Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2072184 C 2003/08/05

(11)(21) 2 072 184

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(22) Date de dépôt/Filing Date: 1992/06/23

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1992/12/28

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2003/08/05

(30) Priorité/Priority: 1991/06/27 (91/07933) FR

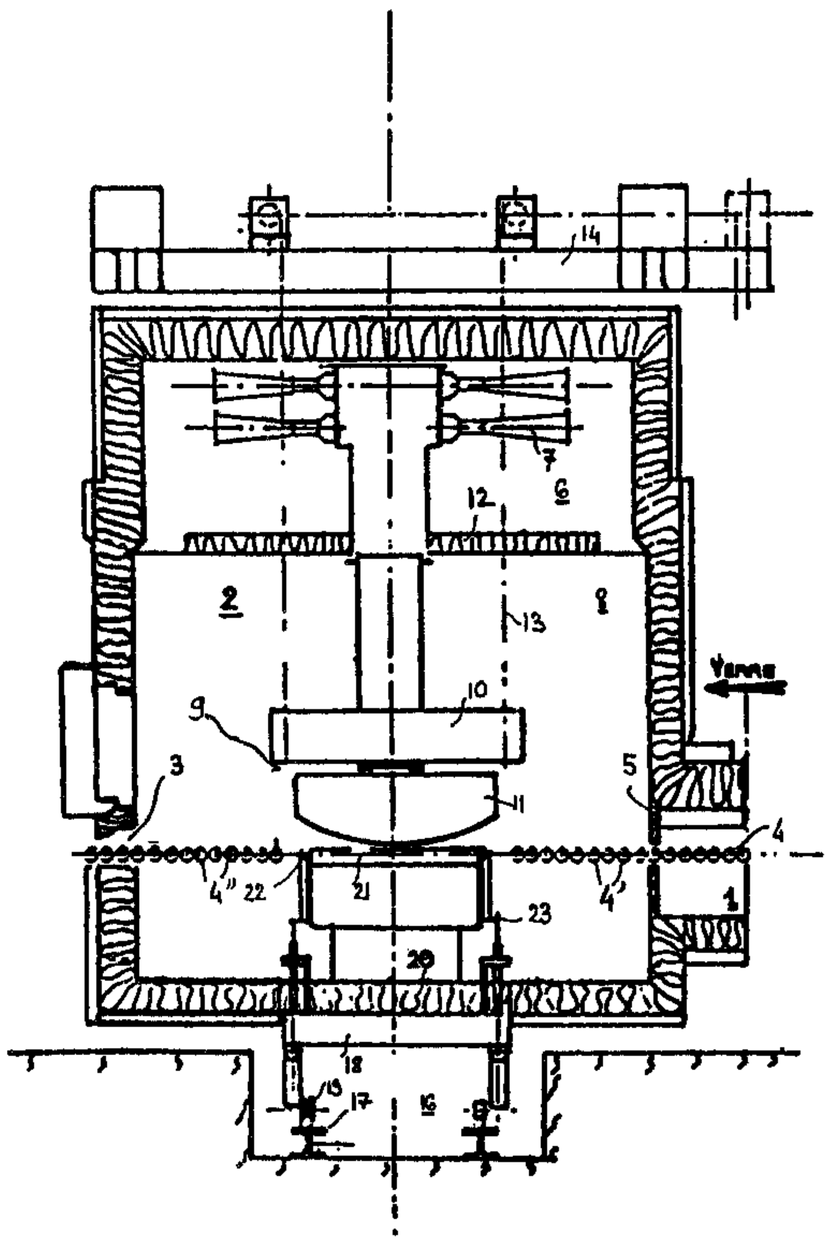
(51) Cl.Int.^{5}/Int.Cl.^{5} C03B 23/023

(72) Inventeurs/Inventors:
LESAGE, JEAN-LUC, FR;
DOUCHE, JEAN-PIERRE, FR;
PETITCOLLIN, JEAN-MARC, FR;
BORDERIOU, ARNAUD, FR;
WATIN, MARC, FR

(73) Propriétaire/Owner:
SAINT-GOBAIN VITRAGE, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE BOMBAGE D'UNE FEUILLE DE VERRE
(54) Title: PROCESS AND MEANS FOR SWELLING GLASS SHEET



(57) Abrégé/Abstract:
La présente invention concerne un procédé et un dispositif de bombage d'une feuille de verre chauffée à température de bombage dans un four horizontal qu'elle traverse véhiculée par un convoyeur à rouleaux moteurs qui la conduit dans une cellule de bombage où est maintenue une température ambiante sensiblement identique à la température de bombage. La feuille de verre vient s'immobiliser dans la cellule de bombage sous une forme supérieure de bombage à l'aplomb d'une contreforme annulaire entourant un moyen de supportage de la partie centrale de la feuille de verre dans la cellule de bombage, ladite contreforme annulaire étant soulevée pour venir presser la feuille de verre contre la forme supérieure de bombage. L'invention s'applique à la production de vitrages automobiles bombés et éventuellement trempés.

2072184

BREVET D'INVENTION

PROCEDE ET DISPOSITIF DE BOMBAGE D'UNE FEUILLE DE VERRE

Déposant : SAINT-GOBAIN VITRAGE INTERNATIONAL

ABREGE DESCRIPTIF

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de bombage d'une feuille de verre chauffée à température de bombage dans un four horizontal qu'elle traverse véhiculée par un convoyeur à rouleaux moteurs qui la conduit dans une cellule de bombage où est maintenue une température ambiante sensiblement identique à la température de bombage. La feuille de verre vient s'immobiliser dans la cellule de bombage sous une forme supérieure de bombage à l'aplomb d'une contreforme annulaire entourant un moyen de supportage de la partie centrale de la feuille de verre dans la cellule de bombage, ladite contreforme annulaire étant soulevée pour venir presser la feuille de verre contre la forme supérieure de bombage.

L'invention s'applique à la production de vitrages automobiles bombés et éventuellement trempés.

Figure 1

PROCEDE ET DISPOSITIF DE BOMBAGE D'UNE FEUILLE DE VERRE

L'invention a trait aux techniques de bombage de feuilles de verre et plus précisément à celles de ces techniques qui opèrent avec des feuilles de verre évoluant dans des plans sensiblement horizontaux et qui comportent une phase de mise en forme par pressage. L'invention s'applique notamment à la production industrielle des vitrages automobiles tels que les vitrages bombés et trempés - équipant le plus souvent l'arrière et les côtés du véhicule - ou bombés, ou encore tels que les vitrages recuits et feuilletés, c'est-à-dire munis sur une face d'une feuille de matière plastique ou assemblés par paire au moyen d'une feuille de matière plastique, destinés le plus souvent à servir de pare-brise.

La plupart des vitrages automobiles sont des vitrages bombés qui doivent respecter des normes de qualité optique particulièrement sévères et satisfaire très exactement un galbe prédéfini, tant sur les bords pour permettre par exemple l'encapsulation du vitrage dans un cadre surmoulé que sur le reste de la surface car les volumes doivent le cas échéant pouvoir passer dans une fente étroite ou être appariés pour former des double-vitrages isolants.

On connaît nombre de dispositifs de bombage d'une feuille de verre en position horizontale comportant un pressage entre deux formes de bombage complémentaires,

généralement une forme pleine et une contreforme annulaire. Dans une première approche, tous ces dispositifs peuvent être classés dans deux familles qui diffèrent fondamentalement par la conception du poste de bombage. Dans la première famille, ce poste est simplement placé à l'extrémité du four servant à réchauffer les feuilles de verre au-delà de leur température de ramollissement, tous les outils de bombage étant à température ambiante à l'exception des pièces en contact avec le verre chaud. Le grand avantage de cette option est qu'elle simplifie beaucoup le problème de la conception des outillages, de leur réglage et de leur remplacement lors d'un changement de fabrication néanmoins, cet avantage est au prix d'un refroidissement inéluctable du verre pendant toute la durée de l'opération de bombage. Pour autant, la température du verre après bombage doit généralement être encore suffisamment élevée pour autoriser une trempe thermique. De toute façon, la capacité d'un verre à se déformer à une vitesse donnée est très largement dépendante de sa température, aussi plus le verre se refroidit et moins il est possible de le bomber, ce qui est d'autant plus gênant ici que cette capacité à se déformer est également inversement liée à la courbure déjà acquise de sorte que toutes les difficultés se trouvent cumulées en fin d'opération. Procéder hors four conduit donc à surchauffer les feuilles de verre dans celui-ci, ce qui augmente les risques de déformations optiques et dans tous les cas à faire primer les problèmes d'outillage sur les problèmes liés au verre et au respect de sa qualité optique.

