



(11)

EP 2 165 790 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.03.2010 Patentblatt 2010/12

(51) Int Cl.:
B22F 7/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09168127.0**

(22) Anmeldetag: **19.08.2009**

(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: **12.09.2008 DE 102008042065**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- Rager, Jochen
72406, Bisingen (DE)
- Huber, Arne
72108, Rottenburg (DE)
- Winkelmann, Antje
64342, Seeheim-Jugenheim (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles aus einem Werkstoffverbund und Bauteil aus einem Werkstoffverbund

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren sieht ein erstes Ausgangsteil (10) aus einem Sintermaterial vor. Das erste Ausgangsteil liegt als ein teilweise verdichtetes Sinterbauteil, Grünteil oder Braunteil vor. Es ist demnach noch nicht oder nicht vollständig verdichtet, beispielsweise durch einen Sintervorgang. Ferner sieht das erfindungsgemäße Verfahren zumindest ein zweites Ausgangsteil (20) vor, welches zumindest bereichsweise in einen Hohlraum (15) des ersten Ausgangsteiles (10) eingebracht wird, bevorzugt als Spielpassung. Anschlie-

ßend folgt ein Sintervorgang, in welchem die Ausgangsteile (10, 20) einer Temperaturbehandlung unterliegen. Dabei wird im zumindest teilweise vom zweiten Ausgangsteil (20) ausgefüllten Hohlraum (15) eine Verbindung (30) zwischen den Ausgangsteilen (10, 20) erzeugt. Diese Verbindung (30) bildet sich aufgrund von chemischen Verbindungen zwischen den Materialien der Ausgangsteile (10, 20) in Form eines Stoffschlusses aus. Der Stoffschluss ist an den Stellen zu finden, an welchen beide Ausgangsteile (10, 20) zueinander in Kontakt stehen.

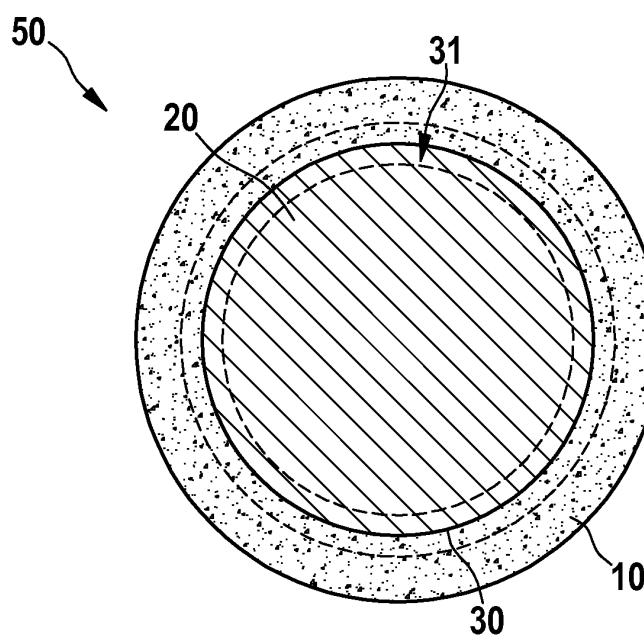


Fig. 2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles aus einem Werkstoffverbund und insbesondere ein nach diesem Verfahren hergestelltes Bauteil aus einem Werkstoffverbund.

[0002] Werkstoffverbunde bieten die Möglichkeit, Vorteile unterschiedlicher Werkstoffgruppen zu kombinieren und auf diese Weise Komponenten mit gegenüber den Basiswerkstoffen herausragenden Eigenschaften zu erhalten. Von besonderem Interesse für viele Anwendungen ist die Kombination eines harten, hochverschleißfesten Werkstoffs (Hartmetall, Cermet, Keramik) mit einem Stahl-Grundkörper hoher Zähigkeit und Duktilität.

[0003] Das Fügen von Hartmetallen mit Stählen erfolgt seither über kraftschlüssige Verbindungen wie Klemmen, Schraubverbindungen oder Aufschrumpfen oder aber über stoffschlüssige Verbindungen wie Löten, Schweißen, Kleben oder Eingießen.

