



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 **CH 688 863 A5**

51 Int. Cl.⁶: C 23 C 014/08
C 23 C 016/44

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

12 **PATENTSCHRIFT** A5

21 Gesuchsnummer: 02024/94

22 Anmeldungsdatum: 24.06.1994

24 Patent erteilt: 30.04.1998

45 Patentschrift veröffentlicht: 30.04.1998

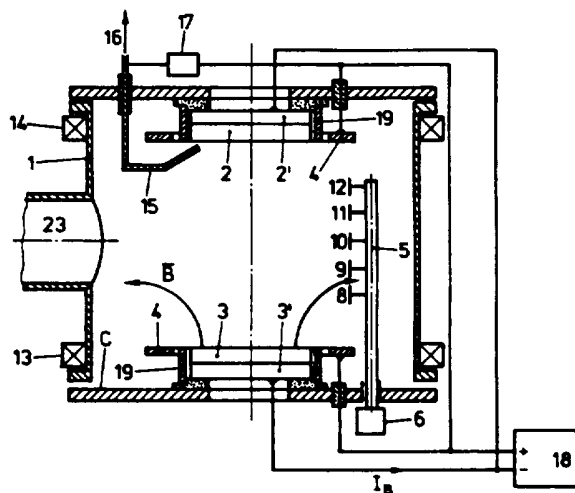
73 Inhaber:
Balzers Aktiengesellschaft, 9496 Balzers (LI)

72 Erfinder:
Brändle, Hans, Dr., Bad Ragaz (CH)
Bergmann, Erich, Dr., Mels (CH)

74 Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG,
Siewerdstrasse 95, Postfach, 8050 Zürich (CH)

54 **Verfahren zum Beschichten mindestens eines Werkstückes und Anlage hierfür.**

57 Um mittels kathodischen Bogenverdampfens Werkstücke mit einem Oxid einer Metall-Legierung zu beschichten, wird ein Target (2, 3) in einer Sauerstoffatmosphäre kathodisch bogenverdampft, wobei das Target in einer einzigen kristallografischen Phase vorliegt. Dabei wird die Bogenentladung in einem Sauerstoff-Partialdruckbereich und/oder einem Bereich der angelegten Magnetfeldstärke (B) betrieben, in welchem eine Mehrzahl Kathodenpunkte brennen, wodurch Spritzerbildung unterbunden wird.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft:

- nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 ein Verfahren zum Beschichten mindestens eines Werkstückes mit einem Oxid einer Metall-Legierung, dies aus einem Metall-Legierungstarget;
- nach dem Oberbegriff von Anspruch 10 eine Beschichtungsanlage zur Durchführung des Verfahrens.

Definition:

Unter dem Begriff «Phase» ist im folgenden «kristallografische Phase» zu verstehen.

Oxide von Metall-Legierungen werden üblicherweise durch reaktives Sputterbeschichten, Elektronenstrahl-Verdampfungsbeschichten, ion plating oder durch CVD-Verfahren als Beschichtungen abgeschieden. Versucht man, Oxide von Metall-Legierungen mit kathodischer Bogenverdampfung abzuscheiden, so ergeben sich zahlreiche Probleme. Es gelingt nicht, die Bewegung des oder der Kathodenpunkte mit den bekannten Mitteln, wie mit Magnetfeldern, zu kontrollieren, wie dies bei der Beschichtungsabscheidung von reinen Metall-Legierungen und von leitenden Nitriden gelingt. Grund hierfür ist die bekannte starke Änderung der Sekundärelektronenemission mit Änderung der Targetoberflächen-Oxidation, die zu einer Hysterese des Kathodenoberflächen-Zustandes führt.

Im weiteren sind die genannten Probleme bei der Legierungs-Oxid-Beschichtung auch gekennzeichnet durch Festbrennen der Bogen an gewissen Targetstellen, was zu erhöhter Spritzeremission führt, die zu stöchiometrisch unkontrollierter, ja gar metallischer Spritzerablagerung führt.

Es besteht ein grosses fertigungstechnisches Interesse an Verfahren für das Beschichten von Werkstücken mit Schichten von isolierenden Legierungsoxiden, insbesondere von stöchiometrischen, da diese, wie beispielsweise aus der EP-A 0 513 662, entsprechend der US-Anmeldung 07/744 532 derselben Anmelderin bekannt, hohe Härten aufweisen.

Gemäss diesen Schriften werden Hartstoffsichten vorgeschlagen, welche im wesentlichen durch Legierungsmischkristall-Oxide, im speziellen durch $(Al, Cr)_2O_3$ gebildet sind.

