(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 660 765 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.01.1998 Patentblatt 1998/02

(21) Anmeldenummer: **93918973.4**

(22) Anmeldetag: **10.09.1993**

(51) Int. Cl.[6]: **B22C 9/04**, B22D 19/14

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE93/00836

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 94/06582 (31.03.1994 Gazette 1994/08)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON FASERVERBUND-FEINGUSSTEILEN

PROCESS FOR PRODUCING FIBER COMPOSITE PRECISION CASTINGS

PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES COULEES DE PRECISION REALISEES EN MATERIAU COMPOSITE CONTENANT DES FIBRES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(30) Priorität: **16.09.1992 DE 4230970**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.07.1995 Patentblatt 1995/27

(73) Patentinhaber:
- **NOLTE, Markus**
  33104 Paderborn (DE)
- **SCHÄDLICH-STUBENRAUCH, Jürgen**
  NL-6291 CN Vaals (NL)
- **NEUSSL, Eric**
  52070 Aachen (DE)

(72) Erfinder:
- **NOLTE, Markus**
  33104 Paderborn (DE)
- **SCHÄDLICH-STUBENRAUCH, Jürgen**
  NL-6291 CN Vaals (NL)
- **NEUSSL, Eric**
  52070 Aachen (DE)

(74) Vertreter:
Hilleringmann, Jochen, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
von Kreisler-Selting-Werner,
Bahnhofsvorplatz 1 (Deichmannhaus)
50667 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 071 449 **DE-A- 1 508 655**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 314 (M-1278)9. Juli 1992 & JP,A,04 089 155 (HITACHI METAL PRECISION LTD) 23. März 1992**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 422 (M-1305)4. September 1992 & JP,A,04 143 063 (SANKIYOU ENJINIARINGU KK) 18. Mai 1992**

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).

EP 0 660 765 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Faserverbund-Feingußteilen gemäß dem einleitenden Teil von Anspruch 1.

Es ist ein Verfahren zur Herstellung von Feingußteilen bekannt, bei dem unter Verwendung eines Modellwerkstoffs ein Modell gebildet, dann um das Modell herum eine keramische Form aufgebaut, anschließend der Modellwerkstoff ausgeschmolzen, ausgebrannt und/oder vergast und schließlich flüssiges Metall in die Form eingebracht wird.

Nach einem derartigen Verfahren lassen sich Feingußteile sehr komplexer Geometrie herstellen. Aufgrund einer solchen Geometrie und aufgrund der Tatsache, daß die nach diesem Verfahren gebildete keramische Form nur relativ niedrigen Drücken beim Einbringen des flüssigen Metalls in die Form standhält, wird bei diesem Verfahren die Verwendung von Verstärkungsfasern, also die Herstellung von Faserverbund-Feingußteilen, noch nicht praktiziert.

Aus EP-A-0 071 449 ist ein Verfahren zum Herstellen von faserverstärkten Feingußteilen bekannt. Dabei wird um einen Modell-Vorkörper, der aus in einem "flüchtigen" Matrix-Material (Modellwerkstoff) eingebetteten Fasern besteht, eine keramische Form aufgebaut, die mit einer gasdichten Schicht versehen ist (applying a coating of a ceramic sealant", Zeilen 24 und 15 von Anspruch 1 von EP-A-0 071 449). Die keramische Form ist mit einem Einlaß und mit einem Auslaß versehen. Nach dem Verflüchtigen des Modellwerkstoffs wird über den Einlaß das flüssige Metall eingebracht, wobei durch Erzeugen eines Unterdrucks am Auslaß ein Druckgefälle innerhalb der keramischen Form aufgebaut wird. Infolge dieses Druckgefälles soll das Fasermaterial mit dem flüssigen Metall durchsetzt werden. Damit dies auch tatsächlich erfolgt, muß das Fasermaterial zwischen dem Einlaß und dem Auslaß angeordnet sein, so daß die keramische Form in zwei Halbräume unterteilt ist, wobei in den einen der Einlaß und in den anderen der Auslaß einmündet. Es muß nämlich vermieden werden, daß eine ("Bypass-")Verbindung zwischen Einlaß und Auslaß entsteht, die sich ausschließlich nicht durch das Fasermaterial erstreckt und/oder an dem Fasermaterial vorbeiführt. Andernfalls würde nämlich eine Infiltration des Fasermaterials mit dem flüssigen Metall nicht oder nur unzureichend und lediglich bereichsweise erfolgen. Das Fasermaterial muß also derart in der Form angeordnet und darüber hinaus diese Form derart ausgebildet sein, daß sich der (einzige) Auslaß an der dem Einlaß abgewandten Seite des Fasermaterials befindet. Diese Erfordernisse der Abschottung des Auslasses gegenüber dem Einlaß durch das dazwischen befindliche Fasermaterial schränken die Gestaltungsmöglichkeiten der nach dem bekannten Verfahren herstellbaren Feingußteile recht stark ein.

Aus DE-A-15 08 655 ist es bekannt, ein vergasbares Gießmodell aus aufgeschäumtem Kunststoff zum Schutz der Oberfläche mit einem Überzug zu versehen, der als ein aus einem anorganischen hitzebeständigen Fasermaterial bestehenden Gewebe besteht. Dieser Überzug weist eine Gießöffnung auf, über die nach dem Vergasen des Gießmodells flüssiges Metall in den vom Überzug umschlossenen Raum eingebracht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von faserverstärkten Feingußteilen zu schaffen, mit dem sich Feingußteile unterschiedlicher komplexer Gestalt herstellen lassen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Aus einem Modellwerkstoff und aus in diesen eingebetteten Fasern wird mindestens ein Modell-Vorkörper erzeugt, der Bestandteil eines Modells oder das Modell selbst wird; dann wird um das Modell herum eine gasdurchlässige keramische Form aufgebaut, anschließend der Modellwerkstoff entfernt, wobei die Fasern des Modell-Vorkörpers in der keramischen Form verbleiben; schließlich wird Metall flüssig, flüssig-fest oder pulverförmig in die Form eingebracht, wobei im Falle einer pulverförmigen Einbringung das Metall in der Form zumindest teilweise verflüssigt wird. Ein solcher Vorkörper bietet weitreichende Gestaltungsfreiheit. Der Vorkörper kann also dem zu erzeugenden Gußteil leicht angepaßt werden. Damit kann der Faserverlauf und die damit bezweckte Materialverstärkung im Gußteil plaziert an den gewünschten Stellen erreicht werden. Die Gasdurchlässigkeit der Form und das Druckgefälle zwischen dem Inneren und der Umgebung der Form gewährleisten das vollständige Ausfüllen der Zwischenräume zwischen den Fasern mit Metall.

Durch Pressen und/oder Saugen werden die Zwischenräume zwischen den Fasern mit flüssigem Metall vollständig ausgefüllt. Das Pressen erfolgt durch Druckeinwirkung auf das in der Form befindliche flüssige Metall, das Saugen dadurch, daß die gasdurchlässige Form in einen Behälter eingesetzt wird, in dem Unterdruck herrscht.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß als Fasern Mineralfasern verwendet werden. Dabei kann es sich um Al_2O_3- oder SiC-Fasern handeln, die z.B. 10 µm dick sind. Der Umgang mit derartigen Fasern kann eine Gesundheitsgefährdung darstellen, wenn diese Fasern freiliegen. Nach dem vorliegenden Verfahren ist es aber möglich, derartige Fasern maschinell zu Vorkörpern zu verarbeiten. Beim Handling dieser Vorkörper sind diese Fasern aber dann von dem Modellwerkstoff eingeschlossen und demzufolge nicht mehr gesundheitsgefährdend.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Fasern in Form eines Bündels von Monofilamenten oder Multifilamenten oder als Gewebe, Vliese oder Gelege oder als Faservorformlinge mit Bindebrücken verwendet werden. Die Auswahl aus den hier gegebenen Möglichkei-

ten kann nach den jeweiligen Formen und Erfordernissen des zu erstellenden Gußteils getroffen werden.

Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß als Modellwerkstoff Wachs verwendet wird. Dieser Modellwerkstoff ist der am häufigsten angewandte und in der Regel am einfachsten zu behandelnde. Für seine Entfernung aus der Form ist nur ein relativ niedriger Energieaufwand erforderlich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner so ausgeführt werden, daß als Modellwerkstoff Kunststoffharz verwendet wird. Aufgrund der ausgewählten Fasern und auch im Hinblick auf die jeweilige Raumform kann dieser Modellwerkstoff für spezielle Anwendungen besonders geeignet sein.

Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß der Vorkörper an den Enden oder Rändern von dem Modellwerkstoff befreit wird und die somit freiliegenden Faserpartien beim Aufbau der keramischen Form in diese fixiert eingebettet werden. Auf diese Weise kann der Vorkörper besonders exakt in der Form und damit in dem zu erstellenden Gußteil plaziert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner so ausgeführt werden, daß der Vorkörper durch entsprechende Formung den Erfordernissen hinsichtlich Geometrie und Belastung des herzustellenden Feingußteils angepaßt wird.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß das Modell allein aus mindestens einem Vorkörper gebildet wird. Der Vorkörper kann also schon unmittelbar die Form des zu erstellenden Gußteils einnehmen, braucht also nicht mehr durch das Aufbringen von Modellwerkstoff weitergebildet zu werden. Ein solches Vorgehen bietet insbesondere bei einfachen Formen Vorteile.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß ein oder mehrere Vorkörper zum Zwecke des Aufbaus eines Modells mit Modellwerkstoff umgeben werden. Auch auf diese Weise läßt sich eine ausreichend präzise Plazierung des bzw. der Vorkörper in dem Modell herbeiführen.

Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert für die genaue Plazierung der Fasern keine bleibende Bindung in Form von Binderbrücken oder dergl. zwischen den Fasern, wie dies bisher bei der Verwendung von Preforms bekannt ist. Dort behindern derartige Binderbrükken der Preforms die Metallinfiltration. Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann auf derartige Binderbrücken deshalb verzichtet werden, weil die Fasern in dem Vorkörper solange von dem Modellwerkstoff gehalten werden, bis der Formhohlraum geschlossen ist und dann der Modellwerkstoff entfernt wird.

Im folgenden Teil der Beschreibung werden einige Ausführungsformen des erfindunggemäßen Verfahrens anhand von Zeichnungen beschrieben. Es zeigt:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zur Herstellung von stab- oder blockförmigen Vorkörpern,
- Fig. 2 Beispiele von Querschnitten derartiger Formkörper,
- Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer Hälfte eines Spritzgießwerkzeuges mit eingelegtem Vorkörper in Draufsicht und Seitenansicht,
- Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Hälfte eines Spritzwerkzeugs mit eingelegtem Vorkörper,
- Fig. 5 ein fertiges Modell mit an den Enden freiliegenden Faserpartien und
- Fig. 6 das Modell nach Fig. 5 eingebettet in eine Formschale.

In Fig. 1 ist schematisch dargestellt, wie aus "endlosen" Fasern 1 auf die gewünschte Länge zugeschnittene strangförmige Vorkörper 2 gebildet werden. Zu diesem Zwecke werden mehrere Fasern 1 mittels Rollen durch ein beheiztes Wachsbad 4 hindurchgeführt und dort mit Wachs imprägniert, so daß alle einzelnen Fasern 1 mit Wachs benetzt sind. Der so imprägnierte Wachs-Faserstrang wird in einer beheizten Matrize 5 zu dem gewünschten Querschnitt geformt und in einer nachfolgenden Kühleinrichtung 6 verfestigt. Der somit erhaltene, zunächst "endlose" Wachs-Faser-Vorkörper wird mittels einer Trennvorrichtung 3 auf die gewünschten Längen abgelängt.

Fig. 2 zeigt einige Beispiele verschiedener Querschnitte derartiger Vorkörper 2. Es lassen sich auf diese Weise Profile mit einer großen Packungsdichte der Fasern sowie Profile mit hohem Widerstandsmoment und Kombinationen daraus realisieren. In Fig. 2 ist ferner ein flächig ausgebildeter Vorkörper 7 dargestellt, der z.B. in Form eines Gewebes erstellt werden kann.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Hälfte 8 eines aus zwei Hälften bestehenden Spritzgießwerkzeuges. In dieser Hälfte 8 ist ein Vorkörper 2 eingelegt, um den herum ein Modell 9 aufgebaut ist. Dabei ragt der Vorkörper 2 an seinen beiden Enden über das Modell 9 hinaus. Nach dem Zusammensetzen des Spritzgießwerkzeuges wird der Vorkörper 2 durch einen Einspritzkanal 10 mit Modellwachs umspritzt und damit die Modellkontur ausgefüllt.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Hälfte 12 eines Spritzgießwerkzeuges, bei dem eingelegte Vorkörper 2 nicht aus dem Modellkörper austreten. Zum Einlegen der Vorkörper 2 in reproduzierbare Modellpositionen im Spritzgießwerkzeug können Wickelvorrichtungen eingesetzt werden. Nach Schließen des Spritzgießwerkzeuges wird auch hier Modellwachs eingespritzt, das den bzw. die Vorkörper umschließt, so daß ein Modell gebildet wird.

Fig. 5 zeigt ein fertiges Modell mit aus diesem austretenden freigelegten Faserenden. Diese Enden dienen zur Fixierung der Fasern 1 in einer Feingußformschale. Die freigelegten Faserpartien werden durch bei der Feingußformschalenherstellung ver-

wendeten Keramikschlicker und Besandungsmaterial umgeben und somit fest in der entstehenden Formschale verankert. Der Modellwerkstoff wird dann ausgeschmolzen, ausgebrannt, vergast oder ausgelöst. Beim Einbringen des Metalls können die so in der Formschale verankerten Fasern nicht mehr aus ihrer vorgegebenen, gewünschten Position herausbewegt werden.

Fig. 6 schließlich zeigt das Modell gemäß Fig. 5 in einer aus Keramikschlicker und Besandungsmaterial gebildeten Feingußformschale.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Faserverbund-Feingußteilen, wobei

   - aus einem Modellwerkstoff und aus in diesem eingebetteten Fasern mindestens ein Modell-Vorkörper erzeugt wird, der Bestandteil eines Modells oder das Modell selbst wird,
   - dann um das Modell herum eine keramische Form aufgebaut wird,
   - anschließend der Modellwerkstoff ausgeschmolzen, ausgebrannt und/oder vergast wird, wobei die Fasern des Modell-Vorkörpers in der keramischen Form verbleiben, und
   - schließlich flüssiges Metall in die Form eingebracht wird, dadurch gekennzeichnet, daß die um das Modell herum aufgebaute Form gasdurchlässig ist und der Druck in der Formumgebung unter den Druck im Innern der Form abgesenkt oder der Druck im Innern der Form über den Druck in der Formumgebung erhöht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Fasern Mineralfasern verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern in Form eines Bündels von Monofilamenten oder Multifilamenten oder als Gewebe, Vliese oder Gelege oder als Faservorformlinge mit Binderbrücken verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Modellwerkstoff Wachs verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Modellwerkstoff Kunststoffharz verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorkörper an den Enden oder Rändern von dem Modellwerkstoff befreit wird und die somit freiliegenden Faserpartien beim Aufbau der keramischen Form in diese fixiert eingebettet werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorkörper durch entsprechende Formung den Erfordernissen hinsichtlich Geometrie und Belastung des herzustellenden Feingußteiles angepaßt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Modell allein aus mindestens einem Vorkörper gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Vorkörper zum Zwecke des Aufbaus eines Modells mit Modellwerkstoff umgeben werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die gasdurchlässige keramische Form in einen Behälter eingesetzt wird, in dem ein Unterdruck erzeugt wird.

Claims

1. A process for producing fiber composite investment castings, wherein

   - at least one preliminary pattern body is made of a pattern material and of fibers embedded therein, which is then used as part of a pattern or the pattern itself, - a ceramic mold is then formed around the pattern,
   - the pattern material is subsequently removed by melting off and/or burning out and/or gasifying, with the fibers of the preliminary pattern body remaining in the ceramic mold, and
   - liquid metal is finally introduced into the mold, **characterized in**
     that the mold formed around the pattern is gas-impermeable and that the pressure in the mold environment is lowered below the pressure in the mold interior, or the pressure in the mold interior is raised above the pressure in the mold mold environment.

2. The process according to claim 1, characterized in that mineral fibers are used as said fibers.

3. The process according to claim 1 or 2, characterized in that the fibers are used in the form of a bundle of monofilaments or multifilaments or as wovens, nonwovens or laid-down fibers or as fiber parisons with binder bridges.

4. The process according to any one of the preceding

claims, characterized in that wax is used as pattern material.

5. The process according to any one of claims 1 to 3, characterized in that synthetic resin is used as pattern material.

6. The process according to any one of the preceding claims, characterized in that the preliminary body is freed from the pattern material at the ends or edges and the thus bare fiber sections are fixedly embedded into the ceramic mold when forming it.

7. The process according to any one of the preceding claims, characterized in that the preliminary body is adapted by corresponding shaping to the requirements with respect to geometry and load of the investment casting to be produced.

8. The process according to any one of the preceding claims, characterized in that the pattern body is solely made of at least one preliminary body.

9. The process according to any one of the preceding claims, characterized in that one or a plurality of preliminary bodies are surrounded by pattern material for forming a pattern.

10. The process according to any one of the preceding claims, characterized in that the gas-impermeable ceramic mold is inserted into a vessel wherein a vacuum is generated.

Revendications

1. Procédé de fabrication de pièces obtenues par coulée de précision et réalisées dans un matériau composite contenant des fibres, procédé dans lequel :

   - on produit, à partir d'un matériau du modèle et des fibres contenues dans ce matériau, au moins un corps préalable servant de modèle, lequel corps préalable est un élément constitutif du modèle ou le modèle lui-même,
   - on constitue ensuite un moule en céramique autour du modèle,
   - le matériau du modèle subit ensuite un processus de fusion, de cuisson et/ou de gazéification, où les fibres du corps préalable servant de modèle restent dans le moule en céramique,
   - le métal en fusion étant enfin déposé dans le moule

   caractérisé

   - en ce que le moule constitué autour du modèle est perméable au gaz, et
   - en ce que la pression autour du moule est plus basse par rapport à la pression à l'intérieur du moule, ou
   - en ce que la pression à l'intérieur du moule est plus élevée par rapport à la pression autour du moule.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fibres utilisées sont des fibres minérales.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les fibres sont utilisées sous forme d'un faisceau de monofilaments ou de multifilaments ou comme des tissus, des voiles ou des tissus non tissés ou comme des ébauches en fibres dotées de ponts de liaison.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on utilise de la cire comme matériau du modèle.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on utilise de la résine synthétique comme matériau du modèle.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le corps préalable, au niveau des extrémités ou des bords, est dégagé du matériau du modèle et en ce que les parties de fibres ainsi dégagées sont introduites et fixées dans le moule en céramique au moment où ledit moule est constitué.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le corps préalable, grâce à un formage adéquat, est adapté aux exigences concernant la géométrie et la charge de la pièce à fabriquer par coulée de précision.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le modèle, seul, est formé au moins par un corps préalable.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs corps préalables sont entourés du matériau du modèle afin de constituer un modèle.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moule en céramique perméable au gaz est introduit dans un récipient dans lequel on produit une dépression.

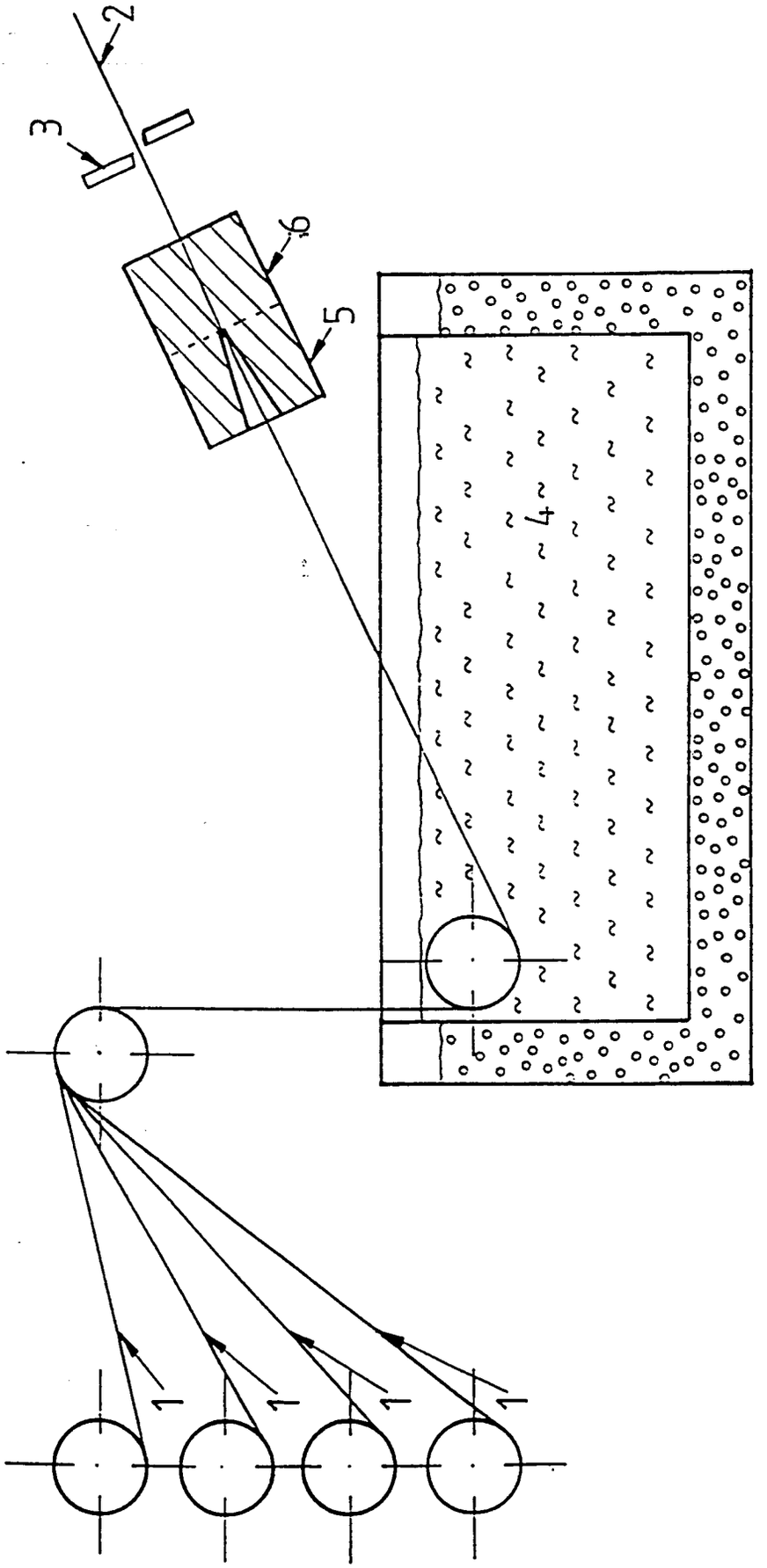


Fig.1

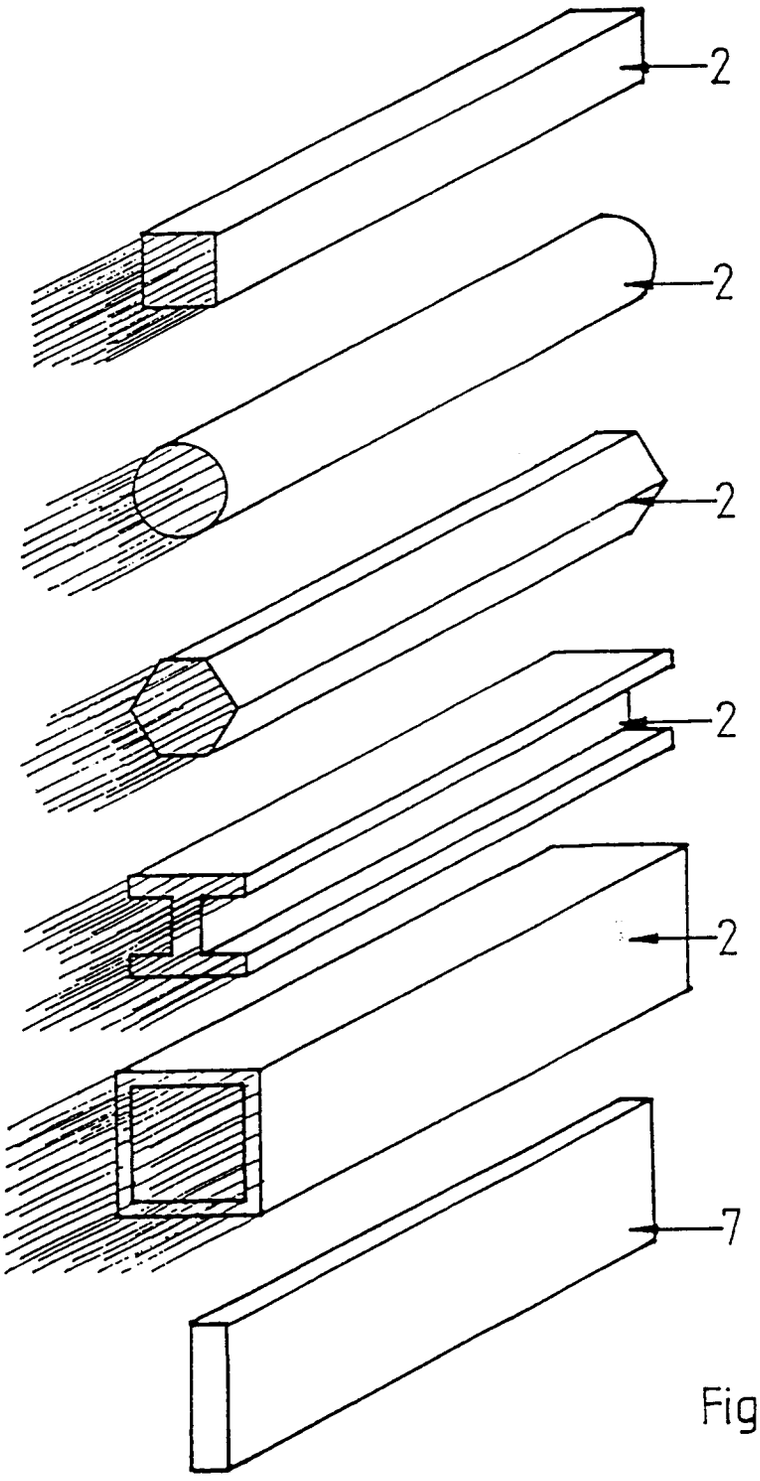


Fig. 2

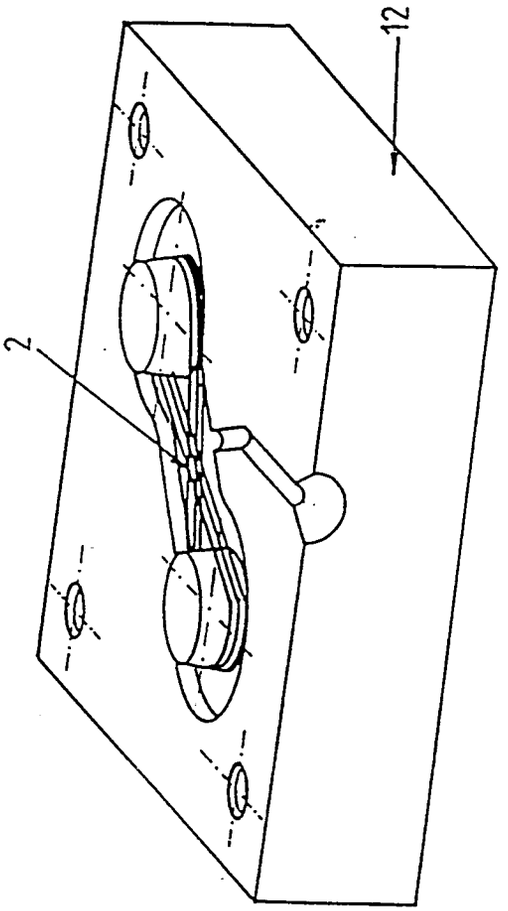


Fig. 4

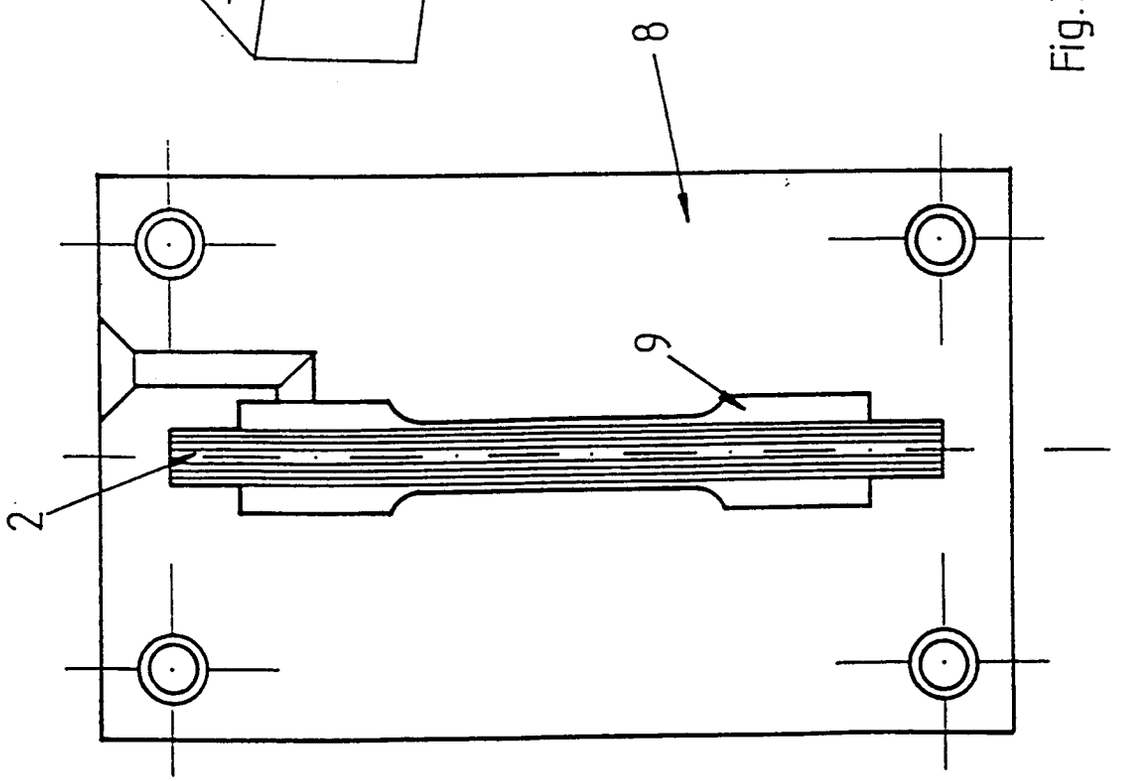


Fig.3

Fig.6

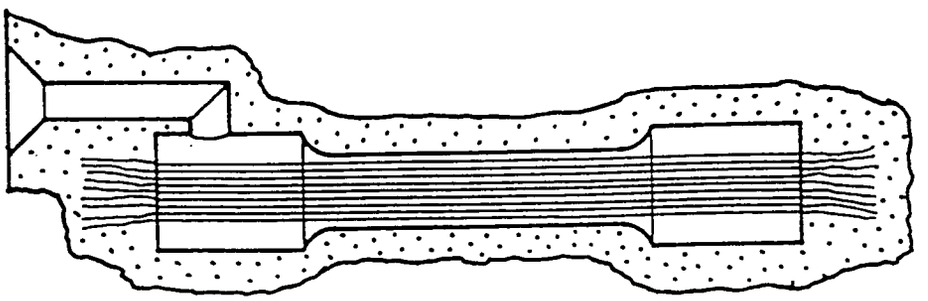


Fig.5

