

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 874 385 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
28.10.1998 Patentblatt 1998/44

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H01J 35/10, H01J 9/14**

(21) Anmeldenummer: **98201236.1**

(22) Anmeldetag: **17.04.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Rödhammer, Peter, Dr.**  
**6600 Reutte (AT)**  
• **Sprenger, Dietmar**  
**6600 Reutte (AT)**

(30) Priorität: **22.04.1997 AT 244/97 U**

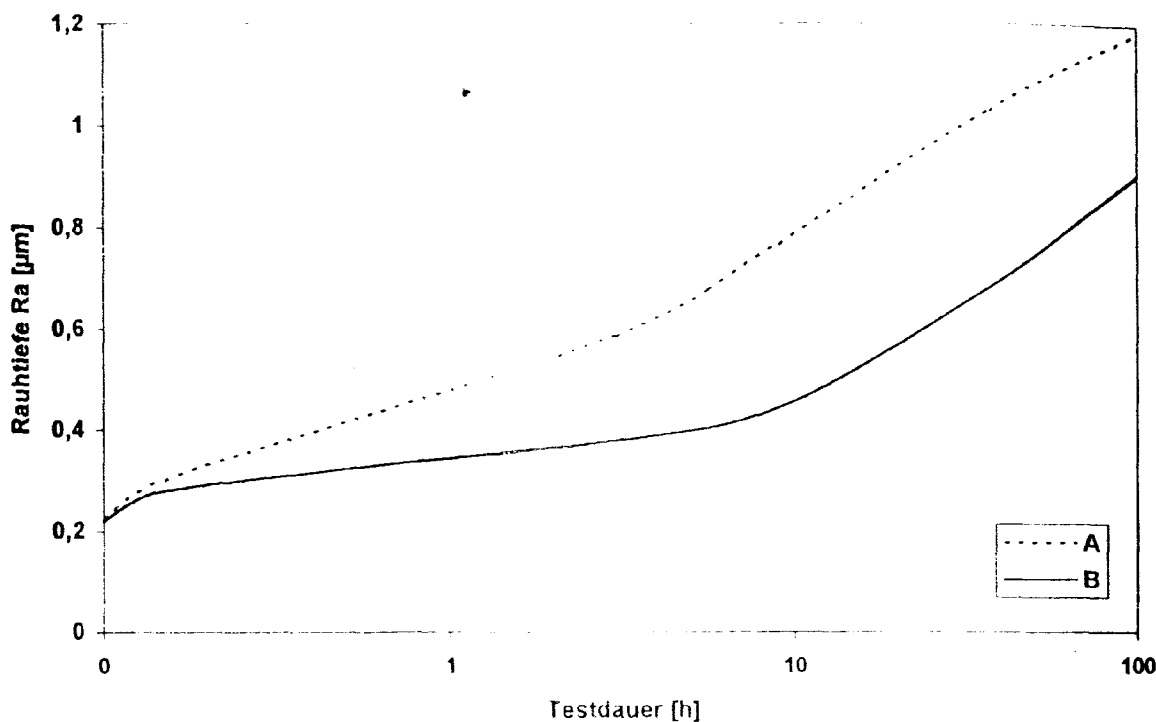
(74) Vertreter: **Lohnert, Wolfgang, Dr.**  
**Plansee Aktiengesellschaft**  
**6600 Reutte (AT)**

(71) Anmelder: **PLANSEE Aktiengesellschaft**  
**6600 Reutte, Tirol (AT)**

**(54) Verfahren zur herstellung einer Anode für Röntgenröhren**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren.  
Erfindungsgemäß wird der Röntgenstrahlung emittierende Belag durch induktives Plasmaspritzen auf dem Grundkörper aufgebracht. Dadurch wird eine verbesserte Ermüdungsrißfestigkeit und damit eine geringere Aufrauung des Belages erreicht (Fig. 2).

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren. Erfindungsgemäß wird der Röntgenstrahlung emittierende Belag durch induktives Plasmaspritzen auf dem Grundkörper aufgebracht. Dadurch wird eine verbesserte Ermüdungsrißfestigkeit und damit eine geringere Aufrauung des Belages erreicht (Fig. 2).

**FIG. 2****EP 0 874 385 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren bestehend aus einem Grundkörper und einem von diesem unterschiedlichen Röntgenstrahlung emittierenden Belag.

Zur Erzeugung von Röntgenstrahlung werden solche Materialien eingesetzt, die bei Beaufschlagung durch einen fokussierten Elektronenstrahl Röntgenstrahlen emittieren. Die hochschmelzenden Metalle Wolfram und Molybdän und deren Legierungen sind beispielsweise derartige Materialien, die je nach gewünschter Art der Röntgenstrahlung eingesetzt werden.

In der medizinischen Diagnostik werden vielfach Drehanoden für Röntgenröhren in Form von axialsymmetrischen Ronden zur Erzeugung von Röntgenstrahlung eingesetzt. In den meisten Fällen wird dabei nur ein Teil der Oberfläche in Form einer ringförmigen Bahn, der sogenannten Brennbahn, im unmittelbar vom Elektronenstrahl beaufschlagten Bereich aus dem Röntgenstrahlen erzeugenden Material als vergleichsweise dünner Belag ausgeführt, während der Grundkörper der Drehanode aus anderen hochschmelzenden Materialien besteht.

Für das Einsatzverhalten des Brennbahnbelages im Röhrenbetrieb sind seine spezifischen Werkstoffeigenschaften wie Gefüge, Wärmeleitung, Wärmedehnung, mechanische Eigenschaften sowie die Dichte des Belages maßgebend. Da eine verbleibende Restporosität die Wärmeleitung, die Ermüdungsrißfestigkeit sowie das Ausgasverhalten in der Röntgenröhre nachteilig beeinflusst, sind möglichst hohe Dichtewerte für den Brennbahnbelag anzustreben. Eine verminderte Ermüdungsrißfestigkeit äußert sich vor allem in einer mit Dauer des Einsatzes stärker zunehmenden Aufrauung der Brennbahn und einer damit verbundenen verminderten Röntgendosisausbeute.

