

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 8093/2011
(22) Anmeldetag: 01.09.2008
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.02.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2012

(51) Int. Cl. : **H01L 23/373** (2006.01)

(67) Umwandlung von A 1356/2008

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS GMBH -
ARC
A-1220 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
NEUBAUER ERICH DIPL.ING. DR.
DONNERSKIRCHEN (AT)
ANGERER PAUL DR.
BADEN (AT)

(54) **VERBUNDWERKSTOFF UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG**

(57) Die Erfindung betrifft einen neuen Verbundwerkstoff,
umfassend

- a) eine Matrix A aus mindestens einem eine thermische Leitfähigkeit von >50 W/mK aufweisendem Metall aus der Gruppe Al, Mg, Cu, Ag, Ni, Cr, Co, Nb, Ta, W, Mo, Si, Fe und/oder aus einem Metall mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von < 10 ppm/K, aus der Gruppe Ti, Cr, Nb, Ta, W, Mo, Si,
- b) einen Füllstoff B auf Basis einer der Modifikationen von Kohlestoff und
- c) einen Zusatzstoff C, nämlich Metall-Boride und/oder elementares Bor,

Verfahren zu dessen Herstellung und die Verwendung des neuen Werkstoffes.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Werkstoff gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1, speziell einen Verbundwerkstoff, der sich aus mehreren Komponenten zusammensetzt und der die Möglichkeit bietet, über die Zusammensetzung bzw. über die Syntheseparameter die thermischen Eigenschaften in einem weiten Bereich einzustellen. Es geht dabei vor allem um die thermische Ausdehnung und um die thermische Leitfähigkeit bzw. um die Temperaturleitfähigkeit. Gleichzeitig sind auch die Dichte, die elektrischen Eigenschaften sowie auch die mechanischen Eigenschaften in einem weiten Bereich davon betroffen.

[0002] Vermehrt gibt es Anforderungen an Werkstoffe, die weder durch die Eigenschaften von Metallen oder Keramiken abgedeckt werden können. Vielfach weisen Werkstoffe mit einer hohen thermischen Leitfähigkeit ($>50 \text{ W/mK}$) auch einen hohen Ausdehnungskoeffizienten ($>10 \text{ ppm/K}$) auf, bzw. umgekehrt Werkstoffe mit geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten ($<10 \text{ ppm/K}$) auch eine geringe thermische Leitfähigkeit ($<50 \text{ W/mK}$) aus. Ausnahmen sind beispielsweise W und Mo mit einer Leitfähigkeit $>100 \text{ W/mK}$ bei einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten $<10 \text{ ppm/K}$. Diese Werkstoffe haben den Nachteil, dass sie eine hohe Dichte aufweisen und auch eine hohe Schmelztemperatur besitzen, wodurch hohe Prozesstemperaturen erforderlich sind.

[0003] Gemäß der nachfolgend beschriebenen Erfindung können diese Einschränkungen verschiedener Metalle durch Verbundwerkstoffe gelöst werden, um einen Werkstoff mit maßgeschneiderten thermischen Eigenschaften (thermische Leitfähigkeit/Temperaturleitfähigkeit, thermische Ausdehnung, spezifische Wärme) und/oder geringerer Dichte zu erhalten. Dazu wird ein Füllstoff auf Kohlenstoffbasis verwendet, sowie ein weiterer Zusatzstoff, der eine sehr gute mechanische und/oder thermische Anbindung der Metallpartikel an den Füllstoff bewirkt. Dadurch gelingt es, entweder die thermische Leitfähigkeit des Matrixwerkstoffes zu erhöhen und/oder den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Matrixwerkstoffes herabzusetzen und/oder die Dichte des Matrixwerkstoffes zu verringern.

[0004] Anwendungen für derartige Werkstoffe:

[0005] Für die hier beschriebene Werkstoffgruppe ergeben sich aufgrund der vorteilhaften Kombinationen der Eigenschaften vielfältige Einsatzgebiete, einige werden nachfolgend genannt:

[0006] a) Einsatz des beschriebenen neuen Werkstoffes als Wärmesenke/Kühlkörper von elektronischen Baugruppen: dabei kann es sich um einfache Kühlplatten handeln oder um komplexe 3D-Strukturen (z.B. mit Finnen für Luftkühlung) oder mit Kühlkanälen für die Kühlung mit einem flüssigen Medium.

[0007] b) Einsatz des beschriebenen Werkstoffes, speziell mit einer Matrix aus Titan oder einer Titanlegierung für Wärmetauscher in Hochtemperaturanwendungen (wo zusätzlich geringeres Gewicht erforderlich ist) und/oder bei Verwendung von korrosiven Medien und/oder erosiven Medien

[0008] c) Einsatz des beschriebenen Werkstoffes als Wärmesenke/Kühlkörper einer Konzentrator-Solarzelle. In diesem Fall wird das Sonnenlicht optisch gebündelt und auf eine Konzentrator-Solarzelle gerichtet. Dabei entsteht ein vielfach höherer Wärmeeintrag als bei einer konventionellen Solarzelle. Daher muss die Konzentratorzelle entsprechend gekühlt werden, was durch die beschriebenen neuen Werkstoffe ermöglicht wird

[0009] d) Einsatz des beschriebenen Werkstoffes in Kombination als Heiz- oder Kühlplatte: Hierbei wird die vorteilhafte thermische Leitfähigkeit des Verbundwerkstoffes gegenüber der reinen Matrix ausgenutzt. Einsatzgebiete sind beispielsweise Kochplatten und/oder Böden bzw. Inserts in Kochtöpfen.