Aus der reaktiven Kathodenzerstäubungstechnik ist es bekannt, die Vergiftung des metallischen Targets mit nichtleitenden Reaktionsproduktschichten, insbesondere hier interessierend, mit elektrisch isolierenden Oxidschichten, durch eine Reaktivgasregelung zu kontrollieren. Bei kathodischer Bogenverdampfung hat sich ein solches Vorgehen als kontraproduktiv herausgestellt. Ein Absenken des Sauerstoff-Partialdruckes und damit eine Prozessführung hin gegen den metallischen Mode erhöht nämlich beim Bogenentladungsverdampfen die Einbrenngefahr und damit die Gefahr von Spritzeremissionen und die Sprunghaftigkeit der Brennfleck- bzw. Kathodenfusspunkt-Bewegung über grosse Sprungdistanzen an der Targetoberfläche.

Beim kathodischen reaktiven Bogenverdampfen zur Herstellung von Nitridbeschichtungen wird das Arbeiten in einer Atmosphäre mit Stickstoffüberfluss empfohlen. Überträgt man diese Idee auf die Oxidbeschichtung der hier primär interessierenden Art, nämlich primär auf Legierungs-Oxid-Beschichtungen, aber auch genereller auf Bogenverdampfungsbeschichten mit isolierenden Schichten, wie z.B. mit nichtleitenden Metalloxidschichten, so führt dies nicht zum Erfolg, da bei einer Oxidbelegung des Targets bzw. Belegung mit nichtleitender Schicht die Bogenentladung häufig zusammenbricht und aufgrund der Vergiftungsisolierung durch die bekannten Zündmechanismen nicht mehr zuverlässig zu zünden ist.

Bestehen die erwähnten Probleme schon beim Beschichten von Werkstücken mit Oxiden reiner Metalle mittels kathodischer Bogenverdampfung, so sind die Probleme noch wesentlich ausgeprägter, wenn Oxide von Metalllegierungen bogenverdampft werden sollen. Die Verschärfung der Probleme bei Legierungsverdampfen gegenüber Metallverdampfen an sich sind auch aus der Nitridbeschichtungstechnik bekannt. Hierzu sei verwiesen auf O. Knotek, F. Löffler, H.-J. Scholl; Surf. & Coat. Techn. 45 (1991) 53.

Grundsätzlich wäre der Einsatz des kathodischen Bogenverdampfens für die Herstellung insbesondere von Metalloxidschichten und insbesondere von Schichten von Legierungsoxiden ausserordentlich wünschenswert, u.a. weil das kathodische Bogenverdampfen wirtschaftlich zu hohen Beschichtungsraten führt. Grundsätzlich wäre auch eine Verbesserung der Prozessstabilisierung von reaktiven Bogenverdampfungs-Beschichtungsprozessen mit isolierenden Schichten wünschenswert.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen, Werkstücke insbesondere mit Oxiden von Metall-Legierungen, stöchiometrisch kontrolliert, zu beschichten, und dies unter Ausnützung der dem kathodischen Bogenverdampfen eigenen Vorteile, wie z.B. seiner hohen Beschichtungsrate.

Dies wird, zum Beschichten mittels eines Oxides einer Metall-Legierung, durch Vorgehen nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 erreicht.

Überraschenderweise ergibt sich, dass durch den Einsatz einphasiger Targets, im Gegensatz zu mehrphasigen, sich die Kathodenfusspunkte auf dem Target sehr viel regelmässiger bewegen, wodurch Einbrennen gänzlich vermieden wird und wodurch die Spritzerdichte drastisch reduziert wird.

Obwohl in einigen Fällen eine beschränkte Menge anderer Phasen im Target nicht störend ist, sollte ihr Anteil, gemäss Wortlaut von Anspruch 5, 30% bzw. vorzugsweise 10% nicht übersteigen.

Wie nachfolgend noch anhand der Beispiele erläutert werden wird, hat sich weiter gezeigt, dass sich

generell das Kathodenpunktverhalten beim reaktiven Bogenverdampfen elektrisch leitender Targets, insbesondere von Metalltargets, und Ablegen eines elektrisch isolierenden Reaktionsproduktes als Schicht in zwei charakteristische Bereiche unterteilen lässt. Es kann generell ein Bereich mit relativ geringem Reaktivgas-Partialdruck und einigen wenigen Kathodenpunkten, welche relativ grossflächig über die Kathoden- bzw. Targetoberfläche springen, und ein zweiter Bereich relativ hohen Reaktivgas-Partialdruckes klar unterschieden werden, bei welchem viele Kathodenpunkte sich wesentlich schneller und/oder kleinräumiger auf der Kathoden- bzw. Targetoberfläche bewegen.

Es hat sich gezeigt, dass die Ausnützung des zweitgenannten Bereiches gemäss Wortlaut von Anspruch 2 die Bildung von Spritzern praktisch vollständig unterbindet.

