

Brevet N°

84557

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

du 24 décembre 1982

Titre délivré : 22 OCT. 1984



Monsieur le Ministre
de l'Économie et des Classes Moyennes
Service de la Propriété Intellectuelle
LUXEMBOURG

Demande de Brevet d'Invention

I. Requête

Les soc. dites ECHANGEURS DE CHALEUR SAG S.A., route de Bouillon, B - 6819
Sainte-Cécile-sur-Semois et SOCIETE D'ETUDE DE TECHNIQUE INDUSTRIELLE (1)
DES FLUIDES, en abrégé SETIF, S.A., 52 avenue Bruyères-de-Chermont, B-1300 Wavre
représentées par E.Meyers & E.Freulinger, Ing.conseils en propr.ind., (2)
46 rue du Cimetière, Luxembourg, agissant en qualité de mandataires
dépose(nt) ce vingt-quatre décembre mil neuf cent quatre vingt deux (3)
à 10⁰⁰ heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :
1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :
"Echangeur de chaleur en matières thermoplastiques fluorées" (4)

Wavre

13 décembre 1982

2. la délégation de pouvoir, datée de Ste Cécile/Semois le 14 décembre 1982
3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires;
4. deux planches de dessin, en deux exemplaires;

5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,
le vingt-quatre décembre mil neuf cent quatre vingt deux

déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :

1. Serge CHARLIER, 169 route de Bouillon, B - 6819 Ste-Cécile-sur-Semois (5)
2. Edmond DEMILLECAMP, avenue Bruyère de Chermont 52, B - 1300 Wavre

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de

(6) -- déposée(s) en (7) (8)

au nom de -- (9)

élit(élisent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg

46 rue du Cimetière, Luxembourg (10)

solicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à dix-huit mois. (11)

Le un des mandataires

II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :

à 10⁰⁰ heures



Pr. le Ministre
de l'Économie et des Classes Moyennes,
p. d.

A 68007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il a lieu «représenté par ...» agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

B R E V E T D ' I N V E N T I O N

Echangeur de chaleur en matières thermoplastiques
fluorées

- Echangeurs de chaleur SAG S.A.
Route de Bouillon
B - 6819 Ste Cécile sur Semois
- Société d'Etude de Technique Industrielle
des Fluides (SETIF) S.A.
52 avenue Bruyères de Chermont
B - 1300 Wavre



ECHANGEUR DE CHALEUR EN MATIERES THERMOPLASTIQUES FLUOREES

La présente invention a pour objet des améliorations apportées à des échangeurs de chaleur en matières thermoplastiques fluorées.

Les industriels ont toujours cherché à résoudre le problème du transfert de calories entre deux fluides. Il est bien connu, pour réaliser ce transfert, d'utiliser des surfaces d'échange en métaux comme le cuivre, l'aluminium, l'acier ou les alliages spéciaux.

Dans le cas où l'un des fluides au moins est très corrosif, les constructeurs ont utilisé des métaux de plus en plus évolués et de plus en plus coûteux tels que le titane, le zirconium et le tantale.

Le graphite est aussi largement utilisé dans ce domaine. Il présente une résistance chimique satisfaisante mais a l'inconvénient d'être plus fragile et souvent poreux.

Lorsque furent mises au point les résines synthétiques à haute résistance chimique, comme le polytétra-fluoroéthylène et les copolymères tétrafluoroéthylène-hexafluoropropène, on a aussi songé à les utiliser pour construire des échangeurs de chaleur. Cependant, leurs médiocres propriétés mécaniques et le fait qu'ils ne soient pas ou très difficilement soudables en ont limité l'emploi.

En effet, la médiocre résistance à la pression des tubes réalisés en ces polymères et leur tendance au fluage ont obligé les constructeurs à n'utiliser que des tubes de petit diamètre et de forte épaisseur de paroi, ce qui est éminemment préjudiciable au transfert thermique. Malgré cela, les pressions auxquelles ces appareils peuvent être utilisés sont toujours très limitées.