La seconde famille des dispositifs de bombage à plat est celle des dispositifs dits isothermes où le poste de bombage est placé dans une enceinte chaude, fermée, où la température ambiante est voisine de la température de formage du verre donc comprise entre 600 et 750 C. Par la suite, ces dispositifs seront également désignés par l'expression "dispositifs de bombage dans le four", même si dans la réalité des faits, le bombage s'effectue non dans le four mais dans une enceinte chauffée. Cette option a le mérite de considérer avant tout le produit final et non les outils servant à sa production ; ainsi il est possible de bomber

des feuilles de verre avec des températures de sortie de four sensiblement moindres que dans le cas précédent - il n'est plus nécessaire de surchauffer le verre pour compenser les déperditions thermiques lors du bombage - ce qui est très généralement favorable du point de vue de la qualité optique. Par ailleurs, la minceur des feuilles de verre, facteur limitant en cas de refroidissement possible pendant le bombage, n'est pas aussi critique que précédemment.

Mais il va de soi que cet avantage est au prix d'une conception de l'ensemble du dispositif de formage et notamment des outillages bien plus difficile. Le premier problème qui se pose est celui du transfert de la feuille de verre du four à la presse de bombage - ou ce qui revient finalement au même - celui de son évacuation étant entendu que le choix d'une ligne horizontale est en premier lieu dicté par la volonté d'écarter toutes pinces ou autres instruments qui agissent de façon localisée et par conséquent laissent toujours des marques indélébiles sur le vitrage.

Une première solution est d'alimenter la presse par un plateau aspirant faisant un mouvement de va-et-vient entre l'extrémité du four et la presse, la feuille de verre étant déposée sur la forme inférieure qui est elle-même translatée pour venir se placer en regard de la contreforme supérieure de bombage (EP-A-183 418). Mais la précision du bombage suppose une grande maîtrise de ces différents déplacements latéraux, maîtrise - qui à haute température - est difficile à réaliser avec une grande régularité, surtout si une précision de l'ordre du dixième de millimètre est souhaitée ce qui est le cas des formes de vitrages les plus complexes.

Une autre solution est de prolonger le convoyeur véhiculant les feuilles de verre jusqu'au lieu où s'effectue le pressage. Dans ce cas, il a été proposé de soulever la feuille de verre, par exemple au moyen d'une aspiration et de courants gazeux chauds ascendants, pour la faire venir au contact de la forme supérieure qui est alors remontée, ce qui laisse entre le convoyeur d'amenée des feuilles de verre et la forme supérieure un espace suffisant pour permettre d'introduire un cadre inférieur. Après un pressage au moyen

de ce cadre, la feuille de verre est à nouveau prise en charge par la forme supérieure jusqu'à ce qu'elle soit récupérée par un cadre de trempe (EP-A-237 231). A froid, une autre possibilité est de faire passer le cadre de pressage inférieur au travers du convoyeur, soit que le cadre soit formé d'une série de segments entre lesquels peuvent se loger les rouleaux du convoyeur, soit que ces rouleaux eux-mêmes comprennent des décrochés fournissant un logement en position de repos au cadre de pressage, soit encore que les rouleaux eux-mêmes sont segmentés. Mais il faut noter qu'un cadre segmenté tend à favoriser le marquage de verre, la feuille n'étant pas soutenue uniformément sur son pourtour et que les deux autres variantes -rouleaux avec décrochés ou segmentés - posent d'énormes problèmes de réalisation et de conception des entraînements des rouleaux, problèmes non résolus à ce jour pour les températures élevées.

Enfin, il a été proposé dans le brevet US-A-3 869 271 un procédé de formage par dépression dans lequel le verre est déplacé au travers du four par un coussin d'air puis pénètre dans la zone de formage hors enceinte chaude où il est soutenu par un second coussin d'air entouré par un cadre de pressage monté en porte-à-faux et situé juste sous une forme supérieure concave. La feuille de verre vient s'immobiliser au-dessus du cadre de pressage abaissé sous le plan du coussin d'air. Le cadre de pressage remonte et vient plaquer la feuille de verre contre la forme supérieure de bombage. Pour éviter qu'une large portion de la feuille de verre ne se trouve sans soutien lors du transfert du premier coussin d'air au coussin d'air de la zone de formage, on dispose dans la zone intercalaire des tronçons de rouleaux destinés à éviter un affaissement par gravité.

Là encore, il doit être souligné que le dispositif de pressage est en zone froide. Par ailleurs, dans le cas que nous venons d'évoquer, la feuille de verre est soutenue dans la zone de pressage par un coussin d'air situé à l'intérieur du cadre de pressage. En pratique, une telle disposition n'est permise que si les dimensions de la feuille de verre plane ne diffèrent pas trop de celles du cadre donc de la

feuille de verre bombée autrement dit, si la courbure conférée reste faible. Dans le cas contraire, il est nécessaire de prévoir un autre coussin d'air entourant le cadre ce qui complique encore largement les problèmes de réglage des outils, l'équilibrage d'un coussin d'air segmenté étant particulièrement difficile. Par ailleurs, contrôler la trajectoire d'une feuille de verre en mouvement sur un convoyeur est de fait une opération délicate car deux feuilles de verre se succédant peuvent avoir des trajectoires s'écartant l'une de l'autre de plusieurs centimètres. Ces écarts de trajectoires sont difficilement conciliables avec les impératifs conjugués d'une qualité optique élevée et d'une grande précision du galbe. Pour compenser ces écarts, on peut certes utiliser un organe de recentrage comme décrit par exemple dans le brevet US-A-4 233 049 mais cela alourdit le dispositif.

Par ailleurs ce centrage de la feuille de verre n'a de sens que si les deux formes de pressage sont bien en coïncidence. Or dans le document précité, la contreforme annulaire est en porte-à-faux alors que la forme supérieure est suspendue. Il en résulte des écarts de positionnement difficiles à compenser et qui seraient encore plus gênants si les outils étaient placés en zone chaude - sans même compter sur la difficulté triviale mais néanmoins bien réelle due à ce que l'accessibilité et le simple contrôle visuel sont bien moins aisés dès lors que la zone de bombage est close par des parois latérales.

L'invention a pour but un développement des technologies de bombage de feuilles de verre par pressage en zone chaude visant à l'augmentation des cadences de production et du taux de marche avec une réduction des temps d'arrêt de production et notamment ceux dus aux réglages entre deux changements de production, ceci quelle que soit la complexité des vitrages et en respectant les exigences de qualité les plus hautes.

Ce but est atteint conformément à l'invention par un procédé de bombage d'une feuille de verre chauffée à température de bombage, dans un four horizontal, qu'elle traverse véhiculée par un convoyeur à rouleaux moteurs qui

la conduit dans une cellule de bombage où est maintenue une température ambiante sensiblement identique à la température de bombage de la feuille de verre. Conformément à l'invention, la feuille de verre vient s'immobiliser dans la cellule de bombage sous une forme supérieure de bombage et à l'aplomb d'une contreforme annulaire entourant un moyeu de supportage de la partie centrale de la feuille de verre dans la cellule de bombage, ladite contreforme annulaire étant soulevée pour venir presser la feuille de verre contre la forme supérieure de bombage.

Le procédé de bombage selon l'invention se distingue des procédés connus de l'art en premier lieu par l'emploi en zone chaude de formage d'un moyen de supportage de la feuille de verre qui est simplement destiné à la soutenir sans pour autant la convoyer. La feuille de verre poursuit sa course essentiellement du fait de son inertie et de la vitesse acquise sur le convoyeur à rouleaux. A titre de moyen de supportage, on peut utiliser des rouleaux montés en libre rotation, de préférence sur coussins d'air, les rouleaux n'étant pas entraînés. Des paliers à coussins d'air pouvant convenir dans ce but sont par exemple décrits dans la demande de brevet EP-A-310 500.

Dans une variante plus particulièrement préférée de l'invention, le moyen de supportage est un coussin d'air. Dans ce cas, en effet, l'absence de frottement du verre sur le coussin d'air permet de maîtriser la position de la feuille de verre dès lors qu'elle est encore en contact avec un des rouleaux du convoyeur d'amenée.

De préférence encore, les feuilles de verre sont orientées transversalement et avancent "pointe en avant", donc dans le cas d'un vitrage trapézoïdal avec leurs grandes bases à l'arrière, parallèles aux rouleaux du convoyeur d'amenée. De cette façon, la feuille de verre peut être focalisée au moyen de butées latérales fixes - ou du moins maintenues fixes pendant toute l'opération de centrage. Le coussin d'air permet aux feuilles de verre de glisser sans frotter donc sans marquage. Ainsi, il suffit que les feuilles de verre s'engagent entre les deux premières butées latérales - les plus espacées car correspondant à l'arrière

du vitrage - pour que la feuille de verre se centre d'elle-même.

