

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 910 679 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**25.07.2001 Patentblatt 2001/30**

(51) Int Cl.7: **C22C 1/10, C22F 1/18**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/AT97/00062**

(21) Anmeldenummer: **97913970.6**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 97/36015 (02.10.1997 Gazette 1997/42)**

(22) Anmeldetag: **26.03.1997**

### (54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES VERBUNDWERKSTOFFES

PROCESS FOR PRODUCING A COMPOSITE MATERIAL

PROCEDE DE FABRICATION D'UN MATERIAU COMPOSITE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT CH DE FR GB IT LI NL**

(56) Entgegenhaltungen:

**WO-A-93/02222**

**US-A- 3 270 412**

**US-A- 3 945 555**

(30) Priorität: **27.03.1996 AT 17196**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**28.04.1999 Patentblatt 1999/17**

(73) Patentinhaber: **Rödhammer, Peter**

**6600 Reutte (AT)**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 014, no. 363 (C-0746), 7.August 1990 & JP 02 133550 A (NIPPON STEEL CORP), 22.Mai 1990,
- **DATABASE WPI** Section Ch, Week 7646 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L03, AN 76-85084X XP002034967 & CA 999 057 A (HANDY & HARMAN) , 26.Oktober 1976
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 017, no. 025 (C-1017), 18.Januar 1993 & JP 04 246162 A (DAIDO STEEL CO LTD), 2.September 1992,

(72) Erfinder: **Rödhammer, Peter**

**6600 Reutte (AT)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 0 910 679 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes bestehend aus einer Matrixkomponente aus einem oder mehreren Metallen bzw. deren Legierungen, ausgewählt aus der Gruppe IVB bis VIB des Periodensystems, sowie aus einer festigkeitssteigernden Komponente.

**[0002]** Die hochschmelzenden Metalle Titan, Zirkon, Hafnium; Vanadium, Niob, Tantal; Chrom, Molybdän, Wolfram und Rhenium sowie deren Legierungen zeichnen sich durch hohe Festigkeiten und Kriechfestigkeiten bei hohen Temperaturen aus. Der Hochtemperatur-Einsatzbereich dieser Werkstoffe reicht von etwa 650°C bei fortschrittlichen Titanlegierungen bis zu etwa 2200°C bei Wolframlegierungen. Charakteristisch für diese Werkstoffe ist es, daß in der Regel die Grenzen der Einsatztemperatur umso höher hinaufgehen, je größer die Dichte des entsprechenden Werkstoffes ist. Speziell bei bewegten Komponenten sowie im Luft- und Raumfahrtbereich ist daher der Hochtemperatur-Einsatzbereich eines Werkstoffes vielfach aufgrund eines zu hohen spezifischen Gewichtes beschränkt.

**[0003]** Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, die Hochtemperaturfestigkeit der hochschmelzenden Werkstoffe weiter zu verbessern, um einerseits den Hochtemperatur-Einsatzbereich insgesamt zu vergrößern und andererseits auch Werkstoffen mit niedrigerer Dichte, wie sie bei bewegten Komponenten und in der Luft- und Raumfahrttechnik bevorzugt verwendet werden, die notwendigen Hochtemperatur-Festigkeiten zu verleihen. Bekannte Mechanismen der Hochtemperatur-Festigkeitssteigerung sind die Mischkristallhärtung, die Dispersionshärtung und die Ausscheidungshärtung. Die Maximierung des festigkeitssteigernden Effekts bei diesen Mechanismen erfordert verfestigende Komponenten im atomaren (Mischkristallhärtung) bzw. im Sub-Mikrometerbereich. Die Grenzen dieser Mechanismen sind dort gegeben, wo sich die verfestigenden Elemente entweder in der Matrix lösen (im Fall Ausscheidungen und Dispersoiden) oder aber zu größeren Partikeln zusammenwachsen. Immerhin konnten durch derartige Maßnahmen die Einsatztemperaturen der hochschmelzenden Metalle jeweils um eine Größenordnung von 100°C bis zu einigen 100°C zu höheren Temperaturen hin ausgeweitet werden. Aber auch bei diesen Werkstoffen ist die erzielbare Hochtemperaturfestigkeit für gewisse Anwendungen noch nicht ausreichend.

