atomverhältnis (A) für N im Bereich von $0,5 \leq A \leq 1$ haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis (A) niedriger als 0,5 in Bezug auf die Härte und Verschleißfestigkeit schlecht ist. Die Überzugsschicht B sollte ein Atomverhältnis $(1-A)$ für C kleiner als 0,5 haben. Dies ist deswegen so, weil eine Überzugsschicht B mit einem Atomverhältnis $(1-A)$ von mehr als 0,5 in Bezug auf die Oxidationsbeständigkeit schlecht ist.

Die Hartbeschichtung zeigt das wünschenswerteste Gleitverhalten bei einer Arbeitstemperatur von etwa 600°C, wenn die Überzugsschicht A V als M enthält, weil V Oxide mit einem niedrigeren Schmelzpunkt als dem der Oxide von W oder Mo bildet. Die Hartbeschichtung, die V als M enthält, hat den niedrigsten Reibungskoeffizienten und daher verbessertes Gleitverhalten (aufgrund des Schmiereffekts von Oxiden von V), wenn sie kein B (oder $a = 0$) enthält. Ein möglicher Grund dafür besteht darin, dass V in Abwesenheit von B keine Verbindung von V und B bildet, die thermisch instabil ist und eine niedrige Härte hat.

Die Hartbeschichtung hat maximale Härte, wenn die Überzugsschicht B die nachstehend definierten Atomverhältnisse hat.

$$0,1 \leq 1-x-y \leq 0,3$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3$$

$$0,5 \leq y \leq 0,7$$

$$z = 0$$

$$A = 1$$

Alternativ ist

$$0,1 \leq 1-x-y \leq 0,3$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3$$

$$0,5 \leq y \leq 0,65$$

$$0,01 \leq z \leq 0,1$$

$$A = 1$$

wobei $1-x-y$ das Atomverhältnis von Ti, x das Atomverhältnis von Cr, y das Atomverhältnis von Al, z das Atomverhältnis von Si und A das Atomverhältnis von N repräsentiert. Die Hartbeschichtung zeigt insbesondere erhöhte Härte und verbesserte Verschleißfestigkeit, wenn $0,1 \leq 1-x-y$.

Aus den oben genannten Gründen unterscheidet sich ein zweiter Aspekt der Erfindung vom ersten dahingehend, dass die Überzugsschicht A V als M und kein B (oder $a = 0$) enthält und dass die Überzugsschicht B die Atomverhältnisse erfüllt, die durch die folgenden Gleichungen (1C) bis (5C) oder (1D) bis (5D) definiert sind. Die Hartbeschichtung

gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung hat hervorragende Verschleißfestigkeit und Gleitverhalten (aufgrund des niedrigen Reibungskoeffizienten).

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,3 \quad \dots \quad (1C)$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3 \quad \dots \quad (2C)$$

$$0,5 \leq y \leq 0,7 \quad \dots \quad (3C)$$

$$z = 0 \quad \dots \quad (4C)$$

$$A = 1 \quad \dots \quad (5C)$$

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,3 \quad \dots \quad (1D)$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3 \quad \dots \quad (2D)$$

$$0,5 \leq y \leq 0,65 \quad \dots \quad (3D)$$

$$0,01 \leq z \leq 0,1 \quad \dots \quad (4D)$$

$$A = 1 \quad \dots \quad (5D)$$

Die Hartbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Laminatschicht, die aus der Überzugsschicht A und der Überzugsschicht B besteht. Das heißt, sie ist ein zusammengesetztes Material, das die charakteristischen Eigenschaften der beiden Überzugsschichten hat. Sie zeigt hervorragendes Verhalten aufgrund des synergistischen Effekts, der sich aus dem Stapeln der zwei Überzugsschichten ergibt.

Die Hartbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann aus einer oder mehreren Überzugsschichten A und einer oder mehreren Überzugsschichten B bestehen, wobei die Gesamtzahl der Überzugsschichten A und B nicht speziell beschränkt ist. Je größer die Gesamtzahl der Schichten ist, desto deutlicher ist der Effekt der Schichtstapelung. Die Qualität der Hartbeschichtung variiert in Abhängigkeit von der Gesamtzahl der Schichten, selbst wenn ihre Dicke gleich bleibt. Bei einer sehr kleinen Gesamtzahl von Schichten (z.B. zwei) ist die Hartbeschichtung als Ganzes inhomogen (in Zusammensetzung und Eigenschaften), weil die Überzugsschichten A und B im Makromaßstab ungleichmäßig verteilt sind. Umgekehrt ist bei einer großen Gesamtzahl von Schichten die Hartbeschichtung als Ganzes homogen (in Zusammensetzung und Eigenschaften), weil die Überzugsschichten A und B im Makromaßstab gleichmäßig verteilt sind (als ob sie vermischt wären), wenngleich sie im Mikromaßstab ungleichmäßig verteilt sind. Daher sollte die Gesamtzahl der übereinandergestapelten Schichten zweckmäßigerweise so groß wie möglich sein. Außerdem ist das Stapeln vieler Schichten ein einfacher Weg, die

Hartbeschichtung mit einer gewünschten Dicke zu erhalten. (Es ist sehr schwierig, die gewünschte Dicke mit nur zwei Schichten zu erreichen.) Aus den oben genannten Gründen sollte die Gesamtzahl der Schichten vorzugsweise größer als 10, bevorzugter größer als 20 sein.

