



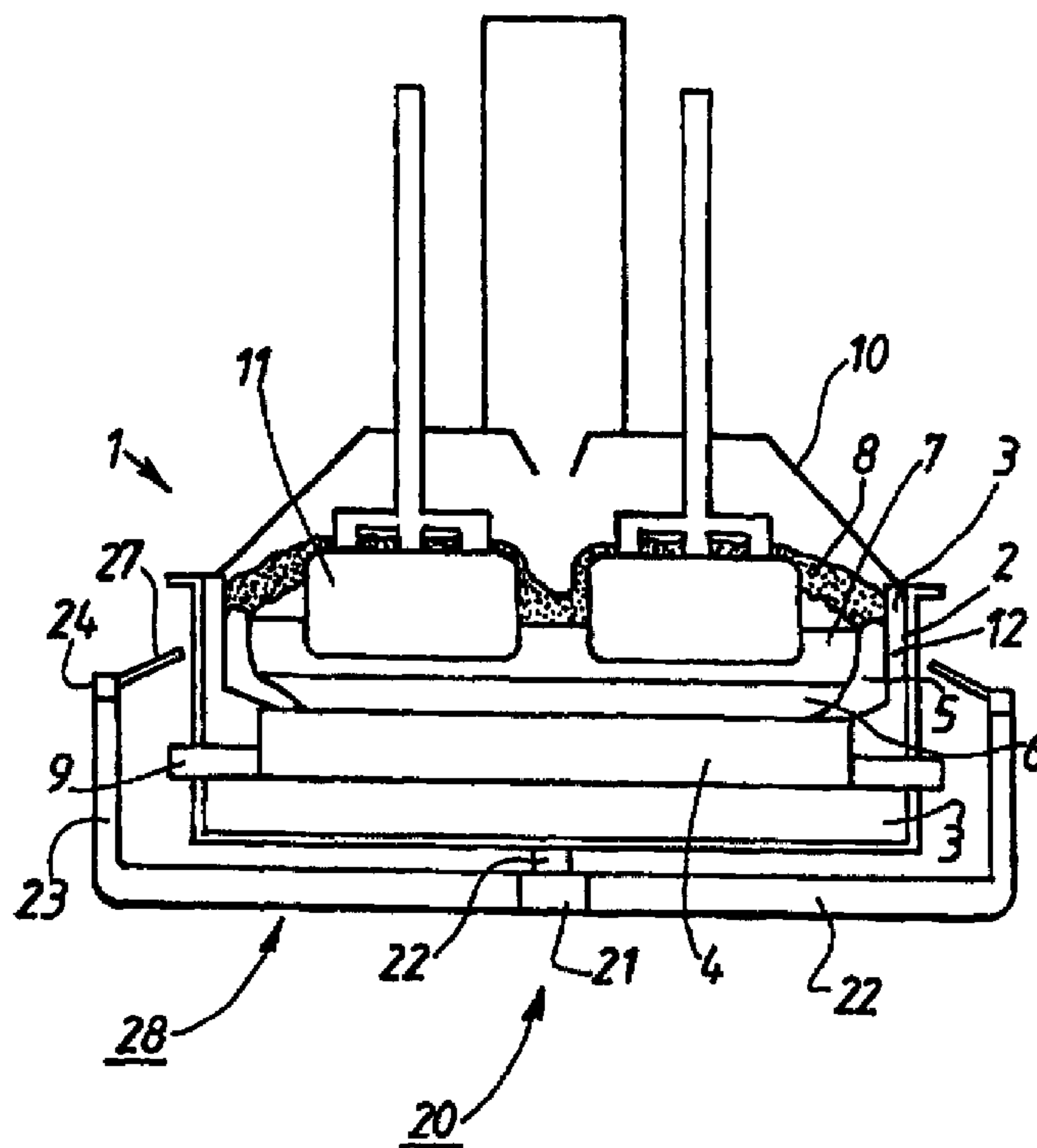
(72) BOS, JEROME, FR
(72) FEVE, BENOIT, FR
(72) HOMSI, PIERRE, FR
(71) ALUMINIUM PECHINEY, FR

(51) Int.Cl.⁶ C25C 3/06, C25C 3/20

(30) 1998/04/16 (98/05040) FR

(54) **CUVE D'ELECTROLYSE IGNEE POUR LA PRODUCTION
D'ALUMINIUM PAR LE PROCEDE HALL-HEROULT
COMPRENANT DES MOYENS DE REFROIDISSEMENT**

(54) **FUSED BATH ELECTROLYSIS CELL FOR PRODUCING
ALUMINIUM BY HALL-HEROULT PROCESS COMPRISING
COOLING MEANS**



(57) Le premier objet de l'invention est une cuve d'électrolyse (1) pour la production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult comprenant des moyens de refroidissement par soufflage d'air à jets localisés (27), et avantageusement à débit variable, qui permettent d'évacuer et de dissiper l'énergie thermique de la cuve. Le deuxième objet de l'invention est une usine de production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult caractérisé en ce que certaines cuves, ou l'ensemble de celles-ci, comprennent, individuellement ou en commun, des moyens de refroidissement selon l'invention.

(57) The invention concerns an electrolytic cell (1) for producing aluminium by the Hall-Héroult process comprising cooling means by localised air blowing jets (27), and advantageously with variable flow, for evacuating and dissipating the cell heat energy. The invention also concerns an aluminium production plant using the Hall-Héroult process characterised in that some cells, or the whole set thereof, comprise individually or collectively, said cooling means.



PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets ⁶ : C25C 3/06, 3/20</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 99/54526 (43) Date de publication internationale: 28 octobre 1999 (28.10.99)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00802 (22) Date de dépôt international: 7 avril 1999 (07.04.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/05040 16 avril 1998 (16.04.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ALUMINIUM PECHINEY [FR/FR]; Tour Pascal "A", 6, place des Degrés, F-92800 Puteaux (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BOS, Jérôme [FR/FR]; Aluminium Pechiney, Aluval-Boîte postale 7, F-38340 Voreppe (FR). FEVE, Benoît [FR/FR]; L'Echaillon, F-73300 Hermillon (FR). HOMSI, Pierre [FR/FR]; Pré Coppet, Princens, F-73300 St.-Jean-de-Maurienne (FR). (74) Mandataire: MARSOLAIS, Richard; Pechiney, 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon Cedex 03 (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: AU, BR, CA, IN, IS, NO, NZ, RO, RU, SI, SK, US, VN, ZA, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>	
<p>(54) Title: FUSED BATH ELECTROLYSIS CELL FOR PRODUCING ALUMINIUM BY HALL-HEROULT PROCESS COMPRISING COOLING MEANS</p>		
<p>(54) Titre: CUVE D'ELECTROLYSE IGNEE POUR LA PRODUCTION D'ALUMINIUM PAR LE PROCEDE HALL-HEROULT COMPRENANT DES MOYENS DE REFROIDISSEMENT</p>		
<p>(57) Abstract</p> <p>The invention concerns an electrolytic cell (1) for producing aluminium by the Hall-Héroult process comprising cooling means by localised air blowing jets (27), and advantageously with variable flow, for evacuating and dissipating the cell heat energy. The invention also concerns an aluminium production plant using the Hall-Héroult process characterised in that some cells, or the whole set thereof, comprise individually or collectively, said cooling means.</p> <p>(57) Abrégé</p> <p>Le premier objet de l'invention est une cuve d'électrolyse (1) pour la production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult comprenant des moyens de refroidissement par soufflage d'air à jets localisés (27), et avantageusement à débit variable, qui permettent d'évacuer et de dissiper l'énergie thermique de la cuve. Le deuxième objet de l'invention est une usine de production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult caractérisé en ce que certaines cuves, ou l'ensemble de celles-ci, comprennent, individuellement ou en commun, des moyens de refroidissement selon l'invention.</p>		

CUVE D'ELECTROLYSE IGNEE POUR LA PRODUCTION D'ALUMINIUM
PAR LE PROCEDE HALL-HEROULT COMPRENANT DES MOYENS DE
REFROIDISSEMENT

5 **Domaine de l'invention**

L'invention concerne la production d'aluminium par électrolyse ignée selon le procédé Hall-Héroult et les installations destinées à la mise en oeuvre industrielle de ce procédé. L'invention concerne plus spécifiquement le contrôle des flux thermiques des
10 cuves d'électrolyse et les moyens de refroidissement qui permettent d'obtenir ce contrôle.

