

⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt: **84400569.4**

⑤① Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 28 D 5/02, F 28 F 25/06,**  
**F 28 F 1/24**

㉔ Date de dépôt: **21.03.84**

③① Priorité: **21.03.83 FR 8304567**

⑦① Demandeur: **BERTIN & CIE, Boîte Postale No. 3,**  
**F-78370 Plaisir (FR)**

④③ Date de publication de la demande: **26.09.84**  
**Bulletin 84/39**

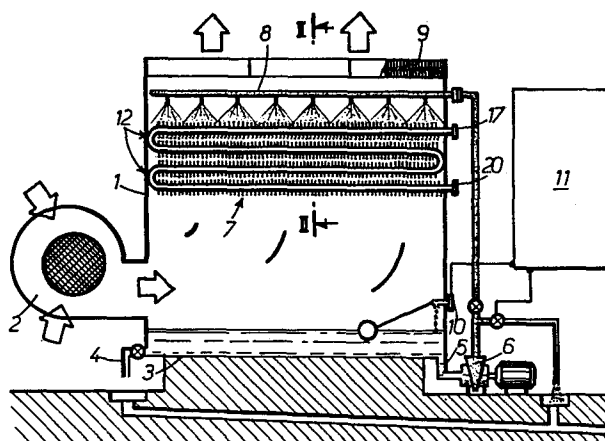
⑦② Inventeur: **Blondeau, Michel Honoré, 68, Rue du Petit**  
**Bois, F-78370 Plaisir (FR)**  
Inventeur: **Viannay, Stéphane Georges Jean-Marie, 3,**  
**Passage du Mail Voisins-le-Bretonneux,**  
**F-78180 Montigny-le-Bretonneux (FR)**  
Inventeur: **Jannot, Marcel Augustin Joseph, 1 bis Rue**  
**des Sources, F-95200 Sarcelles (FR)**

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

⑦④ Mandataire: **De Boisse, Louis et al, 37, Avenue Franklin**  
**D. Roosevelt, F-75008 Paris (FR)**

⑤④ **Réfrigérant fermé à ventilation forcée et à circuit étanche.**

⑤⑦ Le circuit échangeur (7) est constitué d'éléments (12) formés par des tronçons horizontaux de tubes à ailettes circulaires dont la partie inférieure est échancrée. Les tubes peuvent être décalés de part et d'autre d'un plan vertical commun. Les éléments sont disposés les uns à côté des autres sur toute la surface de l'enceinte (1). L'entrée (17) du fluide chaud est prévue à une extrémité des tronçons supérieurs et la sortie (20) du fluide refroidi, à une extrémité des tronçons inférieurs. Une station de traitement (11) de l'eau de refroidissement comporte un circuit de compensation (10) de l'eau perdue par évaporation, des moyens de dosage de l'acidité de l'eau admise par les moyens de compensation et des moyens de rejet contrôlé de l'eau de refroidissement recyclée. Une échancrure est prévue dans la partie inférieure des ailettes.



- 1 -

Réfrigérant fermé à ventilation forcée et à circuit étanche.

L'invention concerne un réfrigérant fermé à ventilation forcée et à circuit étanche, comportant une enceinte, ouverte vers le haut, reliée à des moyens de ventilation forcée, des moyens d'aspersion d'eau de refroidissement, et un circuit échangeur, dans lequel circule le fluide à refroidir, disposé de manière à recevoir l'eau provenant des moyens d'aspersion.

L'utilisation de machines thermiques de grosse puissance par l'industrie et, en particulier, dans les centrales thermiques ou nucléaires de production d'électricité, nécessite l'évacuation de la chaleur dégradée. Ceci est obtenu par circulation d'un fluide caloporteur qui se charge des calories dont on veut se débarrasser.

Lorsque le fluide est de l'eau, une évacuation directe pourrait être envisagée, mais ceci n'est pas possible pour de nombreuses raisons et, en particulier, pour éviter la pollution thermique des rivières ou par

suite d'un débit d'eau limité. L'eau est alors  
refroidie par ruissellement sur des gradins ou des  
claies dans une circulation d'air. Le refroidissement  
étant fonction de la hauteur de chute, les réfrigé-  
5 rants atteignent des tailles importantes et la  
vaporisation d'une partie de l'eau forme des  
brouillards qui créent un micro-climat indésirable.