Die Hartbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist hinsichtlich der Dicke (oder der Gesamtdicke der Überzugsschichten) nicht speziell beschränkt. Eine Dicke kleiner als $0,1\text{ }\mu\text{m}$ ist nicht ausreichend, um die gewünschte Verschleißfestigkeit zu erhalten. Umgekehrt ist eine Dicke von mehr als $20\text{ }\mu\text{m}$ nachteilig für die Produktivität (aufgrund langer Beschichtungszeit), ohne dass sie zusätzliche Verschleißfestigkeit und Oxidationsbeständigkeit ergibt. Daher sollte die Dicke der Hartbeschichtung vorzugsweise kleiner als $20\text{ }\mu\text{m}$ sein.

Es gibt keine spezielle Reihenfolge der Bildung der Überzugsschichten A und B auf einem Basismaterial (mit oder ohne eine Grundschicht). Das Verfahren kann mit jeder der beiden beginnen und enden. In dem Falle, dass die Anzahl der Überzugsschichten außerordentlich klein ist, z.B. 2 oder 3, sollte die Überzugsschicht A (die einen niedrigeren Reibungskoeffizienten hat als die Überzugsschicht B) oben sein.

Ein dritter Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein mit einer Hartbeschichtung beschichtetes Material, das ein Stahlsubstrat und eine darauf gebildete Hartbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst, wobei eine Überzugsschicht C dazwischen angeordnet ist, die Überzugsschicht C dicker als $5\text{ }\mu\text{m}$ ist und eine Zusammensetzung hat, die durch die nachstehende Formel definiert ist.

Zusammensetzung der Überzugsschicht C: $(\text{Cr}_a\text{M}_{1-a})(\text{Cr}_{1-y}\text{N}_y)$

wobei M ein oder mehrere aus Ti, Al, Nb, W, Mo und Si ausgewählte Elemente bezeichnet und a und y das Atomverhältnis von Cr bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert.

$$0,2 \leq a \quad \dots \quad (1\text{E})$$

$$0 \leq y \leq 1 \quad \dots \quad (2\text{E})$$

Der dritte Aspekt der vorliegenden Erfindung basiert auf der Feststellung, dass Probleme mit dem Festfressen und der Beschädigung von Formen vermieden werden können, indem zusätzlich die Überzugsschicht C unter den oben genannten Überzugsschichten A

und B gebildet wird. Das Festfressen und die Beschädigung von Formen treten beim Pressen eines hochfesten Stahlblechs bei hohem Oberflächendruck bei möglicher Beteiligung von Fremdmaterial auf. Solche Probleme treten leicht bei einem Stahlsubstratmaterial mit niedriger Härte auf. Das mit einer Hartbeschichtung beschichtete Material gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung unterliegt weniger Festfressen und Beschädigungen aufgrund der Beteiligung von Fremdmaterial als das mit einer Hartbeschichtung beschichtete Material (ohne die Grundsicht), das aus einem Stahlsubstratmaterial und den Überzugsschichten, die oben durch den ersten oder zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung definiert sind, besteht. Daher ist es für Formen und Spannvorrichtungen geeignet.

Die Überzugsschicht C sollte dicker als 5 μm sein, weil eine Dicke von weniger als 5 μm für die Verbesserung des Widerstandes gegen Festfressen nicht ausreichend ist. Zum Zwecke der guten Haftung auf dem Stahlsubstratmaterial sollte die Überzugsschicht C Cr enthalten, sodass $0,2 \leq a$ (wobei a das Atomverhältnis von Cr bezeichnet). Für eine bessere Haftung sollte das Atomverhältnis von Cr vorzugsweise größer als 0,5 sein.

Die Überzugsschicht C hat erhöhte Härte aufgrund des zugesetzten M (das mindestens ein aus Ti, Al, Nb, W, Mo und Si ausgewähltes Element ist). Von diesen Elementen sind Al, W, Ti und Mo besonders wirksam für die Verbesserung der Härte. Ein zusätzlicher Vorteil von der Überzugsschicht C zugesetztem W und/oder Mo besteht darin, dass sie die Auflösung der Überzugsschichten fördern, wenn es nötig ist, eine teilweise beschädigte Beschichtung elektrochemisch zu entfernen und eine Neubeschichtung durchzuführen. Aus diesem Grund wird das Zusetzen von W und/oder Mo empfohlen.