Etat de la technique

15 L'aluminium métal est produit industriellement par électrolyse ignée, à savoir par électrolyse de l'alumine en solution dans un bain de cryolithe fondue, appelé bain d'électrolyte, selon le procédé bien connu de Hall-Héroult. Le bain d'électrolyte est contenu dans une cuve comprenant un caisson en acier, qui est revêtu intérieurement de matériaux réfractaires et/ou isolants, et un ensemble cathodique situé au fond de la
20 cuve. Le courant d'électrolyse, qui peut atteindre des valeurs de plus de 300 kA, opère les réactions de réduction de l'alumine et permet également de maintenir le bain d'électrolyte à une température de l'ordre de 950 °C par effet Joule.

La cuve d'électrolyse est généralement pilotée de telle manière qu'elle se trouve en
25 équilibre thermique, c'est-à-dire que la chaleur dissipée par la cuve d'électrolyse est globalement compensée par la chaleur produite dans la cuve, qui provient essentiellement du courant d'électrolyse. Le point d'équilibre thermique est généralement choisi de manière à atteindre les conditions de fonctionnement les plus favorables d'un point de vue non seulement technique, mais également économique.
30 En particulier, la possibilité de maintenir une température de consigne optimale constitue une économie appréciable du coût de production de l'aluminium du fait du

maintien du rendement Faraday à une valeur très élevée, qui atteint des valeurs supérieures à 90 % dans les usines les plus performantes.

Les conditions d'équilibre thermique dépendent des paramètres physiques de la cuve, tels que les dimensions et la nature des matériaux constitutifs, et des conditions de fonctionnement de la cuve, tels que la résistance électrique de la cuve, la température du bain ou l'intensité du courant d'électrolyse. La cuve est souvent constituée et conduite de façon à entraîner la formation d'un talus de bain solidifié sur les parois latérales de la cuve, ce qui permet notamment d'inhiber l'attaque des revêtements desdites parois par la cryolithe liquide.

Problème posé

L'industrie de la production d'aluminium par électrolyse ignée, dans le cadre d'une gestion optimisée des usines, est régulièrement confrontée à la nécessité de disposer d'installations industrielles qui non seulement permettent la stabilisation et le maintien du point de fonctionnement des cuves d'électrolyse, mais qui admettent également des variations volontaires des conditions de fonctionnement qui peuvent être importantes par rapport aux conditions nominales. En d'autres termes, il est souvent utile de pouvoir aisément contrôler, voire de moduler, le point de fonctionnement des cuves d'électrolyse d'une usine, tout en conservant, voire en améliorant, leurs performances techniques normales, sans dégrader pour autant les coûts de production. Une telle situation se produit, par exemple, lorsqu'on cherche à varier la puissance d'une série de cuves d'électrolyse en fonction d'un contrat d'énergie électrique.

25

Dans le cadre de cet objectif, la demanderesse a recherché des méthodes et moyens pour contrôler les flux thermiques et pour stabiliser le régime thermique des cuves d'électrolyse, qui, tout en offrant une très grande efficacité et une grande adaptabilité, ne requièrent pas un investissement élevé et n'entraînent pas des coûts de fonctionnement supplémentaires rédhibitoires.

30

Il a déjà été proposé de munir les cuves de moyens spécifiques pour évacuer et dissiper, de manière contrôlée, la chaleur produite par les cuves d'électrolyse. En particulier, les certificats d'auteur d'invention soviétiques SU 605 865 et SU 663 760 proposent de munir les cuves d'un système de refroidissement, commandé de l'extérieur, qui comprend des cavités hermétiques sur les côtés et en dessous de la cuve, des écrans thermiques variables et des conduites munies de clapets de régulation. De l'air est refoulé dans les conduites par un ventilateur ou un compresseur. Ces dispositifs requièrent une infrastructure importante et encombrante.

Il a par ailleurs été proposé, par la demande de brevet EP 0 047 227, de renforcer l'isolation thermique de la cuve et de la munir de caloducs équipés d'échangeurs thermiques. Les caloducs traversent le caisson et l'isolant thermique et sont fichés dans les parties carbonées, telles que les dalles de bordure. Cette solution est de mise en œuvre assez complexe et coûteuse, et entraîne de surcroît des modifications assez importantes de la cuve.

Afin de favoriser plus spécifiquement la formation d'un talus de bain solidifié, il est par ailleurs connu, par le brevet américain US 4 087 345, d'utiliser un caisson muni de raidisseurs et d'un cadre de renforcement constitués de manière à favoriser le refroidissement des côtés de cuve par convection naturelle d'air ambiant. Un tel dispositif exige des installations solidaires du caisson. En outre, les dispositifs statiques ne se prêtent pas aisément à un contrôle précis des flux thermiques.

Dans le but de contrôler la formation du talus de bain solidifié et de récupérer une partie de la chaleur retirée au niveau des côtés de la cuve, le brevet américain US 4 608 135 propose d'utiliser une cuve comprenant des passages disposés entre les dalles de bordures et l'isolant intérieur du caisson, et des orifices d'admission d'air sur les côtés de la cuve. Les passages communiquent d'une part avec lesdits orifices et d'autre part avec l'intérieur du dispositif de captage fixé sur la cuve. Le dispositif de captage aspire l'air ambiant prélevé sur les côtés de la cuve par lesdits orifices et entraîne son écoulement dans lesdits passages, le long des dalles de bordure, ce qui a pour effet de

les refroidir. Le débit d'air est contrôlé à l'aide d'ouvertures munies de clapets et situées sur les côtés du dispositif de captage, qui agissent en tant que conduits de dérivation ("bypass" en anglais). Ce dispositif exige des modifications importantes de la cuve et ne permet pas un contrôle indépendant du refroidissement, car les interventions régulières sur la cuve nécessitent l'ouverture des capots du dispositif de captage qui perturbent l'effet des clapets.

Ayant constaté l'absence de solutions connues satisfaisantes, la demanderesse s'est fixé pour objectif de trouver des moyens, efficaces et adaptables, pour évacuer et dissiper la chaleur produite par la cuve d'électrolyse, qui puissent aisément être mis en place et qui ne nécessitent ni des modifications importantes de la cuve, et notamment du caisson, ni une infrastructure importante. En vue d'une utilisation aussi bien dans les usines existantes que dans les nouvelles usines, la demanderesse a recherché tout particulièrement des moyens qui permettent de modifier la puissance des cuves, qui s'adaptent aisément à différents types de cuve ou à différents modes de fonctionnement d'un même type de cuve, et qui se prêtent à des installations industrielles comportant un grand nombre de cuves en série.

Objets de l'invention

20

Le premier objet de l'invention est une cuve d'électrolyse pour la production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult qui comprend des moyens de refroidissement par soufflage d'air à jets localisés et répartis.

25 Le deuxième objet de l'invention est une usine de production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult caractérisée en ce qu'elle comprend des cuves selon l'invention.

Description de l'invention

30 La cuve d'électrolyse pour la production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult selon l'invention comprend un caisson en acier, des éléments de

revêtement intérieur et un ensemble cathodique, et est caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de refroidissement par soufflage d'air à jets localisés répartis autour du caisson.