- [0010]** e) Einsatz des beschriebenen Werkstoffes als Kühlplatte in Vakuumbeschichtungsanlagen für die Herstellung dünner Schichten mittels Sputterverfahren als Kühlplatte für die verwendeten Sputtertargets: Hierbei wird ein in der Nähe des sogenannten Targets (besteht aus dem Material, das als Schicht abgeschieden werden soll) ein Plasma generiert (typischerweise bestehend z.B. aus Argon-Ionen) welches das Targetmaterial Atom für Atom schichtweise erodiert. Durch die Wechselwirkung der Ionen mit dem Targetmaterial kommt es zu einer allmählichen Erwärmung des Targets, die unerwünscht ist bzw. kontrolliert werden muss, und daher eine effektive Kühlung erfordert. Insbesondere bei Targetwerkstoffen mit geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten kann es aufgrund der Temperaturgradienten zu Spannungen zwischen dem Target - das üblicherweise auf einer Kupferkühlplatte aufgebracht („aufgebondet“) ist, und Untergrund - zu inneren Spannungen kommen. Durch den Einsatz von thermisch hochleitfähigen Materialien, die gleichzeitig einen angepassten thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, wird dieses Problem deutlich minimiert.
- [0011]** Der wesentliche Ansatz dieser Patentschrift ist der Einsatz von Metall-Boriden bzw. des Elements Bor, die ermöglichen, den mechanischen und/oder thermischen Übergang zwischen Matrix und Füllstoff in vorteilhafter Weise zu verändern. Insbesondere bewirkt der Einsatz dieser Zusatzstoffe eine vorteilhafte Wirkung auf die thermischen Eigenschaften (thermische Ausdehnung bzw. thermische Leitfähigkeit).
- [0012]** Der Einsatz von Metall-Boriden bzw. elementaren Bor ist im Zusammenhang mit Füllstoffen auf Kohlenstoffbasis, insbesondere Diamant, in den folgenden Druckschriften zu finden:
- [0013]** WO 2005106952 A1 und WO 2007101282 A1 beschreiben ein Mehrstoffsystem auf Diamantbasis in dem Bor in Zusammenhang mit Kupfer verwendet wird. Beide Schriften sind auf Kupfer als Matrix beschränkt. Diese Schriften geben auch einen guten Überblick über den aktuellen Stand der Technik für die Anwendung von Kohlenstoff- oder Diamant basierenden Werkstoffen für thermische Anwendungen.
- [0014]** Die US 4,902,652 A beschreibt einen gesinterten Werkstoff aus Diamanten der mit Übergangsmetallen der Gruppen 4A, 5A und 6A (Nebengruppen) sowie mit Bor und Silizium beschichtet ist. In diesem Fall werden beschichtete Diamanten direkt gesintert, sodass im Wesentlichen ein diamanthaltiger Werkstoff entsteht, der in einer Metall-Karbid-Matrix vorliegt.
- [0015]** WO05078041 A1 beschreibt die Beschichtung von abrasiven Materialien unter anderem mit Titan-Borid, wobei diese beschichteten Partikel (z.B. Diamantpartikel) für Schneid- und Schleifanwendungen zum Einsatz kommen.
- [0016]** Der erfindungsgemäße Werkstoff umfasst eine Matrix A, die aus einem Metall oder einer Legierung gebildet wird.
- [0017]** Als Matrixmaterialien A kommen dabei in Betracht:
- [0018]** a) Metalle mit einer thermischen Leitfähigkeit $> 50 \text{ W/mK}$, insbesondere Al, Mg, Cu, Ag, Ni, Co, Cr, Nb, Ta, W, Mo, Si, Fe und/oder
- [0019]** b) Metalle mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten kleiner als 10 ppm/K (bei Raumtemperatur) wie Ti, Cr, Nb, Ta, W, Mo, Si, Zr sowie alle Kombinationen (echte Legierungen sowie Mehrphasensysteme) von a) und b) untereinander.
- [0020]** c) Legierungen, bestehend aus zumindest einem der oben angeführten Metalle mit anderen Legierungselementen, wobei die Legierungen bis zu 20 Gew.% an Legierungselementen enthalten können. Die Legierungselemente erfüllen dabei die Aufgabe der Schmelzpunktherabsetzung, der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und/oder der Verbesserung der Verarbeitbarkeit.
- [0021]** d) Mehrphasige Systeme bestehend aus den oben angeführten Metallen mit anderen Füllstoffen (Elemente und Verbindungen). Diese können bis zu 20 Gew.% enthalten sein. Die Füllstoffe sollen dabei ebenso den Schmelzpunkt herabsetzen und die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und/oder die Verbesserung der Verarbeitbarkeit bewirken.

[0022] Der Füllstoff B ist bzw. sind ein auf Kohlenstoff basierender Füllstoff, Kohlenstoff-Nanofasern oder -Nanotubes, bevorzugt Kohlenstofffasern, Kohlenstoff oder Graphitpartikel, besonders bevorzugt Diamantpartikel. Es sind dabei auch Mischungen der verschiedenen auf Kohlenstoff basierenden Füllstoffe möglich.

[0023] Zusatzstoff C: Die Rolle dieses Zusatzstoffes ist es, die Grenzfläche, speziell den thermischen und/oder mechanischen Übergang zwischen der Matrix bzw. dem Füllstoff B zu verbessern. Der Zusatzstoff C liegt dabei überwiegend direkt an der Grenzfläche zwischen der Matrix und dem Füllstoff, idealerweise als Schicht um den Füllstoff herum vor. Überschüssige Mengen des Zusatzstoffes C können auch in der Matrix A verteilt vorliegen.

[0024] Als Zusatzstoff für die Verbesserung des Wärmeübergangs und/oder der mechanischen Anbindung zwischen Metall und den auf Kohlenstoff basierenden Füllstoffen, insbesondere Diamant, kommen Metall-Boride bzw. elementares Bor zum Einsatz.

[0025] Je nach den verwendeten Herstellprozessen können auch intermediäre Phasen im Verbundwerkstoff vorliegen, als:

[0026] a) Reaktionsprodukte von Reaktionen zwischen der Matrix A (Metall oder Legierung) und dem Zusatzstoff C (Metall-Borid bzw. Bor) oder deren Zersetzungsprodukte

[0027] b) Reaktionsprodukte von Reaktionen zwischen dem Füllstoff B und der Matrix A oder deren Zersetzungsprodukte

[0028] c) Reaktionsprodukte von Reaktionen zwischen Füllstoff B und dem Zusatzstoff C oder deren Zersetzungsprodukte

[0029] d) Reaktions- und/oder Zersetzungsprodukte von Matrix A und/oder Füllstoff B und/oder Zusatzstoff C mit der bei der Herstellung verwendeten Atmosphäre (z.B. Reaktionsprodukte mit Sauerstoff, Stickstoff, etc.)

[0030] e) Amorpher Kohlenstoff gebildet aus durch Umwandlung des Füllstoffs B Eigenschaft und Funktion der Metall-Boride bzw. des Elementes Bor

[0031] In vielen Metall-Kohlenstoff-Systemen ist das Design der Grenzfläche zwischen der Metallmatrix A und dem Füllstoff B von zentraler Wichtigkeit, speziell wenn es sich dabei um einen sehr gut thermisch leitfähigen Füllstoff handelt.

[0032] Zur Erreichung einer hohen thermischen Leitfähigkeit und/oder einer geringen thermischen Ausdehnung des Verbundwerkstoffes gegenüber der Matrix A ist eine gute thermischen Anbindung und/oder mechanische Anbindung zwischen Matrix A und dem Füllstoff B erforderlich.

[0033] Genau diese Anbindung wird durch den Einsatz von Metall-Boriden bzw. des Elements Bor begünstigt und führt dazu, dass die vorteilhaften thermischen Eigenschaften des Füllstoffes B (hohe thermische Leitfähigkeit und/oder geringe thermische Ausdehnung) zu einem hohen Maß ausgenützt werden können.

