

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 946/2010
(22) Anmeldetag: 10.06.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2011

(51) Int. Cl. : **C22C 33/02** (2006.01)
F16C 33/14 (2006.01)
F16C 33/12 (2006.01)

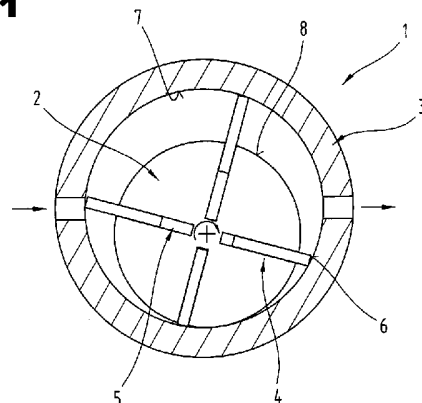
(56) Entgegenhaltungen:
JP 05-043994A JP-2001-123253A
EP 0621347A1 EP 1619263A1
DE 2550428A1

(73) Patentanmelder:
MIBA SINTER AUSTRIA GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

(54) **BAUELEMENT MIT REDUZIERTER METALLHAFTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Baugruppe (1), insbesondere Pumpe für ein Kraftfahrzeug, mit zumindest zwei auf Gleitung beanspruchten metallischen Bauelementen (2, 3), insbesondere einem Stator und einem Rotor, die jeweils eine Gleitfläche aufweisen, die im Betrieb aneinander abgleiten, wobei zumindest eines der Bauelemente (2, 3) zumindest im Bereich der Gleitbeanspruchung aus einem metallischen Sinterwerkstoff mit einer eisenbasierten Matrix besteht, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt, und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt, und wobei die Matrix ein aus Perlit und Ferrit zusammengesetztes Gefüge aufweist. Der Perlitanteil der Matrix nimmt in Richtung auf die Gleitfläche zu.

Fig.1



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Baugruppe (1) mit zumindest zwei auf Gleitung beanspruchten metallischen Bauelementen (2, 3), die jeweils eine Gleitfläche aufweisen, die im Betrieb aneinander abgleiten, wobei zumindest eines der Bauelemente (2, 3) zumindest im Bereich der Gleitbeanspruchung aus einem metallischen Sinterwerkstoff mit einer eisenbasierten Matrix besteht, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Baugruppe, insbesondere Pumpe für ein Kraftfahrzeug, mit zumindest zwei auf Gleitung beanspruchten metallischen Bauelementen, insbesondere einem Stator und einem Rotor, die jeweils eine Gleitfläche aufweisen, die im Betrieb aneinander abgleiten, wobei zumindest eines der Bauelemente zumindest im Bereich der Gleitbeanspruchung aus einem metallischen Sinterwerkstoff mit einer eisenbasierten Matrix besteht, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% beträgt, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes mit reduzierter Metallhaftung durch Flüssigphasensintern eines Pulvergemisches aus einem metallischen Sinterwerkstoff auf Eisenbasis, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% beträgt, sowie die Verwendung einer eisenbasierten Sinterlegierung.

Zur Verbesserung der Gleitfähigkeit von metallischen Oberflächen ist bekannt, dass die auf Gleitung beanspruchten Oberflächen mit Phosphatschichten, beispielsweise Manganphosphatschichten, überzogen werden. Obwohl sich diese Beschichtungen bewährt haben, ist damit ein höherer Aufwand in der Herstellung derartiger Bauelemente verbunden. Darüberhinaus muss auch eine entsprechend gleichmäßige Schichtdicke sowie eine hohe Haftfestigkeit dieser Schichten gewährleistet werden, wodurch sich der Herstellungsaufwand weiters erhöht.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Möglichkeit zu schaffen, mit der die Metallhaftung zwischen metallischen Bauelementen, insbesondere einer Pumpe für die Anwendung in Kraftfahrzeugen, reduziert werden kann.

Diese Aufgabe wird jeweils unabhängig durch die voranstehend genannte Baugruppe, bei der der Sinterlegierung Kohlenstoffgehalt maximal 10 Gew.-% beträgt und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt, durch das Verfahren

zur Herstellung eines Bauelementes, nach dem der Kohlenstoff der Eisenbasis in einem Anteil von maximal 10 Gew.-% zugesetzt wird und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegend während oder nach dem Sintern ausgeschieden wird, sowie durch die Verwendung einer eisenbasierten Sinterlegierung die neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1,5 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt und wobei zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt zur Herstellung zumindest eines auf Gleitung beanspruchten Teils eines Stators und/oder eines Rotors einer Pumpe eines Kraftfahrzeuges oder zur Herstellung zumindest eines auf Gleitung beanspruchten Teils einer Kurbelwelle oder einer Lagerbuchse eines Verbrennungsmotors gelöst.

Von Vorteil ist dabei, dass durch den ungebunden vorliegenden Kohlenstoff das Bauelement, d.h. die Gleitfläche des Bauelementes, einen geringeren Reibungskoeffizienten in der Paarung mit dem weiteren metallischen Bauelement der Baugruppe aufweist. Es kann damit auf eine Phosphatschicht verzichtet werden, sodass die beiden Gleitflächen der beiden metallischen Bauelemente unmittelbar aufeinander abgleiten können. Der frei in der Eisenmatrix vorliegende Kohlenstoff bewirkt dabei, dass die Gleitfläche einen Selbstschmiereffekt aufweist, sodass die Baugruppe verbesserte tribologische Eigenschaften aufweist und damit auch in hochbelasteten Verbrennungsmotoren eingesetzt werden kann, ohne dass nach der pulvermetallurgischen Herstellung eine weitere Nachbehandlung erforderlich ist. Aufgrund von frei vorliegendem Kohlenstoff im Gefüge des Bauteils weist dieser auch hervorragende Notlaufeigenschaften auf. Überraschenderweise hat sich auch gezeigt, dass die mechanischen Kennwerte des Sinterwerkstoffes auch ohne Nachbehandlungen und trotz des hohen Kohlenstoffanteils jenen von GJS 50 bzw. GJV 50 zumindest annähernd vergleichbar sind, wodurch dessen Verwendung in voranstehend genannten Pumpen oder für Gleitflächen von Kurbelwellen und Lagerbuchsen besonders vorteilhaft ist. Überraschend ist auch, dass, obwohl GJS 50 teilweise vergleichbare Anteile an Graphit aufweist, dieser Werkstoff deutlich schlechtere Notlauf- bzw. tribologische Eigenschaften zeigt als der Sinterwerkstoff des Bauelementes der Baugruppe. Vermutlich liegt dies an der bei weitem feineren Verteilung des Kohlstoffs – wobei im Gefüge vereinzelt auch kohlenstoffarme Ferrithöfe vorliegen können - trotz der Flüssigphasensinterung in dem verwendeten Sinterwerkstoff. Durch die Flüssigphasensinterung wird andererseits eine Reduzierung der Porigkeit des Sinterwerkstoffes erreicht,

wodurch dieser deutlich bessere mechanische Eigenschaften aufweist, als Sinterwerkstoffe, die nicht mit einer Flüssigphasenbeteiligung gesintert werden.