Dans le cas où le fluide caloporteur ne peut être  
mis en contact direct avec l'air de refroidissement,  
10 on est obligé de recourir à des échangeurs à circuit  
fermé dans lesquels le fluide passe dans des tubes  
sur lesquels on fait ruisseler de l'eau dans un  
courant d'air. Un tel réfrigérant est connu du brevet  
français n° 2.319.098. Le fluide à refroidir passe  
15 dans des échangeurs constitués d'un faisceau de tubes  
parallèles maintenus entre eux par des ailettes.  
Plusieurs échangeurs sont disposés en gradins à  
l'intérieur d'une tour de refroidissement, de manière  
que l'axe des tubes fasse un angle compris entre 15°  
20 et 45° par rapport à la verticale. Des rampes de  
projection sont prévues au-dessus des échangeurs et  
projetent de l'eau sur les ailettes contre lesquelles  
elle ruisselle. La circulation d'air est assurée par  
tirage naturel dans la tour.

25 Le réfrigérant ci-dessus décrit permettrait une  
réduction des dimensions par rapport à celles des  
tours classiques, et le trajet d'une faible quantité  
de vapeur dans l'air atmosphérique d'où il résulte une  
économie de l'eau de refroidissement et la suppression  
30 des micro-climats nuisibles.

Le réfrigérant, selon l'invention, présente comme  
connu un échangeur tubulaire, une aspersion d'eau de

refroidissement, mais comporte un échangeur tubulaire continu occupant de préférence toute la surface balayée par l'air de refroidissement pouvant être fourni par des moyens mécaniques de ventilation.

- 5 L'efficacité de l'échangeur est, en outre, augmentée par une forme particulière des ailettes prévues sur les tubes et par des conditions inhabituelles de fonctionnement des pulvérisateurs permettant un mouillage uniforme des tubes à ailettes de l'échangeur.

- 10 La perte d'efficacité de l'échangeur par formation de dépôts sur les surfaces d'échange est supprimée par le traitement et le contrôle de débit de l'eau de refroidissement recyclée.

- 15 Les explications et figures données ci-après à titre d'exemple permettront de comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 est une vue schématique en coupe d'un réfrigérant selon une forme de réalisation de l'invention.

- 20 Les figures 2 et 2A sont des vues partielles en coupe, à plus grande échelle selon II II de la figure 1 de deux formes de réalisation du réfrigérant.

- 25 Les figures 3 et 3A sont des vues en coupe d'un tube à ailettes selon deux exemples de réalisation.

Les figures 4 et 5 sont des vues en coupe, en plan et latérale d'un pulvérisateur et de la forme d'un cône de pulvérisation.

Le réfrigérant, selon la forme de réalisation représentée schématiquement figure 1, est constitué d'une enceinte 1 de forme rectangulaire ouverte à son extrémité supérieure. Un des côtés de l'enceinte est  
5 muni d'un ou de plusieurs ventilateurs 2. La partie inférieure étanche de l'enceinte sert de bac de récupération 3 pour l'eau de refroidissement. Une canalisation de vidange 4 et une canalisation d'aspiration 5 sont prévues sur le bac de récupéra-  
10 tion. La canalisation d'aspiration 5 est reliée à une pompe de circulation 6 dont le rôle sera précisé ultérieurement.

A la partie haute de l'enceinte est disposé un échangeur 7 constitué de rangées parallèles de tubes  
15 à ailettes dans lesquels le fluide à refroidir circule de haut en bas.

Des rampes 8 de pulvérisateurs sont disposées au-dessus des rangées supérieures de tubes et sont alimentées par l'intermédiaire de la pompe de circulation 6. Les  
20 pulvérisateurs sont répartis selon une disposition en carré.