- 5 Ainsi, selon l'invention, l'air est soufflé, c'est-à-dire que le circuit est ouvert et à flux perdu. Le flux d'air projeté sur la surface se dilue ensuite dans l'air ambiant, de sorte qu'il n'est pas indispensable d'ajouter des moyens particuliers pour refroidir l'air projeté, qui s'est réchauffé au contact des parois.
- 10 Le soufflage d'air sous forme de jets localisés, c'est-à-dire la projection d'air sous forme de flux sensiblement directionnels et confinés, percutant ainsi le caisson sur une surface relativement réduite, permet de refroidir efficacement la paroi de la cuve à des endroits déterminés. Les jets sont répartis autour du caisson de manière à fixer les zones de refroidissement préférentielles sur la surface du caisson, ces zones étant
- 15 avantageusement déterminées en fonction du profil thermique de la cuve, dans le but notamment d'augmenter l'efficacité globale du refroidissement.

Lesdits moyens de refroidissement sont plus précisément caractérisés en qu'ils comprennent des moyens de soufflage d'air pour refroidir le caisson, c'est-à-dire pour

20 évacuer et dissiper la chaleur produite par la cuve au niveau du caisson, lesdits moyens de soufflage formant des jets localisés, et en ce qu'ils comprennent des moyens pour répartir les jets autour du caisson suivant une répartition déterminée.

L'invention permet ainsi le contrôle ou la modulation de la puissance des cuves

25 d'électrolyse par adjonction ou ajout de moyens de refroidissement efficaces et adaptables, qui peut éventuellement prendre la forme d'un appoint de puissance de refroidissement, fixe ou variable, par rapport à la puissance nominale. L'invention offre ainsi la possibilité de modifier la puissance de chaque cuve individuellement.

- 30 Le débit d'air des moyens de soufflage selon l'invention peut être variable, de manière à permettre un contrôle plus fin du refroidissement, voire éventuellement une

régulation du refroidissement. Il est également avantageux de pouvoir intégrer les moyens selon l'invention aux systèmes de régulation qui équipent les cuves d'électrolyse les plus modernes. Les moyens de refroidissement peuvent alors être contrôlés, voire pilotés, par le système de régulation de la cuve, de sorte que le flux
5 thermique puisse être régulé plus efficacement et, éventuellement, de manière automatisée.

La cuve peut comprendre des moyens de refroidissement complémentaires, tels que des moyens de refroidissement statiques.

10

Les moyens de refroidissement sont éventuellement amovibles, en ce sens qu'ils peuvent être aisément mis en place ou retirés de la cuve, dans certains cas même lorsque celle-ci est en fonctionnement. Ainsi, par exemple, lors de la remise en état d'une cuve, les moyens de refroidissement peuvent être en tout ou partie retirés, ce
15 qui facilite l'accès au caisson et le travail d'entretien.

Dans certaines applications, il peut être avantageux d'assembler les moyens de refroidissement selon l'invention sous forme d'un dispositif de refroidissement en tout ou partie autonome. Un tel assemblage peut alors conduire à une conception
20 globalisée et à une plus grande facilité d'opération. Le débit d'air général dudit dispositif peut être variable.

Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, les moyens de refroidissement comprennent des moyens de répartition d'air, pour répartir le flux d'air autour du
25 caisson, un moyen de refoulement d'air, qui permet de refouler l'air dans les moyens de répartition d'air, et des moyens de soufflage localisé, qui permettent de projeter l'air localement sous forme de jets, lesdites moyens de soufflage localisé étant disposés à des endroits déterminés du caisson. Les moyens de répartition comprennent de préférence des moyens de canalisation, tels que des conduites. Les moyens de
30 soufflage localisé peuvent être des ajutages, des éjecteurs, des trompes, des buses ou des tuyaux. Les moyens de soufflage localisé sont avantageusement répartis le long

des moyens de canalisation. Le débit d'air du moyen de refoulement peut être variable. Le débit d'air d'un ou de plusieurs des moyens de soufflage localisé peut aussi être variable individuellement.

- 5 L'usine de production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult selon le deuxième objet de l'invention est caractérisée en ce qu'elle comprend des cuves selon le premier objet de l'invention. Les cuves peuvent être équipées individuellement des moyens de refroidissement selon l'invention.
- 10 Les cuves peuvent être équipées individuellement du dispositif de refroidissement selon l'invention, qui peut, éventuellement, être contrôlé de manière centralisée.

En général, dans les usines d'électrolyse, les cuves d'électrolyse sont regroupées ou disposées en séries. Dans ces cas, les cuves peuvent avantageusement être équipées de
15 moyens de refroidissement selon l'invention, qui sont, en tout ou partie, communs à deux ou plusieurs cuves, c'est-à-dire que deux ou plusieurs cuves ont en commun l'un desdits moyens de refroidissement. En particulier, il est dans certains cas avantageux de faire en sorte qu'un moyen de refoulement soit commun à deux ou plusieurs cuves.

20 **Description des figures**

La figure 1 illustre, de manière schématisée et en coupe transversale, une cuve d'électrolyse comprenant des moyens de refroidissement, assemblés sous forme d'un dispositif de refroidissement, selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

25

La figure 2 illustre, de manière schématisée, en vue de côté, une cuve d'électrolyse selon le mode de réalisation de l'invention de la figure 1.

La figure 3 illustre, de manière schématisée, vue du dessous, une cuve d'électrolyse
30 selon le mode de réalisation de l'invention de la figure 1.

La figure 4 illustre, de manière non limitative, des variantes de l'invention selon lesquelles les moyens de canalisation ceinturent la cuve d'électrolyse en tout (b) ou partie (a).

- 5 Les figures 5 et 6 illustrent, de manière non limitative, des variantes de l'invention selon lesquelles un même moyen de refoulement est commun à plus d'une cuve.

Description détaillée de l'invention

- 10 La cuve d'électrolyse (1) pour la production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult selon l'invention comprend un caisson (2) en acier, des éléments de revêtement intérieur (3) et un ensemble cathodique (4), et des moyens de refroidissement par soufflage d'air à jets localisés répartis autour du caisson (2).
- 15 Les éléments de revêtement intérieur (3) sont généralement des blocs en matériaux réfractaires, qui peuvent être des isolants thermiques. L'ensemble cathodique (4) comprend des barres de raccordement (9) auxquelles sont fixés les conducteurs électriques servant à l'acheminement du courant d'électrolyse. Les éléments de revêtement et l'ensemble cathodique forment un creuset à l'intérieur de la cuve, lequel
- 20 creuset permet de contenir le bain d'électrolyte (7) et la nappe de métal liquide (6) lorsque la cuve est en charge. Les anodes (11) sont partiellement immergées dans le bain d'électrolyte (7). Le bain d'électrolyte contient de l'alumine dissoute et, en général, une couverture d'alumine (8) recouvre le bain d'électrolyte.
- 25 L'aluminium métal (6) qui est produit au cours de l'électrolyse s'accumule au fond de la cuve, de sorte qu'il s'établit une interface assez nette entre le métal liquide (6) et le bain de cryolithe fondue (7). La position de cette interface bain-métal varie au cours du temps : elle s'élève au fur et à mesure que le métal liquide s'accumule au fond de la cuve et elle s'abaisse lorsque du métal liquide est extrait de la cuve.