Eine deutliche Zunahme der Notlaufeigenschaften ohne Verschlechterung der Festigkeitswerte des Sinterwerkstoffes konnte beobachtet werden, wenn der Anteil des ungebunden Kohlenstoffs bezogen auf den Gesamtkohlenstoffgehalt des Sinterwerkstoffes zumindest 80 %, insbesondere zumindest 90 % beträgt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante beträgt der Kohlenstoffanteil zwischen 1,5 Gew.-% und 8 Gew.-%, insbesondere zwischen 1,8 Gew.-% und 2,1 Gew.-%. Durch die Einhaltung dieser Bereiche, insbesondere des letztgenannte Bereichs, kann eine homogenere Verteilung des Kohlenstoffs in der Matrix erreicht werden, wodurch sowohl die tribologischen Kennwerte als auch die Festigkeitskennwerte der Sinterlegierung verbessert werden können. Insbesondere mit einem Kohlenstoffanteil zwischen 1 Gew.-%, bzw. 1,5 Gew.-%, und 2,1 Gew.-% kann die Bauteilgenauigkeit verbessert werden, da der Anteil der Flüssigphase relativ gering ist, wodurch Bauteilverzüge besser vermieden werden können. Niedrige Kohlenstoffanteile aus diesem Bereich bedingen auch eine höhere Sintertemperatur zur Flüssigphasensinterung, wodurch eine höhere Verdichtung des Bauelementes während dem Sinterprozess erreicht werden kann.

Obwohl im GJS 50 der Graphit vorzugsweise als „Kugelgraphit“ vorliegt, um damit dessen mechanischen Eigenschaften zu verbessern, hat sich im Zuge der Erfindung herausgestellt, dass es in Hinblick auf die gewünschten Eigenschaften des Sinterwerkstoffes, insbesondere in Hinblick auf die verbesserten tribologischen Eigenschaften von Vorteil ist, wenn der ungebundene Kohlstoff eine Partikelgröße aufweist mit einer Länge zwischen 50 µm und 300 µm, insbesondere zwischen 100 µm und 200 µm, und einer Breite zwischen 5 µm und 70 µm, insbesondere zwischen 8 µm und 18 µm, wobei es zusätzlich von Vorteil ist, wenn das Verhältnis der Länge zur Breite der Kohlenstoffpartikel zumindest 2:1, insbesondere zumindest 5:1, bevorzugt mindestens 10:1, beträgt.

Der Kohlenstoff kann in der bzw. den Kernschichten globularer und gröber vorliegen als in der bzw. den Randschichten des Bauelementes, wobei unter Randschicht eine Schichtdicke bis 2mm verstanden wird, womit erreicht werden kann, dass die Kernschichten eine verringerte Kerbwirkung zeigen, die Randschichten jedoch aufgrund des vermikulär geformten und feiner verteilten Grafits bessere Gleiteigenschaften aufweist. Unter der Randschicht ist dabei nicht unbedingt jene Schicht zu verstehen, die nach dem Sintern vorliegt, sondern jenen Schicht, die am fertigen Bauteil ausgebildet ist, also beispielsweise nach

einer mechanischen Endbearbeitung des Bauteils durch eine abtragende Bearbeitung zur Erhöhung der Bauteilgenauigkeit. Insbesondere diese abtragende bzw. spanende Nachbearbeitung hat auch den Vorteil, dass damit Grafitkörner direkt an der Oberfläche zu liegen kommen bzw. frei gelegt werden, wodurch die Tribologie des Bauteils verbessert werden kann. Der Unterschied des mittleren Korndurchmesser kann dabei zumindest 10 % betragen. Unter dem mittleren Korndurchmesser wird dabei das arithmetische Mittel des Durchmessers von 20 Körnern, gemessen im Schliffbild, verstanden. Beeinflusst kann dies durch Abkühlungsunterschiede der Kernschichten im Vergleich zu den Randschichten werden, beispielsweise durch eine rasche Abkühlung mit einer Abkühlrate von zumindest 0,5 K/s.

Weiters kann der Grafit durch entsprechende Prozessführung bzw. nachgeschaltete Wärmebehandlungen bewusst globularer ausgeformt werden, beispielsweise durch Tempern bei einer Temperatur im Bereich zwischen 200 ° C und 500 °C, insbesondere im Bereich zwischen 300 ° C und 400 °C, für eine Dauer von 10 Minuten bis 60 Minuten, insbesondere 20 Minuten bis 40 Minuten.. Dadurch kann auch auf die Perlit : Ferrit Verteilung im Bauelement Einfluß genommen werden.

In Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften, d.h. die Festigkeitswerte, des Sinterwerkstoffes ist es von Vorteil, wenn dessen Matrix ein aus Perlit und Ferrit zusammengesetztes Gefüge aufweist. Insbesondere ist gemäß einer Ausführungsvariante dazu vorgesehen, dass das Verhältnis von Perlit zu Ferrit zwischen 95 : 5 und 50 : 50, vorzugsweise zwischen 90 : 10 und 80 : 20, beträgt. Insbesondere durch die Einhaltung eines Verhältnisses aus diesem Bereich ermöglicht einen ausgewogenen Eigenschaftsmix hinsichtlich Festigkeit und Gleitfähigkeit der Oberfläche des Bauelementes.

Dabei ist es möglich, dass der Perlitanteil der Matrix in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt, sodass die Oberfläche neben der verbesserten Tribologie auch eine verbesserte Festigkeit aufweist.

Zur Verbesserung der Tribologie der Oberfläche des Bauelementes ist es außerdem von Vorteil, wenn der Anteil an freiem Kohlenstoff in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt. Es wird damit aber auch erreicht, dass das Bauelement im Inneren, d.h. im Bereich einer Kernschicht, eine höhere Festigkeit aufweist.

