



(11) **EP 2 147 985 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.01.2010 Patentblatt 2010/04

(51) Int Cl.:
C22C 33/02 ^(2006.01) **B22F 7/00** ^(2006.01)
G10K 11/165 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09009342.8**

(22) Anmeldetag: **17.07.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **17.07.2008 DE 102008034257**

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung der
angewandten Forschung e.V.
80686 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hutsch, Thomas, Dipl.-Ing
01309 Dresden (DE)**
• **Kieback, Bernd, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys.
01728 Possendorf (DE)**
• **Weissgärber, Thomas, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.
01328 Dresden (DE)**
• **Schmidt, Jürgen, Dr. rer.nat. Dipl.-Chem.
01187 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR
Patent- und Rechtsanwälte
An der Frauenkirche 20
01067 Dresden (DE)**

(54) **Gesinterter schall- und schwingungsdämpfender Werkstoff**

(57) Die Erfindung betrifft gesinterte schall- und schwingungsdämpfende Werkstoffe, die die Eigenschaft aufweisen, unerwünschte Geräusche und Vibrationen zu dämpfen. Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen Werkstoff, der mit einem Metall oder einer Metalllegierung als Basismaterial und einer Zweitphase gebildet ist, zur Verfügung zu stellen, mit dem eine erhöhte Dämpfung erreichbar ist und der zusätzlich eine Festigkeit aufweist,

dass er als Konstruktionswerkstoff eingesetzt werden kann. Der erfindungsgemäße Werkstoff ist mit mindestens einem Metall oder einer Metalllegierung, mit dem/der durch chemische Reaktion eine Carbidbildung möglich ist, und mit Kohlenstoff in Form von Graphit gebildet. Dabei beträgt der im Werkstoff enthaltene Anteil an Graphit mindestens 50 Vol.-%.

EP 2 147 985 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft gesinterte schall- und schwingungsdämpfende Werkstoffe, die die Eigenschaft aufweisen, unerwünschte Geräusche und Vibrationen zu dämpfen. Dabei wird mechanische Energie absorbiert und in Form von Wärme in ihre Umgebung abgegeben.

[0002] Unerwünschte Schwingungen/ Vibrationen, die ein großes Frequenzspektrum aufweisen können, entstehen in vielen Industriebereichen durch mechanische Bewegungen von Baugruppen. Die hohe Vibrationsbelastung in schwingenden Systemen führt zu verkürzten Lebensdauern und unerwünschten Ausfallzeiten bzw. Stillstandzeiten der beanspruchten Bauteile. Erhebliche Probleme entstehen auch durch die Lärmentwicklung aufgrund von Schwingungen.

[0003] Die Aufnahme oder Minderung unerwünschter Schwingungsenergie beinhaltet die Umwandlung dieser Energieform in eine andere, in der Mehrzahl der Fälle in Wärme. Aus molekularer Sicht besteht der wichtigste Unterschied zwischen Wärmeenergie und Schwingungsenergie in der Zufälligkeit des Richtungsvektors für die Auslenkung der Atome um ihre Gleichgewichtslage. Die Schwingungsenergie ist sehr stark mit der Kollektivbewegung der Atome zur selben Zeit und in dieselbe Richtung verbunden. Wärmeenergie hingegen kann denselben oder einen größeren Energiewert aufweisen als die sich selbst fortpflanzende Schwingungsenergie. Der große Unterschied besteht jedoch darin, dass die Bewegung der Atome um ihre Gleichgewichtslage zufällig ist und gleichzeitig die mittlere Auslenkung nahezu den Wert Null aufweist.

[0004] Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten bekannt, mit deren Hilfe der einheitliche Richtungsvektor der Atome in einem Material verändert werden kann, während Energie in Form von Schwingungen durch das Material hindurchtransportiert wird.

