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

(11) Numéro de publication: **0 206 873**
A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **86401150.7**

(22) Date de dépôt: **30.05.86**

(51) Int. Cl.⁴: **C 21 D 1/74**, F 27 D 7/06

(30) Priorité: **05.06.85 FR 8508470**

(43) Date de publication de la demande: **30.12.86**
Bulletin 86/52

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

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE, 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR)**

(72) Inventeur: **Guillaume, Vincent, Rue du Centenaire, F-73110 La Rochette (FR)**

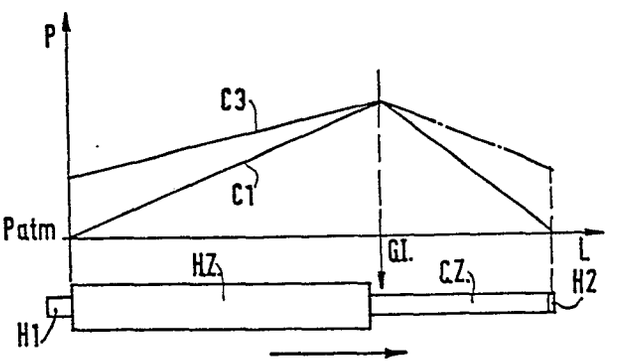
(74) Mandataire: **Vesin, Jacques et al, L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

(54) Procédé de traitement thermique, hotte pour la mise en oeuvre de ce procédé et son utilisation dans les fours de traitement thermique.

(57) La présente invention concerne un procédé de traitement thermique d'objets dans un four, une hotte pour la mise en oeuvre de ce procédé, ainsi que l'utilisation de procédé dans les fours de traitement thermique.

Le procédé selon l'invention est essentiellement caractérisé en ce qu'il consiste à créer un rideau de gaz non réactif ou inerte au moins à l'une des deux extrémités de la zone de traitement thermique (H.Z.) ou de refroidissement d'un four (C.Z.), ledit rideau étant sensiblement homogène et laminaire sur toute sa hauteur. L'utilisation de ce procédé permet, d'une part de réduire les débits de gaz nécessaire au traitement thermique et d'autre part, de réaliser un zonage précis du four de traitement thermique.

L'invention s'applique particulièrement aux fours par le traitement thermique.



EP 0 206 873 A1

"PROCEDE DE TRAITEMENT THERMIQUE, HOTTE POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCEDE ET SON UTILISATION DANS LES FOURS DE TRAITEMENT THERMIQUE"

La présente invention concerne un procédé de traitement thermique d'objets dans un four continu comportant au moins une zone de traitement thermique, procédé dans lequel on crée une atmosphère de gaz non réactif dans les conditions de traitement, à l'une au moins des extrémités de ladite zone de traitement.

Dans les procédés de traitement thermique tels que la cémentation, la nitruration, le frittage, le recuit, etc, il est généralement souhaitable de maintenir une atmosphère réductrice ou non oxydante dans le four de traitement. Pour de grandes séries de pièces, les fours sont généralement continus et ouverts à leurs extrémités. Ils comportent une zone d'entrée des objets à traiter thermiquement, une zone de traitement thermique ainsi que généralement une zone de refroidissement, et une zone de sortie des objets. Le four comporte un système d'avance des objets vers la zone de traitement thermique, la température des objets s'élevant progressivement au fur et à mesure de leur avance dans le four. Lorsque le traitement est terminé, l'objet traverse généralement une zone de refroidissement dans laquelle il est refroidi à une température telle qu'aucune oxydation de cet objet ne se produira à l'air ambiant.

L'atmosphère de traitement thermique requise, généralement réductrice ou neutre, est fournie au four par l'intermédiaire de générateurs endothermiques ou exothermiques ou par l'injection directe de mélanges liquide-gaz appropriés. L'injection de cette atmosphère s'effectue généralement dans la zone de traitement thermique ou à proximité de celle-ci. Il est nécessaire de réaliser une surpression du gaz générateur d'atmosphère en son point d'injection pour tenter d'éviter les remontées dans le four des espèces oxydantes contenues dans l'air.

Une première solution à ce problème de remontée dans le four des espèces oxydantes a été décrite dans le brevet américain US 3.467.366. Il est prévu à l'entrée et à la sortie du four, une zone confinée constituée d'une pluralité de rideaux définissant une pluralité de chambres. Dans la chambre centrale est injectée une atmosphère de gaz inerte, à l'aide d'un tube perforé placé à la base de celle-ci, de manière à créer un bouchon empêchant l'air ambiant de remonter dans l'atmosphère du four et d'oxyder ainsi les pièces en cours de traitement. Dans la chambre adjacente au four et à la chambre centrale, sont prévus des moyens d'aspiration qui coopèrent avec ceux disposés dans la chambre

centrale, de manière à aspirer l'atmosphère de cette chambre, éventuellement polluée par les espèces oxydantes venant de la chambre centrale. L'air aspiré est rejeté dans l'atmosphère extérieure.

Le système décrit dans ce brevet permet en outre d'éviter à l'atmosphère gazeuse du four d'être éjectée du four et se mélanger à l'air ambiant, ce qui conduit, bien entendu, à réduire la quantité de gaz injectée dans le four de traitement pendant un intervalle de temps déterminé.

La Demanderesse a constaté qu'un tel système comportait de nombreux inconvénients. En premier lieu, l'injection de gaz inerte à travers un tube perforé crée un courant tourbillonaire dans la chambre : pour les perforations situées sur une même circonférence du tube, la géométrie tend à créer une première zone tourbillonaire autour du tube. Par ailleurs, l'amenée du gaz inerte étant effectuée à l'une des extrémités du tube perforé, dont l'autre extrémité est fermée, le gaz aura tendance, à diamètre égal de perforation, à s'échapper par l'extrémité située à proximité de la partie fermée et à créer au contraire une aspiration par les perforations situées à proximité de l'arrivée du gaz inerte, créant ainsi un deuxième courant tourbillonaire dans la chambre.

Ceci explique la nécessité d'un système d'aspiration situé en aval de cette chambre, compte tenu du fait que les tourbillons engendrés dans ladite chambre créent nécessairement une aspiration d'air dans le four. Le système d'aspiration permet d'évacuer le mélange air-gaz inerte avant que celui-ci ne puisse pénétrer dans la zone de traitement thermique du four.

Le système décrit dans ce brevet nécessite donc à la fois l'utilisation d'une chambre de confinement munie de rideaux et remplie d'une atmopshère inerte et d'un système d'aspiration combiné à celle-ci.

Plus récemment, il a été proposé dans la demande européenne EP 75.438, un procédé de traitement thermique destiné à éviter la pénétration des espèces oxydantes dans un four.

Les zones d'entrée et de sortie du four comportent une pluralité de rideaux disposés parallèlement entre-eux définissant une pluralité de chambres dans lesquelles est injecté un gaz inerte tel que l'azote. Cette injection s'effectue à travers une paroi perforée située au-dessus et/ou au-dessous desdites chambres. L'injection d'azote à

travers ces parois perforées s'effectue à l'aide d'un conduit devant lequel est placé un déflecteur, le gaz contournant celui-ci avant de pénétrer par les perforations dans lesdites chambres.

On réalise ainsi une surpression dans lesdites chambres, par rapport à la pression de l'atmosphère de la zone de refroidissement du four dont la pression est elle-même supérieure à la pression de la zone de traitement thermique du four, cette dernière étant supérieure à la pression atmosphérique.

Un tel dispositif présente un certain nombre d'inconvénients. En premier lieu, la surpression imposée aux chambres par rapport à l'ensemble des différentes parties du four nécessite l'utilisation d'un important volume d'azote. Par ailleurs, on constate également qu'il existe des courants tourbillonnaires entre les différentes chambres. En effet, le courant d'azote qui contourne le déflecteur, arrive sur la partie extérieure de la zone perforée avec une vitesse plus importante que sur la zone centrale. La perte de charge infligée au gaz lors de la traversée des ouvertures est donc plus faible dans cette zone centrale que dans les parties extérieures de la plaque perforée. Dans ces conditions, l'azote a tendance à pénétrer dans les chambres centrales créant une aspiration à travers lesdites ouvertures au niveau des parties extérieures de la plaque perforée, induisant ainsi un tourbillon d'azote à l'intérieur dudit système. Ceci est particulièrement gênant dans la première chambre qui se trouve située directement en contact avec l'air extérieur. L'air est ainsi aspiré dans le système puis redistribué avec l'azote dans les différentes chambres. Ce courant d'azote et d'air est ensuite entraîné vers l'intérieur du four, dans la zone de traitement thermique. Il s'ensuit que l'atmosphère de traitement comporte une partie non négligeable d'espèces oxydantes provenant de l'air aspiré à l'extérieur du four. Il est donc nécessaire d'associer à ce sytème une répartition de pressions des gaz allant en décroissant de la sortie du four vers la partie centrale de celui-ci.

Dans les deux systèmes analysés ci-dessus, on constate donc les mêmes inconvénients à savoir essentiellement l'aspiration d'air vers la zone de traitement thermique dudit four.

Bien que ces systèmes présentent des améliorations par rapport au système antérieur, dans lequel les extrémités du four étaient ouvertes, on constate que le problème des entrées d'air dans le four

n'est pas complètement résolu par ceux-ci. Ceci signifie en particulier que les solutions exposées dans les deux brevets précédents ne peuvent pas s'appliquer à certains traitements thermiques tels que le recuit d'inox, car il est nécessaire pour ce type d'applications, d'avoir une quantité d'oxygène extrêmement faible dans le four ainsi qu'au début de la zone de refroidissement, compte tenu de l'avidité du chrome pour l'oxygène.