Für eine gute Verschleißfestigkeit sollten die auf der Überzugsschicht C zu bildenden Überzugsschichten A und B vorzugsweise dicker als 3 μm , bevorzugter dicker als 5 μm (insgesamt) sein. Ferner sollte die Gesamtdicke der Überzugsschichten A, B und C vorzugsweise größer als 10 μm sein.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Die vorliegende Erfindung wird nachstehend ausführlicher unter Bezugnahme auf Beispiele und Vergleichsbeispiele beschrieben, die nicht als Einschränkung des Umfangs zu

sehen sind. Jedwede Modifizierung kann gemacht werden, ohne dass vom Umfang der vorliegenden Erfindung abgewichen wird.

Beispiel 1

Proben der Hartbeschichtung, die in den Tabellen 1 und 2 angeführt sind, in welchen die Zusammensetzung, die Anzahl der Schichten und die Dicke der Beschichtung spezifiziert sind, wurden aus einem M (mindestens eine Spezies aus W, V und Mo) und gegebenenfalls B enthaltenden Target und einem mindestens eine Spezies aus Ti, Cr, Al und Si enthaltenden Target hergestellt, indem eine mit einer Lichtbogenverdampfungsquelle oder einer Sputterverdampfungsquelle ausgestattete Schichtbildungsanordnung verwendet wurde.

Das Basismaterial für die Proben ist ein hochglanzpoliertes Hartmetall oder SKD11 (mit der Härte HR C60). Das Erstere wird verwendet, um die Beschichtung hinsichtlich der Zusammensetzung und Härte zu untersuchen, und das Letztere wird verwendet, um die Beschichtung hinsichtlich des Gleitverhaltens bei hohen Temperaturen zu untersuchen. Die Schichtbildung auf dem Basismaterial erfolgt auf folgende Art und Weise. Das Basismaterial (Substrat) wird in die Kammer der Schichtbildungsanordnung gebracht. Die Kammer wird auf einen Druck unter 1×10^{-3} Pa evakuiert. Das auf etwa 400°C erhitzte Substrat unterliegt einer Sputter-Reinigung mit Ar-Ionen. Die Beschichtung mittels einer Lichtbogenverdampfungsquelle erfolgt mit einem Target (100 mm Durchmesser) und einem Lichtbogenstrom von 150 A in einer N₂- oder N₂+CH₄-Atmosphäre bei einem Gesamtdruck von 4 Pa. Die Überzugsschicht B wurde zuerst auf dem Substrat gebildet und die Überzugsschicht A wurde zuletzt gebildet, sodass die Überzugsschicht B in direktem Kontakt mit dem Substrat und die Überzugsschicht A oben ist.

Die so hergestellten Proben wurden hinsichtlich der Zusammensetzung und der Härte untersucht. Ferner wurden sie hinsichtlich der Verschleißfestigkeit und des Reibungskoeffizient mittels eines Gleittests bei hohen Temperaturen untersucht.

Die Zusammensetzung wurde mittels EPMA bestimmt. Die Härte wurde unter Verwendung einer Mikro-Vickershärte-Messvorrichtung unter einer Last von 0,25 N für 15 Sekunden gemessen. Der Gleittest bei hohen Temperaturen wurde unter den folgenden Bedingungen durchgeführt.

Bedingungen für den Gleittest bei hohen Temperaturen:

- Vorrichtung: Gleittester vom Vane-on-disk-Typ
- Vane: SKD 61 Stahl (HRC 50)
- Disk: SKD 11 Stahl (HRC 60), mit Beschichtung
- Gleitgeschwindigkeit: 0,1 m/s
- Last: 500 N
- Gleitstrecke: 500 m
- Testtemperatur: 500 °C

Die Testergebnisse werden in den Tabellen 3 und 4 gezeigt. Im Übrigen zeigen die Tabellen 1 und 2 die Zusammensetzung ausgedrückt als Atomverhältnis, die Anzahl der Schichten ausgedrückt als Gesamtzahl der Überzugsschichten A und B und die gesamte Schichtdicke ausgedrückt als Summe der Dicken der Schichten, welche die Hartbeschichtung bilden. (Das gilt ebenso für die folgenden Tabellen.) Man sieht anhand der Tabellen 1 bis 4, dass es einen offensichtlichen Unterschied beim Gleitverhalten (oder Reibungskoeffizienten) und bei der Verschleißfestigkeit (oder Menge des Beschichtungsverschleißes) zwischen Beispiel und Vergleichsbeispiel gibt, wobei Ersteres dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung angehört. Die Proben im Beispiel 1 sind mit den Nummern 7-12, 14-24, 26-28, 30-32, 35-37, 39-43, 45-46 und 48-50 bezeichnet, und die Proben im Vergleichsbeispiel sind mit den Nummern 1-5, 6, 13, 25, 29, 33, 34, 38, 44 und 47 bezeichnet.