- La conduite des cuves d'électrolyse s'effectue en général par le contrôle de plusieurs paramètres, tels que la concentration en alumine de l'électrolyte, la température du bain d'électrolyte, la hauteur totale du bain ou la position des anodes. En règle générale, on cherche à former un talus (5) de cryolithe solidifiée sur la partie des parois latérales (12) du creuset qui sont en contact avec le bain d'électrolyte (7) et avec la nappe de métal liquide (6). Lesdites parois sont souvent constituées de dalles de bordure en matériau carboné ou à base de composés carbonés, tels qu'un réfractaire à base de SiC, et de pâtes de brasque. Afin d'augmenter l'efficacité des moyens de refroidissement selon l'invention, les parois latérales peuvent comprendre des blocs ou côtés préformés, de préférence homogènes, constitués d'un matériau de conductivité thermique élevée, au moins plus élevée que celle des pâtes de brasques, et de préférence encore au moins égale à celle des dalles de bordures normalement utilisées, tel que par exemple un matériau à base de SiC.
- De préférence, la cuve est aussi munie d'un dispositif de captage permettant de capter et de récupérer les effluents gazeux émis par le bain d'électrolyte au cours de l'électrolyse. Le dispositif de captage comprend sur l'ensemble de la cuve un capotage (10) généralement muni de capots et d'accès ouvrants.
- Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les moyens de refroidissement comprennent des moyens de canalisation (28), tels que des conduites (21-24), un moyen de refoulement (25) pour refouler de l'air dans lesdits moyens de canalisation, et des moyens de soufflage localisé (27) permettant de projeter l'air sous forme de jets localisés. Ces moyens forment de préférence un dispositif de refroidissement (20).
- Les moyens de canalisation (28) peuvent être maintenus en position par différents moyens. En particulier, ils peuvent être fixés aux éléments de structure ou de renfort de la cuve, tels que des raidisseurs, qui peuvent être modifiés ou adaptés à cette fin. Les moyens de canalisation (28) peuvent aussi être adossés au caisson ou posés contre celui-ci, ou encore fixés au plat-bord du caisson.

Le débit d'air général du dispositif (20) peut avantageusement être variable, par exemple à l'aide de vannes ou par une variation du débit du moyen de refoulement (25). Le débit d'air d'un ou plusieurs des moyens de soufflage localisé peut aussi être variable, éventuellement de manière individuelle, avec éventuellement aussi la
5 possibilité de réduire à zéro le flux de certains moyens de soufflage. L'air peut dans certains cas être pulsé.

Les moyens de refroidissement, ou le dispositif de refroidissement, selon l'invention sont éventuellement en tout ou partie amovibles. En particulier, les conduites peuvent
10 être aisément démontables et transportables, grâce notamment à une conception par tronçons et à des moyens d'assemblages appropriés.

L'air refoulé dans les moyens de canalisation est soufflé sur les parois du caisson, à des endroits déterminés, à l'aide de moyens de soufflage localisé (27), qui sont
15 avantageusement répartis le long des moyens de canalisation. Les moyens de soufflage localisé ne sont pas nécessairement répartis de manière uniforme sur la surface du caisson ; il peut quelquefois être préférable de les concentrer dans certaines zones particulières.

20 Les moyens de soufflage localisé (27) permettent de diriger le flux d'air à des endroits précis du caisson, par exemple à la hauteur du bain d'électrolyte (7). Il est avantageux qu'un ou plusieurs des moyens de soufflage localisé (27) soient orientables. Les moyens de soufflage localisé projettent l'air soufflé à une vitesse, appelée vitesse d'éjection, qui est de préférence entre 10 et 100 m/s, et de préférence encore entre 20
25 et 70 m/s.

Le nombre, la position et les dimensions des moyens de soufflage localisé (27), la puissance du moyen de refoulement (25), ainsi que la configuration et les dimensions des moyens de canalisation (21 à 24), sont choisis de façon à ce que le débit d'air soit
30 suffisant pour permettre un refroidissement efficace et de façon à assurer une

puissance de refroidissement déterminée au niveau des points de soufflage sélectionnés, en tenant compte notamment de l'aéraulique du réseau.

Le moyen de refoulement de l'air (25) peut être un ventilateur, qui refoule de l'air
5 ambiant, ou une soufflerie à air comprimé, tel qu'un ventilo-trompe, ou un système à air comprimé détendu ou une réseau d'air surpressé.

Pour des raisons de sécurité électrique, il est quelquefois préférable d'isoler
électriquement le moyen de refoulement (25) du reste du dispositif à l'aide d'un moyen
10 d'isolement électrique (26), tel qu'une section de conduite en matériau isolant électrique.

Les conduites (21-24) peuvent être constituées de matériaux métalliques, de
préférence amagnétiques (tels que de l'acier inoxydable amagnétiques ou de
15 l'aluminium), ou de matériaux isolants (tels que les fibres de verre), ou une combinaison de ceux-ci (telle qu'un conduit métallique muni d'une gaine isolante).

Le dispositif de refroidissement (20) peut éventuellement être contrôlé par le système
de régulation général de la cuve, de manière à assurer une régulation globale
20 centralisée plus efficace.

La cuve peut aussi être munie des moyens de refroidissement complémentaires,
notamment des moyens de refroidissement statiques, tels que des ailettes ou des
moyens équivalents. De manière à augmenter l'efficacité globale des moyens (ou du
25 dispositif) de refroidissement, il est avantageux, dans certains cas et/ou en certains endroits de la cuve, de combiner l'effet des moyens de soufflage à celui des moyens complémentaires.

Selon une variante de l'invention, illustrée par exemple aux figures 1 à 3, les moyens
30 de canalisation forment des rameaux, c'est-à-dire qu'ils sont constitués de telle manière qu'un moyen de canalisation principal (21) se ramifie en branches horizontales

sous la cuve (22), verticales sur les côtés et les têtes de cuve (23) et horizontales sur les côtés et les têtes de cuve (24). Cette configuration assure un équilibrage aéraulique satisfaisant du réseau de conduites et facilite la mise en place du dispositif de refroidissement. En particulier, les branches verticales peuvent être placées entre les
5 barres cathodiques (9).

Selon une autre variante de l'invention, illustrée par exemple à la figure 4, les moyens de canalisation (28) entourent ou ceinturent en tout ou partie le caisson (2) de la cuve d'électrolyse.

10

Selon les variantes de l'invention illustrées aux figures 5 et 6, un unique moyen de refoulement (25) est commun à plus d'une cuve, et plus précisément à deux ou plusieurs cuves d'une usine. Le moyen de refoulement (25) répartit le flux d'air par l'intermédiaire d'un réseau (29) comprenant un conduit principal commun (30) et un
15 point de raccordement (31) pour chaque cuve. Les points de raccordement sont éventuellement munis de vannes pour isoler chaque cuve individuellement et de mises à l'air pour rééquilibrer la répartition des flux d'air. Les vannes et les mises à l'air sont notamment utiles lors d'interventions sur une cuve particulière ou sur certaines d'entre elles puisqu'elles permettent d'isoler la ou les cuves concernées tout en préservant des
20 débits d'air satisfaisant pour les autres cuves raccordées au réseau.

Dans une usine, les moyens de refroidissements sont avantageusement contrôlés ou pilotés à l'aide d'un système de régulation commun à plus d'une cuve. Typiquement, chaque cuve munie de moyens de refroidissement propres ou chaque groupe de cuves
25 munies de moyens de refroidissement ayant des éléments en commun (notamment le moyen de refoulement) peut être piloté par un système de régulation dit de premier niveau, et l'ensemble des cuves ou des groupes de cuves d'un hall d'électrolyse particulier de l'usine peut, en outre, être piloté de manière globale par un système de régulation dit de deuxième niveau.

30

Exemple

Des essais sur des cuves d'électrolyse de 300 kA ont été réalisés avec un dispositif de refroidissement conforme à l'invention ayant les caractéristiques spécifiques suivantes.

5

En référence aux figures 1 à 3, une conduite principale (21) passe longitudinalement sous le caisson (2) jusque près du centre de la cuve, puis se divise en trois branches (22a, 22b, 22c) perpendiculaires l'une à l'autre et de section plus faible que la conduite principale : une branche longitudinale (22a) s'étend sous le caisson jusqu'à l'autre

10 extrémité de celle-ci, puis forme une branche verticale (23a), qui remonte le long de la tête de cuve jusqu'à la hauteur de la dalle de bordure, approximativement, puis bifurque en deux rameaux horizontaux (24a, 24a') qui s'étendent jusque vers les bords latéraux de la cuve ; les deux autres branches (22b, 22c), transversales, s'étendent jusque vers les côtés latéraux du caisson, puis forment des branches verticales (23b,

15 23c) qui remontent le long de celui-ci jusqu'à la hauteur de la dalle de bordure, approximativement puis bifurquent en deux rameaux horizontaux (24b, 24b', 24c, 24c'), de chaque côté de la cuve, qui s'étendent jusque vers les têtes de la cuve. Une branche verticale (23c) équivalente à la branche (23a) est raccordée directement à la conduite principale, et se ramifie également en deux rameaux horizontaux (24c, 24c').

