

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1066/2007**

(22) Anmeldetag: **10.07.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.01.2009**

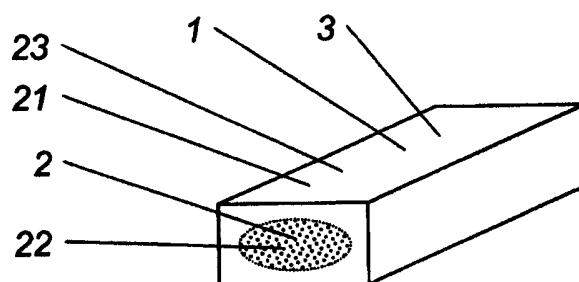
(51) Int. Cl.⁸: **C22C 49/00** (2006.01),
C22C 47/00 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

ELECTROVAC AG
A-3400 KLOSTERNEUBURG (AT)

(54) **VERBUNDWERKSTOFF**

(57) Verbundwerkstoff (1), welcher zumindest einen eine Kohlenstoffnanostruktur umfassenden Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und einen weiteren Werkstoff (3) umfasst, wird, damit ein weiter Temperatureinsatzbereich und eine hohe Einsatzstabilität ermöglicht ist, vorgeschlagen, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) zumindest bereichsweise eine an der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes (2) ausgebildete Karbidschicht umfasst und dass der weitere Werkstoff (3) eine an der Karbidschicht wenigstens bereichsweise anhaftende Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht umfasst.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Verbundwerkstoff (1), welcher zumindest einen eine Kohlenstoffnanostruktur umfassenden Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und einen weiteren Werkstoff (3) umfasst, wird, damit ein weiter Temperatureinsatzbereich und eine hohe Einsatzstabilität ermöglicht ist, vorgeschlagen, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) zumindest bereichsweise eine an der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes (2) ausgebildete Karbidschicht umfasst und dass der weitere Werkstoff (3) eine an der Karbidschicht wenigstens bereichsweise anhaftende Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht umfasst.

(Fig. 3)

Die Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff, welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff und einen weiteren Werkstoff umfasst, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Kohlenstoffnanowerkstoffe und Verbundwerkstoffe, umfassend Kohlenstoffnanowerkstoffe, finden beispielsweise technische Verwendung als Elektroden, als korrosionsbeständige Auskleidung bei chemischen Apparaten, bei hitzebeständigen Ofenauskleidungen, sowie als beständiges Trägermaterial.

Bei der Verwendung eines Verbundwerkstoffes, umfassend einen Kohlenstoffnanowerkstoff als beständiges Trägermaterial und Kupfer, für Schaltkreise, Messaufnehmer und/oder Kontakte erweist sich als nachteilig, dass sich bei einer, insbesondere thermischen, zyklischen Beanspruchung des Verbundwerkstoffes oftmals das Kupfer vom Kohlenstoffnanowerkstoff ablöst, wobei Hohlräume entstehen und dabei die thermischen und/oder mechanischen Eigenschaften des Verbundwerkstoffes verändert werden, was meist zur technischen Unbrauchbarkeit oder zur Zerstörung des Verbundwerkstoffes führt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher einen Verbundwerkstoff, welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff und einen weiteren Werkstoff umfasst, der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, welcher in einem weiten Temperaturbereich einsetzbar ist und welcher eine hohe Einsatzstabilität aufweist.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

Dadurch ist der das Metall und/oder die Metalllegierung umfassende weitere Werkstoff mit der Karbidschicht in anhaftendem Kontakt, wobei zwischen der Kohlenstoffoberfläche und der Karbidschicht eine hohe Anhaftung und wobei zwischen der Karbidschicht und der Metallschicht eine hohe Anhaftung gewährleistet ist.

Durch die gute Anhaftung des weiteren Werkstoffes an der Karbidschicht kann eine hohe Einsatzstabilität über den weiten Temperatureinsatzbereich auch bei zyklischer mechanischer und/oder thermischer Beanspruchung gewährleistet sein. Dadurch können technisch relevante Veränderungen der thermischen und/oder mechanischen

Eigenschaften des Verbundwerkstoffes verhindert werden, womit der Verbundwerkstoff ohne gesonderte Überwachung dauerhaft verwendet werden kann.

Dadurch ist der Serviceaufwand für den Verbundwerkstoff gering und die laufenden Kosten können gering gehalten werden.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes, welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff und einen weiteren Werkstoff umfasst, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 17.

Aufgabe der Erfindung ist es weiters, ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes der eingangs genannten Art, welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff und einen weiteren Werkstoff umfasst, anzugeben, welches eine dauerhaft gute Verbindung zwischen dem Kohlenstoffnanowerkstoff und dem weiteren Werkstoff gewährleistet, welches einen weiten Temperatureinsatzbereich des und eine hohe Einsatzstabilität Verbundwerkstoffes ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 17 erreicht.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass die Herstellung des Verbundwerkstoffes, umfassend den Kohlenstoffnanowerkstoff und den Metall und/oder die Metalllegierung umfassenden weiteren Werkstoff, einfach und zuverlässig erfolgt, wobei mit dem derart ausgebildeten Verbundwerkstoff die eingangs genannten Vorteile bereitgestellt werden können.

Die Unteransprüche, welche ebenso wie der Patentanspruch 1 gleichzeitig einen Teil der Beschreibung bilden, betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigezeichneten Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen porösen Kohlenstoffnanowerkstoff ohne weiteren Werkstoff in schematischer Darstellung in axonometrischer Darstellung;

Fig. 2 einen Verbundwerkstoff umfassend den Kohlenstoffnanowerkstoff und den weiteren Werkstoff in einer besonders bevorzugten Ausführungsform in axonometrischer Darstellung;

Fig. 3 den Verbundwerkstoff umfassend den Kohlenstoffnanowerkstoff und den weiteren Werkstoff in einer zweiten bevorzugten Ausführungsform in axonometrischer Darstellung;

Fig. 4 ein Detail des Kohlenstoffnanowerkstoffes und einen Tropfen des weiteren Werkstoffes bei einer Bestimmung eines Benetzungswinkels in schematischer Darstellung;

Fig. 5 den als Kohlenstoffflocken ausgebildeten Kohlenstoffnanowerkstoff in schematischer Darstellung und

Fig. 6 den Verbundwerkstoff in einer dritten bevorzugten Ausführungsform umfassend den als Kohlenstoffflocken ausgebildeten Kohlenstoffnanowerkstoff und den weiteren Werkstoff in schematischer Darstellung.

Die Fig. 2 bis 4 und 6 zeigen einen Verbundwerkstoff 1, welcher zumindest einen eine Kohlenstoffnanostruktur umfassenden Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und einen weiteren Werkstoff 3 umfasst, wobei der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 zumindest bereichsweise eine an der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 ausgebildete Karbidschicht umfasst und wobei der weitere Werkstoff 3 eine an der Karbidschicht wenigstens bereichsweise anhaftende Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht umfasst.

Die Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff kann vorzugsweise als Kohlenstoffnanotubes und/oder vorzugsweise als Kohlenstoffnanofasern, oder als Kohlenstoffnanorußpartikel, als Kohlenstoffnanoplättchen, als Nanoporen im Kohlenstoffnanowerkstoff 2, ausgebildet sein. Im diesem Sinne wird ein Kohlenstoffwerkstoff als Kohlenstoffnanowerkstoff 2 bezeichnet, wenn dieser Kohlenstoffnanostoffstrukturen mit einer charakteristischen Ausdehnung von unter $90\mu\text{m}$ umfasst. Bei derart kleinen Strukturen können auftretende Oberflächeneffekte einen zusätzlichen Einfluss auf die chemische und/oder physikalischen Eigenschaften des Kohlenstoffnanowerkstoff haben. Beispielsweise kann die Leitfähigkeit, die chemische Reaktivität und/oder die Festigkeit des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 gegenüber einem nanostrukturfreien Kohlenstoffwerkstoff ansteigen.

Als charakteristischen Ausdehnung – von unter $90\mu\text{m}$ – gilt bei im Wesentlichen runden Strukturen, wie dem Kohlenstoffnanorußpartikel oder der Nanopore, der mittlere Durchmesser, gilt bei flächigen Strukturen, wie dem Kohlenstoffnanoplättchen, die

Höhenerstreckung, also die Erstreckung des Plättchens im Wesentlichen normal auf die flächige Ausdehnung des Plättchens, und gilt bei länglichen Strukturen, wie dem Kohlenstoffnanotube (CNT) oder der Kohlenstoffnanofaser (CNF), der mittlere Durchmesser im Wesentlichen normal zur Längserstreckung.

Insbesondere kann der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 offenporig porös ausgebildet sein, wobei die Kohlenstoffoberfläche in der bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen auch die Oberfläche der Poren im Inneren des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 umfasst. Insbesondere können in einem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 sowohl Nanoporen, also Poren mit einem mittleren Durchmesser unter $90\mu\text{m}$, und „Normalporen“, also mit einem mittleren Durchmesser über $90\mu\text{m}$, ausgebildet sein.

Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 umfasst vorteilhafterweise einen vorbestimmten Gewichtsanteil der Kohlenstoffnanostruktur im Kohlenstoffnanowerkstoffes 2, insbesondere zwischen 5% und 60%, und als restlichen Anteil des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 im Wesentlichen Kohlenstoffatome, welche gitterartig angeordnet sind und wobei unterschiedliche gitterartige Anordnungen der Kohlenstoffatome, beispielsweise eine diamantgitterartige Struktur, also Diamant, und/oder insbesondere eine – graphitartige – hexagonale Struktur, also insbesondere Graphit, ausgebildet sein können. Bereits geringe Gewichtsanteile der Kohlenstoffnanostruktur im Kohlenstoffnanowerkstoff 2 können die chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 beeinflussen. Der Grad dieser Beeinflussung kann dabei individuell mittels des vorbestimmbaren Gewichtsanteils der Kohlenstoffnanostruktur im Kohlenstoffnanowerkstoff 2 gesteuert werden. Derart lassen sich die physikalischen, insbesondere die thermischen, mechanischen und/oder die elektrischen, Eigenschaften des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 und im weiteren des Verbundwerkstoffes 1 besonders flexibel den jeweiligen Anforderungen an den Verbundwerkstoff 1 anpassen.

Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann bevorzugt in Flockenform, in Kohlenstofffaserform, als Pyrographit und/oder als Pulvergraphit, also pulverförmiges Graphit, ausgebildet sein und sowohl mit geschlossener Oberfläche, also als geschlossener Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und/oder mit, insbesondere offenporiger, Porosität, also als, insbesondere offenporiger, poröser Kohlenstoffnanowerkstoff 2 vorliegen kann.

Besonders bevorzugt kann der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 faserförmigen Kohlenstoff umfassen, wobei Faserntypen wie Kurz-, welche im Wesentlichen eine Faserlänge kürzer als 10mm aufweisen, Lang-, welche im Wesentlichen eine Faserlänge

zwischen 10mm und 250mm aufweisen, und/oder Endlosfasern, welche über 250mm Faserlänge aufweisen, ausgebildet sein können und wobei der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 im Wesentlichen lediglich einen vorbestimmten Fasertyp oder ein vorbestimmtes Mischungsverhältnis mehrerer der Fasertypen aufweisen kann. Die Fasern können vorteilhafterweise als sogenannte pitch-Fasern und/oder als sogenannte pan-Fasern ausgebildet sein.

Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann auch pulverförmig, kugelförmig oder ellipsenförmig, insbesondere als Fulleren ausgebildet sein, wobei beispielsweise 60 Kohlenstoffatome ein kugelförmiges C₆₀-Fulleren und beispielsweise 82 Kohlenstoffatome ein ellipsenförmiges C₈₂-Fulleren ausbilden können, wobei diese Fullerene eine Ausbildungsform der Kohlenstoffnanostrukturen im Kohlenstoffnanowerkstoff 2 darstellen.

Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann in der besonders bevorzugten Ausführungsform Graphit umfassen und in diesem Zusammenhang als Graphitnanowerkstoff bezeichnet werden.

Beispiele für Kohlenstoffnanowerkstoffe 2 sind flockenförmiger Graphit vermischt mit CNF und/oder CNT, pulverförmiger Graphit verpresst mit Kohlenstoffnanorußpartikeln und/oder Fulleren, Kohlenstoffflocken vermischt mit Diamantnanoplättchen, infiltriertes Fulleren in den Pyrographit oder dergleichen. Auch mehrere Kohlenstoffnanostrukturen und/oder mehrere weitere Kohlenstoffstrukturen können vermischt, vermischt und/oder verpresst sein. Derart umfasst der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 mindestens zwei unterschiedliche Kohlenstoffstrukturen jedoch im Wesentlichen lediglich Kohlenstoffatome.

Alternativ kann der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 im Wesentlichen zur Gänze aus einer vorbestimmten Kohlenstoffnanostruktur bestehen, beispielsweise CNF, oder aus einer Mischung mit vorbestimmten Mischungsverhältnis mehrerer der oben genannten Kohlenstoffnanostrukturen.

Die Metallschicht und/oder die Metalllegierungsschicht ist eine zumindest mehrere Atomlagen dicke Schicht umfassend das Metall und/oder die Metalllegierung, wobei innerhalb der Metallschicht und/oder der Metalllegierungsschicht die metallische Bindung vorliegt.

Vorteilhafterweise kann die Metallschicht im Wesentlichen Kupfer und/oder die Metalllegierungsschicht im Wesentlichen eine Kupferlegierung umfassen. Experimentell

konnten bei der Anhaftung von Kupfer an einer Karbidschicht, insbesondere an einer metallischen Karbidschicht, besonders kleine Benetzungswinkel gemessen werden.

Die Karbidschicht ist eine zumindest mehrere Atomlagen dicke Schicht ausgebildet am Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und umfassend das Karbid, wobei die Karbidschicht sowohl an der Kohlenstoffnanostruktur und/oder an der weiteren Kohlenstoffstruktur ausgebildet sein kann.

In diesem Zusammenhang kann die Karbidschicht wenigstens ein stöchiometrisches und/oder nicht stöchiometrisches Karbid umfassen. Das nicht stöchiometrische Karbid kann beispielsweise als isomorphe Verbindung oder als Mischkristallen vorliegen, wobei insbesondere die Nichtstöchiometrie insbesondere bei Karbiden umfassend Elemente der chemischen Gruppen vier bis sechs auftreten kann.

Die Karbidschicht kann als metallisches Karbid, also als metallartiges Karbid, oder als nichtmetallisches Karbid ausgebildet sein. Dabei kann das nichtmetallische Karbid sowohl als ionisches Karbid, beispielsweise Lithiumkarbid, Calciumkarbid, und/oder als kovalentes Karbid, beispielsweise Siliziumkarbid SiC und/oder Borcarbid, ausgebildet sein.

Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass das Karbid ein metallisches Karbid umfasst, insbesondere als metallisches Karbid ausgebildet ist. Das metallische Karbid kann sowohl als stöchiometrisches und/oder nicht stöchiometrisches Karbid vorliegen. Metallische Karbide können mit einem weiteren Werkstoff 3 umfassend Metall, insbesondere einer Metallschicht und/oder einer Metalllegierungsschicht, kleine Benetzungswinkel 4 aufweisen, womit wiederum eine gute Anhaftung zwischen der Karbidschicht sowie dem weiteren Werkstoff 3, insbesondere der Metallschicht und/oder der Metalllegierungsschicht, ermöglicht werden kann.

Besonders vorteilhaft kann vorgesehen sein, dass das metallische Karbid zumindest ein Element der Gruppen vier, fünf oder sechs, bevorzugt ein Element der Gruppe sechs, beispielsweise Titan, Niob, Tantal, Vanadium und/oder Chrom, insbesondere Molybdän und/oder Wolfram, umfasst. Karbide umfassend eines dieser Elemente, insbesondere Molybdän und/oder Wolfram, können mit vorbestimmten weiteren metallischen Elementen besonders kleine Benetzungswinkel 4 aufweisen. Daher können sich derartige Karbide besonders zum dauerhaften anhaftendem Kontakt zwischen dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und dem weiteren Werkstoff 3 eignen.

Die an der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 befindlichen Kohlenstoffatome gehen üblicherweise kaum eine chemische oder physikalische Bindung mit

einem metallischen Element, beispielsweise einem metallischen Element der Gruppe elf, insbesondere Kupfer, ein, wobei keine dauerhaft mechanisch belastbare Verbindung gegeben ist. Beispielsweise geht aufgeschmolzenes Kupfer keine gute Verbindung mit den Atomen einer Oberfläche eines Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 ein. Daneben ist üblicherweise zwischen aufgeschmolzenem Kupfer und den Atomen einer Oberfläche eines Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 auch ein großer Benetzungswinkel 4, insbesondere größer als 90° , gegeben.

Zwischen der Karbidschicht und dem Metall, insbesondere Silber, Kupfer und/oder einer Legierung dieser metallischen Elemente, kann eine chemische oder physikalische Reaktion erfolgen, sodass eine bessere Anhaftung gegeben sein kann. Darüberhinaus ist auch der Benetzungswinkel 4 zwischen der vorbestimmten Karbidschicht und dem vorbestimmten Element des weiteren Werkstoffes 3 für eine gute und dauerhafte Anhaftung ausschlaggebend, wobei dabei durch den Benetzungswinkel 4 auf die Güte der Anhaftung zwischen der Karbidschicht und der Metallschicht rückgeschlossen werden kann, wobei die Güte, also die technische Eignung in Hinblick auf mechanische, thermomechanische und/oder thermische statische und dynamische Einwirkungen auf den Verbundwerkstoffes 1, der Anhaftung üblicherweise umso größer sein kann, je kleiner der Benetzungswinkel 4 ausgebildet ist.