[0034] Die Mehrzahl der Metall-Boride ist durch hohe Schmelztemperaturen charakterisiert und für keramische Materialien durch gute Wärmeleitfähigkeit gekennzeichnet ($>20 \text{ W/mK}$). Metall-Boride sind zum Großteil chemisch stabil, auch bei hohen Temperaturen, wodurch sie in Form einer Beschichtung auch gleichzeitig als Schutzschicht für den Füllstoff B wirken können und dadurch die Prozessierbarkeit bei höheren Temperaturen erlauben.

[0035] Aufgrund einer einsetzenden Umwandlung des Diamanten in Graphit bei Temperaturen von $800\text{-}900^\circ\text{C}$ ist dies ein Vorteil, insbesondere, wenn Matrixwerkstoffe mit hohen Schmelztemperaturen zum Einsatz kommen.

[0036] Beispiele für Metall-Boride (Me_xB_y), die als Zusatzstoff C von Interesse sind, sind einfache Boride mit der möglichen stöchiometrischen Zusammensetzung MeB , MeB_2 , Me_2B_5 , MeB_6 , etc. Daneben sind auch komplexe Boride wie z.B. $\text{Me}(1)_x\text{Me}(2)_y\text{B}_z$ (ternär, z.B. AlMgB_{14}) oder $\text{Me}(1)_w\text{Me}(2)_x\text{Me}(3)_y\text{B}_z$ (quaternäre, z.B. AlCuFeB) verwendbar. „Me“ bezeichnet ein Metall, die

Bezeichnungen (1), (2) usw. zeigen dementsprechend verschiedene enthaltene Metalle an; w, x, y, z=1, 2, 3, usw. bezeichnen die stöchiometrischen Indexzahlen der jeweiligen Stoffe.

[0037] Um einen Werkstoff - insbesondere mit höherer thermischer Leitfähigkeit/Temperaturleitfähigkeit und/oder einer geringen thermischen Ausdehnung gegenüber dem reinen Matrixmaterial - gibt es folgende Werkstoffzusammensetzungen:

[0038] Der Werkstoff besteht je nach Einsatzgebiet und Anwendung aus einem

[0039] a) Matrix-Material A als Metall oder Legierung bzw.. Gemenge der beschriebenen Metalle und/oder der Legierungen. Diese können mit einem Volumsanteil im Bereich von 10 bis 90 vol % vorliegen.

[0040] b) Ein Füllstoff B:

[0041] Der Füllstoff B ist ein auf Kohlenstoff basierender Füllstoff, der vor allem durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit /zumindest in eine Raumrichtung) und eine geringe thermische Ausdehnung (zumindest in eine Raumrichtung) ausgezeichnet ist. Der Füllstoff auf Kohlenstoff Basis kann dabei als:

[0042] Kohlenstoff/Graphitpartikel (typische Partikelgröße im Bereich 1 - 500µm)

[0043] Kohlenstoff/Graphitfaser (typischer Durchmesser: 5-10µm, Länge: 50µm - 2 mm)

[0044] Kohlenstoff/Graphit - Nanofaser (typischer Durchmesser: 50-500nm, Länge: 1µm - 100µm)

[0045] Kohlenstoff/Graphite Nanotubes (typischer Durchmesser: 5-100nm, Länge: 1µm - 2 mm)

[0046] Diamant (typischer Durchmesser: 1µm - 500µm)

vorliegen.

[0047] Der Füllstoff B kann dabei mit einem Volumsanteil von 10 bis 80 vol% vorliegen

[0048] c) Zusatzstoff C:

[0049] Der Zusatzstoff C ist ein Metall-Borid, das idealerweise als Zusatzstoff bzw. Zusatzphase vorliegt, aber auch in Folge einer Reaktion des elementaren Bor mit einem entsprechenden Metall in-situ (d.h. während des Herstellprozesses) gebildet werden kann. In diesem Fall können auch Restmengen an elementarem Bor in der Matrix A bzw. deren Reaktionsprodukte mit dem Füllstoff B vorliegen.

[0050] Alternativ kann der Zusatzstoff C auch in Form einer Beschichtung auf den Füllstoff B aufgebracht werden. Dabei ist beim Einsatz von Matrixwerkstoffen A mit einem Schmelzpunkt unter 1200°C nicht notwendigerweise eine vollständig deckende Schicht erforderlich. Hierbei ist es auch ausreichend wenn zumindest 20% der Diamantoberfläche mit der Schicht belegt ist und/oder die Schicht in Form von nicht zusammenhängenden Inseln vorliegt.

[0051] Neben Matrix A, Füllstoff B sowie Zusatzstoff C können im Werkstoff bis zu 10 vol% an intermediären Phasen vorliegen. Diese können:

[0052] In Form von amorphem Kohlenstoff vorliegen, und zwar aus einer Umwandlung von Füllstoff B

[0053] In Form von Reaktionsprodukten der Matrix (Metall/Legierung) mit dem Füllstoff B (z.B. Bildung von Karbiden)

[0054] In Form von Reaktionsprodukten der Matrix (Metall/Legierung) A mit der eingesetzten Atmosphäre im Zuge der Herstellung (z.B. Bildung von Oxiden, Nitriden)

[0055] In Form von Reaktionsprodukten der Metall-Boride bzw. elementarem Bor C mit dem Füllstoff B und/oder in Form von Reaktionsprodukten mit der eingesetzten Atmosphäre im Zuge der Herstellung.

[0056] Durch eine geschickte Kombination von Matrix, Füllstoff- bzw. Zusatzstoffgehalt ist es

möglich, die Eigenschaften der Werkstoffe in einem breiten Bereich zu variieren und somit jeweils optimale Eigenschaften im Hinblick auf die thermische Leitfähigkeit, thermische Ausdehnung bzw. Werkstoffdichte zu erreichen.

[0057] Rolle des Zusatzstoffes C

[0058] Der Einsatz des Zusatzstoffs C im Verbundwerkstoff erfüllt verschiedene Funktionen je nach ausgewählter Matrix A bzw. je nach Zielsetzung welche Werkstoffeigenschaften des Werkstoffes vordergründig von Interesse sind.

[0059] a) Verbesserung der thermischen Anbindung (Reduktion des thermischen Kontaktwiderstands) zwischen Matrix A und Füllstoff B

[0060] b) Verbesserung der mechanischen Bindung/Haftung zwischen Matrix A und Füllstoff B bzw. Verbesserung der Temperaturzyklereigenschaften

[0061] c) Schutz des Füllstoffs B vor thermischer Zersetzung/Umwandlung bzw. Schutz des Füllstoffs B vor zu starken Reaktionen mit der Matrix A. In diesem Fall liegt der Zusatzstoff C idealerweise als Beschichtung am Füllstoff B vor. Dazu eignen sich insbesondere Metall-Boride mit einem hohen Schmelzpunkt, wie beispielsweise TiB₂ oder ZrB₂.

