



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 00 068 T2 2005.03.03**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 338 661 B1**

(51) Int Cl.⁷: **C22C 1/08**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 00 068.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 002 226.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **31.01.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.08.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.03.2005**

(30) Unionspriorität:

2002039355 15.02.2002 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(73) Patentinhaber:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Ishikawa, Ryoichi, Wako-shi, Saitama, JP; Shibata, Katsuhiro, Wako-shi, Saitama, JP; Nakamura, Takashi, Sendai-shi, Miyagi, JP

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(54) Bezeichnung: **Metallschaum und Verfahren zu seiner Herstellung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Es ist eine Technik bekannt, bei der ein geschäumtes oder poröses Metall hergestellt wird, indem ein Schäumungsmittel zu einem geschmolzenen oder pulverförmigen Metall zugegeben wird und das Schäumungsmittel beispielsweise durch Erwärmen gasförmig gemacht wird, um zahlreiche Poren in dem Metall zu bilden. Im engeren Wortsinn unterscheidet sich das geschäumte Metall, welches in seinen zahlreichen Poren Gas aufweist, von dem porösen Metall, das solches Gas emittiert, da sie sich aber darin gleichen, dass sie zahlreiche Poren aufweisen, werden sie hierin mit einer gemeinsamen Bezeichnung als ein geschäumtes/poröses Metall bezeichnet.

[0002] Ein Verfahren zur Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls wird beispielsweise in dem japanischen Patent Nr. 2,898,437 mit dem Titel „Verfahren zur Herstellung eines schaumigen Metallkörpers“ vorgeschlagen, in dem auch spezifische Beispiele eines Schäumungsmittels genannt werden, wie beispielsweise „0,2 Gew.-% Titanhydrid“ und „Natriumhydrogencarbonat“. Die Verwendung von Titanhydrid oder Natriumhydrogencarbonat, welche Wasserstoff mit einer hohen Reduktionskraft enthalten, ist für die Bildung von geschäumtem Aluminium mit einer hohen Sauerstoffaffinität üblich. Das obige Patent enthält die Aussage: „Ein metallischer Körper treibt in Wasser. Es werden einheitlich über den Metallkörper verteilte Poren mit einer nahezu gleichen Größe gebildet. Die Größe der Poren wird durch die Länge der Zeit, während der sich in einem Schäumungsprozess Blasen in dem Metall ausdehnen, kontrolliert.“ JP-A-55 138039 offenbart ein Verfahren, um ein geschmolzenes Aluminium zu schäumen, indem eine Calciumverbindung zersetzt wird, wobei Kohlendioxid und Wasser freigesetzt werden, um in der Schmelze Blasen zu bilden.

[0003] Die Erfindung gemäß dem obigen Patent Nr. 2,898,437 hat lediglich das Ziel, einen metallischen Körper, der in Wasser treibt, herzustellen. Es ist jedoch ein derzeitiges Erfordernis, dass ein Strukturkörper einen Teil aufweist, der sowohl als Verstärkungselement, als auch als ein poröses Metall dient, um eine Gewichtsverringerung zu bewerkstelligen, und der oben beschriebene Stand der Technik ist was die, Festigkeit angeht unzureichend, um solche Erfordernisse zu erfüllen.

[0004] Es ist daher ein Ziel dieser Erfindung, eine Technik bereitzustellen, die die Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls mit hoher Festigkeit ermöglicht.

[0005] Durch die Verwendung der in Anspruch 1 angegebenen Erfindung wird ein geschäumtes/poröses Metall erhalten, das feine Blasen in einer Matrix auf-

weist, wobei die Matrix aus Aluminium oder Magnesium sein kann, die Blasen aus Kohlendioxid sind und die Schalen aus Aluminiumoxid oder Magnesiumoxid zwischen den Blasen und der Matrix vorliegen können.

[0006] Die Blasen werden durch Kohlendioxid gebildet, so dass von dem Kohlendioxid während der Bildung der Blasen abgespaltener Sauerstoff mit der Matrix (Aluminium oder Magnesium) reagieren kann, um Schalen aus (Aluminium)oxid oder (Magnesium)oxid zu bilden. Die Schalen sind im Vergleich zu der Matrix ausreichend hart. Daher ermöglicht die Verteilung von zahlreichen festen Schalen in der Matrix, dass ein geschäumtes/poröses Metall mit hoher Festigkeit erhalten werden kann.

[0007] Gemäß dieser in Anspruch 1 wiedergegebenen Erfindung wird auch ein Verfahren zur Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls bereitgestellt, indem ein Schäumungsmittel zu einem geschmolzenen Aluminium- oder Magnesiumbad zugegeben wird, wobei ein Pulver aus einer mit einem Fluorid beschichteten Carbonatverbindung als das Schäumungsmittel verwendet wird, so dass das Fluorid einen Oxidfilm, der das Aluminium oder Magnesium bedeckt, zerstören kann, und dass Kohlendioxid, welches durch die Carbonatverbindung erzeugt wird und welches Blasen bildet, Schalen aus Aluminiumoxid oder Magnesiumoxid zwischen den Blasen und der Matrix bilden kann.

[0008] Die Zerstörung des Oxidfilms, der Aluminium oder Magnesium bedeckt, durch ein Fluorid, fördert die Benetzung von Aluminium oder Magnesium mit dem Schäumungsmittel und daher das Schäumen selbst. Die zwischen den Blasen und der Matrix durch Kohlendioxid gebildeten Schalen aus Aluminiumoxid oder Magnesiumoxid bilden verstärkende Partikel, um die Festigkeit eines geschäumten/porösen Metalls zu erhöhen. Somit ermöglicht es diese Erfindung, ein stark geschäumtes/poröses Metall mit hoher Festigkeit zu erhalten.