**[0004]** Leicht- und Buntmetalle werden häufig durch die Einlagerung von festigkeitssteigernden Komponenten wie oxidische oder karbidische Werkstoffe in Form von Filamenten, Plättchen, Whiskern und dgl. verfestigt. Die Herstellung dieser Werkstoffe erfolgt in der Regel durch schmelzmetallurgische Verfahren, teilweise auch durch pulvermetallurgische Verfahren, wobei insbesondere die Verwendung von Whiskern gesundheitliche Risiken mit sich bringt.

**[0005]** Eine derartige Herstellung von Verbundwerk-

stoffen unter Verwendung von hochschmelzenden Metallen als Matrixkomponente ist bisher nur in geringem Maßstab erfolgt. Ein wesentlicher Grund liegt einerseits darin, daß bei den bei hochschmelzenden Metallen erforderlichen hohen Verarbeitungstemperaturen die Schmelzmetallurgie kaum eingesetzt werden kann. Andererseits sind auch die für hochschmelzende Metalle eingesetzten pulvermetallurgischen Verfahrenstechniken für die Herstellung von Verbundwerkstoffen unter Verwendung der bei den Leicht- und Buntmetallen bekannten festigkeitssteigernden Komponenten bei den für das Sintern erforderlichen hohen Temperaturen und langen Sinterzeiten nicht geeignet, da diese Komponenten keine ausreichende Stabilität besitzen.

**[0006]** Bekannt geworden ist lediglich die Einlagerung von Hartstoff-Plättchen, z.B. Titandiborid oder Titantkarbid, in Titanlegierungen, wodurch Festigkeitssteigerungen um etwa 30 % erzielt werden können ("Particle-Reinforced Titanium Alloy Composites Economically Formed by Combined Cold and Hot Isostatic Pressing" Industrial Heating, 1993, by Stanley Abkowitz et al.).

**[0007]** Bekannt ist es ferner Niob bzw. Nioblegierungen durch Einlagerung von hochwarmfesten Wolfram/Rhenium/Hafniumkarbid-Drähten zu verfestigen, wobei letztere mehr als 50 Vol.% einnehmen (siehe Titran et al., in "Refractory Metals: State of the Art 1988", ed. The Minerals, Metals and Materials Society, 1989). Dadurch wird eine erhebliche Festigkeitssteigerung erreicht, besonders im Bereich hoher Temperaturen bis 1800°C. Nachteilig dabei ist es, daß die Erhöhung der Hochtemperaturfestigkeit stark zu Lasten erhöhter Dichte des Werkstoffs geht. Darüberhinaus sind die Einlagerungen nicht thermodynamisch stabil, so daß Alterungseffekte durch Diffusionslegieren eintreten.

**[0008]** In der Patentschrift US 3 270 412 wird ein Verfahren zur Herstellung von dispersionsverfestigten metallischen Werkstoffen durch mehrfaches Paketwalzen von dünnen Metallfolien (z.B. aus Al oder Ti) beschrieben, die mit Partikeln oder einer Schicht des Dispersoidwerkstoffes bedeckt sind. Durch die hohe Umformung wird ein homogen mit Dispersoidpartikeln (Durchmesser < 1 µm) durchsetzter Werkstoff erzielt. Dieses Patent lehrt also die Herstellung eines dispersionsverfestigten Werkstoffes, nicht aber eines Verbundwerkstoffes.

**[0009]** In CA-999 057 A wird ein Verfahren zur Herstellung mehrphasiger Legierungen durch Beschichten bzw. Laminieren eines dünnen Bleches (Matrixwerkstoff A) mit einem Werkstoff B (Metall oder Oxid) und durch anschließende Wärmebehandlung zwecks Einstellen intermetallischer Phasen A<sub>x</sub>B<sub>y</sub> in der Matrix A beschrieben. Der als Schicht aufgetragene Werkstoff B diffundiert also in die Matrix und reagiert mit dieser zu einer neuen, intermetallischen Phase. Ein wesentlicher Nachteil dieses Konzepts hinsichtlich Einsatz bei hohen Temperaturen besteht darin, daß dieser Umsetzungsprozeß dort andauernd fortschreitet und damit keine

Langzeitstabilität der Materialeigenschaften gewährleistet ist.

