



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 026 358 A1** 2009.12.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 026 358.3**

(22) Anmeldetag: **31.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **03.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B23B 27/14** (2006.01)

C23C 14/08 (2006.01)

C23C 14/24 (2006.01)

(71) Anmelder:

Walter AG, 72072 Tübingen, DE

(74) Vertreter:

WSL Patentanwälte, 65183 Wiesbaden

(72) Erfinder:

Schier, Veit, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE;

Engelhart, Wolfgang, 72555 Metzingen, DE

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

DE	36 08 734	C1
DE	100 58 803	A1
DE	10 2004 044240	A1
US	2004/00 81 824	A1
EP	00 31 805	A1
EP	01 49 449	B1
AT	23 465	

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Werkzeug mit Metalloxidbeschichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Schneidwerkzeug mit einem Grundkörper und einer darauf aufgebrachtten mehrlagigen Beschichtung, welche, gegebenenfalls neben weiteren Lagen, mehrere abwechselnd direkt übereinander aufgebraachte Hauptlagen A und Zwischenlagen B umfasst, wobei die Hauptlagen A und die Zwischenlagen B jeweils im PVD-Verfahren hergestellte Metalloxidlagen sind, die Dicke der Hauptlagen A im Bereich von 4nm bis 1 µm liegt und die Dicke der Zwischenlagen B im Bereich von 2 nm bis 50 nm liegt, wobei das Verhältnis der Dicken der Zwischenlagen B zu den Dicken der Hauptlagen A im Bereich von 1:2 bis 1:100 liegt.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schneidwerkzeug mit einem Grundkörper und einer darauf aufgebrachtene mehrlagigen Beschichtung.

Stand der Technik

[0002] Schneidwerkzeuge bestehen aus einem Grundkörper, der beispielsweise aus Hartmetall, Cermet, Stahl oder Schnellarbeitsstahl hergestellt ist. Zur Erhöhung der Standzeiten oder auch zur Verbesserung der Schneideigenschaften wird auf den Grundkörper häufig eine ein- oder mehrlagige Beschichtung aufgebracht. Diese Beschichtung umfasst beispielweise metallische Hartstoffschichten, Oxidschichten und dergleichen. Zum Aufbringen der Beschichtung werden CVD-Verfahren (chemische Gasphasenabscheidung; chemical vapour deposition) und/oder PVD-Verfahren (physikalische Gasphasenabscheidung; physical vapour deposition) angewendet. Mehre Lagen innerhalb einer Beschichtung können ausschließlich mittels CVD-Verfahren, ausschließlich mittels PVD-Verfahren oder durch einer Kombination dieser Verfahren aufgebracht werden.

[0003] Bei den PVD-Verfahren unterscheidet man zwischen verschiedenen Verfahrensvarianten, wie Magnetronspütern, Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD), Ionenplattierung, Elektronenstrahlverdampfung und Laserablation. Magnetronspütern und Lichtbogenverdampfen zählen zu den am häufigsten für die Beschichtung von Werkzeugen angewendeten PVD-Verfahren. Innerhalb einzelner PVD-Verfahrensvarianten gibt es wiederum unterschiedliche Modifikationen, wie beispielweise ungeladenes oder geladenes Magnetronspütern oder ungeladenes oder geladenes Lichtbogenverdampfen usw.

[0004] Das Target im PVD-Verfahren kann aus einem reinen Metall oder einer Kombination von zwei oder mehr Metallen bestehen. Umfasst das Target mehrere Metalle, so werden alle diese Metalle gleichzeitig in die bei dem PVD-Verfahren aufgebaute Lage einer Beschichtung eingebaut. Das Mengenverhältnis der Metalle zueinander in der aufgebauten Lage wird von dem Mengenverhältnis der Metalle in dem Target abhängen, aber auch von den Bedingungen in dem PVD-Verfahren, da einzelne Metalle unter bestimmten Bedingungen in höheren Mengen aus dem Target herausgelöst werden und/oder sich in höheren Mengen auf dem Substrat abscheiden als andere Metalle.

[0005] Zur Erzeugung bestimmter Metallverbindungen werden dem Reaktionsraum des PVD-Verfahrens reaktive Gase zugeführt, wie z. B. Stickstoff zur Erzeugung von Nitriden, Sauerstoff zur Erzeugung von Oxiden, kohlenstoffhaltige Verbindungen zur Erzeugung von Carbiden, Carbonitriden, Oxycarbiden etc. oder Gemische dieser Gase zur Erzeugung von entsprechenden Mischverbindungen.

