



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 378 313 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.01.2004 Patentblatt 2004/02

(51) Int Cl.7: **B23K 20/02, B23K 20/227,
B22C 9/06, B29C 33/38**

(21) Anmeldenummer: **03014235.0**

(22) Anmeldetag: **25.06.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder: **Betz, Gerhard, Dr.
45478 Mülheim/Ruhr (DE)**

(74) Vertreter: **Schmidt, Frank-Michael, Dr.-Ing. et al
Zenz, Helber, Hosbach & Partner,
Patentanwälte,
Huysseallee 58-64
45128 Essen (DE)**

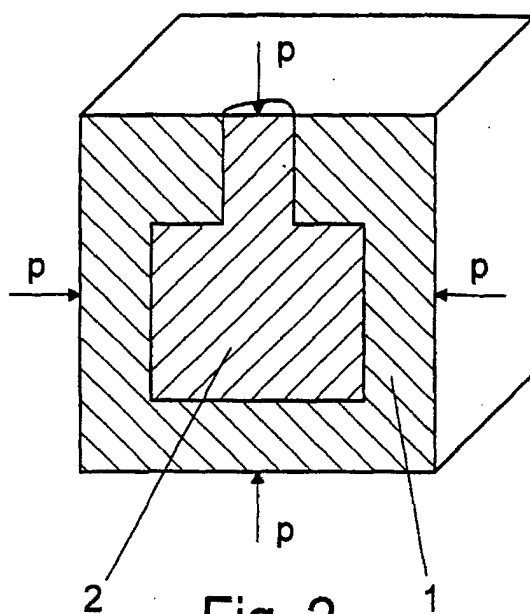
(30) Priorität: **03.07.2002 DE 10229994**

(71) Anmelder: **Betz, Gerhard, Dr.
45478 Mülheim/Ruhr (DE)**

(54) **Verfahren zum Herstellen und/oder Wärmebehandeln eines räumlichen Werkstoffverbundes**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen und/oder Wärmebehandeln eines räumlichen Werkstoffverbundes von wenigstens zwei Werkstoffen (1,2) mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei der Werkstoffverbund zu seiner Herstellung und/oder bei der Wärmebehandlung erwärmt und anschließend abgekühlt wird, wobei der Werkstoffverbund während der Abkühlung ein Temperaturintervall durchläuft, in dem die wenigstens zwei

Werkstoffe im festen Aggregatzustand vorliegen, und wobei während des Durchlaufens des Temperaturintervalls auf den Werkstoffverbund ein isostatischer Druck (p) oberhalb der Warmstreckgrenze zumindest eines der wenigstens zwei Werkstoffe ausgeübt wird, so daß dieser Werkstoff zumindest im Mikrobereich plastisch verformt wird. Die Erfindung gestattet es, die Qualität von Werkstoffverbunden aus wenigstens zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu verbessern.



EP 1 378 313 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen und/oder Wärmebehandeln eines räumlichen Werkstoffverbundes von wenigstens zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei der Werkstoffverbund zu seiner Herstellung und/oder bei der Wärmebehandlung erwärmt und anschließend abgekühlt wird.

[0002] Werkstoffverbunde finden sich in vielen Bereichen der Technik. Münzen, Bimetallsensoren oder -aktoren, Kontaktfedern, Dickschicht- und Dünnschichtplattierungen oder -beschichtungen sind nur einige wenige Beispiele für metallische Werkstoffverbunde. Diese Werkstoffverbunde zeichnen sich meist dadurch aus, daß sie sich bei Erwärmung und Abkühlung im wesentlichen frei ausdehnen können, da sie nur in einer Ebene oder über eine Stirnseite flächig miteinander verbunden sind. Ihre Herstellung erfolgt oft bei oder nahe der Raumtemperatur, wie zum Beispiel beim Kaltplattieren oder beim galvanischen Beschichten, oder bei nur örtlicher Erwärmung, wie zum Beispiel beim Reibschweißen.

[0003] Räumliche Werkstoffverbunde aus Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten sind schwierig herzustellen. Auch die Anforderungen an räumliche Werkstoffverbunde sind häufig hoch. Dies gilt insbesondere für Werkstoffverbunde, die zyklisch über größere Temperaturbereiche erwärmt und abgekühlt werden.

