

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1370/2007**

(22) Anmeldetag: **03.09.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.03.2009**

(51) Int. Cl.⁸: **C22C 1/04** (2006.01),
C22C 38/18 (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

MIBA SINTER AUSTRIA GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SINTERHÄRTBAREN SINTERFORMTEILS**

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines sinterhärtbaren Sinterformteils aus einem chromhaltigen Sinterpulver, umfassend die Schritte Bereitstellung des Sinterpulvers, Verdichtung des Sinterpulvers zu einem Grünling, Vorsintern des Grünlings zu einem Braunling unter reduzierender Atmosphäre mit anschließender langsamer Abkühlung, Kalibrieren des Braunlings und Hochtemperatursintern des kalibrierten Braunlings mit anschließender Schnellabkühlung. Das Vorsintern wird bei einer Temperatur durchgeführt, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 700° C und einer oberen Grenze von 1050 °C.

AT 505 698 A1 2009-03-15



Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines sinterhärtbaren Sinterformteils aus einem chromhaltigen Sinterpulver, umfassend die Schritte Bereitstellung des Sinterpulvers, Verdichtung des Sinterpulvers zu einem Grünling, Vorsintern des Grünlings zu einem Braunling unter reduzierender Atmosphäre mit anschließender langsamer Abkühlung, Kalibrieren des Braunlings und Hochtemperaturesintern des kalibrierten Braunlings mit anschließender Schnellabkühlung. Das Vorsintern wird bei einer Temperatur durchgeführt, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 700 °C und einer oberen Grenze von 1050 °C.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines sinterhärtbaren Sinterformteils aus einem chromhaltigen Sinterpulver umfassend die Schritte Bereitstellung des Sinterpulvers, Verdichtung des Sinterpulvers zu einem Grünling, Vorsintern des Grünlings zu einem Braunling unter reduzierender Atmosphäre mit anschließender langsamer Abkühlung, Kalibrieren des Braunlings und Hochtemperaturesintern des kalibrierten Braunlings mit anschließender Schnellabkühlung, sowie ein sintergehärtetes Sinterformteil auf Basis eines chromhaltigen Eisen-Pulvers.

Für die Herstellung von sintergehärteten Sinterformteilen für die Kfz-Industrie ist aus der DE 101 96 487 T1 ein Verfahren bekannt, bei dem ein metallurgisches Pulver aus Eisen mit einem Gehalt an Kupfer zwischen 1,0 Gew.-% und 3,0 Gew.-% und einem Gehalt an Kohlenstoff zwischen 0,3 Gew.-% und 0,8 Gew.-% zu einem Presskörper mit einem Druck im Bereich zwischen 20 tsi bis 70 tsi komprimiert wird, der Presskörper in der Folge auf eine Temperatur von 2000° F bis 2400° F erhitzen und bei dieser Temperatur mindestens 15 Minuten gehalten wird, um einen gesinterten Presskörper bereit zu stellen. Dieser Presskörper wird in der Folge mit einer Abkühlrate die nicht größer als 60° F/min ist abgekühlt und wird dabei ein Presskörper mit einer Härte nicht größer als RC25 erhalten. Danach wird die Dichte zumindest im Oberflächenbereich dieses gesinterten Presskörpers auf mindestens 7,6 g/cm³ erhöht, und wird anschließend dieser gesinterte Presskörper bei einer Temperatur von 2050° F bis 2400° F mindestens 20 Minuten fertig gesintert. Nach dem Fertigintern erfolgt eine Schnellabkühlung mit einer Abkühlrate von 120° F/min bis 400° F/min, wodurch die Härte auf mehr als RC25 erhöht wird. Neben den genannten Bestandteilen des metallurgischen Pulvers kann dieses auch Nickel, Molybdän, Chrom, Mangan und Vanadium aufweisen, wobei der Gehalt am Molybdän im Bereich zwischen 0 Gew.-% und 2,0 Gew.-%, jener des Nickels im Bereich zwischen 0 Gew.-% und 3,0 Gew.-%, jener



des Mangans zwischen 0 Gew.-% und 0,7 Gew.-% und jener des Chroms zwischen 0 Gew.-% und 4,0 Gew.-% betragen kann.

Obwohl in dieser DE-T1 als mögliche Legierungskomponente Chrom angegeben ist, hat sich herausgestellt, dass chromhaltige Eisenbasispulver, insbesondere hochlegierte Chromstähle, nicht bzw. nur sehr schwer nach dem Verfahren gemäß der DE-T1 verarbeitbar sind, insbesondere die hohen Dichten des fertigen Sinterbauteils hergestellt werden können. Es wird dazu in der DE-T1 auch ausgeführt, dass ein weniger wünschenswertes Sinterhärtepulver unter anderem eines der Type QMP4701 ist, welches 0,9 Gew.-% Nickel, 1 Gew.-% Molybdän, 0,45 Gew.-% Mangan und 0,5 Gew.-% Chrom enthält, wobei Eisen den Rest bildet.