Der Brennbahnbelag wird bis heute überwiegend mittels pulvermetallurgischer Verfahren durch Pressen, Sintern und Schmieden hergestellt. Bei metallischen Werkstoffen für den Grundkörper wird er vorzugsweise in einem Arbeitsgang mit dem Grundkörper durch Schichtung der Pulvergemische hergestellt, womit Dichtewerte von 96 % bis 98 % der theoretischen Dichte als Standard erreicht werden. Ein derartiges Herstellungsverfahren für den Brennbahnbelag ist kostengünstig, führt jedoch zu Eigenschaften, die insbesondere hinsichtlich seines Ermüdungsrißverhaltens noch nicht optimal sind.

Insbesondere dort, wo Graphit als Material für den Grundkörper eingesetzt wird und die Verbindung des Grundkörpers mit einem unabhängig pulvermetallurgisch hergestellten Brennbahnbelag schwierig ist, wird der Brennbahnbelag auch durch Abscheidung mittels bekannter Beschichtungsverfahren vorzugsweise durch chemische Dampfabcheidung bzw. auch durch physikalische Dampfabcheidung aufgebracht. Mit diesen Verfahren werden zwar Dichten von nahezu 100 %

der theoretischen Dichte für den Brennbahnbelag erreicht, aufgrund der wesentlich höheren Herstellungskosten sind diese Herstellungsverfahren im wesentlichen jedoch auf die Herstellung von Drehanoden mit Graphitkörper beschränkt geblieben und konnten das pulvermetallurgische Herstellungsverfahren des Brennbahnbelages nicht ablösen.

Als etwas kostengünstigeres Beschichtungsverfahren mit einer Reihe von prozeßtechnischen Vorteilen zeichnet sich das konventionelle Plasmaspritzen aus. Das gilt insbesondere wenn das Verfahren unter kontrollierter Atmosphäre, d.h. unter Unterdruck oder unter Schutzgasatmosphäre zur Anwendung kommt. Beim konventionellen Plasmaspritzen wird das Material für den Brennbahnbelag als Pulver in einen durch eine DC-Bogenentladung erzeugten Plasmastrahl radial eingebracht, im Plasmastrahl erschmolzen und die erschmolzenen Tröpfchen auf dem Grundkörper abgeschieden. Hohe Auftragsleistung pro Zeiteinheit, über einen weiten Bereich einstellbare Beschichtungstemperatur, sowie die Vermeidung problematischer Verbindungen sind beispielsweise wichtige Vorteile dieses Verfahrens. Beim konventionellen Plasmaspritzverfahren konnten jedoch trotz intensiver weltweiter Entwicklungsanstrengungen in den letzten Jahren nur Brennbahnbeläge mit einer maximalen Dichte von 93 % der theoretischen Dichte erzielt werden, was zu unbefriedigenden Ergebnissen hinsichtlich des Ermüdungsriß- und Ausgasverhaltens beim Einsatz derart beschichteter Drehanoden geführt hat. Die bekannten thermischen Nachbehandlungsverfahren, durch die theoretisch noch eine Erhöhung der Dichte erreicht werden kann, sind in der Praxis nur begrenzt wirksam oder auch aufgrund der Auswirkungen auf das Material des Grundkörpers bzw. auf das Verbundverhalten nur beschränkt anwendbar. Das gilt insbesondere bei Verwendung von Graphit als Material für den Grundkörper, so daß es unter diesen eingeschränkten Bedingungen wiederum zu keiner ausreichenden Nachverdichtung und vollständigen Entgasung des Brennbahnbelages kommt. Aufgrund dieser Nachteile sind Drehanoden, bei denen der Brennbahnbelag mit Plasmaspritzen aufgebracht wurde, bisher nicht in größerem Umfang zum Einsatz gekommen.

In den letzten Jahren wurde eine neue Variante des Plasmaspritzens, das sogenannte Induktive Vakuum-Plasmaspritzen entwickelt. Der Unterschied dieses speziellen Plasmaspritzverfahrens zum konventionellen Plasmaspritzverfahren liegt darin, daß das Plasma durch induktive Aufheizung erzeugt wird, wodurch das Spritzpulver auf einfache Weise bereits vor der Ausbildung des Plasmastrahles axial eingebracht werden kann. Dadurch und durch die infolge der induktiven Aufheizung geringere Expansionsgeschwindigkeit des Plasmas verweilen die Pulverpartikel wesentlich länger im Plasmastrahl. Dadurch verbessert sich die Energieübertragung vom Plasma auf die einzelnen Teilchen des Spritzpulvers, so daß auch größere Pulverteilchen voll-

ständig über ihre Schmelztemperatur erhitzt werden und als voll erschmolzene Tröpfchen abgeschieden werden können. Damit ist das Induktive Vakuum-Plasmaspritzverfahren im Vergleich zum konventionellen Plasmaspritzverfahren für die Verwendung kostengünstigerer Spritzpulver mit einer breiteren Partikelgrößenverteilung geeignet.

Eine Anwendung des Induktiven Plasmaspritzens für die Herstellung von Röntgenstrahlung emittierenden Belägen bei Anoden für Röntgenröhren ist bisher aufgrund der Erfahrungen vom konventionellen Plasmaspritzen hinsichtlich der unbefriedigenden Ergebnisse des Ermüdungsverhaltens nicht erfolgt.