Le procédé selon l'invention permet d'éviter cet inconvénient. Dans ce but, il est caractérisé en ce que ladite atmosphère de gaz non réactif est créée par un rideau sensiblement homogène de gaz, injecté dans un plan traversé par la direction d'avancée des pièces à traiter, l'injection du gaz non réactif s'effectuant dans des conditions telles qu'un régime d'écoulement sensiblement laminaire est maintenu sur toute la hauteur du rideau de gaz non réactif.

La Demanderesse a en effet constaté que l'utilisation d'un rideau de gaz homogène et laminaire sur toute sa hauteur, évitait les phénomènes d'aspiration de l'air. On constate ainsi que le procédé selon l'invention permet de simplifier notablement les dispositifs de mise en oeuvre de celui-ci, puisqu'il n'est alors ni nécessaire d'adjoindre à l'ensemble un système d'aspiration ni nécessaire de prévoir une pluralité de rideaux de gaz inerte.

De préférence, le rideau de gaz sensiblement homogène est engendré à chacune des extrémités du four, les pertes de charges induites par ceux-ci étant différentes l'une de l'autre, de manière à modifier la valeur relative des flux de gaz en entrée et en sortie du four.

L'utilisation du procédé selon l'invention permet en particulier le zonage des fours de traitement thermique. Dans le cas où le four compte plusieurs points d'injection d'atmosphères différentes, la présence du rideau homogène de gaz inerte à l'une et/ou l'autre extrémité du four permet, suivant la modulation des débits de gaz neutre injecté dans chaque rideau, de modifier de manière distincte les conditions de sortie des gaz à chaque extrémité du four, et ceci d'une manière importante comparée aux pertes de charges imposées au gaz en mouvement à l'intérieur du four. Ceci entraîne une modification des écoulements gazeux de part et d'autre des points d'injection de gaz et permet, en particulier, de créer entre deux points d'injection une zone où la vitesse moyenne de circulation des gaz est nulle, résultant d'une

pression sensiblement identique en ces deux points. Dans ce cas, on constate que les atmosphères injectées en ces deux points divergent l'une par rapport à l'autre.

Lorsqu'il existe un point d'injection de gaz à pression plus élevée que celle des gaz injectées aux antres points, ce point d'injection permettra d'orienter les débits de gaz dans le four. S'il se trouve situé vers l'entrée du four, le flux de gaz sera le même que le sens d'avance des pièces. Inversement, s'il est situé à proximité de la sortie du four, le flux de gaz sera de sens contraire au sens d'avance des pièces dans le four.

On constate en particulier que l'on peut mieux localiser la zone à pression maximum du four à l'endroit voulu, dans le cas d'une pluralité d'injections en des points différents sans pour cela augmenter les débits des gaz actifs.

Le terme "gaz non réactif" utilisé dans la présente demande signifie bien entendu un gaz inerte ou non réactif à l'égard des autres constituants de l'atmosphère du four ainsi que des pièces qui doivent être traitées dans celui-ci. D'une manière générale, on utilisera comme gaz non réactif l'azote, bien que dans certains cas il soit préférable d'utiliser l'argon ou éventuellement l'hélium.

Le terme "gaz actif" désigne le ou les gaz de l'atmosphère de traitement thermique.

Le terme "traitement thermique" englobe tous les traitements thermiques que l'on fait subir habituellement aux métaux, céramiques, etc, mais s'adresse particulièrement au recuit des pièces métalliques telles que l'acier inox.

Le terme "zone de traitement thermique" signifie une ou plusieurs parties du four dans lesquelles sont éventuellement disposés des moyens de chauffage, dans lesquelles sont créées des atmosphères identiques ou différentes, chaque atmosphère étant de préférence homogène. Il englobe également le cas où la chaleur présente dans cette zone est issue de la pièce elle-même qui entre dans la zone de traitement thermique pour y subir une transformation telle que le laminage à chaud, etc...

Bien entendu, le procédé selon l'invention est utilisable dans tous les fours continus du type horizontal ou vertical. Toutefois, dans le cas de fours verticaux, les conditions d'homogénéité imposées aux

rideaux de gaz inerte sont telles que les zones d'entrée et/ou de sortie munies des rideaux de gaz homogène selon l'invention devront être situées dans des parties non verticales du four.

Habituellement, les gaz non réactifs ainsi que les gaz réactifs destinés au traitement thermique des pièces sont injectés directement dans la zone de traitement thermique du four, ou à proximité de celle-ci. Il est toutefois possible d'introduire ces gaz dans une partie de la zone de refroidissement ou éventuellement dans ou à proximité de la zone d'entrée dans le four. Dans tous les cas, l'utilisation du procédé selon l'invention permettra de diriger le flux de ces gaz vers l'intérieur du four et réaliser un zonage de celui-ci.

Selon un autre aspect, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que ladite atmosphère de gaz inerte ou non réactif est créée par un courant de gaz inerte injecté verticalement à l'entrée du four sensiblement homogène, selon un régime d'écoulement laminaire avec un débit égal au débit d'air entrant dans le four en l'absence d'injection de gaz inerte.

Bien entendu, l'injection d'un flux homogène et laminaire de gaz inerte sur toute la largeur du four et en particulier dans la zône située à proximité du tapis d'entrée des objets dans le four nécessite des appareils particulièrement adaptés, tels que la hotte qui sera décrite plus loin.

En l'absence de mesure particulières selon le procédé de l'invention, l'air pénètre dans le four, par des phènomènes de convection naturelle, par la partie inférieure de la zône d'entrée, car cet air est beaucoup plus froid que l'atmosphère sortant du four. Dans ces conditions, on a constaté que lorsque le rideau de gaz inerte ou non réactif est injecté de haut en bas, la présence de rideaux, de préférence réfractaires, de part et d'autre du rideau de gaz, est nécessaire, ces rideaux s'étendent sensiblement jusqu'au tapis de transport des objets dans le four.

Inversement, lorsque le gaz est injecté de bas en haut, on a constaté que la présence desdits rideaux réfractaires n'était pas nécessaire. Par contre, la présence de ces rideaux réfractaires peut s'avérer nécessaire pour permettre la création d'un zônage dans le four, c'est-à-dire des zônes successives d'atmosphères déterminées. Ces rideaux réfractaires engendrent en effet une perte de charge suffisante à

l'entrée et/ou la sortie du four pour contrôler les courants gazeux d'atmosphère, de leurs points d'injection jusqu'à l'entrée ou la sortie du four.

L'utilisation du procédé selon l'invention s'avère particulièrement efficace lorsque les fours continus comportent une zône d'entrée de faible longueur et/ou une différence importante de température entre les gaz sortant du four et la température ambiante (par exemple, une différence de température supérieure à 300°C)

Selon un mode préférentiel de réalisation, le rideau homogène de gaz inerte sera créé à l'aide d'une hotte permettant de maintenir le flux de gaz non réactif en régime laminaire et sensiblement homogène en tout point du rideau de gaz.

Pour parvenir à ce résultat, la hotte selon l'invention comporte :

- des moyens d'injection de gaz inerte dans une chambre d'admission dont le fond est perforé,
- des moyens perméables au gaz inerte, disposés sur le fond perforé de la chambre d'admission, permettant de donner une vitesse très faible au flux de gaz inerte à la sortie de la plaque perforée sans provoquer de perte de charge sensible au niveau du flux de gaz,
- au moins un rideau de part et d'autre du flux de gaz, mobile autour d'un axe situé dans le plan du rideau, et disposé dans le passage des pièces à traiter.

De préférence, la chambre d'admission comportera un fond perforé sensiblement rectangulaire, dont la longueur est égale à la largeur du four sur lequel la hotte est destinée à être montée, la vitesse du gaz non réactif devant être sensiblement identique en tout point de traversée de la plaque perforée et inférieure à :

$$1000 \times n \times (a + b) / (p \times a \times b)$$

avec n = viscosité du gaz non réactif utilisé dans la hotte à température ambiante.

p = masse volumique dudit gaz non réactif dans les conditions normales.

a = largeur du four et longueur de la plaque perforée rectangulaire,

b = profondeur de la plaque rectangulaire perforée (distance entre les deux rideaux).

Les rideaux utilisés dans cette hotte prendront de préférence la forme de ceux décrits dans le brevet américain cité plus haut, cette forme de rideaux constitués d'une pluralité d'éléments de longeurs différentes étant mieux adaptée en particulier aux fours dans lesquels des objets de différentes formes sont traités. Bien entendu le matériau constituant lesdits rideaux doit être d'une part sans action sur le flux de gaz non réactif de la hotte et d'autre part doit résister aux températures auquel il est soumis.

Comme moyen perméable au gaz inerte et comportant les propriétés mentionnées plus haut, on a trouvé que des matériaux frittés, tels que les matériaux du type laine de roche, laine de quartz, ou laine de verre, ayant une épaisseur d'au moins deux centimètres, convenaient particulièrement bien dans cette application.

La chambre d'admission du gaz inerte ou non réactif, a généralement une forme parallélipépédique, dont la base est constituée par la plaque perforée. On a constaté que les meilleurs résultats de continuité et d'homogénéité du rideau de gaz étaient obtenus lorsque la hauteur de cette chambre d'admission était égale à au moins deux fois l'épaisseur du matériau perméable au gaz neutre. De cette manière, on évite pratiquement les gradients de pression et donc les turbulences à l'intérieur de cette chambre d'admission.

Les moyens d'injection du gaz inerte dans la chambre d'admission seront généralement en communication avec celle-ci sur la face opposée à sa face perforée. On a constaté qu'il était préférable de disposer l'arrivée de gaz neutre sensiblement au centre de cette plaque, de manière à créer une symétrie dans l'injection dudit gaz neutre.