[0006] Beim PVD-Verfahren wird an die zu beschichtenden Substrate in der Regel ein sogenanntes Bias-Potential angelegt, um die für den Aufwuchsprozess notwendige Oberflächenenergie und damit Atombeweglichkeit zu erreichen. Die Energie ist notwendig, um bei einer aufwachsenden Schicht kristalline Strukturen zu erzielen. Beim Aufbringen von isolierenden Schichten im PVD-Verfahren, was beispielsweise auf eine Vielzahl von Metalloxidverbindungen zutrifft, verringert sich aufgrund der isolierenden Eigenschaften des Schichtmaterials das effektiv angelegte Bias-Potential während des Aufwuchsprozesses mit zunehmender Schichtdicke, was die Aufwuchsbedingungen an der Schichtoberfläche verschlechtert und im weiteren schließlich zum Aufwachsen von ausschließlich oder hauptsächlich amorphen Strukturen führt. Beim Abscheiden von isolierenden Schichtmaterialien bei Anwendung von Gleichstrom-Bias-Potential (DC-Bias) oder geladtem Gleichstrom-Bias-Potential sind diese amorphen Strukturen unvermeidlich, aber nicht erwünscht, weil sie schlechtere Materialeigenschaften als kristalline Schichten haben, wie u. a. schlechtere Hochtemperaturbeständigkeit, schlechtere thermodynamische Stabilität, geringere Härte etc.

[0007] Ramm, J. et al., Pulse enhanced electron emission (P3eTM) arc evaporation and the synthesis of wear resistant Al-Cr-O coatings in corundum structure, Surface & Coatings Technology 202 (2007), S. 876–883, beschreiben die Abscheidung von Aluminiumoxid-Chromoxid-Schichten durch geladenes Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD). Die abgeschiedenen Schichten zeigen zunächst eine Mischkristallstruktur, die mit zunehmender Schichtdicke zur Oberfläche hin amorph wird.

[0008] Teixeira, V. et al., Deposition of composite and nanolaminate ceramic coatings by sputtering, Vacuum 67 (2002), S. 477–483, beschreiben das Abscheiden von dünnen Zirkoniumoxid/Aluminiumoxid-Schichten im Nanometerbereich durch Magnetronspütern. Die Schichten zeigen kristalline Anteile von Zirkoniumoxid, aber lediglich amorphe Anteile an Aluminiumoxid.

[0009] Trinh, D. H. et al., Radio frequency dual magnetron sputtering deposition and characterization of nanocomposite Al₂O₃ – ZrO₂ thin films, J. Vac. Sc. Techn. A 24(2), März/April 2006, S. 309–316 beschreiben das Abscheiden sehr dünner Zirconiumoxid/Aluminiumoxid-Schichten im Nanometerbereich durch Magnetronspütern, welche kristalline Anteile an Zirconiumoxid zeigen, jedoch keine kristallinen Anteile an Aluminiumoxid.

AUFGABE

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand darin, gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Schneidwerkzeuge bereitzustellen, insbesondere mit einer mehrlagigen Beschichtung mit Metalloxidlagen mit sehr hohem kristallinem Anteil.

[0011] Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe durch ein Schneidwerkzeug mit einem Grundkörper und einer darauf aufgetragenen mehrlagigen Beschichtung, welche, gegebenenfalls neben weiteren Lagen, mehrere abwechselnd direkt übereinander aufgetragene Hauptlagen A und Zwischenlagen B umfaßt, wobei die Hauptlagen A und die Zwischenlagen B jeweils im PVD-Verfahren hergestellte Metalloxidlagen sind, die Dicke der Hauptlagen A im Bereich von 4 nm bis 1 µm liegt und die Dicke der Zwischenlagen B im Bereich von 2 nm bis 50 nm liegt, wobei das Verhältnis der Dicken der Zwischenlagen B zu den Dicken der Hauptlagen A im Bereich von 1:2 bis 1:100 liegt.