De plus, ces polymères n'étant pratiquement pas soudables, les constructeurs d'échangeurs n'ont pas pu recourir aux techniques classiques et éprouvées des plaques tubulaires dans lesquelles les tubes formant la surface d'échange sont soudés. Ils ont été obligés d'avoir recours à des procédés de construction très coûteux, tels

celui qui fait appel pour chaque tube à l'emploi d'un raccord vissé, ou à des techniques de compression des tubes les uns contre les autres pour obtenir une étanchéité entre eux.

5 Un tout nouveau domaine d'application s'est ouvert aux constructeurs d'échangeurs de chaleur lorsqu'apparaissent sur le marché les matières thermoplastiques fluorées telles que le polyfluorure de vinylidène (PVDF), le copolymère éthylène-monochlorotrifluoroéthylène (ECTFE), ou les 10 polymères perfluoralkoxy (PFA).

Ces dernières présentent des propriétés mécaniques très supérieures aux précédentes, autorisant leur emploi dans des domaines de température et de pression nettement élargis. Étant thermoplastiques, ces nouveaux polymères 15 sont, de plus, soudables.

Actuellement, il est bien connu d'utiliser ces polymères thermoplastiques fluorés pour construire des échangeurs de chaleurs à faisceaux de tubes parallèles droits, à faisceaux en épingle ou à nappes de tubes spirales. 20

Il est également connu de réaliser ces surfaces d'échange au moyen de tubes lisses assez rigides ou de tubes annelés, beaucoup plus souples.

Constatant les nombreux avantages présentés par 25 ces appareils, les industriels demandent des échangeurs de plus en plus puissants, à la surface d'échange de plus en plus grande exigeant un coût de production de plus en plus bas.

Les demanderesses ont développé un nouvel échangeur 30 de chaleur réalisé au moins partiellement en matière thermoplastique fluorée qui répond à ces souhaits.

La présente invention consiste en un échangeur de chaleur dont la surface d'échange est réalisée au moyen d'un polymère thermoplastique fluoré et est caractérisé 35 en ce que ledit échangeur est constitué d'un certain nombre de fois deux tubes concentriques fixés respectivement à deux plaques tubulaires superposées, le tube extérieur au moins étant réalisé en polymère thermoplastique

fluoré et étant fermé à son extrémité opposée à la plaque tubulaire, ces tubes plongeant dans l'un des fluides tandis que le second fluide parcourt l'espace annulaire libre entre le tube extérieur et le tube intérieur.

5 D'autres détails et caractéristiques complémentaires de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit.

Celle-ci sera faite en regard des dessins annexés qui représentent à titre d'illustration sans caractère limitatif, des formes d'exécution du dispositif selon 10 l'invention.

La figure 1 présente le principe de fonctionnement de l'échangeur selon l'invention et, en variante,

La figure 2 illustre un appareil à deux passes.

15 En se référant à la figure 1, deux tubes concentriques (1 et 3) sont fixés respectivement à deux plaques tubulaires superposées correspondantes 5 et 7, les tubes concentriques pouvant être rangés en ligne ou en quinconce. Selon l'invention, au moins le tube extérieur est réalisé 20 en matière thermoplastique fluorée et est fermé à son extrémité opposée à la plaque tubulaire. Les tubes concentriques sont séparés les uns des autres d'une distance pouvant varier de quelques millimètres à quelques centimètres selon la perte de charge acceptable. Ces tubes 25 plongent dans l'un des deux fluides tandis que le second fluide parcourt l'espace annulaire libre entre le tube extérieur 1 et le tube intérieur 3, comme indiqué par les flèches, la circulation étant assurée entre d'une part la plaque 5 et 7 et d'autre part la plaque 7 et un couvercle 30 9.

Les tubes peuvent avoir toute longueur voulue, la plus adéquate étant définie par le résultat du calcul thermique et mécanique.

C'est aussi, en fonction des résultats de ces 35 calculs que l'on détermine les diamètres des couples de tubes, tube extérieur en polymère thermoplastique fluoré et tube intérieur, à utiliser pour la construction.

A titre d'exemple, on peut citer les dimensions

non limitatives suivantes :

- tube extérieur : d_{ext} : 15 mm d_{int} : 13,4 mm
- tube intérieur : d_{ext} : 10 mm d_{int} : 8 mm

5

- tube extérieur : d_{ext} : 12 mm d_{int} : 10,4 mm
- tube intérieur : d_{ext} : 6 mm d_{int} : 4 mm
- tube extérieur : d_{ext} : 8 mm d_{int} : 6,4 mm
- d_{ext} : 4 mm d_{int} : 3 mm

10

Par un cloisonnement judicieux de l'espace entre les deux plaques tubulaires, on peut construire des appareils à une seule passe ou à plusieurs passes.

