

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 868 956 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.10.1998 Patentblatt 1998/41

(51) Int Cl.⁶: **B22F 3/11**

(21) Anmeldenummer: **98890051.0**

(22) Anmeldetag: **26.02.1998**

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

(30) Priorität: **28.02.1997 AT 342/97**

(71) Anmelder: **Machner & Saurer GmbH
8605 Kapfenberg (AT)**

(72) Erfinder:
• **Degischer, Peter H. Prof. Dr.
A-5020 Salzburg (AT)**
• **Kriszt, Brigitte, Dr.
A-8605 Kapfenberg (AT)**
• **Falahati, Ahmad
A-1100 Wien (AT)**

(54) Verfahren zur Herstellung von Metallkörpern mit innerer Porosität

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Metallkörpern mit einer im wesentlichen homogen ausgebildeten inneren Porosität aus Metallpulvern und gasabspaltenden Teilmittelpulvern.

Erfindungsgemäß werden aus Ausgangsstoffen Pulver aus mindestens einem Schwermetall aus mindestens einem gasabspaltenden Treibmittel sowie gegebenenfalls aus mindestens einem nichtmetallischen Reaktions- und/oder Legierungsmittel und/oder einer Mischhilfe hergestellt und die Pulver zu einer homogenen Mischung verarbeitet werden, welche Pulvermischung unter allseitigem Druck gegebenenfalls bei er-

höhter, jedoch unterhalb der Dissoziations temperatur des Treibmittels liegenden Temperatur zu einem Rohling kompaktiert wird, Wonach der Rohling einer Wärmebehandlung unterworfen wird, welche zumindest teilweise jeweils in einem Temperaturbereich zwischen Solidus- und Liquidustemperatur einer durch Inhomogenitäten der chemischen Zusammensetzung gebildeten, niedriger schmelzenden Schwermetallphase sowie im Bereich der Reaktions- und/oder Zersetzungstemperatur des Treibmittels liegt, wobei gegebenenfalls bei einer volumsvergrößernden Reaktion durch das abgespaltene Treibgas die Bildung von Porosität im Metallkörper, der danach abgekühlt wird, erfolgt.

EP 0 868 956 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Metallkörpern mit einer im wesentlichen homogen ausgebildeten inneren Porosität aus Metallpulvern und gasabspaltenden Treibmittelpulvern. Weiters umfaßt die Erfindung poröse, insbesondere nach obigem Verfahren hergestellte Metallkörper.

Für einen technischen Einsatz von metallischen Körpern, insbesondere beim Bau von Geräten, sind deren mechanische Eigenschaften und zumeist deren Gewicht von entscheidender Bedeutung. Oftmals, zum Beispiel in der Fahrzeug- und Luftfahrtindustrie, besteht der Wunsch nach Teilen, die eine hohe Biege- und/oder Torsionsfestigkeit, hohe Energieabsorption bei Verformung, geringe Wärmeleitfähigkeit und dergleichen bei geringst möglichem Komponentengewicht aufweisen. Um nun geringe Komponentengewichte im Geräte- und Anlagenbau zu erreichen, besteht einerseits die Möglichkeit, Leichtmetalle zu verwenden, andererseits kann diesbezüglich ein Einsatz von Metallschaumkörpern besonders vorteilhaft sein.

Eine Herstellung von Metallschaumkörpern erfolgt bei Verwendung von zumeist Leichtmetallen und dergleichen Legierungen dadurch, daß flüssiges Metall geschäumt und erstarren gelassen wird. Derart gefertigte Körper können vielfach aus Gründen der Herstellbarkeit nur einfache geometrische Formen aufweisen und müssen durchwegs aufwendig weiterbearbeitet werden.