[0009] Verschiedene bevorzugte Ausführungsformen dieser Erfindung werden nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen ausführlich beschrieben werden, wobei:

[0010] Fig. 1 eine schematische Illustration einer Reihe von Schritten (a) bis (e) zur Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls ist;

[0011] Fig. 2A eine schematische Veranschaulichung der Struktur des geschäumten/porösen Metalls gemäß Beispiel 1 dieser Erfindung ist;

[0012] Fig. 2B eine schematische Veranschaulichung der Struktur des geschäumten/porösen Metalls gemäß Vergleichsbeispiel 1 ist;

[0013] Fig. 3 eine grafische Darstellung ist, welche die für den Test der geschäumten/porösen Metalle verwendete Kompressionsbelastung zeigt;

[0014] Fig. 4 eine grafische Darstellung ist, die die Dichte von geschäumten/porösen Metallen in Relation zu den verwendeten Schäumungsmitteln zeigt;

[0015] Fig. 5 eine schematische Veranschaulichung einer Reihe von Schritten (a) bis (e) zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Schäumungsmittels durch Copräzitation ist;

[0016] Fig. 6 eine schematische Veranschaulichung eines Partikels des erfindungsgemäßen Schäumungsmittels ist;

[0017] Fig. 7 eine schematische Veranschaulichung einer Reihe von Schritten (a) bis (e) zur Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls durch Verwendung des erfindungsgemäßen Schäumungsmittels ist;

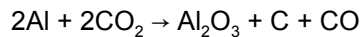
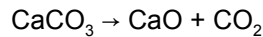
[0018] Fig. 8 eine grafische Darstellung ist, welche die Dichte von geschäumten/porösen Metallen in Relation zu der Länge der Behandlungszeit zeigt; und

[0019] Fig. 9 eine schematische Veranschaulichung einer Reihe von Schritten (a) bis (c) zur Verdampfung des erfindungsgemäßen Schäumungsmittels ist.

[0020] Eine Silicium-Aluminium-Legierung **12**, die 7 % Silicium enthält, wird in einem Tiegel **11** geschmolzen, indem sie durch einen Heizer **13**, wie in (a) in Fig. 1 gezeigt, auf ungefähr 700 °C erwärmt wird. Bei Verwendung von Vakuumschmelzen wird jegliche solche und weitere Behandlung in einem nicht gezeigten Vakuumofen durchgeführt. Ein Viskositätskontrollmittel **16**, wie beispielsweise Calcium oder Magnesium, wird zu einem Schmelzbad **15** zugegeben, um seine Viskosität zu kontrollieren, während das Schmelzbad **15** mit einer Rührvorrichtung **14**, wie in (b) in Fig. 1 gezeigt, gerührt wird. Anschließend wird eine adäquate Menge eines Carbonat-Schäumungsmittels **17** zu dem Schmelzbad **15**, wie in (c) in Fig. 1 gezeigt, zugegeben. Als Carbonat-Schäumungsmittel **17** ist Calciumcarbonat oder basisches Magnesiumcarbonat geeignet. Basisches Magnesiumcarbonat $[4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}]$ wird im Folgenden hierin zur Vereinfachung als Magnesiumcarbonat (MgCO_3) bezeichnet werden. Das Schäumungsmittel **17** wird gasförmig gemacht und addiert sich zu der Menge des Schmelzbades **15**, wie in (d) in Fig. 1 gezeigt. Man beginnt es zu kühlen. Es wird bei einer adäquaten Temperatur aus dem Tiegel entfernt und weiter gekühlt, um ein geschäumtes/poröses Metall **18** zu ergeben, wie in (e) in Fig. 1 gezeigt.

[0021] Fig. 2A ist eine schematische Veranschauli-

chung der Struktur des durch das in Fig. 1 gezeigte Verfahren hergestellten geschäumten/porösen Metalls. Es zeigt eine Matrix **19** aus Aluminium, die zahlreiche Blasen **21** aus Kohlendioxid und eine Schale **22** aus Aluminiumoxid, die zwischen der Matrix **19** und jeder der Blasen **21** gebildet ist, aufweist. Die Bildung der Schale **22** kann durch diese chemischen Formeln erklärt werden:



CaCO_3 (Calciumcarbonat), welches als Schäumungsmittel verwendet wird, durchläuft eine Reaktion, durch die es in CaO und CO_2 getrennt wird. Dieses CO_2 reagiert mit der Matrix (Al), um Al_2O_3 , C und CO zu bilden, und das Al_2O_3 bildet die Schalen **22**.

[0022] Fig. 2B ist eine schematische Veranschaulichung der Struktur eines entsprechend Vergleichsbeispiel 1 gebildeten geschäumten/porösen Metalls **100**. In Vergleichsbeispiel 1 wird Titanhydrid als Schäumungsmittel verwendet, wie in der Beschreibung des Standes der Technik erwähnt. Daher enthält das geschäumte/poröse Metall **100** zahlreiche Blasen **102** aus Wasserstoffgas in einer Matrix **101** aus Aluminium. Zwischen der Matrix **101** und den Blasen **102** gibt es keine dritte Substanz, da Wasserstoff mit Aluminium keine Verbindung eingeht.

[0023] Fig. 3 ist eine grafische Darstellung, welche die auf die geschäumten/porösen Metalle angewendete Kompressionsbelastung zeigt. Ein kubisches 25 mm Teststück wurde aus einem geschäumten/porösen Metall herausgeschnitten, welches die Zusammensetzung, die in Fig. 2A gezeigt ist und eine spezifische Rohdichte von 0,7 ($=0,7 \text{ g/cm}^3$) aufweist und es wurde durch eine Kompressionstestvorrichtung getestet. Es zeigte ein Verhältnis zwischen Verformung und Kompressionsbelastung, wie es durch eine Kurve gezeigt ist, die einen horizontalen Teil aufweist, der einem Gewicht von 1 250 kg entspricht. Daraus wurde geschlossen, dass das Produkt von Beispiel 1 imstande war, einer Kompressionsbelastung von 1 250 kg zu widerstehen. Ein kubisches 25 mm Teststück wurde auch aus einem geschäumten/porösen Metall herausgeschnitten, das die in Fig. 2B gezeigte Zusammensetzung und eine spezifische Rohdichte von 0,7 ($=0,7 \text{ g/cm}^3$) aufweist, und es wurde durch eine Kompressionstestvorrichtung getestet. Es zeigte ein Verhältnis zwischen Verformung und Kompressionsbelastung, wie es durch eine Kurve mit einem horizontalen Teil, der einer Belastung von 770 kg entspricht, gezeigt ist. Daraus wurde geschlossen, dass das Produkt von Vergleichsbeispiel 1 imstande war, einer Kompressionsbelastung von 770 kg zu widerstehen.

