



(11) **EP 2 495 080 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**21.05.2014 Patentblatt 2014/21**

(51) Int Cl.:  
**B26B 21/58<sup>(2006.01)</sup> B26B 21/60<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11001693.8**

(22) Anmeldetag: **01.03.2011**

(54) **Schneidwerkzeug mit Klinge aus feinkristallinem Diamant**

Cutting tool with blade made from fine-crystalline diamond

Outil de coupe doté d'une lame en diamant cristallin fin

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **Strobel, Stefan**  
**89129 Langenau/Hörvelsingen (DE)**
- **Gluche, Peter, Dr.-Ing.**  
**89287 Bellenberg (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.09.2012 Patentblatt 2012/36**

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Theresienhöhe 13**  
**80339 München (DE)**

(73) Patentinhaber: **GFD Gesellschaft für Diamantprodukte mbH**  
**89081 Ulm (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-02/100610 WO-A1-2011/008617**  
**DE-A1- 2 512 001 DE-A1- 3 403 196**  
**US-B1- 6 289 593**

(72) Erfinder:

- **Flöter, André, Dr.**  
**89567 Sontheim (DE)**

**EP 2 495 080 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schneidwerkzeug, insbesondere in Form einer Rasierklinge, eines Skalpells, eines Messers, eines Maschinenmessers, einer Schere, etc., das eine synthetische Diamantschicht mit einer Schneidkante aufweist. Die Diamantschicht besteht dabei aus feinkristallinem Diamant.

**[0002]** Schneidwerkzeuge, wie beispielsweise Messer und Skalpelle, die Diamantschichten aufweisen, sind bereits länger aus dem Stand der Technik bekannt. Diese Schneidwerkzeuge können dabei vollständig aus einer Diamantschicht gebildet sein (Volldiamantklinge), ebenso kann die Möglichkeit gegeben sein, dass eine synthetische Diamantschicht auf einem hierfür geeigneten Substrat aufgebracht ist. Zumeist ist die Schneidkante des Schneidwerkzeuges dabei in der Diamantschicht ausgebildet, da Diamant das härteste bekannteste Material ist.

**[0003]** Diese Klingen zeichnen sich gegenüber beispielsweise Stahlklingen durch eine höhere Schneidfähigkeit (Schärfe) sowie eine höhere Schneidhaltigkeit (Lebensdauer, Standzeit) aus.

**[0004]** Beispiele für die zuvor beschriebenen Diamantklingen mit einem derartigen prinzipiellen Aufbau finden sich in den Druckschriften WO 99/37437, DE 602 10 449 T2, WO 03/101683, DE 10 2004 052 068 A1 sowie WO 98/04382 A1.

**[0005]** Die Diamantmaterialien, die für die aus dem Stand der Technik bekannten Klingen verwendet werden, sind dabei entweder polykristalline Diamantmaterialien, andererseits ist auch der Einsatz von einkristallinem Diamant möglich.

**[0006]** Derartige Diamantmaterialien weisen jedoch eine Reihe von Nachteilen auf.

**[0007]** Einkristalliner Diamant ist einerseits extrem schwierig herzustellen und zu bearbeiten, andererseits sehr teuer, so dass er für den Einsatz bei Massenprodukten, wie beispielsweise Rasierklingen, denkbar ungeeignet ist.

**[0008]** Polykristalline Diamantschichten, wie sie im Stand der Technik verwendet werden, zeichnen sich durch eine deutlich heterogene Verteilung der Größe der kristallinen Domänen aus. Typischerweise variieren die Größen der kristallinen Bereiche bei polykristallinem Diamant über mehrere Größenordnungen. Hierbei finden sich Verteilungen, bei denen die größten auftretenden Kristallitdomänen einen Durchmesser aufweisen, der um einen Faktor 100 größer ist als der Durchmesser der kleinsten auftretenden kristallinen Domänen, wobei typische Werte für die durchschnittliche Größe der Kristallite  $d_{50}$  zwischen 2 und 100  $\mu\text{m}$  liegen. Gemäß dieser Definition liegen zumindest 50 % der Kristallite mit einer durchschnittlichen Größe zwischen 2 und 100  $\mu\text{m}$  vor. Eine derartige polykristalline Diamantschicht ist damit sehr heterogen, jedoch kostengünstig herzustellen.

**[0009]** Bei derartigen polykristallinen heterogenen Diamantschichten hat es sich als nachteilig gezeigt, dass aufgrund der Heterogenität der kristallinen Domänen die

se Klingen äußerst schwer anzuschärfen sind. Selbst für den Fall, dass eine zuverlässige Schneide, d.h. eine glatte und durchgehende Schneide, aus polykristallinem Diamant hergestellt werden kann, ist zu beobachten, dass aufgrund der heterogenen Kristallitdomänen bereits beim erstmaligen Gebrauch eine Schartigkeit zu beobachten ist. Dies ist auf die beim Schneidvorgang auf die Schneidkante auftretenden hohen Schneidkräfte zurückzuführen, wobei stets ein gewisser Anteil vorhandener Kristallite aus dem Kristallitverband herausbricht. Die Größe des Ausbruchs richtet sich dabei nach der Korngröße. Beispielsweise bei Anwendungen, wie Rasierklingen, ist dies jedoch nicht wünschenswert, da derartige Schartigkeiten oder Ausbrüche schnell zu einem Verlust der Schneidfähigkeit oder Erhöhung der Schneidkräfte führen, was sich z.B. in einem schmerzhaften Gefühl bei der Rasur äußern kann, da Verletzungen der Haut auftreten können.

**[0010]** Aufgrund der polykristallinen Struktur und der Ausbildung einer Textur, weisen polykristalline Diamantschichten auf der Wachstumsseite eine hohe Oberflächenrauheit auf. Diese liegt in der Regel über  $r_{\text{ms}} > 1 \mu\text{m}$ .

**[0011]** Dies macht somit eine nachträgliche Politur von polykristallinen Schichten notwendig, um glatte Oberflächen zu erhalten.

**[0012]** Ferner weisen polykristalline Diamantschichten im Querbruch eine kolumnare Struktur auf, d.h. die Korngrenzen verlaufen im Wesentlichen senkrecht zur Substratoberfläche. Da die Korngrenze einen makroskopischen Defekt darstellt, wirkt sie wie eine Sollbruchstelle. Ungünstigerweise beinhalten polykristalline Diamantschichten eine Vielzahl dieser Sollbruchstellen und sind deshalb sehr bruchanfällig. So liegt etwa die Biegebruchspannung  $\sigma_0$  bei polykristallinen Schichten etwa bei ca. 1/10 derer von einkristallinem Diamant.

**[0013]** Durch den heterogenen Aufbau polykristalliner Diamantschichten weisen diese auch meist innere mechanische Spannungen auf, die sich makroskopisch durch einen Verzug der Schichten äußern. Neben den damit verbundenen Problemen der Durchbiegung (Verzug) der Schneidkante verringern diese zusätzlich die Bruchspannung und führen somit zu erhöhter Bruchanfälligkei.

**[0014]** Ausgehend von den aus dem Stand der Technik bekannten Nachteilen ist es daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Schneidwerkzeug anzugeben, das kostengünstig und zuverlässig herstellbar ist, eine zumindest gleiche hohe Schneidfähigkeit und Schneidhaltigkeit gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Diamantklingen aufweist und bei dem Ausbrüche, wie sie bei den polykristallinen Diamant-Schneidwerkzeugen bekannt sind, nur in untergeordneter Ordnung auftreten.

**[0015]** Diese Aufgabe wird bezüglich eines Schneidwerkzeugs mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Verwendungen werden in Anspruch 14 genannt. Die bevorzugten Ausführungsformen stellen dabei vor-

teilhafte Weiterbildungen dar.

**[0016]** Erfindungsgemäß wird somit ein Schneidwerkzeug bereitgestellt, das

a) einen Kern, der zwei sich zu einer inneren Schneide verjüngende Flanken aufweist, wobei die innere Schneide einen ersten Verrundungsradius  $r_1$  aufweist, sowie

b) eine zumindest im Bereich der inneren Schneide und zumindest teilweise auf den Flanken des Kerns aufgebrauchte feinkristalline Diamantschicht, mit einer mittleren Korngröße  $d_{50} \leq 100$  nm, die dem Verlauf der verjüngenden Flanken des Kerns folgend zu einer äußeren Schneide zusammenläuft, wobei die feinkristalline Diamantschicht im Bereich der Flanken eine Schichtdicke  $y$  und im Bereich der Schneide einen zweiten verrundungsradius  $r_2$  aufweist,

umfasst.

**[0017]** Die innere Schneide stellt dabei die Stelle dar, an der die sich verjüngenden Flanken des Kerns zu einer inneren (Schneid-)Kante zusammenlaufen. Die feinkristalline Diamantschicht, die auf dem Kern aufgebracht ist, folgt dabei dem Verlauf der sich verjüngenden Kanten, wobei sich ebenso eine Schneidkante in der feinkristallinen Diamantschicht ausbildet, die "äußere" Schneidkante. Die äußere Schneidkante bildet dabei die eigentliche Schneide des Schneidwerkzeugs.

**[0018]** Maßgeblich ist dabei, dass der Verrundungsradius  $r_2$  der äußeren Schneidkante kleiner ist als der der inneren Schneidkante des Kerns  $r_1$ .