La focalisation de la feuille de verre peut, le cas échéant, être complétée par des butées frontales. Dans tous les cas, il y a avantage à prévoir une légère inclinaison vers le bas du moyen de supportage de manière à ce que la feuille de verre soit bien arrêtée en position extrême et n'est pas tendance à reculer légèrement après son choc contre les butées de focalisation.

Ce moyen de supportage de la feuille de verre est entouré par la contreforme annulaire qui peut donc être réalisée sous la forme d'un rail continu éventuellement pourvu d'éléments articulés. La contreforme annulaire est déplacée de haut en bas pour venir se loger dans une position d'attente permettant le passage de la feuille de verre et de bas en haut pour venir presser cette dernière et l'appliquer contre la forme supérieure de bombage.

Moyen de supportage et contreforme annulaire constituent de préférence un ensemble porté par une platine commune montée elle hors de l'enceinte chaude, ils constituent ainsi un ensemble commun pouvant être remplacé d'un seul bloc. Le premier avantage d'une telle disposition est qu'elle garantit le parfait centrage de la contreforme annulaire par rapport au coussin d'air. Par ailleurs, la platine supporte également tout le système de motorisation qui peut ainsi comporter des pièces réputées fragiles comme les connexions électriques ou les arrivées d'air comprimé, les dispositifs mécaniques de précision, les actionneurs mécaniques ou hydrauliques.

Dans une variante plus particulièrement préférée de l'invention, l'ensemble de pressage, à savoir la forme supérieure de bombage et la contreforme annulaire, est fermé, indexé, lors de leurs phases de montée en températures. Cette disposition conduit là encore à raccourcir les temps de réglage. De ce fait, les deux formes sont déjà placées correctement à froid et vont le rester tout le temps du chauffage.

Par ailleurs, il va de soi que pour conserver une bonne reproductibilité du formage, cet indexage est répété à

chaque opération de pressage ce qui permet de rattraper les écarts très faibles qui pourraient encore se produire.

Les zones marginales de la feuille de verre débordent du coussin d'air et ne sont donc pas soutenues. Le plus souvent ceci est sans effet car du fait de l'absence de refroidissement du verre dans la cellule de bombage, la feuille de verre n'a pas besoin d'être surchauffée dans le four ce qui limite la tendance à l'affaissement des bords. Toutefois, dans le cas d'un bombage exceptionnellement profond, ce problème peut devenir critique. Pour y remédier, il peut alors être prévu un soufflage d'air chaud afin de prolonger l'action du coussin d'air par exemple au moyen de rampes de soufflage montées sur l'équipage supportant la contreforme annulaire. Eventuellement, on peut utiliser ces mêmes rampes ou d'autres rampes alimentées avec des pressions relativement importantes par exemple supérieures à 80 mm de colonne d'eau, de façon à contribuer à la prise en charge de la feuille de verre par la forme supérieure de bombage.

L'invention a également pour objet un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé de bombage de feuilles de verre évoqué plus haut comportant un four horizontal terminé par une cellule de bombage où est maintenue une température voisine de la température de bombage de la feuille de verre comportant une forme supérieure de bombage munie de moyens propres à maintenir une feuille de verre en contact avec ladite forme supérieure de bombage et un ensemble inférieur constitué d'un moyen de supportage de la partie centrale de la feuille de verre et d'une contreforme annulaire entourant ce moyen de supportage. Cette contreforme et le moyen de supportage de la partie centrale de la feuille de verre sont montés sur une platine portant également des éléments isolants venant fermer le fond de la cellule de bombage et divers éléments placés ainsi hors de la zone chaude de la cellule notamment les éléments de motorisation de la contreforme annulaire. Dans une telle installation, c'est donc toute la partie basse de la cellule de bombage qui est sortie à chaque changement de fabrication de sorte que la ligne de fabrication acquiert la souplesse

d'une ligne à froid tout en préservant les avantages d'un bombage en zone chaude. Grâce aux éléments isolants, on peut maintenir sous la ligne une température suffisamment basse pour permettre des interventions humaines sans dangers.

Pour simplifier les changements de production, il est préférable de monter tout cet ensemble inférieur sur un chariot qui est mis en place en roulant sur des rails. Cet effet est encore renforcé si on utilise ce chariot pour amener simultanément une nouvelle forme supérieure de bombage qui est alors fixée à l'unité d'aspiration à la manière d'un tiroir.

L'efficacité de la presse de bombage est avantageusement renforcée par une homogénéité des matériaux, forme supérieure de bombage et contreforme annulaire étant réalisées dans des matériaux identiques ou du moins présentant des caractéristiques de dilatation identiques, ce qui permet d'extrapoler à chaud la conception des outils à froid et de garantir un bon parallélisme des formes de la presse de bombage. Ces outils seront obtenus par exemple par coulée et usinage d'une même fonte ou acier réfractaire. Les systèmes d'indexage ou autres pièces faisant partie de l'outillage, comme les butées de focalisation du volume, font directement partie de ces outils dès le stade de la coulée ou sont rapportés mais alors avec une grande précision d'usinage. De plus, le dispositif comporte avantageusement des moyens de mesure de l'entrefer entre la forme supérieure de bombage et la contreforme annulaire, les vérins actionnant la contreforme annulaire étant asservis à ces moyens de mesure pour un parfait réglage de l'assiette de la presse de bombage.

D'autres détails et caractéristiques avantageuses de l'invention ressortent de la description faite ci-après en référence aux dessins annexés qui représentent :

. **figure 1** : un schéma en vue de côté d'une forme de bombage selon l'invention,

. **figure 2** : le dispositif de bombage de la figure 1 vu de face,

. **figure 3** : une vue de dessus d'une feuille de verre centrée au-dessus d'une contreforme annulaire selon

l'invention.

Le dispositif de bombage selon l'invention représenté aux figures 1 et 2 comporte, de droite à gauche sur la figure 1, un four 1 dont seule l'extrémité terminale est ici figurée, une cellule de bombage 2 et une sortie 3 en direction du dispositif de refroidissement. Ce four 1 est de préférence un four électrique présentant les caractéristiques enseignées par le brevet canadien CA 2036460 déposé le 15 février 1991 au nom de la demanderesse ou en tout état de cause un four muni de moyens pour chauffer la feuille de verre à la température de bombage avec éventuellement des zones surchauffées bien localisées correspondant par exemple aux lignes de pliure. Dans ce four, la feuille de verre est convoyée par un ensemble de rouleaux moteurs 4 par exemple en silice ou autre céramique réfractaire. Ces rouleaux sont de préférence revêtus d'une gaine en tissu de silice qui minimise les risques de marquage.

Ce convoyeur se prolonge jusqu'à la cellule de bombage (rouleau 4'), enceinte isolée thermiquement où est maintenue une température de l'ordre de la température de bombage des feuilles de verre, typiquement de l'ordre de 650°C lorsqu'une trempe thermique est prévue et de l'ordre de 550°C pour un recuit ultérieur. Un rideau 5 est éventuellement utilisé pour éviter des courants d'air parasites qui pourraient être générés par exemple lors des enfournements. Dans la zone de formage proprement dite, le convoyeur est interrompu, toutefois, de nouveaux rouleaux 4" sont disposés dans le même alignement de l'autre côté de cette zone pour permettre d'évacuer, le cas échéant, un volume non traité, l'évacuation de celui-ci étant favorisée par un système de racles ou balais entraînant les volumes mauvais hors de la zone de l'organe de supportage par exemple vers un dispositif de casse à l'eau.

La partie haute de la cellule de bombage est constituée de deux zones isolées thermiquement. La zone supérieure 6 rétrécie constitue la zone d'aspiration, cette aspiration s'effectuant par les trompes 7, l'air moteur chaud provient du four de réchauffage des feuilles de verre. Dans la zone

inférieure 8 se trouve l'ensemble supérieur 9 de la presse de bombage constitué essentiellement d'un porte outillage 10 où vient se loger entre des coulisses un caisson sans fond 11 entourant la forme supérieure de bombage. L'aspiration par les trompes 7 permet de placer ce caisson sous dépression de façon à créer une force d'aspiration agissant sur la périphérie de la feuille de verre, cette dernière solution est préférée à la solution d'une forme aspirante percée, car la force agissant sur la feuille de verre est maximale près des bords, là où s'effectue généralement le pliage du volume et de plus, il n'y a pas de risque de marquer le verre au niveau des orifices de succion et l'aspiration périphérique laisse une plus grande liberté quant au choix du revêtement protecteur de la forme supérieure de bombage.