[0004] Zu den besonders belasteten Werkstoffverbunden zählen z.B. Spritzguß-Dauerformen für Metall-, Kunststoff- oder Glasguß aus Werkzeugstahl oder Gußeisen. Zur Kühlung des Werkstücks sind nahe der werkstückseitigen Stahl-Oberflächen Kupfereinlagen in den Werkzeugstahl oder das Gußeisen eingebracht, die die Wärmeabfuhr vom Werkstück verbessern. Die Kupfereinlagen können an einer vom Werkstück weiter entfernt liegenden Stelle zusätzlich durch Flüssigkeit gekühlt werden. Bei jedem Spritzguß-Zyklus wird der Werkstoffverbund durch die hohen und lokal unterschiedlichen Temperaturen stark belastet. Es hat sich gezeigt, daß der Verbund keine zufriedenstellende Funktion und Standzeit aufweist. Häufig läßt bereits nach einiger Zeit die Maßhaltigkeit der Werkstücke zu wünschen übrig. Dies wird darauf zurückgeführt, daß in der Form Schädigungen vorhanden sind.

[0005] Ausgehend von dem vorliegenden Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Qualität von Werkstoffverbunden aus wenigstens zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu verbessern.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Bei dem Verfahren zum Herstellen und/oder Wärmebehandeln eines räumlichen Werkstoffverbundes von wenigstens zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei

der Werkstoffverbund zu seiner Herstellung und/oder bei der Wärmebehandlung erwärmt und anschließend abgekühlt wird, durchläuft der Werkstoffverbund während der Abkühlung ein Temperaturintervall, in dem die wenigstens zwei Werkstoffe im festen Aggregatzustand vorliegen. Während des Durchlaufens dieses Temperaturintervalls wird auf den Werkstoffverbund ein isostatischer Druck oberhalb der Warmstreckgrenze zumindest eines der wenigstens zwei Werkstoffe ausgeübt, so daß dieser Werkstoff mindestens im Mikrobereich plastisch verformt wird. Das Temperaturintervall ist (gemäß der hier gegebenen Definition) dasjenige (Teil-)Intervall des Abkühlvorgangs, in welchem der anliegende Druck stets oberhalb der jeweiligen Warmstreckgrenze liegt. Dabei braucht der anliegende Druck nicht konstant gehalten zu werden; es wird lediglich gefordert, daß er in dem Intervall stets über der (sich ändernden, d.h. sich erhöhenden) Warmstreckgrenze liegt. Erreicht der Abkühlvorgang eine Temperatur, bei der der anliegende Druck wegen der aufgrund des Abkühlens angestiegenen Warmstreckgrenze nicht mehr über der Warmstreckgrenze liegt, sonder unter diese abfällt, so endet das so definierte Temperaturintervall an dieser Stelle. Der beim Verlassen des Intervalls anliegende (erhöhte) Druck kann auch noch nach Verlassen des Temperaturintervalls aufrechterhalten bleiben, hat dann aber nicht mehr die für die Erfindung wesentliche Wirkung.

[0007] Eine der Erfindung zugrunde liegende Erkenntnis besteht darin, daß bereits bei der Herstellung eine Vorschädigung der Grenzfläche zwischen den beiden Werkstoffen des Verbunds eintreten kann. Bringt man beispielsweise in einen Stahlkörper eine zylindrische Bohrung ein und füllt den Innenraum mit einem Kupferbolzen, erwärmt beide Körper unter Verflüssigung des Kupfers auf 1100°C, läßt anschließend das Kupfer erstarren und kühlt den so hergestellten Verbund von etwa 1000°C bis auf Raumtemperatur ab, dann - so haben Untersuchungen ergeben - ist der Verbund bereits durch Ablösungen der Werkstoffe im Grenzflächenbereich sowie durch Risse im Inneren des Kupfers vorgeschädigt. Ein ähnliches Ergebnis erhält man bei einer Lötverbindung oder einer Diffusionsverbindung. Der Grund dieser Beschädigung liegt in den deutlich unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Stahl und Kupfer.

