



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 062 860 A1** 2010.07.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 062 860.3**
 (22) Anmeldetag: **23.12.2008**
 (43) Offenlegungstag: **01.07.2010**

(51) Int Cl.⁸: **B32B 18/00** (2006.01)
B32B 15/04 (2006.01)
B32B 27/06 (2006.01)
B32B 17/06 (2006.01)
B32B 37/14 (2006.01)
F41H 5/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(72) Erfinder:
**Grathwohl, Georg, 28207 Bremen, DE; Tushtev,
 Kamen, 28357 Bremen, DE; Murck, Michael, 27572
 Bremerhaven, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

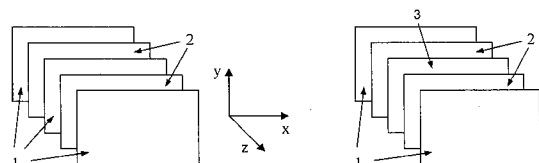
WO	02/0 81 194	A1
DE	603 11 439	T2
DE	201 12 138	U1
DE	34 22 329	A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Schichtverbundwerkstoff, Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung desselben**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schichtverbundwerkstoff, der aus im Wesentlichen alternierend angeordneten Schichten zumindest eines ersten Materials und zumindest eines zweiten Materials aufgebaut ist, wobei das erste Material und das zweite Material keine keramischen Werkstoffe sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Schichtverbundwerkstoff zumindest eine Keramikschicht umfasst; ein Verfahren zu dessen Herstellung sowie Verwendungen desselben.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schichtverbundwerkstoff, der aus im wesentlichen alternierend angeordneten Schichten zumindest eines ersten Materials und zumindest eines zweiten Materials aufgebaut ist, wobei das erste Material und das zweite Material keine keramischen Werkstoffe sind, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendungsmöglichkeiten desselben.

[0002] Werkstoffe, wie zum Beispiel Metalle, Keramiken und Polymere, sind durch ihre jeweils charakteristischen Eigenschaften gekennzeichnet. Durch das Konzept der Verbundwerkstoffe werden diese Eigenschaften kombiniert, um Schwächen der einfach aufgebauten Werkstoffe aufzuheben. So wird beispielsweise in glasfaserverstärkten Kunststoffen die Festigkeit gegenüber reinem Kunststoff deutlich gesteigert, Stahlbeton erträgt weit höhere Zugbeanspruchungen als unverstärkter Beton, und carbonfaserverstärkte Keramiken verlieren ihre extreme Anfälligkeit gegenüber Sprödbruch.

[0003] Ein prominentes Beispiel eines Verbundwerkstoffes ist glasfaserverstärktes Aluminium, das heißt ein Schichtverbundwerkstoff aus Aluminiumschichten und glasfaserverstärkten Kunststoffschichten, bekannt als Glare[®], das speziell für den Flugzeugbau entwickelt wurde und mittlerweile großflächig beim Airbus A380 eingesetzt wird. Nähere Informationen zu diesem glasfaserverstärkten Aluminiumverbundwerkstoff finden sich unter anderem in EP 0 056 288 A1, EP 0 056 289 A1, EP 0 312 150 A1 und EP 0 323 660 A1.

[0004] Aus dem Stand der Technik bekannte Schichtverbundwerkstoffe besitzen häufig jedoch vergleichsweise geringe Steifigkeiten. Dies gilt insbesondere für den oben beschriebenen Verbundwerkstoff aus glasfaserverstärktem Aluminium. Ein solcher Verbundwerkstoff (Glare[®] 3, lay-up 3/2) besitzt mit 58 GPa eine geringere Steifigkeit im Vergleich zum reinen Aluminium (73 GPa), siehe Guocai Wu und J. -M. Yang, The mechanical behavior of GLARE laminates for aircraft structures, JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society, (2005) Ausg. 57, Nr. 1, 72–79. Dieser Nachteil wirkt sich beispielsweise in einem reduzierten Widerstand von entsprechend hergestellten Blechen gegen Schwingungen aus. Aber auch die statische Belastbarkeit, der Widerstand gegen Ausbeulen und Bruch sind bei sehr dünnen Blechstärken beeinträchtigt.

