



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 19 713 T2** 2004.04.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 983 393 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 19 713.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE98/00705**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 917 915.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/048072**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **12.11.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.04.2004**

(51) Int Cl.7: **C23C 14/06**

C23C 30/00, B23B 27/14

(30) Unionspriorität:
9701494 18.04.1997 SE

(73) Patentinhaber:
Sandvik AB, Sandviken, SE

(74) Vertreter:
**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, CH, DE, FR, GB, IT, LI, SE

(72) Erfinder:
**SELINDER, Torbjörn, S-117 61 Stockholm, SE;
STRONDL, Christian, S-752 41 Uppsala, SE**

(54) Bezeichnung: **MEHRFACH BESCHICHTETES SCHNEIDWERKZEUG**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schneidwerkzeug für die Bearbeitung von Metall mit einem Substrat aus Hartmetall, Cermet, Keramik oder Hochgeschwindigkeitsstahl und auf der Oberfläche dieses Substrates einem harten und verschleißbeständigen, hitzebeständigen Überzug, der durch physikalische (PVD) oder chemische (CVD) Abscheidung aus der Dampfphase aufgebracht ist. Die Beschichtung wird anhaftend an das Substrat gebunden und ist aus einer mehrschichtigen Schichtstruktur abwechselnder Metallnitride oder -carbide mit einzelnen Schichten, Lamellen, einer aperiodischen Folge von Dicken aufgebaut. Mit dieser Struktur hat die Mehrschichtigkeit verständlicherweise keine Überstrukturwiederholungsperiode. Die einzelnen Metallnitrid- oder -carbidschichten haben Dicken im Nanometerbereich (nm), und die Metallelemente des Nitrids oder Carbids sind unter Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr oder W und Gemischen hiervon ausgewählt.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere die Technik der PVD-beschichteten Hartmetalle oder ähnliche harte Materialien, wie Cermets, Keramik und Hochgeschwindigkeitsstähle. Das Verfahren zur Abscheidung einer dünnen hitzebeständigen Beschichtung (1 bis 20 µm) von Werkstoffen, wie Aluminiumoxid (Al₂O₃), Titancarbid (TiC) und/oder Titanitrid (TiN) beispielsweise auf einem Hartmetallschneidwerkzeug ist eine durchgesetzte Technologie, und die Werkzeugstandzeit des beschichteten Schneidwerkzeuges wird bei Verwendung in der Bearbeitung von Metall erheblich verlängert. Die verlängerte Standzeit des Werkzeugs kann sich unter bestimmten Bedingungen auf mehrere hundert Prozent erstrecken. Hitzebeständige Beschichtungen, die in der Technik bekannt sind, umfassen entweder eine einzelne Schicht oder eine Kombination von mehreren Schichten. Moderne handelsübliche Schneidwerkzeuge sind durch eine Mehrzahl von Schichtenkombinationen mit doppelten oder Mehrschichtstrukturen gekennzeichnet. Die Gesamtbeschichtungsdicke variiert zwischen 1 und 20 µm, und nach dem Stand der Technik ist die mehrschichtige Struktur durch den Mikrometerbereich (µm) gekennzeichnet, d. h. die Dicke der einzelnen Unterschichten variiert zwischen einigen Mikron und einigen Zehnteln eines Mikrons.

[0003] Die durchgesetzten Technologien zur Abscheidung solcher Beschichtungen sind CVD (chemische Abscheidung aus der Dampfphase) und PVD (siehe z. B. Smith US-4 619 866 und Kaufmann US-4 346 123). PVD-beschichtete im Handel erhältliche Schneidwerkzeuge von Hartmetallen oder Hochgeschwindigkeitsstählen haben gewöhnlich einen einzelnen Überzug von TiN, TiCN oder TiAlN, doch existieren auch Kombinationen hiervon.