**[0019]** Alle aus dem Stand der Technik bekannten Beschichtungsverfahren zeichnen sich dadurch aus, dass der Verrundungsradius der äußeren Schneidkante  $r_2$  größer ist als der der Schneidkante des Kerns. Das heißt, dass jegliches Aufbringen einer verschleißschutzschicht einem Scheidfähigkeitsverlust (Schärfeverlust) gleichkommt. Aus diesem Grund muss nach dem Stand der Technik grundsätzlich ein Kompromiss zwischen der Schneidhaltigkeit und Schneidfähigkeit der Schneiden gefunden werden. Die verwendeten Schichtdicken von harten verschleißschutzschichten sind deshalb in der Regel in Ihrer Schichtdicke limitiert und meist sehr dünn ( $< 1 \mu\text{m}$ ).

**[0020]** Erfindungsgemäß wird unter feinkristallinem Diamant eine Diamantschicht verstanden, wobei die kristallinen Domänen eine mittlere Korngröße  $d_{50}$  von  $\leq 100$  nm aufweisen. Hierunter wird verstanden, dass zumindest bei 50 % der Kristallite jede Dimension eines einzelnen Kristallits  $\leq 100$  nm ist. Die feinkristalline Diamantschicht zeichnet sich somit durch eine äußerst hohe Homogenität der Kristallite aus.

**[0021]** Überraschenderweise konnte gefunden werden, dass bei Schneidkanten, die aus derartigen feinkristallinen Diamantschichten gebildet sind (gemäß der obenstehend angegebenen Definition ist dies die äußere Schneidkante), ein Ausbrechen, wie es von polykristal-

linem Diamant bekannt ist, quasi vollständig unterbleibt. Gegenüber einkristallinem Diamant hat sich gezeigt, dass die Herstellung von feinkristallinem Diamant verglichen mit der Herstellung von einkristallinem Diamant wesentlich einfacher und kostengünstiger zu bewerkstelligen ist. Somit können auch längere und/oder großflächigere Diamantklingen bereitgestellt werden, wie sie z.B. in Rasierern Verwendung finden, was bei Diamantklingen aus einkristallinem Diamant bislang nicht möglich war.

**[0022]** Aufgrund der extrem hohen Biegebruchspannung des feinkristallinen Diamants ( $\sigma_0 \sim 5,7$  GPa) wird erreicht, dass trotz hoher lokaler mechanischer Beanspruchung ein Ausbrechen einzelner Kristallite aus der feinkristallinen Diamantschicht, insbesondere aus der äußeren Schneidkante, fast vollständig unterbleibt. Auch bei längerem Gebrauch behält daher das Schneidwerkzeug seine ursprüngliche Schärfe nahezu vollständig bei.

**[0023]** Bezüglich der Definition der Biegebruchspannung  $\sigma_0$  wird auf die folgenden Literaturstellen verwiesen:

- R. Morrell et al., Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials, 28 (2010), S. 508-515;
- R. Danzer et al. in "Technische keramische Werkstoffe", herausgegeben von J. Kriegesmann, HvB Verlag, Ellerau, ISBN 978-3-938595-00-8, Kapitel 6.2.3.1 - Der 4-Kugelversuch zur Ermittlung der biaxialen Biegefestigkeit spröder Werkstoffe".

**[0024]** Die Biegebruchspannung  $\sigma_0$  wird dabei durch statistische Auswertung von Bruchversuchen z.B. im B3B Belastungsversuch gemäß den oben stehenden Literaturangaben ermittelt. Sie ist dabei definiert als die Bruchspannung, bei der eine Bruchwahrscheinlichkeit von 63 % vorliegt.

**[0025]** Da feinkristalline Diamantschichten bezüglich Ihrer Korngrößenverteilung homogener sind als polykristalline Diamantschichten, weist das Material auch weniger Eigenspannungen auf. Dadurch ist ein makroskopischer Verzug der Schneide weniger wahrscheinlich.

**[0026]** Die erfindungsgemäßen Schneidwerkzeuge können dabei bezüglich der Schneide symmetrisch oder asymmetrisch ausgebildet sein. Insbesondere ist es möglich, dass das Schneidwerkzeug eine Fase aufweisen kann, d.h. einen zweiten Winkel an der Schneide. Diese Fase kann z.B. im Kern ausgebildet sein und durch gleichmäßige Beschichtung mit der feinkristallinen Diamantschicht an die Oberfläche des Schneidwerkzeugs fortgeführt werden, zusätzlich oder alternativ hierzu ist jedoch ebenso die Ausbildung der Fase in der feinkristallinen Diamantschicht möglich.

**[0027]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass unabhängig voneinander

- a) der erste Verrundungsradius  $r_1$  zwischen 4 nm

und 20  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 0,1 und 5  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 3  $\mu\text{m}$  und/oder

b) der zweite Verrundungsradius  $r_2$  zwischen 3 und 100 nm, bevorzugt zwischen 15 und 70 nm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 50 nm beträgt.

**[0028]** Weiter ist bevorzugt, wenn die Schichtdicke  $y$  der feinkristallinen Diamantschicht zwischen 1 und 500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 1 und 50  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt zwischen 2 und 10  $\mu\text{m}$  beträgt. Die Schichtdicke  $y$  der feinkristallinen Diamantschicht wird dabei im Bereich der die Schneide bildenden Flanken des Kerns und orthogonal zu dieser Flanke bestimmt.

**[0029]** Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die feinkristalline Diamantschicht in Projektion auf die innere Schneide eine Schichtdicke  $x$  aufweist, mit der Maßgabe, dass  $0,1 \leq y/x \leq 0,6$ , bevorzugt  $0,12 \leq y/x \leq 0,5$ , besonders bevorzugt  $0,13 \leq y/x \leq 0,25$  ist. Diese Ausführungsform wird nachstehend anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Die Schichtdicke  $x$  entspricht der kleinsten Distanz zwischen der inneren Schneidkante des Kerns und der äußeren Schneidkante, die in der feinkristallinen Diamantschicht ausgebildet ist. Die Schichtdicke wird dabei in Richtung der Normalenebene an der Tangente der äußeren Schneidkante gemessen. Die Schichtdicke  $x$  entspricht daher dem Abstand der äußeren Schneidkante der feinkristallinen Diamantschicht und der inneren Schneidkante des Kerns.

**[0030]** Weiter ist bevorzugt, wenn die mittlere Korngröße  $d_{50}$  des feinkristallinen Diamants bevorzugt zwischen 5 und 100 nm, besonders bevorzugt zwischen 10 und 70 nm beträgt.

**[0031]** Bevorzugte Schneidwinkel  $\beta$  liegen dabei zwischen  $10^\circ$  und  $40^\circ$ , bevorzugt zwischen  $10^\circ$  und  $30^\circ$ , besonders zwischen  $15^\circ$  und  $25^\circ$ . Der Schneidwinkel  $\beta$  wird dabei durch die feinkristalline Diamantschicht bestimmt, d.h. ist durch den Winkel definiert, unter dem die äußeren Oberflächen des Schneidwerkzeugs an der äußeren Schneidkante zusammenlaufen.

**[0032]** Ein bevorzugter Anteil an  $sp$ - und  $sp^2$ -Bindungen der feinkristallinen Diamantschicht liegt dabei zwischen 0,5 und 10 %, bevorzugt zwischen 2 und 9 %, besonders bevorzugt zwischen 3 und 8 %. Ein höherer  $sp^2$ -Anteil bewirkt dabei, dass das E-Modul der feinkristallinen Diamantschicht etwas erniedrigt wird. Gleichzeitig sinkt ebenso die Härte dieses Materials. Dadurch werden die feinkristallinen Diamantschichten insgesamt flexibler und elastischer und können sich dem Schneidgut bzw. der Kontur des Schneidguts besser anpassen. Gleichzeitig wird eine optimale Anpassung an das Kernmaterial gewährleistet, was die Wahrscheinlichkeit der Delamination der feinkristallinen Diamantschicht herabsetzt.

**[0033]** Vorteilhafte Kernmaterialien sind dabei ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Metallen, wie Titan, Nickel, Chrom, Niob, Wolfram, Tantal, Molybdän, Vanadium, Platin, eisenhaltigen Werkstoffen wie Stahl

und/oder Germanium; aus kohlenstoff- und/oder stickstoff- oder bor-haltigen Keramiken, wie Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Bornitrid, Tantalcarbid, Wolframkarbid, Molybdänkarbid, Titanitride, TiAlN, TiCN und/oder TiB<sub>2</sub>, Glaskeramiken; Verbundwerkstoffen aus keramischen Werkstoffen in einer metallischen Matrix (Cermets); Hartmetallen; gesinterten Carbidhartmetallen, wie z.B. Cobalt- oder Nickel-gebundenen Wolframcarbiden oder Titancarbiden; Silizium, Glas oder Saphir; sowie ein- oder polykristallinem Diamant und/oder diamantartigen Kohlenstoffschichten.

**[0034]** Die Erfindung sieht somit vor, dass der Kern beispielsweise aus gängigen Metallen oder Legierungen gebildet wird, ebenso ist vorgesehen, dass der Kern auch aus ein- bzw. polykristallinem Diamant oder diamantartigen Kohlenstoffmaterialien gebildet sein kann. In diesem Sinne könnte man bei der zuletzt genannten Ausführungsform auch von einer "Volldiamantklinge" sprechen, wobei jedoch zwei verschiedene Diamantmaterialien verwendet werden.

