



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 101 15 230 C 2**

51 Int. Cl.⁷:
C 22 C 1/08

21 Aktenzeichen: 101 15 230.2-24
22 Anmeldetag: 28. 3. 2001
43 Offenlegungstag: 8. 11. 2001
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28. 11. 2002

DE 101 15 230 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

66 Innere Priorität:
100 15 409. 3 28. 03. 2000

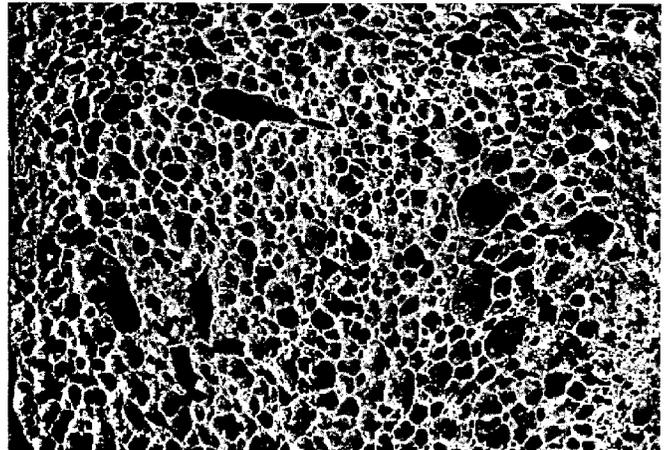
73 Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

72 Erfinder:
Banhart, John, Dr.-Phys., 28357 Bremen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 12 01 559 C
GROTHER, Hans: Lexikon der Hüttentechnik,
Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 1963
(Lueger Lexikon der Technik Bd. 5), S. 386;

54 Verfahren zur Herstellung poröser Metallkörper und Verwendung derselben

57 Verfahren zur Herstellung poröser Metallkörper, bei dem eine Mischung, die ein pulverförmiges metallisches Material, welches mindestens ein Metall und/oder eine Metalllegierung enthält, und ein gasabspaltendes treibmittelhaltiges Pulver umfasst zu einem Halbzeug kompaktiert wird, und das derart hergestellte Halbzeug unter Temperatureinwirkung aufgeschäumt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein treibmittelhaltiges Pulver ausgewählt wird, bei dem die Temperatur der maximalen Zersetzung weniger als 120 K unter der Schmelztemperatur des Metalls oder der Solidustemperatur der Metalllegierung liegt.



DE 101 15 230 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung poröser Metallkörper nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie deren Verwendung.

[0002] Die DE 41 01 630 A1 beschreibt ein gattungsgemäßes Verfahren, bei dem eine Mischung aus einem oder mehreren Metallpulvern und einem oder mehreren gasabspaltenden Treibmittelpulvern hergestellt wird, die anschließend durch Einwirkung von Druck und/oder Wärme zu einem kompakten gasdichten Halbzeug verdichtet wird. Die Art der Verdichtung kann je nach Erfordernis gewählt werden und erfolgt durch axiales Heißpressen, Strangpressen, heißstatisches Pressen oder Walzen. Bei dem Kompaktierungsvorgang wird die Temperatur so hoch gewählt, dass die Verbindung zwischen den einzelnen Metallpulverteilchen überwiegend durch Diffusion erfolgt. Der Druck wird so hoch gewählt, dass die Zersetzung des Treibmittels verhindert wird. Die Metallteilchen befinden sich in einer festen Verbindung untereinander und bilden einen gasdichten Abschluss für das Treibmittel. Die Treibmittelpartikel werden zwischen den miteinander verbundenen Metallteilchen eingeschlossen, so dass sie erst bei einem späteren Schritt des Aufschäumens Gas freisetzen. Da der hohe Druck eine Zersetzung des Treibmittels unterbinden kann lassen sich auch Treibmittel einsetzen, deren Zersetzungstemperatur unter der Kompaktierungstemperatur liegt. Weiterhin wird dadurch, dass das Treibgas zwischen den Metallteilchen eingeschlossen bleibt, verhindert, dass es vorzeitig aus dem kompaktierten Halbzeug entweicht. Da das Treibgas aus dem kompaktierten Halbzeug vor dem Aufschäumen nicht entweichen kann, muss nur die Menge Treibmittel zugegeben werden, die zur Herstellung der Schaumstruktur notwendig ist. Als Ergebnis des Kompaktierungsvorganges liegt ein Metallkörper vor, der durch Erwärmung vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels zu einem hochporösen metallischen Körper aufgeschäumt wird. Der so hergestellte metallische Hohlkörper besteht aus einem metallischen Gerüst und einer Vielzahl von gasgefüllten Poren. Das Aufschäumen des Halbzeugs erfolgt frei, wenn keine Endform vorgegeben ist. Das Aufschäumen kann aber auch in einer Form erfolgen. In diesem Fall nimmt der fertige poröse Metallkörper die vorgegebene Gestalt an. Es ist daher möglich, auch Formteile aus porösem metallischen Werkstoff herzustellen.

