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

(11) Numéro de publication : **0 052 039**
**B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet : **30.01.85**

(51) Int. Cl.⁴ : **C 21 B 7/10**

(21) Numéro de dépôt : **81401681.2**

(22) Date de dépôt : **23.10.81**

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

(30) Priorité : **07.11.80 FR 8023805**

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

(45) Mention de la délivrance du brevet :
**30.01.85 Bulletin 85/05**

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

(56) Documents cités :
**EP-A- 0 012 132**
**DE-A- 1 508 059**
**DE-A- 1 533 864**
**FR-A- 2 203 966**
**FR-A- 2 230 730**
**FR-A- 2 257 068**
**FR-A- 2 371 652**
**US-A- 3 940 552**
**US-A- 4 161 620**

(73) Titulaire : **UNION SIDERURGIQUE DU NORD ET DE L'EST DE LA FRANCE par abréviation "USINOR"**
**La Défense 9, 4, place de la Pyramide**
**F-92800 Puteaux (FR)**

(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)**

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

**EP 0 052 039 B1**

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**Description**

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 énergique 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 observera, par ailleurs, une difficulté pour fixer le revêtement réfractaire de façon permanente sur les plaques de refroidissement.

En particulier, on connaît d'après le document FR-A-2 230 730 une plaque de refroidissement du type général analysé ci-dessus, qui comporte sur sa face dirigée vers l'intérieur du haut-fourneau des rainures horizontales (ou transversales, si l'on considère comme longitudinale la direction des tubes de refroidissement).

La présente invention a donc pour but de remédier à ces inconvénients en fournissant des plaques de refroidissement ayant une sûreté de fonctionnement accrue, et une meilleure résistance à la fissuration tout en 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 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 de l'élément, respectivement aux parties haute et basse de la plaque de refroidissement, caractérisée en ce que la face opposée à la face principale est gaufrée et comporte des rainures longitudinales et transversales qui se croisent à angle droit, et en ce que l'élément est en fonte.

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

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 figure 1 est une vue en perspective avec coupe partielle d'une plaque de refroidissement placée entre blindage et revêtement réfractaire ;

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

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

Sur la figure 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 principale 5 plane en regard du blindage.

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

La partie des tubes de refroidissement sortant 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.

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, 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 figure 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 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 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 fonte, qui garantit un excellent coefficient de transfert de chaleur entre les deux matériaux.

Sur la plaque de refroidissement représentée à la figure 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 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 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 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 figure 2 est représentée en coupe une plaque de refroidissement du type à margelle. La plaque de refroidissement, comme dans le cas général de la figure 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 figure 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 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 figure 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 figures 2 et 3, mais on peut également en disposer plusieurs, suivant l'importance de la taille de la margelle. Cette margelle peut 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 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.

Les margelles peuvent également comporter des inserts en CSi dans au moins une rainure ménagée à cet effet, les inserts faisant saillie hors des rainures.

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 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.

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 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 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 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, 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,

— 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 :

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).

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.

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 — ≤ 0,22
S — ≤ 0,10

Les fontes de types (a) et (b) ne diffèrent que par leur structure cristallographique. La fonte du type (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.

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
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 %.

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 porportion de Cu et des terres rares dans l'alliage étant identique à celle définie pour le Cr.

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, 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 pourcentage pondéral :

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, notamment pour haut fourneau, constituée d'un élément de forme sensiblement parallélépipédique, dans lequel sont noyés des tubes longitudinaux (6) disposés parallèlement les uns aux autres, ces tubes débouchant sur une même face principale (5) de l'élément, respectivement aux parties haute et basse de la plaque de refroidissement, caractérisée en ce que la face (9) opposée à la face principale (5) est gaufrée et comporte des rainures longitudinales (10) et transversales (11) qui se croisent à angle droit et en ce que l'élément est en fonte.

2. Plaque selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'au moins une rainure transversale (11) comporte des inserts (12) en carbure de silicium faissant saillie sur la face gaufrée (9).