Les zones inférieures et supérieures, séparées par une paroi d'isolation thermique 12, sont reliées par le conduit d'aspiration et également par au moins un orifice de réinjection d'une partie au moins de l'air aspiré. Au moment de cette réinjection, l'air est de préférence réchauffé, par exemple par des résistances électriques ou autres moyens de chauffage équivalents, ceci pour compenser le refroidissement qui se produit lors de la détente due à l'aspiration et éventuellement les températures un peu "froides" de l'air comprimé servant d'air moteur des trompes et préchauffé par un passage de son circuit dans le four, de sorte que l'ambiance dans la zone inférieure de la cellule de bombage est ainsi parfaitement contrôlée en température. Par ailleurs la zone supérieure comporte une cheminée par laquelle est évacuée éventuellement l'excès d'air chaud provenant du four ce qui évite d'être en surpression dans la zone supérieure et permet ainsi une bonne régulation de la pression dans la zone d'aspiration. De plus, l'isolation de la zone inférieure réduit la taille de la partie "active" de la cellule de bombage et simplifie ainsi les problèmes de conditionnement en températures.

La partie haute que nous venons de décrire présente également un avantage important plus particulièrement visible sur la vue de face de l'installation, à savoir que les organes qui permettent de manoeuvrer le porte-outillage afin d'effectuer les mouvements de montée-baisse de la forme

supérieure, peuvent passer sur les côtés de la zone supérieure d'aspiration, à l'air froid hors de la cellule. Il faut en effet noter que la température élevée de la zone de formage interdit l'emploi de chaînes dans cette zone. Le porte-outillage doit donc être manoeuvré par des tirants 13, eux-mêmes rattachés à des chaînes qui s'enroulent sur des poulies devant être placées obligatoirement au-dessus de la voûte de la cellule de bombage, à une distance au moins égale à la course des tirants 13. Dans le cas de l'invention, le passage sur les côtés permet d'abaisser la poutre 14 de la charpente 15 juste esquissée sur les figures 1 et 2, ce qui réduit les coûts du dispositif et surtout son encombrement. Ce bon contrôle de la température et de la pression dans la cellule de bombage évite d'avoir à compenser des phénomènes de refroidissement par des courants convectifs au moyen de dispositifs de chauffage par rayonnement, dispositifs par rayonnement qui tendent à surchauffer les outils et tissus et accélèrent donc leur vieillissement.

A noter qu'une telle partie haute de la cellule de bombage peut très bien être utilisée hors du cadre spécifique de la présente invention dans tous les cas où un mécanisme d'aspiration ou de reprise d'air est associé à une forme supérieure de bombage.

Venons-en maintenant à la partie basse de la cellule de bombage. Cette partie basse surplombe une fosse 16 au fond de laquelle s'étendent des rails 17, disposés parallèlement aux rouleaux et au moyen desquels on vient mettre en place la partie inférieure de la presse de bombage. Cette fosse 16 est à une température proche de l'ambiante même si, la proximité avec la cellule de bombage entraîne un léger échauffement. Les rails 17 restent ainsi froids ce qui assure un positionnement simple et précis de la partie inférieure de la cellule. Cette partie inférieure comporte une platine 18 portée par un chariot ou munie directement de roues 19. Cette platine 18 porte un élément isolant 20, la dalle-support 21 du coussin d'air et la contreforme annulaire 22.

L'élément isolant 20 vient s'encastrer et fermer le

fond de la cellule qui doit être isolée pour un fonctionnement isotherme. Lorsque l'ensemble inférieur est retiré, le fond est de préférence refermé par un obturateur par exemple du type volets ou rideaux métalliques, ici non représentés, et évitant des pertes thermiques trop importantes. De plus, il est prévu des éléments d'étanchéité à la jonction entre l'élément isolant et le fond fixe de la cellule de bombage.

L'élément principal de la partie inférieure de la presse est constitué par la contreforme annulaire 22 portée par un chassis 23 en forme de cadre dont les dimensions sont avantageusement calculées en fonction de la taille maximum des vitrages à traiter, une plaque de liaison 24 servant pour la fixation de la contreforme 22 sur le chassis 23. Les mouvements de montée-baisse du chassis 23 et par là de la contreforme 22 sont assurés par au moins trois et de préférence quatre vis motorisées 25 ou autres moyens de levage qui traversent la platine 18 et travaillent donc en grande partie, à froid ce qui est un gage de bon fonctionnement. Les vis 25 permettent également d'assurer les réglages de l'assiette de la contreforme annulaire, en phase de réglage et surtout lors de la phase de pressage comme il sera expliqué de façon plus détaillée plus loin.

Dans le cas ici représenté, les vis sont positionnées sous la cellule de bombage et agissent directement sur le cadre annulaire.

La conception de l'outillage et plus particulièrement de ce cadre annulaire doit être réalisée dans l'optique d'une très grande précision du bombage, avec notamment une très grande reproductibilité des formes de vitrage. L'objectif retenu par les inventeurs pour ce point est celui d'une précision de 1/10 de millimètre pour les vitrages, ce qui suppose en fait une précision supérieure au niveau des outillages.

Les défauts induits par le cadre annulaire peuvent être de trois sortes : ceux dus à un problème de concentricité, avec un décalage dans le plan horizontal par rapport à la forme pleine de bombage; ceux imputables à un mauvais parallélisme des pistes avec alors une forme et une contreforme non complémentaires et enfin ceux liés à des défauts

d'assiette.

Dans une installation classique, le cadre annulaire est muni de moyens de réglage permettant de jouer sur sa piste, sur son assiettte et sur sa position dans le plan. Dans ce but, il est par exemple prévu un certain nombre de vis qui, à l'arrière de la piste, permettent de modifier la rectitude de la piste. D'autre part, le cadre annulaire est en fait monté sur un cadre concentrique, lui-même monté sur un autre cadre concentrique ce qui permet, par des jeux de vis et tirants de régler sa concentricité et son assiette. De plus, des index sont montés associés à la forme pleine de bombage. En pratique, le nombre de points de réglage peut atteindre la centaine. Pour procéder à celui-ci, il faut bien sûr procéder à chaud, la solution la plus courante consistant à déposer le long du cadre annulaire des petits tas de terre de potier et à mesurer la hauteur de chacun de ces tas après un pressage. L'opération est lente, réalisée dans des conditions notamment de chaleur assez délicates et surtout conduit à une précision relativement faible et surtout liée à la grande expérience des opérateurs. Une fois ces réglages terminés, l'objectif des opérateurs est de rester au plus près de la position de référence déterminée, en évitant de s'en écarter donc en tentant de reproduire à chaque fois les mêmes mouvements. Là encore, cet objectif s'avère souvent pour partie chimérique et en tout cas, impropre à garantir une précision de bombage de plus de un millimètre.

Dans le cadre de l'invention, le premier choix des inventeurs a été de supprimer toutes les pièces chaudronnées pour ne plus utiliser que des pièces en fonte moulées et/ou usinées, et stabilisées thermiquement les unes par rapport aux autres. Anneau de bombage, forme supérieure et index sont ainsi réalisés dans un même matériau, ou dans des matériaux ayant des caractéristiques de comportement à chaud identiques, avec les mêmes plans notamment avec à la base la même CAO (conception assistée par ordinateur) pour le cadre annulaire et la forme de bombage. Dans la mesure où le procédé de bombage selon l'invention suppose des conditions thermiques identiques pour toutes ces pièces placées à demeure dans l'enceinte isolée thermiquement de la cellule

de bombage, on a alors la garantie, dans ces conditions, d'un parfait parallélisme originel des pistes, sans nécessiter plus de réglage. Si le procédé de bombage prévoit un refroidissement du cadre annulaire, notamment si celui-ci sert au transport des feuilles de verre bombées hors de l'enceinte de bombage et plus encore, sert de support aux feuilles de verre pendant la trempe, on choisira de préférence des matériaux différents mais qui, chacun dans son domaine respectif de températures de travail, se comportent de manière identique.

Comme indiqué plus haut, les systèmes d'indexage font eux-mêmes partie intégrante des outillages et vont eux-aussi avoir un même comportement à chaud. Leur réglage, et par là celui de la concentricité du cadre annulaire par rapport à la forme supérieure de bombage peut ainsi être réalisé à froid, une fois pour toute.

Le dernière réglage mentionné concerne l'assiette. Dans les installations connues de l'art, ce réglage concerne uniquement le cadre annulaire. Mais en fait, il faut noter que la forme supérieure est suspendue à des tirants dont on peut, le cas échéant, allonger par rapport aux autres de sorte que, en dépit de son poids très élevée, l'assiette de la forme supérieure de bombage peut se modifer, de sorte que, même un réglage parfait de l'assiette du cadre annulaire conduit à un mauvais résultat.

Selon une variante préférée de l'invention, on ne cherche pas à régler l'assiette de la contre-forme et/ou de la forme en référence à une position absolue et notamment à l'horizontale, mais à imposer un entrefer précis entre la contre-forme et la forme. Pour ce faire, on utilise au moins trois et de préférence quatre vis indépendantes dont les mouvements sont asservis dans la phase finale d'approche à des capteurs.

