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

(11) Numéro de publication: **0 345 146**
A1

(12) # DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **89401474.5**

(22) Date de dépôt: **30.05.89**

(51) Int. Cl.4: **B 22 D 39/00**
B 22 D 11/06, H 01 F 7/20

(30) Priorité: **30.05.88 FR 8807173**

(43) Date de publication de la demande:
06.12.89 Bulletin 89/49

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: **UGINE ACIERS DE CHATILLON ET GUEUGNON**
4, place de la Pyramide, La Défense 9
F-92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeur: **Bavay Jean-Claude, Edmond**
36 Rue Arthur Lamendin
F-62330 Isbergues (FR)

Garnier François, Pierre, Marie
42 rue de l'Industrie
F-38170 Seyssinet-Pariset (FR)

Etay Jacqueline
4 rue du Commandant Komarov
F-38400 St Martin d'Heres (FR)

(74) Mandataire: **Lanceplaine, Jean-Claude et al**
CABINET LAVOIX 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Inducteur pour dispositif de mise en forme de métal liquide par des forces électromagnétiques.**

(57) Inducteur modulaire comportant deux faces avant et arrière dont une partie formant l'enroulement est conductrice et l'autre partie est isolante notamment pour un dispositif de mise en forme d'un jet liquide conducteur s'écoulant d'un répartiteur à l'aide de forces électromagnétiques générées par un moins un étage d'inducteurs disposés d'un côté des jets et/ou de part et d'autre du jet, chaque inducteur (16) étant formé d'un empilement continu d'anneaux (18, 20, 22) reliés entre eux électriquement et séparés les uns des autres par un matériau isolant (34). Les anneaux (18, 20, 22) comportent des fentes radiales (26, 28,30) décalées angulairement entre anneaux consécutifs et sont raccordés les uns aux autres par des languettes (48, 50), chaque languette (48, 50) reliant deux anneaux consécutifs aux bords de leurs fentes alternativement sur un bord ou sur l'autre de façon que le courant circule dans le même sens dans deux anneaux consécutifs d'un même inducteur.

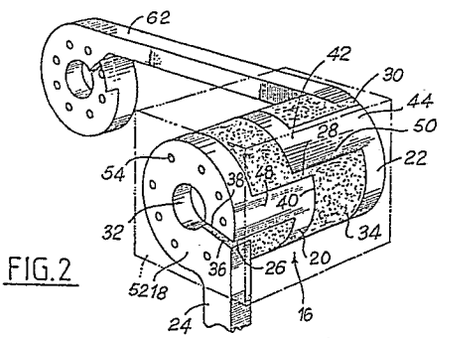


FIG.2

EP 0 345 146 A1

Description

Inducteur pour dispositif de mise en forme de métal de métal liquide par des forces électromagnétiques

La présente invention a pour objet un inducteur pour dispositif de mise en forme d'un liquide conducteur par des forces électromagnétiques générées par des inducteurs.

On connaît des dispositifs de mise en forme d'un liquide conducteur et, plus particulièrement, d'un métal liquide conducteur à l'aide de forces électromagnétiques. Ainsi dans le FR-A-2 558 085, des inducteurs répartis par étages sont disposés entre la buse d'un répartiteur de métal liquide et un moyen mobile de solidification de ce métal.

La métal s'écoule à travers la buse sous forme de jets parallèles auxquels il convient de donner un profil particulier tel qu'un profil à section rectangulaire de façon que le métal liquide forme une tôle mince au contact du dispositif mobile de solidification.

Un tel dispositif requiert que le changement de profil s'effectue dans un délai très court ce qui évite au métal liquide d'acquérir une vitesse trop importante sous l'effet la gravité. Les champs électromagnétiques doivent être intenses pour limiter le nombre d'étages et la taille des inducteurs doit être réduite de façon à pouvoir les disposés entre le répartiteur et le dispositif de refroidissement aussi proche que possible des jets de métal à coalescer puis à mettre en forme.

On sait théoriquement que pour obtenir des forces électromagnétiques importantes, on peut utiliser des enroulements massifs et un courant de haute intensité mais cela conduit à des échauffements incompatibles avec l'utilisation et l'application recherchées dans la présente invention.