[0012] Wie einleitend bereits geschildert wurde, besteht bei der Abscheidung vieler Metalloxide im PVD-Verfahren aufgrund ihrer isolierenden Eigenschaften das Problem, dass das angelegte Bias-Potential mit wachsender Schichtdicke abnimmt, womit gleichzeitig auch die Kristallinität der abgeschiedenen Schicht geringer wird und der amorphe Anteil zunimmt. Dies verschlechtert eine Mehrzahl der für eine solche Beschichtung gewünschten Materialeigenschaften. Erfindungsgemäß wird dieses Problem überwunden, indem beim Abscheiden eines Hauptmaterials aus Metalloxid, welches hier die Hauptlagen A bildet, dünne Zwischenlagen B aus einem Zwischenlagenmaterial eingefügt werden. Das Hauptlagenmaterial A würde aufgrund seiner isolierenden Eigenschaften bei der Abscheidung im PVD-Verfahren mit zunehmender Schichtdicke mehr und mehr an Kristallinität verlieren und zunehmend amorphe Struktur ausbilden. Das Zwischenlagenmaterial B ist so ausgewählt, dass es bei den Abscheidungsbedingungen kristallin auf die Hauptlage A aufwächst und damit das erneute kristalline Aufwachsen des Hauptlagenmaterials A fördert.

[0013] Die Dicke der Hauptlagen A liegt im Bereich von 4 nm bis 1 µm, und die Dicke der Zwischenlagen B liegt im Bereich von 2 nm bis 50 nm. Das Verhältnis der Dicken der Zwischenlagen B zu den Dicken der Hauptlagen A liegt im Bereich von 1:2 bis 1:100. Die Zwischenlagen B sind also sehr dünn im Verhältnis zu den Hauptlagen A. Es ist nicht erforderlich, dass die Dicken der Einzellagen, d. h. die Dicken der Hauptlagen A untereinander und die Dicken der Zwischenlagen B untereinander, über die gesamte Schicht konstant gehalten werden. Die Hauptlagen A, welche durch Zwischenlagen B voneinander getrennt sind, können unterschiedliche Schichtdicken haben, wie auch die einzelnen Zwischenlagen B unterschiedlich dick sein können. Alternativ können selbstverständlich auch die Hauptlagen A durchgängig gleiche Dicken haben und/oder die Zwischenlagen B durchgängig gleiche Dicken haben. Beispielsweise können abwechselnd 15 nm dicke Hauptlagen A aus Aluminium/Chrom-Oxid sich mit 3 nm dicken Zwischenlagen B aus Zirconiumoxid abwechseln und bis zu einer Gesamtschichtdicke von mehr als 5 µm gleichmäßig kristallin abgeschieden werden.

[0014] In einer Ausführungsform der Erfindung bestehen die Hauptlagen A aus Oxid(en) eines Metalls oder wenigstens zweier verschiedener Metalle, ausgewählt unter den Metallen der 2. und 3. Hauptgruppe und der 1. bis 8. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente, vorzugsweise ausgewählt unter Al und Cr und besonders bevorzugt ausgewählt unter Cr-Oxid, Al-Oxid oder Al-Cr-Mischoxid, wie beispielsweise (Al,Cr)₂O₃.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung bestehen die Zwischenlagen B aus Oxid(en) eines Metalls oder wenigstens zweier verschiedener Metalle, ausgewählt unter Sc, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, vorzugsweise ausgewählt unter Zr und Y, und besonders bevorzugt aus Zr-Oxid, Y-Oxid oder Zr-Y-Mischoxid. Zwischenlagen B aus Zr-Oxid sind ganz besonders bevorzugt, da sie auch bei geringem Bias noch kristallin aufwachsen.

[0016] Eine vollständige Kristallinität der Hauptlagen A läßt sich nicht immer gewährleisten. Auch bei dünnen Hauptlagen A vor der Abscheidung einer neuen Zwischenlage B kann es innerhalb der Hauptlagen zu einer Abnahme des kristallinen und einer Zunahme des amorphen Anteils der abgeschiedenen Verbindung(en) kommen. Die Erfindung umfaßt auch solche Schneidwerkzeuge, jedoch nur soweit der überwiegende Anteil der

Hauptlagen A kristallin vorliegt. Vorzugsweise liegen mehr als 80 Vol.-% der Hauptlagen A kristallin vor, besonders bevorzugt liegen mehr als 90 Vol.-% der Hauptlagen A kristallin vor und ganz besonders bevorzugt liegen mehr als 95 Vol.-% der Hauptlagen A kristallin vor.

