



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 01 069 A1 2004.07.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 01 069.6
 (22) Anmeldetag: 14.01.2003
 (43) Offenlegungstag: 22.07.2004

(51) Int Cl.7: B32B 7/00
 B32B 27/06, H01J 35/08

(71) Anmelder:
 Siemens AG, 80333 München, DE

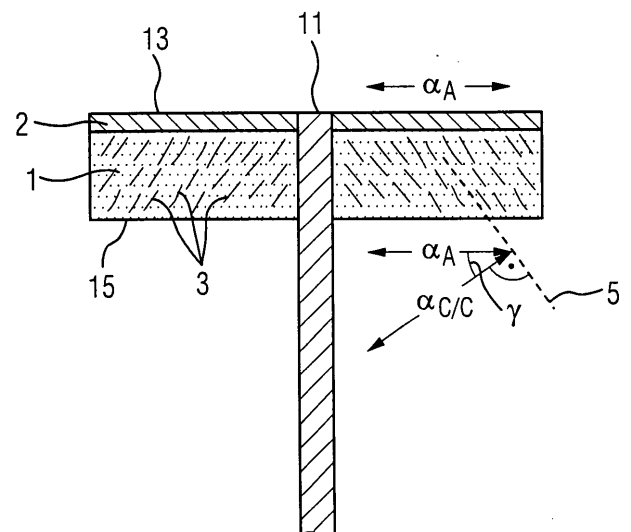
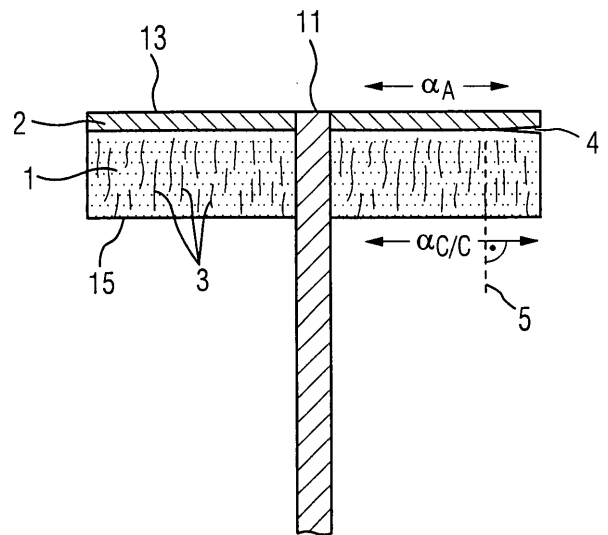
(72) Erfinder:
 Lenz, Eberhard, Dr., 91056 Erlangen, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Thermisch belastbarer Werkstoffverbund aus einem faserverstärkten und einem weiteren Werkstoff**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Werkstoffverbund aus einem faserverstärkten Werkstoff (1) und einem weiteren Werkstoff (2). Die Erfindung betrifft insbesondere eine Anode für eine Röntgenröhre, die auf einem solchen Werkstoffverbund basiert. Die Fasern (3) des faserverstärkten Werkstoffs (1) weisen eine bevorzugte Orientierung (5) auf. Die Größe des thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{c/c}$ des faserverstärkten Werkstoffs (1) ist richtungsabhängig und hängt von der bevorzugten Orientierung (5) der Fasern (3) ab. Gemäß der Erfindung ist die bevorzugte Orientierung (5) der Fasern (3) zumindest in einem Bereich (7) nahe der Verbindung zwischen dem faserverstärkten Werkstoff (1) und dem weiteren Werkstoff (2) so ausgerichtet, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des faserverstärkten Werkstoffs (1) und der thermische Ausdehnungskoeffizient α_A des weiteren Werkstoffs (2) in Richtung entlang dieser Verbindung annähernd gleich groß sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Werkstoffverbund aus einem faserverstärkten Werkstoff und einem weiteren Werkstoff, wobei die Größe des thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{C/C}$ des faserverstärkten Werkstoffs (1) richtungsabhängig ist und von der bevorzugten Orientierung (5) der Fasern (3) abhängt. Die Erfindung betrifft außerdem eine Anode für eine Röntgenröhre, in der ein solcher Werkstoffverbund eingesetzt wird.