[0004] Es gibt mehrere PVD-Techniken, die in der Lage sind, hitzebeständige dünne Schichten auf Schneidwerkzeugen zu erzeugen, und die am meisten durchgesetzten Methoden sind Ionenplattierung,

Magnetronspütern, Lichtbogenentladungsverdampfung und IBAD (ionenstrahlunterstützte Abscheidung). Jede Methode hat ihre eigenen Verdienste, und die Eigenschaften der erzeugten Beschichtung, wie Mikrostruktur/Korngröße, Härte, Spannungszustand, Kohäsion und Adhäsion an dem darunterliegenden Substrat, können je nach der speziell ausgewählten PVD-Methode variieren. Eine Verbesserung in der Verschleißbeständigkeit oder Kantenuverföhrtheit eines PVD-beschichteten Schneidwerkzeuges, das in einer speziellen Metallbearbeitung verwendet wird, kann somit erreicht werden, indem man eine oder mehrere der obenerwähnten Eigenschaften optimiert. Außerdem führten neue Entwicklungen der bestehenden PVD-Techniken beispielsweise durch Einführung unabgeglicherer Magnetronen in reaktives Sputtern (S. Kadlec, J. Musil und W.-B. Munz in J. Vac. Sci. Techn. A8 (3), 1990, Seite 1318) oder Aufbringung eines gelenkten und/oder filtrierten Lichtbogens bei kathodischer Lichtbogenabscheidung (H. Curtins in Surface and Coatings Technology, 76/77, 1995, Seite 632 und K. Akari et al. in Surface and Coatings Technology, 43/44, 1990, Seite 312) zu einer besseren Steuerung der Beschichtungsverfahren und einer weiteren Verbesserung der Eigenschaften des Beschichtungsmaterials.

[0005] Herkömmliche Schneidwerkzeugmaterialien, wie Hartmetalle bestehen aus wenigstens einer harten metallischen Verbindung und einem Binder, gewöhnlich Cobalt (Co), wobei die Korngröße der harten Verbindung, z. B. Wolframcarbid (WC) im Bereich von 1 bis 5 µm liegt. Jüngste Entwicklungen sagten verbesserte Werkzeugeigenschaften bei der Verschleißbeständigkeit, Schlagfestigkeit, Heißhärte durch Anwendung von Werkzeugmaterialien auf der Basis ultrafeiner Mikrostrukturen durch Verwendung von nanostrukturierten WC-Co-Pulvern als Rohmaterialien (L. E. McCandlish, B. H. Kear und B. K. Kim in Manstructured Materials, Band 1 pp. Seiten 119 bis 124, 1992) voraus. Ähnliche Voraussagen wurden für keramische Werkzeugmaterialien beispielsweise durch Anwendung von Nanoverbundkeramik auf der Basis von Siliciumnitrid/-carbid (Si₃N₄/SiC) und für Keramik auf Al₂O₃-Basis, äquivalente Nanoverbundwerkstoffe auf Aluminiumoxidbasis gemacht.

[0006] Mit Nanoverbundnitrid- oder -carbidgehartbeschichtungsmaterialien liegt verständlicherweise ein mehrschichtiger Überzug vor, wobei die Dicke einer jeden einzelnen Nitrid- (oder Carbid)-Schicht in Nanometerbereich, 3 bis 100 nm oder vorzugsweise 3 bis 20 nm, liegt. Da eine bestimmte Periodizität oder Wiederholungsfolge, z. B. eine Metallnitridschichtfolge, ins Feld geführt wird, erhielten diese mehrschichtigen Überzüge im Nanomaßstab den allgemeinen Namen "Überstrukturgitterschichten". Unter Wiederholungsperioden versteht man die Dicke zweier benachbarter Metallnitridschichten, d. h. mit unterschiedlichem Metallelement in den Unterschichten. Einige der Metallnitridüberstrukturbeschichtungen mit dem Metallelement, das unter Ti, Nb, V und Ta

ausgewählt ist, wurden sowohl auf Einkristallsubstraten als auch auf polykristallinen Substraten gezüchtet verbesserte Härten während einer bestimmten Wiederholungsperiode, gewöhnlich im Bereich von 3 bis 10 nm, gezeit.