Zur Reduktion von Oxidschichten war es zudem im Stand der Technik bisher üblich, die Vorsinterung bei einer Temperatur über 1000 °C durchzuführen, auch um bereits in diesem Stadium einen ausreichenden Sinterverbund durch Diffusion für nachfolgende Bearbeitungsschritte zu erhalten.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es, ein Sinterhärteverfahren für die Verarbeitung von chromhaltigen Eisenbasispulvern sowie entsprechende Sinterformteile bereitzustellen.

Diese Aufgabe der Erfindung wird jeweils unabhängig durch das eingangs genannte Verfahren, bei dem das Vorsintern bei einer Temperatur durchgeführt wird, die ausgewählt ist aus seinem Bereich mit einer unteren Grenze von 700°C und einer oberen Grenze von 1050°C sowie durch ein sintergehärtetes Sinterformteil auf Basis eines chromhaltigen Eisen-Pulvers, dessen Formteilkörper eine Dichte von zumindest 7,2 g/cm³ aufweist, gelöst.

Durch die erfindungsgemäße Temperaturführung während des Herstellungsprozesses des Sinterformteils wird wie beim Stand der Technik erreicht, dass organische Bindemittel und Schmiermittel, welche aus den Vorprozessen noch an dem Grünling anhaften, ausgebrannt werden und damit eine höhere Dichte des fertigen Sinterformteils, im Vergleich ohne Vorsintern, erreicht werden kann. Darüber hinaus wird damit aber erreicht, dass Diffusionsvorgänge innerhalb des Legierungspulvers, welche üblicherweise beim Vorsintern ohne Flüssigphasenanteil erwünscht sind, auf ein Minimum reduziert werden, aber trotzdem ein Mindestmaß an Versinterung stattfindet, wobei aber die Entstehung von Sprödphasen, wie



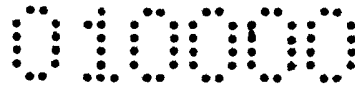
z.B. FeCr (σ -Phase) vermieden wird, sodass diese das Nachverdichten während des Kalibrierschrittes nicht negativ beeinflussen und damit höhere Dichten auch für chromhaltige Sinterbauteile erzielt werden können. Darüber hinaus wird durch die reduzierende Atmosphäre auch eine Oxidbildung vermieden, insbesondere die Entstehung von Chromoxiden, welche ebenfalls Hartphasen bilden und damit die nachfolgende Verdichtung des Braunklings negativ beeinflussen würden. Es sind also mit dem erfindungsgemäßen Verfahren chromhaltige Sinterformteile auf Eisenbasispulver herstellbar, die eine Dichte aufweisen, die beinahe der Volldichte entspricht, mindestens aber $7,2 \text{ g/cm}^3$. Zudem wird mit diesem Verfahren ein sehr homogenes Gefüge des Sinterformteils erreicht.

Die Temperatur während des Vorsinterns kann auch ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 750°C und einer oberen Grenze von 1000°C , insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 775°C und einer oberen Grenze von 950°C .

Insbesondere weist der Formteilkörper eine Dichte auf, mit einer unteren Grenze von $7,2 \text{ g/cm}^3$ und einer oberen Grenze von $7,5 \text{ g/cm}^3$.

Als reduzierende Atmosphäre während des Vorsinterns und ggf. dem Hochtemperaturesintern kann gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens ein Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch verwendet werden, welches einen Wasserstoffanteil aufweist, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Vol.-%, insbesondere 5 Vol.-%, und einer oberen Grenze von 30 Vol.-%. Mit derart unüblich hohen Anteilen an Wasserstoff in der reduzierenden Atmosphäre ist es möglich, das Vorsintern und ggf. das Hochtemperaturesintern bei höheren Temperaturen durchzuführen, ohne dass die Gefahr eine massiven Oxidbildung besteht, wodurch die Prozesszeit insgesamt verkürzt werden kann. Oberhalb von 30 Vol.-% Wasserstoff konnte keine weitere Verbesserung des Verfahrens beobachtet werden.

Der Anteil an Wasserstoff in der Atmosphäre kann auch ausgewählt werden aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 7 Vol.-% und einer oberen Grenze von 25 Vol.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 Vol.-% und einer oberen Grenze von 15 Vol.-%.



Gemäß einer anderen Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der reduzierenden Atmosphäre der Vorsinterung bzw. ggf. der Hochtemperaturesinterung, ein Aufkohlungsgas zugesetzt wird oder als reduzierende Atmosphäre ein Aufkohlungsgas verwendet wird. Es kann damit gleichzeitig mit der Vorsinterung bzw. ggf. der Hochtemperaturesinterung der Kohlenstoffgehalt zumindest in oberflächennahen Bereichen des fertigen Sinterformteils erhöht werden, wodurch die Martensitbildung bei der an die Hochtemperaturesinterung anschließenden Schnellabkühlung begünstigt wird. Von Vorteil ist dabei, dass die Vorsinterung bei einer niedrigeren Temperatur als im Stand der Technik beschrieben durchgeführt wird, da damit höhere Kohlenstoffgehalte realisierbar sind, ohne dass die Gefahr besteht, dass die Härte des Braunlings für das nachfolgende Kalibrieren zu hoch wird.