Vorzugsweise ist zumindest eines der Nichteisenmetalle durch Silizium gebildet, wobei gemäß einer Ausführungsvariante der Siliziumanteil zwischen 0,5 Gew.-% und 6,0 Gew.-%

% beträgt. Es kann damit erreicht werden, dass bereits bei geringen absoluten Anteilen an Kohlenstoff in der Matrix der relative Anteil an freiem Kohlenstoff im Vergleich zum gebundenen Kohlenstoff deutlich größer ist, da durch Silizium die Löslichkeit eine Verschiebung des Eutektikums im Fe-C-System bewirkt wird, wodurch die verbesserten tribologischen Eigenschaften mit höherer Sicherheit erreicht werden können, auch bei geringfügigen Schwankungen der Prozessparameter. Es kann damit auch erreicht werden, dass die Härte des zu verpressenden Pulvers auch bei hohen Kohlenstoffgehalten relativ niedrig gehalten werden kann, sodass die Verpressbarkeit des Pulvers trotz hohem Kohlenstoffanteil besser ist.

Insbesondere als vorteilhaft haben sich dabei Siliziumgehalte zwischen 0,8 Gew.-% und 1,6 Gew.-% erwiesen.

In Hinblick auf die tribologischen Eigenschaften des Bauelementes ist es aus voranstehend genannten Gründen von Vorteil, wenn der Anteil an Silizium zum Anteil an Kohlenstoff ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 : 1 bis 4 : 1, insbesondere aus einem Bereich von 2 : 1 bis 3 : 1.

Besonders vorteilhaft wirkt sich eine ebene Oberfläche mit definierter Rauheit auf die tribologischen Eigenschaften aus. Typischerweise werden tribologisch hoch beanspruchte Flächen mechanisch geschliffen, wodurch die dabei an der Oberfläche frei liegenden ungebundenen Graphite die Notlaufeigenschaften besonders begünstigen. In diesem Zusammenhang wurde gefunden, dass eine Oberflächenrauheit der Gleitfläche, d.h. eine gemittelte Rauheit Rz nach DIN EN ISO 4287, einen Maximalwert von 2 µm, insbesondere 1,5 µm, nicht überschreiten sollte.

Das Bauelement aus dem Sinterwerkstoff weist bevorzugt eine Dichte von zumindest 95 % der theoretischen Volldichte auf. Mit anderen Worten ausgedrückt weist das Bauelement eine relativ geringe Porigkeit auf, wodurch dessen Anwendung insbesondere in Pumpen aufgrund einer verringerten Korrosionsgefährdung und einer verbesserten Flüssigkeitsdichtheit verbessert werden kann.

Besonders vorteilhaft weist das Bauelement allerdings eine Dichte von zumindest 98 % der theoretischen Volldichte zumindest im Bereich der Gleitfläche bzw. in gleitflächen-nahen Bereichen (entspricht einer Tiefe von bis zu 100 µm gemessen ab der Gleitfläche), bevorzugt im gesamten Bauteil, auf.

Wie bereits voranstehend erwähnt, ist es bevorzugt, wenn die Gleitfläche frei von einer Phosphatbeschichtung ist.

Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass das Sintern und/oder das nach dem Sintern anschließende Abkühlen des Bauelementes in einer kohlenstoffhaltigen Atmosphäre durchgeführt wird. Es kann damit eine Aufkohlung, d.h. Erhöhung des Kohlenstoffanteils, zumindest in oberflächennahen Bereich erreicht werden, wobei auch dieser Kohlenstoffanteil zumindest anteilsweise ungebunden in der Matrix vorliegt. Andererseits können damit aber gegebenenfalls während des Sinterns aufgetretene Verluste an Kohlenstoff zumindest teilweise wieder ausgeglichen werden.

In Hinblick auf das bevorzugte, voranstehend erwähnte Gefüge der Matrix ist es von Vorteil, wenn das Bauelement nach dem Sintern mit einer Abkühlrate von maximal 15 K/s, insbesondere maximal 8 K/s, beispielsweise mit einer Abkühlrate zwischen 0,8 K/s und 1 K/s, abgekühlt wird.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand des nachfolgenden Beispiels näher erläutert.

Es zeigt dazu in vereinfachter schematischer Darstellung:

Fig. 1 die Ausbildung einer Baugruppe als Pumpe für ein Kraftfahrzeug in Stirnansicht geschnitten;

Fig. 2 eine Ausführungsvariante der Baugruppe.

Einführend sei festgehalten, dass die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen. Insbesondere sind der Bereich 1 Gew.-% bis 10 Gew.-% für den Kohlenstoffgehalt und die voranstehend genannten bevorzugten Teilbereiche dazu, so zu verstehen, dass es im Rahmen der Erfindung auch möglich ist, dass der Bereich für den Kohlenstoffgehalt in der Legierung eine untere Grenze von 1 Gew.-% und eine obere Grenze von 8 Gew.-% oder 4 Gew.-% aufweist. Ebenso kann der Bereich für den Kohlenstoffgehalt eine untere Grenze von 4 Gew.-% oder 8 Gew.-% und eine obere Grenze von 10 Gew.-% aufweisen. In analoger

Weise gelten diese Ausführungen auch für die in dieser Beschreibung weiters angeführten Bereiche.

Fig. 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer Baugruppe 1 in Form einer Pumpe. Da die konstruktiven Details einer derartigen Pumpe nicht Gegenstand der Erfindung sind, wird auf eine detaillierte Wiedergabe einer derartigen Pumpe verzichtet, da diese ohnehin dem Fachmann geläufig sind.

Die Baugruppe 1 weist ein erstes Bauelement 2 in Form eines Rotors und ein zweites Bauelement 3 in Form eines Stators oder Gehäuses auf, wobei das erste Bauelement 2 zumindest im Bereich des Umfanges vom zweiten Bauelement 3 umgeben ist. Am ersten Bauelement 2 sind Flügelemente 4 radial verschiebbar in entsprechenden Ausnehmungen 5 derart angeordnet, dass sie aufgrund der durch die Drehbewegung des ersten Bauelementes 2 verursachten Fliehkraft mit einer Stirnseite 6 an einer inneren Oberfläche 7 des zweiten Bauelementes 3 anliegen. Gegebenenfalls können diese Flügelemente 4 auch federunterstützt an der inneren Oberfläche 7 anliegen, wozu in den Ausnehmungen 5 Federelemente angeordnet sein können.

