

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 804 982 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.11.2002 Patentblatt 2002/48**

(51) Int Cl.7: **B22F 3/11**

(21) Anmeldenummer: **97890073.6**

(22) Anmeldetag: **18.04.1997**

### (54) **Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum**

Process for preparing metal foam parts

Procédé de préparation d'ébauches de mousse métallique

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT DE FR GB IT SE**

(30) Priorität: **19.04.1996 AT 71996**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.11.1997 Patentblatt 1997/45**

(73) Patentinhaber: **Neuman AG**  
**9004 St. Gallen (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Simancik, Frantisek, Dr.-Ing.**  
**851 01 Bratislava (SL)**  
• **Schörghuber, Franz, Dipl.-Ing.**  
**4813 Altmünster (AT)**

• **Hartl, Erich Ing.**  
**4813 Altmünster (AT)**

(74) Vertreter: **Müllner, Erwin, Dr. et al**  
**Patentanwälte**  
**Dr. Erwin Müllner**  
**Dipl.-Ing. Werner Katschinka**  
**Postfach 159**  
**Weihburggasse 9**  
**1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 460 392** **DE-A- 4 424 157**  
**DE-C- 4 326 982**

**EP 0 804 982 B1**

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).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gießen von Formteilen aus Metallschaum, beispielsweise Aluminiumschaum, der auf pulvermetallurgischem Wege durch Aufschäumen eines insbesondere zu einem Halbzeug, wie Stangen, Rohre oder zu Granulat kompaktierten Gemisches aus gasabspaltendem Treibmittel mit Metallpulver als Ausgangsmaterial unter Hitzeeinwirkung gebildet wird. Ferner betrifft die Erfindung auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

**[0002]** Leichtmetallformstücke können als Vollgußkörper, als Hohlkörper oder auch als Metallschaumkörper ausgebildet sein. Während bei der erstgenannten Kategorie auf möglichst gleiche und dünne Wandstärken und die Vermeidung von örtlichen Materialansammlungen zu achten ist, erforderten Hohlkörper meist teure Gußkerne, die die Herstellung verkomplizieren. Eine moderne Alternative wird durch Metallschaumguß erreicht. Die Gußhaut bildet eine glatte Außenfläche des Gußerzeugnisses, dessen Inneres durch eine Porenstruktur locker ausgefüllt ist. Für sehr viele Anwendungsbereiche eignet sich der Metallschaumguß, der zu einem besonders leichten Endprodukt führt, das einen guten Schallschutz sowie geringe Wärmeleitfähigkeit bietet. Überraschend hoch sind die Festigkeitseigenschaften. Dennoch kann nicht jeder Maschinenteil in dieser Gußtechnik hergestellt werden.

**[0003]** Man unterscheidet zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren zur Bildung von Metallschaum, nämlich das schmelzmetallurgische und das pulvermetallurgische. In der DE 43 26 982 C1 wird ein typisches Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung von Formteilen aus schmelzmetallurgisch gebildetem Metallschaum beschrieben. Eine Schmelze, z.B. eine Aluminiumschmelze, wird in zwei kommunizierenden Behältern flüssig gehalten und in einem der beiden Behälter wird die Metallschmelze durch ein Rührwerk zum Schäumen gebracht. Der fertige Schaum wird durch Anheben des Niveaus des flüssigen Aluminiums in dem letztgenannten Behälter nach oben in eine Gußform gedrückt.

**[0004]** Pulvermetallurgischer Metallschaum entsteht beispielsweise gemäß der DE 41 01630 C2 aus Metallpulver und einem gasabspaltenden Treibmittel. Das Material wird heißkompaktiert und einer Formänderung unterworfen. Dadurch entsteht ein Halbzeug aus fest miteinander verbundenen Metallteilchen, die die Treibmittelteilchen gasdicht einschließen. Das Halbzeug wird z. B. in einer beheizten Stahlform durch die Temperatureinwirkung zum Aufschäumen gebracht, wobei der Metallschaum die Form nach und nach ausfüllt. Nachteilig ist dabei, daß die Kontur des Halbzeugs der Kontur des Formhohlraumes entsprechen muß, da sonst kein gleichmäßiges Aufschäumen erfolgt. Benutzt man stabförmiges Vormaterial, dann muß dieses exakt abgelängt und in der Form plziert werden. Es können sich ferner

Kaltschweißstellen zwischen den aufgeschäumten Stäben bilden.

**[0005]** Ein schmelzmetallurgisch hergestellter Schaum geht bereits in den Zustand des Kollabierens der Poren über, wenn er nach seiner Herstellung in die Form gepreßt wird. Es werden oft beheizte Formen eingesetzt, deren Temperatur jedoch nicht zu hoch sein dürfen, da der Metallschaum sonst in verstärktem Maße kollabiert. Die Poren fallen bei der Schaumherstellung ferner unkontrollierbar und in unterschiedlicher Größe an. Im allgemeinen erlaubt dieses Verfahren nur die Herstellung von einfachen Gußformteilen. Ferner wird beim schmelzmetallurgischen Verfahren ein Rührwerk benötigt, wobei die Positionierung des Rührers in der Schmelze äußerst problematisch ist. Durch das Rührwerk entsteht der Schaum nur im Bereich des Rührers, sodaß der bereits erzeugte Schaum während der Produktion des noch benötigten Schaumes noch während der Rührzeit kollabiert. Zudem ist die benötigte Schaummenge nicht exakt einstellbar, sodaß gleiche Teile kein übereinstimmendes Gewicht haben. Die erzeugten Poren haben keinen Innen-Überdruck, sodaß sie beim Eindrücken in die Form zusammengedrückt werden. Dadurch ergibt sich eine uneinheitliche Struktur.

**[0006]** In der DE 44 24 157 A ist ein Verfahren zur Herstellung eines porösen metallischen Werkstoffes mit anisotropen Eigenschaften beschrieben, bei dem ein geschäumter und poröser Metallschaum mit isotropen Eigenschaften plastisch verformt wird.