[0003] In der DE 41 01 630 A1 werden als Metallpulver Aluminium, Aluminiumlegierungen oder Kupferlegierungen eingesetzt und als Treibmittel Natriumhydrogencarbonat, Aluminiumhydroxid bevorzugt aber Titanhydrid gewählt. Titanhydrid zersetzt sich oberhalb von etwa 400°C und spaltet große Volumina an Wasserstoff ab. Nach dem Schäumen verbleibt das weitgehend wasserstofffreie Titan im aufgeschäumten Metall und bildet mit diesem eine Legierung.

[0004] Das eingangs beschriebene Verfahren hat jedoch den Nachteil, dass die damit hergestellten Metallschäume bezüglich Form und Größenverteilung der Gasporen sowie der Regelmäßigkeit der Dicke der Zellwände zwischen den einzelnen Gasporen unregelmäßige Strukturen aufweisen und die Wände der Metallschaumblasen Risse aufweisen. Dies führt zu einer verminderten Stabilität aufgrund der schlechteren elastischen und plastischen Eigenschaften der Metallschäume und der daraus herstellbaren Formteile.

Durch die Risse werden die Metallschaumblasen durchlässig für Gase und Flüssigkeiten. Ein weiterer Nachteil ist, dass Gasporen mit einem durchschnittlichen Durchmesser kleiner als etwa 3 mm nach dem Stand der Technik nur bedingt herstellbar sind. Kleinere Poren sind nur erhältlich, wenn der Schäumvorgang mit sehr großen Aufheizraten, die größer als 8 K pro Sekunde sind, durchgeführt wird. Solche Aufheizraten sind jedoch nur möglich, wenn der Aufschäumprozess nicht in einer Form durchgeführt wird.

[0005] Die DE 12 01 559 C beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaumkörpern mit gleichmäßigerer Zellenverteilung. Dabei wird eine Ausgangsmischung, die z. B. aus Pulvern einer Magnesiumlegierung und des Treibmittels Magnesiumcarbonat besteht, stranggepresst und zum Aufschäumen auf eine Temperatur erhitzt, die über der Zersetzungstemperatur des Treibmittels (MgCO_3 : 350°C) aber unterhalb des Schmelzpunkts des Metalls (Mg: 650°C) liegt.

[0006] Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, die Nachteile nach dem Stand der Technik zu überwinden und ein Verfahren anzugeben, nach dem poröse Metallkörper hergestellt werden können, die bezüglich Form, Größe und Verteilung der Gasporen eine gleichmäßigere Struktur aufweisen.

[0007] Dieses technische Problem wird durch das in Anspruch 1 beschriebene Verfahren gelöst. Unteransprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen an. Vorteilhafte Verwendungen der derart hergestellten Metallschäume lehren die Ansprüche 9 bis 13.

