



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 666 054 A5

⑤ Int. Cl.4: C 23 C 14/32
B 23 P 15/28

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑲ Gesuchsnummer: 1660/85

⑳ Anmeldungsdatum: 25.08.1983

㉔ Patent erteilt: 30.06.1988

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.06.1988

⑦③ Inhaber:
Vsesojuzny Nauchno- Issledovatel'sky
Instrumentalny Institut, Moskau (SU)

⑦② Erfinder:
Gavrilov, Alexei Georgievich, Domodedovo (SU)
Guzei, Leonid Stepanovich, Moskau (SU)
Zhed, Viktor Petrovich, Moskau (SU)
Kurbatova, Elena Ivanovna, Moskau (SU)
Panin, Vyacheslav Nikolaevich, Moskau (SU)
Sinelschikov, Andrei Karlovich, Moskau (SU)
Padalka, Valentin Glebovich, Kharkov (SU)

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Schaad, Balass & Partner, Zürich

⑧⑥ Internationale Anmeldung: PCT/SU 83/00030
(Ru)

⑧⑦ Internationale Veröffentlichung: WO 85/01071
(Ru) 14.03.1985

⑤④ Verfahren zum Beschichten eines Werkzeuges, insbesondere eines spanenden Werkzeuges.

⑤⑦ Das Verfahren, dessen Grundkörper ein kohlenstoffhaltiger Stoff darstellt, besteht darin, dass im Vakuum ein carbidbildender Stoff durch einen Lichtbogen verdampft wird. Danach säubert und erwärmt man die Arbeitsfläche des Grundkörpers des Werkzeuges durch Kathodenbombardierung mit Ionen des carbidbildenden Stoffs bis zu einer Temperatur, bei der die Reaktion der Carbidbildung des verdampfenden, carbidbildenden Stoffs durch den Kohlenstoff des Materials des Grundkörpers abläuft. Anschliessend kondensieren sich die Ionen des carbidbildenden Stoffs auf der Arbeitsfläche des Grundkörpers.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Beschichten eines einen kohlenstoffhaltigen Grundkörper aufweisenden Werkzeuges, insbesondere eines spanenden Werkzeuges, durch Verdampfen wenigstens eines carbiddbildenden Stoffes mittels Bogenentladung im Vakuum, wozu eine elektrische Spannung an das Werkzeug angelegt und dessen Arbeitsfläche durch Kathodenbombardierung mit Ionen des verdampfenden, carbiddbildenden Stoffes gesäubert und bis zu einer Temperatur erwärmt wird, bei der dieser Stoff mit dem Werkstoff des Grundkörpers in Wechselwirkung tritt, und anschliessend die Ionen auf der Arbeitsfläche zur Bildung der Beschichtung kondensiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Temperatur derjenigen Temperatur entspricht, bei der die Reaktion der Carbidbildung des verdampfenden carbiddbildenden Stoffes durch den Kohlenstoff des Grundkörpers abläuft, während die Kondensation der Ionen des carbiddbildenden Stoffes mit gleichzeitiger Carbidbildung der Ionen, die als Kettenreaktion der Übertragung von Kohlenstoff über die Dicke der Beschichtung abläuft, vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Hartlegierung als Grundkörperwerkstoff für die Reaktion der Carbidbildung eine Temperatur zwischen 620 und 680 °C gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als verdampfender, carbiddbildender Stoff Titan verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als verdampfender, carbiddbildender Stoff Titantrinitrit verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als verdampfender, carbiddbildender Stoff eine Titanlegierung verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei zwei verdampfenden, carbiddbildenden Stoffen als zweiter Stoff Molybdän verwendet wird.

BESCHREIBUNG

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und bezieht sich auf das Gebiet der Metallbearbeitung.

Stand der Technik

Nach dem heutigen Stand der Entwicklung in der metallbearbeitenden Industrie werden an die Festigkeit, Verschleissfestigkeit und Wirtschaftlichkeit der für die Werkzeugherstellung verwendeten Werkstoffe besonders hohe Anforderungen gestellt.

Die Vervollkommnung bei der Zusammensetzung solcher Werkstoffe allein genügt nicht, um eine wesentliche Verbesserung der physikalisch-mechanischen Kennwerte zu erzielen. Erst eine Vervollkommnung der Verfahren zum Auftragen hochschmelzender, verschleissfester Beschichtungen ermöglicht eine wesentliche Verbesserung.