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Herstellung von Anoden für Röntgenröhren zu schaffen, durch das die kostengünstige Herstellung des Röntgenstrahlung emittierenden Belages ermöglicht wird, wobei der Belag hinsichtlich seines Einsatzverhaltens, insbesondere seiner Ermüdungsrißfestigkeit, dem bis heute üblichen Standard zumindest voll entspricht oder diesen sogar übertrifft.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß der Röntgenstrahlung emittierende Belag durch Induktives Plasmaspritzen aufgebracht wird.

Derartig hergestellte Beläge zeigen im Einsatz eine Ermüdungsrißfestigkeit und damit ein Aufrauungsverhalten, das jenes von Belägen, die mit konventionellen Plasmaspritzverfahren hergestellt wurden und sogar jenes von pulvermetallurgisch hergestellten Belägen deutlich übertrifft. Dieses Ergebnis ist für den Fachmann in diesem Ausmaß völlig überraschend, vor allem weil die Dichtewerte der erfindungsgemäß hergestellten Beläge bestenfalls an die Dichtewerte pulvermetallurgisch hergestellter Beläge heranreichen, in der Regel jedoch sogar darunter liegen. Die Ursachen für diese unerwartete Verbesserung der Ermüdungsrißfestigkeit sind auch aus der Fülle der werkstoffkundlichen Befunde an erfindungsgemäß hergestellten Drehanoden in verschiedenen Zuständen (unmittelbar nach der Beschichtung, nach Wärmebehandlungen, nach Röhrentests) nicht eindeutig erklärbar. Eine mögliche Erklärung könnte dahingehen, daß beim induktiven Vakuumplasmaspritzen, insbesondere unter Anwendung der Verfahrensparameter, die für die Abscheidung der für den Brennbahnbelag geeigneten hochschmelzenden Metalle notwendig sind, spezielle kristalline Gefüge erzielt werden, die sich deutlich von den lamellenartigen Erstarrungsgefügen unterscheiden, die üblicherweise mit konventionellen Plasmaspritzverfahren, insbesondere mit dem intensiv untersuchten Vakuumplasmaspritzverfahren erzielt werden.

Von Vorteil ist es, wenn der Röntgenstrahlung emittierende Belag durch mehrmaliges Überlagern einzelner Spritzschichten mit einer Gesamtdicke zwischen 0,4 mm und 0,7 mm aufgebracht wird. In der Regel wird hierzu ein 20 - 50 maliges Überlagern einzelner Lagen der Spritzschicht empfehlenswert sein.

Eine besonders günstige Variante des erfindungs-

gemäßen Verfahrens wird erreicht, wenn vor dem Aufbringen des Röntgenstrahlung emittierenden Belages im Bereich dieses Belages in den Grundkörper der Anode eine Ausnehmung von etwas mehr als der Tiefe der gewünschten Belagstärke eingearbeitet wird. Auf diese Weise kann die Oberfläche des Belages durch einfaches Überschleifen auf eine Ebene mit der angrenzenden Oberfläche des Anodengrundkörpers gebracht werden.

Weiters ist es für das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft, wenn die Abscheidung unter einer induktiv eingekoppelten Leistung zwischen 50 kW und 100 kW und unter einer Förderrate des Spritzpulvers zwischen 10 g/min und 50 g/min erfolgt. Unter diesen Bedingungen ergibt sich eine totale Durchschmelzung und ausreichende Überhitzung der Schmelztröpfchen.

Desweiteren hat sich eine im Vergleich zu üblicherweise für das konventionelle Plasmaspritzen geltenden Parametern vergleichsweise niedrige Relativgeschwindigkeit, mit der der Plasmastrahl die zu beschichtende Oberfläche überstreicht, als vorteilhaft erwiesen. Diese wird vorteilhaft so gewählt, daß sich im Bereich des Auftreffpunktes der Kernzone des Plasmas maximale Temperaturen von 1.400°C bis 2.400°C einstellen. Der zu beschichtende Grundkörper selbst wird hierfür vorteilhafterweise auf eine Vortemperatur von 1.000°C bis 1.500°C erwärmt.

Bei einer weiteren vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von Drehanoden wird der Plasmastrahl und der Grundkörper der Drehanode derart gegeneinander bewegt, daß der zentrale Auftreffpunkt des Plasmapartikelstromes auf der Anodenoberfläche und die zur Drehanodenachse konzentrische Zentrumslinie des aktiven Brennbahnbereiches zumindest näherungsweise zusammenfallen, wobei der Partikelstrom des Plasmastrahles so eingestellt wird, daß der innerhalb des aktiven Brennbahnbereiches auftreffende Partikelstrom des Plasmastrahles nur jenen Bereich umfaßt, der innerhalb der Halbwertsbreite der gaußförmigen Partikelverteilung des erzeugten vollständigen Plasmastrahles liegt. Dadurch wird erreicht, daß der für den Schichtaufbau weniger günstige Randbereich des Plasmastrahles weitestgehend auf Bereiche der Anodenoberfläche verlagert wird, die außerhalb des aktiven Brennbahnbereiches liegen. Unter aktivem Brennbahnbereich ist der für die Röntgenstrahlungserzeugung unmittelbar vom Elektronenstrahl beaufschlagte Bereich zu verstehen.

Desweiteren kann es von Vorteil sein, wenn die Drehanode abschließend einer Glühbehandlung unterzogen wird. Zweck dieser Glühung ist sowohl eine weitere Verbesserung der Gefügeeigenschaften durch Diffusionsprozesse als auch ein Entgasen der Anode. Die Art der Glühbehandlung ist unter anderem abhängig vom Material, aus dem der Grundkörper der Drehanode gefertigt wurde. Bei einem Grundkörper aus hochschmelzendem Metall wird die Glühbehandlung bei Temperaturen zwischen 1.200°C und 1.600°C während

1 bis 20 Stunden erfolgen, während sie bei Drehanoden, bei denen Graphit für den Grundkörper verwendet wurde, in der Regel bei Temperaturen bis zu 1.300°C während bis zu etwa 10 Stunden durchgeführt wird. Im Falle eines Graphitgrundkörpers wird die dabei mögliche Bildung von nachteiligen Karbiden im Grenzbereich durch bekannte Difussionssperrschichten, z.B. Rhenium, vorteilhaft verzögert.

