

PATENTSCHRIFT 145 283

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11) 145 283 (44) 03.12.80 3(51) C 23 C 15/00
C 23 C 11/00
(21) WP C 23 C / 214 813 (22) 06.08.79

(71) siehe (72)

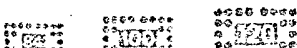
(72) Bollinger, Helmut; Bücken, Bernd, Dipl.-Phys.; Schulze, Dietmar, Dipl.-Phys.; Wilberg, Rüdiger, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Hochvakuum Dresden, VEB Kombinat Mikroelektronik, BfS, 8020 Dresden, Grunaer Weg 26

(54) Verfahren zur Herstellung von verschleißfesten und korrosionsbeständigen Schichten

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung dünner, gut haftender Überzüge auf leitfähigen temperaturstabilen Substraten für Korrosions- und/oder Verschleißschutzzwecke. Das Verfahren beinhaltet die haftfeste Aufbringung von dünnen Metallschichten durch ionengestützte Beschichtung im Vakuum und die anschließende Umsetzung der Metallschicht durch eine Behandlung in einer stromstarken Gasentladung zu Nitrid-, Karbid- oder/und Oxidschicht. Die Homogenität der Schicht und die Erzeugung von Mischschichten und/oder Mehrfachschichten ist ohne Vakuumunterbrechung durch das Verfahren möglich, so daß eine optimale Anpassung des die Hartstoffschicht bildenden Schichtwerkstoffes an den Grundwerkstoff gesichert wird.



Verfahren zur Erzeugung von verschleißfesten und korrosionsbeständigen Schichten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von
5 dünnen Hartstoffschichten im Vakuum auf temperaturbeständigen, metallischen Werkstoffen oder Teilen davon. Die erfindungsgemäß hergestellten dünnen Hartstoffschichten dienen vorrangig der Verminderung des Verschleißes von Werkzeugen und in speziellen Fällen auch oder nur der Verbesserung des Korrosionsverhaltens von Werkstoffen.
10

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, daß stark beanspruchte Oberflächen von Werkzeugen mittels Flamm-spritz- und Plasmabeschichtungsverfahren gegen hohen Verschleiß geschützt werden können.
15 Diese Verfahren werden gewöhnlich unter Atmosphärendruck durchgeführt. In dem DD-WP 108 120 ist ein Verfahren beschrieben worden, das sich durch technologische Vorteile gegenüber den herkömmlichen Verfahren unterscheidet. Der grundsätzliche Nachteil dieses Verfahrens liegt in der
20 schwer kontrollierbaren Schichtdicke der Hartstoffschicht, die außerdem noch sehr große Toleranzen aufweisen kann. Sehr dünne Schichten um 10 µm sind außerdem mit diesen Verfahren nicht herstellbar, auch wenn die Beschichtung im

Vakuum vorgenommen wird. Durch die Verfahrensführung unter Vakuum kann zwar der Verzunderung der Schicht entgegengewirkt werden, aber diese Möglichkeit ist nur mit einem hohen technischen Aufwand zu realisieren.

- 5 Es ist ebenfalls bekannt, die Ablagerung einer dünnen Hartstoffschicht im Vakuum durch chemische Zersetzung eines geeigneten Gasgemisches auf den auf Reaktionstemperatur erwärmten Substraten zu erzielen. Diese Verfahrensführung ist allgemein als chemische Abscheidung aus der Gasphase
- 10 (Chemical Vapour Deposition - CVD-Verfahren) bekannt. In der CH-PS 452 205 sind die wichtigsten Verfahrensparameter wie Temperatur, Druck, Gaszusammensetzung, Strömungsbild, Belastungsdichte und geometrische Anordnung angegeben. Eine ähnliche Verfahrensvariante wurde in der DE-OS
- 15 27 20 773 vorgeschlagen. Speziell die Ausbildung der Reaktionskammer und die nach der Beschichtung erforderliche Wärmebehandlung des beschichteten Grundmaterials Stahl werden angegeben. Der wesentliche Nachteil dieser chemischen Beschichtungsverfahren liegt in der relativ hohen Arbeitstemperatur von mehr als 1400 K, der geringen möglichen
- 20 Aufwachsrate der Hartstoffschicht und in der problematischen Materialauswahl für die Anlagenausführung, die durch die stark aggressiven Arbeitsgase sehr schwierig ist. Es wurde auch bereits vorgeschlagen (DD-WP 131 184), vakuumtechnische Bedampfungsanlagen zur Erzeugung von dünnen
- 25 Hartstoffschichten einzusetzen. Der Rezipient dieser Einrichtung wird durch eine geeignete Pumpanordnung bis zu Drücken kleiner 10^{-3} Pa evakuiert und enthält eine heizbare Halterung für die zu beschichtenden Gegenstände, sowie eine Beschichtungseinrichtung, die aus einem Wider-
- 30 stands- oder Elektronenstrahlverdampfer besteht. Das vorgeschlagene Verfahren gliedert sich in folgende technologische Schritte:

- Aufdampfen einer metallischen Schicht auf die durch die
- 35 eingebaute Heizung vorgewärmten Substrate bei einem Vakuum $< 5 \cdot 10^{-3}$ Pa,

- Einlaß eines Reaktionsgases, das mit dem aufgedampften Metall eine Hartstoffschicht bildet, bis zu einem Druck von beispielsweise $1 \dots 5 \cdot 10^2$ Pa und Zünden einer selbständigen Gasentladung. Unter diesen Bedingungen und bei ausreichender Temperierung der Substrate reagieren beide Komponenten und bilden eine Hartstoffschicht.

- Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in einer aufwendigen Erwärmungstechnologie des Substrates, die hier im ersten Verfahrensschritt durch Strahlungserwärmung erfolgt.
- 10 Die Erwärmung der Substrate trägt zwar zur Verbesserung der Haftfestigkeit zwischen aufgedampfter Schicht und Grundwerkstoff bei, aber eine den Beanspruchungen eines Werkzeuges gewachsene Beschichtung ist hinsichtlich der Haftfestigkeit nicht zu erzielen. Außerdem ist eine Strahlungserwärmung nicht effektiv, da ein großer Teil der Anlage und der darin befindlichen Teile mit aufgeheizt wird und zur Gewährleistung einer sicheren Funktion gekühlt werden muß.

- Es wurde weiterhin vorgeschlagen (DE-OS 23 40 282) der bereits erwähnten Stufentechnologie einen Verfahrensschritt voranzustellen, der die Probleme der Haftfestigkeit vorteilhaft löst. Hierzu wird das Substrat vor der Beschichtung mit Ionen des den Hartstoff bildenden Metalls so beschossen, daß eine Implantation dieser Ionen im Substrat bis zu einer vorgegebenen Penetrationstiefe von 25 ... 500 μm erfolgt. Danach werden auf die Substrate Ionen des Beschichtungswerkstoffes in gewünschter Stärke plattiert und zur Reaktion mit dem eingelassenen Arbeitsgas gebracht. Der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens ist die Erzeugung einer genügenden Ionendichte zur Realisierung der Verfahrensstufen, besonders der Implantation, mit technisch vertretbarem Aufwand. Die Ausrüstungskosten für zusätzliche Ionenquellen sind hoch und ermöglichen keine einfache und reproduzierbar zu gestaltende Verfahrensführung.

Es wurde außerdem vorgeschlagen (DD-WP 128 714 / DE-AS

23 05 359) die Hartstoffschicht unmittelbar bei der Beschichtung im Vakuumraum zu erzeugen. Der Wirkungsgrad der Beschichtung ist damit relativ günstig gehalten, aber die Schichthftung und die Homogenität der Schicht sind für
5 Anwendungen auf Werkzeugen oder ähnlichen verschleiß- oder korrosionsbeanspruchten Teilen bei diesen Verfahren ohne aufwendige Zusatzeinrichtungen ungenügend.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, die Mängel der bekannten
10 technischen Lösungen, insbesondere die ungenügende thermische Effektivität beim Erwärmen der zu beschichtenden Teile und die ungenügende Schichthftung, sowie die meist nicht ausreichende Homogenität der Schicht durch ein Beschichtungsverfahren mit einem technisch vertretbaren Auf-
15 wand zu beseitigen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erzeugung dünner Hartstoffschichten im Vakuum zu schaffen. Dabei sind die Haftfestigkeit der Hartstoffschicht
20 zum Grundwerkstoff und die Erwärmung der zu beschichtenden Teile zur Umsetzung der aufgetragenen Metallschicht in eine verschleiß- und korrosionsbeständige Hartstoffschicht durch den Einsatz ionengestützter Verfahren so zu beeinflussen, daß einmal die Verfahrensdurchführung sehr effektiv wird und zum anderen bei stark verschleiß- und/oder
25 korrosionsbeanspruchten Teilen, insbesondere Werkzeugen, eine bedeutende Erhöhung der Standzeit erreicht wird. Die Homogenität der Schicht und die Erzeugung von Mischschichten und/oder Mehrfachschichten ist ohne Vakuumunterbrechung durch das Verfahren zu ermöglichen, so daß eine optimale Anpassung des die Hartstoffschicht bildenden Schichtwerk-

stoffes an den Grundwerkstoff gesichert werden kann.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, das durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist.