Dabei wird, dem Wortlaut von Anspruch 3 bzw. 9 folgend, vorzugsweise der genannte «Viel-Brennpunktbereich» optimal ausgenützt, d.h. der Prozessarbeitspunkt unmittelbar bei Reaktivgas-Partialdrücken gewählt, bei welchen die Bogenentladung abbrechen würde.

Die Stabilisierung des Prozessarbeitspunktes kann durch Beobachtung und Steuerung, aber bevorzugterweise durch eine Regelung vorgenommen werden, wobei bevorzugterweise eingesetzte Beobachtungsgrössen bzw., bei der Regelung, gemessene Regelgrössen in Anspruch 4 spezifiziert sind sowie bevorzugterweise eingesetzte gestellte Grössen bei der Steuerung (open loop) bzw. regeltechnisch gestellte Stellgrössen bei einem Regelkreis.

Dem Wortlaut von Anspruch 6 folgend, hat sich bis zum heutigen Zeitpunkt insbesondere die Anwendung der vorerwähnten Verfahren auf Aluminium/Chromlegierungen ausgezeichnet bewährt.

Gemäss Wortlaut von Anspruch 7 wird in einer bevorzugten Ausführungsform eine Hartstoffschicht der erwähnten Legierung mit mindestens 5at% Chrom, vorzugsweise mit 10 bis 50at% Chrom abgeschieden, welche letztere sich, gemäss der vorerwähnten EPA 0 513 662, von ihren Schichteigenschaften her betrachtet, ausgezeichnet beispielsweise für die Beschichtung von spanabhebenden Werkzeugen eignet.

Die Haftung der erwähnten Metall-Legierungs-Oxidschicht, insbesondere der (Al, Cr)₂O₃-Schicht, wird auf Hartmetall- oder Keramikkörpern, wie sie für den Einsatz von spanabhebenden Werkzeugen eingesetzt werden, dadurch wesentlich erhöht und reproduzierbarer, dass dem Wortlaut von Anspruch 8 folgend vorgegangen wird. Dabei wird bevorzugterweise die erwähnte Zwischenschicht einer Metall/Chromlegierung nichtreaktiv, aber ebenfalls mit kathodischem Bogenverdampfen auf das Werkstück abgelegt, wobei auch hier bevorzugterweise ein Target eingesetzt wird, woran die Metall/Chromlegierung, mindestens vornehmlich, in einer einzigen Phase vorliegt.

Die Schichtabfolge wird im selben Beschichtungsrezipienten durch sequentielles Aufschalten der Bogenentladung auf die im allgemeinen unterschiedlichen Targets erzeugt, wobei für das Abscheiden der Metall-Legierungs-Oxidschicht das Reaktivgas Sauerstoff in die Behandlungsatmosphäre eingelassen wird.

Wie erwähnt wurde, wird das Ablegen nichtleitender Metall-Legierungs-Oxidschichten im Sinne einer Prozessstabilisierung dadurch wesentlich erleichtert, dass der oben erwähnte «Viel-Brennpunktbereich» ausgenützt wird.

Es lässt sich dieser Bereich generell für Beschichtungsverfahren ausnützen, bei denen elektrisch leitende Targets in einer Reaktivgasatmosphäre bogenentladungsverdampft werden und eine Beschichtung abgelegt wird aus einem Reaktionsprodukt, welches elektrisch nicht oder zumindest schlechter leitet als das verdampfte Targetmaterial.

Eine Beschichtungsanlage zur Durchführung des Verfahrens mit einem mit einem Sauerstoffvorrat verbundenen Gaseinlass in einen Vakuumrezipienten und mit mindestens einem Verdampfungstarget zeichnet sich, um die obgenannte Aufgabe anlagentechnisch zu lösen, nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 10 aus.

Bevorzugte Ausführungsvarianten dieser Anlage sind in den Ansprüchen 11 bis 14 spezifiziert.

Wie erwähnt, kann an der erwähnten Anlage ein zweites Target vorgesehen sein, insbesondere mit einer Metall/Chromlegierung, vorzugsweise vornehmlich einphasig vorliegend, um nebst der Metall-Legierungs-Oxidschicht eine haftvermittelnde Zwischenschicht am Werkstück abzulegen.

Bezüglich Anspruch 13 ist folgendes anzumerken:

Es sei insbesondere auf die Ausnützung des Entladestrom-Frequenzspektrums hingewiesen, als gemessene Regelgrösse oder – in einer Steuerung – als beobachtete Grösse, eine Grösse, welche signifikant ist für die Charakteristika auftretender Kathodenpunkte und ihrer Bewegung.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Beispielen und Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemässe Anlage, schematisch;

Fig. 2 qualitativ die Abhängigkeiten von Brennspannung U_B und Sauerstoff-Partialdruck P_{O_2} vom Sauerstoff-Massefluss $\dot{m}_{O_2}$ bzw. Axial-Magnetfeld $\vec{B}$.