[0007] Gemäß der vorliegenden Erfindung bekommt man ein Schneidwerkzeug, das einen Körper einer harten Legierung von Hartmetall, Cermet, Keramik oder Hochgeschwindigkeitsstahl umfaßt, auf welchem ein verschleißbeständiger, mehrschichtiger Überzug abgeschieden wurde. Spezieller umfaßt das beschichtete Werkzeug ein Substrat eines gesinteren Hartmetalls oder Cermets, vorzugsweise wenigstens eines Metallcarbids in einer Metallbindephase oder einen Keramikkörper. Das Substrat kann auch eine Hochgeschwindigkeitsstahllegierung umfassen. Dieses Substrat kann auch mit einer dünnen Einzelschicht oder mehreren Schichten von TiN, TiC, TiCN oder TiAlN mit einer Dicke im Mikrometerbereich nach dem Stand der Technik vorbeschichtet werden. Das beschichtete Schneidwerkzeug nach der vorliegenden Erfindung zeigt verbesserte Verschleißbeständigkeit und Zähigkeitseigenschaften im Vergleich mit bekannten Werkzeugen bei Verwendung für die maschinelle Bearbeitung von Stahl oder Gußeisen und insbesondere von rostfreiem Stahl. Diese Beschichtung, die haftend an das Substrat gebunden ist, umfaßt eine geschichtete, mehrschichtige Struktur von Metallnitriden oder -carbiden, vorzugsweise von binären polykristallinen Nitriden, mit einer Dicke von 0,5 bis 20 µm, vorzugsweise 1 bis 10 µm, am meisten bevorzugt 2 bis 6 µm. In der binären mehrschichtigen Überzugsstruktur (siehe **Fig. 1**) umfassen MX/NX/NX/NX/... die alternierenden Schichten MX und NX Metallnitride oder Metallcarbide mit den Metallelementen M und N, die unter Titan (Ti), Niob (Nb), Hafnium (Hf), Vanadin (V), Tantal (Ta), Molybdän (Mo), Zirkonium (Zr), Chrom (Cr), Aluminium (Al) oder Wolfram (W) und Gemischen hiervon ausgewählt sind, und in dieser Beschichtung gibt es keine Wiederholungsperioden. Die Folge von einzelnen MX- und NX-Schichten hat Dicken, die im wesentlichen durch die ganze Mehrschichtstruktur aperiodisch sind. Außerdem ist die Mindesteinzelschichtdicke größer als 0,1 nm, doch kleiner als 30 nm, vorzugsweise größer als 1 nm, aber kleiner als 20 nm, am meisten bevorzugt größer als 2 nm, aber kleiner als 15 nm. Die Dicke einer Einzelschicht hängt weder von der Dicke einer einzelnen Schicht unmittelbar darunter ab, noch gibt es irgendeine Beziehung zu einer Einzelschicht über dieser einzelnen Schicht. Im Gegensatz zu Überstrukturgittern gibt es für die aperiodische Beschichtungsstruktur nach der Erfindung keine Wiederholungsperiode, worunter man die Dicke versteht, nach welcher sich die Struktur selbst wiederholt. Bevorzugte Beispiele der obigen aperiodischen Beschichtungen sind TiN/NbN/TiN/NbN/..., TiN/aN/TiN/TaN/... und TiN/VN/TiN/VN/... und TiN/(Ti,Al)N/TiN(Ti,Al)N, besonders mit $(Ti,Al) = Ti_{1-x}Al_x$ mit $0,4 < x < 0,6$.

[0008] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist ein Substrat 1 gezeigt, das mit einem beschichteten, mehrschichtigen Nitrid- oder Carbidüberzug 2 beschichtet ist, wobei die einzelnen binären Metallnitrid- (oder -carbide)-Schichten MX 3 und NX 4 sind, und ein Beispiel ist eine Einzelschichtdicke 5, die Folge von Einzelschichtdicken ist im wesentlichen aperiodisch über die gesamte mehrschichtige Beschichtung.

[0009] Die beschichteten Überzüge oben zeigen ein säulenartiges Wachstum ohne oder mit sehr geringer Porosität an den Korngrenzen. Die Beschichtungen besitzen auch eine wesentliche Wellenartigkeit in den Unterschichten, die von der Substratoberflächenrauheit stammt. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) mit einem Querschnitt hoher Vergrößerung zeigt eine aperiodische Struktur, d. h. die Schichtdickenfolge wiederholt sich nicht selbst und hat relativ scharfe Grenzflächen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einzelschichten.

