

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. März 2009 (19.03.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2009/034036 A1

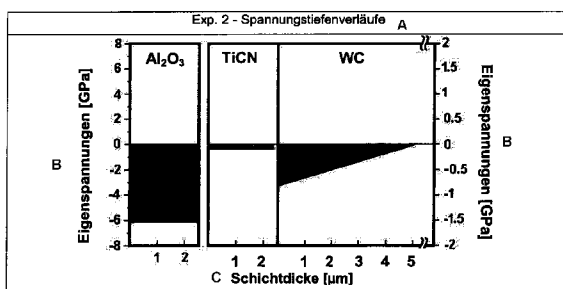
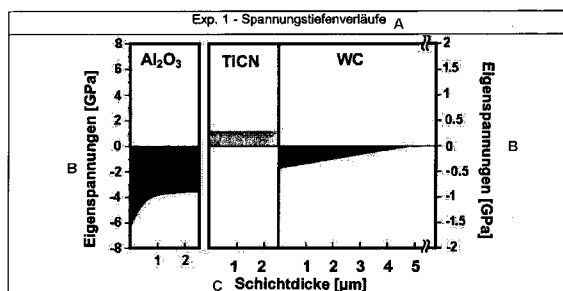
- (51) Internationale Patentklassifikation:  
C23C 16/56 (2006.01) C23C 30/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/061803
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
5. September 2008 (05.09.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 042 833.4  
10. September 2007 (10.09.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): WALTER AG [DE/DE]; Derendinger Strasse 53, 72072 Tübingen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOLZSCHUH, Helga [DE/DE]; Ulmerstr. 38/3, 72537 Mehrstetten (DE).
- (74) Anwälte: WEBER, Roland usw.; Patentanwälte Weber, Seiffert, Lieke, Postfach 61 45, 65051 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: JET-TREATED CUTTING INSERT AND METHOD

(54) Bezeichnung: STRAHLBEHANDELTEN SCHNEIDEINSATZ UND VERFAHREN

Figur 1



A Stress depth curves  
B Internal stresses  
C Layer thickness

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a cutting insert having increased internal compressive stresses, both in the coating and in the substrate body, and having improved wear resistance and improved cutting characteristics, particularly improved edge-crack resistance, in that a hard metal, cermet, or ceramic substrate body is coated by means of a PCVD or CVD method with a single- or multi-layer coating comprising carbides, nitrides, oxides, carbonitrides, oxinitrides, oxycarbides, oxycarbonitrides, borides, boronitrides, borocarbides, borocarbonitrides, borooxynitrides, borooxycarbides, and/or borooxycarbonitrides of the elements of groups IVa through VIIa of the periodic system and/or of aluminum and/or mixed metal phases and/or phase mixtures of the above compounds, and the substrate body is subjected to a dry or wet jet treatment using a granular jet material, wherein the hardness of the jet material is equal to the hardness of the outermost layer of the coating, or the hardness of the jet material is greater than the hardness of the outermost layer and a layer is disposed below the outermost layer, the hardness of which is equal to the hardness of the jet material, wherein the layer(s) disposed above the layer having hardness equal to the hardness of the jet material is (are) removed at least in partial areas by the jet treatment, the total layer thickness of the coating being no more than 10  $\mu\text{m}$  and the jet treatment being

performed at an average jet pressure of 1 bar to 10 bar.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/034036 A1



MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

---

**(57) Zusammenfassung:** Verfahren zur Herstellung eines Schneideinsatzes mit erhöhten Druckeigenspannungen sowohl in der Beschichtung als auch in dem Substratkörper und mit verbesserter Verschleißbeständigkeit und verbesserten Schneideigenschaften, insbesondere verbesserter Kammrißfestigkeit, bei dem man einen Hartmetall-, Cermet-, oder Keramik-Substratkörper mittels eines PCVD- oder CVD-Verfahrens mit einer ein- oder mehrlagigen Beschichtung aus Carbiden, Nitriden, Oxiden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxycarbiden, Oxycarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbide, Borocarbonitride, Borooxinitride, Borooxocarbide und/oder Borooxocarbonitride der Elemente der Gruppen IVa bis VIIa des Periodensystems und/oder des Aluminiums und/oder gemischt-metallischen Phasen und/oder Phasengemischen der vorgenannten Verbindungen beschichtet und den Substratkörper nach der Beschichtung einer Trocken- oder Naßstrahlbehandlung unter Verwendung eines körnigen Strahlmittels unterzieht, wobei die Härte des Strahlmittels gleich der Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist oder die Härte des Strahlmittels größer als die Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist und unter der äußersten Schicht eine Schicht angeordnet ist, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wobei die über der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, angeordnete(n) Schicht(en) durch die Strahlbehandlung wenigstens von Teilbereichen abgetragen wird (werden), die Gesamtschichtdicke der Beschichtung höchstens 10 µm beträgt und die Strahlbehandlung bei einem Strahlmitteldruck von 1 bar bis 10 bar durchgeführt wird.

-----

### Strahlbehandelter Schneideinsatz und Verfahren

-----

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung von Schneideinsätzen sowie die nach den Verfahren herstellbaren Schneideinsätze.

- 5 Schneideinsätze bestehen aus einem Hartmetall-, Cermet-, oder Keramiks substratkörper, der in den meisten Fällen zur Verbesserung der Schneid- und/oder Verschleißeigenschaften mit einer ein- oder mehrlagigen Oberflächenbeschichtung versehen ist. Die Oberflächenbeschichtungen bestehen aus übereinander angeordneten Hartstofflagen oder -schichten aus Carbiden, Nitriden, Oxiden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbide, Borocarbonitride, Borooxinitride, Borooxocarbide und/oder Borooxocarbonitride der Elemente der Gruppen IVa bis VIIa des Periodensystems und/oder des Aluminiums, gemischtmetallischen Phasen sowie Phasengemischen der vorgenannten Verbindungen. Beispiele für die vorgenannten Verbindungen sind TiN, TiC, TiCN und  $Al_2O_3$ . Ein Beispiel für eine gemischtmetallische Phase, bei der in einem Kristall ein Metall teilweise durch ein anderes ersetzt ist, ist TiAlN. Die Beschichtung wird durch CVD-Verfahren (chemische Dampfphasenabscheidung), PCVD-Verfahren (Plasma-unterstützte CVD-Verfahren) oder PVD-Verfahren (physikalische Dampfphasenabscheidung) aufgebracht.
- 10
- 15

In nahezu jedem Material herrschen Eigenspannungen infolge von mechanischer, thermischer und/oder chemischer Behandlung. Bei der Herstellung von Schneideinsätzen durch Beschichten eines Substratkörpers mittels CVD-Verfahren resultieren Eigenspannungen beispielsweise zwischen der Beschichtung und dem Substrat und zwischen den einzelnen Schichten der Beschichtung aus den unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Materialien. Die Eigenspannungen können Zugeigenspannungen oder Druckeigenspannungen sein. Beim Aufbringen einer Beschichtung mittels PVD-Verfahren werden zusätzliche Spannungen durch den Ionenbeschuss bei diesem Verfahren in die Beschichtung eingebracht. In mittels PVD-Verfahren aufgetragenen Beschichtungen herrschen in der Regel Druckeigenspannungen vor, wogegen CVD-Verfahren üblicherweise Zugeigenspannungen in der Beschichtung erzeugen.

20

25

30 Die Wirkung der Eigenspannungen in der Beschichtung und im Substratkörper können ohne erheblichen Einfluss auf die Eigenschaften des Schneideinsatzes sein, sie können aber auch

erhebliche vorteilhafte oder nachteilige Auswirkungen auf die Verschleißbeständigkeit des Schneideinsatzes haben. Zugeigenspannungen, welche die Dehngrenze des jeweiligen Materials übersteigen, verursachen Brüche und Risse in der Beschichtung senkrecht zur Richtung der Zugeigenspannung. Im Allgemeinen ist ein gewisses Maß an Druckeigenspannung in der Beschichtung erwünscht, da dadurch Oberflächenrisse verhindert oder geschlossen und die Ermüdungseigenschaften der Beschichtung und damit des Schneideinsatzes verbessert werden. Zu hohe Druckeigenspannungen können jedoch zu Haftungsproblemen und Abplatzen der Beschichtung führen.

- 10 Es gibt 3 Arten von Eigenspannungen: Makrospannungen, die über makroskopische Bereiche des Materials nahezu homogen verteilt sind, Mikrospannungen, die in mikroskopischen Bereichen, wie beispielsweise einem Korn, homogen sind, und inhomogene Mikrospannungen, die auch auf einer mikroskopischen Ebene inhomogen sind. Aus praktischer Sicht und für die mechanischen Eigenschaften eines Schneideinsatzes sind die Makrospannungen von besonderer  
15 Bedeutung.

Es ist bekannt, dass Hartmetallschneidwerkzeuge, die mit Hartstoffschichten wie beispielsweise TiN, TiC, TiCN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder Kombinationen davon beschichtet sind, hervorragende Verschleißbeständigkeit aufweisen können, jedoch können sie in unterbrochenen Schneidoperationen aufgrund eines Verlustes an Zähigkeit gegenüber unbeschichteten Schneidwerkzeugen oder solchen, die mittels PVD-Verfahren beschichtet sind, eher ausfallen.