[0002] Werkstoffverbunde werden eingesetzt, um vorteilhafte mechanische oder physikalische Eigenschaften einzelner Werkstoffe in einem gemeinsamen Werkstück vereinen zu können. Die einzelnen Werkstoffe können dabei verschiedenster Art sein, es kann sich z.B. um Naturwerkstoffe wie Holz, um Baustoffe wie Zement oder um Materialien wie Kunststoffe handeln. Außerdem können auch Verbundwerkstoffe verwendet werden, z.B. mit Stahlgittern verstärkter Beton, sogenannter Stahlbeton, mit Geweben verstärkte Folien oder faserverstärkte Werkstoffe, z.B. glasfaser-verstärkter Kunststoff oder kohlefaserverstärktes Graphit. Auch faserverstärkte Werkstoffe machen sich eine Kombination der verschiedenen Vorzüge der Materialien, aus denen sie bestehen, zunutze. Z.B. wird durch eine hohe Reißdehnung der Fasern die Reißdehnung des faserverstärkten Werkstoffs in Richtung der Faserorientierung erhöht. Analog kann z.B. eine hohe Elastizität erzielt werden. Faserverstärkte Werkstoffe verbinden derartige Vorteile der Fasern mit den Vorteilen des sonstigen Werkstoffes, z.B. dessen geringem Gewicht. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften faserverstärkter Werkstoffe, wie Bruchdehnung, Reißdehnung, Wärmeleitfähigkeit, Ausdehnungskoeffizient oder elektrische Leitfähigkeit, variieren richtungsabhängig und hängen von der Faserorientierung ab.

[0003] Werkstoffverbunde werden z.B. in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt, wo außerordentlich widerstandsfähige und elastische Strukturen bei gleichzeitig möglichst geringem Gewicht benötigt werden. Sie werden auch beim Bau von Gebäuden und Brücken eingesetzt, wo mit möglichst kostensparenden Materialien statisch hoch belastbare und außerdem langzeitstabile Konstruktionen erforderlich sind. Zur Kombination verschiedener elektrischer Eigenschaften werden Werkstoffverbunde bei der Fertigung elektrischer Leiterplatten aus Isolatoren und Leitern eingesetzt. Ein weiteres Beispiel ist die Verwendung von Werkstoffverbunden in Anoden für Röntgenröhren, um eine Kombination günstiger mechanischer Eigenschaften, z.B. geringes Gewicht und hohe Stabilität, und physikalischer Eigenschaften, z.B. hohe Wärmeleitfähigkeit und geeigneter thermischer Ausdehnungskoeffizient, zu erzielen.

[0004] Je nach Einsatzgebiet werden Werkstoffverbunde außerordentlich starken thermischen Belastungen unterworfen. Dabei tritt das besondere Problem auf, dass die im Verbund zusammengeschlos-

senen Werkstoffe unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen können, die vor allem bei wechselnden Temperaturen zu großen mechanischen Spannungen zwischen den verbundenen Werkstoffen führen. Die Spannungen können zum Verziehen des Werkstücks, zu Rissen, Abplatzungen oder zur Ablösung verbundener Werkstoffe führen. Derartige thermische Probleme können auch bereits im Herstellungsprozess auftreten, wenn dieser mit wechselnden, möglicherweise sehr hohen Temperaturen einhergeht. So kann es z.B. passieren, dass bei thermisch unterstützten Beschichtungsprozessen erst gar keine Schichthftung zwischen den Werkstoffen erzielbar ist und damit kein Werkstoffverbund zustande kommt.