Aus dem veröffentlichten Werk «Plasmabeschichtung» von V.I. Kostikov und J.A. Shesternjev, Seite 94, erschienen 1978 im Verlag «Metallurgija», Moskau, ist ein Verfahren zum Auftragen einer Beschichtung auf einen aus einem kohlenstoffhaltigen Werkstoff bestehenden Grundkörper bekannt. Dabei wird ein carbiddbildender Stoff im Vakuum verdampft und auf der erwärmten Arbeitsfläche des Grundkörpers zur Bildung der Beschichtung kondensiert. Die Verdampfung des carbiddbildenden Stoffes und die Erwärmung der Arbeitsfläche erfolgen dabei auf thermische Weise.

Die Reaktion bei der Carbidbildung des verdampfenden Stoffes durch den Kohlenstoffgehalt des Grundkörpers erfolgt bei diesem bekannten Verfahren bei Temperaturen zwischen 1000 und 1600 °C, wodurch der technologische Prozess der Beschichtungsbildung erschwert wird.

Ausserdem reagiert bei diesem bekannten Verfahren das verdampfte Metall nicht restlos mit dem Kohlenstoff des Grundkörpers, so dass die Qualität der Beschichtung unbefriedigend ist.

Ferner ist aus der Zeitschrift «Physika i chimija obrabotki materialow» Nr. 2/1979, Seite 169, Verlag «Nauka» Moskau, unter dem Titel «Beschichtungen aus Molybdäncarbid, die durch Niederschlag von Plasmaströmen im Vakuum entstehen», von A.A. Andrejev u.a. ein Verfahren zum Aufbringen einer Beschichtung auf einen kohlenstoffhaltigen Grundkörper eines insbesondere spanenden Werkzeuges durch Verdampfen wenigstens eines carbiddbildenden Stoffes mittels Bogenentladung im Vakuum bekannt. Dazu wird eine elektrische Spannung an das Werkzeug angelegt und dessen Arbeitsfläche durch Bombardierung mit Ionen des verdampfenden carbiddbildenden Stoffes gesäubert und erwärmt. Anschliessend werden die Ionen auf der Arbeitsfläche zur Bildung der Beschichtung kondensiert. Vor dem Kondensieren wird bei diesem bekannten Verfahren ein Gasgemisch in das Vakuum geleitet, das mit dem verdampfenden carbiddbildenden Stoff bis zur Bildung der Beschichtung auf der Arbeitsfläche reagiert.

Die Zuführung des Gasgemisches stellt bei diesem bekannten Verfahren einen zusätzlichen Aufwand dar und verzögert die Bildung der Beschichtung.

Ausserdem verläuft die Verdampfung des carbiddbildenden Stoffes unbeständig, so dass die Zusammensetzung der Beschichtung ständigen Veränderungen unterworfen und die Reproduzierung der vorgegebenen Zusammensetzung erschwert ist. Dadurch wird dieses bekannte Verfahren noch komplizierter.

Da die zur Verwendung vorgesehenen Gase explosiv sind, besteht bei dem bekannten Verfahren zudem eine Explosionsgefahr.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu entwickeln, bei dem die Säuberung und Erwärmung der zu beschichtenden Arbeitsfläche des Werkzeuges vereinfacht und jede Explosionsgefahr vermieden wird.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Während bei einer bevorzugten Ausführung nach Anspruch 2 eine Hartlegierung als Grundkörperwerkstoff dient, kann auch Stahl als Grundkörperwerkstoff verwendet werden, wobei die entsprechende Temperatur für die Reaktion der Carbidbildung zwischen 500 und 540 °C liegen soll.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Herstellung einer Beschichtung, deren Zusammensetzung über ihre ganze Dicke stabil ist. Ferner lässt sich das Verfahren gegenüber bekannten Verfahren wesentlich vereinfachen bei zusätzlich beseitigter Explosionsgefahr.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Beschreibung konkreter Ausführungsbeispiele erläutert.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Das Verfahren zum Beschichten eines einen kohlenstoffhaltigen Grundkörper aufweisenden Werkzeuges besteht darin, dass ein carbiddbildender Stoff mittels Bogenentladung im Vakuum verdampft wird. Dazu wird eine elektrische Spannung an das Werkzeug angelegt und dessen zu beschichtende

Arbeitsfläche durch (Kathoden-)Bombardierung mit Ionen des verdampfenden, carbidbildenden Stoffes gesäubert und bis zu einer Temperatur erwärmt, bei der die Reaktion der Carbidbildung des verdampfenden, carbidbildenden Stoffes mit dem Kohlenstoff des Grundkörperwerkstoffes abläuft. Anschliessend kondensieren sich die Ionen des verdampfenden, carbidbildenden Stoffes auf der Arbeitsfläche des Werkzeuges zur Bildung der Beschichtung.