- 5 1. Der mit den zu beschichtenden Substraten bestückte Rezipient wird mittels einer an sich bekannten Vakuumanlage in den Betriebszustand "Hochvakuum" gebracht und nach Erreichen eines Druckes von $\leq 5 \cdot 10^{-3}$ Pa über eines der am Rezipienten angeordneten Gaseinlaßventile ein
10 Edelgas, vorzugsweise Argon, bis zu einem Druck von $< 1 \cdot 10^{-1}$ Pa eingelassen und dieser Druck konstant gehalten.
2. Ist der Druck im Rezipienten stabil, so wird die in den Rezipienten hineinragende, z. B. aus einer Elektronen
15 emittierenden Katode mit einem Absauggitter bestehende Ionisierungsquelle eingeschaltet und ein solcher Elektronenstrom eingestellt, der eine sichere Zündung und einen stabilen Betrieb einer unselbständigen Entladung bei einem gewählten Druck des Edelgases im Rezipienten
20 gewährleistet. Dabei ist als Dimensionierungsvorschrift der Druck des Edelgases im Rezipienten so zu wählen, daß die bei diesem Druck vorliegende mittlere freie Weglänge λ der Gasatome größer ist als die maximale Abmessung der zu beschichtenden Substrate D.
- 25 Es gilt somit:

$$\lambda < D$$

3. Die zu beschichtenden Substrate sind dabei über eine elektrische isolierende Durchführung im Rezipienten mit dem negativen Pol einer regelbaren Hochspannungsquelle verbunden, während Rezipient und Beschichtungsquelle
30 mit dem positiven Pol verbunden sind. Zur Vorbehandlung wird eine Spannung zwischen 200 und 5000 V vorgewählt und durch eine von der Substrattemperatur abhängigen

Regelung solange aufrecht gehalten, bis die vom technologischen Prozeß geforderte Beschichtungstemperatur erreicht ist. Dieser Vorgang dauert gewöhnlich zwischen 2 und 30 min. Unter Beibehaltung der negativen Spannung an den Substraten wird bei abgeschalteter Temperaturregelung die Beschichtungsquelle eingeschaltet und entsprechend der Beschichtungsrate werden die Parameter der Ionisierungsquelle und die Substratspannung eingestellt. Es gelten folgende Dimensionierungsvorschriften

- 10 Stromdichte auf der
 Substratoberfläche: 1 ... 20 Am⁻²
 Substratspannung: 200 ... 2000 V

15 Die Anwendung einer Ionisierungsquelle ermöglicht eine optimale Vorbehandlung der Substrate zur Gewährleistung bester Schichthaftung bei der Realisierung des zweckmäßigsten Schichtaufbaues, ohne daß durch eine externe Erwärmung die Substrate langwierig und bei hohen Temperaturen vorbehandelt werden müssen.

4. Nach dem Erreichen der geforderten Schichtdicke auf den
 20 Substraten werden die Ionisierungsquelle und die Beschichtungseinrichtung abgeschaltet, während die negative Substratspannung weiterhin eingeschaltet bleibt und durch entsprechende Schutzmaßnahmen vor der Zerstörung durch eine Bogenentladung geschützt wird. Nach
 25 Absperrung der Hochvakuumpumpe werden weitere Gaseinlaßventile geöffnet, so daß durch den Einlaß eines reaktiven Gases oder Gasgemisches, das mit dem Beschichtungsmaterial einen Hartstoff bilden kann und durch den damit verbundenen Druckanstieg die Anlage in den Betriebszustand "Vorvakuum" versetzt wird. Vermittels der
 30 Substrattemperaturregelung wird die Spannung so gewählt, daß beim Arbeitsdruck, der zwischen 1 und 1000 Pa liegt, eine selbständige Gasentladung gezündet wird. Dabei bilden die Substrate die Katode, während der Rezipient die

Anode darstellt. Die Entladung gewährleistet eine effektive Erwärmung der bereits temperierten Substrate bis zur Reaktionstemperatur und somit eine beschleunigte Ausbildung der Hartstoffschicht auf den Substraten.