[0005] Aus US 5,400,296 ist es bekannt zwei oder mehrere verschiedene Verstärkungspartikel in einer Matrix einzusetzen, um zufällige Reflexionen an den Grenzflächen zwischen Verstärkungspartikel und Matrixmaterial zu fördern. Allgemein anerkannt ist, dass Defekte der Mikrostruktur einen entscheidenden Einfluss auf das Dämpfungsverhalten von Materialien aufweisen. Aus diesen Überlegungen heraus wurde eine Vielzahl an Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen (MMCs) entwickelt. Die gesteigerten Dämpfungseigenschaften werden durch Einbringen von Verstärkungskomponenten erzielt, die selbst eine hohe intrinsische Dämpfung aufweisen oder die Mikrostruktur der Matrix stark verändern. Als Verstärkungspartikel werden vorrangig SiC, Al₂O₃ und Graphit eingesetzt. Von R.K.Everett, R.J.Arsenault, Metal Matrix Composite Processing and Interfaces, Academic Press, Boston, MA, 1991 und P.K.Rohatgi et al. und S.G. Fishman et al., wurde in "Cast Reinforced Metal Composite", ASM, Materials Park, Ohio, 1988, Seite 375 vorgeschlagen, durch Druckinfiltration MMCs vorrangig mit Aluminium bzw. Aluminiumlegierung als Matrix herzustellen. Für Aluminiumlegierungen ist dabei festzustellen, dass die Einlagerung von Graphitpartikeln das Dämpfungsverhalten verbessert. Der E-Modul nimmt jedoch mit steigendem Graphitgehalt ab.

[0006] In US 4,946,647 werden metallische Verbundwerkstoffe mit Aluminiummatrix und Graphitpartikeln als Verstärkungskomponente beschrieben. Dem Zugewinn an Dämpfungseigenschaften gegenüber reinem Aluminium steht eine drastische Einbuße an Festigkeitswerten gegenüber. Dadurch sind die auf diesem Wege herstellbaren Werkstoffe als Konstruktionswerkstoff in den meisten Fällen ungeeignet. Abhilfe schafft die Beschränkung des Graphitanteils auf maximal 10 Masse-%.

[0007] Im US 4,236,925 wird vorgeschlagen einen Verbundwerkstoff mit gesteigerten Dämpfungseigenschaften herzustellen. Dabei sollen eine Verstärkungskomponente (Graphit oder Blei oder Magnesium) mit dem Matrixmetallpulver vermischt werden. Dieses können Eisen, Kupfer oder Aluminium bzw. deren Legierungen sein. Die Konsolidierung der Mischung beinhaltet Formpressen, Kapseln des Formkörpers, darauf folgende Verformung (z.B. Walzen) und Wärmebehandlung der plastisch verformten Kapsel samt Inhalt. Die Wärmebehandlungstemperatur muss dabei oberhalb der Rekristallisationstemperatur der Matrix gehalten sein. Ziel ist es dabei, dass die Matrix rekristallisiert und die Verstärkungskomponente in Form von Spindeln an den Korngrenzen bzw. in den Matrixkörnern aggregiert. Dieses Vorgehen ist sehr kompliziert und kostenintensiv, gleichzeitig ist diese Methode auf Verstärkungskomponenten beschränkt, die spindelförmig sind.

[0008] In US 6,346,132 wird ein Metall/Metall-Verbundwerkstoff beschrieben. Als Matrix wird eine Aluminiumlegierung bevorzugt. Die metallische Zweitphase weist ein teilweise martensitisches Gefüge auf. Dazu werden hauptsächlich Legierungen mit Nickel und Titan eingesetzt. Zusätzlich können Additive eingesetzt werden, die Martensit stabilisieren.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen Werkstoff, der mit einem Metall oder einer Metalllegierung als Basismaterial und einer Zweitphase gebildet ist, zur Verfügung zu stellen, mit dem eine erhöhte Dämpfung erreichbar ist und der zusätzlich eine Festigkeit aufweist, dass er als Konstruktionswerkstoff eingesetzt werden kann.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Werkstoff, der die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Er kann mit einem Verfahren nach Anspruch 5 hergestellt werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

[0011] Der durch ein gezieltes Sintern hergestellte erfindungsgemäße Werkstoff ist dabei mindestens mit einem Metall oder einer Metalllegierung und Kohlenstoff in Form von Graphit gebildet. Der Anteil an Graphit ist bei mindestens 50 Vol.-% gehalten. Das Metall oder die Metalllegierung sind so ausgewählt, dass durch chemische Reaktion eine Carbid-

bildung möglich werden kann. Der Anteil an Carbid im fertig hergestellten Werkstoff liegt aber unterhalb des Graphitanteils. Er kann durch Beeinflussung bei der zur Sinterung führenden Wärmebehandlung eingestellt werden, wobei kleine Anteile bevorzugt sind. Er sollte zumindest kleiner 35 Vol.-%, bevorzugt kleiner 30 Vol.-% sein.