[0008] Es hat sich gezeigt, daß die durch die Fehlanpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten hervorgerufene Schädigungen zumindest teilweise dadurch vermieden werden können, daß in der Abkühlphase ein Druck angelegt wird, der hoch genug ist, um wenigstens einen Werkstoff zumindest im Mikrobereich plastisch zu verformen. Dabei sorgt der aufgebrachte Druck für ein "Nachspeisen" des aufgrund der Abkühlung schwindenden Werkstoffs mit dem größeren Ausdehnungskoeffizienten. Ablösungen der Werkstoffe im Grenzflächenbereich oder eine innere Schädigung werden durch die hohe Druckdifferenz zwischen dem hohen anliegenden isostatischen Druck und dem Druck im Be-

reich der Ablösung "sofort" wieder geschlossen oder treten gar nicht erst auf. Durch das erfindungsgemäße Verfahren erhält man also einen fehlerfreien und spannungsärmeren Werkstoffverbund, der nachfolgenden thermischen Wechselbelastungen erheblich besser standhält als bisherige Werkstoffverbunde. Beispielsweise treten bei einer bevorzugten Ausführungsform, bei der ein Stahlkörper einen Kupferkörper umgreift, vorhandene Restspannungen derart auf, daß sich in der außen liegenden Stahlhaut Druckspannungen und im innen liegenden Kupferkörper Zugspannungen ergeben, was in der späteren Anwendung vorteilhaft ist, da die durch äußere Einwirkungen auf die Stahlhaut eingebrachten Zugspannungen durch die Druckspannungen zum Teil entlastet werden.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Druck ausgeübt, der in dem Temperaturintervall über der Warmstreckgrenze des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze, aber unter der Warmstreckgrenze des Werkstoffs mit der höheren Warmstreckgrenze liegt. Es wird also nur ein Werkstoff plastisch verformt. Dies ermöglicht einen geringeren Druck, was eine energetisch günstige Gestaltung des Verfahrens gestattet.

[0010] Bei einer Weiterbildung dieser Ausführungsform wird der Druck gleich nach dem Erstarren des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze angelegt. So werden die erfindungsgemäßen Wirkungen bereits unmittelbar mit dem "Festwerden" des Verbunds erreicht.

[0011] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturintervall bei einer Temperatur endet, bei der die Warmstreckgrenze des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze über 50 %, vorzugsweise über 80 %, seiner Warmstreckgrenze bei Raumtemperatur liegt. Das bedeutet praktisch, daß beim Abkühlen ein Druck angelegt wird, der mindestens 50 % bzw. vorzugsweise 80 % der Warmstreckgrenze entspricht. Dieser hohe Druck braucht selbstverständlich erst bei den niedrigeren Temperaturen des Intervalls anzuliegen; bei höheren Temperaturen genügt ein geringerer Druck oberhalb der dort geringeren Warmstreckgrenze.

[0012] Selbstverständlich kann der am Ende des Temperaturintervalls ausgeübte Druck beim weiteren Abkühlen während eines weiteren Temperaturintervalls angelegt bleiben.

[0013] In wesentlicher Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der Werkstoff mit dem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der geringeren Warmstreckgrenze Kupfer oder eine Kupferlegierung mit mehr als 80 % Kupfer und der Werkstoff mit dem niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der höheren Warmstreckgrenze ein Werkzeugstahl oder Gußeisen ist. Eine derartige Werkstoffkombination findet sich bei Gußformen. Ein Werkzeugstahl oder Gußeisen erfüllt hohe Anforderungen an Thermo-

schockbeanspruchung, Erosion, Kavitation und Abrieb. Stahl- oder Gußeisenformen weisen jedoch ein träges thermisches Ansprechverhalten auf. Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr ist in die Form ein Kupferwerkstoff eingebracht. Während - wie eingangs beschrieben - derartige Gußformen eine begrenzte Lebensdauer aufweisen, schafft die Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine deutliche Erhöhung der Lebensdauer und der Zuverlässigkeit.

[0014] Die Härtung eines Werkstoffverbundes ist mit einer hohen Abkühlgeschwindigkeit verbunden. Dabei kann ein höherer Druck erforderlich werden, um den Kriechvorgang zu beschleunigen. Es wird daher vorgeschlagen, daß die Höhe des Drucks in Abhängigkeit von der Abkühlgeschwindigkeit gewählt wird, wobei bei zunehmender Abkühlgeschwindigkeit ein höherer Druck gewählt wird.

[0015] Untersuchungen haben ergeben, daß es besonders günstig ist, wenn das Temperaturintervall bei einer Temperatur endet, bei der die Warmstreckgrenze des Kupfers bzw. der Kupferlegierung über 50 % der Warmstreckgrenze bei Raumtemperatur liegt.

