

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 760 456 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

05.03.1997 Bulletin 1997/10(51) Int Cl.⁶: **F27B 7/20, F27B 7/38**(21) Numéro de dépôt: **96401717.2**(22) Date de dépôt: **01.08.1996**

(84) Etats contractants désignés:

BE CH DE GB IT LI(30) Priorité: **03.08.1995 FR 9509462**

(71) Demandeurs:

- **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
75015 Paris Cédex 15 (FR)
- **ELECTRICITE DE FRANCE Service National**
F-75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

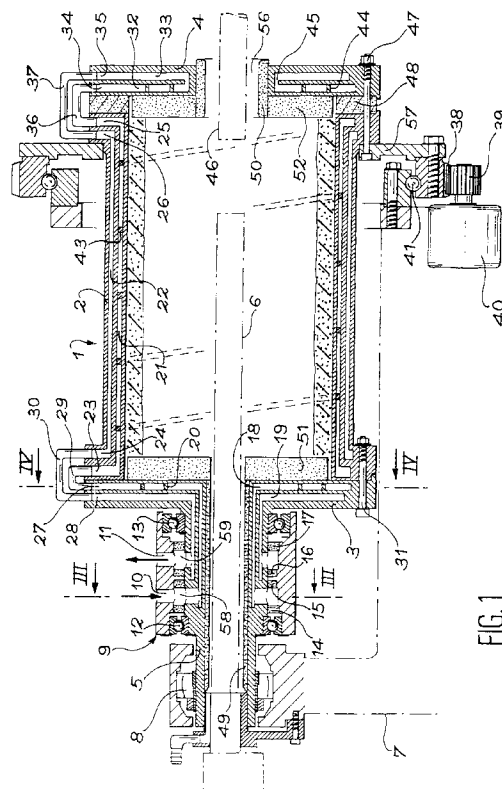
- **Jegou, Claude**
84530 Villelaure (FR)
- **Kassabji, Fayez**
77210 Avon (FR)
- **Renaux, Charley**
13490 Jouques (FR)

(74) Mandataire: **Ilgart, Jean-Christophe et al**

c/o Société Brevatome,
25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

(54) **Four de fusion tournant**

(57) Ce four de fusion tournant, où la matière à fondre, repoussée par les forces centrifuges contre la paroi cylindrique de l'enceinte (1), la protège par un effet d'auto-creuset de la chaleur émise par une source centrale (6, 46), comprend une enceinte unitaire et un circuit de refroidissement commun et en principe creusé dans la virole (2) et les flasques (3, 4); ses parties peuvent être reliées par des tuyaux de raccordement extérieurs (29, 30, 36, 37); des rigoles circulaires de distribution et de collecte (58, 59) dans lesquelles débouchent des conduits fixes (10, 11) assurent une circulation continue.

**FIG. 1****EP 0 760 456 A1**

Description

L'invention concerne un four de fusion tournant.

La fusion de produits réfractaires, tels que la zircone et la magnésie qui fondent à 2700°C et 2800°C respectivement, impose l'emploi de fours spéciaux tels que les fours tournants à arc électrique. Ces fours comprennent une enceinte cylindrique dont l'axe est occupé par des électrodes entre lesquelles l'arc est dardé, et cette enceinte est mise en rotation pour que la matière à fondre se rassemble sur la paroi de l'enceinte et la protège des échauffements excessifs, formant ce qu'on appelle un auto-creuset, car elle ne fond que pour la couche superficielle donnant sur le centre du four et reste à de plus basses températures vers les couches extérieures adjacentes à l'enceinte.

Malgré cette protection offerte par une partie de la matière à fondre, l'enceinte doit être refroidie.

Elle est formée de trois parties dans un four connu : deux flasques d'extrémité en forme de disque et une virole cylindrique qui les unit. Les flasques sont fixes et seule la virole tourne, ce qui impose de rétablir la continuité de l'enceinte par des joints intercalaires. Les flasques sont boulonnés à une virole extérieure fixe qui entoure la virole tournante et la soutient par l'intermédiaire de roulements. L'intervalle entre les viroles forme une chambre affectée au refroidissement de la virole intérieure. On utilise pour cela un circuit d'aspersion à conduit d'alimentation débouchant au sommet de la chambre, où il se termine par des buses d'aspersion, et un conduit de collecte débouchant au bas de la chambre.