15

La figure 2 illustre un appareil à deux passes, étant entendu que pour la clarté du dessin on n'a représenté qu'un couple de tubes concentriques par passe.

Des repères identiques à ceux de la figure 1 ont été utilisés pour des éléments constructifs identiques ou similaires.

20

L'échangeur de chaleur qui fait l'objet de l'invention présente un grand nombre d'avantages. Parmi ceux-ci on peut citer :

Contrairement aux autres types d'échangeurs construits jusqu'à présent en matières synthétiques, l'échangeur selon l'invention se prête parfaitement à la réalisation de grandes surfaces d'échange par association d'éléments modulaires. Dans ce but on positionne côté à côté les plaques tubulaires auxquelles pendent des tubes.

25

La longueur des tubes est choisie en fonction du problème thermique à résoudre et de l'espace dont on dispose.

30

Dans le cas de la récupération des calories d'un liquide agressif chaud, tel que l'acide sulfurique, les tubes peuvent être placés verticalement et pendre dans l'enceinte où se trouve le liquide chaud, que cette enceinte soit une cuve parallèlipipédique ou ronde un canniveau ou tout autre volume. Les tubes peuvent alors avoir une longueur de plusieurs mètres (voir exemple 1 ci-après).

Dans le cas de la récupération des calories d'un

gaz corrosif chaud, on préférera également laisser pendre les tubes dans une gaine véhiculant le gaz ou les placer obliquement dans un conduit de cheminée. Les tubes sont alors plus courts et peuvent n'avoir qu'une longueur de 5 20 ou 30 cm (voir exemple 2 ci-après).

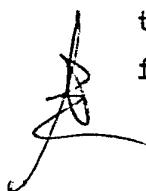
Dans le cas de la condensation de vapeurs corrosives, les tubes peuvent être placés horizontalement, par exemple au sommet d'une colonne de séparation (voir exemple 3 ci-après).

10 Un autre avantage de l'échangeur selon l'invention est qu'il permet à chacun des tubes de se dilater et de se contracter librement, en fonction du régime de températures auquel est soumis l'appareil sans qu'il soit besoin de prévoir un quelconque dispositif de compensation. Ces 15 dispositifs de compensation, nécessaires dans le cas d'autres appareils, comme ceux à faisceaux tubulaires droits, sont compliqués à construire et en augmentent le coût.

Lors du traitement de fluides sales, chargés de 20 matières solides en suspension ou de boues, il est difficile d'empêcher le dépôt de ces solides sur les tubes.

L'échangeur selon l'invention permet un nettoyage très rapide en donnant un accès immédiat à la surface extérieure des tubes de grand diamètre par simple soulèvement des 25 plaques tubulaires. De plus, les polymères thermoplastiques fluorés utilisés résistant bien à l'incrustation, il est possible de nettoyer les tubes par simple lavage.

Enfin, la construction de l'échangeur de chaleur selon l'invention est économique comparée au coût des 30 autres appareils construits jusqu'à présent. En effet, dans le cas très fréquent de l'échange de chaleur entre un fluide corrosif et un fluide non corrosif, ce dernier parcourant l'intérieur des tubes concentriques, une seule des deux plaques tubulaires, celle à laquelle sont fixés 35 les tubes extérieurs, doit être, en tout ou en partie, réalisée en polymère thermoplastique fluoré. De même, le tube intérieur, qui n'est en contact qu'avec l'autre fluide, et sa plaque tubulaire, peuvent être réalisés en



un matériau nettement moins noble et donc moins cher qu'un polymère fluoré. Celui-ci peut être par exemple, selon le problème thermique et mécanique à résoudre, du polypropylène, du polychlorure de vinyle, du cuivre, du laiton, de l'acier au carbone ou de l'acier inoxydable.

La fixation des tubes aux plaques tubulaires peut être réalisée par toute technique connue telle que le soudage, le collage, le filetage, etc bien que le soudage soit en principe préféré par les demanderesses.

