



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.07.2017 Patentblatt 2017/30

(51) Int Cl.:
B24B 33/08 (2006.01) **B24B 53/00** (2006.01)
B24B 53/017 (2012.01)

(21) Anmeldenummer: **17151452.4**

(22) Anmeldetag: **13.01.2017**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **FLECKENSTEIN, Klaus**
73732 Esslingen (DE)
• **GEHRUNG, Holger**
73760 Ostfildern (DE)
• **HAMPP, Elmar**
71336 Waiblingen (DE)

(30) Priorität: **22.01.2016 DE 102016200943**

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**
Friedrichstrasse 6
70174 Stuttgart (DE)

(71) Anmelder: **Diato GmbH**
73760 Ostfildern (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON WERKZEUGEN ZUM SPANEN MIT GEOMETRISCH UNBESTIMMTER SCHNEIDE**

(57) Es wird ein Verfahren vorgeschlagen mit dessen Hilfe es möglich ist, Werkzeuge zur spanenden Bearbeitung mit geometrisch unbestimmter Schneide so zu behandeln, dass die Bindung des Werkzeugs lokal in ihrem Gefüge verändert wird, so dass im Bereich der dabei

entstehenden Randzone eine Versprödung auftritt und diese Randzone unmittelbar nach dem Kontakt des Werkzeugs mit der zu bearbeitenden Oberfläche verschleißt und die darunterliegende Arbeitsfläche freigibt.

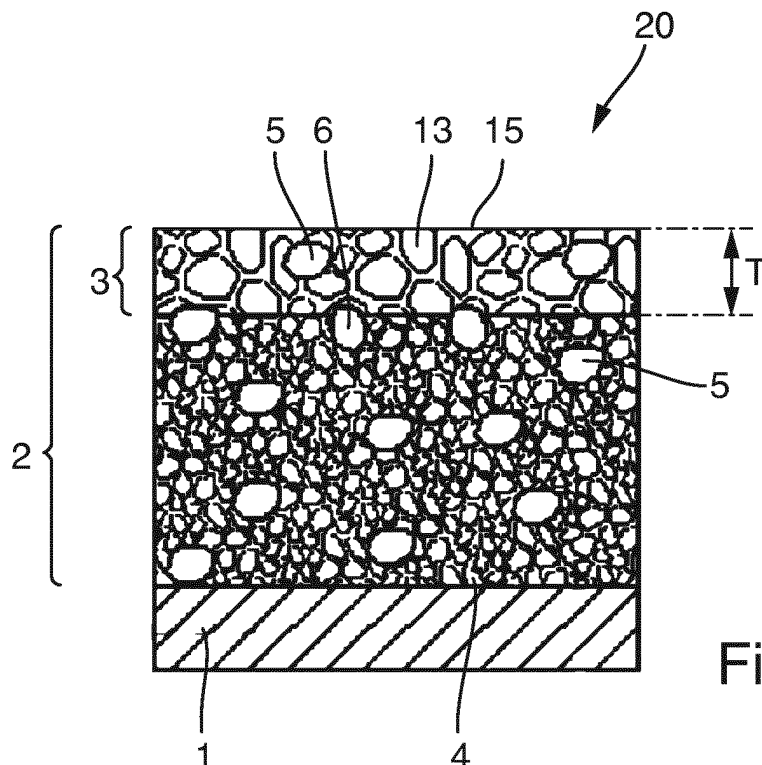


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und nach diesem Verfahren hergestellte Werkzeuge nach dem Oberbegriff des nebengeordneten Anspruchs 10, die beispielsweise zum Honen oder Finishen eingesetzt werden können. Die Erfindung ist aber nicht auf Honleisten und Finish-Steine beschränkt, sondern kann beispielsweise auch zum Herstellen von Schleifwerkzeugen oder anderen Werkzeugen eingesetzt werden. Nachfolgend wird die Erfindung exemplarisch am Beispiel von Honleisten erläutert. Schutz wird auch für andere Werkzeuge beansprucht.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Honleisten-Rohlinge durch Sintern herzustellen. In der gesinterten und meist metallischen Bindung dieser Rohlinge sind Hartstoff-Körner, zum Beispiel aus Diamant, gebunden. Zur Fertigstellung der gesinterten Rohlinge wird die spätere Arbeitsfläche der Honleiste durch (Rund-)Schleifen in die gewünschte Form gebracht (Konditionierung) und anschließend durch Aufräuen geschärft.

[0003] Beim Schleifen bzw. Konditionieren erhält die Honleiste die gewünschte Wölbung, welche dem Durchmesser der zu honenden Bohrung entspricht, und die notwendige Geradheit. Das Schärfen betrifft die Topographie der Arbeitsfläche. Dabei entstehen erhabene Schneidkörner und eine zurückgesetzte Bindungsmatrix. Das Merkmal der geschärften Arbeitsfläche sind die erhabenen Schneidkörner, welche aus der Bindungsmatrix herausragen. Entsprechendes gilt für das Konditionieren eines Schleifwerkzeugs.

[0004] Eine Alternative zu dieser Art der Konditionierung ist das selektive Abtragen der Bindung. Hier ist das elektrochemische Abtragverfahren zu nennen, bei dem die metallische Bindung durch Elektrolyse zurückgesetzt wird. Dadurch ragt das Schneidkorn über die Bindung heraus. Dieses Verfahren ist in der Literatur als ELID-Verfahren bekannt (Elektrolytisches in-Prozess Abrichten) und in der DE 100 42 613 A1 beschrieben.

[0005] Die DE 10 2004 011 985 B4 offenbart einen Laserprozess mit selektiver Ablation, mit dem zunächst die Makroform durch Abtragen von Schneidkorn und Bindung hergestellt wird und dann das erhabene Schneidkorn durch weiteres Abtragen der Bindung entsteht.