1. Verwendete Anlagenkonfiguration

In Fig. 1 bedeutet 1 eine zylindrische Vakuumbeschichtungskammer, welche durch die Pumpöffnung

23 evakuiert werden kann. Darin angeordnet sind die Kathoden 2 und 3, die in Form von Scheiben am Deckel und Boden der Anlage mittels Isolatoren elektrisch isoliert befestigt sind. Sie sind je mit einer Kühltasche 2' bzw. 3' ausgestattet, um durch ein zirkulierendes Kühlmittel die anfallende Verlustwärme abführen zu können. Jede der beiden Kathoden ist mit dem negativen Pol der Stromquelle 18 verbunden, deren positiver Pol je an eine der die beiden Kathoden umgebenden ringförmigen (also als Anoden geschalteten) Scheiben 4 geführt ist, welche die Elektronen aus der Gasentladung wieder abführen.

Vorteilhafterweise ist jede Kathode ausserdem mit einem sogenannten Zündfinger 15 (nur derjenige für die obere Kathode ist gezeichnet) ausgerüstet, welcher mittels einer vakuumdicht durch die Kammerwand hindurchgeführten Betätigungsverrichtung 16 in Pfeilrichtung bewegt werden kann, so dass man die Kathode mit dem Zündfinger berühren oder diesen von ihr entfernen kann. Der dabei fliessende Strom wird durch einen Widerstand 17 auf einige 10A begrenzt. Der beim Abheben des Zündfingers von der Kathode entstehende Unterbrechungsfunke entwickelt sich dann zum ersten der für die Verdampfung benötigten Kathodenpunkte.

Die beiden Kathoden 2 und 3 sind mit je einem zylinderförmigen, isoliert montierten Blech 19 umgeben, die ein Abwandern der Kathodenpunkte an die zylindrische Seitenwand der Kathode verhindern und so die Bewegung derselben auf die Stirnfläche der Kathoden beschränken.

Weiter sind Spulen 13 und 14 vorhanden – sie können als Helmholtz-Paar geschaltet sein –, welche bewirken, dass schon bei kleiner Feldstärke von etwa 10 Gauss ein Erhöhen der Plasmadichte und ein Erhöhen der gegenseitigen Beschichtungsrate der beiden Kathoden bei konstantem Bogenstrom eintritt.

In der Beschichtungskammer sind ferner Substrathalter 5 drehbar angeordnet, welche mit einem Antrieb 6 verbunden sind, um so durch eine Rotationsbewegung eine gleichmässige Beschichtung zu erhalten. An den Substrathaltern 5 sind die Einzelhalter 8 bis 12 befestigt.

2. Auswirkungen der Targetausbildung

Durch Heisssschmieden wurde ein Target A mit dem Durchmesser 240 mm und einer Dicke von 20 mm aus einem Pulvergemisch hergestellt. Das Pulver setzte sich aus elementarem Al und elementarem Cr in einem Mischungsverhältnis von 55 Gew.-% Al zu 45 Gew.-% Cr zusammen. Nach mechanischer Nachbearbeitung der Targetoberfläche war diese regelmässig durchsetzt mit kleinen Ausbrüchen in Grössenordnung einiger zehntel mm. Ein kleiner Abschnitt des so hergestellten Targetmaterials wurde abgetrennt. Seine Phasenzusammensetzung wurde mit einem Röntgendiffraktometer bestimmt. Das Spektrum entsprach einer Überlagerung des Spektrums der kubisch flächenzentrierten Phase des Aluminiums und der kubisch raumzentrierten Phase des Chroms.

Nun wurde Target B mit den gleichen Massen wie Target A ebenfalls durch Heisssschmieden hergestellt, diesmal aber aus einem Pulver einer Legierung. Die Legierung setzte sich aus 55 Gew.-% Al und 45 Gew.-% Cr zusammen und wurde vorgängig durch Vakuumschmelzen hergestellt und unter Schutzgas auf eine Korngrösse einiger zehntel mm gemahlen. Danach wurde dieses Pulver heiss isostatisch gepresst. Ein kleiner Abschnitt des so hergestellten Targetmaterials wurde abgetrennt. Seine Phasenzusammensetzung wurde mit einem Röntgendiffraktometer bestimmt. Das Spektrum entsprach einer Mischung von γ -Phasen, wie sie für Al-Cr-Legierungen charakteristisch ist (s. M. Hansen: Constitution of binary alloys, McGrawhill 1958).