[0005] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Probleme des Stands der Technik zu überwinden und den gattungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff derart weiter zu entwickeln, dass die technische Nutzbarkeit erweitert und die Verbundwerkstoffeigenschaften verbessert werden.

[0006] Ferner liegt eine weitere Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Schichtverbundwerkstoffes bereitzustellen, sowie Verwendungsmöglichkeiten anzugeben.

[0007] Die erste Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Schichtverbundwerkstoff zumindest eine Keramikschicht umfasst.

[0008] Dabei ist bevorzugt, dass die Verbindungen zwischen den Schichten stoffschlüssig sind.

[0009] Auch wird vorgeschlagen, dass die zumindest eine Keramikschicht eine Schicht des ersten und/oder zweiten Materials ersetzt. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass mehrere Schichten des ersten und/oder zweiten Materials durch mehrere Keramikschichten ersetzt werden. Jedoch soll der Keramikanteil im Schichtverbundwerkstoff nicht mehr als 50 Volumenprozent oder mehr als 30 Vol-% oder mehr als 15 Vol-% des Schichtverbundwerkstoffes ausmachen.

[0010] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die zumindest eine Keramikschicht zusätzlich zu den Schichten des zumindest ersten Materials und des zumindest zweiten Materials vorgesehen ist.

[0011] Der erfindungsgemäße Schichtverbundwerkstoff kann daher so aufgebaut sein, dass eine Schicht des ersten und/oder zweiten Materials durch eine Keramikschicht ausgetauscht wird. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die zumindest eine Keramikschicht zusätzlich zu den Schichten des ersten und zweiten Materials vorgesehen wird.

[0012] Bevorzugt ist ferner, dass mehrere Keramikschichten vorgesehen sind, die regelmäßig über den Schichtverbundwerkstoff verteilt sind oder in einem oder mehreren Bereichen des Werkstoffes konzentriert vorhanden sind.

[0013] Die Anzahl der vorzusehenden Keramikschichten richtet sich nach den gewünschten Eigenschaften

des Verbundwerkstoffs, die erzielt werden sollen. Für bestimmte Verbundwerkstoffe kann bereits die Bereitstellung einer einzigen Keramikschiicht ausreichend sein. Andere Verbundwerkstoffe benötigen die Bereitstellung mehrerer Keramikschiichten. Eine einzelne Keramikschiicht kann dabei zentriert innerhalb des Schichtverbundwerkstoffs angeordnet sein, oder weiter im Außenbereich des Werkstoffs. Mehrere Keramikschiichten können regelmäßig über den Schichtverbundwerkstoff verteilt angeordnet sein, oder konzentriert in einem oder mehreren Bereichen. Beispielsweise ist es denkbar, dass mehrere Keramikschiichten lediglich im Bereich nahe einer Außenfläche des Schichtverbundwerkstoffs konzentriert sind.

[0014] Erfindungsgemäß bevorzugt ist, dass die zumindest eine Keramikschiicht eine Dicke von unter 1 mm, bevorzugt 0,01–0,5 mm aufweist.

[0015] Auch wird vorgeschlagen, dass die Schichten des ersten Materials jeweils eine Dicke von kleiner 1 mm, bevorzugt 0,1–0,5 mm aufweisen, und/oder die Schichten des zweiten Materials jeweils eine Dicke von kleiner 1 mm, bevorzugt 0,1–0,5 mm aufweisen.

[0016] Bevorzugt ist ferner, dass die Keramikschiicht gesinterte Keramik und/oder nach anderen Verfahren hergestellte Keramik umfasst. Für den erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff können alle Keramiken eingesetzt werden, die als dünne Folien oder Beschichtungen auf Metallblechen und/oder Kunststofffolien herstellbar sind.

[0017] Eine Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die zumindest eine Keramikschiicht eine Porosität von weniger als 5 Volumen-% aufweist.