[0005] Die beschriebene Problematik kommt in besonders ausgeprägter Weise bei Anoden für Röntgenröhren zum Tragen. Diese werden mit Elektronen aus der Kathode der Röntgenröhre beschossen und erzeugen aus der kinetischen Energie der auftreffenden Elektronen Röntgenstrahlung. Dabei wird die Anode durch den Elektronenbeschuss stark erhitzt. Um die thermische Belastung auf der Oberfläche der Anode zu verteilen, werden üblicherweise rotierende Anoden eingesetzt, bei denen durch die Rotation anstelle eines Brennflecks eine kreisrunde Brennbahn auf der Oberfläche der Anode zur Erzeugung der Röntgenstrahlung genutzt wird. Die Anode wird durch eine Welle rotiert, die normalerweise aus einem wärmefesten Material, z.B. Molybdän. Auf der Welle sitzt ein Anodenteller, der z.B. ebenfalls aus Molybdän oder aus Graphit bestehen kann, und der einen zur Erzeugung von Röntgenstrahlung geeigneten Brennbahnbelag trägt. Dieser kann z.B. aus Wolfram oder aus einer Wolfram-Rhenium-Legierung bestehen. Alternativ kann auch der Anodenteller aus demselben Material wie der Brennbahnbelag bestehen und diesen als integralen Bestandteil enthalten. Die Verwendung von Anodentellern aus Graphit bringt den Vorteil mit sich, dass die am Brennbahnbelag entstehende Wärme durch die große Wärmekapazität und -leitfähigkeit von Graphit gut verteilt und abtransportiert und durch dessen Wärmeabstrahlungseigenschaften gut abgestrahlt werden kann.

[0006] Neben der thermischen Beanspruchung sind Röntgenröhren-Anoden einer starken mechanischen Belastung ausgesetzt. Die Anode, also Brennbahn, Anode und Welle, rotiert üblicherweise mit einer Drehzahl von knapp 3000 U/min, was eine ausgesprochen präzise und stabile Lagerung der Welle erforderlich macht. Um den Verschleiß in der Lagerung der Welle gering zu halten, sind leichte Anodenteller von Vorteil. Hier weist Graphit wegen seines geringeren spezifischen Gewichts Vorteile gegenüber Metallen wie Molybdän oder Wolfram auf. Die mechanische Belastung der Drehlagerung vervielfacht sich noch beim Einsatz der Röntgenröhre in Computer-Tomographen (CT), in denen die Röntgenröhre mit Drehzahlen von mehr als 100/min. um den Patienten herum rotiert. Je nach Anordnung der Anode

bzw. der Welle treten hier zusätzlich mechanische hoch belastende Fliehkräfte und Coriolis-Kräfte auf. [0007] Bei der erhöhten mechanischen Belastungen infolge der Rotation der Anode selbst sowie der gesamten Röntgenröhre im CT und der erhöhten thermischen Belastung bei kurzzeitigen, extremen Steigerungen der Röntgenleistung vor allem in CT-Anwendungen wird die Stabilität von Anodenteller aus Graphit zunehmend kritisch. Zudem geht die vorherrschende Tendenz noch hin zu einer weiteren Erhöhung der CT-Rotations-Geschwindigkeiten. Die infolge dessen erforderliche Verkürzung der Einzelbildzeiten wiederum bedingt eine weitere Steigerung der kurzzeitige Leistung und damit eine weitere Erhöhung der thermischen Belastung. Es werden also zukünftig noch belastungsfähigere Materialien benötigt als heute bereits der Fall ist.