- 5 Folgende Dimensionierungsvorschriften haben sich als vorteilhaft erwiesen:

Stromdichte auf der

Substratoberfläche: $0,1 \dots 10 \text{ Am}^{-2}$

Substrattemperatur: $600 \dots 1200 \text{ K}$

- 10 Die Substratspannung wird durch die Substrattemperatur geregelt und aus einem festen Stromdichtewert bei erreichter Temperatur gehalten. Die Erwärmung der Substrate erfolgt gezielt an der Oberfläche durch den Beschuß mit energiereichen Teilchen. Diese Erwärmungsart
- 15 ist gut regelbar, mit sehr geringer zeitlicher Verzögerung wirksam und weist eine hohe Effektivität der Energieausnutzung auf.
5. Falls Schichtkombinationen hergestellt werden sollen, sind die Verfahrensschritte von 1. - 4. entsprechend zu
- 20 wiederholen. Die Temperaturregelung gewährleistet in jedem Fall optimale Arbeitsbedingungen. Man erzielt mit diesen Mehrfachbeschichtungen hinsichtlich der Vermeidung von mechanischen Spannungen bei höchster Verschleiß- und/oder Korrosionsbeständigkeit der Deckschicht
- 25 technisch hochwertige Schichten.
6. Mit dem Abschalten der elektrischen Versorgungseinheit und nach dem Schließen aller Gaseinlaßventile können die mit einer dünnen und haftfesten Hartstoffschicht versehenen Substrate nach Abkühlung und Belüftung des
- 30 Rezipienten aus den Halterungen entnommen werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand von zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt dabei in

- 5 Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens und in
Fig. 2 einen Querschnitt durch einen mehrfach beschichteten Sintermetallkörper.

Beispiel 1

- 10 Zur Herstellung einer TiN-Hartstoffschicht wird die im Rezipienten 1 befindliche Beschichtungseinrichtung 2 mit einer zur Durchführung des Prozesses ausreichenden Menge Titan gefüllt und an der Substrathalterung 3 werden die zu beschichtenden Substrate 4 befestigt (die Substrathalterung 3 ist dabei über eine isolierende Durchführung 5 und
15 einem Vorwiderstand 6 mit einer regelbaren Hochspannungsversorgungseinheit 7 verbunden). Danach wird der Rezipient 1 über ein Pumpaggregat durch Öffnen des Ventils 8 im Hochvakuumanschluß bis auf einen Druck von $1 \cdot 10^{-3}$ Pa evakuiert
20 und nach Erreichen dieses Druckes über das Gaseinlaßsystem 12 Argon eingelassen, bis im Rezipienten 1 ein Druck von $3,5 \cdot 10^{-2}$ Pa herrscht, der mittels der Ventilstelleinheit 13 konstant gehalten wird.

- Anschließend wird die Ionisierungsquelle 10 über die Versorgungseinheit 11 eingeschaltet und ein Entladungsstrom
25 von 20 A eingestellt. Dieser Entladungsstrom ist ein Maß für die unselbständige Entladung, der die Substrate 4 ausgesetzt sind. An der Hochspannungsversorgungseinheit wird nun eine Spannung von 1500 V eingeregelt und damit an
30 Substratflächen eine Stromdichte von 5 A m^{-2} bewirkt. Über die Temperaturregeleinrichtung 15 wird der Vorbehandlungsprozeß so geregelt, daß eine Temperatur von 620 K in 15 min erreicht wird. Während dieser Zeit fällt der Substratstrom (bei 100 cm^2 Oberfläche) von 50 mA auf 35 mA ab. Dieser
35 Abfall charakterisiert sehr gut den Reinigungsprozeß der zu

beschichtenden Teile und das Ansteigen der Substrattemperatur.

Nach dem Erreichen der vorgewählten Temperatur wird die Beschichtungseinrichtung 2 bei geschlossener Blende 14 in Betrieb genommen und eine Verdampfungsrate eingestellt, die bei geöffneter Blende 14 auf den Substraten 4 eine Aufwachsrate von 25 nm s^{-1} ermöglicht. Diese Beschichtung der Substrate 4 wird bei geöffneter Blende 14, eingeschalteter Ionisierungsquelle 10 und anliegender negativer Hochspannung an den Substraten 4 entsprechend den über die Temperaturregelung 15 vorgegebenen Wert vorgenommen. Die Zeitdauer der Beschichtung beträgt im vorliegenden Falle 8 min.