La présente invention a pour but de pallier à ces inconvénients à l'aide d'un inducteur modulaire comportant deux faces avant et arrière dont une partie formant l'enroulement est conductrice et l'autre partie est isolante notamment pour un dispositif de mise en forme d'un jet liquide conducteur s'écoulant d'un répartiteur à l'aide de forces électromagnétiques générées par au moins un étage d'inducteurs disposés d'un côté des jets et/ou de part et d'autre du jet, chaque inducteur comportant un canal central et un circuit de refroidissement par circulation d'un fluide caloporteur et étant formé d'un empilement continu d'anneaux reliés entre eux électriquement et séparés les uns des autres par un matériau isolant, caractérisé en ce que les anneaux comportent des fentes radiales décalées angulairement entre deux anneaux consécutifs et sont raccordés les uns aux autres par des languettes, chaque languette reliant deux anneaux consécutifs aux bords de leurs fentes alternativement sur un bord ou sur l'autre de façon que le courant circule dans le même sens dans deux anneaux consécutifs d'un même inducteur.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre de modes de réalisation particuliers en regard des figures annexées, parmi lesquelles :

- la Fig.1 représente un dispositif de mise en forme de l'art antérieur ;
- la Fig.2 représente un vue en perspective d'un inducteur d'un dispositif de mise en forme selon l'invention comportant une circulation de fluide de refroidissement longitudinale ;
- la Fig.3 représente une vue en coupe de l'inducteur de la Fig.2 ;
- la Fig.4 représente une vue en perspective d'un inducteur d'un dispositif de mise en forme selon l'invention comportant une circulation de fluide de refroidissement radiale ;
- la Fig.5 représente une vue en coupe de l'inducteur de la Fig.4 ;
- la Fig.6 représente une vue de face d'un étage double d'inducteurs d'un dispositif de mise en forme selon l'invention;
- la Fig.7 représente une vue de face d'une variante de réalisation d'un inducteur d'un dispositif de mise en forme selon l'invention ;
- la Fig.8 représente une variante de réalisation d'un empilement continu d'anneaux à l'aide d'un ruban métallique et la circulation du fluide de refroidissement radiale ; et
- la Fig.9 représente une variante identique à la Fig.8 dans laquelle la circulation du fluide de refroidissement longitudinale.

Sur la Fig.1 est représenté un dispositif de mise en forme d'un liquide conducteur notamment d'un métal liquide sortant d'un répartiteur, non représenté, sous forme de jets 10. Ces jets sont coalescés sous forme d'un jet unique mince à section rectangulaire 11 par passage entre deux étages 12 et 13 d'inducteurs 14.

Ce jet unique à profil déterminé est mis en forme de façon connue par passage sur un dispositif mobile de refroidissement non figuré.

Les enroulements des inducteurs 14 sont reliés entre eux de façon que deux inducteurs consécutifs aient des sens de circulation du courant opposés générant ainsi des champs électromagnétiques de direction opposées.

Sur la Fig.2, on a représenté un inducteur 16 constitué d'un empilement d'anneaux massifs 18, 20, 22. L'un des anneaux d'extrémité 18 est alimenté par une liaison 24. Chaque anneau comporte une fente radiale 26, 28, 30 ainsi qu'un évidement formant un canal central repéré 32. Les anneaux sont isolés entre eux par un matériau isolant 34 qui remplit également les fentes de façon à isoler les deux bords de chaque fente 26, 28, 30.

Les anneaux sont néanmoins reliés entre eux électriquement. Une languette relie deux anneaux consécutifs, soient dans l'exemple représenté deux languettes (48,50).

Chaque languette relie un bord d'une fente d'un anneau avec le bord opposé de la fente de l'autre anneau. Ainsi la languette 48 relie les bords 38 et 40 et la languette 50 relie les bords 42 et 44.

Dans ce cas, le courant amené en 24 tournera dans chacun des anneaux dans le même sens, à savoir le sens horaire.

Par ailleurs, cet enroulement est muni d'un dispositif de refroidissement constitué d'un boîtier 52 représenté sous forme parallélépipédique et en trait mixte pour la simplification et la clarté du dessin, et des alésages traversants longitudinaux 54, c'est-à-dire parallèles à l'axe de révolution de l'enroulement, répartis à distances régulières sur un même cercle d'un diamètre sensiblement égal au diamètre moyen de l'anneau.