[0008] Ein Material, das eine hohe thermische Belastbarkeit, ein geringes Gewicht und hervorragende mechanische Eigenschaften aufweist, ist kohlefaserverstärkter Graphit. Dieses Material wäre daher ein idealer Werkstoff für einen Werkstoffverbund mit je nach Anwendung zu auszuwählenden weiteren Werkstoffen. Insbesondere wäre Graphit auch ein idealer Werkstoff für einen Werkstoffverbund zur Anwendung in Röntgen-Anoden. Aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten gelang es bisher jedoch nicht, einen stabilen Werkstoffverbund zwischen kohlefaserverstärktem Graphit und dem Brennbahnbelag, der aus einem Übergangsmetall wie Wolfram besteht, auch nur herzustellen geschweige denn zum Einsatz zu bringen. Sinngemäß das gleiche gilt für viele andere faserverstärkte Werkstoffe, die mit weiteren Werkstoffen verbunden werden sollen, und die sich entweder bereits in der Herstellung oder aber in der späteren Anwendung als nicht ausreichend stabil erweisen. Damit können die Vorteile, die sich aus einem Verbund von faserverstärkten Werkstoffen mit weiteren Werkstoffen ergeben würden, bislang häufig nicht genutzt werden.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Werkstoffverbund aus einem faserverstärkten Werkstoff und einem weiteren Werkstoff anzugeben, der unter thermischer Belastung mechanisch stabil bleibt. Insbesondere ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Anode für eine Röntgenröhre anzugeben, bei der ein Werkstoffverbund zwischen einem Anodenteller aus kohlefaserverstärktem Graphit sowie einem Brennbahnbelag aus einem Refraktärmetall eingesetzt wird, die ihre mechanische Stabilität bei thermischen Belastungen nicht verliert.

[0010] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch einen Werkstoffverbund mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0011] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, sich den Einfluss der Fasern in faserverstärkten Werkstoffen auf den thermischen Ausdehnungskoeffizienten solcher Werkstoff zunutze zu machen. Der Einfluss der Fasern, die in solchen Werkstoffen eine bevorzugte Orientierung aufweisen, auf den thermi-

schen Ausdehnungskoeffizienten überwiegt in Richtung parallel zu der bevorzugten Orientierung, während in Richtungen senkrecht dazu der Einfluss des Materials überwiegt, in das die Fasern eingebettet sind. Je nach verwendeten Fasern und Materialien stellt sich also ein thermischer Ausdehnungskoeffizient des Verbundwerkstoffs ein, der in Richtung parallel oder in Richtung senkrecht zur Faserorientierung Extremwerte annimmt.

[0012] Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient in Richtungen, die zwischen dem parallelen oder senkrechten Winkel zur Faserorientierung liegen, Zwischenwerte zwischen den zugehörigen Extremwerten des Ausdehnungskoeffizienten annimmt. Die Erfindung macht sich dies zunutze, indem die Orientierung der Fasern des faserverstärkten Werkstoffs so eingestellt wird, dass sich entlang der Verbindung zu dem weiteren Werkstoff ein thermischer Ausdehnungskoeffizient ergibt, der demjenigen des weiteren Werkstoffs entspricht. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass ein auch bei thermischen Belastungen stabiler Werkstoffverbund zwischen den beiden Werkstoffen geschaffen wird, ohne ungewünschte Veränderungen der Werkstoffe vornehmen oder Haftvermittlungsstoffe einsetzen zu müssen. Dadurch ergibt sich der weitere Vorteil, dass die Werkstoffe ohne zusätzliche Prozessschritte, wie z.B. das Aufbringen von Haftvermittlungsschichten, unaufwändig miteinander verbunden werden können.

[0013] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung beruht auf der weiteren Erkenntnis, dass auch die Wärmeleitfähigkeit faserverstärkter Werkstoffe richtungsabhängig ist und von der Orientierung der Fasern abhängt. Die Erfindung macht sich dies zunutze, indem die bevorzugte Orientierung der Fasern so eingestellt wird, dass Wärme gezielt in bestimmte Richtungen abgeleitet werden kann, z.B. von einem zu kühlenden Bauteil weg. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass neben den hervorragenden mechanischen Eigenschaften bei thermischen Belastungen gleichzeitig auch die Wärmeleitungs-Eigenschaften positiv beeinflusst und gesteuert werden können. Durch die gezielte Steuerung des Wärmeabtransports können zusätzliche Maßnahmen zur Kühlung überflüssig gemacht werden.

[0014] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

[0016] **Fig. 1** herkömmlicher Werkstoffverbund am Beispiel einer Röntgenröhren-Anode,

[0017] **Fig. 2** Werkstoffverbund gemäß der Erfindung am Beispiel einer Röntgenröhren-Anode,

[0018] **Fig. 3** Werkstoffverbund gemäß einer Variante der Erfindung am Beispiel einer Röntgenröhren-Anode.