Beispiel 2

Proben der Hartbeschichtung, die in der Tabelle 8 angeführt sind, in welcher die Zusammensetzung, die Anzahl der Schichten und die Dicke der Beschichtung spezifiziert sind, wurden wie im Beispiel 1 hergestellt und geprüft. Die Ergebnisse des Tests sind in der Tabelle 9 gezeigt. Man sieht anhand der Tabellen 8 und 9, dass es einen offensichtlichen Unterschied beim Gleitverhalten (oder Reibungskoeffizienten) und bei der Verschleißfestigkeit (oder Menge des Beschichtungsverschleißes) zwischen Beispiel und Vergleichsbeispiel gibt, wobei Ersteres dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung angehört. Die Proben im Beispiel 2 sind mit den Nummern 2d-5d, 8d-9d und 11d bezeichnet, und die Proben im Vergleichsbeispiel sind mit den Nummern 1d, 6d, 7d und 10d bezeichnet. Man sieht auch, dass die Proben Nr. 2d-5d, 8d, 9d und 11d im Beispiel 2 den Proben Nr.

1-5, 6, 13, 25, 29, 33, 34, 38, 44 und 47 im Vergleichsbeispiel, das in den Tabellen 1 bis 4 gezeigt ist, überlegen sind.

Beispiel 3

Proben der Hartbeschichtung, die in der Tabelle 5 angeführt sind, in welcher die Zusammensetzung, die Anzahl der Schichten und die Dicke der Beschichtung spezifiziert sind, wurden wie im Beispiel 1 hergestellt und geprüft. Die Ergebnisse des Tests sind in der Tabelle 6 gezeigt. Man sieht anhand der Tabellen 5 und 6, dass es einen offensichtlichen Unterschied beim Gleitverhalten (oder Reibungskoeffizienten) und bei der Verschleißfestigkeit (oder Menge des Beschichtungsverschleißes) zwischen Beispiel und Vergleichsbeispiel gibt, wobei Ersteres dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung angehört. Die Proben im Beispiel 3 sind mit den Nummern 7a, 8a, 12a und 15a-21a bezeichnet, und die Proben im Vergleichsbeispiel (die nicht mit dem ersten und dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung konform sind) sind mit den Nummern 1a-4a, 9a und 10a bezeichnet. Man sieht auch, dass die Proben Nr. 7a, 8a, 12a und 15a-21a im Beispiel 3 den Proben Nr. 6a, 11a, 13a und 14a im Vergleichsbeispiel, die mit dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung, aber nicht mit dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung konform sind, überlegen sind.

Beispiel 4

Proben der Hartbeschichtung, die aus der Überzugsschicht A, der Überzugsschicht B und der Überzugsschicht C (als Grundschicht) bestand, wurden hergestellt. Zuerst wurde die Überzugsschicht C mit der in der Tabelle 7 spezifizierten Zusammensetzung und Dicke gebildet, und dann wurden die Überzugsschichten A und B, die jeweils die in der Tabelle 7 spezifizierte Zusammensetzung und Dicke hatten, darauf auf die gleiche Art und Weise wie im Beispiel 1 gebildet. Die Anzahl der Überzugsschichten A und B ist ebenfalls in der Tabelle 7 gezeigt. Die Überzugsschicht B wurde zuerst auf der Überzugsschicht C gebildet und die Überzugsschicht A wurde zuletzt gebildet, sodass die Überzugsschicht B in direktem Kontakt mit der Überzugsschicht C und die Überzugsschicht A oben ist.

Die so hergestellten Proben wurden wie im Beispiel 1 hinsichtlich der Zusammensetzung und der Härte untersucht. Ferner wurden sie hinsichtlich des Widerstandes gegen Fest-

fressen und des Gleitverhaltens bei hohen Temperaturen unter den folgenden Bedingungen untersucht.

Bedingungen für den Gleittest bei hohen Temperaturen:

- Vorrichtung: Gleittester vom Vane-on-disk-Typ
- Vane: SKD 61 Stahl (HRC 50)
- Disk: SKD 11 Stahl (HRC 60), mit Beschichtung
- Gleitgeschwindigkeit: 0,1 m/s
- Last: graduell erhöht von 500 N auf 1000 N mit einer Rate von 100 N/100 m, bis zum Festfressen (ausgehend von Beschädigung)
- Testtemperatur: 500 °C

Die Testergebnisse sind in der Tabelle 7 gezeigt. Alle getesteten Proben haben die aus den Überzugsschichten A und B bestehende Hartbeschichtung, welche die Erfordernisse des ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung erfüllen. Die Hartbeschichtung hat die Zusammensetzung, Dicke und Anzahl der Schichten, die allen Proben gemeinsam ist. Durch Vergleich der Proben Nr. 3c bis 12c (mit der Grundsicht von mehr als 6 µm) mit der Probe Nr. 1C (ohne Grundsicht) ist zu sehen, dass die Wirkung der Grundsicht (Überzugsschicht C) auf den Widerstand gegen Festfressen offenkundig ist. Man kann auch sehen, dass der Effekt auf den Widerstand gegen Festfressen in Abhängigkeit von der Dicke variiert, wenn die Zusammensetzung gleich ist. Die Probe Nr. 2 (mit Grundsicht) hat nur das gleiche Niveau beim Widerstand gegen Festfressen wie die Probe Nr. 1 (ohne Grundsicht), weil die Erstere das Erfordernis des dritten Aspekts der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zusammensetzung, aber nicht die Dicke (größer als 5 µm) erfüllt.