**[0007]** Die Erfindung zielt darauf ab, ein Verfahren anzugeben, das die Herstellung auch konturreicher, dreidimensionaler Formteile von hoher Qualität ermöglicht. Gleichmäßige Poren und eine einheitliche homogene Oberfläche sowie die Möglichkeit der Beeinflussung der Porengröße und der Porendichte sowie der Oberfläche und deren Schichtstärke sind erwünschte Parameter bei dem Herstellungsvorgang. Dieses Ziel wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art dadurch erreicht, daß das pulvermetallurgische Ausgangsmaterial in einer beheizbaren Kammer außerhalb der Gußform aufschäumt, daß das Volumen des in die beheizbare Kammer eingebrachten pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials, insbesondere Halbzeuges, in seiner mit der gesamten Schäumkapazität aufgeschäumten Phase dem Volumen einer Füllung der Gußform im wesentlichen entspricht und daß der gesamte Inhalt der Kammer als pulvermetallurgische Metallschaum-Schmelze in die Gußform gedrückt wird, in der vorzugsweise ein Aufschäumen mit der restlichen Schäumkapazität fortgesetzt bis zum vollständigen Ausfüllen der Gußform erfolgt, worauf der Schaumformteil in der Gußform abgekühlt und anschließend aus dieser entnommen wird.

**[0008]** Im Gegensatz zu bekannten pulvermetallurgischen Verfahren wird Metallschaum außerhalb der Gußform durch thermisches Aufschäumen der für die Gußform vorbestimmten Menge des Halbzeuges her-

gestellt. Dieser Metallschaum kann - anders als bei einem schmelzmetallurgischen Verfahren - während seiner Bildung in die Gußform gedrückt werden. Dort findet dann die Endphase der Schaumbildung statt. Dies führt dazu, daß auch entlegene Bereiche bzw. schwer erreichbare Konturen oder Hinterschneidungen zuverlässig ausgefüllt werden. Ein frühzeitiges Kollabieren der Poren wird vermieden. Dabei ist die Dichte des Formteiles über den Befüllungsgrad der z.B. gasbeheizten Kammer mit Halbzeug bzw. Ausgangsmaterial respektive über das Kammervolumen einstellbar. Ebenso bildet der Zeitpunkt des Überführens des Metallschaumes aus der Kammer in die Gußform ein weiteres Kriterium. Dadurch wird die in der Gußform zur Wirkung kommende Restschäumkapazität vorgewählt. Bei einfachen Formen kann allenfalls auf eine Schaumbildung in der Gußform verzichtet werden. Es ist gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens vorteilhaft, wenn die Kammer mit dem schaumbildenden Ausgangsmaterial gegenüber der Gußform in der Art eines Drehtrommelofens gedreht und gegebenenfalls zur Entleerung in die Gußform gekippt wird. Dadurch wird die Gußform durch den Eigendruck des Schaummaterials gefüllt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Metallschaum in der Kammer von einem Kolben in die Gußform gedrückt wird. Die Kolbengeschwindigkeit und der Druck bilden weitere Kriterien für das Erscheinungsbild des Formteiles, sowohl hinsichtlich seiner Oberfläche als auch der Porenform und Dichte. Das Einbringen des entstehenden Metallschaumes kann auch dadurch erfolgen, daß der Metallschaum durch eine metallschaumfremde Schmelze z.B. eine Salzschesmelze, auf die ein Druck ausgeübt wird und auf der der pulvermetallurgisch entstehende Metallschaum schwimmt, angehoben und in die Gußform gedrückt wird. Dazu wird die metallschaumfremde Schmelze in die Kammer eingeleitet bzw. hineingedrückt. Diese hebt den Metallschaum direkt oder über ein schwimmendes Kolbenplättchen restlos in die Gußform. Es ist vorteilhaft, wenn die den Metallschaum tragende Schmelze spezifisch schwerer als das Muttermetall des Schaumes und der Schmelzpunkt niedriger ist (z.B. Zink oder Zinn und Aluminium). Im Gegensatz zu den bisher vorliegenden Erkenntnissen bei Metallschaumgußverfahren wurde erkannt, daß hervorragende Ergebnisse erzielt werden, wenn der pulvermetallurgisch gebildete Metallschaum in eine nichtmetallische Gußform, z.B. eine Sandform gedrückt wird. Die unbeheizte Sandform führt im Gegensatz zu einer Stahlform die Wärme des eingebrachten Metallschaumes beim Füllvorgang nicht sofort ab, sodaß die Schaumphase erhalten bleibt, bis auch die entlegenen Formteile ausgefüllt sind. Dazu kommt noch der unterstützende Effekt durch die in der Form auftretende Restschaumbildung. Der Schaum gelangt somit noch in seiner aktiven Phase in die Form und trägt zur wesentlichen Qualitätsverbesserung bei.

**[0009]** Um eine gleichmäßige Poren- bzw. Zellstruktur des pulvermetallurgisch gebildeten Metallschaumes

zu gewährleisten, ist ein gleichmäßiges Erhitzen des pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials, also des Halbzeuges, erforderlich. Es sollen große Temperaturgradienten in der Kammer vermieden werden und die Schaumbildung soll durch rasches Aufheizen der Kammer im Randbereich der Kammer wie auch im Inneren möglichst gleichzeitig erfolgen. Dies wird dadurch erreicht, daß ein rohrförmiges bzw. rohrstutzenförmiges Halbzeug in die Kammer eingebracht wird. Es ist zweckmäßig, wenn dieses mit möglichst geringem Spiel zur Kammerinnenwand, also in thermischer Verbindung zur Wand in der Kammer vorgesehen ist. Die Heizung kann elektrisch, beispielsweise induktiv erfolgen. Wirbelströme und Skineffekt der induktiven Heizung sind zu berücksichtigen. Die induktive Heizung führt in Verbindung mit einem rohrförmigen Halbzeug zur besten Schaumqualität. Ein selbständiges Überführen des Schaumes aus der Kammer in die Form wird zum richtigen Zeitpunkt dadurch erreicht, daß das Halbzeugrohr zumindest in der Endphase des Aufheizvorganges durch den Kolben mit einer definierten und einstellbaren Kraft gegen die Düsenplatte gepreßt wird, sodaß der Einspritzvorgang in die Form eingeleitet wird, sobald das Halbzeug den Schmelzpunkt erreicht und damit aufschäumt. Zur Reduktion von Oxidschichten ist es zweckmäßig, wenn das Aufheizen bzw. eine Vorwärmung des Halbzeuges unter Schutzgas durchgeführt wird und vorzugsweise wenn die Kammer mit Schutzgas gespült wird.