[0008] Erfindungsgemäß wird das oben genannte technische Problem durch ein Verfahren gelöst, bei dem eine Mischung, die ein pulverförmiges metallisches Material, welches mindestens ein Metall und/oder eine Metalllegierung enthält und ein gasabspaltendes treibmittelhaltiges Pulver umfasst zu einem Halbzeug kompaktiert wird, und das derart hergestellte Halbzeug unter Temperatureinwirkung aufgeschäumt wird, wobei ein treibmittelhaltiges Pulver ausgewählt wird, bei dem die Temperatur der maximalen Zersetzung weniger als 120 K unter der Schmelztemperatur des Metalls oder der Solidustemperatur der Metalllegierung liegt. Die Temperatur der maximalen Zersetzung und die exakte Solidustemperatur wird hierbei durch Differentialthermoanalyse bestimmt. Untersuchungen der Anmelderin haben nämlich ergeben, dass für den Fall eines Temperaturunterschieds von weniger als 120 K ein Metallschaum entsteht, dessen Hohlräume eine wesentlich einheitlichere Größe besitzen. Außerdem fällt die räumliche Verteilung der Hohlräume im Metallschaum gleichmäßiger aus und die Zellwände zwischen den einzelnen Gasporen weisen eine regelmäßige Dicke auf. Risse in den Gasporen werden mit diesem Verfahren vermieden. Man erhält daher einen Metallschaum mit hoher Stabilität und Festigkeit in allen Raumrichtungen. Es wurde erkannt, dass bei Treibmitteln, die sich bei zu niedrigen Temperaturen zersetzen, schon in der festen Phase, also unterhalb des Schmelzpunktes des Metalls bzw. der Solidustemperatur der Legierung, ein Gasdruck entwickelt. Dies führt zu schichtförmigen Aufreissungen und zur Schädigung der Struktur des Metalles. Beim nachfolgenden Schäumen entwickelt sich daher kein Schaum mit regelmäßiger Porenstruktur mehr. Das üblicherweise zum Schäumen verwandte Titanhydrid ist somit für Metalle und Legierungen mit Schmelz- bzw. Solidustemperaturen, die unter 350°C oder wesentlich über 520°C liegen nur schlecht geeignet.

[0009] Aufgrund des geringen Temperaturunterschieds zwischen dem Zersetzungsmaximum des Treibmittels und

der Schmelz- bzw. Solidustemperatur des Metalls bzw. der Legierung ist es weiterhin möglich, durch eine Verkleinerung der Treibmittelmenge und ohne die Anwendung sehr großer Aufheizraten die Struktur des gebildeten Metallschaums so zu beeinflussen, dass mit abnehmender Treibmittelmenge auch eine feinporigere Schaumstruktur gebildet wird. Es ist somit möglich, den Aufschäumprozess ohne große Aufheizraten und/oder in einer Form durchzuführen und somit Schäume herzustellen, die einen durchschnittlichen Blasendurchmesser von unter 3 mm und besonders bevorzugt von unter 2 mm bis unter 0,5 mm aufweisen.

[0010] Zum Aufschäumen einer Metalllegierung ist die Auswahl eines treibmittelhaltigen Pulvers, bei dem die Temperatur der maximalen Zersetzung im Temperaturintervall zwischen Solidus- und Liquidustemperatur dieser Legierung liegt besonders bevorzugt. In diesem Fall tritt während des Schäumvorgangs keine Rissbildung auf. Dies führt zu besonders regelmäßigen Strukturen. Liegt bei einem Aufschäumprozess das Zersetzungsmaximum des treibmittelhaltigen Pulvers zwischen Solidustemperatur der Legierung bzw. Schmelztemperatur des Metalls und einer Temperatur bis zu 120 K unter der Schmelz- bzw. Solidustemperatur, so tritt zunächst eine leichte Rissbildung auf. Die Länge der Risse ist dabei kleiner als der durchschnittliche Porendurchmesser des Metallschaums nach dem Aufschäumen. Diese Risse werden im weiteren Verlauf des Aufschäumens, sobald der Zustand der Schmelze erreicht ist, im Rahmen der Schaumblasenbildung geheilt.

[0011] Metallische Materialien im Sinne dieser Erfindung sind nicht nur die reinen metallischen Elemente selbst sondern ganz allgemein Materialien die metallische Eigenschaften aufweisen wie insbesondere Legierungen und intermetallische Verbindungen. Besonders geeignet ist das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufschäumen von Blei, Bleilegierungen und Magnesiumlegierungen, insbesondere Magnesium-Kalzium- und Magnesium-Strontium-Legierungen.