Die DE 197 19 195 beschreibt einen Schneideinsatz mit einer mehrlagigen Beschichtung, die in einem kontinuierlichen CVD-Verfahren bei Temperaturen zwischen 900°C und 1.100°C abgeschieden wird. Der Wechsel des Materials in der mehrlagigen Beschichtung von einer zur nächsten Lage erfolgt durch eine Veränderung der Gaszusammensetzung in dem CVD-Verfahren. Die äußerste Schicht (Deckschicht) besteht aus einer ein- oder mehrphasigen Schicht aus Carbiden, Nitriden oder Carbonitriden von Zr oder Hf, in der innere Druckeigenspannungen vorherrschen. Die darunter liegenden Schichten bestehen aus TiN, TiC oder TiCN und weisen ausnahmslos innere Zugeigenspannungen auf. Die in der äußeren Schicht gemessene Druckeigenspannung liegt zwischen -500 und -2.500 MPa. Hierdurch soll die Bruchzähigkeit verbessert werden.

Zur Erhöhung der Druckeigenspannungen in der Beschichtung des Substratkörpers von Schneideinsätzen oder anderen Werkzeugen ist es bekannt, diese einer mechanischen Oberflächenbehandlung zu unterziehen. Bekannte mechanische Behandlungsverfahren sind das

Bürsten und die Strahlbehandlung. Bei der Strahlbehandlung wird ein feinkörniges Strahlmittel mit Korngrößen bis etwa 600 µm mittels Pressluft unter erhöhtem Druck auf die Oberfläche der Beschichtung gerichtet. Eine solche Oberflächenbehandlung kann die Druckeigenspannungen der äußersten Schicht sowie auch der darunter liegenden Schichten erhöhen. Bei der Strahlbe-

5 handlung unterscheidet man zwischen Trockenstrahlbehandlung, bei der das feinkörnige Strahlmittel in trockenem Zustand eingesetzt wird, und Nassstrahlbehandlung, bei der das körnige Strahlmittel in einer Flüssigkeit suspendiert vorliegt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindungen bestand in der Bereitstellung eines Verfahrens zur

10 Herstellung eines Schneideinsatzes und eines nach dem Verfahren herstellbaren Schneideinsatzes mit erhöhten Druckeigenspannungen sowohl in der Beschichtung als auch in dem Substratkörper und mit verbesserter Verschleißbeständigkeit und verbesserten Schneideigenschaften, insbesondere verbesserter Kammrißfestigkeit.

15 Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung eines Schneideinsatzes, bei dem man einen Hartmetall-, Cermet-, oder Keramik-Substratkörper mittels eines PCVD- oder CVD-Verfahrens mit einer ein- oder mehrlagigen Beschichtung aus Carbiden, Nitriden, Oxiden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbide, Borocarbonitride, Borooxinitride, Borooxocarbide und/oder Borooxocarbonitride der Elemente

20 der Gruppen IVa bis VIIa des Periodensystems und/oder des Aluminiums und/oder gemischtmetallischen Phasen und/oder Phasengemischen der vorgenannten Verbindungen beschichtet und den Substratkörper nach der Beschichtung einer Trocken- oder Naßstrahlbehandlung unter Verwendung eines körnigen Strahlmittels unterzieht, wobei

25 die Härte des Strahlmittels gleich der Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist oder

die Härte des Strahlmittels größer als die Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist und unter der äußersten Schicht eine Schicht angeordnet ist, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wobei die über der Schicht, deren Härte gleich der Härte des

30 Strahlmittels ist, angeordnete(n) Schicht(en) durch die Strahlbehandlung wenigstens von Teilbereichen abgetragen wird (werden),

- die Gesamtschichtdicke der Beschichtung höchstens 10 µm beträgt,
- die Strahlbehandlung bei einem Strahlmitteldruck von 1 bar bis 10 bar durchgeführt wird.

35

Es wurde überraschenderweise gefunden, dass man in einem beschichteten Schneideinsatz durch Nachbehandlung mittels Bestrahlen mit einem Strahlmittel, vorzugsweise durch Trockenstrahlen, sowohl in der Beschichtung als auch in den oberflächennahen Bereichen und der sogenannten "nahen Interface-Substrat-Zone" des Substratkörpers besonders hohe Druckeigen-  
5 spannungen erzeugen kann, wenn die ein- oder mehrlagige Beschichtung eine bestimmte Gesamtschicht von höchstens 10µm nicht übersteigt, die Strahlbehandlung bei einem Strahlmit-  
teldruck von 1 bar bis 10 bar durchgeführt wird und die Härte des Strahlmittels gleich der Härte der äußersten Schicht (der Deckschicht) ist.

10 Der Begriff "oberflächennaher Bereich" des Substratkörpers bezeichnet einen Bereich von der äußersten Oberfläche des Substratkörpers bis zu einer Eindringtiefe von maximal 1 bis 2 µm in Richtung des Inneren des Substratkörpers. Die zerstörungsfreie und phasenselektive Analyse von Eigenspannungen erfolgt mittels Röntgendiffraktionsverfahren. Die weitverbreitet angewendete winkeldispersive Messung nach dem  $\sin^2\psi$ -Verfahren liefert einen Mittelwert für den Ei-  
15 genspannungsanteil in einer Ebene und erlaubt Eigenspannungsmessungen nur bis zu sehr geringen Eindringtiefen von maximal 1 bis 2 µm von der Oberfläche aus, d. h. nur im "oberflächennaher Bereich" des Substratkörpers. [siehe auch unten "Messverfahren"]

Der Begriff "nahe Interface-Substrat-Zone" des Substratkörpers bezeichnet einen Bereich von  
20 der äußersten Oberfläche des Substratkörpers bis zu einer Eindringtiefe von etwa 10 µm in Richtung des Inneren des Substratkörpers. Analysen des Eigenspannungsverlaufs in der "nahen Interface-Substrat-Zone" waren mit der bisher angewendeten Methode der winkeldispersiven Messung nicht möglich. Zum einen ist die Eindringtiefe der winkeldispersiven Messung wie oben erwähnt auf eine nur sehr geringe Distanz von der äußersten Oberfläche des Substratkör-  
25 pers begrenzt. Darüber hinaus liefert die winkeldispersive Messung nur einen Mittelwert in einer Ebene, weshalb sich mit dieser Methode stufenweise Veränderungen oder Gradientenverläufe der Eigenspannungen innerhalb kurzer Distanzen mit dieser Methode nicht messen lassen. Für die Analyse der Eigenspannungen in der "nahen Interface-Substrat-Zone" des Substratkörpers bis zu einer Eindringtiefe von etwa 10 µm haben die Erfinder daher erstmals für die gattungsgemäßen Schneideinsätze eine energiedispersive Messung angewendet, die die Analyse von  
30 Eigenspannungsverläufen bis zu einer Eindringtiefe von etwa 10 µm unter Erfassung der Veränderung der Eigenspannungen innerhalb dieses Bereichs erlaubt. [siehe auch unten "Messverfahren"]

35 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestehen sowohl die äußerste Schicht als auch das Strahlmittel aus  $Al_2O_3$ .

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es nicht zwingend notwendig, dass die Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, bereits vor der Strahlbehandlung die äußerste Schicht der mehrlagigen Beschichtung auf dem Substratkörper ist. In dem zur Herstellung der Beschichtung auf dem Substratkörper angewendeten PCVD- oder CVD-Verfahren kann über  
5 der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wenigstens eine weitere Schicht vorgesehen sein, deren Härte kleiner als die Härte des Strahlmittels ist. In dem Strahlbehandlungsverfahren wirkt das Strahlmittel dann bezüglich dieser weiteren Schicht oder Schichten abrasiv und trägt diese bis zu der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, ab.  
10 Nach der Strahlbehandlung ist dann die äußerste Schicht eine solche, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist. Ein erfindungsgemäß besonders bevorzugtes Beispiel hierfür ist das Vorsehen einer dünnen TiN-Schicht über einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht und die Verwendung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  als Strahlmittel. Die TiN-Schicht ist weicher als das  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Strahlmittel und wird bei der Strahlbehandlung zunächst abgetragen, bevor das Strahlmittel auf die gleich harte  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht trifft.  
15 Grundsätzlich können zwar auch sehr hohe Druckeigenspannungen in eine äußerste Schicht eingebracht, wenn die Härte des Strahlmittels größer ist als die Härte dieser äußersten Schicht. Jedoch erfolgt die Erhöhung der Druckeigenspannungen in diesem Fall mit nur sehr geringer Eindringtiefe im äußersten oberflächennahen Bereich der äußersten Schicht, der durch die abrasive Wirkung des härteren Strahlmittels bei der Strahlbehandlung gleich wieder abgetragen  
20 wird, so daß die Erhöhung der Druckeigenspannungen nicht in die Tiefe des Körpers vordringen kann.