[0024] Man kann sagen, dass das Produkt gemäß

Beispiel 1 eine bemerkenswert verbesserte Festigkeit besitzt, da es eine Kompressionsbelastung von 1 250 kg zeigte, verglichen mit der von Vergleichsbeispiel 1 gezeigten Kompressionsbelastung von 770 kg. Die Ursache für die außergewöhnlich hohe Festigkeit des Produkts gemäß Beispiel 1 im Vergleich zu Vergleichsbeispiel 1 ist offenbar folgende: Die in **Fig. 2A** gezeigten Schalen **22** bestehen als Al_2O_3 . Al_2O_3 ist eine Art Keramik und eine harte Substanz. Quantitativ wird diesem eine Zugfestigkeit von 300–400 N/mm² (300–400 MPa) zugesagt. Andererseits weist Aluminium, welches die Matrix bildet, eine Zugfestigkeit von 150–190 N/mm² (150–190 MPa) auf, wenn es beispielsweise ein Aluminiumguss als Guss ist. Dementsprechend weisen die Schalen **22** eine höhere Festigkeit auf als die Matrix, welche sie umgibt, und sie dienen sehr als Verstärkungspartikel zur Verbesserung der Festigkeit eines Metallmatrix-Verbundstoffs (MMC).

[0025] Man kann daher sagen, dass das Produkt gemäß Beispiel 1 eine bemerkenswert verbesserte Festigkeit im Vergleich zu der von Vergleichsbeispiel 1 aufweist.

[0026] Der Vergleich von Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 im Hinblick auf die Kompressionsbelastung, wie oben beschrieben, wurde durchgeführt, indem aus den geschäumten Metallen hergestellte Teststücke mit gleicher spezifischer Rohdichte verwendet wurden. Für den Vergleichstest wurde dieselbe spezifische Rohdichte verwendet. Die Herstellung einer großen Menge geschäumter Metalle zeigte jedoch, dass zwischen der spezifischen Rohdichte (Mittelwert) von geschäumten Metallen auf Basis von Beispiel 1 und denen von geschäumten Metallen basierend auf Vergleichsbeispiel 1 ein Unterschied besteht.

[0027] **Fig. 4** ist eine grafische Darstellung, welche die Dichte von geschäumten/porösen Metallen in Relation zu den verwendeten Schäumungsmitteln zeigt. Beispiel 2 ist ein Mittelwert eines geschäumten/porösen Metalls, das unter Verwendung von CaCO_3 als Schäumungsmittel hergestellt wurde, wobei eine Silicium-Aluminiumlegierung geschäumt wurde. Es zeigte eine Dichte (Mittelwert) von 1,8 Mg/m³. Andererseits ist Vergleichsbeispiel 2 ein Mittelwert eines geschäumten/porösen Metalls, das unter Verwendung von TiH_2 als Schäumungsmittel hergestellt wurde, wobei eine Silicium-Aluminiumlegierung geschäumt wurde. Es zeigte eine Dichte (Mittelwert) von 1,1 Mg/m³.

[0028] Je niedriger die Dichte eines geschäumten/porösen Metalls ist, umso höher ist dessen Schäumbarkeit, wie durch eine Pfeilmarkierung in **Fig. 4** gezeigt ist. Daraus folgt daher, dass Beispiel 2 Vergleichsbeispiel 2 im Hinblick auf die Schäumbarkeit unterlegen ist, obwohl es eine weit höhere Festigkeit besitzt.

Es besteht jedoch ein natürlicher Wunsch nach einem geschäumten/porösen Metall, das sowohl in Festigkeit als auch Schäumbarkeit hervorragend ist, und wir, die Erfinder dieser Erfindung, haben Forschungen durchgeführt, um ein geschäumtes/poröses Metall zu erhalten, das sowohl in Festigkeit als auch Schäumbarkeit hervorragend ist.

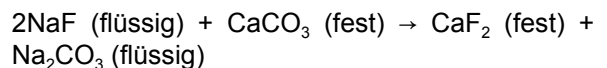
[0029] Wir haben angenommen, dass der Unterschied in der Formbarkeit an der starken Reduktionswirkung von H (Wasserstoff) in TiH_2 liegt für das begünstigte Schäumen von Aluminium, das eine hohe Sauerstoffaffinität aufweist, während von CaCO_3 keine solche Wirkung erwartet werden kann. Wir haben daher Forschungen durchgeführt, um zu CaCO_3 eine der Reduktionswirkung von H (Wasserstoff) ähnliche Wirkung zuzugeben, ohne irgendeinen Wasserstoff zu verwenden, und es gelang uns, die notwendige Technik herauszufinden. Es folgt die Geschichte unserer Arbeit.

[0030] Zunächst wird ein Copräzipitationsverfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Schäumungsmittels beschrieben werden. **Fig. 5** ist eine Veranschaulichung der Schritte (a) bis (e) des Copräzipitationsverfahrens.

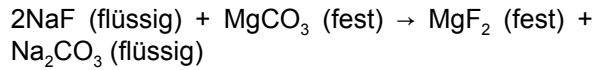
(a) Eine wässrige Lösung von NaF **31** in einem Behälter **30** wird durch einen Heizer **32** auf ungefähr 40 °C erwärmt.

(b) Ein Schäumungspulver **33** wird in die wässrige Lösung von NaF **31** gegeben. Das Schäumungspulver **33** besteht aus einer Carbonatverbindung, wie beispielsweise Calciumcarbonat (CaCO_3) oder Magnesiumcarbonat (MgCO_3). Es wird verwendet, da es Kohlendioxid bildet, welches keine Explosionsgefahr besitzt, und da es dazu beiträgt, ein poröses Metall mit verbesserter Festigkeit, wie oben aufgeführt, herzustellen.

(c) Die wässrige Lösung aus NaF **31** und dem Schäumungspulver **33** wird mit einem Rührer **34** sorgfältig verrührt. Dieses Rühren bewirkt die folgende Reaktion. Das Rühren wird aus einem Grund, der später erklärt werden wird, für 40 bis 45 Minuten fortgesetzt.



