



österreichisches
patentamt

(10) **AT 010 598 U1 2009-06-15**

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Anmeldenummer: GM 583/07 (51) Int. Cl.⁸: **H01J 35/08**
(22) Anmeldetag: 2007-09-28 H01J 35/10, 35/12, 35/26, 35/30
(42) Beginn der Schutzdauer: 2009-04-15
(45) Ausgabetag: 2009-06-15

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
PLANSEE METALL GMBH
A-6600 REUTTE, TIROL (AT).

(72) Erfinder:
RÖDHAMMER PETER DR.
EHENBICHL, TIROL (AT).
GLATZ WOLFGANG DR.
REUTTE, TIROL (AT).
TABERNIG BERNHARD DR.
REUTTE, TIROL (AT).
WAGNER HANNES
REUTTE, TIROL (AT).

(54) RÖNTGENANODE MIT VERBESSERTER WÄRMEABLEITUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Röntgenanode mit Belag und Trägerkörper. Der Trägerkörper umfasst neben einem festigkeitsgebenden Bereich einen Bereich aus einem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff. Der Diamant-Metall-Verbundwerkstoff besteht aus 40 bis 90 Vol.% Diamantkörnern, 10 bis 60 Vol.% Bindephase(n) aus einem Metall oder einer Legierung der Metalle der Gruppe Cu, Ag, Al und 0 bis 20 Vol.% zumindest eines Karbides der Elemente der Gruppe Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, B und Si. Der hoch wärmeleitfähige Bereich kann rückseitig formschlüssig mit einem wärmeableitenden Bereich, beispielsweise aus Cu oder einer Cu-Legierung, verbunden sein. Die Röntgenanode weist eine verbesserte Wärmeabfuhr sowie geringere Verbundspannungen auf.

AT 010 598 U1 2009-06-15

DVR 0078018

Die Erfindung betrifft eine Röntgenanode, die aus einem die Röntgenstrahlen durch Beschuss mit fokussierten Elektronen erzeugenden Belag besteht, der mit einem Trägerkörper verbunden ist. Der Trägerkörper umfasst einen festigkeitsgebenden Bereich aus einem Werkstoff mit einer Festigkeit bei 500 °C größer 100 MPa.

Bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen durch den Beschuss eines Anodenmaterials mit einem fokussierten Elektronenstrahl werden etwa 99 % der Strahlenergie in Wärme umgewandelt. Es treten dabei im Brennfleck sehr hohe spezifische Flächenbelastungen auf, die in der Größenordnung von 10 bis 100 MW/m² liegen. Dies hat sehr hohe Brennflecktemperaturen und im Falle der gepulsten Belastung von Röntgendrehanoden eine thermomechanische Ermüdung der Brennbahn zur Folge. Die Grenze der Belastbarkeit ist durch die Alterung der Brennbahn gegeben, verbunden mit einem fortschreitenden Abfall der Dosisleistung und/oder mit dem Verlust der Hochspannungsstabilität der Röhre. Zur Verlangsamung dieser Effekte ist eine optimierte Ableitung der Wärme aus dem Brennfleck bzw. der Brennbahn erforderlich.

Der weitaus überwiegende Teil der heute in der Röntgencomputertomographie eingesetzten Strahlungsquellen sind Röntgendrehanoden, bei denen durch Rotation der Anode mit hoher Drehzahl die im Strichfokus eingebrachte Energie des Elektronenstrahls auf einen Ring, der so genannten Brennbahn, verteilt wird. Die während der Aufnahme zugeführte Energie von bis zu einigen Megajoule wird zunächst weitgehend in der Röntgenanode zwischengespeichert und vor allem in der Pausenzeit zwischen den Aufnahmen durch Strahlung, bei Drehanoden mit Gleitrollenlager auch durch Wärmeleitung in das Lager, an das umgebende Kühlmedium abgegeben.

Drehanoden nach dem Stand der Technik bestehen aus einem die Röntgenstrahlung durch den Beschuss mit fokussierten Elektronen erzeugenden Belag, beispielsweise aus einer Wolfram-Rhenium Legierung, der auf einem Trägerkörper, beispielsweise einer Scheibe aus einem Molybdän-Basiswerkstoff, aufgebracht wird. Ein für diese Anwendung üblicher Molybdän-Basiswerkstoff ist TZM mit der Zusammensetzung Mo-0,5Gew.%Ti-0,08Gew.%Zr-0,04Gew.%C. Je nach Einsatzbereich der Anode kann zur Erhöhung des Wärmespeichervermögens und der Wärmeabstrahlung auf der Rückseite der Metallscheibe ein Graphitkörper aufgelötet sein. Bei der Ausgangstemperatur des Röhrenbetriebes (etwa 40 °C) liegen die Wärmeleitfähigkeiten von W-10Gew.%Re, TZM und Graphit bei etwa 85, 125 bzw. 135 W/m·K, sinken aber mit steigender Anodentemperatur deutlich ab.

Bei einer neuen Generation von Röntgenröhren, den so genannten Drehkolbenröhren, ist die Anode als Boden fest mit einer als Ganzes rotierenden Röhre verbunden und an ihrer Rückseite aktiv gekühlt. Der Energiehaushalt der Anode ist durch die Wärmeabfuhr ins Kühlmedium dominiert. Die Wärmespeicherung spielt eine untergeordnete Rolle.

Die DE 10 2005 039 188 B4 beschreibt eine Röntgenröhre mit einer Kathode und einer aus einem ersten Material hergestellten Anode, wobei die Anode an ihrer der Kathode abgewandten ersten Seite zumindest abschnittsweise mit einem aus einem eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das erste Material aufweisenden zweiten Material hergestellten Wärmeleitelement zum Abführen von Wärme versehen ist, wobei das zweite Material eine Wärmeleitfähigkeit von zumindest 500 W/mK aufweist und das zweite Material aus mit Titan dotiertem Graphit hergestellt ist.

Die DE 10 2004 003 370 A1 beschreibt einen Hochleistungsanodenteller für eine direkt gekühlte Drehkolbenröhre, der aus einem hochtemperaturbeständigen Material, wie z.B. Wolfram, Molybdän oder einem Verbund beider Materialien besteht, wobei im Bereich der Brennfleckbahn die Unterseite des Anodentellers so geformt und/oder in diesen ein anderes hoch wärmeleitendes Material ein- oder angebracht ist, dass sich eine verbesserte Wärmeableitung und damit ein geringerer Temperaturgradient innerhalb dieses Werkstoffbereichs ergibt. Als Werkstoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit ist dabei Kupfer erwähnt.