[0018] Bevorzugt ist, dass mehrere Keramikschiichten vorgesehen sind, die gleiche oder unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen.

[0019] Auch wird vorgeschlagen, dass die zumindest eine Keramikschiicht aus intakten oder segmentierten Keramiklagen besteht. Erfindungsgemäß ist es denkbar, dass sich die Keramikschiicht über die gesamte Fläche des Schichtverbundwerkstoffs erstreckt. Jedoch kann auch vorgesehen sein, dass lediglich lokale Verstärkungen mit einem oder mehreren kleineren Keramiksegmenten an besonders stark beanspruchten Stellen eingebaut sind.

[0020] Dabei ist bevorzugt, dass die Keramiksegmente in der Größe variieren können.

[0021] Besonders bevorzugt ist das erste Material ausgewählt aus Metall, Polymer oder Glas.

[0022] Besonders bevorzugt ist das zweite Material ausgewählt aus Metall, Polymer und Glas.

[0023] Am bevorzugtesten sind das erste und zweite Material verschieden voneinander.

[0024] Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass das erste Material und/oder zweite Material durch Einbettung von Faserkomponenten, wie beispielsweise Glasfasern, verstärkt ist.

[0025] Beispielhafte Schichtverbundwerkstoffe, in denen zumindest eine Keramikschiicht vorgesehen sein kann, sind auch ARARL (Aluminiumschichten, verbunden mit Ararmit-Faser verstärktem Epoxidharz), HYLITE (Aluminiumschichten, zusammengefügt mit Polypropylen) und Metallfaser verstärkter Verbundwerkstoff, wie er aus der DE 101 56 125 A1 bekannt ist. GLARE[®]-ähnliche Verbundwerkstoffe sind auch mit Kohlenstoff- oder Keramikfasern (z. B. SiC) bekannt und können als Grundlage für den erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff eingesetzt werden.

[0026] Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass eine Keramikschiicht auf zumindest einer Außenfläche des Schichtverbundwerkstoffs vorgesehen ist. Die Bereitstellung einer Keramikschiicht auf zumindest einer Außenfläche des Schichtverbundwerkstoffes kann dem Schichtverbundwerkstoff ein keramisches Aussehen vermitteln und ferner die Außenseite mit einer Keramik eigenen Eigenschaft versehen, wie beispielsweise einer verbesserten Kratzfestigkeit.

[0027] Schließlich kann vorgesehen sein, dass die einzelnen Schichten miteinander verklebt sind.

[0028] Erfindungsgemäß ist auch ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes, gekennzeichnet durch Aufschichten von alternierend angeordneten Schichten zumindest eines ersten Materials und

zumindest eines zweiten Materials, wobei das erste Material und das zweite Material keine keramischen Werkstoffe sind, und Anordnen zumindest einer Keramikschicht in dem Schichtaufbau, optional Verdichten der Aufschichtung und/oder Erwärmen auf eine Temperatur von unter 300°C.

[0029] Generell können für die Herstellung des erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffs bekannte Verfahren eingesetzt werden. Beispielsweise schließt die Herstellung des Verbundwerkstoffs GLARE® die folgenden Schritte ein:

- Vorbereitung der Aluminiumbleche (Schneiden, Konturfräsen, chemische Behandlung)
- Herstellung von faserverstärkten Prepregs
- Laminierung von Aluminium und Prepregs in Formwerkzeugen
- Aushärten im Autoklaven (im Vakuum, bei etwa 120°C)

[0030] Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffe könnte die zumindest eine Keramikschicht bevorzugt vor der Laminierung eingesetzt werden.

[0031] Der Schichtverbundwerkstoff kann in der Verfahrenstechnik, in der Medizintechnik oder im Maschinenbau verwendet werden. Beispiele sind Leichtbaustrukturen, Schusswesten und Gehäuse für Elektronik- und Energieanlagen.

[0032] Bevorzugt ist die Verwendung als Implantatmaterial, in Schusswesten oder in der Tribologie.