[0062] Der Einsatz des Zusatzstoffes C, sofern es sich dabei um elementares Bor handelt ist, in Kombination mit Kupfer (Matrix A) und einem Füllstoff B ist nicht Gegenstand der Erfindung, also ausgeschlossen

[0063] Für die Herstellung der Verbundwerkstoffe kommen folgende Herstellverfahren zur Anwendung kommen:

[0064] o Flüssigphaseninfiltrationsprozesse sind dann sinnvoll einzusetzen, wenn der Matrixwerkstoff A eine Schmelztemperatur unter 1500°C aufweist.

[0065] Hierbei sind drucklose bzw. druckunterstützte Verfahren sinnvoll. In beiden Fällen kann dabei entweder ein Vorform oder Pulverschüttung des Füllstoffs B entsprechend in eine Form eingelegt werden, auf das ein entsprechendes Ausgangsmaterial (Matrix A+Zusatzstoff C) aufgelegt wird. Der Bulkwerkstoff wird dabei aufgeschmolzen und infiltriert drucklos oder druckunterstützt die Pulverschüttung. Alternativ kann auch eine Pulverschüttung bestehend aus Matrix A-Pulver, Füllstoff B bzw. Zusatzstoff C in einer Pressform unter mechanischen Druck bei Raum- oder mäßiger Temperatur kompaktiert werden und nachfolgend kann in einem Ofen unter entsprechenden Bedingungen die Matrix A in den flüssigen Zustand gebracht werden. Hierbei empfiehlt sich, die Ausübung von zusätzlichem mechanischen Druck, damit ein dichter Körper erreicht wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Füllstoff mit einer Schicht eines Metall-Borides C zu beschichten und danach die Infiltration gemäß den obigen Ausführungen vorzunehmen.

[0066] Der Infiltrationsprozess erfolgt bevorzugt im Vakuum bzw. unter Schutzgas, fallweise auch unter Stickstoff bzw. unter Wasserstoff oder deren Gemengen.

[0067] Als gängige Verfahren zur Herstellung eines Formkörpers können dabei verschiedene Verfahren wie Gasdruckinfiltration oder Squeeze Casting eingesetzt werden um nur die bekanntesten zu nennen.

[0068] o Festphasen-Prozesse, allgemein bekannt als Sinter- bzw. Heißpress-Verfahren.

[0069] Für die Herstellung der Verbundwerkstoffe werden zunächst Pulver der Matrix A, des Füllstoff B bzw. des Zusatzstoffs C entsprechend homogen gemischt. Es können auch Zusätze von organischen Bindern in geringem Maße zugegeben werden. Danach können diese Pulvermischungen in einem Presswerkzeug unter Druck verdichtet werden (typischerweise bei Drücken zwischen 10 bis 500 MPa), gefolgt von einem Sinterprozess bei einer entsprechend für die Matrix A gewählte Temperatur. Diese liegt typischerweise unter dem Schmelzpunkt der Hauptkomponente der Matrix, im Falle einer eutektischen Legierung unter dem Schmelzpunkt des

Eutektikums. Der Sinterprozess erfolgt bevorzugt im Vakuum bzw. unter Schutzgas, fallweise auch unter Stickstoff bzw. unter Wasserstoff oder deren Gemengen.

[0070] Ein fortschrittlicheres Verfahren, das es auch ermöglicht, komplexe Bauteile in Endform herzustellen ist das Pulverspritzguss-Verfahren. Dabei werden obige Pulvermischungen mit einem Binder versehen und entsprechend homogenisiert. Dieses Pulver-Bindergemisch wird mit einer Spritzgussmaschine in ein entsprechendes Werkzeug eingespritzt. Der dabei erhaltene Grünteil wird nachfolgend entbindert und gesintert.

[0071] Typische Sinterparameter (Sintertemperatur/Haltezeit/Atmosphäre) sind für die verschiedenen Metall/Legierungssysteme vom Fachmann nahe liegend und liegen typischerweise im Bereich $0,7 \cdot T_{\text{melt}} < T < T_{\text{melt}}$ (T_{melt} bezeichnet die Schmelztemperatur der Matrix A). Die Haltezeit kann je nach verwendeter Sintertemperatur im Bereich einiger Minuten bzw. einiger Stunden liegen.

DRUCKUNTERSTÜTZTE SINTERVERFAHREN

[0072] Druckunterstützte Sinterverfahren sind insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Füllstoffgehalt B größer als 20 Vol% ist bzw. wenn ein Werkstoff mit möglichst geringer Porosität gewünscht ist. Auch hier wird von einer Pulvermischung der Stoffe A, B und C ausgegangen.

[0073] Unter den möglichen druckunterstützten Sinterverfahren können folgende (aber nicht ausschließlich) verwendet werden. Alle diese Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass die Pulvermischungen in einer Pressform (metallische oder keramische Pressform oder Pressform aus Graphit) bei erhöhter Temperatur und Einsatz von mechanischem Druck kompaktiert werden.

[0074] Die verwendeten mechanischen Drücke während des Heißpressvorgangs können im Bereich einiger MPa bis zu einigen GPa liegen. Typischerweise kommen Drücke im Bereich von 10 bis 100 MPa zum Einsatz. Die verwendeten Heißpresstemperaturen liegen für Verbundwerkstoffe unter Verwendung von Matrixmaterialien A mit einem Schmelzpunkt $> 1500^{\circ}\text{C}$ in einem Bereich von $0,5 - 0,8 \cdot T_{\text{melt}}$ der Schmelztemperatur.

[0075] Bei Einsatz von Matrixmaterialien A mit einem Schmelzpunkt $< 1500^{\circ}\text{C}$ kann die verwendete Heißpresstemperatur im Bereich $0,7 - 1,1$ liegen. Eine Heißpresstemperatur über der Schmelztemperatur bringt insofern Vorteile, da durch die gleichzeitige Aufgabe von mechanischem Druck, insbesondere bei starren Füllstoffen B (z.B. Diamant), nur ein geringes Ausquetschen stattfindet, wodurch der Füllstoffgehalt B im Verbundwerkstoff zusätzlich erhöht wird und sichergestellt wird, dass möglichst keine Poren im Werkstoff vorliegen. Gleichzeitig ermöglicht eine flüssige Phase auch die Diffusion bzw. Reaktion.

[0076] Vorteilhafte und insbesondere kostengünstige Herstellverfahren für den Verbundwerkstoff sind rasche Heißpressverfahren, z.B. direkt beheiztes Heißpressen, induktiv beheiztes Heißpressen oder Verfahren wie Spark-Plasma-Sintern und davon abgeleitete Formen. In jedem Fall zeichnen sich diese Verfahren durch hohe Heizraten/Kühlraten in Kombination mit einer kurzen Haltezeit und somit geringer Zykluszeit aus.