Toutefois, il n'est pas toujours possible, compte tenu de la géométrie du four de traitement thermique, d'injecter le gaz dans la partie supérieure de la chambre d'admission. Dans ce cas, on est donc contraint de réaliser cette injection sur l'une des faces latérales de la chambre d'admission. Il est alors préférable que le canal d'amenée de gaz inerte soit relié à la chambre d'admission par l'intermédiaire d'une chambre de préadmission sensiblement symétrique autour de l'axe d'arrivée du gaz inerte. De préférence, la zone de liaison entre cette chambre de préadmission et la chambre d'admission sera constituée par des moyens perméables au gaz neutre identiques dans leur nature et leur structure à ceux décrits ci-dessus. Ceci permet en particulier une arrivée de gaz,

bien que non symétrique, à des vitesses particulièrement faibles, sans turbulence, ainsi qu'une homogénéité de pression et de vitesse du gaz inerte dans la chambre d'admission, ce qui se traduit, compte tenu de la symétrie de l'ensemble, par une homogénéité du rideau de gaz inerte injecté à l'entré et/ou la sortie du four de traitement thermique.

L'invention concerne également l'utilisation du procédé dans un four de traitement thermique, comportant une hotte telle que définie ci-dessus, au moins à l'entrée et/ou la sortie de celui-ci. Cette hotte sera de préférence disposée avec sa chambre d'admission placée au-dessus des pièces à traiter. Il est également possible de placer cette hotte dans la partie inférieure du four. Bien entendu, dans ce cas, la plaque perforée de la chambre d'admission sera en regard du passage des objets à traiter, tandis que les rideaux qui permettent le confinement du flux de gaz homogène laminaire seront suspendus à la partie supérieure du four. Dans d'autres cas, il est possible ou souhaitable d'utiliser une hotte placée dans la partie supérieure du four et munie de ses rideaux, tandis que l'on place une seconde chambre d'admission dans la partie inférieure du four de manière à ce que le flux de gaz inerte qui sort de la plaque perforée de cette seconde chambre soit situé entre les rideaux de la hotte supérieure.

Selon un mode préférentiel de réalisation, on disposera une hotte à chaque extrémité du four, la pression de gaz inerte injecté dans chacune des hottes étant différente, les pertes de charges induites par chaque rideau de gaz étant différentes l'une de l'autre, de manière à modifier la valeur relative des flux de gaz en entrée et en sortie du four. On peut ainsi orienter le flux desdits gaz de traitement thermique dans la direction voulue par rapport à la direction d'avance des pièces à traiter. En particulier, on peut orienter le flux des gaz à contre-courant du sens d'avance des pièces, suivant le type de traitement thermique auquel sont soumises lesdites pièces. Dans certains cas, cette différence de pression pourra se traduire par l'absence d'injection de gaz inerte dans l'une des hottes.

L'invention sera mieux comprise à l'aide des exemples de réalisation suivants, donnés à titre non limitatif, conjointement avec les figures qui représentent :

- la figure 1, les variations de pression dans un four de traitement thermique avec et sans hotte,

- la figure 2, une disposition schématique d'un four ouvert,
- la figure 3, une vue de face et une vue de coupe d'une hotte utilisée dans le procédé suivant l'invention,
- la figure 4, les différentes dispositions possibles des hottes dans un four selon l'invention,
- la figure 5, une courbe montrant l'influence d'une hotte sur la concentration en espèces oxydantes à l'entrée d'un four ouvert continu de recuit de tubes en acier,
- la figure 6, une courbe montrant l'influence d'une hotte sur la répartition des gaz à l'intérieur d'un four,
- la figure 7, une courbe montrant des profils de concentration en gaz carbonique et en eau à l'entrée d'un four de recuit en continu de feuillards,
- la figure 8 illustre un exemple de réalisation du procédé selon l'invention, avec zônage du four,
- la figure 9 représente une variante préférentielle de réalisation de l'invention.

Sur la figure 1, est représenté schématiquement un four de traitement thermique comportant successivement une zone d'entrée H_1 suivie de la zone chaude de traitement thermique HZ, suivie d'une zone de refroidissement CZ à l'extrémité de laquelle se trouve la zone de sortie H_2. Dans cet exemple, l'injection de gaz de traitement thermique, se fait au point GI sensiblement dans la zone de séparation de la zone chaude HZ et de la zone de refroidissement CZ. Les courbes représentées au-dessus de la vue schématique de ce four montrent en ordonnées la pression et en abscisses la distance du point considéré par rapport à la zone d'entrée du four. La courbe C_1 représente les variations de pression du gaz de traitement thermique injecté au point GI pour un four ouvert classique selon l'art antérieur. Dans ce cas, le maximum de pression du gaz de traitement thermique est situé en GI, point d'injection de ce gaz, la pression du gaz, qui s'éloigne d'une part en direction de la zone chaude et d'autre part en direction de la zone de refroidissement, étant égale dans les zones H_1 et H_2 à la pression atmosphérique. La courbe C_3 montre le profil des pressions dans le four après avoir placé aux extrémités de celui-ci un rideau de gaz inerte homogène selon l'invention. La pression est alors maintenue maximale aux points d'injection du gaz pour décroître jusqu'à une valeur qui reste supérieure à la pression atmosphérique au

voisinage des zones d'entrée et/ou de sortie du four. Si l'on désigne par Pa la pression atmosphérique, Ph_{maxi} la pression maximale dans la hotte, Pt_{maxi} la pression maximale dans la zone de traitement thermique et Pf_{maxi} la pression maximale dans la zone de refroidissement du four, le procédé selon l'invention, dans un mode préférentiel, se caractérise par l'une des relations suivantes :

$$Pa < Ph_{maxi} < Pt_{maxi} > Pf_{maxi} > Pa$$

ou

$$Pa < Ph_{maxi} < Pf_{maxi} > Pt_{maxi} > Pa$$

En pratique, Pt maxi ou Pf maxi sont de l'ordre de 10^{-1} à 10^{-2} Pascal au-dessus de la pression atmosphèrique.

La figure 2 représente une vue schématique d'un four ouvert à tapis de recuit d'inox, selon l'invention. Ce four comporte successivement une hotte d'entrée H_1 décrite plus en détails ci-après, une zone d'introduction IZ des pièces à traiter, de longeur L_1, une zone de traitement thermique HZ, de longueur L_2, puis une zone de refroidissement CZ, de longueur L_3 qui se termine par une hotte H_2 identique à la hotte H_1. Différents points d'injection des gaz sont prévus notamment sensiblement au milieu de la zone de refroidissement CZ, le point d'injection GI_1, à la limite des zones de refroidissement CZ et de traitement thermique HZ le point d'injection GI_2, à l'entrée de la zone de traitement thermique HZ le point d'injection GI_3 et à l'entrée de la zone IZ le point d'injection GI_4.

La figure 3 représente sur sa partie 3A une vue de face et sur sa partie 3B une vue en coupe d'une hotte selon l'invention. Elle est constituée par un canal d'amenée 100 de gaz inerte relié à l'entrée de la chambre de préadmission 103. Celle-ci, de forme sensiblement cylindrique, de diamètre sensiblement égal à celui de la hauteur de la zone 107 de la chambre d'admission (voir ci-après) comporte deux zones ayant sensiblement le même volume, une première zone 120, suivie pour une seconde zone délimitée par deux plaques perforées 101, 102 entre lesquelles est disposé un matelas de laine de roche 104. La paroi perforée 102 débouche dans la chambre d'admission 105 de forme sensiblement parallélépipédique. Elle comporte une paroi supérieure 106 et une paroi inférieure 109 perforées, cette paroi étant revêtue d'un matelas de laine de roche 110, lui-même recouvert par une seconde paroi perforée 108. Entre la paroi 108 et la paroi supérieure 106 de cette chambre d'admission, se trouve une chambre d'expansion du gaz 107. La

hauteur de cette chambre d'expansion est au moins égale à la hauteur du tapis de laine de roche 110. La chambre d'admission 105 est bordée latéralement par des parois 111 et 112 ainsi que 121 et 122. Vers la partie inférieure desdites parois 111 et 112 sont situées deux réglettes de fixation 115, 116 parallèles auxdites parois auxquelles sont accrochés deux rideaux réfractaires 113, 114. La hauteur de ces rideaux est telle que ceux-ci arrivent au contact du tapis d'avance des objets dans le four.

La figure 4 représente différentes possibilités de fixation des hottes dans un four, les mêmes éléments que ceux des figures précédentes portant les mêmes références.

La figure 4A représente schématiquement une hotte fixée dans la partie supérieure du four, la figure 4B représente une hotte fixée dans la partie inférieure du four, tandis que la figure 4C représente une variante avec deux chambres de diffusion et une seule paire de rideaux.

Sur la figure 4A, 150 et 151 représentent respectivement les parois supérieure et inférieure du four. Les rideaux réfractaires 113 et 114 s'étendent sensiblement jusqu'à la paroi inférieure 151 du four.

Sur la figure 4B, les rideaux réfractaires 113, 114 sont fixés par leur réglettes de fixation 115, 116 à la paroi supérieure 150 du four, tandis que la chambre d'expension 205 (identique à la chambre 105 précédemment décrite) est fixée à la paroi inférieure 151 du four, la plaque perforée de ladite chambre 105 étant bien entendu orientée vers la paroi supérieure 150 du four. L'injection du gaz dans la chambre 205 s'effectue par la canalisation 203, les extrémités des rideaux 113 et 114 arrivant sensiblement au niveau de la paroi perforée de la chambre 205.

La figure 4C représente une variante avec une seule paire de rideaux et deux chambres d'admission respectivement 105 et 205. Les dispositions relatives des deux chambres 105 et 205, sensiblement identiques l'une à l'autre, sont telles que les rideaux réfractaires 113 et 114 en position verticale viennent entourer la chambre d'admission 205, de manière à maintenir le gaz injecté par les canalisations 103 et 203 entre lesdits rideaux 113 et 114.