Es gab in den vergangenen Jahren zahlreiche Ansätze, die Wärmeableitung bei Röntgendrehanoden zu verbessern. Diamant fand dabei trotz der ausgezeichneten Wärmeleitfähigkeit bei Raumtemperatur auf Grund der stark abfallenden Wärmeleitfähigkeit bei erhöhten Temperaturen und der Umwandlung in Grafit bei $T > 1100\text{ °C}$ nur geringfügige Beachtung.

So wurde in der US 4,972,449 die Verwendung einer Diamantschicht vorgeschlagen, die zwischen dem Belag und dem Trägerkörper eingelagert ist. Diamant hat jedoch zudem einen deutlich niedrigeren Ausdehnungskoeffizient als die benachbarten Werkstoffe, wodurch Spannungen im Verbundkörper induziert werden. Weiters kann die klassische pulvermetallurgische Herstellungsrouten für Röntgenanoden, nämlich das pulvermetallurgische Verbinden von Brennbahnbelag und Trägerkörper, nicht zur Anwendung kommen, da der Sinterprozess zu einer Umsetzung der Diamantschicht in Grafit führen würde. Röntgenanoden gemäß der US 4,972,449 können daher nur durch Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise CVD-Verfahren, hergestellt werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Röntgenanode bereitzustellen, die einen Trägerkörper mit verbesserter Wärmeableitung aufweist. Eine weitere Aufgabe besteht darin, die Spannungen im Verbund Trägerkörper / Belag zu reduzieren.

Die Aufgabe wird durch den unabhängigen Anspruch gelöst.

Die Röntgenanode besteht dabei aus einem Belag und einem Trägerkörper, wobei der Trägerkörper neben einem festigkeitsgebenden Bereich einen Bereich aus einem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff umfasst. Der Diamant-Metall-Verbundwerkstoff besteht aus Diamantkörnern, die von Bindephase(n) umgeben sind. Die Bindephase(n) besteht / bestehen aus einem Bindemetal bevorzugt auf Basis von Kupfer, Silber, Aluminium und Legierungen dieser Werkstoffe, sowie optional bis zu 20 Vol.% Karbiden. Durch Variation des Diamant- und Bindephasen-Gehaltes ist es möglich, den Diamant-Metall-Verbundwerkstoff in Hinblick auf Wärmeleitfähigkeit und Wärmedehnung derart an die umgebenden Werkstoffe anzupassen, dass maßgeschneiderte Lösungen für die unterschiedlichsten Anforderungsbedingungen möglich sind. Vorteilhaft kann dabei ein gradierter Aufbau des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffs sein, wobei der Diamantanteil zum Belag hin am höchsten ist und in Richtung des maximalen Wärmeflusses abnimmt. Dadurch kann eine Minimierung der Verbundspannungen, verursacht durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten der verwendeten Werkstoffe, erzielt werden. Des Weiteren kann Diamantpulver mit einem breiten Korngrößenspektrum verarbeitet werden. Bevorzugte Korngrößen liegen im Bereich von 50 bis 400 μm , idealerweise bei 100 bis 250 μm . Neben Naturdiamanten lassen sich auch preisgünstigere synthetische Diamanten entsprechend verarbeiten. Der bevorzugte Volumenanteil der Diamantkörner beträgt 40 bis 90 Vol.%, jener der Bindephase(n) 10 bis 60 Vol.%. Durch einen Diamantgehalt von 40 bis 90 Vol.% ist gewährleistet, dass die Verbundspannungen zuverlässig auf ein für die Anwendung unkritisches Maß reduziert werden. Als besonders vorteilhafte Diamant- und Bindephasengehalte sind 50 bis 70 Vol.% bzw. 30 bis 50 Vol.% zu nennen.

Das Bindemetal besteht bevorzugt aus 80 bis 100 At.% zumindest eines Matrixmetalls aus der Gruppe Cu, Ag, Al, 0 bis 20 At.% eines Metalls mit einer Löslichkeit bei Raumtemperatur im Matrixmetall kleiner 1 At.% und 0 bis 1 At.% eines Metalls mit einer Löslichkeit bei Raumtemperatur im Matrixmetall größer 1 At.%, Rest herstellbedingte Verunreinigungen. Legierungselemente mit einer Löslichkeit bei Raumtemperatur im Matrixmetall kleiner 1 At.% reduzieren die Wärmeleitfähigkeit in einem geringen Ausmaß und können daher bis 20 At.% vorliegen, während Legierungselemente mit einer Löslichkeit größer 1 At.% auf Grund deren negativen Einflusses auf die Wärmeleitfähigkeit mit 1 At.% begrenzt sind.

Eine gute Anbindung zwischen der Diamant- und Metallphase ist erforderlich, um einen Übergang von der Phononleitfähigkeit des Diamants auf die Elektronenleitfähigkeit des Bindemetalls zu gewährleisten. Dies kann beispielsweise durch die Ausbildung einer karbidischen Phase, die

zwischen der Diamant- und der Metallphase angeordnet ist, erreicht werden. Untersuchungen haben dabei gezeigt, dass bereits Karbidfilme mit einer Dicke von einigen Atomlagen die Wärmeleitfähigkeit deutlich verbessern. Als karbidbildende Elemente haben sich die Elemente der Gruppe 4b- (Ti, Zr, Hf), 5b- (V, Nb, Ta), 6b (Cr, Mo, W)- Metalle des Periodensystems, sowie B und Si bewährt. Als besonders geeignet sind dabei die schwachen Karbidbildner Si und B zu nennen. Wenn das Matrixmetall ein karbidbildendes Element, wie beispielsweise Aluminium, ist, kann auf die Zugabe weiterer karbidbildender Elemente verzichtet werden. Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn das die karbidische Phase bildende Element auch im Bindemetall enthalten ist. Zu bevorzugen sind dabei die karbidbildenden Elemente, die im jeweiligen Matrixmetall eine Löslichkeit kleiner 1 At.% aufweisen. Wenn die Löslichkeit größer ist, wird wiederum die Wärmeleitfähigkeit des Bindemetalls und damit des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes reduziert. Bevorzugte Zusammensetzungen des Bindemetalls sind Aluminiumwerkstoffe mit 0,005 bis 3 At.% eines oder mehrerer Elemente der Gruppe V, Nb, Ta, Ti, Zr, Hf, B, Cr, Mo, W und/oder mit 0,005 bis 20 At.% Si.