[0077] Das alleinige Mischen von Matrix A und Füllstoff B bringt folgende Probleme mit sich, die durch den Einsatz des Zusatzstoffes C zu einem hohen Masse beseitigt bzw. ganz wesentlich entschärft werden

[0078] a) Schlechte thermische Anbindung der Matrix A an den Füllstoff B, sodass die thermische Leitfähigkeit des Füllstoffes B gar nicht oder nur unzureichend im Verbundwerkstoff ausgenutzt wird. Als Beispiel sei hier Kupfer genannt wo ein schlechter thermischer Kontakt zwischen Kupfer und Kohlenstoff beobachtet wird. Dies liegt einerseits an der mangelnden Benetzung von Kohlenstoff durch Kupfer bzw. auch an den verschiedenen Wärmeleitungsmechanismen: Metall (Atome durch Metallbindung gebunden) = Elektronenleiter, während z.B. Diamant (in dem die Atome kovalent gebunden sind) die Wärme über Phononen leitet. Der Zusatzstoff C hilft den thermischen Kontaktwiderstand zu reduzieren.

- [0079] b) Ein guter thermischer Kontakt zwischen Matrix A und Füllstoff B geht vielfach auch einher mit einer guten mechanischen Anbindung. Diese ist insbesondere dann erforderlich, wenn die geringe thermische Ausdehnung des Füllstoffes B ausgenutzt werden soll.
- [0080] c) Speziell für Matrixwerkstoffe A, die entweder hohe Prozesstemperaturen ($>1000^{\circ}\text{C}$) bzw. lange Zykluszeiten erfordern und/oder bei welchen es zu direkten Reaktionen zwischen der Matrix A und dem Füllstoff B kommen kann, empfiehlt es sich, den Zusatzstoff C als deckende Schicht auf dem Füllstoff B abzuscheiden. Dabei können verschiedenste Verfahren für die Beschichtung zum Einsatz kommen. Die bekanntesten darunter sind physikalische bzw. chemische Beschichtungsprozesse (PVD und CVD).
- [0081] Was die im Rahmen der Erfindung bevorzugten Verfahren zur Herstellung der neuen Verbund-Werkstoffe betrifft, so sei hier ergänzend noch Folgendes ausgeführt:
- [0082] ✎ Flüssigphaseninfiltration: Hierbei wird eine Mischung von Füllstoff B und Zusatzstoff C oder der Füllstoff B mit einer Mischung aus Matrix A und Zusatzstoff C infiltriert oder bevorzugt der Füllstoff B, welcher mit dem Zusatzstoff C beschichtet ist, mit der Matrix A infiltriert. Die Infiltration kann drucklos aber auch druckunterstützt erfolgen. In diesem Fall liegt der Matrixwerkstoff A oder die Mischung aus Matrixwerkstoff A und Zusatzstoff C vor Erreichen des Schmelzpunktes als Körper (sogenannter Bulkwerkstoff) vor. Die gewählte Infiltrationstemperatur ist dabei üblicherweise bei Temperaturen größer als die Schmelztemperatur der Matrix A ($>T_{\text{melt}}$) bzw. unterhalb des 1,3-fachen der Schmelztemperatur statt ($<1,3 \cdot T_{\text{melt}}$). Idealerweise werden dabei Heizraten von $>5 \text{ K/min}$, bevorzugt $>10 \text{ K/min}$, besonders bevorzugt $>20 \text{ K/min}$ verwendet. Die Haltezeit auf Maximaltemperatur liegt im Bereich von 0,1 min bis 120 min, bevorzugt unter 60 min, besonders bevorzugt unter 30 min. Die Infiltration - sofern druckunterstützt gearbeitet wird - kann mit Drücken bis zu 500 MPa stattfinden, bevorzugt unter 300 MPa, besonders bevorzugt unter 100 MPa
- [0083] ✎ Pulvermetallurgische Verfahren: Hierbei liegt eine Pulvermischung aus Matrix A, Füllstoff B und Zusatzstoff C in Form einer Pulvermischung vor oder als Pulvermischung von Matrix A-Pulver mit Füllstoff B, der mit dem Zusatzstoff C beschichtet ist. Eine homogene Mischung wird entweder bei Raumtemperatur gepresst oder mittels Zuhilfenahme eines Binders über einen Spritzgussprozess in Form gebracht. Im letzteren Fall wird in einem Zwischenschritt der Binder entfernt und für beide Prozesse folgt der Sinterprozess, d.h. der hergestellte poröse Formkörper wird bei entsprechender Temperatur zu einem kompakten Formkörper gesintert. In diesem Fall ist die erforderliche Verfahrenstemperatur (Sintertemperatur) bei $(0,7 - 0,99)$ mal Schmelztemperatur. Die Haltezeit liegt im Bereich von 5 min bis 6 h, bevorzugt unter 3 h, besonders bevorzugt unter 1 h. Als alternatives Herstellverfahren kann der Sinterprozess druckunterstützt stattfinden, d.h. während des Sinterprozesses kann die Probe mit Druck (z.B. mechanisch oder über Gas) beaufschlagt werden, wodurch die Verdichtung ermöglicht bzw. beschleunigt wird.
- [0084] ✎ Bevorzugte Verfahrensformen sind - aber nicht ausschließlich - Heißpressen bzw. Heiß-Isostatisches Pressen oder besonders bevorzugt rasche Heißpressverfahren, wie direkt beheiztes Heißpressen, induktiv beheiztes Heißpressen sowie Spark-Plasma-Sintern und abgewandelte Ausführungsformen, deren Charakteristika eine hohe Heiz- und Kühlrate, mechanische Druckaufgabe sowie eine kurze Zykluszeit sind.
- [0085] ✎ Die gewählten Prozesstemperaturen für die Herstellung umfassen in diesem Fall: eine Heizrate/Kühlrate mit $>5 \text{ K/min}$, bevorzugt $>10 \text{ K/min}$, und besonders bevorzugt $>20 \text{ K/min}$. Die Haltezeiten bei der jeweils ausgewählten Temperatur (zwischen $0,5 T_{\text{melt}}$ und $1,1 T_{\text{melt}}$) liegen unter 300 min, besonders bevorzugt unter 100 min, besonders bevorzugt unter 30 min. Für beide Sinterverfahren (drucklos bzw. druckun-

terstützt) wird idealerweise Unterdruck eingesetzt, in besonderen Fällen Schutzgas, insbesondere Stickstoff, Wasserstoff oder deren Gemenge. Im Fall der druckunterstützten Verfahren kann der Pressdruck im Bereich von 5 MPa bis 5 GPa, bevorzugt im Bereich von unter 100 MPa, besonders bevorzugt von unter 50 MPa, liegen.

[0086] Die erfindungsgemäße Vorgangsweise zur Erstellung erfindungsgemäßer Werkstoffe wird im Folgenden anhand der Beispiele erläutert.