**[0035]** Für den Fall, dass polykristalline Materialien als Kernmaterialien verwendet werden, ist es vorteilhaft, wenn der durchschnittliche Korndurchmesser  $d_{50}$  der die äußere Schneide bildenden feinkristallinen Diamantschicht kleiner ist als der durchschnittliche Korndurchmesser  $d_{50}$  des Kernmaterials.

**[0036]** In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Biegebruchspannung  $\sigma_0$  der Diamantschicht  $> 2$  GPa, bevorzugt  $> 4$  GPa, besonders bevorzugt  $> 5$  GPa.  $\sigma_0$  ist dabei wie oben stehend definiert.

**[0037]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform beträgt der E-Modul der Diamantschicht  $< 1.200$  GPa, bevorzugt  $< 900$ , besonders bevorzugt  $< 750$  GPa.

**[0038]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass das Verhältnis  $r_2/d_{50}$  des Verrundungsradius der Diamantschicht an der äußeren Schneidkante zur mittleren Korngröße des feinkristallinen Diamants zwischen 0,03 und 20, bevorzugt zwischen 0,05 und 15, besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 10 liegt.

**[0039]** Weiterhin ist vorteilhaft, wenn der in Richtung der Dicke  $y$  der feinkristallinen Diamantschicht gemessene Gradient der mittleren Korngröße des feinkristallinen Diamants  $< 300$  %, bevorzugt  $< 100$  %, besonders bevorzugt  $< 50$  % beträgt. Diese Ausführungsform sieht vor, dass der mittlere Korngrößendurchmesser der feinkristallinen Domänen der Diamantschicht durch die gesamte Schichtdicke hindurch relativ gleichmäßig bis besonders gleichmäßig verteilt ist, d.h. die Korngrößen sind auf der einen Seite der Diamantschicht ca. gleich groß wie auf der anderen Seite der Diamantschicht; besonders vorteilhaft ist dabei natürlich eine nahezu oder eine vollständig komplette Homogenität der feinkristallinen Domänen der Diamantschicht. Der Gradient wird dadurch bestimmt, dass der mittlere Korngrößendurchmesser  $d_{50}$  auf einer Seite der Diamantschicht ermittelt wird und in Bezug zum mittleren Korngrößendurchmesser auf der gegenüberliegenden Seite der Diamantschicht in Bezug gesetzt wird.

**[0040]** Besonders bevorzugte Ausführungsformen sehen vor, dass beispielsweise zwischen dem Kern und der feinkristallinen Diamantschicht mindestens eine erste Haftvermittlerschicht, bevorzugt aus Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Wolfram, Titan oder Silizium angeordnet ist. Die erste Haftvermittlerschicht erhöht dabei die Stärke des mechanischen Verbunds zwischen Kern und feinkristalliner Diamantschicht.

**[0041]** Zudem ist es unabhängig von der zuvor genannten Ausführungsform ebenso möglich, dass zusätzlich oder alternativ hierzu auf der feinkristallinen Diamantschicht mindestens eine zweite Haftvermittlerschicht, bevorzugt aus Cr, Pt, Ti oder W, sowie darauf eine Gleitschicht, insbesondere eine Polymerschicht, bevorzugt eine PTFE-Schicht, eine Kohlenstoffschicht, bevorzugt eine Graphitschicht und/oder eine DLC-Schicht, aufgebracht ist. Die zweite Haftvermittlerschicht dient ebenso der besseren Anbindung der Gleitschicht an die feinkristalline Diamantschicht. Für den Fall, dass Kohlenstoffschichten, Graphit- oder DLC-Schichten als Gleitschicht verwendet werden, kann auf die zweite Haftvermittlerschicht auch verzichtet werden, da ein direktes Anbinden der Kohlenstoffschichten an die feinkristalline Diamantschicht möglich ist. Die Gleitschicht dient dabei der Reibungsminimierung zwischen Schneidwerkzeug und Schneidgut. Ebenso wird eine Minimierung von Schmutzanhaftung, eine Vermeidung von Schneidstaub sowie eine Verringerung der Schneidkräfte erreicht.

**[0042]** Die Diamantschicht ist dabei bevorzugt sehr glatt ausgebildet, d.h. weist eine mittlere Oberflächenrauigkeit von  $R_A < 5 \mu\text{m}$ , bevorzugt  $< 2 \mu\text{m}$ , weiter bevorzugt  $< 1 \mu\text{m}$  auf. Dies macht eine zusätzliche mechanische Politur der gewachsenen Diamantoberfläche überflüssig.

**[0043]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Schneidwerkzeugs sieht vor, dass das Schneidwerkzeug in regelmäßigen Abständen, bevorzugt in regelmäßigen Abständen von weniger als 10 mm, Einkerbungen oder Durchtrennungen aufweist. Diese Einkerbungen in die Klinge bzw. die Durchtrennungen der Klinge bis zum Rumpf hin können dabei in regelmäßigen Abständen von kleiner 10 mm ausgebildet sein. Bevorzugte Abstände liegen dabei beispielsweise zwischen 5 und 9 mm. Diese Einkerbungen ermöglichen eine Führung der Klinge relativ zum Schneidgut und somit eine Stabilisierung des Schneidwerkzeugs während des Schneidvorganges.

**[0044]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die Kristallite der feinkristallinen Diamantschicht bevorzugt in  $\langle 100 \rangle$ -,  $\langle 110 \rangle$ - und/oder  $\langle 111 \rangle$ -Richtung aufgewachsen sind, d.h. eine Textur vorliegt. Dies kann aus dem Herstellungsprozess resultieren, bei dem die Wachstumsgeschwindigkeit bestimmter Kristallrichtungen gezielt bevorzugt werden kann. Diese anisotrope Textur der Kristallite beeinflusst die mechanischen Eigenschaften ebenso positiv. Insbesondere ist das Schneidwerkzeug als Klinge, Messerklinge, Rasierklinge, Skalpell, Messer, Maschinenmesser, Schere oder Maschinenschere ausgebildet bzw. kann als solches ver-

wendet werden. Ebenso ist es möglich, dass das Schneidwerkzeug als Rasiersystem, d.h. als Kopf mit mehreren Rasierklingen ausgebildet ist bzw. als solches verwendet werden kann. Dabei sind alle Rasierklingen als erfindungsgemäßes Schneidwerkzeug ausgebildet.

**[0045]** Erfindungsgemäß wird ebenso ein Verfahren zur Herstellung eines zuvor beschriebenen Schneidwerkzeugs angegeben, bei dem

a) ein Kern mit zwei sich zu einer inneren Schneide verzweigenden Flanken bereitgestellt wird,

b) zumindest auf Teilen der Flanken des Kerns sowie der inneren Schneide feinkristalline Diamantimpfkristalle abgeschieden werden,

c) eine feinkristalline Diamantschicht an den Stellen, an denen die Impfkristalle aufgebracht sind, mittels eines CVD-Prozesses aufgewachsen wird, wobei sich eine durchgängige feinkristalline Diamantschicht mit einer äußeren Schneide ausbildet, sowie

d) die feinkristalline Diamantschicht im Bereich der äußeren Schneide mittels eines Plasma- oder

**[0046]** Ionenätzverfahrens geschärft und gegebenenfalls geglättet wird.

**[0047]** In Schritt c) kann das Abscheiden der feinkristallinen Diamantschicht z.B. auf die im folgenden Beispiel angegebene Weise erfolgen.

#### Beispiel

**[0048]** Die feinkristallinen Diamantschichten werden z.B. mittels eines "Heißdraht-CVD-Verfahrens" hergestellt. Bei diesem Verfahren wird in einer Vakuumkammer mittels heißer Drähte, z.B. Wolframdrähte, eine Gasphase bestehend aus z.B. 1 bis 5 Vol.-%  $\text{CH}_4$  und 95 bis 99 Vol.-% Wasserstoff aktiviert. Die Drahttemperatur liegt beispielsweise in einem Bereich von  $1.800^\circ\text{C}$  bis  $2.400^\circ\text{C}$ . Bei einem Abstand zwischen dem Substrat und den Drähten von 1 cm bis 5 cm wird dabei eine Substrattemperatur von  $600^\circ\text{C}$  bis  $900^\circ\text{C}$  eingestellt. Der Druck der Gasatmosphäre liegt zwischen 3 mbar und 30 mbar. Dabei erfolgt eine Abscheidung der feinkristallinen Diamantschicht auf dem Substrat.

**[0049]** Optional kann vor Schritt b) mindestens eine erste Haftvermittlerschicht auf dem Kern abgeschieden und die Impfkristalle auf der mindestens einen ersten Haftvermittlerschicht abgeschieden werden.

**[0050]** Die Haftvermittlerschicht kann hierbei gleichzeitig als Diffusionsbarriere für den nachfolgenden CVD Wachstumsschritt dienen und das Kernmaterial vor Degradation durch die aggressiven Umgebungsbedingungen schützen.

