

(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  
15. November 2001 (15.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/85376 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B23D 61/18,**  
B24D 3/06

Jörg [AT/DE]; Haubensteigweg 29, 87439 Kempten (DE).  
MEYER, Jürgen [DE/DE]; Hirschdorfer Weg 7, 87439  
Kempten (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/04968

(22) Internationales Anmeldedatum:  
3. Mai 2001 (03.05.2001)

(74) Anwälte: **POTTEN, Holger** usw.; c/o Wacker-Chemie  
GmbH, Hanns-Seidel-Platz 4, 81737 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
100 22 994.8 11. Mai 2000 (11.05.2000) DE

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **WACKER-CHEMIE GMBH** [DE/DE]; Hanns-Sei-  
del-Platz 4, 81737 München (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LUKSCHANDEL,**

(54) Title: NICKEL-DIAMOND-COATED SAW WIRE WITH IMPROVED ANCHORING OF THE DIAMOND PARTICLES

(54) Bezeichnung: NICKEL-DIAMANT BESCHICHTETER SÄGEDRAHT MIT VERBESSERTER VERANKERUNG DER DI-  
AMANTPARTIKEL

(57) Abstract: The invention relates to a saw wire consisting essentially of a steel wire, an intermediate layer and a metallic binding phase into which diamond grains with an average diameter of 10 to 50 micrometers are inserted, characterized in that the metallic binding phase has a hardness of between 600 and 1100 HV 0.1 and consists of an inner layer and an outer layer which are arranged concentrically around the steel wire provided with the intermediate layer. The inner layer has a thickness of approximately between 10 and 25 % of the average diamond grain diameter, while the thickness of the outer layer is such that the overall thickness of the metallic binding phase is 45-55 % of the average diamond grain diameter and the diamond grains have an average interval of not more than 5 times their average diameter. Other fine particles with an average diameter of 1 to 6 micrometers are located between the diamond grains with an average diameter of 10 to 50 micrometers.

(57) Zusammenfassung: Sägedraht bestehend aus einem Stahldraht, einer Zwischenschicht und einer metallischen Bindephase in die Diamantkörner mit einem mittleren Durchmesser von 10 bis 50 Micrometer eingelagert sind, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Bindephase eine Härte zwischen 600 und 1100 HV 0,1 besitzt und aus einer inneren Schicht und einer äußeren Schicht besteht, welche konzentrisch um den mit der Zwischenschicht versehenen Stahldraht angeordnet sind, wobei die innere Schicht eine Stärke von etwa 10 bis 25 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers hat und die äußere Schicht eine solche Stärke hat, daß die Gesamtstärke der metallischen Bindephase 45 - 55 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers beträgt und die Diamantkörner einen mittleren Abstand von nicht mehr als dem 5-fachen ihres mittleren Durchmessers haben und sich zwischen den Diamantkörnern mit einem mittleren Durchmesser von 10 bis 50 Micrometer weitere feine Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 1 bis 6 Micrometer befinden.

WO 01/85376 A1

## **Nickel-Diamant beschichteter Sägedraht mit verbesserter Verankerung der Diamantpartikel**

5 Die Erfindung betrifft einen Nickel-Diamant beschichteten Sägedraht mit verbesserter Verankerung der Diamantpartikel in der metallischen Bindephase.

10 In DE A 19839091 (entspricht der US Anmeldung mit der Serial Number 09/332722) wird ein Nickel-Diamant beschichteter Sägedraht, ein Verfahren zu seiner Herstellung sowie seine Verwendung beschrieben. Ein solcher Draht kann zum Sägen sprödharter Materialien wie Silizium eingesetzt werden. Die Herstellung des Sägedrahtes erfolgt dadurch, daß ein Draht nach einer chemischen Vorbehandlung in ein Chemisch-Nickel-Bad eingebracht  
15 wird, das Diamantpartikel, vorzugsweise eines mittleren Durchmessers von 5 bis 30  $\mu\text{m}$ , enthält. Die sich auf der Drahtoberfläche ablagernden Diamantpartikel werden zunächst von schwachen chemischen und/oder physikalischen Bindungskräften fixiert. Im Verlaufe des Beschichtungsprozesses werden die anhaftenden Diamantpartikel von der aufwachsenden Nickelschicht fest umschlossen und somit sicher verankert. Die Dicke der metallischen Bindephase beträgt vorzugsweise 5 - 20  $\mu\text{m}$ . Durch  
20 eine anschließende thermische Aushärtung werden die Eigenschaften der metallischen Bindephase erheblich verbessert. So ist ein Abbau der Zugeigenspannungen in der metallischen Bindephase zu beobachten, die Haftfestigkeit wird erhöht und die Schichthärte deutlich gesteigert. Ein solcher Draht zeigt beim Sägen von Silizium sehr gute Sägeresultate, wie aus der o. g.  
30 Anmeldung ersichtlich.