[0019] **Fig. 1** zeigt einen Werkstoffverbund gemäß

Stand der Technik am Beispiel einer Anode für eine Röntgenröhre. Die Anode basiert auf einem Anodenteller **15**, auf den ein Brennbahnbelag **13** aufgebracht ist. Der Brennbahnbelag **13** besteht aus einer zur Erzeugung von Röntgenstrahlen geeigneten Refraktärmetall-Legierung **2**, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizient α_A aufweist. Der Anodenteller **15** besteht aus einem faserverstärkten Werkstoff **1**, dessen Fasern **3** eine bevorzugte Orientierung **5** aufweisen. Der thermische Ausdehnungskoeffizient des faserverstärkten Werkstoffs **1** ist richtungsabhängig und hängt von der bevorzugten Orientierung **5** der Fasern **3** ab. Die bevorzugte Orientierung der Fasern **3** weist in Längsrichtung des Anodentellers **15**, wie es z.B. bei einem Abschnitt von Rohrmaterial aus dem faserverstärkten Werkstoff **1** der Fall wäre. Die bevorzugte Orientierung der Fasern **3** bewirkt, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des faserverstärkten Werkstoffs **1** in Richtung dieser bevorzugten Orientierung **5** sich von dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten senkrecht dazu $\alpha_{C/C}$ unterscheidet.

[0020] Anodenteller **15** und Brennbahnbelag **13** sind auf einer Welle **11** befestigt, durch die sie in Rotation versetzt werden. Die Verbindung zwischen Anodenteller **15** und Brennbahnbelag **13** ist senkrecht zur Welle **11** orientiert und auch die thermischen Ausdehnungskoeffizienten α_A , $\alpha_{C/C}$ sind in dieser Richtung eingezeichnet. Die unterschiedliche Länge der Pfeile soll dabei die unterschiedliche Größe der Ausdehnungskoeffizienten wiedergeben. Diese hat zur Folge, dass sich der Anodenteller **15** bei thermischer Belastung stärker ausdehnt als der Brennbahnbelag **13**. Dieser Ausdehnungs-Unterschied ist bei herkömmlichen Werkstoffverbunden so groß, dass der Brennbahnbelag **13** bei thermischer Belastung vom Anodenteller **15** abplatzen, abreißen oder sich lösen würde, was in der **Fig. 1** am rechten Rand des Anodentellers **15** durch den Spalt **4** angedeutet ist. Daher erweist sich für eine solche Anode bislang bereits ein Herstellungsprozess, bei dem thermische Belastungen auftreten, als nicht realisierbar, geschweige denn ein Einsatz in einer Röntgenröhre.

[0021] **Fig. 2** zeigt eine Anode gemäß Erfindung. Die Anode weist grundsätzlich den gleichen Aufbau wie die in **Fig. 1** beschriebene Anode mit Welle **11**, Anodenteller **15** und Brennbahnbelag **13** auf. Die Fasern **3** des faserverstärkten Werkstoffs **1** sind jedoch anders orientiert. Für die Darstellung in **Fig. 2** wurde vorausgesetzt, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des Werkstoffs **1** in Richtung der bevorzugten Orientierung **5** der Fasern **3** nahezu verschwindend gering ist. Dies muss nicht zwingend der Fall sein, trifft jedoch für kohlefaserverstärktes Graphit zu. Unter dieser Annahme bedeutet eine Änderung der bevorzugten Orientierung **5**, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des Anodentellers **15** entlang der Verbindung zum Brennbahnbelag **13** kleiner wird. Gemäß der Erfindung wird die bevorzugte Orientierung **5** der Fasern **3** so gedreht, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des Anodentel-

lers **15** in der fraglichen Richtung demjenigen des Brennbahnbelags **13** gleicht.