Auf besonders vorteilhafte Weise kann das erfindungsgemäße Verfahren angewendet werden, wenn der Grundkörper der Anode aus Graphit, Molybdän oder einer Molybdänlegierung und der Röntgenstrahlung emittierende Belag aus einer Wolfram-Rhenium-Legierung besteht.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Herstellungsbeispielen sowie anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 die Prinzipskizze einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens nach den Ansprüchen 3 und 6
- Figur 2 die graphische Darstellung der Mittelwerte der Brennbahnaufrauung Ra von erfindungsgemäß und pulvermetallurgisch hergestellten Brennbahnbelägen von Drehanoden
- Figur 3 die Schliffaufnahme der Brennbahn einer erfindungsgemäß hergestellten Drehanode im Schnitt in 200-facher Vergrößerung
- Figur 4 die Schliffaufnahme der Brennbahn einer Drehanode mit pulvermetallurgisch hergestellten Brennbahnbelägen im Schnitt in 200-facher Vergrößerung
- Figur 5 die Schliffaufnahme der Brennbahn einer Drehanode, die durch konventionelles Plasmaspritzen hergestellt wurde, im Schnitt in 200-facher Vergrößerung

#### HERSTELLUNGSBEISPIEL 1

Scheibenförmige Grundkörper für Drehanoden aus TZM, einer Molybdän-Legierung mit 0,5 % Titan, 0,08 % Zirkon, bis zu 0,04 % Kohlenstoff, Rest Molybdän, mit einem Durchmesser von 120 mm und einem kegelförmigen Außenbereich mit 20° Öffnungswinkel wurden auf einer mit Rotationsantrieb versehenen Welle montiert und in eine Vakuumkammer eingebaut. Die Beschichtung der einzelnen Grundkörper erfolgte mittels einer induktiv beheizten Plasmakanone mit 50 mm Innendurchmesser und einer Leistung von 65 kW mit Spritzpulver aus einer Wolframlegierung mit 5 % Rheniumanteil in einer Pulverfraktion zwischen 15 und 63 µm. Das Spritzpulver wurde mit einer Förderrate von 30 g/min axial mittels Ar-Trärgas eingebracht. Vor Beginn der Pulverinjektion wurden die Grundkörper auf 1500°C erwärmt. Die Rotationsgeschwindigkeit der Grundkörper betrug 10 U/min. Die Plasmakanone wur-

de zur konzentrisch zur Drehanodenachse verlaufenden Mittellinie des Brennbahnbelages seitlich bewegt, und zwar derart, daß die Achse der Plasmakanone kontinuierlich mit einer Geschwindigkeit von 2 mm/sec diese Mittellinie abwechselnd auf beide Seiten jeweils bis auf maximal 5 mm überschritten hat. In einem etwa 4 Minuten dauernden Beschichtungsvorgang wurde auf diese Weise durch ca. 50 übereinander abgeschiedene Einzelschichten jeweils ein Brennbahnbelag mit etwa 1 mm Gesamtdicke und 25 mm Breite aufgetragen. Nach Beendigung des Beschichtungsprozesses wurden die auf unter 100°C abgekühlten Drehanoden aus der Vakuumkammer entnommen und anschließend der Brennbahnbelag auf eine Stärke von 0,7 mm überschleifen. Abschließend wurden die derart endbearbeiteten Drehanoden einer Hochvakuumglühung bei einer Temperatur von 1600°C während 90 min unterzogen.

Für Vergleichszwecke wurden dieselben scheibenförmigen Grundkörper wie sie für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet wurden mit einem 0,8 mm starken Brennbahnbelag aus einer Wolfram-5-Rheniumlegierung auf pulvermetallurgischem Wege hergestellt. Dazu wurde in einer Matrize eine Schichtung der TZM-Pulvermischung für den Grundkörper einerseits und der Wolfram-Rhenium-Legierung für den Brennbahnbelag andererseits hergestellt und gepreßt, der Preßling gesintert und durch Schmieden und mechanische Bearbeitung die endgültige Form hergestellt. Abschließend wurden die Drehanoden derselben Hochvakuumglühung wie die erfindungsgemäß hergestellten unterzogen.

Mit Hilfe der Auftriebsmethode wurde die Dichte der Brennbahnbeläge bestimmt. Die erfindungsgemäß aufgebrauchten Brennbahnbeläge wiesen eine Dichte von 97,2 % der theoretischen Dichte auf, während die pulvermetallurgisch hergestellten Brennbahnbeläge eine Dichte von 97,4 % der theoretischen Dichte aufwiesen.