Tabelle 1

Nr.	Schicht- bildungs- verfahren	Schicht A								Schicht B								Anzahl der Schichten	Gesamt- schicht- dicke nm
		Zusammensetzung (Atomverhältnis)							Dicke nm	Zusammensetzung (Atomverhältnis)							Dicke nm		
		V	W	Mo	B	C	N	Ti		Cr	Al	Si	C	N					
6	AIP	1	0	0	0	0	1,00	2	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	2	750	3000		
7	AIP	1	0	0	0	0	1,00	5	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	5	300	3000		
8	AIP	1	0	0	0	0	1,00	20	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	20	75	3000		
9	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
10	AIP	1	0	0	0	0	1,00	50	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	50	30	3000		
11	AIP	1	0	0	0	0	1,00	80	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	80	18	3000		
12	AIP	1	0	0	0	0	1,00	100	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	100	15	3000		
13	AIP	1	0	0	0	0	1,00	150	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	150	10	3000		
14	AIP	1	0	0	0,1	0	0,90	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
15	AIP	1	0	0	0,2	0	0,80	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
16	AIP	1	0	0	0	0,2	0,80	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
17	AIP	1	0	0	0	0,4	0,60	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
18	AIP	1	0	0	0	0,5	0,50	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
19	SP	0,5	0,5	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
20	SP	0,3	0	0,7	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
21	SP	0	0,5	0,5	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
22	SP	0,5	0,5	0	0,05	0	0,95	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
23	SP	0,5	0,5	0	0,15	0	0,85	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
24	SP	0,5	0,5	0	0,3	0	0,70	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
25	SP	0,5	0,5	0	0,4	0	0,60	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000		
4		1	0	0	0	0	1,00	3000	keine							0		3000	
5		keine							0	0,25	0,1	0,65	0	0	1,00	3000	1	3000	
1									(Ti _{0,5} Al _{0,5})N								3000		
2									(Ti _{0,1} Cr _{0,4} Al _{0,5})N								3000		
3									(Ti _{0,5} Al _{0,5})N+MoS ₂								3000		

SP: Sputtern
AIP: Lichtbogen-Ionenplattieren

* Wenn die Überzugsschicht C nicht vorhanden ist, werden die Überzugsschichten A und B so gebildet, dass Letztere in direktem Kontakt mit dem Substrat und Erstere oben ist.

Tabelle 2

Nr.	Schicht- bildungs- verfahren	Schicht A							Schicht B								Anzahl der Schichten	Gesamt- schicht- dicke nm
		Zusammensetzung (Atomverhältnis)							Dicke nm	Zusammensetzung (Atomverhältnis)								
		V	W	Mo	Nb	B	C	N		Ti	Cr	Al	Si	C	N			
26	SP	0,3	0	0,7	0	0	0,2	0,80	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000
27	SP	0,3	0	0,7	0	0	0,3	0,70	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000
28	SP	0,3	0	0,7	0	0	0,5	0,50	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000
29	SP	0,3	0	0,7	0	0	0,7	0,30	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000
30	AIP	0,8	0,2	0	0	0	0	1,00	30	0	0,4	0,6	0	0	1,00	30	50	3000
31	AIP	0,8	0,2	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,6	0	0	1,00	30	50	3000
32	AIP	0,8	0,2	0	0	0	0	1,00	30	0,3	0,1	0,6	0	0	1,00	30	50	3000
33	AIP	0,8	0,2	0	0	0	0	1,00	30	0,4	0,1	0,5	0	0	1,00	30	50	3000
34	SP	0,4	0,2	0,4	0	0	0	1,00	40	0,2	0	0,8	0	0	1,00	40	37	3000
35	SP	0,4	0,2	0,4	0	0	0	1,00	40	0,3	0,05	0,65	0	0	1,00	40	37	3000
36	SP	0,4	0,2	0,4	0	0	0	1,00	40	0,2	0,25	0,55	0	0	1,00	40	37	3000
37	SP	0,4	0,2	0,4	0	0	0	1,00	40	0,1	0,5	0,4	0	0	1,00	40	37	3000
38	SP	0,4	0,2	0,4	0	0	0	1,00	40	0,1	0,7	0,2	0	0	1,00	40	37	3000
39	SP	0,4	0,2	0,4	0	0	0	1,00	40	0,1	0,2	0,7	0	0	1,00	40	37	3000
40	AIP	0,9	0	0,1	0	0	0	1,00	35	0,2	0,2	0,6	0	0	1,00	40	40	3000
41	AIP	0,9	0	0,1	0	0	0	1,00	35	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	40	40	3000
42	AIP	0,9	0	0,1	0	0	0	1,00	35	0,2	0,2	0,5	0,1	0	1,00	40	40	3000
43	AIP	0,9	0	0,1	0	0	0	1,00	35	0,15	0,2	0,5	0,15	0	1,00	40	40	3000
44	AIP	0,9	0	0,1	0	0	0	1,00	35	0,1	0,2	0,5	0,2	0	1,00	40	40	3000
45	SP	0	0,2	0,8	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0,2	0,80	30	50	3000
46	SP	0	0,2	0,8	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0,5	0,50	30	50	3000
47	SP	0	0,2	0,8	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0,7	0,30	30	50	3000
48	AIP	0	0	0	1	0	0	1,00	25	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	20	66	3000
49	AIP	0,5	0	0	0,5	0	0	1,00	25	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	20	66	3000
50	AIP	0	0,5	0	0,5	0	0	1,00	25	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	20	66	3000