Ist vor der Strahlbehandlung des beschichteten Substratkörpers über der Schicht (z.B. einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht), deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels (z.B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ist, wenigstens eine  
25 weitere (weichere) Schicht (z.B. eine TiN-Schicht) vorgesehen, deren Härte kleiner als die Härte des Strahlmittels ist, so ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht zwingend notwendig, daß diese weichere(n) Schicht(en) über die gesamte Oberfläche des Substratkörpers durch das Strahlbehandlungsverfahren abgetragen wird. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die weichere Schicht oder werden die weicheren Schichten nur von den beim  
30 Betrieb des Werkzeugs besonders beanspruchten und/oder mit dem Werkstück in Berührung tretenden Flächen des Werkzeugs, vorzugsweise nur von der Spanfläche oder von der die Spanfläche umfassenden Seite des Werkzeugs, abgetragen und diese Flächen der vorteilhaften erfindungsgemäßen Strahlbehandlung unterzogen. Dabei werden in den besonders beanspruchten Bereichen des Werkzeugs die erfindungsgemäß vorteilhaften Veränderungen der  
35 Eigenspannungen bewirkt. Die auf den nicht oder wenig beanspruchten Oberflächenbereichen verbleibende Schicht kann, wie im Falle einer goldgelben TiN-Schicht, beispielsweise einer

besseren Verschleißerkennung dienen, wie es beispielsweise ausführlich in der EPA1 193 328 beschrieben ist.

Bei Verwendung eines Strahlmittels, dessen Härte gleich der Härte der äußersten Schicht der Beschichtung oder derjenigen Schicht, die nach der Strahlbehandlung als äußerste Schicht verbleiben soll, ist, wird als Verschleißmechanismus dieser äußersten Schicht im Wesentlichen Oberflächenzerrüttung (shot peening) angenommen. Es erfolgt kein hoher Abtrag mehr, wie es der Fall ist, wenn die Härte des Strahlmittels größer als die Härte der äußersten Schicht ist. Es hat sich überraschend gezeigt, dass durch diesen Mechanismus und dieses Verfahren hohe Druckeigenspannungen über weite Bereiche der Beschichtung bis hinein in den Substratkörper erzeugt werden können, wenn die Gesamtschichtdicke der Beschichtung nicht zu groß ist. Eine Gesamtdicke der Beschichtung von höchstens 8µm, vorzugsweise 7µm hat sich als besonders geeignet erwiesen. Eine Gesamtschichtdicke der Beschichtung von höchstens 5µm ist ganz besonders vorteilhaft. Ist dies Gesamtschichtdicke der Beschichtung zu hoch, so ist die Eindringtiefe der durch das erfindungsgemäße Verfahren erzeugten hohen Druckeigenspannungen im Substrat zu gering, um die erfindungsgemäß vorteilhaften Eigenschaften der hergestellten Schneideinsätze zu erreichen. So führen zu hohe Schichtdicken beispielsweise zu erheblichen Problemen unter mechanischer Wechselbeanspruchung bei typischen Zerspanvorgängen, wie der vermehrten Entstehung von Abplatzungen und Ausbröckelungen.

Die Gesamtschichtdicke der Beschichtung sollte zweckmäßigerweise jedoch wenigstens 2µm, vorzugsweise wenigstens 3µm, besonders bevorzugt wenigstens 4µm betragen. Eine zu geringe Gesamtschichtdicke der Beschichtung hat den Nachteil, daß kein ausreichender Verschleißschutz durch die Beschichtung mehr gewährleistet ist.

Die Dauer der Strahlbehandlung in dem erfindungsgemäßen Verfahren hat im Vergleich zum Strahl Druck nur einen geringen Einfluß auf die Veränderung der Eigenspannungen in der Beschichtung und dem Substratkörper. Es versteht sich jedoch, daß die Dauer der Strahlbehandlung keinesfalls zu kurz sein sollte, damit die gewünschten Veränderungen der Eigenspannungen bis in den Substratkörper vordringen können. Darüber hinaus hängt die optimale Dauer der Strahlbehandlung auch von der hierfür verwendeten Anlage, der Art und Ausrichtung der Strahldüsen und der Bewegung der Strahldüsen über dem bestrahlten Werkzeug ab. Übliche Strahlbehandlungsdauern liegen im Bereich von 1 bis 120 Sekunden, jedoch können auch längere Strahlbehandlungsdauern geeignet sein. Insbesondere wenn durch die Strahlbehandlung zunächst eine oder mehrere äußere Schichten über der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, abgetragen werden sollen, ist eine längere Strahlbehandlungsdauer

zweckmäßig oder erforderlich. Bevorzugt ist eine Strahlbehandlung über einen Zeitraum von 5 bis 60 Sekunden, besonders bevorzugt von 10 bis 30 Sekunden.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass der Strahlmitteldruck bei der Strahlbehandlung einen sehr starken Einfluss auf die Ausbildung hoher Druckeigenspannungen in der Beschichtung und dem Substrat hat. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Strahlmitteldruck 2 bar bis 8 bar, vorzugsweise 3 bar bis 5 bar. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Strahlbehandlung bei einem Strahlmitteldruck von etwa 4 bar durchgeführt. Bei zu geringem Strahlmitteldruck können zwar hohe Druckeigenspannungen in der Beschichtung, insbesondere der äußersten Schicht der Beschichtung, erzeugt werden, jedoch keine ausreichenden Eindringtiefen bis in das Substrat des Schneideinsatzes erreicht werden. Ein zu geringer Strahlmitteldruck kann auch dazu führen, daß sich in der äußersten Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, zwar hohe Druckeigenspannungen aufbauen, diese jedoch über die Dicke dieser Schicht nicht konstant sind, sondern einen von der Außenseite der Schicht zu ihrer Innenseite graduell abfallenden Verlauf nehmen. Ein zu hoher Strahlmitteldruck hat den Nachteil, dass die äußerste Schicht der Beschichtung einer zu starken Belastung ausgesetzt und beschädigt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann als Trockenstrahlbehandlung und als Nassstrahlbehandlung durchgeführt werden. Besonders bevorzugt ist jedoch die Trockenstrahlbehandlung, da es einen gleichmäßigeren Eintrag des Strahldrucks in die Beschichtung und den Substratkörper über die gesamte Oberfläche gewährleistet. Mittels Trockenstrahlbehandlung sind auch höhere Drücke über einen langen Zeitraum möglich, ohne daß das Werkzeug hierdurch beschädigt wird. Bei der Naßstrahlbehandlung besteht die Gefahr, daß der Eintrag des Strahldrucks an den Kanten des Werkzeugs, d. h. auch an den wichtigen Schneidkanten, erheblich höher ist als auf den glatten Oberflächen, was dazu führen kann, daß die Kanten unter dem Strahldruck beschädigt werden, bevor es überhaupt zu einem wesentlichen oder zumindest ausreichenden Eintrag auf den für Schneidvorgänge wesentlichen Flächen des Werkzeugs, insbesondere der Spanfläche, kommt. Darüber hinaus dämpft bei der Naßstrahlbehandlung die Bildung eines Flüssigkeitsfilms auf der bestrahlten Oberfläche den Eintrag von Eigenspannungen gegenüber der Trockenstrahlbehandlung bei vergleichbaren Strahldruckbedingungen erheblich ab. Die Folge ist, daß der Eintrag von Druckeigenspannungen in die unter der äußersten Schicht der Beschichtung angeordneten Schichten sehr gering oder gar gleich Null sein kann. In Vergleichsversuchen wurde beobachtet, daß in eine TiCN-Schicht unter einer äußersten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht mittels Trockenstrahlen bei 3 bar Druckspannungen eingebracht werden konnten, wogegen mittels Naßstrahlen bei gleichem Druck in der TiCN-Schicht Zugspannungen

gemessen wurden, die gegenüber den vor der Strahlbehandlung gemessenen Zugspannungen lediglich einen etwas geringeren Betrag aufwiesen.

Erfindungsgemäß kann die Beschichtung des Substratkörpers ein oder mehrlagig sein und aus  
5 verschiedensten Materialien bestehen, wie sie oben angegeben sind. In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform ist jedoch die Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht, vorzugsweise eine  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Schicht. In diesem Fall ist das Strahlmittel zweckmäßigerweise Korund.

10 Die mittlere Korngröße des Strahlmittels liegt zweckmäßigerweise im Bereich von 20 bis 200  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 40 bis 150  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt 50 bis 100  $\mu\text{m}$ , sie hat jedoch keinen wesentlichen Einfluß auf die Erzeugung von Druckeigenstressungen in der Beschichtung und dem Substratkörper. Jedoch beeinflusst die mittlere Korngröße des Strahlmittels die Oberflächenrauheit der äußersten Schicht der Beschichtung. Eine geringe mittlere Korngröße (feine  
15 Körnung) liefert bei der Bestrahlung eine glatte Oberfläche, wogegen eine hohe mittlere Korngröße eine raue Oberfläche ergibt. Für die erfindungsgemäße Werkzeuge ist die Erzeugung einer glatten Oberfläche und somit die Verwendung eines Strahlmittels mit geringer mittlerer Korngröße bevorzugt.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren hat der Strahlwinkel, d. h. der Winkel zwischen dem Behandlungsstrahl und der Oberfläche des Werkzeugs, einen wesentlichen Einfluß auf den Eintrag von Druckeigenstressungen. Bei einem Strahlwinkel von  $90^\circ$  erfolgt der maximale Eintrag von Druckeigenstressungen. Geringere Strahlwinkel, d. h. schräges Einstrahlen des Strahlmittels, führen zu einer stärkeren Abrasion der Oberfläche und geringerem Druckeigenstressungseintrag. Die stärkste Abrasionswirkung wird bei Einstrahlwinkeln von etwa  $15^\circ$  bis  
25  $40^\circ$  erzielt. Die in dieser Beschreibung angegebenen Bestrahlungsparameter, wie Strahlendruck und Strahldauer, beziehen sich stets auf einen Strahlwinkel von  $90^\circ$ , bei dem auch die hierin beschriebenen Beispiele durchgeführt wurden. Bei geringeren Strahlwinkeln kann es erforderlich sein, einen höheren Strahlendruck und/oder eine längere Strahldauer zu wählen, um einen  
30 Eintrag von Druckeigenstressungen zu erzielen, der dem Eintrag bei einem Strahlwinkel von  $90^\circ$  entspricht. In Kenntnis der Erfindung kann der Fachmann jedoch diese bei geringeren Strahlwinkeln anzuwendenden Parameter leicht ermitteln.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Schicht, deren Härte  
35 gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine Schichtdicke im Bereich von 1  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von 1,5  $\mu\text{m}$  bis 4  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$