EXEMPLE 1 :

L'exemple ci-après concerne un four ouvert continu de recuit de tube acier. L'atmosphère utilisée dans ce four de recuit a sensiblement

la composition suivante : 10 % de H_2, 8 % de CO, 4 % de CO_2, 78 de N_2 (en volume), point de rosée : environ 0°C.

Ce four comporte une zone de préchauffage P.H.Z. de 3,50 mètres de longueur suivi d'une zone de traitement thermique à environ 900°C. Dans la zone de préchauffage, les tubes en acier sont progressivement amenés à la température de la zone chaude.

La figure 5 illustre, à l'aide des courbes respectivement J_1 et J_2, le rapport des concentrations en gaz carbonique et monoxyde de carbone en fonction de la distance dans le four par rapport à la zone d'entrée. Dans cet exemple comparatif, une hotte ayant la structure représentée à la figure 3 avec les dimensions données ci-après avait été installée à l'entrée du four, la sortie de celui-ci s'effectuant directement sur l'atmosphère ambiante. La courbe J_1 représente le rapport des concentrations CO/CO_2 en l'absence de flux laminaire homogène d'azote dans la hotte, tandis que la courbe J_2 représente le même rapport de concentration avec un flux homogène et laminaire d'azote entre les rideaux réfractaires de ladite hotte. On constate à l'évidence que le rapport desdites concentrations est sensiblement constant sur toute la longueur de la zone du préchauffage du four, lorsqu'un rideau homogène et laminaire d'azote circule entre les rideaux réfractaires. Ceci montre l'intérêt de l'utilisation d'une hotte selon l'invention, puisque l'on retrouve ainsi à l'entrée du four le caractère réducteur de l'atmosphère vis-à-vis du métal traité.

La géométrie de la hotte utilisée était la suivante :

Largeur : 1 m

Profondeur : 0,15 m

Epaisseur matelas de laine de roche : 0,05 m

Hauteur chambre d'expansion : 0,10 m

Diamètre perforations : 2 mm

Entre-axes de deux perforations successives : 4 mm

Pas de chambre de pré-admission.

Le débit d'azote dans la hotte était de 10 Nm^3 par heure

EXEMPLE 2 :

Cet exemple a été réalisé à l'aide du four représenté sur la figure 2.

Le four est un four ouvert à tapis de recuit d'inox. Les différentes atmosphères injectées aux points GI_1, GI_2, GI_3, GI_4 du four sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Points d'injections et débits en m^3/h	FOUR AVEC HOTTES (entrée et sortie)
GI1	0
GI2	$5,4(N_2) + 1,8(H_2)$
GI3	$5,4(N_2)$
GI4	0
H_1 (entrée du four)	$0,5(N_2)$
H_2 (sortie du four)	$2,4(N_2)$
Débit total	$13,7(N_2) + 1,8(H_2)$

La figure 6 montre les concentrations en hydrogène dans le four.

La courbe D_1 représente la concentration en hydrogène dans le four en l'absence de hotte, tandis que la courbe D_2 représente la concentration en hydrogène dans le four en utilisant le procédé selon l'invention, résumé dans le tableau ci-dessus. Le point d'injection GI_2 est situé à la limite de la zone de chauffe de traitement thermique et de la zone de refroidissement du four. Selon l'invention, l'hydrogène est presque exclusivement dirigé vers la zone de refroidissement du four. Les pièces à la sortie du four ne montrent aucune trace d'oxydation.

La courbe D_1 (four sans hotte) montre que, pratiquement sur toute la longueur de la zone chaude HZ du four de traitement, (4 mètres dans cet exemple), il y a une concentration significative d'hydrogène. Celle-ci varie approximativement de 25 % au point d'injection (7 mètres de la zone d'entrée) à environ 1 % à 3 mètres de la zone d'entrée du

four. Au milieu de cette zone chaude, on trouve une concentration d'environ 10 % en hydrogène.

La courbe D_2 (four avec hottes selon l'invention) montre que la concentration en hydrogène est de l'ordre de 1 % à environ 6 mètres de l'entrée du four, les 3/4 de la zone chaude ne comportant pas d'hydrogène. Par contre, le profil de concentration en hydrogène avec ou sans hotte dans la zone de refroidissement CZ est sensiblement identique.

Cet exemple montre les possibilités de zonage précis des fours de traitement thermique à l'aide du procédé selon l'invention.

EXEMPLE 3 :

Cet exemple a été réalisé dans le four de la figure 1. La zone de traitement thermique HZ était à une température de 800°C, avec une injection de gaz au point GI à la limite entre la zone chaude HZ et la zone de refroidissement CZ. Dans le cas présent, on a placé une hotte uniquement à l'entrée H_1 de la zone chaude, aucune hotte n'étant disposée en sortie. L'atmosphère injectée est identique à celle de l'exemple 1, atmosphère bien connue de l'homme de métier pour le recuit de feuillards en acier.

La figure 7A représente la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère du four respectivement sans hotte (E1) et avec hotte (E2), en fonction de l'abscisse du point de mesure dans le four par rapport à l'entrée de celui-ci.

On constate qu'à environ 6 mètres de l'entrée du four, pour une zone de traitement thermique d'une longeur totale de 20 mètres, la concentration en CO_2 est la même dans les deux cas, tandis qu'on constate une diminution de moitié de la concentration en CO_2 à 1 mètre de l'entrée, dans le cas d'un four muni d'une hotte en entrée selon l'invention.

Dans ce dernier cas, la concentration en CO_2 à l'entrée du four est sensiblement identique à celle de l'atmosphère injectée dans le four, ce qui montre l'absence d'entrée d'espèces oxydantes dans le four utilisant le procédé selon l'invention.

Les courbes F_1 et F_2 de la figure 7B représentent les variations du point de rosée en °C dans un four respectivement sans hotte et avec hotte par rapport à l'abscisse du point de mesure de celui-ci par rapport à l'entrée. Le point de rosée est nettement abaissé, avec une hotte (courbe F_2) celui-ci étant sensiblement identique dans les deux cas

à 8 mètres de l'entrée du four. Par conséquent, la concentration en H_2O, expèce oxydante, dans le four utilisant le procédé selon l'invention est également maintenue contante jusqu'à l'entrée du four.

Dans ces deux exemples, le débit de gaz neutre dans les hottes, c'est-à-dire l'azote dans le cas présent, était de 2,5 m^3/heure.

La figure 8 illustre un exemple préférentiel de réalisation du procédé selon l'invention, nécessitant au moins deux points d'injections de gaz dans le four de traitement. Cette variante se caractérise par l'égalité des pressions aux points d'injections G.I. et G'.I'. du four. Ceci permet d'obtenir une zone CD dans le four dans laquelle la pression de gaz est sensiblement identique. Par conséquent, on réalise ainsi un excellent "zonage" du four puisque le gaz issu du point G.I. va se diriger presque exclusivement vers la sortie AB du four, tandis que le gaz issu du point d'injection G'.I'. va se diriger presque exclusivement vers la sortie EF du four. Seule une diffusion des gaz s'effectue dans la zone CD, diffusion à vitesse très faible. Si l'on applique, par exemple, cette variante de réalisation, au four de la figure 2, en choisissant d'injecter du gaz en $G.I_2$. et $G.I_3$. seulement, c'est-à-dire à l'entrée et à la sortie de la zone chaude H.Z., celle-ci aura les caractéristiques de la zone CD décrite ci-dessus. En particulier, on notera les relations suivantes concernant les pressions :

$$Pt_{maxi} = Pf_{maxi} > Ph_{maxi} > Pa$$

Bien entendu, on peut conserver à la zone CD ses propriétés tout en réalisant d'autres injections de gaz dans le four dans les zones BC et DE du four, à pression inférieure à Pt_{maxi} et Pf_{maxi}.

Les figures 9A et 9B représentent une variante préférentielle de l'invention dans laquelle un rideau de gaz inerte ou inactif (N_2 sur la figure) est utilisé à l'entrée seulement du four.

Sur la figure 9A, on a schématisé le four, vue en coupe, uniquement au niveau de son entrée 303 et de sa sortie 304. A l'entrée 303 du four est placée une hotte 305 munie de rideaux réfractaires 306 et 307, tels qu'illustrés sur les figures 3 et 4, cette hotte étant solidaire de la partie haute 301 du four. Les rideaux réfractaires ont leur extrémité inférieure située à proximité de la partie basse 302 du four, généralement munie d'un tapis d'avance des objets à traiter tels que 308. Une distance de l'ordre de quelques centimètres entre l'extrémité inférieure des rideaux 306 et 307 et la partie inférieure 302

du four convient bien en pratique. Aucun dispositif particulier n'est placé à la sortie 304 du four. Pour déterminer le débit de gaz inerte ou inactif (généralement de l'azote) qui doit être injecté dans la hotte 305 de la manière décrite ci-avant, on mesure tout d'abord au niveau des rideaux 306 et 307, en l'absence d'injection d'azote, le débit d'air qui pénètre dans le four par les phènomènes de convection naturelle. Cette mesure s'effectue à l'aide d'un fil chaud, d'une manière connue en soi.

On injecte ensuite dans la hotte le même débit d'azote. On constate, comme cela est schématisé par les flèches sur la figure, que l'azote s'écoule entre les rideaux, puis pénètre dans le four à la place de l'air. Celui-ci, bien qu'attiré vers l'entrée s'écoule le long du rideau 306 sans pénétrer entre ceux-ci. On vérifie aisément la diminution importante du taux d'oxygène dans le four en mesurant la concentration de celui-ci à l'aide d'une sonde placée dans le four, au dela du rideau 307.