[0006] Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Konditionieren und Schärfen der Arbeitsfläche sind sehr aufwendig, da sie zahlreiche Prozessschritte umfassen, die nacheinander auf verschiedenen Vorrichtungen und Maschinen ausgeführt werden.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Formgebung der späteren Arbeitsfläche eines Werkzeugs, insbesondere einer Honleiste oder eines Schleifwerkzeugs, und zur Konditionierung der Arbeitsfläche bereitzustellen, das einfach ausführbar ist

und wenig Zeit benötigt. Außerdem sollen nur wenige Vorrichtungen und Maschinen zur Durchführung des Verfahrens benötigt werden. Darüber hinaus soll ein Werkzeug mit weiter verbesserten Eigenschaften bereitgestellt werden.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäße gelöst durch das Verfahren gemäß Anspruch 1.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, den in der Regel gesinterten Rohling in einem Arbeitsgang so zu bearbeiten, dass die Arbeitsfläche geformt wird und ein nachgelagertes Schärfen der Arbeitsfläche nicht erforderlich ist. Vielmehr kann der Rohling ohne weitere Bearbeitung eingesetzt werden. Die Randzone, deren Gefüge erfindungsgemäß verändert wurde, verschleißt sehr rasch, sobald sie in Kontakt mit dem zu bearbeitenden Werkstück gelangt und setzt dadurch die eigentliche Arbeitsfläche des Werkzeugs frei. Unter Randzone ist der Materialbereich zu verstehen, welcher sich unmittelbar unterhalb der Oberfläche befindet. Die Tiefe der Randzone ist ein wichtiger Bearbeitungsparameter des erfindungsgemäßen Verfahrens und wird zur Formgebung der Arbeitsfläche gezielt gesteuert.

[0010] Es geht also nicht wie bei der herkömmlichen Bearbeitung von Rohlingen darum, nach der Konditionierung der Arbeitsfläche das einzelne Schneidkorn frei zu stellen, indem die Bindung durch eine Laserbearbeitung zurückgesetzt wird.

[0011] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird im Bereich der Arbeitsfläche das Gefüge vor allem der Bindung so behandelt, dass ein Randzonengefüge entsteht, welches sehr schnell verschleißt und nach einer sehr kurzen Eingriffszeit zwischen Werkzeug und Werkstück abgetragen wird, so dass die darunter liegende Arbeitsfläche freigelegt wird und die Bearbeitung des Werkstücks beginnt.

[0012] Bei erfindungsgemäß bearbeiteten Honleisten wird das Randzonengefüge bereits durch wenige Doppelhübe der Honspindel abgetragen. In der Regel werden 10 - 20 Doppelhübe dafür benötigt.

[0013] Anders ausgedrückt: Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Bindung im Bereich einer Randzone der Arbeitsfläche gezielt verändert und in ihrer Festigkeit geschwächt wird, so dass diese Randzone besonders schnell verschleißt. In der Randzone befindet sich sowohl Bindungswerkstoff als auch Schneidkorn. Es ist in der Regel ausreichend, wenn der Bindungswerkstoff der Randzone verändert und versprödet wird.

[0014] Die erfindungsgemäße Gefügeveränderung in einer Randzone kann prinzipiell auf verschiedenste Arten und Weisen vorgenommen werden. Wichtig ist, dass vor allem das Gefüge der Bindung im Bereich der Randzone so verändert wird, dass die Konglomerate der Bindung nur noch sehr wenig miteinander verbunden sind, so dass beim Einsatz des erfindungsgemäßen Werkzeugs nach dem Kontakt der Randzone mit der zu bearbeitenden Oberfläche des Werkstücks diese Randzone gewissermaßen "zerfällt" und dadurch die Arbeitsfläche,

welche sich am Übergang zwischen der Randzone und der nicht in ihrem Gefüge veränderten Bindung befindet, freigelegt wird.

[0015] Erfindungsgemäß kann die Gefügeveränderung lokal unterschiedlich vorgenommen werden. Dies bedeutet beispielsweise, dass die Eindringtiefe beziehungsweise die Dicke der Randzone lokal unterschiedlich ist. Dadurch lassen sich weitestgehend frei geformte Arbeitsflächen des erfindungsgemäßen Werkzeugs herstellen. Wenn man beispielsweise von einer ebenen Oberfläche des Rohlings eines Werkzeugs ausgeht, dann ist es möglich, eine ebene Arbeitsfläche zu schaffen, indem die Tiefe T der Gefügeveränderung bzw. der Randzone über die gesamte Oberfläche konstant gehalten wird.

[0016] Wenn man eine konkav oder konvex gekrümmte Arbeitsfläche herstellen will, dann wird die Eindringtiefe bezogen auf die Oberfläche des Rohlings lokal variiert, so dass sich die gewünschte Geometrie der Arbeitsfläche einstellt (siehe Figur 3).

[0017] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Gefügeveränderung eine lokale Versprödung der Randzone bewirkt. Die Gefügeveränderung kann auch durch die Bildung von Konglomeraten in der Matrix und die Bildung von Rissen zwischen den Konglomeraten erfolgen.

[0018] Eine solche Gefügeveränderung durch Versprödung und/oder die Bildung von Konglomeraten und Rissen zwischen den Konglomeraten kann sehr einfach und prozesssicher durch eine thermische Behandlung erfolgen. Es gibt hierzu eine Vielzahl möglicher Verfahren. Beispielsweise kann die Gefügeveränderung durch einen Laserstrahl, einen Elektrodenstrahl oder durch Induktion erfolgen, wenn die Bindung oder die Körner des Rohlings induktiv erwärmt werden können. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Gefügeveränderung durch andere Wärmequellen zu bewirken. Es ist ebenso möglich, die Gefügeveränderung durch eine chemische Behandlung der Randzone vorzunehmen. Beispielsweise kann, wenn die Matrix des Rohlings Kupfer enthält, die Bindung der Kupferatome in der Matrix durch die Behandlung mit Wasserstoff gelöst oder zumindest so weit gelockert werden, dass die Matrix im Bereich der Randzone versprödet.

[0019] Ebenso ist es möglich, die Gefügeänderung im Bereich der Randzone durch eine mechanische Behandlung vorzunehmen.

[0020] Die Erfindung betrifft weiter ein Werkzeug zum Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide, wobei das Werkzeug eine Matrix aufweist, in der Schneidkörner gebunden sind und wobei das Werkzeug nach einem der vorhergehenden Verfahren hergestellt ist.