[0012] Durch Einlagerung von Graphit in zwei- bzw. dreidimensionaler Verteilung können die Dämpfungseigenschaften verbessert werden. Gleichzeitig weist der erfindungsgemäße Werkstoff einen höheren Elastizitätsmodul als zu erwarten war auf. Er kann dabei größer 50 GPa in mindestens einer Achsrichtung sein. Bevorzugt sind Werte von mindestens 70 GPa und ganz besonders bevorzugt Werte oberhalb 130 GPa für den E-Modul.

[0013] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird Graphit als Zweitphase genutzt, um die Dämpfungseigenschaften des Basismaterials deutlich zu verbessern. Durch die Variation des Graphitgehaltes im erfindungsgemäßen Werkstoff können die Eigenschaften Elastizitätsmodul und Dämpfungsfaktor an die Einsatzbedingungen angepasst werden.

[0014] Als geeignetes Metall oder eine geeignete Metalllegierung werden Eisen, Wolfram, Molybdän, Vanadium oder Tantal sowie deren Legierungen eingesetzt.

[0015] Es können aber weitere Metalle, Metalllegierungen, Verstärkungskomponenten oder andere Zusatzstoffe zusätzlich enthalten sein. Dabei sollte der Anteil an Carbid bildendem Metall jedoch höher sein. Aluminium oder auch Kupfer sollten dabei nicht oder nur mit sehr kleinen Anteilen ggf. als Legierungsbestandteil enthalten sein. Dies trifft auch auf Silicium zu. Der Anteil dieser chemischen Elemente sollte dabei kleiner 2 Masse-% sein.

[0016] Durch inniges Mischen von metallischem Basismaterial und Graphit als Zweitphase kann eine homogene Pulvermischung hergestellt werden, so dass die Zweitphasenpartikel vollständig von dem Basismaterialpulver umhüllt sind. In der Pulvermischung, die zur Herstellung des Werkstoffs eingesetzt wird, sollte kein Carbid zumindest jedoch kein Carbid des eingesetzten carbidbildenden Metalls oder einer solchen Metalllegierung enthalten sein. Das im fertig hergestellten Werkstoff enthaltene Carbid kann ausschließlich durch eine chemische Reaktion des eingesetzten Metallpulvers mit dem Kohlenstoff bei der Wärmebehandlung gebildet werden.

[0017] Zur Konsolidierung eines erfindungsgemäßen Werkstoffes sind Verfahren, die in kurzer Zeit und somit auch kostengünstig eingesetzt werden können, zu bevorzugen. Hierfür geeignete Verfahren sind beispielsweise induktiv- oder konduktiv beheiztes Heißpressen und abgewandelte Verfahren. An dieser Stelle seien das Spark Plasma Sintern (SPS) und das Field Assisted Sintering (FAST) als besonders geeignete Beispiele angeführt. Eine entsprechende Menge der Pulvermischung kann in eine Matrize (beispielsweise aus Graphit) oder eine Kapsel gefüllt und gegebenenfalls mit einem Druck von einigen MPa vorverdichtet werden. Die befüllte Matrize kann in eine entsprechende Heisspresse eingesetzt und anschließend evakuiert werden. Durch Variation von Heiz- und Abkühlraten in Verbindung mit kurzen Sinterzeiten und definierten Pressdrücken gelingt es einerseits das matrixbildende Pulver zu sintern und gleichzeitig den Gehalt und die Ausprägung des Carbidnetzwerkes zu steuern. Ggf. nach einer Haltezeit bei der gewünschten Sintertemperatur kann eine Abkühlung durchgeführt, die Kammer belüftet und die Matrize samt Probe entnommen werden. Anschließend wird die Probe aus erfindungsgemäßigem Werkstoff ausgeformt.