auf. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine etwa 2,5 µm dicke Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist unter der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, d.h. beispielsweise der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht, eine TiCN-Schicht angeordnet. Dabei können über und/oder unter der TiCN-Schicht weitere Schichten angeordnet sein. Zweckmäßig ist das Vorsehen einer Bindungsschicht zwischen der TiCN-Schicht und der darüber angeordneten Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wie beispielsweise der vorgenannten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht. Die Bindungsschicht verbessert die Haftung der darüber und darunter angeordneten Schichten und hat zweckmäßigerweise eine Dicke von 0,1 µm bis 1 µm. Als Bindungsschicht zwischen einer TiCN-Schicht und einer darüber angeordneten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht eignet sich ganz besonders eine Schicht aus TiAlCNO, da diese in der α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht eine bevorzugte (001)-Fasertextur erzeugt und aufgrund ihrer Zusammensetzung und Mikrostruktur eine hervorragende Anbindung an die TiCN-Schicht liefert. Eine gute Anbindung der Schichten untereinander ist wichtig, um hohe Drücke bei der Strahlbehandlung anwenden zu können, ohne daß die Schichten abplatzen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die TiCN-Schicht eine Schichtdicke im Bereich von 1 µm bis 5 µm, vorzugsweise im Bereich von 1,5 µm bis 4 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 2 µm bis 3 µm auf. Die TiCN-Schicht wird zweckmäßigerweise im Hochtemperatur-CVD-Verfahren oder im MT (Medium Temperature)-CVD-Verfahren aufgebracht, wobei das MT-CVD-Verfahren für die Herstellung von Zerspanwerkzeugen bevorzugt ist, da es kolumnare Schichtstrukturen liefert und aufgrund der niedrigeren Abscheidungstemperatur Zähigkeitsverluste im Substrat vermindert.

Eine erfindungsgemäß geeignete Schichtabfolge der erfindungsgemäßen Beschichtung ist, ausgehend vom Substratkörper, TiN-TiCN-TiAlCNO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, wobei vor dem Bestrahlen über der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht eine dünne TiN-Schicht vorgesehen sein kann, die bei dem Strahlverfahren abgetragen wird. Eine geeignete Gesamtschichtdicke liegt im Bereich von etwa 6 µm bis 7 µm, wobei die TiCN-Schicht und die Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht eine Dicke von jeweils etwa 2 bis 2,5 µm haben und die oberen und unteren TiN-Schichten jeweils etwa 0,5 µm oder dünner sind und die TiAlCNO-Schicht (Mischphase aus TiCN + Aluminiumtitanat) eine Dicke von etwa 1 µm bis 1,5 µm hat.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl in der Beschichtung als auch in dem oberflächennahen Bereich des Substratkörpers hohe Druckeigenspannungen erzeugt werden. Zweckmäßigerweise wird die Strahlbehandlung so durchgeführt, dass in dem

oberflächennahen Bereich des Substratkörpers eine Druckeigenspannung von wenigstens -500 MPa, vorzugsweise von wenigstens -1.000 MPa, besonders bevorzugt von wenigstens -1.500 MPa, ganz besonders bevorzugt von wenigstens -2.000 MPa erzeugt wird. Zum Inneren des Substratkörpers hin nimmt die durch das erfindungsgemäße Verfahren erzeugte Druckeigenspannung stetig ab, jedoch können durch das erfindungsgemäße Verfahren im oberflächennahen Bereich des Substratkörpers Druckeigenspannungen erzeugt werden, die größer sind als nach dem Stand der Technik erzeugte Druckeigenspannungen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass durch die Strahlbehandlung in der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wenigstens im äußersten Oberflächenbereich, in der Regel jedoch in der gesamten Schicht eine Druckeigenspannung von wenigstens -2.000 MPa, vorzugsweise von wenigstens -4.000 MPa, besonders bevorzugt von wenigstens -6.000 MPa erzeugt wird.

Bei einem erfindungsgemäß bevorzugten System mit einem WC/Co-Hartmetallsubstratkörper und einer Beschichtung aus 0,5 µm TiN, 2,5 µm TiCN, 1 µm TiAlCN und einer äußersten Schicht von 2,5 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> können mittels einer Trockenstrahlbehandlung mit feinkörnigem Korund als Strahlmittel für 10 bis 20 Sekunden und einem Strahlruck im Bereich von 1,5 bis 4 bar in der äußersten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht Druckeigenspannungen in der Größenordnung von -6.000 MPa bis -8.000 MPa und im äußersten Oberflächenbereich des Substratkörpers Druckeigenspannungen in der Größenordnung von -500 MPa bis -2.500 MPa erzeugt werden. Auch in der TiCN-Schicht werden erhöhte Druckeigenspannungen erzeugt, die bei einer Bestrahlung für 10 bis 20 Sekunden bei 4 bar am höchsten sind und im Bereich von -1.000 MPa bis -1.500 MPa liegen. Ganz besonders bevorzugt ist es, wenn die Druckeigenspannungen in der äußersten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht über die gesamte Dicke der Schicht im wesentlichen konstant sind und keinen von Außen nach Innen graduell abnehmenden Verlauf aufweisen.

Die Erfindung umfasst ausdrücklich auch Schneideinsätze mit den Eigenschaften, die in Schneideinsätzen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbar sind. Die Erfindung umfasst auch Schneideinsätze, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurden.

#### Messverfahren

Die zerstörungsfreie und phasenselektive Analyse von Eigenspannungen ist nur durch Röntgendiffraktionsverfahren möglich (siehe zum Beispiel V. Hauk. Structural and Residual Stress Analysis by Nondestructive Methods. Elsevier, Amsterdam, 1997"). Das weitverbreitet ange-

wendete  $\sin^2\psi$ -Verfahren (E. Macherauch, P. Müller, Z. angew. Physik 13 (1961), 305) für die Röntgenanalyse von Eigenspannungen beruht auf der Annahme eines homogenen Spannungszustandes innerhalb der Eindringtiefe des Röntgenstrahles und liefert nur einen Mittelwert für den Spannungsanteil in einer Ebene. Daher ist das  $\sin^2\psi$ -Verfahren nicht für die Untersuchung von mehrlagigen, strahlbehandelten CVD-Systemen geeignet, in denen innerhalb kurzer Distanzen steile oder stufenweise Veränderungen der Eigenspannung erwartet werden. Statt dessen werden weiterentwickelte Verfahren angewendet, die auch in dünnen Schichten die Erfassung von Eigenspannungsgradienten erlauben (Ch. Genzel in: E.J. Mittemeijer, P. Scardi (Herausg.) Diffraction Analysis of the Microstructure of Materials. Springer Series in Material Science, Band 68 (2004), S. 473; Ch. Genzel, Mat. Science and Technol. 21 (2005), 10).

Um das Tiefenprofil der Eigenspannungen in der Beschichtung zu analysieren, wurde von den Erfindern das "Universal Plot-Verfahren" (wie es beispielsweise in H. Ruppertsberg, I. Detemple, J. Krier, Phys. stat. sol. (a) 116 (1989), 681; Ch. Genzel, M. Broda, D. Dantz, W. Reimers, J. Appl. Cryst., 32 (1999), 779; Ch. Genzel, M. Klaus, I. Denks, H.G. Wulz, Mat. Sci. Eng. A390 (2005), 376, beschrieben ist) erstmalig auf strahlbehandelte Mehrschichtsysteme angewendet. Das Verfahren beruht auf einer Gitterdehnungstiefenprofilmessung bis zu sehr hohen Tiltwinkeln  $\psi$ , wodurch man die Eigenspannungsprofile der Schichten auf direktem Weg erhält. Die Eigenspannungen der Schichten wurden in dem winkeldispersiven Diffraktionsmodus auf einem GE Inspection Technologies (vormals Seifert), 5-Circle-Diffraktometer ETA (Ch. Genzel, Adv. X-Ray Analysis, 44 (2001), 247.) durchgeführt. Die für die Messungen und die Bestimmung der Eigenspannungen angewendeten Parameter sind in der nachstehenden Tabelle 1 zusammengefasst.