[0017] Bei einer Abnahme des kristallinen und einer Zunahme des amorphen Anteils der abgeschiedenen Metalloxidverbindung(en) entsteht somit ein Gradient mit abnehmender Kristallinität. Vorzugsweise soll dabei bei beginnender Abscheidung einer Hauptlage A, d. h. zum Beispiel direkt im Anschluß an eine Zwischenlage B, das abgeschiedene Metalloxid nahezu vollständig kristallin vorliegen. Mit zunehmender Schichtdicke einer Hauptlage A kann die Kristallinität im Verlaufe der Abscheidung abnehmen, jedoch sollte die Abnahme an Kristallinität nicht unter 80 Vol.-%, vorzugsweise nicht unter 85 Vol.-% kristallinem Metalloxid absinken. Sollte die Kristallinität stärker absinken, so wäre die Schichtdicke geringer zu halten und früher eine Zwischenlage B abzuschneiden.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Erfindung daher ein Schneidwerkzeug der vorgenannten Art, wobei innerhalb einer Hauptlage A der Anteil an kristallin vorliegendem Metalloxid über die gesamte Dicke der jeweiligen Hauptlage A in Richtung vom Substrat nach Außen von einem Anteil im Bereich von 100 bis 90 Vol.-% kristallinem Metalloxid, vorzugsweise von 100 bis 95 Vol.-% kristallinem Metalloxid, auf einen Anteil von wenigstens 80 Vol.-% kristallinem Metalloxid, vorzugsweise von wenigstens 85 Vol.-% kristallinem Metalloxid abnimmt.

[0019] Der Volumenanteil an kristallinem Metalloxid in den abgeschiedenen Schichten wird mittels Röntgenmessungen bestimmt, vorliegend durch Röntgenmessung in streifendem Einfall (Grating Incidence X-Ray Diffraction = GIXRD). Dieses Standardverfahren liefert semiquantitative Informationen über die Kristallinität in der Probe, welche mit der Intensität der Röntgenpeaks korreliert. Zudem kann nach diesem Verfahren in bestimmten Meßanordnungen und durch Variation der Strahlungswinkel tiefenabhängige Röntgenstrukturaufklärung durchgeführt werden.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung liegt die Dicke der Hauptlagen A im Bereich von 5 nm bis 50 nm, vorzugsweise im Bereich von 10 nm bis 30 nm, und/oder die Dicke der Zwischenlagen B liegt im Bereich von 3 nm bis 15 nm, vorzugsweise im Bereich von 3 nm bis 8 nm.

[0021] Das durch die Erfindung zu überwindende Problem des Metalloxid-Materials der Hauptlagen A besteht darin, dass das Material bei der PVD-Abscheidung mit zunehmender Schichtdicke an Kristallinität verliert und höhere amorphe Anteile erhält. Wann der amorphe Anteil bei der Abscheidung einer Beschichtung in welchem Maße ansteigt, hängt von verschiedenen Parameter ab, wie beispielsweise dem abgeschiedenen Schichtmaterial selbst und den verschiedenen Bedingungen im PVD-Abscheidungsverfahren. Es lässt sich daher nicht von vorneherein für jedes Material und für jedes Abscheidungsverfahren festlegen, ab welcher Schichtdicke über einer abgeschiedenen Hauptlage A wieder eine Zwischenlage B aufzubringen ist, um die Ausbildung amorpher Strukturen aufzuhalten bzw. zu verhindern und das kristalline Wachstum weiter zu begünstigen. Nicht zuletzt hängt die Auswahl der Dicke der Hauptlagen A auch davon ab, wie weit das Abweichen von einem rein kristallinen Aufwachsen der Hauptlagen A zugelassen werden soll. Bei einem Hauptlagenmaterial, bei dem schon bei geringer Abscheidungsdicke die Veränderung zu amorphen Strukturen einsetzt, wird das Aufbringen einer Zwischenlage B schon bei geringerer Dicke der Hauptlage A erforderlich sein als bei einem Material, das bis zu einer höheren Schichtdicke in der kristallinen Form aufwächst. Die hierfür erforderlichen idealen Bedingungen und Schichtdicken lassen sich jedoch vom Fachmann auf dem Gebiet für bestimmte Materialkombinationen und PVD-Verfahren durch einfache Experimente ermitteln. Als Faustregel gilt, dass das Hauptlagenmaterial über die gesamte Schicht hinweg eine höhere Kristallinität erhält, wenn die einzelnen Hauptlagen A eine geringere Schichtdicke haben, bevor eine Zwischenlage B folgt und damit das erneute kristalline Aufwachsen des Hauptlagenmaterials A darauf fördert. Die Dicke der Hauptlagen A sollte aber auch nicht zu gering gewählt werden, damit der Anteil des Zwischenlagenmaterials B, das ja im wesentlichen dem Erhalt der kristallinen Struktur beim Aufwachsen des Hauptlagenmaterials A dienen soll, nicht zu hoch und nicht bestimmender Bestandteil der Gesamtschicht wird.