[0033] Überraschenderweise wurde festgestellt, dass der erfindungsgemäße Schichtverbundwerkstoff eine deutlich erweiterte technische Nutzbarkeit zeigt und die Verbundwerkstoffeigenschaften insgesamt verbessert. Dies wird dadurch erreicht, dass in einem Schichtverbundwerkstoff aus zwei Materialien, die keine keramischen Werkstoffe sind, zumindest eine Keramikschicht vorgesehen wird. Insbesondere ist es möglich, durch optimierte Kombination und Auswahl der Materialien des Schichtverbundwerkstoffes diesen einem gegebenen Beanspruchungsprofil optimal anzupassen. Dabei ist es bevorzugt, dass die Abfolge, Anzahl, Stärke und das Material der unterschiedlichen Schichten entsprechend den Anforderungen des neuartigen Werkstoffs festgelegt werden können. Die Verbindung der einzelnen Schichten kann über dem Fachmann bekannte Verfahren erfolgen, beispielsweise durch Verklebung der einzelnen Schichten miteinander. Bevorzugt werden die Keramikschichten bei der Laminierung bekannter Schichtverbundwerkstoffe mit anschließender Aushärtung eingefügt. Dabei können auch Schichtpaare wie keramische Beschichtungen auf metallischen Grundwerkstoffen nach bekannten Verfahren, wie chemischer und physikalischer Gasphasenabscheidung, Laserablation und Spritzverfahren, als Zwischenschritt hergestellt und zur Integration in den Schichtverbundwerkstoff eingefügt werden. Durch Variation und Ausrichtung faserverstärkter Schichtmaterialien können gezielt anisotrope Materialeigenschaften eingestellt werden.

[0034] Kern der vorliegenden Erfindung ist es, das flächenhafte keramische Komponenten, das heißt Keramikschichten in Form von Folien oder Plättchen, in Verbundwerkstoffe anderer Werkstoffklassen, beispielsweise Metalle, Polymere, Glas, integriert werden und ihre besonderen Eigenschaften, wie hohe Steifigkeit, Härte, Festigkeit, etc., auf diese Verbundwerkstoffe übertragen.

[0035] Hochleistungskeramikfolien besitzen zwar höchste Festigkeit, versagen allerdings spröde, das heißt ohne Vorankündigung und plastische Verformung, wenn sie als monolithische Bauteile eingesetzt werden. Im erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff haben die vorgesehenen Keramikschichten das Potential, ihre positiven Eigenschaften, wie hohe Festigkeit und Steifigkeit, auf den Schichtverbund zu übertragen und das Kompositmaterial insgesamt zu verbessern. Im Verbund werden durch die Wechselwirkung der unterschiedlichen Komponenten miteinander die spezifischen Empfindlichkeiten der Einzelschichten, insbesondere auch die Rissanfälligkeit monolithischer bzw. alleinstehender Keramikschichten vermieden. Die Eigenschaften der Verbundwerkstoffe werden durch Bereitstellung zumindest einer Keramikschicht entscheidend verbessert und auf bisher unerreichte Werte gesteigert. Die dabei erzielten Ergebnisse folgen dabei durchaus nicht nur dem einfachen Gesetz linearer Mischungsregeln. Vielmehr können bei entsprechend angepassten stereologischen Parametern und spezifischen Eigenschaften der eingesetzten Komponenten verstärkte (nicht lineare) Effekte bei der Steigerung der Verbundwerkstoffeigenschaften erreicht werden. Dies ist insbesondere bei komplexen mechanischen Beanspruchungen von großem Vorteil.

[0036] Ebenfalls ist es mit dem erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff möglich, eine weitergehende Realisierung des Leichtbauprinzips (erhöhte Steifigkeit und Festigkeit bei verringerter Masse des Bauteils) zu erreichen. Weitere Vorteile sind die Erhöhung der Bruchzähigkeit der Verbundwerkstoffe gegenüber monolithischen Keramiken, erhöhte Härte und Ausbeulwiderstand im Vergleich zu metallischen Blechen, gesteigerte

Duktilität und Risswiderstand gegenüber Keramikblechen sowie eine verbesserte Schwingfestigkeit, Insbesondere die Schwingfestigkeit kann zusammen mit einer verringerten Anfälligkeit gegenüber unerwünschten Schwingungen für den Fall von glasfaserverstärkten Aluminiumschichtwerkstoffen von großer technischer und wirtschaftlicher Bedeutung sein.