**[0051]** Ebenso ist es vorteilhaft, wenn nach Schritt d) auf der feinkristallinen Diamantschicht mindestens eine zweite Haftvermittlerschicht, bevorzugt aus Cr, Pt, Ti

oder W, sowie darauf eine Gleitschicht, insbesondere eine Polymerschicht, bevorzugt eine PTFE-Schicht, eine Kohlenstoffschicht, bevorzugt eine Graphitschicht und/oder eine DLC-Schicht, abgeschieden wird. Für den Fall, dass Kohlenstoffschichten, Graphit- oder DLC-Schichten als Gleitschicht verwendet werden, kann auf die zweite Haftvermittlerschicht auch verzichtet werden, da ein direktes Anbinden der Kohlenstoffschichten an die feinkristalline Diamantschicht möglich ist.

**[0052]** Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass nach Abschluss des zuvor genannten Verfahrens Einkerbungen in das zuvor beschriebene Schneidwerkzeug eingebracht werden.

**[0053]** Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren näher erläutert, ohne die Erfindung auf die dort dargestellten speziellen Parameter zu beschränken. Die Figuren stellen keine maßstabgetreuen Abbildungen dar.

**[0054]** Dabei zeigt

Figur 1 einen Vergleich dreier Typen von Klingen, nämlich a) eine Volldiamantklinge aus einkristallinem Diamant (Stand der Technik), b) eine Volldiamantklinge aus polykristallinem Diamant (Stand der Technik), sowie c) eine erfindungsgemäße Volldiamantklinge aus feinkristallinem Diamant;

Figur 2 einen typischen Aufbau eines Schneidwerkzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung in symmetrischer Ausführungsform;

Figur 3 einen typischen Aufbau eines Schneidwerkzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung in asymmetrischer Ausführungsform mit Haftvermittler und Gleitschicht;

Figur 4 ein Beispiel für ein Schneidwerkzeug gemäß der vorliegenden Erfindung mit Haftvermittler- und Gleitschicht;

Figur 5 zwei weitere Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs, bei dem Einkerbungen vorgesehen sind;

Figur 6 eine schematische Darstellung des Herstellungsverfahrens eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs; sowie

Figur 7 eine Variante des erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs mit polykristallinem Kern.

Figur 8 zeigt verschiedene Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs, beispielsweise in Form eines Maschinenmessers a), eines Küchenmessers b) bzw. verschieden ausgestalteter Klingen c) bzw. d). Ebenso sind Rasierklingen (siehe e)) möglich.

**[0055]** Figur 1 zeigt drei verschiedene Varianten aus Klingen, die jeweils komplett aus Diamant gebildet sind. Figur 1a zeigt eine Klinge, die aus einkristallinem Diamant besteht. Allerdings ist es extrem schwierig, einkristallinen Diamant in makroskopischer Ausbildung, wie beispielsweise Klingen, effizient und reproduzierbar herzustellen, so dass derartige Klingen nur in limitierter Stückzahl erhältlich sind und zudem sehr teuer sind. Ebenso ist der Verrundungsradius  $r$  der Schneide ange-

deutet (Detail D).

**[0056]** Figur 1b zeigt standardmäßig aus dem Stand der Technik bekannte Volldiamantklingen, die auf polykristallinem Diamantmaterial beruhen. In Figur 1b ist die Polymorphie der angeordneten Kristallit-Domänen des polykristallinen Materials dargestellt. Bei einem Schneidvorgang an der Kante kann es bei den hier auftretenden hohen Schneidkräften dazu kommen, dass einzelne Kristallite aus der Klinge, insbesondere im Bereich bevorzugt entlang von Korngrenzen der Schneidkante (siehe Detail A), ausbrechen, so dass die Klinge z.B. bereits beim erstmaligen Gebrauch eine erhöhte Schartigkeit aufweist. Hieraus resultiert eine äußerst inhomogen ausgebildete Schneidkante, die die Schneidfähigkeit und die Schneidhaltigkeit einer derartigen Klinge maßgeblich beeinträchtigt.

**[0057]** In Figur 1c ist eine Klinge aus nano- oder feinkristallinem Diamantmaterial dargestellt. Im Vergleich zur in Figur 1b dargestellten polykristallinen Diamantklinge fällt auf, dass die Größe, d.h. der Durchmesser  $d$  der jeweiligen Kristallitdomänen, um ein Vielfaches kleiner ausgebildet ist als bei polykristallinem Diamant (vgl. insbesondere Detail B und C). Besonders vorteilhaft ist dabei, dass ein das Ausbrechen der Klinge im Schneidbereich im Vergleich zur Ausprägungsform des polykristallinen Diamants gemäß Figur 1b wesentlich verringert ist, da die Kristallite, die gegebenenfalls herausbrechen können, wesentlich kleiner ausgeprägt sind. Somit sind Schädigungen der Klinge im Vergleich zur Figur 1b lediglich auf mikroskopischem Maßstab feststellbar, so dass die makroskopische Struktur der Schneidkante der Klinge gemäß Figur 1c im Wesentlichen unbeeinträchtigt bleibt. Insofern ist eine deutliche Steigerung der Schärfe, auch bei längerem Gebrauch der Klinge, beobachtbar. Die nanokristallinen Kristallitdomänen einer Klinge gemäß Figur 1c liegen dabei unterhalb 500 nm, während polykristalline Diamantkristalldomänen eine durchschnittliche Größenordnung der Kristallitdomäne  $d_{50}$  zwischen 2 und 100  $\mu\text{m}$  aufweisen.

**[0058]** Figur 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Schneidwerkzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung. Hierbei ist eine feinkristalline Diamantschicht 2 auf einem Kern 1 angeordnet. Der Kern weist dabei zwei sich zu einer ersten, inneren Schneidkante verjüngenden Flanken auf, auf den Flanken ist dabei die feinkristalline Diamantschicht 2 abgeschieden. Die Diamantschicht 2 weist dabei eine Schichtdicke  $y$  auf, die orthogonal beispielsweise zu einer Flanke des Kerns 1 gemessen wird. Auch auf den Seiten des Kerns, der nicht verjüngend zur

ersten Schneidkante zuläuft, kann die Diamantschicht 2 aufgebracht sein, wie in Figur 2 dargestellt ist. Die Diamantschicht 2 folgt dabei dem Verlauf der beiden Flanken des Kerns 1 und verzüngt sich somit ebenso zu einer Schneidkante, die die Diamantschicht 2 abschließt. Im Bereich der Schneidkante weist die Diamantschicht 2 dabei eine Schichtdicke  $x$  auf, die dem kleinsten Abstand zwischen der inneren Schneidkante des Kerns und der äußeren Schneidkante, welche durch die feinkristalline Diamantschicht 2 gebildet wird, entspricht.  $x$  wird dabei in Richtung der Normalebene zur Tangente der äußeren Schneidkante gemessen. Dargestellt ist ebenso der Schneidwinkel  $\beta$ , der durch die Neigung der durch die feinkristalline Diamantschicht gebildeten äußeren Flanken des Schneidwerkzeugs gebildet wird.

**[0059]** In Figur 3 ist eine weitere Ausführungsform des Aufbaus des erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs dargestellt. Dieses Schneidwerkzeug ist bezüglich der Schneidkante 5 asymmetrisch ausgebildet. Hierbei ist ein Kern 1 vorgesehen, auf dem eine feinkristalline Diamantschicht 2 abgeschieden ist. Gemäß der hier speziell dargestellten Ausführungsform ist weiter auf der feinkristallinen Diamantschicht 2 eine Haftvermittlerschicht 3 sowie eine Gleitschicht 4 aufgebracht. Als Haftvermittlerschicht 3 kommen hierbei beispielsweise aufgedampfte dünne Metallschichten z.B. aus Chrom, Platin, Wolfram, Titan oder Silizium in Frage, während bevorzugte Gleitschichten 4 Polymerschichten, z.B. aus PTFE oder Kohlenstoffschichten, darstellen. Die Darstellung ist dabei nicht maßstabsgetreu; normalerweise ist die feinkristalline Diamantschicht dicker als die Haftvermittlerschicht. Gemäß dieser Ausführungsform kann der Kern beispielsweise aus metallischen Materialien oder Metalllegierungen bestehen, z.B. ist es möglich, dass als Kernmaterial ein Stahlmaterial, ein keramisches Material oder Silizium zugrunde gelegt wird. Beispielsweise kommen folgende Materialien für den Kern in Frage: Metalle, wie Titan, Nickel, Chrom, Niob, Wolfram, Tantal, Molybdän, Vanadium, Platin, eisenhaltige Werkstoffe, wie Stahl und/oder Germanium; kohlenstoff- und/oder stickstoff- oder bor-haltige Keramiken, wie Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Bornitrid, Tantalokarbid, Wolframkarbid, Molybdänkarbid, Titanitride, TiAlN, TiCN und/oder TiB<sub>2</sub>, Glaskeramiken; Verbundwerkstoffe aus keramischen Werkstoffen in einer metallischen Matrix (Cermets); Hartmetalle; gesinterte Carbidhartmetalle, wie z.B. Cobalt- oder Nickel-gebundene Wolframcarbiden oder Titancarbiden; Silizium, Glas oder Saphir; sowie ein- oder polykristalliner Diamant und/oder diamantartige Kohlenstoffschichten. Ebenso ist es jedoch möglich, dass das Kernmaterial aus einkristallinem oder polykristallinem Diamant besteht; weiter können hierfür diamantartige Kohlenstoffmaterialien verwendet werden. In diesem Fall ist der prinzipielle Aufbau (mit Ausnahme der Metallschicht 3 und der Gleitschicht 4) daher komplett aus unterschiedlichem Diamant bzw. diamantartigen Kohlenstoffmaterialien gebildet. In Fig. 3 ist ebenso der Schneidwinkel  $\beta$  dargestellt.