Um eine gewünschte Form eines Metallschaumkörpers zu erreichen, wird gemäß US-PS 2 979 392 vorgeschlagen, in eine Kokille eine feste Mischung aus Metallpulver und gasabspaltendem Pulver einzubringen und durch Wärmeeinwirkung den Metallpulverteil zu schmelzen, wobei sich das gasabspaltende Pulver zersetzt und das Gas im Metall unzusammenhängende geschlossene Zellräume bildet. Durch eine darauffolgende Abkühlung wird ein geformter Metallschaumkörper gebildet. Dieses Herstellungsverfahren hat jedoch den Nachteil, daß ein Aufschmelzen und Aufschäumen des flüssigen Metalles durch raschen, weitgehend ungehinderten Austritt des abgespaltenen Gases schwer kontrollierbar ist und nach dem Abkühlen oft im wesentlichen porenfreie Teile des Körpers vorliegen.

Durch die DE-OS 1 201 559 ist ein anderes Verfahren zur Herstellung von Schaumkörpern mit gleichmäßig über dem Querschnitt verteilten Poren bekannt geworden, bei welchem ein Gemisch eines zerkleinerten duktilen Metalles und eines bei erhöhter Temperatur, aber unterhalb der Schmelztemperatur des Metalles gasabgebenden Zusatzes stranggepreßt wird und diese verschweißte Mischung dann auf eine Temperatur oberhalb der Gasabgabetemperatur des Zusatzes, aber unterhalb des Schmelzpunktes des Metalles erhitzt wird. Dieses gegebenenfalls eine gleichmäßige Porosität des gebildeten Körpers erbringende Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß nur hochduktile Metallpulver, die bereits durch ein Strangpressen verschweißbar sind, eingesetzt werden können.

Ein Verfahren zur weitgehend kontinuierlichen Herstellung von Metallschaumkörpern ist aus der EP-0559097 A2 bekannt geworden, wobei ein Metall-Treibmittelpulver-Gemisch in einen Kanal eingeführt, unter Vorkompaktierung bei erhöhter Temperatur zu einer Matrice transportiert und durch diese hindurch ausgepreßt wird. Dieses, hauptsächlich für Aluminium verwendete Verfahren hat jedoch unter anderem die Probleme der Einhaltung der erforderlichen Herstellungsparameter sowie ein hohes maschinentechnisches Aufwandes.

Die DE-4 018 360 C1 offenbart ein weiteres Verfahren zur Herstellung poröser Metallkörper aus Leichtmetallen mittels Metallpulvers und mindestens eines Treibmittelpulvers. Ein Halbzeug wird dabei durch Heißkompaktieren der Pulvermischung bei einer Temperatur, bei der die Verbindung der Metallpulverteilchen überwiegend durch Diffusion erfolgt und bei einem Druck, der hoch genug ist, um die Zersetzung des Treibmittels zu verhindern, derart erstellt, daß die Metallteilchen sich in einer festen Verbindung untereinander befinden und einen gasdichten Abschluß für die Teilchen des Treibmittels darstellen. In der Folge wird durch Aufheizen des Halbzeuges auf eine Temperatur oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels, vorzugsweise im Temperaturbereich des Schmelzpunktes des verwendeten Metalles, der poröse Metallkörper gebildet. Dieses, zwar aufwendige Verfahren ist jedoch durchaus geeignet, einen Leichtmetallkörper mit hoher und gleichmäßiger Porosität herzustellen. Für Schwermetalle, insbesondere mit höheren Schmelzpunkten, weist jedoch das Aufschäumverfahren Nachteile und/oder Undurchführbarkeit auf, weil einerseits durch die geringe Oberflächenspannung von Schwermetallschmelzen ein Zusammenfluß der kleinen Gasbläschen gefördert wird und andererseits durch das hohe spezifische Gewicht des Metalles der Gasblasenauftrieb groß ist.