[0016] Die Erfindung ist auf "flächige" Werkstoffverbunde anwendbar. Besonders effektiv wirkt das erfindungsgemäße Verfahren, wenn ein Werkstoffverbund bereitgestellt wird, bei dem einer der beiden Werkstoffe zumindest ein zusammenhängendes Teilvolumen des anderen Werkstoffs räumlich im wesentlichen umschließt, so daß nur ein geringer Anteil der äußeren Oberfläche des Werkstoffverbunds von dem im wesentlichen umschlossenen Teilvolumen gebildet wird. Beim Anlegen des Drucks wird der umschlossene Werkstoff in den anderen Werkstoff "hineingedrückt". Ein Zusammenziehen und damit Ablösen des umschlossenen Werkstoffs von dem umschließenden Werkstoff wird durch die Druckbeaufschlagung und das damit verbundene "Nachspeisen" unterbunden.

[0017] Vorzugsweise wird der geringe Anteil der äußeren Oberfläche des Werkstoffverbunds, der von dem im wesentlichen umschlossenen Teilvolumen gebildet wird, dadurch hergestellt, daß eine zu dem Teilvolumen durchgehende Öffnung in dem das Teilvolumen zunächst vollständig umschließenden Werkstoff erzeugt wird. Hier ist ein sehr viel niedriger Druck notwendig als bei einem vollständig umschlossenen Körper, bei dem der umschließende Körper an den umschlossenen Körper "herangedrückt" werden muß.

[0018] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen sind in den übrigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0019] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert.

[0020] Die Zeichnung zeigt in :

Figur 1 in einer Schnittansicht einen mit einem bekannten Verfahren hergestellten geschädigten Werkstoffverbund;

Figur 2 in einer Schnittansicht einen mit dem erfin-

dungsgemäßen Verfahren hergestellten Werkstoffverbund;

Figur 3 ein Diagramm, das die Warmstreckgrenzen von Stahl und Kupfer zeigt und eine mögliche Druckführung über der Temperatur darstellt.

[0021] Der Werkstoffverbund gemäß Figur 1 besteht aus einem Stahlkörper 1 und einem Kupfereinsatz 2. Eine derartige Werkstoffkombination findet sich beispielsweise in Dauerformen für Metall-, Kunststoff- oder Glasguß. Zur Herstellung dieses Werkstoffverbundes wird in den Stahlkörper 1 eine Bohrung eingebracht, die Bohrung mit dem Kupferkörper 2 gefüllt und beide Körper auf ca. 1100°C erwärmt. Das Kupfer ist bei dieser Temperatur flüssig. Anschließend wird der Werkstoffverbund abgekühlt. Bereits bei der Herstellung können Ablösungen 3 des Kupferkörpers 2 vom Stahlkörper 1 und damit eine Schädigung des Werkstoffverbundes auftreten. Ebenso können im Inneren des Kupferkörpers 2 Risse 4 auftreten.

[0022] Häufig werden derartige Werkstoffverbunde wärmebehandelt. Auch bei einer derartigen Wärmebehandlung (oder einer späteren thermischen Wechselbelastung) können Ablösungen 3 oder Risse 4 auftreten.

[0023] Figur 2 zeigt einen Stahl-Kupferverbund, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist. Der Kupferkörper 2 ist beinahe vollständig vom Stahlkörper 1 umschlossen, wobei an der Oberseite des Stahlkörpers eine "Speisungsöffnung" vorgesehen ist. Beim Abkühlen wird mindestens über ein Temperaturintervall ein hoher Druck P angelegt, der sowohl auf den Stahlkörper 1 als auch auf Kupferkörper 2 einwirkt. Die Speisungsöffnung 5 gestattet es, daß im Gegensatz zu einem geschlossenen System ohne Speiseöffnung ein niedrigerer Druck P angelegt werden muß, der direkt auf den Kupferkörper einwirkt. Der Druck P speist das feste Kupfer beim Abkühlen des Verbundes nach und "drückt" es gegen die Stahlwand. Rißbildung und Ablösungen werden wirkungsvoll vermieden und es wird ein Verbund mit hoher Maßhaltigkeit und bei späterer Belastung langer Lebensdauer geschaffen.