[0022] Vorzugsweise liegt das Verhältnis der Dicken der Zwischenlagen B zu den Dicken der Hauptlagen A im Bereich von 1:3 bis 1:20, besonders bevorzugt im Bereich von 1:4 bis 1:8.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestehen die Hauptlagen A überwiegend aus gemischt kristallinem $(Al,Cr)_2O_3$ mit Korundstruktur und/oder die Zwischenlagen B überwiegend aus kristallinem ZrO_2 . Viele andere Metalloxide bzw. Metalloxidkombinationen als Beschichtungen haben sich als zu weich für die Metallzerspannung erwiesen.

[0024] Für die Abscheidung der Beschichtungen des erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs eignen sich alle bekannten PVD-Verfahren. Bevorzugt sind die PVD-Verfahren zur Herstellung der Hauptlagen A und der Zwischenlagen B unter Magnetronspütern, Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD), Ionenplattierung, Elektronenstrahlverdampfung und Laserablation ausgewählt.

[0025] Das Schneidwerkzeug der vorliegenden Erfindung weist in einer Ausführungsform eine Beschichtung auf, die nur aus den auf dem Grundkörper abwechselnd direkt übereinander aufgebracht Hauptlagen A und Zwischenlagen B besteht. Alternativ umfaßt die Beschichtung noch weitere Lagen über und/oder unter der Mehrzahl abwechselnd direkt übereinander aufgebracht Hauptlagen A und Zwischenlagen B, wobei diese zusätzlichen Lagen in der Beschichtung ausgewählt sind unter Carbiden, Nitriden, Oxiden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbide, Borocarbonitride, Borooxinitride, Borooxocarbide, Borooxocarbonitride, Oxoboronitriden der Elemente der Gruppen IVA bis VIIa des Periodensystems und/oder des Aluminiums und/oder des Siliziums, einschließlich gemischtmetallischen Phasen sowie Phasengemischen der vorgenannten Verbindungen. Beispiele für geeignete zusätzliche Lagen in der erfindungsgemäßen Beschichtung sind TiAlN-Lagen, TiN-Lagen oder TiC-Lagen.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Schicht aus der Mehrzahl abwechselnd direkt übereinander aufgebracht Hauptlagen A und Zwischenlagen B eine Gesamtdicke von 1 µm bis 20 µm, vorzugsweise von 2 µm bis 15 µm, besonders bevorzugt von 3 µm bis 10 µm, ganz besonders bevorzugt von 4 µm bis 7 µm auf. Bei zu hohen Schichtdicken besteht die Gefahr des Abplatzens aufgrund zu hoher mechanischer Spannungen in der Schicht.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Beschichtung eine Vickers-Härte (Hv) von 1000 bis 4000, vorzugsweise von mehr als 1500, besonders bevorzugt von mehr als 2000 auf.

[0028] Der Grundkörper des erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs ist zweckmäßigerweise aus Hartmetall, Cermet, Stahl oder Schnellarbeitsstahl (HSS) hergestellt.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung haben die Metalloxide der abwechselnd direkt übereinander aufgebracht Hauptlagen A und Zwischenlagen B gleiche Kristallstruktur.

[0030] Die neuartige Beschichtung der vorliegenden Erfindung eröffnet ein breites Spektrum an Möglichkeiten zur Verbesserung und/oder Anpassung der Verschleißfestigkeit, der Standzeiten und/oder der Schneideigenschaften von Schneidwerkzeugen, da sich erfindungsgemäß Metalloxidschichten mit kristalliner Struktur abscheiden lassen, die bislang aus den oben genannten Gründen einen hohen amorphen Strukturanteil und daher andere Materialeigenschaften als die Beschichtung der vorliegenden Erfindung hatten.

[0031] Die Verschleißbeständigkeit, Standfestigkeit und Schneideigenschaften einer Beschichtung auf einem Schneidwerkzeug hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie beispielsweise dem Material des Grundkörpers des Schneidwerkzeugs, der Abfolge, Art und Zusammensetzung der in der Beschichtung vorhandenen Lagen, der Dicke der verschiedenen Lagen und nicht zuletzt der Art der mit dem Schneidwerkzeug durchgeführten Schneidoperation. Für ein und dasselbe Schneidwerkzeug können sich unterschiedliche Verschleißfestigkeiten in Abhängigkeit von der Art des zu bearbeitenden Werkstücks, dem jeweiligen Bearbeitungsverfahren und den weiteren Bedingungen während der Bearbeitung, wie beispielweise Entwicklung hoher Temperaturen oder Verwendung korrosiver Kühlflüssigkeiten, ergeben. Darüber hinaus unterscheidet man zwischen verschiedenen Verschleißarten, die je nach Bearbeitungsvorgang die Nutzungsdauer eines Werkzeugs, d. h. seine Standzeit, stärker oder geringer beeinflussen können. Die Weiterentwicklung und Verbesserung von Schneidwerkzeugen ist daher stets im Hinblick darauf zu betrachten, welche Werkzeugeigenschaften verbessert werden sollen, und unter vergleichbaren Bedingungen gegenüber dem Stand der Technik zu beurteilen.