[0037] Weitere Merkmale und Vorteile des erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffs ergeben sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unter Berücksichtigung der beigegebenen Zeichnungen, in denen

[0038] Fig. 1 einen schematischen Aufbau eines Schichtverbundwerkstoffs aus dem Stand der Technik und eines erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffs zeigt und

[0039] Fig. 2 einen weiteren schematischen Aufbau eines Schichtverbundwerkstoffs aus dem Stand der Technik und eines erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffs zeigt.

Beispiel

[0040] Für das Beispiel wurde ein glasfaserverstärkter Aluminiumschichtverbundwerkstoff, wie er aus beispielsweise EP 0 312 150 A1 bekannt ist und insbesondere unter der Bezeichnung Glare® für den Flugzeugbau verwendet wird, als Grundlage genommen. Ein Schichtverbundwerkstoff aus dem Stand der Technik ist in Fig. 1 auf der linken Seite gezeigt. Dieser wurde hergestellt aus der schichtweisen Anordnung von drei Aluminiumschichten **1** (Aluminiumlegierung) und zwei Glasfaser-Komposit-Schichten **2**, das heißt mit glasfaserverstärkten Polymerschichten. In dem erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff, der in Fig. 1 auf der rechten Seite gezeigt ist, wurde die mittlere Aluminiumschicht gegen eine Keramikschicht **3** ausgetauscht.

[0041] In einer weiteren Variante, die in Fig. 2 gezeigt ist, wurde ein Schichtverbundwerkstoff gemäß dem Stand der Technik aus alternierenden Schichten von vier Aluminiumschichten **1** und drei Glasfaser-Komposit-Schichten **2** hergestellt. Ein erfindungsgemäßer Schichtverbundwerkstoff wurde dadurch erhalten, dass die beiden mittleren Aluminiumschichten **1** gegen Keramikschichten **3** ausgetauscht wurden.

[0042] Für die so hergestellten Schichtverbundwerkstoffe wurden Längs- und Biegesteifigkeiten ermittelt. Dazu wurden zunächst die elastischen Konstanten von Aluminium- und Glasfaserschichten aus dem Aufsatz von B. Harras, R. Benamar und R. G. White, „Experimental and theoretical investigation of the linear and non-linear dynamic behaviour of a Glare 3 hybrid composite Panel“, Journal of Sound and Vibration, 2002, 252 (2), 281–315 wie folgt entnommen:

Aluminiumlegierung 2423-T3:

Elastizitätsmodul: 72,39 GPa

Querkontraktionszahl: 0,33

Glasfaser-Komposit mit 0°/90°-Faserverstärkung:

Elastizitätsmodul (in-plane): 31,17 GPa

Elastizitätsmodul (transversal): 9,412 GPa

Schubmodul (in-plane): 5,548 GPa

Querkontraktionszahl (in-plane): 0,098

Querkontraktionszahl (transversal): 0,0575

[0043] Für die Herstellung der Schichtverbundwerkstoffe betrug die Dicke der Aluminiumschichten jeweils 0,3 mm, der Glasfaserschichten 0,25 mm und der Keramikschicht 0,3 mm.

[0044] Die Keramik wurde als ein isotropes Material betrachtet. Das Elastizitätsmodul betrug 300 GPa, die Querkontraktionszahl war 0,22.