[0004] Klemmen und Aufschrumpfen haben den Nachteil, dass keine formschlüssige Verbindung zwischen den beiden Bauteilen besteht. Falls die Anpresskräfte zu gering sind oder mit der Zeit nachlassen, kann es daher zur Separation beider Bauteile kommen. Schraubverbindungen eignen sich lediglich bei recht großen Bauteilen und auch hier ist der entsprechende Fertigungsaufwand zur Herstellung der Bohrlöcher und Gewindegänge sehr hoch. Weitere Nachteile entstehen durch Spannungskonzentrationen an den Schraubverbindungen, die zum Versagen führen können, lange bevor die eigentliche Belastbarkeit der einzelnen Werkstoffe erreicht ist. Des Weiteren können sich Schraubverbindungen durch Vibrationen oder zyklische Belastung lockern.

[0005] Bei Löt-, Schweiß-, Klebe-, oder Eingießverfahren wird zwar eine stoffschlüssige Verbindung zwischen den verschiedenen Werkstoffen geschaffen. Durch die meist deutlich unterschiedlichen Materialeigenschaften der Bindenahrt im Vergleich zu den zu fügenden Werkstoffpaaren stellt diese allerdings eine Schwachstelle im Gefüge dar. Zudem sind die genannten Verfahren mit einem erheblichen fertigungstechnischen Aufwand und zum Teil hohen Kosten verbunden.

[0006] Zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen Stahl und Hartmetall sind verschiedene Verfahren zum Diffusionsschweißen unter Zuhilfenahme von Weichblechen (vorzugsweise Kupfer oder Nickel) bekannt, wie z.B. in der Patentschrift DE 10104632 C2 beschrieben. Das Diffusionsschweißen ist jedoch auf einfache Geometrien in der Verbindungsebene beschränkt und erfordert eine sehr hohe Oberflächengüte der zu verbindenden Werkstücke.

[0007] In den Patentanmeldungen EP 630713 A1 und EP 810051 A1 werden Verfahren zum Diffusionslöten von Stahl- und Hartmetall-Bauteilen mit Hilfe verschiedener Hochtemperatlöte in Pulver- oder Pastenform

beschrieben. Als nachteilig erweist sich hierbei die geringe Festigkeit der Lötverbindung gegenüber den Grundwerkstoffen, die teilweise durch zusätzlichen Kraft- oder Formschluss kompensiert werden muss. Zudem ist ein Ausgleich mechanischer Spannungen durch Temperaturwechsel nur begrenzt möglich.

[0008] In der Patentanmeldung EP 1625896 A1 wird eine Stahl-Hartmetall-Komposit-Walze zum Kaltbandwalzen von Metallblechen vorgeschlagen. Aus einem Stahlkern und einer Hartmetall-Außenschicht wird mittels Vakuumsintern oder heißisostatischem Pressen ein Verbundkörper mit hoher Thermoschockbeständigkeit realisiert. Dabei wird zwischen dem Stahlkern und der Hartmetall-Außenschicht eine dünne Cermet-Zwischenschicht aufgetragen. Diese bildet dann unter Temperatureinfluss eine metallurgische Verbindung zwischen dem Stahlkern und dem Hartmetall aus.

[0009] Offenbarung der Erfindung Vorteile

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren vorzuschlagen, mit welchem Bauteile unterschiedlicher Materialien, insbesondere Stahl- und Hartmetallbauteile, ohne den Einsatz von weiteren Hilfsmitteln, wie Lotwerkstoffen, Zwischenschichten oder mechanischen Befestigungen, miteinander verbunden werden.

[0011] Ferner ist es Aufgabe, ein Bauteil aus einem Werkstoffverbund vorzuschlagen, insbesondere der Verbund aus einem harten, hochverschleißfesten Werkstoff und einem Werkstoff mit hoher Zähigkeit und Duktilität.

[0012] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst mit einem Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles aus einem Werkstoffverbund und einem Bauteil aus einem Werkstoffverbund entsprechend den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht daher ein erstes Ausgangsteil aus einem porösen Sintermaterial vor. Das erste Ausgangsteil liegt als teilweise verdichtetes Sinterbauteil, Grünteil oder Braunteil vor. Es ist demnach noch nicht oder nicht vollständig verdichtet, beispielsweise durch einen Sintervorgang. Ferner sieht das erfindungsgemäße Verfahren zumindest ein zweites Ausgangsteil vor, welches zumindest teilweise in einen Hohlraum des ersten Ausgangsteiles eingebracht wird, bevorzugt als Spielpassung. Anschließend folgt ein Sintervorgang, in welchem die Ausgangsteile unter Temperatureinfluss verdichtet werden. Dabei wird im zumindest teilweise vom zweiten Ausgangsteil ausgefüllten Hohlraum eine Verbindung zwischen den Ausgangsteilen erzeugt. Diese Verbindung bildet sich aufgrund von chemischen Verbindungen, insbesondere von Atombindungen, zwischen den Materialien der Ausgangsteile in Form eines Stoffschlusses aus. Der Stoffschluss ist an den Stellen zu finden, an welchen beide Ausgangsteile zueinander in Kontakt stehen.