**[0060]** Figur 4 gibt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wieder, die prinzipiell den gleichen Aufbau wie in Figur 3 dargestellt, aufweist, allerdings weist das Schneidwerkzeug eine symmetrische Ausbildung bezüglich der Schneidkante 5 auf. In Fig. 4 ist ebenso der Schneidwinkel  $\beta$  dargestellt.

**[0061]** In Figur 5 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Diamantklinge dargestellt, die Einkerbungen in der Schneide aufweist. Der Kernschichtaufbau ist dabei aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Die Einkerbungen sind dabei durchgehend durch die Diamantklinge ausgebildet und können beispielsweise, wie in Figur 5a dargestellt, in regelmäßigen Abständen ausgebildet sein. Der hier dargestellte regelmäßige Abstand kann beispielsweise weniger als 10 mm, z.B. 5 mm, betragen. Figur 5b zeigt eine weitere Variante der Klinge, bei der die Einkerbung breiter ausgebildet ist, die Breite einer derartigen Einkerbung kann beispielsweise zwischen 0,01 und 1 mm liegen.

**[0062]** Figur 6 zeigt die prinzipiellen Verfahrensschritte, die beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs durchlaufen werden. Im ersten Schritt (Schritt a)) wird dabei ein Kernmaterial mit bereits vorgegebenem Schneidwinkel der Flanken bereitgestellt. Auf den Flanken des Kernmaterials werden zumindest bereichsweise Impfkristalle aus Diamant abgeschieden (dieser Schritt ist nicht dargestellt). Im Schritt b) wird über ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren eine feinkristalline Diamantschicht 2 abgeschieden, so dass der Schneidbereich, d.h. der Bereich nahe der äußeren Schneidkante, vollständig mit der feinkristallinen Diamantschicht 2 bedeckt ist. Im abschließenden Schritt c) erfolgt eine Schärfung, d.h. ein partielles Abtragen der feinkristallinen Diamantschicht; dieser Schritt erfolgt mittels eines Plasma- oder Ionenätzverfahrens.

**[0063]** In Figur 7 ist eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs dargestellt, wobei der Kern aus polykristallinen Materialien gebildet ist, während hierauf die feinkristalline Diamantschicht 2 abgeschieden ist. Erkennbar ist, dass die durchschnittlichen Größen der Kristallitdomänen des Kerns wesentlich größer sind als die Kristallitdomänen der feinkristallinen Diamantschicht. Beispielsweise können als Kernmaterialien Hartmetalle, polykristalliner Diamant, polykristallines Silizium, polykristalline keramische Materialien und/oder polykristalline Metalle zum Einsatz kommen.

**[0064]** Figur 8 zeigt verschiedene Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs, beispielsweise in Form eines Maschinenmessers a), eines Küchenmessers b) bzw. verschieden ausgestalteter Klängen c) bzw. d). Ebenso sind Rasierklängen (siehe e)) möglich.

## Patentansprüche

1. Schneidwerkzeug, umfassend

- a) einen Kern, der zwei sich zu einer inneren Schneide verjüngende Flanken aufweist, wobei die innere Schneide einen ersten Verrundungsradius  $r_1$  aufweist, sowie
- b) eine zumindest im Bereich der inneren Schneide und zumindest teilweise auf den Flanken des Kerns aufgebrauchte feinkristalline Diamantschicht mit einer mittleren Korngröße  $d_{50} \leq 100$  nm, die dem Verlauf der verjüngenden Flanken des Kerns folgend zu einer äußeren Schneide zusammenläuft, wobei die feinkristalline Diamantschicht im Bereich der Flanken eine Schichtdicke  $y$  zwischen 1 und 500  $\mu\text{m}$  aufweist und im Bereich der äußeren Schneide einen zweiten Verrundungsradius  $r_2$  aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Verrundungsradius  $r_2$  kleiner ist als der erste Verrundungsradius  $r_1$ , mit der Maßgabe, dass die feinkristalline Diamantschicht zwischen innerer und äußerer Schneide eine Schichtdicke  $x$  aufweist, wobei das Schichtdickenverhältnis  $y/x$  (Flanke/Schneide) der feinkristallinen Diamantdicke  $0,1 \leq y/x \leq 0,6$  ist.
2. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) der erste Verrundungsradius  $r_1$  zwischen 4 nm und 20  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 0,1 und 5  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 3  $\mu\text{m}$  und/oder
- b) der zweite Verrundungsradius  $r_2$  zwischen 3 und 100 nm, bevorzugt zwischen 15 und 70 nm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 50 nm beträgt.
3. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke  $y$  der feinkristallinen Diamantschicht zwischen 1 und 50  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt zwischen 2 und 10  $\mu\text{m}$  beträgt.
4. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die feinkristalline Diamantschicht zwischen innerer und äußerer Schneide eine Schichtdicke  $x$  aufweist, wobei das Schichtdickenverhältnis  $y/x$  (Flanke/Schneide) der feinkristallinen Diamantschicht  $0,12 \leq y/x \leq 0,5$ , bevorzugt  $0,13 \leq y/x \leq 0,25$  beträgt.
5. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schneidwinkel  $\beta$  zwischen  $10^\circ$  und  $40^\circ$ , bevorzugt zwischen  $10^\circ$  und  $30^\circ$ , besonders bevorzugt zwischen  $15^\circ$  und  $25^\circ$  beträgt.
6. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material des Kerns ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Metallen, wie Titan, Nickel, Chrom, Niob, Wolfram, Tantal, Molybdän, Vanadium, Platin, eisenhaltigen Werkstoffen wie Stahl und/oder Germanium; aus kohlenstoff- und/oder stickstoff- oder bor-haltigen Keramiken, wie Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Bornitrid, Tantalcarbid, wolframkarbid, Molybdänkarbid, Titanitride, TiAlN, TiCN und/oder TiB<sub>2</sub>, Glaskeramiken; Verbundwerkstoffen aus keramischen Werkstoffen in einer metallischen Matrix (Cermets); Hartmetallen; gesinterten Carbidhartmetallen, wie z.B. Cobalt- oder Nickel-gebundenen Wolframcarbiden oder Titancarbiden; Silizium, Glas oder Saphir; sowie ein- oder polykristallinem Diamant und/oder diamantartigen Kohlenstoffschichten.
7. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis  $r_2/d_{50}$  des Verrundungsradius der Diamantschicht an der äußeren Schneidkante zur mittleren Korngröße des feinkristallinen Diamants zwischen 0,03 und 20, bevorzugt zwischen 0,05 und 15, besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 10 liegt.
8. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in Richtung der Dicke  $y$  der feinkristallinen Diamantschicht gemessene Gradient der mittleren Korngröße des feinkristallinen Diamants  $< 300$  %, bevorzugt  $< 100$  %, besonders bevorzugt  $< 50$  % beträgt.
9. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) zwischen dem Kern und der feinkristallinen Diamantschicht mindestens eine erste Haftvermittlerschicht, bevorzugt aus Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Wolfram, Titan oder Silizium und/oder
- b) auf der feinkristallinen Diamantschicht mindestens eine zweite Haftvermittlerschicht, bevorzugt aus Cr, Pt, Ti oder W, sowie darauf eine Gleitschicht, insbesondere eine Polymerschicht, bevorzugt eine PTFE-Schicht, eine Kohlenstoffschicht, bevorzugt eine Graphitschicht und/oder eine DLC-Schicht, aufgebracht ist.
10. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diamantschicht eine mittlere Oberflächenrauigkeit von  $R_A < 5$   $\mu\text{m}$ , bevorzugt  $< 2$   $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 1$   $\mu\text{m}$  aufweist.
11. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schneidwerkzeug in regelmäßigen Abständen, be-

vorzugt in regelmäßigen Abständen von weniger als 10 mm, Einkerbungen oder Durchtrennungen aufweist.

12. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Falle eines polykristallinen Kernmaterials der mittlere Korndurchmesser  $d_{50}$  der feinkristallinen Diamantschicht kleiner ist als der durchschnittliche Korndurchmesser  $d_{50}$  des polykristallinen Kernmaterials.
13. Schneidwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kristallite der feinkristallinen Diamantschicht vornehmlich eine <100>-, <110>- oder <111>-Textur aufweisen.
14. Verwendung eines Schneidwerkzeugs nach einem der Ansprüche 1 bis 13 als Klinge, Messerklinge, Rasierklinge, Rasiersystem, Skalpell, Messer, Maschinenmesser, Schere oder als Maschinenschere.