[0045] Aus den Dickenverhältnissen der eingesetzten Schichten ergeben sich die folgenden Volumenanteile der Komponenten für die in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Schichtverbundwerkstoffe gemäß dem Stand der Technik und gemäß der Erfindung:

Tabelle 1: Volumenanteile der Komponenten

		Volumenanteil		
		Aluminium	Glasfaser-Komposit	Keramik
Fig. 1	Stand der Technik	0,64	0,36	-
	Erfindung	0,43	0,36	0,21
Fig. 2	Stand der Technik	0,62	0,38	-
	Erfindung	0,31	0,38	0,31

[0046] Für die oben beschriebenen Schichtverbundwerkstoffe wurden die folgenden Kenndaten ermittelt: in-plane elastische Konstanten: Elastizitätsmodul E_x , Querkontraktionszahl ν_{xy} und Schubmodul G_{xy} . Ferner wurde der transverse Elastizitätsmodul E_z und die Biegesteifigkeit ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt, wobei für die jeweiligen Kennwerte die prozentuale Veränderung für die erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffe gegenüber dem Stand der Technik angegeben worden sind.

Tabelle 2: Änderung der elastischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffs im Vergleich zu Schichtverbundwerkstoff aus dem Stand der Technik

	E_x [GPa]	E_z [GPa]	Querkontraktionszahl	Schubmodul	Biegesteifigkeit
Fig. 1	+85%	+5%	-10%	+7%	+43%
Fig. 2	+124%	+7%	-14%	+11%	+59%

[0047] Wie sich aus Tabelle 2 eindrucksvoll ergibt, wurden für den erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff deutlich verbesserte Kennwerte hinsichtlich der Elastizitätsmoduli, der Querkontraktionszahl, des Schubmoduls sowie der Biegesteifigkeit ermittelt. Insbesondere der in

[0048] Fig. 2 beschriebene erfindungsgemäße Schichtverbundwerkstoff zeigt gegenüber demjenigen aus dem Stand der Technik ohne Keramiksichten deutlich verbesserte Werte.

[0049] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wirklich sein.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 0056288 A1 [0003]
- EP 0056289 A1 [0003]
- EP 0312150 A1 [0003, 0040]
- EP 0323660 A1 [0003]
- DE 10156125 A1 [0025]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Guocai Wu und J. -M. Yang, The mechanical behavior of GLARE laminates for aircraft structures, JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society, (2005) Ausg.. 57, Nr. 1, 72–79 [0004]
- B. Harras, R. Benamar und R. G. White, „Experimental and theoretical investigation of the linear and non-linear dynamic behaviour of a Glare 3 hybrid composite Panel“, Journal of Sound and Vibration, 2002, 252 (2), 281–315 [0042]

Patentansprüche

1. Schichtverbundwerkstoff, der aus im wesentlichen alternierend angeordneten Schichten zumindest eines ersten Materials und zumindest eines zweiten Materials aufgebaut ist, wobei das erste Material und das zweite Material keine keramischen Werkstoffe sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schichtverbundwerkstoff zumindest eine Keramikschicht umfasst.
2. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungen zwischen den Schichten stoffschlüssig sind.
3. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Keramikschicht eine Schicht des ersten und/oder zweiten Materials ersetzt.
4. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Keramikschicht zusätzlich zu den Schichten des zumindest ersten Materials und des zumindest zweiten Materials vorgesehen ist.
5. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Keramikschichten vorgesehen sind, die regelmäßig über den Schichtverbundwerkstoff verteilt sind oder in einem oder mehreren Bereichen des Werkstoffs konzentriert vorhanden sind.
6. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Keramikschicht eine Dicke von unter 1 mm, bevorzugt 0,01–0,5 mm aufweist.
7. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten des ersten Materials jeweils eine Dicke von kleiner 1 mm, bevorzugt 0,1–0,5 mm aufweisen.
8. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten des zweiten Materials jeweils eine Dicke von kleiner 1 mm, bevorzugt 0,1–0,5 mm aufweisen.
9. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht gesinterte Keramik und/oder nach anderen Verfahren hergestellte Keramik umfasst.
10. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Keramikschicht eine Porosität von weniger als 5 Volumen-% aufweist.
11. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Keramikschichten vorgesehen sind, die gleiche oder unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen.
12. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Keramikschicht aus intakten oder segmentierten Keramiklagen besteht.
13. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramiksegmente in der Größe variieren können.
14. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Material ausgewählt ist aus Metall, Polymer oder Glas.
15. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material ausgewählt ist aus Metall, Polymer und Glas.
16. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und zweite Material verschieden voneinander sind.
17. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Keramikschicht auf zumindest einer Außenfläche des Schichtverbundwerkstoffs vorgesehen ist.
18. Schichtverbundwerkstoff nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Schichten miteinander verklebt sind.