Aufgrund der beschriebenen Eigenschaften erscheint der Nickel-Diamant beschichtete Sägedraht auch für das Sägen von keramischen Hartstoffen wie Siliziumkarbid geeignet. In Versuchen  
35 zeigte sich zwar, das keramische Hartstoffe grundsätzlich mit einem solchen Sägedraht getrennt werden können, die hohe Härte der keramischen Hartstoffe führt jedoch dazu, daß die erreich-

baren Sägeraten und auch die Lebensdauer des beschichteten Sägedrahtes für eine industrielle Nutzung nicht ausreichen.

5 Aufgabe der Erfindung ist es, einen diamantbelegten Sägedraht zur Verfügung zu stellen, der eine erhöhte Verschleißfestigkeit beim Sägen von harten Materialien wie z. B. keramischen Hartstoffen besitzt.

10 Die Aufgabe wird gelöst durch einen Sägedraht, bestehend aus einem Stahldraht, einer Zwischenschicht und einer metallischen Bindephase, in die Diamantkörner mit einem mittleren Durchmesser von 10 bis 50  $\mu\text{m}$  eingelagert sind, wobei die Zwischen-  
15 schicht unversehrt und frei von Diamantkörnern ist und sowohl eine Wasserstoffversprödung des Drahtes verhindert, als auch eine ausreichende Haftfestigkeit der metallischen Bindephase sicherstellt, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Bindephase eine Härte zwischen 600 und 1100 HV 0,1 besitzt und  
20 aus einer inneren Schicht und einer äußeren Schicht besteht, welche konzentrisch um den mit der Zwischenschicht versehenen Stahldraht angeordnet sind, wobei die innere Schicht eine Stärke von etwa 10 bis 25 % des mittleren Diamantkorn-  
25 Durchmessers hat und die äußere Schicht eine solche Stärke hat, daß die Gesamtstärke der metallischen Bindephase 45 - 55% des mittleren Diamantkorn-Durchmessers beträgt und die Diamantkörner einen mittleren Abstand von nicht mehr als dem 5-fachen ihres mittleren Durchmessers haben und sich zwischen den Diamantkörnern mit einem mittleren Durchmesser von 10 bis 50  $\mu\text{m}$  weitere feine Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 1 bis 6  $\mu\text{m}$  befinden.

30 Die auf dem Sägedraht fixierten Diamantkörner sind somit bis etwa zu ihrem Äquator in der metallischen Bindephase verankert.

35 Die auf dem Draht fixierten Diamantkörner haben vorzugsweise einen mittleren Durchmesser von 25 bis 45  $\mu\text{m}$ . Die genannten Diamantkörner befinden sich vorzugsweise in einer derartigen

Menge auf dem Draht, daß ihr mittlerer Abstand nicht mehr als das 0,5- bis 3-fache ihres mittleren Durchmessers beträgt.

5 Zwischen den Diamantkörnern des mittleren Durchmessers von 10 bis 50  $\mu\text{m}$  befinden sich weitere feine Partikel. Bei diesen feinen Partikeln handelt es sich vorzugsweise um Hartstoffpartikel. Sie haben einen mittleren Durchmesser von 1 bis 6  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 2 bis 4  $\mu\text{m}$ . Diese feinen Partikel sind vorzugsweise nur in der oberen der beiden Schichten der metallischen  
10 Bindephase vorhanden.