## Claims

### 1. Cutting tool, comprising

a) a core, which has two flanks tapering towards an inner cutting edge, wherein the inner cutting edge has a first rounding radius  $r_1$ , as well as

b) a fine crystalline diamond layer applied at least in the region of the inner cutting edge and at least partially on the flanks of the core, having an average particle size  $d_{50} \leq 100\text{nm}$ , which converges towards an outer cutting edge following the course of the tapering edges of the core, wherein the fine crystalline diamond layer has a layer thickness  $y$  between 1 and 500  $\mu\text{m}$  in the region of the flanks and has a second rounding radius  $r_2$  in the region of the outer cutting edge, **characterised in that**, the second rounding radius  $r_2$  is smaller than the first rounding radius  $r_1$  provided that the fine crystalline diamond layer has a layer thickness  $x$  between the inner and outer cutting edge, wherein the layer thickness ratio  $y/x$  (flank/cutting edge) of the fine crystalline diamond thickness is  $0.1 \leq y/x \leq 0.6$ .

### 2. Cutting tool according to claim 1, **characterised in that**

a) the first rounding radius  $r_1$  amounts to between 4nm and 20 $\mu\text{m}$ , preferably between 0.1 and 5  $\mu\text{m}$ , particularly preferably between 0.5 and 3  $\mu\text{m}$  and/or

b) the second rounding radius  $r_2$  amounts to between 3 and 100nm, preferably between 15 and

70 nm, particularly preferably between 20 and 50 nm.

3. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the layer thickness  $y$  of the fine crystalline diamond layer amounts to between 1 and 50  $\mu\text{m}$ , particularly preferably between 2 and 10  $\mu\text{m}$ .
4. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the fine crystalline diamond layer has a layer thickness  $x$  between the inner and outer cutting edge, wherein the layer thickness ratio  $y/x$  (flank/cutting edge) of the fine crystalline diamond layer amounts to  $0.12 \leq y/x \leq 0.5$ , preferably  $0.13 \leq y/x \leq 0.25$ .
5. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the cutting angle  $\beta$  amounts to between  $10^\circ$  and  $40^\circ$ , preferably between  $10^\circ$  and  $30^\circ$ , particularly preferably between  $15^\circ$  and  $25^\circ$ .
6. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the material of the core is selected from the group consisting of metals such as titanium, nickel, chrome, niobium, tungsten, tantalum, molybdenum, vanadium, platinum, materials containing iron such as steel and/or germanium; from ceramics containing carbon and/or nitrogen or boron such as silicon carbide, silicon nitride, boron nitride, tantalum carbide, tungsten carbide, molybdenum carbide, titanium nitride, TiAlN, TiCN and/or  $\text{TiB}_2$ , glass ceramics; composite materials made from ceramic materials in a metallic matrix (cermets); hard metals; sintered carbide hard metals such as, for example, tungsten carbides or titanium carbides bonded with cobalt or nickel; silicon, glass or sapphire; as well as mono or polycrystalline diamond and/or adamantane carbon layers.
7. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the ratio  $r_2/d_{50}$  of the rounding radius of the diamond layer at the outer cutting edge to the average particle size of the fine crystalline diamond lies between 0.03 and 20, preferably between 0.05 and 15, particularly preferably between 0.5 and 10.
8. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the gradient of the average particle size of the fine crystalline diamond measured in the direction of the thickness  $y$  of the fine crystalline diamond layer amounts to  $< 300\%$ , preferably  $< 100\%$ , particularly preferably  $< 50\%$ .
9. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that**

- a) at least one first adhesion promoting layer is applied between the core and the fine crystalline diamond layer, preferably made of silicon carbide, silicon nitride, tungsten, titanium or silicon and/or
- b) at least one second adhesion promoting layer is applied on the fine crystalline diamond layer, preferably made of Cr, Pt, Ti or W, as well as sliding layer, in particular a polymer layer, preferably a PTFE layer, a carbon layer, preferably a graphite layer and/or a DLC layer.
10. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the diamond layer has an average surface roughness of  $R_A < 5 \mu\text{m}$ , preferably  $< 2 \mu\text{m}$ , particularly preferably  $< 1 \mu\text{m}$ .
11. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the cutting tool has notches or through-cuts at regular intervals, preferably at regular intervals of less than 10mm.
12. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** in the case of a polycrystalline core material, the average particle diameter  $d_{50}$  of the fine crystalline diamond layer is smaller than the cross-sectional particle diameter  $d_{50}$  of the polycrystalline core material.
13. Cutting tool according to one of the preceding claims, **characterised in that** the crystallite of the fine crystalline diamond layer in particular has a  $\langle 100 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$  or  $\langle 111 \rangle$  texture.
14. Use of a cutting tool according to one of claims 1 to 13, as a blade, knife blade, razor blade, razor system, scalpel, knife, machine knife, scissors or as machine scissors.

## Revendications

### 1. Outil de coupe comprenant

- a) un noyau, qui comprend deux flancs qui se rétrécissent en un tranchant interne, le tranchant interne présentant un premier rayon d'arrondi  $r_1$ , et
- b) une couche de diamant finement cristalline appliquée au niveau du tranchant interne et au moins partiellement sur les flancs du noyau, avec une taille grains moyenne  $d_{50} \leq 100 \text{ nm}$ , qui forme un tranchant externe en suivant le contour des flancs du noyau qui se rétrécissent, la couche de diamant finement cristalline présentant, au niveau des flancs, une épaisseur de couche  $y$  entre 1 et  $500 \mu\text{m}$  et présente, au niveau du tranchant externe, un deuxième rayon

d'arrondi  $r_2$ ,

### caractérisé en ce que

le deuxième rayon d'arrondi  $r_2$  est inférieur au premier rayon d'arrondi  $r_1$ , avec pour condition que la couche de diamant finement cristalline présente, entre les tranchants interne et externe, une épaisseur de couche  $x$ , le rapport entre les épaisseurs de couches  $y/x$  (flanc/tranchant) de l'épaisseur de diamant finement cristallin est  $0,1 \leq y/x \leq 0,6$ .

### 2. Outil de coupe selon la revendication 1, caractérisé en ce que

- a) le premier rayon d'arrondi  $r_1$  se situe entre 4 nm et  $20 \mu\text{m}$ , de préférence entre 0,1 et  $5 \mu\text{m}$ , de façon plus particulièrement préférée entre 0,5 et  $3 \mu\text{m}$ , et/ou
- b) le deuxième rayon d'arrondi  $r_2$  se situe entre 3 et 100 nm, de préférence entre 15 et 70 nm, de façon plus particulièrement préférée entre 20 et 50 nm.

### 3. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur de couche $y$ de la couche de diamant finement cristalline se situe entre 1 et $50 \mu\text{m}$ , de façon plus particulièrement préférée entre 2 et $10 \mu\text{m}$ .

### 4. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche de diamant finement cristalline entre les tranchants interne et externe présente une épaisseur de couche $x$ , le rapport entre les épaisseurs de couches $y/x$ (flanc/tranchant) de la couche de diamant finement cristalline est $0,12 \leq y/x \leq 0,5$ , de préférence $0,13 \leq y/x \leq 0,25$ .

### 5. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'angle de coupe se situe entre $10^\circ$ et $40^\circ$ , de préférence entre $10^\circ$ et $30^\circ$ , de façon plus particulièrement préférée entre $15^\circ$ et $25^\circ$ .

### 6. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau du noyau est choisi dans le groupe constitué de métaux comme le titane, le nickel, le chrome, le niobium, le tungstène, le tantale, le molybdène, le vanadium, le platine, des matériaux ferreux comme l'acier et/ou le germanium ; de céramiques contenant du carbone et/ou de l'azote ou du bore, comme le carbure de silicium, le nitrure de silicium, le nitrure de bore, le carbure de tantale, le carbure de tungstène, le carbure de molybdène, le nitrure de titane, le TiAlN, le TiCN et/ou le $\text{TiB}_2$ , des céramiques vitreuses ; des matériaux composites constitués de matériaux céramiques dans une matrice métallique (cermets) ;

- des métaux durs ; des métaux durs du type carbures frittés, comme des carbures de tungstène ou des carbures de titane liés à du cobalt ou à du nickel ; du silicium, du verre ou du saphir ; ainsi qu'un diamant mono- ou polycristallin et/ou de couches de carbone à structure en diamant.
7. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport  $r_2/d_{50}$  entre le rayon d'arrondi de la couche de diamant au niveau l'arête externe du tranchant et la taille moyenne de grain du diamant finement cristallin se situe entre 0,03 et 20, de préférence entre 0,05 et 15, de façon plus particulièrement préférée entre 0,5 et 10.
8. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gradient de taille moyenne de grain du diamant finement cristallin, mesuré dans la direction de l'épaisseur  $y$  de la couche de diamant finement cristalline, est  $< 300\%$ , de préférence  $< 100\%$ , de façon plus particulièrement préférée  $< 50\%$ .
9. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
- a) entre le noyau et la couche de diamant finement cristalline, est appliquée au moins une première couche de promoteur d'adhérence, constituée de préférence de carbure de silicium, de nitrure de silicium, de tungstène, de titane ou de silicium, et/ou
- b) sur la couche de diamant finement cristalline, est appliquée au moins une deuxième couche de promoteur d'adhérence, constituée de préférence de Cr, de Pt, de Ti ou de W, ainsi qu'une couche de glissement appliquée par-dessus, de préférence une couche de PTFE, une couche de carbone, de préférence une couche de graphite et/ou une couche de DLC.
10. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche de diamant présente une rugosité de surface moyenne  $R_A < 5\mu\text{m}$ , de préférence  $< 2\mu\text{m}$ , de façon plus particulièrement préférée  $< 1\mu\text{m}$ .
11. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de coupe présente, à des intervalles réguliers, de préférence à des intervalles réguliers inférieurs à 10 mm, des entailles ou des sections.
12. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, dans le cas d'un matériau de noyau polycristallin, le diamètre de grain moyen  $d_{50}$  de la couche de diamant finement cristalline est inférieure au diamètre de grain moyen  $d_{50}$
- du matériau de noyau polycristallin.
13. Outil de coupe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les cristallites de la couche de diamant finement cristalline présentent une surtout une texture  $<100>$ ,  $<110>$  ou  $<111>$ .
14. Utilisation d'un outil de coupe selon l'une des revendications 1 à 13 en tant que lame, lame de couteau, lame de rasoir, système de rasage, scalpel, couteau, couteau de machine, ciseau ou comme ciseau de machine.