Es sei erwähnt, dass die dargestellte Anzahl der Flügelemente 4 nicht beschränkend für die Erfindung zu sehen ist.

Selbstverständlich ist auch eine konstruktiv andere Ausgestaltung der als Pumpe ausgebildeten Baugruppe 1 möglich. Um dies zu verdeutlichen zeigt Fig. 2 eine Ausführungsvariante der Baugruppe 1 in Form einer Pumpe ohne Flügelemente 4 und mit einer anderen Gestaltung des ersten Bauelementes 2 in Form des Rotors, das wiederum innerhalb des zweiten Bauelementes 3 angeordnet ist und an der inneren Oberfläche 7 des Bauelementes 3 mit einem Teil einer Oberfläche 8 abgleitet, wie dies auch bei der Ausführung nach Fig. 1 der Fall ist.

Die Oberflächen 7 und 8 der Bauelemente 2, 3 sind Gleitflächen, an denen das jeweils andere Bauelement 2, 3 abgleitet.

Wesentlich für die Erfindung ist, dass zumindest eines der Bauelemente 2, 3 der Baugruppe zumindest im Bereich der Oberfläche 7 oder 8, bevorzugt jedoch zur Gänze, aus einem metallischen Sinterwerkstoff mit einer eisenbasierten Matrix besteht, die neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt und zumin-

dest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass beide Bauelemente 2, 3 zumindest im Bereich der aufeinander abgleitenden Oberflächen 7, 8 aus dem Sinterwerkstoff bestehen. Als Nichteisenmetalle werden Metalle aus einer Gruppe umfassend oder bestehend aus Si, Ni, Mo, Mn, Mg, V, W oder Al eingesetzt.

In Hinblick auf die Gefügebildung der Matrix, insbesondere auf die Gefügezusammensetzung durch Perlit und Ferrit, wobei auch Bainit auftreten kann, ist es von Vorteil, wenn zumindest eines der Nichteisenmetalle durch Silizium gebildet ist. Insbesondere beträgt der Siliziumanteil zwischen 0,5 Gew.-% und 6,0 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 0,8 Gew.-% und 1,6 Gew.-%. Sollten zusätzliche Nichteisenmetalle eingesetzt werden, wird deren Anteil bevorzugt auf in Summe maximal 1 Gew.-% beschränkt.

Der Anteil an Ni kann zwischen 0 Gew.-% und 6,0 Gew.-%, insbesondere zwischen 0 Gew.-% und 1,2 Gew.-%, betragen. Es können damit die Korrosionsbeständigkeit, die Festigkeit und die Härte der Bauelemente 2, 3 verbessert werden, was insbesondere in Hinblick auf die Ausbildung der Bauelemente 2, 3 als Pumpenbestandteile von Vorteil ist.

Der Anteil an Mo kann zwischen 0 Gew.-% und 1,5 Gew.-%, insbesondere zwischen 0 Gew.-% und 0,9 Gew.-%, betragen, wodurch die Zeitstandfestigkeit verbessert werden kann.

Der Anteil an Mn kann zwischen 0 Gew.-% und 2,0 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,1 Gew.-% und 0,3 Gew.-%, betragen. Es können damit die Festigkeit und die Härte der Bauelemente 2, 3 verbessert werden.

Der Anteil an Mg kann zwischen 0 Gew.-% und 6,0 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,2 Gew.-% und 0,8 Gew.-%, betragen, wodurch der Habitus des freien Kohlenstoffes beeinflusst werden kann.

Der Anteil an V kann zwischen 0 Gew.-% und 2,0 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,05 Gew.-% und 0,15 Gew.-%, betragen. Es können damit die Festigkeit und die Härte der Bauelemente 2, 3 verbessert werden.

Der Anteil an W kann zwischen 0 Gew.-% und 1,5 Gew.-%, insbesondere zwischen 0 Gew.-% und 0,1 Gew.-%, betragen. Es kann damit die Verschleißbeständigkeit der Bauelemente 2, 3 verbessert werden.

Der Anteil an Al kann zwischen 0 Gew.-% und 6,0 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,05 Gew.-% und 0,3 Gew.-%, betragen. Es kann damit die Verschleißbeständigkeit der Bauelemente 2, 3 verbessert werden.

Das Bauelement 2 oder 3 wird bzw. die Bauelemente 2, 3 werden mittels eines pulvermetallurgischer Verfahrens hergestellt, dass im Folgenden kurz beschrieben wird.

Im Wesentlichen umfasst die Herstellung die Schritte Pulvermischen, Pressen, Entwachsen und Sintern. Gegebenfalls kann an das Sintern eine thermische Nachbehandlung und/oder eine mechanische Nachbearbeitung anschließen.

1) Pulvermischen

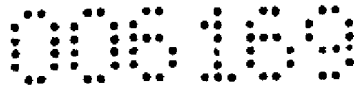
Eisen-Pulvermischungen mit insgesamt bis zu 10 Gew.-%, vorzugsweise maximal 7 Gew.-%, metallischer Nichteisen-Legierungselemente, bis zu 10 Gew.-% Kohlenstoff in Form von Grafit, bis zu 1,5 Gew.-% Presshilfsmittel und bis zu 0,5 Gew.-% organischem Binder werden hergestellt. Diese Mischungen werden beispielsweise konventionell aus Reineisenpulver oder vor- oder anlegierten Eisenpulvern als Basismaterial und Zugabe von Legierungselementen sowie Presshilfsmittel hergestellt. Oder es werden so genannte Muttermischung in hochkonzentrierter Form, gegebenenfalls auch unter Einsatz von Temperatur und/oder Lösungsmitteln, vorgemischt und anschließend mit Eisenpulver vermengt oder durch Zugabe der einzelnen Bestandteile direkt ins Eisenpulver vermischt.

Als Bindemittel können Harze, Silane, Öle, Polymere oder Kleber verwendet werden. Presshilfsmittel sind u.a. Wachse, Stearate, Silane, Amide, Polymere.

Vorlegierungselemente können sein Mo, V, Si, Mn.

2) Pressen

Die nach oben genanntem Verfahren vorbehandelten Eisenpulvermischungen werden durch koaxiale Pressverfahren verdichtet und in Form gebracht. Hierbei ist darauf zu achten, dass die während der nachfolgenden Prozessschritte entstehenden Form- und Gestaltsänderungen bei der Herstellung der Presswerkzeuge bereits berücksichtigt sind. Die Verwendung entsprechender Schmiermittel und Bindemittel wirken in Hinblick auf die



Verdichtung unterstützend. Je nach Schüttdichte und theoretischer Dichte der Pulvermischungen werden Pressdrücke von 400 bis 1200 MPa hierfür angewandt.