[0021] Insbesondere kann das erfindungsgemäße Werkzeug eine Honleiste, ein Finish-Stein oder ein Schleifwerkzeug sein.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das erfindungsgemäße Werkzeug an den Kunden ausgeliefert wird in dem Zustand nach der Gefügeveränderung, ohne

dass die in ihrem Gefüge veränderte Randzone abgetragen wurde. Dann stellt die Randzone gewissermaßen einen Schutz der Arbeitsfläche vor mechanischen Beschädigungen oder Verschmutzung dar.

5 **[0023]** Das erfindungsgemäße Werkzeug wird vom Nutzer mit der Randzone in Betrieb genommen und schärft sich in kürzester Zeit selbst, weil die in ihrem Gefüge veränderte Randzone nach wenigen Sekunden unmittelbar nachdem sie Kontakt mit der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche hat, verschleißt und damit die eigentliche Arbeitsfläche freigesetzt wird.

10 **[0024]** Die Intensität der Gefügeveränderung kann im Fall eines Laserstrahls dadurch sehr gut gesteuert werden, dass die Leistung des Laserstrahls gesteuert wird. Ein weiterer Parameter ist die Fokussierung beziehungsweise die Lage des Brennpunkts des Laserstrahls relativ zu der Oberfläche des Rohlings. Wenn der Fokus des Laserstrahles etwa in der Oberfläche des Rohlings liegt, ist dort die Leistungsdichte am höchsten und entsprechend treten hohe Temperaturen und lokal sehr hohe Temperaturgradienten auf, die die gewünschte Gefügeveränderung und/oder Bildung von Konglomeraten bewirken.

15 **[0025]** Aus Gründen der Produktivität wird man bei einem solchen sehr fokussierten Laserstrahl, der auf verschiedenen Bahnen, die sich nicht berühren, über die Oberfläche des Rohlings führen. Die verbleibenden "unbehandelten" schmalen Bereiche in der Oberfläche des Rohlings zwischen diesen Bahnen sind so schwach, dass sie ebenfalls sehr rasch verschleifen, wenn der erfindungsgemäße Schleifkörper beziehungsweise das erfindungsgemäße Werkzeug in Eingriff mit der zu bearbeitenden Oberfläche gebracht wird.

20 **[0026]** Alternativ ist es auch möglich, dass der Fokus des Laserstrahls nicht direkt auf der Oberfläche oder in der zu bearbeitenden Randzone des Werkzeugs liegt, sondern etwas außerhalb des Rohlings liegt, so dass der Laserstrahl dort wo er auf die Oberfläche des Rohlings auftrifft, einen größeren Durchmesser und damit eine größere Breite und geringere Intensität hat. Bei dieser Ausgestaltung des Verfahrens ist es möglich, die gesamte Oberfläche des Rohlings in den gewünschten Bereichen lückenlos zu behandeln, so dass eine sehr gleichmäßige Gefügeveränderung auftritt.

25 **[0027]** Die Versprödung wird beispielhaft erreicht durch die Behandlung der Oberfläche mit einem Laserstrahl. Es wird jedoch keine selektive Ablation praktiziert, sondern ein lokales Aufschmelzen und Wiedererstarren, bei dem eine Oxidation der Metallmatrix in der Atmosphäre unter Aufnahme von z.B. Stickstoff, Kohlenstoff oder Sauerstoff stattfindet. Dies führt zu einer Versprödung der Randzone. Weiterhin wird die Versprödung gefördert durch den steilen Abkühlungsgradienten, so dass thermische Spannungen im Gefüge entstehen und dadurch Mikrorissausbildungen entstehen, welche zur Bildung von Konglomeraten führen. Die Tiefe, bis zu der der Laserstrahl in der Randzone wirkt, ist ein Parameter des Prozesses. Die Ebene, bis zu der die Randzonen-

veränderung stattfindet, kann auch gewölbt verlaufen, als konvexe Oberfläche für eine Honleiste für die Bohrungsbearbeitung oder als konkave Oberfläche für eine Finish-Honleiste für Außenbearbeitung von Wellen. Auch kann die Ebene eben verlaufen, welches für die Planbearbeitung notwendig ist.

[0028] Der Laserstrahl kann an der Arbeitsfläche längliche Riefen oder punktförmige Vertiefungen mit seitlichen Grataufwürfen erzeugen. Diese Riefen oder Vertiefungen können mit einem Laserstrahl erzeugt werden, dessen Fokus F sich in unmittelbarer Nähe der Oberfläche des Rohlings befindet.

[0029] Die Riefen oder punktförmigen Vertiefungen können in beliebiger Anordnung auf der Oberfläche des Rohlings eingebracht werden. Sie können auch in unterschiedlicher Dichte angeordnet werden, so dass lokal ein unterschiedlicher Grad an Versprödung entsteht. Diese Grate oder Grataufwürfe entlang den Riefen sind ebenfalls versprödet und üben ebenfalls eine abrasive Funktion auf die benachbarte Bindungsfläche aus.

[0030] Alternativ kann die erfindungsgemäße Gefügeveränderung auch mit einem defokussierten Laserstrahl erzeugt werden können, dessen Fokus F einen gewissen Abstand zu der Oberfläche des Rohlings hat.

[0031] Dann wird bei ausreichender Strahlintensität die Oberfläche des Rohlings flächig und ohne Lücken vom Laserstrahl erfasst, so dass keine Riefen oder Vertiefungen entstehen, sondern eine vollflächige Gefügeumwandlung stattfindet, was in der Regel die Bildung von grobkörnigen Konglomeraten bzw. eine Versprödung bewirkt.

[0032] Nachdem eine derartig aufbereitete Arbeitsfläche einer Honleiste in das Honwerkzeug eingebaut wurde, erfolgt der erste Kontakt der Honleistenfläche mit der Bohrungswandung. Unter Einfluss der Kinematik und wegen des Anpressdrucks der Honleiste wird die Randzonenstruktur, welche durch den vorhergehenden erfindungsgemäßen Prozess, insbesondere die thermische Behandlung der Randzone durch einen Laser, einen Elektronenstrahl oder auf andere Weise, grobkörnig und niedrig kohäsiv beschaffen ist, durch Gleitverschleiß schnell abgetragen.