**[0010]** Eine ähnliche Idee ist in JP 02 133550A dargelegt. Demgemäß wird eine intermetallische Verbindung  $A_xB_y$  hergestellt durch Stapeln von mit Material B beschichteten Folien A, gefolgt von Walzen im Paket und einer Wärmebehandlung zur Herstellung der gewünschten Verbindung auf dem Weg der Diffusion. Auch hier werden zwar einzelne Verfahrensschritte, wie sie auch bei der Herstellung von Verbundwerkstoffen verwendet werden, eingesetzt, insgesamt lehrt diese Schrift jedoch ein Verfahren zur Herstellung einer intermetallischen Verbindung.

**[0011]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes, bestehend aus einer Matrixkomponente aus einem oder mehreren Metallen bzw. deren Legierungen, ausgewählt aus der Gruppe Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W und Re sowie aus einer festigkeitssteigernden Komponente zu schaffen, das es ermöglicht, die erwähnten Nachteile zu vermeiden.

**[0012]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Matrixkomponente zu Folien, Blechen und/oder Drähten verarbeitet wird, mit der festigkeitssteigernden Komponente in einer Schichtstärke zwischen 1 µm und 100 µm beschichtet wird und eine Vielzahl dieser beschichteten Folien, Bleche und/oder Drähte zusammengefaßt und durch geeignete Druck- und/oder Temperatureinwirkung unlösbar miteinander verbunden werden.

**[0013]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren erhält man Werkstoffe aus einer Vielzahl von strukturellen Bereichen die in bezug auf die im Einsatz aufzunehmenden Kräfte parallel geschaltet sind und auch nach der erfindungsgemäßen Herstellung noch die wesentlichen Gefügemerkmale der ursprünglichen Matrixkomponente (der Folie, des Drahtes etc.) aufweisen. Dazwischen liegt die unverformte oder je nach Umformgrad und Werkstoff mitverformte oder aber in den Verformungsrichtungen fragmentierte, festigkeitssteigernde Komponente. In letzterem Fall liegt die festigkeitssteigernde Komponente in Form von filamentartigen, stäbchenförmigen oder plättchenförmigen Einlagerungen mit einer gleichförmigen Orientierung in der Matrixkomponente vor.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird in der Regel zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes aus einer einzigen Matrixkomponente und einer einzigen festigkeitssteigernden Komponente eingesetzt. Ebenso ist es aber denkbar, einen Verbundwerkstoff aus einem oder mehreren unterschiedlichen Matrixkomponenten mit einer oder mehreren unterschiedlichen, festigkeitssteigernden Komponenten herzustellen, wodurch sich interessante Möglichkeiten der verschiedenartigsten Werkstoffkombinationen erzielen lassen.

**[0015]** Als festigkeitssteigernde Einlagerungen kommen sowohl ein oder mehrere Verbindungen oder deren Mischungen aus der Gruppe Oxide, Karbide, Nitride,

Boride der Metalle der Gruppe IVB - VIB sowie von Silizium, Aluminium und der Seltenen Erden in Betracht, als auch ein oder mehrere Metalle, deren Legierungen oder intermetallischen Verbindungen, ausgewählt aus der Gruppe Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Wolfram und Rhenium sowie Silizium und Aluminium, wobei bei Verwendung eines hochschmelzenden Metalles als festigkeitssteigernde Komponente immer nur jene mit höherer Festigkeit als diejenige der jeweiligen, verwendeten Matrixkomponente in Betracht kommen. Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, daß die festigkeitssteigernde Komponente mittels an sich bekannter Verfahren im festen Verbund und zunächst integral auf den Matrixwerkstoff aufgebracht wird. Dadurch werden alle denkbaren festigkeitssteigernden Komponenten zugänglich und sind mit vergleichsweise niedrigen Kosten herstellbar. Darüberhinaus werden gesundheitliche Risiken bei der Herstellung des Verbundwerkstoffes vermieden.

**[0016]** Die Auswahl der festigkeitssteigernden Komponente erfolgt naturgemäß in erster Linie nach ihrer Zugfestigkeit und ihrem Elastizitätsmodul. Daneben ist ebenso die thermische Ausdehnung der verstärkenden Komponente im Verhältnis zu jener des Matrixwerkstoffes zu berücksichtigen. Schließlich ist noch das Umformverhalten der festigkeitssteigernden Komponente bei der Wahl der Ausgangsdicke einerseits und der Umformbedingungen andererseits zu beachten. Der Volumenanteil der verstärkenden Komponente wird je nach Materialkombination und gewünschtem Einsatzverhalten zwischen wenigen Prozent und etwa 50 % gewählt werden.