Ces capteurs peuvent être par exemple des capteurs magnéto-strictifs dont la tige sensorielle sera protégée. Il peut être aussi envisagé une triangulation optique. De préférence, on utilisera toutefois des capteurs capacitifs en acier inox qui utilisent alors la forme supérieure métallique comme réflecteur. De tels capteurs capacitifs

peuvent avantageusement fonctionner sans protection du type circuit de refroidissement et la précision de leur mesure est très grande jusqu'à environ 10 mm, avec ainsi un maximum de sensibilité dans le domaine de l'invention.

De préférence encore, les vis commandant les déplacements de la contre-forme annulaire n'agissent pas directement sur celle-ci mais sur un cadre la supportant. Ce cadre est de préférence un cadre indéformable - c'est-à-dire qu'il ne peut être modifié par des réglages. Ces bras latéraux traversent de préférence les pieds droits de la cellule de bombage, par des fentes appropriées, ce qui permet notamment de placer les vis à froid ce qui simplifie notamment les opérations d'entretien. La contre-forme annulaire n'est pas fixée de façon rigide sur celui-ci mais repose par exemple sur des doigts engagés dans des creux du cadre annulaire. Ainsi, le cadre annulaire a encore un certain degré de liberté par rapport au cadre-support aussi, si les vis ne sont pas tous exactement à la même hauteur, le cadre annulaire ne sera pas déformé. A noter bien sûr que dans ce cas, il n'est pas d'aplomb mais ce défaut d'assiette est ensuite corrigé par l'asservissement de l'entrefer.

Pour éviter que le cadre annulaire simplement posé sur le cadre-support ne tombe dans un tel cas de déséquilibre, il est de plus avantageusement muni d'équerres, qui limitent les déplacements latéraux et aident à la mise en place du cadre-annulaire sur son support.

Pour ce qui concerne le déplacement des vis nous avons déjà indiqué qu'en fin de course, ils sont chacun indépendants et asservis à la mesure de l'entrefer. Pour ce qui est du reste de leur course, qui peut représenter par exemple de 200 à 300 mm, alors que la fin de course représente un déplacement de seulement 10 mm, les vis sont de préférence déplacés de façon synchrone. Pour celà, il est avantageux de prévoir des systèmes mécaniques indépendants - de toute façon nécessaire pour la fin de course - mais dont les consignes sont supervisées. Selon un mode de synchronisation électrocommandée connu, on utilisera par exemple une vis comme leader et on ajustera le déplacement des autres vis par rapport à cette vis leader. Un tel mode de

synchronisation permet d'opérer des déplacements à grande vitesse, en sachant que dans cette partie de la course, une grande précision n'est pas nécessaire, des écarts de quelques millimètres étant permis. Dès qu'un des capteurs d'entrefer mesure une distance inférieure au seuil choisi, par exemple 10 mm, les déplacements des vis sont désynchronisées et on passe sous le mode asservi à l'entrefer.

Comme il ressort de la description faite ci-dessus, dans le cadre de l'invention, on ne cherche absolument pas à obtenir des mouvements exacts, reproductibles mais on garantit une position finale correcte.

La conception d'outillage que nous venons de décrire et plus particulièrement le principe de l'asservissement de l'entrefer peuvent être appliquées à d'autres installations de bombage, à la condition toutefois que la contre-forme annulaire soit bien indéformable, de façon à ce que la position mesurée par les capteurs d'entrefer soit effectivement significative de la position de tous les points de la piste de la contre-forme annulaire. Par ailleurs, l'outillage ici décrit suppose une forme supérieure de bombage immobile avec un déplacement vertical du cadre annulaire pour venir presser la feuille de verre. Il va néanmoins de soi que l'invention s'applique également à des installations avec un cadre annulaire non déplacé verticalement mais où la forme supérieure de bombage est descendue ou encore à des installations où les deux éléments de la presse sont rapprochés les uns des autres.

La contreforme annulaire 22 est de préférence constituée par un rail continu, ce qui limite les risques de marquage de la surface du verre, mais peut également être formée de par exemple trois éléments articulés entre-eux, ceci pour résoudre les problèmes des bombages les plus complexes. Sur la contreforme sont montés des doigts d'indexage 26 qui viennent s'engager dans des fentes ou des oeillets 27 associés à la forme supérieure de la presse de bombage. La forme supérieure, la contreforme et les éléments d'indexage sont tous réalisés dans un même matériau ou du moins dans des matériaux ayant les mêmes caractéristiques de comportement à chaud. On utilisera par exemple une fonte en

acier réfractaire, les pièces étant rectifiées après moulage. Par ailleurs, il doit être noté que toutes les pièces destinées à venir en contact avec la feuille de verre sont de préférence munies de revêtement protecteur, par exemple à base de tissu ou tricot en fibres métalliques.

La presse de bombage est ainsi constituée de deux formes dont le parallélisme des pistes est assuré par l'usinage des pièces et des caractéristiques de dilatation identiques, l'assiette de la presse étant contrôlée par l'asservissement à l'entrefer.

Le troisième élément porté par la platine 18 est le coussin d'air ou plus exactement la dalle-support 21. Ce coussin d'air est placé à l'intérieur de la contreforme annulaire et est destiné au soutien du verre dans la zone de formage. La dalle-support - constituée par exemple par une plaque perforée en céramique munie d'orifices de soufflage - est supportée directement par la platine, des moyens de réglage fins permettant de régler son assiette et sa légère inclinaison vers le bas destinée à assurer la position de focalisation du verre sur les butées.

Ce coussin d'air est bien sûr un coussin d'air chaud, préchauffé et brassé par un ventilateur compte-tenu des débits de plusieurs milliers de mètres cube par heure nécessaires et des pressions de centaines de millimètres de colonne d'eau nécessaires à l'entretien du coussin. Placé seulement au centre de la contreforme et porté par une platine, le coussin d'air peut être aisément réglé de façon à tangenter le convoyeur à rouleaux lors de la prise en charge des feuilles de verre. Pour ce réglage du coussin d'air, on utilisera par exemple une poutre indéformable, par exemple, en céramique, qui repose à la fois sur les rouleaux 4' en amont de la zone de formage et les rouleaux 4" en aval de celle-ci. Sur cette poutre sont montés des capteurs de distance par exemple du même type que ceux utilisés pour la mesure de l'entrefer qui vont servir à régler la hauteur du coussin d'air et son horizontalité. Le coussin d'air ne sert en règle générale qu'à soutenir la feuille de verre dont le mouvement est commandé par le contact de sa partie arrière avec les rouleaux. En pratique, cette commande est

parfaitement efficace tant que le verre est en contact avec au moins un rouleau, le coussin d'air n'engendrant pratiquement pas de ralentissement du verre. Néanmoins, il peut être nécessaire de prévoir des moyens pour aider à l'avancement de la feuille de verre tels qu'un soufflage d'air chaud sur la tranche, une orientation de biais de certain des orifices de la dalle-support ou encore une légère pente du coussin d'air.

Il doit être souligné que dans le cas de l'invention, le seul coussin d'air utilisé, l'est dans la zone de formage, ce qui évite nombre d'inconvénients bien connus de l'emploi des coussins d'air. En premier lieu, il est parfaitement possible d'opérer dans le four une chauffe différenciée de la face inférieure de la feuille de verre, car alors celle-ci est soutenue par des rouleaux. D'autre part, la trajectoire de la feuille de verre 28 (voir figure 3) est maîtrisée de manière bien plus satisfaisante avec des rouleaux.

Grâce à ce coussin d'air dans la zone de formage, et des butées de focalisation, on peut rattraper aisément tous les écarts de trajectoire de l'ordre de quelques millimètres dus aux rouleaux du four. Ces butées latérales 29 de focalisation, montées solidaires de la forme supérieure de bombage ou en référence par rapport à celle-ci. En effet, si comme schématisée à la figure 3, la feuille de verre s'avance "pointe en avant", il suffit que son éventuel décalage latéral ne lui interdise pas de s'engager entre les butées de focalisation pour qu'un centrage parfait soit finalement obtenu (en pratique ceci autorise, le plus souvent, un décalage de plusieurs centimètres, ce qui est très largement suffisant). Le verre, encore en contact avec au moins un rouleau 4 qui assure l'entraînement de la feuille, va glisser latéralement sur le coussin d'air sans risquer le moindre dommage.

Avec un tel dispositif, le positionnement de la feuille de verre est donc complètement indépendant du coussin d'air qui constitue purement un moyen de supportage du verre. Par contre, feuille de verre et forme supérieure de bombage sont parfaitement en coïncidence, même si la forme supérieure de

bombage se décale par rapport à sa position de référence.