Zur Herstellung von Schaumkörpern aus Schwermetall wird gemäß der US-PS- 3 336 134 im wesentlichen vorgeschlagen, eine Mischung aus schäumbar Harz und Metallpulver, gegebenenfalls mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung aufzuschäumen und den Schaumkörper zur Härtung auf eine Temperatur unterhalb der Zersetzungstemperatur des Harzes aufzuheizen. Durch weiteres Aufheizen über die Zersetzungstemperatur des Harzes, jedoch unter den Schmelzpunkt des niedrigst schmelzenden Metalles werden alle organischen Verbindungen entfernt bzw. ausgezogen und die Pulverteilchen unter Bildung eines gasdurchlässigen Schwermetall - Schaumkörpers zusammengelagert. Außer dem hohen Herstellungsaufwand und den möglichen Umweltbelastungen sind eine begrenzte Porosität und eine geringe Festigkeit des Körpers als Nachteile zu sehen.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem Schwermetallkörper mit im wesentlichen homogen ausgebildeter innerer Porosität hergestellt werden können. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß aus Ausgangsstoffen Pulver aus mindestens einem Schwermetall und/oder mindestens einer Schwerme-

talllegierung, aus mindestens einem gasbildendem und/oder gasabspaltenden Treibmittel sowie gegebenenfalls aus mindestens einem nichtmetallischen Reaktions- und/oder Legierungsmittel und/oder einer Mischhilfe hergestellt und die Pulver zu einer homogenen Mischung verarbeitet werden, welche Pulvermischung unter allseitigem Druck gegebenenfalls in einem verschließbaren Behälter und/oder bei erhöhter, jedoch unterhalb jener für die Zersetzung des Treibmittels liegenden Temperatur zu einem Rohling kompaktiert wird, wonach der Rohling einer Wärmebehandlung unterworfen wird, welche zumindest teilweise jeweils in einem Temperaturbereich zwischen Solidus- und Liquidustemperatur einer durch Inhomogenitäten der chemischen Zusammensetzung gebildeten, niedriger schmelzenden Schwermetallphase sowie im Bereich der Reaktions- und/oder Zersetzungstemperatur des Treibmittels liegt, wobei gegebenenfalls bei einer gasbildenden und/oder einer volumsvergrößernden Reaktion, durch das Treibgas die Bildung von Porosität im Metallkörper, der danach abgekühlt wird, erfolgt.

Die mit der Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß durch den Pulverkornaufbau und/oder die Pulverzusammenstellung nach einer intensiven Mischung ein Rohling herstellbar ist, welcher optimal die geforderten Voraussetzungen für eine Erstellung einer Verbindung der Metallteilchen untereinander, bei einem weitgehend gasdichten Einschluß der Treibmittelpartikel, bietet. Erfindungsgemäß ist dafür wichtig, daß die Oberflächenbereiche der Metallpulverteilchen hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung inhomogen sind und/oder bei einer Erwärmung eine Reaktion mit nichtmetallischen Mitteln derart gerichtet erfahren können, daß Inhomogenitäten entstehen, die niedriger schmelzende Phasen ausbilden. Durch eine Wärmebehandlung bei der Kompaktierung und/oder der Verarbeitung des Rohlings wird vorerst ein Temperatur- und Druckbereich gewählt, bei welchem die niedrig schmelzenden Phasen eine metallische Verbindung bzw. ein Verschweißen der Metallteilchen bewirken, wogegen die derart eingeschlossenen Treibmittelpulverkörner keine wesentliche Zersetzung oder Reaktion erfahren. Nach einer, durch eine weitere Wärmeeinwirkung verursachte Anhebung der Schmelztemperatur und der Materialfestigkeit der verbindenden Bereiche durch Diffusion erfolgt eine Erwärmung und/oder Druckminderung auf mindestens die Zersetzungs- und/oder Reaktionskriterien des Treibmittels, wobei das entstehende Gas eine Porenbildung im Rohling bewirkt. Weil die einzelnen Treibmittelkörner weitgehend im Metall eingeschmolzen bzw. eingeschweißt vorliegen, wird eine im wesentlichen homogen ausgebildete innere Porosität im Schwermetallkörper erstellt.

Besonders vorteilhafte mechanische Eigenschaften des porösen Metallkörpers bei erhöhter Temperatur im Vergleich mit dessen spezifischem Gewicht werden erreicht, wenn das Schwermetall und/oder die Schwermetalllegierung ein Schmelzpunktintervall von höher als 900° C, vorzugsweise von höher als 1100°C aufweist.