**[0017]** Die Dicken bzw. Durchmesser der Folien, Bleche bzw. Drähte des Matrixmaterials in der Ausgangsform werden einerseits bestimmt durch die Forderung einer möglichst vielschichtigen Stapelung bzw. Verdrillung innerhalb der makroskopischen Abmessungen des zu formenden Verbundwerkstoffes, andererseits durch den bei der Herstellung des Verbundwerkstoffes gewählten Umformgrad, die thermomechanische Anpassung von Matrixkomponente und festigkeitssteigernder Komponente, sowie schließlich durch die Herstellkosten der Ausgangskomponenten. In der Praxis wird mit einem Dicken- bzw. Durchmesserbereich der einzelnen Folien, Bleche bzw. Drähte der Matrixkomponente zwischen 50 µm und 200 µm ein technischer und wirtschaftlicher Kompromiß gegeben sein, der die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens voll zum Tragen bringt.

**[0018]** Das Aufbringen der verstärkenden Komponente auf die einzelnen Folien und Drähte der Matrixkomponente kann an sich durch alle bekannten Verfahren der Beschichtungstechnik bzw. der Oberflächenbehandlung erfolgen. Voraussetzung ist lediglich, daß die Schichtdicke bzw. die Dicke der oberflächenbeeinflussten Zone innerhalb der festgelegten Grenzen von 1 µm bis 100 µm reproduzierbar einstellbar ist, und daß ein dichtes und fehlerfreies Schichtgefüge gewährleistet ist.

**[0019]** Im Falle nicht verformbarer festigkeitssteigernder Komponenten werden die Schichtstärken vorzugsweise im unteren Bereich zwischen 1 und 10 µm liegen. Dies trifft zu für die meisten Karbide, Nitride und Boride sowie Oxide der Übergangsmetalle, Selten Erdmetalle sowie von Silizium und Aluminium. Duktile festigkeitssteigernden Komponenten, wie z.B. Wolfram, Rhenium oder deren Legierungen untereinander oder mit anderen hochschmelzenden Metallen, lassen sich vorteilhaft auch im oberen Bereich bis zu Schichtstärken von 100 µm einsetzen. Die Schichtstärken werden dabei jeweils vorteilhaft so gewählt, daß sie im Falle spröder festigkeitssteigernder Komponenten 10 % der Dicke bzw. des Durchmessers vom Blech bzw. vom Draht der Matrixkomponente und im Falle duktiler festigkeitssteigernder Komponenten 50 % davon nicht überschreiten.

**[0020]** Das Verfahren wird erfindungsgemäß so ausgeführt, daß die festigkeitssteigernde Komponente bereits bei der Aufbringung als Schicht als solche vorhanden ist und sowohl bei den folgenden Herstellschritten als auch bei den Einsatztemperaturen eine ausreichende Beständigkeit gegenüber Reaktionen mit der Matrixkomponente aufweist. Ausreichend ist hier so zu verstehen, daß der weitaus überwiegende Anteil der festigkeitssteigernden Komponente in seiner chemischen Zusammensetzung erhalten bleibt und weiters, daß die allenfalls entstehenden geringfügigen Reaktionsprodukte das Festigkeitsverhalten nicht nachteilig beeinflussen.

**[0021]** Als besonders vorteilhaft haben sich für die Abscheidung der festigkeitssteigernden Komponenten Verfahren der Physikalischen Dampfabscheidung, wie z.B. Arc-Ionenplattieren und Magnetronzerstäuben erwiesen, die bei geeigneter Wahl der Beschichtungsparameter, insbesondere dichte, feinkörnige und hochfeste Schichten aus Karbiden, Nitriden, Boriden und Oxiden ergeben.