10 Les matières thermoplastiques fluorées étant des matières coûteuses, on a intérêt, du point de vue économique à en limiter l'emploi pour la réalisation des pièces qui techniquement l'exigent.

Par exemple, pour construire la plaque tubulaire 15 à laquelle sont fixés les tubes extérieurs en polymère thermoplastique fluoré, on peut utiliser une plaque en polymère massif de l'épaisseur nécessaire à la résistance mécanique et à la réalisation des soudures, mais on préférera, si possible, employer des plaques composites, 20 prenant une épaisseur de polymères fluoré minimale, nécessaire aux soudures et à la résistance chimique, renforcée sur sa face en contact avec le fluide non corrosif par un métal tel que l'acier ou une résine thermodurcissable, par exemple une résine du type polyester ou époxy.

25 Les exemples qui suivent sont destinés à illustrer l'invention et n'en limitent pas la portée.

Exemple 1 : Récupération des calories de H_2SO_4 98,5 % à 140°C

Une cuve reçoit un flux d'acide sulfurique à une 30 concentration de 98,5 % au débit de 300 m^3 /heure. Cet acide entre à la température de 140°C. Le couvercle de cette cuve est constitué d'un assemblage modulaire d'échangeurs de chaleur selon l'invention construits de la façon suivante : les tubes extérieurs et la plaque tubulaire à 35 laquelle ils sont soudés sont en copolymère éthylène-monochlorotrifluoroéthylène (ECTFE). Les tubes intérieurs sont en acier au carbone de même que leur plaque tubulaire et la troisième plaque formant couvercle.



Chacun des 25 modules comprend 1000 tubes de 3,5 mètres de long, soit 25.000 tubes au total. Les tubes en ECTFE ont un diamètre extérieur de 8 mm et intérieur de 6,4 mm. Les tubes intérieurs en acier au carbone ont un diamètre extérieur de 4 mm et intérieur de 3 mm.

Un tel échangeur représente une surface d'échange de 2.200 m^2 .

Dans les modules échangeurs entre, à contre-courant du flux d'acide, de l'eau sous pression à 100°C. Elle 10 quitte l'échangeur à 120°C sous une pression de 4 bars absolus au débit de $420 \text{ m}^3/\text{h}$. Elle peut être détendue en vapeur à 120°C. La chaleur échangée est de 4.880 KW.

Exemple 2 : Récupération des calories d'un gaz de fumée de chaudière à combustible contenant du soufre.

15 Le soufre contenu dans le combustible s'oxyde en SO_3 , et il se forme de l'acide sulfurique qui corrode les installations classiques dès que le point de rosée est atteint.

Pour résoudre ce problème, on utilise un échangeur 20 de chaleur selon l'invention, dans les conditions suivantes :

Une gaine de fumée est parcourue par 1,2 kg/sec de fumées sulfuriques à 250°C. Le sommet de la gaine est constitué de modules échangeurs selon l'invention, construits comme suit :

tubes extérieurs et plaque tubulaire inférieure en poly-fluorure de vinylidène (PVDF), diamètre extérieur des tubes 15 mm, diamètre intérieur 13,4 mm ;

tube intérieur et plaque tubulaire supérieure en acier au 30 carbone, diamètre extérieur des tubes 10 mm, diamètre intérieur 8 mm.

On prévoit 42 modules juxtaposés comprenant chacun 100 tubes de 50 cm de long, soit 100 m^2 de surface d'échange.

35 Les modules sont parcourus par 10 kg/sec d'eau entrant à 70°C et réchauffée à 74,5°C. Les fumées sont refroidies à 95°C et l'on condense plus de 90% de l'acide sulfurique contenu dans les fumées, ce qui apporte un

dépolluant marqué.

L'ensemble de l'installation comprend un dispositif de sécurité interrompant ou détournant le débit de gaz en cas d'arrêt de la circulation d'eau.

5 La puissance échangée dans l'installation est de 186 KW.

Exemple 3 : Condensation partielle des vapeurs d'un mélange de solvants chlorés et fluorés.

On souhaite condenser partiellement, à 45°C, 600 10 kg/h de vapeurs de solvants chlorés et fluorés s'élevant dans une tour de séparation.

