



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 411 229 B**

(12)

## PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 9017/98  
DE98/003483  
(22) Anmeldetag: 24.11.1998  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.04.2003  
(45) Ausgabetag: 25.11.2003

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **B22D 19/08**  
B22D 11/00

(30) Priorität:  
14.01.1998 DE 19801074 beansprucht.  
(56) Entgegenhaltungen:  
DE 3906402 DE 4004703 DE 4103117C2  
DE 4328921 DE 4329654 DE 4442186  
WO 91/07518A2 DE 1063343C DE 4316755A1

(73) Patentinhaber:  
FEDERAL-MOGUL WIESBADEN GMBH  
D-65201 WIESBADEN (DE).  
(72) Erfinder:  
ANDLER GERD  
FRANKFURT (DE).

(54) SCHICHTVERBUNDWERKSTOFF FÜR GLEITELEMENTE UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

**AT 411 229 B**

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffs für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, beschrieben, bei dem auf ein Trägermaterial, insbesondere aus Stahl, eine Legierung mittels eines kontinuierlichen Bandgießprozesses auf das Trägermaterial aufgebracht wird, wobei der Trägerwerkstoff auf eine Temperatur von 1000°C bis 1100°C vorgewärmt wird. Es wird eine sich heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer- Zink- oder Kupfer-Aluminiumbasis mit einer Temperatur von 1000°C bis 1250°C aufgegossen. Der Schichtverbundwerkstoff wird innerhalb von 2 bis 4 Minuten von Gießtemperatur der Lagerlegierung auf 100°C abgekühlt, wobei ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu den  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3 eingestellt wird. Dieses Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen wird durch einen anschließenden Glühvorgang auf bis zu 6 angehoben. Es werden auch Schichtverbundwerkstoffe beschrieben.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, bei dem auf ein Trägermaterial, insbesondere aus Stahl, eine Lagerlegierung mittels eines kontinuierlichen Bandbegießprozesses auf das Trägermaterial aufgebracht wird, wobei der Trägerstoff auf eine Temperatur von 1000 °C bis 1100 °C vorgewärmt wird. Die Erfindung bezieht sich auf einen Schichtverbundwerkstoff gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs der Patentansprüche 6 und 9.

Allgemein dienen Lagerungen der Aufnahme und Weiterleitung von Kräften, und zwar sowohl der axialen wie auch radialen Kräfte zwischen sich relativ zueinander bewegenden Bauteilen. Dies bedeutet, daß für fast alle umlaufenden Drehbewegungen und Schwenkbewegungen Lager erforderlich sind. Lager sind somit ein in allen Maschinen und Aggregaten und damit insbesondere in Verbrennungsmotoren ein unverzichtbares Maschinenelement.

Betrachtet man bei modernen Verbrennungsmotoren die darin vorhandenen wichtigsten Lagerstellen (Hauptlager, Pleuellager, Kolbenbolzenbuchse, Nockenwellenbuchse u.a.), so erhält man einen guten Überblick über die Vielzahl oftmals konträrer Eigenschaften, die der Lagerwerkstoff erfüllen muß.

Je nach Lager- und Motorentyp sind nicht nur unterschiedliche konstruktive Gegebenheiten zu berücksichtigen, sondern es treten auch ganz unterschiedliche Belastungen (Gaskräfte, Massenkkräfte, Gleitgeschwindigkeiten) auf. Für das hieraus resultierende vielseitige Anforderungsprofil (wie hohe Ermüdungsfestigkeit, hohe Verschleißfestigkeit, Freßunempfindlichkeit, hoher Korrosionswiderstand, hoher Kavitationswiderstand, u.a.) haben sich im Laufe der Zeit mehrschichtig aufgebaute Verbundwerkstoffe als besonders geeignet erwiesen. So gehören heute Zwei- bzw. Dreischichtverbundwerkstoffe zum Stand der Technik. Hierbei verleiht ein Stahlstürzkörper dem Gleitlager die erforderliche mechanische Festigkeit und einen korrekten Festsitz im Gehäuse. Das Lagermetall, aufgebracht mittels Walzplattieren, Bandbießen oder Sintern, erfüllt hierbei die bereits erwähnten Eigenschaften, wobei zusätzlich noch eine meist galvanisch aufbrachte Gleitschicht mit als Diffusionsbarriere dienender Zwischenschicht das Verbundsystem komplettiert.

Betrachtet man die Entwicklungstendenzen im Bereich von zukünftigen Dieselmotoren, so treten zwei Hauptrandbedingungen in den Vordergrund: Minimierung des Kraftstoffverbrauches und Reduzierung der Schadstoffemissionen.