20

Des buses (27) ont été disposées uniformément le long des rameaux. Selon les essais, le nombre des buses était de 5 à 8 buses le long de chaque tête de cuve et de 15 à 20 buses sur chaque côté de cuve. Les buses étaient dirigées approximativement en direction du niveau bain-métal théorique dans la plupart des essais. Dans certains

25 essais, certaines buses ont été dirigées vers des éléments de renforcement structural du caisson, qui ont ainsi servi d'ailettes de refroidissement. Les conduites et les buses étaient en acier, et en partie en acier inoxydable.

Le moyen de refoulement d'air (25) était, dans certains essais, un ventilateur

30 mécanique et, dans d'autres essais, un ventilo-trompe. Les dispositifs de refroidissement étaient munis de moyens permettant de varier le débit d'air.

Les essais ont montré que le dispositif de refroidissement restait efficace pour des vitesses d'éjection de l'air à la sortie des buses se situant entre environ 10 m/s et environ 100 m/s. L'efficacité du dispositif diminuait fortement, jusqu'à devenir sans effet significatif, lorsque les vitesses étaient inférieures à 10 m/s. Les vitesses supérieures à 100 m/s conduisaient à des pertes de charge très importantes, qui auraient nécessité des moyens de refoulement de puissance et/ou de coût rédhibitoires. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des vitesses d'éjection comprises entre 20 et 70 m/s.

10

Les mesures de température, à l'aide de thermocouples et de pyromètres, ont montré que le dispositif permettait d'obtenir des abaissements de température moyenne de 50 à 100 °C à la hauteur des parois latérales. La régulation du refroidissement a facilement été obtenue par une variation du débit d'air refoulé.

15

La demanderesse a ainsi constaté que, de façon surprenante, il était possible d'atteindre des taux de refroidissement satisfaisants par soufflage d'air selon l'invention, sans avoir recours à des moyens de refoulement et de soufflage ou à des conduites démesurés, ou disproportionnés, et/ou qui nécessitent des investissements et/ou des coûts de fonctionnement trop importants, voire rédhibitoires.

20

Ces essais ont également montré que l'air projeté sur les parois de la cuve, et qui s'est réchauffé à son contact, se dilue assez rapidement dans l'air environnant et ne conduit pas à une élévation significative de la température de l'air ambiant. En d'autres termes, les essais n'ont pas mis en évidence des valeurs de température ambiante qui s'écartent de manière significative des valeurs habituellement observées au voisinage des cuves de l'art antérieur, même lorsque la température ambiante atteint des valeurs extrêmes en été.

25

On a également constaté que, de manière surprenante, le niveau sonore du dispositif était particulièrement faible.

30

Avantages de l'invention

Selon l'invention, les moyens de refroidissement permettent d'évacuer et de dissiper
5 l'énergie thermique produite dans la cuve d'électrolyse, par un contrôle optimal de
certains flux thermiques, qui peut être adapté à différentes conditions climatiques
et/ou de fonctionnement de la cuve, lesquelles peuvent s'éloigner de manière
significative des conditions nominales ou standard. Les moyens de refroidissement
permettent en outre de maîtriser, avec précision, la formation du talus de bain de
10 cryolithe solidifiée.

Les moyens de refroidissement, ou le dispositif de refroidissement, selon l'invention
s'adaptent aisément à tout type de cuve et à différents environnements. Ils peuvent
facilement être mis en place sur des cuves existantes, notamment dans le cadre de leur
15 remise à neuf, de l'intégration d'une régulation thermique et/ou d'une modification de
l'intensité nominale. Plus spécifiquement, l'invention facilite les modulations de la
puissance des cuves qui permettent de tenir compte, par exemple, des contraintes
techniques, économiques et/ou contractuelles. En particulier, l'invention permet une
augmentation de l'intensité nominale de cuves existantes, sans entraîner de
20 dégradation prématurée des cuves.

Dans une usine d'électrolyse selon l'invention, la possibilité d'adapter cuve à cuve les
moyens, ou le dispositif, de refroidissement, ainsi que ses conditions de
fonctionnement, permet l'optimisation de la conduite de plusieurs cuves à la fois, voire
25 d'une série complète de cuves, de manière notamment à uniformiser le point de
fonctionnement des cuves. En particulier, l'invention permet un contrôle thermique
individualisé des cuves d'une usine, ce qui s'avère souvent nécessaire dans les usines à
grande productivité. C'est le cas, par exemple, lors des phases transitoires qui
surviennent lorsque certaines cuves d'une même série ont des brasquages neufs ou
30 différents de ceux du reste de la série.

L'invention permet aussi la modernisation d'usines existantes sans nécessiter des travaux d'infrastructure qui rendraient rédhibitoires de telles opérations.

L'invention permet également de prolonger la vie d'une cuve en fin de vie, dont le
5 caisson présente des points chauds anormaux.

REVENDICATIONS

1. Cuve d'électrolyse pour la production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult comprenant un caisson en acier, des éléments de revêtement intérieur et un ensemble cathodique, ladite cuve étant caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de refroidissement par soufflage d'air à jets localisés répartis autour dudit caisson.
2. Cuve selon la revendication 1, caractérisée en ce que le débit d'air desdits moyens de refroidissement par soufflage d'air est variable.
3. Cuve selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que lesdits moyens de refroidissement par soufflage d'air sont contrôlés par le système de régulation de ladite cuve.
4. Cuve selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que lesdits moyens de refroidissement par soufflage d'air sont en tout ou partie amovibles.
5. Cuve selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que lesdits moyens de refroidissement par soufflage d'air sont assemblés sous forme d'un dispositif de refroidissement.
6. Cuve selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que lesdits moyens de refroidissement comprennent des moyens de répartition d'air, un moyen de refoulement d'air permettant de refouler de l'air dans lesdites moyens de répartition et des moyens de soufflage localisé permettant de projeter l'air sous forme de jets localisés.
7. Cuve selon la revendication 6, caractérisée en ce que le débit d'air d'un ou de plusieurs des moyens de soufflage localisé est variable.

8. Cuve selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce qu'un ou plusieurs des moyens de soufflage localisé sont orientables.
9. Cuve selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisée en ce que les moyens de soufflage localisé sont choisis parmi le groupe constitué des ajutages, des éjecteurs, des trompes, des buses et des tuyaux.
10. Cuve selon l'une des revendications 6 à 9, caractérisée en ce que les moyens de soufflage localisé projettent l'air soufflé à une vitesse comprise entre 10 et 100 m/s, et de préférence entre 20 et 70 m/s.
11. Cuve selon les revendications 6 à 10, caractérisée en ce que le moyen de refoulement est choisi parmi le groupe constitué des ventilateurs, les souffleries à air comprimé, les systèmes à air comprimé détendu et les réseaux d'air surpressé.
12. Cuve selon l'une des revendications 6 à 11, caractérisée en ce que le débit d'air du moyen de refoulement est variable.
13. Cuve selon l'une des revendications 6 à 12, caractérisée en ce que lesdits moyens de répartition comprennent des moyens de canalisation, tels que des conduites.
14. Cuve selon la revendication 13, caractérisée en ce que les moyens de soufflage localisé sont répartis le long desdits moyens de canalisation.
15. Cuve selon la revendication 13 ou 14, caractérisée en ce que lesdits moyens de canalisation forment des rameaux.
16. Cuve selon la revendication 13 ou 14, caractérisée en ce que lesdits moyens de canalisation entourent ou ceinturent en tout ou partie ledit caisson.

