

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 052 039
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 81401681.2

(51) Int. Cl.³: **C 21 B 7/10**

(22) Date de dépôt: 23.10.81

(30) Priorité: 07.11.80 FR 8023805

(71) Demandeur: **UNION SIDERURGIQUE DU NORD ET DE L'EST DE LA FRANCE** par abréviation "USINOR"
Société anonyme, 14, Rue d'Athènes, F-75426 Paris, Cedex 09 (FR)

(43) Date de publication de la demande: 19.05.82
Bulletin 82/20

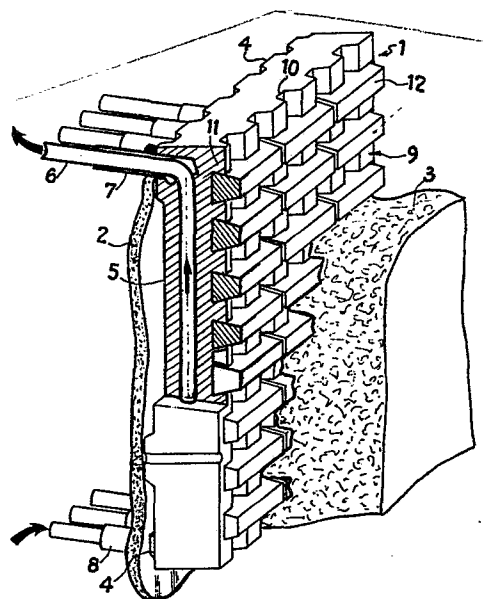
(72) Inventeur: **Cordier, Jean**, 28, rue de Tourcoing, F-59240 Dunkerque (FR)
Inventeur: **Rollot, Pierre**, 88, avenue du Casino, F-59240 Dunkerque Malo les Bains (FR)

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

(74) Mandataire: **Lavoix, Jean et al**, c/o Cabinet Lavoix 2, Place D'Estienne D'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Plaques de refroidissement pour hauts fourneaux.**

(57) La présente invention est relative à une plaque de refroidissement 1 constituée d'un élément en fonte de forme sensiblement parallélépipédique, dans lequel sont noyés des tubes longitudinaux 6 disposés parallèlement les uns aux autres, ces tubes débouchant sur une même façade principale 5, respectivement aux parties haute et basse de la plaque de refroidissement dans un fourreau protecteur 7, 8, caractérisée en ce que la face opposée 9 à celle où débouchent les tubes de refroidissement est gaufrée.



EP 0 052 039 A1

Plaques de refroidissement pour
hauts fourneaux.-

La présente invention est relative à des plaques de refroidissement pour hauts fourneaux.

Ces plaques de refroidissement sont des éléments disposés contre la face interne du blindage et remplissent la double fonction de refroidissement énergétique du réfractaire et d'écran au passage du flux thermique dans le blindage.

L'utilisation de telles plaques de refroidissement disposées entre la paroi interne du blindage et le revêtement réfractaire a été rendue nécessaire en raison de l'augmentation des flux de chaleur et de leur transfert, qui sont dus aux techniques modernes d'exploitation des hauts fourneaux.

Les plaques de refroidissement sont constituées d'éléments en fonte parcourus dans leur masse par un réseau de tubes dans lesquels circule un fluide de refroidissement qui est en général de l'eau. Ces tubes de refroidissement débouchent aux parties hautes et aux parties basses respectivement des plaques de refroidissement et traversent le blindage, à l'extérieur duquel ils sont reliés à des tubes de refroidissement d'une plaque adjacente supérieure ou inférieure. Les tubes ainsi reliés déterminent des lignes de circulation du fluide s'élevant dans un plan sensiblement vertical le long de la paroi du haut fourneau, ces lignes étant raccordées à un circuit extérieur de circulation et de refroidissement du fluide.

Les plaques de refroidissement doivent être conçues de façon telle qu'elles résistent aux déformations thermomécaniques résultant des flux élevés engendrés dans le haut fourneau et, de plus, de façon à assurer un bon échange thermique avec le réfractaire et à assurer l'accrochage efficace de ce dernier.