An einer Anlage gemäss Fig. 1, jedoch nur mit einer einzigen Kathode, wurden nacheinander die Targets A und B eingebaut. Als Anode 4 diente dabei ein Kupferring, etwas grösser als die Kathode bemessen und diesbezüglich konzentrisch angeordnet. Es wurden folgende Entladungsbedingungen gewählt:

Bogenstrom: 400 A
Totaldruck: $2 \cdot 10^{-3}$ mbar Argon

Mit Hilfe der Magnetspulen 13 wurde ein Magnetfeld über der Targetoberfläche angelegt, das im wesentlichen radial nach aussen verläuft, wie in Fig. 1 bei B dargestellt.

Es wurde folgendes festgestellt:

Bei Target A, also dem zweiphasigen Target, brannten sich die Kathodenfusspunkte in Abständen von einigen Sekunden jeweils für ungefähr 1 sec, manchmal sogar wesentlich länger, an einer Stelle der Targetoberfläche fest. Dauerte die Verweilzeit eines Kathodenfusspunktes über ca. 5 sec, wurde der Prozess manuell abgebrochen, um eine starke lokale Überhitzung des Targets zu vermeiden. Mittels einer Spiegelreflexkamera wurde die Bewegung der Kathodenfusspunkte als Funktion der Kameraschlusszeit festgehalten. Bei Verschlusszeiten von 1/15 sec und länger waren im Mittel fünf Kathodenfusspunkte sichtbar. Die mittlere Geschwindigkeit derjenigen Kathodenfusspunkte, die sich nicht an einer Stelle festsetzten, betrug nur ca. 1 m/sec.

Nach einer Betriebsdauer von ca. einer Stunde war der Boden der Anlage im Bereich C gemäss Fig. 1 übersät von erstarrten Teilen aus Targetmaterial. Die maximale Grösse dieser Auswürfe war ca.

2 mm. Zudem wies Target A eine sehr poröse Oberfläche auf; eine nachträgliche REM-Analyse zeigte immer noch eine zweiphasige Oberfläche.

Bei Target B war das Festbrennen der Kathodenfusspunkte für maximal einige zehntel Sekunden selten, d.h. höchstens alle 5 min einmal. Die Brennpunktbewegung war also wesentlich gleichförmiger als bei Target A und auch wesentlich schneller.

Die Geschwindigkeit der Kathodenfusspunkte bzw. Brennpunkte konnte mit der zur Verfügung stehenden Kameraverschlusszeit von max. 1/60 sec nicht bestimmt werden. Die Geschwindigkeit liegt vermutlich im Bereiche von 10 bis 100 m/sec. Nach dem Betrieb von ungefähr einer Stunde zeigte Target B keine unregelmässige Oberflächenstruktur, und im Bereiche C der Anlage waren Spritzer kaum erkennbar.

Folgerung:

Bereits ohne Führung des Bogenverdampfungsprozesses in Reaktivgasatmosphäre ergibt sich, für Verdampfen von Metall-Legierungen, dass sich von einem einphasigen Target wesentlich besseres Kathodenpunktverhalten ergibt als bei Verdampfen eines zwei- oder mehrphasigen Targets.

Somit wurden im weiteren die Versuche mit einphasigen Legierungstargets weitergeführt.

3. Einfluss der Prozessführung

Die Anlage gemäss Fig. 1, jedoch nur mit einer Kathode, wurde mit einem Target gemäss B mit Durchmesser 250 mm bestückt. Folgende Betriebsbedingungen wurden eingestellt:

Bogenstrom: 150 A

Argondruck: $0,18 \cdot 10^{-3}$ mbar

Magnetfeld gemäss B von Fig. 1: ca. 40 Gauss.

Sauerstofffluss-Abhängigkeit

In Fig. 2 ist qualitativ die Abhängigkeit der Bogenbrennspannung U_B von dem in die Anlage gemäss Fig. 1 pro Zeiteinheit eingelassenen Sauerstoff-Massefluss $\dot{m}_{O_2}$ dargestellt, ebenso wie die Abhängigkeit des Sauerstoff-Partialdruckes P_{O_2} , letztere strichpunktiert dargestellt. Bis zu einem kritischen Fluss f_1 bleibt die Brennspannung U_B konstant. Bei den gewählten Bedingungen betrug sie 38 V. Bei weiterer Erhöhung des Flusses $\dot{m}_{O_2}$ steigt die Bogenspannung U_B stetig an. Bei einem zweiten kritischen Fluss f_2 erlischt die Entladung, und es stellt sich die Leerlaufspannung des Generators ein, entsprechend U_{BO} , im vorliegenden Falle von 60 V.

Da der Gesamtdruck, welcher im wesentlichen die Summe des unveränderten Argondruckes und des Sauerstoff-Partialdruckes P_{O_2} ist, bleibt letzterer bis zum kritischen Fluss f_1 konstant, mithin auch der Sauerstoff-Partialdruck P_{O_2} . Dabei ist der Sauerstoff-Partialdruck P_{O_2} verschwindend klein. Über dem kritischen Fluss f_1 steigt auch der Sauerstoff-Partialdruck stetig an und betrug im vorliegenden Falle beim kritischen Fluss f_2 $0,6 \cdot 10^{-3}$ mbar.