[0033] Bereits nach wenigen Doppelhüben ist die Randzone abgetragen, so dass die Ebene freiliegt, ab der die gesinterte und unveränderte Bindungsstruktur vorliegt. Diese Ebene ist die Arbeitsfläche der Honleiste bzw. des Schneidwerkzeugs.

[0034] Da jedoch Schneidkörner teilweise in die versprödete Randzone hineinragten, aber überwiegend in der Feinstruktur der gesinterten Bindung verankert sind, stehen diese Schneidkörner nach dem Abtrag der Randzone über die Oberfläche der Bindung hinaus und stehen für den Abtragprozess sofort zur Verfügung. Diese Oberfläche ist die Arbeitsfläche der Honleiste.

Zusätzlich entsteht eine Läppwirkung, da die Grate an der Laserspurspur ebenfalls abrasiv wirken; so wie ein freies Läppkorn, welches sich zwischen Bindung und Bohrungswand herausbewegt.

[0035] Es bleibt zu erwähnen, dass der Laserprozess angewendet werden kann unabhängig von der topografischen Beschaffenheit der Honleistenfläche. Die Laserbehandlung kann unmittelbar nach dem Sintern erfolgen, es kann jedoch auch eine bereits geschliffene Arbeitsfläche vorliegen, die deshalb geschliffen wurde, um als Auflagefläche zu dienen für die Bearbeitung anderer Geometrien der Honleiste, welche in ihrer Lage von der Arbeitsfläche abhängig sind. Für den erfindungsgemäßen Prozess ist die Beschaffenheit der Oberfläche nicht maßgebend.

[0036] Das vorgeschlagene Verfahren verkürzt den Herstellungsprozess der Werkzeuge, wie z. B. Honleisten, Finish-Steine oder Schleif-Werkzeuge, vom Herstellen des Rohlings, z. B. durch Sintern bis zur einsatzfähigen Honleistenoberfläche ganz erheblich. Damit sind erhebliche Kosteneinsparungen verbunden. Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten von mehreren Stunden werden reduziert auf einige Minuten. Das Rundschleifen und anschließende Aufrauen mit losem Korn kann vollständig entfallen.

[0037] Weiter Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung und deren Beschreibung entnehmbar.

[0038] Zeichnung:

Figur 1: ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeiteter Rohling im Längsschnitt,
Figur 2: der Rohling gemäß Figur 1 mit freigelegter Arbeitsfläche,
Figur 3: Schnittdarstellungen von nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeiteten Rohlingen,
Figur 4: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Gefügeumwandlung durch einen defokussierten Laserstrahl;
Figur 4: eine partiell bearbeitete Oberfläche eines Rohlings
Figur 5: eine Ansicht von oben auf eine Oberfläche eines Rohlings;
Figur 6: eine partiell bearbeitete Oberfläche eines Rohlings und
Figur 7: die freigelegte Arbeitsfläche eines erfindungsgemäßen Werkzeugs.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0039] In der Figur 1 wird als Beispiel für ein erfindungsgemäßes Werkzeug eine Honleiste 20 im Längsschnitt nach der erfindungsgemäßen Versprödung einer Randzone 3 dargestellt.

[0040] Die Honleiste 20 umfasst einen Fuß 1 (der auch als Tragleiste bezeichnet wird). Der Fuß 1 besteht meistens aus Stahl. Auf dem Fuß 1 wird Material in der Regel durch Sintern aufgebracht. Es werden auch Honleisten ohne Stahlfuß hergestellt. Für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dies jedoch ohne Bedeutung.

[0041] Das Material ist ein Sintergefüge 2 und besteht aus einer Bindung oder Bindungsmatrix 4 und Schneid-

mittel 5, welches in die Bindung 4 eingebettet ist. Nach dem Sintern erstreckt sich das Sintergefüge 2 vom Fuß 1 bis zu einer Oberfläche 15 eines gesinterten Rohlings. Dieser Zustand ist nicht dargestellt in Figur 1.

[0042] Erfindungsgemäß wird im Bereich einer Randzone 3 das Gefüge des Rohlings gezielt verändert. Die Gefügeveränderung kann in der Bildung von relativ grobkörnigen Konglomeraten bestehen, die untereinander nur schwach verbunden sind, so dass die Matrix im Bereich der Randzone 3 versprödet.

[0043] Die Versprödung kann thermisch oder auf andere Weise, z. B. chemisch oder mechanisch, erfolgen. Die thermische Versprödung kann zum Beispiel durch einen Laserstrahl, einen Elektronenstrahl oder durch Induktion erfolgen. Wichtig ist in jedem Fall, dass die gewünschte Gefügeveränderung und/oder Versprödung stattfindet; meist bildet sich durch die erfindungsgemäße Behandlung der Randzone 3 dort ein gröberes Gefüge, das im Zusammenhang mit der Erfindung auch als Konglomerat bezeichnet wird.

[0044] Die spätere Arbeitsfläche 6 der Honleiste 20 liegt im Inneren des Rohlings an der Grenze zwischen der Randzone 3 und dem verbliebenen Sintergefüge 2, dessen Gefüge nicht verändert wurde.

[0045] Die Lage und Form der Arbeitsfläche 6 wird durch eine Tiefe T der Randzone 3 bestimmt. Anders ausgedrückt: Durch die Steuerung der lokalen Eindringtiefe der erfindungsgemäßen Versprödung und/oder Gefügeumwandlung ausgehend von der Oberfläche 15 werden die Lage und die Form der Arbeitsfläche 6 gesteuert. Weil ein Laserstrahl und ein Elektronenstrahl das Sintergefüge 2 "punktgenau" umwandeln, lassen sich auch gekrümmte Arbeitsflächen 6 (siehe die Figur 3a und c) sehr präzise und reproduzierbar ohne nennenswerten zusätzlichen Aufwand herstellen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf diese Strahlquellen beschränkt.