Die Flüssigkeit ist eine wässrige Lösung und der Feststoff ist ein Pulver oder Film. Wenn ein Pulver von CaCO_3 mit einer wässrigen Lösung von NaF in Kontakt gebracht wird, kombinieren Ca und F unter Bildung von CaF_2 , während der Rest Na_2CO_3 (flüssig) bildet, welches mit der wässrigen Lösung von NaF vermischt ist. Genauer wurde in CaCO_3 auf der Oberfläche des CaCO_3 -Pulvers als es mit NaF in Kontakt kam, CO_3 durch Fluor ersetzt, um das Fluorid CaF_2 zu bilden, welches das Pulver aus CaCO_3 bedeckt.



Wenn ein Pulver aus MgCO_3 mit einer wässrigen Lösung von NaF in Kontakt gebracht wird, so wird in MgCO_3 auf der Oberfläche des MgCO_3 -Pulvers beim Kontakt mit NaF CO_3 durch Fluor ersetzt, um das Fluorid MgF_2 zu bilden, welches das MgCO_3 -Pulver bedeckt.

(d) Die gemischte Lösung wird durch ein Filtermaterial **35**, wie beispielsweise Filterpapier, filtriert. Durch Saugen wird die Filtration verbessert.

[0031] (e) Ein gewünschtes Schäumungsmittel **36** wird durch Trocknen erhalten.

[0032] Fig. 6 ist eine schematische Veranschaulichung eines Partikels des in dieser Erfindung verwendeten Schäumungsmittels. Jedes Partikel des Schäumungsmittels **36** besteht aus einem Partikel des Schäumungspulvers **33** einer Carbonatverbindung (Pulver aus CaCO_3 oder MgCO_3) und einer fluoridhaltigen Schicht **37**, die die Oberfläche des Partikels des Schäumungspulvers **33** bedeckt. Die Fluoridbedeckungsschicht **37** ist beispielsweise CaF_2 oder MgF_2 .

[0033] Die Aufmerksamkeit wird nun auf Fig. 7 gerichtet, in der ein Verfahren zur Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls gezeigt ist, wobei wie beschrieben das Schäumungsmittel **36** verwendet wird. Das Verfahren ist im wesentlichen identisch zu Fig. 1, es wird jedoch ein anderes Schäumungsmittel verwendet und das Verfahren wird nun nochmals beschrieben.

(a) Eine Silicium-Aluminium-Legierung **12** mit 7 % Silicium wird in einem Tiegel **41** geschmolzen, indem sie durch einen Heizer **43** auf ungefähr 700 °C erwärmt wird. Bei Anwendung von Vakuum-schmelzen wird jegliche solche und weitere Behandlung in einem nicht gezeigten Vakuumofen durchgeführt.

(b) Ein Viskositätskontrollmittel **46**, wie beispielsweise Calcium oder Magnesium, wird zu einem Schmelzbad **45** zugegeben, um dessen Viskosität zu kontrollieren, während das Schmelzbad **45** mit einer Rührvorrichtung **44** gerührt wird.

(c) Eine adäquate Menge eines Carbonat-Schäumungsmittels **36**, das mit einem Fluorid beschichtet ist, wird zu dem Schmelzbad **45** zugegeben.

(d) Das Schäumungsmittel **36** wird gasförmig gemacht und addiert sich zu der Menge des Schmelzbades **45**. Man beginnt es zu kühlen.

(e) Es wird bei einer adäquaten Temperatur aus dem Tiegel entnommen und weiter gekühlt, um ein geschäumtes/poröses Metall **48** zu bilden.

[0034] Fig. 8 ist eine grafische Darstellung, die die Dichte der geschäumten/porösen Metalle in Relation

zur Länge der Behandlungsdauer zeigt. Die Länge der Behandlungszeit, die entlang der x-Achse aufgetragen ist, ist die Zeit, die für die Schritte (b) bis (d) in Fig. 7 verwendet wird, oder die Zeit, während der das Schäumungspulver in Kontakt mit der wässrigen Lösung von NaF bleibt. Beispiel 2, welches durch einen Kreis auf der y-Achse in Fig. 8 gezeigt ist, und Vergleichsbeispiel 2, welches durch ein Dreieck gezeigt ist, wurden bereits mit Bezug auf Fig. 4 beschrieben. Das geschäumte/poröse Metall gemäß Beispiel 2 wurde durch Schäumen einer Silicium-Aluminium-Legierung mit CaCO_3 hergestellt und wies eine Dichte von 1,8 Mg/m^3 auf, während das geschäumte/poröse Metall gemäß Vergleichsbeispiel 2 durch Schäumen einer Silicium-Aluminium-Legierung mit TiH_2 hergestellt wurde und wie bereits erwähnt eine Dichte von 1,1 Mg/m^3 aufwies.

[0035] Andererseits lehrt Beispiel 3 dieser Erfindung, dass die Schäumbarkeit eines Metalls stark von der Länge der Behandlungszeit abhängt, die entlang der x-Achse aufgetragen ist. Genauer ergibt eine Behandlungszeitperiode von nicht über 10 min Ergebnisse, welche sich nicht von denen von Beispiel 2 unterscheiden, eine auf 40 min oder mehr verlängerte Dauer ergibt jedoch die Schäumbarkeit, die mit der von Vergleichsbeispiel 2 vergleichbar ist. Somit kann eine Dauer von etwa 40 bis 60 min für die Behandlung geeignet sein.

[0036] Es ist aus der grafischen Darstellung jedoch offensichtlich, dass die durch Beispiel 3 erzielte Dichte, die nach ungefähr 43 min am geringsten war, bei 60 min einen Anstieg zeigte, der vom Gesichtspunkt der Schäumbarkeit her nicht wünschenswert war. Außerdem bringt es eine Verringerung der Produktivität mit sich, 60 min für die Behandlung aufzuwenden. Daher wird ein Zeitraum von 40 bis 45 min als Behandlungsdauer empfohlen, um die Erfordernisse sowohl an die richtige Länge der Behandlungsdauer als auch die geringe Dichte des Produkts zu befriedigen.