[0018] Der Anteil an im fertigen Werkstoff enthaltenem Carbid kann durch geringere Heizraten, längere Haltezeit und kleinere Kühlrate erhöht werden. Die Carbidbildung wird dabei verhindert bzw. reduziert, wenn hohe Heiz- und hohe Kühlraten und/oder kürzere Haltezeiten der maximalen Temperatur beim Sintern gewählt werden. Auch die maximale Temperatur hat Einfluss auf eine Bildung von Carbid. Bei höheren maximalen Temperaturen kann ein höherer Anteil gebildet worden sein. Die Heizrate sollte mindestens 20 K/min betragen. Wie bereits angesprochen können zur Einhaltung eines kleineren Carbidanteils auch deutlich höhere Heizraten genutzt werden, die oberhalb 100 K/min liegen können. Die maximale Temperatur wird im Wesentlichen vom eingesetzten Metall oder einer Metalllegierung und dessen/deren Sinterverhalten bestimmt.

[0019] Die mittlere Partikelgröße d_{50} sollte bei Metall kleiner 10 μm bevorzugt kleiner 5 μm sein. Die mittlere Flokkengröße des eingesetzten Graphits sollte im Bereich 30 bis 900 μm , bevorzugt im Bereich 60 bis 120 μm gehalten sein.

[0020] Bei der Herstellung sollte so vorgegangen werden und Ausgangspulver eingesetzt werden, dass ein erfindungsgemäßer Werkstoff eine theoretische Dichte von mindestens 80 %, bevorzugt mindestens 90 % nach dem Sintern aufweist.

[0021] Der erfindungsgemäße Werkstoff zeichnet sich neben seinen guten Dämpfungseigenschaften auch durch seine mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit und Steifigkeit aus. Diese sind deutlich besser als bei vergleichbaren Werkstoffen, die mit Kupfer oder Aluminium und Graphit gebildet sind.

[0022] Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

[0023] Figur 1 einen Querschliff durch ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Werkstoffs, der mit Eisen und Graphit mit einem Anteil von 60 Vol.-% gebildet ist und

[0024] Figur 2 ein Diagramm, mit dem die Abhängigkeit des Produktes aus E-Modul und Dämpfungsfaktor vom im erfindungsgemäßen Werkstoff enthaltenen Graphit, der außerdem mit Eisen gebildet ist, verdeutlicht ist.

Beispiel 1:

[0025] 400,5 g Eisenpulver mit einem mittleren Partikeldurchmesser kleiner 5 μm und 152,68 g Graphit mit einer mittleren Flockengröße von 80 μm wurden innig miteinander gemischt. Von der Pulvermischung wurden 70 g in eine Graphitmatrize mit einem Durchmesser von 45 mm gefüllt, in eine Spark Plasma Sinter Anlage eingesetzt und unter einem Vorpressdruck von 5 MPa bis auf einen Druck von 10^{-2} mbar evakuiert. Anschließend wurde der Pressdruck auf 20 MPa erhöht und mit einer Heizrate von 300 K/min bis auf 1050 °C aufgeheizt. Nach einer Haltezeit von 10 s wurde mit einer mittleren Kühlrate von ca. 150 K/min auf 400 °C abgekühlt. Danach wurde der mechanische Druck auf 0 MPa reduziert und die Vakuumkammer bei einer Temperatur von ca. 100 °C belüftet. Im fertigen Werkstoff war der Anteil an Graphit größer 55 Vol.-%, der Anteil an Eisencarbid lag bei einem Wert kleiner 5 Vol.-% und der Rest bestand aus Eisen.