SP: Sputtern

AIP: Lichtbogen-Ionenplattieren

* Wenn die Überzugsschicht C nicht vorhanden ist, werden die Überzugsschichten A und B so gebildet, dass Erstere in direktem Kontakt mit dem Substrat und Letztere oben ist.

Tabelle 3

Nr.	Härte GPa	Reibungskoeffizient, nach 300 m	spezifische Verschleißmenge der Schicht, 10E-10 mm ³ /Nm
6	31	0,45	11,00
7	33	0,35	6,00
8	35	0,3	5,00
9	35	0,3	4,80
10	33	0,3	5,00
11	33	0,4	7,00
12	32	0,5	7,50
13	29	0,58	12,00
14	32	0,3	5,50
15	32	0,3	6,00
16	36	0,3	4,40
17	36	0,3	6,50
18	35	0,3	7,30
19	34	0,34	5,60
20	35	0,37	4,70
21	35	0,36	4,80
22	36	0,3	5,00
23	33	0,27	4,50
24	31	0,3	8,00
25	28	0,3	15,00
4	25	0,35	15,00
5	29	0,6	10,00
1	25	0,7	20,00
2	28	0,6	15,00
3	20	0,6	12,00

Tabelle 4

Nr.	Härte GPa	Reibungskoeffizient, nach 300 m	spezifische Verschleißmenge der Schicht, 10E-10 mm ³ /Nm
26	36	0,38	4,40
27	35	0,4	4,20
28	32	0,45	7,50
29	29	0,58	13,00
30	33	0,34	4,50
31	35	0,37	5,20
32	33	0,39	6,40
33	31	0,45	15,00
34	28	0,4	17,00
35	31	0,42	7,50
36	35	0,34	4,50
37	30	0,4	6,00
38	27	0,45	13,00
39	36	0,37	4,10
40	33	0,4	5,50
41	36	0,37	3,90
42	34	0,37	3,70
43	33	0,4	6,50
44	29	0,45	14,00
45	36	0,35	3,00
46	33	0,33	5,00
47	27	0,32	11,00
48	35	0,45	4,20
49	33	0,4	4,50
50	33	0,47	5,10

Tabelle 5

Nr.	Schicht- bildungs- verfahren	Schicht A							Schicht B							Anzahl der Schichten	Gesamt- schicht- dicke nm	
		Zusammensetzung (Atomverhältnis)							Dicke nm	Zusammensetzung (Atomverhältnis)								Dicke nm
		V	W	Mo	B	C	N	Ti		Cr	Al	Si	C	N				
6a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0	0,4	0,6	0	0	1,00	30	50	3000	
7a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,6	0	0	1,00	30	50	3000	
8a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,3	0,1	0,6	0	0	1,00	30	50	3000	
9a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,4	0,1	0,5	0	0	1,00	30	50	3000	
10a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0	0,8	0	0	1,00	30	50	3000	
11a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,3	0,05	0,65	0	0	1,00	30	50	3000	
12a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,25	0,55	0	0	1,00	30	50	3000	
13a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,1	0,5	0,4	0	0	1,00	30	50	3000	
14a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,3	0,3	0,4	0	0	1,00	30	50	3000	
15a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,25	0,25	0,5	0	0	1,00	30	50	3000	
16a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,6	0	0	1,00	30	50	3000	
17a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,1	0,2	0,7	0	0	1,00	30	50	3000	
18a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,6	0	0	1,00	30	50	3000	
19a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	30	50	3000	
20a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,2	0,2	0,5	0,1	0	1,00	30	50	3000	
21a	AIP	1	0	0	0	0	1,00	30	0,15	0,2	0,5	0,15	0	1,00	30	50	3000	
4a		1	0	0	0	0	1,00	3000	keine						0	3000		
1a		(Ti0,5Al0,5)N															3000	
2a		(Ti0,1Cr0,4Al0,5)N															3000	
3a		(Ti0,5Al0,5)N+MoS2															3000	

* Wenn die Überzugsschicht C nicht vorhanden ist, werden die Überzugsschichten A und B so gebildet, dass Letztere in direktem Kontakt mit dem Substrat und Erstere oben ist.