[0046] Die Randzone 3 ist in der Figur 1 nach der erfindungsgemäßen Gefügeumwandlung dargestellt. Sie stellt sich als grobkörnige, versprödete Struktur mit Konglomeraten 13 dar, in der jedoch auch Schneidmittel 5 eingelagert sind. Das Bezugszeichen 6 kennzeichnet die Arbeitsfläche der Honleiste 20. In diesem Zustand ist die Bearbeitung der Honleiste 20 abgeschlossen. Die Randzone 3 muss nicht beim Hersteller der Honleiste 20 entfernt werden. Das kann vielmehr beim Anwender erfolgen, wenn die Honleiste 20 und mit ihr die Randzone 3 in Kontakt mit dem Werkstück gelangt. Dann verschleißt die Randzone 3 sehr schnell und legt die Arbeitsfläche 6 frei.

[0047] In der Figur 2 ist die eingelaufene Honleiste 2 mit freigelegter Arbeitsfläche 6 dargestellt. Die Arbeitsfläche 6 weist erhabene Schneidkörner 8 auf. Diese erhabenen Schneidkörner 8 sind überwiegend im Sintergefüge verankert und ragen im Bereich der Arbeitsfläche 6 mit dem Teil über die Bindung 4 hinaus dem sie in die Randzone 3 hineintragen. Das erhabene Schneidkorn 8 ragt über die zurück gesetzte Bindungs-

matrix heraus.

[0048] Figur 3 zeigt verschiedene Ausführungen von Laserbehandlungen. In der Figur 3 a) ist die Arbeitsfläche 6 der Honleiste konvex gekrümmt. Die Krümmung der Arbeitsfläche 6 entspricht dem Krümmungsradius der zu bearbeitenden (Zylinder-)Bohrung.

[0049] In der Figur 3 b) ist die Arbeitsfläche 6 der Honleiste eben.

[0050] In der Figur 3 c) ist die Arbeitsfläche 6 der Honleiste konkav gekrümmt. Die Krümmung der Arbeitsfläche 6 kann dem Radius der Kolbenstange eines Hydraulikzylinders entsprechen, der durch Langhubhonen bearbeitet werden soll.

[0051] In der Figur 4 ist die Bearbeitung/Gefügeveränderung der Oberfläche 15 eines Rohlings mit Hilfe eines Laserstrahls sehr schematisch und stark vereinfacht dargestellt.

[0052] Mit dem Bezugszeichen 19 ist eine Laserquelle bezeichnet. Die Laserquelle erzeugt einen Laserstrahl 21, der einen Brennpunkt F aufweist. In der Figur 4 befindet sich der Brennpunkt F beabstandet zu der Oberfläche 15 des Rohlings 20. Dies bedeutet, dass der Laserstrahl 21 dort wo er auf der Oberfläche 15 des Rohlings 20 auftrifft, einen Durchmesser D aufweist, der größer ist als die Dicke des Laserstrahls 19 im Brennpunkt F.

[0053] Durch die Lage des Brennpunkts F relativ zu der Oberfläche 15 des Rohlings 20 kann der Durchmesser D des Laserstrahls 21 an der Oberfläche 15 gesteuert werden. Gleichzeitig wird damit auch die Leistungsdichte $[W/mm^2]$ des Laserstrahls 19 auf der Oberfläche 15 gesteuert. Wenn also die Leistungsdichte erhöht werden soll, dann wird der Brennpunkt F näher an die Oberfläche oder direkt in die Oberfläche 15 des Rohlings gelegt.

[0054] Wenn die Leistungsdichte verringert werden soll, wird der Abstand zwischen dem Brennpunkt F und der Oberfläche 15 des Rohlings vergrößert.

[0055] Über die Leistungsdichte lässt sich die Tiefe T (siehe Figur 3) der Gefügeveränderung steuern. Ein weiterer Parameter zur Steuerung der Tiefe T und damit der Dicke der Randzone 3 ist die Leistung des Laserstrahls 21.

[0056] Ein Laserstrahl ist wegen seiner guten Steuerbarkeit besonders geeignet, um die erwünschte Gefügeveränderung im Bereich der Randzone 3 vorzunehmen. Selbstverständlich ist die Erfindung jedoch nicht auf diese Energiequelle beschränkt.

Die konvexe Trennfläche zwischen Sintergefüge und versprödeter Randzone kann durch die Absorption des Laserstrahls und dessen Parametrisierung erzeugt werden.

[0057] In der Figur 5 ist ebenfalls sehr schematisch eine Oberfläche 15 eines Rohlings von oben dargestellt. Mit den strichpunktlierten Linien 17 ist der Weg des Laserstrahls 21 über dieser Oberfläche 15 dargestellt. Der Laserstrahl 21 wird auf parallelen Bahnen, die zueinander beabstandet sind, geführt. Wenn der Abstand S zwischen zwei benachbarten Bahnen 17 gleich oder kleiner dem Durchmesser D des Laserstrahls 21 ist, dort wo er

auf der Oberfläche 15 auftrifft, dann wird die gesamte Oberfläche 15 mindestens einmal von dem Laserstrahl 21 erfasst und es findet auf der gesamten Oberfläche 15 die gewünschte Gefügeumwandlung statt.

[0058] Wenn der Durchmesser D des Laserstrahls kleiner ist als der Abstand S der Bahnen 17 entlang derer der Laserstrahl 21 über die Oberfläche 15 geführt wird, dann bleiben zwischen den Bahnen 17 schmale Streifen stehen, die der Laserstrahl 21 nicht erfasst hat. Je nachdem wie hoch die Leistungsdichte des Laserstrahls 21 ist und wie schnell der Laserstrahl entlang der Bahnen 17 geführt wurde, kann trotzdem in diesen nicht direkt vom Laserstrahl 21 erfassten Bereichen die gewünschte Gefügeveränderung stattfinden.