Bevorzugt wird eine Kontaktausbildung beider Ausgangsteile zueinander während des Sintervorganges sichergestellt durch die zu erwartende Sinterschrumpfung

zumindest des ersten Ausgangsteiles. Vorgesehen ist eine Sinterschrumpfung, wodurch auch eine eventuell vor dem Sintervorgang vorliegende Spielpassung beider Ausgangsteile überbrückt wird. Durch den Sintervorgang verringert sich die Porosität und das Volumen zumindest des ersten Ausgangsteiles. Bei der Kontaktbildung weist das zweite Ausgangsteil zum zumindest teilweise von ihm ausgefüllten Hohlraum des ersten Ausgangsteiles bevorzugt ein theoretisches Übermaß auf. Dieses Übermaß wird durch Materialtransporte während des Sintervorganges kompensiert, was eine gleichmäßige und vollständige Erzeugung der Verbindung beider Ausgangsteile weiter begünstigt.

[0014] Ein derartiger Stoffschluss begünstigt in hohem Maße eine sehr stabile Verbindung der Ausgangsteile. Die Ausbildung chemischer Verbindungen erfolgt insbesondere auf Grund des bei der Sintertemperatur rege stattfindenden Stofftransports infolge von Diffusion, Kriechvorgängen und viskosem bzw. plastischem Fließen. In vorteilhafter Weise sind für eine Verbindung der Ausgangsteile, insbesondere in Form eines Stoffschlusses, keine weiteren Hilfsmittel notwendig.

[0015] Von Vorteil ist weiterhin, dass eine Verdichtung des Materials mindestens des ersten Ausgangsteiles sowie die Erzeugung der Verbindung in einem Prozessschritt erfolgen. So ermöglicht die vorliegende Erfindung, die beiden Prozessschritte Verdichtung und Fügen von Stahl-Hartmetall-Verbunden miteinander zu kombinieren. Dies trägt in hohem Maße zu einer Reduktion der Stückkosten bei. Außerdem sind im Gegensatz zu einem üblichen Aufschrumpfen eines erwärmten Teiles auf ein nicht erwärmtes Teil erfindungsgemäß alle Ausgangsteile der gleichen Sintertemperatur ausgesetzt. Dadurch ist in vorteilhafter Weise kein thermoschockbedingtes Materialversagen der Ausgangsteile an der Stelle der Verbindung zu erwarten.

[0016] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmale möglich.

[0017] So sieht eine Variante des Verfahrens vor, dass die Verbindung zusätzlich in Form einer Presspassung ausgebildet wird. Die Presspassung entsteht insbesondere beim Abkühlen nach dem Sintervorgang aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe der Ausgangsteile. Hierbei sollte das erste Ausgangsteil einen größeren Ausdehnungskoeffizienten besitzen als die übrigen Ausgangsteile. Somit liegt beim Abkühlen eine größere Schrumpfung des ersten Ausgangsteiles im Vergleich zu mindestens dem zweiten Ausgangsteil vor.

[0018] Dadurch, dass das neue Verfahren ohne niedrig schmelzende Lotwerkstoffe auskommt, weist ein nach diesem Verfahren hergestellter Werkstoffverbund auch bei hohen Temperaturen eine hohe mechanische Stabilität der Anbindung auf. Derartige Werkstoffverbunde können in einer Vielzahl von Anwendungen als Materialien für dort verwendete Bauteile zum Einsatz kommen.

men. Diese Bauteile aus einem Werkstoffverbund können für verschiedenartige Verschleißteile eingesetzt werden, bei denen eine stoffschlüssige Verbindung mit einem Stahlbauteil oder auch einem Bauteil aus einem anderen Material von Vorteil ist (z.B. Bohr- und Schneidwerkzeuge, Walzen, Pumpenteile). Ebenso denkbar ist der Einsatz in hoch belasteten Baugruppen aus dem Automobilbereich (z.B. Einspritztechnik, Abgasturbolader, Wälzlager, -getriebe).