BEISPIEL 1:

[0087] 2,76 g synthetisches Diamantpulver mit einer Korngröße von 120/140 (US mesh) wurden mit 0,26 g CrB₂-Pulver und 6,60 g Cu-Pulver 2 Stunden lang gemischt. In der Referenzprobe wurden 2,76 g Diamantpulver mit 7,01g Cu-Pulver gemischt.

[0088] Von jeder Pulvermischung wurden jeweils ca. 2 g der Mischung in ein mit Bornitrid besprühtes Graphitwerkzeug mit 10 mm Durchmesser eingefüllt und bei einem mechanischen Druck von 5 MPa vorkompaktiert und in einer Spark-Plasma-Sinteranlage unter Vakuum (10⁻² mbar) bei einer Heizrate von 150K/min auf eine Temperatur von 1000°C gebracht und der mechanische Druck wurde auf 35 MPa erhöht. Nach einer Haltezeit von 15 min wurde die Proben auf 300°C abgekühlt und danach aus der Anlage entnommen.

[0089] An der Probe wurde nachfolgend die Temperaturleitfähigkeit gemessen. Dabei zeigte die Probe ohne CrB₂-Zusatz einen Wert von 71 mm²/s hingegen die Probe mit CrB₂-Zusatz eine Temperaturleitfähigkeit von 128 mm²/s

BEISPIEL 2:

[0090] Es wurde eine Pulvermischung bestehend aus 1,66 g synthetischer Diamant mit einer Korngröße 120/140 (US mesh) eingesetzt, wobei hier 0,026g ZrB₂ sowie 4,17g Cu zum Einsatz kamen. Als Referenzpulvermischung diente die in Beispiel 1 beschriebene Zusammensetzung aus Kupfer und Diamant ohne Boridzusatz.

[0091] Von jeder Pulvermischung wurden jeweils ca. 2 g der Mischung in ein mit Bornitrid besprühtes Graphitwerkzeug mit 10 mm Durchmesser eingefüllt und bei einem mechanischen Druck von 5 MPa vorkompaktiert und in einer induktiven Heißpresse unter Vakuum (10⁻² mbar) und einem Druck von 30 MPa bei einer Heizrate von 100K/min auf eine Temperatur von 1000°C gebracht. Nach einer Haltezeit wurde die Proben mit 30 K/min auf 250°C abgekühlt und danach aus der Heißpresse entnommen.

[0092] An der Probe wurde nachfolgend die Temperaturleitfähigkeit gemessen. Dabei zeigte die Probe ohne ZrB₂ einen Wert von 74 mm²/s hingegen die Probe mit ZrB₂-Zusatz eine Temperaturleitfähigkeit von 124 mm²/s. Das Vorliegen der ZrB₂-Phase des Zusatzstoffes im erhaltenen Verbundstoff ist im XRD-Diagramm in Fig. 1 dokumentiert

BEISPIEL 3:

[0093] 2,76 g synthetisches Diamantpulver mit einer Korngröße von 120/140 US mesh wurden mittels eines CVD-Verfahrens mit einer 1 µm TiB₂-Beschichtung versehen und nachfolgend mit 3,53 g Ti-Pulver gemischt. Als Referenzprobe wurden 2,76 g Diamantpulver mit 3,53 g Ti gemischt.

[0094] Jeweils 1 g der Pulvermischungen wurde in einem mit Bornitrid besprühtem Graphitwerkzeug (10mm) in einer induktiven Heißpresse bei einer Heizrate von 150K/min auf eine Temperatur von 800°C gebracht und für eine Zeitdauer von 20 min auf dieser Temperatur gehalten. Dabei wurde ein mechanischer Druck von 50 MPa angelegt. Nach der Haltezeit wurden die Proben mit einer Kühlrate >20 K/min auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0095] Die Messung der Temperaturleitfähigkeit an der Referenzprobe zeigte einen Wert von 22 mm²/s, hingegen jene an der mit TiB₂ beschichteten Probe einen Wert von 31 mm²/s.

BEISPIEL 4

[0096] 671,3g synthetisches Diamantpulver mit einer Korngröße 70/80 (US mesh) wurden mit 12,2g MgB_2 und 505,5 g Al-Pulver gemischt.

[0097] Von der Pulvermischung wurden 180 g in ein mit Bornitrid besprühtes Graphitwerkzeug (Größe 150mm x 150 mm) eingebracht und in einer konventionellen Heißpresse bei einer Heizrate von 10 K/min auf eine Temperatur von 700°C gebracht. Dabei wurde sukzessive ein mechanischer Druck von 30 MPa aufgebaut. Nach einer Haltezeit von 30 min wurde die Probe auf Raumtemperatur abgekühlt. Aus der Platte wurden mittels Wasserstrahl Proben für thermische Analysen herausgeschnitten und es wurde die Temperaturleitfähigkeit bzw. der thermische Ausdehnungskoeffizient bestimmt.

[0098] Die mittlere Temperaturleitfähigkeit der Platte lag im Bereich $284 \pm 29 \text{ mm}^2/\text{s}$ und der mittlere thermische Ausdehnungskoeffizient an verschiedenen Stellen der Platte wurde auf $8,4 \pm 0,5 \text{ ppm/K}$ ermittelt (gemessen bei 50°C).

[0099] Für die Referenzprobe (ohne MgB_2) wurde eine thermische Leitfähigkeit von $249 \pm 24 \text{ mm}^2/\text{s}$ ermittelt. Das Vorhandensein der MgB_2 -Phase wurde mittels XRD bestätigt, siehe Fig. 2.

BEISPIEL 5

[00100] 2,76 g synthetisches Diamantpulver mit einer Korngröße von 70/80 (US mesh) wurden mit 0,04 g Bor-Pulver und 1,4 g Mg-Pulver 2 Stunden lang gemischt. In der Referenzprobe wurden 2,76 g Diamantpulver mit 1,37g Mg-Pulver gemischt.

[00101] Von jeder Pulvermischung wurden jeweils ca. 1 g in ein mit Bornitrid besprühtes Graphitwerkzeug mit 10 mm Durchmesser eingefüllt, bei einem mechanischen Druck von 5 MPa vorkompaktiert und in einer induktiven Heißpresse unter Argon bei einer Heizrate von 100K/min auf eine Temperatur von 600°C gebracht. Nach einer Haltezeit von 5 min wurden die Proben mit 30 K/min auf 250°C abgekühlt und danach aus der Heißpresse entnommen.

[00102] An der Probe wurde nachfolgend die Temperaturleitfähigkeit gemessen. Dabei zeigte die Referenz-Probe ohne Borzusatz einen Wert von $70,6 \text{ mm}^2/\text{s}$, hingegen die Probe mit Bor-Zusatz eine Temperaturleitfähigkeit von $91,4 \text{ mm}^2/\text{s}$.