Sofern der Benetzungswinkel 4 kleiner 90° , insbesondere kleiner 75° , bevorzugt kleiner 50° , besonders bevorzugt kleiner 25° ist, kann eine beschichtete Oberfläche im Wesentlichen homogen und ohne Hohlräume und/oder Zwischenräume benetzt werden, wobei die Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht im Wesentlichen gleichmäßig oder homogen, also im Wesentlichen ohne Hohlräume und/oder Zwischenräume, an der Karbidschicht anhaftet. Dadurch kann die gute Anhaftung im Bereich der wenigstens bereichsweisen Beschichtung gewährleistet werden, wobei durch die gleichmäßige Benetzung der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 mit dem weiteren Werkstoff 3 als Anhaftungshinweis, also als Hinweis auf eine hohe Güte der Anhaftung, verwendet werden kann.

Als besonders geeignet für den Verbundwerkstoff 1 hat sich gezeigt, wenn das Karbid Molybdän umfasst und das Karbid derart als Molybdänkarbid ausgebildet ist. Der experimentell bestimmbare Benetzungswinkel 4 zwischen Molybdänkarbid und Kupfer und/oder Silber kann dabei besonders klein, insbesondere kleiner 25° ausgebildet sein und somit der weitere Werkstoff 3 besonders gut am Karbid anhaften. Dadurch dass das

Molybdänkarbid ebenso in lagefestem, gutem und dauerhaften Kontakt mit dem das Karbid umfassenden Kohlenstoffnanowerkstoff 2 steht, so haftet auch das Molybdänkarbid besonders gut am restlichen Kohlenstoffnanowerkstoff 2. Derart kann besonders die dauerhafte Anhaftung zwischen dem weiteren Werkstoff 3, insbesondere umfassend Kupfer, und dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 gewährleistet sein und der Verbundwerkstoff 1 insbesondere zur Anwendung bei zyklischer mechanischer und/oder thermischer Belastungen geeignet sein.

Das Molybdänkarbid kann auch besonders gut und dauerhaft mit der Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff 2 anhaften. Derart kann das Molybdänkarbid besonders in lagefestem, gutem und dauerhaften Kontakt mit der das Karbid umfassenden Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff 2 stehen.

Alternativ kann die Verwendung eines anderen Metalls der Gruppe 6, beispielsweise Chrom oder Wolfram als Karbidbildner vorgesehen.

Durch die gute Anhaftung, welche durch das Fehlen von Hohlräumen und/oder Zwischenräumen zwischen der Metallschicht und der Karbidschicht gewährleistet sein kann, kann eine im Wesentlichen homogene Anhaftung des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 und des zweiten Werkstoffes 3 ermöglicht werden, wodurch der Verbundwerkstoff 1 im Wesentlichen zumindest in einer Richtung makroskopisch betrachtet, also in einer Betrachtungsgenauigkeit größer als einige Millimeter, im Wesentlichen homogene Materialeigenschaften aufweisen kann.

Aufgrund der im Wesentlichen Homogenität der Materialeigenschaften können punktuelle Spannungsüberhöhungen im Verbundwerkstoff 1 vermieden werden, weshalb der Verbundwerkstoff 1 besonders geeignet für zyklische thermische und/oder zyklische mechanische Beanspruchung sein kann.

Die Fig. 1 zeigt schematisch einen Kohlenstoffnanowerkstoff 2, welcher bevorzugt offenporig mit einer Porosität zwischen 5 und 60 Vol.-% ausgebildet ist. Derartige Kohlenstoffnanowerkstoffe 2 finden technische Verwendung beispielsweise als beständiges Trägermaterial.

Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann vorteilhafterweise gebrannt porös, also als gebrannter poröser Werkstoff und/oder Brennstoff, ausgebildet sein. Vorteilhafterweise wird der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 unter erhöhter Druckeinwirkung und/oder unter erhöhter Temperatureinwirkung in die dreidimensionale Form gebracht und dabei verpresst und/oder verbacken. Zur Erzielung der dreidimensionalen Form, des

Verpressens und/oder des Verbackens können dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 Bindemittel und/oder weitere Zusatzstoffe hinzugefügt werden.

Insbesondere kann der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 mit graphitischen Eigenschaften ausgebildet sein. Die graphitischen Eigenschaften erhält der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 insbesondere durch eine, insbesondere weitere, Temperaturbehandlung, dem sogenannten Graphitierungsprozess, wobei die Temperaturbehandlung bis zu 3000°C unter Luftabschluss durchgeführt wird. Durch diesen Graphitierungsprozess, also der weiteren Temperaturbehandlung, welcher vorteilhafterweise unter erhöhter Druckeinwirkung und bei erhöhter Temperatureinwirkung auf den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 erfolgt, kann vorteilhafterweise ein Kohlenstoffnanowerkstoff 2 mit im Wesentlichen homogenen mechanischen und thermischen Eigenschaften ausgebildet werden, wobei die mechanischen Eigenschaften, Eigenschaften wie E-Modul, Bruchdehnung oder Bruchspannung, und die thermischen Eigenschaften, Eigenschaften wie Wärmeleitfähigkeit, Ausdehnungskoeffizient oder Schmelztemperatur, umfassen. Beim Graphitisierungsprozess bleiben die Kohlenstoffnanostrukturen im Kohlenstoffnanowerkstoff 2 vorteilhafterweise erhalten.

Insbesondere der mittels dem Brennprozess hergestellte Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann geschlossenporig oder offenporig porös ausgebildet sein, wobei der poröse Kohlenstoffnanowerkstoff 2 vorteilhafterweise ein geringeres spezifisches Gewicht als beispielsweise Metalle und eine hohe thermische und chemische Belastbarkeit aufweisen kann. Ein in Fig. 1 dargestellter Kohlenstoffkörper 21 aus dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann vorteilhafterweise die Karbidschicht umfassen, wobei diese sowohl lediglich in einem Außenbereich 23 oder im Wesentlichen durchgängig durch den Kohlenstoffnanowerkstoff 2, also sowohl im Außenbereich 23 als auch in einem Innenbereich 22, ausgebildet sein kann. Sofern der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 als Graphitnanowerkstoff ausgebildet ist, kann der Kohlenstoffkörper 21 bevorzugt als Graphitnanokörper ausgebildet und bezeichnet werden.

Die Fig. 2 zeigt einen Verbundwerkstoff 1 einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfassend den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und den weiteren Werkstoff 3, wobei der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 zumindest bereichsweise an der Kohlenstoffoberfläche eine Karbidschicht umfasst und der weitere Werkstoff 3 eine an der Karbidschicht wenigstens bereichsweise anhaftende Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht umfasst. Die Kohlenstoffoberfläche kann dabei sowohl die Oberfläche des Kohlenstoffkörpers 2 als auch

die Oberfläche der Poren des im Wesentlichen porösen Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 umfassen. Die Karbidschicht kann derart im Wesentlichen durchgängig durch den als Kohlenstoffkörper 21 ausgebildeten Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ausgebildet sein, womit im Wesentlichen zwischen der Karbidschicht und der Metallschicht homogen am und im Kohlenstoffkörper 21 die gute Anhaftung gewährleistet werden kann.

Der in Fig. 2 dargestellte Verbundwerkstoff 3 weist derart insbesondere eine homogene Oberfläche im Außenbereich 23 auf, welche im Wesentlichen vollständig mit dem weiteren Werkstoff 3 überzogen ist. Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ist derart im Wesentlichen vollkommen im Inneren des Verbundwerkstoffes 3 angeordnet.

Durch die homogene und durchgehende Anhaftung des weiteren Werkstoffes 3 am Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann im Wesentlichen das gesamte poröse Volumen des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 mit dem weiteren Werkstoff 3 befüllt werden. Derart kann der Verbundwerkstoff 1 im Wesentlichen, im speziellen Fall makroskopisch, also in einer Betrachtungsgenauigkeit größer als einige Millimeter, homogene physikalische, insbesondere mechanische und thermische, Eigenschaften aufweisen.