L'ouverture de l'enceinte est munie d'un séparateur 9 dans lequel le flux d'air de refroidissement abandonne les gouttelettes d'eau dont il s'est chargé en  
25 traversant l'eau pulvérisée.

Comme le principe de refroidissement des réfrigérants à ventilation forcée est basé sur le fait qu'une partie de l'eau de refroidissement est évaporée, on a prévu un circuit de compensation 10 qui est relié à la  
30 station de traitement 11 alimentant le réfrigérant en eau de refroidissement.

L'eau industrielle couramment utilisée dans les installations est généralement chargée en sels minéraux et suspension de matières organiques. Les sels produisent à la surface des tubes échangeurs  
5 chauds des dépôts qui sont mauvais conducteurs de la chaleur et les matières organiques facilitent la prolifération d'algues et de mousses dans les bacs de récupération. Afin d'éviter ces inconvénients, l'eau est traitée dans la station de traitement 11.  
10 Les eaux étant généralement chargées en carbonates de calcium, on transforme ceux-ci en sulfates plus solubles par acidification à l'acide sulfurique. Afin d'éviter la corrosion des parties ferreuses (enceinte, tubes, etc...), on ajoute un inhibiteur  
15 de corrosion.

La figure 2 représente une partie du réfrigérant selon la coupe II II. L'échangeur 7 est formé de tubes horizontaux à ailettes, au moins en partie circulaires, occupant toute la surface de l'enceinte.

20 Selon l'exemple de réalisation représenté, un élément 12 de l'échangeur, traversé par le fluide à refroidir, est constitué par un tube formé de quatre tronçons de tubes à ailettes, parallèles dans le plan vertical (figure 1) et décalé horizontalement comme montré pour  
25 les tubes 13, 14, 15, 16 (figure 2). Mais l'invention peut s'appliquer également à d'autres configurations. Par exemple figure 2A, les tronçons de tubes à ailettes sont disposés les uns au-dessus des autres. Ces tronçons sont reliés les uns aux autres par des  
30 coudes soudés à leurs extrémités. Le fluide chaud arrive dans un distributeur (non représenté) sur lequel sont branchées en parallèle les entrées

supérieures 17 des éléments 12, 18, 19, etc... Le fluide refroidi est récupéré dans un collecteur (non représenté) sur lequel sont branchées les sorties inférieures 20 des éléments précédents.

- 5 L'eau de refroidissement provenant du bac de récupération est envoyée dans des rampes 8 munies à intervalles réguliers de pulvérisateurs 21 produisant un cône de gouttelettes uniformément réparties dans toute la section horizontale. Ce résultat est obtenu  
10 par un fonctionnement inhabituel des pulvérisateurs et permet un refroidissement uniforme des tubes se trouvant dans le cône de gouttelettes. Les pulvérisateurs connus, utilisés dans les réfrigérants, produisent un cône de gouttelettes dans lequel celles-  
15 ci sont réparties selon une couronne laissant une zone intérieure quasiment sèche. On connaît, en outre, des pulvérisateurs à la sortie desquels un élément mobile portant des rainures hélicoïdales, permet la formation d'un cône de gouttelettes uniformément  
20 réparties. Ces dispositifs sont relativement coûteux et leur fiabilité ne permet pas de les utiliser sans contrôle.

Un pulvérisateur connu, représenté figures 4 et 5, comportant une chambre de tourbillonnement 22, donne,  
25 pour une perte de charge dans le pulvérisateur de 0,75 bar, une enveloppe conique creuse de fines gouttelettes.

Son alimentation par de l'eau pour une perte de charge de 0,2 bar a mis en évidence la formation d'un  
30 pincement 23 du jet qui se déploie ensuite sous la forme d'un cône plein de gouttes plus grosses et uniformément réparties.

Le cône de gouttelettes permet avec une faible consommation d'eau un refroidissement uniforme et efficace des tubes à ailettes.