Or, les plaques de refroidissement connues jusqu'à présent ne satisfont pas pleinement à ces conditions et présentent des défauts qui conduisent, à la suite des contraintes thermiques répétées, à la formation de fissures dans leur masse et, par voie de conséquence, à la libération d'eau dans le haut fourneau, sous forme de fuites du fluide de refroidissement, ainsi qu'à une mauvaise tenue mécanique des tubes de refroidissement au niveau de leur sortie des plaques de refroidissement et de la traversée du blindage. On observe, par ailleurs, une difficulté pour fixer le revêtement réfractaire de façon permanente sur les plaques de refroidissement.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en fournissant des plaques de refroidissement ayant une sûreté de fonctionnement accrue, présentant de meilleures caractéristiques d'échange thermique et d'accrochage du revêtement réfractaire.

La présente invention a ainsi pour objet une plaque de refroidissement constituée d'un élément en fonte de forme sensiblement parallélépipédique, dans lequel sont noyés des tubes longitudinaux disposés parallèlement les uns aux autres, ces tubes débouchant sur une même face principale, respectivement aux parties haute et basse de la plaque de refroidissement dans un fourreau protecteur, caractérisée en ce que la face opposée à celle où débouchent les tubes de refroidissement est gaufrée.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, les rainures transversales de la face gaufrée comportent des inserts en carbure de silicium.

Selon encore une autre caractéristique de la présente invention, la face gaufrée comporte une partie en saillie appelée margelle. Cette margelle est disposée à la partie supérieure ou à une partie médiane de la face gaufrée, ou peut constituer le bord supérieur de la plaque de refroidissement.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description

qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés,
sur lesquels :

la fig. 1 est une vue en perspective avec coupe
partielle d'une plaque de refroidissement placée entre
5 blindage et revêtement réfractaire,

la fig. 2 est une vue en élévation latérale et en
coupe d'une plaque de refroidissement avec margelle;

la fig. 3 est une vue en coupe selon la ligne 3-3
de la fig. 2.

10 Sur la fig. 1, la plaque de refroidissement 1,
disposée verticalement, est placée entre le blindage 2 du
haut fourneau et le revêtement réfractaire 3. La plaque
de refroidissement 1 s'appuie contre la paroi interne du
blindage par des bossages 4 formant saillie sur la face
15 principale 5 plane en regard du blindage.

La plaque de refroidissement est parcourue par
des tubes longitudinaux 6 de circulation du fluide de re-
froidissement disposés parallèlement les uns aux autres
et s'étendant suivant un axe longitudinal disposé vertica-
20 lement. Les tubes 6 débouchent de la plaque 1 aux parties
haute et basse, respectivement, dans des fourreaux 7 et
8 qui sont noyés dans la masse de fonte de la plaque de
refroidissement.

La partie des tubes de refroidissement sortant
25 des plaques et leurs fourreaux sont disposés de façon
telle qu'ils soient rigoureusement horizontaux, c'est-
à-dire qu'ils sont légèrement inclinés par rapport à la
perpendiculaire à la surface du blindage au point de
traversée de ce dernier.

30 La face 9 de la plaque de refroidissement opposée
à la face 5, qui est la face sur laquelle débouchent les
tubes de refroidissement, a une forme gaufrée. Cette
forme gaufrée est obtenue par l'entrecroisement à angle
droit de rainures longitudinales 10 et transversales 11,
35 les rainures longitudinales 10 étant parallèles aux tubes
6. Les rainures peuvent avoir une section droite carrée,
rectangulaire ou trapézoïdale.

Dans le mode de réalisation de la fig. 1, les rainures longitudinales 10 ont une section trapézoïdale dont la partie évasée est dirigée vers l'extérieur de la plaque, alors que les rainures transversales 11 ont une
5 section trapézoïdale disposée en queue d'aronde. Dans ces rainures transversales sont placés des inserts 12 à section trapézoïdale correspondante qui forment saillie par rapport à la face gaufrée 9 de la plaque de refroidissement.

Ces inserts sont réalisés en carbure de silicium
10 et placés in situ lors de la coulée de la fonte de la plaque de refroidissement. Cette caractéristique de coulée de la fonte autour des briques en carbure de silicium spécial, permet de réaliser un contact intime, assuré par une liaison chimique, entre le carbure de silicium et la
15 fonte, qui garantit un excellent coefficient de transfert de chaleur entre les deux matériaux.

Sur la plaque de refroidissement représentée à la fig. 1, toutes les rainures transversales comportent des inserts en carbure de silicium, mais il est possible d'espacer ces inserts toutes les deux ou trois rainures et même
20 de n'en disposer aucun. Les rainures transversales ne comportant pas d'insert peuvent avoir une section droite trapézoïdale dont la partie évasée est dirigée vers l'extérieur de la plaque.