Die zerstörungsfreie Analyse der Eigenspannungsverteilung im Bereich der Grenzfläche zwischen dem Substratkörper und der Beschichtung ist nur durch Hochenergie-Röntgendiffraktion unter Verwendung intensiver paralleler Synchrotronstrahlung möglich. Um den Einfluss des Strahlverfahrens auf den Zustand der Eigenspannung in der Nähe der Substratoberfläche zu ermitteln, wurde erstmalig energiedispersive Diffraktion angewendet. Dabei wurde das "modifizierte Multi-Wellenlängen-Verfahren" (wie es in C. Stock, Promotionsarbeit, TU Berlin, 2003; Ch. Genzel, C. Stock, W. Reimers, Mat. Sci. Eng., A 372 (2004), 28, beschrieben ist) benutzt, welches das Tiefenprofil der Eigenspannungen in dem Substrat bis zu einer vom Substratmaterial abhängigen Eindringtiefe liefert. Bei WC-Co-Substraten beträgt diese Eindringtiefe etwa 10  $\mu\text{m}$ . Die Experimente wurden auf dem Materialforschungsmessplatz EDDI (Energy Dispersive Diffraction) durchgeführt, welche von dem Hahn-Meitner-Institut Berlin auf dem Synchrotron-

Speicherring BESSY betrieben wird (Ch. Genzel, I. A. Denks, M. Klaus, Mat. Sci. Forum 524-525 (2006), 193). Die entsprechenden experimentellen Parameter sind in Tabelle 2 angegeben.

5 Tabelle 1: Experimentelle Parameter für die Eigenspannungsanalyse der Beschichtung

Strahlung	CuK $\alpha$ (ohne k $\beta$ -Filter) 40 kV / 45 mA (Langfeinfokus)
Diffraktionsmodus	winkeldispersiv
Optische Elemente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primärstrahl: polykapillare Halblinse</li> <li>• Gebeugter Strahl: Parallelstrahloptik (0,4° Soller-Blende+ 001-LiF Monochromator)</li> </ul>
Reflexionen	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 024 (2 $\theta$ = 52,6°) TiCN: 422 (2 $\theta$ = 123,5°)
$\Psi$ -Bereich	0° ...89.5° (sin <sup>2</sup> $\Psi$ = 0 ... 0,99996)
Messdauer	15s / Stufe in $\Delta 2\theta$ (0,05°)
Beugungslinienauswertung	Pearson VII-Funktion für die K $\alpha$ <sub>1</sub> - und K $\alpha$ <sub>2</sub> -Linien
Lineare Absorptionskoeffizienten	$\mu_{Al_2O_3} = 124 \text{ cm}^{-1}$ $\mu_{TiCN} = 876 \text{ cm}^{-1}$
Elastische Diffraktionskonstanten (DEC) <sup>*)</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : s <sub>1</sub> (024) = -0,55 x 10 <sup>-6</sup> MPa <sup>-1</sup> ½ s <sub>2</sub> (024) = 2,96 x 10 <sup>-6</sup> MPa <sup>-1</sup> TiCN: s <sub>1</sub> (422) = -0,474 x 10 <sup>-6</sup> MPa <sup>-1</sup> ½ s <sub>2</sub> (422) = 2,83 x 10 <sup>-6</sup> MPa <sup>-1</sup>

\*) Berechnet anhand der Einkristall-Elastizitätskonstanten von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Landoldt-Börnstein, New Series, Group III, Band 11, Springer, Berlin, 1979) und TiN (W. Kress, P. Roedhammer, H. Bilz, W. Teuchert, A. N. Christensen. Phys. Rev. B17 (1978), 111.) nach dem Eshelby-Kröner-Modell (J. D. Eshelby. Proc. Roy. Soc. (London) A241 (1957), 376; E. Kröner, Z. Physik 151 (1958), 504.)

15 Tabelle 2: Experimentelle Parameter für die Eigenspannungsanalyse in den Substratkörpern

Strahlung	weiße Synchrotronstrahlung, E = [10keV ... 120keV]
Diffraktionsmodus	energiedispersiv
Strahlenquerschnitt	0,25 x 0,25 mm <sup>2</sup>
Absorber	2 cm Graphit

Optik im gebeugtem Strahl	Doppelspaltsystem mit einer Öffnung von $0,03 \times 5 \text{ mm}^2$
Diffractionswinkel	$2\theta = 9^\circ$
Detektor	Festkörper-LEGe-DeteKtor (Canberra)
Messmodus	symmetrischer $\Psi$ -Modus (Reflexion), $\psi = 0^\circ \dots 80^\circ$ , $\Delta\psi = 2^\circ$
Messdauer	180 s / Diffractionsspektrum
ausgewertete Beugungslinien	001, 101, 110, 002, 111
Elastische Diffractionskonstanten	entnommen aus B. Eigenmann, E. Macherauch, Mat.-Wiss. u. Werkstofftechn. 27 (1996), 426
Kalibrierung	mit spannungsfreiem Au-Pulver unter den gleichen experimentellen Bedingungen

## BEISPIELE

### 5 Beispiel 1

Nach den erfindungsgemäßen Verfahren wurde ein WC/Co-Hartmetalls substratkörper im CVD-Verfahren mit einer ersten Schicht von  $0,3 \mu\text{m}$  TiN, einer zweiten Schicht von  $2,5 \mu\text{m}$  TiCN, einer dritten Schicht von  $1 \mu\text{m}$  TiAlCNO, einer vierten Schicht von  $2,5 \mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  und einer äußersten Schicht von  $0,5 \mu\text{m}$  TiN beschichtet. Der beschichtete Substratkörper wurde unter den nachfolgend in Tabelle 3 angegebenen Bedingungen mit feinem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Korund) als Strahlmittel mit einer Maschenzahl von 280 – 320, d. h. einer mittleren Korngröße von ca.  $70 \mu\text{m}$ , Trocken- oder Nassbestrahlung bei einem Strahlwinkel von  $90^\circ$  und einem Strahlabstand (= Abstand von der Düse zur Werkzeugoberfläche) von 100 mm unterzogen. Es wurde nur die Spanfläche des Körpers bestrahlt. Anschließend wurden an der Spanfläche die Eigenspannungen in der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht, der TiCN-Schicht und in der nahen Interface-Substrat-Zone des Substratkörpers nach den zuvor beschriebenen Verfahren bestimmt. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 3 angegeben. Sind für die Eigenspannungen der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht zwei Werte ( $\sigma_{\text{Of}}$ ,  $\sigma_{\text{Gf}}$ ) angegeben, so wurde in der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht ein von der äußeren Oberfläche aus abnehmender Verlauf der Druckeigenspannung bestimmt (Druckeigenspannungsgradient).  $\sigma_{\text{Of}}$  bezeichnet den Wert der Druckeigenspannung an der vom Substratkörper aus gesehen äußeren Seite der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht, und  $\sigma_{\text{Gf}}$  bezeichnet den Wert der Druckeigenspannung an der Grenzfläche der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht zur darunter liegenden TiAlCNO-Schicht.

25 Zu Vergleichszwecken sind in Tabelle 3 die Werte für den beschichteten Substratkörper ohne Strahlbehandlung (Vergleich 1) sowie für eine Strahlbehandlung bei einem Druck von 0,5 bar, d. h. außerhalb des erfindungsgemäßen Bereichs, (Vergleich 2) angegeben.

Die Strahlzeit wurde zwischen 5 und 20 Sekunden variiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Strahlzeit nur einen relativ geringen Einfluss auf den Eigenspannungsverlauf hat.

Der Strahldruck wurde im erfindungsgemäßen Bereich von 1,5 bis 4 bar variiert. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass die erzeugten Druckeigenspannungen bei dem höchsten im erfindungsgemäßen Bereich angewendeten Strahldruck von 4 bar bei gleicher Strahlzeit die höchsten Werte erreichen. Bei dem verwendeten Testsystem ist der höchst mögliche Strahldruck abhängig von der verwendeten Bindungsschicht unterhalb der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht und der erzeugten Vorzugsorientierung (Textur) der Schicht. Bei Strahlrücken von mehr als 4 bar besteht die Gefahr, daß die äußerste Schicht der Beschichtung stark beschädigt wird oder gar bereichsweise abplatzt. Besonders hohe Stabilität liefert eine  $\text{TiAlCN}$ -Bindungsschicht. Geeignet könnte jedoch auch eine  $\text{TiCO}$ -Schicht sein, die jedoch bei dem beispieldgemäßen System eine geringere Stabilität liefert, die einen Strahlruck von 4 bar nicht ermöglichen würde.

Figur 1 zeigt Diagramme der Spannungstiefenverläufe der Experimente 1, 2, 3, 5, 6, 7 und 9, wobei die Eigenspannungswerte der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht jeweils auf der linken Achse und die Eigenspannungswerte der  $\text{TiCN}$ -Schicht und in der nahen Interface-Substrat-Zone des Substratkörpers jeweils auf der rechten Achse in GPa angegeben sind. Positive Werte bezeichnen Zugeigenspannungen, negative Werte bezeichnen Druckeigenspannungen.