Le deuxième aspect est celui de la mise en référence des deux organes de pressage, mise en référence obtenue par le choix et la qualité des matériaux, l'indexation de la forme supérieure de bombage par rapport à la contreforme annulaire et l'asservissement des vérins déplaçant la contreforme à l'entrefer. Ainsi d'une part, le dispositif est conçu de façon à limiter tous les écarts de positionnement et d'autre part, ceux-ci sont corrigés de manière complète à chaque opération.

A la figure 3 est également schématisé un dispositif pour compenser, le cas échéant, l'affaissement de la partie périphérique de la feuille de verre non soutenue par le coussin d'air. Dans ce cas, la contreforme annulaire est doublée d'une rampe 30 de soufflage d'air chauffé à une température voisine de la température de la feuille ou même surchauffé si cette partie périphérique doit subir un bombage particulièrement important.

Une même installation est le plus souvent amenée à traiter des vitrages de dimensions très différentes. Néanmoins, un même cadre 23 est de préférence utilisé pour toutes les dimensions, ce cadre portant des rouleaux de convoyeurs embarqués, entraînés de manière synchrone par rapport aux rouleaux fixes du convoyeur traversant le four. Ces rouleaux embarqués sont de préférence à entraxes réglables pour s'adapter aux différents cas de figures.

A noter également que la platine est de préférence motorisée ce qui permet l'extraction rapide de la partie basse de la presse de bombage, par exemple en vue de son nettoyage si une feuille de verre vient à se briser. Cette extraction peut être synchronisée avec la mise en place d'un dispositif de casse à l'eau venant se substituer par exemple aux rouleaux montés au niveau du seuil de la cellule de bombage, le dispositif de casse à l'eau étant disposé en fosse et soulevé au moment voulu. De la sorte, une casse accidentelle ne se traduit que par la perte de quelques vitrages, sans interruption de la production.

L'installation opère de la façon suivante. La partie inférieure de la presse de bombage est amenée sur les rails,

bloquée selon une position de référence. Après connexion des arrivées d'air chaud et éventuellement des arrivées électriques, la forme supérieure est amenée sur la contreforme supérieure et maintenue en position indexée pendant toute la phase de montée en température, de sorte que la presse est en position fermée. Cette position est maintenue pendant toute la phase de montée en températures des différents éléments. Le préchauffage de l'installation terminée, le cycle de bombage peut commencer et la presse est ouverte, la contreforme annulaire étant abaissée sous le niveau de transport de la feuille de verre. Dès que l'arrivée d'un volume est détectée - par exemple par un capteur dont les dispositifs de calcul associés sont de préférence également portés par la platine, à froid - la forme supérieure de bombage est abaissée dans un premier temps à vitesse rapide puis plus lentement en fin de course. La feuille de verre peut ainsi se focaliser par rapport aux butées de ladite forme. Les butées de focalisation sont éventuellement escamotées si nécessaire pendant le déclenchement de l'aspiration périphérique qui vient soulever la feuille de verre. La feuille de verre est ainsi préformée au contact de la forme supérieure de bombage. La contreforme est alors remontée en position de pressage, dans un premier temps avec les 4 vérins actionnés de manière synchronisée, puis en phase finale avec les 4 vérins indépendants asservis à l'entrefer réel entre la forme et la contreforme. Le pressage terminé, la feuille de verre est retenue par aspiration contre la forme supérieure de bombage qui est alors remontée en position haute. Un cadre de transfert - ou tout autre moyen analogue - vient alors chercher la feuille de verre bombée pour la conduire au poste de refroidissement.

L'installation et le procédé de bombage que nous venons de décrire permettent la réalisation de temps de cycles particulièrement courts, avec des changements de fabrication très rapides et des temps de réglage courts, l'ensemble conduisant à une très faible dispersion de la qualité des volumes produits.

REVENDICATIONS

1. Procédé de bombage d'une feuille de verre chauffée à température de bombage dans un four horizontal qu'elle traverse véhiculée par un convoyeur à rouleaux moteurs qui la conduit dans une cellule de bombage où est maintenue une température ambiante sensiblement identique à la température de bombage de la feuille de verre, caractérisé en ce que la feuille de verre vient s'immobiliser dans la cellule de bombage sous une forme supérieure de bombage à l'aplomb d'une contre-forme annulaire entourant un moyen de supportage de la partie centrale de la feuille de verre dans la cellule de bombage, ladite contre-forme annulaire étant soulevée pour venir presser la feuille de verre contre la forme supérieure de bombage, un entrefer étant ainsi formé entre la dite contre-forme et la forme supérieure de bombage.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen de supportage est sélectionné parmi le groupe constitué de rouleaux montés en libre rotation et un coussin d'air chaud.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la contre-forme annulaire et le moyen de supportage sont montés sur une platine placée à l'extérieur de la cellule de bombage.

4. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la feuille de verre est déplacée dans le four selon une direction perpendiculaire à un grand côté de la feuille de verre.

5. Procédé de bombage selon la revendication 4, caractérisé en ce que la position d'arrêt de la feuille de verre est déterminée par des butées latérales et éventuellement des butées frontales montées solidaires de la forme supérieure de bombage.

6. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'ensemble de pressage constitué par la forme supérieure de bombage et la contre-forme de bombage est fermé lors de phases de montée en températures de la cellule de bombage.

7. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 6 dans lequel le moyen de supportage est un coussin d'air chaud, caractérisé par un soufflage d'air chaud en direction de portions périphériques de la feuille de verre non soutenues par le coussin d'air chaud.

8. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par un asservissement de la presse de bombage à la mesure de l'entrefer entre la forme supérieure de bombage et la contre-forme annulaire.

9. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que des moyens sont prévus pour extraire rapidement la platine portant la contre-forme annulaire et les moyens de supportage.

10. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 9 dans lequel le moyen de supportage est un coussin d'air chaud, caractérisé par une aide à l'avancement des feuilles de verre lors de leur déplacement sur le coussin d'air chaud.

11. Procédé de bombage selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les moyens de supportage sont légèrement inclinés.

12. Procédé de bombage selon la revendication 10, caractérisé par un soufflage d'air chaud sur la tranche de la feuille de verre

13. Dispositif de bombage d'une feuille de verre comportant un four horizontal terminé par une cellule de bombage où est maintenue une température voisine de la température de bombage de la

feuille de verre comportant une forme supérieure de bombage munie de moyens propres à maintenir une feuille de verre en contact avec ladite forme supérieure de bombage et un ensemble inférieur constitué d'une platine portant un plancher isolant de la cellule de bombage, une contre-forme annulaire de pressage, un organe de soutien du verre dans la cellule de bombage et un système motorisé de montée-baisse de la contre-forme annulaire.

14. Dispositif de bombage selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit organe de soutien du verre dans la zone de formage est constitué par une dalle en matériau réfractaire percée d'une série d'orifices au travers desquels est généré un coussin d'air chaud.

15. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que ledit ensemble inférieur est monté sur un chariot déplacé sur des rails froids.

16. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé par des rampes de soufflage d'air chaud disposées autour de l'organe de soutien du verre.

17. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisé par des butées de focalisation en référence par rapport à la forme supérieure de bombage.

18. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que la forme supérieure et la contre-forme annulaire sont obtenues par usinage de pièces en fonte coulée.

19. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 18, caractérisé en ce que des systèmes d'indexage sont inclus dans les moules de coulée des pièces.

20. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 19, caractérisé par des capteurs de mesure de l'entrefer entre la

forme supérieure de bombage et la contre-forme annulaire auxquels sont asservis les moyens commandant le déplacement de la contre-forme annulaire.

21. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 20, caractérisé par des rouleaux embarqués sur un cadre portant la contre-forme annulaire.

22. Dispositif de bombage selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que le chariot est motorisé.

23. Dispositif de bombage d'une feuille de verre comportant un four horizontal prolongé par une cellule de bombage comportant une forme supérieure de bombage munie de moyens propres à maintenir une feuille de verre en contact avec ladite forme supérieure de bombage, une contre-forme annulaire de pressage et des moyens d'indexage propres à garantir la concentricité de la forme supérieure de bombage et de la contre-forme annulaire, caractérisé en ce que la forme supérieure de bombage, la contre-forme annulaire et les moyens d'indexage sont réalisés dans des matériaux présentant des caractéristiques de comportement à chaud identiques, et sont réalisés par usinage ou par une technique donnant une précision identique à un usinage, notamment une précision inférieure au 1/10 de millimètre.

24. Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que la contre-forme annulaire possède une assiette et que cette assiette est réglée au moyen de vis en fonction de la mesure de l'entrefer entre ladite contre-forme annulaire et la forme supérieure de bombage.

25. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que les capteurs d'entrefer sont des capteurs capacitifs.