Auf Basis von Ag sind dies Werkstoffe mit 0,005 bis 5 At.% eines oder mehrerer Elemente der Gruppe Zr, Hf und/oder 0,005 bis 10 At.% eines oder mehrerer Elemente der Gruppe V, Nb, Ta, Cr, Mo, W und/oder 0,005 bis 20 At.% Si.

Besonders vorteilhafte Eigenschaften werden mit Cu-Basis-Matrixmetallen erzielt, die mit 0,005 bis 3 At.% eines oder mehrerer Elemente der Gruppe Ti, Zr, Hf und/oder 0,005 bis 10 At.% eines oder mehrerer Elemente der Gruppe Mo, W, B, V, Nb, Ta, Cr, und/oder 0,005 bis 20 At.% B legiert sind.

Als besonders vorteilhafte Bindemetalle haben sich Ag-Legierungen mit 0,1 bis 12 At.% Si, sowie Cu-Legierungen mit 0,1 bis 14 At.% Bor, Rest übliche Verunreinigungen, erwiesen.

Eine besonders vorteilhafte Wirkung kann auch erzielt werden, wenn bereits beschichtete Diamantpulver (metallische oder karbidische Schicht) eingesetzt werden.

Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes ist es nun möglich, den Wärmestrom kegelig aufzuweiten und damit bei aktiv gekühlten Röntgenanoden die Effizienz der Aktivkühlung zu erhöhen.

Umfangreiche Versuche an derartigen Röntgenanoden haben gezeigt, dass durch die erfindungsgemäße Lösung die Temperatur soweit abgesenkt wird, dass die prognostizierte niedrige Wärmeleitfähigkeit des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes bei erhöhten Einsatztemperaturen noch keine funktionsbeschränkende Auswirkung hat.

Da die erfindungsgemäßen Diamant-Metall-Verbundwerkstoffe in ihren mechanischen Eigenschaften wie Zug- und Druckfestigkeit, Bruchzähigkeit und Ermüdungsfestigkeit begrenzt, und dementsprechend unter Einsatzbedingungen von Röntgenanoden als freitragende Struktur nicht thermisch zyklierbar sind, umfasst der Trägerkörper neben dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff noch einen festigkeitsgebenden Bereich aus einem Strukturwerkstoff, der eine Festigkeit bei 500 °C von größer 100 MPa aufweist. Der Diamant-Metall-Verbundwerkstoff wird durch die Struktursteifigkeit der Strukturkomponente gegen zerstörende Verformung oder Risseinleitung durch Fliehkräfte oder thermomechanische Spannungen geschützt. Damit wird es möglich, den Diamant-Metall-Verbundwerkstoff einerseits in Hinblick auf thermische Leitfähigkeit zu optimieren, insbesondere durch Steigerung des Diamantanteils. Andererseits kann der Diamant-Metall-Verbundwerkstoff in seiner Wärmedehnung an den Strukturwerkstoff angepasst werden. Auf diese Weise können die Funktionen des Trägerkörpers in Hinblick auf Strukturfestigkeit und Berstfestigkeit einerseits und auf Wärmeableitung andererseits entkoppelt werden. Als besonders geeignete Strukturwerkstoffe sind Mo, Mo-Legierungen, W, W-Legierungen, W-Cu Verbundwerkstoffe, Mo-Cu Verbundwerkstoffe, teilchenverstärkte Cu- und teilchenverstärkte Al-Legierung zu nennen. Als besonders vorteilhafte Molybdän-Legierungen

sind TZM (Mo-0,5Gew.%, Titan-0,08Gew.%, Zirkon-0,04Gew. C) und MHC (Mo-1,2Gew.% Hf-0,08Gew.% C) zu erwähnen.

Der Bereich aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff kann direkt an den Belag anschließen. Dies ist dann möglich und sinnvoll, wenn die Temperatur auf der Belagsrückseite durch den Diamant-Metall-Verbundwerkstoff so weit abgesenkt werden kann, dass keine Materialschädigungen, wie beispielsweise Aufschmelzen der Bindephase(n) des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes, auftreten. Ist dies nicht gegeben, so ist es vorteilhaft, wenn sich der festigkeitsgebende Bereich aus einem unter Einsatzbedingungen formstabilen Strukturwerkstoff, bevorzugt Molybdän, Wolfram oder einer Legierung dieser Metalle, zwischen den Diamant-Metall-Verbundwerkstoff und den Belag erstreckt.

Der Diamant-Metall-Verbundwerkstoff ist bevorzugt unter jenem Bereich des Belages angeordnet, in dem durch die Einwirkung des Elektronenstrahls die Wärme entsteht. Für eine Röntgendrehanode ist dies die ringförmige Brennbahn. Daraus ergeben sich bevorzugte Ausführungsformen für den Bereich aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff, nämlich solche mit axial-symmetrischer Geometrie, wie beispielsweise eine Scheibe oder ein Ring. Der Querschnitt ist dabei vorzugsweise annähernd rechteckig oder trapezförmig.

In Richtung des maximalen Wärmeflusses gesehen, ist es weiters vorteilhaft, wenn anschließend an den Bereich aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff ein weiterer wärmeableitender Bereich aus einem hoch wärmeleitfähigen Metall folgt, der bei der Endformgebung, insbesondere auch in Hinblick auf Anbringung von Kühlstrukturen, mit herkömmlichen Zerspanungsprozessen formgebend bearbeitet werden kann. Als hoch wärmeleitfähige Metalle sind dabei Kupfer, Aluminium, Silber und deren Legierungen zu erwähnen. Dieser wärmeableitende Bereich ist wiederum bevorzugt als Ringelement oder als Scheibe ausgebildet und mit dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff und/oder mit dem festigkeitsgebenden Bereich stoffschlüssig verbunden.

Dem maximalen Wärmefluss folgend weist die Röntgenanode bevorzugt zumindest im Bereich der maximalen Wärmebelastung den folgenden Aufbau auf:

0,01 mm bis 1 mm Belag, 0 bis 4 mm festigkeitsgebender Bereich, 2 bis 15 mm Bereich aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff und 0 bis 10 mm wärmeableitender Bereich. Eine Mindeststärke des Belags von 0,01 mm kann ist aus röntgenphysikalischen Gründen erforderlich. Bei Belagsstärken über 1 mm und/oder einer Dicke des festigkeitsgebenden Bereichs über 4 mm wird die Wärmeableitung reduziert, da die üblicherweise verwendeten W-Re Legierungen und die zur Verfügung stehenden Strukturwerkstoffe eine im Vergleich zum Diamant-Metall-Verbundwerkstoff reduzierte Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Dicke des Belags bei 0,2 bis 0,4 mm bzw. jene des festigkeitsgebenden Bereichs bei 0,5 bis 4 mm liegt.