[0024] Es wird auf Figur 3 Bezug genommen, in der die Warmstreckgrenzen von Stahl 1 und Kupfer 2 über der Temperatur aufgetragen sind. Bei 400°C beträgt die Warmstreckgrenze von Kupfer ca. 60 - 100 N/mm² und die von Stahl ca. 300 - 500 N/mm². Mit steigender Temperatur fallen beide Warmstreckgrenzen ab. Bei einer Prozeßtemperatur von 1030°C beträgt die Warmstreckgrenze des Stahls weniger als 50 N/mm².

[0025] Bei einem geschlossenen Werkstoffverbund von Kupfer und Stahl - das Kupfer ist also von allen Seiten mit Stahlwerkstoff umgeben - liegt der erfindungsgemäß aufzubringende Druck höher als bei einem offenen System, nämlich oberhalb der Warmstreckgrenze für Stahl. Der Druck kann für ein kleines Temperaturintervall oder ein großes Temperaturintervall beispielsweise von 1030°C - 400°C angelegt werden.

[0026] Der strich-linierte Mindestdruck 6 beträgt bei

einem geschlossenen System (Stahl) bei 400°C ca. 3000 bis 5000 bar. Der Mindestdruck ist im dargestellten Fall über die Temperatur konstant gehalten, selbstverständlich kann er bei höherer Temperatur auch niedriger angesetzt und mit zunehmender Abkühlung erhöht werden.

[0027] Ebenfalls strich-liniert dargestellt ist der Druckverlauf 7 für ein offenes System, wobei der Mindestdruck bei 400°C ca. 600 bis 1000 bar beträgt, also niedriger ist als beim geschlossenen System. Auch hier muß der Druck nicht gezwungenermaßen konstant über die Temperatur gehalten werden. Vielmehr kann er bei hohen Temperaturen niedriger angesetzt und mit zunehmender Abkühlung erhöht werden.

[0028] Im Rahmen des Erfindungsgedankens sind durchaus Abwandlungen möglich. So ist der Werkstoffverbund nicht auf metallische Werkstoffe festgelegt. Auch andere Werkstoffkombinationen - beispielsweise aus Kunststoff - sind denkbar. Auch kann der Werkstoffverbund aus mehr als zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen. Im übrigen ist unter einer Wärmebehandlung nach der Herstellung des Werkstoffverbundes jede Art von Wärmebehandlung zu verstehen, einschließlich einer Härtung oder einer Anlaßbehandlung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen und/oder Wärmebehandeln eines räumlichen Werkstoffverbunds von wenigstens zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei der Werkstoffverbund zu seiner Herstellung und/oder bei der Wärmebehandlung erwärmt und anschließend abgekühlt wird,
wobei der Werkstoffverbund während der Abkühlung ein Temperaturintervall durchläuft, in dem die wenigstens zwei Werkstoffe im festen Aggregatzustand vorliegen, und
wobei während des Durchlaufens des Temperaturintervalls auf den Werkstoffverbund ein isostatischer Druck oberhalb der Warmstreckgrenze zumindest eines der wenigstens zwei Werkstoffe ausgeübt wird, so daß dieser Werkstoff zumindest im Mikrobereich plastisch verformt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
daß die beiden Werkstoffe zumindest in dem Temperaturintervall unterschiedliche Warmstreckgrenzen aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** ein Druck ausgeübt wird, der in dem Temperaturintervall über der Warmstreckgrenze des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze aber unter der Warmstreckgrenze des