[0037] Die geeignete Verlängerung der Behandlungszeit ermöglicht, dass die fluoridhaltige Schicht **37**, wie in Fig. 6 gezeigt, ausreichend anwächst und in ihrer Dicke steigt. Die Vergrößerung ihrer Dicke bringt eine proportionale Steigerung der Fluoridmenge, die das Schäumungsmittel enthält, mit sich, und da das Fluorid den Oxidfilm auf der Oberfläche der Aluminiumlegierung wirksam zerstört, ist es möglich, Ergebnisse zu erhalten, die mit denen von Vergleichsbeispiel 2 vergleichbar sind.

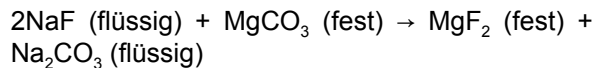
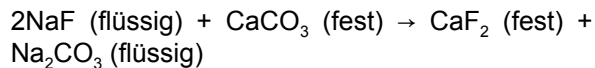
[0038] Gemäß einem wichtigen Merkmal dieser Erfindung ist das Schäumungsmittel kostengünstig und weist keinerlei Gefahr einer Wasserstoffexplosion auf, da es aus einem Schäumungspulver einer Carbonatverbindung (Pulver von CaCO_3 oder MgCO_3) und Fluoridbeschichtungsschichten, die die Oberflächen der Partikel des Schäumungspulvers bedecken,

cken, zusammengesetzt ist.

[0039] Das in der Erfindung verwendete Schäumungsmittel kann nicht nur durch den mit Bezug auf **Fig. 5** beschriebenen Copräzipitationsprozess hergestellt werden, sondern auch durch ein Verdampfungsverfahren, das nun beschrieben werden wird. **Fig. 9** zeigt einen Verdampfungsprozess mit den Schritten (a) bis (c) zur Herstellung des erfindungsgemäßen Schäumungsmittels.

(a) Ein Schäumungspulver **53** wird in eine wässrige Lösung von NaF **51** in einem Behälter **50** gegeben.

(b) Die wässrige Lösung aus NaF **51** und dem Schäumungspulver **53** werden zusammen gerührt, während sie durch einen Heizer **52** erwärmt werden. Ihr Vermischen verursacht die folgenden Reaktionen:



Die Einzelheiten der Reaktionen wurden bereits beschrieben und ihre Beschreibung wird nicht wiederholt.

(c) Das Erwärmen des Behälters **50** durch den Heizer **52** wird fortgesetzt, um Wasser zu verdampfen und dadurch ein Schäumungsmittel **36** zu bilden. Die Querschnittsstruktur jedes Partikels des Schäumungsmittels **36** wurde mit Bezug auf **Fig. 6** beschrieben.

[0040] Was das Fluorid angeht, so kann auch jede andere Verbindung, die eine Fluorgruppe enthält, verwendet werden.

[0041] Gemäß dieser Erfindung werden die Blasen durch Kohlendioxid gebildet, so dass während der Bildung von Blasen aus Kohlendioxid freigesetzter Sauerstoff mit der Matrix (Aluminium oder Magnesium) reagieren kann, um wie oben beschrieben die Schalen aus Aluminiumoxid oder Magnesiumoxid zu bilden. Die Schalen sind im Vergleich zu der Matrix ausreichend hart. Somit ermöglicht die Verteilung von zahlreichen festen Schalen in der Matrix, dass ein geschäumtes/poröses Metall mit hoher Festigkeit erhalten werden kann.

[0042] Gemäß einem weiteren Merkmal dieser Erfindung zerstört das Fluorid den Oxidfilm, der Aluminium oder Magnesium bedeckt, um die Benetzung des Metalls mit dem Schäumungsmittel und dadurch dessen Schäumbarkeit zu verbessern. Die zwischen der Matrix und den Blasen durch Kohlendioxid gebildeten Schalen aus Aluminiumoxid oder Magnesiumoxid dienen als Verstärkungspartikel, um die Festig-

keit des geschäumten/porösen Metalls zu erhöhen. Daher ermöglicht es diese Erfindung, ein stark geschäumtes/poröses Metall mit hoher Festigkeit zu erhalten.

[0043] Ein geschäumtes/poröses Metall mit feinen Blasen (**21**) in einer Matrix (**19**) aus Aluminium oder Magnesium weist zwischen der Matrix und den Blasen aus Kohlendioxid gebildete Schalen (**22**) aus Aluminiumoxid oder Magnesiumoxid auf.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines geschäumten/porösen Metalls durch Zugabe eines Schäumungsmittels zu einem Schmelzbad eines Metalls, das eine Matrix bildet, wobei ein Pulver einer mit einem Fluorid beschichteten Carbonatverbindung als das Schäumungsmittel verwendet wird, so dass das Fluorid einen Oxidfilm, der Matrixmetall bedeckt, zerstören kann und dass Kohlendioxid, welches durch die Carbonatverbindung gebildet wird und Blasen bildet, außerdem Schalen aus Metalloxid zwischen den Blasen und der Matrix bilden kann.