Une autre disposition prise pour augmenter l'efficacité de l'échangeur est l'échancrement de la  
5 partie inférieure des ailettes circulaires des tubes. Dans l'exemple représenté, les trois rangées supérieures de tubes à ailettes présentent des ailettes modifiées. La figure 3 montre en coupe un  
10 tube muni d'une ailette échancrée dans sa partie inférieure. L'échancrure 24 présente un profil angulaire dans le mode de réalisation illustré par la figure 3. D'autres profils pourraient être prévus. Ainsi, figure 3A, l'échancrure 24 présente un profil  
15 courbe, par exemple sensiblement circulaire.

Les gouttelettes d'eau de refroidissement mouillent convenablement la rangée supérieure (ou première rangée) de tubes à ailettes. Par suite du faible  
20 espace séparant les ailettes de deux tubes voisins d'une même rangée horizontale, la deuxième rangée n'est que très peu atteinte par les gouttelettes et reçoit presque uniquement l'eau de ruissellement provenant de la rangée supérieure. Le phénomène se reproduit a fortiori pour les troisième et quatrième rangées.  
25 Afin que l'eau passe des ailettes d'un tube chaud d'une rangée aux ailettes d'un tube moins chaud voisin d'une rangée immédiatement inférieure, les gouttelettes qui ruissellent sur les ailettes viennent se rassembler sous forme de gouttes aux extrémités de  
30 l'échancrure et tombent sur les ailettes des tubes voisins de la rangée immédiatement inférieure.

Le cheminement de l'eau de refroidissement d'une rangée à l'autre est clairement montré figure 2, 2A.



L'échancrure 24 doit être telle que ses extrémités  
25 (saillie formée par le raccordement entre la  
partie circulaire périphérique de l'ailette et  
l'échancrure) se trouvent à l'aplomb des ailettes  
5 des tubes inférieurs correspondants et en projection  
verticale, entre la paroi du tube (a) et le bord  
de l'ailette (b).

Les dimensions des ailettes et de leur échancrure  
sont toutefois tributaires de la compacité de  
10 l'échangeur qui est défini pour permettre une  
circulation d'air sous faible pression sans perte  
de charge importante.

Le recyclage de l'eau de refroidissement provoque,  
malgré la compensation de l'eau évaporée, une concen-  
15 tration en sels qui risquerait d'atteindre une valeur  
telle que le refroidissement s'en trouverait  
sérieusement diminué; aussi la station de traitement  
11 comporte des moyens de dosage de l'acidité de  
l'eau de refroidissement admise par le circuit de  
20 compensation 10 et de rejet contrôlé de l'eau de  
refroidissement recyclée. Ce rejet commandé par une  
vanne 30 permet d'éliminer l'eau trop chargée en sels.  
L'alimentation en eau traitée permet de compenser le  
débit d'eau évaporée et le débit de déconcentration.  
25 Les moyens utilisés, en soi connus et maintenant  
la concentration en sels à une valeur déterminée,  
permettent d'obtenir une meilleure efficacité du  
réfrigérant.

Selon l'exemple de réalisation, l'échangeur comporte  
30 quatre rangées horizontales de tubes, mais il peut  
ne comporter que deux ou trois rangées, le choix

étant déterminé par la quantité de chaleur à évacuer.

Dans un réfrigérant selon un exemple de réalisation de l'invention, l'échangeur est constitué d'éléments comportant quatre tronçons de tubes à ailettes  
5 disposés selon la figure 2. Le tube central a un diamètre extérieur d'environ 25,4 mm (1 pouce) et les ailettes, d'environ 57 mm. Les tubes sont distants en projection horizontale de 65 mm et en projection verticale, de 55 mm. La corde sous-tendue par  
10 l'échancrure est de 25 mm et la distance de sa partie centrale au centre du tube, de 17 mm.

La vitesse de l'air délivrée par les ventilateurs est comprise entre 2 et 6 m/s.

La température d'entrée de l'air est de 15 à 25°C  
15 et la température de sortie de l'air humide, de 25 à 30°C.

La consommation d'eau de refroidissement par m<sup>2</sup> de surface frontale de l'échangeur (c'est-à-dire perpendiculaire au flux d'air) est :

20	pour l'eau pulvérisée	$100 \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-2}$
	pour l'eau évaporée	$20 \text{ à } 25 \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-2}$
	pour l'eau recyclée rejetée	$20 \text{ à } 25 \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-2}$

Avec les caractéristiques précédentes, la puissance thermique évacuée est de 70 à 80 KW m<sup>-2</sup>.