Beobachtung der Bogenentladung ergibt einen wesentlichen Unterschied im Bereich I, unterhalb des kritischen Flusses f_1 , und II, oberhalb des erwähnten kritischen Flusses f_1 : Bis zu f_1 ist die Entladung charakterisiert von wenigen, d.h. zwei bis fünf, selten und relativ langsam springenden Kathodenpunkten auf der Targetoberfläche, ein Verhalten, wie es für Metall- oder Nitrid-Targets typisch ist. Im Bereich II geht die Entladung in ein feines und zunehmend feiner werdendes Netzwerk einer grossen und grösser werdenden Zahl von etwa 40 bis 100 Kathodenpunkten über, die sich sehr viel schneller auf der Targetoberfläche bewegen.

Durch den Betrieb des reaktiven Bogenentladungs-Verdampfungsprozesses im Bereich II, und insbesondere möglichst nahe am kritischen Punkt entsprechend f_2 , wird eine homogene, spritzerfreie Aluminium/Chromoxid-Beschichtung erzielt. Der Betrieb des Prozesses entsprechend dem Punkt P von Fig. 2 möglichst nahe dem kritischen Punkte f_2 bedingt aber eine geregelte Arbeitspunktstabilisierung. Werden die Bedingungen bezüglich Naheliegens von P am kritischen Wert f_2 gelockert, kann in gewissen Fällen eine Steuerung des Prozessarbeitspunktes P genügen.

Magnetfeldabhängigkeit

Mit derselben Anordnung wurde auch der Einfluss des Magnetfeldes $\bar{B}$ untersucht. Grundsätzlich handelt es sich dabei um ein axiales Magnetfeld, dessen Flusslinien zur Targetoberfläche senkrecht stehen. Mit zunehmendem Magnetfeld $\bar{B}$ steigt die Bogenspannung U_B , so dass in Fig. 2 anstelle des Sauerstoff-Masseflusses $\dot{m}_{O_2}$ auf der x-Achse bezüglich der Bogenspannung U_B auch die Stärke des Magnetfeldes $\bar{B}$ abgetragen werden kann. Es resultiert dann wiederum die in Fig. 2 gezeigte qualitative Charakteristik bezüglich Brennspannung bei nun konstant gehaltenem Sauerstoff-Massefluss $\dot{m}_{O_2}$.

Für die Prozessarbeitspunkt-Steuerung bzw. -Regelung ergeben sich nun daraus folgende Möglichkeiten:

a) Es wird der Sauerstoff-Partialdruck P_{O_2} als beobachtete Grösse oder, in einem Regelkreis, als gemessene Regelgrösse erfasst und mindestens eine folgender Grössen im steuernden oder im regelnden Sinne gestellt:

- Massefluss $\dot{m}_{O_2}$ des Sauerstoffes,
- Brennspeisung U_B ,
- Feldstärke $\bar{B}$.

b) Es wird die Brennspeisung U_B beobachtet oder als gemessene Regelgrösse aufgenommen und mindestens eine der folgenden Grössen in steuerndem oder regelndem Sinne gestellt:

- Massefluss $\dot{m}_{O_2}$,
- Feldstärke des Feldes $\bar{B}$.

c) Es wird das Frequenzspektrum S_ω des Bogenstromes I_B gemäss Fig. 1 analysiert, beispielsweise die Amplitude einer Stromspektrallinie bei gegebener Frequenz. Weil sich die Kathodenpunktbewegungen und insbesondere deren Sprunghäufigkeit und -geschwindigkeit im Frequenzspektrum des Entladungsstromes widerspiegeln, gibt beispielsweise die Überwachung der Amplitude einer Frequenzspektrallinie im genannten Stromspektrum darüber Auskunft, wie häufig die Kathodenpunkte mit der der erwähnten Spektrallinie entsprechenden Häufigkeit springen. Um das Kathodenpunktverhalten zu stellen, so dass Kathodenpunkte mit der genannten der überwachten Frequenz entsprechenden Häufigkeit springen, wird wiederum mindestens eine der Grössen

- Brennspeisung,
 - Sauerstofffluss,
 - Magnetfeldstärke
- gestellt.