Für eine möglichst hohe Sättigung der entstehenden Beschichtung mit Kohlenstoff bei einer Hartlegierung als Grundkörperwerkstoff wird eine Temperatur zwischen 620 und 680 °C für die Reaktion der Carbidbildung gewählt.

Liegt die Temperatur tiefer als 620 °C, ist eine Sättigung der Beschichtung mit Kohlenstoff nicht gewährleistet. Liegt die Temperatur höher als 680 °C, dann tritt eine teilweise Entfestigung der Hartlegierung ein. In beiden Fällen wird dadurch die Standzeit des Werkzeugs verringert.

Als verdampfender carbidbildender Stoff eignet sich Titan. Wird jedoch eine höhere Verschleissfestigkeit verlangt, ist Titanitrid oder eine Titanlegierung zu bevorzugen.

Bei der Verwendung von zwei verdampfenden carbidbildenden Stoffen lässt sich als zweiter Stoff Molybdän verwenden.

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend konkrete Ausführungsbeispiele angegeben:

Beispiel 1

Die Beschichtung wurde auf Wendelbohrer – im nachfolgenden Text als Spiralbohrer bezeichnet – mit einem Durchmesser von 5 mm aufgetragen.

Als verdampfender, carbidbildender Stoff wurde Titan verwendet, und als Werkstoff für den Bohrer-Grundkörper Stahl in folgender Zusammensetzung:

C	Cr	W	V	Mo	Fe
0,80–0,85	3,8–4,4	5,5–6,5	1,7–2,1	5,0–5,5	Rest

Die von Verunreinigungen gesäuberten Bohrer wurden in Spezialkassetten gelegt und in eine Vakuumkammer gebracht, in der eine aus Titan bestehende Kathode aufgestellt war. Sobald das Vakuum einen Wert von $667 \cdot 10^{-5}$ Pa erreicht hatte, wurde in der Kammer ein Lichtbogen gezündet und an die Bohrer eine Spannung von 1500 V angelegt. Dabei wurde die Arbeitsfläche der Bohrer durch Kathodenbombardierung mit Titanionen gesäubert bei gleichzeitiger Erwärmung der Bohrer bis auf eine Temperatur von 520 °C, die mit Hilfe eines Infrarot-Pyrometers mit einer Genauigkeit von ± 10 °C gemessen wurde. Danach verringerte man die Spannung bis auf 250 V, und im Verlauf von drei Minuten vollzog sich die Kondensation der Titanionen auf der Arbeitsfläche der Bohrer, verbunden mit der Carbidbildung des Titans durch den Kohlenstoff des Stahls. Soald die Beschichtung, die Titan-carbid darstellt, eine Dicke von 2 µm erreicht hatte, wurde die Spannung von den Bohrern genommen und der Lichtbogen abgeschaltet. Anschliessend kühlten die Bohrer in der Kammer bis auf Raumtemperatur ab.

Die Prüfung auf Verschleissfestigkeit wurde bei Bearbeitung von Stahl folgender Zusammensetzung vorgenommen:

C	Fe
0,42–0,49	Rest

mit fünf Kontrollbohrern von jeder Serie bei folgender Betriebsart:

Schnittgeschwindigkeit	V = 32 m/min
Vorschubgrösse	S = 0,12 mm/U
Bohrtiefe	l = 3d = 15 mm

Die Prüfungsergebnisse sind in der Tabelle 1 angeführt

10 ifd. Nr. der erprobten Bohrer	1	2	3	4	5
Anzahl der mit einem Bohrer gebohrten Löcher	205	206	206	206	207

Beispiel 2

Die Beschichtung wurde auf Schneidplättchen aufgetragen.

Als Material für die Grundkörper der Plättchen wurde

20 Co	TiC	WC
6	15	Rest

und als verdampfender Stoff – Titan.