La chambre doit donc être isolée à ses bords longitudinaux par des joints d'étanchéité pour éviter les fuites et protéger les roulements.

Comme les flasques doivent aussi être refroidis et que des précautions doivent être prises pour éviter les transferts d'arc le long de l'enceinte il faut ajouter deux circuits de refroidissement et de multiples joints d'étanchéité et d'isolation électrique entre la virole intérieure et les flasques d'une part, et la virole extérieure et d'autres parties fixes de l'installation d'autre part. L'agencement du four devient alors très compliqué.

L'objet de l'invention est de simplifier les fours de fusion tournants, notamment en ce qui concerne les dispositifs liés à leur support à un bâti fixe, leur refroidissement et l'agencement de joints d'isolation électrique qui les séparent en plusieurs parties.

Les inventeurs ont constaté que ces objets pouvaient être atteints en rendant la virole solidaire des flasques et en prévoyant un circuit de refroidissement unique pour les flasques et la virole, malgré les difficultés pour assurer un écoulement correct le long de cette enceinte de grande surface et de forme complexe qui impose des pertes de charges importantes.

Dans sa nouvelle conception, le four peut être soutenu à partir essentiellement du flasque par lequel pénètre l'arc, par un arbre creux livrant passage à une des électrodes, et le circuit de refroidissement peut se ter-

miner au niveau de cet arbre : les dispositifs d'alimentation en liquide de refroidissement et d'étanchéité sont reportés à cet endroit hors de l'enceinte et le four est alors très simplifié.

La circulation du liquide de refroidissement peut être facilitée en donnant au circuit une forme ou une orientation permettant, à la rotation du four, de propulser le liquide dans le sens de l'écoulement par les forces d'inertie. On peut ainsi promouvoir un écoulement spiral dans les flasques et un écoulement hélicoïdal le long de la virole.

Le circuit de refroidissement est avantageusement creusé dans les flasques et la virole et prend la forme d'un circuit à contre-courant, où le liquide circule dans le four en formant deux nappes ou deux couches superposées. En pratique, les flasques et la virole sont généralement produits séparément et assemblés, et il serait difficile de raccorder les portions du circuit de refroidissement de ces pièces sans ajouter des joints d'étanchéité qui seraient soumis à une température élevée et compliqueraient de nouveau l'agencement. C'est pourquoi il est probablement meilleur que les portions de circuit de refroidissement débouchent sur la face externe de l'enceinte, sans se raccorder entre elles, et soient réunies par des tuyaux contournant les raccordements de la virole aux flasques.

Ces caractéristiques de l'invention ainsi que d'autres seront décrites plus en détail à l'aide des figures suivantes, qui sont annexées à titre illustratif et non limitatif :

- la figure 1 est une vue d'une réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une vue d'une autre réalisation,
- la figure 3 est un détail de la figure 1 pris selon la coupe III-III,
- et la figure 4 est un détail de la figure 1 pris selon la coupe IV-IV.

On aborde le commentaire de la figure 1. L'essentiel de la structure du four est formé par une enceinte 1 composée d'une virole cylindrique 2 unie à un flasque de support 3 et à un flasque de coulée 4, tous deux en forme de disque. Le flasque de support 3 est prolongé par un arbre 5 creux, coaxial à la virole 2 et qu'occupe une électrode 6 qui s'étend sur une grande partie de la longueur de l'enceinte 1, selon son axe, et darde l'arc électrique agent de la fusion vers une autre électrode 46, qui traverse le flasque de coulée 4 à l'emplacement d'un trou de coulée 56 central. L'arc est rayonné vers la matière à fondre, qui couvre la face interne de la virole 2 en fonctionnement, quand l'enceinte 1 tourne. La seconde électrode 6 est retirée avant de déverser la matière fondue hors de l'enceinte 1.

L'arbre 5 est soutenu par un bâti 7 par l'intermédiaire d'un roulement 8. Il est entouré par une boîte 9 de distribution et de collecte de liquide de refroidissement, en forme de bague, traversée à son sommet par un con-

duit d'alimentation 10 et par un conduit de collecte 11. La boîte 9 est soutenue à ses extrémités axiales par une paire de roulements 12 et 13 qui l'unissent à l'arbre creux 5. Deux paires de joints 14, 15 et 16, 17 s'étendant tous entre l'arbre 5 et le boîtier 9 -et encadrés par les roulements 12 et 13- ont pour fonction d'isoler les conduits d'alimentation 10 et de collecte 11 l'un de l'autre et des roulements 12 et 13.