Wie erwähnt wurde, werden optimale Prozessbedingungen erreicht, wenn der Prozessarbeitspunkt P gemäss Fig. 2 möglichst nahe an der dem kritischen Sauerstofffluss f_2 entsprechenden Kippstelle eingestellt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten mindestens eines Werkstückes mit einem Oxid einer Metall-Legierung, dadurch gekennzeichnet, dass mittels kathodischen Bogenverdampfens ein Target in einer Atmosphäre mit Sauerstoff verdampft wird, woran die Legierung, mindestens im wesentlichen, in einer einzigen kristallografischen Phase vorliegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bogenentladung in einem Bereich des Sauerstoff-Partialdruckes und/oder in einem Bereich der Feldstärke eines mit wesentlicher Komponente in Bogenentladungsrichtung angelegten Magnetfeldes betrieben wird, in welchem mindestens zehn Kathodenpunkte brennen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bogenentladung im einen und/oder anderen Bereich so betrieben wird, dass, wenigstens nahezu, maximal viele Kathodenpunkte brennen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass

a) der Sauerstoff-Partialdruck während des Beschichtungsprozesses beobachtet wird und Abweichungen von einem SOLL-Partialdruck minimalisiert werden durch Stellen mindestens einer der folgenden Grössen:

- Sauerstoff-Massefluss,
- Bogenbrennspeisung,
- Feldstärke eines zur Targetfläche im wesentlichen senkrechten Magnetfeldes oder dass

b) die Brennspeisung beobachtet wird und Abweichungen von einer SOLL-Brennspeisung durch Stellen mindestens einer der folgenden Grössen minimalisiert wird:

- Sauerstoff-Massefluss,
- genanntes Magnetfeld oder dass

c) das Frequenzspektrum des Entladestromes beobachtet wird und Abweichungen charakteristischer Komponenten des Spektrums von SOLL-Charakteristika durch Stellen mindestens einer der folgenden Grössen minimalisiert wird:

- Brennspeisung,
- Sauerstoff-Massefluss,
- genanntes Magnetfeld,

dass vorzugsweise die beobachtete Grösse, der Vergleich mit einem entsprechenden SOLL-Wert und das Stellen automatisch mittels eines Prozessarbeitspunkt-Regelkreises erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung zu mindestens 70at%, vorzugsweise zu mindestens 90at% in der einen Phase vorliegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Aluminium/Chromlegierung ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung mindestens 5at% Chrom, vorzugsweise 10at% bis 50at% Chrom umfasst.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Oxid einer Aluminium/Chromlegierung abgeschieden wird und dass zur Erhöhung der Haftung der abgeschiedenen

Schicht, insbesondere auf Hartmetall- oder Keramikkörpern, eine metallische Zwischenschicht als Haftschrift vorgesehen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Partialdruck des Sauerstoffes so gestellt wird und/oder ein mindestens in einer Komponente parallel zur Bogenentladungsrichtung erzeugtes Magnetfeld mit solcher Feldstärke erzeugt wird, dass die Entladung mit wesentlich mehr Fusspunkten brennt als unter einem kritischen Wert von Partialdruck und/oder Magnetfeldstärke bei sonst gleichen eingestellten Entladungsparametern.

10. Beschichtungsanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit einem mit einem Sauerstoffvorrat verbundenen Gaseinlass in einen Vakuumrezipienten und mit mindestens einem Verdampfungstarget, dadurch gekennzeichnet, dass das Target aus einer Metall-Legierung, im wesentlichen in einer einzigen Phase, besteht.

11. Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Target aus einer Aluminium/Chromlegierung besteht.

12. Anlage nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 70at%, vorzugsweise mindestens 90at% der Legierung am Target in der einen Phase vorliegt.

13. Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass vorgesehen ist:

a) eine Messeinrichtung für den O₂-Partialdruck und eine Stellgliedanordnung für mindestens eine der folgenden Grössen:

- Sauerstoff-Massefluss,
- Bogenbrennspegnung,
- Feldstärke eines Magnetfeldes senkrecht zur Targetoberfläche oder

b) eine Messeinrichtung für die Bogenbrennspegnung und eine Stellgliedanordnung für mindestens eine der folgenden Grössen:

- Sauerstoff-Massefluss,
- das genannte Magnetfeld oder dass

c) eine Analyseanordnung für das Frequenzspektrum des Bogenstromes vorgesehen ist und eine Stellgliedanordnung für mindestens eine der folgenden Grössen:

- Bogenbrennspegnung,
- Sauerstoff-Massefluss,
- das genannte Magnetfeld,

wobei vorzugsweise ausgangsseitig der Messeinrichtung das Messsignal auf eine Vergleichseinheit geführt ist, deren Ausgangssignal auf die Stellgliedanordnung in regelndem Sinne wirkt.

14. Anlage nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Target gegossen ist oder aus einer pulverisierten intermetallischen Legierungsverbindung thermomechanisch geformt ist.