Beispiel 2:

[0026] 400,5 g Eisenpulver mit einem mittleren Partikeldurchmesser kleiner 5 μm und 152,68 g Graphit mit einer mittleren Flockengröße von 80 μm wurden innig miteinander vermischt. Von der Pulvermischung wurden 70 g in eine Graphitmatrize mit einem Durchmesser von 45 mm gefüllt, in eine Spark Plasma Sinter Anlage eingesetzt und unter einem Vorpressdruck von 5 MPa bis auf einen Druck von 10^{-2} mbar evakuiert. Anschließend wurde der Pressdruck auf 20 MPa erhöht und mit einer Heizrate von 300 K/min bis auf eine Temperatur von 1050 °C aufgeheizt. Nach einer Haltezeit von 20 min wurde mit einer mittleren Kühlrate von ca. 150 K/min auf 400 °C abgekühlt. Danach wurde der mechanische Druck auf 0 MPa reduziert und die Vakuumkammer bei einer Temperatur von ca. 100 °C belüftet. Im fertigen Werkstoff war der Anteil an Graphit im Bereich 50 bis 60 Vol.-%, der Anteil an Eisencarbid war kleiner 20 Vol.-% und der Rest bestand aus Eisen.

Beispiel 3:

[0027] 220,73 g Wolframpulver mit einem mittleren Partikeldurchmesser kleiner 3 μm und 55,81 g Graphit mit einer mittleren Flockengröße von 80 μm wurden innig miteinander vermischt. Von der Pulvermischung wurden 90 g in eine Graphitmatrize mit einem Durchmesser von 45 mm gefüllt, in eine Spark Plasma Sinter Anlage eingesetzt und unter einem Vorpressdruck von 5 MPa bis auf einen Druck von 10^{-2} mbar evakuiert. Danach wurde der Pressdruck auf 20 MPa erhöht und mit einer Heizrate von 100 K/min bis auf 900 °C aufgeheizt und anschließend 5 min gehalten. Anschließend wurde unter einem mechanischen Druck von 40 MPa in 4 min auf 1995 °C aufgeheizt. Nach einer Haltezeit von 10 s wurde mit einer mittleren Kühlrate von ca. 150 K/min auf 400 °C abgekühlt. Danach wurde der mechanische Druck auf 0 MPa reduziert und die Vakuumkammer bei einer Temperatur von ca. 100 °C belüftet. Im fertigen Werkstoff war der Anteil an Graphit größer 68 Vol.-%, der Anteil an Wolframcarbid lag bei ca. 20 Vol.-% und der Rest bestand aus Wolfram.

[0028] Die in den Beispielen 1 bis 3 hergestellten Werkstoffe wurden hinsichtlich Dichte, geometrieunabhängigem Dämpfungsfaktor Q^{-1} und Elastizitätsmodul E charakterisiert (Tabelle 1). Der Dämpfungsfaktor Q^{-1} und E-modul E wurden mittels der Methode der Impulsanregung mit einem Messgerät RFDA System 23 RFDF-Mf der Firma IMCE NV bestimmt.

Tabelle 1: Eigenschaften der Ausführungsbeispiele 1 bis 3

	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Dichte [g/cm^3]	4,5	4,6	8,0
Dämpfungsfaktor Q^{-1}	0,007	0,005	0,007
Elastizitätsmodul E [GPa]	80	82	170
$E \cdot Q^{-1}$	0,56	0,41	1,19

[0029] Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass ein der vorliegenden Erfindung gemäßer Werkstoff ausgezeichnete Dämpfungseigenschaften mit einem hohen E-Modul vereint.

Beispiel 4

[0030] Es wurden 152 g Edelstahlpulver mit einem mittleren Partikeldurchmesser kleiner 30 μm und 58 g Graphit mit einer mittleren Flockengröße von 90 μm innig miteinander vermischt. Das austenitische Edelstahlpulver 316L hatte eine Zusammensetzung 2 Masse-% Mn, 0,045 Masse-% P, 16,5 Masse-% bis 18,5 Masse-% Cr, 2 Masse-% bis 2,5 Masse-%

% Mo, 10 Masse-% bis 13 Masse-% Ni mit einem Restanteil Eisen. Der Anteil an Si lag unterhalb 1 Masse-%. Von der so vorbereiteten Pulvermischung wurden 70 g in eine Graphitmatrize mit einem Durchmesser von 45 mm gefüllt, dann in eine Spark-Plasma-Sinter-Anlage eingesetzt und unter einem Vorpressdruck von 5 MPa bis auf einen Druck von 10^{-2} mbar evakuiert. Im Anschluss wurde der Pressdruck auf 20 MPa erhöhte und mit einer Heizrate von 400 K/min bis auf eine Temperatur von 1150 °C erwärmt. Nach einer Haltezeit von 10 s wurde mit einer mittleren Kühlrate von 150 K/min auf 400 °C abgekühlt. Im Anschluss daran wurde der mechanische Druck auf 0 MPa reduziert und die evakuierte Kammer bei einer Temperatur von ca. 100 °C belüftet.