10 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Diese zeigen in:

Fig. 1 einen Stahl-Hartmetall-Verbund in einer schematischen Darstellung vor einem Sintern

Fig. 2 den Stahl-Hartmetall-Verbund aus Fig. 1 nach einem Sintern als Verbundteil

Ausführungsformen der Erfindung

[0020] Fig. 1 zeigt schematisch einen Stahl-Hartmetall-Verbund vor einem Sintern entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0021] Dabei ist mit 10 ein erstes Ausgangsteil bezeichnet. Das Ausgangsteil 10 besteht aus einem Sintermaterial, vorzugsweise einem porösen Sintermaterial. Das Sintermaterial liegt dabei zumindest teilweise in einem unverdichteten Zustand, bevorzugt in einem unverdichteten Zustand, vor. Dies bedeutet, dass das erste Ausgangsteil 10 noch keine oder keine vollständige Sinterbehandlung durch eine Temperaturbehandlung erfahren hat. Allgemein werden unverdichtet vorliegende Sinterbauteile auch als Grünteile (mit organischen Bindern) oder Braunteile (im entbinderten Zustand) bezeichnet.

[0022] Das erste Ausgangsteil 10 ist in Fig. 1 als Hohlzylinder ausgebildet. Generell ist für das erste Ausgangsteil 10 eine beliebige Teileform möglich, wobei diese zumindest einen Hohlraum 15 aufweist. Ein derartiger Hohlraum 15 ist beim in Fig. 1 gezeigten ersten Ausgangsteil

10 die Innenbohrung mit einer Innenfläche 11 des Hohlzylinders. In den Hohlraum 15 des ersten Ausgangsteiles 10 ist zumindest bereichsweise ein zweites Ausgangsteil 20 eingebracht. Vorzugsweise ist die Außenkontur des zweiten Ausgangsteiles 20 komplementär zur Innenkontur des Hohlraumes 15 ausgebildet. So ist das in der Fig. 1 dargestellte zweite Ausgangsteil 20 innerhalb des Hohlraumes 15 als Zylinder mit einer Außenfläche 21 ausgebildet. Dabei ist auch ein Hohlraum 15 möglich, in welchem das zweite Ausgangsteil 20 allseitig vom ersten

55 Ausgangsteil 10 umschlossen ist.

[0023] Die bevorzugte Ausführungsform in Fig. 1 sieht innerhalb des Hohlraumes 15 eine Spielpassung zwischen dem ersten und dem zweiten Ausgangsteil 10, 20

vor. In diesem Fall ist dann zwischen der Innenfläche 11 des ersten Ausgangsteiles 10 und der Außenfläche 21 des zweiten Ausgangsteiles 20 ein Spalt 16 vorhanden.

[0024] In diesem Zustand werden die Ausgangsteile 10 und 20 anschließend einem Sintervorgang unterzogen. Während der Temperaturbehandlung schrumpft das erste Ausgangsteil 10 und verliert infolge dessen an Volumen. Insgesamt erfährt dadurch das Sintermaterial des ersten Ausgangsteiles 10 eine Verdichtung. Vorgeesehen ist, dass die Sinterschrumpfung des ersten Ausgangsteiles 10 so groß ist, dass der Spalt 16 zwischen der Innenfläche 11 und der Außenfläche 21 geschlossen wird. Durch die Sinterschrumpfung soll ein Kontakt bei den Ausgangsteilen 10 und 20 sichergestellt werden.

[0025] In Fig. 2 ist der Stahl-Hartmetall-Verbund aus Fig. 1 nach dem Sintern als Verbundteil 50 gezeigt. Durch die Sinterschrumpfung insbesondere des ersten Ausgangsteiles 10 sind zumindest teilweise die Innenfläche 11 des ersten Ausgangsteiles 10 und die Außenfläche 21 des zweiten Ausgangsteiles 20 in Kontakt zueinander.

[0026] Dabei ist an den Stellen des Kontaktes der Ausgangsteile 10, 20 zueinander im Verbundteil 50 eine Verbindung 30 in Form eines Stoffschlusses erzeugt worden. Infolge der Temperaturbehandlung beim Sintervorgang findet in den Ausgangsteilen 10 und 20 an ihren Kontaktstellen zueinander ein reger Stofftransport statt. Ursachen für den Stofftransport sind Diffusion, Krievorgänge und viskoses bzw. plastisches Fließen. Dies führt an den Kontaktstellen zur Ausbildung von chemischen Verbindungen zwischen den Materialien der Ausgangsteile 10 und 20. Zusätzlich wird dadurch auch eine optimale geometrische Anpassung der Oberflächen 11 und 21 weiter begünstigt.