#### HERSTELLUNGSBEISPIEL 2

In einem weiteren Herstellungsbeispiel wurde in einen gleichartigen Drehanodengrundkörper wie nach dem Herstellungsbeispiel 1 im Bereich der Brennbahn eine ringförmige Nut von 0,8 mm Tiefe eingearbeitet. Danach wurde der Drehanodengrundkörper mit den im wesentlichen gleichartigen Beschichtungsbedingungen entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren nach dem Herstellungsbeispiel 1 beschichtet. Der einzige Unterschied dieser Beschichtungsvariante lag darin, daß die Plasmakanone bei der Beschichtung nicht seitlich bewegt sondern stationär festgelegt wurde, und zwar derart, daß die Achse -L- der Plasmakanone -3- mit der zur Drehanodenachse konzentrischen Zentrumslinie -4- des Brennbahnbelages -2- zusammenfiel und daß der Plasmastrahl und damit der Partikelstrom so eingestellt wurde, daß die Halbwertsbreite der Partikelverteilung -HW- mit der Breite des aktiven Bereiches -B- des Brennbahnbelages -2- übereinstimmte wie es in

Figur 1 skizzenhaft dargestellt ist. Zur besseren Übersicht ist in Figur 1 die momentane örtliche Verteilung der Partikel im Bereich der Brennbahn nicht direkt am Drehanodengrundkörper -1- sondern darüber und nicht maßstabgerecht, sondern stark überhöht dargestellt. Nach der Aufbringung des Brennbahnbelages -2- wurde die Oberfläche der Drehanode bis auf ein Niveau -S- von 0,7 mm mechanisch abgetragen und damit die endgültige Dicke und saubere seitliche Abgrenzung des Brennbahnbelages zum Drehanodengrundkörper hergestellt. Die mit dieser Beschichtungsvariante hergestellte Drehanode wies gegenüber den nach dem Herstellungsbeispiel 1 erfindungsgemäß hergestellten Drehanoden eine etwas verbesserte Dichte von 97,8 % der theoretischen Dichte auf, was einer Absenkung der Restporosität um mehr als 20 % entspricht.

Die erfindungsgemäß bzw. nach dem Stand der Technik nach Herstellungsbeispiel 1 hergestellten Drehanoden wurden in einen Prüfstand für Röntgendrehanoden eingebaut und unter üblichen Bedingungen mit den folgenden Parametern zyklich getestet:

Röhrenspannung	90 kV
Röhrenstrom	400 mA
Schußdauer	2 sec
Pausenzeit	58 sec

Der Test wurde zu festgelegten Zeitpunkten stichprobenartig unterbrochen, um die bis dahin eingetretene Brennbahnaufrauung als Maß für die Ermüdungsrißfestigkeit und die damit verbundene Verringerung der Röntgendosisausbeute zu bestimmen.

Die jeweiligen Mittelwerte der Rauhtiefen Ra der an jeweils drei Drehanoden pro Variante ermittelten Daten sind in Figur 2 dargestellt.

Der wesentlich günstigere Verlauf der Aufrauung -B- im Falle der erfindungsgemäß hergestellten Drehanoden ist klar erkennbar. Nach 100 Stunden Testdauer war die mittlere Rauhtiefe Ra, in Umfangsrichtung gemessen, um 24 % niedriger als der entsprechende Vergleichswert der Aufrauung -A- der pulvermetallurgisch hergestellten Vergleichsdrehanoden. In einer anderen Betrachtungsweise wird die Aufrauung der erfindungsgemäßen Drehanode, wie sie bei Testende nach 100 Stunden vorgelegen hat, bei den Vergleichsanoden im Schnitt bereits nach ca. 20 Stunden Testdauer erreicht. Nach Abschluß des Vergleichstests wurde von einer erfindungsgemäß beschichteten Drehanode und von einer pulvermetallurgisch hergestellten Drehanode jeweils ein Schliff hergestellt. Eine Aufnahme dieser Schliffe in 200-facher Vergrößerung ist in den Figuren 3 und 4 zu sehen.

Das Gefüge der induktiv plasmagespritzten Brennbahn nach Figur 3 zeigt eine grundsätzlich andere Morphologie als jene der pulvermetallurgisch hergestellten Brennbahn nach Figur 4. Die beim induktiven Plasmaspritzen auftretenden Schmelztröpfchen kristallisieren

bei ihrer Erstarrung transkristallin aus, das heißt sie dienen ihrerseits wieder als Kristallisationsfläche für die nachfolgenden auftretenden Schmelztröpfchen. Dadurch wird die einmal vorliegende Wachstumsrichtung der Schicht zumindest über viele Schmelztröpfchen hinweg weitgehend beibehalten und es bilden sich nicht die üblicherweise beim konventionellen Plasmaspritzen beobachteten lamellaren Gefügestrukturen mit schlecht gebundenen Korngrenzen aus wie sie in Figur 5 deutlich am Beispiel eines durch konventionelles Plasmaspritzen hergestellten Brennbahnbelages einer Drehanode zu erkennen sind. Beim induktiven Plasmaspritzen sind die ursprünglichen Grenzen zwischen aufeinanderfolgend erstarrten Tröpfchen nur mehr ansatzweise durch intrakristalline Säume von Mikroporen nachzuweisen, die jedoch vom darüber hinaus transkristallin weiterkristallisierenden Korn umschlossen werden. In Summe resultiert daraus das in Figur 3 dargestellte dichte, überwiegend säulige Gefüge. Die in Wachstumsrichtung verlaufenden Korngrenzen zwischen diesen säuligen Kristalliten sind gut ausgebildet und frei von Ansammlungen von Mikroporen. Im Gegensatz dazu liegen die Körner im pulvermetallurgischen Gefüge nach Figur 4 weitgehend isotrop vor. Die Restporosität tritt hier in Form größerer Poren deutlich in Erscheinung. Die Ermüdung des Brennbahnbelages bei der erfindungsgemäß hergestellten Drehanode tritt in Form von im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Mikrorissen in Erscheinung, die sich jedoch im Hinblick auf die Aufrauung der Oberfläche weniger schädlich auswirken als jene Risse bei der pulvermetallurgisch hergestellten Drehanode. Die stärkere Aufrauung sowie die Destabilisierung des Oberflächengefüges bei der pulvermetallurgisch hergestellten Drehanode durch Versagen der Korngrenzen ist in Figur 4 deutlich erkennbar.