Tabelle 3

	Strahldruck	Strahlzeit	Strahlmodus	Eigenspannungen in MPa <sup>*)</sup>			
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		TiCN ( $\sigma$ )	WC <sup>**)</sup> ( $\sigma$ )
				$\sigma_{Of}$	$\sigma_{Gf}$		
Vergleich 1	-	-	-	+ 798		+ 638	- 70
Vergleich 2	0,5 bar	20 s	trocken	- 4200	- 3800	+ 469	+ 150
Exp. 1	1.5 bar	5 s	trocken	- 6000	- 3400	+ 282	- 200
Exp. 2	2 bar	10 s	trocken	- 6056		- 93	- 350
Exp. 3	2 bar	20 s	trocken	- 6573		- 432	- 850
Exp. 4	3 bar	5 s	trocken	- 4117		+ 48	- 874
Exp. 5	3 bar	10 s	trocken	- 6883		- 493	- 850
Exp. 6	3 bar	20 s	trocken	- 6646		- 581	- 1300
Exp. 7	4 bar	10 s	trocken	- 7556		- 998	-1000
Exp. 8	4 bar	10 s	nass	- 471		+ 604	+ 41
Exp. 9	4 bar	20 s	trocken	- 7148		- 1423	- 1500

<sup>\*)</sup> positive Werte bedeuten Zugeigenspannungen, negative Werte bedeuten Druckeigenspannungen.

<sup>\*\*)</sup> Werte sind Mittelwerte der Eigenspannungswerte von der äußersten Oberfläche des Substratkörpers bis zu einer Eindringtiefe von 5  $\mu$ m.

### Beispiel 2

10

Schneideinsätze vom Typ SEHW1204AFN mit dem gleichen Substratkörper und der gleichen Beschichtung wie in Beispiel 1 wurden einer Nachbehandlung durch Trockenstrahlen für jeweils 20 Sekunden mit dem gleichen Strahlmittel wie in Beispiel 1 unterzogen, wobei Strahlbehandlungsdrücke von 1, 2, 3 und 4 bar angewendet wurden. Es wurde nur die Spanfläche des Körpers bestrahlt. Mit den Schneideinsätzen wurden unter gleichen Bedingungen Fräsoperationen in einem Werkstück aus Grauguß GG25 (DIN-Norm 1691) durchgeführt. Der Fräsweg betrug 4000 mm, die Schnittgeschwindigkeit 373 m/min und der Vorschub am Zahn 0,2 mm. Anschließend wurden die Schneideinsätze unter dem Lichtmikroskop untersucht und die Kammriss an der Schneidkante als ein Maß für die Zähigkeit und die Verschleißbeständigkeit gezählt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 4 wiedergegeben.

15  
20

Tabelle 4

Strahl Druck trocken	Kammrisse
1bar	9
2bar	9
3bar	8
4bar	5

- 5 Die Schneidkante des Einsatzes, mit der bei 4 bar durchgeführten Strahlbehandlung und somit den höchsten Eigenspannungen in allen Schichten der Beschichtung und im Substratkörper weist die geringste Anzahl an Kammrissen und somit die höchste Zähigkeit und Verschleißbeständigkeit auf.

**PATENTANSPRÜCHE**

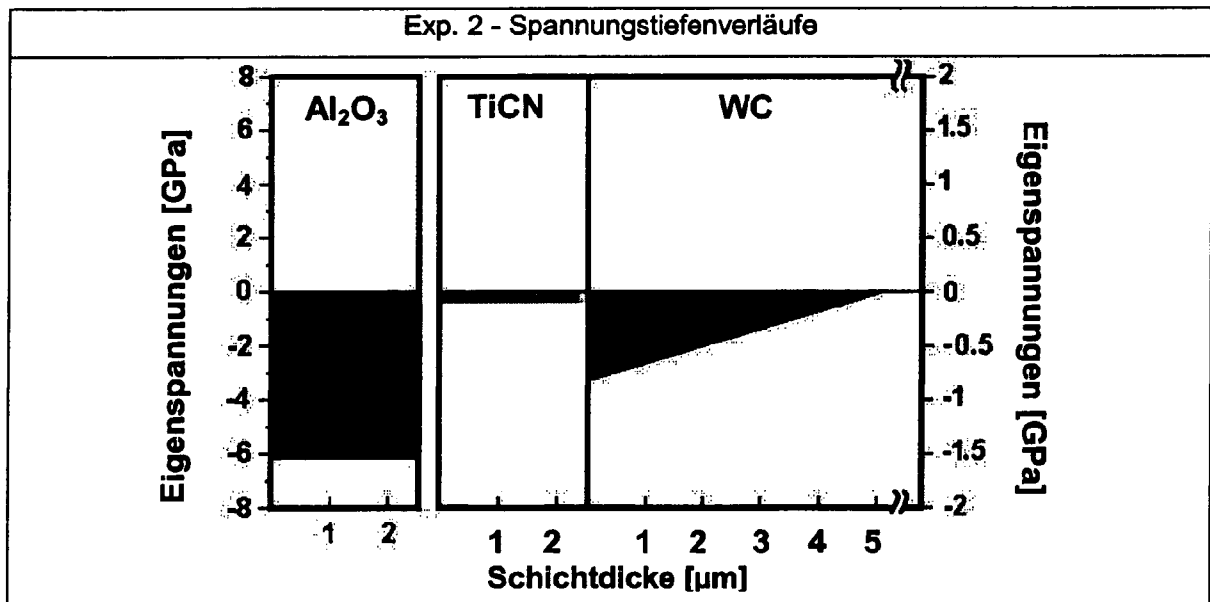
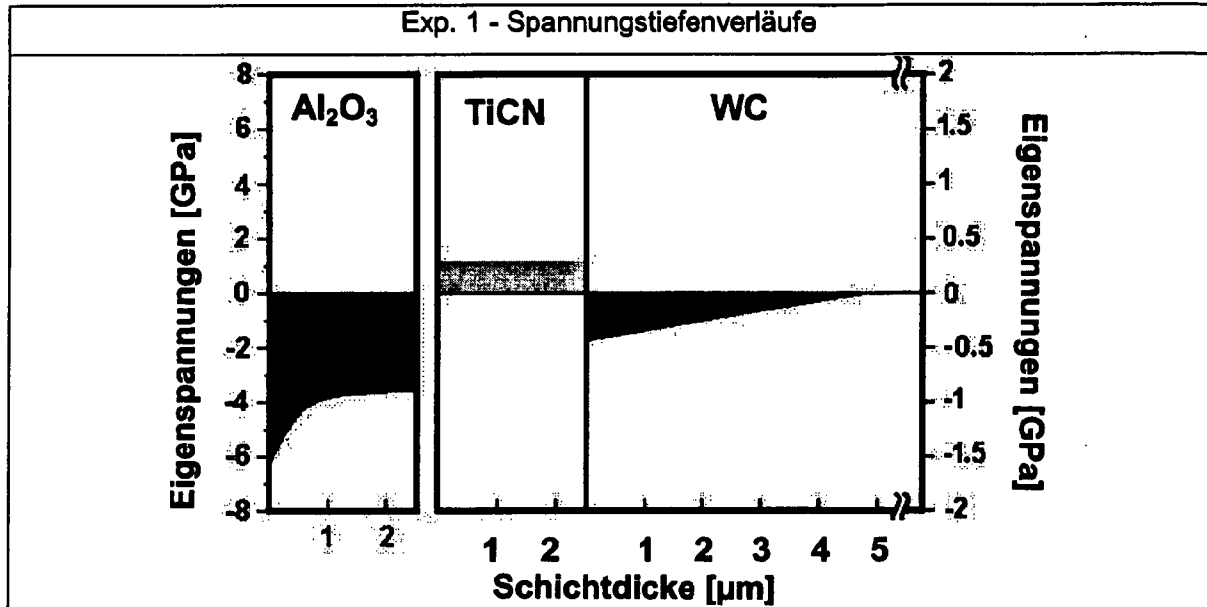
1. Verfahren zur Herstellung eines Schneideinsatzes, bei dem man
- 5 einen Hartmetall-, Cermet-, oder Keramik-Substratkörper mittels eines PCVD- oder CVD-Verfahrens mit einer ein- oder mehrlagigen Beschichtung aus Carbiden, Nitriden, Oxiden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbide, Borocarbonitride, Borooxinitride, Borooxocarbide und/oder Borooxocarbo-
- 10 nitride der Elemente der Gruppen IVa bis VIIa des Periodensystems und/oder des Aluminiums und/oder gemischtmetallischen Phasen und/oder Phasengemischen der vorgenannten Verbindungen beschichtet und den Substratkörper nach der Beschichtung einer Trocken- oder Naßstrahlbehandlung unter Verwendung eines körnigen Strahlmittels unterzieht, wobei
- 15 - die Härte des Strahlmittels gleich der Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist oder  
oder  
die Härte des Strahlmittels größer als die Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist und unter der äußersten Schicht eine Schicht angeordnet ist, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wobei die über der Schicht, deren Härte gleich der Härte des
- 20 Strahlmittels ist, angeordnete(n) Schicht(en) durch die Strahlbehandlung wenigstens von Teilbereichen abgetragen wird (werden),  
- die Gesamtschichtdicke der Beschichtung höchstens 10 µm beträgt,  
- die Strahlbehandlung bei einem Strahlmitteldruck von 1 bar bis 10 bar durchgeführt wird.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtschichtdicke der Beschichtung höchstens 8 µm, vorzugsweise höchstens 7 µm, besonders bevorzugt höchstens 5 µm beträgt.
- 30
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtschichtdicke der Beschichtung wenigstens 2 µm, vorzugsweise wenigstens 3 µm, besonders bevorzugt wenigstens 4 µm beträgt.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- 35 die Strahlbehandlung über einen Zeitraum von wenigstens 5 Sekunden, vorzugsweise einem Zeitraum von wenigstens 10 Sekunden durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlbehandlung bei einem Strahlmitteldruck von 2 bar bis 8 bar, vorzugsweise bei einem Strahlmitteldruck von 3 bar bis 5 bar, besonders bevorzugt bei einem Strahlmitteldruck von etwa 4 bar durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlbehandlung eine Trockenstrahlbehandlung ist.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht ist, vorzugsweise  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine Schichtdicke im Bereich von 1  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von 1,5  $\mu\text{m}$  bis 4  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$  aufweist.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlmittel Korund ist.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine TiCN-Schicht angeordnet ist, wobei über und/oder unter der TiCN-Schicht weitere Schichten angeordnet sein können.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die TiCN-Schicht eine Schichtdicke im Bereich von 1  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von 1,5  $\mu\text{m}$  bis 4  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$  aufweist.
12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Strahlbehandlung in dem Substratkörper im äußersten Oberflächenbereich eine Druckeigenspannung von wenigstens  $-500$  MPa, vorzugsweise von wenigstens  $-1.000$  MPa, besonders bevorzugt von wenigstens  $-1.500$  MPa, ganz besonders bevorzugt von wenigstens  $-2.000$  MPa erzeugt wird.