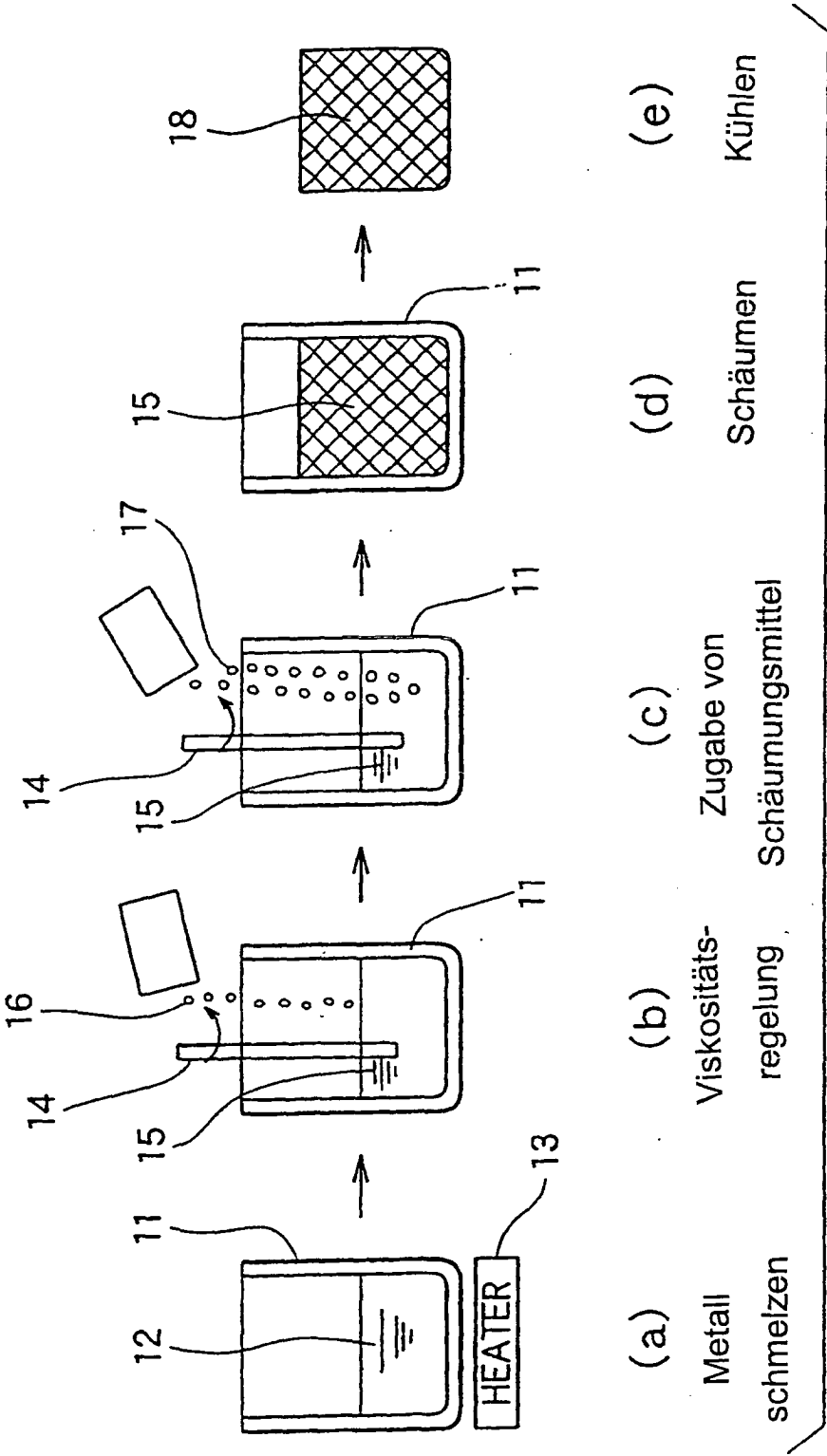
2. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Matrix aus Aluminium ist und das Metalloxid Aluminiumoxid ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Matrix aus Magnesium ist und das Metalloxid Magnesiumoxid ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, worin die Carbonatverbindung ausgewählt ist aus Calcium- und Magnesiumcarbonaten.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



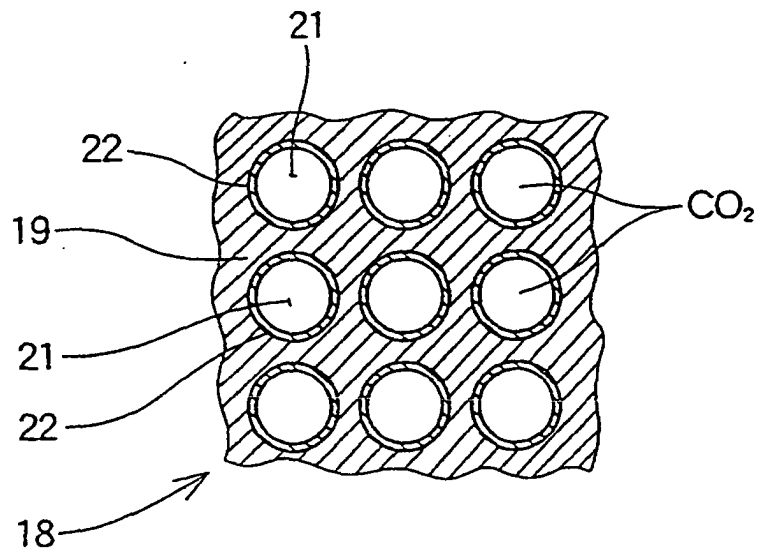


FIG. 2A

(Beispiel 1)

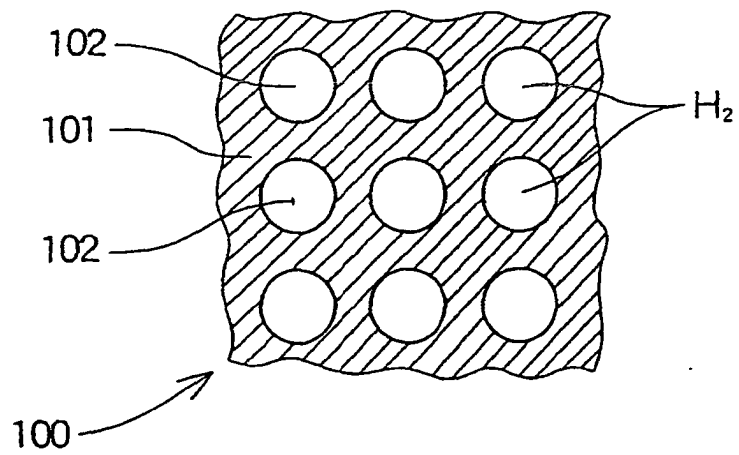


FIG. 2B

(Vergleichsbeispiel 1)