Wenn, wie weiters in günstiger Weise vorgesehen, die Ausgangsstoffe zu Metallpulver mit einem mittleren Korndurchmesser von 11 µm bis 400 µm und zu einem Treibmittelpulver sowie Reaktions- und/oder Legierungspulver mit einem mittleren Korndurchmesser von 1,1 bis 200 µm verarbeitet und die Pulver gemischt werden, werden besonders vorteilhafte Voraussetzungen für die Kompaktierung des Rohlings und eine Bildung von homogener Porosität bei geringem spezifischem Gewicht des Metallkörpers erreicht.

Um ein gasdichtes Einlagern oder allseitiges Einschweißen der Treibmittelpartikel und gegebenenfalls der Reaktions- und/oder Legierungsmittel sicherzustellen sowie in der Folge eine gleichmäßig ausgebildete Porosität im Metallkörper zu erreichen, kann es weiters, wie gefunden wurde, günstig bzw. wichtig sein, wenn mindestens ein Schwermetall- und/oder mindestens ein Schwermetall-Legierungspulver mit einer über den Querschnitt der Pulverkörner inhomogenen chemischen Zusammensetzung hergestellt und/oder durch Legierungsmittel bei Temperatureinwirkung, vorzugsweise im Rohling, gebildet wird und derart eine niedriger schmelzende Dünnschicht an den Kornoberflächen entsteht, die nach einer zumindest teilweisen Verschweißung der Metallkörner bei weiterer Temperatureinwirkung durch Diffusionsausgleich eine Erhöhung der Solidus- und Liquidustemperatur erfährt. Pulver mit einer niedriger schmelzenden Dünnschicht an den Kornoberflächen sind beispielsweise durch Glühung in einem Reaktionsgasstrom herstellbar, wobei nach einem Kompaktieren zu einem Rohling durch eine Temperatureinwirkung ein zumindest teilweises Aufschmelzen der Oberflächenbereiche und ein Verschweißen der Pulverteilchen erfolgen kann. Es ist auch vorteilhaft möglich, Pulver mit weitgehend homogener chemischer Zusammensetzung über den Kornquerschnitt mittels Legierungs- und/oder Reaktionsmittel zu beschichten, dieses Mischgut zu kompaktieren und einer Glühung zu unterwerfen, wobei durch ein Eindiffundieren der Beschichtungselemente auflegierte, niedriger schmelzende Oberflächenbereiche gebildet und die Pulverkörner miteinander verbunden werden. So kann zum Beispiel ein im wesentlichen aus reinem Eisen mit einem Schmelzpunkt von 1500°C bestehendes Pulver durch ein Beimischen von bzw. ein Beschichten der Pulverkörner mit Kohlenstoff beim Erwärmen bzw. Glühen anfänglich Oberflächenbereiche mit einer bis auf etwa 1150 °C abgesenkten Schmelz- bzw. Solidustemperatur erhalten. Diffundieren sodann die Kohlenstoffatome in das Korninnere, so erfahren die Solidus- und Liquidustemperaturen der Legierung im Kornoberflächenbereich eine Erhöhung.

Insbesondere im Hinblick auf eine möglichst gute Verteilung der Komponenten und folglich eine gleichmäßige Anordnung der Poren in einem rißfreien Metallkörper, ist es bevorzugt, wenn dem(den) Metallpulver(n) und dem(den) Treibmittelpulver(n) als Reaktions- und/oder Legierungsmittel ein nichtmetallisches Element oder eine dergleichen Verbindung, vorzugsweise Kohlenstoff, insbesondere Graphit, vor dem homogenisierenden Mischvorgang zugesetzt wird.

Es kann auch insbesondere bei legierten und hochlegierten Schwermetallen günstig sein, wenn im Bereich der Oberfläche der Schwermetallpulverkörner eine Schicht mit erhöhtem Stickstoffgehalt gebildet wird, wodurch bei einer

Wärmebehandlung des Rohlings eine Verbindung derselben erfolgt, weil dabei letztlich eine hohe Festigkeit der Porenwände erreicht werden kann.