L'enceinte 1 est formée de trois couches pleines séparées par des canaux superposés formant le circuit de refroidissement. On verra que ces canaux forment en réalité un canal unique dans la totalité de l'enceinte 1. Le flasque de support 3 est ainsi creusé d'un canal d'alimentation 18 et d'un canal de collecte 19 conjoints, plans et circulaires, et qui se prolongent par des portions annulaires et concentriques dans l'arbre 5. Cependant, alors que le canal de collecte 19 est parfaitement dégagé, le canal d'alimentation 18 est en partie occupé, dans le flasque 3, par une spirale 20 (bien visible à la figure 4) qui le transforme en canal spiral dans lequel un écoulement centrifuge du liquide de refroidissement est assuré grâce au sens de rotation de l'enceinte 1. Les canaux d'alimentation 18 et de collecte 19 se terminent dans l'arbre creux par des gorges ou des rigoles circulaires 58 et 59 adjacentes dans lesquelles les conduits d'alimentation 10 et de collecte 11 débouchent respectivement : quelle que soit la position de l'enceinte 1, la circulation d'eau de refroidissement est donc ininterrompue pendant la rotation. Cette construction apparaît pleinement à la figure 3.

La virole 2 est elle-même creusée d'un canal 21 d'alimentation et d'un canal de retour 22 concentriques et annulaires ; le canal de retour 22 est entièrement dégagé mais le canal d'alimentation 21 est occupé par une hélice 43 qui le transforme en canal hélicoïdal dans lequel le liquide de refroidissement se voit imposer un écoulement dirigé vers le flasque de coulée 4 quand l'enceinte 1 tourne.

Les canaux d'alimentation 21 et de retour 22 ne s'étendent pas jusqu'au bout de la virole 2 mais se terminent par des orifices, 23 et 24 respectivement, du côté du flasque du support 3, et 25 et 26 respectivement du côté du flasque de coulée 4. Tous ces orifices 23 à 26 ont une direction radiale et forment donc des coudes avec les canaux 21 et 22.

Les orifices 23 et 24 débouchent donc sur la face externe de l'enveloppe 1 à côté d'orifices 27 et 28 des canaux d'alimentation 18 et de collecte 19 du flasque de support 3. On dispose alors des tuyaux en arceau 29 et 30 pour relier respectivement les orifices 23 et 27 et les orifices 24 et 28. Grâce à cette disposition, la virole 2 peut être assemblée au flasque de support 3 par des boulons 31, sans précautions particulières et notamment sans qu'il soit besoin de prévoir des systèmes d'étanchéité compliqués.

Le flasque de coulée 4 est lui-même muni d'un canal d'alimentation 32 et d'un canal de retour 33 munis d'orifices 34 et 35 respectifs débouchant à sa périphérie

et à côté des orifices 25 et 26. Il suffit alors d'ajouter d'autres tuyaux en arceau 36 et 37, respectivement entre les orifices 25 et 34 et entre les orifices 26 et 35, pour que le circuit de refroidissement soit parfaitement unifié entre les conduits d'alimentation 10 et de collecte 11, les canaux d'alimentation et de retour 32 et 33 se raccordant en une jonction 45 autour du trou de coulée 56.

De façon analogue aux autres portions de l'enceinte 1, le canal de retour 33, par ailleurs plan et circulaire, est parfaitement dégagé, alors que le canal d'alimentation 32, lui aussi plan, circulaire et parallèle au précédent, est occupé par une spirale 44 qui impose un mouvement centripète au liquide de refroidissement quand l'enceinte 1 tourne : son orientation est donc opposée à celle de la spirale 20 du flasque de support 3.

Une bride 57 est liée à la virole 2, près du flasque de coulée 4, par des boulons 47 ; elle porte une couronne dentée 38 qui engrène avec un pignon 39 d'un moteur 40 fixé au bâti 7. Par ailleurs, un roulement 41 est disposé entre la bride 57 et le bâti 7. Les roulements 8 et 41 soutiennent ainsi parfaitement l'ensemble constitué par l'enceinte 1 et l'arbre creux 5 qui le prolonge, par ses deux extrémités. Le moteur 40 entraîne l'enceinte 1 en rotation par l'intermédiaire de la couronne dentée 38 et de la bride 57.