[0027] Um einen Stoffschluss sicherzustellen, sollten vorhandene Oxidschichten im Bereich der Verbindung 30 vor oder während dem Sintern unter einer reduzierenden Sinteratmosphäre entfernt werden.

[0028] Zusätzlich ist im Verbundteil 50 in Fig. 2 eine Verbindung 30 in Form einer Presspassung erzeugt worden. Dadurch, dass das erste Ausgangsteil 10 mit einem größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten gewählt wird als der beim zweiten Ausgangsteil 20, liegt beim Abkühlen nach dem Sintervorgang eine größere Schrumpfung des ersten Ausgangsteiles 10 im Vergleich zu mindestens dem zweiten Ausgangsteil 20 vor. Durch die dadurch entstandene Presspassung schmiegen sich die Innenfläche 11 und die Außenfläche 21 auch bei Vorhandensein kleinerer Unebenheiten gut aneinander, wodurch ein vollständiger und gleichmäßiger Kontakt der Ausgangsteile 10 und 20 an der Verbindung 30 gewährleistet wird. Eine besonders gleichmäßiger Kontakt erfolgt bei einer Rauigkeit der Oberflächen der Ausgangsteile von $Rz < 100 \mu\text{m}$. Alternativ können in der Verbindung 30 nach dem Sintervorgang auch eine Übergangspassung oder nur ein stellenweiser Kontakt der Ausgangsteile 10 und 20 zueinander vorgesehen werden.

[0029] Es ist darauf zu achten, dass bei einer Presspassung ein zu großes Übermaß des zweiten Aus-

gangsteiles 20 vermieden wird. Ansonsten kann dies zu einer Behinderung der Verdichtung des ersten Ausgangsteiles 10 in radialer Richtung führen. Als Folge daraus kann es zu einem Verzug des ersten Ausgangsteiles 10 kommen. Aus diesem Grund sollte die Verbindung 30 beider Ausgangsteile 10 und 20, insbesondere durch die Ausbildung des Übermaßes des zweiten Ausgangsteiles 20 während des Sintervorganges, weitestgehend erst am Ende des Sintervorganges erzeugt werden. Als eine

Möglichkeit stellt sich hierbei eine Anpassung der Spielpassung beider Ausgangsteile 10 und 20 zur zu erwartenden Sinterschrumpfung der Ausgangsteile 10, 20 durch den Sintervorgang.

[0030] Der Sintervorgang erfolgt bevorzugt drucklos.

Wie bereits beschrieben wird dadurch erfindungsgemäß in sehr kostengünstiger Weise eine sehr stabile Verbindung zwischen den Ausgangsteilen realisiert. Des Weiteren sind auch andere Sinterverfahren, wie beispielsweise Drucksintern, Vakuumsintern, heißisostatisches Pressen und feldunterstütztes Sintern, einsetzbar. Hierdurch lassen sich insbesondere druckunterstützt zusätzlich eine größere Verdichtung der Sintermaterialien und eine bessere Oberflächengüte des Verbundteiles 50 insgesamt erreichen. Prinzipiell ist hiermit jedoch ein höherer Fertigungsaufwand verbunden.

[0031] Eine Ausführungsform des erfindungsgemäß Verfahrens sieht für das zweite Ausgangsteil 20 einen bereits verdichteten, zumindest einen teilweise verdichteten Zustand eines Sintermaterials oder eine Keramik oder ein schmelzmetallurgisch hergestelltes Material, insbesondere ein Metall, vor. Alternativ liegt das zweite Ausgangsteil 20 aus einem Sintermaterial als Grünteil oder Braunteil vor.

[0032] Erfindungsgemäß ist bevorzugt vorgesehen, dass das Verbundteil 50 aus einem Stahl und einem Hartmetall als Materialien der Ausgangsteile 10 und 20 gebildet wird.

[0033] Als Sintermaterialien für das erste und/oder das zweite Ausgangsteil 10 und 20 werden insbesondere WC-Hartmetalle mit Fe-, Ni- oder Co-Bindemetall (ca. 6-20 Gew.-%) vorgeschlagen, wobei diese Zusatzkarbide basierend auf Ti, Ta, V, oder Nb enthalten können. Ebenso kommen Sinterstähle zum Einsatz. Neben den genannten Sintermaterialien werden alternativ Sintermaterialien aus keramischen Hartstoffen, Cermet oder schmelzmetallurgisch hergestelltem Materialien vorgeschlagen. Bevorzugt kommen Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt $\geq 0,5$ Gew.-% in Frage, wie beispielsweise 100Cr6, X65Cr13. Dadurch kann eine übermäßige C-Diffusion während des Sintervorgangs unterbunden werden, so dass der Stahl in seinen Eigenschaften nicht verschlechtert wird.