Wenn, wie weiters in vorteilhafter Weise erfindungsgemäß vorgesehen sein kann, als Treibmittel ein Kohlendioxid absplattender Stoff, vorzugsweise zumindest ein Karbonat, insbesondere der Elemente aus der zweiten Gruppe des periodischen Systems oder eines Schwermetalles verwendet wird und das durch Temperatureinwirkung abgesplattene Gas, gegebenenfalls durch Reaktion mit dem zugesetzten Kohlenstoff, eine Volumsvergrößerung erfährt, wird mit hochwirksamen Treibmitteln, gegebenenfalls bei geringen Treibmittelquantitäten, besonders günstig ausgebildete Porosität im Metallkörper erreicht.

Eine Volumsvergrößerung des von einem Treibmittel bei erhöhter Temperatur abgesplatteten Kohlendioxides wird durch eine Reaktion mit beigemischtem Kohlenstoff unter Bildung von Kohlenmonoxid verursacht.

Alternativ kann auch als Treibmittelpulver zumindest ein Oxid, vorzugsweise ein Schwermetalloxid, insbesondere Eisenoxid, verwendet und mit mindestens einer derartigen Menge Kohlenstoff im Pulver verteilt werden, daß der Sauerstoffanteil des Oxides zu CO-Gas reagieren gelassen wird.

Ein im hohen Maße rißfreies Aufblähen des Rohlings ist erreichbar, wenn die Aufheizgeschwindigkeit zu der Temperatur, bei welcher das Treibmittel Gas absplattet, einen Wert aufweist, der größer ist als $4,05^\circ \text{C/s}$.

Wenn, wie weiters vorteilhaft vorgesehen ist, zumindest zwei Schwermetallpulver und/oder zumindest zwei Treibmittelpulver mit jeweils unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung hergestellt und zur Bildung des Rohlings verwendet werden, können die Bedingungen für eine metallische Verbindung der Pulverpartikel zur Bildung von Metallkörpern mit besonderen mechanischen Eigenschaften und gleichmäßiger Kleinporosität optimiert werden.

Für eine Erstellung von Komponenten, insbesondere in der Fahrzeug- und Luftfahrtindustrie, kann es zur Ausformung von Teilen mit hoher Festigkeit und geringem Gewicht günstig sein, wenn der Metallkörper eine dichte Oberflächenschicht aufweist und insbesondere als Verbundkörper ausgebildet ist.

Die Erfindung umfaßt weiters einen porösen Metallkörper, der zumindest 40 Vol.-% Porosität besitzt, aus mindestens einem Schwermetall und/oder mindestens einer Schwermetalllegierung gebildet ist und Kohlenstoffgehalte von 0,05 bis 4,1 Gew.-% und/oder Stickstoffgehalte von 0,002 bis 0,3 Gew.-% aufweist. Durch die Kohlenstoff- und/oder Stickstoffgehalte im Schwermetall ist eine verbesserte Verbindungstechnische bzw. schweißmetallurgische Güte der Verbindungsbereiche um die Poren sichergestellt.

Besonders günstige Eigenschaften des Metallkörpers sind erreichbar, wenn dieser im wesentlichen aus einer Eisenbasis- oder Nickelbasis- oder einer Kobaltbasislegierung, insbesondere mit jeweils Chromgehalten von größer als 1,6 Gew.-% oder Kupferbasislegierungen sowie anderen Schwermetallen gebildet ist und einen Schmelzpunkt von größer als 900°C aufweist.

Wenn der Metallkörper im wesentlichen aus zumindest einer intermetallischen Phase besteht, können vorteilhaft sogenannte Memory-Eigenschaften derartiger Werkstoffe genutzt werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich Ausführungswege darstellenden Beispielen näher erläutert.