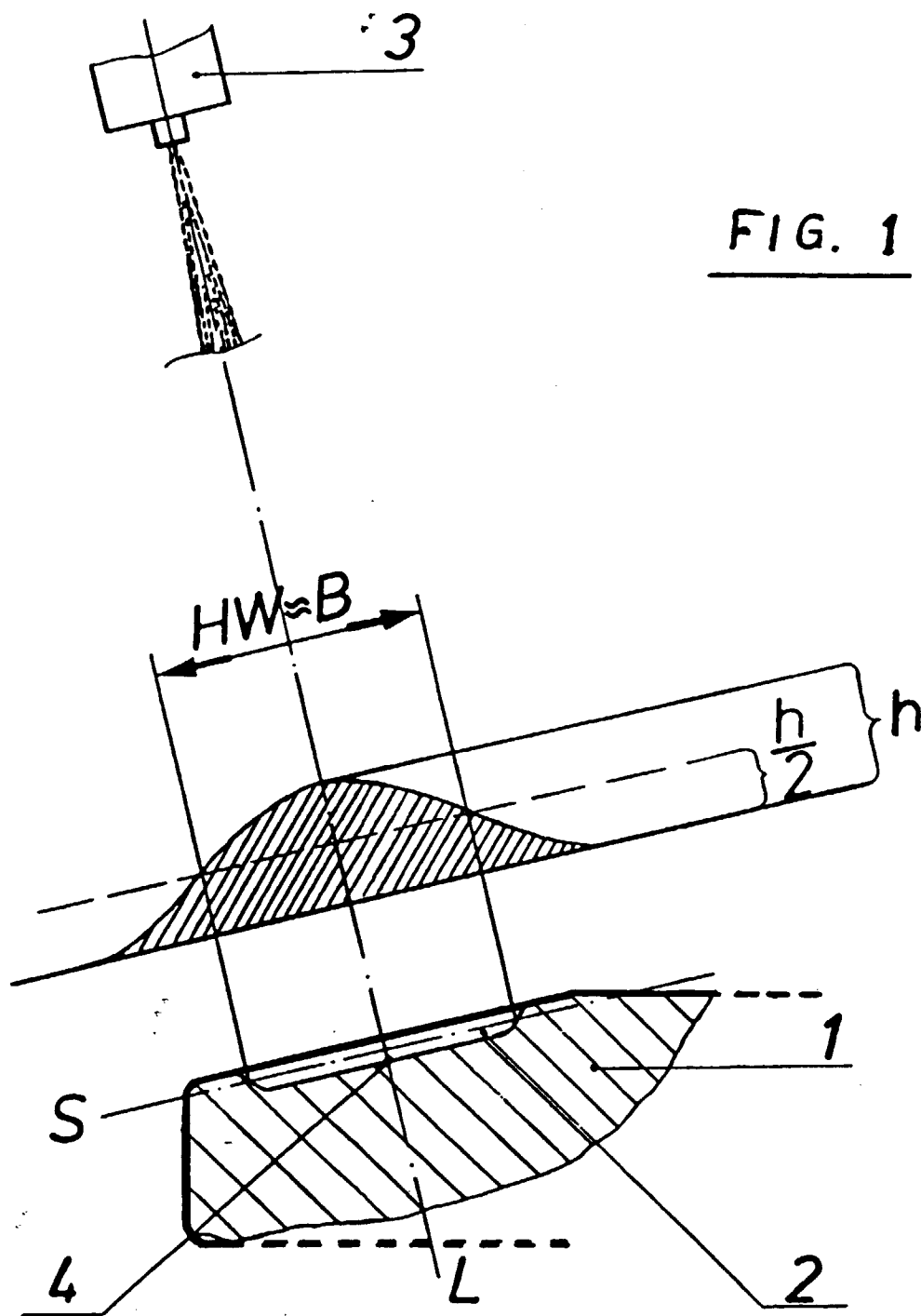
Die Herstellungsbeispiele beschreiben besonders vorteilhafte Varianten eines erfindungsgemäßen Herstellverfahrens, die Erfindung ist jedoch keinesfalls auf diese beschränkt. So ist es beispielsweise ebenso denkbar, den Brennbahnbelag nicht durch mehrere übereinandergelegte Spritzschichten, sondern in einer einzigen Lage aufzutragen.

## Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren, bestehend aus einem Grundkörper und einem von diesem unterschiedlichen Röntgenstrahlung emittierenden Belag, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Röntgenstrahlung emittierende Belag durch induktives Plasmaspritzen aufgebracht wird.
- Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenstrahlung emittierende Belag

durch mehrmaliges Überlagern einzelner Spritzschichten mit einer Gesamtdicke zwischen 0,4 mm und 0,6 mm aufgebracht wird.

3. Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Aufbringen des Röntgenstrahlung emittierenden Belages im Bereich dieses Belages eine Ausnehmung mit etwa der Tiefe der gewünschten Belagsstärke in den Grundkörper eingearbeitet wird. 5  
10
4. Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abscheidung unter einer induktiv eingekoppelten Leistung zwischen 50 kW und 100 kW und einer Förderrate des Spritzpulvers zwischen 10 g/min und 50 g/min erfolgt. 15
5. Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode vor der Aufbringung des Belages auf eine Temperatur zwischen 1.000°C und 1.500°C vorgewärmt wird und die lokale Abscheidetemperatur im Bereich des Belages zwischen 1.400°C und 2.400 C beträgt. 20  
25
6. Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Plasmastrahl und der Grundkörper derart gegeneinander bewegt werden, daß der zentrale Auftreffpunkt des Plasmapartikelstromes auf der Anodenoberfläche und die zur Drehanodenachse konzentrische Zentrumslinie des aktiven Brennbahnbereiches zumindest näherungsweise zusammenfallen, wobei der Partikelstrom des Plasmastrahles so eingestellt wird, daß der innerhalb des aktiven Brennbahnbereiches auftreffende Partikelstrom des Plasmastrahles nur jenen Bereich umfaßt, der innerhalb der Halbwertsbreite der gaußförmigen Partikelverteilung des erzeugten vollständigen Plasmastrahles liegt. 30  
35  
40
7. Verfahren zur Herstellung einer Anode für Röntgenröhren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode abschließend einer Glühbehandlung unterzogen wird. 45
8. Anode für Röntgenröhren, hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper aus Graphit, Molybdän oder einer Molybdänlegierung und der Röntgenstrahlung emittierende Belag aus einer Wolfram-Rhenium-Legierung besteht. 50  
55