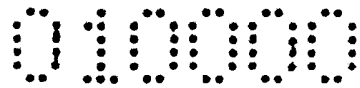
Der Braunling kann nach dem Vorsintern mit einer Geschwindigkeit abgekühlt werden, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 K/s und einer oberen Grenze von 2 K/s, um eine vorzeitige Härtung des Braunlings möglichst zu vermeiden bzw. das Ausmaß der Härtung zu reduzieren.

Dabei kann die Abkühlgeschwindigkeit ausgewählt sein aus einem Temperaturbereich dessen untere Grenze 0,7 K/s, insbesondere 0,5 K/s, beträgt. Durch die Erhöhung der unteren Grenze kann die vorzeitige Härtung noch besser vermieden werden.

In Hinblick auf die gewünschten mechanischen Eigenschaften des Sinterformteils wird der Braunling vor der Hochtemperaturesinterung vorzugsweise auf eine Dichte von zumindest 7,2 g/cm³ kalibriert. Insbesondere wird die Kalibrierung auf eine Dichte durchgeführt, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 7,2 g/cm³ und einer oberen Grenze von 7,5 g/cm³, also auf eine Dichte die beinahe der Volldichte des Materials entspricht.

Wie bereits erwähnt wird bevorzugt als Sinterpulver ein Eisenbasispulver verwendet.

Dieses Eisenbasis-Pulver kann dabei Chrom in einem Anteil enthalten, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%. Dieser Anteil kann in vorlegierter Form oder durch andere in der Sintertechnik bekannte Mittel (wie z.B. in Form von Ferro-Legierungen) zugesetzt werden. Es können also hochlegierte Chromstähle mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden,



welche – wie an sich bekannt – eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit aufweisen bzw. sehr hohe Härten erreichen. Insbesondere kann die Härte zwischen 250 HV5 und 600 HV5 betragen.

Der Anteil an Chrom kann auch ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 4 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,5 Gew.-% und einer oberen Grenze von 3 Gew.-%.

Es ist weiters möglich, dass dem Eisenbasis-Pulver bis zu 10 Gew.-% zumindest eines Nichteisenlegierungselementes und/oder Graphit in einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-%, insbesondere 1 Gew.-%, und einer oberen Grenze von 5 Gew.-% zugesetzt werden. Durch den hohen, nicht üblichen Anteil an Graphit wird die Bildung eines zumindest annähernd vollständigen martensitischen Gefüges unterstützt. Nicht üblich deshalb, da derart hohe Graphitanteile normalerweise ein Nachpressen wegen Rissbildungen nicht zulassen.

Durch weitere Nichteisenlegierungselemente wie bspw. Kupfer, Nickel, Mangan, Silizium, Molybdän und Vanadium können die Eigenschaften derartiger Eisenbasispulver-Sinterbauteile entsprechend verbessert werden, wie dies aus dem Stand der Technik für Stähle bereits bekannt ist. So kann z.B. durch das Zulegieren von Molybdän die Anlasssprödigkeit derartiger Chromstähle vermieden werden. Es werden damit die Härbarkeit und die Zähigkeit verbessert. Darüber hinaus kann die Kriechbeständigkeit bei höheren Temperaturen gesteigert werden. Durch Nickel kann die Kaltumformbarkeit verbessert werden. Mittels Mangan kann die Zugfestigkeit und die Streckgrenze verbessert werden. Mit Hilfe von Silizium kann während des Anlassens die Ausscheidung von Zementit aus dem Martensit verhindert werden.

Da die prinzipielle Wirkung dieser Legierungselemente an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist, erübrigt sich eine weitere Erörterung an dieser Stelle.

Der Anteil an Nichteisenlegierungselementen kann auch ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 8 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 6 Gew.-%.



Dabei kann Kupfer in einem Anteil enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Gew.-% und einer oberen Grenze von 6 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 4 Gew.-%, vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2 Gew.-%.

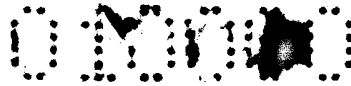
Der Anteil an Nickel kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Gew.-% und einer oberen Grenze von 8 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 4 Gew.-%, vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2 Gew.-%.

Der Anteil an Mangan kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Gew.-% und einer oberen Grenze von 10 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%, vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2 Gew.-%.

Der Anteil an Molybdän kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Gew.-% und einer oberen Grenze von 3 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,5 Gew.-%, vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,85 Gew.-%.

Der Anteil an Silizium kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2 Gew.-%, vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%.

Der Anteil an Vanadium kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Gew.-% und einer oberen Grenze von 8 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2 Gew.-%, vor-



zugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%.

Der Anteil an Grafit kann auch ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,9 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,4 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,8 Gew.-%.

Zur Erreichung höherer Dichten bereits im Grünling ist es von Vorteil, wenn dem Eisenbasispulver bis zu 3 Gew.-% Presshilfsmittel und/oder bis zu 1 Gew.-% ein insbesondere organisches Bindemittel zugesetzt werden. Es wird damit weiters erreicht, dass durch das Ausbrennen dieser Hilfsmittel während des Vorsinterns eine Porigkeit erzeugt wird, die das Nachverdichten während des Kalibrierens vereinfacht, wobei dabei wiederum der Vorteil der geringeren Temperatur während des Vorsinterns und der Vermeidung bzw. Reduzierung von Diffusionsvorgängen zum Tragen kommt. Insbesondere wird damit das Verpressen von an sich als schwer verpressbaren Sinterpulvern, wie chromhaltigen Sinterpulvern, vereinfacht. Oberhalb von in Summe 4 Gew.-% Hilfsstoffe kann die Porigkeit zu groß werden, wodurch u.U. geringere Enddichten des fertigen Sinterbauteils erreicht werden können.