[0059] Es ist jedoch auch möglich, dass in diesem schmalen Streifen keine Gefügeveränderung stattfindet. Diese schmalen Streifen können, wenn die Randzone in Kontakt mit dem zu bearbeitenden Werkstück gebracht wird, den auf sie wirkenden Kräften nicht widerstehen und brechen dann sehr schnell ab, so dass auch bei dieser Strahlführung der erfindungsgemäße Effekt eintritt, dass nämlich nach wenig beziehungsweise sehr kurzen Kontaktzeit zwischen der Randzone 3 und der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks die Randzone verschleißt und die eigentliche Arbeitsfläche freigelegt wird.

[0060] Der Laserstrahl kann, wie erläutert, sowohl flächig als auch linien- oder punktförmig in bestimmten Mustern die Oberfläche erfassen und dort die Gefügeumwandlung herbeiführen.

[0061] Die Versprödung der Randzone kann unterschiedliche Skalierungen aufweisen, von einer Versprödung in sehr geringer Tiefe bis zu einem Abtragen vom versprödeten Material. Die Laserbehandlung kann flächig erfolgen aber auch linienförmig in unterschiedlichen Abständen und energetischen Intensitäten.

[0062] Figur 6 zeigt eine REM-Aufnahme einer erfindungsgemäßen Arbeitsfläche einer Honleiste. Dabei wurde ein fokussierter Laserstrahl entlang einer Linie 17 über die Arbeitsfläche 6 geführt. Dadurch entstanden eine Riefe und Konglomerate 13.

[0063] Die Riefe ist die unmittelbare Spur des Laserstrahls. Rechts davon sind die Gefügeveränderungen, bzw. die Konglomerate 13 sichtbar. Bei diesem Ausführungsbeispiel haben die Konglomerate 13 ganz unterschiedliche Größen, zwischen denen Risse vorhanden sind, die eine deutliche Lockerung der Bindung untereinander bewirken und Teil der Gefügeumwandlung sind.

[0064] Die Grate 25 unmittelbar neben der Riefe an der Laserspurs wirken ebenfalls abrasiv, so wie ein freies Läppkorn, welches sich zwischen Bindung und Bohrungswand herausbewegt. Diese Struktur ist die Voraussetzung für den zuvor beschriebenen Verschleißmechanismus.

[0065] Figur 7 zeigt eine eingelaufene Honleiste nach Abtrag der versprödeten Randzone. Deutlich erkennbar sind die Laufspuren im Bereich der Matrix, welche durch die Verfahrenstypische Kinematik des Honens, nämlich der Überlagerung von Dreh- und Hubbewegungen ent-

standen sind. Die Schneidkristalle 8 ragen aus der Matrix heraus, befinden sich aber mit dem überwiegenden Teil ihres Volumens in der Matrix. Damit sind sie fest verankert und können Werkstoff abtragen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Werkzeugen zum Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide, wobei die Schneidkörner (5) in einer Bindung (4) gebunden sind, und wobei das Werkzeug (20) mindestens eine Arbeitsfläche (6) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ausgehend von einem Rohling des Werkzeugs (20) Form und/oder Lage der Arbeitsfläche (6) durch eine lokal begrenzte Gefügeveränderung der Bindung (4) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung bezüglich Intensität und/oder Eindringtiefe (T) lokal unterschiedlich ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung eine lokale Versprödung einer Randzone (3) bewirkt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung durch die Bildung von Konglomeraten (13) in der Bindung (4) und/oder die Bildung von Rissen zwischen den Konglomeraten (13) erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung thermisch erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung durch einen Laserstrahl (21), durch einen Elektronenstrahl und/oder durch Induktion erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung chemisch erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bindung (4) Kupfer enthält, und dass die lokale Gefügeveränderung in der Bindung (4) durch Wasserstoff erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gefügeveränderung mechanisch erfolgt.
10. Werkzeug zum Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide, umfassend eine Bindung (4) in der Schneidkörner (5) gebunden sind, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass es nach einem der vorhergehenden Verfahren hergestellt ist.

11. Werkzeug nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Honleiste (20), ein Finish-Stein oder ein Schleifwerkzeug ist. 5
12. Werkzeug nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mit der erfindungsgemäßen Gefügeveränderung in der Randzone (3) an den Nutzer geliefert wird. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