[0032] Eine wesentliche Eigenschaft von Schneidwerkzeugen, die durch die erfindungsgemäße Beschichtung gegenüber dem Stand der Technik mit Beschichtungen aus den gleichen Materialien verbessert wird, ist die Härte einer solchen Beschichtung. Die deutlich höhere Härte der erfindungsgemäßen Beschichtung ist auf den hohen Anteil an Kristallinität zurückzuführen, der bei der erfindungsgemäßen Beschichtung erreicht wird. Mittels PVD-Verfahren aufgetragene Metalloxidbeschichtungen nach dem Stand der Technik mit vergleichbaren Schichtdicken weisen in der Regel einen deutlich höheren amorphen Anteil der Struktur auf, was die Materialeigenschaften, u. a. die Härte, nachteilig beeinflusst.

[0033] Ein weiterer überraschender Effekt, der bei erfindungsgemäßen Beschichtungen beobachtet wurde, ist eine Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit der Gesamtbeschichtung. Diese überraschend erreichte Reduzie-

Die geringere Wärmeleitfähigkeit der Beschichtung wirkt sich sehr positiv im Einsatz solcher Schneidwerkzeuge bei der Zerspanung von Metallen und Verbundmaterialien aus. Die reduzierte Wärmeleitfähigkeit führt zu einer verbesserten Thermoschockbeständigkeit und damit zu erhöhter Kammrissfestigkeit.

[0034] Der Grund für die gegenüber Beschichtungen aus dem Stand der Technik reduzierte Wärmeleitfähigkeit bei den erfindungsgemäßen Beschichtungen ist nicht genau geklärt. Es wird vermutet, dass die reduzierte Wärmeleitfähigkeit auf die in die Beschichtung integrierten Zwischenlagen B zurückzuführen sein könnte. Genauere Aufschlüsse über die zur reduzierten Wärmeleitfähigkeit führenden Mechanismen sollen weitere Versuche mit unterschiedlichen Beschichtungsmaterialien liefern, die derzeit in Arbeit sind.

[0035] Es versteht sich von selbst, daß sämtliche Einzelmerkmale, wie sie für bestimmte erfindungsgemäße Ausführungsformen hierin beschrieben sind, soweit dies technisch sinnvoll und möglich ist, mit allen übrigen beschriebenen Merkmalen erfindungsgemäßer Ausführungsformen kombinierbar sind und solche Kombinationen als im Rahmen dieser Beschreibung offenbart angesehen werden. Auf die einzelne Benennung sämtlicher möglicher Kombinationen wird hierin lediglich aus Gründen der besseren Lesbarkeit verzichtet.

[0036] Weitere Vorteile, Merkmale und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beispiele erläutert.

BEISPIELE

[0037] In einer PVD-Beschichtungsanlage (Flexicoat; Hauzer Techno Coating) wurden Hartmetallsubstrate der Zusammensetzung mit einer mehrlagigen PVD-Beschichtung versehen. Die Substratgeometrie war SEHW120408 bzw. ADMT160608-F56 (nach DIN-ISO 1832). Vor der Abscheidung der Lagen wurde die Anlage auf 1×10^{-5} mbar evakuiert und die Hartmetalloberfläche durch Ionenätzen mit 170 V Vorspannung gereinigt.

Beispiel 1

[0038]

Hauptlagen A: $(Al,Cr)_2O_3$

- PVD-Verfahren: Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD)
- Target: Al/Cr (70/30 At.-%) Rundquelle (63 mm Durchmesser),
- Abscheidung: Temperatur: 600°C; Verdampferstrom: 80 Ampere;
1 Pa O_2 -Druck,
100 Volt Substratvorspannung, DC gepulst mit 70 kHz

Zwischenlagen B: ZrO_2

- PVD-Verfahren: Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD)
- Target: Zr-Rundquelle (63 mm Durchmesser),
- Abscheidung: Temperatur: 600°C; Verdampferstrom: 80 Ampere;
1 Pa O_2 -Druck,
100 Volt Substratvorspannung, DC gepulst mit 70 kHz
- Schichtdicken: Hauptlagen A: 150 nm $(Al,Cr)_2O_3$
Zwischenlagen B: 10 nm ZrO_2
Gesamtschicht aus Hauptlagen A und Zwischenlagen B: ca. 5 μm

Vergleichsbeispiel 1

[0039] Wie Beispiel 1, jedoch ohne Abscheidung von Zwischenlagen B.