26. Dispositif selon la revendication 24 ou 25, caractérisé en ce que la contre-forme annulaire est posée de façon non rigide

sur un châssis-support déplacé verticalement par les moyens de levage.

27. Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce que ledit châssis-support comporte des bras latéraux traversant les parois de la cellule de bombage, les vis actionnant ces bras à l'extérieur de la cellule.

28. Dispositif selon l'une des revendications 24 à 27, caractérisé en ce que les vis sont électro-synchronisés pendant leurs grands déplacements.

29. Dispositif de bombage d'une feuille de verre comportant un four horizontal terminé par une cellule de bombage, des moyens de chauffage maintenant à l'intérieur de cette cellule une température sensiblement identique à la température de bombage de la feuille de verre, une forme supérieure de bombage associée à un dispositif d'aspiration monté dans la cellule de bombage, caractérisé par une paroi d'isolation thermique (12) séparant la zone inférieure de la cellule de bombage où se trouve notamment la forme supérieure de bombage de la zone d'aspiration.

30. Dispositif de bombage selon la revendication 29, caractérisé en ce que la pression dans la zone d'aspiration est régulée au moyen d'une cheminée.

31. Dispositif de bombage selon la revendication 30, caractérisé en ce que la pression dans la zone d'aspiration est régulée par au moins un orifice de réinjection, dans la zone inférieure de la cellule de bombage, de l'air aspiré.

32. Dispositif de bombage selon la revendication 31, caractérisé par des moyens de chauffage de l'air aspiré réinjecté dans la zone inférieure de la cellule de bombage.

33. Dispositif selon l'une des revendications 29 à 32, caractérisé en ce que la zone d'aspiration est d'une largeur inférieure à la largeur de la zone inférieure de la cellule de bombage.

34. Dispositif selon la revendication 33, caractérisé en ce que des organes permettant de manoeuvrer la forme supérieure de bombage sont pour partie montés à l'extérieur de la cellule de bombage sur les côtés de la zone supérieure d'aspiration.