Der Anteil an Presshilfsmittel kann auch bis zu 2,5 Gew.-%, insbesondere 2 Gew.-%, und der Anteil an Bindemittel bis zu 0,75 Gew.-%, insbesondere 0,5 Gew.-% betragen.

Bevorzugt wird die Schnellabkühlung nach den Hochtemperaturesintern mit einer Abkühlgeschwindigkeit durchgeführt, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 K/sec und einer oberen Grenze von 16 K/sec. Es kann damit, insbesondere wenn das Hochtemperaturesintern in einem aufkohlenden Medium durchgeführt wird, die Bildung des martensitischen Härtegefüges positiv beeinflusst werden und können Eigenspannungsverläufe erreicht werden, die sich günstig auf die mechanischen Eigenschaften, insbesondere auf die Ermüdungseigenschaften auswirken.

Die Abkühlgeschwindigkeit kann dabei auch ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2,5 K/sec und einer oberen Grenze von 15 K/sec, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3 K/sec und einer oberen Grenze von 10 K/sec.

Weiters ist es möglich, dass der hochtemperaturgesinterte Braunling nach dem Sintern bzw. nach der Abkühlung angelassen wird, um dem fertigen Sinterformteil neben den ho-



hen Festigkeitswerten auch eine hohe Zähigkeit zu verleihen. Vorzugsweise wird dabei eine Anlasstemperatur von 250° C nicht überschritten um die hohe Martensithärte nicht zu reduzieren. Insbesondere beträgt die Anlasstemperatur max. 200 ° C, vorzugsweise max. 180° C. Die Aufwärtsgeschwindigkeit während des Anlassens beträgt optimalerweise im Bereich zwischen 2 K/min und 30 K/min.

Gemäß einer Weiterbildung des Sinterformteils ist es vorgesehen, dass der Anteil des Kohlenstoffs von einer äußeren Oberfläche in Richtung auf einen Kern des Formteilkörpers nach einem Gradienten abnimmt, wodurch dieses Sinterformteil eine hohe Oberflächenhärte aufweist, bei gleichzeitig guter Zähigkeit im Kern. Der Anteil des Kohlenstoffs kann dabei z.B. von 0,5 Gew.-% an der Oberfläche auf 0,35 Gew.-% in einer Schichtdicke von 0,1 mm linear oder nach einem exponentiellen Verlauf abfallen.

Bevorzugt der Formteilkörper des Sinterformteil als Schiebemuffe oder als Kupplungskörper ausgebildet.

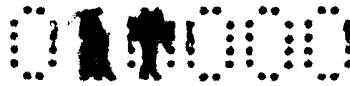
Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand des nachfolgenden Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Einführend sei festgehalten, dass Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den beschriebenen, unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfindersche oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist eine Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7 oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

Allgemeine Prozessbeschreibung:

Wie bereits erwähnt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Sinterbauteilen für Automotive-Anwendungen mit Dichten >7,2 g/cm³ aus mittel- bis schwerverpress-



baren Pulvern. Die Bauteile werden mittels Pulverpressverfahren auf Dichten $>7,1 \text{ g/cm}^3$ gebracht, entbindert und vorgesintert, auf Dichte $>7,35$ im vorgesinterten Zustand kalibriert und anschließend sintergehärtet.

Die verwendeten mittel- bis schwerverpressbaren Pulver bestehen in der Regel aus hybrid-, vor- oder anlegierten Eisenpulvern die als Basispulver fungieren und durch Zumengung weiterer Legierungspulver (in handelsüblichen Zuständen bzw. Reinheitsgraden) wie Cu, Ni, Mn, Cr, Si, Mo, V, usw. sowie Grafit und Presshilfsmittel während dem Sintern durch Diffusion zur Legierungsbildung führen. Die Legierungssysteme sind dabei so abgestimmt, dass ein dem Sintern nachfolgender Kühlprozess mit Kühlgeschwindigkeiten von etwa 2 bis 16 K/s zur Härtung des Bauteils führt. Hybridlegierungen weisen den Vorteil auf, dass diese härtende Legierungselemente schon entsprechend verteilt in der Mikrostruktur aufweisen.

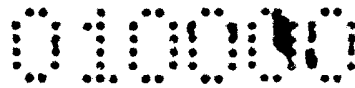
1) Pulvermischen

Mittel- bis schwerverpressbare Eisen-Pulvermischungen mit Chrom in einem Anteil von bis zu 4 Gew.-% und mit insgesamt bis zu 10 Gew.-% metallischer Nichteisen-Legierungselemente, bis zu 5 Gew.-% Grafit, bis zu 3 Gew.-% Presshilfsmittel und bis zu 1 Gew.-% organischem Bindemittel werden hergestellt. Diese Mischungen werden entweder als sog. Muttermischung in hochkonzentrierter Form evtl. auch unter Einsatz von Temperatur und 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 Cr, Mo, V, Si, Mn.