[0012] Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden als Treibmittel bevorzugt Salze verwendet, die ausgewählt werden aus der Gruppe, bestehend aus Acetaten, Hydraten, Hydroxiden, Hydriden und Carbonaten sowie Mischsalzen hieraus. Diese sind besonders effiziente Gasbildner. Besonders bevorzugt sind Treibmittel, die bei der Zersetzung Wasserstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser und/oder Methan bilden.

[0013] Wie das vorbekannte Verfahren kann auch das erfindungsgemäße Verfahren mit Treibmitteln durchgeführt werden, deren Zersetzungstemperatur unter der Kompaktierungstemperatur liegt. Der Druck bei der Kompaktierung wird hierbei derart gewählt, dass eine Zersetzung des Treibmittels unterbunden wird.

[0014] Ein vorteilhaft einsetzbares Treibmittel ist handelsübliches $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$. Dieses zersetzt sich oberhalb von 260°C und weist ein Zersetzungsmaximum von 309°C auf, das nur wenig unterhalb des Schmelzpunkts von Blei (327°C) sowie vieler Bleilegierungen liegt. Es ist damit insbesondere zum Schäumen von Blei und Bleilegierungen verwendbar.

[0015] Als Treibmittel kann Magnesiumhydrid eingesetzt werden und dieses insbesondere zum Aufschäumen von magnesiumhaltigen Verbindungen wie Magnesium-Kalzium-Legierungen und Magnesium-Strontium-Legierungen. Freies ungebundenes Magnesiumhydrid zersetzt sich oberhalb von 370°C. Wird dieses jedoch zum Aufschäumen von Magnesium oder Magnesium-Legierungen verwandt, so zeigt sich, dass das Zersetzungsmaximum stark ansteigt; es liegt beispielsweise für das System Mg/8 Gew.-% Ca/1 Gew.-% MgH_2 bei 420°C, wie mittels Differentialther-

moanalyse feststellbar ist. Die Solidustemperatur der entstehenden Legierung liegt bei 516°C. Das Magnesiumhydrid liegt im Metall einkompaktiert vor; beim Aufschäumen von Magnesium und Magnesiumlegierungen tritt daher eine Verschiebung des chemischen Gleichgewichts: $\text{MgH}_2 \rightleftharpoons \text{Mg} + \text{H}_2 \uparrow$ auf. Dagegen kann Titan mit Titanhydrid nicht aufgeschäumt werden. Im System Ti/TiH_x erfolgt lediglich eine Umlagerung des Wasserstoffs auf freie Zwischengitterplätze.

[0016] Wird als Treibmittel eine Metallverbindung eingesetzt, deren Metallkomponente ausschließlich aus einem oder mehreren Metallen des pulverförmigen metallischen Materials besteht, so hat dies den Vorteil, dass durch das Treibmittel keine metallischen Verunreinigungen verursacht werden. Nach dem Aufschäumen verbleibt der Metallrest, der auch in oxidischer Form vorliegen kann, im artgleichen Metall während sich der Rest des Treibmittels zersetzt und Poren bildet. Es kann somit nicht zur Bildung von Legierungen an den Grenzflächen zwischen Gasporen und Metallkörper kommen. Diese können unerwünschte Materialeigenschaften wie Sprödigkeit und Korrosionsanfälligkeit hervorrufen. Eine Verunreinigung des Metalls mit Fremdmetallen ist für viele Anwendungen störend. In vielen elektrochemischen Prozessen ist die Beimengung fremder Metalle zu limitieren und ein mit Fremdmetallen verunreinigter Schaum schlecht geeignet. Schaummetalle als Werkstoffe für medizinische Anwendungen insbesondere für Implantate in der Human- oder Veterinärmedizin müssen biokompatibel und/oder bioresorbierbar sein; vom Treibmittel herrührende Verunreinigungen durch Fremdmetalle können auch hier äußerst störend wirken und sogar Allergien auslösen. Treibmittel wie beispielsweise Titanhydrid, das nicht resorbierbares Titan enthält, sind daher ungeeignet.