**[0022]** Bei den erfindungsgemäß hergestellten Verbundwerkstoffen ist es völlig überraschend, daß selbst bei geringen Volumsanteilen der festigkeitssteigernden Komponente bereits eine Festigkeitssteigerung beobachtet werden kann, die weit über der nach der bekannten Mischungsregel ("rule of mixtures") liegt. Gleichzeitig kann durch das erfindungsgemäße Verfahren bei Verbundwerkstoffen aus Molybdän und Wolfram eine drastische Absenkung der Übergangstemperatur vom duktilen in den spröden Zustand von einigen 100°C auf unter 0°C festgestellt werden. Die Bruchdehnung des erfindungsgemäßen Verbundmaterials wird gegenüber den unverstärkten Matrixwerkstoffen zwar abgesenkt, eine Restduktilität von mehr als 3 % über den gesamten Temperaturbereich kann jedoch aufrechterhalten werden.

**[0023]** Besonders vorteilhaft läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren bei Verwendung von Niob oder Tantal bzw. deren Legierungen als Matrixkomponente und einem Karbid, Oxid, Nitrid oder deren Mischung eines Metalles der Gruppe Ti Zr und Hf als festigkeitssteigernder Komponente anwenden. Die damit hergestellten

Verbundwerkstoffe weisen ein besonders günstiges Verhältnis von Hochtemperatur-Festigkeit zu Dichte auf und sind daher besonders gut im Bereich der Luft- und Raumfahrt einzusetzen.

**[0024]** Ebenso läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft bei Verwendung von Molybdän oder Wolfram bzw. deren Legierungen als Matrixkomponente und einem Karbid, Oxid, Nitrid oder deren Mischung eines Metalles der Gruppe Ti, Zr und Hf als festigkeitssteigernder Komponente anwenden. Die damit hergestellten Verbundwerkstoffe weisen hohe Warmfestigkeiten auch noch bei höchsten Einsatztemperaturen auf und sind daher besonders gut im Hochtemperatur-Ofenbau einzusetzen.

**[0025]** Eine besonders bewährte Verbindung der einzelnen beschichteten Matrixkomponenten zum fertigen Verbundwerkstoff erzielt man durch Heißisostatisches Pressen, an das sich wahlweise noch eine mechanische Umformung mit in der Regel geringem Umformgrad anschließen kann.

**[0026]** Eine besonders kostengünstige Variante der Verbindung der einzelnen beschichteten Matrixkomponenten ist die Verbindung durch alleinige mechanische Umformung, z.B. durch Walzen. In diesem Fall wird in der Regel mit deutlich höheren Umformgraden in der Größenordnung zwischen 50 % und 70 % gearbeitet.

**[0027]** Zur Gefügeoptimierung, z.B. durch Ausbildung einer Stapelfaserstruktur, ist es von Vorteil, den Verbundwerkstoff nach der Verbindung der einzelnen beschichteten Matrixkomponenten einer Wärmebehandlung zu unterziehen.

**[0028]** Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Herstellungsbeispiels näher erläutert.

**[0029]** Molybdän-Folien mit einer Stärke von 60 µm wurden mittels Vakuumbogenionenplattieren mit Zirkonoxidschichten einer Stärke von 5 µm einseitig beschichtet. Die beschichteten Bleche wurden auf 16 Lagen gestapelt und in dünnes Molybdänblech eingekannt. Anschließend wurde der eingekannte Stapel bei Temperaturen zwischen 1000 und 1400°C durch einmaliges Quer- und anschließendes Längswalzen in mehreren Stichen um 50 % verformt. Abschließend wurde das Kannmaterial mechanisch entfernt. Der derart hergestellte Verbundwerkstoff wies im Zugversuch bei 1200°C eine Fließgrenze von 110 Megapascal auf. Eine Referenzprobe aus unverstärktem Molybdän wies im Vergleich dazu nur 50 Megapascal auf. Die Anisotropie der Fließgrenze zwischen Längs- und Querrichtung betrug beim erfindungsgemäß hergestellten Verbundwerkstoff weniger als 20 %. Die bei Zimmertemperatur ermittelte Biegebruchfestigkeit des Verbundwerkstoffes lag um ca. 20 % höher als jene des unverstärkten Vergleichswerkstoffes. Überraschend lag der Bruchbiegewinkel bei Werten zwischen 30° und 90°, im Vergleich zu 4 - 8° im Falle des unverstärkten Molybdänbleches. Die Bruchdehnung von Zugproben lag bei 1200°C bei 9 %, bei Zimmertemperatur bei 6 %.