Das Auftragen der Beschichtung geschah analog wie im Beispiel 1, jedoch mit dem Unterschied, dass die Säuberung der Arbeitsfläche der Plättchen durch Kathodenbombardierung mit Titanionen bei einer Temperatur der Arbeitsfläche von 620 °C vorgenommen wurde.

Die Erprobung wurde an fünf Kontrollplättchen von jeder Serie bei folgender Betriebsart vorgenommen:

35 Schnittgeschwindigkeit	V = 160 m/min
Vorschubgrösse	S = 0,3 mm/U
Schnitttiefe	l = 1 mm

Die Tabelle 2 zeigt die Erprobungsergebnisse

40 ifd. Nr. der erprobten Plättchen	1	2	3	4	5
45 Anzahl der mit einem Plättchen bearbeiteten Werkstücke	26	26	25	26	27

Beispiel 3

Beschichtet wurden Spiralbohrer Ø 5 mm.

Als verdampfender, carbidbildender Stoff wurde Titanitrid verwendet und als Material für die Grundkörper Stahl, dessen Zusammensetzung im Beispiel 1 gegeben ist.

Die Säuberung der Arbeitsfläche der Bohrer wurde durch Kathodenbombardierung mit Titanitridionen bei gleichzeitiger Erwärmung der Bohrer bis auf 510 °C vorgenommen. Danach wurde die Spannung bis auf 300 V gesenkt und im Verlauf von drei Minuten die Kondensation der Titanitridionen auf der Arbeitsfläche der Bohrer vorgenommen, verbunden mit der Carbidbildung des Titanitrids durch den Kohlenstoff des Stahls. Die Beschichtung, die aus Titankarbonitrid Ti(NC) bestand, erreichte eine Dicke von 2 µm.

Danach nahm man die Spannung von den Bohrern und schaltete den Lichtbogen ab. Die Bohrer kühlten in der Kammer bis auf Raumtemperatur ab. Die Bohrer wurden analog wie im Beispiel 1 erprobt. Die Tabelle 3 zeigt die Erprobungsergebnisse.

lfd. Nr. der erprobten Bohrer	1	2	3	4	5
Anzahl der mit einem Bohrer gebohrten Löcher	250	249	249	249	249

Beispiel 4

Beschichtet wurden Schneidplättchen.

Als verdampfender Stoff wurde Titannitrid verwendet, und als Material für die Grundkörper der Plättchen – eine Hartlegierung, deren Zusammensetzung im Beispiel 2 gegeben ist.

Das Auftragen der Beschichtung erfolgte analog wie im Beispiel 3, jedoch mit dem Unterschied, dass die Säuberung der Arbeitsfläche der Grundlage der Plättchen durch Kathodenbombardierung mit Titannitridionen bei gleichzeitiger Erwärmung der Plättchen bis auf 635 °C vorgenommen wurde.

Die Plättchen wurden analog wie im Beispiel 2 erprobt.

Die Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Erprobung.

lfd. Nr. der erprobten Plättchen	1	2	3	4	5
Anzahl der mit einem Plättchen bearbeiteten Werkstücke	37	37	36	37	37

Beispiel 5

Beschichtet wurden Spiralbohrer Ø 5 mm.

Als verdampfender, carbidbildender Stoff wurde eine Titanlegierung folgender Zusammensetzung verwendet:

Al	Mo	Ti
5,5–7,0	2,0–3,0	Rest

und als Material für die Grundkörper – Stahl, dessen Zusammensetzung im Beispiel 1 gegeben ist.

Das Auftragen der Beschichtung erfolgte analog wie im Beispiel 1, jedoch mit dem Unterschied, dass die Säuberung der Arbeitsfläche der Bohrer durch Kathodenbombardierung mit Titan-, Aluminium- und Molybdänionen bei gleichzeitiger Erwärmung der Arbeitsfläche bis auf 525 °C vorgenommen wurde, wobei die entstehende Beschichtung ein komplexlegiertes Mischkristall auf der Grundlage von Titancarbid (Ti, Mo, Al) C darstellt.

Die Bohrer wurden analog wie im Beispiel 1 erprobt. Die Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Erprobung.

lfd. Nr. der erprobten Bohrer	1	2	3	4	5
Anzahl der mit einem Bohrer gebohrten Löcher	255	255	236	235	236

Beispiel 6

Beschichtet wurden Schneidplättchen.

Als verdampfender, carbidbildender Stoff wurde eine Titanlegierung verwendet, deren Zusammensetzung im Beispiel 5 gegeben ist, und als Material für die Grundkörper eine

Hartlegierung, deren Zusammensetzung aus Beispiel 2 entnommen werden kann.