Gegenüber konventionellen Dieselmotoren wird dies mittels Direkteinspritzung, d.h. Steigerung des Verbrennungsdrucks und durch Turboaufladung erreicht. Hierdurch werden in neuen Motoren-generationen besonders an die Lagerwerkstoffe höchste Anforderungen gestellt. Eindeutig geht der Trend zu immer höher belastbaren Werkstoffen, der bereits bei Pleuellagern zu neuen Schichtverbundwerkstoffen geführt hat. So ist in diesem Bereich das Sputterlager (die Laufschrift besteht aus einer mittels Kathodenzerstäubung aufgetragenen Gleitschicht) zu einem festen Marktbestandteil geworden. Mit diesem Lagertyp können höchste Belastungen ohne Probleme realisiert werden.

Aber auch in anderen Bereichen wie z.B. der Kolbenbolzenlagerung sind die Beanspruchungen an die Lagerwerkstoffe derart gestiegen, daß sie von den dort eingesetzten traditionellen Buchsenwerkstoffen auf Stahl/Bleibronze-Basis nur durch Erhöhung des Kolbenbolzendurchmessers und einer dadurch reduzierten spezifischen Belastung beherrscht werden. Diese Entwicklung weist jedoch in die falsche Richtung, weil hierdurch die oszillierenden Massen und damit die Bauhöhe des Motors anwachsen, was einer allgemein angestrebten Gewichtsreduzierung entgegenwirkt. Ein weiteres Problem bei der Verwendung der Bleibronzelegierungen ist ihre mangelnde Korrosionsbeständigkeit.

Hieraus wird deutlich, daß z.B. im Bereich von Buchsenwerkstoffen die zukünftigen Marktbefürfnisse nur durch ein neu zu entwickelndes Verbund-Werkstoffsystem erfüllt werden können. An dieses werden folgende technischen und wirtschaftlichen Anforderungen gestellt: der Verbundwerkstoff muß höchsten Belastungen standhalten können, er muß eine hohe Korrosionsbeständigkeit bei Temperaturen bis 200°C in einer aggressiven Umgebung besitzen (Werkstoff stark beansprucht durch Öladditive, Verbrennungsrückstände im Öl und starke Kontamination des Öls infolge längerer Wartungsintervalle) und er muß kostengünstig herzustellen sein.

In der EP 0 681 114 wird ein Schichtverbundwerkstoff bestehend aus Stahl mit einem Gleitlagerwerkstoff aus einer Kupfer-Zink-Knetlegierung beschrieben, wie er als Lagerbuchsen- bzw. Anlaufscheibenwerkstoff Anwendung findet. Die Herstellung dieses Verbundwerkstoffs erfolgt mittels Walzplattierens. Eine sich an das Plattieren anschließende Wärmebehandlung erhöht als

Folge von Diffusionsvorgängen die Bindefestigkeit zwischen Stahl und Lagermetall.

Bei diesem Verbundsystem handelt es sich bei der Herstellung, im Gegensatz zu dem in dieser Anmeldung beanspruchten Verfahren, um ein Walzplattierverfahren. Hierbei tritt als Folge des Walzdruckes eine mechanische Haftung durch Verzahnen der Oberflächen der beiden Werkstoffe ein. Eine nachfolgende Diffusionsglühung verstärkt zwar diese Bindung, führt aber nicht zu einer formschlüssigen Verbindung oder gar einer metallurgischen Bindung, wie dieses beim Begießen, also dem Kontakt einer flüssigen Phase mit einer festen Phase, der Fall ist.

Weiterhin muß festgestellt werden, daß der in der EP 0 681 114 beschriebene Prozeß auch hinsichtlich der Herstellungskosten teurer ist, als das hiermit verglichene Begießen, denn bevor der Verbundwerkstoff durch Walzplattieren hergestellt wird, muß das CuZn31Si-Band mittels eines eigenen Gießprozesses produziert werden. Erst in einem weiteren Arbeitsschritt kann durch Plattieren der Verbundwerkstoff entstehen. Beim Begießen von Stahl kann aber der Verbundwerkstoff in einem Arbeitsgang hergestellt werden.

Die DE-OS 25 48 941 beschreibt ein Verfahren zur Erzeugung von strangförmigen, metallischen Gegenständen, bei dem mehrere Schichten aus demselben Material aufgebracht werden. Dementsprechend sind mehrere Aufgießgefäße vorgesehen. Die jeweilige Schicht, die an der Aufgießstelle auf dem Band gebildet wird, wird fortlaufend abgezogen und jeweils gekühlt. Hierzu sind unter dem Band entsprechende Kühleinrichtungen vorgesehen.