Der erfindungsgemäße Aufbau einer Röntgenanode kann insbesondere bei Drehanoden und dabei wiederum bei Einsatz der Drehanode als aktiv gekühlter Boden einer Drehkolbenröhre besonders vorteilhaft angewandt werden. Um eine ausreichende Strukturfestigkeit der Drehanode zu erreichen, bewährt es sich, wenn das Zentrum nur aus dem Strukturwerkstoff gebildet ist. Weiters ist es vorteilhaft, wenn der Bereich aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff als ring- oder scheibenförmiges Element in eine entsprechende Vertiefung des festigkeitsgebenden Bereichs des Trägerkörpers eingelagert ist und so durch diesen hinsichtlich der auftretenden mechanischen Belastungen abgestützt wird. Vorteilhaft ist der Strukturwerkstoff einerseits mit dem Belag, andererseits mit dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff stoffschlüssig verbunden. Das stoffschlüssige Verbinden zwischen Strukturkomponente und Diamant-Metall-Verbundwerkstoff kann vorteilhaft bereits in situ bei dessen Synthese in geeigneten Ausnahmen des festigkeitsgebenden Bereiches des Anodenkörpers erfolgen (beispielsweise durch Druckinfiltration oder durch heißisostatisches Pressen). Andererseits kann der Verbundwerk-

stoff für sich synthetisiert und daraus ein Füllkörper in geeigneter Form hergestellt werden, der dann beispielsweise durch Löten oder einen anderen bekannten Fügeprozess stoffschlüssig mit der Strukturkomponente verbunden wird.

- 5 Für die Herstellung des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes steht eine Reihe von Verfahren zur Verfügung, bei denen das Bindemetall entweder über die Schmelzphase oder über die Festphase mit dem Diamant stoffschlüssig verbunden wird. Über die Schmelzphase laufen vorteilhaft die Prozesse mittels Druckinfiltration ab. Typische Infiltrationstemperaturen liegen etwa 100 °C über dem jeweiligen Schmelzpunkt des Bindemetalls. Aus den Reaktionen mit dem
- 10 Diamantkorn entstehen dann gegebenenfalls die bereits genannten, die Diamantkörner umhüllenden Karbidphasen.

Ein besonders geeignetes Herstellverfahren umfasst dabei die folgenden Herstellschritte:

- 15 ▪ Herstellen eines Verbundkörpers, welcher aus dem Strukturwerkstoff und dem Belagwerkstoff gebildet ist, durch pulvermetallurgisches Verbundpressen / Sintern / Schmieden oder Aufbringen des Belagwerkstoffes auf den Strukturwerkstoff durch Vakuumplasmaspritzen;
- Einbringen einer Vertiefung in den Strukturwerkstoff auf der belagsabgewandten Seite
- 20 ▪ Einfüllen von Diamantpulver mit einer Korngröße von 50 bis 400 µm in die Vertiefung, wobei das Diamantpulver unbeschichtet oder beschichtet (Schichtstärke 0,05 bis 50 µm) bevorzugt mit einem Metall oder einem Karbid eines Metalls aus der Gruppe der 4b, 5b, 6b Metalle des Periodensystems, B und Si, vorliegen kann;
- Infiltrieren der Diamantpulverschüttung mit dem Bindemetall bei einem Druck von 1 bis 500 bar und einer Temperatur T_i mit Liquidustemperatur des Bindemetalls $< T_i < \text{Liquidustemperatur des Bindemetalls plus } 200\text{ °C}$; optional mit Überschuss des Bindemetalls zur
- 25 Ausbildung des wärmeableitenden Bereichs;
- Mechanische Bearbeitung.

Bei der Herstellung des Verbundes zwischen Diamantkorn und Bindemetall in der Festphase entsteht die Anbindung des Diamantkorns an das Bindemetall durch Diffusion. Die erforderlichen Diffusionswege können bereits bei Temperaturen $T \sim 0,5 \text{ bis } 0,8 T_m$ (T_m = Schmelzpunkt des Bindemetalls in Grad Kelvin) und Haltezeiten von wenigen Stunden erreicht werden. Geeignete Verfahren sind beispielsweise das Heißpressen oder das heißisostatische Pressen von

30 Diamant-Metall-Pulvergemischen. Die Anbindung wird vorteilhaft durch geeignete Beschichtungen der Diamantkörner verbessert bzw. beschleunigt. Im Falle der Festphasen-Reaktion können bei geeigneter Vorbehandlung der Diamantkörner und Wahl der Konsolidierungsbedingungen die Gehalte an Zusatzwerkstoffen um Größenordnungen reduziert werden bzw. gegebenenfalls ganz fortfallen, wodurch die hohe Wärmeleitfähigkeit der reinen Bindephase weitestgehend erhalten werden kann.

40 Auch Kombinationen beider Reaktionswege, zum Beispiel kurzzeitiges Durchlaufen der Schmelzphase unter Druck zur porenfreien Hinterfüllung der Diamantschüttung gefolgt von einer Feststoff-Druckdiffusionsphase bei abgesenkten Temperaturen, können vorteilhaft sein, insbesondere zur Realisierung hoher Diamantanteile des Verbundwerkstoffes.

45 Ein besonders geeignetes Verfahren umfasst hier die Herstellschritte:

- Herstellen einer eines Verbundkörpers, welcher aus dem Strukturwerkstoff und dem Belagwerkstoff gebildet ist, durch pulvermetallurgisches Verbundpressen / Sintern / Schmieden oder Aufbringen des Belagwerkstoffes auf den Strukturwerkstoff durch Vakuumplasmaspritzen;
- 50 ▪ Einbringen einer Vertiefung in den Strukturwerkstoff auf der belagsabgewandten Seite;
- Einfüllen einer Mischung aus Diamantpulver und dem Bindemetall in die Vertiefung, wobei das Diamantpulver eine Korngröße von 50 bis 400 µm aufweist und unbeschichtet oder beschichtet (Schichtstärke 0,05 bis 50 µm) bevorzugt mit einem Metall oder einem Karbid eines
- 55

Metalls aus der Gruppe der 4b, 5b, 6b Metalle des Periodensystems, B und Si vorliegen kann;

- Heißpressen der Mischung bei einem Druck von 10 bis 200 MPa und einer Temperatur T, mit $0,6 \times \text{Solidustemperatur des Bindemetalls} < T < \text{Solidustemperatur des Bindemetalls}$; optional mit berschuss des Bindemetalls zur Ausbildung des wärmeableitenden Bereichs;
- Mechanische Bearbeitung.