BEISPIEL 6

[00103] 1,66 g synthetisches Diamantpulver mit einer Korngröße von 70/80 (US mesh) wurden mit 0,075 g AlMgB_{14} -Pulver und 3,96 g Cu-Pulver für 2 Stunden gemischt. In der Referenzprobe wurden 1,66 g Diamantpulver mit 4,19 g Cu gemischt.

[00104] Von jeder Pulvermischung wurden jeweils ca. 2 g in ein mit Bornitrid besprühtes Graphitwerkzeug mit 10 mm Durchmesser eingefüllt, bei einem mechanischen Druck von 5MPa vorkompaktiert und in einer induktiven Heißpresse unter Argon bei einer Heizrate von 100K/min auf eine Temperatur von 1020°C gebracht. Nach einer Haltezeit von 15 min wurde die Proben mit 30 K/min auf 250°C abgekühlt und danach aus der Heißpresse entnommen.

[00105] An der Probe wurde nachfolgend die Temperaturleitfähigkeit gemessen. Dabei zeigte die Referenz-Probe ohne AlMgB_{14} Zusatz einen Wert von $72 \text{ mm}^2/\text{s}$, hingegen die Probe mit AlMgB_{14} -Zusatz eine Temperaturleitfähigkeit von $165 \text{ mm}^2/\text{s}$.

BEISPIEL 7

[00106] 0,8 g synthetisches Diamantpulver mit einer Korngröße von 120/140 (US mesh) die mittels eines CVD-Prozesses mit einer $1\mu\text{m}$ Schicht aus TiB_2 beschichtet wurden, wurden in eine mit Bornitrid besprühte Graphitform gefllt. Darauf wurde eine Kupferscheibe mit 1,3 g platziert und mit einem mit Bornitrid besprühtem Graphitstempel bedeckt. Dieser Aufbau wurde unter Wasserstoff auf 1200°C bei einer Heizrate von 50 K/min erhitzt und nach Erreichen der Temperatur wurde ein Druck von 0,5 MPa angelegt, um die Diamantfllung zu infiltrieren.

[00107] Die Probe wurde entsprechend abgekühlt und danach wurde die Temperaturleitfähigkeit der Probe bestimmt. Diese lag bei $112,7 \text{ mm}^2/\text{s}$. Der thermische Ausdehnungskoeffizient wurde mit $7,4 \text{ ppm/K}$ (bei 50°C) ermittelt.

Ansprüche

1. Verbund-Werkstoff mit den Basiskomponenten thermisch gut leitendes Metall, Kohlenstoff und Bor, unter Ausschluss der Kombination Kupfer oder Kupfer-Legierungen als Matrix A, Füllstoff B und elementares Bor als Zusatzstoff C und umfassend
 - a) eine Matrix A, bestehend aus
 - einem Metall oder einer Legierung mit einer thermischen Leitfähigkeit $> 50 \text{ W/mK}$ (bei Raumtemperatur), aus der Gruppe der Metalle Al, Mg, Cu, Ag, Ni, Cr, Co, Nb, Ta, W, Mo, Si und Fe sowie aus deren Kombinationen oder aus
 - einem Metall mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten kleiner als 10 ppm/K (bei Raumtemperatur) aus der Gruppe Ti, Cr, Nb, Ta, W, Mo und Si sowie deren Kombinationen, welche echte Legierungen oder Mehrphasensysteme sind, oder aus einer
 - Legierung der oben angeführten Metalle sowie deren Kombinationen mit den Legierungselementen Sn, Zn, Ce, Mn, La, Li, Sc, Y und/oder V, wobei diese Legierung bis zu 20 Gew.-% an den soeben genannten Legierungselementen enthalten können, und/oder aus einem
 - mehrphasigen System, bestehend aus den oben angeführten Metallen oder Legierungen mit zumindest einem anderen keramischen Füllstoff (Dispersoid), aus der Gruppe Al_2O_3 , ZrO_2 , SiC, Si_3N_4 , AlN und BN in Mengen von bis zu 20 Gew.-%, wobei die Matrix A einen Anteil am Verbundwerkstoff von 10 bis 90 Vol.-%, bevorzugt von 25 bis 75 Vol.-%, besonders bevorzugt von 35 bis 60 Vol.-%, bildet, weiters
 - b) einen Füllstoff B, der auf mindestens einer der Modifikationen des Kohlenstoffs basiert, der eine hohe thermische Leitfähigkeit und/oder eine geringe thermische Ausdehnung zumindest in eine Raumrichtung besitzt, aus der Gruppe Kohlenstoff- oder Graphitpartikel einschließlich -Nanotubes, besonders bevorzugt Diamantpartikel, oder Mischungen dieser Kohlenstoff-Füllstoffe miteinander, wobei bevorzugterweise vorgesehen ist, dass der Füllstoff B mit dem Zusatzstoff C beschichtet ist, und wobei der Füllstoff B insgesamt mit einem Anteil von 10 bis 80 Vol.-%, bevorzugt von 20 bis 70 Vol.-%, besonders bevorzugt von 30 bis 65 Vol.-%, bevorzugt homogen verteilt, in der Matrix A vorliegt und schließlich
 - c) einen Zusatzstoff C, nämlich Metall-Boride und/oder Bor, aus der Gruppe einfache Boride mit der stöchiometrischen Zusammensetzung MeB, MeB_2 , Me_2B_5 , oder MeB_6 , komplexe Boride aus der Gruppe $\text{Me}(1)_x\text{Me}(2)_y\text{B}_z$, z.B. AlMgB_{14} oder $\text{Me}(1)_w\text{Me}(2)_x\text{Me}(3)_y\text{B}_z$, z.B. AlCuFe-B oder deren Gemenge, worin „Me“ für Metall steht, die Bezeichnungen (1), (2) und (3) verschiedene enthaltene Metalle anzeigen und w, x, y, z=1, 2, 3,... die stöchiometrischen Indexzahlen der jeweiligen Stoffe bezeichnen, und wobei der Zusatzstoff C insgesamt mit einem Anteil von 0,1 bis 20 Vol.-%, bevorzugt von 0,1 bis 10 Vol.-%, besonders von 0,1 bis 5 Vol.-%. Vorliegt.
2. Verbund-Werkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den Komponenten A, B und C eine intermediäre Phase, aus der Gruppe.
 - Reaktionsprodukte und/oder Zersetzungsprodukte zwischen Matrix A und Zusatzstoff C,
 - Reaktions- und/oder Zersetzungsprodukte zwischen Füllstoff B und Matrix A,
 - Reaktions- und/oder Zersetzungsprodukte zwischen Füllstoff B und Zusatzstoff C,
 - Reaktions- und/oder Zersetzungsprodukte von Matrix A und/oder Füllstoff B und/oder Zusatzstoff C mit dem Gas der jeweils eingesetzten Herstellungs-Atmosphäre, insbesondere Reaktionsprodukte mit Sauerstoff oder Stickstoff, und
 - amorpher Kohlenstoff, gebildet aus einer Umwandlung von Füllstoff B enthalten sind, wobei die intermediären Phasen bis zu einem Gehalt von maximal 10 Vol.-%, bevorzugt von unter 5 Vol.-%, besonders bevorzugt von unter 3 Vol.-%, vorliegen.