17. Cuve selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisée en ce que les parois latérales du creuset formé à l'intérieur de ladite cuve par lesdits éléments de revêtement et ensemble cathodique comprennent des blocs préformés.
- 5
18. Usine de production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult, caractérisée en ce qu'elle comprend des cuves selon l'une des revendications 1 à 17.
- 10
19. Usine selon la revendication 18, caractérisée en ce qu'une ou plusieurs cuves ont en commun l'un desdits moyens de refroidissement.
20. Usine de production d'aluminium par le procédé d'électrolyse Hall-Héroult, caractérisée en ce qu'elle comprend des cuves selon l'une des revendications 6 à 17, et en ce que deux ou plusieurs cuves ont en commun ledit moyen de refoulement.
- 15
21. Usine selon la revendication 20, caractérisée en ce que ledit moyen de refoulement commun répartit le flux d'air par l'intermédiaire d'un réseau comprenant un conduit principal commun et un point de raccordement pour chacune desdites cuves.
- 20
22. Usine selon la revendication 21, caractérisée en ce que chaque point de raccordement est muni d'au moins une vanne pour isoler la cuve associée au point de raccordement et d'au moins une mise à l'air pour rééquilibrer la répartition des flux d'air.
- 25
23. Usine selon l'une des revendications 18 à 22, caractérisée en ce que lesdits moyens de refroidissement sont contrôlés par un système de régulation commun à deux ou plusieurs cuves.
- 30