Cette opération est effectuée en plaçant au sommet de la tour un module d'échange de chaleur selon l'invention, construit à double passe comme représenté schématiquement à la figure 2. Les tubes placés horizontalement 15 sont parcourus par une saumure méthanolique à -18°C.

La surface d'échange de 5 m^2 est obtenue par 220 tubes de 50 cm de long, par passe.

Les tubes extérieurs sont en polyfluorure de vinylidène (PVDF), diamètre extérieur 12 mm, diamètre intérieur 10,4 mm. Les tubes intérieurs sont en acier inoxydable AISI 316, diamètre extérieur 6 mm, diamètre intérieur 4 mm.

On condense 400 kg/h de vapeur d'une certaine composition tandis que 200 kg/h de vapeur d'une autre composition passent dans une autre colonne.

Exemple 4 : Chauffage et thermostatisation à 35°C d'un réservoir de diéthanolamine.

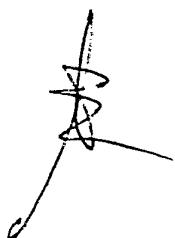
Un réservoir contient $7,5 \text{ m}^3$ de diéthanolamine 30 dont la température doit être maintenue à 35°C; on dispose comme fluide de chauffe d'eau à 75°C.

L'objectif est atteint par un module échangeur selon l'invention, à simple passe, d'une surface d'échange de $13,5 \text{ m}^2$ constituée de 360 tubes de 1 m de long.

35 Les tubes extérieurs sont en copolymère éthylène-monochlorotrifluoroéthylène (ECTFE), diamètre extérieur 12 mm, diamètre intérieur 10,4 mm. Les tubes intérieurs sont en cuivre, diamètre extérieur 6 mm, diamètre intérieur 4 mm.

La puissance échangée est de 19,6 KW.

Le module peut être placé sur le couvercle du réservoir, avec les tubes disposés verticalement ou latéralement avec les tubes disposés horizontalement.



REVENDICATIONS

1. Echangeur de chaleur dont la surface d'échange est réalisée au moyen d'un polymère thermoplastique fluoré, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un certain nombre 5 de fois deux tubes concentriques (1,3) fixés respectivement à deux plaques tubulaires superposées (5,7), le tube extérieur (1) au moins étant en polymère thermoplastique fluoré et étant fermé à son extrémité (2) opposée à la plaque tubulaire (5), ces tubes plongeant dans l'un des deux 10 fluides tandis que le second fluide parcourt l'espace annulaire libre entre les deux tubes concentriques (1,3).

2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1 caractérisé en ce que le polymère thermoplastique fluoré est le polyfluorure de vinylidène.

15 3. Echangeur de chaleur selon la revendication 1 caractérisé en ce que le polymère thermoplastique fluoré est le copolymère éthylène-monochlorotrifluoroéthylène.

4. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les tubes 20 concentriques (1,3) sont tous deux réalisés en polymère thermoplastique fluoré.

5. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que seul le tube extérieur (1) des tubes concentriques (1,3) est en polymère 25 thermoplastique fluoré, le tube intérieur (3) étant réalisé en une autre matière telle que le polypropylène, le polychlorure de vinyle, le cuivre, l'aluminium ou l'acier.

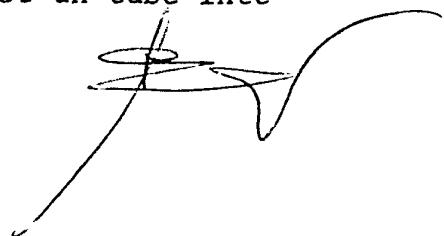
6. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des 30 revendications précédentes, caractérisé en ce que la plaque tubulaire (5) à laquelle sont fixés les tubes extérieurs (1) en matière thermoplastique fluorée est une plaque en matière composite, la face du côté des tubes étant en polymère thermoplastique fluoré, l'autre face 35 étant en une autre matière, telle que l'acier.

7. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que la plaque tubulaire (5) à laquelle sont fixés les tubes extérieurs (1)

en polymère thermoplastique fluoré est une plaque composite, la face du côté des tubes étant en matière thermoplastique fluorée, l'autre face étant en une résine thermodurcissable.