Ein weiteres geeignetes Verfahren umfasst die Herstellschritte:

- Herstellen einer eines Verbundkörpers, welcher aus dem Strukturwerkstoff und dem Belagswerkstoff gebildet ist, durch pulvermetallurgisches Verbundpressen / Sintern / Schmieden oder Aufbringen des Belagwerkstoffs auf den Strukturwerkstoff durch Vakuumplasmaspritzen;
 - Einbringen einer Vertiefung in den Strukturwerkstoff auf der belagsabgewandten Seite;
 - Herstellen eines Grünlings durch das Pressen einer Mischung aus Diamant- und Bindemetallpulver, wobei das Diamantpulver eine Korngröße von 50 bis 400 μm und das Bindemetallpulver von 0,5 bis 600 μm aufweist und das Diamantpulver unbeschichtet oder beschichtet (Schichtstärke 0,05 bis 50 μm) bevorzugt mit einem Metall oder einem Karbid eines Metalls aus der Gruppe der 4b, 5b, 6b Metalle des Periodensystems, B und Si vorliegen kann, bei einem Druck bevorzugt von 70 bis 700 MPa;
 - Einbringen des Grünlings in die Vertiefung des Strukturwerkstoffs und Kannen des so hergestellten Zusammenbaus unter Verwendung üblicher Kannenwerkstoffe (beispielsweise Stahl, Titan);
 - Heiisostatisches Pressen des gekannten Zusammenbaus bei einem Druck von 50 bis 300 MPa und einer Temperatur T, mit $0,6 \times \text{Solidustemperatur des Bindemetalls} < T < \text{Liquidustemperatur des Bindemetalls plus } 200\text{ }^{\circ}\text{C}$; optional mit berschuss des Bindemetalls zur Ausbildung des wärmeableitenden Bereichs;
 - Mechanische Bearbeitung.
- Grundsätzlich kommen zur Herstellung des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes auch weitere Verfahren, insbesondere auch solche zur Herstellung von Verbundwerkstoffen, wie z.B. die Gasphasen-Infiltration des Bindemetalls, in Betracht.

Im Folgenden ist die Erfindung durch Beispiele näher erläutert.

- Figur 1 zeigt skizzenhaft den Querschnitt der erfindungsgemäßen Röntgenanode gemäß Beispiel 4
- Figur 2 zeigt skizzenhaft den Querschnitt der erfindungsgemäßen Röntgenanode gemäß Beispiel 5
- Figur 3 zeigt skizzenhaft den Querschnitt der erfindungsgemäßen Röntgenanoden gemäß Beispiel 6 und 7

Beispiel 1

Zur Einstellung der Bindephase auf Cu-Basis wurden Ronden aus der hochfesten Mo-Legierung TZM (Mo-0,5Gew.%Ti-0,08Gew.%Zr-0,01 bis 0,06 Gew.%C) mit einem Durchmesser von 50 mm und einer Dicke von 30 mm auf üblichem pulvermetallurgischem Weg über Pulverpressen / Sintern / Schmieden hergestellt. In diese Ronden wurde eine zylindrische Vertiefung mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Tiefe von 20 mm eingearbeitet. Im folgenden Arbeitsschritt wurde in die so entstandene Vertiefung zur Herstellung des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffs jeweils eine Diamantschüttung mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 μm eingebracht und die Ringform über Gasdruckinfiltration mit Cu-Legierungen der folgenden Zusammensetzungen infiltriert: Cu-0,5At.%B, Cu-2At.%B und Cu-8At.%B.

Zudem wurde mit Nb beschichtetes (Schichtstärke ca. 1 μm) Diamantpulver mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 μm in die Ringform eingebracht und darüber Rein-Cu in stückiger Form positioniert. Idente Versuche wurden mit Cr, Ti und Mo beschichteten Pulvern durchgeführt.

Die Gasdruckinfiltration wurde jeweils unter Ar-Schutzgasatmosphäre bei 1100 °C mit einem Gasdruck von 2 bar durchgeführt. Der Volumenanteil Diamant betrug bei allen Proben ca. 55 %. Die Wärmeleitfähigkeit der Cu-Diamant-Verbundwerkstoffe lag bei 500 °C zwischen 290 und 350 W/m.K.

Beispiel 2

Zur Einstellung der Bindephase auf Ag-Basis wurden Ronden gemäß Beispiel 1 hergestellt. In die Vertiefung wurde zur Herstellung des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffs jeweils eine Diamantschüttung mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 μm eingebracht und die Ringform über Gasdruckinfiltration mit Ag-Legierungen der folgenden Zusammensetzungen infiltriert: Ag-0,5At.%Si, Ag-3At.%Si, Ag-11At.%Si und Ag-18At.%Si.

Zudem wurde mit Nb beschichtetes (Schichtstärke ca. 1 μm) Diamantpulver mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 μm in die Ringform eingebracht und darüber Rein-Ag in stückiger Form positioniert. Idente Versuche wurden mit Cr, Ti und Mo beschichteten Pulvern durchgeführt.

Die Gasdruckinfiltration wurde jeweils unter Ar-Schutzgasatmosphäre bei 1000 °C mit einem Gasdruck von 2 bar durchgeführt. Der Volumenanteil Diamant betrug bei allen Proben ca. 55 %.

Die Wärmeleitfähigkeit der Ag-Diamant-Verbundwerkstoffe lag bei 500 °C zwischen 340 und 440 W/m.K.

Beispiel 3

Zur Einstellung der Bindephase auf Al-Basis wurden Ronden gemäß Beispiel 1 hergestellt. In die Vertiefung wurde zur Herstellung des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffs jeweils eine Diamantschüttung mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 μm eingebracht und die Ringform über Gasdruckinfiltration mit Al-Werkstoffe der folgenden Zusammensetzungen infiltriert: Al, Al-3At.%Si, Al-12At.%Si und Al-15At.%Si. Zudem wurde mit Nb beschichtetes (Schichtstärke ca. 1 μm) Diamantpulver mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 μm in die Ringform eingebracht und darüber Rein-Al in stückiger Form positioniert. Idente Versuche wurden mit Cr, Ti und Mo beschichteten Pulvern durchgeführt.

Die Gasdruckinfiltration wurde jeweils unter Ar-Schutzgasatmosphäre bei 700 °C mit einem Gasdruck von 2 bar durchgeführt. Der Volumenanteil Diamant betrug bei allen Proben ca. 55 %.

Die Wärmeleitfähigkeit der Al-Diamant-Verbundwerkstoffe lag bei RT zwischen 400 und 450 W/m.K.