Die auf diese Weise gewonnenen Presslinge (auch Grünling genannt) sind Ausgang für die anschließenden Prozessschritte.

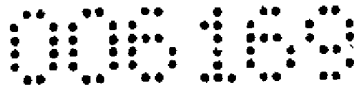
Anstelle der coaxialen Pressverfahren können auch andere Pressverfahren angewandt werden, wie sie in der Sintertechnologie üblich sind, also z.B. auch isostatische Pressverfahren, etc..

Zur Erreichung von reproduzierbaren Maßverhalten beim Sintern ist beim Pressen auf eine möglichst gleichmäßige oder zumindest gut reproduzierbare Dichteaufteilung innerhalb des Bauelementes 2, 3 zu achten. Da beim Sintern aufgrund des erhöhten Kohlenstoff-Anteils bei den verwendeten Temperaturen eine flüssige Phase entsteht ist beim Pressen jene Dichte zu wählen bei der sich eine möglichst gleichmäßige Dichteverteilung erreichen lässt. Aufgrund des hohen Kohlenstoff-Anteils ist die theoretisch erreichbare Voldichte sehr niedrig (ca. $7,5 \text{ g/cm}^3$). Typische Pressdichten liegen daher bei $6,4 \text{ g/cm}^3$ - $6,6 \text{ g/cm}^3$ können aber auch höher gewählt werden je nach chemischer Zusammensetzung und Verpressbarkeit des Pulvers.

Die gegebenenfalls erforderlichen Schmiermittel können entweder mit konventionellen Tauchmethoden oder bevorzugt mittels Sprühverfahren vor oder während dem Pressen auf das Bauteil aufgebracht werden.

3) Entwachsen + Sintern

Die Presslinge werden durch thermische Behandlung bevorzugt unter Einwirkung von zumindest teilweise aufkohlender oder leicht oxidierender Atmosphärgase entwacht, d.h. zumindest teilweise vom organischen Bindemittel und von Schmiermitteln durch Ausbrennen befreit, und gesintert, bevorzugt in kontinuierlich arbeitenden Sinteröfen. Hierbei werden reduzierende Atmosphären durch Verwendung von Stickstoff-Wasserstoff-Gemischen mit bis zu 30 Vol.-% Wasserstoffanteil erreicht. Optional können auch Aufkohlungsgase, wie z.B. Methan, Propan, oder dergleichen, verwendet werden oder durch leicht oxidierenden Charakter des Prozessgases (gegebenenfalls nur in Teilbereichen des Sinterofens) das Entwachsen unterstützt werden, beispielsweise durch Endogas, befeuchteten Stickstoff, oder dergleichen. Das Sintern kann aber auch unter



Vakuum erfolgen, wodurch eine Stabilisierung der Flüssigphase beim Sintern erreicht werden kann.

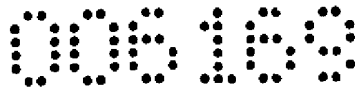
Die Temperaturen beim Sintern liegen zwischen 1050 °C und 1350 °C je nach verwendetem Legierungssystem, die Sinterhaltezeit beträgt zwischen etwa 2 Minuten und 1,5 Stunden.

Generell sollte beim Sintern eine Sintertemperatur eingehalten werden die ganz knapp oberhalb oder entlang der Gleichgewichtslinie zwischen dem „Gamma“ und dem „Gamma+Schmelze“ Gebiet im bekannten Eisen-Kohlenstoff-Diagramm liegen, da sich bei höheren Temperaturen bei einer spezifischen Zusammensetzung zu viel Schmelze bildet, wodurch sich extremer, unkontrollierbarer Verzug des Bauteils einstellt (Elefantenfuß, Sanduhr,...). Von Vorteil ist es dabei, wenn die Sintertemperatur bei dem gewählten jeweiligen Kohlenstoffanteil des Sinterpulvers im Bereich zwischen der Gleichgewichtslinie zwischen „Gamma“ und „Gamma+Schmelze“ und maximal 20 %, vorzugsweise maximal 10 % oberhalb der genannten Gleichgewichtstemperatur, die diesem Kohlenstoffanteil entspricht, beträgt.

Die Prozessführung beim Sintern wird so gewählt, dass sich trotz entstehender Flüssigphase ein möglichst geringer Bauteilverzug ergibt. Die Reproduzierbarkeit des Ergebnisses wird durch entsprechende Prozesskontrolle, wie Atmosphärenkontrolle, Temperaturregelung, Taupunktmessung, etc., unterstützt.

Rasche Erwärmung auf Temperaturen, insbesondere mit Aufheizraten von 10 K/s, welche zur Bildung von Flüssigphase führen, und kurze Sinterzeiten, insbesondere zwischen 1 Minuten und 12 Minuten, ermöglichen gute Dimensionskontrolle. Die Flüssigphase setzt je nach Legierungszusammensetzung bei Erreichen einer bestimmten Temperatur spontan ein. Zu langes Halten auf Sintertemperatur führt zu Verzügen am Bauteil und ist daher nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Haltezeit wird bevorzugt aus einem Bereich ausgewählt mit einer unteren Grenze von 8 Minuten und einer oberen Grenze von 10 Minuten. Längere Haltezeiten – die zumindest annähernd vollständige Durchwärmung des Bauelementes 2, 3 vorausgesetzt – führen kaum mehr zu einer weiteren Verdichtung. Mit längeren Haltezeiten wächst aber die Gefahr des Bauteilverzugs.

Die Bauelemente 2, 3 werden bevorzugt mit einer Abkühlrate abgekühlt, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,5 K/s, insbesondere 1 K/s, und 20 K/s, vorzugsweise 15 K/s.



Gegebenenfalls können zur Erreichung höherer Dichten die Presslinge auch durch thermische Behandlung bei einer Temperatur von unterhalb 1100 °C unter Einwirkung voranstehend genannter reduzierender Atmosphäregase vorgesintert undeventuell nachgepresst werden, insbesondere bei gleichzeitigem entwachsen. Es kann damit die Herstellung eines leichten Sinterverbundes zwischen den Partikeln erreicht werden.