Hybridlegierungspulver können sein Cr-Mo vorlegiertes Fe-Pulver mit diffusionslegiertem Ni und/oder Cu, Mo vorlegiertes Fe-Pulver mit Ferro-Cr und Ferro-Mn auch wenn diese diffusionslegiert sind.



2) Pressen

Die nach oben genannten 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 mittel- bis schwerverpressbare Pulver auf Dichten $>7,1 \text{ g/cm}^3$ unterstützend. Je nach Schüttdichte und theoretischer Dichte der Pulvermischungen werden Pressdrücke von 600 bis 1200 MPa hierfür angewandt.

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

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

3) Entwachsen + Vorsintern

Abweichend von der üblichen Prozessroute für pulvermetallurgisch hergestellte Formteile werden die Presslinge durch thermische Behandlung unter Einwirkung reduzierender Atmosphärgase vorgesintert. Hierbei können reduzierende Atmosphären durch Verwendung von Stickstoff-Wasserstoff-Gemische mit bis zu 30 Vol.-% Wasserstoffanteil verwendet werden. Bevorzugt werden Gemische mit einem Wasserstoffanteil zwischen 5 Vol.-% und 30 Vol.-%, wenngleich es im Rahmen der Erfindung auch möglich ist, Gemische mit weniger als 5 Gew.-% zu verwenden. Optional können auch Aufkohlungsgase (Endogas, Methan, Propan, u. dgl.) verwendet werden oder dem Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch zugesetzt werden. Der Anteil kann dabei ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Vol.-% und einer oberen Grenze von 2,55 Vol.-%, bezogen auf die gesamte Mischung.

Die Temperaturen beim Vorsintern liegen zwischen 740 und 1050°C, die Sinterzeit kann zwischen 10 Minuten und 2 Stunden betragen.



In jedem Fall ist das Ziel des Vorsinterprozesses das Ausbrennen der organischen Binde- und Schmiermittel und die Herstellung eines leichten Sinterverbundes zwischen den Partikeln. Es wird bewusst die unvollständige Auflösung von einzelnen Legierungselementen erreicht und somit ein niedrigeres Härteniveau eingestellt. Die Härte des Sinterbauteils wird bevorzugt so eingestellt, dass beim nachfolgenden Verdichtungsprozess (Kalibrieren) hohe Umformgrade mit bis zu 30% Überhöhe möglich sind. Insbesondere bei Härte von kleiner als 140 HB 2,5/62,5 konnte eine überraschend hohe Umformbarkeit beobachtet werden.

Besonders sauerstoff-affine Legierungselemente, wie z.B. Cr, sind beim Vorsintern schwierig zu behandeln. Durch die Wahl der Prozessparameter in den angegebenen Grenzen kann eine massive Oxidbildung während dem Vorsintern zumindest größtenteils vermieden werden, sodass sich diese nicht negativ auf die Umformbarkeit auswirken.

Im vorgesinterten Zustand sind auch Cr-Mo vorlegierte Basispulver kalibrierbar, da aufgrund unzureichender Diffusion der Legierungselemente und geringer Kühlgeschwindigkeiten beim Vorsintern die Härtung des Gefüges nicht bzw. nur mangelhaft stattfinden kann. Die Kühlung erfolgt bevorzugt mit einer Geschwindigkeit von maximal 2 K/min im kritischen Bereich des Werkstoffes bis zum Erreichen der M_f (Martensit Finish Temperatur).

Während des Vorsinterns kommt es nur beschränkt zur Versinterung der Pulverkörner, was zur Ausbildung eines eher schwachen Sinterverbundes führt.

Durch eine Vorsintertemperatur unter 1100°C kann zudem erreicht werden, dass der Graphit nur unvollständig in das Eisenmatrixmaterial eindiffundiert.

Die auf diese Weise hergestellten vorgesinterten Grünlinge werden als „Braunling“ bezeichnet.

4) Nachpressen/ Kalibrieren

Mittels koaxialen Pressverfahren werden die Braunlinge nachverdichtet. Je nach Bauteilanforderung werden Höhenänderungen bis zu etwa 30% der Gesamt Bauteilhöhe umgeformt.



Bei Pressdrücken bis zu 1400 MPa - lokal sind sogar höhere Stempelbelastungen möglich - wird eine Dichtesteigerung auf $>7,35 \text{ g/cm}^3$ erreicht (lokal sind höhere Dichten möglich).

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

Eine Steigerung der Dichte auf $>7,35 \text{ g/cm}^3$ ist mit diesem Verfahren möglich auch für Pulver deren theoretische Dichte $<7,4 \text{ g/cm}^3$ liegt, da beim Vorsintern alle nichtmetallischen Mischungsbestandteile verbrennen oder in die Eisenmatrix diffundieren und somit die theoretisch, erreichbare Dichte gesteigert wird.