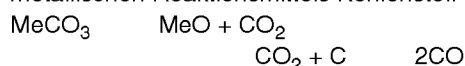
Beispiel 1:

Für eine Versuchsreihe wurde mittels Verdünnungsprozesses Reineisenpulver mit einer mittleren Korngröße von ca. 40 μm erzeugt. Unter Verwendung dieses Reineisenpulvers und vorgesehener Zusätze erfolgte eine Herstellung von vier unterschiedlich zusammengesetzten Rohlingen durch intensives Mischen und ein Kompaktieren bei einer erhöhten Temperatur von ca. 840°C , welche Rohlinge einer anschließenden Glühbehandlung zur Ausbildung von Porosität unterworfen wurden. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1

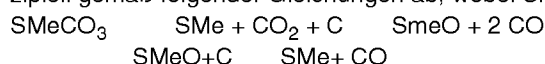
Versuch Nr.	Pulvermischung Rohling	Ergebnis
1	$\text{Fe}+0,1\% \text{CaCO}_3$	keine Porosität
2	$\text{Fe}+0,15\% \text{SrCO}_3$	keine Porosität
3	$\text{Fe}+0,1\% \text{CaCO}_3 +3\% \text{C}$	Niedrige Porosität
4	$\text{Fe}+0,15\% \text{SrCO}_3 +3\% \text{C}$	gleichmäßige Porosität

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse zeigen die Wirkungen von einerseits Treibmitteln mit verschieden hoher Dissoziationstemperatur (z.B. bei 1 atm.: CaCO_3 : 900°C ; SrCO_3 : 1289°C ; BaCO_3 : 1360°C) und andererseits des nichtmetallischen Reaktionsmittels Kohlenstoff gemäß einem gasvolumenvergrößernden Reaktionsablauf:

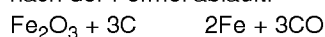


Das Treibgasvolumen kann weiter gesteigert werden, wenn die aus den Karbonaten durch Abspalten von Kohlensäure

gebildeten Metalloxide, insbesondere Schwermetalloxide, bei Temperaturen zwischen 900 °C und 1250 °C durch Kohlenstoff reduzierbar sind. Diese vorteilhaft bei Karbonaterzen wie Eisenkarbonaten mögliche Reaktion läuft prinzipiell gemäß folgender Gleichungen ab, wobei SMe Schwermetall bedeutet.



Als Treib- und Reaktionsmittel können auch, wie Versuche zeigten, Schwermetalloxide, zum Beispiel Eisenoxide, insbesondere lamellarer, also nicht amorpher Hämatit und Kohlenstoff verwendet werden, wobei eine Treibgasbildung nach der Formel abläuft:



Pulverzusätze aus lamellarem Hämatit und Graphit sind besonders vorteilhaft verwendbar, weil eine plättchenförmige Struktur dieser Partikel gute Misch- und Verteilungseigenschaften im Schwermetallpulver sowie verzögerte Reaktionen bewirken können.

Beispiel 2:

Rostfreier Stahl vom Typ AISI 316 wurde nach einem Gasverdüungsverfahren zu Pulver mit einem mittleren Korndurchmesser von 125 µm verarbeitet. Bei einem Teil dieses Pulvers erfolgte ein Ansticken der Oberflächenzone der Pulverkörner. Sowohl das verdünte und nicht weiterbehandelte als auch das oberflächlich aufgestickte Pulver wurden jeweils teilweise mit 0,1 Gew.-% CaCO_3 und 0,15 Gew.-% SrCO_3 gemischt und bei erhöhter Temperatur zu Rohlingen kompaktiert. Bei einer anschließenden Glühbehandlung zur Ausformung von innerer Porosität waren die nachfolgend in Tab. 2 zusammengefaßten Ergebnisse erhalten worden:

Tabelle 2

Versuchs-Nr.	Pulvermischung-Rohling	Ergebnis
A	316+0,1% CaCO_3	eine zentrale Aufblähung
B	316+0,15% SrCO_3	niedrige Porosität
C	316/N+0,1% CaCO_3	geringfügige Porosität
D	316/N+1,5% SrCO_3	Porosität gut

Unter gleichen Herstellungs- und Untersuchungsbedingungen erfolgte eine Erprobung der Legierung AISI A 316 FM mit 0,13 Gew.-% Schwefel. Es konnte bei allen Proben offensichtlich durch den Schwefelgehalt eine im Vergleich wesentlich verbesserte Poren- bzw. Schaumbildung im Metallkörper festgestellt werden.