**[0010]** Die Masse des in der Kammer erzeugten und für einen Formteil zur Verfügung stehenden Metallschaumes ist begrenzt. Um auch große und räumlich ausgedehnte Metallschaumteile fertigen zu können, ist es vorteilhaft, wenn der pulvermetallurgische Schaum mehrerer Kammern, die parallelgeschaltet sind, gleichzeitig oder über eine Steuerung zeitversetzt über mehrere Anschnitte in den Hohlraum einer oder mehrerer Formen gedrückt wird. Es werden somit eine Reihe von Gießmodulen in einer Anlage kombiniert, die die Form des zu gießenden Schaumteiles über mehrere Anschnitte füllen. Dabei werden die Module im allgemeinen synchron gesteuert, sodaß sie gleichzeitig in die Form einspeisen. In Abhängigkeit von der Form kann es aber auch vorteilhaft sein, die einzelnen Module zeitgestaffelt anzusteuern, sodaß etwa der Dichteverlauf im Schaumteil beeinflußt werden kann. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer von einem Mantel für fremdbeheizte, metallschaumfremde Schmelze zur Beheizung der Kammer umgeben ist. Die zum Heizen der Kammer verwendete Schmelze wird in einem separaten Ofen erhitzt. Auf diese Weise kann der Kammer für das pulvermetallurgische Halbzeug ein großes Temperaturvolumen gleichmäßig zugeführt werden. Die Vorrichtung läßt sich dadurch automatisieren, daß eine oder mehrere Kammern auf einem Schlitten oder Karussell angeordnet und aus einer Lade- bzw. Reinigungsposition in die Aufheizposition für das geladene Halbzeug gegenüber einem Anschluß an eine Form verschiebbar

oder drehbar sind.

**[0011]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Prinzipdarstellungen erläutert. Fig. 1 zeigt einen Ofen mit einer Kammer und einer Gußform vor Beginn eines Aufschäumens, Fig. 2 die Anordnung nach Fig. 1 nach Überführung des Metallschaumes in die Gußform, Fig. 3 eine alternative Ausführungsform der Anordnung, Fig. 4 eine weitere Alternative analog zu Fig. 1. Fig. 5 eine weitere Ausführungsform, Fig. 6 eine Mehrfachausführung. Fig. 7 eine Ausführung mit einer Beheizungsvariante und Fig. 8 eine Ausführung mit verschiebbaren Kammern.

**[0012]** In einem Ofen 1 bzw. einer Heizeinrichtung mit Gasbefeuerung oder induktiver Erwärmung befindet sich eine Kammer 2 zur Aufnahme eines pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials 3. Dabei handelt es sich um kompaktiertes Halbzeug, beispielsweise um Drahtstücke oder Rohrstücke aus Metallpulver und einen Treibmittel, die bei entsprechender Temperatureinwirkung einen Metallschaum bilden. Mit der Kammer 2 steht eine Gußform 4 über eine Düse 5 in der Art einer Lochblende zur Anschnitteinstellung für das Gußstück in Verbindung. Ein Kolben 6 ist in der Kammer 2 geführt.

**[0013]** Durch Temperaturerhöhung in Ofen 1 auf etwa 500 bis 600 °C entsteht in der Kammer 2 aus dem beispielsweise nach der EP 460 392 A1 hergestellten Halbzeug, beispielsweise Aluminium Drahtstücken, ein Aluminiumschaum, der mit Hilfe des Kolbens 6 vollständig und restlos in die Gußform 4 übergeführt wird (Fig. 2). Die Kammer 2 ist geleert und kann sodann neu mit Halbzeug als Ausgangsmaterial für die Schaumbildung gefüllt werden, wobei die Füllung auf das Volumen des Gußkörpers genau abgestimmt ist.

**[0014]** Die Schaumbildung setzt sich je nach dem gewählten Zeitpunkt der Überleitung aus der Kammer 2 mit Hilfe des Kolbens in der Gußform 4 noch fort. Der Zeitpunkt der Druckeinwirkung auf den entstehenden Schaum bzw. das Ausmaß der noch in der Gußform vorhandenen Schäumkapazität ist zusammen mit dem Volumen des eingesetzten Halbzeugs, dessen Konsistenz und dem Temperaturverlauf bei der Schaumbildung sowie der Abkühlung ein wesentlicher Parameter für die Struktur des Schaumteiles. Sobald die Schäumkapazität erschöpft ist und die Schaumbildung in der Form abgeschlossen ist, wird die Form zur Abkühlung aus dem Ofen 1 genommen. Dadurch wird ein Kollabieren der Schaumporen infolge zu langer Wärmezufuhr verhindert. Der Gußteil 9 kann entformt und die Kammer 2 in Ofen 1 mit einer neuen Form bestückt werden. Es kann nach einem Reinigungszyklus auch eine Stahlform wiederholt eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang wird auf Fig. 4 hingewiesen. In Fig. 4 ist eine Kammer 2 dargestellt, die über eine induktive Heizung 7 verfügt. Ein Ofen 1, der die gesamte Anordnung aufnimmt, ist hier nicht vorhanden. Die Gußform 8 ist unbeheizt. Es wird in vorteilhafter Weise eine Sandform eingesetzt.

**[0015]** Die Schaumbildung erfolgt bei Fig. 4 in der

Kammer 2 analog zu Fig. 1. Der Schaum wird durch den Kolben 6 in die Gußform 8 (Sandform) gedrückt. In dieser erfolgt im Kontakt zwischen Metallschaum und der Wand der Gußform, nämlich dem Sand, nur ein geringer Wärmeentzug, sodaß der Metallschaum seine Viskosität behält und bis in die letzten Winkel der Gußform gelangt. Die in der Gußform gezielt fortgesetzte Schaumbildung unterstützt diesen Effekt. Es können auf diese Weise auch sehr komplizierte Gußteile mit schmalen Rippen, Hinterschneidungen oder dergleichen hergestellt werden. Die in der Metallschaum - Gußtechnik sonst üblichen Stahlformen führen infolge der hervorragenden Wärmeleitung der Gußform zu einem schlagartigen Wärmeentzug, sobald der Metallschaum in die Gußform gelangt, was zu einem zumindest oberflächlichen Viskositätsverlust und damit zu einem wesentlich schlechteren Verteilungsverhalten des Metallschaumes in der Gußform führt. Es mußten daher die Stahlformen in gewissen kritischen Bereichen zusätzlich beheizt werden, um die Viskosität der Gußmasse lokal aufrecht zu erhalten. Innere Spannungszustände, unterschiedliche Porenstrukturen und Kollabieren der Struktur bei nicht exakt abgestimmten Temperaturen waren die Folge. Die in Fig. 4 dargestellte, unbeheizte Sandform 8 löst die Probleme. Es kann jede nichtmetallische Form, also auch eine Keramik oder Gipsform mit den genannten Vorteilen eingesetzt werden.