Aufgrund des Verdichtens zu annähernd Voldichte während dem Sintern zumindest in oberflächennahen Bereichen, vorzugsweise im gesamten Bautelement, können nicht nur verbesserte mechanische Eigenschaften erreicht werden, sondern auch eine sehr hohe Dichtheit gegen Luft und flüssige Medien ein, wodurch die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Bautelemente insbesondere auch in Pumpen, beispielsweise Treibstoffpumpen, verwendet werden können.

4) Thermische Nachbehandlung

Verschiedene aus dem Stand der Technik bekannte Wärmebehandlungen sind anwendbar. Thermische Prozesse können verwendet werden um das Verhältnis von Ferrit- zu Perlit-Gefügebestandteilen zu verändern. Weiters ist mittels Wärmebehandlungen das Verändern der Ausformung des frei vorliegenden Grafits möglich.

5) Mechanische Bearbeitung

Alle bekannten Verfahren der mechanischen Nachbearbeitung oder Beschichtung sind möglich.

Nach diesem Prozessablauf wurden folgende Beispiele für Pulvermischungen gemäß Tabelle 1 zu Bauelementen 2 und/oder 3 verarbeitet. Die Angaben sind dabei jeweils als Gew.-% zu verstehen. Den Rest auf 100 Gew.-% bildet dabei jeweils Eisen.

Tabelle 1: Beispielszusammensetzungen

Nr.	C	Si	Ni	Mo	Mn	Mg	V	W	Al	Presshilfsmittel	ggfs. Binder
1	2,5									0,3	0,2
2	2,0	1,1								0,4	0,1
3	3	1								0,4	0,2
4	5,9	1,5	0,5			0,2				0,8	0,1
5	7,2	3,1				0,9				0,5	0,3
6	1,8	1,5								0,4	0,1
7	4,5		2,1	0,3					0,8	0,6	0,5
8	3,1			0,8	0,5		0,15			0,8	0,4
9	5,6	2,8				0,5		0,5		0,5	0,5
10	3,5					2,2			1,1	0,8	0,5

Diese Zusammensetzungen wurden gemäß den Parametern in Tabelle 2 pulvermetallurgisch verarbeitet. Die Sinteratmosphäre entsprach den voranstehenden Angaben.

Tabelle 2: Verarbeitungsparameter

Nr.	Pressdruck [MPa]	Aufheiz- rate [°C/s]	Sinter- temperatur [°C]	Haltezeit während des Sinterns [min]	Abkühl-rate [°C/s]
1	450	0,5	1050	15	2

2	600	10	1200	10	1,8
3	600	20	1150	15	5
4	1100	10	1300	2	2
5	1200	20	1350	5	6
6	1000	10	1150	10	0,5
7	700	9	1180	7	2
8	700	16	1250	7	6
9	700	16	1350	2	2
10	900	10	1220	6	2

Von den fertigen Bauteilen 2 und/oder 3 wurden einerseits der relative Anteil des ungebunden in der Matrix vorliegende Kohlenstoffs, die Dichte, der Reibwert und die Härte bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der frei vorliegende Grafit wurde dabei anhand von Schliffbildern bestimmt, wobei die in Tabelle 3 angegebenen Werte Mittelwerte aus jeweils fünf verschiedenen Schritten sind. Die Dichte wurde nach dem Auftriebsprinzip bestimmt. Die Härte wurde als Vickershärte HV 5 bestimmt.

Tabelle 3: Meßergebnisse

Nr	ungebundener Kohlenstoff [%]	Dichte [g/cm ³]	Reibwert	HV 5
1	80	7,32	0,3	280
2	96	7,51	0,1	345
3	95	7,42	0,3	300

4	92	7,44	0,2	305
5	95	7,50	0,15	315
6	98	7,48	0,1	350
7	88	7,38	0,25	260
8	95	7,51	0,1	310
9	98	7,50	0,2	300
10	92	7,47	0,3	300

Aufgrund der festgestellten Kennwerte beträgt der Anteil des ungebunden Kohlenstoffs vorzugsweise zumindest 80 % bezogen auf den Gesamtkohlenstoffgehalt. Der gesamte Kohlenstoffanteil liegt dabei vorzugsweise zwischen 1,8 Gew.-% und 2,1 Gew.-%.

Anhand der Schliffbilder konnte weiters festgestellt werden, dass es von Vorteil in Hinblick auf die Eigenschaftend der Sinterlegierung ist, wenn der ungebundene Kohlstoff eine Partikelgröße aufweist mit einer Länge zwischen 50 µm und 300 µm, insbesondere zwischen 100 µm und 200 µm, und einer Breite zwischen 5 µm und 70 µm, insbesondere zwischen 8 µm und 18 µm, wobei es zusätzlich von Vorteil ist, wenn das Verhältnis der Länge zur Breite der Kohlenstoffpartikel zumindest 2:1, insbesondere zumindest 5:1, bevorzugt mindestens 10:1, beträgt.

Es konnte anhand der Schliffbilder weiters festgestellt werden, dass es von Vorteil für das tribologische Verhalten der Bauelemente 2 und/oder 3 ist, wenn die Matrix ein aus Perlit und Ferrit zusammengesetztes Gefüge aufweist, wobei vorzugsweise das Verhältnis von Perlit zu Ferrit zwischen 95 : 5 und 50 : 50, insbesondere zwischen 90 : 10 und 80 : 20, beträgt. Es wurden dazu auch weitere Untersuchungen angestellt an einer Zusammensetzung entsprechend Beispiel 1 aus Tabelle 1, wobei festgestellt wurde, dass höhere Festigkeiten durch entsprechende Wärmebehandlung über die Variation des Perlit/Ferrit Verhältnisses und gegebenenfalls unterschiedlich ausformbarem freiem Kohlenstoff erreicht werden können. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Der Perlit-Anteil der Matrix wurde dabei wiederum aus Schliffbildern bestimmt, wobei der Rest auf 100 Vol.-% zumindest annähernd zur Gänze durch aus Ferrit besteht.

Tabelle 4: Einfluss des Ferrit/Perlit Verhältnisses

Nr.	Perlit-Anteil [%]	Wärmebehandlung	Härte HV10
11	95	keine	350
12	90	0,2 h; 150 °C	320
13	70	0,5 h; 200 °C	250
14	50	1,8 h; 250 °C	180

Es ist dabei auch möglich, dass der Perlitanteil der Matrix in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt. Erreicht kann dies beispielsweise dadurch werden, dass das Bauelement 2 und/oder 3 kurzzeitig einer Wärmebehandlung unterzogen wird, beispielsweise wie in Tabelle 4 angeführt, sodass das Bauelement 2 und/oder 3 nicht zur Gänze auf die Temperatur erhitzt wird, sodass eine erhöhte Perlitbildung nur in den Randbereichen des Bauelementes 2 und/oder 3 erfolgt.