5) Sintern / Sinterhärten

Die verdichteten Braunlinge werden mit reduzierender Atmosphäre (Stickstoff, Wasserstoff, entsprechend obigen Ausführungen) evtl. unter Zugabe von aufkohlenden Gasen (Endogas, Methan, Propan, u. dgl.) gesintert, bevorzugt in kontinuierlich arbeitenden Sinteröfen. Die Temperaturen bei dieser Hochtemperaturesinterung können zwischen 1100°C und 1350°C betragen. Die Sinterformteile können zwischen 10 Minuten und 65 Minuten auf dieser Temperatur gehalten werden.

Anschließend wird durch entsprechende Kühlaggregate am Ofenauslauf mit einer Abkühlgeschwindigkeit zwischen 2 K/s und 16 K/s aus der Sinterhitze unter die M_f abgekühlt und damit gehärtet. Durch die schroffe Kühlung und ggfs. aufkohlende Medien während dem Sintern werden martensitische Härtegefüge erreicht und Eigenspannungsverläufe eingestellt, die sich günstig auf die mechanischen Eigenschaften insbesondere auf die Ermüdungseigenschaften auswirken.

Im Anschluss an den Sinterprozess kann zusätzlich zur Härtung aus der Sinterhitze auch ein Anlassen der gehärteten Teile erfolgen.

In diesem Prozessablauf ist es möglich, dass der Grünling, der Braunling oder das fertige Sinterbauteil einer aus dem Stand der Technik bekannten, mechanischen Bearbeitung unterzogen wird.



Nach diesem allgemeinen bevorzugten Prozessablauf wurden hochfeste, hochverdichtete Präzisions-Sinterformteile, wie z.B. eine Schiebemuffe für Automotiv-Anwendungen, oder ein Kupplungskörper, entsprechenden folgenden Beispielen hergestellt. Es sind aber auch eine Anzahl anderer Anwendungen realisierbar.

Beispiel 1: Schiebemuffe für Automotive Getriebe:

Zusammensetzung des Sinterpulvers: Astaloy CrM (Cr-Mo-vorlegiertes Fe-Pulver) + 0,4%C + 0,5% High-Performance-Presshilfsmittel

Pressdruck zur Herstellung des Grünlings: 950 MPa (7,25 g/cm³ Dichte)

Temperatur während des Vorsinterns: 920 °C

Vorsinterzeit: 35 Minuten

Pressdruck beim Kalibrieren: 900 MPa (7,4 g/cm³)

Temperatur des Hochtemperaturesinterns: 1280 °C

Hochtemperaturesinterzeit: 40 Minuten

Zusammensetzung der reduzierenden Atmosphäre: N₂/H₂/C₃H₈ (90/9,95/0,05)

Anteil an Aufkohlungsgas in der Hochtemperaturesinteratmosphäre: 0,05 %.

Die fertige Sintermuffe hatte eine Dichte von 7,4 g/cm³ und zeigte im Vergleich zu herkömmlichen Schiebemuffen aus dem Stand der Technik eine verbesserte Verschleißbeständigkeit im Dauerlauf aber auch im Missbrauchstest.

Beispiel 2: Schiebemuffe für Automotive Getriebe:

Zusammensetzung des Sinterpulvers: Astaloy CrM (Cr-Mo-vorlegiertes Fe-Pulver) + 0,4%C + 0,5% High-Performance-Presshilfsmittel

Pressdruck zur Herstellung des Grünlings: 650 MPa (7,0 g/cm³)



- 14 -

Temperatur während des Vorsinterns: 915 °C

Vorsinterzeit: 35 Minuten

Pressdruck beim Kalibrieren: 920 MPa (7,35 g/cm³)

Temperatur des Hochtemperaturesinterns: 1250 °C

Hochtemperaturesinterzeit: 40 Minuten

Zusammensetzung der reduzierenden Atmosphäre: N₂/H₂/C₃H₈ (90/9,9/0,1)

Anteil an Aufkohlungsgas in der Hochtemperaturesinteratmosphäre: 0,1 %

Die fertige Sintermuffe hatte eine Dichte von 7,35 g/cm³ und zeigte im Vergleich zu herkömmlichen Schiebemuffen aus dem Stand der Technik eine verbesserte Verschleißbeständigkeit im Dauerlauf bei gleichem Missbrauchsverhalten.

Beispiel 3: Kupplungskörper für Automotive Getriebe:

Zusammensetzung des Sinterpulvers: : Astaloy CrM (Cr-Mo-vorlegiertes Fe-Pulver) + 0,5%C + 0,5% High-Performance-Presshilfsmittel

Pressdruck zur Herstellung des Grünlings: 700 MPa (7,1 g/cm³ Dichte)

Temperatur während des Vorsinterns: 900 °C

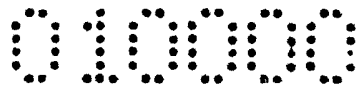
Vorsinterzeit: 40 Minuten

Pressdruck beim Kalibrieren: 900 MPa (7,38 g/cm³ gesamt, lokal im Bereich Dachverzahnung >7,45)

Temperatur des Hochtemperaturesinterns: 1270 °C

Hochtemperaturesinterzeit: 40 Minuten

Zusammensetzung der reduzierenden Atmosphäre: N₂/H₂/C₃H₈ (95/4,9/0,1)



Anteil an Aufkohlungsgas in der Hochtemperatursinteratmosphäre: 0,1 %

Der fertige Kupplungskörper hatte eine Dichte von $7,38 \text{ g/cm}^3$ (bei lokalen Dichten im Bereich der Verzahnung $>7,45 \text{ g/cm}^3$) und zeigte im Vergleich zu herkömmlichen Kupplungskörpern aus dem Stand der Technik eine verbesserte Verschleißbeständigkeit.