**[0016]** Fig. 3 zeigt eine Alternative zu den Fig. 1 und 2. Nahezu die gesamte Anordnung, bestehend aus der Kammer 2, der Düse 10 und der Gußform 11 ist drehbar über einer bzw. über zwei getrennten Heizeinrichtungen 12, 13 angeordnet die getrennt regulierbar bzw. ein- und ausschaltbar sind. Ein Antrieb 14 mit einer Lagerung 15 steht der Kolbenstange 16, die als Lager auf der anderen Seite ausgebildet ist, gegenüber. Das Verfahren läuft so ab, wie es zu Fig. 1 und 2 beschrieben ist. Die Rotation homogenisiert die pulvermetallurgische Schaumbildung in der Kammer 2 und auch in der Gußform 11. Letztere kann im Sinne der Ausführungen zu Fig. 4 als nichtmetallische Gußform unbeheizt bleiben. Es ist auch möglich, nur die Kammer 2 oder nur die Gußform 11 drehbar anzuordnen.

**[0017]** Gemäß Fig. 5, die eine Weiterbildung zur Ausführung nach Fig. 4 darstellt, ist in der Kammer 2 als pulvermetallurgisches Ausgangsmaterial ein rohrförmiges Halbzeug 3' auf einer Trennscheibe 20, beispielsweise aus Titan oder Keramik, vorgesehen. Das rohrförmige Halbzeug 3' wird durch induktive Heizung 21 gleichmäßig erwärmt, sodaß die Schaumbildung ebenfalls sehr gleichmäßig und homogen erfolgt. Der Schaum als Inhalt der Kammer 2 schwimmt gemäß Fig. 5 - unter Zwischenlage der Trennscheibe 20 auf einen "Flüssigkeitskolben", der durch eine Zink-, Zinn- oder Bleischmelze gebildet ist. Dazu wird die Wanne 22 auf Schmelztemperatur gehalten (Heizung nicht dargestellt). Ein Kolben 23 drückt die Schmelze nieder, wodurch die Trennscheibe 20 angehoben und der Schauminhalt der Kammer 2 in die Form 8 gedrückt

wird. Wie erwähnt, - je nach Zeitpunkt der Überleitung - kann dort die Restschaumbildung erfolgen. Zur Reduktion der Oxidbildung trägt die hohe Aufheizgeschwindigkeit und die Erwärmung im Halbzeug selbst bei, die auf die induktive Heizung zurückzuführen sind. Durch den "Flüssigkeitskolben", also das Heberprinzip gemäß Fig. 5 mit der Schmelze in der Wanne 22 werden Oxidreste an der Wand der Kammer 2 beseitigt.

**[0018]** Fig. 6 zeigt eine Mehrfachanwendung von Modulen gemäß Fig. 4 oder 5. Es werden eine oder - wie in Fig. 6 dargestellt - zwei Formen 24, 25 (allenfalls auch mehr) von einer Mehrzahl von beheizten Kammern 2' mit Metallschaum gespeist. Die einzelnen Kammern 2' können induktiv beheizt sein und den gebildeten Metallschaum synchron oder aber über eine Steuerung zeitversetzt in die Form bzw. Formen einspeisen.

**[0019]** Die Schaumbildung in der oder den Kammern gemäß Fig. 1 bis 6 kann auch gemäß Fig. 7 dadurch erfolgen, daß die Kammern 2 bzw. die Kammern von einem Mantel aus metallschaumfremder Schmelze 26 zur Beheizung umgeben ist bzw. sind. Die Schmelze 26 wird in einem Ofen 27 beheizt. Dabei ergibt sich durch das große Wärmepotential der Schmelze ein idealer Aufheizzustand des pulvermetallurgischen Halbzeuges, wodurch die Gleichmäßigkeit des Aufschäumens und die Aufschäumzeit positiv beeinflusst werden. Um das Vormaterial (Halbzeug) bei möglichst niedrigen Temperaturen so schnell wie möglich aufheizen zu können, ist die Form des Halbzeuges besonders wichtig. Insbesondere ist darauf zu achten, daß jedweder Luftspalt zwischen der Wandung der Kammer 2 und dem Halbzeug 3, 3' vermieden wird, da dieser die Wärmeübertragung durch Isolierwirkung der Luft verschlechtert und gleichzeitig einen Raum zur Schaumbildung darstellt, der sich ebenso nachteilig als Isolierschicht auswirken würde. Die Vorrichtung nach Fig. 7 kann natürlich auch mit schwimmendem Kolben nach Fig. 5 ausgestattet sein.

**[0020]** Eine weitere Variante der Erfindung besteht darin, das in die Kammer 2 eingelegte Halbzeugrohr 3' durch den Kolben 6 mit einer definierten Kraft gegen die Düsenplatte 5 zu pressen. Sobald das Halbzeug den Schmelzpunkt erreicht und damit aufzuschäumen beginnt, verliert es seine Festigkeit und der Kolben 6 kann den aufbereiteten Schaum in die Form drücken. Es kann zweckmäßig sein, die Kraft auf den Kolben und damit die Einschießgeschwindigkeit des Schaumes in die Form 8 zu verändern, sobald sich der Kolben 6 in Bewegung setzt. Diese Maßnahme ergibt eine sehr einfache Steuerung der Anlage, die in der Lage ist, allfällige Streuungen, etwa in der Vorwärmtemperatur des Halbzeuges, in seiner Aufheizgeschwindigkeit oder auch im Schmelzpunkt der Halbzeuglegierung auszugleichen, da für den Einspritzzeitpunkt ausschließlich das Erreichen einer entsprechenden Viskosität der Schaum-Schmelze maßgebend ist und alle anderen Parameter außer Betracht bleiben. Durch diese Maßnahme wird auf sehr einfache Weise eine sehr gleichmäßige

Schaumbildung erzielt. Es ist auch wesentlich einfacher, die Anlage auf ein anderes Schaum-Gußteil umzustellen, da sich die sonst sehr aufwendige Optimierung der Produktionsparameter wesentlich vereinfacht und Umrüstzeiten damit drastisch reduziert werden können.