Es ist weiters möglich, dass der Anteil an freiem Kohlenstoff in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt, was z.B. durch eine aufkohlende Sinteratmosphäre bzw. eine aufkohlende Atmosphäre während der Abkühlung der Bauelemente 2 und/oder nach dem Sintern erreicht werden kann.

Zur Verbesserung der tribologischen Eigenschaften ist es zudem von Vorteil, wenn die Gleitfläche der Bauelemente 2 und/oder eine Oberflächenrauheit aufweist, wie sie typischerweise von geschliffenen Oberflächen bekannt ist.

Bevorzugt weisen die Bauelemente 2 und/oder 3 eine Dichte von zumindest 95 % der theoretischen Voldichte aufweist.

Die erfindungsgemäßen Bauelemente 2 und/oder 3 werden vorzugsweise in Pumpenanwendung oder zur Herstellung zumindest eines auf Gleitung beanspruchten Teils einer Pleuellwelle oder einer Lagerbuchse eines Pleuemotors verwendet.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten der Baugruppe 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Aus-

führungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Baugruppe 1 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

005 159

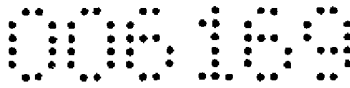
Bezugszeichenaufstellung

- 1 Baugruppe
- 2 Bauelement
- 3 Bauelement
- 4 Flügelement
- 5 Ausnehmung

- 6 Stirnseite
- 7 Oberfläche
- 8 Oberfläche

Patentansprüche

1. Baugruppe (1), insbesondere Pumpe für ein Kraftfahrzeug, mit zumindest zwei auf Gleitung beanspruchten metallischen Bauelementen (2, 3), insbesondere einem Stator und einem Rotor, die jeweils eine Gleitfläche aufweisen, die im Betrieb aneinander abgleiten, wobei zumindest eines der Bauelemente (2, 3) zumindest im Bereich der Gleitbeanspruchung aus einem metallischen Sinterwerkstoff mit einer eisenbasierten Matrix besteht, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% beträgt, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoffgehalt maximal 10 Gew.-% beträgt und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt.
2. Baugruppe (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des ungebundenen Kohlenstoffs zumindest 80 % beträgt.
3. Baugruppe (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoffanteil zwischen 1,5 Gew.-% und 8 Gew.-% beträgt.
4. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der ungebundene Kohlenstoff eine Partikelgröße aufweist mit einer Länge zwischen 50 µm und 300 µm und einer Breite zwischen 5 µm und 70 µm.
5. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix ein aus Perlit und Ferrit zusammengesetztes Gefüge aufweist.
6. Baugruppe (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Perlit zu Ferrit zwischen 95 : 5 und 50 : 50 beträgt.
7. Baugruppe (1) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Perlitanteil der Matrix in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt.



8. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an freiem Kohlenstoff in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt.
9. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Nichteisenmetalle durch Silizium gebildet ist.
10. Baugruppe (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumanteil zwischen 0,5 Gew.-% und 6 Gew.-% beträgt.
11. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleitfläche eine Oberflächenrauheit Rz von maximal 2,0 µm aufweist.
12. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (2, 3) aus dem Sinterwerkstoff eine Dichte von zumindest 95 % der theoretischen Volldichte aufweist.
13. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleitfläche frei von einer Phosphatbeschichtung ist.
14. Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes (2, 3) mit reduzierter Metallhaftung durch Flüssigphasensintern eines Pulvergemisches aus einem metallischen Sinterwerkstoff auf Eisenbasis, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% beträgt, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoff der Eisenbasis in einem Anteil von maximal 10 Gew.-% zugesetzt wird und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegend während oder nach dem Sintern ausgeschieden wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Sintern und/oder das nach dem Sintern anschließende Abkühlen des Bauelementes (2, 3) in einer kohlenstoffhaltigen Atmosphäre durchgeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Bauelement (2, 3) nach dem Sintern mit einer Abkühlrate von maximal 15 K/s abgekühlt wird.

17. Verwendung einer eisenbasierten Sinterlegierung die neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1,5 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt und wobei zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt zur Herstellung zumindest eines auf Gleitung beanspruchten Teils eines Stators und/oder eines Rotors einer Pumpe eines Kraftfahrzeuges.

18. Verwendung einer eisenbasierten Sinterlegierung die neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1,5 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt und wobei zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt zur Herstellung zumindest eines auf Gleitung beanspruchten Teils einer Kurbelwelle oder einer Lagerbuchse eines Verbrennungsmotors.