Beispiel 4

Eine Drehanode -1- mit einem Aufbau gemäß Fig. 1 wurde wie folgt hergestellt:

Der festigkeitsgebende Bereich -4- des Trägerkörpers -3- wurde aus TZM auf üblichem pulvermetallurgischem Weg über Pulverpressen / Sintern / Schmieden und Überdrehen der Vorkontur (mit Außendurchmesser 125 mm) hergestellt. Darauf wurde der die Röntgenstrahlung erzeugende Belag -2- aus W-5Gew.%Re mittels Vakuumplasmaspritzen aufgebracht. Aus dem

festigkeitsgebenden Bereich -4- des Trägerkörpers -3- wurde unterhalb des Belages -2- ein Ringbereich von 25 mm Breite mit einer Reststärke des festigkeitsgebenden Bereichs -4- von 1 mm ausgedreht. Im folgenden Arbeitsschritt wurde in die so entstandene Ringnut zur Herstellung des Bereiches -5- aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff eine Diamantschüttung mit einem mittleren Korndurchmesser (laseroptisch bestimmt) von 150 µm eingebracht und die Ringform über Gasdruckinfiltration mit einer Cu-4At.%B Legierung, die in stückiger Form auf der Diamantpulverschüttung positioniert wurde, infiltriert. Die Gasdruckinfiltration wurde unter Ar-Schutzgasatmosphäre bei 1100 °C mit einem Gasdruck von 2 bar durchgeführt. Unter Verwendung eines geeigneten Graphitwerkzeuges wurde an den Diamantverbund gleichzeitig mit der Infiltration der wärmeableitende Bereich -6- in Form einer Cu-4At.% B Rückplatte mit einer Stärke von 3,7 mm hintergossen. In diese Rückplatte wurde zur Verbesserung der Wärmeabgabe an das Kühlmedium eine Finnenstruktur eingearbeitet.

Der so hergestellte Bereich -5- aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff hatte einen Volumenanteil von ca. 55 % Diamant und einen Ausdehnungskoeffizient bei RT von $6,5 \text{ E}^{-6} / ^\circ\text{K}$. Die Wärmeleitfähigkeit des Cu-Diamant-Verbundwerkstoffes betrug 480 W/m.K bei 22 °C bzw. 350 W/m.K bei 500 °C.

Beispiel 5

Eine Drehanode -1- mit einem Aufbau gemäß Fig. 2 wurde wie folgt gefertigt.

Der festigkeitsgebende Bereich -4- des Trägerkörpers -3- wurde aus der hochfesten Mo-Legierung MHC (Mo-1,2Gew.%Hf-0,04 bis 0,15 Gew.%C) hergestellt, wobei der die Röntgenstrahlung erzeugende Belag -2- aus W10 Gew.%Re nach der üblichen pulvermetallurgischen Methode über Co-Pressen / Sintern und Verbundschmieden mit dem festigkeitsgebenden Bereich -4- verbunden wurde. Die Herstellung der Ringnut erfolgte wie in Beispiel 4 beschrieben.

Im folgenden Arbeitsschritt wurde in die bearbeitete Ringnut zur Herstellung des Bereichs -5- aus dem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff eine Diamantschüttung mit einem mittleren Korndurchmesser von 150 (laseroptisch bestimmt) eingebracht. Auf der Diamantschüttung wurde eine Ag-11At.%Si Legierung in stückiger Form positioniert. Die Infiltration wurde unter Ar-Schutzgasatmosphäre bei 1000 °C mit einem Gasdruck von 2 bar durchgeführt. Der Bereich -5- wurde auf der Unterseite der Drehanode -1- mit einem Überschuss an Metallschmelze mit einer Stärke von ca. 2 mm abgeschlossen. Durch die Verwendung der Ag-Matrix wurde eine Wärmeleitfähigkeit von 590 W/m.K bei 22 °C bzw. 420 W/m.K bei 500 °C erzielt.

Beispiel 6

Eine Drehanode -1- mit einem Aufbau gemäß Fig. 3 wurde wie folgt hergestellt. Die Herstellung des festigkeitsgebenden Bereichs -4- aus TZM (Stärke 15 mm, Durchmesser 140 mm) und das Aufbringen des Belages -2- aus W-5Gew.%Re erfolgte entsprechend Beispiel 4. Der festigkeitsgebende Bereichs -4- des Trägerkörpers -3- wurde in dem mit Diamant-Metall-Verbundwerkstoff zu hinterfüllenden Ringbereich (Außendurchmesser 125 mm, Innendurchmesser 80 mm) auf eine Reststärke des TZM von 1 mm ausgedreht. Der festigkeitsgebende Bereichs -4- bildete zusammen mit einer darauf aufgebauten ringförmigen Beilagscheibe einen Teil des Heißpresswerkzeuges, das mit einem Gemisch von 50 Vol.% Diamant und 50 Vol.% hochreinem Kupfer zur Ausbildung des Bereiches -5- hinterfüllt wurde. Die Diamantkörner hatten einen Durchmesser von 150 µm (laseroptisch gemessen) und waren zur späteren Anbindung der Matrix mit 1 µm SiC beschichtet. Das hochreine Cu-Pulver hatte ebenfalls einen Korndurchmesser von 150 µm. Abschließend erfolgte eine Deckschüttung von 3 mm Kupferpulver gleicher Körnung zur Ausbildung des wärmeableitenden Bereiches -6-. Diese Schüttung wurde bei Raumtemperatur vorgepresst und bei einer Temperatur von 900 °C über 1,5 Stunden bei einem Druck von 40 MPa heißgepresst und dadurch auf 99,8 % der theoretischen Dichte verdichtet. Gleichzeitig erfolgte durch Diffusion zwischen SiC und Cu eine feste und gut wärmeleitfähige

Anbindung der Diamantkörner an die Kupfermatrix, sowie der Matrix an den Trägerkörper -3-. Die an dem so erhaltenen Kupfer-Diamant-Verbundwerkstoff gemessene Wärmeleitfähigkeit lag bei 490 W/m.K (bei 22 °C).

5 Beispiel 7

Eine Drehanode -1- mit einem Aufbau gemäß Fig. 3 wurde wie folgt hergestellt. Das Herstellen des festigkeitsgebenden Bereichs -4-, Aufbringen des Belages -2- und Herstellen des Ringbereiches erfolgte wie in Beispiel 5 beschrieben.