Alternativ kann der Kohlenstoffkörper 21 lediglich im Außenbereich 23 mit dem weiteren Werkstoff 3 anhaftend benetzt sein. Dazu kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 zumindest bereichsweise als zusammenhängender Kohlenstoffkörper 21 ausgebildet ist, und der Kohlenstoffkörper 21 in einem vorgebbaren Innenbereich 22 und/oder einem vorgebbaren Außenbereich 23 frei vom weiteren Werkstoff 3 ausgebildet ist. Diese, in Fig. 3 dargestellte, alternative bevorzugte Ausführungsform kann besonders einfach ausgebildet werden, wenn der Innenbereich 22 karbidschichtfrei ausgebildet ist. In diesem Fall verhält sich der Außenbereich 23 wie der Verbundwerkstoff 1 und der Innenbereich 22 wie der Kohlenstoffnanowerkstoff 2. Dadurch kann eine besonders geeignete Werkstoffkombination ermöglicht werden, wobei die Vorteile des Verbundwerkstoffes 1, insbesondere der thermische Ausdehnungskoeffizient, die hohe Wärmeleitfähigkeit und die gute Verlötbareit mit weiteren Metallen, und die Vorteile des, insbesondere porösen, Kohlenstoffnanowerkstoffes 2, beispielsweise die hohe Temperaturbeständigkeit und das geringe Gewicht, kombiniert werden können. Damit kann ein Bauteil eines Verbundwerkstoffes 1, im Wesentlichen umfassen den Kohlenstoffnanowerkstoff 2, insbesondere Graphitwerkstoff, und den weiteren Werkstoff 3, insbesondere Kupfer, Silber, Gold und/oder Aluminium, entstehen, welches eine geringes spezifisches Bauteilegewicht aufweist, welches im Außenbereich 23 die gute Anhaftung

zwischen dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und dem weiteren Werkstoff 3 gewährleistet und eine gute Verlötbarekeit und einen guten Wärmeübergang zu weiteren Bauteilen aufweist. Da Aluminium als Leichtmetall ein geringes spezifisches Gewicht aufweist, so kann mit Aluminium der Verbundwerkstoff 1 ein besonders geringes spezifisches Gewicht aufweisen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, das der weitere Werkstoff 3 im Wesentlichen als Metall und/oder als Metalllegierung ausgebildet ist. Dadurch kann der Verbundwerkstoff 1 in den physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Metalls und/oder der Metalllegierung ähneln, wobei der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 als beständige, insbesondere temperaturbeständige, und leichte Trägersubstanz fungiert.

Der Verbundwerkstoff 1 kann weitere Stoffe, insbesondere Füllstoffe und Verstärkungsstoffe, beispielsweise ein Karbonfasergewebe, umfassen. Insbesondere das Karbonfasergewebe kann eine Karbidschicht umfassen und derart eine dauerhafte Oberflächenanhaftung zum weiteren Werkstoff 3 ermöglichen. Dadurch kann der Verbundwerkstoff hohen mechanischen Belastungen standhalten und/oder als oftmals sogenannter Hochleistungswerkstoff für mechanisch stark belastete Bauteile verwendet werden.

In Fig. 4 ist schematisch die Bestimmung des Benetzungswinkels 4 der Metallschicht oder der Metalllegierungsschicht an der Karbidschicht dargestellt. Dargestellt ist ein Detail des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2, welcher an der – in der Darstellung und vorzugsweise in einer Messanordnung zur Bestimmung des Benetzungswinkels 4 – nach oben weisenden Oberfläche mit einer Karbidschicht ausgebildet ist, sowie – zur Messung des Benetzungswinkels 4 – ein haubenförmiger Tropfen des weiteren Werkstoffes 3, welcher insbesondere als Metall und/oder als Metalllegierung ausgebildet ist. Durch die gute Anhaftung zwischen dem Karbid und dem weiteren Werkstoff 3 ist der Benetzungswinkel 4 klein ausgebildet, in Fig. 4 beispielsweise in etwa 25°, was einer sehr guten Benetzbarkeit entspricht und wodurch eine gute Anhaftung ermöglicht werden kann.

Aufgrund des kleinen Benetzungswinkels 4 kann dieser lediglich an einem einzelnen haubenförmigen Tropfen gemessen werden. Insbesondere wenn größere Mengen des weiteren Werkstoffes 3 mit dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 in Kontakt gebracht und zur Reaktion gebracht werden kann sich der weitere Werkstoff 3 vorteilhafterweise gleichmäßig, also ohne Zwischenräume und/oder Hohlräume, im Wesentlichen über die gesamte Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 ausbreiten womit der Benetzungswinkel 4 als solcher nicht mehr messbar ist. Da sich jedoch Benetzungsfehler, insbesondere

Zwischenräume und Hohlräume, sichtbar an der Oberfläche des Verbundwerkstoffes 1 abzeichnen, so kann in diesem Fall eine besonders einfache Sichtkontrolle am fertigen Bauteil erfolgen und derart auf die Qualität, im Sinne der Erfüllung der Solleigenschaften und der Güte der Anhaftung zwischen der Karbidschicht und dem weiteren Werkstoff 3, des Verbundwerkstoffes 1 rückgeschlossen werden. Derart kann eine besonders einfache Prüfmethode und Qualitätskontrolle gewährleistet werden.

In Fig. 5 ist eine bevorzugte alternative Ausführungsform des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 dargestellt, bei welcher der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 in Pulverform oder in Flockenform vorliegt, wobei vorteilhafterweise vorgesehen sein kann, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 in Form von Kohlenstoffflocken 25, insbesondere in Form von Graphitflocken 25, oder in Form von Ruß, von Diamantpartikeln, von Kohlenstoffpulver und/oder von Kohlenstofffasern und umfassend zumindest eine Kohlenstoffnanostruktur, insbesondere Karbonnanofasern und/oder Karbonnanotubes, ausgebildet ist und wobei die Kohlenstoffflocken 25 insbesondere im Wesentlichen oval und/oder flach ausgebildet sind. Kohlenstoffflocken 25 können einfach hergestellt und weiterverarbeitet werden. Die Kohlenstoffflocken 25 können offenporig porös oder insbesondere im Wesentlichen porenfrei ausgebildet sein wobei die Wärmeleitfähigkeit der Kohlenstoffflocken 25 hoch sein kann.

Alternativ können die Kohlenstoffflocken 25 selbst als Kohlenstoffnanostruktur ausgebildet sein, insbesondere als Kohlenstoffnanoplättchen.

In diesem Zusammenhang kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Kohlenstoffflocken 25 eine maximale Erstreckung unter 5mm aufweisen. Dabei kann die maximale Erstreckung vorteilhafterweise entlang einer Längserstreckung gemessen werden und eine Breitenerstreckung und vor allem eine Höhererstreckung der Kohlenstoffflocken 25 kann deutlich geringer, insbesondere unter 1mm, als die Längserstreckung sein. Dadurch kann die gute Durchmischbarkeit, die einfache Verarbeitung, insbesondere das einfache Formpressen, also die gute Formpressbarkeit, und eine gute Wärmeleitung der Kohlenstoffflocken 25 gewährleistet sein.

Alternativ können die Kohlenstoffflocken 25 eine maximale Erstreckung unter 0,5mm aufweisen. Dadurch können nach der Weiterverarbeitung, beispielsweise mittels Formpressens und/oder mittels des Brennprozesses, zumindest in der makroskopischen Betrachtung, homogene und insbesondere anisotrope mechanische und/oder thermische Werkstoffeigenschaften des Verbundwerkstoffes 1 gewährleistet sein.

Besonders vorteilhaft können – wie in Fig. 5 schematisch dargestellt – die Kohlenstoffflocken 25 im Wesentlichen in dem weiteren Werkstoff 3 eingebettet sein, wodurch nach der Weiterverarbeitung zumindest in der makroskopischen Betrachtung, homogene Werkstoffeigenschaften des Verbundwerkstoffes 1 gewährleistet sein können. Dabei kann im Wesentlichen die komplette Oberfläche des Verbundwerkstoffes 1 aus dem weiteren Werkstoff 3 ausgebildet sein.

Die Kohlenstoffflocken 25 eignen sich besonders zur Herstellung komplexer Geometrien, wobei eine gute Durchmischung mit dem weiteren Werkstoff 3 gewährleistet ist und derart der Verbundwerkstoff im Wesentlichen homogen und in einem vorbestimmten Mischungsverhältnis, insbesondere Gewichtungsmischungsverhältnis, aus dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und dem weiteren Werkstoff 3 ausgebildet sein kann.

Besonders vorteilhaft können die Kohlenstoffflocken 25 statistisch, also ohne bevorzugte Ausrichtung, in den Verbundwerkstoff 1 eingebracht werden, wobei anisotrope Materialeigenschaften verhindert oder gering gehalten werden können.

Der Verbundwerkstoff 1 wird besonders bevorzugt mittels eines Verfahrens zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes 1, welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und einen weiteren Werkstoff 3 umfasst, hergestellt, wobei zumindest bereichsweise im Bereich der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 eine Karbidschicht ausgebildet wird, der weitere Werkstoff 3 zumindest bereichsweise im Bereich der Karbidschicht angeordnet wird und der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und der weitere Werkstoff 3 einer Wärmebehandlung unterzogen werden.