Miba Sinter Austria GmbH
durch



Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH

Fig.1

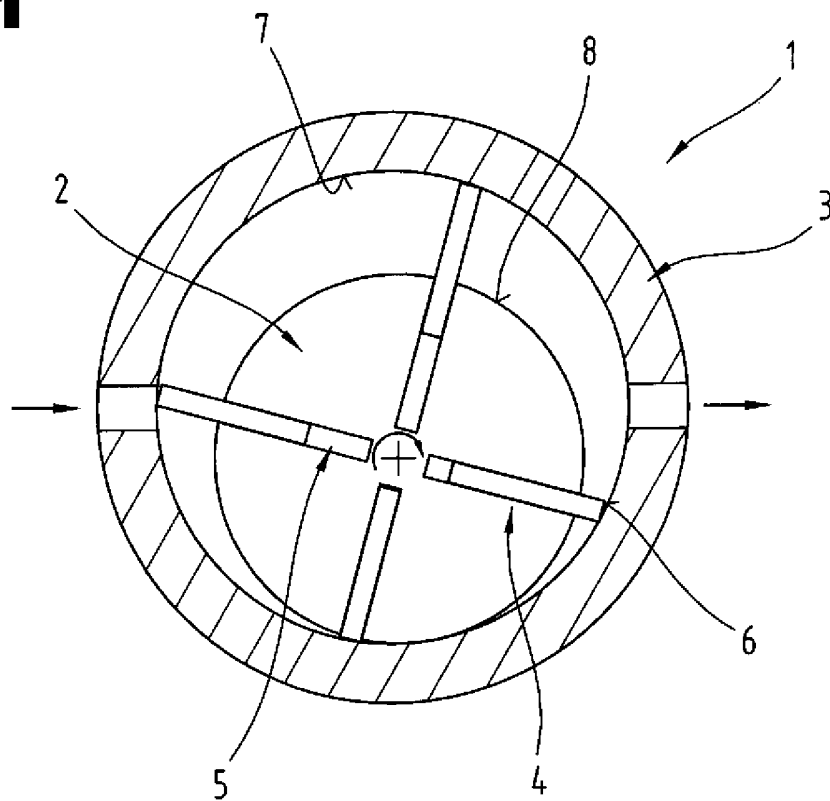
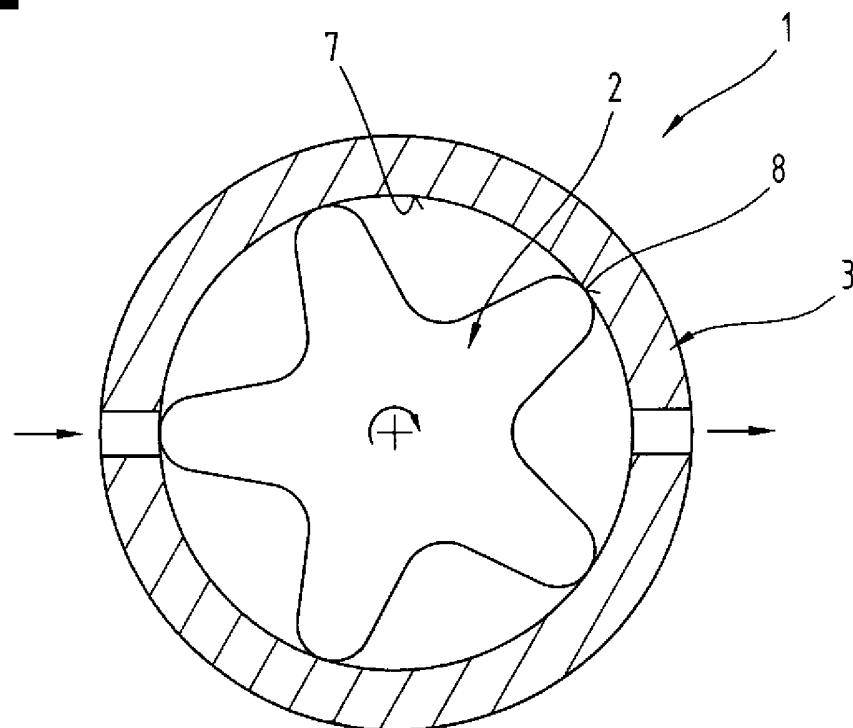


Fig.2



(Neue) Patentansprüche

1. Baugruppe (1), insbesondere Pumpe für ein Kraftfahrzeug, mit zumindest zwei auf Gleitung beanspruchten metallischen Bauelementen (2, 3), insbesondere einem Stator und einem Rotor, die jeweils eine Gleitfläche aufweisen, die im Betrieb aneinander abgleiten, wobei zumindest eines der Bauelemente (2, 3) zumindest im Bereich der Gleitbeanspruchung aus einem metallischen Sinterwerkstoff mit einer eisenbasierten Matrix besteht, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisensmetalls enthält, wobei der Kohlenstoffanteil mindestens 1 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% beträgt, und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegt, und wobei die Matrix ein aus Perlit und Ferrit zusammengesetztes Gefüge aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Perlitanteil der Matrix in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt.
2. Baugruppe (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des ungebundenen Kohlenstoffs zumindest 80 % beträgt.
3. Baugruppe (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoffanteil zwischen 1,5 Gew.-% und 8 Gew.-% beträgt.
4. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der ungebundene Kohlstoff eine Partikelgröße aufweist mit einer Länge zwischen 50 µm und 300 µm und einer Breite zwischen 5 µm und 70 µm.
5. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Perlit zu Ferrit zwischen 95 : 5 und 50 : 50 beträgt.
6. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an freiem Kohlenstoff in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt.

NACHGEREICHT

7. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Nichteisenmetalle durch Silizium gebildet ist.
8. Baugruppe (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliziumanteil zwischen 0,5 Gew.-% und 6 Gew.-% beträgt.
9. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleitfläche eine Oberflächenrauheit Rz von maximal 2,0 µm aufweist.
10. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (2, 3) aus dem Sinterwerkstoff eine Dichte von zumindest 95 % der theoretischen Volldichte aufweist.
11. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleitfläche frei von einer Phosphatbeschichtung ist.
12. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoff in der bzw. den Kernschichten globularer und gröber vorliegt als in der Randschicht des Bauelementes (2, 3), wobei die Randschicht eine Schichtdicke bis 2mm aufweist.
13. Baugruppe (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an Silizium zum Anteil an Kohlenstoff ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 : 1 bis 4 : 1.
14. Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes (2, 3) mit reduzierter Metallhaftung durch Flüssigphasensintern eines Pulvergemisches aus einem metallischen Sinterwerkstoff auf Eisenbasis, der neben Eisen Kohlenstoff und bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenmetalls enthält, wobei der Kohlenstoff in einem Anteil von mindestens 1 Gew.-% und maximal 10 Gew.-% zugesetzt wird und zumindest ein Teil des Kohlenstoffs partikulär ungebunden in der Matrix vorliegend während oder nach dem Sintern ausgeschieden wird, und wobei die Matrix zu einem aus Perlit und Ferrit zusammengesetztes Gefüge gesintert wird, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Sintern eine

NACHGEREICHT

Wärmebehandlung durchgeführt wird, sodass der Perlitanteil der Matrix in Richtung auf die Gleitfläche zunimmt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Sintern und/oder das nach dem Sintern anschließende Abkühlen des Bauelementes (2, 3) in einer kohlenstoffhaltigen Atmosphäre durchgeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Bauelement (2, 3) nach dem Sintern mit einer Abkühlrate von maximal 15 K/s abgekühlt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulverpressen bis zu einer Grünlingsdichte zwischen $6,4 \text{ g/cm}^3$ - $6,6 \text{ g/cm}^3$ durchgeführt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Sintern bei einer Sintertemperatur durchgeführt wird, die im Bereich zwischen der Gleichgewichtslinie zwischen „Gamma“ und „Gamma+Schmelze“ des Eisen-Kohlenstoffdiagramms und maximal 20 % oberhalb der genannten Gleichgewichtstemperatur, die dem entsprechenden Kohlenstoffanteil entspricht.

Miba Sinter Austria GmbH

durch



Anwälte Burger & Partner

Rechtsanwalt GmbH

NACHGEREICHT