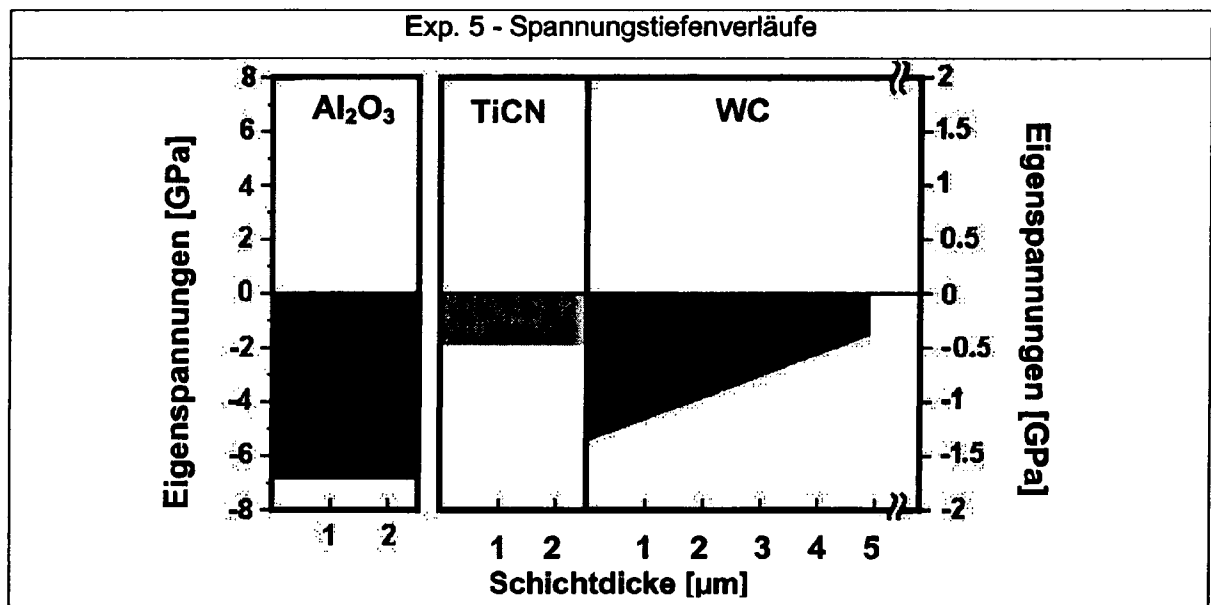
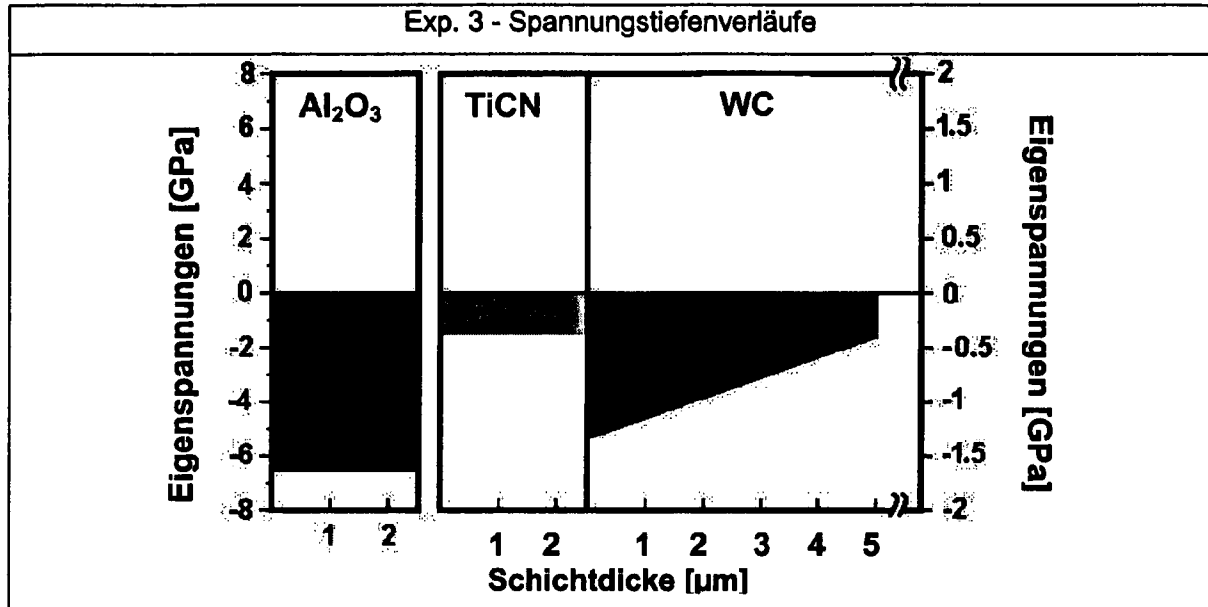
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Strahlbehandlung wenigstens im äußersten Oberflächenbereich der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, eine Druckeigenspannung von wenigstens -2000 MPa, vorzugsweise von wenigstens -4000 MPa, besonders bevorzugt von wenigstens -6000 MPa erzeugt wird.
14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Strahlbehandlung in der äußersten Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, vorzugsweise der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht, eine über die gesamte Dicke dieser Schicht im wesentlichen gleiche Druckeigenspannung mit einer Abweichung des betragsmäßig höchsten Druckeigenspannungswertes von dem betragsmäßig niedrigsten Druckeigenspannungswert von maximal 10 %, vorzugsweise von maximal 5 %, besonders bevorzugt von maximal 2,5 %, erzeugt wird.
15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Strahlbehandlung im Inneren des Substratkörpers in einer Tiefe von 3 bis 4 µm von der äußersten Oberfläche des Substratkörpers eine Druckeigenspannung von wenigstens -250 MPa, vorzugsweise von wenigstens -500 MPa, besonders bevorzugt von wenigstens -750 MPa, ganz besonders bevorzugt von wenigstens -1.000 MPa erzeugt wird.
16. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Strahlbehandlung im Substratkörper erzeugte Druckeigenspannung in einer Tiefe von 5 µm im Inneren des Substratkörpers betragsmäßig um wenigstens 250 MPa, vorzugsweise um wenigstens 500 MPa, besonders bevorzugt um wenigstens 750 MPa, ganz besonders bevorzugt um wenigstens 1.000 MPa niedriger ist als an der äußersten Oberfläche des Substratkörpers.
17. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Härte des Strahlmittels größer als die Härte der äußersten Schicht der Beschichtung ist und unter der äußersten Schicht eine Schicht angeordnet ist, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, wobei die über der Schicht, deren Härte gleich der Härte des Strahlmittels ist, angeordnete(n) Schicht(en) durch die Strahlbehandlung nur von der Spanfläche oder von der die Spanfläche umfassenden Seite des Schneideinsatzes abgetragen wird (werden).