Bei diesen kleineren Hartstoffpartikeln handelt es sich vorzugsweise ebenfalls um Diamantkörner. Der mittlere Durchmesser dieser feinen Diamantkörner wird bei der Festlegung der  
15 Schichtdicke der Bindephase (erfindungsgemäß 45-55 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers) nicht berücksichtigt. Für die Festlegung der Schichtdicke der Bindephase dient nur der mittlere Durchmesser der größeren Diamantkörner.

20 Der erfindungsgemäße Sägedraht hat einschließlich Schleifkornbelag vorzugsweise einen Durchmesser von bis zu max. 0,35 mm.

Als Stahldraht wird vorzugsweise nichtrostender Federstahldraht aus Chrom-Nickel-Stahl verwendet. Geeignet sind z. B.  
25 die Werkstofftypen 1.4310, 1.4401, 1.4539, 1.4568 und 1.4571 (Bezeichnung nach DIN 17224).

Der Stahldraht hat vorzugsweise einen Durchmesser von 0,15 bis 0,30 mm.

30

Die Zwischenschicht besteht vorzugsweise aus einem Metall, einer Metallegierung oder einer Kombination zweier Metalle bzw. eines Metalls und einer Metallegierung.

35 Vorzugsweise handelt es sich um ein Metall, eine Metallegierung oder eine Kombination zweier Metalle bzw. eines Metalls und einer Metallegierung, die mit guter Haftfestigkeit galva-

notechnisch beschichtbar ist und gleichzeitig als Wasserstoffbarriere wirkt.

5 Geeignete Metalle sind z. B. Kupfer und Nickel und als Metalllegierung z. B. Messing.

Die Zwischenschicht hat vorzugsweise eine Stärke von 1 bis 10  $\mu\text{m}$ .

10 Die metallische Bindephase besteht vorzugsweise aus Nickel bzw. Nickellegierungen. Besonders bevorzugt besteht sie aus außenstromlos abgeschiedenem Nickel (Chemisch Nickel).

15 Die metallische Bindephase hat vorzugsweise eine Härte HV 0,1 von 800 bis 1100, besonders bevorzugt 1000 bis 1100.

Vorzugsweise variiert die Dicke der Zwischenschicht um den Draht um nicht mehr als 5 %.

20 Vorzugsweise variiert die Dicke der metallischen Bindephase um den Draht um nicht mehr als 5 %, besonders bevorzugt um nicht mehr als 2,5%.

25 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform beträgt die Schichtdicke der metallischen Bindephase 12 bis 15  $\mu\text{m}$  und die Dicke der metallischen Bindephase um den Draht variiert um maximal 0,4  $\mu\text{m}$ .

30 Der erfindungsgemäße Sägedraht kann wie folgt hergestellt werden:

Wie bereits aus DE A 19839091 bekannt, erfährt ein mit einer Zwischenschicht versehener Draht eine auf das Grundmaterial abgestimmte, chemische Vorbehandlung. Sie ist im Stand der  
35 Technik bekannt und besteht üblicherweise aus bekannten Entfettungs-, Beiz- und Aktivierungsbehandlungen. Anschließend erfolgt die Beschichtung in einem sogenannten Chemisch-Nickel-

Diamantbad (Bad zur außenstromlosen Nickel-Diamant-Abscheidung). Solche Bäder sind im Stand der Technik ebenfalls bekannt. Wie aus dem Stand der Technik ferner bekannt, kann es nützlich sein, das Anspringen der Metallisierung durch einen kurzen Stromstoß einzuleiten. Durch eine geeignete Bewegung von Draht und Elektrolyt wird eine gleichmäßige Diamanteinlagerung auf dem gesamten Umfang des Drahtes erreicht. Erfindungswesentlich ist beim erfindungsgemäßen Verfahren, daß die Beschichtung in zwei Stufen erfolgt, wobei in der ersten Stufe Diamantpartikel mit einem mittleren Durchmesser von 10 - 50  $\mu\text{m}$  auf dem Draht abgelagert werden und in der zweiten Stufe feine Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 1 bis 6  $\mu\text{m}$  auf dem Draht abgelagert werden.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich innerhalb einer Stunde um den Faktor  $10^3$  mehr beschichteter Draht herstellen, als mittels elektrochemischer Abscheidung in kontinuierlichen Durchlaufanlagen bei vergleichbarer Anlagengröße.

