



(11) Nummer:

**AT 406 027 B**

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 719/96

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> : **B22F 3/10**  
B22F 3/11, C22C 1/08

(22) Anmeldetag: 19. 4.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 6.1999

(45) Ausgabetaq: 25. 1.2000

(56) **Entgegenhaltungen:**

DE 1164102B DE 4018360C1 DE 4340791A1 DE 4424157A1  
US 3087807A WO 94/09931

(73) Patentinhaber:

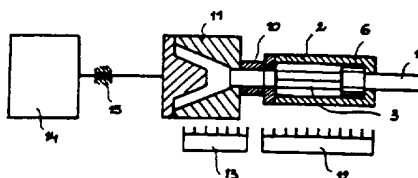
LEICHTMETALLGUSS-KOKILLENBAU-WERK ILLICHMANN GMBH  
A-4813 ALTMUNSTER, OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

SIMANCIK FRANTISEK DR.ING.  
BRATISLAVA (SK).  
SCHÖRGHUBER FRANZ DIPL.ING.  
ALTMÜNSTER, OBERÖSTERREICH (AT).  
HARTL ERICH ING.  
LAAKIRCHEN, OBERÖSTERREICH (AT).

**(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON FORMTEILEN AUS METALLSCHAUM**

(57) Ein Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus pulvermetallurgisch hergestelltem Metallschaum, beispielsweise Aluminiumschaum, umfaßt das Aufschäumen eines kompaktierten Gemisches aus Metallpulver und gasabspaltendem Treibmittel als Ausgangsmaterial (3) in einer beheizbaren Kammer (2). Die Menge des Ausgangsmaterials (3) wird auf die Füllung in der Gußform (4) bzw. eines Gießvorganges abgestimmt. Der Inhalt der Kammer (2) wird nach dem Aufschäumen in die Gußform (4) gedrückt. Dabei kann ein Zeitpunkt gewählt werden, ab dem sich die Schaumbildung in der Gußform (4) infolge restlicher Schaumkapazität fortsetzt. Es verhindert der Überdruck in den Poren des entstehenden Schaumes dessen Zusammendrücken. Die Gußform (4) kann eine unbeheizte nicht metallische Form, beispielsweise eine Sandform sein.



**AT 406 027 B**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum, beispielsweise Aluminiumschaum, der auf pulvermetallurgischem Wege durch Aufschäumen eines insbesondere zu einem Halbzeug, wie Stangen, oder zu einem Granulat kompaktierten Gemisches aus gasabsplattendem Treibmittel mit Metallpulver als Ausgangsmaterial unter Hitzeeinwirkung gebildet wird und der eine Gußform bis an die Grenzen ihrer Wandung ausfüllt bzw. dessen allenfalls steuerbare Expansion unter dem Formzwang der Gußform erfolgt.

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, erfordern 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.

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 auf mechanische Weise zum Schäumen gebracht. Der fertige Schaum wird durch Anheben des Niveaus des flüssigen Aluminiums in dem letztgenannten Behälter nach oben in eine Gußform gedrückt. Auch die WO 94/09931 geht von der schmelzmetallurgischen, also mechanischen Schaumherstellung aus. In einer Schaumkammer wird mittels eines Rührwerks Schaum aus einer Metallschmelze gebildet und dieser Schaum gemäß einer besonderen Ausführungsform einer Kaltkammerdruckgießmaschine zugeführt. Deren Kolben drückt den Metallschaum in eine Form. Das Ergebnis ist unbefriedigend, weil die Poren ungleichmäßig ausfallen und sich an Stelle der gewünschten Poren Lunker bilden. Auf die Hintergründe, die dafür verantwortlich sind, wird im Anschluß an nachfolgende Zusammenfassung der pulvermetallurgischen Metallschaumherstellung eingegangen.

Pulvermetallurgischer Metallschaum entsteht beispielsweise gemäß der DE 41 01 630 C2 aus Metallpulver und einem gasabsplattendem Treibmittel. Das Gemisch wird heißkompaktiert und einer Formänderung unterworfen. Dadurch entsteht ein Halbzeug aus fest miteinander verbundenen Metallteilchen, die die Treibmittelteilchen gasdicht einschließen. Um einen Metallschaumkörper herzustellen wird das Halbzeug z.B. in einer beheizten Stahlform durch 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 bzw. Ausschäumen erfolgt. Benutzt man stabförmiges Vormaterial, dann muß dieses exakt abgelängt und in der Form plaziert werden. Es können sich ferner Kaltschweißstellen zwischen den aufgeschäumten Stäben bilden. Aus der DE 44 24 157 A1 ist es bekannt, die freie Expansion eines Schaumes in einer Form zu behindern (Formzwang) bzw. einen Metallschaumkörper durch Stauchen, Walzen oder dergleichen einer Formänderung zu unterwerfen. Dadurch ändert sich die Porenform. Die Poren werden länglich und der Werkstoff erhält in der Längsrichtung der Poren eine erhöhte Leitfähigkeit.