[0017] Zur Stabilisierung der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Metallschäume können gezielt Treibmittel verwendet werden, die nach dem Aufschäumen Metalloxide bilden. Dies hat den Vorteil, dass die oxidischen Partikel im Metallschaum fein verteilt werden. Somit wird die Benetzungsproblematik beim Zumischen von Oxiden zum pulverförmigen metallischem Material, d. h. ein Aufschwimmen des Oxids in der Metallschmelze vermieden. Bei der Verwendung solcher Treibmittel wird die Viskosität des geschmolzenen Metalls durch das entstandene Oxid erhöht, und die in der Schmelze vorliegende Blasenstruktur dadurch besser konserviert.

[0018] Bei einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als Treibmittel eine Metallverbindung eingesetzt, deren Metallkomponente als Legierungselement verwendet wird. Dies hat den Vorteil, dass das zu schäumende pulverförmige metallische Material beim Aufschäumen gezielt mit einem weiteren Metall legiert wird, ohne dass teure Legierungspulver oder zusätzliche Legierungselemente in reiner Form zugesetzt werden müssen.

[0019] Bleischäume können in elektrochemischen Prozessen, insbesondere als Elektrodenplatten in Blei-Säure-Akkumulatoren verwendet werden. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Bleischäume hergestellt, die einen durchschnittlichen Porendurchmesser bis unter 0,5 mm aufweisen und die keine Fremdmetalle enthalten welche als Akkumulatortgifte wirken. Der Bleischaum kann weiterhin so eingesetzt werden, dass er als Elektrode wirkt. Bevorzugt werden hierbei die Poreninnenräume des Schaumes mit einer elektrisch aktiven Masse insbesondere mit einer Bleioxidmasse pastiert. Bei Bleischäumen, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurden, bietet sich daher der Vorteil, dass diese nicht nur eine elektrische Funktion sondern auch eine mechanische Stützfunktion für die elektrisch aktive Masse erfüllen. Die Struktur der nach dem

erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Bleischäume bietet gegenüber den üblicherweise für Elektroden verwendeten Streckmetallgittern aufgrund einer rauheren Porenoberfläche und einer teilweise verwundenen Porenform den Vorteil einer besseren Haftung der elektrisch aktiven Masse.

[0020] Durch die kleinporige Struktur ergibt sich aufgrund kurzer Wege als Vorteil ein niedrigerer Innenwiderstand des Akkumulators.

[0021] Schäume aus Magnesium-Kalzium- und Magnesium-Strontium-Legierungen oder eine weiterverarbeiteten Form hiervon können als bioresorbierbare Implantate im menschlichen oder tierischen Körper verwendet werden. Sie verleihen dem Körper mechanische Stabilität und werden während des Heilungsprozesses vom Körper nach und nach aufgelöst. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Magnesium-Kalzium- oder Magnesium-Strontium-Schäume sind hierfür aufgrund ihrer besonderen mechanischen Stabilität besonders geeignet. Des weiteren enthalten Magnesium-Legierungen, die mit dem Treibmittel Magnesiumhydrid aufgeschäumt wurden, keine metallischen Verunreinigungen.

Bester Weg zur Realisierung des Verfahrens

Beispiel 1 – Vergleichsbeispiel

[0022] Ein Metallschaum der Legierung AlSi7 wird nach dem Stand der Technik mit Titanhydrid als Treibmittel durch Aufschäumen in einer zylindrischen Form hergestellt. Fig. 1 zeigt einen ca. 2 fach vergrößerten Ausschnitt aus dem entstandenen AlSi7-Schaum. Man erkennt ein Muster von kleinen bis sehr großen Poren; die äußere Form der Poren nimmt von rund bis langgezogen jede beliebige Gestalt an. Die Struktur ist mithin sehr unregelmäßig. Fig. 2 zeigt ein 7.5 fach vergrößertes Detail aus dem entstandenen AlSi7-Schaums. Die Risse in den Wänden der Metallschaumblasen sind zu erkennen.