[0022] Dies ist in **Fig. 2** dadurch angedeutet, dass die bevorzugte Orientierung **5** um den Winkel γ gedreht wurde. Der Winkel γ ist so gewählt, dass die Projektion des thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{C/C}$ des Anodentellers auf die Richtung der Verbindung zwischen Anodenteller **15** und Brennbahnbelag **13** gerade dem thermischen Ausdehnungskoeffizient α_A des Brennbahnbelags entspricht. Mathematisch lässt sich dieses Verhältnis mit dem Kathetensatz so ausdrücken, dass für den Drehwinkel γ gilt:

$$\cos \gamma = \alpha_A : \alpha_{C/C}.$$

[0023] Diese mathematische Gleichung muss den geeigneten Drehwinkel γ nicht für alle faserverstärkten Werkstoffe **1** korrekt wiedergeben, vermittelt jedoch den Grundgedanken der Erfindung in anschaulicher Weise.

[0024] Die dargestellte Anode soll zum einen ein möglichst geringes Gewicht, zum anderen eine hohe thermische Belastbarkeit aufweisen, um für CT-Anwendungen geeignet zu sein. Ein leichter faserverstärkter Werkstoff **1** mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften zur Verwendung als Anodenteller **15** ist kohlefaserverstärktes Graphit. Als Werkstoff **2** für den Brennbahnbelag **13** müssen Materialien verwendet werden, die zur Erzeugung von Röntgenstrahlen geeignet sind, z.B. Wolfram oder Wolfram-Rhenium-Legierungen. Eine thermisch belastbare Verbindung zwischen diesen beiden Werkstoffen ist nur bei Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten in der geschilderten Art und Weise herstellbar.

[0025] Bei der Herstellung des Verbundes zwischen Brennbahnbelag **13** und Anodenteller **15** werden Beschichtungsprozesse zum Aufbringen des Belags, z.B. Vakuum-Plasmaspritzen, oder Lötprozesse zum Verbinden der Verbund-Partner eingesetzt. Bei diesen Prozessen wird die Verbindung zwischen den beiden Werkstoffen auch durch thermische Aktivierung erzeugt. Sind die thermischen Ausdehnungskoeffizienten nicht angepasst, so erweist sich schon das Herstellen der Verbindung als unmöglich. Unter Ausnutzung der Erfindung gelingt es, die thermischen Ausdehnungskoeffizienten so anzupassen, dass nicht nur der Beschichtungsprozess oder Verbindungsprozess, sondern auch der spätere Einsatz des Verbundes als thermisch belastbare Röntgen-Anode möglich werden.

[0026] Die Fasern **3** müssen nicht unbedingt in der in **Fig. 2** dargestellten Richtung **5** orientiert sein. Statt einer Drehung um den Winkel γ gegen den Uhrzeigersinn können sie auch um denselben Winkel γ mit dem Gegenuhrzeigersinn gedreht werden. Welche der beiden möglichen Orientierungen gewählt wird, beeinflusst die thermischen Eigenschaften des faserverstärkten Werkstoffs **1**. Ebenso wie der thermische

Ausdehnungskoeffizient ist nämlich normalerweise auch die thermische Leitfähigkeit von der bevorzugten Orientierung **5** der Fasern **3** abhängig. Normalerweise ist sie in Richtung der bevorzugten Orientierung **5** besonders groß, das so heißt Wärme kann in diese Richtung besonders gut transportiert werden. In **Fig. 2** ist die bevorzugte Orientierung **5** so dargestellt, dass Wärme, die auf der Brennbahn **13** entsteht, durch den Anodenteller **15** zu dessen Außenseite hin abgeleitet wird. Von den Rändern des Anodentellers **15** wird nicht zuletzt aufgrund der guten Abstrahleigenschaften von Graphit ein große Menge an Wärme nach außen abgestrahlt. Der große abgestrahlte Wärmefluss macht zusätzliche Kühlungsmaßnahmen überflüssig. Gleichzeitig wird durch die Abstrahlung der Wärme über den Tellerrand das Lagersystem der Welle **11** vor einem zu großen Wärmeeintrag geschützt.