Le gaufrage de la face 9 en regard du revêtement réfractaire permet, tout d'abord, d'augmenter l'interface entre le revêtement réfractaire et la fonte et, donc, de favoriser l'échange thermique. Il exerce en outre une fonction d'ancrage mécanique du réfractaire à l'intérieur du
30 haut fourneau.

Il évite enfin les contraintes thermomécaniques qui conduisent à la déformation des plaques de refroidissement et, donc, à la fissuration dans le temps.

Les inserts en carbure de silicium jouent un rôle
35 d'amélioration de la liaison entre la fonte et le revêtement réfractaire. Par ailleurs, dans le cas d'une disparition du revêtement réfractaire au cours du fonctionnement

du haut fourneau, ces éléments favorisent l'autogarnissage et fournissent une résistance à l'abrasion.

Sur la fig. 2 est représentée en coupe une plaque de refroidissement du type à margelle. La plaque de refroidissement, comme dans le cas général de la fig. 1, est disposée contre la face interne du blindage 2. Des tubes de refroidissement longitudinaux 6 sont noyés dans la masse de fonte de la plaque de refroidissement et sortent aux parties haute et basse dans des fourreaux protecteurs 7 et 8 qui traversent le blindage 2. Des bossages 4, faisant saillie sur la face 5 de la plaque de refroidissement en regard du blindage, servent d'appui contre ce dernier. Des joints d'étanchéité, non représentés, comme dans le cas de la fig. 1, sont disposés entre les bossages 4 et le blindage du haut fourneau 2. De même, des masses de bourrage destinées à assurer une solution de continuité du système revêtement réfractaire, plaque de refroidissement et blindage, sont disposées entre la face 5 de la plaque de refroidissement et le blindage. La plaque de refroidissement est maintenue en appui serré contre le blindage à l'aide de moyens extérieurs à ce dernier, non représentés.

Une margelle 13 faisant saillie sur la face gaufrée 9 de la plaque de refroidissement comporte, noyé dans sa masse, un tube transversal 14 de circulation du fluide de refroidissement, qui débouche sur la face 5 en regard du blindage, à travers des fourreaux protecteurs 15, noyés dans la masse métallique de la plaque de refroidissement et traversant le blindage 2.

On peut constater à la fig. 3 que le tube transversal est disposé de façon telle qu'il passe entre les tubes longitudinaux 6 de circulation du fluide de refroidissement. Les tubes transversaux 14 sont reliés à l'extérieur du haut fourneau à d'autres tubes analogues refroidissant des margelles d'autres plaques de refroidissement supérieures ou inférieures. Le circuit des tubes de refroidissement transversaux est, de même, relié à un circuit extérieur de circulation et de refroidissement du fluide.

Les margelles peuvent comporter un tube de refroidissement, comme représenté aux fig. 2 et 3, mais on peut également en disposer plusieurs, suivant l'importance de la taille de la margelle. Cette margelle peut
5 être disposée à une partie légèrement inférieure au bord supérieur de la plaque de refroidissement, ou à une partie plus médiane, ou constituer le bord supérieur de la plaque de refroidissement.

Ainsi, dans les parties de bas de cuve, mi-cuve
10 et cuve, les margelles sont disposées à une partie inférieure au bord supérieur de la surface de refroidissement ou plus médiane, alors que pour le dernier rang situé dans la zone de la cuve, la margelle forme le bord supérieur des plaques de refroidissement.

15 Les margelles peuvent également comporter des inserts en CSI dans des rainures ménagées à cet effet.

Les margelles 13 comportent une face supérieure
16 sensiblement perpendiculaire à la face gaufrée 9 de façon à ce qu'elle soit sensiblement horizontale lorsque
20 la plaque de refroidissement est positionnée dans le haut fourneau.

Le rôle de ces margelles est de supporter le revêtement réfractaire et de favoriser un autogarnissage après disparition de ce dernier.

25 Les plaques de refroidissement comportent un nombre de tubes de refroidissement longitudinaux 6 pouvant varier de 3 à 5. En effet, on fait varier la densité des tubes internes de refroidissement en fonction des flux thermiques émis dans le haut fourneau et il est évident
30 que plus ce flux thermique est intense, plus l'entraxe entre les tubes doit être réduit. A titre indicatif, dans les plaques de refroidissement au niveau du ventre, on dispose des tubes à un entraxe de 195 à 210 mm, alors que dans les zones moins sollicitées de la cuve, cet entraxe
35 est porté à 270-320 mm.