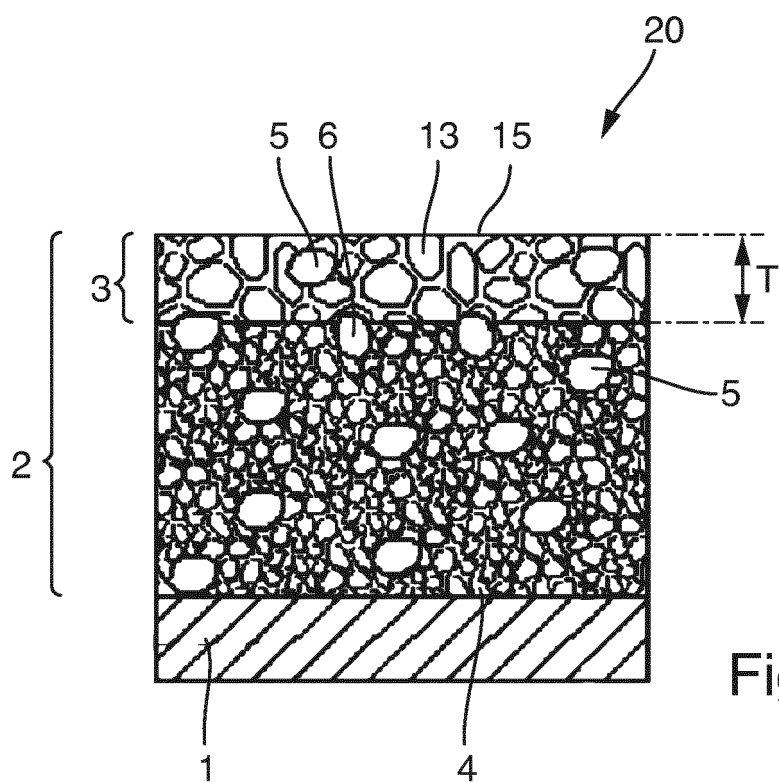


Fig. 1

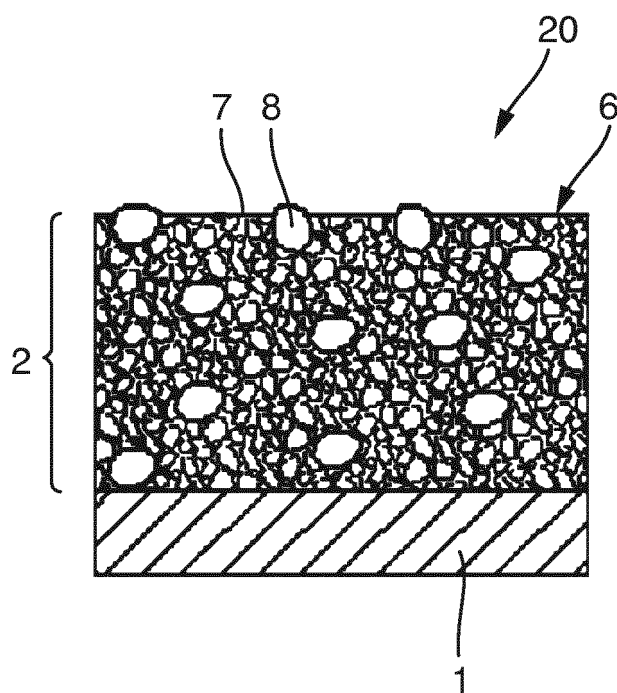


Fig. 2

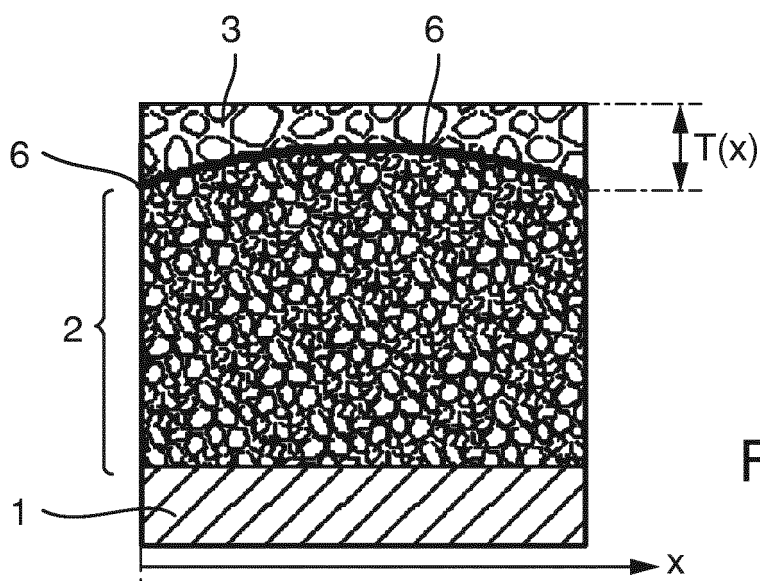


Fig. 3a

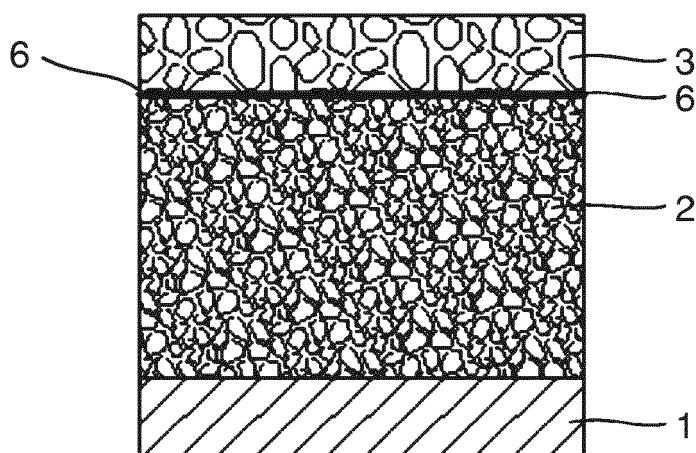


Fig. 3b

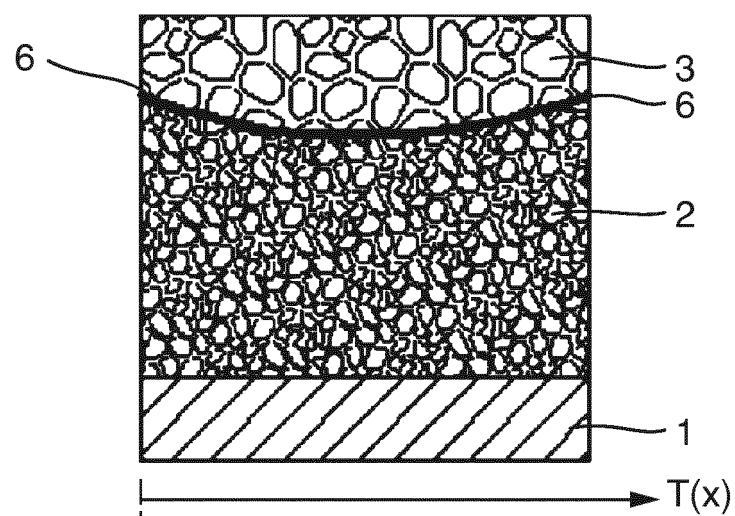


Fig. 3c

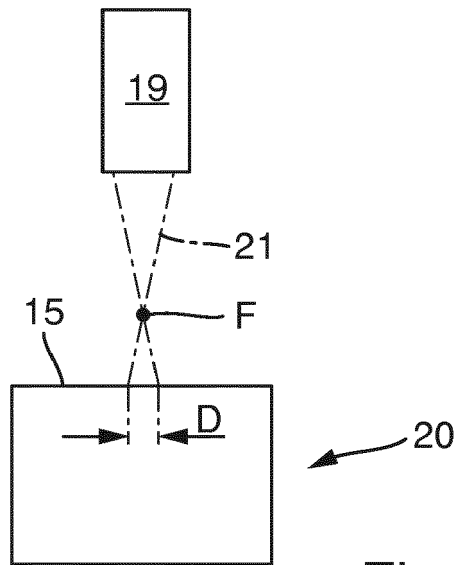