Nachdem die Beschichtung beendet ist und die Blende 14, das Ventil 8 und das Gaseinlaßventil 12 geschlossen worden sind, werden die Ionisierungsquelle 10 und die Beschichtungseinrichtung 2 abgeschaltet.

Die Anlage wird nun durch Einlaß von Argon über das Gaseinlaßventil 12 und wiederum unter Nutzung der Ionisierungsquelle 10 zur Aufwärmung der Substrate, die hierzu auf negative Hochspannung von 1800 V gelegt werden, benutzt. Der Druck in der Anlage wird auf $2 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$ eingestellt. Die elektrischen Betriebseinrichtungen werden nach Erreichen der technologisch notwendigen Temperatur von 1100 K abgeschaltet und das Gaseinlaßventil 13 geschlossen. Dieser Zwischenschritt ist notwendig, um reibungslos die reaktive und mit Ionen unterstützte Umwandlung von Titan in TiN im nächsten Arbeitsgang zu ermöglichen.

Durch Öffnen des Ventils 9 wird die Anlage in den Zustand "Vorvakuum" versetzt. Durch das Gaseinlaßsystem 12 wird dazu ein Arbeitgas, bestehend aus einem Gemisch von N_2 und H_2 im Verhältnis von 4 : 1 bis zu einem Druck von 500 Pa eingelassen und über Ventilstelleinheit 13 konstant gehalten. Mit der Hochspannungsversorgungseinheit 7 wird eine Spannung von 860 V eingestellt, die auf der Substratoberfläche während der Entladung eine Leistungsdichte von $1,2 \text{ W cm}^{-2}$ gewährleistet, um zu einer schnellen Erwärmung

auf Arbeitstemperatur zu gelangen. Die Temperaturmessung erfolgt über die Temperaturregeleinrichtung 15, wobei die angelegte Spannung eingeregelt wird, daß sich die Substrattemperatur auf einen vorgegebenen Wert von 1170 K einstellt und konstant gehalten wird.

Die Temperaturbeeinflussung erfolgt über den Wert der Hochspannung an den Substraten 4. Die Ausbildung einer dünnen Hartstoffschicht kann in Abhängigkeit von der Stärke der Beschichtung gesteuert werden. Im vorliegenden Beispiel ist nach einer Behandlungsdauer von 30 min eine fest auf der Unterlage haftende und verschleißfeste Titannitridschicht von 8 μm Stärke gebildet worden, deren Mikrohärte nach Vickers $\text{HV}_{0,01} = 30\,000\text{ N mm}^{-2}$ beträgt. Nach ausreichender Abkühlung können die mit Hartstoff beschichteten und goldfarbig aussehenden Substrate 4 aus dem belüfteten Rezipienten 1 entnommen werden. Die Farbe und die verschleißmindernden Eigenschaften der erzielten TiN-Schichten entsprechen den mit anderen Verfahren hergestellten Schichten, sind aber aus technologischer Sicht wesentlich rationeller gewonnen worden.

Beispiel 2

Die Vorbereitung des Rezipienten 1 mit Substraten 4 zur Herstellung einer Titankarbonitrid-Sandwichschicht erfolgt analog dem vorstehenden Beispiel. Als Substratmaterial findet Sintermetall Anwendung. Nach Herstellung des Betriebszustandes "Hochvakuum" und Erreichen eines Druckes von $2 \cdot 10^{-3}$ Pa wird im Rezipienten 1 über den Gaseinlaß 12 ein Argondruck von $5 \cdot 10^{-2}$ Pa eingestellt und konstant gehalten. Der Entladungsstrom wird durch die Ionisierungsquelle 10 mit 15 A gewählt, an die Substrate 4 wird eine Hochspannung von -2500 V angelegt und für die Dauer von 5 min aufrechterhalten. Während dieser Zeit fällt der Substratstrom (bei 60 cm^2 Oberfläche) von 80 mA auf 15 mA ab. Nach Ablauf dieses Prozesses wird die Beschichtung der Substrate 4 mit Titan entsprechend Beispiel 1 vorgenommen.