Sur la figure 9B, les mêmes éléments que ceux de la figure 9Aa portent les mêmes références. La hotte 305 est placée, dans cette variante, dans la partie inférieure du four, sans rideaux réfractaires. Le réglage du débit d'azote s'effectue de la manière indiquée plus haut. On constate comme précedemment que l'air arrivant à proximité de l'entrée du four ne pénètre pas dans celui-ci mais est entrainé vers le haut par le courant d'atmosphère sortant de la partie haute de l'entrée du four.

L'utilisation du procédé illustré sur la figure 9 permet de réduire les débits d'atmosphère utilisée dans les fours de traitement thermique, quelque soit le nombre et la nature des points d'injection de gaz dans ceux-ci, pour son taux d'oxygène déterminé dans la zône chaude du four. A titre d'exemple, un four continu ayant une zône d'entrée de 2m, une zône chaude à 800°C de 5m et une zône de refroidissement à l'eau de 10m, ainsi qu'une section d'entrée d'environ $0,2m^2$, consommait lorsque ses deux extrémités étaient ouvertes 100 Nm^3/h d'azote pour réaliser une atmosphère de protection destinée au recuit des pièces en cuivre. Après avoir placé deux rideaux réfractaires (dont l'extrémité inférieure est à moins de 5 cm de la partie basse du four) et la hotte appropriée à l'entrée de la zône d'entrée, on mesure la vitesse de l'air à l'entrée du four, en l'absence d'azote dans la hotte. Celle-ci est de 37 cm/s. On injecte alors de l'azote à 37 cm/s dans ladite hotte ce qui correspond à un débit de 30 Nm^3/h d'azote. Le débit d'azote dans le four peut être alors ramené à 20 Nm^3/h, pour une quantité identique des produits à la

sortie du four. On constate donc globalement une diminution de 50 % des débits d'azote dans ce four.

REVENDICATIONS

1. - Procédé de traitement thermique d'objets dans un four continu dans lequel les objets à traiter sont introduits successivement dans le four continu par un support mobile comportant au moins une zône de traitement thermique (H.Z.) dans laquelle est injectée une atmosphère de composition déterminée, les zônes d'entrée et/ou de sortie du four continu comportant des moyens engendrant une atmosphère de gaz inerte ou non réactif dans les conditions du traitement de manière à éviter sensiblement l'entrée d'air dans le four, caractérisé en ce que ladite atmosphère de gaz inerte ou non réactif est créée par un rideau sensiblement homogène de gaz, injecté dans un plan traversé par la direction d'avancée des pièces à traiter, l'injection du gaz inerte ou non réactif s'effectuant dans des conditions telles qu'un régime d'écoulement sensiblement laminaire est maintenu sur toute la hauteur du rideau de gaz.

2. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rideau de gaz inerte ou non réactif s'étend sensiblement sur toute la hauteur du four.

3. - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens engendrant une atmosphère de gaz inerte ou non réactif comportent deux rideaux en matériau réfractaire s'étendant sensiblement jusqu'au support mobile entre lesquels le rideau de gaz inerte ou non réactif est injecté de haut en bas.

4. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le rideau sensiblement homogène de gaz est créé par l'injection, de bas en haut, de gaz inerte ou non réactif.

5. - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'injection de gaz inerte ou non réactif se fait dans un plan sensiblement vertical.

6. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel des moyens engendrant une atmosphère de gaz inerte ou non réactif sont disposés à l'entrée au moins du four continu, caractérisé en ce que le débit de gaz inerte ou non réactif injecté par lesdits moyens est égal au débit d'air entrant dans le four mesuré en l'absence de débit de gaz inerte ou non réactif dans les moyens engendrant l'atmosphère dedit gaz.

7. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le four de traitement thermique comporte deux points d'injection de gaz,

caractérisé en ce que l'injection des gaz se fait à égale pression en ces deux points de manière à maintenir une zone d'égale pression entre eux, les gaz injectés s'écoulant de part et d'autre de cette zone.

8. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les pressions de gaz dans le four sont reliées par l'une des suivantes :

$$Pa < Ph_{maxi} < Pt_{maxi} \geqslant Pf_{maxi} > Pa$$

ou

$$Pa < Ph_{maxi} < Pf_{maxi} \geqslant Pf_{maxi} > Pa$$

relations dans lesquelles

- Pa est la pression atmosphèrique ;
- Ph_{maxi} est la pression maximale dans la hotte ;
- Pt_{maxi} est la pression maximale dans la zône de traitement thermique ;
- Pf_{maxi} est la pression maximale dans la zône de refroidissement du four.

9. - Hotte pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle sont prévus :

- des moyens d'injection de gaz non réactif dans une chambre d'admission (105) dont le fond (109) est perforé,
- au moins un rideau réfractaire (113, 114) de part et d'autre du flux de gaz, mobile autour d'un axe (115, 116) situé dans le plan du rideau (113, 114), et orienté de manière à être placé dans le passage des pièces à traiter,

caractérisée en ce qu'elle comporte également :

- des moyens (110) perméables au gaz non réactif disposés sur le fond perforé (109) de la chambre d'admission (105), permettant de donner une très faible vitesse au flux de gaz à la sortie de la plaque perforée (109), sans provoquer de perte de charge sensible au niveau dudit flux de manière à engendrer entre les rideaux réfractaires (113, 114) un rideau de gaz sensiblement homogène et laminaire sur toute sa hauteur.

10. - Hotte selon la revendication 9, dans laquelle la chambre d'admission (105) comporte un fond perforé (109) sensiblement rectangulaire, dont la longeur est égale à la largeur du four sur lequel la hotte est destinée à être montée, caractérisée en ce que la vitesse du gaz inerte non réactif est sensiblement identique en tout point de traversée de la plaque perforée et inférieur à :

$$1000 \times n \times (a + b) / (p \times a \times b)$$

avec n = viscosité du gaz neutre inerte à la température ambiante,

p = masse volumique du gaz neutre dans les conditions normales,

a = largeur du four,

b = profondeur de la plaque de diffusion.

11. - Hotte selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisée en ce que l'injection de gaz dans la chambre d'admission (105) s'effectue de manière sensiblement symétrique par rapport à la direction d'admission dudit gaz dans ladite chambre (105).

12. - Hotte selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisée en ce que l'injection dans la chambre d'admission (105) s'effectue par l'intermédiaire d'une chambre de préadmission (103), ladite chambre de préadmission (103) étant séparée de la chambre d'admission (105) par des moyens perméables au gaz inerte (110), permettant de donner une vitesse très faible au gaz lors de sa pénétration dans la chambre d'admission (105), sans provoquer de perte de charge sensible au niveau du flux du gaz.

13. - Hotte selon la revendication 12, caractérisée en ce que la chambre de préadmission (103) comporte également deux parois perforées (120, 102) entre lesquelles sont disposés des moyens perméables au gaz (104).

14. - Hotte selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisée en ce que la hauteur de la chambre d'admission (105) est au moins supérieure à deux fois l'épaisseur des moyens perméables au gaz (110).

15. - Hotte selon l'une des revendications 9 à 14, caractérisée en ce que lesdits moyens perméables au gaz (110) sont choisis parmi les matériaux frittés, la laine de roche, la laine de verre, la laine de quartz.

16. - Hotte selon l'une des revendications 9 à 15, caractérisée en ce que l'épaisseur des moyens perméables au gaz (110) est sensiblement identique sur toute la surface du fond perforé (109) de la chambre d'admission (105) et n'est pas inférieure à deux centimètres.

17. - Hotte selon l'une des revendications 9 à 16, caractérisée en ce que la hauteur de la chambre d'admission (105) est sensiblement constante.

18. - Utilisation de la hotte selon l'une des revendications 9 à 17 dans des fours de traitement thermique.