10

Eine Pulverschüttung aus einem Gemisch von 70 Vol.% Diamant und 30 Vol.% Silber zur Ausbildung des Bereiches -5- wurde mittels Matrizenpressen zu einem Pressling in der angenäher-
ten Form des ausgedrehten Ringbereiches des festigkeitsgebenden Bereichs -4- verdichtet und
in den ausgedrehten Ringbereich eingelegt. Die Diamantkörner hatten einen Durchmesser von
15 300 µm und waren mit 3 bis 5 µm SiC beschichtet. Das Ag-Pulver hatte einen Korndurchmesser
von 150 µm. Auf die Rückseite des Diamant-Ag Grünlings wurde ein Ag-Blech mit einem
Durchmesser von 140 mm und einer Stärke von 3 mm gelegt. Der gesamte Aufbau wurde in
einer Stahlkanne vakuumdicht verschweißt und diese evakuiert. Die Ag-Anteile wurden im HIP-
Prozess durch Aufheizen auf 980 °C bei 2 Minuten Haltezeit unter einem Druck von 50 MPa
20 erschmolzen, und dabei die Hohlräume des Grünlings mit Ag-Schmelze hinterfüllt. Anschlie-
ßend wurde die Temperatur auf 650 °C gesenkt und das gekannte Bauteil über 1 h unter einem
Druck von 70 MPa gehalten. Das Abkühlen auf Raumtemperatur erfolgte ebenfalls unter Druck
im Bereich von ca. 70 MPa, mit einer Haltezeit von 2 h bei 400 °C. Der so erhaltene Silber-
Diamant-Verbundwerkstoff wies eine Wärmeleitfähigkeit von 610 W/m.K auf.

25

Als Referenzanode für Vergleichstests in Röntgenröhren wurde eine nach dem heutigen Stand
der Technik baugleich gefertigte Anode für Drehkolbenröhren, jedoch mit Kupfer anstelle von
Diamant-Metall-Verbundwerkstoff hinterfüllt, herangezogen.

30

Alle gemäß den Beispielen 4 bis 7 mit Diamant-Metall-Verbundwerkstoff hinterfüllten Drehano-
den zeigten im Test in Drehkolbenröhren unter gegenüber der heutigen Grenzbelastung ver-
schärften Testbedingungen (Steigerung der elektrischen Leistung um 20 % gegenüber den
Referenzanoden nach dem Stand der Technik) ein ausgezeichnetes Einsatzverhalten, bei
einem im Vergleich zu den Referenzanoden trotz der erhöhten Belastung deutlich verlangsamt-
35 ten Abfall der Röntgendosis über die Testdauer. Die Reduktion der Brennbahnaufrauung, wel-
che für die Abnahme der Röntgendosis über die Lebensdauer der Anode verantwortlich ist,
korrelierte hierbei in guter Näherung mit der relativen Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit der
jeweils vorliegenden Diamant-Metall-Verbunde. In nach Testende durchgeführten zerstörenden
Analysen der verschiedenen Anoden konnte keine Schädigung des Verbundes zwischen der
40 festigkeitsgebenden Komponente und dem Diamant-Metall-Verbund bzw. innerhalb desselben
zwischen Diamantkörnern und Bindemetall festgestellt werden.

Ansprüche:

45

1. Röntgenanode (1) zur Erzeugung von Röntgenstrahlen, bestehend aus einem die Rönt-
genstrahlung durch Beschuss mit fokussierten Elektronen erzeugenden Belag (2), der mit
einem Trägerkörper (3) verbunden ist, der einen festigkeitsgebenden Bereich (4) aus ei-
nem Werkstoff mit einer Festigkeit bei 500 °C größer 100 MPa umfasst;

50

dadurch gekennzeichnet,

dass der Trägerkörper (3) einen Bereich (5) aus einem Diamant-Metall-Verbundwerkstoff,
der 40 bis 90 Vol.% Diamantkörner enthält, umfasst.

2. Röntgenanode (1) nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet,* dass der Diamant-Metall-
Verbundwerkstoff aus 10 bis 60 Vol.% Bindephase(n), bestehend aus 80 bis 100 Vol.%

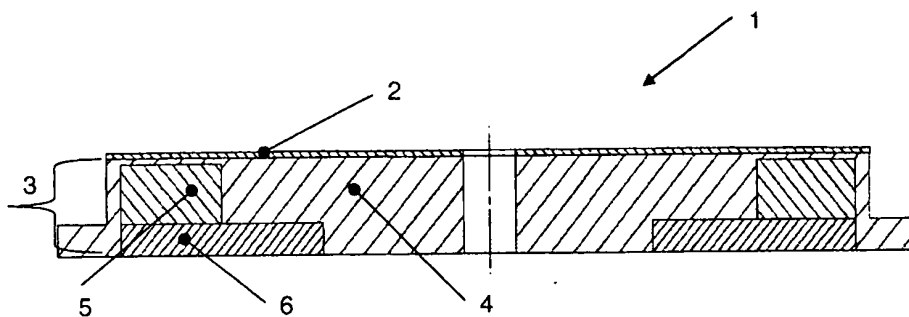
55

Bindemetall und 0 bis 20 Vol.% zumindest eines Karbids eines Elements aus der Gruppe der 4b, 5b, 6b Metalle des Periodensystems, B, Si;
Rest Diamant und herstellbedingte Verunreinigungen besteht.