Vorzugsweise wird im Anschluß an die Beschichtung eine mindestens einstündige Wärmebehandlung durchgeführt.

Im erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt die zweistufige Beschichtung des Drahtes nach der chemischen Vorbehandlung vorzugsweise wie folgt:

In der ersten Beschichtungsstufe wird der Draht in ein Chemisch-Nickel Bad eingebracht, das Diamantpartikel mit einem mittleren Durchmesser von 10 - 50  $\mu\text{m}$ , -vorzugsweise 25 - 45  $\mu\text{m}$ -, enthält. Der Beschichtungsprozeß wird so gesteuert, daß sich im Idealfall eine Monolage von Diamantkörnern auf die Drahtoberfläche ablagert, die im Verlaufe des Prozeßes von der aufwachsenden Nickelschicht fixiert werden. Die erste Beschichtungsstufe ist abgeschlossen, sobald die Nickelschicht eine Dicke von 10 bis 25 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers erreicht hat.

In der zweiten Beschichtungsstufe erfolgt die Abscheidung einer weiteren Chemisch-Nickel-Schicht, die deutlich feinere Partikel enthält als die erste Chemisch-Nickel-Schicht.

5 Die Dicke der in dieser 2. Verfahrensstufe abgeschiedenen Chemisch-Nickel-Schicht mit darin eingebetteten, feinen Partikeln wird so gewählt, daß die Gesamtschichtdicke einschließlich der im ersten Beschichtungsschritt abgeschiedenen Schicht vorzugsweise 45 - 55 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers der Di-  
10 amantkörner, die im ersten Verfahrensschritt verwendet wurden, beträgt. Bei der näherungsweise äquialen Gestalt des Diamantkorns wird somit eine gute Verankerung bis etwa zum Äquator der Diamantkörner in der metallischen Bindephase erreicht.

15 Die feinen Partikel haben in diesem Bad einen mittleren Korndurchmesser von 1 bis 6  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von 2 bis 4  $\mu\text{m}$ .

Bevorzugt handelt es sich um Hartstoffpartikel, wobei von diesen wiederum Diamantpartikel bevorzugt sind.

20

In dieser zweiten Beschichtungsstufe erfolgt somit die Verankerung der groben Diamantkörner mit einer weiteren Chemisch-Nickel-Dispersionsschicht.

25 Grundsätzlich ist es auch möglich, die gesamte zur Fixierung der groben Diamantkörner auf dem Draht erforderliche metallische Bindephase als eine Dispersionsschicht mit eingelagerten groben Diamanten und feinen Hartstoffpartikeln auszubilden. Das Beschichtungsverfahren zur Herstellung eines solchen Drahtes wird dann, wie in DE 19839091 beschrieben, durchgeführt,  
30 wobei dem Beschichtungsbad sowohl grobe als auch feine Körner gleichzeitig zugesetzt werden. Ein solches Herstellungsverfahren ist zwar einfacher durchzuführen, als das erfindungsgemäße, allerdings hat der so erhaltene Draht den gravierenden  
35 Nachteil, daß er seine Schneidfähigkeit, insbesondere beim Sägen harter Materialien, aus folgendem Grund frühzeitig verliert:

Die gegen Ende der Verweilzeit des Drahtes im Beschichtungsbad eingebundenen groben Diamantkörner sind wegen ihrer schwachen Verankerung in der Bindephase nur leicht fixiert. Sie werden beim Sägen rasch herausgerissen. Das führt zum umgehenden Verlust der Schneidfähigkeit des Drahtes.

Wie bereits in DE-A-19839091 beschrieben, wird der Sägedraht nach der Beschichtung üblicherweise einer Wärmebehandlung, vorzugsweise bei 350 °C unterzogen, um in der Schicht vorhandene Zugeigenspannungen abzubauen und die Schichthärte und damit den Verschleißwiderstand der metallischen Bindephase zu erhöhen.