[0027] **Fig. 3** zeigt eine Variante des Werkstoffverbundes gemäß der Erfindung am Beispiel eines Anodentellers, wie er grundsätzlich bereits in **Fig. 2** beschrieben wurde. Der faserverstärkte Werkstoff **1** ist nun aber dahingehend modifiziert, dass die Ausrichtung der Fasern **3** nicht durch den ganzen Anodenteller **15** hindurch gleich orientiert ist. Statt dessen sind sie in einem Bereich **7** nahe der Brennbahn **13** so ausgerichtet, dass sich dort – wie bereits in **Fig. 2** geschildert – ein geeigneter thermischer Ausdehnungskoeffizient entlang der Verbindung zwischen Anodenteller **15** und Brennbahn **13** einstellt. In einem weiteren Bereich **9**, der nicht nahe der Verbindung zur Brennbahn **13** gelegen ist, sind die Fasern **3** jedoch anders orientiert. Damit stellt sich im Bereich **9** auch ein anderer thermischer Ausdehnungskoeffizient als im Bereich **7** ein, der gegebenenfalls unter anderen Gesichtspunkten optimiert sein kann, z.B. in Anpassung an die Welle **11**. Außerdem kann durch die Ausrichtung der Fasern **3** im Bereich **9** die Wärme in eine andere Richtung geleitet werden als im Bereich **7**. So kann gegebenenfalls eine unabhängige Optimierung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten im Bereich **7** und der Wärmeleitungs-Richtung im Bereich **9** vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Werkstoffverbund aus einem faserverstärkten Werkstoff **(1)** und einem weiteren Werkstoff **(2)**, wobei die Fasern **(3)** des faserverstärkten Werkstoffs **(1)** eine bevorzugte Orientierung **(5)** aufweisen, und wobei die Größe des thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{C/C}$ des faserverstärkten Werkstoffs **(1)** richtungsabhängig ist und von der bevorzugten Orientierung **(5)** der Fasern **(3)** abhängt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die bevorzugte Orientierung **(5)** der Fasern **(3)** zumindest in einem Bereich **(7)** nahe der Verbindung zwischen dem faserverstärkten Werkstoff **(1)** und dem weiteren Werkstoff **(2)** so ausgerichtet ist, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des faserverstärkten Werkstoffs **(1)** und der ther-

mische Ausdehnungskoeffizient α_A des weiteren Werkstoffs **(2)** in Richtung entlang dieser Verbindung annähernd gleich groß sind.

2. Werkstoffverbund nach Anspruch 1, wobei die Größe der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{C/C}$ des faserverstärkten Werkstoffs **(1)** richtungsabhängig ist und von der bevorzugten Orientierung **(5)** der Fasern **(3)** abhängt, dadurch gekennzeichnet, dass die bevorzugte Orientierung **(5)** der Fasern **(3)** zumindest in einem Bereich **(9)** entfernt von der Verbindung zwischen dem faserverstärkten Werkstoff **(1)** und dem weiteren Werkstoff **(2)** so ausgerichtet ist, dass Wärme von dem weiteren Werkstoff **(2)** in einem möglichst großen Wärmefluss abgeleitet werden kann.

3. Anode für eine Röntgenröhre aus einem Werkstoffverbund nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenteller **(15)** aus dem faserverstärkten Werkstoff **(1)** und die Brennbahn **(13)** aus dem weiteren Werkstoff **(2)** gebildet wird.

4. Anode für eine Röntgenröhre aus einem Werkstoffverbund nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenteller **(15)** auf einer Welle **(11)** befestigt ist, die aus einem Material mit geringer Wärmeleitfähigkeit besteht, und dass die Fasern **(3)** des Anodentellers **(15)** so ausgerichtet sind, dass Wärme von der Brennbahn **(13)** in einem möglichst großen Wärmefluss abgeleitet werden kann.

5. Anode für eine Röntgenröhre nach Anspruch 3 oder 4 dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenteller **(15)** aus kohlefaserverstärktem Graphit besteht.