Les boulons 47 servent aussi à assembler le flasque de coulée 4 à la virole 2 ; il s'agit de boulons isolants, car on désire établir une barrière aux écoulements d'électricité et aux amorces d'arc entre ces deux pièces. On intercale pour cela une garniture circulaire isolante 48, que les boulons 47 compriment, entre les faces en vis-à-vis de la virole 2 et du flasque de coulée 4 ; les tubes en arceau 36 et 37 sont aussi isolants, de même que l'eau de refroidissement à un degré suffisant, car elle est déminéralisée. Il a été constaté qu'aucun autre joint isolant n'était nécessaire en pratique, ce qui diffère grandement du four connu, même s'il faut ici aussi prévoir des manchons isolants 49 et 50 dans l'arbre creux 5 et le trou de coulée 56 pour isoler ces pièces des électrodes 6 et 46, et des disques isolants 51 et 52 couvrant les faces internes des flasques 3 et 4 afin qu'ils ne fixent pas l'arc.

La figure 2 illustre un agencement un peu différent. Les électrodes 6 et 46 et les disques isolants 51 et 52 ont été omis de la représentation pour l'alléger.

Le moteur 40 est déplacé et prend la référence 40' ; il est situé près de l'arbre creux 5 et son pignon 39' engrène avec une couronne dentée 38' construite à la périphérie du flasque de support 3. De plus, ce dernier est d'une pièce avec la virole 2, et leurs canaux d'alimentation 18 et 21, de même que leurs canaux de collecte 19 et de retour 22, communiquent directement, sans orifice ni raccord visible à l'extérieur. Le flasque de coulée 4 reste séparé de la virole 2 par la garniture circulaire isolante 48, et on retrouve donc les tuyaux en arceau 36 et 37 pour relier leurs canaux.

Le roulement 41 a disparu et est remplacé par une série de galets 62 montés sur une couronne 63 qui s'élè-

ve du bâti 7 et entoure la virole 2 près du flasque de coulée 4, vers l'emplacement où existait la bride 57, elle aussi disparue. Une collerette 64 d'appui des galets 62 peut cependant être ajoutée sur la virole 2.

La boîte 9 porte désormais l'arbre creux 5 et l'enceinte 1. Elle est alors vissée au bâti 7. Les roulements 12 et 13 doivent maintenant soutenir un poids plus important et sont avantageusement remplacés par des roulements plus résistants tels que des roulements à rouleaux 12' et 13'.

On n'a évoqué qu'un chauffage électrique par des électrodes coaxiales 6 et 46. D'autres modes de chauffage sont compatibles avec l'invention : des torches à gaz ou à plasma, des éléments chauffants par effet Joule, des inducteurs ou des guides d'ondes. L'arbre creux 5 peut être remplacé par un arbre plein dans certaines de ces solutions, le dispositif chauffant étant introduit par le trou de coulée 56.

Le bâti 7 est construit pour basculer à la coulée et abaisser le trou de coulée 56.

en ce que les parties du circuit de refroidissement sont réunies par des tuyaux (29, 30, 36, 37) contournant des périmètres de jonction de la virole aux flasques.

8. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un axe (5) de rotation et de soutien du four fixé à un des flasques (3).

9. Four de fusion selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'axe de rotation est soutenu par des paliers (8, 12', 13').

10. Four de fusion selon la revendication 8, caractérisé en ce que le circuit de refroidissement s'étend dans l'axe (5), où il se termine en au moins une rigole circulaire (58, 59) sur laquelle un conduit fixe respectif (10, 11), perpendiculaire à l'axe, s'ouvre.

Revendications

1. Four de fusion tournant, comprenant une enceinte (1) formée d'une virole cylindrique (2) entre deux flasques (3, 4) et un circuit de refroidissement de l'enceinte, caractérisé en ce que la virole est liée aux flasques et en ce que le circuit de refroidissement (18, 19, 21, 22, 32, 33, 29, 30, 36, 37) est unique et comprend une partie dans la virole raccordée à une partie dans chacun des flasques.

2. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de refroidissement est essentiellement creusé dans l'enceinte.

3. Four de fusion selon la revendication 2, caractérisé en ce que chacune des parties du circuit de refroidissement comprend deux couches, sièges d'un écoulement à contre-courant.

4. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de refroidissement est dessiné de façon à susciter un écoulement de fluide de refroidissement quand le four tourne.

5. Four de fusion selon la revendication 4, caractérisé en ce que la partie dans la virole du circuit de refroidissement est au moins partiellement en canal hélicoïdal (21).