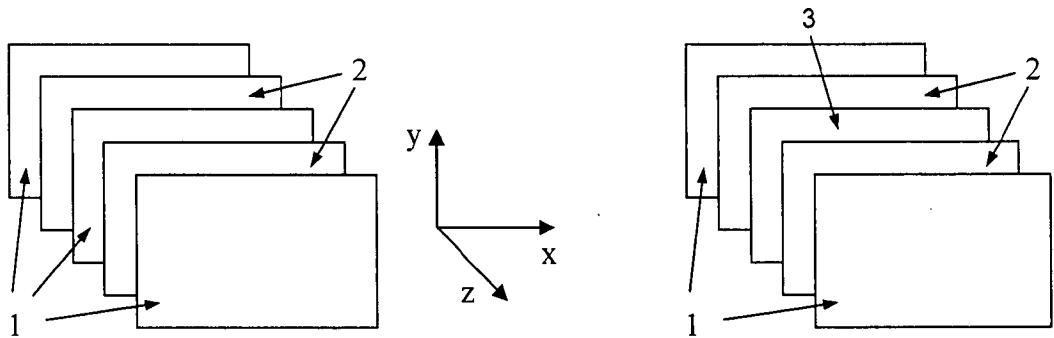
19. Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffs nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Aufschichten von alternierend angeordneten Schichten zumindest eines ersten Materials und zumindest eines zweiten Materials, wobei das erste Material und das zweite Material keine keramischen Werkstoffe sind, und Anordnen zumindest einer Keramischicht in dem Schichtaufbau, optional Verdichten der Aufschichtung und/oder Erwärmen auf eine Temperatur von unter 300°C.

20. Verwendung eines Schichtverbundwerkstoffs nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 18 in der Verfahrenstechnik, der Medizintechnik oder im Maschinenbau.

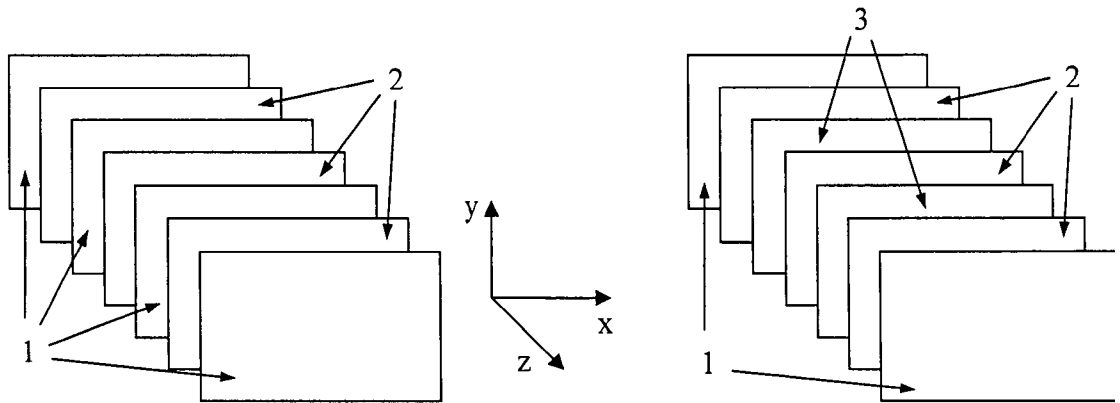
21. Verwendung eines Schichtverbundwerkstoffs nach Anspruch 20 als Leichtbaustruktur, in Schusswesten oder als Gehäuse für Elektronik- und Energieanlagen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2