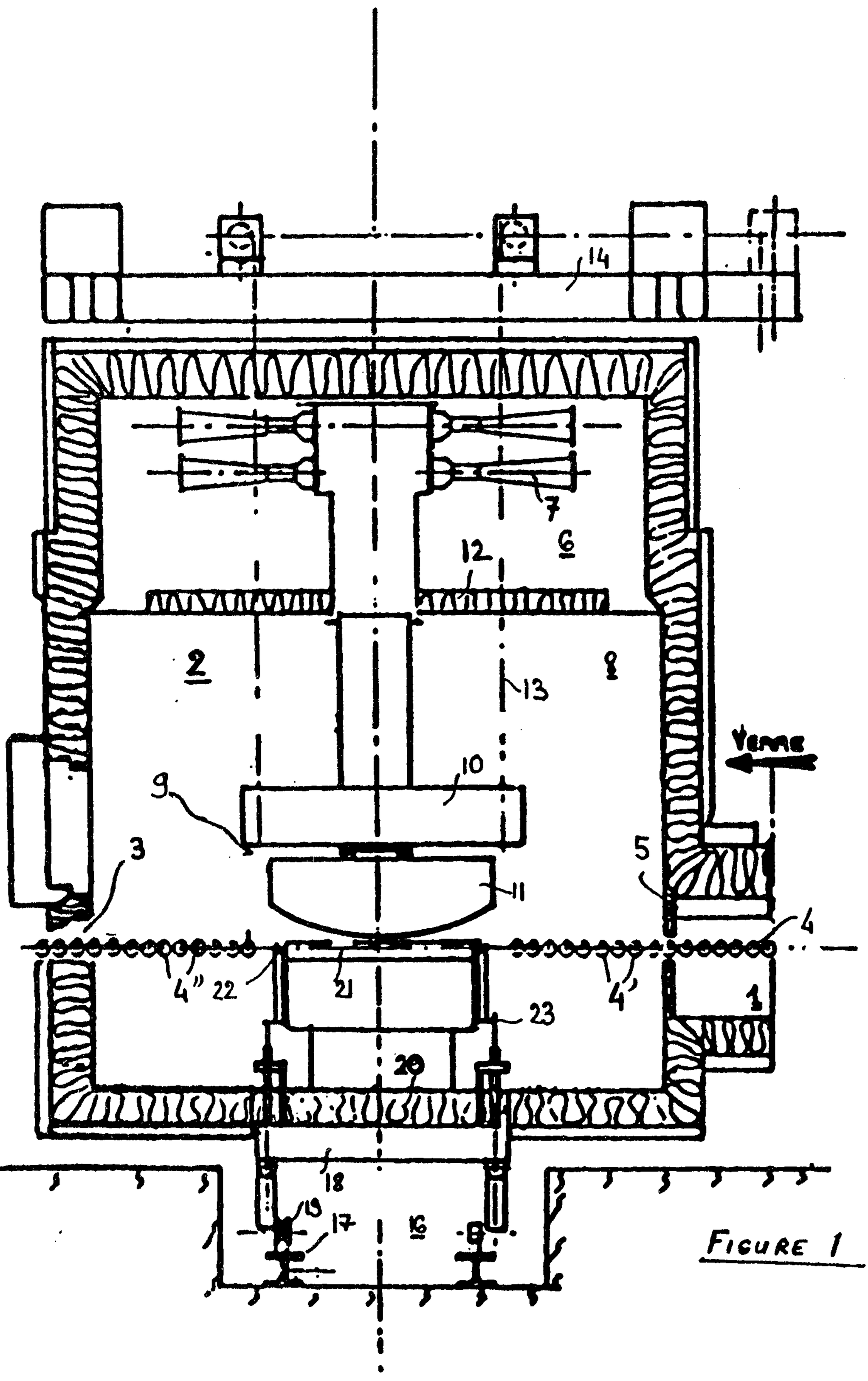


FIGURE 1

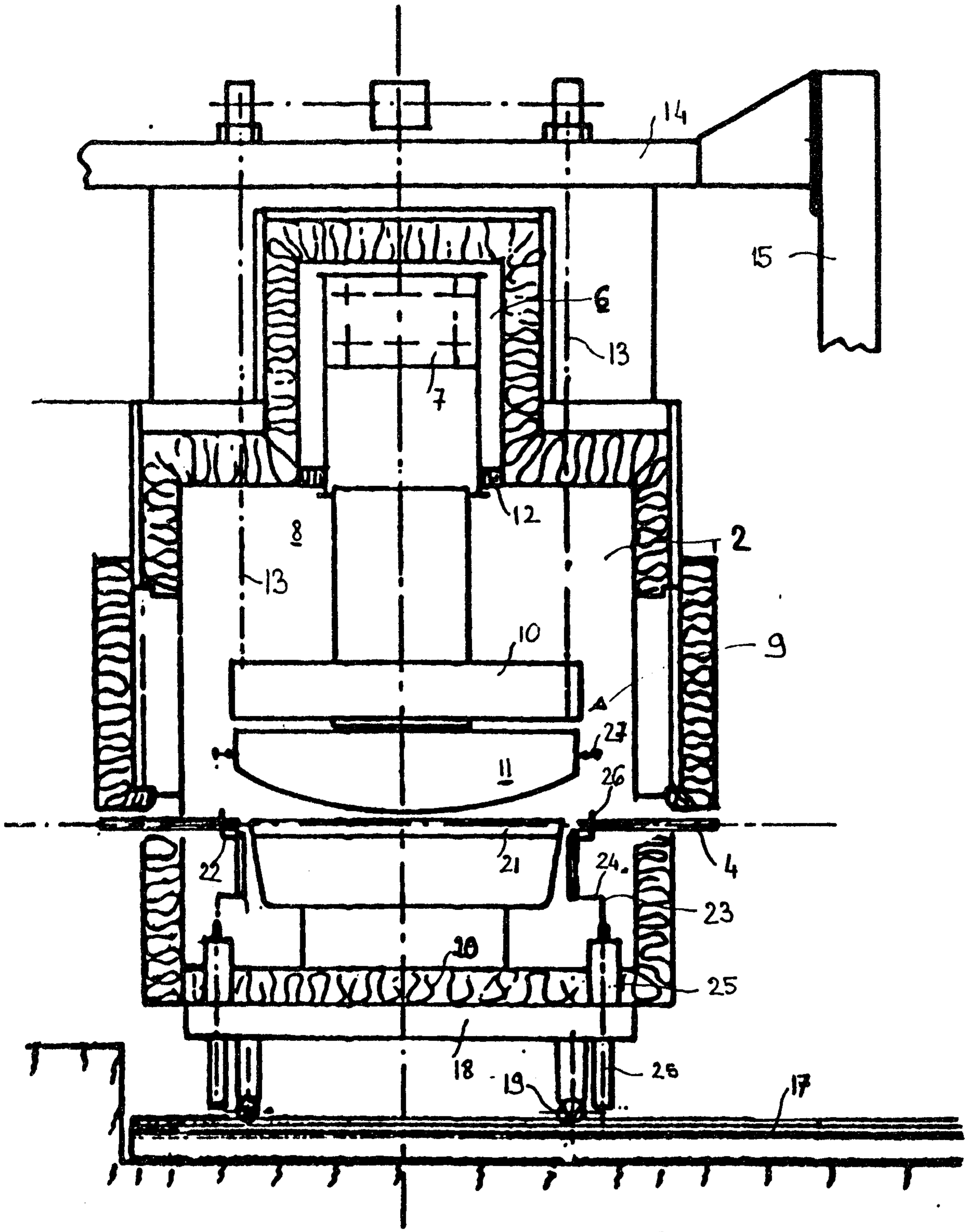


FIGURE 2

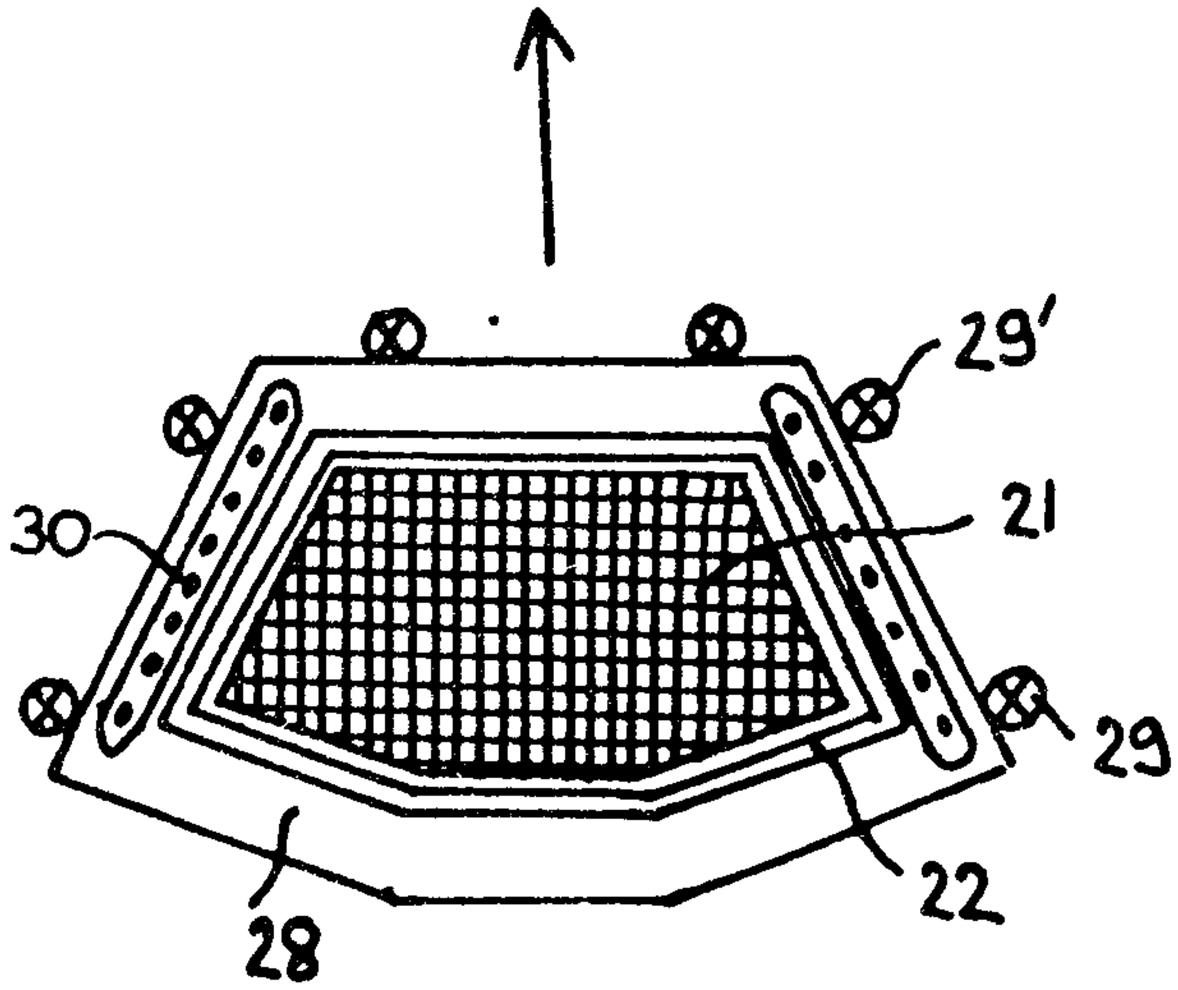
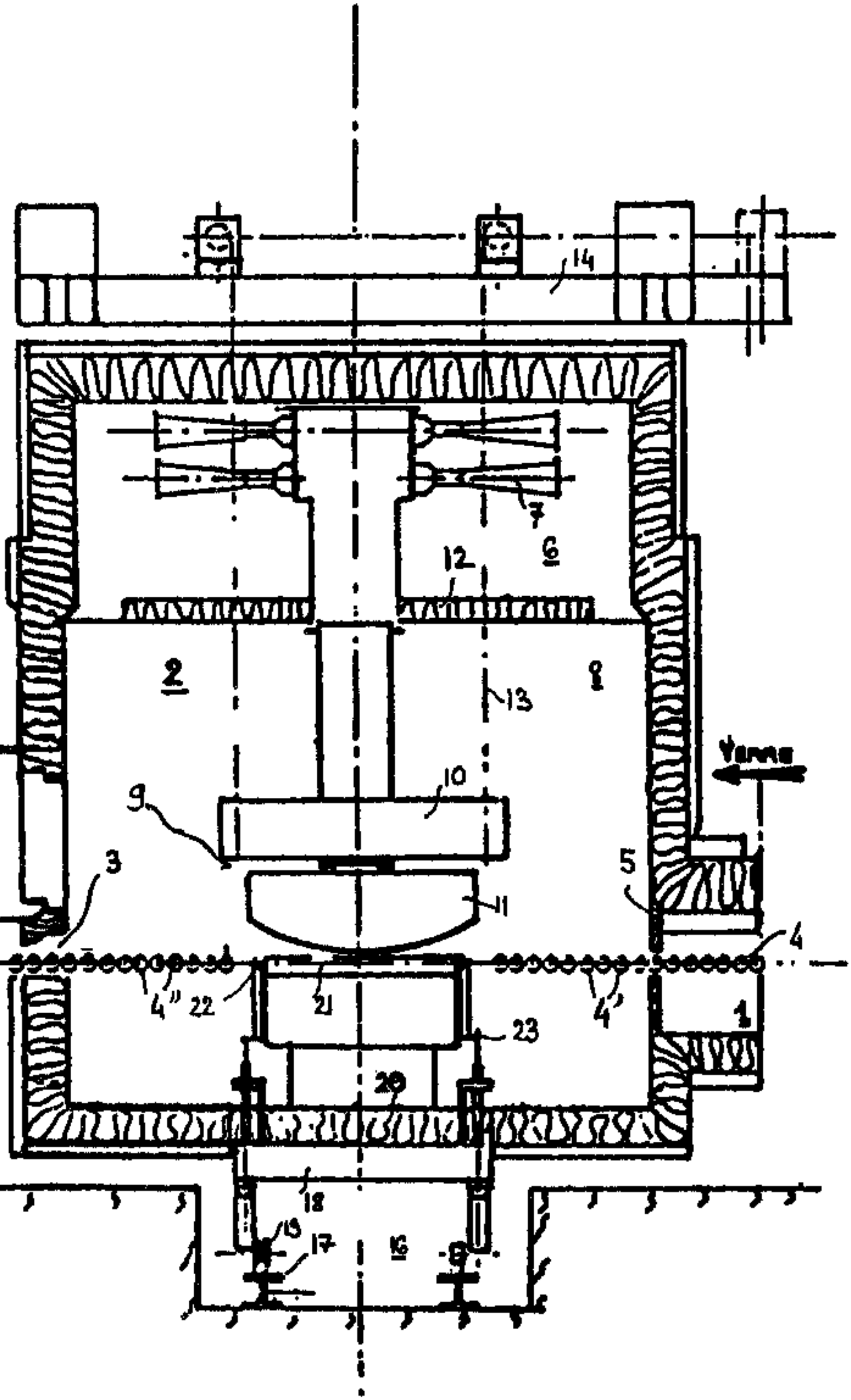


FIGURE 3


14
7
6
12
2
8
13
10
9
3
11
5
4
4''
22
21
4'
1
23
20
18
19
17
16
15