Aus der DE-PS 10 63 343 ist ein Verfahren zum Bandgießen von Bleibronze bekannt, bei dem das Stahlband auf eine Temperatur von etwa 1100°C erwärmt wird, um ein Verziehen des Bandes zu verhindern. Zuvor wird das Band zu einem U-förmigen Profil mit abgewinkelten Rändern geformt. Nach dem Begießen und Abkühlen des Bandes, über das allerdings keine Aussagen gemacht werden, wird das Band auf die gewünschte Dicke gefräst und anschließend aufgewickelt.

Aus der DE 44 37 565 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlverbundgußwerkstoffes bekannt. Es handelt sich um kein kontinuierliches Bandbegießverfahren, sondern um ein Stand- bzw. Schleudergußverfahren, bei dem bereits umgeformte Lagerschalen beschichtet werden. Diese Lagerlegierung auf Kupferbasis enthält Nickel und Silizium in einem bestimmten Verhältnis, so daß die Eisensilizid-Sprödphasen an der Bindezone unterdrückt werden. Das zu beschichtende Gleitelement wird vorgewärmt, wobei die Vorwärmtemperatur in Abhängigkeit der Stahldicke gewählt wird. Dieses Verfahren ist nur für große Lager und somit teure Teile geeignet. Für die Massenherstellung, wie sie bei kleiner dimensionierten Lagern mit Stahldicken unter 10 mm erforderlich ist, kann dieses bekannte Verfahren nicht eingesetzt werden.

Die DE 40 04 703 A1 beschreibt einen Schichtwerkstoff für Gleitlagerelemente mit einer metallischen Stützschiicht und einem Lagerwerkstoff auf Aluminiumbasis, der Nickel, Mangan, Kupfer und Hartteilchen einer definierten Teilchengröße sowie 8 bis 20 Gew.-% Zinn enthält. Bezüglich des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens läßt sich dieser Schrift nichts entnehmen.

Die DE 39 06 402 A1 beschreibt einen ähnlichen Schichtwerkstoff wie die DE 40 04 703 C2, wobei zusätzlich noch Wismut und Blei in der Antifriktionsschicht enthalten sein können.

Die DE 43 28 921 A1 beschreibt ein Gleitlagermaterial, bei dem die durch Aufspritzen bzw. Aufsprühen aufgebrachte oberste Schicht im Vordergrund der Betrachtungen steht. Über das Aufbringen der Lagerlegierungsschicht wird mitgeteilt, daß ein Pulver auf dem Stützstahl aufgesintert und mit dem Stützstahl durch Walzen verbunden wird, wodurch ein Bimetall gebildet wird. Das Bimetall wird anschließend spanabhebend zu einem Lagermetall bearbeitet.

Die DE 43 16 755 A1 beschreibt im Strangguß hergestellte Buchsen aus bleifreien Legierungen von Zink, Kupfer und Aluminium. Lösungen oder Anregungen für das erfindungsgemäße Verfahren zur Bildung entsprechender Gefügeeigenschaften enthält die DE 43 16 755 A1 nicht. Auf die Problematik des Zusammenfügens von Trägerschicht und Gleitschicht wird nicht eingegangen.

Die WO 91/07518 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtwerkstoffes, bei dem zwar ein Bandgießverfahren zum Einsatz kommt, wobei es allerdings entscheidend auf den Abkühlprozeß ankommt. Anschließend an das Gießen wird nämlich die Gleitschicht im kontinuierlichen Durchlauf einer Abkühlung unterzogen, um das Teilchenwachstum über Teilchendimensionen von 0,01 bis 1 µm zu verhindern. Zur Verbesserung der Bindungsfestigkeit zwischen Gleitschicht und Zwischenschicht ist eine Bindungs- bzw. Diffusionssperrschicht vorgesehen, die aus Ni, Zn, Fe, Co sowie auch aus NiSn, CuZn, Co, CuSn bestehen kann, und die eigens aufgebracht werden muß.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ausgehend von der DE-OS 25 48 941, ein Verfahren und einen Schichtverbundwerkstoff bereitzustellen, der für Lagerstellen geeignet ist, bei dem Mischreibung gegeben ist, der korrosionsbeständig und kalt umformbar ist sowie höchste Belastungen aushält.

5 Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren, bei dem eine sich heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Zink- oder Kupfer-Aluminium-Basis mit einer Temperatur von 1000°C bis 1250°C aufgegossen wird, wobei der Schichtverbundwerkstoff innerhalb von 2 bis 4 Minuten von Gießtemperatur der Lagerlegierung auf unter 100°C abgekühlt wird, wobei ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu den  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3 eingestellt wird, und wobei dieses Verhältnis der  $\alpha$ - zu den  $\beta$ -Phasen durch einen anschließenden Glühvorgang auf bis zu 6 angehoben wird.