Das Auftragen der Beschichtung geschah analog wie im Beispiel 2, jedoch mit dem Unterschied, dass die Säuberung der Arbeitsfläche der Bohrer durch Kathodenbombardierung mit Titan-, Aluminium- und Molybdänionen bei gleichzeitiger Erwärmung bis auf 650 °C vorgenommen wurde.

Die Plättchen wurden analog wie im Beispiel 2 erprobt. Die Tabelle 6 zeigt die Erprobungsergebnisse

lfd. Nr. der erprobten Plättchen	1	2	3	4	5
Anzahl der mit einem Plättchen bearbeiteten Werkstücke	33	33	33	32	33

Beispiel 7

Beschichtet wurden Spiralbohrer Ø 5 mm.

Als verdampfender, carbidbildender Stoff wurde Titan und Molybdän verwendet, und als Material für die Grundkörper – Stahl, dessen Zusammensetzung im Beispiel 1 gegeben ist.

Die von Verunreinigungen gesäuberten Bohrer wurden in Spezialkassetten gelegt und in eine Vakuumkammer gebracht, in der zwei Kathoden aus Titan bzw. Molybdän installiert worden waren.

Sobald ein Vakuum von $667 \cdot 10^{-5}$ Pa erreicht war, wurde an die Bohrer eine Spannung von 1500 V gelegt und in der Kammer ein Lichtbogen gezündet. Dabei wurde die Arbeitsfläche der Bohrer gesäubert durch Kathodenbombardierung mit Titanionen bei gleichzeitiger Erwärmung bis zu einer Temperatur von 680 °C, die durch ein Infrarot-Pyrometer mit einer Genauigkeit von ± 10 °C kontrolliert wurde. Danach verringerte man die Spannung bis auf 250 V. Anschliessend wurde durch abwechselndes Anschliessen der Titankathode und der Molybdänkathode im Verlauf von drei Minuten die Kondensation der Titan- bzw. Molybdänionen vorgenommen. Dabei entstand eine mehrlagige Beschichtung aus einander abwechselnden Titancarbidsschichten (TiC) und Molybdäncarbidsschichten (Mo₂C). Danach wurde die Spannung von den Bohrern genommen und der Lichtbogen abgeschaltet. Die Bohrer kühlten in der Kammer bis auf Raumtemperatur ab.

Die Erprobung erfolgte analog wie im Beispiel 1. Die Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Erprobung.

lfd. Nr. der erprobten Bohrer	1	2	3	4	5
Anzahl der gebohrten Löcher	260	261	260	260	260

Beispiel 8

Beschichtet wurden Schneidplättchen.

Als verdampfender, carbidbildender Stoff wurde Titan und Molybdän verwendet, und als Material für die Grundkörper – eine Hartlegierung, deren Zusammensetzung aus Beispiel 2 entnommen werden kann.

Das Auftragen einer Mehrlagenbeschichtung erfolgte analog wie im Beispiel 7, jedoch mit dem Unterschied, dass die Säuberung der Oberfläche der Plättchen durch Kathodenbombardierung mit Titan- und Molybdänionen bei gleichzeitiger Erwärmung bis auf 680 °C vorgenommen wurde.

Die Plättchen wurden wie im Beispiel 2 erprobt.

Die Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Erprobung.

lfd. Nr. der erprobten Plättchen	1	2	3	4	5
Anzahl der mit einem Plättchen bearbeiteten Werkstücke	40	40	41	40	40

Wie die in den Beispielen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 angeführten Erprobungsergebnisse zeigen, ermöglichte die Vereinfachung des technologischen Prozesses beim Auftragen einer Beschichtung eine Verbesserung der Standzeitkennwerte von Bohrern.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Kondensation der Beschichtung mit einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 0,7 $\mu\text{m}/\text{min}$, wodurch die Dauer eines technologischen Zyklus verringert wird.

5 Gewerbliche Verwertbarkeit

Die vorliegende Erfindung kann erfolgreich bei der Herstellung hochschmelzbarer, verschleissfester Beschichtungen auf spanendem und Stanzwerkzeug verwendet werden, das aus einem beliebigen, kohlenstoffhaltigen Werkstoff angefertigt ist, wie z.B. Stahl, Hartlegierungen, keramische Legierungen u.a.