Da bei der Verankerung der groben Diamantpartikel in einer weiteren Dispersionsschicht bereits eine unter Druckeigenspannungen stehende Schicht mit hohem Verschleißwiderstand vorliegt, ist es bevorzugt, eine Wärmebehandlung ausschließlich unter dem Gesichtspunkt einer Steigerung der Schichthaftfestigkeit durchzuführen. Dazu ist eine Wärmebehandlungstemperatur von 150 - 200 °C ausreichend.

Diese niedrige Wärmebehandlungstemperatur hat nun den Vorteil, daß auch geeignete unlegierte hochfeste Drähte nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet und ohne kritischen Abfall von Zugfestigkeit und Elastizität bei 150 - 200 °C thermisch behandelt werden können.

Elektrolytische Abscheideverfahren sind zur Herstellung des erfindungsgemäßen Drahtes nicht geeignet, da mit ihnen die erfindungsgemäße Härte der metallischen Bindephase und die vorzugsweise vorhandene geringe Dickenschwankung der metallischen Bindephase nicht erreichbar sind.

Die folgenden Beispiele dienen der weiteren Erläuterung der Erfindung.

## Beispiel 1 (Vergleichsbeispiel)

Herstellung eines Vergleichsdrahtes analog J-OS 09-001455:

5 Es wurden 60 m eines hochlegierten Stahldrahtes, käuflich erhältlich unter der Bezeichnung 12 R 10 Nicoat bei der Firma Sandvik, mit einem Durchmesser von 0,18 mm auf einen für die stromlose Nickelabscheidung üblichen Warenträger aufgenommen.

10 Der Draht wurde der bei einer stromlosen Nickelabscheidung üblichen Entfettungs-, Beiz- und Aktivierungsbehandlung unterzogen. Anschließend erfolgt die Beschichtung in einem käuflich erhältlichen Chemisch-Nickel-Diamantbad (erhältlich unter der Bezeichnung Niposit 65 bei der Firma Shipley in Esslingen). Dem Bad werden Diamantpartikel mit einem mittleren Korndurchmesser von 25  $\mu\text{m}$  (käuflich erhältliches genormtes Standardprodukt) zugesetzt. Durch eine Bewegung von Draht und Elektrolyt wurde eine gleichmäßige Diamanteinlagerung auf dem gesamten Umfang des Drahtes in die aus Chemisch-Nickel bestehende Bindephease erreicht. Nach Erreichen einer Chemisch-Nickel-

15 Schichtdicke von 3  $\mu\text{m}$  wurde der Warenträger aus dem Diamantbad entnommen und nach einem Spülschritt in ein weiteres, jedoch feststofffreies Chemisch-Nickel-Bad umgesetzt. Die Expositionszeit in diesem Bad wurde so gewählt, daß die Dicke der feststofffreien Schicht 8  $\mu\text{m}$  betrug und somit eine Gesamtschichtdicke von 11  $\mu\text{m}$  vorlag. Nachfolgend wird dieser Draht

20 als Sägedraht b) bezeichnet.

25

## Beispiel 2

30 Herstellung eines erfindungsgemäßen Sägedrahts

Bei dem erfindungsgemäßen Beschichtungsverfahren erfolgte das Aufbringen der groben Diamantpartikel auf der Drahtoberfläche analog Beispiel 1. Auch hier betrug die Dicke der Chemisch-Nickel-Schicht 3  $\mu\text{m}$ . Anschließend wurde der Warenträger dem

35 Bad entnommen und nach einem Spülschritt in ein weiteres Chemisch-Nickel-Diamantbad umgesetzt. In diesem Bad lagen Dia-

mantpartikel mit einem mittleren Durchmesser von 2  $\mu\text{m}$  vor. Die  
Expositionszeit in dem Bad wurde so gewählt, daß die Dicke der  
Dispersionsschicht 8  $\mu\text{m}$  betrug und somit ebenfalls eine Ge-  
samtsschichtdicke von 11  $\mu\text{m}$  vorlag. Nachfolgend wird dieser  
5 Draht als Sägedraht c) bezeichnet.

Beide Sägedrahtvarianten wurden abschließend zum Zwecke der  
Aushärtung bei 350°C für eine Stunde wärmebehandelt.