10 Vorzugsweise wird der Schichtverbundwerkstoff innerhalb der ersten 30 sec von der Gießtemperatur der Lagerlegierung auf ihre Erstarrungstemperatur abgekühlt.

Es hat sich gezeigt, daß die Anforderungen an den Schichtverbundwerkstoff durch hochfeste Kupferlegierungen erfüllt werden können. Hierzu zählen Sondermessing oder Aluminiumbronze, 15 die, neben einer hohen Belastbarkeit, im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit den Vorteil bieten, kein Blei zu enthalten. Prinzipiell kann in dieser Werkstoffgruppe von zwei unterschiedlichen Gefügemorphologien ausgegangen werden: Legierungssysteme, die homogen erstarren (z.B. CuAl8 bzw. CuZn31Si) und Legierungssysteme, die ein heterogenes Gefüge bilden (z.B. CuAl10Fe bzw. CuZn40Al).

20 Die "homogenen" Werkstoffe bestehen aus einem  $\alpha$ -Mischkristall und besitzen neben guten Gleiteigenschaften auch eine gute Kaltumformbarkeit. Demgegenüber haben die "heterogenen" Legierungen, begünstigt durch ihren mehrphasigen Gefügebau, höhere Verschleißbeständigkeit, aber schlechtere Kaltumformbarkeit.

Verbundwerkstoffe mit Lagerlegierungen auf Kupfer-Zink- oder Kupfer-Aluminium-Basis konnten bisher nur durch Schleudergießverfahren hergestellt werden. Kontinuierliche Bandbegießverfahren fanden bisher keine Anwendung, da sich beim Begießen des Substratwerkstoffes im Bereich der Bindezone Sprödphasen ausbildeten, die es nicht erlaubten, den Verbundwerkstoff 25 umzuformen. Dies ist aber für die kostengünstige Herstellung von z.B. Gleitlagern oder Buchsen unerlässlich. Es wurde überraschend festgestellt, daß diese Verbundwerkstoffe dann z.B. umformbar werden, ohne daß sich das aufgegossene Lagermetall vom Substratwerkstoff löst, wenn die erfindungsgemäßen Verfahrensparameter eingehalten werden. Durch die Prozeßführung beim Begießen des Stahles wird es möglich, einen Verbundwerkstoff zu schaffen, der als Ganzes eine Umformung von mindestens 25 % erlaubt.

Die Bindezone am Übergang zum Stahl besitzt eine ausreichende Duktilität, d.h. die Bildung 35 von Sprödphasen am Übergang Stahl/Lagermetall wurde vermieden. Damit waren die Voraussetzungen für eine Weiterverarbeitung des Schichtverbundes als Band durch Umformprozesse wie Walzen oder Rollbiegen z.B. zur Herstellung einer Buchse erfüllt.

Wenn die Lagerlegierung eine Kupfer-Aluminium-Legierung ist, wird nach dem Aufbringen der Lagerlegierung und nach dem Abkühlvorgang vorzugsweise eine Glühbehandlung bei 600°C bis 40 750°C über 4 bis 10 Stunden durchgeführt. Im Falle einer Kupfer-Zink-Legierung wird der Schichtverbundwerkstoff vorteilhafterweise entsprechend bei einer Temperatur von 400°C bis 550°C über 4 bis 10 Stunden geglüht.

Vorzugsweise wird die Lagerlegierung in einer Dicke  $D_L$  aufgegossen, die zur Dicke  $D_T$  des Trägermaterials ein Verhältnis  $D_L/D_T = 1$  bis 2 aufweist. Die Ausgestaltung der Bindungszone kann 45 über das Dickenverhältnis beeinflusst werden.

Der Schichtverbundwerkstoff für Lagerschalen oder Lagerbuchsen mit einem Trägerwerkstoff aus Stahl und mit einer aufgegossenen heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Aluminiumbasis ist dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerlegierung einen heterogenen Gefügebau aufweist, wobei zwischen der Lagerlegierung und dem Trägerwerkstoff eine metallurgische 50 Bindungszone vorhanden ist, die 80 bis 95 % Eisen, übliche Verunreinigungen und als Rest Kupfer aufweist sowie kubisch kristallisiert ist.

Der Schichtverbundwerkstoff für Lagerschalen oder Lagerbuchsen, mit einem Trägerwerkstoff aus Stahl und mit einer aufgegossenen heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Zinkbasis ist dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerlegierung einen heterogenen Gefügebau aufweist, wobei zwischen der Lagerlegierung und dem Trägerwerkstoff eine metallurgische 55 Bindungszone vorhanden ist, die 80 bis 95 % Eisen, übliche Verunreinigungen und als Rest Kupfer aufweist sowie kubisch kristallisiert ist.