Ainsi, comme cela est représenté plus en détail sur la coupe de la Fig.3, l'une des faces de l'enroulement coopère avec l'une des faces du boîtier pour former une chambre 56. La face opposée du boîtier porte deux collecteurs 58 et 60 respectivement d'ali mentation et d'évacuation. Ces collecteurs sont reliés l'un aux alésages longitudinaux et l'autre au canal central.

Dans l'exemple représenté à la Fig. 3, le collecteur d'alimentation 58 est relié au canal central 32 et le collecteur d'évacuation 60 est relié aux alésages longitudinaux 54. La circulation du fluide de refroidissement est représenté en trait discontinu.

Dans le cas inverse, où le collecteur 60 constitue la collecteur d'alimentation relié aux alésages longitudinaux 54 et le collecteur 58 constitue le collecteur d'évacuation relié au canal central 32, la circulation du fluide de refroidissement est représentée en trait plein.

Sur la Fig.2, on a de plus indiqué la liaison d'un inducteur avec le premier anneau 62 d'un inducteur consécutif.

Sur la Fig.4, On a représenté un inducteur dont l'enroulement est également constitué d'un empilement d'anneaux massifs identiques à ceux de l'enroulement représenté à la Fig.2. Dans ce mode de réalisation les alésages 64 sont radiaux et débouchants. Ils sont usinés dans l'épaisseur de l'anneau à partir de la périphérie et débouchent dans le canal central 32.

Dans ce cas ainsi que cela est mieux représenté à la Fig.5 les faces de l'enroulement coopérent de façon étanche avec les faces en vis-à-vis du boîtier, tandis que ce dernier forme une chambre annulaire périphérique 66.

Dans cette variante, le fluide caloporteur peut circuler de la chambre annulaire 66 vers le canal central, comme indiqué en trait plein, ou inversement, comme indiqué en trait discontinu, suivant que la chambre 66 et le canal central 32 sont reliés respectivement au collecteur d'alimentation 58 et au collecteur d'évacuation 60 et inversement.

Le matériau constituant le boîtier 52 peut être de la même nature que l'isolant mais de façon à résister à la température, la face avant en vis-à-vis du métal liquide est revêtue d'un matériau réfractaire.

De même, les collecteurs sont situés à l'arrière du boîtier de façon à ne pas augmenter le volume de l'inducteur dans la zone efficace et obtenir ainsi une densité électromagnétique importante.

En ce qui concerne la circulation du fluide caloporteur et le choix des alésages radiaux ou longitudinaux, il est laissé à l'homme du métier qui prendra en considération les paramètres suivants : dans le cas des alésages radiaux, le diamètre extérieur de l'inducteur sera plus important mais il est possible d'approcher le métal liquide au plus près puisque le premier anneau de l'enroulement est en contact avec la face avant du boîtier ; dans le cas des alésages longitudinaux, le diamètre extérieur est celui de l'enroulement mais le premier anneau est espacé de la face avant du boîtier de la profondeur de la chambre.

Sur la Fig.6, on a représenté deux étages superposés d'inducteurs constituant le dispositif de mise en forme selon l'invention, les inducteurs étant du type de ceux représentés à la Fig.4 avec fentes et alésages radiaux. Comme représenté sur cette figure, les fentes de chaque anneau sont décalées angulairement les unes par rapport aux autres. La référence I concerne l'alimentation électrique des inducteurs placés en série. Les références communes sont identiques sur les deux figures 4 et 6.

Selon une autre variante de l'invention représentée à la Fig.7, l'enroulement est constitué d'un empilement de secteurs d'anneaux 70 décalés angulairement entre eux et partiellement superposés de façon à assurer une liaison électrique.

Une telle conception permet la réalisation d'empilements de secteurs d'anneaux de faible épaisseur en plus grand nombre. Par contre les alésages 71 seront usinés de préférence longitudinalement ainsi que représenté, compte-tenu de cette faible épaisseur.

Sur les Fig.8 et 9, les anneaux sont formés à partir d'un ruban métallique 80 à section rectangulaire, reliés entre eux par ce même ruban de façon à réaliser un empilement continu d'anneaux. Les anneaux sont isolés entre eux par un matériau isolant. Cet empilement est disposé dans un boîtier de façon identique à celui des figures 2 et 3. A la Fig.8, les alésages sont du type radial 64 et à la Fig.9 du type longitudinal 54.