25 Par rapport à un réfrigérant sans pulvérisation d'eau de refroidissement, on multiplie le coefficient d'échange par deux, sans modifier les pertes de charge.

REVENDICATIONS DE BREVET

1. Réfrigérant fermé à ventilation forcée et à circuit étanche comportant une enceinte ouverte vers le haut, des moyens de ventilation forcée, des moyens d'aspersion d'eau de refroidissement et un circuit  
5 échangeur, dans lequel circule le fluide à refroidir, disposé de manière à recevoir l'eau provenant des moyens d'aspersion et traversé par le flux d'air produit par les moyens de ventilation forcée, l'eau de refroidissement étant recyclée, caractérisé en ce  
10 que le circuit échangeur (7) est constitué d'éléments (12) formés par des tronçons sensiblement horizontaux de tubes à ailettes, les éléments étant disposés les uns à côté des autres en rangées horizontales et en ce que les ailettes portent une échancrure dans leur  
15 partie inférieure.
2. Réfrigérant selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échancrure présente un profil angulaire.
3. Réfrigérant selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échancrure présente un profil courbe.
- 20 4. Réfrigérant selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que l'échancrure d'un tube à ailettes est réalisée de manière à ce que ses extrémités (25) se trouvent à l'aplomb des ailettes des tubes inférieurs correspondants et se projettent  
25 verticalement entre la paroi du tube (a) et le bord de l'ailette (b).
5. Réfrigérant selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les ailettes sont, au moins partiellement, circulaires.

5 6. Réfrigérant selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'aspersion se fait verticalement du haut vers le bas et à contrecourant du flux d'air de refroidissement.

10 7. Réfrigérant selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'aspersion comportent des pulvérisateurs à chambre de tourbillonnement alimentés sous un écart de pression réduit pour produire un cône plein de gouttes uniformément réparties.

15 8. Réfrigérant selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'entrée (17) du fluide chaud est prévue à une extrémité des tronçons supérieurs et la sortie (20) du fluide refroidi est prévue à une extrémité des tronçons inférieurs.