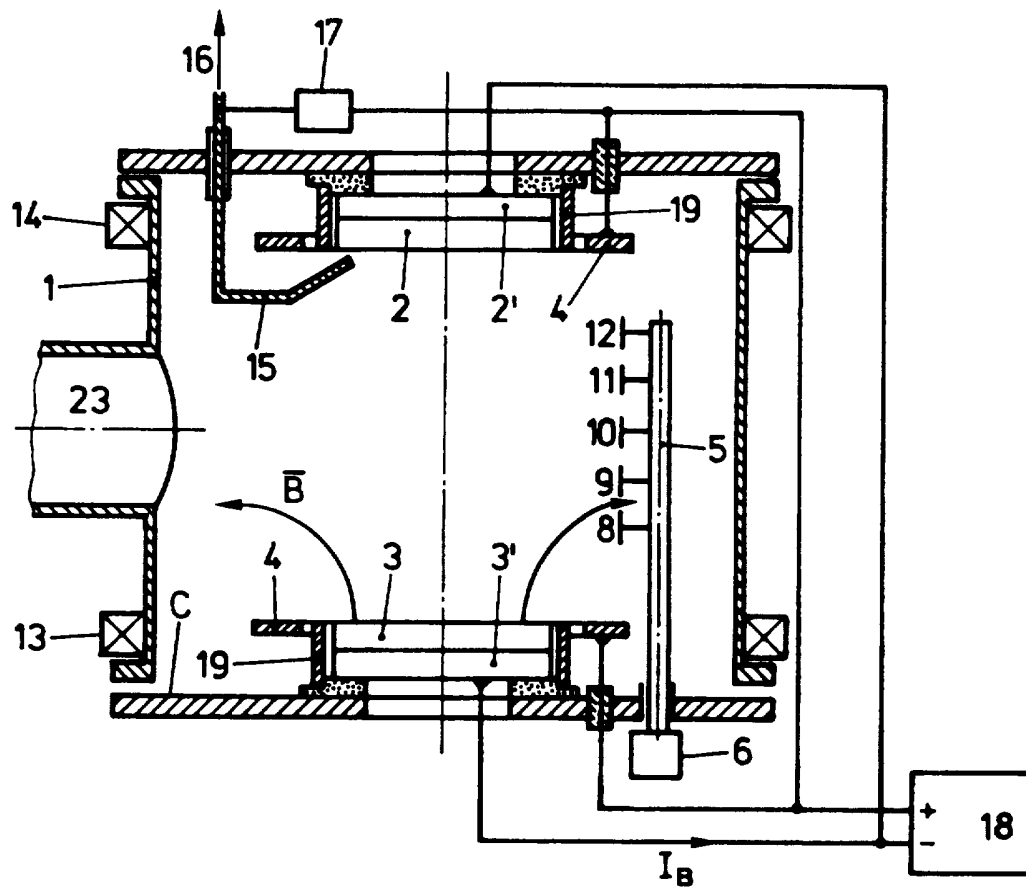


FIG.1

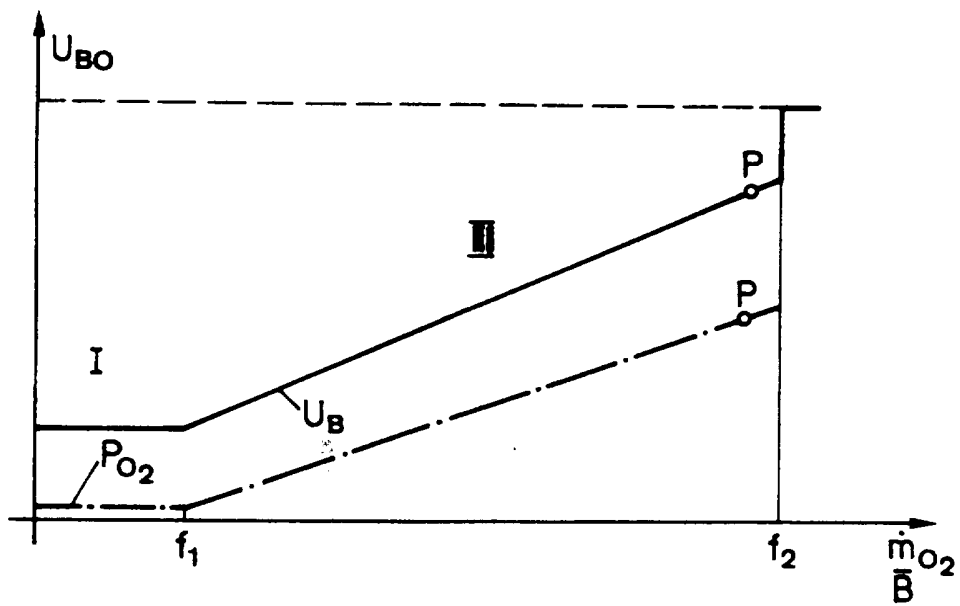


FIG. 2