FIG. 3

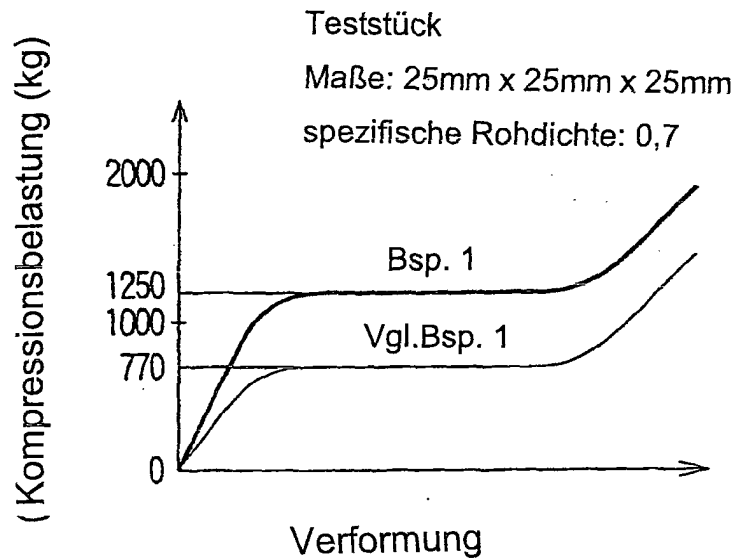


FIG. 4

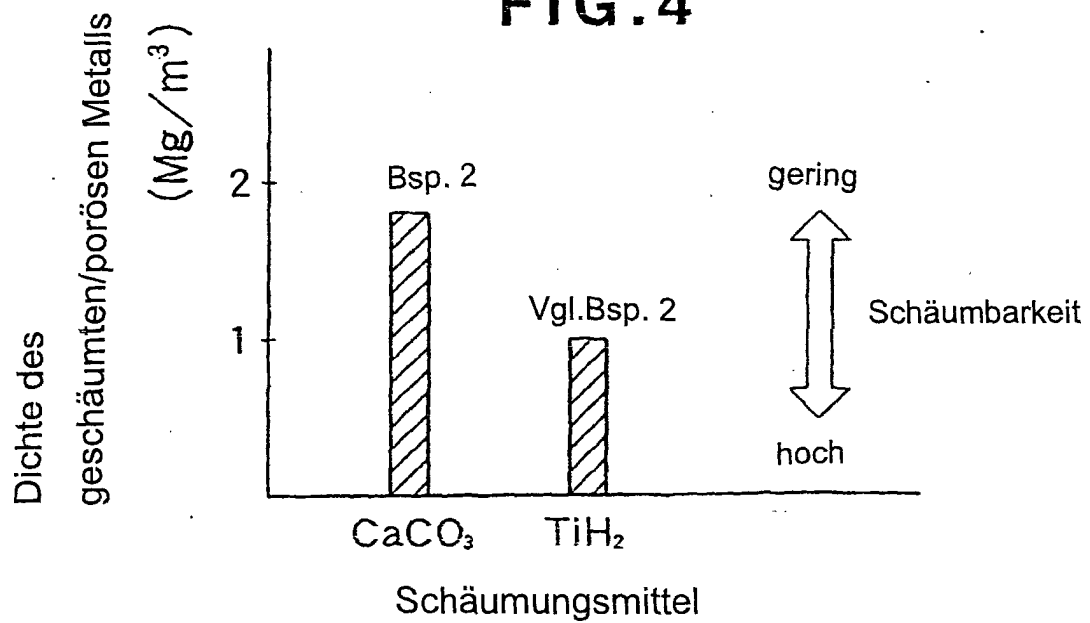


FIG. 5

Behandlungsdauer

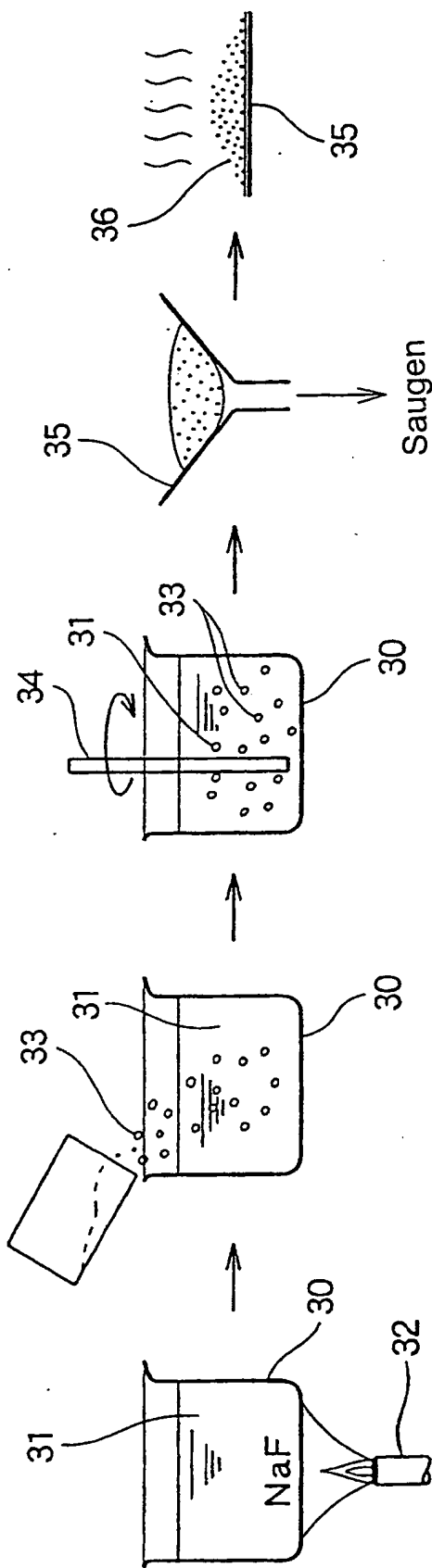