SP: Sputtern
AIP: Lichtbogen-Ionenplattieren

0915

Tabelle 6

Nr.	Härte GPa	Reibungskoeffizient, nach 300 m	spezifische Verschleißmenge der Schicht, 10E-10 mm ³ /Nm
6a	31	0,34	7,50
7a	35	0,37	5,20
8a	33	0,39	4,50
9a	31	0,45	15,00
10a	28	0,4	17,00
11a	31	0,34	5,50
12a	35	0,34	4,00
13a	30	0,4	6,00
14a	31	0,4	6,50
15a	34	0,42	4,00
16a	36	0,37	2,50
17a	36	0,37	3,50
18a	33	0,4	5,50
19a	36	0,37	2,70
20a	34	0,37	3,70
21a	33	0,4	6,50
4a	25	0,35	15,00
1a	25	0,7	20,00
2a	28	0,6	15,00
3a	20	0,6	12,00

Tabelle 7

Nr.	Grundschicht		Schicht A		Schicht B		Anzahl der Schichten	Festfress-Last N
	Zusammensetzung	Dicke nm	Zusammensetzung	Dicke nm	Zusammensetzung	Dicke nm		
1c	keine	0	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	600
2c	(CrO,8WO,2)N	3000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	600
3c	(CrO,8WO,2)N	5000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	800
4c	(CrO,8WO,2)N	7000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	900
5c	(CrO,8WO,2)N	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	>1000
6c	(CrO,8WO,2)N	15000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	>1000
7c	CrN	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	900
8c	(CrO,8AlO,2)N	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	>1000
9c	(CrO,8TiO,2)N	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	>1000
10c	(CrO,8MoO,2)N	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	>1000
11c	(CrO,8NbO,2)N	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	900
12c	(CrO,8SiO,2)N	10000	VN	30	(TiO,2CrO,2AlO,55SiO,05)N	30	50	900

Tabelle 8

Nr.	Schicht- bildungs- verfahren	Schicht A								Schicht B								Anzahl der Schichten	Gesamt- schicht- dicke nm		
		Zusammensetzung (Atomverhältnis)								Dicke nm	Zusammensetzung (Atomverhältnis)									Dicke nm	
		V	W	Mo	Nb	B	C	N	Ti		Cr	Al	Si	C	N						
1d	AIP	0	0	0	1	0	0	1	1	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	1	1500	3000			
2d	AIP	0	0	0	1	0	0	1	10	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	10	150	3000			
3d	AIP	0	0	0	1	0	0	1	25	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	25	60	3000			
4d	AIP	0	0	0	1	0	0	1	80	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	80	18	3000			
5d	AIP	0	0	0	1	0	0	1	100	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	100	15	3000			
6d	AIP	0	0	0	1	0	0	1	150	0,2	0,2	0,55	0,05	0	1,00	150	10	3000			
7d	AIP	1	0	0	0	0	0	1	25	0,2	0	0,8	0	0	1,00	25	60	3000			
8d	AIP	1	0	0	0	0	0	1	25	0,3	0	0,7	0	0	1,00	25	60	3000			
9d	AIP	1	0	0	0	0	0	1	25	0,5	0	0,5	0	0	1,00	25	60	3000			
10d	AIP	1	0	0	0	0	0	1	25	0,6	0	0,4	0	0	1,00	25	60	3000			
11d	AIP	1	0	0	0	0	0	1	25	0,4	0	0,55	0,05	0	1,00	25	60	3000			

Tabelle 9

Nr.	Härte GPa	Reibungskoeffizient, nach 300 m	spezifische Verschleißmenge der Schicht, x10E-10 mm ³ /Nm
1d	29	0,4	11
2d	36	0,4	5,3
3d	37	0,4	3
4d	35	0,4	4,3
5d	34	0,45	6,7
6d	28	0,5	12,5
7d	28	0,55	13
8d	33	0,37	5,6
9d	34	0,35	6,1
10d	29	0,51	11
11d	35	0,35	4,3

Im Übrigen wurden die Proben in den Beispielen 1 bis 4 so hergestellt, dass die Überzugsschicht B zuerst gebildet wurde (auf dem Substrat) und die Überzugsschicht A zuletzt gebildet wurde, und die Proben im Beispiel 4 wurden so hergestellt, dass die Überzugsschicht B zuerst (auf der Überzugsschicht C) und die Überzugsschicht A zuletzt gebildet wurde. Die Anordnung der Überzugsschichten A und B kann jedoch umgekehrt oder verändert werden, sodass sowohl erste als auch die letzte Schicht die Überzugsschicht A oder die Überzugsschicht B ist. Die auf jedwede Art angeordneten Überzugsschichten ergeben den gleichen Effekt wie oben angeführt.