Dadurch können die einzelnen Verfahrensschritte voneinander getrennt, insbesondere zeitlich aufeinanderfolgend, erfolgen. Zwischen jedem Verfahrensschritt kann ein dabei ausgebildetes Halbzeug gelagert und/oder geprüft werden, womit eine flexible, insbesondere flexibel in der zeitlichen Planung, Herstellung sowie die durchgängige Qualitätskontrolle der Halbzeuge ermöglicht werden kann. Derart kann die hohe Qualität eines mittels des Verfahrens hergestellten Endproduktes gewährleistet werden und das Endprodukt kann auch für sicherheitskritische Bauteile mit besonderen Qualitätskontroll- und Nachvollzugsvorschriften der Herstellung verwendet werden.

Bei dem Verfahren kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass der weitere Werkstoff 3 bei der Wärmebehandlung über seinen Schmelzpunkt erhitzt wird. Derart kann die gute Anhaftung zwischen dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und dem weiteren Werkstoff 3 gewährleistet werden.

Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass als weiterer Werkstoff 3 ein Metall und/oder eine Metalllegierung verwendet werden. Mittels der am Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ausgebildeten Karbidschicht kann die gute Anhaftung zwischen dem Metall und/oder der Metalllegierung und dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ermöglicht werden. Das Metall und/oder eine Metalllegierung können eine gute Wärmeleitfähigkeit sowie einen zu weiteren metallischen Bauteilen ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, weshalb sich der Verbundwerkstoff 1 umfassend den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und den als Metall und/oder Metalllegierung ausgebildeten weiteren Werkstoff 3 in der Kombination mit dem weiteren metallischen Bauteil vorteilhaft verhalten kann.

Der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann beim Verfahren vorteilhafterweise in der Form von Kohlenstoffflocken 25 verwendet werden. Dadurch ergibt sich eine besonders bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens, wobei zuerst die Kohlenstoffflocken 25 als Halbzeug hergestellt werden.

Die Kohlenstoffflocken 25 können zumindest teilweise selbst die Kohlenstoffnanostruktur ausbilden oder mit einer weiteren Kohlenstoffnanostruktur, beispielsweise Kohlenstoffnanotubes, Kohlenstoffnanofasern, Kohlenstoffnanorußpartikel, und/oder Kohlenstoffnanoplättchen, vermengt werden.

Im nächsten Schritt werden die Kohlenstoffflocken 25 karbidisiert, also die Oberfläche der Kohlenstoffflocken 25 und/oder die Oberfläche der – insofern vorhanden – Poren in den Kohlenstoffflocken 25 wird in eine Karbidschicht umgewandelt, wobei eine der vorangenannten vorteilhaften Karbidschichten ausgebildet wird. Die Kohlenstoffflocken 25 können zwischengelagert, qualitätsgeprüft oder unmittelbar weiterverarbeitet werden.

Vorteilhafterweise erfolgt die Karbidisierung der Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 zeitgleich mit der Karbidisierung der Kohlenstoffflocken 25, womit sich ein karbidisierter Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ausbildet.

Alternativ kann die Karbidisierung der Kohlenstoffnanostruktur unterlassen werden und/oder in einem eigenen Arbeitsschritt erfolgen. In diesem Fall wird die Kohlenstoffnanostruktur bevorzugt mit bereits karbidisierten Kohlenstoffflocken 25 vermengt, womit der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ebenfalls in karbidisierter Form vorliegt.

Die Karbidschicht kann vorteilhafterweise dünn, im Wesentlichen lediglich einige wenige Atomlagen, ausgebildet sein. Derart kann gewährleistet werden, dass durch die lediglich dünne Karbidschicht die Wärmeleitfähigkeit des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 lediglich geringfügig gesenkt wird.

Der derart karbidisierte Kohlenstoffnanowerkstoff 2 werden im nächsten Schritt mit dem weiteren Werkstoff 3, insbesondere mit dem Metall und/oder der Metalllegierung vermengt. Das Vermengen vorteilhafterweise durch einrühren, einstreuen und/oder einkneten erfolgen. Dazu kann das Metall und/oder die Metalllegierung bei der Vermengung in Pulverform oder Flockenform als Festkörper, oder alternativ über den Schmelzpunkt erwärmt, also in flüssiger Form, vorliegen.

Alternativ und/oder zusätzlich kann derart auch faserförmiger und/oder pulverförmiger Kohlenstoffnanowerkstoff 2 mit dem weiteren Werkstoff 3 vermengt werden.

Alternativ kann im Fall eines bereits als Kohlenstoffkörper 21 vorliegenden Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 mittels Eintauchen in einen aufgeschmolzenen Werkstoff Schmelze eines weiteren Werkstoffes und/oder insbesondere mittels Infiltrieren eines Werkstoffes die Vermengung ermöglicht werden, wobei ein Teil der aufgeschmolzenen oder des zu infiltrierenden Werkstoffes in den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 eindringt und dieser Teil derart den weiteren Werkstoff 3 des Verbundwerkstoffes 1 ausbildet. Die Gesamtheit des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2, gegebenenfalls umfassend die weiteren Bindemittel und/oder Zusatzstoffe und umfassend die Karbidschicht, und den weiteren Werkstoff 3 bildet somit den Verbundwerkstoff 1 aus.

Nach einer bestimmten Zeitdauer ist der infiltrierte Teil des weiteren Werkstoffes 3 erstarrt und ein Infiltrationsdruck, also der Druck auf die Schmelze, kann entfernt werden oder der Verbundwerkstoff 1 wird unter Druck aus der Schmelze gehoben, womit die dauerhafte Anhaftung zwischen dem weiteren Werkstoff 3 und der Karbidschicht kann vorteilhafterweise nach dem Abkühlen unterhalb der Schmelztemperatur des weiteren Werkstoff 3 gegeben sein kann.

Die Vermengung kann vorteilhafterweise in einem vorbestimmten Verhältnis, insbesondere Gewichtsverhältnis, erfolgen. Derart ist ein vermengtes Halbzeug ausgebildet, welches kalt und/oder warm lagerungsfähig oder unmittelbar weiterverarbeitungsfähig ist. Derart können die mechanischen und/oder die thermischen Eigenschaften des Verbundwerkstoffes 1 genau, gezielt und vorbestimmt eingestellt werden, wodurch zueinander unterschiedliche Verbundwerkstoffe 1, umfassend die gleichen Bestandteile in unterschiedlicher Gewichtszusammensetzung, für unterschiedliche Anwendungsbereiche, beispielsweise für unterschiedliche Wärmeableitungsanforderungen, verwenden werden können.

Insbesondere kann das vermengte Halbzeug mittels Verpressen, Brennen und/oder Heißpressen zum Verbundwerkstoff 1 verarbeitet werden, wobei vorteilhafterweise der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und der weitere Werkstoff 3 bei der Wärmebehandlung gesintert werden. Wobei der Begriff „sintern“ im Sinne der Offenbarung der Einwirkung von erhöhter Temperatur und/oder erhöhtem Druck auf den Verbundwerkstoff 1 zu verstehen ist und/oder wobei insbesondere der weitere Werkstoff 3 über dessen Schmelzpunkt erwärmt wird. Derart ist eine schnelle und einfache Weiterverarbeitung ermöglicht.

Bei diesem Schritt kann das Halbzeug insbesondere in eine vorbestimmte, und gegebenenfalls komplexe, dreidimensionale Geometrie geformt werden, wodurch die Anzahl der Nacharbeitungsschritte besonders reduziert werden kann.

Bei einem alternativen bevorzugten Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes 1, welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und einen weiteren Werkstoff 3 umfasst, kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass der weitere Werkstoff 3 in den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 infiltriert wird. Dadurch kann die gute Anhaftung zwischen der Karbidschicht und dem, insbesondere als Metall oder als Metalllegierung, vorliegenden weiteren Werkstoff 3 gewährleistet werden und ein vorbestimmter Mischungsverhältnisgradient vom Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und vom weiteren Werkstoff 3 kann im Verbundwerkstoff 1 ausgebildet werden, wobei insbesondere auch innenliegende Poren und Nanoporen des offenporigen Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 mit dem weiteren Werkstoff 3 infiltriert werden können.

Ebenso kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 mit dem weiteren Werkstoff 3 getränkt wird, wobei auch hier der weitere Werkstoff 3 über dessen Schmelzpunkt erwärmt ist. Diese Form der Durchmischung des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 und des weiteren Werkstoffes 3 kann besonders bei einem offenporigen Kohlenstoffnanowerkstoff 2 mit hoher Porosität, beispielsweise über 50%, vorteilhafterweise erfolgen.

Der vorbestimmte Mischungsverhältnisgradient kann entlang einer Richtung ausgebildet sein, beispielsweise entlang einer Achse, oder vom Außenbereich 23 in Richtung zum Innenbereich 22, wie letzteres beispielsweise in Fig. 3 dargestellt ist. Derart ist ein Verbundwerkstoff 1 mit, entlang dem Mischungsverhältnisgradienten, veränderlichen mechanischen und/oder thermischen Eigenschaften ermöglicht, wodurch in vorteilhafterweise auf die individuellen Anforderungen der jeweiligen Anwendung eingegangen werden kann. Beispielsweise kann dabei die offenporige Porosität des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 im

Innenbereich 23 erhalten werden, wodurch der Verbundwerkstoff 1 mittels eines Spülgases und/oder einer Spülflüssigkeit durchspült werden kann. Dies kann die Temperaturableitung verbessern, wobei das Gewicht des Verbundwerkstoffes 1 gering ist und wobei der Verbundwerkstoff 1, zumindest zeitweise, über den Schmelzpunkt des weiteren Werkstoffes 3 erhitzt werden kann.