Beispiel 3:

Rostfreier Stahl der Marke 304 L wurde mittels Inertgas- Verdüungsverfahren hergestellt und jeweils Teile davon mit 0,1 Gew.-% CaCO_3 , mit 0,15 Gew.-% SrCO_3 und mit 0,15 Gew.-% SrCO_3 + 0,4 Gew.-% C homogen gemischt und die Mischungen in jeweils zwei Blechbehältern abgefüllt, diese evakuiert und verschlossen. Eine Mischungsreihe wurde heißisostatisch bei einer Temperatur von 1100°C gepreßt, wonach anschließend in einer Induktionserwärmungsanlage eine Erwärmung der Rohlinge auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur der Legierung zur Freisetzung des Treibgases mit anschließender Abkühlung erfolgte. Als Ergebnis konnte eine Porosität der Metallkörper von über 62 Vol.-% festgestellt werden, wobei der Kohlenstoff eine deutlich die Porosität vergrößernde und die Legierung härtende Wirkung zeigte. Das Porenvolumen bzw. die Porengröße im Zentrum des Teiles war größer und sank zur Teiloberfläche hin ab.

Die zweite Mischungsreihe wurde in einer Heißisostatic-Pressen kompaktiert und sodann in die Nähe des Schmelzpunktes der Legierung erwärmt. Nach einem Halten von 30 Min. der Rohlinge auf Temperatur erfolgten bei einer homogenen Temperaturverteilung über den Querschnitt eine Reduktion des isostatischen Druckes auf Normaldruck und damit eine Ausbildung einer Porosität im Metallkörper mit gleichzeitiger Kühlung desselben. Eine Untersuchung der erhaltenen Körper zeigte, daß diese ein spezifisches Gewicht von kleiner als 3,0g/cm³ aufwiesen und daß über den Querschnitt die Porosität weitgehend homogen bzw. mit im wesentlichen gleicher Porengröße vorlag, wobei wiederum die mit SrCO_3 als Treibmittel versetzten Teile die besten Ergebnisse brachten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Metallkörpern mit einer im wesentlichen homogen ausgebildeten inneren Porosität