Beispiel 2 – Vergleichsbeispiel

[0023] Ein Metallschaum der Legierung AA6061 (AlMgSi) wird nach dem Stand der Technik mit Titanhydrid als Treibmittel durch Aufschäumen in einer zylindrischen Form hergestellt. Fig. 3 zeigt einen ca. 10 fach vergrößerten Ausschnitt aus einem Aluminiumschaum, in einem frühen Expansionsstadium des Aufschäumprozesses. Die Expansion erfolgte in vertikaler Richtung (y-Richtung). Die schichtförmigen Aufreissungen in horizontaler Richtung (x-Richtung) sind zu erkennen.

Beispiel 3

[0024] Bleipulver wird mit 2 Gewichtsprozenten Bleicarbonat (PbCO_3)₂ · Pb(OH)₂ intensiv vermischt. Die Mischung wird bei 250°C mit einem Pressverhältnis von 1 : 14 zu einem Strang stranggepreßt. Ein Abschnitt des Drahtes wird in einen auf 450°C vorgeheizten Ofen gelegt. Nach kurzer Zeit fängt der Bleidraht, dessen Schmelzpunkt bei 327°C liegt, an zu schäumen. Sein Volumen steigt um den Faktor 6. In seinem Inneren zeigt das Metall eine gleichmäßige Anordnung von polyedrischen Zellen. Der resultierende Schaum besteht aus reinem Blei sowie Bleioxid und ist frei von Fremdmetallen. Fig. 4 zeigt einen ca. 4 fach vergrößerten Ausschnitt aus dem entstandenen Bleischaum. Die regelmäßigen Strukturen der Gasporen bezüglich Form und der Größenverteilung sind zu erkennen. In den Wänden der Metallschaumblasen sind keine Risse zu erkennen.

Beispiel 4

[0025] Eine Mischung aus 70 Gewichtsprozenten Bleipulver und 30 Gewichtsprozenten Zinnpulver wird mit 2 Gewichtsprozenten Bleicarbonat (PbCO_3)₂ · Pb(OH)₂ intensiv vermischt. Die Mischung wird bei 200°C stranggepreßt. Der Draht wird in einem auf 350°C vorgeheizten Ofen geschäumt. Die entstehende Legierung, PbSn30 (Bleitot), hat eine Solidustemperatur von 183°C und eine Liquidustemperatur von 270°C und fängt im Temperaturintervall zwischen Solidus und Liquidus an zu schäumen. Das Volumen der Ausgangsprobe steigt um den Faktor 6. Der resultierende Schaum ist frei von Fremdmetallen.

Beispiel 5

[0026] Eine Mischung aus 90 Gewichtsprozenten Bleipulver und 10 Gewichtsprozenten Antimonpulver wird mit 1 Gewichtsprozent Bleicarbonat (PbCO_3)₂ · Pb(OH)₂ intensiv vermischt. Die Mischung wird bei 220°C stranggepreßt. Der resultierende Draht wird in einem auf 380°C vorgeheizten Ofen geschäumt. Die entstehende Legierung, PbSb10 (Hartblei), hat eine Solidustemperatur von 252°C und eine Liquidustemperatur von 270°C und fängt im Temperaturintervall zwischen Solidus und Liquidus an zu schäumen. Das Volumen der Ausgangsprobe steigt um den Faktor 4,5. Der resultierende Schaum ist, frei von Fremdmetallen.