[0034] Die Herstellung der Ausgangsteile 10, 20 aus einem Sintermaterial erfolgt bevorzugt durch ein pulvertechnologisches Verfahren, beispielsweise mittels Pulverspritzgießen. In vorteilhafter Weise können über dieses Verfahren komplexe und endformnahe Bauteile in großen Stückzahlen gefertigt werden. Ebenso von Vor-

teil ist, dass bei einem ersten und einem zweiten Ausgangsteil 10, 20 als Grün- oder Braunteil das Schrumpfverhältnis beider Ausgangsteile 10, 20 zueinander eingestellt werden kann. So wird über den jeweiligen Polymeranteil im ersten Ausgangsteil 10 und im zweiten Ausgangsteil 20 sichergestellt, dass das erste Ausgangsteil 10 ein größeres Schrumpfvermögen aufweist als das zweite Ausgangsteil 20. Alternativ kann das zweite Ausgangsteil 20 eine Randschicht mit höherem Bindemetallgehalt (> 20 Gew.-%) enthalten. Möglichkeiten hierzu sind der Einsatz eines Zweikomponentenmaterials oder eine Beschichtung. Dadurch kann eine Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Ausgangsteile 10, 20 zueinander optimiert werden.

Andere pulvertechnologische Verfahren, wie beispielsweise Extrusion oder uniaxiales bzw. isostatisches Pressen, können ebenso zur Herstellung der Ausgangsteile 10, 20 aus einem Sintermaterial zum Einsatz kommen.

[0035] Generell bildet sich durch Materialaustausch infolge von Diffusion in einer Diffusionszone 31 ein Konzentrationsgradient der jeweils vorhandenen Legierungselemente der Materialien der Ausgangsteile 10, 20 aus. Dabei wird die Diffusionszone 31 in der Verbindung 30 und von dort weiter in die Ausgangsteile 10 und 20 hinein ausgebildet. Infolge des Konzentrationsgradienten können sich weitere Materialphasen in der Diffusionszone 31 ausbilden. So können beispielsweise im Falle von Stahl und Hartmetall als Materialien der Ausgangsteile 10, 20 sogenannte η -Phasen (M_6C bzw. $M_{12}C$) gebildet werden. Derartige Phasen sind jedoch sehr spröde und können die mechanischen Eigenschaften der Verbindung 30 verschlechtern. Deshalb wird eine sehr schmale Diffusionszone 31 angestrebt, um die Bildung dieser Phasen gering zu halten oder zu vermeiden. Wie groß sich die Diffusionszone 31 ausbildet, wird über die Einstellung der Sinterdauer und

- temperatur beeinflusst.

Neben den η -Phasen kann sich je nach Zusammensetzung der Materialien der Ausgangsteile 10, 20 in der Verbindung 30 auch eine flüssige Phase bilden. Diese führt zwar im Allgemeinen zu einer vollständigen und porenenfreien Anbindung, allerdings sind diese Schmelzen nach der Erstarrung meist spröde und daher unerwünscht.

[0036] Generell sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, dass zur Reduzierung von Eigenspannungen im Verbundteil 50 nach dem Sintervorgang mehrere isotherme Haltestufen während eines Abkühlvorgangs durchlaufen werden. Derartige Eigenspannungen können während des Abkühlvorganges bei großen Unterschieden der thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Ausgangsteile 10, 20 entstehen. So weist Stahl einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von ca. $11-12 \cdot 10^{-6}$ /K und Hartmetall einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von ca. $5-6 \cdot 10^{-6}$ /K auf. Die radiale Schrumpfung des Ausgangsteiles 10 aus Stahl, führt hierbei zu

Druckeigenspannungen innerhalb des zweiten aus Hartmetall bestehenden Ausgangsteiles 20. In erster Linie sind diese Druckspannungen aufgrund der hohen Druckfestigkeit der Hartmetalle unproblematisch oder sogar günstig. Allerdings treten auch axiale Spannungen auf, die dann zum Versagen des Hartmetalls führen können. Mehrere isotherme Haltestufen während des Abkühlvorgangs wirken sich entsprechend günstig auf eine Reduzierung der Eigenspannungen aus.