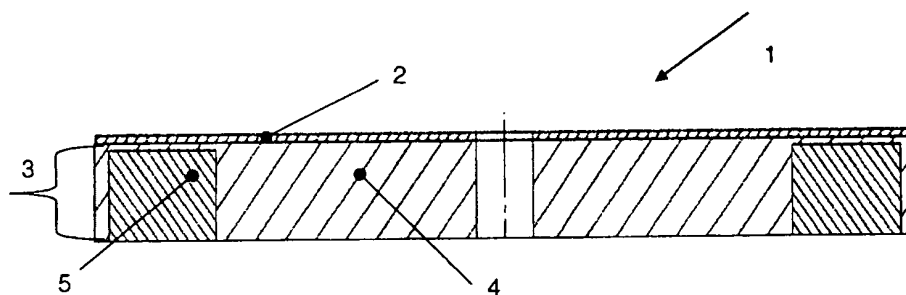
- 5 3. Röntgenanode (1) nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Bindemetall aus 80 bis 100 At.% zumindest eines Matrixmetalls aus der Gruppe Cu, Ag, Al; 0 bis 20 At.% eines Metalls mit einer Löslichkeit bei Raumtemperatur im Matrixmetall kleiner 1 At.% und 0 bis 1 At.% eines Metalls mit einer Löslichkeit bei Raumtemperatur im Matrixmetall größer 1 At.%;
10 Rest herstellungsbedingte Verunreinigungen besteht.
4. Röntgenanode (1) nach Anspruch 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Bindemetall aus 0,005 bis 3 At.% eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe Ti, Zr, Hf und/oder 0,005 bis 10 At.% eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe Mo, W, V, Ta, Nb, Cr und/oder 0,005 bis 20 At.% B;
15 Rest Cu und übliche Verunreinigungen besteht.
5. Röntgenanode (1) nach Anspruch 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Bindemetall aus 0,005 bis 5 At.% eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe Zr, Hf und/oder 0,005 bis 10 At.% eines oder mehrerer Elemente der Gruppe V, Nb, Ta, Cr, Mo, W und/oder 0,005 bis 20 At.% Si;
20 Rest Ag und übliche Verunreinigungen besteht.
6. Röntgenanode (1) nach Anspruch 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Bindemetall aus 0,005 bis 3 At.% eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe V, Nb, Ta, Ti, Zr, Hf, Cr, Mo, W, B und/oder 0,005 bis 20 At.% Si;
25 Rest Al und übliche Verunreinigungen besteht.
7. Röntgenanode (1) nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Bindemetall aus Al, Cu oder Ag mit einer Reinheit > 2N5 besteht.
30
8. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Bereich (5) unterhalb des Belags (2) im Bereich der maximalen Wärmebelastung angeordnet ist.
35
9. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Bereiche (4, 5) zumindest in Teilbereichen stoffschlüssig durch einen Hintergieß-, Druckinfiltrations-, Diffusionsschweiß- oder Lötprozess verbunden sind.
- 40 10. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Diamant-Metall-Verbundwerkstoff einen gradierten Aufbau aufweist, wobei der Diamantanteil zum Belag (2) hin am höchsten ist und in Richtung des maximalen Wärmeflusses abnimmt.
- 45 11. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Trägerkörper (3) einen wärmeableitenden Bereich (6) aus Cu, Al, Ag oder einer Legierung dieser Werkstoffe umfasst, der dem Bereich (5) in Richtung des maximalen Wärmeflusses folgt und mit diesem stoffschlüssig verbunden ist.
- 50 12. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass diese zumindest im Bereich der maximalen Wärmebelastung in Richtung des maximalen Wärmeflusses den folgenden Aufbau aufweist: 0,01 mm bis 1 mm Belag (2), 0 bis 4 mm festigkeitsgebender Bereich (4), 2 bis 15 mm Bereich (5) und 0 bis 10 mm wärmeableitender Bereich (6).
55

13. Röntgenanode (1) nach Anspruch 12, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Dicke des festigkeitsgebenden Bereichs (4) 0,5 bis 3 mm beträgt.
14. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass der festigkeitsgebende Bereich (4) zumindest aus einem Werkstoff der Gruppe Mo, Mo-Legierung, W, W-Legierung, W-Cu Verbundwerkstoff, Cu-Verbundwerkstoff, teilchenverstärkte Cu-Legierung, teilchenverstärkte Al-Legierung besteht.
15. Röntgenanode (1) nach Anspruch 14, *dadurch gekennzeichnet*, dass der festigkeitsgebende Bereich (4) aus Mo-0,5Gew.%Ti-0,08Gew.%Zr-0,01 bis 0,06 Gew.%C oder Mo-1,2Gew.%Hf-0,04 bis 0,15 Gew.%C besteht.
16. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Belag (2) aus einer W-Re Legierung mit 1 bis 10 Gew.% Re besteht.
17. Röntgenanode (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, *dadurch gekennzeichnet*, dass diese als axial symmetrische Drehanode ausgeführt ist und der festigkeitsgebende Bereich (4) und der Bereich (5) axialsymmetrisch angeordnet sind.
18. Röntgenanode (1) nach Anspruch 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Bereich (5) als Ring oder Scheibe ausgebildet ist, in eine geometrisch entsprechende Vertiefung des festigkeitsgebenden Bereichs (4) positioniert und mit diesem zumindest im Bereich unterhalb der Brennbahn stoffschlüssig verbunden ist.

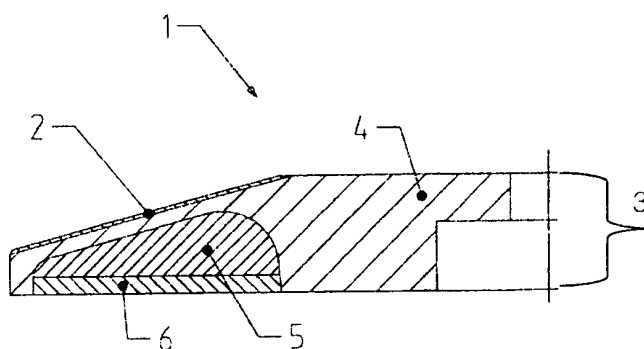
Hiezu 1 Blatt Zeichnungen



Figur 1



Figur 2



Figur 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : H01J 35/08 (2006.01); H01J 35/10 (2006.01); H01J 35/12 (2006.01); H01J 35/26 (2006.01); H01J 35/30 (2006.01)		AT 010 598 U1
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H01J 35/08; H01J 35/10C; H01J 35/10D; H01J 35/12; H01J 35/26; H01J 35/30B		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, TXT, CA		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 28.09.2007 eingereichten Ansprüchen erstellt.		
Die in der Gebrauchsmusterschrift veröffentlichten Ansprüche könnten im Verfahren geändert worden sein (§ 19 Abs. 4 GMG), sodass die Angaben im Recherchenbericht, wie Bezugnahme auf bestimmte Ansprüche, Angabe von Kategorien (X, Y, A), nicht mehr zutreffend sein müssen. In die dem Recherchenbericht zugrundeliegende Fassung der Ansprüche kann beim Österreichischen Patentamt während der Amtsstunden Einsicht genommen werden.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 101 28 245 A1 (THALES ELECTRON) 13. Juni 2002 (13.06.2002) Zusammenfassung; Absätze 0030, 0037, 0041; Figur 1b; Ansprüche	1, 8, 9, 11-16
Y	DE 102004003370 A1 (SIEMENS) 18. August 2005 (18.08.2005) Zusammenfassung; Figur 4; Ansprüche	1-9, 14-18
Y	EP 0 898 310 A2 (SUMITOMO ELECTRIC) 24. Feber 1999 (24.02.1999) Zusammenfassung; Absätze 0006-0023; Figuren, Beispiele	1-9, 14-18
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungs- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.		
Datum der Beendigung der Recherche: 17. November 2008		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dr. HARASEK