3. Plaque selon l'une quelconque des revendications 1 et 2 comportant sur sa face gaufrée (9) une partie en saillie (13) appelée margelle, caractérisée en ce que la margelle (13) comporte au moins une rainure dans laquelle sont logés des inserts en carbure de silicium faisant saillie hors des rainures.

4. 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 :

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 — ≤ 0,22
S — ≤ 0,10

5. Plaque selon la revendication 4, caractérisée en ce que la structure cristallographique de la fonte est à graphite lamellaire contrôlé du type A arrondi prédominant.

6. Plaque selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, 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 :

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

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

7. Plaque selon la revendication 6, caractérisée en ce que la fonte est inoculée par un alliage à base de cuivre 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.

**Claims**

1. Cooling plate, namely for a blastfurnace, comprising an element having a substantially parallelepipedic shape, wherein longitudinal tubes (6) are disposed, parallel to each other, said tubes issuing from said element on a common main side (5) of said element, respectively in upper and lower parts of the cooling plate, characterized in that the side (9) opposed to said main side (5) has a waffle shape and comprises longitudinal grooves (10) and transverse grooves (11) which intersect one another at a right angle, and in that said element is made of cast iron.

2. Plate according to claim 1, characterized in that at least one transverse groove (11) comprises silicon carbide inserts (12) which project from said waffle-shaped side.

3. Plate according to any one of claims 1 and 2, comprising on its waffle-shaped side a projecting portion or lip (13), characterized in that said lip (13) comprises at least a groove wherein are received silicon carbide inserts projecting from the grooves.

4. Plate according to any one of the preceding claims, characterized in that it is made from a cast iron having a high heat conductivity, having the following composition in percentage by weight :

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 — ≤ 0.22
S — ≤ 0.10

5. Plate according to claim 4, characterized in that the crystallographic structure of the cast iron is a predominantly controlled rounded lamellar graphite cast iron of type A.

6. Plate according to any one of the claims 1 to 3, characterized in that it is made from a non-hardening aluminium cast iron having a high heat conductivity, having the following composition in percentage by weight :

C = 2 to 4
Al = 1 to 3
Si = 0 to 1
Mn = 0 to 0.7
S = 0 to 0.05
P = 0 to 0.01

Inoculation agent based on an alloy of Cr, expressed in Cr : 0.3 to 2 %.

7. Plate according to claim 6, characterized in that the cast iron is inoculated by an alloy based on copper and rare earths, in which 50 % of the rare earths are constituted by Ce instead of an equivalent amount of Cr alloy.

**Ansprüche**

1. Kühlplatte, insbesondere für Hochöfen, welche durch ein Element im wesentlichen parallelepipedischer Form gebildet ist, in welchem parallel zueinander angeordnete Längsrohre (6) versenkt sind, wobei diese Rohre auf der gleichen Hauptfläche (5) des Elements im oberen bzw. im unteren Teil der Kühlplatte austreten, dadurch gekennzeichnet, daß die der Hauptfläche (5) abgekehrte Fläche (9) waffelförmig gerippt ist und Längsrinnen (10) und Querrinnen (11) aufweist, die einander unter einem rechten Winkel schneiden, und daß das Element aus Gußeisen ist.

2. Platte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Querrinne (11) Einsätze (12) aus Siliziumcarbid aufweist, die über die waffelförmig gerippte Fläche (9) vorspringen.

3. Platte nach irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, welche auf der waffelförmig gerippten Fläche (9) einen Kranz genannten vorspringenden Teil (13) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kranz (13) wenigstens eine Rinne aufweist, in welcher über die Rinnen vorspringende Einsätze aus Siliziumcarbid aufgenommen sind.

4. Platte nach irgendeinem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus Gußeisen hoher Wärmeleitfähigkeit mit folgender Zusammensetzung in Gewichtsprozent hergestellt ist :

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 — ≤ 0,22
S — ≤ 0,10

5. Platte nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die kirstallographische Struktur des Gußeisens kontrollierter lamellenförmiger Graphit des Typs A vorherrschend abgerundet ist.

6. Platte nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einem nicht-härtenden Aluminiumgußeisen hoher thermischer Leitfähigkeit mit folgender Zusammensetzung in Gewichtsprozent hergestellt ist :

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

Impfmittel auf Cr-Legierungsbasis, ausgedrückt in Cr : 0,3 bis 2 %.