[0040] Gemäß dem erfindungsgemäßen Beispiel 1 wurden abwechselnd Hauptlagen A in einer Dicke von 150 nm und dazwischen Zwischenlagen B in einer Dicke von 10 nm bis zu einer Gesamtschichtdicke von ca. 5 μm auf dem Substratkörper abgeschieden. Die Untersuchungen zeigten, dass die gesamte Beschichtung in allen Lagen über die vollständige Schichtdicke gleichmäßig hohe Kristallinität über 95 Vol.-% aufwies.

[0041] In einem Vergleichsversuch (Vergleichsbeispiel 1) wurde nur Hauptlagenmaterial A $(Al,Cr)_2O_3$ ohne Zwischenlagen nach dem gleichem Verfahren wie in Beispiel 1 abgeschieden. Die Beschichtung wächst zunächst kristallin in einem Mischkristall in Korund-Struktur auf. Ab einer Schichtdicke von etwa 2 μm wird die Schicht zunehmend amorph und ist nach ca. 4 μm röntgenamorph und bleibt im weiteren strukturlos.

[0042] Die gemessene Vickers-Härte der in Beispiel 1 erfindungsgemäß aufgetragenen kristallinen Schicht betrug ca. 2.000 Hv, wogegen die im Vergleichsbeispiel 1 aufgetragene Schicht mit hohem amorphem Anteil lediglich eine Härte von ca. 1.000 Hv aufwies.

[0043] Darüber hinaus zeigte die erfindungsgemäß gemäß Beispiel 1 aufgetragene Schicht eine deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit als die nach dem Vergleichsbeispiel 1 abgeschiedene Schicht ohne Zwischenlagen B.

[0044] In einem Fräsversuch an einem Werkstück aus 42CrMoV4-Stahl (Festigkeit: 850 MPa) wurden die Schneidwerkzeuge aus Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 verglichen. Für diese Versuche wurden die Substrate zunächst mit einer 3 μm dicken Beschichtung aus TiAlN versehen, bevor die oxidischen Haupt- und Zwischenlagenmaterialien aufgebracht wurden. Es wurde im Gleichlauf ohne Kühlschmierstoff mit einer Schnittgeschwindigkeit $v_c = 236$ m/min und einem Zahnvorschub $f_z = 0,2$ mm gefräst.

[0045] Der Verschleiß wurde auf der Freifläche als mittlere Verschleißmarkenbreite VB in mm (an der Hauptschneide) nach einem Fräsweg von 4800 mm gemessen. Es wurden folgende Verschleißmarkenbreiten VB festgestellt:

	Verschleißmarkenbreite VB
Beispiel 1:	0,12 mm
Vergleichsbeispiel 1:	0,20 mm

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Ramm, J. et al., Pulse enhanced electron emission (P3eTM) arc evaporation and the synthesis of wear resistant Al-Cr-O coatings in corundum structure, Surface & Coatings Technology 202 (2007), S. 876–883 [\[0007\]](#)
- Teixeira, V. et al., Deposition of composite and nanolaminate ceramic coatings by sputtering, Vacuum 67 (2002), S. 477–483 [\[0008\]](#)
- Trinh, D. H. et al., Radio frequency dual magnetron sputtering deposition and characterization of nano-composite Al₂O₃ – ZrO₂ thin films, J. Vac. Sc. Techn. A 24(2), März/April 2006, S. 309–316 [\[0009\]](#)
- DIN-ISO 1832 [\[0037\]](#)