Werkstoffs mit der höheren Warmstreckgrenze liegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Höhe des Druckes in Abhängigkeit von der Abkühlgeschwindigkeit gewählt wird, wobei mit zunehmender Abkühlgeschwindigkeit ein höherer Druck gewählt wird. 5
5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoffverbund über die Schmelztemperatur des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze erwärmt wird und daß das Temperaturintervall bei der Erstarrungstemperatur des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze beginnt. 10 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Temperaturintervall bei einer Temperatur endet, bei der die Warmstreckgrenze des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze über 50 % seiner Warmstreckgrenze bei Raumtemperatur liegt. 20
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Temperaturintervall bei einer Temperatur endet, bei der die Warmstreckgrenze des Werkstoffs mit der geringeren Warmstreckgrenze über 80 % seiner Warmstreckgrenze bei Raumtemperatur liegt. 25 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der am Ende des Temperaturintervalls ausgeübte Druck beim weiteren Abkühlen während eines weiteren Temperaturintervalls angelegt bleibt. 35
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoffverbund zwischen zwei Metallen durch einen Hochtemperatur-Hochdruck-Metalldiffusionsvorgang, bei dem eine Temperatur zwischen 850°C und 1.200°C und ein Druck zwischen 100 und 5000 bar eingestellt wird, unter Bildung einer dauerfesten metallischen Verbindung hergestellt wird. 40 45
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** beim Abkühlen nach der Herstellung des Werkstoffverbunds ein Druck oberhalb der Warmstreckgrenze wenigstens eines der beiden Werkstoffe ausgeübt wird. 50
11. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einer Wärmebehandlung des durch einen Hochtemperatur-Hochdruck-Metalldiffusionsvorgang hergestellten Werkstoffverbunds ein Druck oberhalb der Warmstreckgrenze wenigstens eines der beiden Werkstoffe ausgeübt wird. 55

12. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoff mit dem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der geringeren Warmstreckgrenze Kupfer oder eine Kupferlegierung mit mehr als 80% Kupfer und der Werkstoff mit dem niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der höheren Warmstreckgrenze ein Werkzeugstahl oder Gußeisen ist.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Höhe des Druckes in Abhängigkeit von der Abkühlgeschwindigkeit gewählt wird, wobei mit zunehmender Abkühlgeschwindigkeit ein höherer Druck gewählt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoffverbund über die Schmelztemperatur des Kupfers bzw. der Kupferlegierung erwärmt wird und daß das Temperaturintervall bei der Erstarrungstemperatur des Kupfers bzw. der Kupferlegierung beginnt.
15. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Temperaturintervall unterhalb der Erstarrungstemperatur des Kupfers bzw. der Kupferlegierung beginnt.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Temperaturintervall bei einer Temperatur endet, bei der die Warmstreckgrenze des Kupfers bzw. der Kupferlegierung über 50 % der Warmstreckgrenze bei Raumtemperatur liegt.
17. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Temperaturintervall bei einer Temperatur endet, bei der die Warmstreckgrenze des Kupfers bzw. der Kupferlegierung über 50 N/mm² liegt.
18. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Temperaturintervall bei einer Temperatur unterhalb von 500°C endet.
19. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoffverbund zwischen dem Kupfer bzw. der Kupferlegierung und dem Werkzeugstahl bzw. Gußeisen durch einen Hochtemperatur-Hochdruck-Metalldiffusionsvorgang, bei dem eine Temperatur zwischen 850°C und 1.200°C und ein Druck zwischen 100 und 5000 bar eingestellt wird, unter Bildung einer dauerfesten metallischen Verbindung hergestellt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoffverbund zwischen dem Kupfer bzw. der Kupferlegierung und dem Werkzeugstahl bzw. Gußeisen durch einen Hochtemperatur-Lötvorgang, bei dem eine Temperatur zwi-

schen 850°C und 1.200°C und ein Druck zwischen 100 und 5000 bar eingestellt wird, hergestellt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoffverbund zwischen dem Kupfer bzw. der Kupferlegierung und dem Werkzeugstahl bzw. Gußeisen durch einen Kupfer-Einschmelz-Vorgang mit anschließender Erstarrung hergestellt wird. 5
- 10
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Werkstoffverbund bereitgestellt wird, bei dem einer der beiden Werkstoffe zumindest ein zusammenhängendes Teilvolumen des anderen Werkstoffs räumlich im wesentlichen umschließt, so daß nur ein geringer Anteil der äußeren Oberfläche des Werkstoffverbunds von dem im wesentlichen umschlossenen Teilvolumen gebildet wird. 15
- 20
23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** der geringe Anteil der äußeren Oberfläche des Werkstoffverbunds, der von dem im wesentlichen umschlossenen Teilvolumen gebildet wird, dadurch hergestellt wird, daß eine zu dem Teilvolumen durchgehende Öffnung in dem das Teilvolumen zunächst vollständig umschließenden Werkstoff erzeugt wird. 25
- 30
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Werkstoff des umschlossenen Teilvolumens einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist. 35