10

### Beispiel 3

Ermittlung der Verschleißfestigkeit eines erfindungsgemäßen  
Sägedrahtes und zweier Sägedrähte des Stands der Technik

15

Zur Beurteilung der Drähte wurden vergleichende Sägeversuche  
an Silizium- und Siliziumkarbidproben auf einer Well-  
Labordrahtsäge (Typ 6234) mit dem in DE A 19839091 beschriebe-  
nen Meßsystem durchgeführt.

20

Die Funktionsweise dieser Säge mit Vor- und Rückspulen des Sä-  
gedrahts hat zur Folge, daß der Draht pro Minute bis zu 10 mal  
seine Arbeitsrichtung ändert. Im Laufe längerer Sägezeiten  
finden also mehrere hundert Drahtüberläufe im Sägespalt statt,  
so daß die Standfestigkeit des Drahtes deutlich zum Ausdruck  
25 kommt.

Es wurden folgende Sägedrähte eingesetzt:

30

a) ein bekannter Sägedraht gemäß DE A 19839091 (dort erfin-  
dungsgemäßes Beispiel)

b) ein Sägedraht mit einer Verankerung der Diamantpartikel mit  
einer feststofffreien Nickelschicht, wie er beispielsweise  
in J-OS 09-001455 beschrieben ist (Draht aus Beispiel 1).

35

c) ein erfindungsgemäßer Sägedraht mit einer Verankerung der  
Diamantpartikel mit einer Nickel-Diamant-Schicht, in die  
Diamantpartikel des Korndurchmessers 2  $\mu\text{m}$  eingelagert wur-  
den (Draht aus Beispiel 2).

Die Diamantbelegungsichte war bei allen Sägedrähten identisch. Der Kornüberstand der groben Diamantpartikel war in den Fällen b) und c) identisch. Beim Sägedraht a) waren aufgrund der zum Teil nur wenig eingebetteten Diamanten lokal deutlich höhere Kornüberstände vorhanden.

Die Ergebnisse der Sägeversuche lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 10 Beim Sägen eines Siliziumquaders (50 x 22.5 mm) wurden die besten Ergebnisse mit dem Sägedraht c) erreicht. Die zum Trennen der Probe erforderliche Zeit liegt um etwa 10 % niedriger als beim Draht a) und noch um 5 % niedriger als beim Draht b).
- 15 Besonders augenfällig sind die Vorteile des Sägedrahts c) beim Trennen von Siliziumkarbid:

Bei diesen Versuchen fand als Probekörper ein SiC-Zylinder mit einem Durchmesser von 65 mm Verwendung. Als Maß für die Schnittleistung der Drähte wurde die gesägte Fläche pro Zeiteinheit herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 wiedergegeben:

Tab. 1

Gesägte Siliziumcarbid-Fläche in Abhängigkeit von der Sägedauer			
Gesägte Fläche (mm <sup>2</sup> )	Sägedauer in Minuten		
	Sägedraht a)	Sägedraht b)	Sägedraht c)
500	8,0	5,5	5,0
1000	16,5	13,0	10,5
1500	27,5	21,0	17,5
2000	40,5	31,5	26,5
2500	56,5	44,0	36,0
3000	76,0	59,5	48,5

Die in Tab. 1 wiedergegebenen Ergebnisse zeigen, daß bei Verwendung des Sägedrahts c) die zum Trennen der Siliziumkarbidprobe erforderliche Zeit um etwa 35 % niedriger liegt als beim Draht a) und noch um über 20 % niedriger als beim Draht b).

5

Weiterhin ist ersichtlich, daß der Sägedraht c) mit zunehmender Schnittfläche weitaus weniger an Sägeleistung verliert als die Drähte a) und b) und daher besonders für das Trennen von harten Materialien geeignet ist.