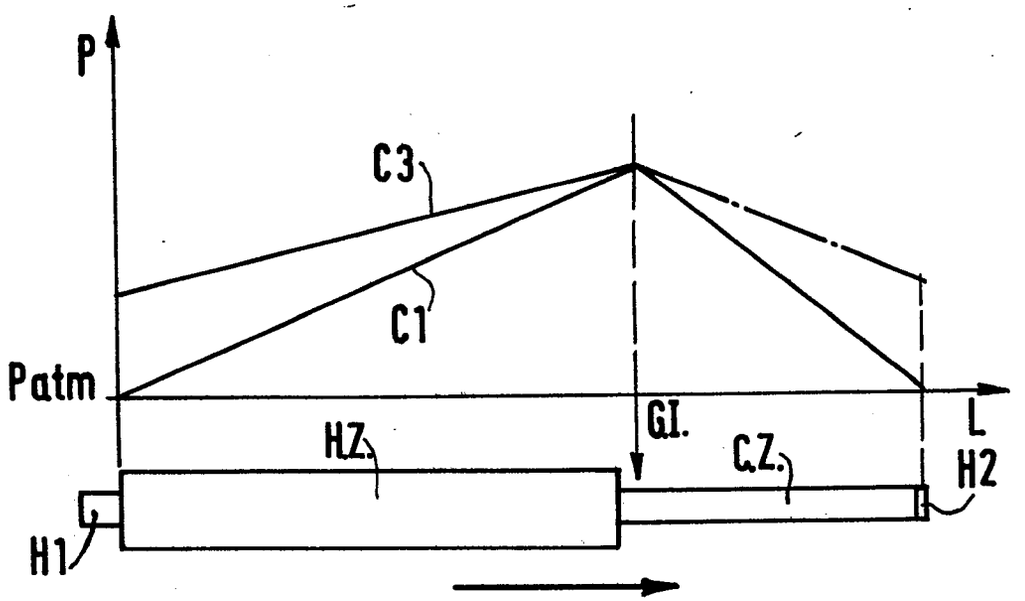

P
C3
C1
Patm
GI.
L
HZ.
CZ.
H2
H1

FIG.1

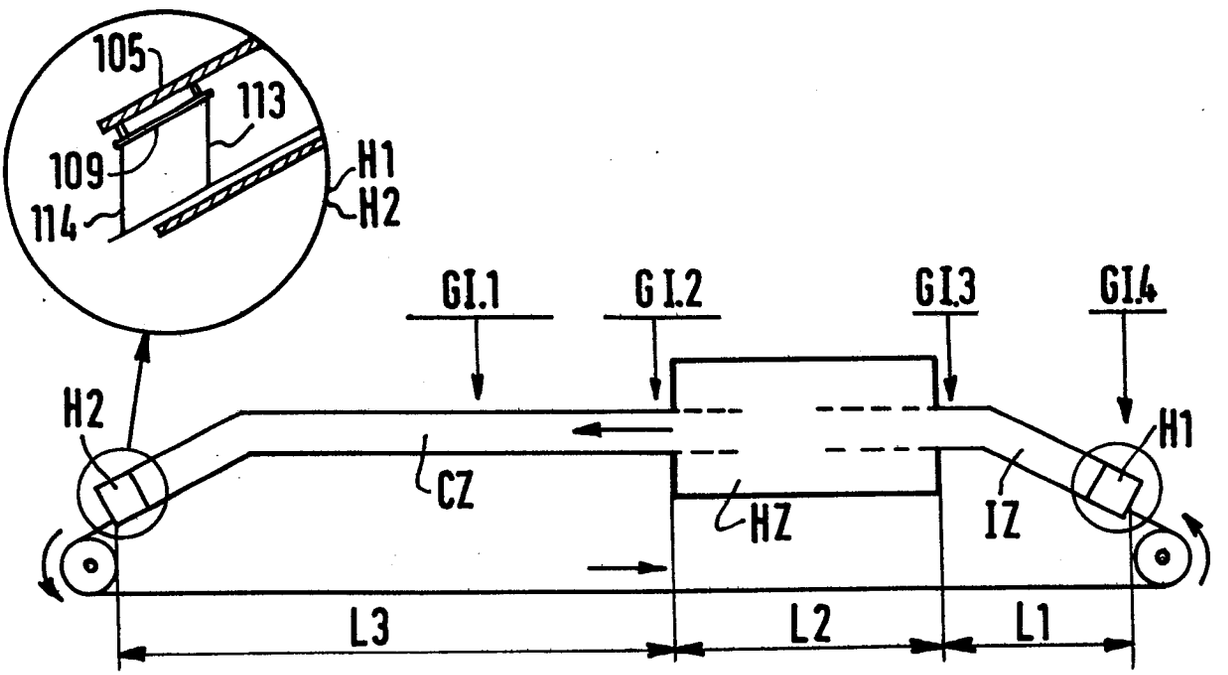

105
113
109
114
H1
H2
GI.1
GI.2
GI.3
GI.4
H2
H1
CZ
HZ
IZ
L3
L2
L1

FIG.2

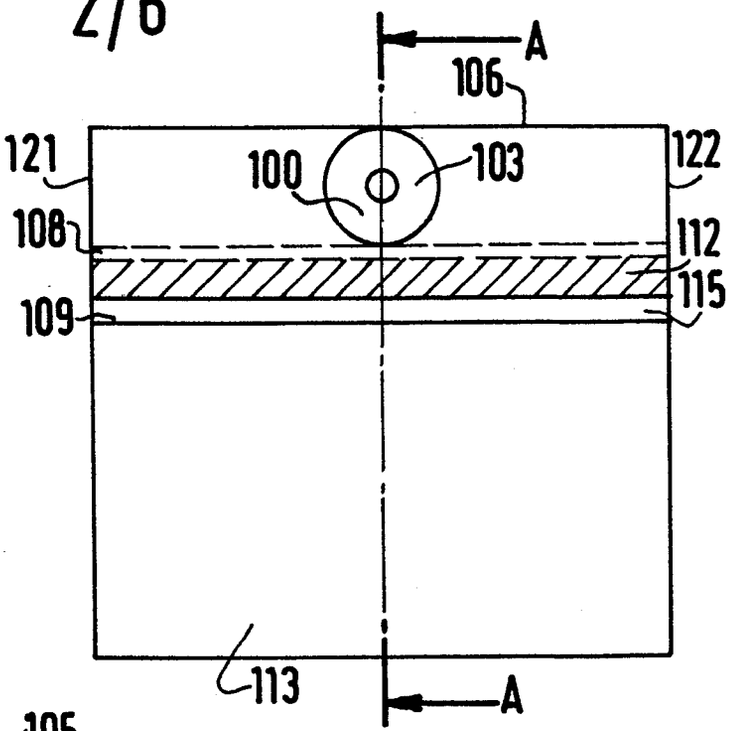


FIG.3A

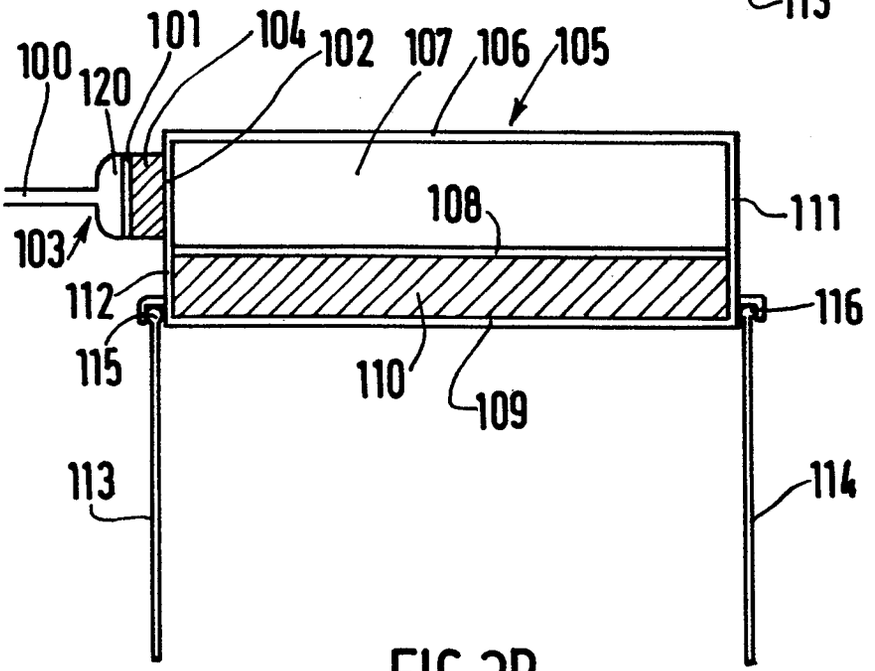


FIG.3B

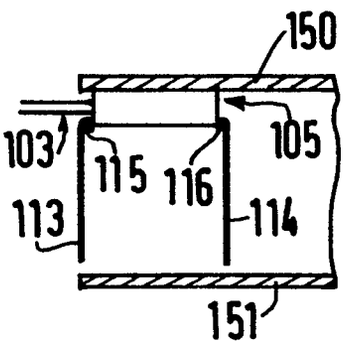