Ein schmelzmetallurgisch also auf mechanischem Weg 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 Temperaturen jedoch nicht zu hoch sein dürfen, da der Metallschaum sonst in verstärktem Maße kollabiert. Die Poren fallen bei der mechanischen 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 schon 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.

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 zur Herstellung von Formteilen aus pulvermetallurgisch gebildeten Metallschaum der eingangs beschriebenen Art dadurch erreicht, daß das pulvermetallurgische Aufschäumen außerhalb einer Gußform in einer separaten beheizbaren Kammer erfolgt, daß das Volumen des in die beheizbare Kammer eingebrachten pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials, insbesondere Halbzeuges, in seiner mit der gesamten Schäumkapazität aufgeschäumten Phase im wesentlichen dem Volumen einer Füllung der Gußform entspricht und daß der gesamte Inhalt der Kammer als pulvermetallurgischer Metallschaum in die Gußform gedrückt wird, wobei die Schaumbildung bei der Überleitung in die Gußform entweder im wesentlichen abgeschlossen ist oder ein Aufschäumen mit einer restlichen Schäumkapazität in der Gußform fortgesetzt bis zum vollständigen Ausfüllen der Gußform erfolgt.

Im Gegensatz zu bekannten pulvermetallurgischen Verfahren wird Metallschaum auf pulvermetallurgischem Weg außerhalb der Gußform durch thermisches Aufschäumen der für die Gußform vorbestimmten Menge des Halbzeuges hergestellt. Dieser durch Gasbildung entstandene Metallschaum ist über längere Zeit formstabil und kann - anders als bei einem schmelzmetallurgischen Verfahren - noch während seiner Bildung in die Gußform gedrückt werden. Dort kann dann die Endphase der Schaumbildung stattfinden. Dies führt dazu, daß auch entlegene Bereiche bzw. schwer erreichbare Konturen oder Hinterschnidungen zuverlässig ausgefüllt werden. Ein frühzeitiges Kollabieren der Poren wird vermieden zumal die Gasentwicklung einen Innendruck in den Poren erzeugt. 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 schaubildenden Ausgangsmaterial gegenüber der Gußform in der Art eines Drehtrommelofens gedreht und gegebenenfalls zur Entleerung in die Gußform gekippt wird. Auf diese Weise wird die Gußform durch den Eigendruck des Schaummateri als 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 Salzschnelze, 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.

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 und Fig. 4 eine weitere Alternative analog zu Fig. 1.

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 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.

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.

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 3' 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 individuelle 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.

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, Hinterschnidungen 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.

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.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum, beispielsweise Aluminiumschaum, der auf pulvermetallurgischem Wege durch Aufschäumen eines insbesondere zu einem Halbzeug, wie Stangen, oder zu einem Granulat kompaktierten Gemisches aus gasabspaltendem Treibmittel mit Metallpulver als Ausgangsmaterial unter Hitzeeinwirkung gebildet wird und der eine Gußform bis an die Grenzen ihrer Wandung ausfüllt bzw. dessen allenfalls steuerbare Expansion unter dem Formzwang der Gußform erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß das pulvermetallurgische Aufschäumen außerhalb einer Gußform in einer separaten beheizbaren Kammer erfolgt, daß das Volumen des in die beheizbare Kammer eingebrachten pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials, insbesondere Halbzeuges, in seiner mit der gesamten Schäumkapazität aufgeschäumten Phase im wesentlichen dem Volumen einer Füllung der Gußform entspricht und daß der gesamte Inhalt der Kammer als pulvermetallurgischer Metallschaum in die Gußform gedrückt wird, wobei die Schaumbildung bei der Überleitung in die Gußform entweder im wesentlichen abgeschlossen ist oder ein Aufschäumen mit einer restlichen Schäumkapazität in der Gußform fortgesetzt bis zum vollständigen Ausfüllen der Gußform erfolgt.
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.
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 ge-

dreht und zur Entleerung in die Gußform gedrückt, gegebenenfalls gekippt wird.

4. Verfahren nach einen der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallschaum 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.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallschaum durch eine insbesondere metallschaumfremde Schmelze z.B. durch eine Salzschnelze, auf die ein Druck ausgeübt wird und auf der der pulvermetallurgisch entstehende Metallschaum, gegebenenfalls unter Zwischenlage eines Plättchens, schwimmt, angehoben und in die Gußform gedrückt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallschaum in eine Gußform aus nichtmetallischem Material, beispielsweise in eine Sandform, Keramikform, Gipsform oder dergleichen gedrückt wird.
7. Verfahren nach einen der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Metallschaum durch eine Düse zwischen Kammer und dem Hohlraum der Form gedrückt wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

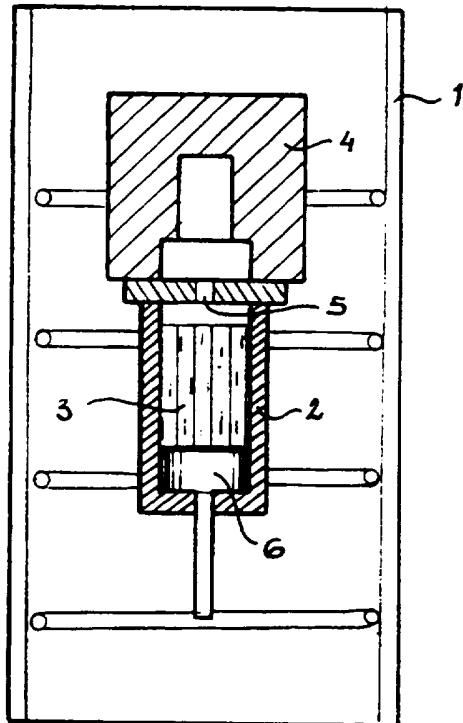


Fig. 2

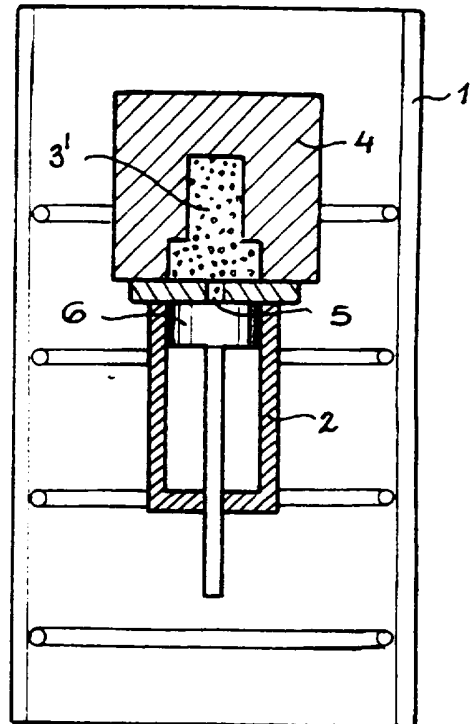


Fig. 3

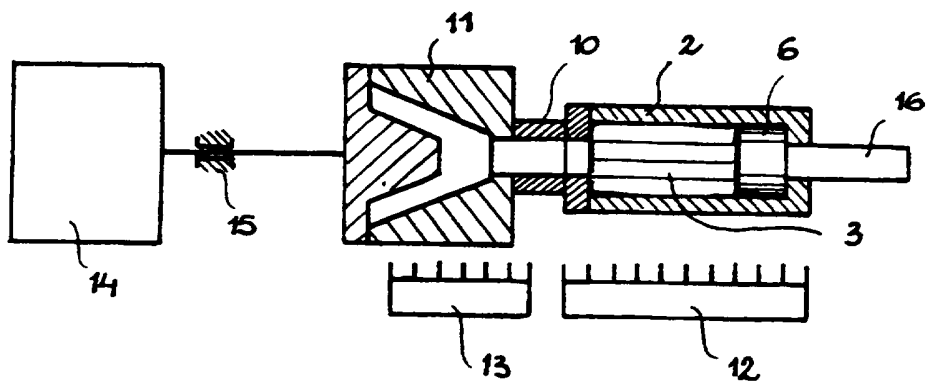


Fig. 4