6. Four de fusion selon la revendication 4, caractérisé en ce que les parties dans les flasques du circuit de refroidissement sont au moins partiellement en canal spiral (18, 32).

7. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé

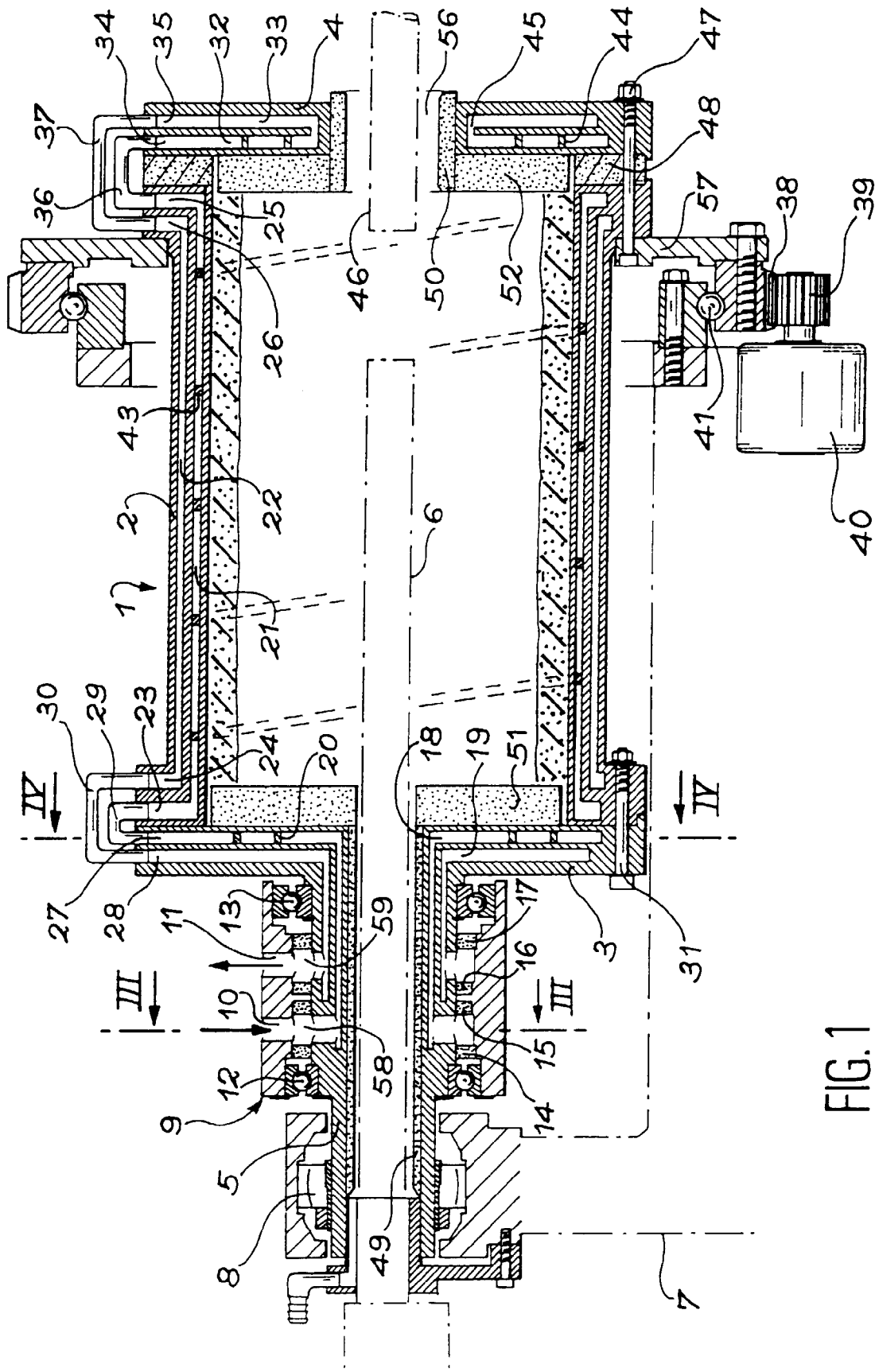
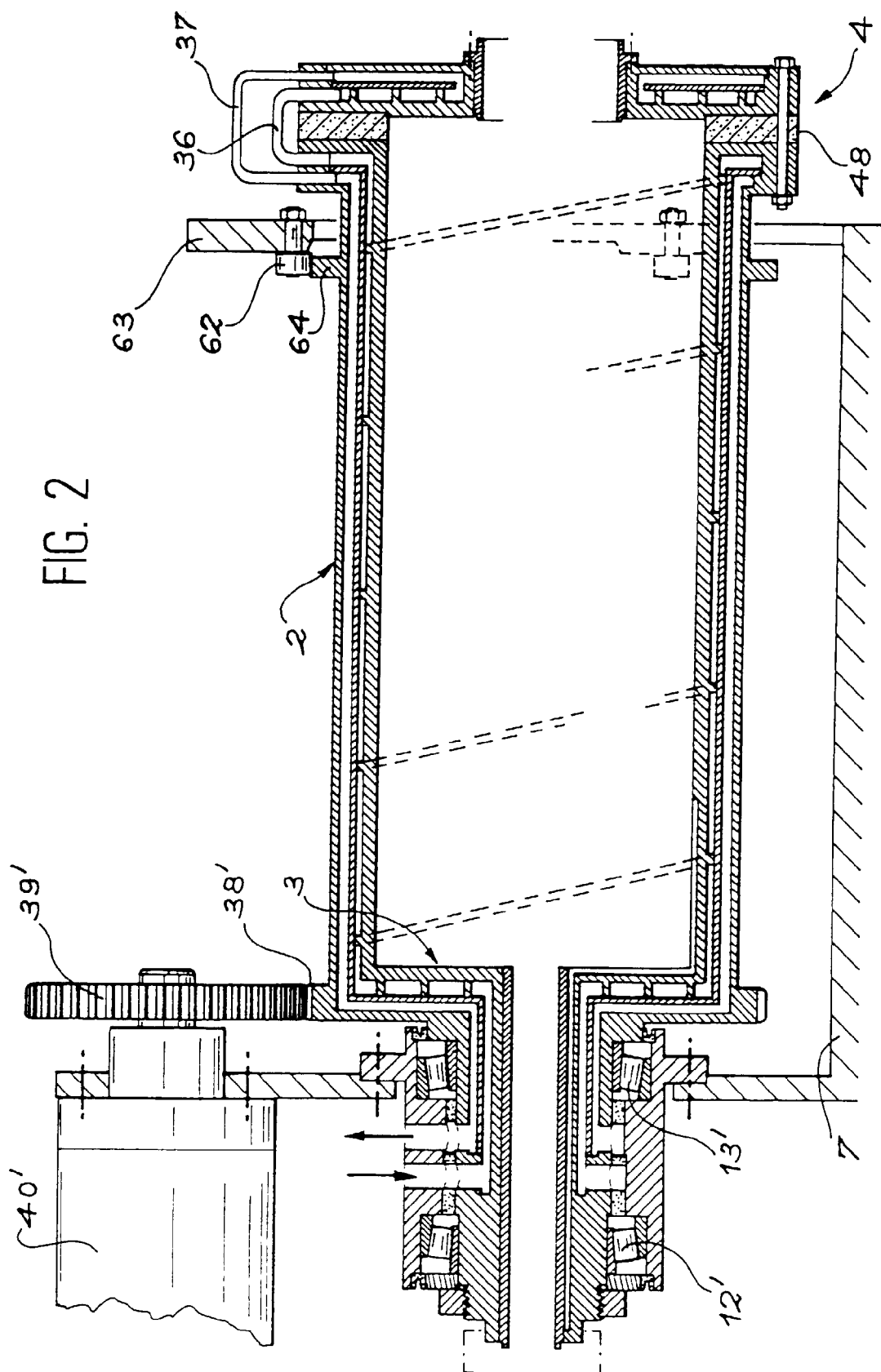