**[0021]** Fig. 8 zeigt eine weitere Alternative mit mehreren Kammern 2', 2'', die hier beispielsweise entsprechend Fig. 7 elektrische Heizungen 27', 27'' aufweisen und von einer Schmelze 26', 26'' zur Wärmeübertragung ummantelt sind. Die Kammern 2, 2' sind zusammen mit ihren Heizungen 27', 27'' in der Vorrichtung nach Fig. 8 um eine Mittelachse 28 aus einer Reinigungs- und gegebenenfalls Ladestellung für das rohrförmige Halbzeug 3'' in eine Aufheiz- und Speisestellung drehbar. Zur Injektion des pulvermetallurgisch gebildeten Schaumes bewegt sich der drehbare Teil zusätzlich in axialer Richtung, sodaß die Kammer 2'' direkt an die (geteilte) Form 4 anschließt. Ein Kolben 6' drückt den Metallschaum in das Innere der Form 4.

**[0022]** Die horizontale Anordnung der Kammern 2', 2'' ist vorteilhaft, weil der Kolben 6' während des Aufschäumens nicht im beheizten Bereich verweilen muß und somit einer nur geringen Temperaturbelastung unterliegt. Die Vorrichtung kann eine, zwei oder mehr Kammern 2', 2'' aufweisen, die zwei oder mehr Positionen einnehmen (z.B. getrenntes Reinigen, Beschicken mit Halbzeug, Aufheizen und Injizieren). Es kann eine Revolver- oder Karussellkonstruktion mit mehreren Stationen aber auch eine lineare Verschiebung vor und zurück mittels einer Schlittenkonstruktion vorgesehen sein.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Gießen von Formteilen aus Metallschaum, beispielsweise Aluminiumschaum, der auf pulvermetallurgischem Wege durch Aufschäumen eines insbesondere zu einem Halbzeug, wie Stangen, Rohre oder zu Granulat kompaktierten Gemisches aus gasabsplattendem Treibmittel mit Metallpulver als Ausgangsmaterial unter Hitzeeinwirkung gebildet wird, wobei das Aufschäumen in einer beheizbaren Kammer außerhalb einer Gußform erfolgt, das Volumen des in die beheizbare Kammer eingebrachten pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials, insbesondere Halbzeuges, in seiner mit der gesamten Schäumkapazität aufgeschäumten Phase dem Volumen einer Füllung der Gußform im wesentlichen entspricht und der gesamte Inhalt der Kammer als pulvermetallurgische Metallschaum-Schmelze in die Gußform gedrückt wird, in der vorzugsweise ein Aufschäumen mit der restlichen Schäumkapazität fortgesetzt bis zum vollständigen Ausfüllen der Gußform erfolgt, worauf der Schaumformteil in der Gußform abgekühlt und anschließend aus dieser entnommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dichte des herzustellenden Gußformteils über den Befüllungsgrad der Kammer mit Ausgangsmaterial bzw. über das Kammervolumen einstellbar ist. 5
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kammer mit dem schaumbildenden Ausgangsmaterial gegenüber der Gußform in der Art eines Drehtrommelofens gedreht und zur Entleerung in die Gußform gedrückt, gegebenenfalls gekippt wird. 10
4. Verfahren nach einen der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Metallschaum-Schmelze in der Kammer von einem Kolben in die Gußform gedrückt wird, wobei der Zeitpunkt innerhalb des Verfahrensverlaufs, das Ausmaß der restlichen Schäumkapazität und damit die Struktur des Gußstückes bestimmend, vorgewählt wird. 15 20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Metallschaum-Schmelze durch eine insbesondere metallschaumfremde Schmelze z.B. durch eine Salzschaum-Schmelze, auf die ein Druck ausgeübt wird und auf der die pulvermetallurgisch entstehende Metallschaum-Schmelze, gegebenenfalls unter Zwischenlage eines Plättchens, schwimmt, angehoben und in die Gußform gedrückt wird. 25 30
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Metallschaum-Schmelze in eine Gußform aus nichtmetallischem Material, beispielsweise in eine Sandform, Keramikform, Gipsform oder dergleichen gedrückt wird. 35
7. Verfahren nach einen der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Metallschaum-Schmelze durch eine Düse zwischen Kammer und dem Hohlraum der Form gedrückt wird. 40
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein rohrförmiges bzw. rohrstützenförmiges Halbzeug in die Kammer eingebracht wird. 45
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das rohrförmige oder rohrstützenförmige Halbzeug mit möglichst geringem Spiel zur Kammerinnenwand in die Kammer eingebracht wird und die Beheizung der Kammer vorzugsweise elektrisch, insbesondere induktiv erfolgt. 50
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Halbzeugrohr zumindest in der Endphase des Aufheizvorganges durch den Kolben mit einer definierten und einstell-

baren Kraft gegen die Düsenplatte gepreßt wird, so daß der Einspritzvorgang in die Form eingeleitet wird, sobald das Halbzeug den Schmelzpunkt erreicht und damit aufschäumt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Reduktion von Oxidschichten das Aufheizen bzw. eine Vorwärmung des Halbzeuges unter Schutzgas durchgeführt wird und vorzugsweise daß die Kammer mit Schutzgas gespült wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die pulvermetallurgische Schaum-Schmelze mehrerer Kammern, die parallelgeschaltet sind, gleichzeitig oder über eine Steuerung zeitversetzt über mehrere Anschnitte in den Hohlraum einer oder mehrerer Formen gedrückt wird.
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit einer beheizbaren Kammer (2), in der ein Kolben (6) verschiebbar ist und an die eine Gußform (8) zur Übernahme von Aluminiumschaum aus der Kammer (2) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kammer (2, 2') von einem Mantel für fremdbeheizte, metallschaumfremde Schmelze (26) zur Beheizung der Kammer (2,2') umgeben ist.
14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit einer beheizbaren Kammer (2), in der ein Kolben (6) verschiebbar ist und an die eine Gußform (8) zur Übernahme von Aluminiumschaum aus der Kammer (2) angeschlossen ist bzw. gemäß der Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine oder mehrere Kammern (2, 2') auf einem Schlitten oder Karussell angeordnet und aus einer Lade- bzw. Reinigungsposition in die Aufheizposition für das geladene Halbzeug gegenüber einem Anschluß an eine Form verschiebbar oder drehbar sind.