FIG. 6

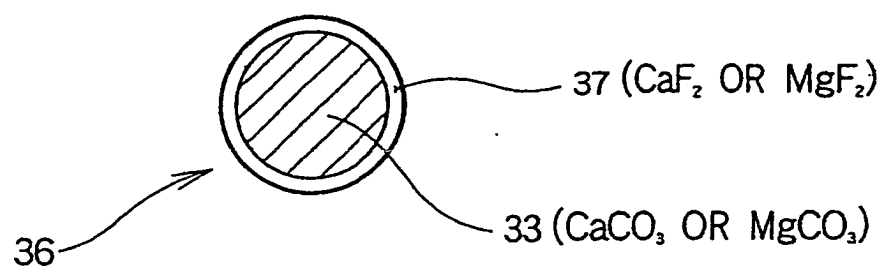


FIG. 7

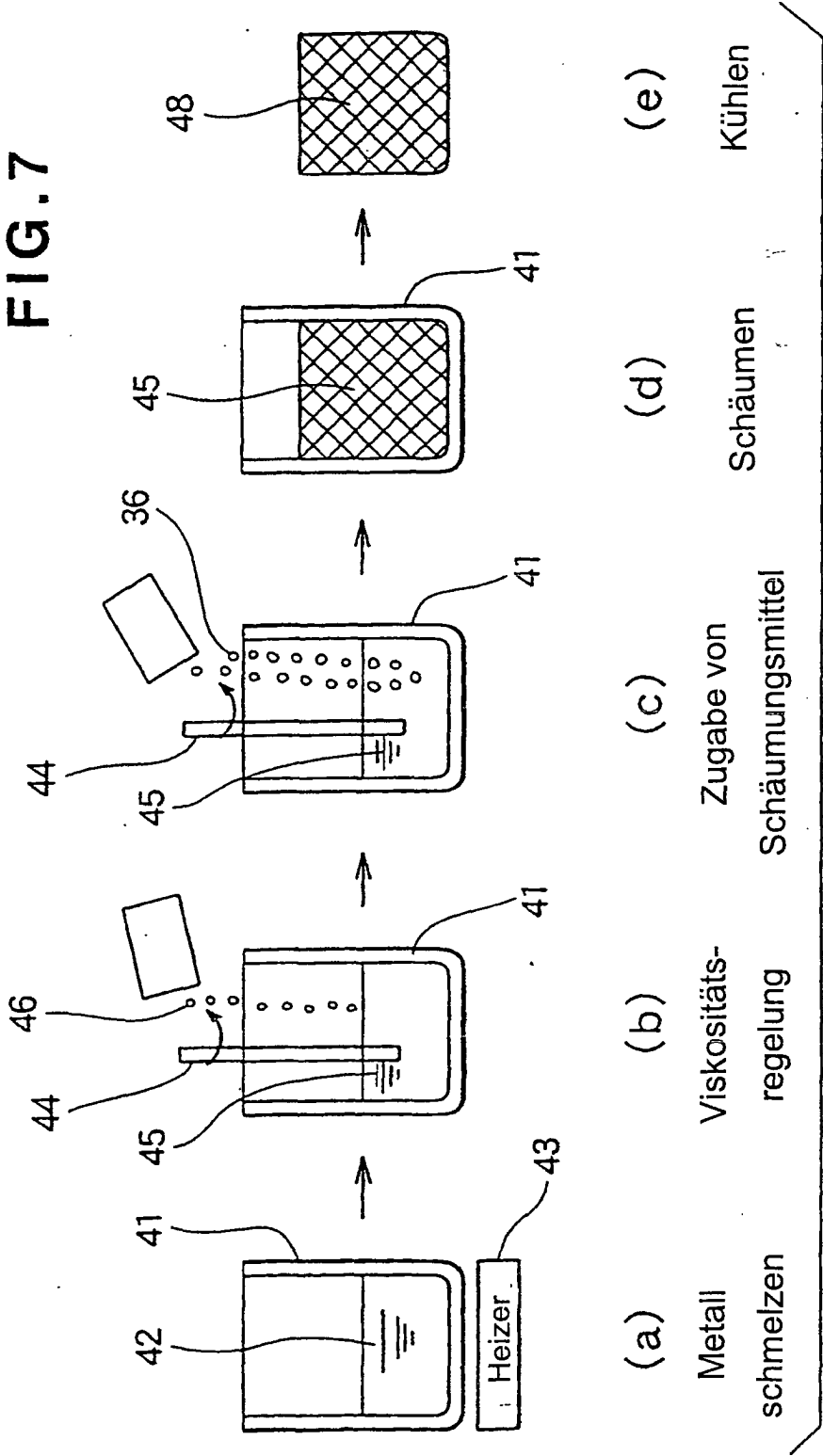


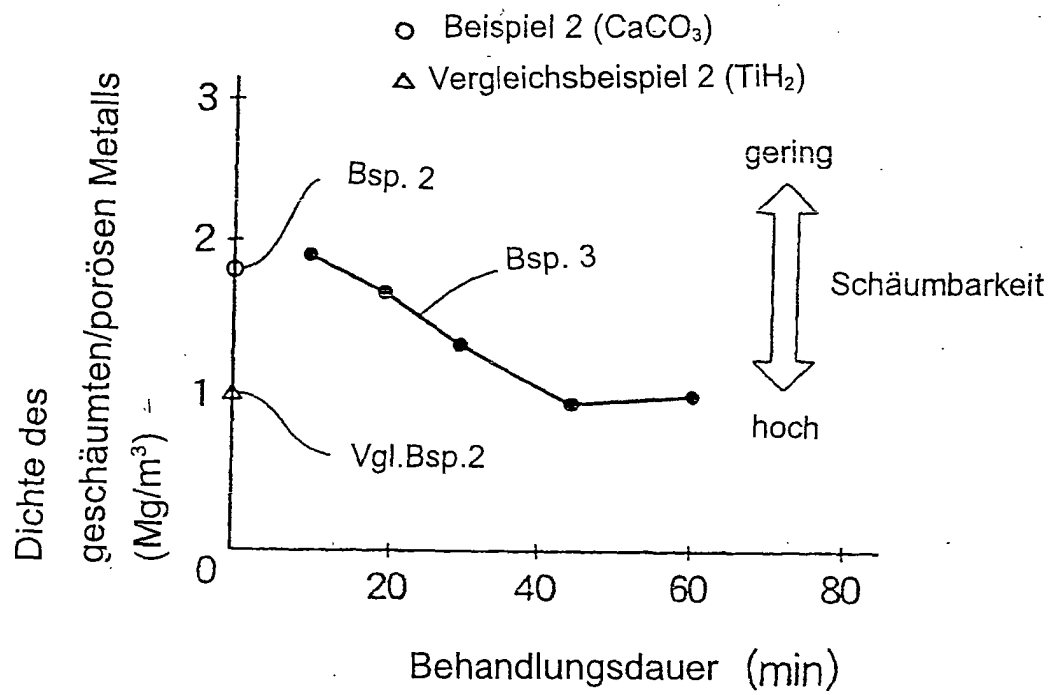
FIG. 8

FIG. 9