FIG.4A

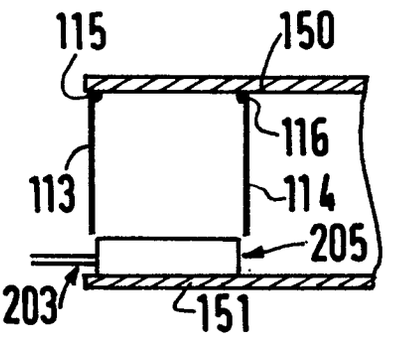


FIG.4B

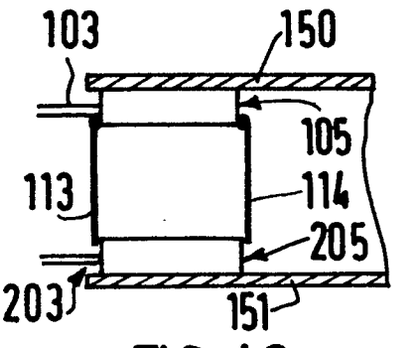


FIG.4C

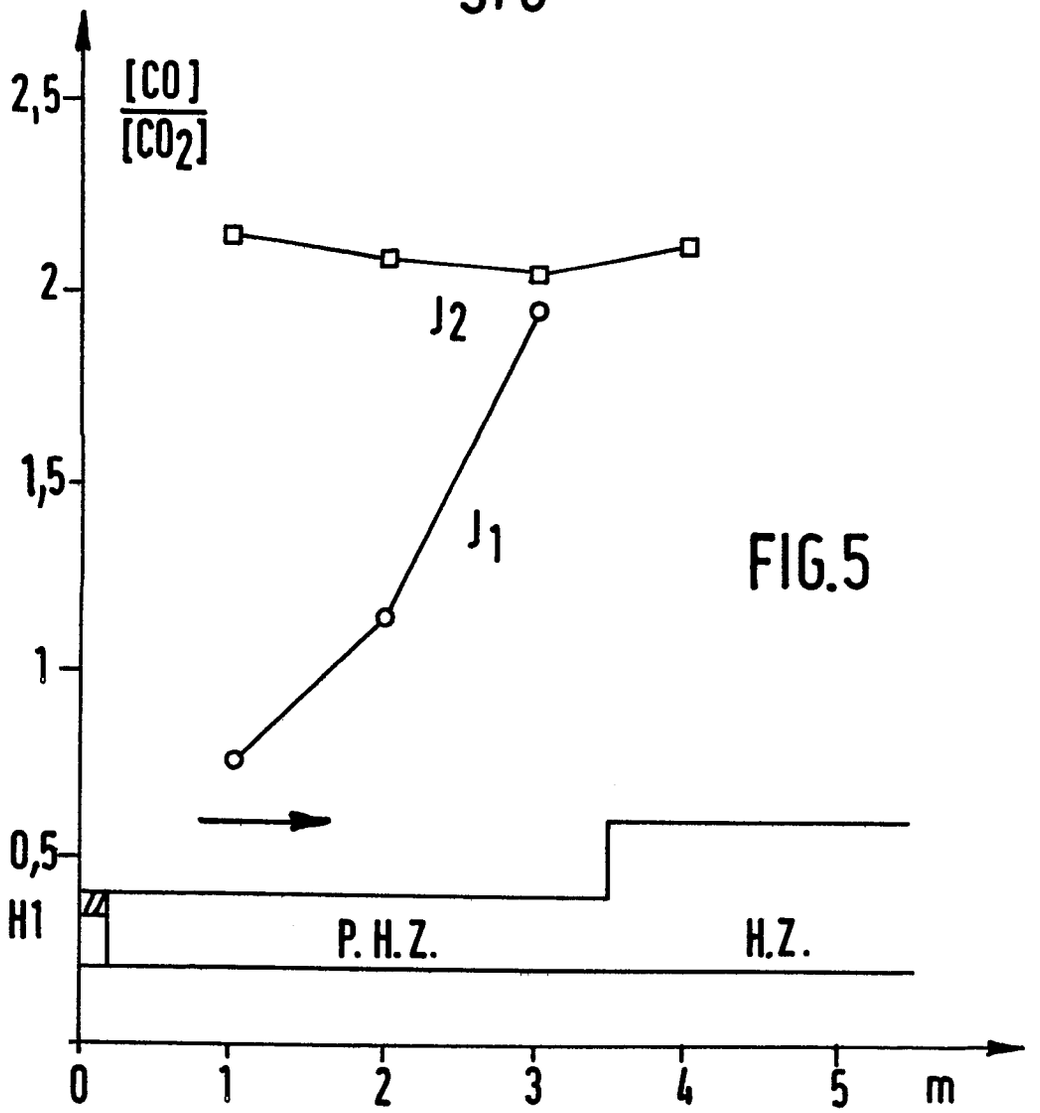

2,5
[CO]
[CO2]
2
J2
1,5
J1
1
0,5
H1
P. H. Z.
H. Z.
0
1
2
3
4
5
m

FIG.5

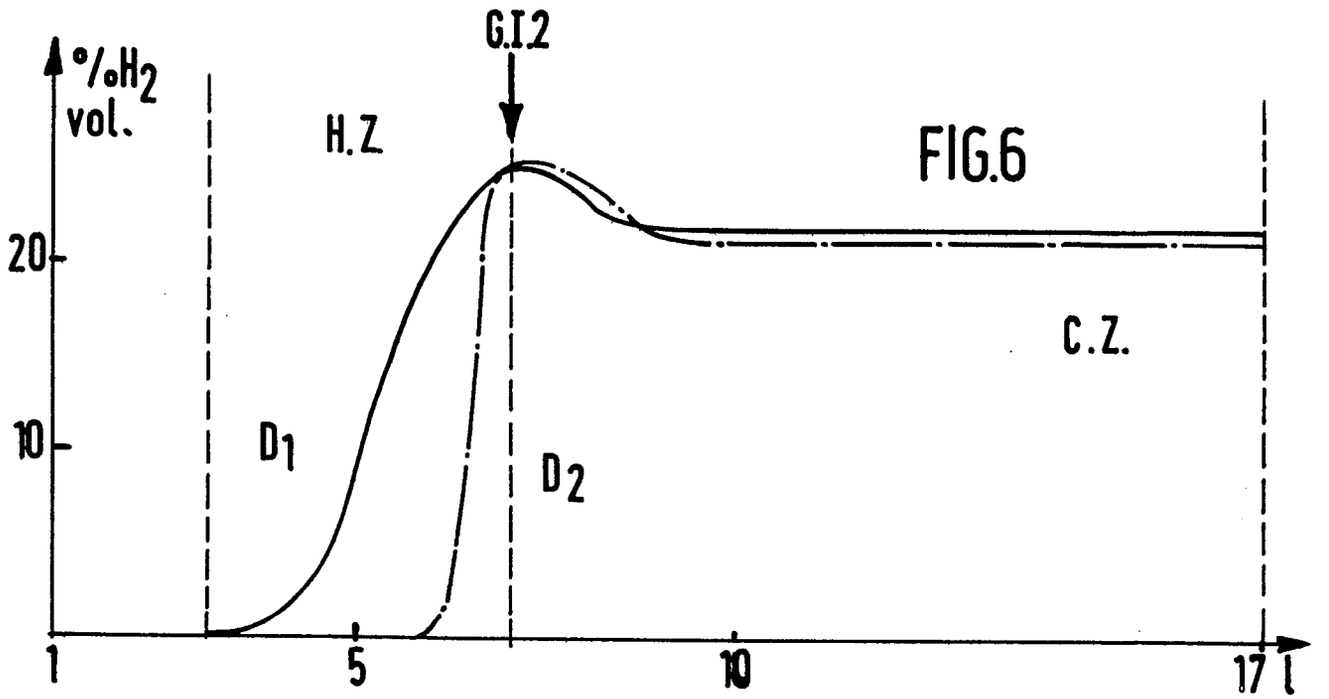

G.I.2
%H2
vol.
H. Z.
20
10
D1
D2
C. Z.
1
5
10
17 l

FIG.6