Bindungszone vorhanden ist, die 80 bis 95% Eisen, übliche Verunreinigungen und als Rest Kupfer aufweist sowie kubisch kristallisiert ist, wobei das heterogene Gefüge  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen aufweist und im Gußzustand nach dem Abkühlen und vor der Wärmebehandlung die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen im Verhältnis von 1,5 bis 3,0 vorliegen.

Die Bestimmung der Legierungsbestandteile der Bindungsschicht wird vorteilhafterweise durch eine energiedispersive Röntgenanalyse (EDX) mittels Rasterelektronenmikroskopie durchgeführt. Unter einer metallurgischen Bindungszone versteht man eine Bindezone, die sich infolge Diffusionsvorgängen von z.B. Elementen der aufgegossenen Legierung in den festen Trägerwerkstoff als deutlich erkennbare Zwischenschicht ausbildet. Meistens stellt sich diese Bindezone als Mischkristall oder intermetallische Phase beider Werkstoffe dar.

Der hohe Eisenanteil stammt aus dem Stahlträgerwerkstoff, während der Kupferanteil von der Lagerlegierung zur Verfügung gestellt wird. Außer diesen beiden Komponenten, die das Gefüge der metallurgischen Bindungszone bestimmen, können noch geringe Mengen der übrigen Legierungsbestandteile enthalten sein. Diese metallurgische Bindungszone gewährleistet eine hohe Haftfestigkeit und eine hohe Belastbarkeit des gesamten Schichtverbundwerkstoffes.

Die Dicke der Bindungszone liegt vorzugsweise im Bereich von 5 bis 50  $\mu\text{m}$ .

Die heterogene Struktur der Lagerlegierung wäre im Hinblick auf die Kaltumformbarkeit des Materials nachteilig. Es hat sich jedoch überraschend herausgestellt, daß die heterogene Struktur dann nicht nachteilig ist, wenn ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen vorliegt.

Die  $\beta$ -Phasen stellen sich bei hohen Temperaturen ein und müssen, um eine gute Umformbarkeit zu gewährleisten, u.a. in die  $\alpha$ -Phase umgewandelt werden. Andererseits müssen auch ausreichende Anteile der  $\beta$ -Phasen vorhanden sein, um die Heterogenität der Gefügestruktur zu erhalten, weil diese die Verschleißbeständigkeit vorteilhaft beeinflusst.

Die Umwandlung der  $\beta$ -Phasen kann durch die Abkühlung nach dem Aufgießen gesteuert werden, wobei jedoch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine möglichst schnelle Abkühlung wünschenswert wäre. Es hat sich herausgestellt, daß eine Abkühlung auf 100°C innerhalb von 2 bis 4 Minuten geeignet ist, um ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3,0 einzustellen. Der Schichtverbundwerkstoff mit einem solchen  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Verhältnis vereint gute tribologische Eigenschaften mit guter Umformbarkeit sowie mit guten Korrosionseigenschaften und hoher Belastbarkeit.

Durch den nachfolgenden Glühvorgang kann das Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen auf bis zu 6 weiter angehoben werden, was sich günstig auf die Umformeigenschaften auswirkt.

Vorzugsweise wird der Schichtverbundwerkstoff für Gleitelemente, wie Gleitlaser oder Buchsen, mit einer Dicke des Trägermaterials unter 10 mm verwendet.

Die Kupfer-Zink-Legierung kann beispielsweise folgende Zusammensetzung aufweisen:

Kupfer	55 - 63 %
Aluminium	1,5 - 2,5 %
Eisen	0,5 - 0,8 %
Mangan	1,8 - 2,2 %
Nickel	0,7 - 1 %
Zinn	0 - 0,1 %
Zink	Rest.

Beispielhafte Zusammensetzungen einer Kupfer-Aluminium-Legierung sind wie folgt:

Aluminium	7,5 - 11 %
Eisen	0,5 - 3 %
Mangan	0,5 - 2 %
Nickel	1 - 3,5 %
Zink	0 - 0,5 %
Kupfer	Rest.

Der Schichtverbundwerkstoff kann zusätzlich noch eine Ternärschicht, beispielsweise aus

PbSnCu oder einen Zinn-Flash als Einlaufschicht aufweisen.

Beispielhafte Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert:

Es zeigen:

5

Fig. 1 ein Schlifffbild einer CuAl9Ni3Fe-Lagerlegierung im Gusszustand auf einem Trägerwerkstoff aus Stahl,

Fig.