Die Ausführungsbeispiele beschreiben mögliche Ausführungsvarianten des Verfahrens und des Sinterbauteils, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten 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. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.



- 1 -

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung eines sinterhärtbaren Sinterformteils aus einem chromhaltigen Sinterpulver, umfassend die Schritte Bereitstellung des Sinterpulvers, Verdichtung des Sinterpulvers zu einem Grünling, Vorsintern des Grünlings zu einem Braunling unter reduzierender Atmosphäre mit anschließender langsamer Abkühlung, Kalibrieren des Braunlings und Hochtemperatursintern des kalibrierten Braunlings mit anschließender Schnellabkühlung, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorsintern bei einer Temperatur durchgeführt wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 700 °C und einer oberen Grenze von 1050 °C.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die reduzierende Atmosphäre ein Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch ist, mit einem Wasserstoffanteil, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Vol.-%, insbesondere 5 Vol.-%, und einer oberen Grenze von 30 Vol.-%.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der reduzierenden Atmosphäre der Vorsinterung ein Aufkohlungsgas zugesetzt wird oder als reduzierende Atmosphäre ein Aufkohlungsgas verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Braunling nach dem Vorsintern mit einer Geschwindigkeit abgekühlt wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 K/s und einer oberen Grenze von 2 K/s.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Braunling auf eine Dichte von zumindest 7,2 g/cm³ kalibriert wird.



6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Sinterpulver ein Eisenbasis-Pulver verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eisenbasis-Pulver Chrom in einem Anteil zugesetzt wird, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eisenbasis-Pulver bis zu 10 Gew.-% zumindest eines weiteren Nichteisen-Legierungselementes und/oder Grafit in ein Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-% zugesetzt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eisenbasis-Pulver bis zu 3 Gew.-% Presshilfsmittel und/oder bis zu 1 Gew.-% ein, insbesondere organisches, Bindemittel zugesetzt werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Sintern eine Abkühlung des hochtemperaturgesinterten Braunlings mit einer Abkühlgeschwindigkeit, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 K/s und einer oberen Grenze von 16 K/s, durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der hochtemperaturgesinterte Braunling nach dem Sintern bzw. nach der Abkühlung angelassen wird.
12. Sintergehärteter Sinterformteil auf Basis eines chromhaltigen Eisen-Pulvers, mit einem Formteilkörper, dadurch gekennzeichnet, dass der Formteilkörper eine Dichte von zumindest 7,2 g/cm³.



- 3 -

13. Sinterformteil nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass Chrom in einem Anteil enthalten ist, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%.
14. Sinterformteil nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Eisenbasis-Pulver bis zu 10 Gew.-% zumindest eines weiteren Nichteisen-Legierungselements enthalten ist.
15. Sinterformteil nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine weitere Nichteisen-Legierungselement ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Kupfer, Nickel, Mangan, Silizium, Molybdän, Vanadium.
16. Sinterformteil nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Eisen-Pulver Kohlenstoff in einem Anteil enthalten ist, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1 Gew.-%.
17. Sinterformteil nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des Kohlenstoffs von einer äußeren Oberfläche in Richtung auf einen Kern des Formteilkörpers nach einem Gradienten abnimmt.
18. Sinterformteil nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Formteilkörper als Schiebemuffe oder als Kupplungskörper ausgebildet ist.

Miba Sinter Austria GmbH

durch


Dr. Günter Secklehner

(Neue) Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines sinterhärtbaren Sinterformteils aus einem chromhaltigen Eisenbasis-Pulvers, umfassend die Schritte Bereitstellung des Sinterpulvers, Verdichtung des Sinterpulvers zu einem Grünling, Vorsintern des Grünlings zu einem Braunling unter reduzierender Atmosphäre mit anschließender langsamer Abkühlung, Kalibrieren des Braunlings und Hochtemperaturesintern des kalibrierten Braunlings mit anschließender Schnellabkühlung, wobei das Vorsintern bei einer Temperatur durchgeführt wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 700 °C und einer oberen Grenze von 1050 °C, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eisenbasis-Pulver Chrom in einem Anteil zugesetzt wird, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%, dass der Braunling nach dem Vorsintern mit einer Geschwindigkeit abgekühlt wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 K/s und einer oberen Grenze von 2 K/s und dass nach dem Sintern eine Abkühlung des hochtemperaturesinterten Braunlings mit einer Abkühlgeschwindigkeit, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 K/s und einer oberen Grenze von 16 K/s, durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die reduzierende Atmosphäre ein Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch ist, mit einem Wasserstoffanteil, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 Vol.-%, insbesondere 5 Vol.-%, und einer oberen Grenze von 30 Vol.-%.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der reduzierenden Atmosphäre der Vorsinterung ein Aufkohlungsgas zugesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als reduzierende Atmosphäre ein Aufkohlungsgas verwendet wird.