aus Metallpulvern und gasabspaltenden Treibmittelpulvern, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus Ausgangsstoffen Pulver aus mindestens einem Schwermetall und/oder mindestens einer Schwermetalllegierung, aus mindestens einem gasbildenden und/oder gasabspaltenden Treibmittel sowie gegebenenfalls aus mindestens einem nichtmetallischen Reaktions- und/oder Legierungsmittel und/oder einer Mischhilfe hergestellt und die Pulver zu einer homogenen Mischung verarbeitet werden, welche Pulvermischung unter allseitigem Druck gegebenenfalls in einem verschleißbaren Behälter und/oder bei erhöhter Temperatur zu einem Rohling kompaktiert wird, wonach der Rohling einer Wärmebehandlung unterworfen wird, welche zumindest teilweise jeweils in einem Temperaturbereich zwischen Solidus- und Liquidustemperatur einer durch Inhomogenitäten der chemischen Zusammensetzung gebildeten, niedriger schmelzenden Schwermetallphase sowie im Bereich der Reaktions- und/oder Zersetzungstemperatur des Treibmittels liegt, wobei gegebenenfalls bei einer gasbildenden und/oder einer volumsvergrößernden Reaktion durch das Treibgas die Bildung von Porosität im Metallkörper, der danach abgekühlt wird, erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schwermetall und/oder die Schwermetalllegierung ein Schmelzintervall von höher als 900°C, vorzugsweise von höher als 1100°C, aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgangsstoffe zu Metallpulver mit einem mittleren Korndurchmesser von 11 µm bis 400 µm und zu einem Treibmittelpulver mit einem mittleren Korndurchmesser von 1,1 bis 200 µm verarbeitet und die Pulver gemischt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Schwermetall- und/oder mindestens ein Schwermetall-Legierungspulver mit einer über den Querschnitt der Pulverkörner inhomogenen chemischen Zusammensetzung hergestellt und/oder durch Legierungsmittel bei Temperatureinwirkung, vorzugsweise im Rohling gebildet wird und derart eine niedriger schmelzende Dünnschicht an den Kornoberflächen entsteht, die nach einer zumindest teilweisen Verschweißung der Metallkörner bei weiterer Temperatureinwirkung durch Diffusionsausgleich eine Erhöhung der Solidus- und Liquidustemperatur erfährt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem(den) Metallpulver(n) und dem(den) Treibmittelpulver(n) als Reaktions- und/oder Legierungsmittel ein nichtmetallisches Element oder eine dergleichen Verbindung, vorzugsweise Kohlenstoff, insbesondere Graphit, vor dem homogenisierenden Mischvorgang zugesetzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich der Oberfläche der Schwermetallpulverkörner eine Schicht mit erhöhtem Stickstoffgehalt gebildet wird, wodurch bei einer Wärmebehandlung des Rohlings eine Verbindung derselben erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Treibmittel ein Kohlendioxid abspaltender Stoff, vorzugsweise zumindest ein Karbonat, insbesondere der Elemente aus der zweiten Gruppe des periodischen Systemes oder eines Schwermetalles verwendet wird und das durch Temperatureinwirkung abgespaltene Gas gegebenenfalls durch die Reaktion mit dem zugesetzten Kohlenstoff eine Volumsvergrößerung erfährt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Treibmittelpulver zumindest ein Oxid, vorzugsweise Schwermetalloxid, insbesondere Eisenoxid, verwendet wird und mit mindestens einer derartigen Menge Kohlenstoff im Pulvergemisch verteilt wird, daß der Sauerstoffanteil des Oxides zu CO-Gas reagieren gelassen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Aufheizgeschwindigkeit zu der Temperatur, bei welcher das Treibmittel Gas abspaltet, einen Wert aufweist, der größer ist als 1,05°C/s.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest zwei Schwermetallpulver und/oder zumindest zwei Treibmittelpulver mit jeweils unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung hergestellt und zur Bildung des Rohlings verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallkörper eine dichte Oberflächenschicht aufweist und insbesondere als Verbundkörper ausgebildet wird.

12. Metallkörper mit einer im wesentlichen homogen ausgebildeten Porosität, insbesondere hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Körper zumindest 40 Vol.-%

Porosität besitzt, aus mindestens einem Schwermetall und/oder mindestens einer Schwermetalllegierung gebildet ist und Kohlenstoffgehalte von 0,05 bis 4,1 Gew.-% und/oder Stickstoffgehalte von 0,002 bis 0,3 Gew.-% aufweist.

5 13. Metallkörper nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser im wesentlichen aus einer Eisenbasis- oder einer Nickelbasis oder einer Kobaltbasislegierung insbesondere mit jeweils Chromgehalten von größer als 1,6 Gew.-% oder Kupferbasislegierungen sowie anderen Schwermetallen gebildet ist und einen Schmelzpunkt von größer als 900°C aufweist.

10 14. Metallkörper nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser im wesentlichen aus zumindest einer intermetallischen Phase gebildet ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 89 0051

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 460 392 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 11.Dezember 1991 * Ansprüche 1,10,11,14; Beispiel 6 *	1-13	B22F3/11
D	& DE 40 18 360 A ---		
A	US 3 382 067 A (SANDSTEDE GERD ET AL) 7.Mai 1968 * Anspruch 1 *	1-11	
A	LU 40 361 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 5.September 1961 * Anspruch 1; Beispiel 1 *	1-11	
A	US 3 758 291 A (PTASHNIK W) 11.September 1973 * Anspruch 1 *	1	
X	DE 34 21 858 A (NIPPON DIA CLEVITE CO) 3.Januar 1985 * Beispiel 2 *	12,13	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B22F C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23.Juni 1998	Prüfer Schruers, H
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)