Allerdings wird die Beschichtung erst nach 15 min beendet und damit gewährleistet, daß eine wesentlich stärkere Titanschicht als im vorstehenden Beispiel abgeschieden wurde, auf den Substraten 4 vorliegt. Nach Abschalten des

5 Verdampfers wird die Ionisierungsquelle 10 bei anliegender negativer Hochspannung von 1500 V an den Substraten 4 weiter betrieben bis über die Temperaturregeleinrichtung 15 eine Temperatur von 1200 K an den Substraten angezeigt und konstant gehalten wird. Dann werden die Ionisierungs-

10 quelle 10 und die Hochspannungsversorgung 7 ausgeschaltet. Durch Einschalten des Betriebszustandes "Vorvakuum" wird der nächste technologische Schritt eingeleitet. Über das Gaseinlaßsystem 12 wird nun N_2 , H_2 und C_2H_2 bis zu einem Arbeitsdruck von 10 Pa eingelassen, wobei die Partialdrücke

15 der Gase im Verhältnis 7 : 2 : 1 konstant gehalten werden. Durch die Temperaturregeleinrichtung 15 wird die Substratstromversorgung 7 so eingeregelt, daß die Temperatur im Bereich von 1180 - 1220 K konstant bleibt. Um eine Bogenentladung zwischen den Substraten 4 und dem Rezipienten 1

20 zu vermeiden, befindet sich im Regelkreis ein Vorwiderstand 6. Nach einer 45-minütigen Behandlung im Arbeitsgas bei der gewählten Substrattemperatur ist die Ausbildung einer verschleißfesten und korrosionsbeständigen Titankarbonitridschicht abgeschlossen.

25 Der Beschichtungsvorgang kann nun wiederum durch Herstellung des Betriebszustandes "Hochvakuum" eingeleitet werden. Der Ablauf des Vorganges regelt sich nach vorstehendem Schema.

Wiederholte Durchführung des technologischen Regime führt

30 letztlich zur Ausbildung einer Titankarbonitrid-Sandwichschicht, die sich durch besondere Verschleißfestigkeit auszeichnet.

Jede einzelne Schicht kann auf die mechanischen, thermischen und chemischen Forderungen durch einfache Wahl der

35 Gaszusammensetzung und des Arbeitsdruckes beim technologischen Schritt "Vorvakuum" in weiten Grenzen beeinflußt werden. Den Schichtaufbau einer Titankarbonitrid-Sandwich-

schicht zeigt Figur 2. Die thermische Belastung während der Beschichtung und Karbonitrierung führt zur Ausbildung vorteilhafter Diffusionsschichten zwischen den Strukturen. Die nach dreimaligen Durchlaufen des technologischen Regimes hergestellte Hartstoffschicht weist eine Dicke von 20 μm auf und zeichnet sich durch eine hohe Härte von $\text{HV}_{0,01} = 35\,000\text{ N mm}^{-2}$ aus. Die verschleißmindernden Eigenschaften zeigen sich besonders bei der Beschichtung von Sinterlagerteilen, wo eine Standzeiterhöhung von mehr als 500 % erreicht wird.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Erzeugung von verschleißfesten und korrosionsbeständigen Schichten durch Ionenbehandlung im Vakuum mit Hilfe einer Ionisierungseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß das metallische Werkstück im Vakuum bei einem Druck, dem eine mittlere freie Weglänge λ zugeordnet werden kann, die den Abmessungen der zu bildenden Substrate entspricht, durch Ionenbeschuß in einer unselbständigen Gasentladung vorbehandelt wird; anschließend ein Hartstoff bildender Werkstoff auf die Werkstückoberfläche ionengestützt aufgedampft und danach in einer selbständigen Gasentladung in einem entsprechenden Reaktions-Inertgasgemisch, vorwiegend aus stickstoff- und/oder kohlenstoffhaltigen Verbindungen bestehend, zu einer verschleißfesten und korrosionsbeständigen Hartstoffschicht umgesetzt wird.
2. Verfahren zur Erzeugung von verschleißfesten und korrosionsbeständigen Schichten durch Ionenbehandlung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Reaktionsgas zur Erzeugung von Nitridschichten ein Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch $N_2 : H_2 = 4 : 1$ bis $N_2 : H_2 = 1 : 3$ bis zu einem Druck von 1 ... 1000 Pa eingelassen wird und bei einer Substratstromdichte von 0,1 ... 10 A m⁻² sich eine Substrattemperatur entsprechend den zu behandelnden Werkstoff zwischen 800 und 1200 K einstellt.
3. Verfahren zur Erzeugung von verschleißfesten und korrosionsbeständigen Schichten durch Ionenbehandlung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß Karbonitridschichten mit einem Stickstoff-, Wasserstoff-, Methan-Gemisch im Verhältnis 7 : 2 : 1 bei einem Druck von 5 ... 500 Pa und einer durch Ionenbeschuß der Substratoberfläche erzeugten Substrattemperatur von 1000 ... 1200 K erzeugt werden können.