Les dimensions des plaques sont également fonction du flux thermique émis dans les diverses zones du haut

fourneau. Ainsi, dans les zones de sollicitation thermique intense, où la densité des tubes internes est forte, c'est-à-dire leur entraxe faible, on dispose de plaques de refroidissement de plus petites dimensions comportant un même
5 nombre de tubes que dans les zones sollicitées par un flux thermique moins intense.

Selon une dernière caractéristique de l'invention, les plaques de refroidissement sont réalisées en fonte qui doit posséder, en plus des qualités inhérentes à ce matériau,
10 des caractéristiques propres à son utilisation particulière.

Cette fonte doit :

- avoir la meilleure conductibilité possible,
- conserver entre 300 et 500°C des qualités physiques et mécaniques de résistance, dureté, élasticité,
15 - garder sa stabilité métallographique et géométrique en retardant les transformations qui se produisent à température élevée et qui peuvent provoquer le gonflement de la fonte,

- résister aux agressions chimiques et, en particulier, à celles des vapeurs alcalines telles que les composés du potassium,

- suivant les zones et le type de plaques de refroidissement construit, trois qualités de fonte au chrome sont utilisées :

25 a) fonte à haute conductibilité pour les zones normalement sollicitées;

b) fonte à graphite lamellaire, type A, stabilisée pour les zones moyennement et fortement sollicitées;

c) fonte à l'aluminium pour les zones très exposées (par exemple celles du bas de cuve).
30

Toutes ces fontes ont une bonne résistance à l'agression par les vapeurs alcalines.

Les fontes des types (a) et (b) présentent l'analyse suivante en pourcentage pondéral.

35	C	=	3,65 ± 0,25
	Si	=	1,65 ± 0,25
	Mn	=	1,00 ± 0,20
	Cr	=	0,65 ± 0,15
	Ni	=	0,25 ± 0,05

P - $\leq 0,22$

S - $\leq 0,10$

Les fontes de types (a) et (b) ne diffèrent que par leur structure cristallographique. La fonte du type 5 (b) est à graphite lamellaire contrôlé du type A arrondi prédominant, stabilisée et à haute conductibilité. Cette structure cristallographique particulière est obtenue par un enfournement sélectionné, un contrôle de la surchauffe et par inoculation.

10 La fonte du type (c) à l'aluminium présente l'analyse suivante en pourcentage pondéral :

C = 2 à 4

Al = 1 à 3

Si = 0 à 1

15 Mn = 0 à 0,7

S = 0 à 0,08

P = 0 à 0,01

Agent d'inoculation à base alliage de Cr, exprimé en Cr : 0,3 à 2 %.

20 On peut également utiliser comme agent d'inoculation un alliage à base de cuivre et de terres rares dont la proportion de cérium dans les terres rares est de 50 %, la proportion de Cu et des terres rares dans l'alliage étant identique à celle définie pour le Cr.

25 Cette fonte à l'aluminium ne prend pas la trempe, elle conserve à haute température sa conductibilité et sa résistance mécanique à l'abrasion et à la fissuration.

La fonte du type C est utilisée aux endroits les plus sollicités du haut fourneau, par les flux thermiques, 30 et par les effets d'abrasion mécanique, en particulier pour les plaques de refroidissement du bas de cuve, à margelles, et du ventre.

A titre d'exemple spécifique d'une fonte du type C à l'aluminium, la fonte présente la composition suivante en 35 pourcentage pondéral :

9.

0052039

5

C	=	3,8
Al	=	2,3
Si	=	0,6
Mn	=	0,4
S	=	0,065
P	=	0,005
Cr	=	0,3.