Beispiel 6

[0027] Magnesiumpulver wird mit 8 Gewichtsprozent Kalziumpulver und einem Gewichtsprozent Magnesiumhydrid MgH₂ vermischt. Die Mischung wird unter einer Argonatmosphäre bei 300°C und 100 MPa Druck zu einer Tablette verpresst. Die Tablette wird unter einer Argonatmosphäre in einem auf 600°C vorgeheizten Ofen geschäumt. Während des Schäumvorgangs bildet sich die Mg-Ca Legierung mit einer Solidustemperatur von 516°C. Die Liquidustemperatur liegt bei 595°C. Als Treibmittelrest bleibt nur Magnesium zurück. Man erhält einen Mg-Ca Schaum, der frei von Fremdmetallen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung poröser Metallkörper, bei dem eine Mischung, die ein pulverförmiges metallisches Material, welches mindestens ein Metall und/oder eine Metalllegierung enthält, und ein gasabspaltendes treibmittelhaltiges Pulver umfasst zu einem Halbzeug kompaktiert wird, und das derart hergestellte Halbzeug unter Temperatureinwirkung aufgeschäumt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein treibmittelhaltiges Pulver ausgewählt wird, bei dem die Temperatur der maximalen Zersetzung weniger als 120 K unter der Schmelztemperatur des Metalls oder der Solidustemperatur der Metalllegierung liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein treibmittelhaltiges Pulver ausgewählt wird, bei dem die Temperatur der maximalen Zersetzung zwischen Solidustemperatur und Liquidustemperatur der Metalllegierung liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Treibmittel das Bleicarbonat $\{(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb(OH)}_2\}$ und/oder Magnesiumhydrid verwendet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das als Treibmittel eine Metallverbindung eingesetzt wird, deren Me-

tallkomponente ausschließlich aus einem oder mehreren Metallen des zu schäumenden pulverförmigen metallischen Materials besteht.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Treibmittel eine Metallverbindung eingesetzt wird, deren Metallkomponente als Legierungselement verwendet wird. 5
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Treibmittel ausgewählt wird aus der Gruppe bestehend aus Hydriden, Carbonaten, Acetaten, Hydroxiden und Hydraten. 10
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck bei der Kompaktierung derart gewählt wird, dass das zu kompaktierende Material über die Zersetzungstemperatur des Treibmittels erhitzt wird. 15
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das aufzuschäumende pulverförmige metallische Material ausgewählt wird aus der Gruppe bestehend aus Blei, Bleilegierungen und Magnesiumlegierungen. 20
9. Verwendung eines im Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8 hergestellten porösen Metallkörpers oder einer weiterverarbeiteten Form dieses Metallkörpers für elektrochemische Prozesse. 25
10. Verwendung eines porösen Metallkörpers nach Anspruch 9 als Elektrode oder Bestandteil einer Elektrode insbesondere in Blei-Säure-Akkumulatoren.
11. Verwendung eines im Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8 hergestellten porösen Metallkörpers, oder einer weiterverarbeiteten Form dieses Metallkörpers in der Medizin. 30
12. Verwendung nach Anspruch 11 als Implantat im menschlichen oder tierischen Körper.
13. Verwendung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Metallkörper aus einer Magnesium-Kalzium-Legierung besteht. 35