10

**Patentansprüche:**

1. Sägedraht mit erhöhter Verschleißfestigkeit beim Sägen von harten Materialien, bestehend aus einem Stahldraht, einer Zwischenschicht und einer metallischen Bindephase in die Diamantkörner mit einem mittleren Durchmesser von 10 bis 50  $\mu\text{m}$  eingelagert sind, wobei die Zwischenschicht unversehrt und frei von Diamantkörnern ist und sowohl eine Wasserstoffversprödung des Drahtes verhindert, als auch eine ausreichende Haftfestigkeit der metallischen Bindephase sicherstellt dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Bindephase eine Härte zwischen 600 und 1100 HV 0,1 besitzt und aus einer inneren Schicht und einer äußeren Schicht besteht, welche konzentrisch um den mit der Zwischenschicht versehenen Stahldraht angeordnet sind, wobei die innere Schicht eine Stärke von etwa 10 bis 25 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers hat und die äußere Schicht eine solche Stärke hat, daß die Gesamtstärke der metallische Bindephase 45 - 55 % des mittleren Diamantkorn-Durchmessers beträgt und die Diamantkörner einen mittleren Abstand von nicht mehr als dem 5-fachen ihres mittleren Durchmessers haben und sich zwischen den Diamantkörnern mit einem mittleren Durchmesser von 10 bis 50  $\mu\text{m}$  weitere feine Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 1 bis 6  $\mu\text{m}$  befinden.
2. Sägedraht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Draht fixierten Diamantkörner einen mittleren Durchmesser von 25 bis 45  $\mu\text{m}$  haben.
3. Sägedraht nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den feinen Partikeln um Hartstoffpartikel handelt.
4. Sägedraht nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den Hartstoffpartikeln um Diamantkörner handelt.

5. Verfahren zur Herstellung eines Sägedrahtes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit einer Zwischenschicht versehener Draht eine auf das Grundmaterial abgestimmte, chemische Vorbehandlung erfährt und daß  
5 anschließend eine Beschichtung in einem Chemisch-Nickel-Diamantbad (Bad zur außenstromlosen Nickel-Diamant-Abscheidung) erfolgt, wobei durch eine Bewegung von Draht und Elektrolyt eine gleichmäßige Diamanteinlagerung auf dem gesamten Umfang des Drahtes erreicht wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung in zwei Stufen erfolgt, wobei  
10 in einer ersten Stufe Diamantpartikel mit einem mittleren Durchmesser von 10 - 50  $\mu\text{m}$  auf dem Draht abgelagert werden und in einer zweiten Stufe feine Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 1 bis 6  $\mu\text{m}$  auf dem Draht abgelagert werden.  
15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/04968

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 B23D61/18 B24D3/06		
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) IPC 7 B28D B23D B24D		
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, WPI Data, PAJ		
<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	DE 198 39 091 A (KEMPTEN ELEKTROSCHMELZ GMBH) 9 March 2000 (2000-03-09) cited in the application the whole document	1-4
Y	---	5
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 396 (M-1644), 25 July 1994 (1994-07-25) -& JP 06 114739 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP), 26 April 1994 (1994-04-26) abstract	5
A	---	1-3
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C <span style="margin-left: 200px;"><input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.</span>		
° 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	Date of mailing of the international search report	
22 August 2001	31/08/2001	
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer	
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Rijks, M	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/04968

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 227 (M-713), 28 June 1988 (1988-06-28) -& JP 63 022275 A (NACHI FUJIKOSHI CORP), 29 January 1988 (1988-01-29) abstract ---	1-5
A	EP 0 916 449 A (OSAKA DIAMOND IND ;SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES (JP)) 19 May 1999 (1999-05-19) the whole document insbesondere/in particular: page 5, paragraphs 46,47 table 1 ---	1-4
P, A	EP 1 025 942 A (RICOH KK) 9 August 2000 (2000-08-09) column 2, paragraphs 6,7 column 3, paragraph 17 column 6, paragraph 29 - paragraph 31 column 7, paragraph 34 column 12, paragraph 66 -column 14, paragraph 76 column 21, paragraph 117 -column 22, paragraph 127 figures 2,4,5,7,10,11,13 ---	1-3
A	US 4 187 828 A (SCHMID FREDERICK) 12 February 1980 (1980-02-12) column 3, line 25 - line 53 column 4, line 21 - line 36 figure 4 ---	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 258 (M-838), 15 June 1989 (1989-06-15) -& JP 01 064717 A (HIROYUKI KANAI), 10 March 1989 (1989-03-10) abstract -----	1,3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/04968