REVENDICATIONS

1. Plaque de refroidissement (1) constituée d'un élément en fonte de forme sensiblement parallélépipédique, dans lequel sont noyés des tubes longitudinaux (6) disposés parallèlement les uns aux autres, ces tubes débouchant
5 sur une même façade principale (5), respectivement aux parties haute et basse de la plaque de refroidissement dans un fourreau protecteur (7, 8), caractérisées en ce que la face opposée (9) à celle où débouchent les tubes de refroidissement est gaufrée.
- 10 2. Plaque de refroidissement selon la revendication 1, caractérisée en ce que la forme gaufrée de la plaque de refroidissement est obtenue par l'entrecroisement à angle droit de rainures longitudinales (10) et transversales (11).
- 15 3. Plaque selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'au moins une rainure transversale comporte des inserts (12) en carbure de silicium faisant saillie sur la face gaufrée (9).
- 20 4. Plaque selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la face gaufrée (9) comporte une partie en saillie (13) appelée margelle.
5. Plaque selon la revendication 4, caractérisée en ce que la margelle (13) est disposée à la partie supérieure ou à une partie médiane de la face gaufrée ou peut
25 constituer le bord supérieur de la plaque de refroidissement.
6. Plaque selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que la margelle (13) est refroidie par au moins un tube transversal (14), noyé dans sa masse, débouchant à travers des fourreaux protecteurs (15) sur la
30 face principale (5) où débouchent les tubes longitudinaux (6).
7. Plaque selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisée en ce que les margelles (13) comportent
35 des inserts en carbure de silicium faisant saillie hors de rainures ménagées à cet effet.

8. Plaque selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est réalisée en une fonte à haute conductibilité thermique ayant la composition suivante en pourcentage pondéral :

5	C	=	$3,65 \pm 0,25$
	Si	=	$1,65 \pm 0,25$
	Mn	=	$1,00 \pm 0,20$
	Cr	=	$0,65 \pm 0,15$
	Ni	=	$0,25 \pm 0,05$
10	P	-	$\leq 0,22$
	S	-	$\leq 0,10$

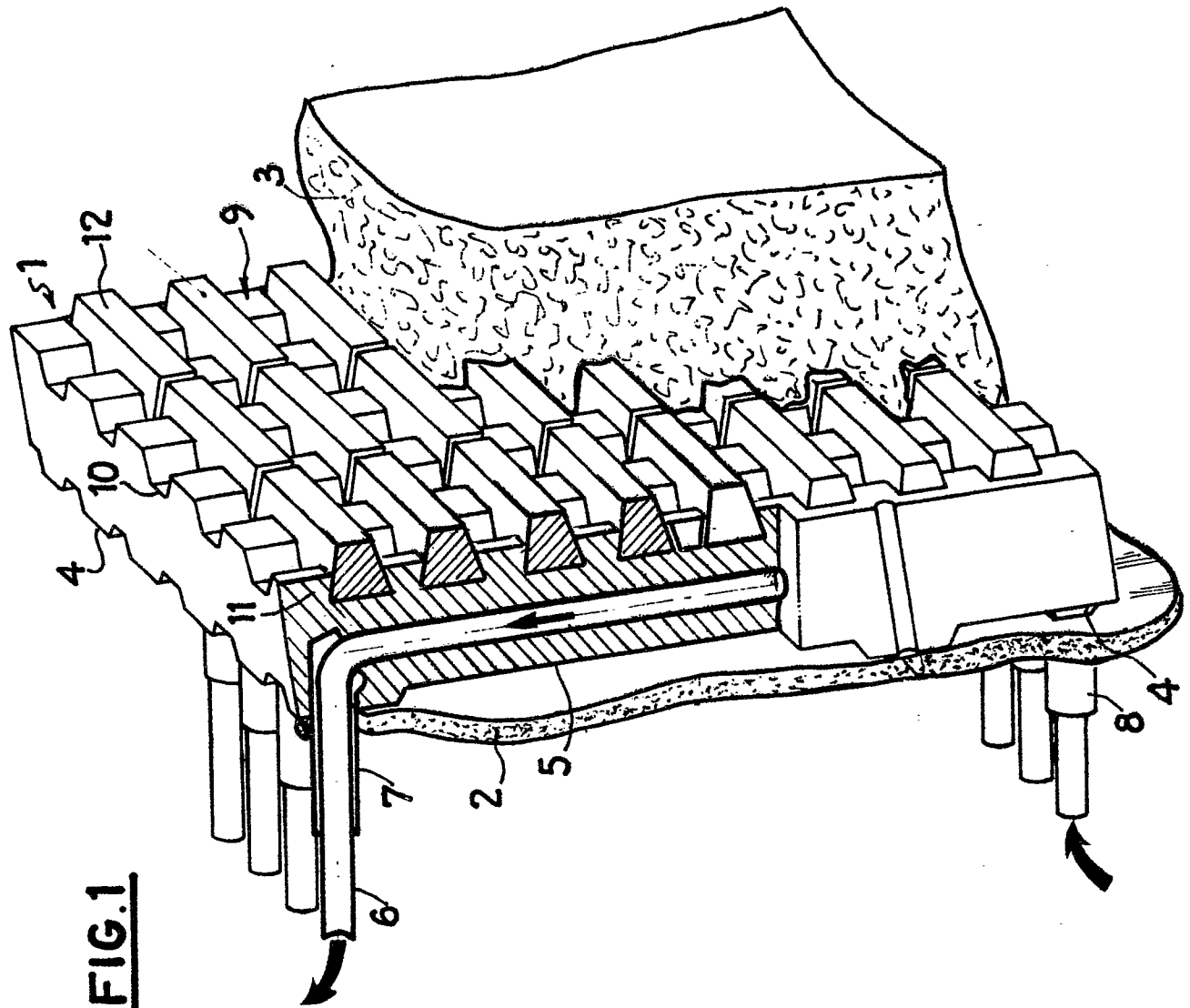
9. Plaque selon la revendication 8, caractérisée en ce que la structure cristallographique de la fonte est à graphite lamellaire contrôlé du type A arrondi prédominant.