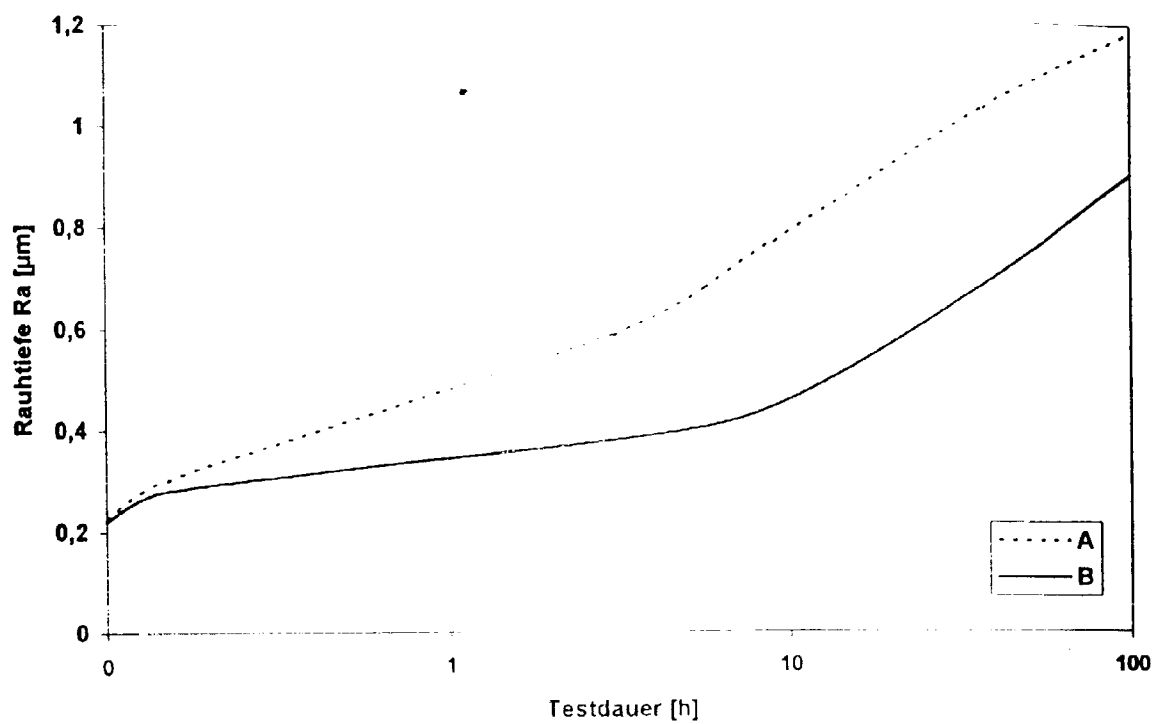


FIG. 2

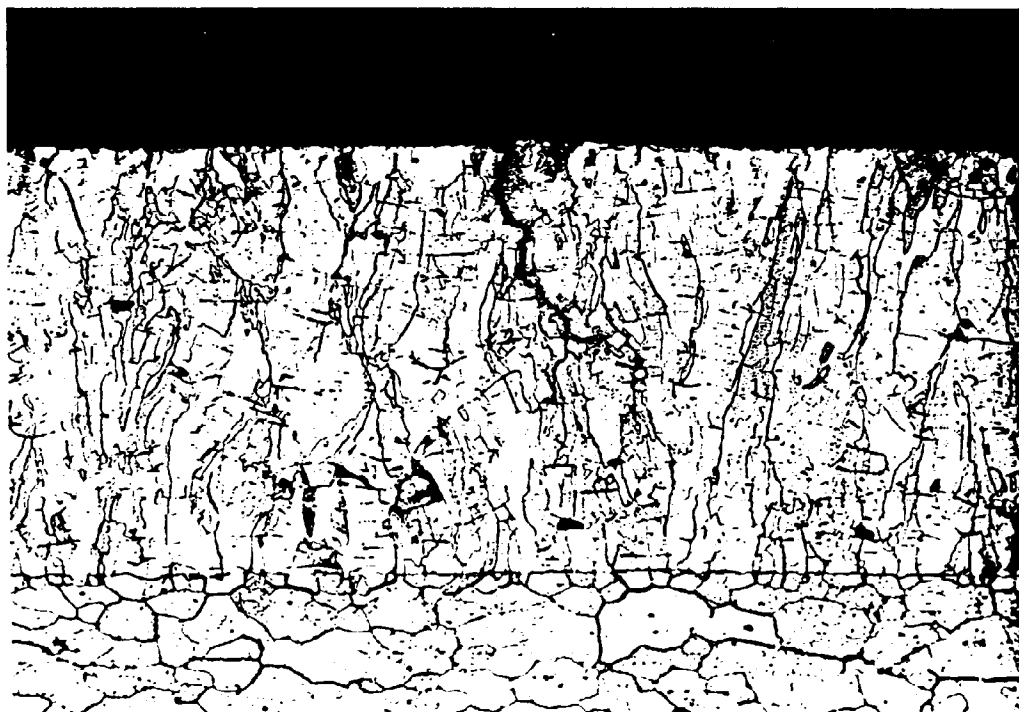
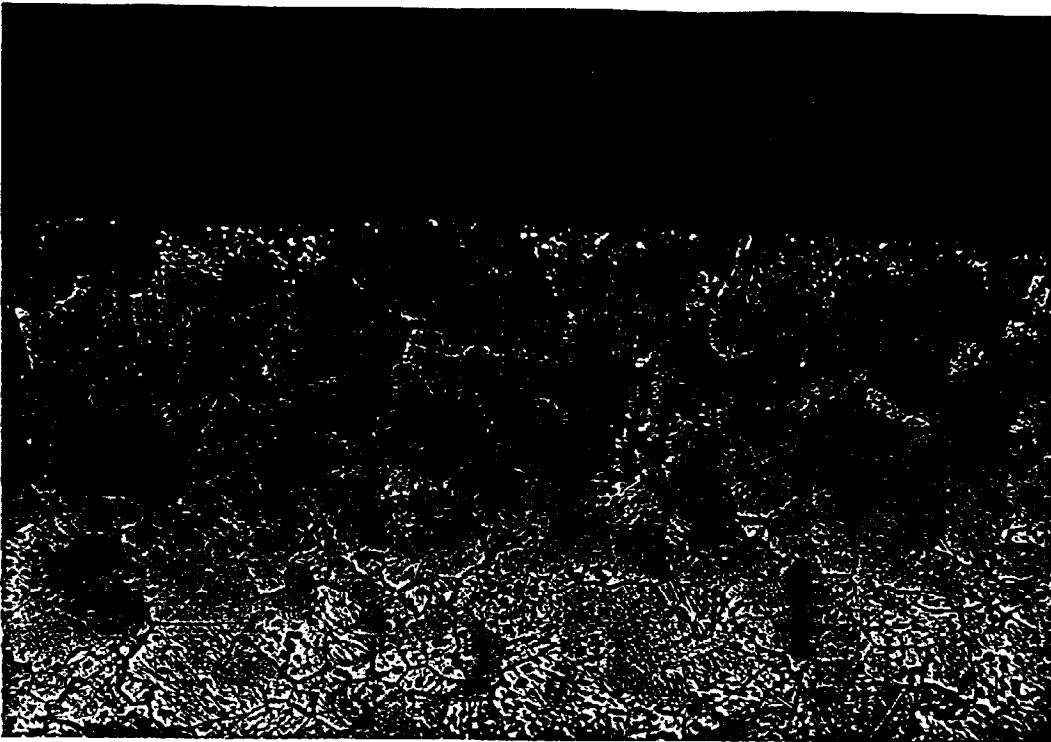
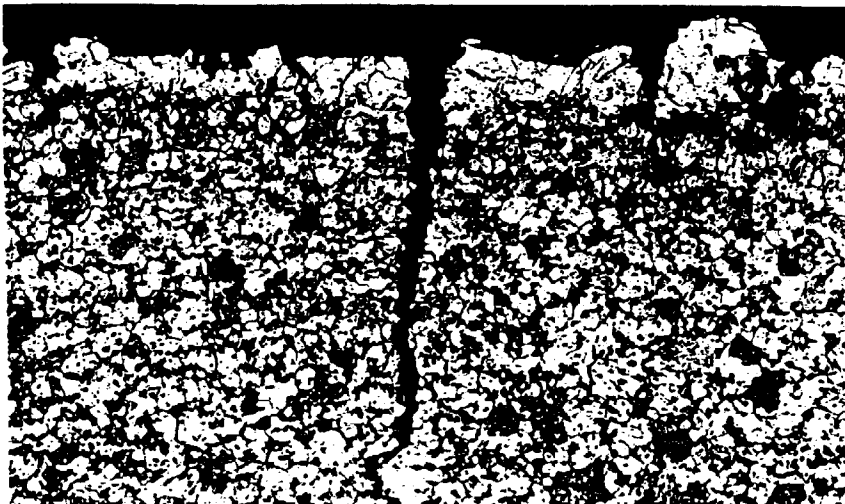


FIG. 3





**FIG. 4**



**FIG. 5**



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 20 1236

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	US 5 070 228 A (SIEMERS PAUL A ET AL) 3. Dezember 1991 * Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 5; Ansprüche 1-7 *	1	H01J35/10 H01J9/14
Y	US 4 972 449 A (UPADHYA KAMLESHWAR ET AL) 20. November 1990 * Spalte 3, Zeile 45 - Zeile 54; Ansprüche 7-14 *	1	
A	EP 0 116 385 A (PHILIPS NV) 22. August 1984 * Ansprüche 1, 9, 10 *	1, 5, 7, 8	
A	DE 23 58 512 A (SIEMENS AG) 5. Juni 1975 * Seite 3, Zeile 23 - Zeile 29; Anspruch 4 *	1	
A	EP 0 177 079 A (PHILIPS NV) 9. April 1986 * Ansprüche 1-7 *	1	
A	FR 2 315 765 A (PLANSEE METALLWERK) 21. Januar 1977 * Anspruch 5 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	US 4 920 012 A (WOODRUFF DAVID W ET AL) 24. April 1990 * Ansprüche 1-9 *	8	H01J H05H G23C
A	DE 21 08 192 A (HERMSDORF KERAMIK VEB) 14. Oktober 1971 * Anspruch 1 *	8	
A	DE 24 00 717 A (WSJESOUJUSNY NI PI TUGOPLANKICH) 10. Juli 1975 * Ansprüche 1-5 *	8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>20. Mai 1998</b>	Prüfer <b>Van den Bulcke, E</b>
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer  anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A technologischer Hintergrund  O mündliche Offenbarung  P Zwischenliteratur</p> <p>T der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder  nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D in der Anmeldung angeführtes Dokument  L aus anderen Gründen angeführtes Dokument  &amp; Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes  Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03/92 (P04003)