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19839091 A	09-03-2000	EP 0982094 A JP 2000071162 A	01-03-2000 07-03-2000
JP 06114739 A	26-04-1994	NONE	
JP 63022275 A	29-01-1988	JP 4004105 B	27-01-1992
EP 0916449 A	19-05-1999	JP 3078020 B US 6070570 A CN 1216014 A CN 1216014 T WO 9835784 A TW 379151 B	21-08-2000 06-06-2000 05-05-1999 05-05-1999 20-08-1998 11-01-2000
EP 1025942 A	09-08-2000	JP 2000225613 A JP 2001025975 A JP 2001030177 A JP 2001079775 A JP 2001088040 A	15-08-2000 30-01-2001 06-02-2001 27-03-2001 03-04-2001
US 4187828 A	12-02-1980	US 4092972 A US 4287869 A CH 624333 A DE 2805745 A JP 1386019 C JP 53148082 A JP 61053175 B	06-06-1978 08-09-1981 31-07-1981 17-08-1978 26-06-1987 23-12-1978 17-11-1986
JP 01064717 A	10-03-1989	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/04968

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 B23D61/18 B24D3/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 B28D B23D B24D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr
X	DE 198 39 091 A (KEMPTEN ELEKTROSCHMELZ GMBH) 9. März 2000 (2000-03-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-4
Y	---	5
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 396 (M-1644), 25. Juli 1994 (1994-07-25) -& JP 06 114739 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP), 26. April 1994 (1994-04-26) Zusammenfassung	5
A	---	1-3
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher 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
- \* & \* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
22. August 2001	31/08/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Rijks, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/04968

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 227 (M-713), 28. Juni 1988 (1988-06-28) -& JP 63 022275 A (NACHI FUJIKOSHI CORP), 29. Januar 1988 (1988-01-29) Zusammenfassung ---	1-5
A	EP 0 916 449 A (OSAKA DIAMOND IND ;SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES (JP)) 19. Mai 1999 (1999-05-19) das ganze Dokument insbesondere/in particular: Seite 5, Absätze 46,47 Tabelle 1 ---	1-4
P,A	EP 1 025 942 A (RICOH KK) 9. August 2000 (2000-08-09) Spalte 2, Absätze 6,7 Spalte 3, Absatz 17 Spalte 6, Absatz 29 - Absatz 31 Spalte 7, Absatz 34 Spalte 12, Absatz 66 -Spalte 14, Absatz 76 Spalte 21, Absatz 117 -Spalte 22, Absatz 127 Abbildungen 2,4,5,7,10,11,13 ---	1-3
A	US 4 187 828 A (SCHMID FREDERICK) 12. Februar 1980 (1980-02-12) Spalte 3, Zeile 25 - Zeile 53 Spalte 4, Zeile 21 - Zeile 36 Abbildung 4 ---	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 258 (M-838), 15. Juni 1989 (1989-06-15) -& JP 01 064717 A (HIROYUKI KANAI), 10. März 1989 (1989-03-10) Zusammenfassung -----	1,3

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/04968

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19839091 A	09-03-2000	EP 0982094 A JP 2000071162 A	01-03-2000 07-03-2000
JP 06114739 A	26-04-1994	KEINE	
JP 63022275 A	29-01-1988	JP 4004105 B	27-01-1992
EP 0916449 A	19-05-1999	JP 3078020 B US 6070570 A CN 1216014 A CN 1216014 T WO 9835784 A TW 379151 B	21-08-2000 06-06-2000 05-05-1999 05-05-1999 20-08-1998 11-01-2000
EP 1025942 A	09-08-2000	JP 2000225613 A JP 2001025975 A JP 2001030177 A JP 2001079775 A JP 2001088040 A	15-08-2000 30-01-2001 06-02-2001 27-03-2001 03-04-2001
US 4187828 A	12-02-1980	US 4092972 A US 4287869 A CH 624333 A DE 2805745 A JP 1386019 C JP 53148082 A JP 61053175 B	06-06-1978 08-09-1981 31-07-1981 17-08-1978 26-06-1987 23-12-1978 17-11-1986
JP 01064717 A	10-03-1989	KEINE	