Der Mischungsverhältnisgradient kann beispielsweise mittels einer Verkürzung der Eintauchzeit, geringere Temperatur der Schmelze des weiteren Werkstoffes 3, durch Schleudern des Verbundwerkstoffes 1 unmittelbar nach der Entnahme aus der verbleibenden Schmelze und/oder mittels einer Kombination dieser Verfahrensparameter vorbestimmt werden.

Vorteilhafterweise kann die Karbidbildung mittels Molybdän-haltiger Salze erfolgen, welche in wässrige Lösung oder organische Lösung gebracht werden oder direkt mit dem Kohlenstoffnanowerkstoff 2 vermischt werden. Dabei kann die Konzentration und das Mischungsverhältnis vom Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und vom metallhaltigen Salz, insbesondere Molybdän-haltigen Salz, in engen Toleranzen vorbestimmt werden, wobei ein Kohlenstoffhalbzeug, insbesondere ein Graphithalbzeug, ausgebildet wird.

In einem bevorzugten Verfahrensablauf wird aufeinanderfolgend zuerst das Molybdänsalz, beispielsweise Ammoniumhexamolybdat, in Wasser gelöst und anschließend die Lösung mit einem die Oberflächenspannung der wässrigen Lösung verringerndem Benetzungsmittel, beispielsweise handelsübliches Spülmittel versehen.

Anschließend wird im Fall des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 in Form des zusammenhängenden Kohlenstoffkörpers 21 der, bevorzugt poröse insbesondere offenporig poröse, Kohlenstoffnanowerkstoff 2, welcher insbesondere Graphit umfassen und/oder graphitische Eigenschaften aufweisen kann, in die wässrige Lösung gelegt. Mittels Unterdruck werden die Poren luftfrei gemacht, wobei die wässrige Lösung in die Poren strömen kann. Mittels Ultraschalleinwirkung auf die wässrige Lösung und/oder den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 kann das Eindringen der wässrigen Lösung in die Poren besonders zuverlässig erfolgen. Mittels einer zusätzlichen und/oder anschließenden Druckinfiltration kann das Eindringen der wässrigen Lösung auch in kleine Poren zuverlässig erfolgen und das zuverlässige Eindringen der wässrigen Lösung in den gesamten Kohlenstoffnanowerkstoff 2 ermöglichen und somit gewährleistet sein, dass im Wesentlichen sämtliche von Außen zugängliche Poren mit Lösungsmittel getränkt und im Wesentlichen die gesamte Oberfläche Kohlenstoffnanowerkstoff 2, insbesondere die Oberflächen der Poren,

mit Lösungsmittel benetzt sind. Die unterschiedlichen Prozessschritte zum Tränken des Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 mittels der wässrigen Lösung können einzeln, in der soeben beschriebenen Reihenfolge, gleichzeitig oder in einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden, womit eine gute Durchmischung des Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 und des Salzes ermöglicht werden kann. Zum Abschluss des Tränkens des Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 mittels der wässrigen Lösung wird der Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 – vorteilhafterweise bei Luftzutritt und bei Raumtemperatur oder erhöhter Temperatur – getrocknet.

Im Fall, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 in Form einer Vielzahl unzusammenhängender Einzelpartikel vorliegt, also beispielsweise beim Kohlenstoffnanowerkstoff 2 in Form der Kohlenstoffflocken 25, in Pulverform und/oder in Form von den sogenannten Karbonnanofasern und/oder Karbonnanotubes, wird der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 in ein Behältnis eingefüllt, wobei die wässrige Lösung – welche insbesondere das Benetzungsmittel und das das Karbid ausbildende Salz umfasst – zeitgleich, zeitlich vorher oder zeitlich anschließend in das Behältnis eingefüllt wird. Unter, insbesondere erhöhter, vorbestimmter Temperatur werden der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und die wässrige Lösung solange gerührt bis das Lösungsmittel verdampft ist. Damit kann die im Wesentlichen gleichmäßige Verteilung des Salzes auf den Oberflächen der einzelnen unzusammenhängenden Einzelpartikeln des Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 gewährleistet sein. Anstatt und/oder zusätzlich zum Verdampfen der Lösung kann die Lösung auch abfiltriert werden. Zum Abschluss wird der Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 – vorteilhafterweise bei Luftzutritt und bei Raumtemperatur oder erhöhter Temperatur – getrocknet.

Anschließend wird das Kohlenstoffhalbzeug unter reduzierenden Bedingungen, insbesondere frei von Sauerstoff, aufgeheizt und derart die Karbidisierung des Kohlenstoffnanowerkstoffs 2 durchgeführt. Weiters können die die Karbidschicht beeinflussenden Parameter Aufheizrate, Temperatur, Verweildauer, Abkühlrate und/oder Abkühlzeit vorbestimmt und insbesondere unabhängig gesteuert werden. Derart kann die homogene Ausbildung einer im Wesentlichen homogenen oder einer vorbestimmt inhomogenen Karbidschicht gesteuert werden, wodurch die Schichtstärke der Karbidschicht innerhalb enger Toleranzen und kontrolliert vorbestimmt werden kann, welches für die hohe Qualität darauffolgender Verfahrensschritte besonders vorteilhaft sein kann.

Besonders bevorzugt wird dabei das Molybdän-haltige Salz und/oder ein Molybdänsalz verwendet. Die Karbidisierung erfolgt unter – gegenüber Raumtemperatur – erhöhter Temperatur. Die Karbidisierung kann erfolgen durch Reaktion vom Kohlenstoff aus

dem Kohlenstoffkörper 2 mit dem anliegenden Molybdänsalz oder durch Reaktion einer Gasatmosphäre mit dem anliegenden Molybdänsalz. Weiterhin kann die Karbidisierung auch durch beide Reaktionen erfolgen.

Als Schutzgas der Gasatmosphäre kann beispielsweise Stickstoff verwendet werden. Auch Zugaben von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff zum Schutzgas können die Karbidisierung beschleunigen.

Eine andere Variante ist die Durchführung im Vakuum.

Vorteilhafterweise kann die Karbidisierung in einem Graphittiegel erfolgen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der bereits karbidisierte Kohlenstoffnanowerkstoff 2 beispielsweise mit einem Metall, insbesondere Kupfer, stromlos und/oder galvanisch umhüllt werden.

Vorteilhafterweise kann derart auf Karbidbildner im Metall, insbesondere im Metall der Gruppe 11 und/oder in der Metalllegierung, insbesondere in der Kupferlegierung, verzichtet werden, wodurch die mechanischen und thermischen Eigenschaften des Metalls und/oder der Metalllegierung nicht durch den Karbidbildner beeinflusst werden. Das Metall der Gruppe 11, beispielsweise Silber, Gold oder insbesondere Kupfer, zeichnet sich – wie ebenso Aluminium, welches ein Metall der Gruppe 13 ist – durch gute elektrische und insbesondere thermische Leitfähigkeit aus, womit der Verbundwerkstoff besonders für Bauteile im Bereich von thermisch, insbesondere zyklisch, beanspruchten Stellen in besonders vorteilhafter Weise verwendet werden kann.

Die gute Benetzbarkeit zwischen der Karbidschicht und der Metallschicht und/oder der Metalllegierungsschicht ist bereits bei mehreren Atomlagen Karbidschicht und mehreren Atomlagen Metallschicht und/oder der Metalllegierungsschicht gegeben.

Bei der besonders bevorzugten Verwendung von Molybdänkarbid als Karbidschicht und Kupfer als Metallschicht ergibt sich beispielsweise der experimentell bestimmte Benetzungswinkel θ von in etwa 18° , wodurch auf die besonders gute Anhaftung rückgeschlossen werden kann. Die in etwa gemessenen 18° verstehen sich als statistischer Mittelwert einer Vielzahl gemessener Winkel, da die gemessenen Einzelwerte der Benetzungswinkel θ zwischen Molybdänkarbid und Kupfer eine große Varianz aufweisen und wobei größere und/oder kleinere Einzelwerte des Benetzungswinkels θ gemessen werden können.

Der Verbundwerkstoff 1 vereint die Vorteile des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 mit den Vorteilen des weiteren Werkstoffes 3. Durch den Kohlenstoffnanowerkstoff 2 weist

der Verbundwerkstoff 1 ein niedriges spezifisches Gewicht und eine geringe thermische Ausdehnung auf. Insbesondere bei der Verwendung von Kohlenstoffflocken 25 und Metall, insbesondere Kupfer, kann die Wärmeleitfähigkeit des Verbundwerkstoffes 1 über jener des Metalls in Reinform ausgebildet sein.

Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass der weitere Werkstoff 3 im Wesentlichen im gesamten Verbundwerkstoff 1 verteilt ist, wodurch – makroskopisch betrachtet – gleichmäßige und/oder anisotrope Werkstoffeigenschaften gewährleistet werden können.

Vorteilhafterweise kann der Kohlenstoffnanowerkstoff 2 des Verbundwerkstoffes 1 im wesentlichen vollständig vom weiteren Werkstoff 3 umhüllt sein, wodurch eine homogene Außenhülle gewährleistet ist und die im Wesentlichen komplette Außenoberfläche des Verbundwerkstoffes 1 metallische Eigenschaften beispielsweise in Hinsicht auf die Wärmeleitfähigkeit und auf die Verlotbarkeit aufweisen kann. Dies kann die Verwendung besonders vereinfachen.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Verbundwerkstoffes 1 kann einem im Wesentlichen linearen Mittelwert, entsprechend dem Gewichtsmischungsverhältnis vom Kohlenstoffnanowerkstoff 2 und vom weiteren Werkstoff 3, entsprechen. Derart kann der Wärmeausdehnungskoeffizient des Verbundwerkstoffes in der Größenordnung des Wärmeausdehnungskoeffizient eines Metalls entsprechen, womit bei der Verklebung und/oder bei der Verlotung eines Bauteiles aus Metall mit dem Verbundwerkstoff geringe Wärmedehnungsspannungen, also Spannungen aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten der einzelnen Werkstoffe des Verbundwerkstoffes 1, im Bereich einer Kontaktfläche auftreten. Die Verklebung und/oder Verlotung eignet sich derart zur zyklische thermische Belastung, wobei die hohe Dauerfestigkeit der Verklebung und/oder Verlotung gewährleistet sein kann.

Durch Einlagern des Kohlenstoffnanowerkstoffes 2 in den als Metall ausgebildeten weiteren Werkstoff 3 kann die thermische Ausdehnung im Vergleich zum Metall verringert werden, also im Normalfall wesentlich und messbar niedriger als die als die des Metalls sein. Derart kann eine gute Auflötbarkeit des Verbundwerkstoff 1 auf einem sogenannten DCB-Keramiken gewährleistet werden und die Gefahr eines Ablösens des Verbundwerkstoffes 1 von der DCB-Keramik bei thermischer und/oder mechanischer Wechselbeanspruchung kann zuverlässig vermieden werden. Besonders vorteilhaft ist insbesondere die dabei im Vergleich zum als Metall ausgebildeten weiteren Werkstoff 3

geringe thermische Ausdehnung des Verbundwerkstoffes 1, welche insbesondere einer selben Größenordnung der thermische Ausdehnung der DCB-Keramik sein kann.

Der Verbundwerkstoff 1 kann in nachfolgenden Verfahrensschritten weiterverarbeitet und/oder weiterbearbeitet werden. Beispielsweise kann der Verbundwerkstoff 1 mit einer zusätzlichen Oberflächenschicht beschichtet werden. Die zusätzliche Oberflächenschicht kann überwiegend ein oder mehrere Nichtmetalle oder überwiegend ein Metall und/oder eine Metalllegierung umfassen. Beispielsweise kann der Verbundwerkstoff 1 – beispielsweise umfassend das Kupfer und/oder die Kupferlegierung – mit einer zusätzlichen Silberschicht, Kupferschicht, Nickelschicht und/oder einer Legierungsschicht umfassend zumindest eines dieser Metalle stromlos und/oder galvanisch beschichtet werden. Diese zusätzliche Oberflächenschicht kann einen besonders niedrigen Wärmewiderstand und/oder eine besonders hohe elektrische Leitfähigkeit der Oberfläche des derart beschichteten Verbundwerkstoffes 1 gewährleisten. Weiterhin werden durch geschlossene und homogene Metallschichten gute Klebe- und Lötverbindungen ermöglicht.

Der Verbundwerkstoff 1 kann mittels spanender Bearbeitung einfach und kostengünstig weiterbearbeitet und/oder mit weiteren Bauteilen verbunden, insbesondere verlötet oder verklebt, werden. Derart können beispielsweise Messanordnungen, Wärmebrücken, elektrische Kontakte, Tragelemente ausgebildet werden. Ebenso kann der Verbundwerkstoff 1 aufgrund der vorteilhaften thermischen und mechanischen Eigenschaften als Wärmesenke insbesondere bei Halbleiterkomponenten eingesetzt werden. Dadurch kann der Verbundwerkstoff 1 ein, insbesondere einfach an die geometrischen Erfordernisse anzupassendes, kostengünstiges Bauteil ausbilden.

Weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen weisen lediglich einen Teil der beschriebenen Merkmale auf, wobei jede Merkmalskombination, insbesondere auch von verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen, vorgesehen sein kann.

Patentansprüche:

GIBLER & POTH
Patentanwälte OEG

Dorotheergasse 7 – A-1010 Wien – patent@aon.at
Tel: +43 (1) 512 10 98 – Fax: +43 (1) 513 47 76

30182/gg

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verbundwerkstoff (1), welcher zumindest einen eine Kohlenstoffnanostruktur umfassenden Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und einen weiteren Werkstoff (3) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) zumindest bereichsweise eine an der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes (2) ausgebildete Karbidschicht umfasst und dass der weitere Werkstoff (3) eine an der Karbidschicht wenigstens bereichsweise anhaftende Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht umfasst.
2. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff (2) als Kohlenstoffnanotubes und/oder als Kohlenstoffnanofasern ausgebildet ist.
3. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff (2) als Kohlenstoffnanorußpartikel, als Kohlenstoffnanoplättchen und/oder als Nanoporen im Kohlenstoffnanowerkstoff (2) ausgebildet ist.
4. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest bereichsweise auf der Oberfläche der Kohlenstoffnanostruktur die Karbidschicht ausgebildet ist und dass die Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht wenigstens bereichsweise an der auf der Oberfläche der Kohlenstoffnanostruktur ausgebildeten Karbidschicht anhaftet.
5. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) im Wesentlichen im gesamten Verbundwerkstoff (1) verteilt ist.

6. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) den Kohlenstoffnanowerkstoff (2) vollständig umhüllt.
7. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Karbidschicht wenigstens ein stöchiometrisches und/oder nicht stöchiometrisches Karbid umfasst.
8. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Karbid ein metallisches Karbid umfasst.
9. Verbundwerkstoff nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das metallische Karbid zumindest ein Element der Gruppen 4, 5 oder 6, bevorzugt ein Element der Gruppe 6, insbesondere Molybdän, umfasst.
10. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und/oder die Metalllegierungsschicht ein Metall der Gruppe 11 umfasst.
11. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht im Wesentlichen Kupfer und/oder die Metalllegierungsschicht im Wesentlichen eine Kupferlegierung umfasst.
12. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) gebrannt und porös ausgebildet ist.
13. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) offenporig mit einer Porosität zwischen 5 und 60 Vol.-% ausgebildet ist.
14. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) zumindest bereichsweise als zusammenhängender Kohlenstoffkörper (21) ausgebildet ist, und der Kohlenstoffkörper (21) in einem vorgebbaren Innenbereich (22) und/oder einem vorgebbaren Außenbereich (23) frei vom weiteren Werkstoff (3) ausgebildet ist.

15. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) Kohlenstoffflocken (25), Ruß, Diamant, Kohlenstoffpulver und/oder Kohlenstofffasern umfasst, wobei die Kohlenstoffflocken (25) insbesondere im Wesentlichen oval und/oder flach ausgebildet sind.
16. Verbundwerkstoff nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlenstoffflocken (25), der Ruß, der Diamant, das Kohlenstoffpulver, die Kohlenstofffasern, die Karbonnanofasern und/oder die Karbonnanotubes im Wesentlichen vollständig in dem weiteren Werkstoff (3) eingebettet sind.
17. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes (1), welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und einen weiteren Werkstoff (3) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest bereichsweise im Bereich der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes (2) eine Karbidschicht ausgebildet wird, der weitere Werkstoff (3) zumindest bereichsweise im Bereich der Karbidschicht angeordnet wird und der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und der weitere Werkstoff (3) einer Wärmebehandlung unterzogen werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) bei der Wärmebehandlung über seinen Schmelzpunkt erhitzt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass als weiterer Werkstoff (3) ein Metall und/oder eine Metalllegierung verwendet werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) in der Form von Kohlenstoffflocken verwendet wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) in den Kohlenstoffnanowerkstoff (2) infiltriert wird.

22. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 17 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und der weitere Werkstoff (3) bei der Wärmebehandlung gesintert werden.