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

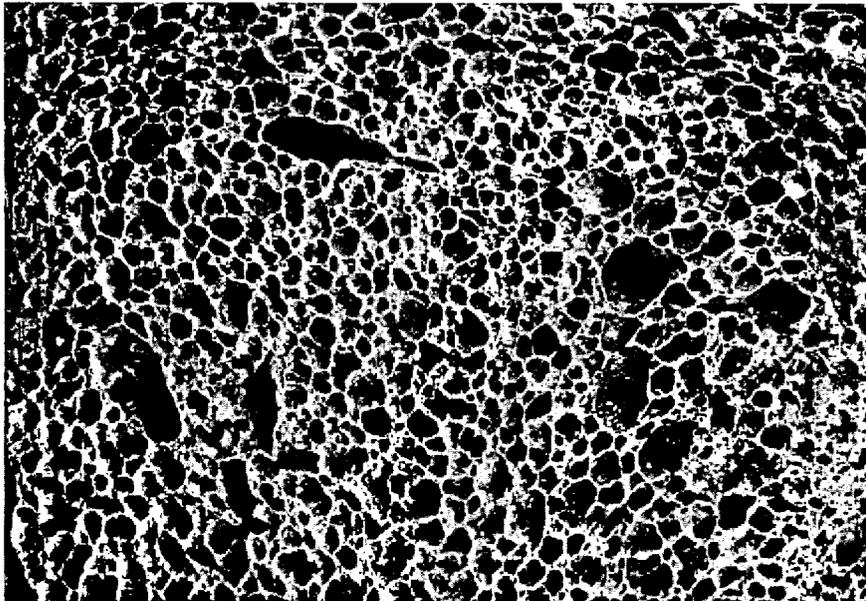


Fig. 1 Nach dem Stand der Technik hergestellter Metallschaum der Legierung AlSi7

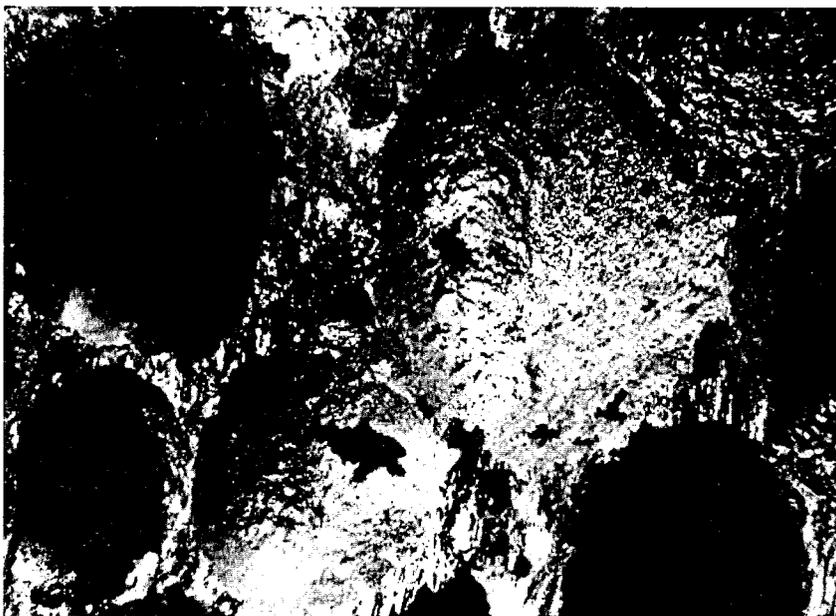


Fig. 2 Detail aus einem nach dem Stand der Technik hergestellten Metallschaum der Legierung AlSi7

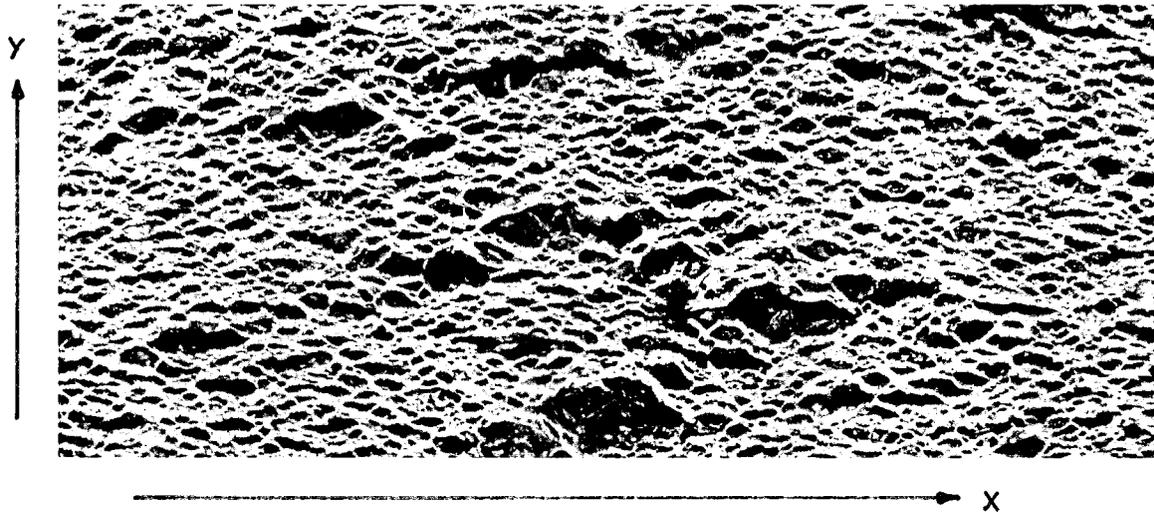


Fig. 3 Nach dem Stand der Technik hergestellter Metallschaum der Legierung AA6061 (AlMgSi) in einem frühen Expansionsstadium



Fig. 4 Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellter Bleischaum