Dans un dispositif de mise en forme selon l'invention les inducteurs peuvent être disposés d'un seul côté des jets si ceux-ci s'écoulent sur une surface et le nombre des étages nécessaires peut être réduit à un seul.

Revendications

1. Inducteur modulaire comportant deux faces avant et arrière dont une partie formant l'enroulement est conductrice et l'autre partie est isolante notamment pour un dispositif de mise en forme d'un jet liquide (10) conducteur s'écoulant d'un répartiteur à l'aide de forces électromagnétiques générées par au moins un étage d'inducteurs (12,13) disposés d'un côté des jets et/ou de part et d'autre du jet, chaque inducteur (14) comportant un canal central et un circuit de refroidissement (54, 64) par circulation d'un fluide caloporteur et étant formé d'un empilement continu d'anneaux (18, 20, 22) reliés entre eux électriquement et séparés les uns des autres par un matériau isolant (34), caractérisé en ce que les anneaux (18, 20, 22) comportant des fentes radiales (26, 28, 30) décalées angulairement entre deux anneaux consécutifs et sont raccordés les uns

aux autres par des languettes (48, 50), chaque languette (48, 50) reliant deux anneaux consécutifs aux bords de leurs fentes alternativement sur un bord ou sur l'autre de façon que le courant circule dans le même sens dans deux anneaux consécutifs d'un même inducteur.

2. Inducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les anneaux sont des secteurs d'anneaux (70) partiellement superposés et décalés angulairement.

3. Inducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les anneaux sont constitués d'un enroulement continu (80) d'un ruban métallique à section rectangulaire.

4. Inducteur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'empilement comprend des alésages traversants (54) orientés parallèlement à l'axe longitudinal de l'empilement.

5. Inducteur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les anneaux de l'empilement comprennent des alésages radiaux (64) traversants de façon à mettre en liaison l'extérieur de l'empilement et le canal central.

6. Inducteur selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que l'empilement est disposé dans un boîtier étanche (52) relié à deux collecteurs d'alimentation (60) et d'évacuation (58) du fluide caloporteur, ces collecteurs étant situés à l'arrière de l'inducteur.

7. Inducteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que la face avant de l'inducteur et la face en vis-à-vis du boîtier coopèrent de façon à réaliser une chambre (56).

8. Inducteur selon les revendications 4 et 7, caractérisé en ce que le fluide caloporteur circule de l'intérieur du canal central (32) vers la chambre (56) puis à travers les alésages longitudinaux ou inversement.

9. Inducteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que la face avant de l'inducteur est en contact étanche avec la face en vis-à-vis du boîtier et forme avec ce dernier une chambre annulaire périphérique (66).

10. Inducteur selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que le fluide caloporteur circule de l'intérieur du canal central (32) vers la chambre (66) à travers les alésages radiaux ou inversement.

11. Inducteur selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que les boîtiers (52) sont munis sur au moins la face avant d'un matériau réfractaire.