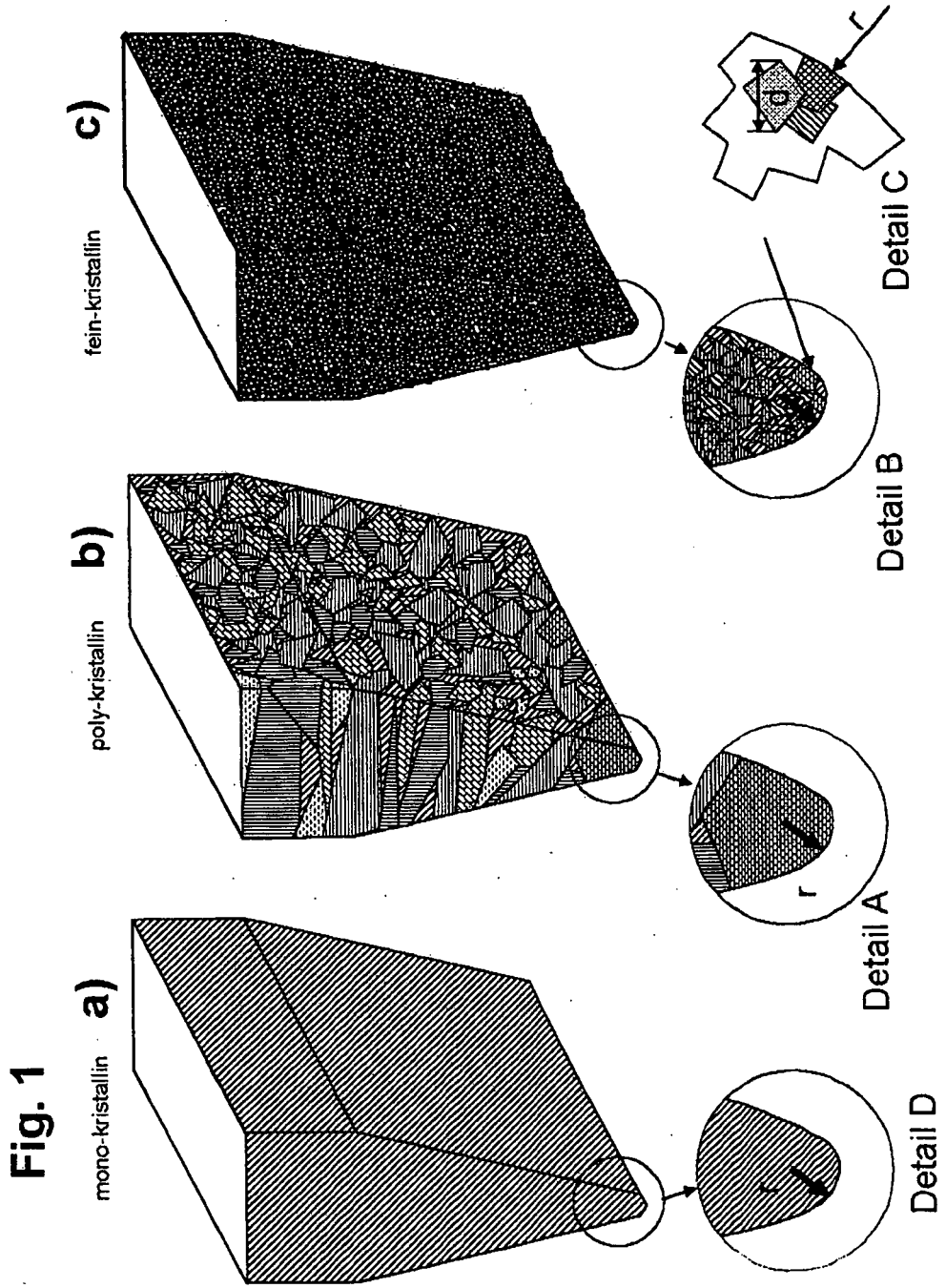
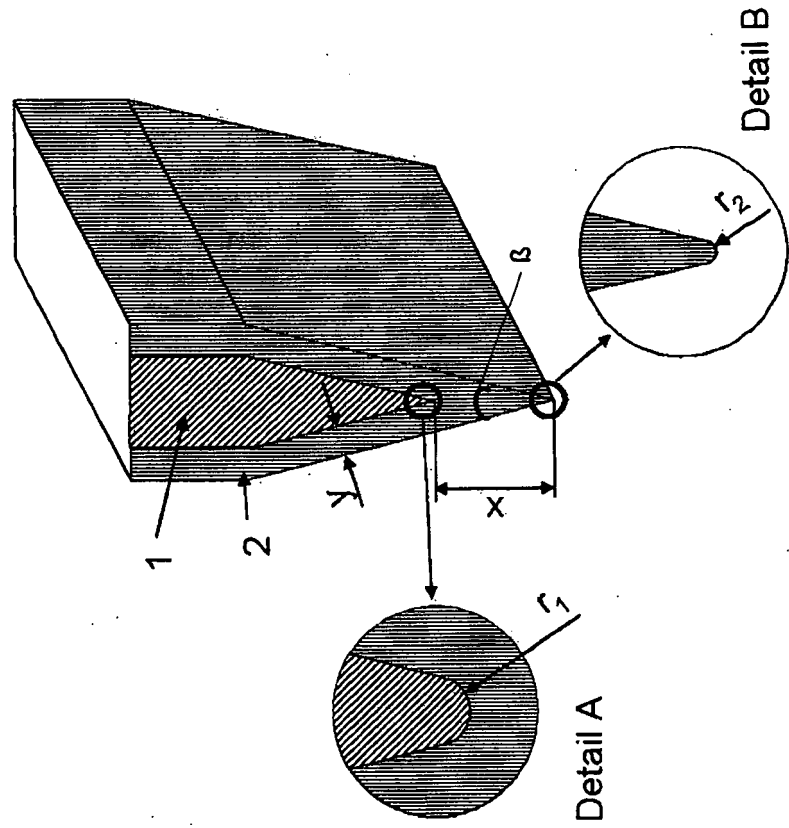