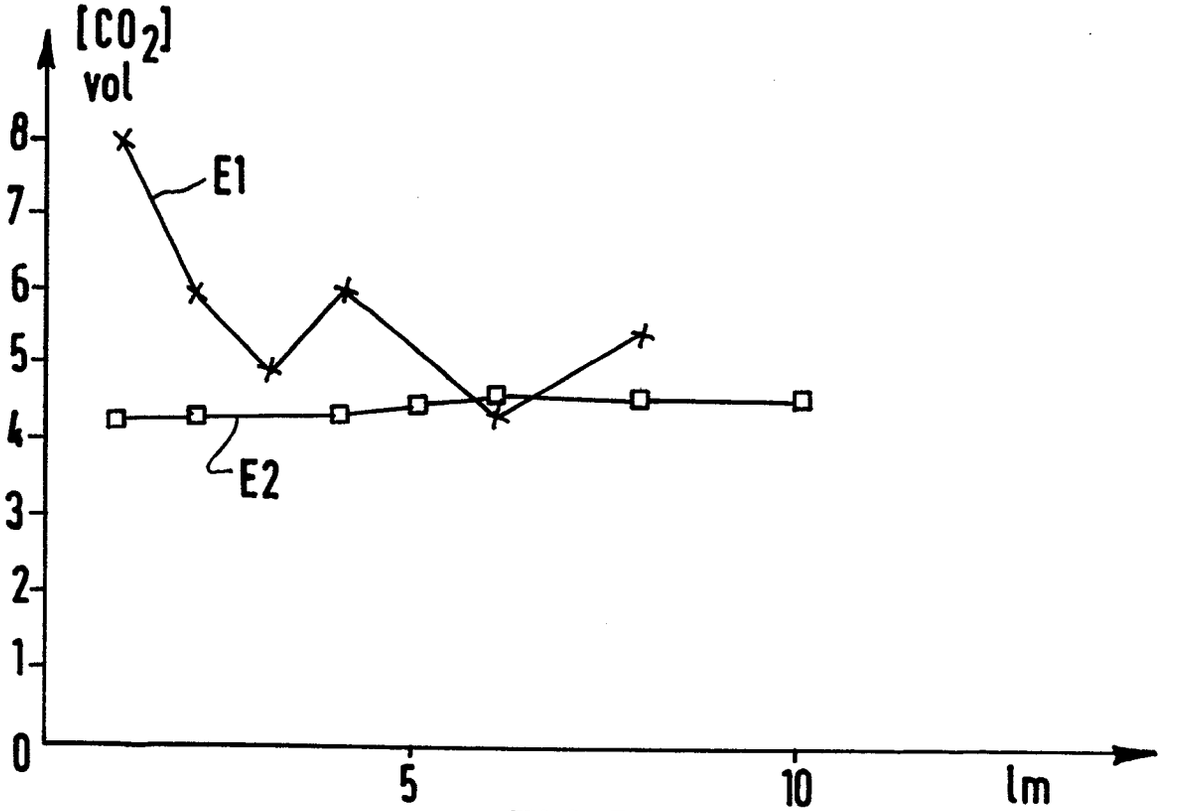


FIG.7A

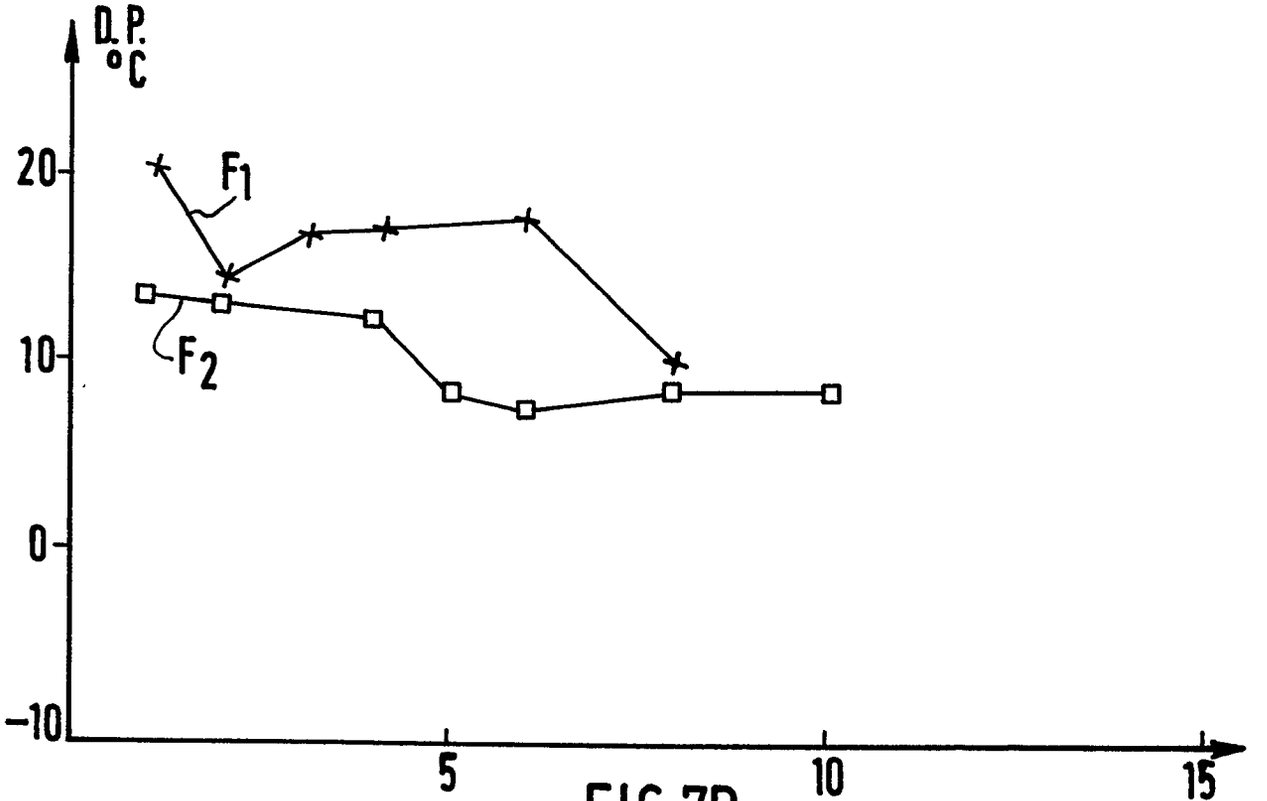


FIG.7B

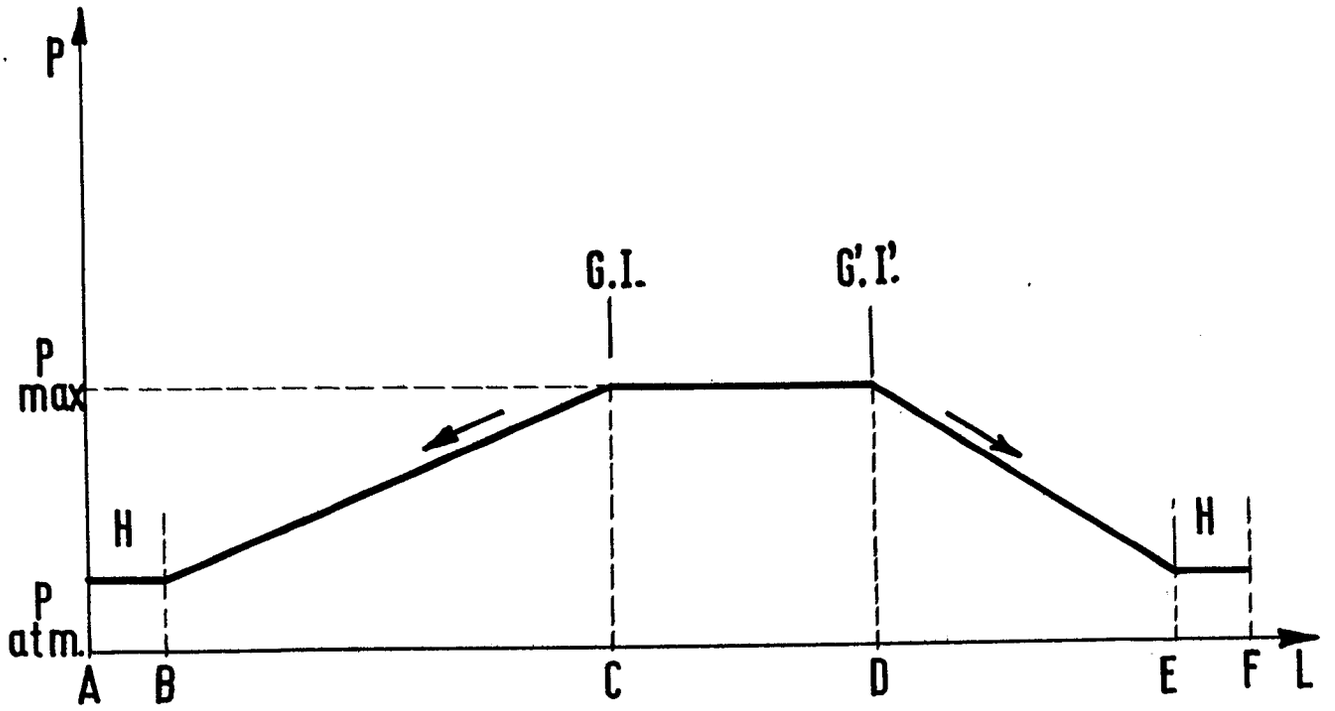


FIG.8

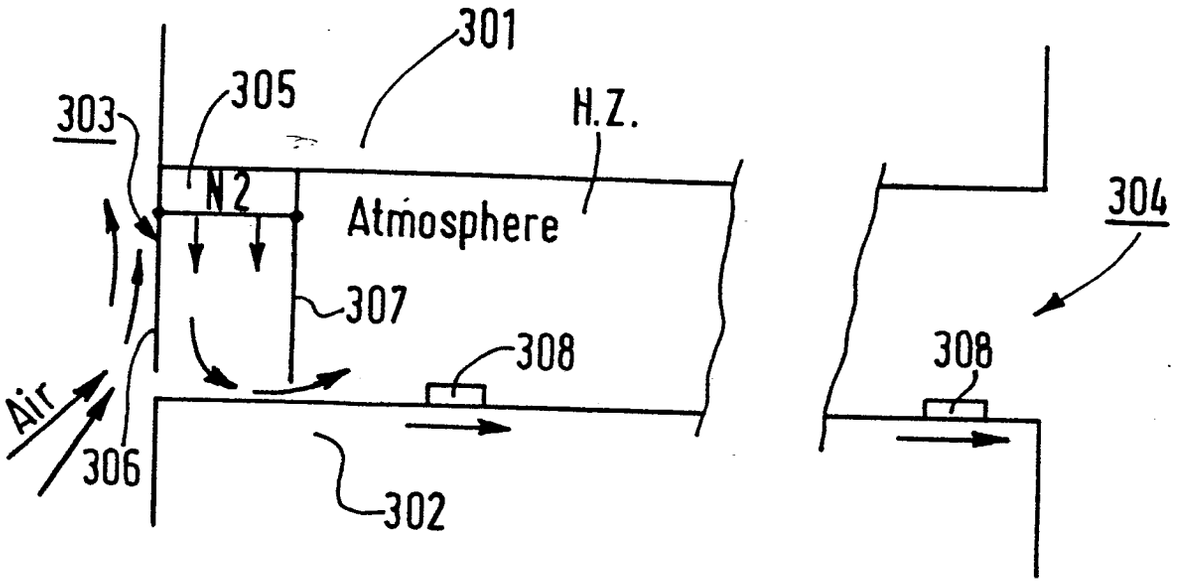

301
305
303
H.Z.
N2
Atmosphere
304
307
308
308
Air
306
302

FIG.9A

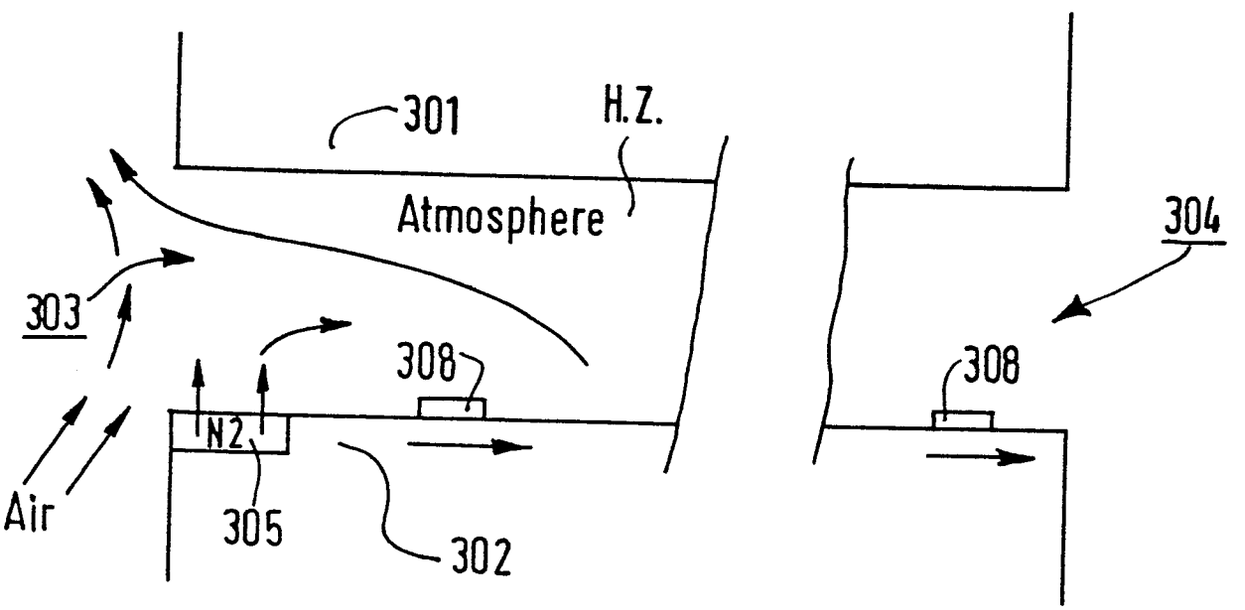

301
H.Z.
Atmosphere
304
303
308
308
N2
Air
305
302

FIG.9B