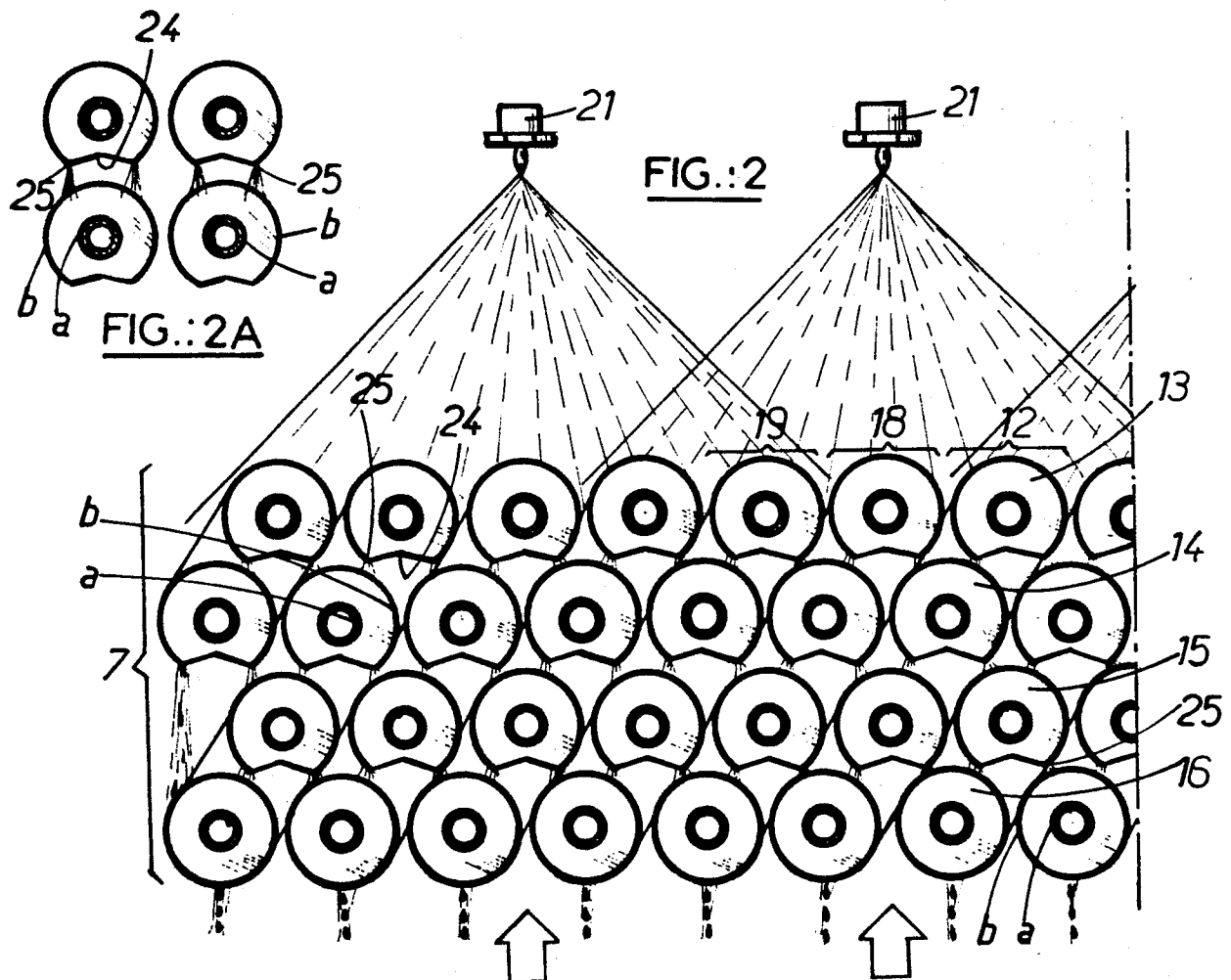
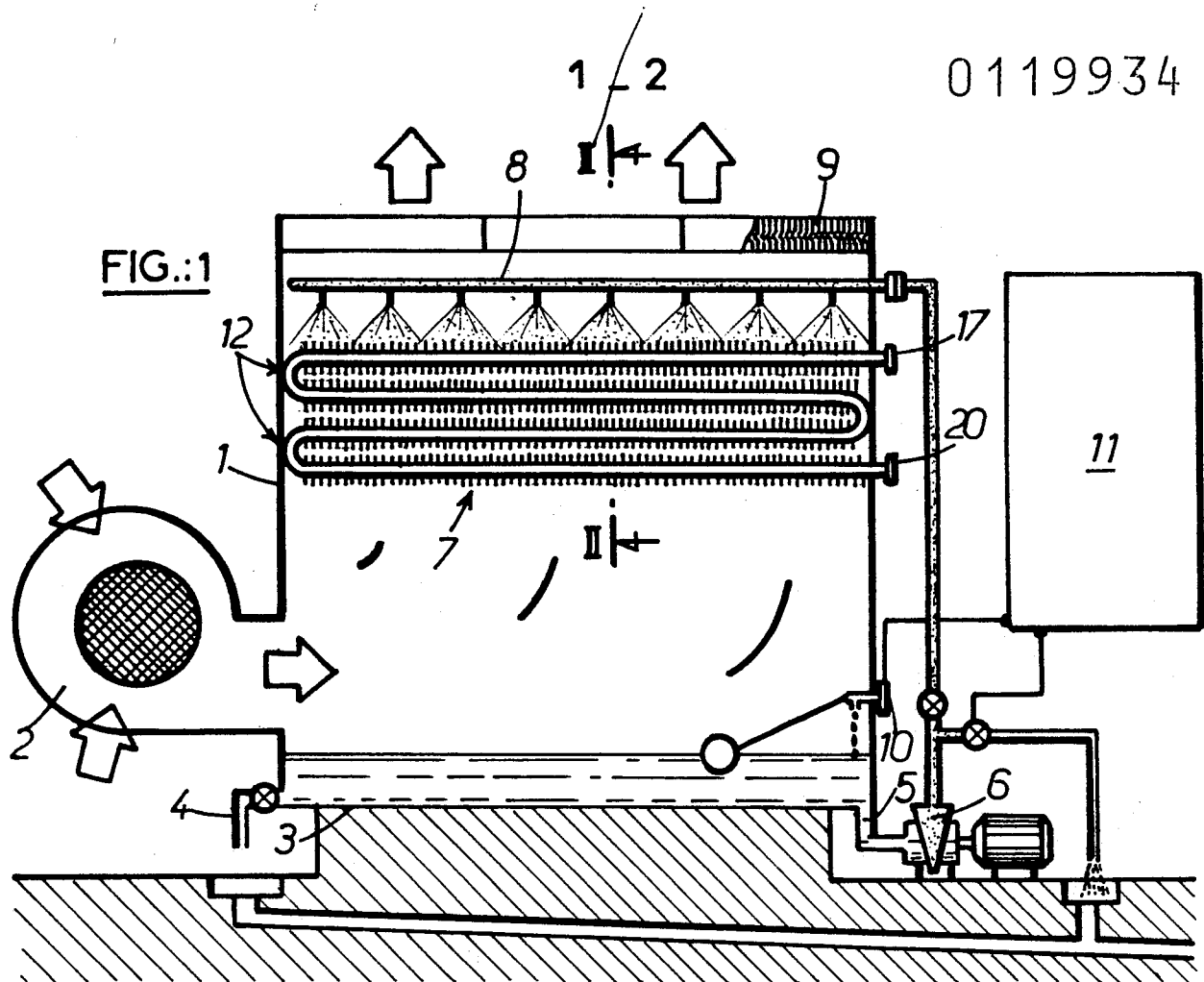