10

2a u. 2b zwei Schlifffbilder eines Schichtverbundwerkstoffes mit einer Lagerlegierung aus CuZn40Al im Gußzustand und

Fig. 3 ein Balkendiagramm zur Bindungsfestigkeit der Verbundwerkstoffe CuAl9Ni3Fe2 bzw. CuZn40Al2 auf Stahl im Gußzustand bzw. nach einer Wärmebehandlung im direkten Vergleich zu herkömmlichen Schichtverbundwerkstoffen.

15

### Beispiel 1

#### CuAl9Ni3Fe

20

- 1,6 mm Stahlband
- Gießplattieren des Stahlbandes
- Abkühlung
- Fräsen der Lagermetalloberfläche
- Wärmebehandlung
- Umformprozeß

25

Vorwärmtemperatur des Trägermaterials 1100°C  
Schmelztemperatur der Lagerlegierung 1200° C  
in 30 sec auf Erstarrungstemperatur, in weiteren 2,5 min auf 100°C  
5 - 15 % der Lagermetalldicke  
650°C, 6 h Haltezeit  
25 %

30

Ein Schlifffbild dieses Schichtverbundwerkstoffes im Gußzustand ist in der Fig. 1 zu sehen. Auf dem Trägerwerkstoff aus Stahl 1 befindet sich eine dünne Bindungszone 2, die 88 % Eisen und 6 % Kupfer aufweist, wobei die restlichen Bestandteile aus den übrigen Legierungsbestandteilen bestehen.

Auf der Bindungszone 2 befindet sich die Lagerlegierung 3, die eine heterogene dendritische Struktur aufweist, wobei die hellen Flächen die  $\alpha$ -Phase darstellen,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen liegen im Verhältnis 2,6 in der Lagerlegierung 3 vor.

35

### Beispiel 2

#### CuZn40Al2

40

- 1,6 mm Stahlband
- Gießplattieren des Stahlbandes
- Abkühlung
- Fräsen der Lagermetalloberfläche
- Wärmebehandlung
- Umformprozeß

45

Vorwärmtemperatur des Trägermaterials 1000°C  
Schmelztemperatur der Lagerlegierung 1020°C  
in 30 sec auf Erstarrungstemperatur, in weiteren 2,5 min auf 100°C  
5 - 15 % der Lagermetalldicke  
500°C, 4 h Haltezeit  
25 %

50

In den Fig. 2a und 2b sind Schlifffbilder des Schichtverbundwerkstoffes mit der Lagerlegierung aus CuZn40Al2 im Gießzustand dargestellt. Zwischen der Stahlträgerschicht 1' und dem Lagermaterial 3' befindet sich ebenfalls eine Bindungszone 2', die 81 % Eisen und 8 % Kupfer aufweist, wobei die restlichen Bestandteile aus den übrigen Legierungsbestandteilen bestehen.

Auch bei diesem Werkstoff zeigt sich eine heterogene Struktur.

In der Fig. 3 ist die Bindungsfestigkeit in N/mm<sup>2</sup> für Verbundwerkstoffe hergestellt nach Ausführungsbeispiel 1 bzw. 2 im Vergleich zu herkömmlichen Schichtverbundwerkstoffen dargestellt. Der

55

graue Bereich kennzeichnet die Meßwertsteuerung. Hierbei wurde sowohl der Gußzustand für CuAl9Ni3Fe2 bzw. CuZn40Al2 wie auch der Zustand nach einer Glühung untersucht. Es ist deutlich erkennbar, daß die beiden neuen Verbundwerkstoffe hinsichtlich Haftfestigkeit den bekannten Stahlverbundwerkstoffen wie CuAl8 bzw. CuPb10Sn10 deutlich überlegen sind. Eine durchgeführte Wärmebehandlung, um den für eine spätere Umformung angestrebten Gefügebau einzustellen, wirkt sich nicht negativ auf die Haftfestigkeit aus (bei CuZn40Al2 auf Stahl wird die Haftfestigkeit sogar noch verbessert).