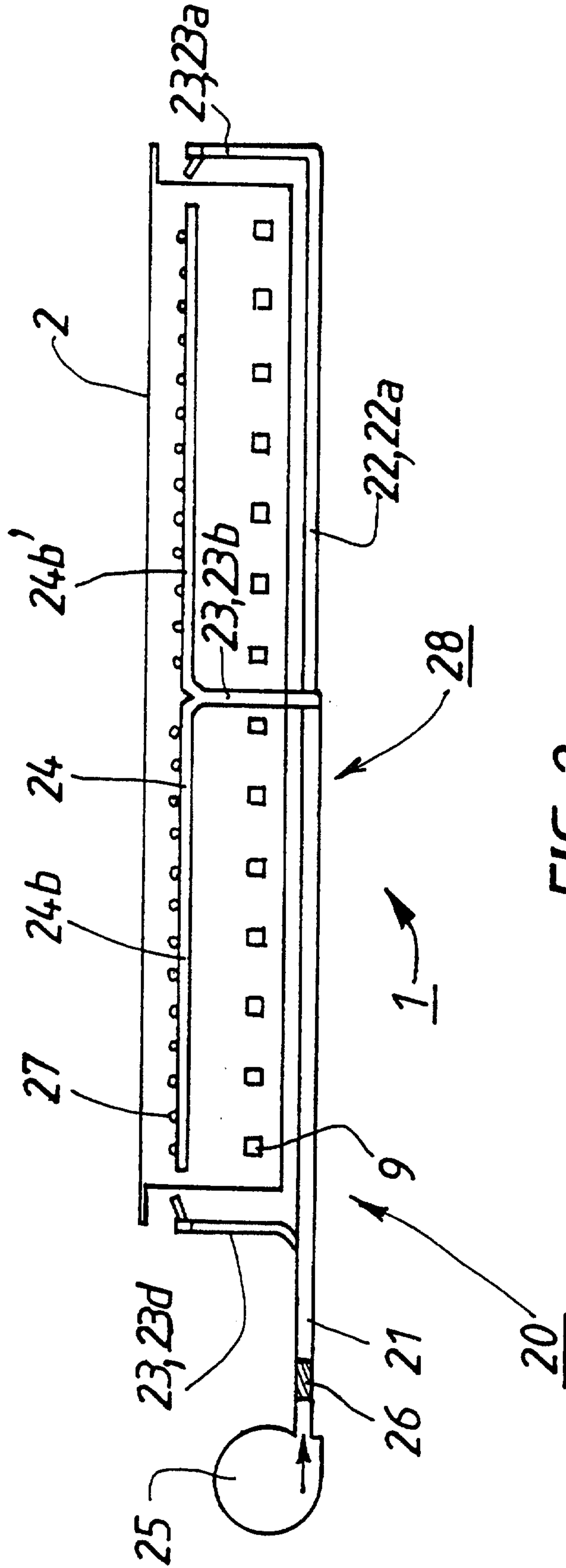


FIG. 2

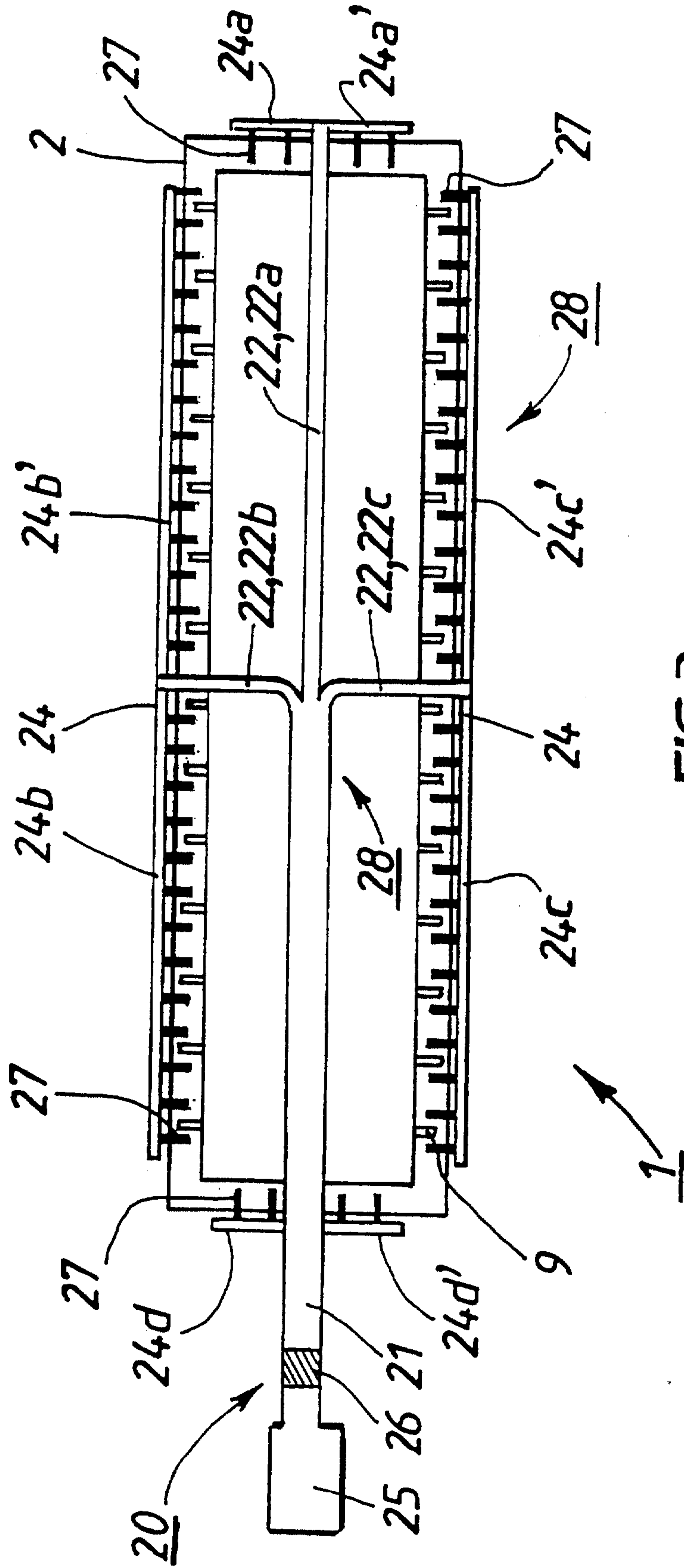


FIG. 3

4/5

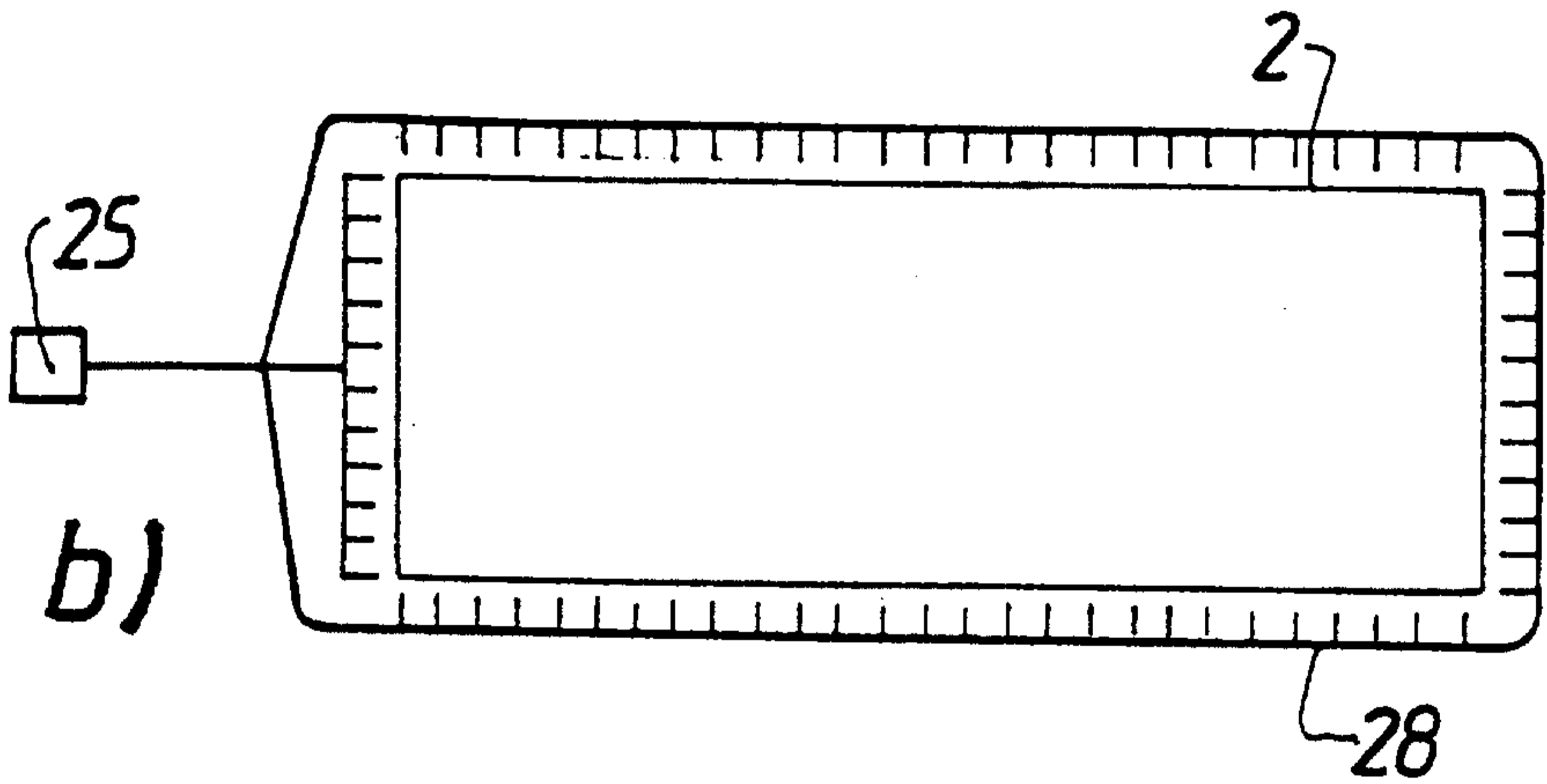
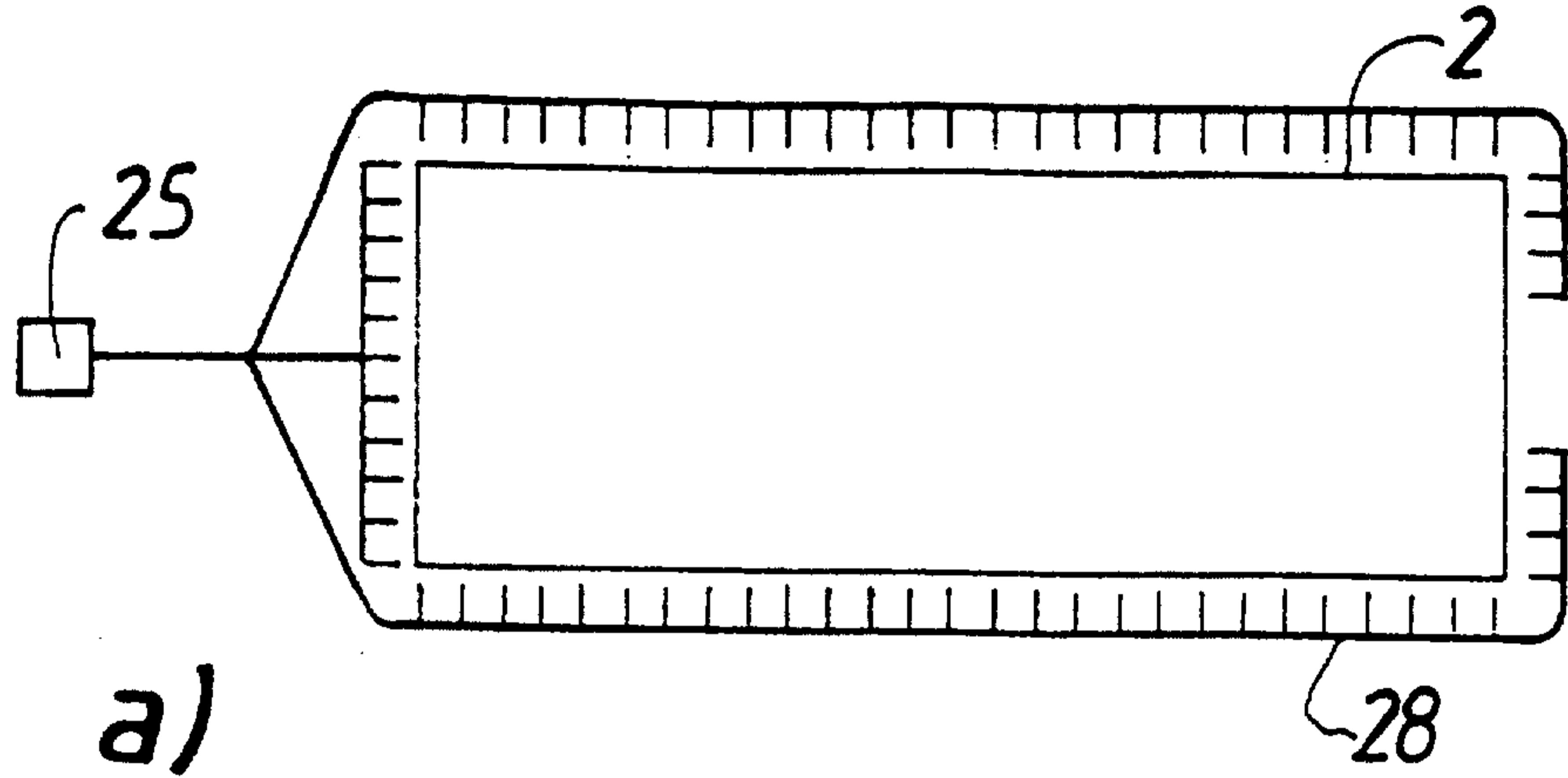