#### Claims

1. Process for casting shaped parts from metal foam, for example aluminium foam, which is obtained by a powder-metallurgical technique by foaming a mixture of gas-developing agent with metal powder as initial material under the action of heat, especially a mixture compacted into a semfinished product such as bars or tubes or into granules, wherein foaming takes place in a heatable chamber outside a casting mould, the volume of the powder-metallurgical initial material (in particular the semfinished product) introduced into the heatable chamber sub-

stantially corresponds, in its phase foamed to full foam capacity, to the volume of a filling of the casting mould, and the total content of the chamber is forced into the casting mould as a powder-metallurgical metal-foam molten mass in which foaming to the remaining foaming capacity preferably continues until the casting mould is completely filled, whereupon the shaped foam part is cooled in the casting mould and then removed therefrom.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the density of the casting to be produced is adjustable by adjusting the degree of filling of the chamber with initial material and/or by adjusting the volume of the chamber.
3. Process according to Claim 1 or Claim 2, **characterized in that** the chamber with the foam-forming initial material is rotated with respect to the casting in the manner of a rotary drum type kiln and is pressed, and if necessary tilted, for emptying into the casting mould.
4. Process according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the metal-foam molten mass in the chamber is forced into the casting mould by a plunger, the point within the process cycle — determining the amount of foaming capacity remaining, and hence the structure of the casting — being preselected.
5. Process according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the metal-foam molten mass is lifted and forced into the casting mould by a molten mass, particularly one extraneous to metal foam such as molten salt, on which pressure is exerted, and on which the powder-metallurgically produced metal-foam molten mass floats, if necessary with interposition of a wafer.
6. Process according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the metal-foam molten mass is forced into a casting mould of non-metallic material, for example into a sand mould, ceramic mould, plaster mould, or the like.
7. Process according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the metal-foam molten mass is forced through a nozzle between chamber and mould cavity.
8. Process according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** a tubular or socket-shaped semifinished product is introduced into the chamber.
9. Process according to Claim 8, **characterized in that** the tubular or socket-shaped semifinished product is introduced into the chamber with the

smallest possible clearance from the inner wall of the chamber, and the chamber is preferably electrically, and particularly inductively, heated.

10. Process according to Claim 8 or Claim 9, **characterized in that** the semifinished tube is, at least in the final phase of heating, pressed by the plunger against the nozzle plate with a defined and adjustable force, so that injection into the mould is initiated as soon as the semifinished product reaches melting point and starts foaming.
11. Process according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that**, to reduce oxide films, the heating and/or preheating of the semifinished product is conducted in a protective gas and preferably **in that** the chamber is swept with protective gas.
12. Process according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** powder-metallurgical foam molten mass from a plurality of chambers connected in parallel is forced simultaneously or at controlled intervals through a plurality of gates into the cavity of one or more moulds.
13. Apparatus for performing the process according to any one of Claims 1 to 12 with a heatable chamber (2) in which a plunger (6) is displaceable and to which a casting mould (8) to accept aluminium foam from the chamber (2) is connected, **characterized in that** the chamber (2, 2') is surrounded by a jacket for externally heated molten mass (26), extraneous to metal foam, for heating the chamber (2, 2').
14. Apparatus for performing the process according to any one of Claims 1 to 12 with a heatable chamber (2) in which a plunger (6) is displaceable and to which a casting mould (8) to accept aluminium foam from the chamber (2) is connected; and/or similar to the apparatus according to Claim 13; **characterized in that** one or more chambers (2, 2') are arranged on a carriage or carousel and are displaceable or rotatable from a loading and/or cleaning position into the heating position for the loaded semifinished product opposite a connection to a mould.

## Revendications

1. Procédé pour couler ou mouler des pièces moulées en mousse métallique, par exemple en mousse d'aluminium, formée par la voie de la métallurgie des poudres par moussage, sous l'action de la chaleur, d'un mélange compacté de combustible libérant du gaz avec de la poudre métallique, en particulier sous la forme d'un demi-produit tel que des barres ou des tubes ou de granulats, et servant de matériau de départ, procédé dans lequel le mous-

- sage est réalisé dans une chambre susceptible d'être chauffée et qui est située à l'extérieur d'un moule de coulée, dans lequel procédé le volume du matériau de départ, en particulier sous forme de demi-produits, à poudre métallique placé dans la chambre susceptible d'être chauffée, dans sa phase mousseuse, avec sa capacité totale de formation de mousse, correspond sensiblement au volume d'un remplissage du moule de coulée, dans lequel procédé le contenu total de la chambre est refoulé par pressage dans le moule de coulée sous la forme de mousse métallique en fusion obtenue par la métallurgie des poudres, et dans lequel procédé le moussage est poursuivi avec le reste de la capacité de moussage jusqu'à obtenir le remplissage complet du moule de coulée et ensuite, la pièce moulée en mousse est refroidie, puis extraite du moule de coulée.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la densité de la pièce moulée à fabriquer est réglable par l'intermédiaire du degré du remplissage de la chambre avec le matériau de départ, ou par l'intermédiaire du volume de la chambre.
  3. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la chambre remplie du matériau de départ formant une mousse, est mise en rotation par rapport au moule de coulée sous la forme d'un tambour tournant et qui, pour le vidage dans le moule de coulée, est poussée, le cas échéant, basculée.
  4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la mousse métallique en fusion est pressée dans la chambre par un piston dans le moule de coulée, l'instant au cours du déroulement du procédé déterminant l'étendue de la capacité de moussage restante, et par voie de conséquence, la structure de la pièce moulée étant préselectionné.
  5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la mousse métallique en fusion est soulevée et pressée dans le moule de coulée par un matériau en fusion, en particulier exempt de mousse métallique en fusion, par exemple par un sel en fusion, sur lequel est exercé une pression et sur lequel nage la mousse métallique obtenue par métallurgie des poudres, le cas échéant avec interposition d'une plaque.
  6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la mousse métallique en fusion est pressée dans un moule de coulée en matériau non-métallique, par exemple un moule en sable, un moule en céramique, un moule en plâtre ou similaire.
  7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la mousse métallique en fusion est pressée à travers une buse entre la chambre et la cavité du moule.
  8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'on** introduit dans la chambre un demi-produit de forme tubulaire ou en forme de raccord tubulaire.
  9. Procédé selon l'une des revendication 8, **caractérisé en ce que** le demi-produit de forme tubulaire ou en forme de raccord tubulaire est placé dans la chambre avec le plus faible jeu possible par rapport à la paroi intérieure de la chambre et le chauffage de la chambre est réalisé de préférence, électriquement; en particulier par induction.
  10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que** le demi-produit tubulaire est pressé au moins dans la phase terminale du processus de chauffage par le piston avec une force définie et réglable contre la plaque de buse, de sorte à déclencher le processus d'injection dans le moule, dès que le demi-produit atteint le point de fusion et de ce fait mousse.
  11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** pour la réduction des couches d'oxyde, on réalise un chauffage ou un préchauffage du demi-produit sous une atmosphère de gaz de protection et de préférence, on nettoie la chambre avec du gaz de protection.
  12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la mousse en fusion obtenu par la métallurgie des poudres de plusieurs chambres qui sont couplées en parallèle, est pressée à travers plusieurs attaques de coulée dans la cavité d'un ou de plusieurs moules, de façon simultanée ou selon un décalage temporel par l'intermédiaire d'une commande.
  13. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 12, comprenant une chambre 2 susceptible d'être chauffée et dans laquelle un piston (6) est susceptible de coulisser et à laquelle est raccordé un moule de coulée (8) pour recevoir la mousse d'aluminium à partir de la chambre (2), **caractérisé en ce que** la chambre (2, 2') est entourée d'une enveloppe pour matière en fusion (26) chauffée extérieurement et exempte de mousse métallique, pour chauffer la chambre (2, 2').
  14. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendication 1 à 12, comprenant une chambre (2) susceptible d'être chauffée et dans laquelle un piston (6) est susceptible de coulisser et