35

40

45

50

55

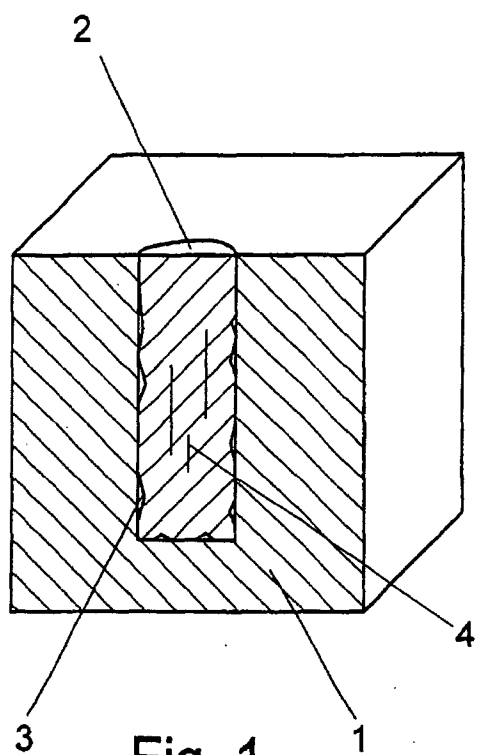


Fig. 1

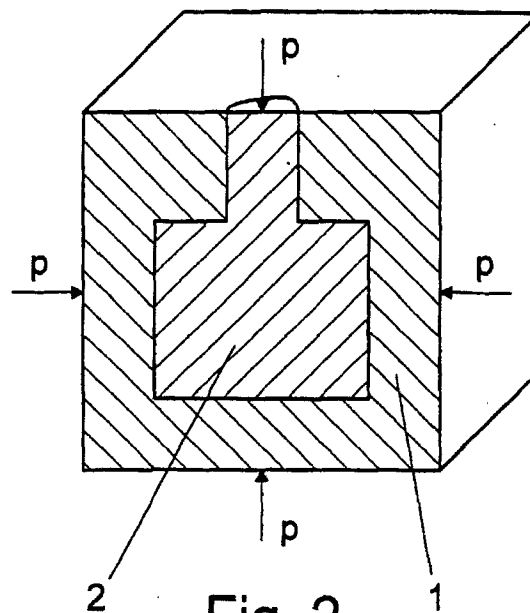


Fig. 2

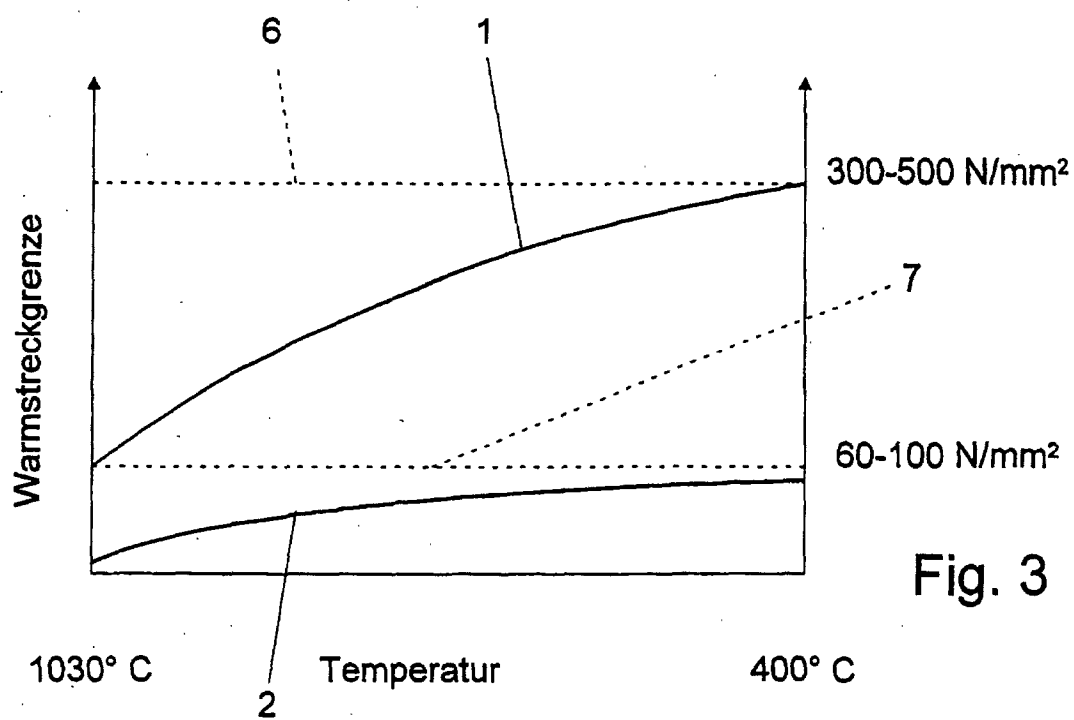


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 01 4235

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 44 39 984 C (BETZ GERHARD DR ING) 21. März 1996 (1996-03-21)	1-3,5-7, 9-12, 14-19, 21,24 8,13	B23K20/02 B23K20/227 B22C9/06 B29C33/38
Y	* Spalte 3, Zeile 45-57 - Spalte 4, Zeile 43-47 * * Ansprüche 4,5 *		
X	BAHEI-EL-DIN Y A; DVORAK G J: "Mechanics of Hot Isostatic Pressing of a Densified Unidirectional SIC/TI Composite" ACTA METALLURGICA ET MATERIALIA, Bd. 47, Nr. 7, 31. Juli 1995 (1995-07-31), Seiten 2531-2539, XP008022847 Pergamon Press Inc, Tarrytown, NY, USA	1-4, 6-11,22	
Y	* das ganze Dokument *	8,13	
X	NISSEL C: "HIP DIFFUSION BONDING" PMI POWDER METALLURGY INTERNATIONAL, FREIBURG, DE, Bd. 16, Nr. 3, Mai 1984 (1984-05), Seiten 113-116, XP008021057 ISSN: 0048-5012 * Seite 131, Absatz 1 * * Tabelle 2 *	1-3,9-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B23K B29C B22C
X	WO 00 50209 A (BRITISH CERAMIC RES LTD ;MASELKOWSKI CARLO ROBERT (GB); YIASEMIDES) 31. August 2000 (2000-08-31) * Seite 2, Zeile 7-15 * * Seite 9, Zeile 18-23 * * Seite 4, Zeile 5-8 *	1-3,12, 20-24	
X	WO 99 15294 A (DERBY BRIAN ;ISIS INNOVATION (GB); MIODOWNIK MARK ANDREW (US)) 1. April 1999 (1999-04-01) * Seite 3, Zeile 10 - Seite 5, Zeile 28 * -/-	1,2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 2. Oktober 2003	Prüfer Jaeger, H
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 Patentdokument, 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	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 01 4235