Die Hartbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung übertrifft herkömmliche Oberflächenbeschichtungen hinsichtlich der Verschleißfestigkeit und des Gleitverhaltens (aufgrund des niedrigen Reibungskoeffizienten) und findet daher Verwendung für Formen und Spannvorrichtungen, um deren Haltbarkeit zu verbessern.

Für Fachleute auf dem Gebiet sollte klar sein, dass insofern verschiedene Modifizierungen, Kombinationen, Unterkombinationen und Wechsel je nach den Konstruktionserfordernissen und anderen Faktoren vorkommen können, als sie innerhalb des Umfangs der beigefügten Ansprüche oder ihrer Äquivalente liegen.

Patentansprüche

1. Hartbeschichtung, die mindestens eine Überzugsschicht A und mindestens eine Überzugsschicht B übereinandergestapelt aufweist, wobei beide eine Dicke von 5 bis 100 nm und eine durch die nachstehende Formel dargestellte Zusammensetzung haben:

Zusammensetzung der Überzugsschicht A: $M(B_aC_bN_{1-a-b})$

wobei M ein oder mehrere aus W, V, Mo und Nb ausgewählte Elemente bezeichnet und a und b das Atomverhältnis von B bzw. C bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$0 \leq a \leq 0,3 \quad \dots \quad (1A)$$

$$0 \leq b \leq 0,5 \quad \dots \quad (2A)$$

Zusammensetzung der Überzugsschicht B: $Ti_{1-x-y}Cr_xAl_ySi_z(C_{1-A}N_A)$

wobei x, y, z und A das Atomverhältnis von Cr, Al, Si bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,5 \quad \dots \quad (1B)$$

$$0 \leq x \leq 0,5 \quad \dots \quad (2B)$$

$$0,4 \leq y \leq 0,7 \quad \dots \quad (3B)$$

$$0 \leq z \leq 0,15 \quad \dots \quad (4B)$$

$$0,5 \leq A \leq 1 \quad \dots \quad (5B)$$

2. Hartbeschichtung nach Anspruch 1, wobei die Überzugsschicht A V als M und kein B (mit $a = 0$) enthält und die Überzugsschicht B x, y, z und A wie nachstehend durch die Gleichungen (1C) bis (5C) oder (1D) bis (5D) definiert hat:

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,3 \quad \dots \quad (1C)$$

$$0,1 \leq x \leq 0,3 \quad \dots \quad (2C)$$

$$0,5 \leq y \leq 0,7 \quad \dots \quad (3C)$$

$$z = 0 \quad \dots \quad (4C)$$

$$A = 1 \quad \dots \quad (5C)$$

$$0 \leq 1-x-y \leq 0,3 \quad \dots \quad (1D)$$

$$\begin{array}{lll}
 0,1 \leq x \leq 0,3 & \dots & (2D) \\
 0,5 \leq y \leq 0,65 & \dots & (3D) \\
 0,01 \leq z \leq 0,1 & \dots & (4D) \\
 A = 1 & \dots & (5D)
 \end{array}$$

3. Beschichtetes Material mit einem Stahlsubstrat und einer darauf gebildeten Hartbeschichtung, die im Anspruch 1 definiert ist, wobei eine Überzugsschicht C dazwischen angeordnet ist und diese Überzugsschicht C dicker als 5 μm ist und eine durch die nachstehende Formel dargestellte Zusammensetzung hat:

Zusammensetzung der Überzugsschicht C: $(\text{Cr}_a\text{M}_{1-a})(\text{Cr}_{1-y}\text{N}_y)$

wobei M ein oder mehrere aus Ti, Al, Nb, W, Mo und Si ausgewählte Elemente bezeichnet und a und y das Atomverhältnis von Cr bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$\begin{array}{lll}
 0,2 \leq a & \dots & (1E) \\
 0 \leq y \leq 1 & \dots & (2E)
 \end{array}$$

4. Beschichtetes Material mit einem Stahlsubstrat und einer darauf gebildeten Hartbeschichtung, die im Anspruch 2 definiert ist, wobei eine Überzugsschicht C dazwischen angeordnet ist und diese Überzugsschicht C dicker als 5 μm ist und eine durch die nachstehende Formel dargestellte Zusammensetzung hat:

Zusammensetzung der Überzugsschicht C: $(\text{Cr}_a\text{M}_{1-a})(\text{Cr}_{1-y}\text{N}_y)$

wobei M ein oder mehrere aus Ti, Al, Nb, W, Mo und Si ausgewählte Elemente bezeichnet und a und y das Atomverhältnis von Cr bzw. N bezeichnen, wie nachstehend definiert:

$$\begin{array}{lll}
 0,2 \leq a & \dots & (1E) \\
 0 \leq y \leq 1 & \dots & (2E)
 \end{array}$$

Wien, am 9. August 2007

Anmelder(in) vertreten durch:

Patentanwälte

Puchberger, Berger & Partner