6. Anode für eine Röntgenröhre nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Brennbahn **(13)** aus einem Refraktärmetall besteht, z.B. aus Wolfram oder aus einer Wolfram-Rhenium-Legierung, und durch einen Beschichtungsprozess, z.B. Vakuumplasmaspritzen; oder einen Lötprozess auf das kohlefaserverstärkte Graphit aufgebracht wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

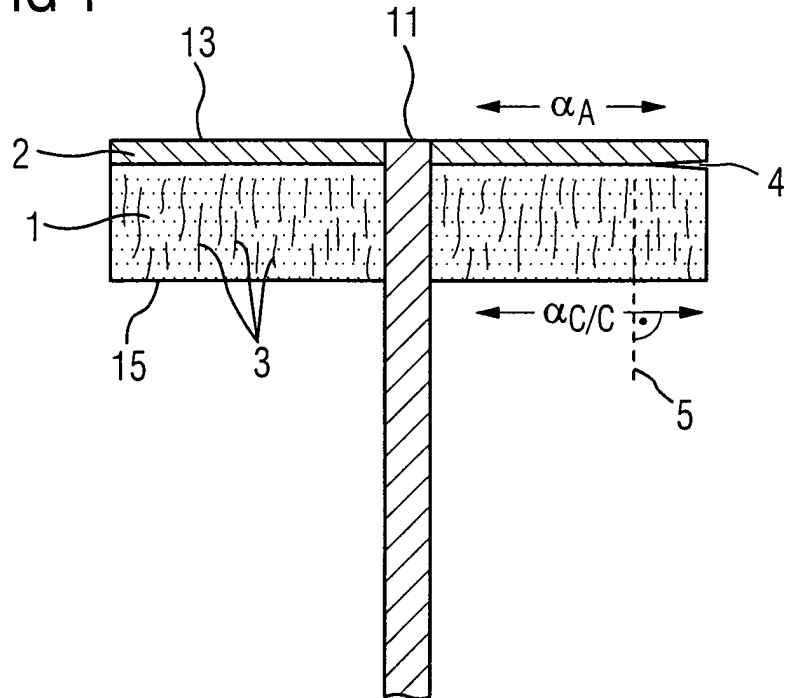


FIG 2

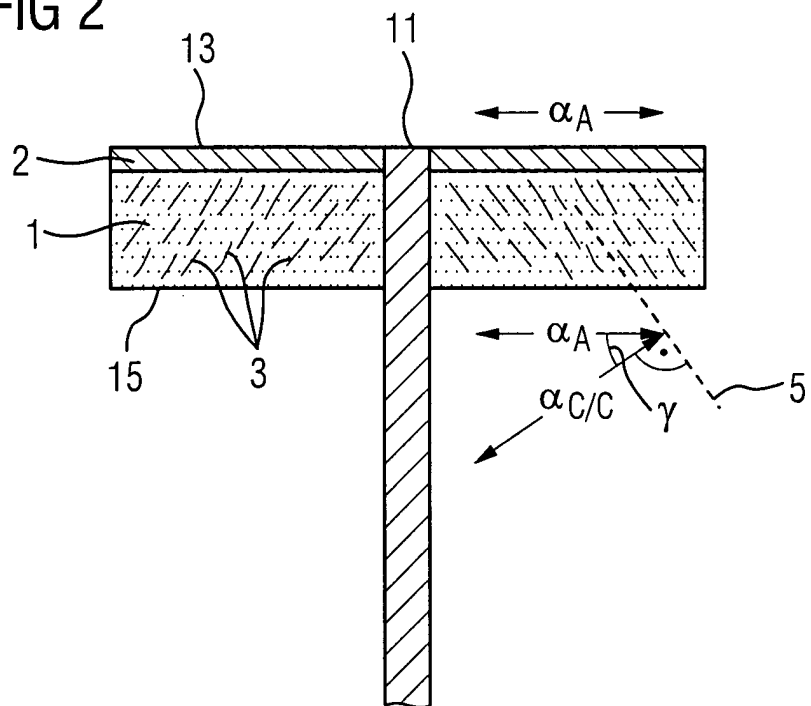


FIG 3