3. Werkstoff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff C auf dem Füllstoff B in Form einer Beschichtung mit einer Flächenbelegung von zumindest 20 % des Füllstoffes B entweder in Form einer Schicht und/oder als separate Inseln auf dem Füllstoff B vorliegt und wobei der Anteil der Beschichtung im Bereich von 0,1 bis 20 Vol.-%, bevorzugt von 0,1 bis 10 Vol.-%, besonders bevorzugt im Bereich 0,1 bis 5 Vol.-%, liegt.
4. Verbund-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass er als Gradientenwerkstoff mit variierendem Füllstoffgehalt und/oder variierender Partikelgröße des Füllstoffes B, oder als Sandwich-Werkstoff vorliegt, wobei der Verbundwerkstoff bevorzugterweise als Sandwich-Werkstoff vorliegt, der außenseitig entweder vollflächig oder auf den beiden Außen-Seiten mit einer metallischen Zone, bestehend aus der Matrix A und/oder Beschichtung mit derselben, umgeben ist, wobei die metallische Zone eine Dicke im Bereich von 10 µm bis mehrere mm, bevorzugt von 10 bis 500 µm, besonders bevorzugt von 20 bis 200 µm, aufweist.
5. Verbund-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine Dichte von mehr als 80 %, vorzugsweise von über 90 %, insbesondere von über 95 %, aufweist.
6. Verbund-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass er durch Flüssigphaseninfiltration oder
 - mittels Sintern oder druckunterstütztem Sintern einer Pulvermischung von Matrix A, Füllstoff B sowie Zusatzstoff C erstellt ist, oder
 - durch Löten oder Bonden, zumindest einseitig direkt an eine metallische oder keramische Platte gebunden ist.
7. Verfahren zur Herstellung des Verbund-Werkstoffes mit niedrigem thermischem Ausdehnungskoeffizienten und/oder hoher thermischer Leitfähigkeit bzw. Temperaturleitfähigkeit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass derselbe mittels Flüssigphaseninfiltration gebildet wird, bei welcher eine Mischung des Füllstoffes B mit dem Zusatzstoff C oder der Füllstoff B mit einer Mischung aus der Matrix A und dem Zusatzstoff C infiltriert wird oder der Füllstoff B, welcher mit dem Zusatzstoff C beschichtet ist, mit der Matrix A bei erhöhter Temperatur, gegebenenfalls druckunterstützt, infiltriert wird.
8. Verfahren zur Herstellung des Verbund-Werkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf pulvermetallurgischem Wege Matrix A, Füllstoff B und Zusatzstoff C in Form einer Pulvermischung oder eine Pulvermischung von Matrix A-Pulver mit dem Füllstoff B, der mit dem Zusatzstoff C beschichtet ist, eingesetzt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein den Füllstoff B bildendes Pulver auf Kohlenstoffbasis, insbesondere Diamant-Pulver, eingesetzt wird, wobei dessen Partikel mit einer Beschichtung aus dem Zusatzstoff C zumindest zu 20 % der Oberfläche der genannten Partikel überzogen ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufheizung des Gemisches und/oder der Sintervorgang in der Atmosphäre eines technischen Gases aus der Gruppe Wasserstoff, Argon und/oder Stickstoff oder bei Unterdruck von weniger als 10^{-1} mbar, vorgenommen wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füllstoff B
 - im Fall von Diamant mit einer Korngröße von 1 bis 500 µm, vorzugsweise von 20 bis 350 µm, besonders bevorzugt von 30 bis 250 µm, und
 - im Fall von Kohlenstoff-Nanoröhrchen mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5 bis 100 nm und einer Länge in einem Bereich von 1 bis 200 µm, vorzugsweise von 1 bis 100 µm,eingesetzt bzw. einem jeweiligen Ausgangsgemenge zugesetzt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung des Füllstoffes B mit dem Zusatzstoff C mittels Abscheidung über die Gasphase (chemical oder physical vapor deposition, CVD oder PVD), mittels eines nasschemischen Verfahrens, mittels eines Diffusionsverfahrens oder mittels eines Sprühverfahrens vorgenommen wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Herstellung des Werkstoffes der Prozess der Infiltration oder des Sinterns) mit einer Aufheizrate von mehr als 5°C/min, vorzugsweise von mehr als 10° C/min, insbesondere von mehr als 20°C/min, vorgenommen wird und die Haltezeit bei Maximaltemperatur auf weniger als 3 h, bevorzugt auf unter 1 h, besonders bevorzugt auf unter 30 min, gehalten wird.
14. Verwendung des Verbund-Werkstoffes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6
 - als Kühlplatte bzw. als Wärmesenke zur Kühlung von elektronischen Baugruppen, oder
 - als Kühlkörper in Konzentrator-Solarzellen, oder
 - als Heiz- oder Kühlplatte in Gewerbe und Haushalt, in Kochplatten oder Inserts und in Böden von Kochgefäßen oder Kochtöpfen oder
 - als Kühlplatte für Sputtertargets in Vakuumbeschichtungsanlagen.
15. Verwendung des Verbund-Werkstoffes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, insbesondere mit einer Matrix A aus Titan oder aus einer Titanlegierung, als Hochtemperaturwärmetauscher in Anwendungen, wo korrosive und/oder erosive Medien zum Einsatz kommen.

Hierzu keine Zeichnungen

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H01L 23/373 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H01L23/373D; H01L23/373H		
Recherchierter Prüfstoﬀ (Klassifikation):		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC; WPI; TXT; INSPEC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 28. Februar 2011 eingereichten Ansprüchen 1-15 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 ⁷	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreﬀend Anspruch
Y	AT 7522 U1 (PLANSEE AKTIENGESELLSCHAFT, ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE) 25. April 2005 (25.04.2005) Zusammenfassung; Seite 5, Zeilen 2-29; Ansprüche	1-3, 5-15
Y	FR 2546878 A1 (SLONINA JEAN PIERRE) 07. Dezember 1984 (07.12.1984) Zusammenfassung; Seite 3, Zeilen 25-27; Seite 5, Zeile 34 - Seite 6, Zeile 10; Ansprüche	1-3, 5-15
A	US 2004175875 A1 (SUNG CHIEN-MIN [TW]) 09. September 2004 (09.09.2004) Zusammenfassung; Figuren 2-6	4
Datum der Beendigung der Recherche: 7. November 2011		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): HARASEK S.
⁷ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmel- dungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmel- dungsgegenstand 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 ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		