**[0030]** Gefügeuntersuchungen an bis zu 1800°C wär-

mebehandelten Proben des Verbundwerkstoffes ergaben, daß das Korngrenzenwachstum durch die in planaren Anordnungen vorliegenden Einlagerungen wirkungsvoll eingeschränkt wurde. Diese Kornstabilisierung trug neben dem Verstärkungseffekt zu der weit über das erwartete Ausmaß hinausgehenden Festigkeitssteigerung bei. Insbesondere wurde auch die Kriechfestigkeit durch die inhärente Stapelstruktur dieses Verbundwerkstoffes bis zu weit höheren Temperaturen stabilisiert. als dies bei bekannten Werkstoffen durch die an sich sehr erfolgreichen Verfahren der Dotierung der Fall ist.

**[0031]** Das angeführte Beispiel dient lediglich zur Veranschaulichung der Erfindung, die Erfindung ist jedoch keinesfalls auf dieses beschränkt. Hinsichtlich des Zusammenfassens der Einzelkomponenten können alle Verfahren zum Einsatz kommen, die für eine Vielfachanordnung von einzelnen Blechen, Folien oder Drähten geeignet sind. Für Folien bzw. Bleche wird beispielhaft hier das Wickeln um ein Kernblech bzw. um einen Kerndraht genannt, für Drähte das Verdrillen und das Verseilen.

**[0032]** Das Herstellen des endgültigen Verbundwerkstoffes aus den so erzeugten Vielfachanordnungen kann neben dem heißisostatischen Pressen oder Walzen ebenfalls durch eine Vielzahl von an sich bekannten Verfahren erfolgen, die eine Diffusionsbindung zwischen den Einzelteilen bewirken.

**[0033]** So sind beispielsweise auch Schmieden, Hämmern, Strangpressen, Ziehen geeignete Maßnahmen, um eine unlösbare Verbindung der einzelnen beschichteten Matrixkomponenten zu erreichen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes, bestehend aus einer Matrixkomponente aus einem oder mehreren Metallen bzw. deren Legierungen, ausgewählt aus der Gruppe von Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W und Re, sowie aus einer festigkeitssteigernden Komponente, ausgewählt aus der Gruppe der Karbide, Boride, Nitride und Oxide der Metalle Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo und W bzw. der Elemente Si, B, Al und der Seltenen Erden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Matrixkomponente zu Folien, Blechen und/oder Drähten verarbeitet wird, mit der festigkeitssteigernden Komponente in einer Schichtstärke zwischen 1 µm und 100 µm beschichtet wird und eine Vielzahl dieser beschichteten Folien, Bleche und/oder Drähte zusammengefaßt und durch Druck- und/oder Temperatureinwirkung unlösbar miteinander derart verbunden werden, daß der Verbundwerkstoff aus einer Vielzahl von strukturellen Bereichen aufgebaut ist, die in bezug auf die im Einsatz aufzunehmenden Kräfte parallelgeschaltet sind und nach der erfindungsgemäßen Herstellung

noch die wesentlichen Gefügemerkmale der ursprünglichen Matrixkomponente ( der Folie, des Drahtes ) bzw der dazwischenliegenden unverformten, mitverformten oder fragmentierten festigkeitssteigernden Komponente aufweisen.

2. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Matrixkomponente Niob oder Tantal bzw. deren Legierungen und als festigkeitssteigernde Komponente ein Karbid, Oxid oder Nitrid oder deren Mischungen von einem Metall der Gruppe Ti, Zr und Hf verwendet wird.
3. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Matrixkomponente Molybdän oder Wolfram bzw. deren Legierungen und als festigkeitssteigernde Komponente ein Karbid, Oxid oder Nitrid oder deren Mischungen eines Metalles der Gruppe Ti, Zr und Hf verwendet wird.
4. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung durch Heißisostatisches Pressen erfolgt.
5. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbundwerkstoff nach der Verbindung mit einem Umformgrad von mindestens 10 % mechanisch umgeformt wird.
6. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung durch mechanisches Umformen erfolgt.
7. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung mit einem Umformgrad zwischen 50 % und 70 % erfolgt.
8. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbundwerkstoff zur Gefügeoptimierung einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