10

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles (50) aus einem Werkstoffverbund mit einem ersten Ausgangsteil (10) aus einem Sintermaterial, wobei das erste Ausgangsteil (10) in Form eines teilweise verdichteten Sinterbauteils, eines Grünteils oder Braunteils vorliegt

15

dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein zweites Ausgangsteil (20) zumindest teilweise in einen Hohlraum (15) des ersten Ausgangsteiles (10) eingebracht wird und beide Ausgangsteile (10, 20) gesintert werden und im zumindest teilweise vom zweiten Ausgangsteil (20) ausgefüllten Hohlraum (15) dann eine Verbindung (30) zwischen den Ausgangsteilen (10, 20) erzeugt wird, wobei die Verbindung (30) aufgrund von chemischen Verbindungen zwischen den Materialien der Ausgangsteile (10, 20) in Form eines Stoffschlusses ausgebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (30) aufgrund einer größeren Schrumpfung des ersten Ausgangsteiles (10) zusätzlich in Form einer Presspassung ausgebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Verbindung (30) eine Diffusionszone (31) ausgebildet wird und der Stoffschluss dadurch im Wesentlichen frei von gebildeten Zwischenphasen gehalten wird, wobei eine Größe der Diffusionszone (31) bevorzugt durch eine Sinterdauer eingestellt wird.

45

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (30) weitestgehend am Ende des Sintervorganges ausgebildet wird.

50

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass mindestens das erste Ausgangsteil (10) mit einem pulvermetallurgischen Verfahren hergestellt wird.

55

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass als pulvermetallurgisches Verfahren das Pulverspritzgießen, Ex-

- trusion oder uniaxiales bzw. isostatisches Pressen verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorhandene Oxidschichten im Bereich der Verbindung (30) vor oder während dem Sintern unter einer reduzierenden Sinteratmosphäre entfernt werden. 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Sintervorgang mehrere isotherme Haltestufen während eines Abkühlvorgangs vorgesehen werden. 10
9. Bauteil aus einem Werkstoffverbund, insbesondere nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, mit einem ersten Ausgangsteil (10) aus einem Sintermaterial **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein zweites Ausgangsteil (20) zumindest teilweise in einem Hohlraum (15) des ersten Ausgangsteiles (10) angeordnet ist und nach einem Sintervorgang das Verbundteil(50) im zumindest teilweise vom zweiten Ausgangsteil (20) ausgefüllten Hohlraum (15) eine Verbindung (30) aufweist, wobei die Verbindung (30) in Form eines Stoffschlusses aufgrund von chemischen Verbindungen zwischen den Materialien der Ausgangsteile (10, 20) ausgebildet ist. 15
20
25
10. Bauteil nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung (30) zusätzlich in Form einer Presspassung der Ausgangsteile (10, 20) zueinander ausgebildet ist. 30
11. Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stoffschluss im Wesentlichen frei von gebildeten Zwischenphasen ist. 35
12. Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest das erste Ausgangsteil (10) ein pulvertechnologisch hergestelltes Bauteil ist. 40
13. Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest zweite Ausgangsteil (20) aus einem Sintermaterial, einem keramischen Hartstoff, einem Cermet oder einem schmelzmetallurgisch herstelltem Material, bevorzugt einem Metall, besteht. 45
50
14. Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sintermaterial bei dem ersten Ausgangsteil 10 und/oder dem zweiten Ausgangsteil 20 ein WC-Hartmetall mit Fe-, Ni- oder Co-Bindemetall (ca. 6-20 Gew.-%), ein Cermet, eine Keramik oder ein schmelzmetallurgisch hergestelltes Material ist. 55
15. Verwendung eines Bauteiles (50) entsprechend den Ansprüchen 1 bis 14 als verschleißfestes Bauteil, insbesondere als Bohr- und Schneidwerkzeug, als Walze oder Pumpenteil, und/oder als hoch belastetes Bauteil im Automobilbereich, insbesondere in der Einspritztechnik, im Abgasturbolader, im Wälzlagern oder im Getriebe.