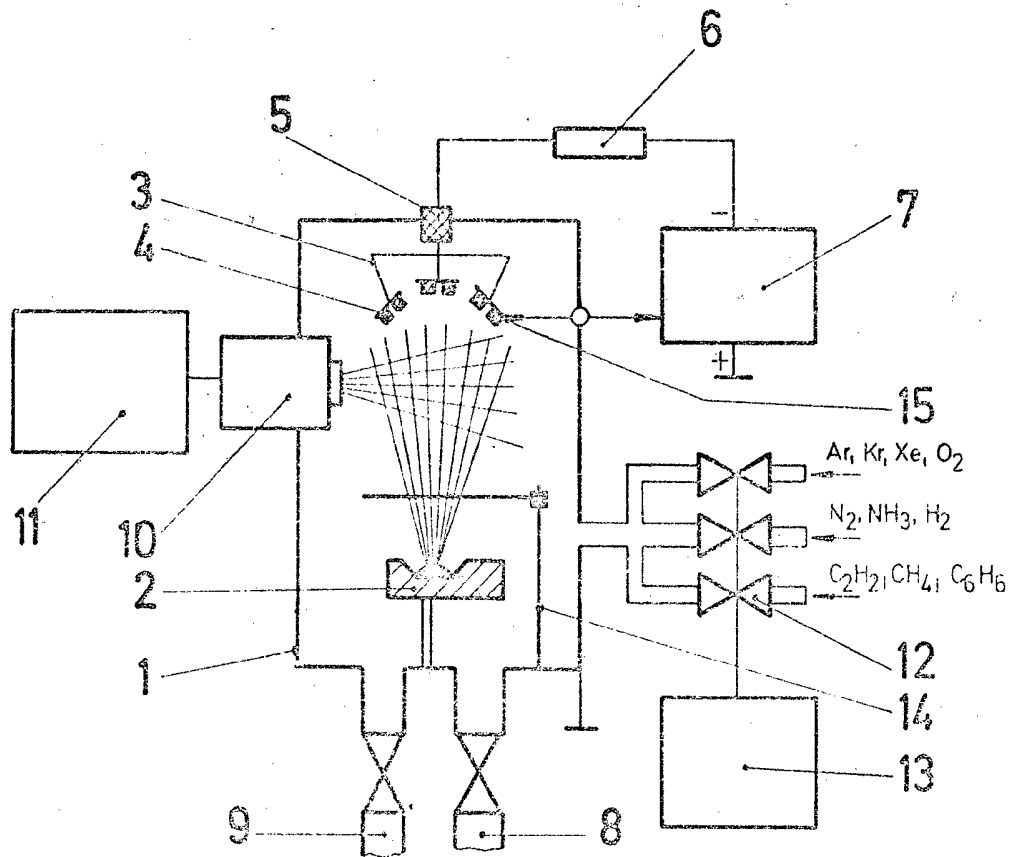


Fig. 1

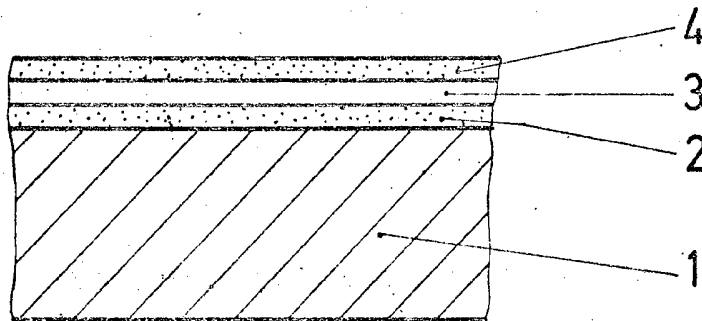


Fig. 2