FIG. 1



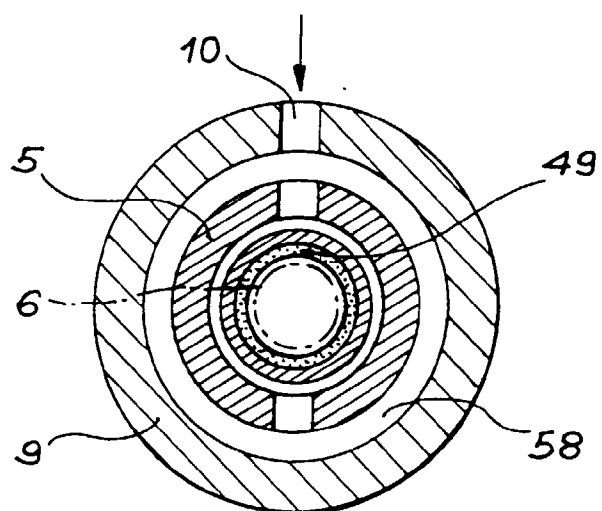


FIG. 3

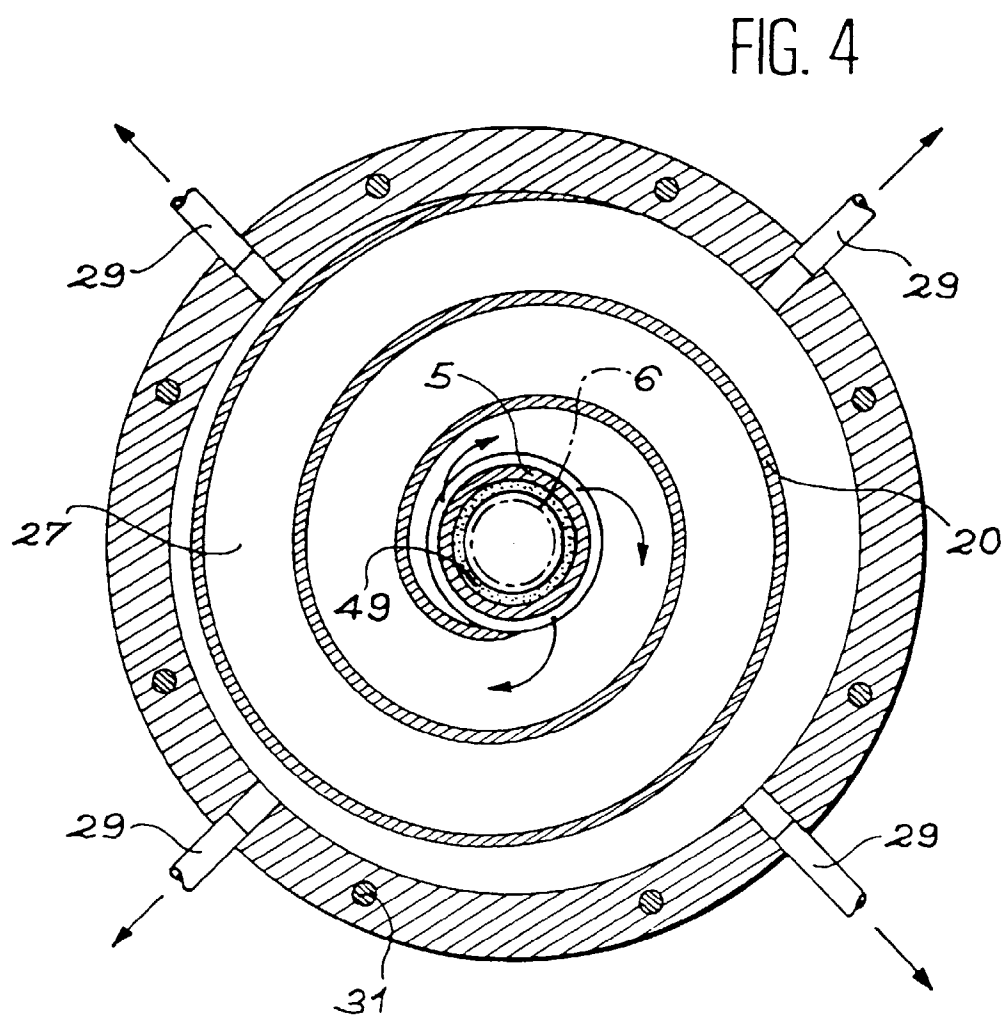


FIG. 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 40 1717

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	FR-A-2 398 261 (O'CONNOR) ---		F27B7/20
A,P	DE-C-44 19 543 (NOELL GMBH) ---		F27B7/38
A	FR-A-527 701 (A.S CERF) ---		
A	FR-A-2 492 274 (METALLGESELLSCHAFT AG) ---		
A	DE-A-35 34 991 (MAN) ---		
A	US-A-3 510 115 (M.FOEX) ---		
A	GB-A-2 014 127 (UNION CARBIDE CORP) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			F27B F23G C04B C03B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 9 Septembre 1996	Examineur Coulomb, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)