à laquelle est raccordé un moule de coulée (8) pour recevoir la mousse d'aluminium à partir de la chambre (2), ou bien d'après le dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'**une ou plusieurs chambres (2, 2') sont disposées sur un traîneau ou un carrousel et sont susceptibles de tourner ou de coulisser par rapport à un raccord à un moule dans la position de chauffage pour le demi-produit chargé, à partir d'une position de chargement ou de nettoyage.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

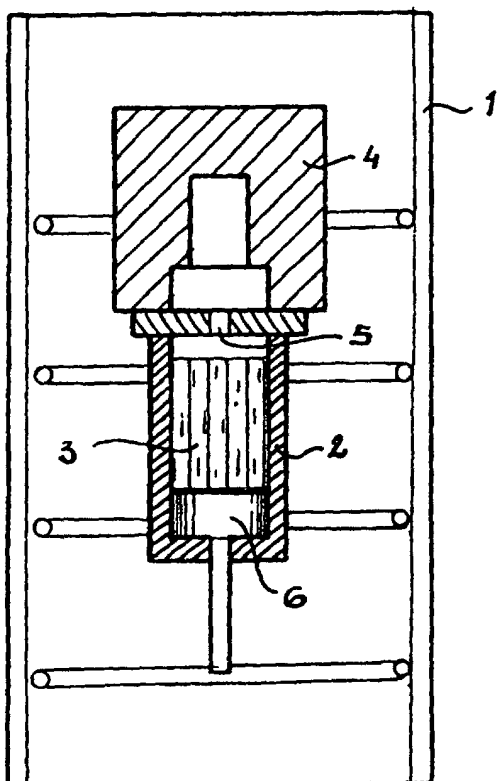


Fig. 2

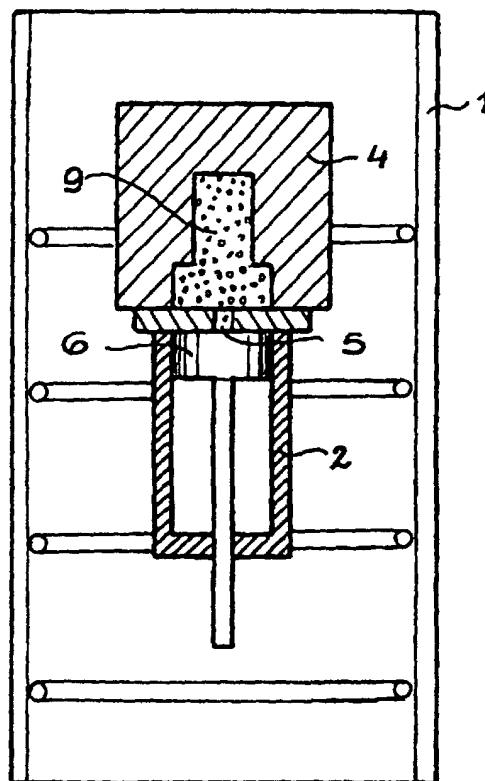
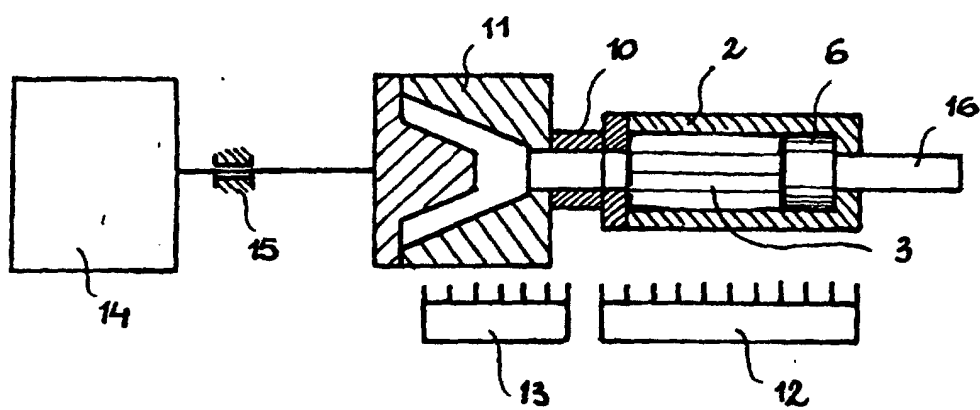


Fig. 3



*Fig.4*

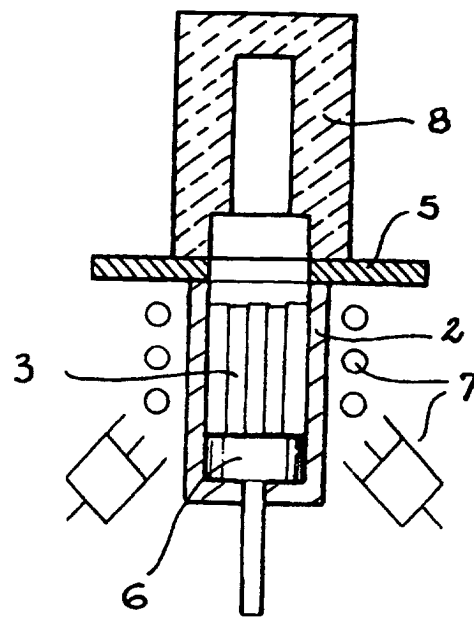


Fig. 5

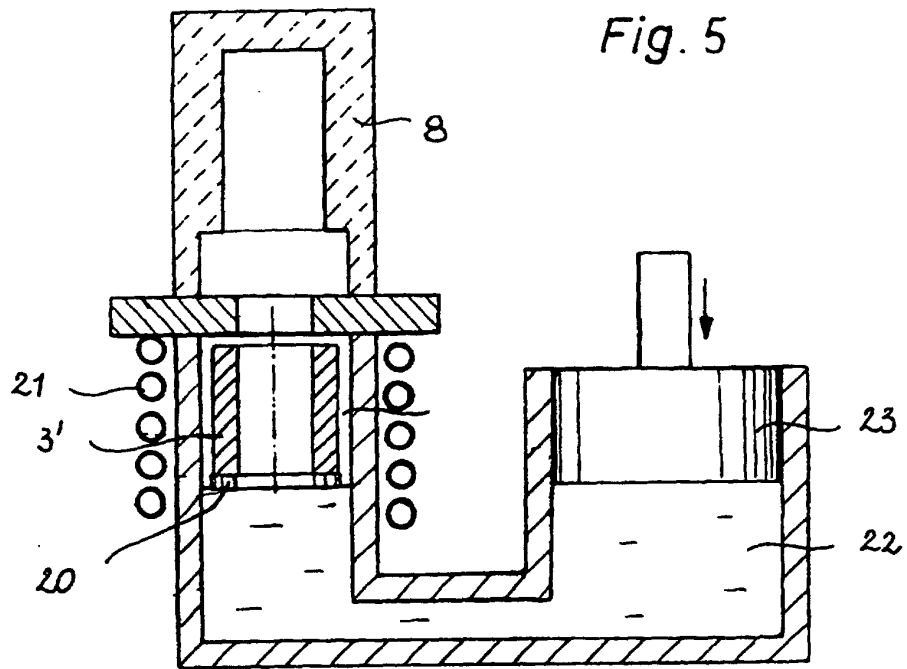


Fig. 6

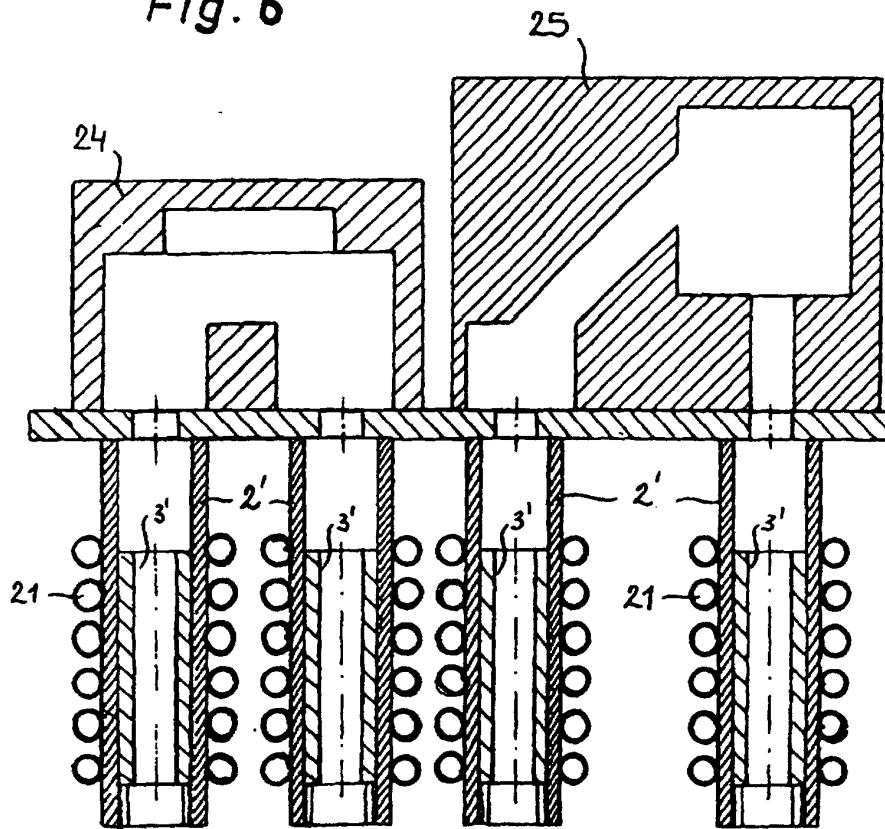


Fig. 7

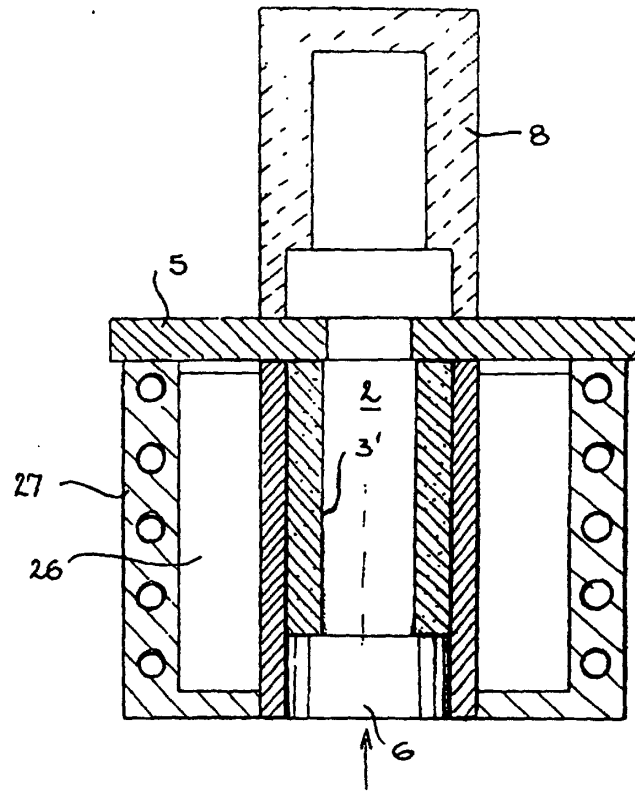


Fig. 8