[0010] Für ein Schneidwerkzeug, das bei der maschinellen Bearbeitung von Metall verwendet wird, bekommt man mehrere Vorteile durch die vorliegende Erfindung mit nanostrukturierten Lamellenbeschichtungen, die auf Substraten harter, hitzebeständiger Materialien abgeschieden werden, wie auf Hartmetallen, Cermets und Keramik. Beispielsweise in einem binären Nitridlamellenüberzug MX/NX/MX/NX... auf Hartmetallen wird die Härte der Beschichtung gewöhnlich über die einzelnen Schichten von MX oder NX mit einer Schichtdicke auf einer µm-Skala verbessert, während gleichzeitig die Eigenspannung numerisch kleiner wird. Die erste Beobachtung, verbesserte Härte in der Beschichtung, führt zu einer erhöhten Beständigkeit der Schneidkante gegen abschleifenden Verschleiß, während die zweite Beobachtung von numerisch geringerer Eigenspannung in der Beschichtung eine erhöhte Fähigkeit Spannungen zu absorbieren liefert, welche an der Schneidkante während der maschinellen Bearbeitung auftreten.

[0011] Die geschichteten, nanostrukturierten Beschichtungen können auf einem Hartmetall-, Cermet-, Keramik- oder Hochgeschwindigkeitsstahlsubstrat entweder durch CVD- oder PVD-Techniken, vorzugsweise durch PVD-Techniken, aufgebracht werden, indem man nacheinander einzelne Unterschichten durch Abscheidung in einer Vakuumkammer aus der Dampfphase bildet. Die aperiodische Folge einzelner Schichtdicken kann durch willkürlich offene und geschlossene Verschlüsse gegenüber den einzelnen Schichtquellen oder durch willkürliches An- und Abschalten der Quellen erzeugt werden. Eine andere denkbare Methode ist die durch willkürliches Rotieren oder Bewegen der zu beschichtenden Werkzeugsubstrate vor diesen Quellen. Elektronenstrahlverdampfung, Magnetronspütern oder kathodische Lichtbogenabscheidung oder Kombinationen hiervon sind die bevorzugten PVD-Methoden zur Abscheidung der nanostrukturierten Beschichtungen.

Beispiel

[0012] Aperiodische Mehrfachbeschichtungen wurden durch reaktives PVD-Magnetronspütern auf gewindebildenden Dreheinsätzen aus Hartmetall (WC – 10 Gew.% Co) abgeschieden. Die beiden Sputterquellen bestanden aus reinem Ti und TiAl-Legierung, und das Sputtern wurde in einem Ar/N₂-Gasgemisch durchgeführt. Die resultierende Gesamtbeschichtungsdicke war 3,0 µm und bestand aus TiN/Ti_{1-x}Al_xN mit x = 0,50 Mehrfachschichten mit einer Folge der Einzellamellenschichten mit einer aperiodischen, d. h. sich nicht wiederholenden Dicke. Untersuchungen mit Querschnittstransmissionselektronenmikroskopie ergaben, daß die Einzelnitridschichtdicken im Bereich von 2 bis 15 nm lagen und die Gesamtzahl der Schichten 400 überstieg.

[0013] In einem Gewindedrehen fand man, daß die Flankenverschleißbeständigkeit und effektiv die Werkzeugstandzeit im Vergleich sowohl mit TiN- als auch mit TiAlN-Einzelschichtüberzügen mit der gleichen Gesamtdicke der Mehrfachschicht merklich verbessert wurden.

Patentansprüche

1. Schneidwerkzeug mit einem Körper von Hartmetall oder Cermet, Keramik oder Hochgeschwindigkeitsstahl, auf welchem wenigstens auf den Funktionsteilen der Oberfläche des Körpers eine dünne, anhaftende, harte und verschleißbeständige Beschichtung aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß diese Beschichtung eine laminare, mehrschichtige Struktur von hitzebeständigen Verbindungen in polykristalliner, sich nicht wiederholender Form MX/NX/MX/NX/MX... besitzt, wobei die alternierenden Schichten MX und NX aus Metallnitriden oder -carbiden mit dem Metallelement ausgewählt aus Ti, Nb, Hf, V, Ta, Mo, Zr, Cr, Al und W und Gemischen hiervon bestehen, wobei in dieser Beschichtung die Folge der einzelnen Schichtdicken keine Wiederholungsperiode hat, sondern im wesentlichen aperiodisch über die gesamte mehrschichtige Struktur ist, und wobei die einzelne MX- oder NX-Schichtdicke größer als 0,1 nm, aber kleiner als 30 nm, vorzugsweise kleiner als 20 nm ist, im wesentlichen willkürlich variiert und die Gesamtdicke der mehrschichtigen Struktur größer als 0,5 µm, aber kleiner als 20 µm ist.

2. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die alternierenden Schichten MX und NX aus Metallnitriden aufgebaut sind.

3. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die alternierenden Schichten MX und NX aus Metallcarbiden aufgebaut sind.

4. Schneidwerkzeug nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

die Metallelemente in den alternierenden Schichten MX und NX Ti bzw. Nb sind.

5. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallelemente in den alternierenden Schichten MX und NX Ti bzw. Ta sind.

6. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallelemente in den alternierenden Schichten MX und NX Ti bzw. V sind.

7. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallelemente in den alternierenden Schichten MX und NX Ti bzw. TiAl sind.

8. Schneidwerkzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallelemente in den alternierenden Schichten MX und NX Ti bzw. Ti_{1-x}Al_x sind, worin 0,4 < x < 0,6 ist.

9. Schneidwerkzeug nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelschichtdicke von 1 bis 20 nm, vorzugsweise von 2 bis 15 nm variiert.

10. Schneidwerkzeug nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung eine Gesamtdicke von 1 bis 10 µm, vorzugsweise 2 bis 6 µm hat.

11. Schneidwerkzeug nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper ein Hartmetall oder ein Cermet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

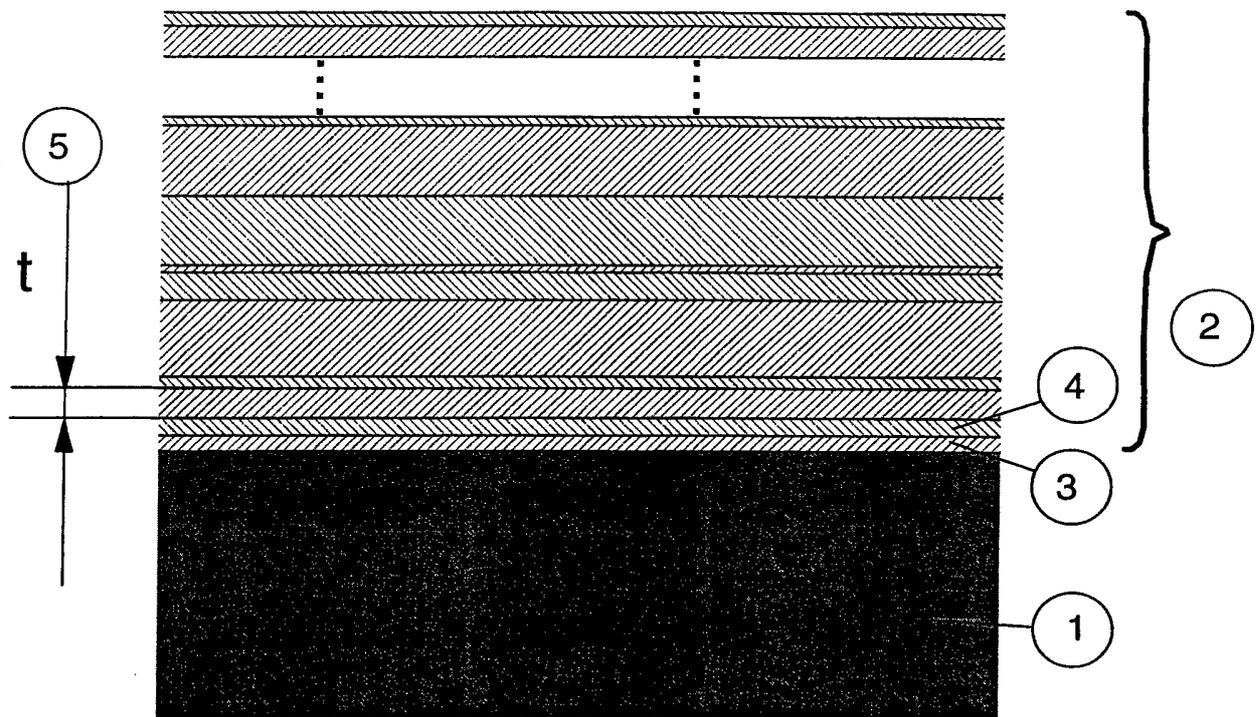


Fig. 1