FIG.:3

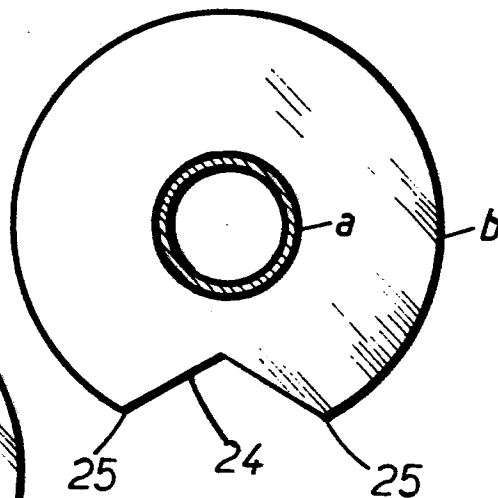


FIG.:3A

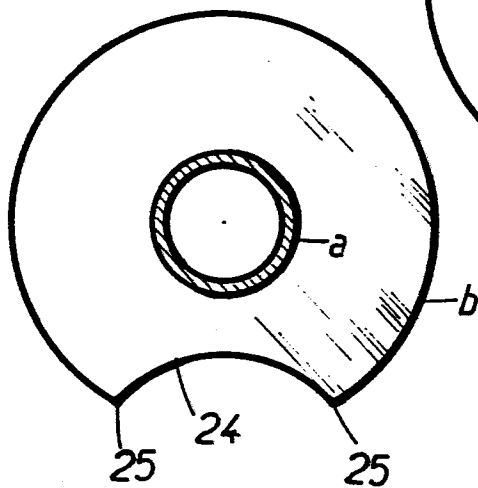


FIG.:5

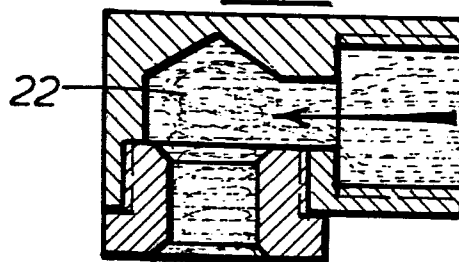


FIG.:4