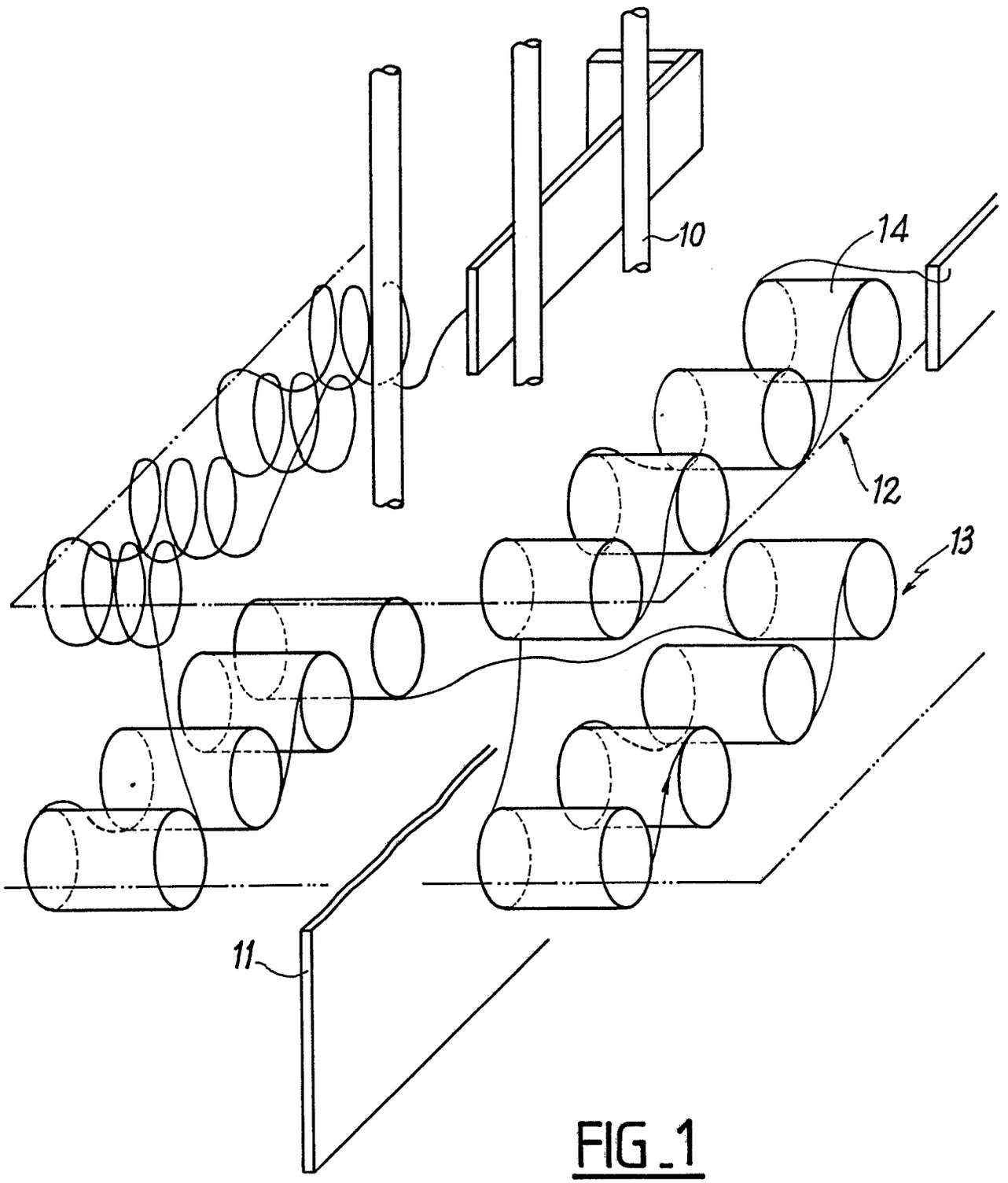


FIG_1

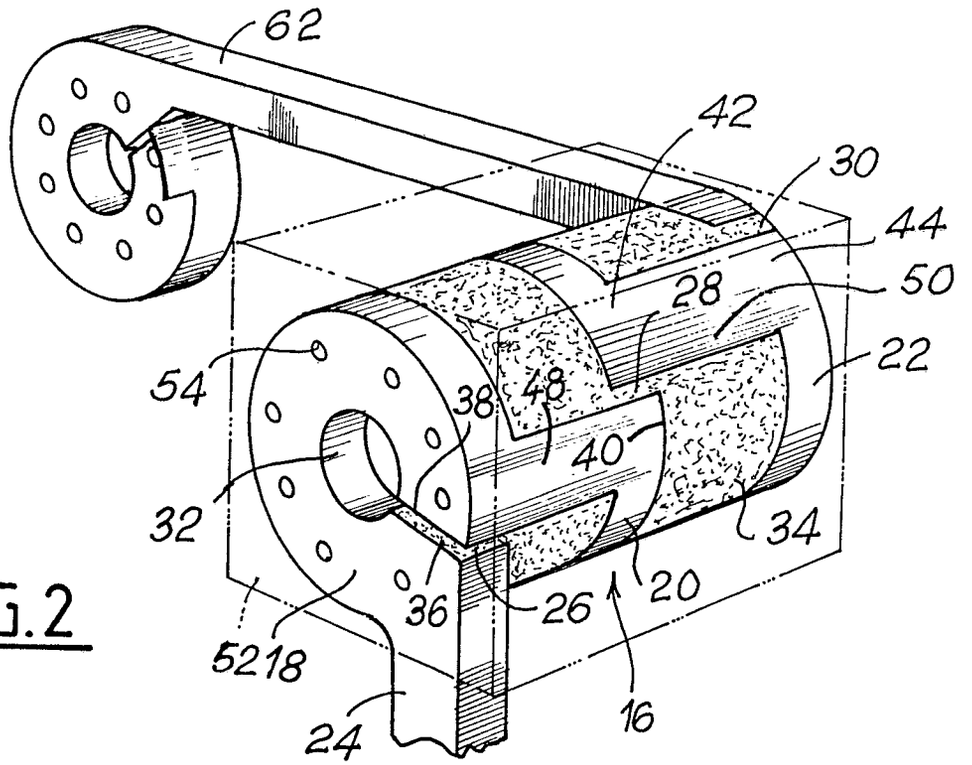

62
42
30
44
50
28
22
54
38
48
40
32
34
36
26
20
52
18
24
16

FIG.2

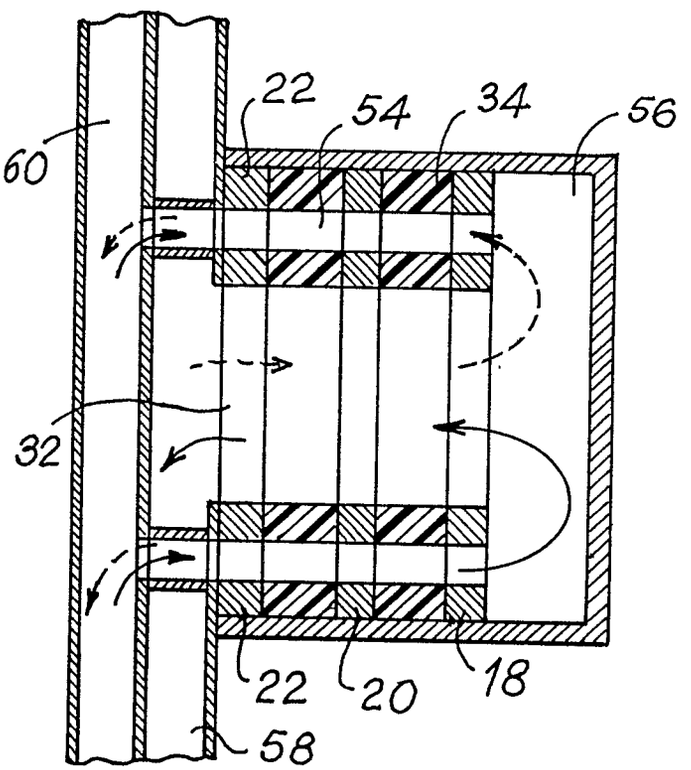

22
54
34
56
60
32
22
20
18
58

FIG.3

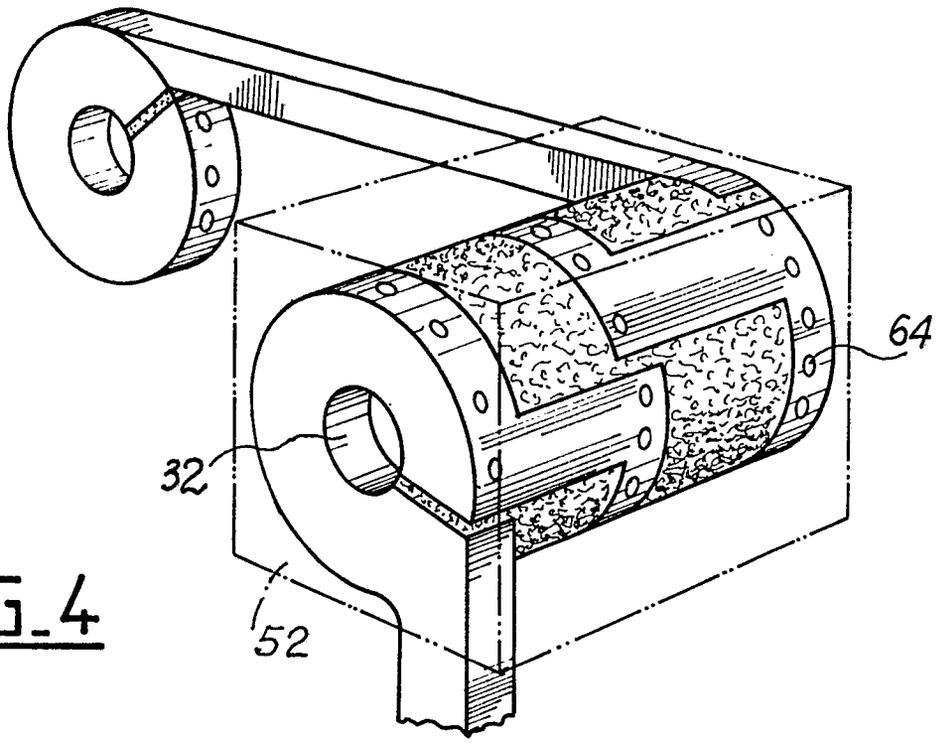


FIG_4

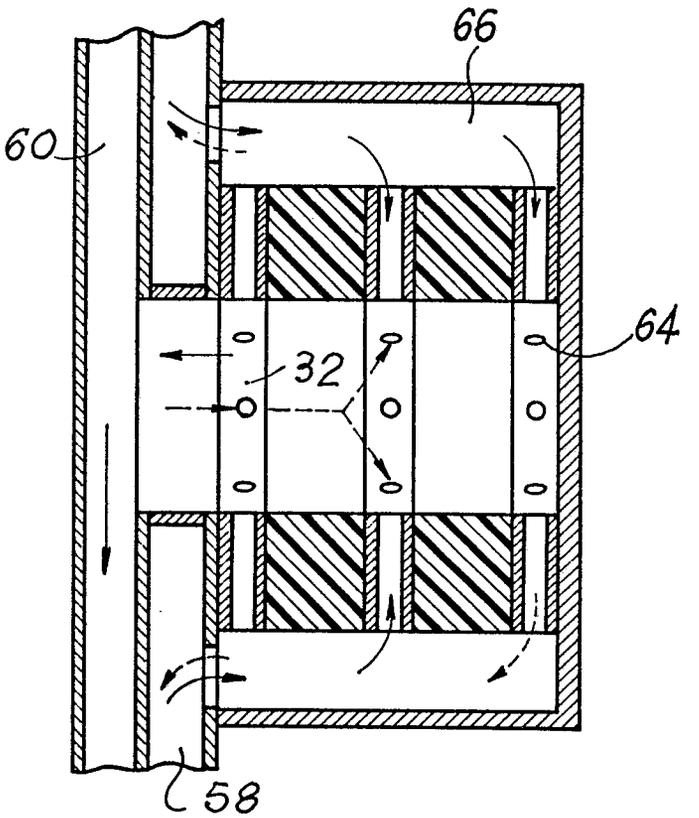


FIG_5

FIG_6

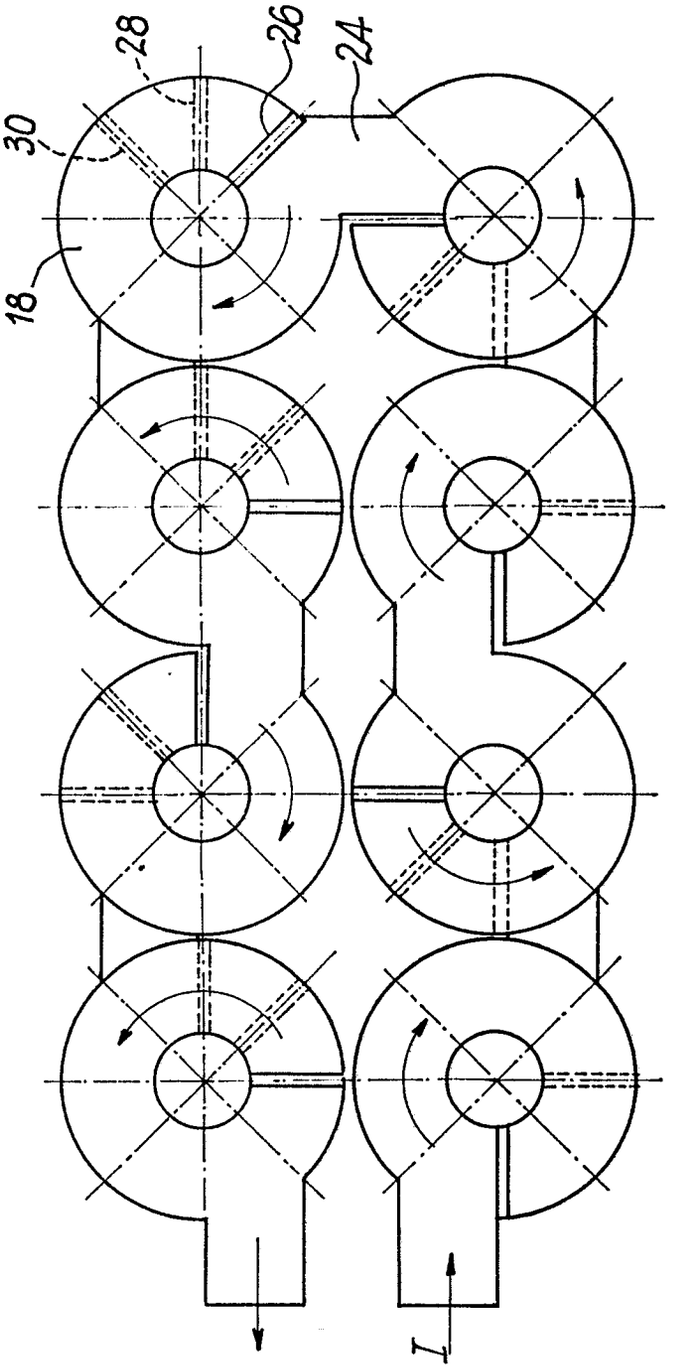


FIG_8

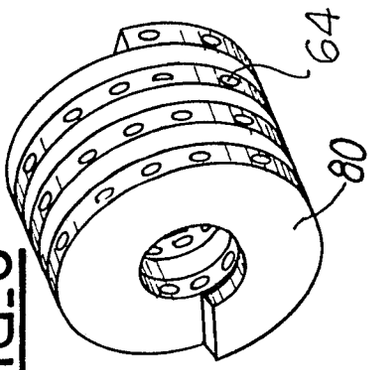