## Claims

1. Process for the manufacture of a composite material, consisting of a matrix component made up from one or more metals or alloys thereof, selected from the group of Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W and Re, as well as from a reinforcing component, selected from the group of carbides, borides, nitrides and ox-

ides of the metals Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo and W or of the elements Si, B, Al or of the Rare Earths, **whereby** the matrix component is provided in form of foils, sheets and/or wires, the strengthening component is deposited onto the matrix component as a coating with a thickness between 1  $\mu\text{m}$  and 100  $\mu\text{m}$ , and a plurality of these coated foils, sheets and/or wires is assembled and firmly compacted under the action of pressure and/or temperature in such a way that the resulting composite material consists of a multitude of substructures which are oriented in parallel with regard to the forces exerted onto the material in operation and which after manufacture still shows the essential morphological features of the original matrix component (the foil, the wire) and of the interspersed undeformed, co-deformed or fragmented reinforcing component.

2. Process for the manufacture of a composite material according to Claim 1, whereby the matrix component is made of Nb or Ta or alloys thereof, and the reinforcing component is a carbide, oxide or nitride of Ti, Zr or Hf or mixtures thereof.
3. Process for the manufacture of a composite material according to Claim 1, whereby the matrix component is made from Mo or W or alloys thereof, and the reinforcing component is a carbide, oxide or nitride of Ti, Zr or Hf or mixtures thereof.
4. Process for the manufacture of a composite material according to any one of the Claims 1 to 3, whereby the compaction is carried out via Hot Isostatic Pressing.
5. Process for the manufacture of a composite material according to Claim 4, whereby the compacted composite material is deformed applying a degree of deformation equal or larger than 10%.
6. Process for the manufacture of a composite material according to any one of the Claims 1 to 3, whereby the compaction is performed by way of mechanical deformation.
7. Process for the manufacture of a composite material according to Claim 6, whereby the deformation is carried out to a degree of 50% - 70%.
8. Process for the manufacture of a composite material according to any one of the Claims 1 to 7, whereby the composite material is subjected to a thermal treatment to optimise its morphology.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un matériau composite,

constitué d'une matrice contenant un ou plusieurs des métaux ou alliages choisis parmi Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W et Re, et par un élément de renfort, choisi parmi les carbures, borures, nitrures et les oxydes des métaux Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo et W ou des éléments Si, B, Al ou des terres rares, caractérisé en ce que la matrice produite sous forme de feuilles, tôles et/ou fils est revêtue par une couche d'épaisseur comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et 100  $\mu\text{m}$  agissant comme renfort, et en ce qu'une multitude desdits feuilles, tôles et/ou fils est assemblée et jointe inséparablement sous l'action d'une pression et/ou de température de façon que le matériau composite soit constitué d'une multitude d'éléments structurels agissant en parallèle par rapport aux forces auxquelles le composite est soumis lors de son emploi et présentant après la production du matériau composite selon ledit procédé les caractéristiques essentielles de la microstructure des composants initiaux de la matrice (des feuilles, des fils) ainsi que du renfort distribué entre ces tôles, feuilles et/ou fils soit sous forme originale, soit déformé ou fragmenté.

2. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon la revendication 1 dans lequel Nb ou Ta ou leurs alliages sont choisis comme composant de matrice et un carbure, un oxyde ou un nitrure d'un métal choisi parmi Ti, Zr ou Hf ou un mélange des ces éléments est utilisé comme composant de renfort.
3. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon la revendication 1 dans lequel Mo ou W ou leurs alliages sont choisis comme composant de matrice et un carbure, un oxyde ou un nitrure d'un métal choisi parmi Ti, Zr ou Hf ou un mélange de ces éléments est utilisé comme composant de renfort.
4. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel les composants sont assemblés par compression isostatique à chaud.
5. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon la revendication 4 dans lequel le matériau composite est, après assemblage, déformé mécaniquement et dans lequel le taux de déformation est supérieur à 10%.
6. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon l'une des revendications 1 à 3 selon lequel l'assemblage se fait sous l'action d'une déformation mécanique.
7. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon la revendication 6 selon lequel le taux de déformation varie entre 50% et 70%.

8. Procédé de fabrication d'un matériau composite selon l'une des revendications 1 à 7 selon lequel le matériau composite est soumis à un traitement thermique visant à l'optimisation de la microstructure.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55