Fig. 4

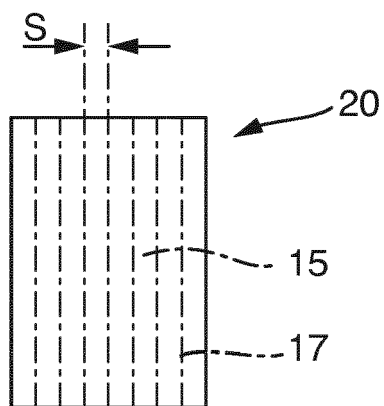


Fig. 5

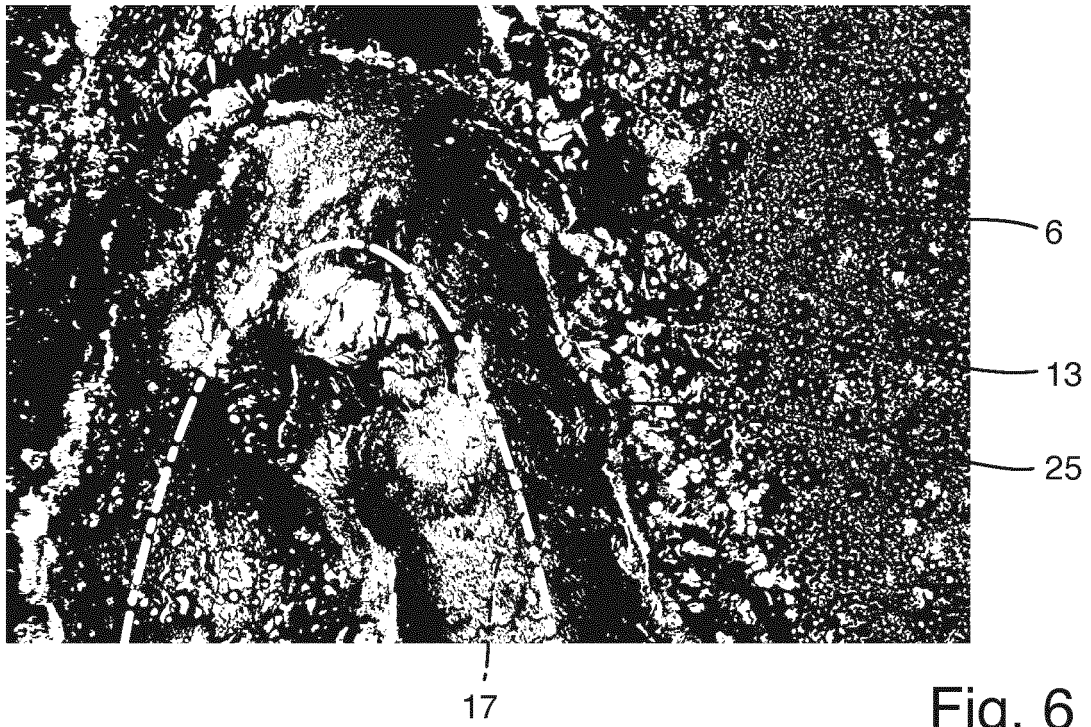


Fig. 6

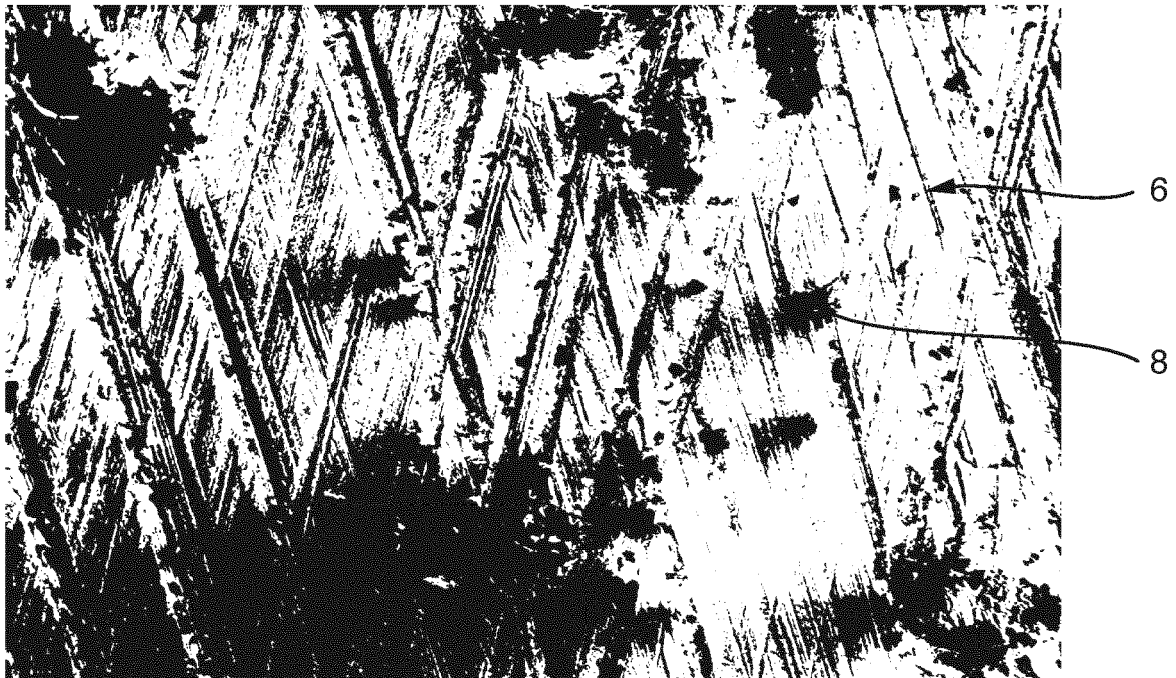


Fig. 7

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

- DE 10042613 A1 [0004]
- DE 102004011985 B4 [0005]