[0031] Der so hergestellte Werkstoff hatte eine Wärmeleitfähigkeit in mindestens eine Achsrichtung von 170 W/mK, einen thermische Ausdehnung in mindestens eine Achsrichtung von 12,3 ppm/K, einen E-Modul von 80 GPa, eine physikalische Dichte von 4,57 g/cm³ und einen Faktor aus E-Modul und geometrieunabhängigem Dämpfungsfaktor von 0,4 GPa.

Patentansprüche

1. Gesinterter schall- und schwingungsdämpfender Werkstoff, der mit mindestens einem Metall oder einer Metalllegierung, ausgewählt ist aus Eisen, Wolfram, Molybdän, Vanadium und Tantal, mit dem/der durch chemische Reaktion eine Carbidbildung möglich ist, und mit Kohlenstoff in Form von Graphit gebildet ist, wobei der Anteil an Graphit mindestens 50 Vol.-% beträgt und der Anteil an Carbid im Werkstoff unterhalb des Anteils an Graphit liegt und kein oder ein sehr kleiner Anteil an Aluminium, Kupfer und Silicium enthalten ist.
2. Werkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil an im Werkstoff enthaltenen Carbid kleiner 35 Vol.-% ist.
3. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen E-Modul von mindestens 50 GPa und das Produkt des E-Moduls mit einem geometrieunabhängigen Dämpfungsfaktor in mindestens eine Achsrichtung einen Wert von mindestens 0,4 GPa aufweist.
4. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine theoretische Dichte von mindestens 80 % aufweist.
5. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffs nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine mit Graphit und mindestens einem Metall oder Metalllegierung, mit dem/der durch chemische Reaktion eine Carbidbildung möglich ist, gebildete Pulvermischung in einer Matrice/Kapsel unter Druckkraftbeaufschlagung in eine vorgegebene Form gebracht und eine Sinterung mit einer Heiz- und Kühlrate von mindestens 20 K/min durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Pulvermischung eingesetzt wird, in der kein Carbid enthalten ist.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sinterung in zwei Stufen durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sinterung in einer Spark Plasma Sinter- (SPS) oder einer Field Assisted Sintering-Anlage (FAST) durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Metallpulver mit einer mittleren Partikelgröße kleiner 10 µm und Graphit mit einer mittleren Flockengröße im Bereich von 30 µm bis 900 µm eingesetzt wird.