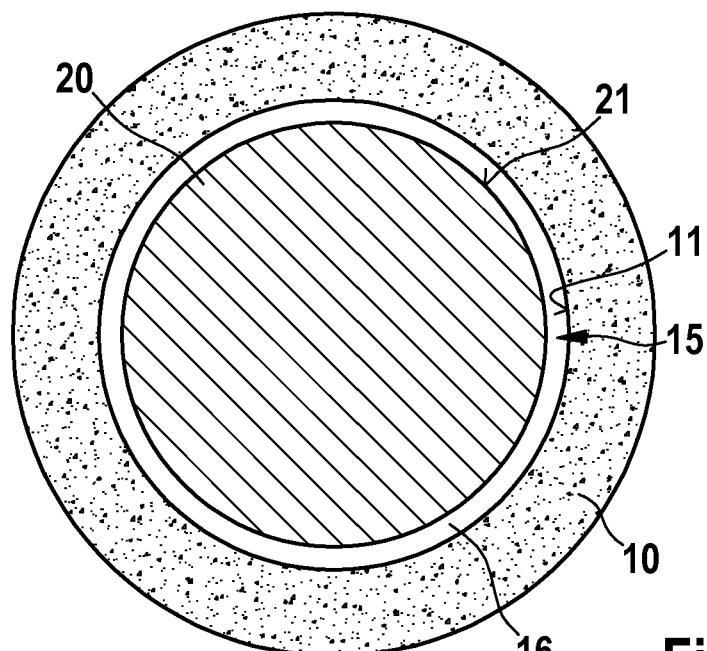


Fig. 1

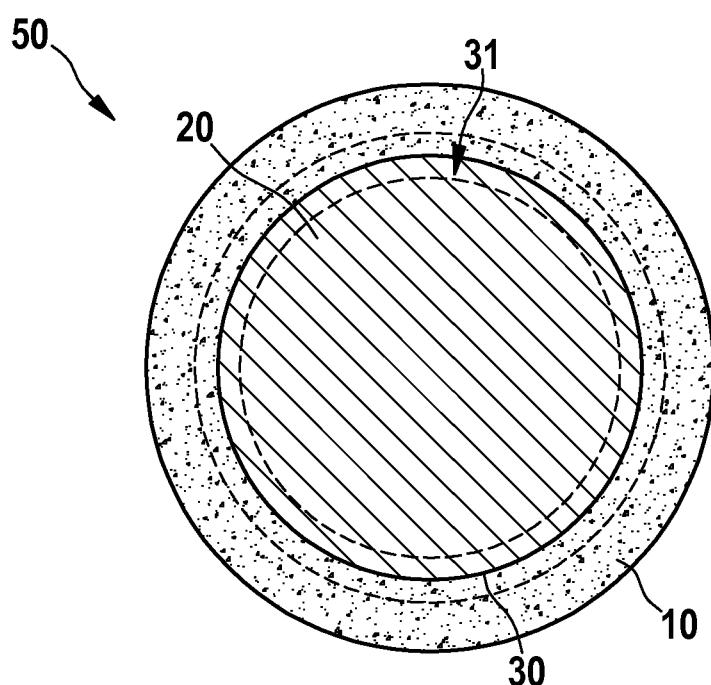


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 16 8127

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|--|--|--|------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X | DE 32 08 282 A1 (ISCAR LTD [IL]) 21. Oktober 1982 (1982-10-21) * das ganze Dokument * | 1-15 | INV. B22F7/06 |
| X | ----- DE 37 36 562 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 26. Mai 1988 (1988-05-26) * das ganze Dokument * | 1-15 | |
| X | ----- GB 2 153 850 A (NIPPON PISTON RING CO LTD) 29. August 1985 (1985-08-29) * das ganze Dokument * | 1 | |
| X | ----- DE 199 44 522 A1 (HITACHI POWDERED METALS [JP]) 30. März 2000 (2000-03-30) * das ganze Dokument * | 1 | |
| | ----- | | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| | | | B22F |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| 1 | Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer |
| | München | 14. Oktober 2009 | Swiatek, Ryszard |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | 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 | |
| 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 | | | |

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

EP 09 16 8127

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

14-10-2009

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentsdokument | | Datum der Veröffentlichung | | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|----|-------------------------------|----|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| DE 3208282 | A1 | 21-10-1982 | IL | 62342 A | | 30-12-1983 |
| DE 3736562 | A1 | 26-05-1988 | JP | 63125602 A | | 28-05-1988 |
| | | | US | 4868065 A | | 19-09-1989 |
| GB 2153850 | A | 29-08-1985 | DE | 3504212 A1 | | 08-08-1985 |
| | | | US | 4556532 A | | 03-12-1985 |
| DE 19944522 | A1 | 30-03-2000 | GB | 2343682 A | | 17-05-2000 |
| | | | US | 6120727 A | | 19-09-2000 |

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

- DE 10104632 C2 [0006]
- EP 630713 A1 [0007]
- EP 810051 A1 [0007]
- EP 1625896 A1 [0008]