18. Schneideinsatz, herstellbar nach einem Verfahren gemäß einem vorangegangenen Ansprüche.

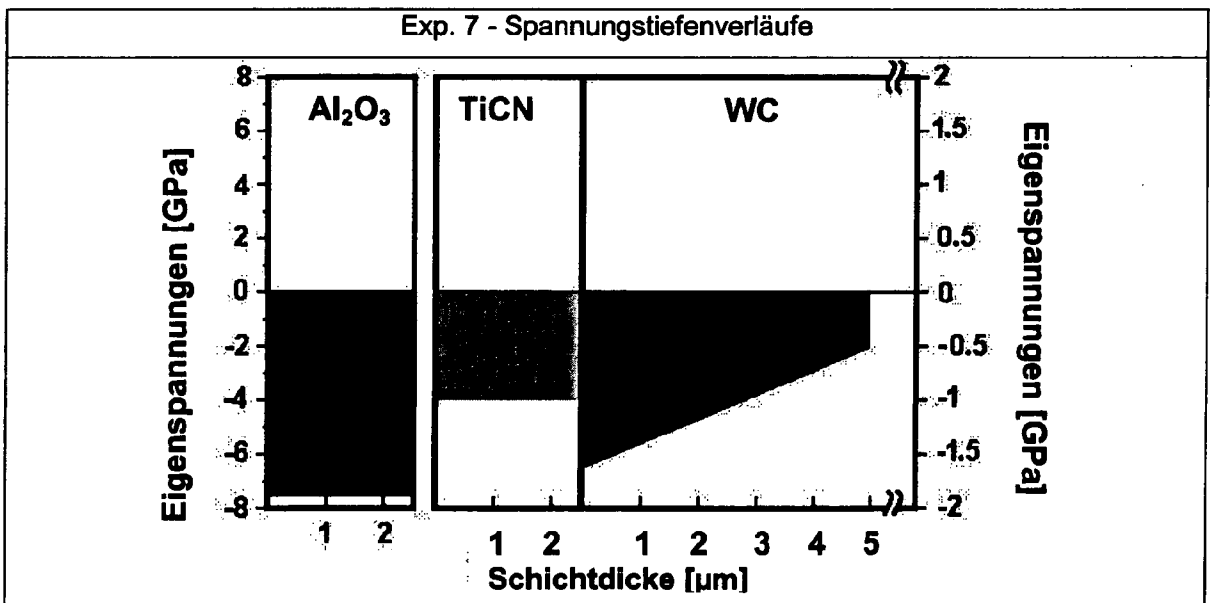
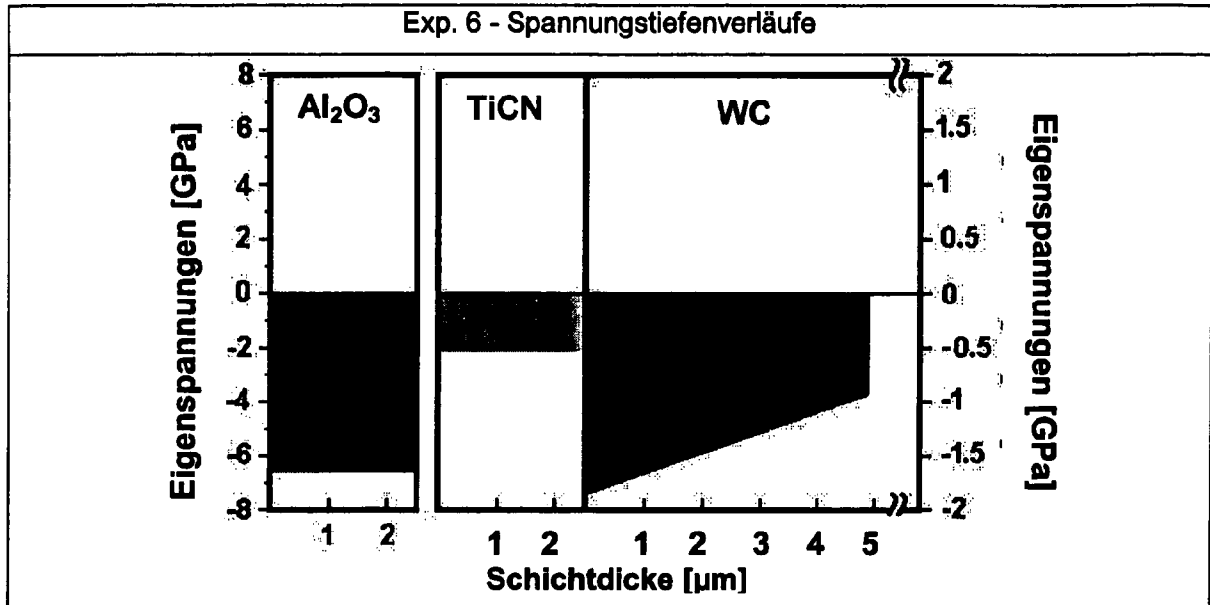
**Figur 1**



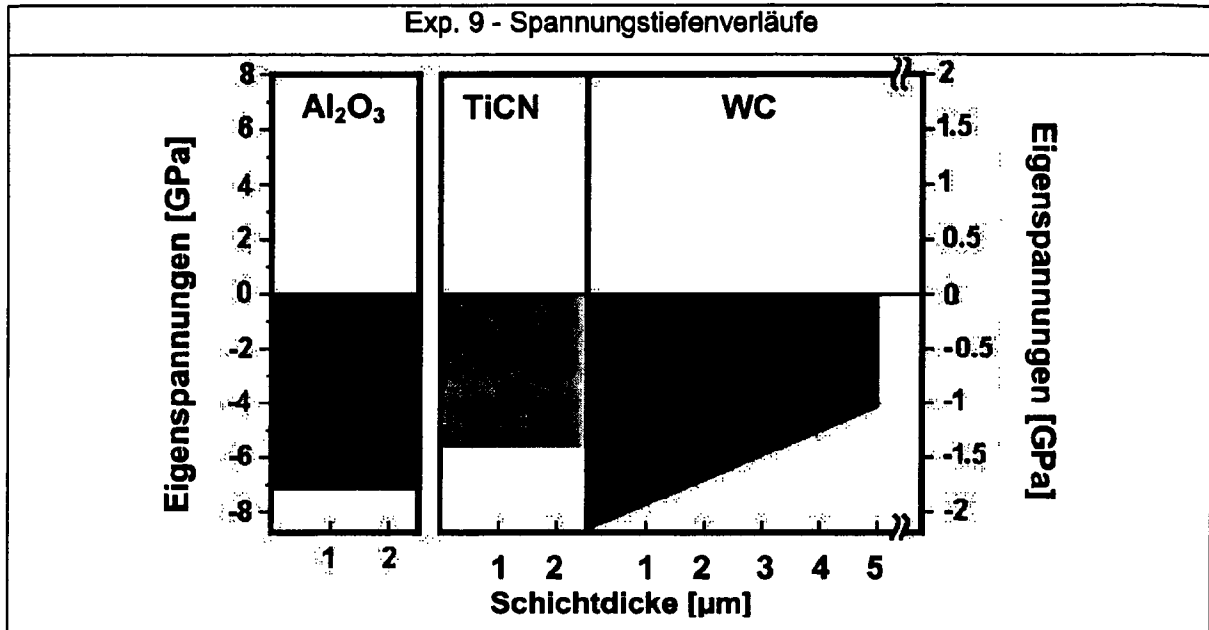
**Figur 1 (Forts.)**



**Figur 1 (Forts.)**



**Figur 1 (Forts.)**



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/061803

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. C23C16/56 C23C30/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2006/112221 A (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CO [JP]; OMORI NAOYA [JP]; OKADA YOSHIO [J] 26 October 2006 (2006-10-26) paragraphs [0046] - [0053]; tables 1,2	1-18
P, X	& EP 1 864 731 A (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CO [JP]) 12 December 2007 (2007-12-12) paragraphs [0046] - [0053]; tables 1,2	1-18
X	US 2006/127671 A1 (PARK GEUN W [KR] ET AL) 15 June 2006 (2006-06-15) paragraphs [0010], [0053], [0067]; table 5	1,6-10, 13,17,18
A	WO 02/077312 A (WIDIA GMBH [DE]; WESTPHAL HARTMUT [DE]; SOTTKE VOLKMAR [DE]) 3 October 2002 (2002-10-03) tables 1,2	4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  21 Januar 2009		Date of mailing of the international search report  29/01/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Schuhmacher, Jörg

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2008/061803
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006112221    A	26-10-2006	EP    1864731 A1 KR 20070114701 A	12-12-2007 04-12-2007
EP 1864731        A	12-12-2007	WO 2006112221 A1 KR 20070114701 A	26-10-2006 04-12-2007
US 2006127671    A1	15-06-2006	NONE	
WO 02077312      A	03-10-2002	EP    1311712 A2 US 2003104254 A1	21-05-2003 05-06-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/061803

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. C23C16/56 C23C30/00		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C23C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2006/112221 A (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CO [JP]; OMORI NAOYA [JP]; OKADA YOSHIO [J] 26. Oktober 2006 (2006-10-26) Absätze [0046] - [0053]; Tabellen 1,2	1-18
P, X	& EP 1 864 731 A (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CO [JP]) 12. Dezember 2007 (2007-12-12) Absätze [0046] - [0053]; Tabellen 1,2	1-18
X	US 2006/127671 A1 (PARK GEUN W [KR] ET AL) 15. Juni 2006 (2006-06-15) Absätze [0010], [0053], [0067]; Tabelle 5	1,6-10, 13,17,18
A	WO 02/077312 A (WIDIA GMBH [DE]; WESTPHAL HARTMUT [DE]; SOTTKE VOLKMAR [DE]) 3. Oktober 2002 (2002-10-03) Tabellen 1,2	4
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
21. Januar 2009	29/01/2009	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter	
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schuhmacher, Jörg	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/061803

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006112221 A	26-10-2006	EP 1864731 A1 KR 20070114701 A	12-12-2007 04-12-2007
EP 1864731 A	12-12-2007	WO 2006112221 A1 KR 20070114701 A	26-10-2006 04-12-2007
US 2006127671 A1	15-06-2006	KEINE	
WO 02077312 A	03-10-2002	EP 1311712 A2 US 2003104254 A1	21-05-2003 05-06-2003