NACHGEREICHT

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Braunling auf eine Dichte von zumindest $7,2 \text{ g/cm}^3$ kalibriert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eisenbasis-Pulver bis zu 10 Gew.-% zumindest eines weiteren Nichteisen-Legierungselementes und/oder Grafit in ein Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-% zugesetzt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eisenbasis-Pulver bis zu 3 Gew.-% Presshilfsmittel und/oder bis zu 1 Gew.-% ein, insbesondere organisches, Bindemittel zugesetzt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der hochtemperaturgesinterte Braunling nach dem Sintern bzw. nach der Abkühlung angelassen wird.
9. Sintergehärteter Sinterformteil auf Basis eines chromhaltigen Eisenbasis-Pulvers, mit einem Formteilkörper, der eine Dichte von zumindest $7,2 \text{ g/cm}^3$ aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass Chrom in einem Anteil enthalten ist, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 5 Gew.-%.
10. Sinterformteil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Eisenbasis-Pulver bis zu 10 Gew.-% zumindest eines weiteren Nichteisen-Legierungselements enthalten ist.
11. Sinterformteil nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine weitere Nichteisen-Legierungselement ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Kupfer, Nickel, Mangan, Silizium, Molybdän, Vanadium.

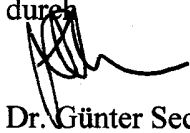
12. Sinterformteil nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Eisen-Pulver Kohlenstoff in einem Anteil enthalten ist, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1 Gew.-%.

13. Sinterformteil nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des Kohlenstoffs von einer äußeren Oberfläche in Richtung auf einen Kern des Formteilkörpers nach einem Gradienten abnimmt.

14. Sinterformteil nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Formteilkörper als Schiebemuffe oder als Kupplungskörper ausgebildet ist.

Miba Sinter Austria GmbH

durch



Dr. Günter Secklehner

NACHGEREICHT

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : C22C 1/04 (2006.01); C22C 38/18 (2006.01); B22F 3/12 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: C22C 1/04, C22C 38/18, B22F 3/12		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC, X-FULL, IPDL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 3. September 2007 eingereichten Ansprüchen 1-18 erstellt.		
Kategorie ⁹	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 0457418 A1 (Hoeganaes Corporation) 21. November 1991 (21.11.1991) <i>Abstract; Beschreibung, Seite 2, Zeilen 34 - 43, Seite 3, Zeilen 32 - 58, Seite 4, Zeilen 1 - 3, Seite 5, Zeilen 1 - 18, 30 - 58, Seite 6, Zeilen 1 - 11, 53 - 57, Seite 7, Zeilen 16 - 21; Tab. 1 - 2, 4 - 5; Ansprüche 1 - 3, 6, 8 - 10, 12 - 19</i> --	1, 6, 8, 12, 14 - 15
A	JP 62-202046 A (Toyota Motor Corp.) 5. September 1987 (05.09.1987) (Computerunterstützte Übersetzung [online] [Abgerufen am 12.02.2008] Abgerufen von: http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/) <i>Abstract</i> --	1, 6 - 9, 12 - 16, 18
A	EP 1184476 A2 (Kawasaki Steel Corporation) 6. März 2002 (06.03.2002) <i>Abstract; Beschreibung, [0017] - [0019], [0021], [0024] - [0025], [0028] - [0029], [0037], [0039], [0041] - [0053], [0071] - [0075], [0100] - [0104]; Ansprüche 2 - 3, 7 - 10, 13 - 14</i> --	1 - 2, 5 - 8, 11 - 16
A	DE 4031408 A1 (Hitachi Powdered Metals Co., Ltd.) 11. April 1991 (11.04.1991) <i>Abstract; Beschreibung, Seite 2, Zeilen 41 - 50, Seite 3, Zeilen 2 - 9, Seite 4, Zeilen 67 - 68, Seite 5, Zeilen 1 - 6, 10 - 39; Ansprüche 1 - 5</i> --	1, 6, 8, 12, 14 - 15
Datum der Beendigung der Recherche: 15. Februar 2008		☒ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dr. AIGNER
⁹ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 5754937 A1 (Jones et al.) 19. Mai 1998 (19.05.1998) <i>Abstract; Beschreibung, Spalte 3, Zeilen 8 - 22, Spalte 4, Zeilen 26 - 39, Spalte 6, Zeilen 28 - 53, Spalte 8, Zeilen 3 - 30; Fig. 5; Ansprüche 8 - 11, 14</i>	12 - 16, 18
	--	
A	US 5656787 A1 (Shivanath et al.) 12. August 1997 (12.08.1997) <i>Abstract; Beschreibung, Spalte 2, Zeilen 61 - 63, Spalte 3, Zeilen 52 - 63, Spalte 4, Zeilen 13 - 29, Spalte 8, Zeilen 46 - 67; Ansprüche 4, 7 - 8, 11 - 12</i>	12 - 16, 18