7. Platte nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gußeisen mit einer Legierung auf Kupfer- und Seltenerdbasis, bei welcher 50 % der seltenen Erden durch Ce gebildet sind, anstelle der entsprechenden Menge an Cr-Legierung geimpft ist.

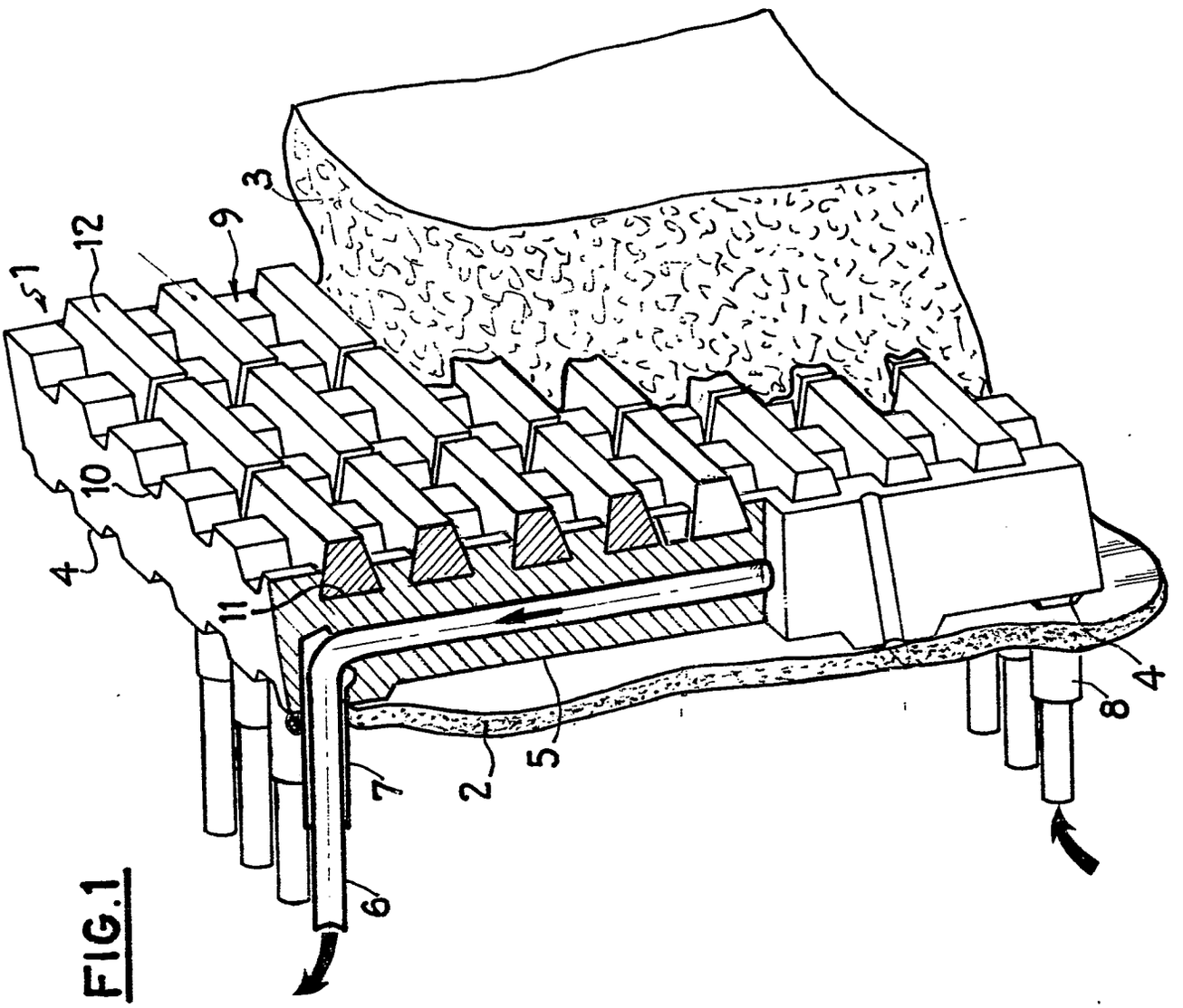



FIG.1

FIG.2

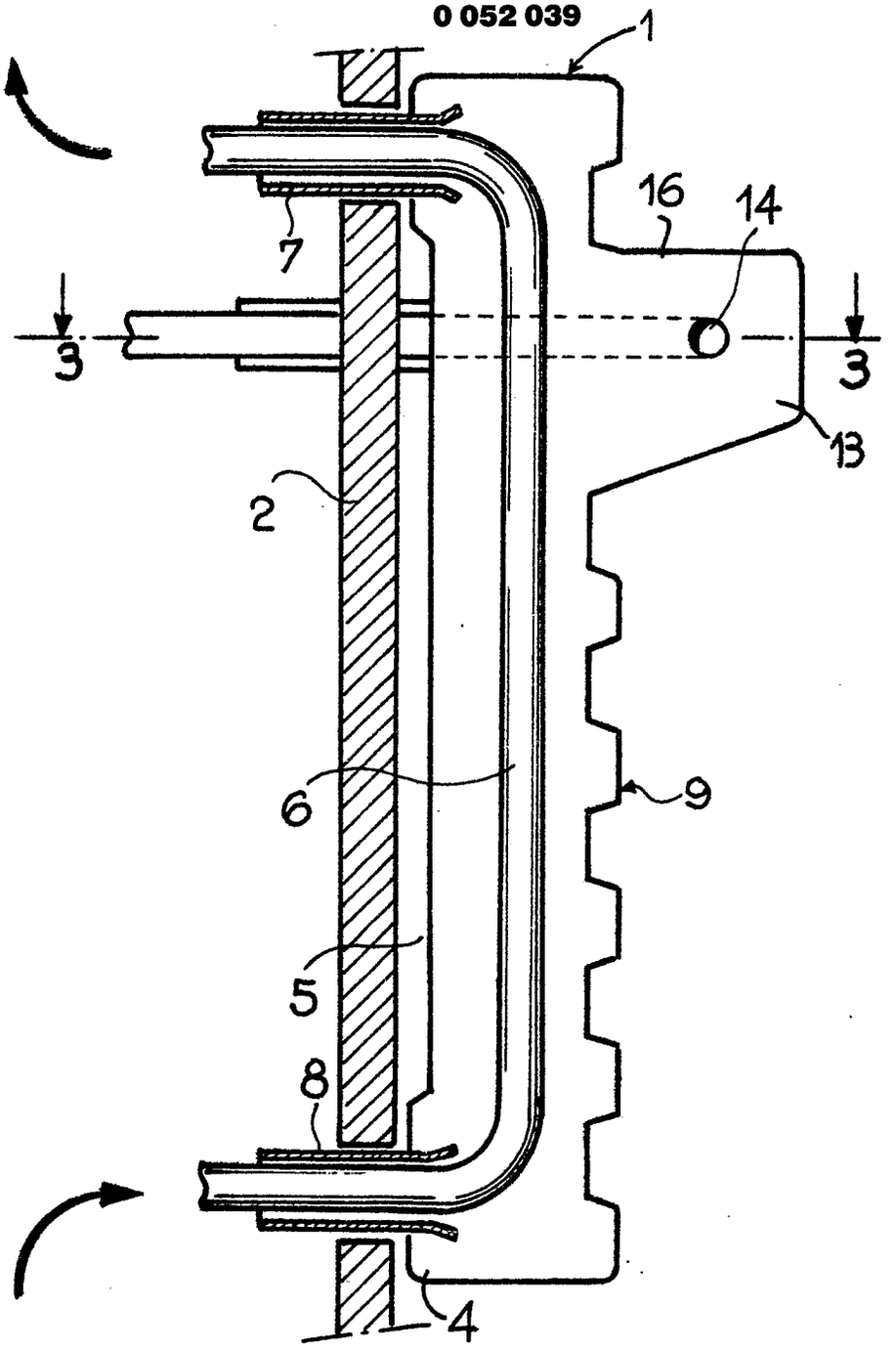



FIG.3