FIG_7

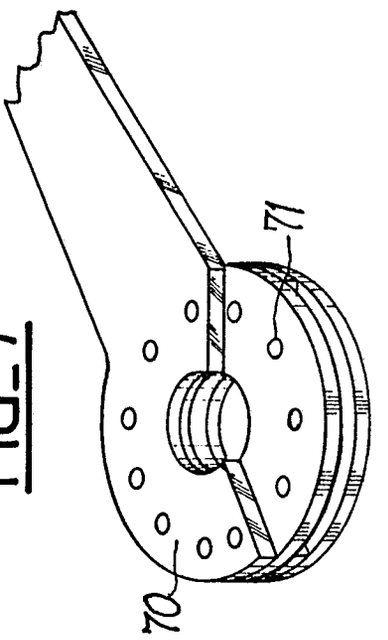
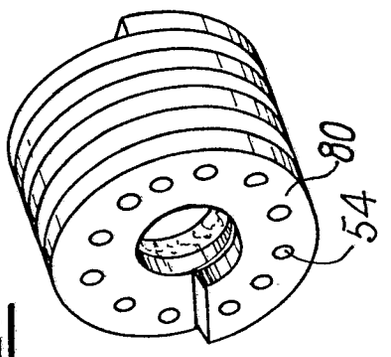


FIG_9



Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 89 40 1474

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.4)
Y,D	FR-A-2 558 085 (USINOR) * Page 4, lignes 26-36 *	1,3,8	B 22 D 39/00 B 22 D 11/06 H 01 F 7/20
Y	GB-A-2 188 491 (E. STEINGROEVER) * Page 1, lignes 56-92 *	1,3,8	
Y	FR-A-1 209 196 (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE) * Figures 5,10; page 2, colonne de droite, lignes 14-45 *	1,4,8	
A	THE REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, vol. 33, no. 3, mars 1962, pages 342-349, American Institute of Physics, New York, US; F. BITTER: "Water cooled magnets" * Page 343, figure 3; page 346, figure 8 *	1,5,10	
A	FR-A-2 525 508 (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE) * Figures 5-6; page 7, lignes 13-16 *	1	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)

B 22 D
H 01 F

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	11-09-1989	DOUGLAS K.P.R.

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

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

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

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)