15 10. Plaque selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est réalisée en une fonte à l'aluminium, non-trempante, à haute conductibilité thermique ayant la composition suivante en pourcentage pondéral :

20	C	=	2 à 4
	Al	=	1 à 3
	Si	=	0 à 1
	Mn	=	0 à 0,7
	S	=	0 à 0,05
25	P	=	0 à 0,01

Agent d'inoculation à base alliage de Cr, exprimé en Cr : 0,3 à 2 %.

11. Plaque selon la revendication 9, caractérisée en ce que la fonte est inoculée par un alliage à base de cuivre 30 et de terres rares dont 50 % des terres rares sont constituées par du Ce, à la place de la quantité équivalente d'alliage de Cr.



0052039

FIG.2

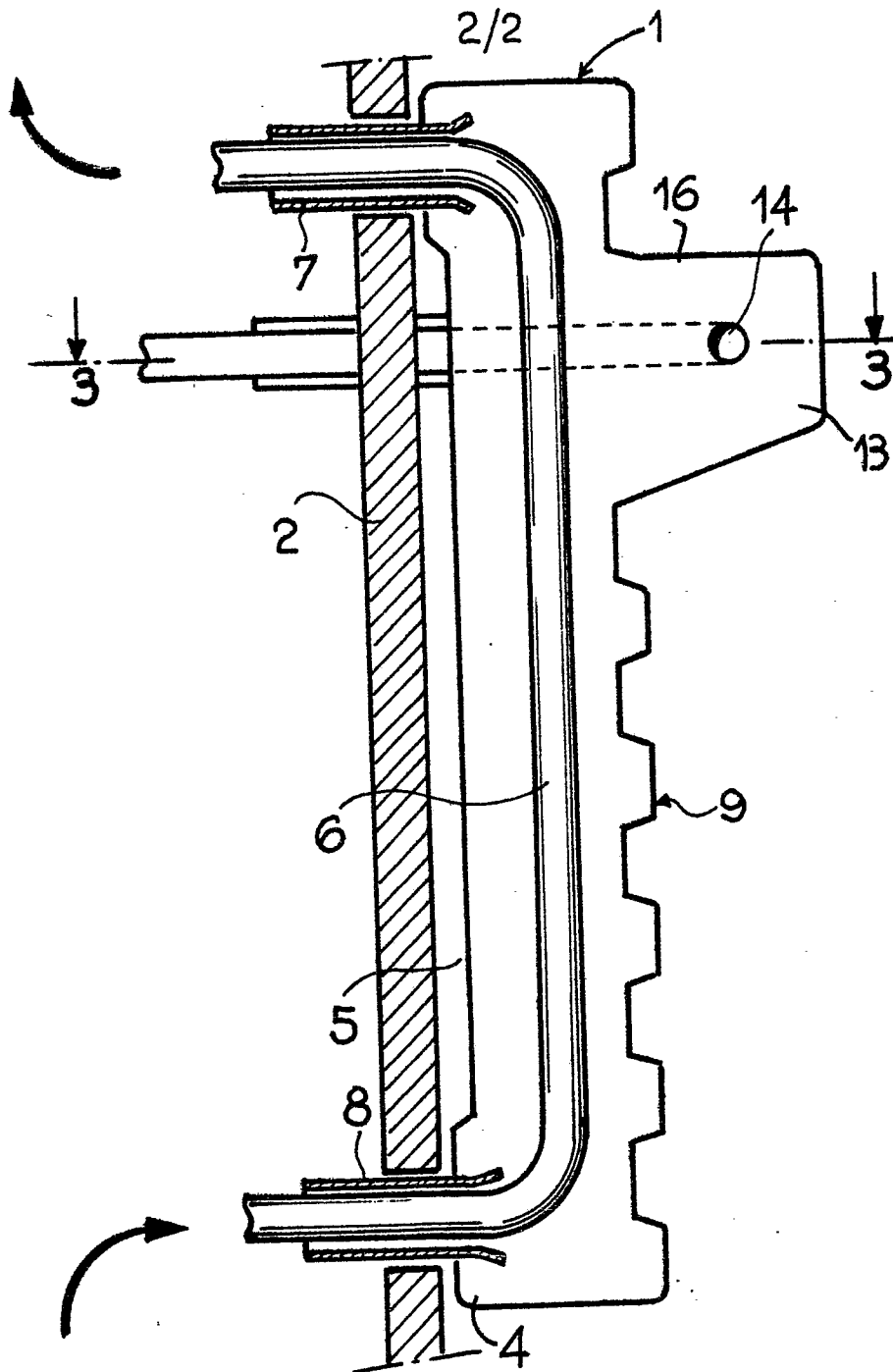
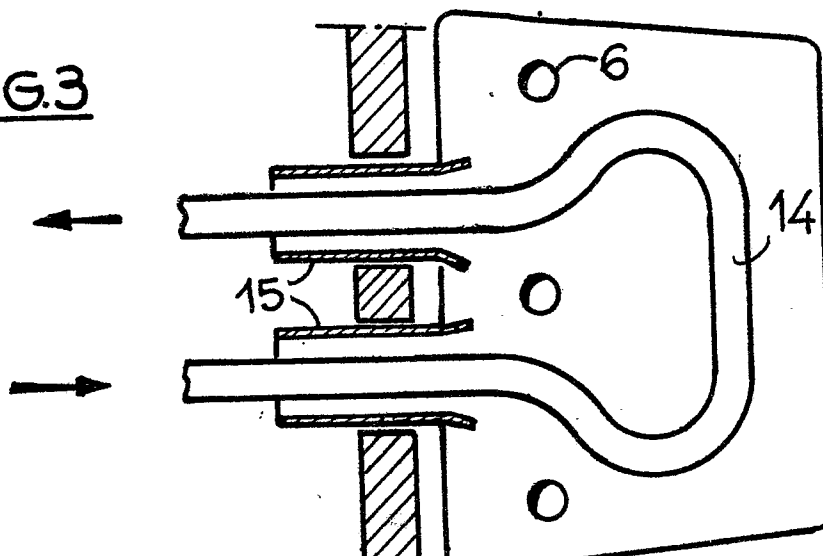


FIG.3





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0052039

Numéro de la demande

EP 81 40 1681

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<u>FR - A - 2 371 652</u> (SOFRESID) * figures 1-4; revendications 1-3 * ---	1,3	C 21 B 7/10
	<u>FR - A - 2 203 966</u> (DIDIER-WERKE) * figures 1-8; revendications 1-5 * ---	1	
	<u>EP - A - 0 012 132</u> (ARBED) * figures 3; revendications 1-4 * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
	<u>US - A - 4 161 620</u> (SYOJI NAKAMURA) * figures 5,6; revendications 1 et 2 * ---	1	C 21 B 7/10 F 27 D 1/12 9/00 F 27 B 1/24 3/24
	<u>US - A - 3 940 552</u> (SUSOMU MIZUNO) * figures 1-4; colonne 4, lignes 1-15 * ---	1	
	<u>DE - A - 1 508 059</u> (ROHDE) * figures 1,2; revendication 3 * ---	1	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
	<u>DE - A - 1 533 864</u> (ROHDE) * figure 2; revendication 5 * ---	1	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
	<u>FR - A - 2 230 730</u> (V.N.I.I.P.I.- P.O.T. GAZOV) * figures 1-5; revendications 1 et 2 * ---	1,4,5, 6	
	./..		&: membre de la même famille, document correspondant
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
La Haye	26.01.1982	ELSEN	



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	FR - A - 2 257 068 (HOOGOVSNS IJMUIDEN). * figures 1-10; revendications 1-8; page 7, lignes 1-12 * =====	1,4,5, 6,7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)