Fig. 2



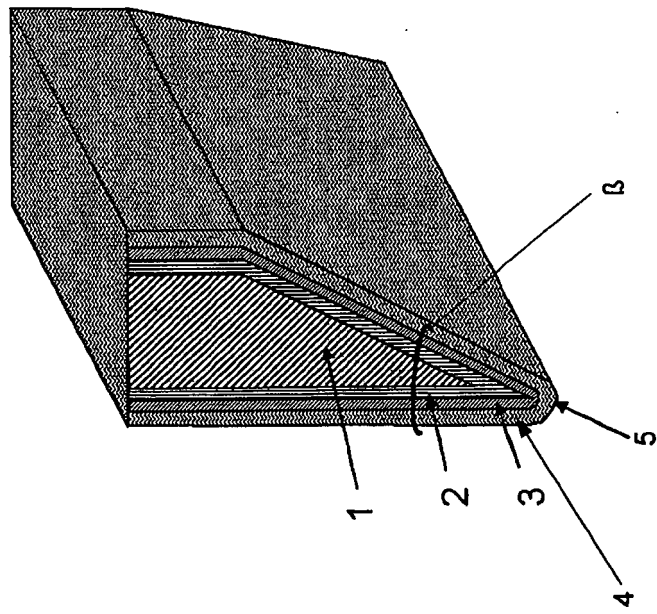


Fig. 3

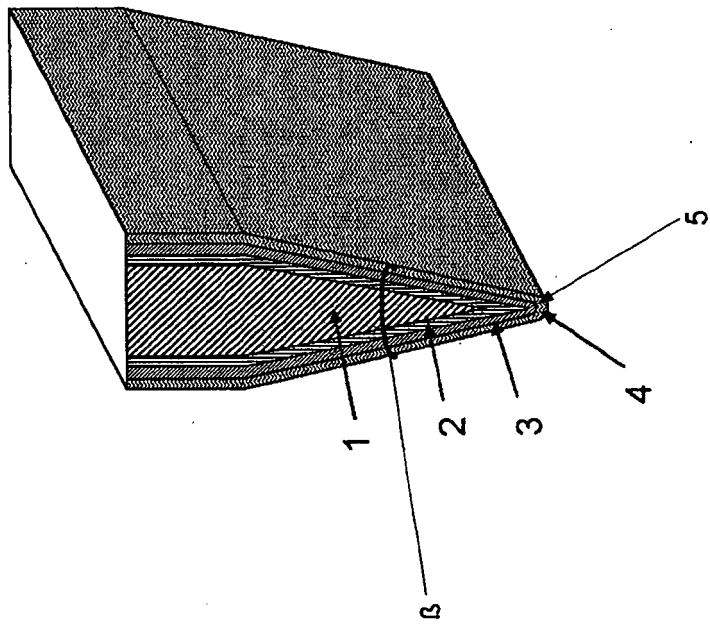
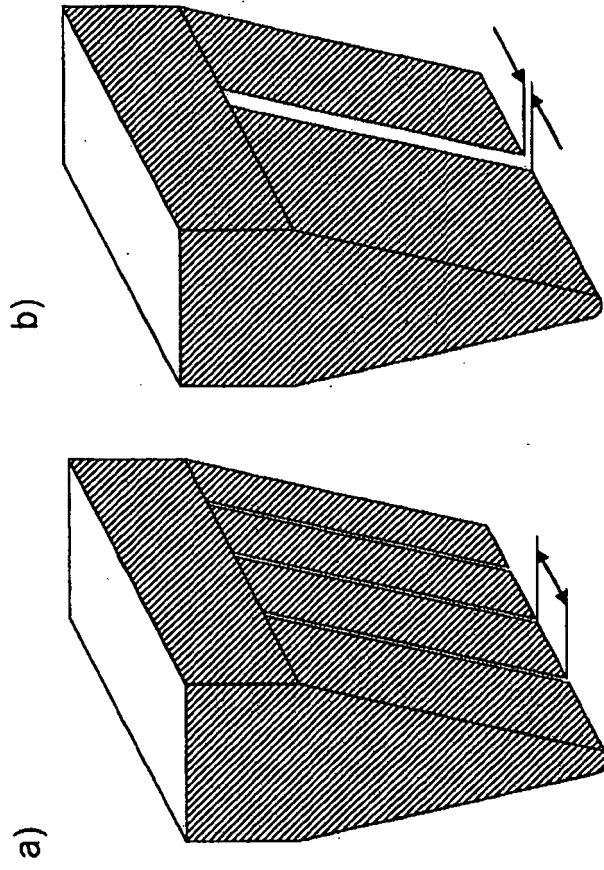
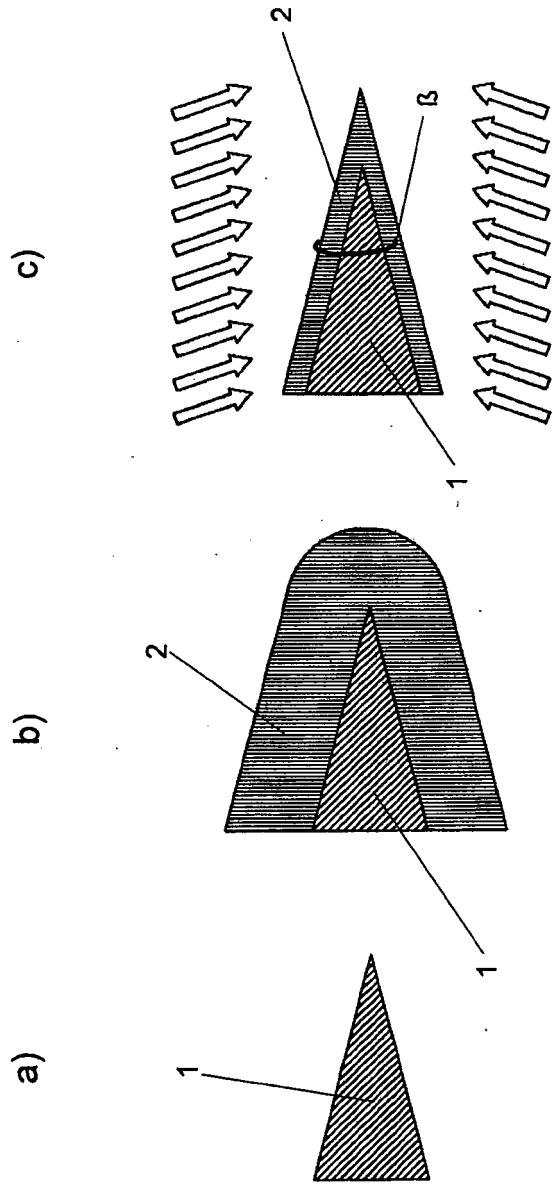


Fig. 4



**Fig. 5**

Fig. 6



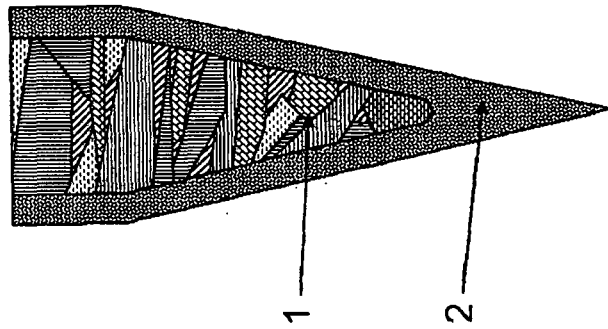


Fig. 7

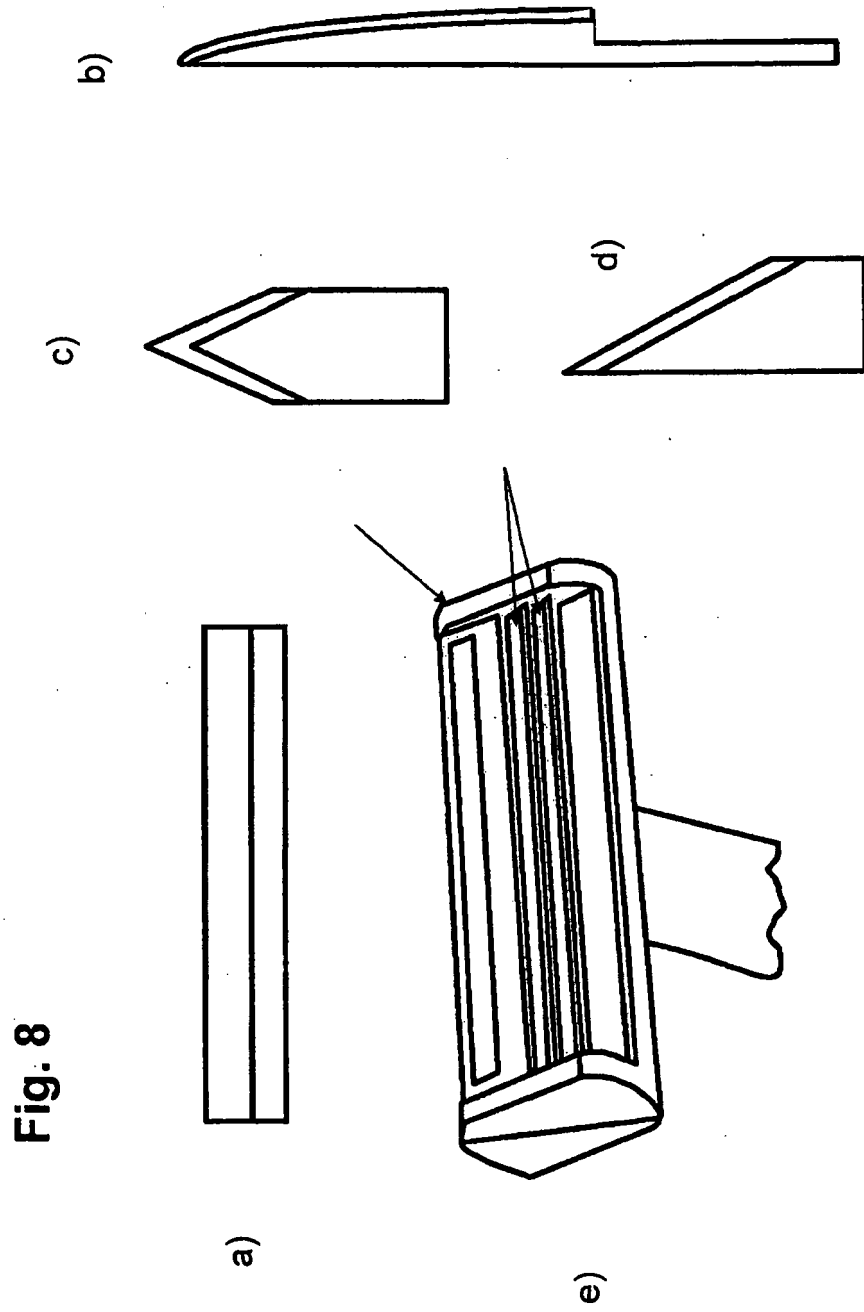


Fig. 8

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 9937437 A [0004]
- DE 60210449 T2 [0004]
- WO 03101683 A [0004]
- DE 102004052068 A1 [0004]
- WO 9804382 A1 [0004]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **R. MORRELL et al.** *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, 2010, vol. 28, 508-515 [0023]
- Der 4-Kugelversuch zur Ermittlung der biaxialen Biegefestigkeit spröder Werkstoffe. **R. DANZER et al.** Technische keramische Werkstoffe. HvB Verlag [0023]