FIG.4

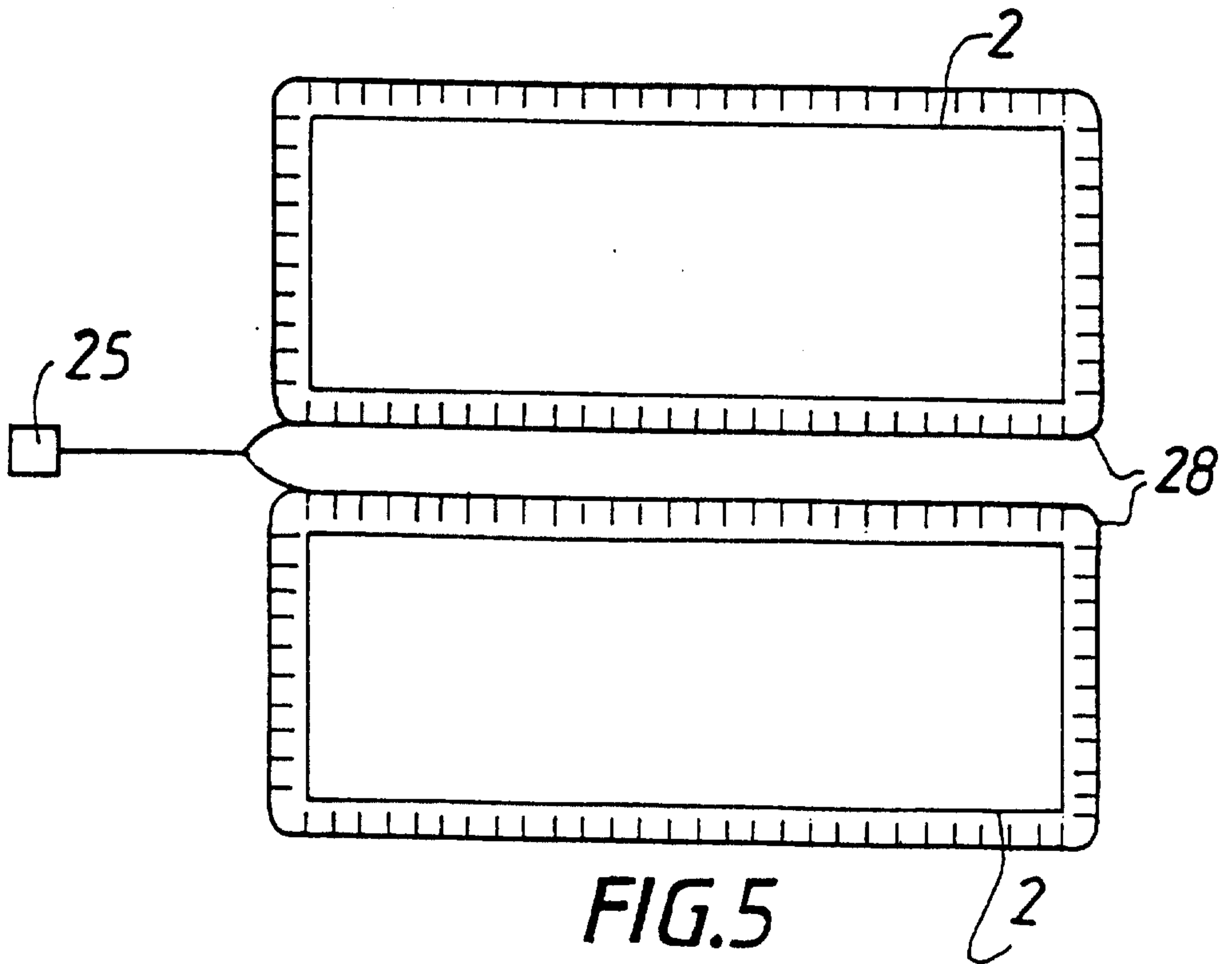


FIG.5

5/5

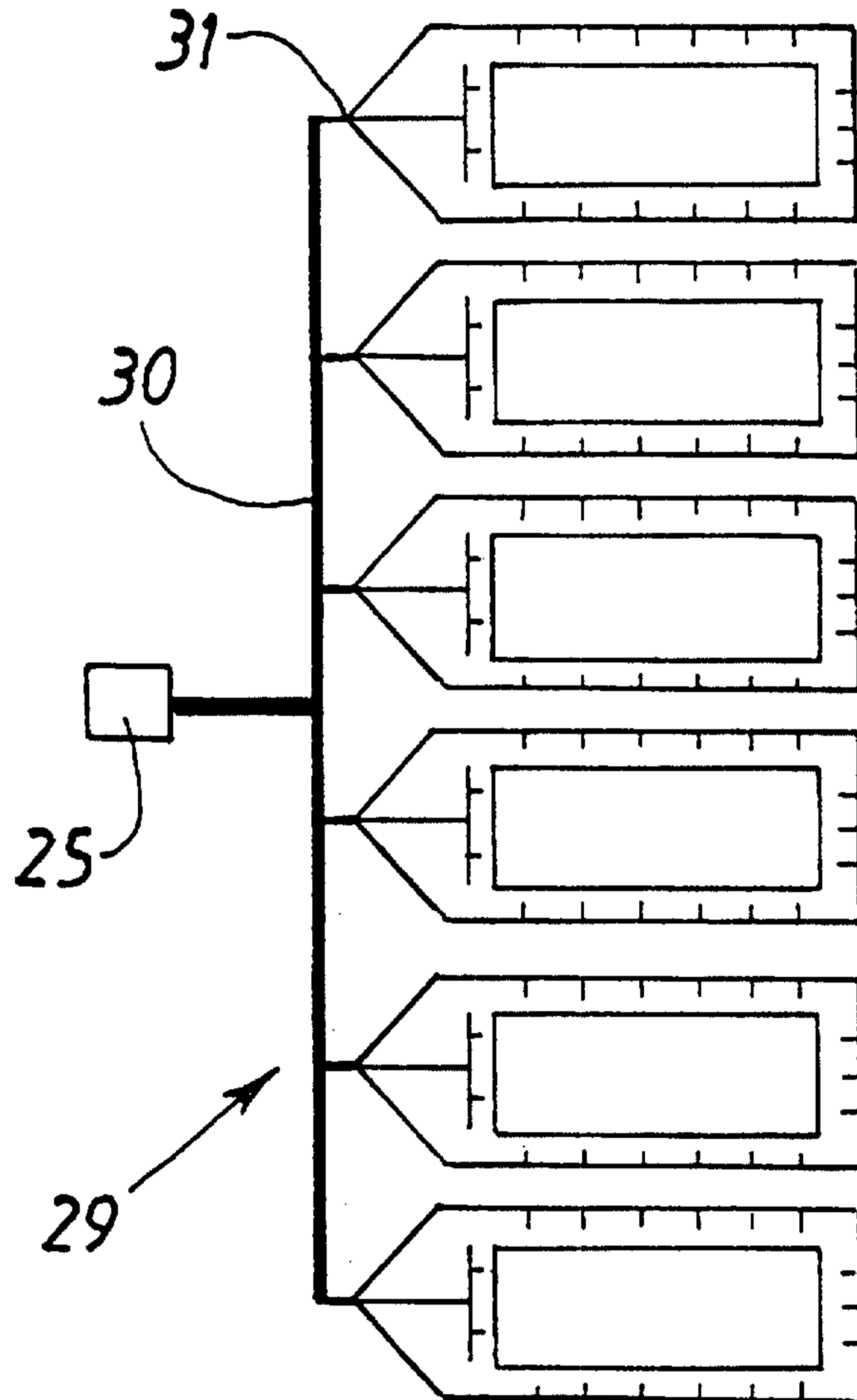


FIG. 6