Fig. 1

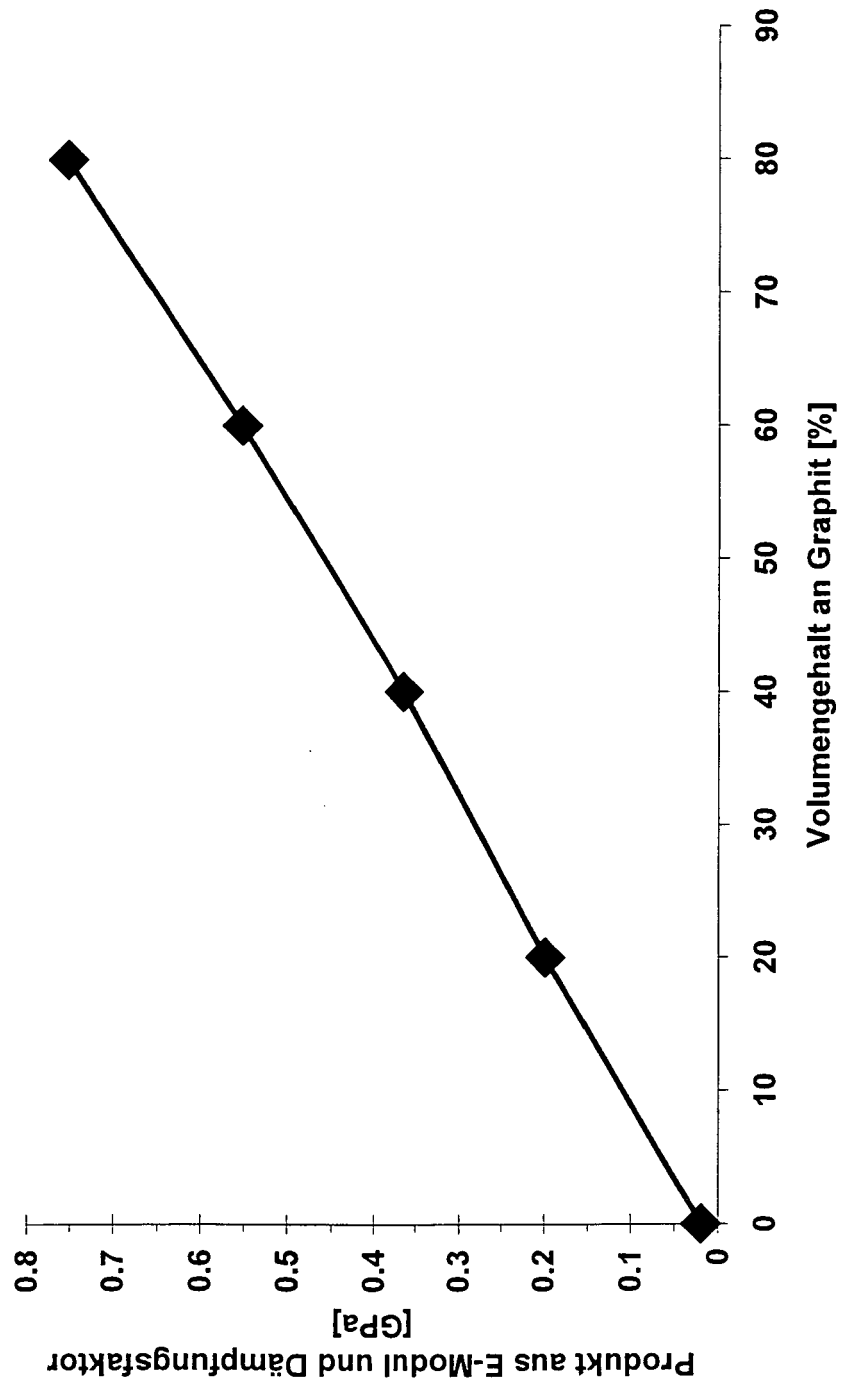


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 00 9342

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2006 056988 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 10. April 2008 (2008-04-10) * Absatz [0019] - Absatz [0020] * * Ansprüche 1,2,4,10,11 * -----	1-9	INV. C22C33/02 B22F7/00 G10K11/165
X	EP 1 168 438 A2 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 2. Januar 2002 (2002-01-02) * Beispiel 1 * -----	1-9	
A	US 6 162 497 A (BEANE ALAN F [US] ET AL) 19. Dezember 2000 (2000-12-19) * Spalte 2, Zeilen 12-18 * -----	1-9	
A	US 5 998 733 A (SMITH CARL R [US]) 7. Dezember 1999 (1999-12-07) * Spalte 3, Zeilen 28-46 * -----	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C22C B22F G10K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. November 2009	Prüfer González Junquera, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 09 00 9342

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-11-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006056988 A1	10-04-2008	JP 2008095171 A	24-04-2008
		KR 20080032018 A	14-04-2008
		US 2008085403 A1	10-04-2008
EP 1168438 A2	02-01-2002	JP 2002080280 A	19-03-2002
		US 2002041959 A1	11-04-2002
US 6162497 A	19-12-2000	KEINE	
US 5998733 A	07-12-1999	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5400296 A [0005]
- US 4946647 A [0006]
- US 4236925 A [0007]
- US 6346132 B [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Von R.K.Everett ; R.J.Arsenault. Metal Matrix Composite Processing and Interfaces. Academic Press, 1991 [0005]
- P.K.Rohatgi ; S.G. Fishman et al. Cast Reinforced Metal Composite. ASM, 1988 [0005]