Der Patentanwalt:

GIBLER & POTH
Patentanwälte OEG
Dorotheergasse 7 • A-1070 Wien • patent@aon.at
Tel: +43 (1) 512 10 93 • Fax: +43 (1) 512 47 76

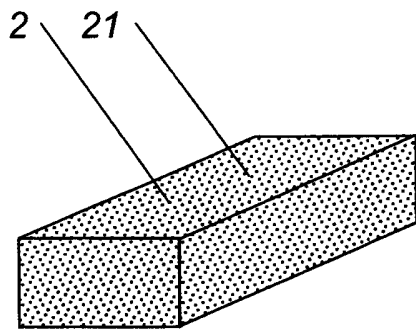


Fig. 1

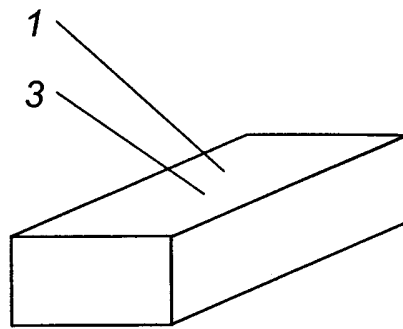


Fig. 2

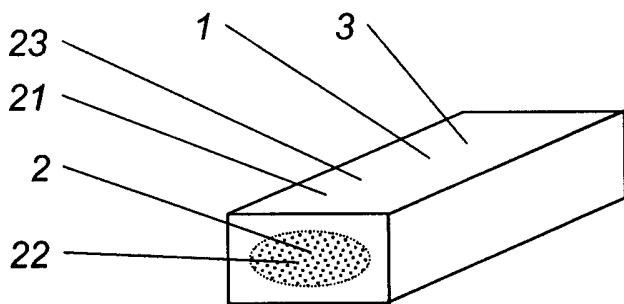


Fig. 3

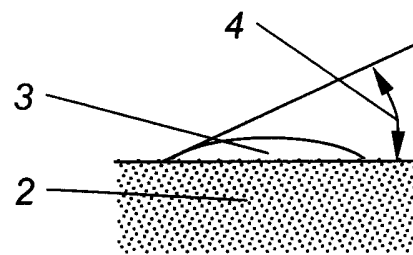


Fig. 4

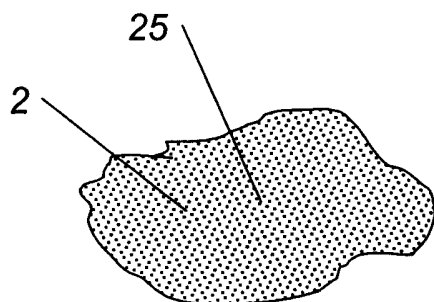


Fig. 5

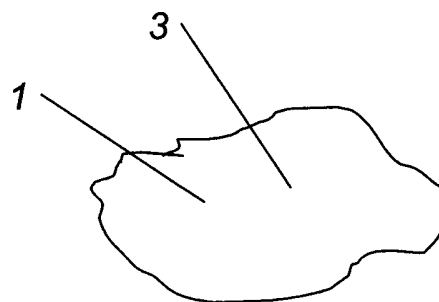
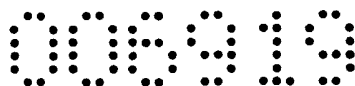


Fig. 6



GIBLER & POTH
Patentanwälte OEG

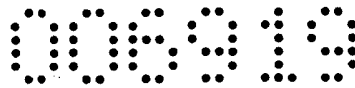
Dorotheergasse 7 – A-1010 Wien – patent@aon.at
Tel: +43 (1) 512 10 98 – Fax: +43 (1) 513 47 76

30182/gg

NEUE PATENTANSPRÜCHE

1. Verbundwerkstoff (1), welcher zumindest einen eine Kohlenstoffnanostruktur umfassenden Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und einen weiteren Werkstoff (3) umfasst, wobei der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) als zumindest bereichsweise eine an der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes (2) ausgebildete Karbidschicht umfasst und wobei der weitere Werkstoff (3) eine an der Karbidschicht wenigstens bereichsweise anhaftende Metallschicht und/oder Metalllegierungsschicht umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) zumindest bereichsweise als zusammenhängender Kohlenstoffkörper (21) ausgebildet ist, und dass der Kohlenstoffkörper (21) in einem Innenbereich (22) frei vom weiteren Werkstoff (3) ausgebildet ist.
2. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff (2) als Kohlenstoffnanotubes und/oder als Kohlenstoffnanofasern ausgebildet ist.
3. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlenstoffnanostruktur des Kohlenstoffnanowerkstoff (2) als Kohlenstoffnanorußpartikel, als Kohlenstoffnanoplättchen und/oder als Nanoporen im Kohlenstoffnanowerkstoff (2) ausgebildet ist.
4. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) im Wesentlichen im gesamten Verbundwerkstoff (1) verteilt ist.
5. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) den Kohlenstoffnanowerkstoff (2) vollständig umhüllt.

NACHGEREICHT



6. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Karbidschicht wenigstens ein stöchiometrisches und/oder nicht stöchiometrisches Karbid umfasst.
7. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Karbid ein metallisches Karbid umfasst.
8. Verbundwerkstoff nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das metallische Karbid zumindest ein Element der Gruppen 4, 5 oder 6, bevorzugt ein Element der Gruppe 6, insbesondere Molybdän, umfasst.
9. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und/oder die Metalllegierungsschicht ein Metall der Gruppe 11 umfasst.
10. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht im Wesentlichen Kupfer und/oder die Metalllegierungsschicht im Wesentlichen eine Kupferlegierung umfasst.
11. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) gebrannt und porös ausgebildet ist.
12. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) offenporig mit einer Porosität zwischen 5 und 60 Vol.-% ausgebildet ist.
13. Verbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) Kohlenstoffflocken (25), Ruß, Diamant, Kohlenstoffpulver und/oder Kohlenstofffasern umfasst, wobei die Kohlenstoffflocken (25) insbesondere im Wesentlichen oval und/oder flach ausgebildet sind.
14. Verbundwerkstoff nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kohlenstoffflocken (25), der Ruß, der Diamant, das Kohlenstoffpulver, die

Kohlenstofffasern, die Karbonnanofasern und/oder die Karbonnanotubes im Wesentlichen vollständig in dem weiteren Werkstoff (3) eingebettet sind.

15. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes (1), welcher zumindest einen Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und einen weiteren Werkstoff (3) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) zumindest bereichsweise als zusammenhängender Kohlenstoffkörper (21) ausgebildet wird, dass zumindest bereichsweise im Bereich der Oberfläche des Kohlenstoffnanowerkstoffes (2) eine Karbidschicht ausgebildet wird, dass der Kohlenstoffkörper (21) lediglich im Außenbereich (23) mit dem weiteren Werkstoff (3) anhaftend benetzt wird, wobei der weitere Werkstoff (3) zumindest bereichsweise im Bereich der Karbidschicht angeordnet wird, und dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und der weitere Werkstoff (3) einer Wärmebehandlung unterzogen werden, wobei der weitere Werkstoff (3) bei der Wärmebehandlung über seinen Schmelzpunkt erhitzt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Werkstoff (3) in den Kohlenstoffnanowerkstoff (2) infiltriert wird.

17. Verbundwerkstoff nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffnanowerkstoff (2) und der weitere Werkstoff (3) bei der Wärmebehandlung gesintert werden.

Der Patentanwalt:

GIBLER & POTH
Patentanwälte
Dorotheergasse 7 - A-1010 Wien - patent@aon.at
Tel: +43 (1) 512 10 98 - Fax: +43 (1) 513 47 76

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : C22C 49/00 (2006.01); C22C 47/00 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: C22C 49/00, C22C 47/00
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): C22C
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC, X-FULL, IPDL
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 10. Juli 2007 eingereichten Ansprüchen 1 - 22 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	JP 2004-010978 A (Sumitomo Electric Ind. Ltd.) 15. Jänner 2004 (15.01.2004) <i>Abstract; Beschreibung, [0017] - [0024], [0027], [0030] - [0033], [0042], [0049] - [0053], [0061] - [0062], [0069]; Ansprüche 1, 3, 8 - 10, 12</i> --	1 - 2, 4 - 11, 16 - 19, 22
A	US 2007/0134496 A1 (Katagiri et al.) 14. Juni 2007 (14.06.2007) <i>Abstract; Beschreibung, [0010] - [0011], [0023] - [0026]; Ansprüche 5 - 6</i> --	1 - 22
A	US 2007/0057415 A1 (Katagiri et al.) 15. März 2007 (15.03.2007) <i>Abstract; Beschreibung, [0010] - [0015], [0026] - [0028], [0033] - [0038], [0044] - [0046]; Ansprüche 11, 12</i> ----	17 - 22

Datum der Beendigung der Recherche:
8. Jänner 2008

☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt

Prüfer(in):
Dr. AIGNER

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand 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 ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.