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI.7)
A	US 6 087 640 A (MATSEN MARC R ET AL) 11. Juli 2000 (2000-07-11) * Spalte 11, Zeile 53-56 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.CI.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 2. Oktober 2003	Prüfer Jaeger, H
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, 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			

EPO FORM 1503 03 82 (P4C03)

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

EP 03 01 4235

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

02-10-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4439984 C	21-03-1996	DE 4439984 C1 EP 0711615 A1	21-03-1996 15-05-1996
WO 0050209 A	31-08-2000	AU 2681200 A EP 1154886 A1 WO 0050209 A1 JP 2002537151 A	14-09-2000 21-11-2001 31-08-2000 05-11-2002
WO 9915294 A	01-04-1999	AU 9174098 A WO 9915294 A1	12-04-1999 01-04-1999
US 6087640 A	11-07-2000	US 5700995 A US 5420400 A US 5410132 A US 5914064 A US 5705794 A US 5821506 A US 5530227 A US 5599472 A US 5793024 A US 5808281 A US 5624594 A US 5728309 A US 5645744 A US 5710414 A US 5723849 A US 5641422 A US 5587098 A US 5847375 A US 5683607 A US 6040563 A US 5571436 A US 5591370 A US 5683608 A US 6211497 B1 US 5747179 A US 5591369 A	23-12-1997 30-05-1995 25-04-1995 22-06-1999 06-01-1998 13-10-1998 25-06-1996 04-02-1997 11-08-1998 15-09-1998 29-04-1997 17-03-1998 08-07-1997 20-01-1998 03-03-1998 24-06-1997 24-12-1996 08-12-1998 04-11-1997 21-03-2000 05-11-1996 07-01-1997 04-11-1997 03-04-2001 05-05-1998 07-01-1997

EPO FORM P0461

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