# PATENTANSPRÜCHE:

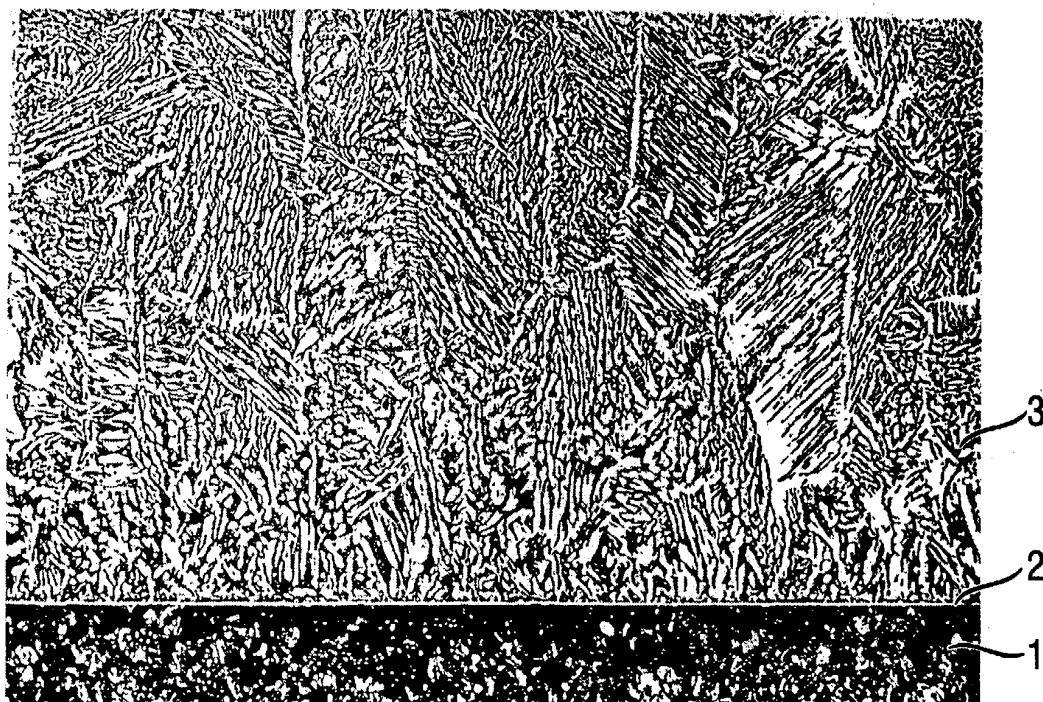
1. Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffs für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, bei dem auf ein Trägermaterial, insbesondere aus Stahl, eine Legierung mittels eines kontinuierlichen Bandgießprozesses auf das Trägermaterial aufgebracht wird, wobei der Trägerwerkstoff auf eine Temperatur von 1000°C bis 1100°C vorgewärmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine sich heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer- Zink- oder Kupfer-Aluminiumbasis mit einer Temperatur von 1000°C bis 1250°C aufgegossen wird, dass der Schichtverbundwerkstoff innerhalb von 2 bis 4 Minuten von Gießtemperatur der Lagerlegierung auf 100°C abgekühlt wird, wobei ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu den  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3 eingestellt wird, und dass dieses Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen durch einen anschließenden Glühvorgang auf bis zu 6 angehoben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schichtverbundwerkstoff innerhalb der ersten 30 sec von der Gießtemperatur der Lagerlegierung auf die Erstarrungstemperatur der Lagerlegierung abgekühlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Aufbringen einer Kupfer-Aluminiumlegierung und nach dem Abkühlvorgang der Schichtverbundwerkstoff bei 600°C bis 750°C über 4 bis 10 Stunden geglüht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Aufbringen einer Kupfer-Zinklegierung und nach dem Abkühlvorgang der Schichtverbundwerkstoff bei einer Temperatur von 400°C bis 550°C über 4 bis 10 Stunden geglüht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lagerlegierung in einer Dicke  $D_L$  aufgegossen wird, die zur Dicke  $D_T$  des Trägermaterials ein Verhältnis  $D_L/D_T = 1$  bis 2 aufweist.
6. Schichtverbundwerkstoff für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, mit einem Trägerwerkstoff aus Stahl und mit einer aufgegossenen heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Aluminiumbasis, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lagerlegierung einen heterogenen Gefügebau aufweist, wobei zwischen der Lagerlegierung (3, 3') und dem Trägerwerkstoff (1, 1') eine metallurgische Bindungszone (2, 2') vorhanden ist, die 80 bis 95% Eisen, übliche Verunreinigungen und als Rest Kupfer aufweist sowie kubisch kristallisiert ist.
7. Schichtbundwerkstoff nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das heterogene Gefüge  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen aufweist.
8. Schichtbundwerkstoff nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Gußzustand nach dem Abkühlen und vor der Wärmebehandlung die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen im Verhältnis von 1,5 bis 3,0 vorliegen.
9. Schichtverbundwerkstoff für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, mit einem Trägerwerkstoff aus Stahl und mit einer aufgegossenen heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer- und Zinkbasis, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lagerlegierung einen heterogenen Gefügebau aufweist, wobei zwischen der Lagerlegierung (3, 3') und dem Trägerwerkstoff (1, 1') eine metallurgische Bindungszone (2, 2') vorhanden ist, die 80 bis 95% Eisen, übliche Verunreinigungen und als Rest Kupfer aufweist sowie kubisch kristallisiert ist, wobei das heterogene Gefüge  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen aufweist und im Gußzustand nach dem Abkühlen und vor der Wärmebehandlung die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen im Verhältnis von 1,5 bis 3,0 vorliegen.

10. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Glühvorgang das Verhältnis der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen auf bis zu 6 gesteigert ist.
11. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bindungsschicht eine Dicke von 5 - 50  $\mu\text{m}$  aufweist.
- 5 12. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lagerlegierung folgende Zusammensetzung aufweist:
- |           |             |
|-----------|-------------|
| Kupfer    | 55 - 63 %   |
| Aluminium | 1,5 - 2,5 % |
| 10 Eisen  | 0,5 - 0,8 % |
| Mangan    | 1,8 - 2,2 % |
| Nickel    | 0,7 - 1,0 % |
| Zinn      | 0 - 0,1 %   |
| 15 Zink   | Rest.       |
13. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 6 bis 8, 10, 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung folgende Zusammensetzung aufweist:
- |              |              |
|--------------|--------------|
| Kupfer       | Rest         |
| 20 Aluminium | 7,5 - 11,0 % |
| Eisen        | 0,5 - 3,0 %  |
| Mangan       | 0,5 - 2,0 %  |
| Nickel       | 1,0 - 3,5 %  |
| 25 Zink      | 0 - 0,5 %    |
14. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der aufgegossenen Lagerlegierung eine Ternärschicht oder ein Zinn-Flash als Einlaufschicht aufgebracht ist.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

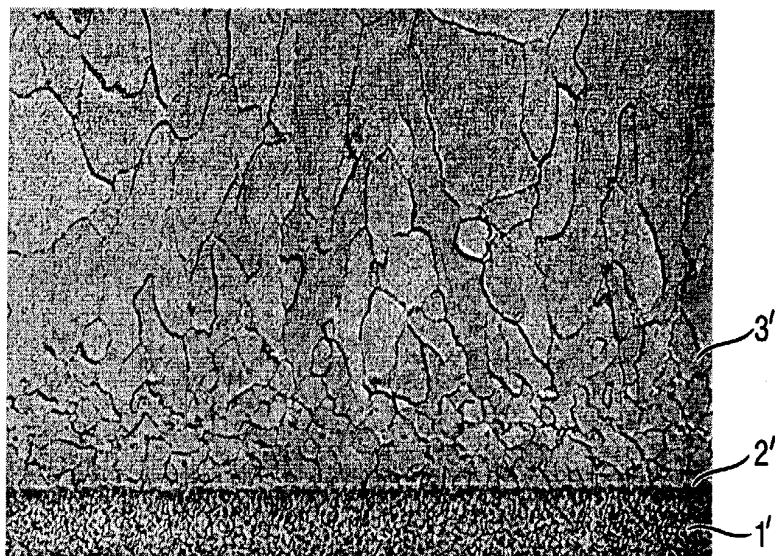


***Fig. 1***



100  $\mu\text{m}$

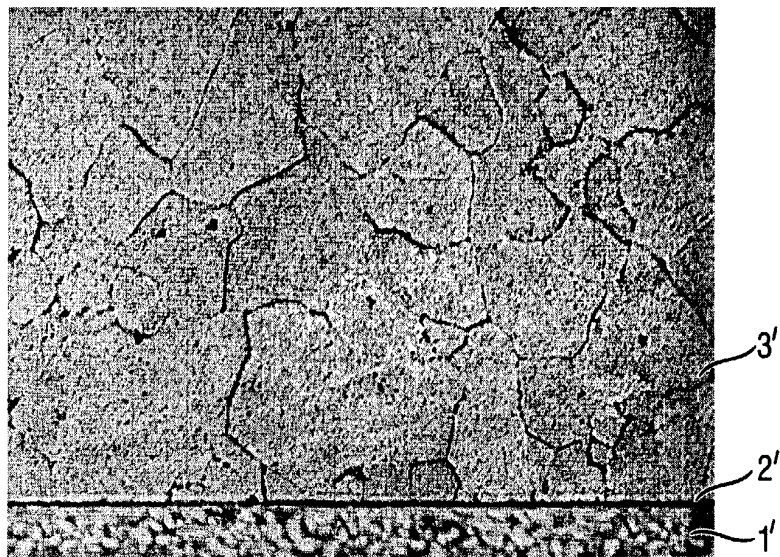
**Fig. 2a**



CuZn40Al  
Gußzustand

100 µm

**Fig. 2b**



CuZn40Al  
Gußzustand

10 µm