8. Application d'un échangeur de chaleur selon la 5 revendication 1 à la récupération des calories de l'acide sulfurique très concentré et chaud dans le but de produire de la vapeur d'eau, caractérisée en ce que les couples de tubes concentriques (1,3) sont réalisés avec un tube extérieur (1) en copolymère éthylène-monochlorotrifluoroéthylène 10 et un tube intérieur (3) en acier.

9. Application d'un échangeur de chaleur selon la revendication 1 à la récupération de calories et la dépollution de gaz de fumées produites par des combustibles contenant du soufre caractérisée en ce que les couples de 15 tubes concentriques (1,3) sont réalisés avec un tube extérieur (1) en polyfluorure de vinylidène et un tube intérieur (3) en acier.



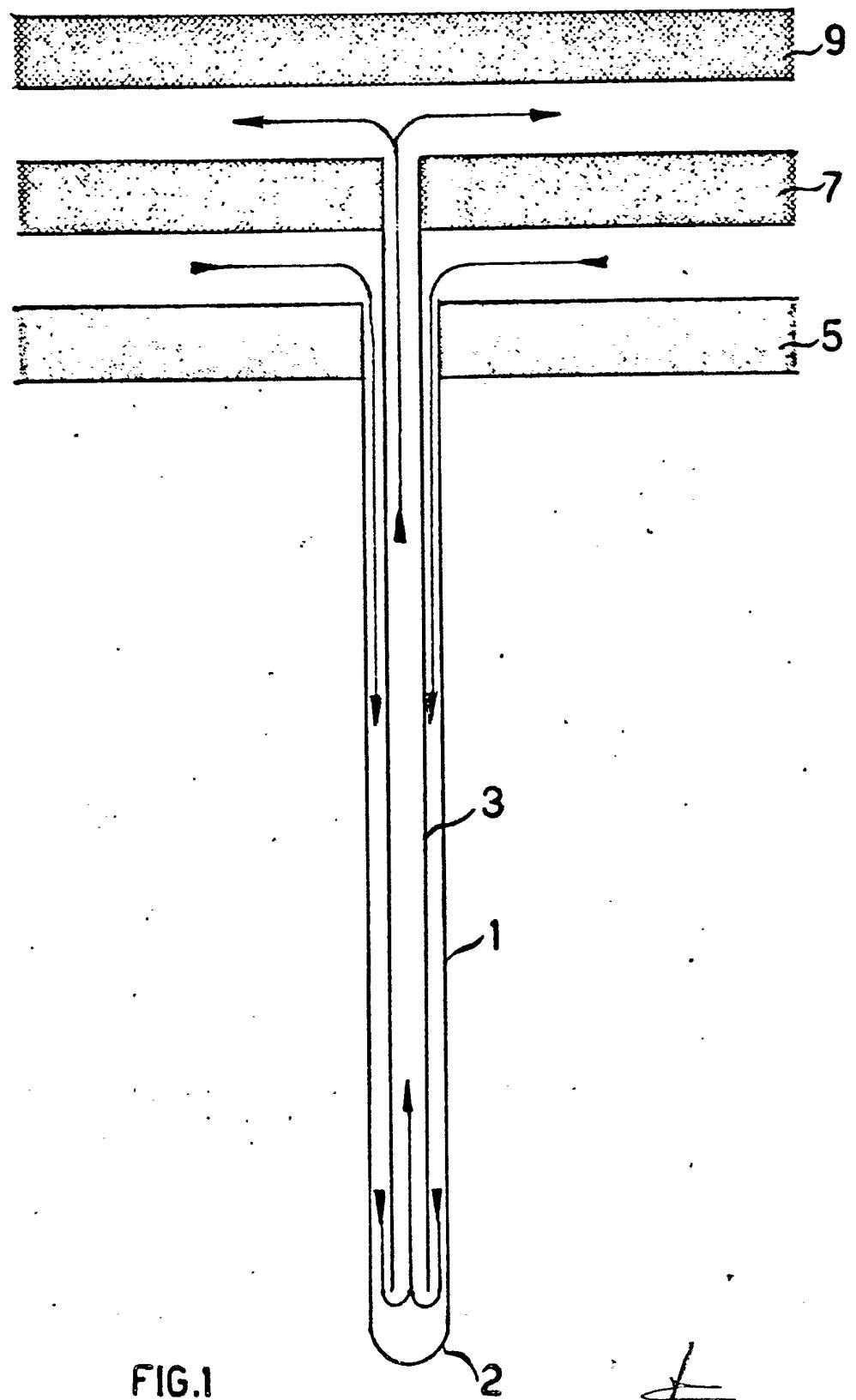


FIG.1

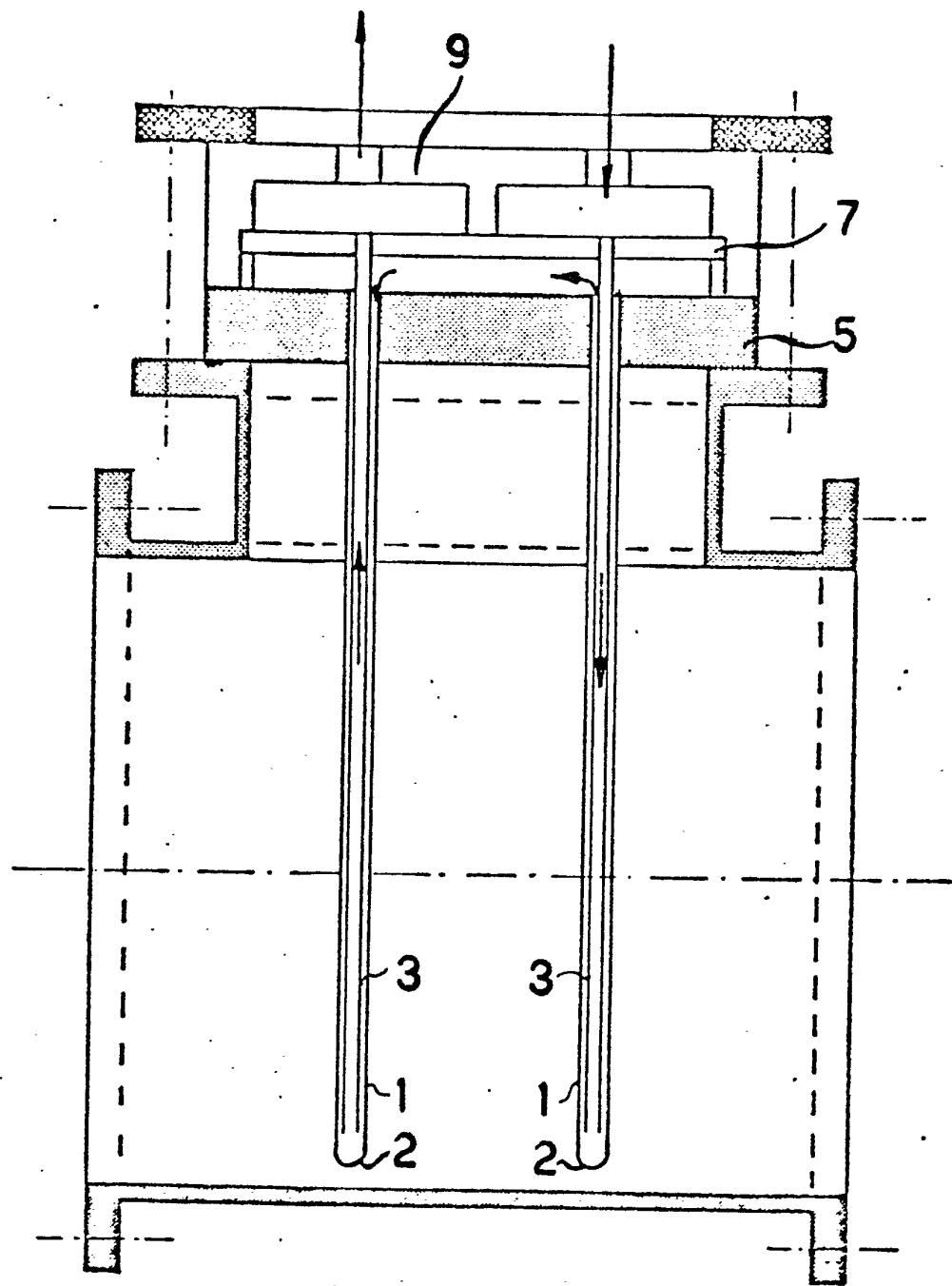


FIG. 2