Patentansprüche

1. Schneidwerkzeug mit einem Grundkörper und einer darauf aufgebrachtten mehrlagigen Beschichtung, welche, gegebenenfalls neben weiteren Lagen, mehrere abwechselnd direkt übereinander aufgebraachte Hauptlagen A und Zwischenlagen B umfaßt, wobei die Hauptlagen A und die Zwischenlagen B jeweils im PVD-Verfahren hergestellte Metalloxidlagen sind, die Dicke der Hauptlagen A im Bereich von 4 nm bis 1 µm liegt und die Dicke der Zwischenlagen B im Bereich von 2 nm bis 50 nm liegt, wobei das Verhältnis der Dicken der Zwischenlagen B zu den Dicken der Hauptlagen A im Bereich von 1:2 bis 1:100 liegt.
2. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptlagen A aus Oxid(en) eines Metalls oder wenigstens zweier verschiedener Metalle bestehen, ausgewählt unter den Metallen der 2. und 3. Hauptgruppe und der 1. bis 8. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente, vorzugsweise ausgewählt unter Al, Cr und besonders bevorzugt aus Cr-Oxid, Al-Oxid oder AlCr-Mischoxid bestehen, ganz besonders bevorzugt aus $(Al,Cr)_2O_3$.
3. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenlagen B aus Oxid(en) eines Metalls oder wenigstens zweier verschiedener Metalle bestehen, ausgewählt unter Sc, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, vorzugsweise ausgewählt unter Zr und Y, und besonders bevorzugt aus Zr-Oxid, Y-Oxid oder ZrY-Mischoxid bestehen.
4. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der überwiegende Anteil der Hauptlagen A kristallin vorliegt, vorzugsweise mehr als 80 Vol.-% der Hauptlagen A kristallin vorliegen, besonders bevorzugt mehr als 90 Vol.-% der Hauptlagen A kristallin vorliegen und ganz besonders bevorzugt mehr als 95 Vol.-% der Hauptlagen A kristallin vorliegen.
5. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb einer Hauptlage A der Anteil an kristallin vorliegendem Metalloxid über die gesamte Dicke der jeweiligen Hauptlage A in Richtung vom Substrat nach Außen von einem Anteil im Bereich von 100 bis 90 Vol.-% kristallinem Metalloxid, vorzugsweise von 100 bis 95 Vol.-% kristallinem Metalloxid, auf einen Anteil von wenigstens 80 Vol.-% kristallinem Metalloxid, vorzugsweise von wenigstens 85 Vol.-% kristallinem Metalloxid abnimmt.
6. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Hauptlagen A im Bereich von 5 nm bis 50 nm liegt, vorzugsweise im Bereich von 10 nm bis 30 nm, und/oder die Dicke der Zwischenlagen B im Bereich von 3 nm bis 15 nm liegt, vorzugsweise im Bereich von 3 nm bis 8 nm.
7. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Dicken der Zwischenlagen B zu den Dicken der Hauptlagen A im Bereich von 1:3 bis 1:20 liegt, vorzugsweise im Bereich von 1:4 bis 1:8.
8. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptlagen A überwiegend aus gemischt kristallinem $(Al,Cr)_2O_3$ mit Korundstruktur bestehen und/oder die Zwischenlagen B überwiegend aus kristallinem ZrO_2 bestehen.
9. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die PVD-Verfahren zur Herstellung der Hauptlagen A und der Zwischenlagen B ausgewählt sind unter i) rMS, ii) Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD), iii) Ionenplattierung, iv) Elektronenstrahlverdampfung und v) Laserablation.
10. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung neben der Mehrzahl abwechselnd direkt übereinander aufgebraachter Hauptlagen A und Zwischenlagen B weitere Lagen umfaßt, ausgewählt unter Carbiden, Nitriden, Oxiden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbide, Borocarbonitride, Borooxinitride, Borooxocarbide, Borooxocarbonitride, Oxoboronitriden der Elemente der Gruppen IVa bis VIIa des Periodensystems und/oder des Aluminiums und/oder des Siliziums, einschließlich gemischtmetallischen Phasen sowie Phasengemischen der vorgenannten Verbindungen.
11. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Beschichtung die Mehrzahl abwechselnd direkt übereinander aufgebraachter Hauptlagen A und Zwischenlagen

B eine Gesamtdicke von 1 μm bis 20 μm , vorzugsweise von 2 μm bis 15 μm , besonders bevorzugt von 3 μm bis 10 μm , ganz besonders bevorzugt von 4 μm bis 7 μm aufweisen.

12. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung eine Vickers-Härte (Hv) von 1000 bis 4000, vorzugsweise von mehr als 1500, besonders bevorzugt von mehr als 2000 aufweist.

13. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper aus Hartmetall, Cermet, Stahl oder Schnellarbeitsstahl (HSS) hergestellt ist.

14. Schneidwerkzeug nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Metalloxide der abwechselnd direkt übereinander aufgebracht Hauptlagen A und Zwischenlagen B gleiche Kristallstruktur haben.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen