



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



FASCICULE DU BREVET A5

11

633 732

21 Numéro de la demande: 9165/79

73 Titulaire(s):
Trefimetaux, Clichy (FR)

22 Date de dépôt: 11.10.1979

30 Priorité(s): 12.10.1978 FR 78 29852

72 Inventeur(s):
Marc Moreau, Asnières (FR)

24 Brevet délivré le: 31.12.1982

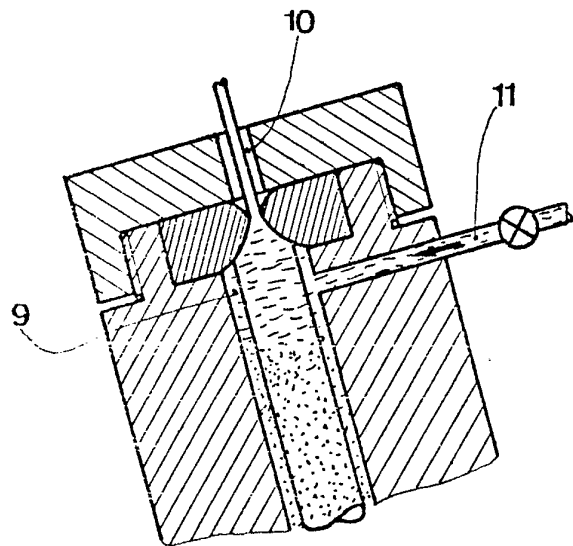
45 Fascicule du brevet
publié le: 31.12.1982

74 Mandataire:
William Blanc & Cie conseils en propriété
industrielle S.A., Genève

54 Procédé et dispositif d'extrusion hydrostatique continue d'une ébauche.

57 En vue de diminuer les fuites de fluides visqueux par les jeux entre rotor et stator nécessaires au fonctionnement de l'appareil, on utilise dans une saignée du rotor, pour faire avancer l'ébauche, un fluide moteur ayant une viscosité supérieure à celle du fluide situé dans la chambre isostatique (9) où règne la pression d'extrusion. La puissance de pompage est, de ce fait, fortement diminuée, et on peut éviter l'emploi de multiplicateurs de pression coûteux et fragiles.

Application à l'extrusion hydrostatique continue de métaux.



REVENDEICATIONS

1. Procédé d'extrusion hydrostatique continue d'une ébauche, de longueur indéfinie, en un objet, de longueur également indéfinie, mais de section différente, dans lequel l'ébauche, entourée d'une quantité d'un fluide visqueux, est introduite dans une saignée taillée dans un rotor coopérant avec un stator formant couvercle, cette saignée recevant directement, par un moyen d'introduction, le fluide moteur engendrant, par une pénétration progressive du couvercle dans la saignée, une pression progressivement croissante du point d'entrée à la pression ambiante jusqu'à la chambre isostatique où règne la pression d'extrusion et assurant une adhérence suffisante pour que le mouvement du rotor entraîne l'ébauche avec un glissement négligeable de l'amont à la pression ambiante jusque vers l'aval, à l'entrée de la chambre isostatique d'où elle s'échappe par extrusion hydrostatique à travers, au moins, un orifice de filière, caractérisé en ce que le fluide visqueux situé dans la saignée possède une viscosité supérieure à celle du fluide situé au voisinage de la filière.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque fluide est choisi parmi les substances solides, liquides, liquéfiées, pâteuses, pulvérulentes possédant une aptitude à l'écoulement dans les conditions de température et de pression régnant dans la saignée et dans la chambre isostatique.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le fluide moteur est un sel d'acide gras.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le fluide moteur est un sel alcalin ou alcalino-terreux d'un acide gras choisi parmi les acides oléique, sébacique, stéarique, palmitique.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fluide situé dans la chambre isostatique est porté à une température supérieure à celle du fluide moteur situé dans la saignée.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on injecte dans la chambre isostatique un fluide dont la viscosité est inférieure à celle du fluide moteur situé dans la saignée.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la température du fluide moteur situé dans la saignée est régulée.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la température du fluide situé dans la chambre isostatique est régulée.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fluide moteur est introduit dans la saignée par au moins un orifice pratiqué dans le stator.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'excès de fluide moteur est évacué par au moins l'un des orifices pratiqués dans le stator.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fluide moteur s'échappant de l'appareil par les différentes fuites indispensables à son fonctionnement est récupéré et réintroduit dans le circuit.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ébauche est préchauffée, pour augmenter son aptitude à la déformation.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, grâce à la présence d'un stator composé de deux éléments identiques, on extrude simultanément deux ébauches.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, grâce à la présence d'un rotor comportant au moins deux saignées, coiffées d'un couvercle en au moins deux éléments, faisant chacun fonction de stator, on extrude simultanément au moins deux ébauches.

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ébauche est constituée de plusieurs éléments distincts introduits conjointement dans la saignée du rotor et pressés ensemble, lors de leur passage dans la filière d'extrusion.

16. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant un rotor et un stator coaxiaux coopérants, le rotor portant, tracée à sa surface, une saignée de révolution

recevant l'ébauche à extruder, le stator formant, sur un premier secteur de la saignée, contenant l'ébauche et un fluide moteur, un couvercle sensiblement étanche vis-à-vis du fluide, le stator comportant également, dans un deuxième secteur de la saignée, situé en aval du précédent, un ergot, obstruant en totalité la section de la saignée et exactement ajusté à celui-ci pour la rendre suffisamment étanche vis-à-vis du fluide visqueux, le stator comportant un moyen d'alimentation de la saignée en fluide moteur, ainsi qu'un orifice situé en face du premier secteur de la saignée, au voisinage du second secteur et débouchant, par un conduit allongé traversant le stator, dans une chambre isostatique communiquant vers l'extérieur au travers d'au moins un orifice de filière, le moyen d'alimentation en fluide moteur engendrant, dans le premier secteur de la saignée, un gradient de pression du point d'entrée, à la pression ambiante, jusqu'à l'entrée du conduit débouchant dans la chambre isostatique où règne la pression d'extrusion, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de régulation de la température de chaque fluide.

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que la chambre isostatique est munie d'un orifice obturable placé au voisinage de la filière.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que l'orifice obturable est raccordé à un moyen d'injection de fluide sous pression.

19. Dispositif selon l'une des revendications 16 à 18, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de préchauffage de l'ébauche.

La présente invention concerne un procédé d'extrusion hydrostatique continue et un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé. On sait, depuis les travaux de P.W. Bridgman, que la ductilité de beaucoup de métaux et alliages croît lorsqu'on leur applique une pression croissante et qu'on peut les déformer sans fracture, et notamment les extruder au travers d'une filière, sous des pressions très élevées. Ces travaux ont été publiés, en particulier, dans l'ouvrage «Large Plastic Flow and Fracture» publié par McGraw-Hill, New York, en 1952, et ont fait l'objet du brevet US N° 2558035.

Mais toutes les tentatives pour mettre en œuvre l'effet Bridgman en vue d'extruder une ébauche de longueur indéfinie se sont heurtées à la complexité des appareillages et n'ont pas abouti jusqu'à présent à une exploitation industrielle.

Les brevets français N°s 2310813 et 2373339 décrivent un procédé et un appareillage ouvrant la voie à une mise en œuvre industrielle de l'extrusion hydrostatique d'une ébauche de longueur indéfinie. Selon le premier de ces brevets, l'ébauche à extruder est tout d'abord conformée pour faire apparaître deux faces plates sensiblement parallèles, puis introduite dans un canal formé par deux organes coaxiaux en mouvement relatif, l'organe mobile dit rotor, portant une saignée de révolution plus profonde que large, tracée à sa surface et comportant deux faces latérales sensiblement parallèles; l'autre organe dit stator, qui forme un couvercle, constitue avec la saignée un canal, obturé par un ergot solidaire du stator, et porte au moins une filière. L'ébauche, entourée sur toutes ses faces par un liquide visqueux, est entraînée vers la filière par les forces développées dans le fluide par le rotor sans qu'il y ait de contact direct, métal sur métal, entre l'ébauche et les parois du rotor, contrairement à ce qui se produisait dans les procédés antérieurs, tels que celui décrit dans les brevets français N°s 2128843 et 2197665.

Selon le second de ces brevets, N° 2373339, qui constitue un perfectionnement du premier, l'ébauche à extruder est appliquée sur les parois ou le fond de la saignée pratiquée dans le rotor, sous l'action du fluide visqueux, de façon telle que ladite ébauche soit entraînée par le rotor sans glissement, en direction d'une chambre d'extrusion d'où elle est spontanément extrudée au travers d'une filière.

Le fluide visqueux est amené au-dessus du produit à extruder, à la pression d'extrusion au voisinage de la filière et à des pressions plus faibles en un ou plusieurs points situés entre l'entrée du produit et la filière. La répartition de la pression du fluide visqueux au-dessus du produit est telle que l'adhérence des deux génératrices du produit au contact avec les flancs de la saignée trapézoïdale est suffisante pour assurer l'entraînement du produit par contact métal-métal, sans glissement par rapport au rotor.

Dans ce dispositif, on a, de plus, disposé la filière hors de la saignée, ce qui permet de la rendre plus accessible et de la dimensionner plus largement. De la sortie de la saignée jusqu'à la filière, le produit traverse une chambre ménagée dans le stator où règne la pression d'extrusion, dite chambre isostatique.

Bien que ces procédés et le dispositif de mise en œuvre fonctionnent de façon tout à fait satisfaisante, un certain nombre d'inconvénients sont apparus, en particulier en ce qui concerne la puissance de pompage du liquide visqueux. En effet, la pression du travail peut atteindre 1600 MPa et le débit de fuite moyen du fluide visqueux est de l'ordre de 25 à 30 ml/s. Compte tenu du rendement, cela correspond à une puissance de pompage qui se situe dans la gamme de 50 à 100 kW. En outre, sous cette pression élevée, les multiplicateurs de pression à gros débits sont soumis à un travail très dur et l'ensemble de l'appareillage nécessite un entretien relativement important et onéreux.

L'objet de la présente invention est un perfectionnement du procédé et du dispositif d'extrusion hydrostatique qui viennent d'être décrits.

Le procédé selon l'invention présente les caractéristiques spécifiées dans la revendication 1.

Le fait que le fluide moteur situé dans la saignée possède une viscosité supérieure à celle du fluide situé au voisinage de la filière autorise des jeux de fonctionnement entre rotor et stator plus importants, sans augmenter le débit de fuite. En outre, le fait que le fluide moteur, introduit initialement sous pression faible ou nulle, est amené sous la haute pression nécessaire sous l'effet de la rotation du rotor, permet de supprimer les multiplicateurs de pression coûteux et relativement fragiles.

Chaque fluide visqueux (le fluide moteur contenu dans la saignée et le fluide situé au voisinage de la filière) peut être choisi parmi les substances solides, liquides, liquéfiées, pâteuses, pulvérulentes, possédant une aptitude à l'écoulement dans les conditions de température et de pression régnant dans la saignée et dans la chambre isostatique. De cette façon, le choix est extrêmement large. Parmi les substances convenant à la mise en œuvre de l'invention, on peut citer des sels d'acides gras (tels qu'oléates, sébacates, palmitates, stéarates) et, en particulier, le stéarate de calcium, des poudres minérales ou organiques, par exemple des poudres en granulés de chlorure de polyvinyle, de polyoléfines, de polytétrafluorocarbonate, etc.

En ce qui concerne le fluide situé dans la chambre isostatique, on peut lui conférer une viscosité inférieure à celle du fluide moteur situé dans la saignée par plusieurs moyens, soit en chauffant la chambre isostatique, soit en refroidissant la saignée, soit encore en introduisant dans la chambre isostatique un fluide ayant, par nature, une viscosité inférieure à celle du fluide moteur situé dans la saignée. Ce fluide peut être un liquide, tel qu'un hydrocarbure liquide, mais aussi un gaz liquéfié sous la pression régnant dans la chambre isostatique, par exemple du butane, du propane, du dioxyde de carbone.

Par ailleurs, la mise en œuvre du procédé étant liée à la viscosité des fluides utilisés et la viscosité étant elle-même dépendante, sous une pression donnée, de la température, il est important de pouvoir maintenir la température du ou des fluides, aussi bien dans la saignée que dans la chambre isostatique, à une valeur convenable, soit que l'on chauffe pour diminuer la viscosité, soit que l'on refroidisse pour éliminer la chaleur dégagée par le processus d'extrusion et augmenter la viscosité du ou des fluides.

Différentes dispositions annexes facilitent la mise en œuvre du procédé:

— le fluide moteur est introduit dans la saignée par au moins un orifice pratiqué dans le stator par un dispositif de type connu;

— l'excès éventuel de fluide moteur peut être évacué par au moins l'un des orifices pratiqués dans le stator;

— le fluide moteur s'échappant de l'appareil par les différentes fuites indispensables à son fonctionnement peut être récupéré et réintroduit dans le circuit générateur de haute pression;

— grâce à la présence d'un stator composé de deux éléments identiques, on peut extruder simultanément deux ébauches;

— grâce à la présence d'un rotor comportant au moins deux saignées coiffées d'un couvercle en au moins deux éléments, faisant chacun fonction de stator, on peut extruder simultanément au moins deux ébauches;

— l'ébauche peut être constituée de plusieurs éléments distincts introduits conjointement dans la saignée du rotor et fortement pressés ensemble lors de leur passage dans la filière d'extrusion.

Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé qui vient d'être mentionné présente les caractéristiques spécifiées dans la revendication 16.

Conformément à une forme d'exécution particulière de ce dispositif, la chambre isostatique est munie d'un orifice obturable qui peut être raccordé à un moyen d'injection sous pression d'un fluide d'une viscosité inférieure à celle du fluide moteur.

Par souci de simplification, nous désignons par le terme de fluide toute substance liquide ou liquifiée, pâteuse ou pulvérulente ou même solide possédant, dans les conditions de température et de pression régnant dans le dispositif, une aptitude à l'écoulement.

Les figures et les exemples qui suivent permettront de préciser la mise en œuvre de l'invention.

Les fig. 1 et 2 montrent deux profils de la saignée dans laquelle l'ébauche est entraînée.

La fig. 3 représente la filière au travers de laquelle l'ébauche est extrudée.

La fig. 4 montre la disposition générale du dispositif d'extrusion selon l'invention.

La fig. 5 schématise l'évolution de la pression dans la saignée.

L'ébauche 1 est disposée dans la saignée à section trapézoïdale 2 pratiquée dans le rotor 3. Dans ce cas, l'ébauche s'appuie sur les flancs de la saignée, mais elle est entraînée sans glissement, c'est-à-dire sans friction métal sur métal. La pression de fluide est générée par le redan en spirale 4 du stator, comme dans le brevet français N° 2310813. Mais il est également possible d'adopter une saignée 5 à faces parallèles (fig. 2), dans laquelle l'ébauche est entièrement entourée par le fluide moteur, sans contact entre l'ébauche et les parois de la saignée.

Le stator 6 (fig. 4) comporte un ou plusieurs orifices 7 reliant localement la saignée du rotor à un conduit radial 8. On peut ainsi ajuster la pression dans la zone correspondante de la saignée en injectant par l'orifice ou les orifices 7 un complément de fluide moteur ou, au contraire, en permettant l'échappement d'un excédent.

On a découvert que le fluide moteur pouvait ne plus être obligatoirement un fluide au sens classique du terme, mais toute substance liquide, liquifiée, pâteuse ou pulvérulente, ou même solide possédant, dans les conditions de température et de pression régnant dans la saignée et dans la chambre d'extrusion, une aptitude à l'écoulement. En particulier, on a découvert qu'un certain nombre de poudres et notamment les sels d'acides gras possédaient, sous les pressions mises en œuvre, de l'ordre de plusieurs milliers de bars, une aptitude à l'écoulement qui permet leur emploi à la fois comme agent de transmission de la pression hydrostatique et comme agent moteur de l'ébauche à extruder mais, du fait de leur viscosité très élevée, pour autant qu'on puisse parler de viscosité dans le cas d'une substance qui n'est pas réellement fluide, le débit de fuite au niveau des différents jeux de fonctionnement est extrêmement faible. Comme la puissance du groupe de pompage est égale (au rendement près) au produit du débit de fuite par la pression, il en résulte que la puissance nécessaire est abaissée de façon considérable par rapport à celle qui

est nécessaire dans le cas d'un fluide visqueux classique, tel que les huiles naturelles ou synthétiques.

De même, des poudres ou granulés de chlorure de polyvinyle, de polyoléfines (polyéthylène), polytétrafluorocarbène, conviennent pour la mise en œuvre de l'invention.

Cependant, il est parfois difficile de concilier dans le même fluide les caractéristiques différentes exigées par l'étanchéité, d'une part (faible débit de fuite), et par l'extrusion, d'autre part (aptitude du fluide à la lubrification de la filière).

Il est alors possible d'utiliser soit un même fluide sous deux états différents, soit deux fluides différents, par exemple une poudre de stéarate comme fluide moteur et un produit à plus faible viscosité dans la chambre isostatique 9 au voisinage de la filière 10, injecté par exemple par l'orifice 11. Ce fluide peut être un hydrocarbure liquide quelconque, des huiles naturelles ou synthétiques, ou même du simple pétrole (également appelé kérosène).

Comme, par ailleurs, la viscosité d'une substance diminue, sous une pression donnée, quand la température s'élève, il peut être avantageux de munir le dispositif d'extrusion de moyens connus pour porter la température du fluide, localement ou dans son ensemble, à une valeur convenable. C'est ainsi que l'on peut soit chauffer la chambre isostatique, soit refroidir la saignée (et éventuellement l'ébauche), de façon que le fluide situé dans la saignée ait une viscosité supérieure à celle du fluide situé dans la chambre isostatique, conformément à l'invention. Si le fluide visqueux est du stéarate de calcium, on peut, par exemple, chauffer la chambre isostatique au voisinage ou au-dessus de son point de fusion qui est 180°C. On peut, accessoirement, refroidir la filière qui a généralement tendance à s'échauffer par le processus même d'extrusion. De même, dans certains cas, il peut être avantageux de préchauffer l'ébauche pour augmenter son aptitude à la déformation.

Dans le cas où l'on injecte dans la chambre isostatique, au voisinage de la filière, un fluide différant de celui qui est dans la saignée, il faut utiliser pour cela un petit multiplicateur de pression. Mais il faut remarquer que ce multiplicateur travaille à pression élevée sous un faible débit, car il n'y a à ce niveau aucune autre fuite que le mince film de fluide entraîné par le produit extrudé et qui sert à lubrifier la filière, et cette fuite est très faible.

Exemple 1:

Dans un dispositif conforme à celui des fig. 2 et 4, on a introduit une ébauche en cuivre de 10 mm de diamètre, entraînée à une vitesse

de 0,50 m/s. Le fluide moteur est de la poudre de stéarate de calcium. On a injecté, en outre, dans la chambre isostatique, par l'orifice 11 (fig. 3), au voisinage de la filière 10, du pétrole (kérosène) sous une pression de 1500 MPa.

La partie active du rotor, schématisée sur la fig. 5 par la partie épaissie du cercle extérieur, a une longueur de 2,5 m et la saignée a une section de 80 × 10 mm à l'entrée, diminuant progressivement, selon le schéma de la fig. 5, jusqu'à 20 × 10 à l'entrée du canal 12, conduisant à la filière, dont le diamètre de sortie est de 2 mm, cette disposition assurant le gradient de pression le long de la saignée jusqu'à la chambre isostatique.

La poudre est injectée par l'orifice 13 sous une pression faible ou nulle qui augmente jusqu'à environ 1500 MPa à l'entrée du canal 12.

L'ébauche avance avec le rotor, car la force d'adhérence de l'ébauche dans la poudre est supérieure à la poussée inverse, qui tendrait à la faire reculer, exercée sur elle par la pression de 1500 MPa. On estime que la force d'adhérence à la poudre sur les parois de la saignée est, en moyenne, supérieure à 200 N/cm² de surface de contact. L'effort exercé par la poudre pour faire avancer l'ébauche est donc supérieur à $3,14 \times 1 \times 250 \times 200 = 15,7 \cdot 10^4 \text{ N}$.

L'effort exercé par la pression d'extrusion et s'opposant à l'avance de l'ébauche est: $1,5 \cdot 10^9 \text{ Pa} \times 0,785 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 11,8 \cdot 10^4 \text{ N}$.

La comparaison de ces deux résultats montre que l'entraînement de l'ébauche par la poudre, en l'absence du contact direct métal-métal de l'ébauche sur les parois et/ou le fond de la saignée, s'effectue avec un coefficient de sécurité largement suffisant

$$\left(\frac{3,9}{11,8} \times 100 = 33\%\right).$$

Le fond de la saignée peut alors avoir une forme quelconque, ainsi d'ailleurs que le produit à extruder, à la seule condition qu'il puisse être logé dans la saignée 5.

Exemple 2:

On a opéré dans des conditions identiques à celles de l'exemple 1, mais l'orifice 11 a été obturé et on a chauffé la zone de la chambre isostatique de façon à porter sa température à 180°C, correspondant au point de liquéfaction commençante du stéarate de calcium.

On a obtenu, sans difficulté et sans grippage de la filière, l'extrusion d'un fil de 2 mm.

D'autres types de poudres, en particulier les sels d'acides gras, peuvent être utilisés comme fluide visqueux dans des conditions comparables à celles qui viennent d'être décrites.

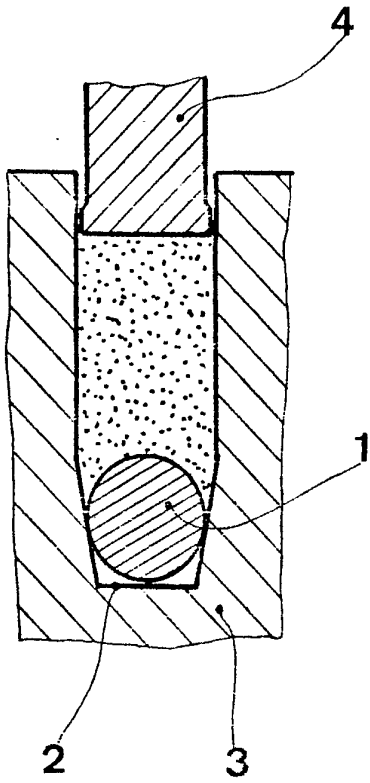


FIG.1

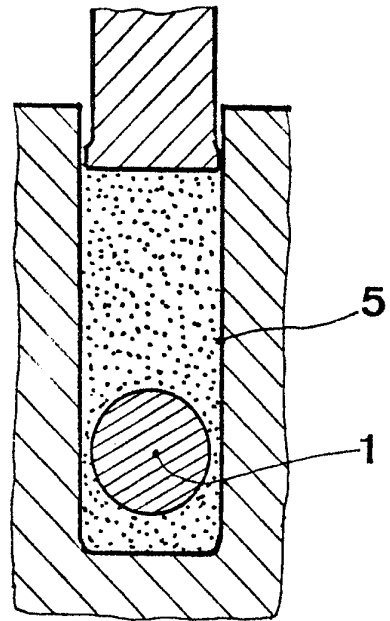


FIG.2

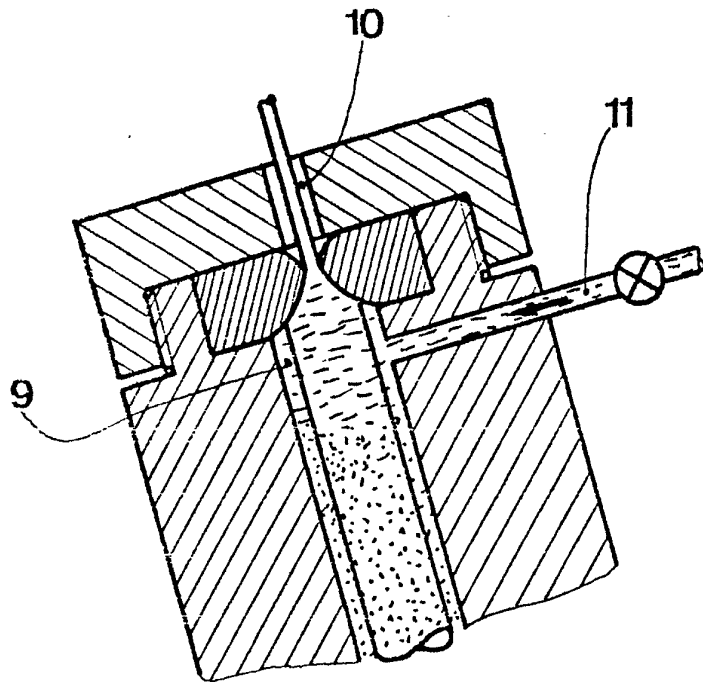


FIG.3

FIG.4

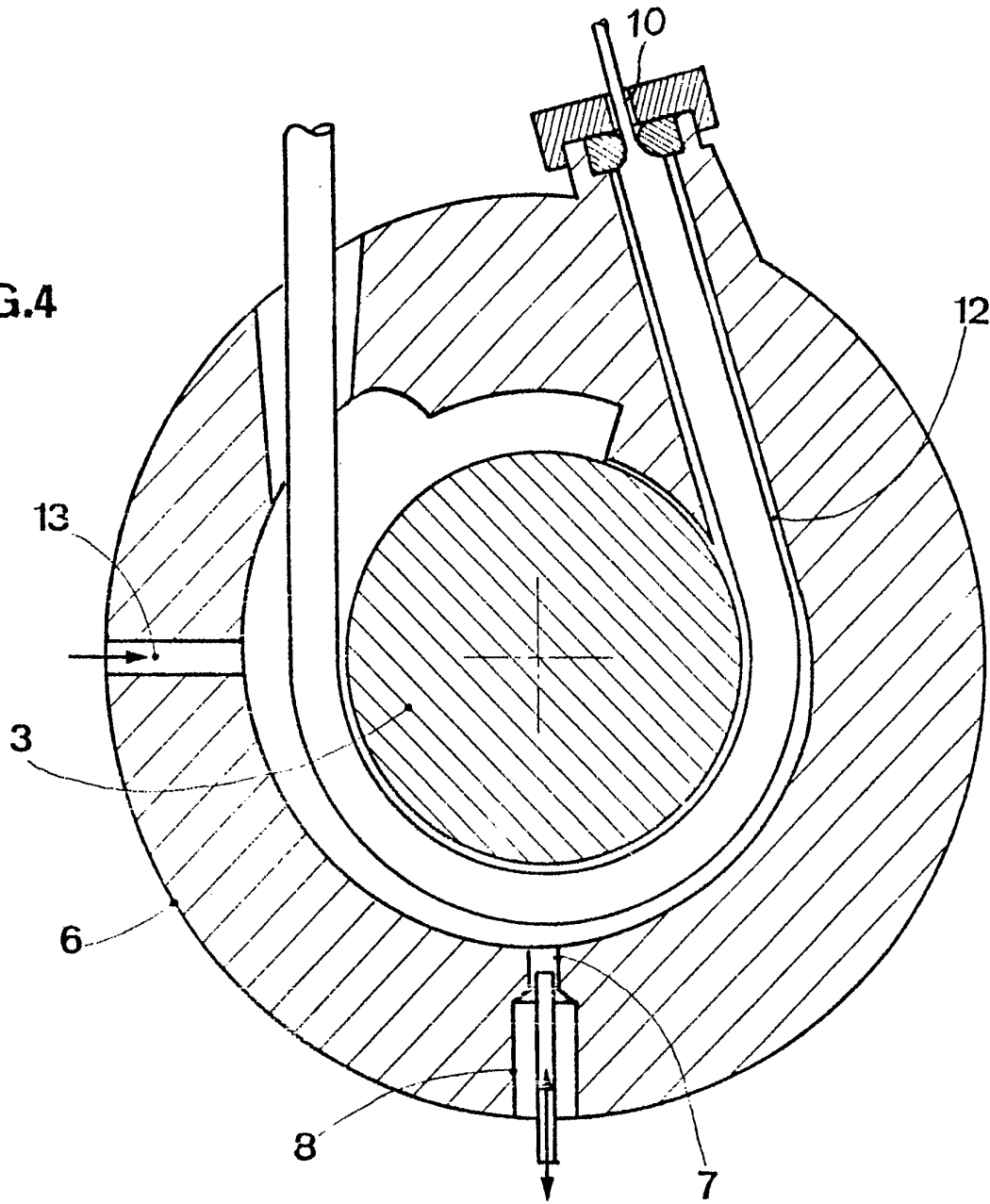


FIG.5

