RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 476 818**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 80 03779**

(54) **Procédé et dispositif pour le séchage de matières organiques et, en particulier, du bois.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **F 26 B 3/04; B 27 K 5/06; F 26 B 9/02.**

(22) Date de dépôt ..... 21 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 28-8-1981.

(71) Déposant : COUPE Jean-Paul, résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Paul Coupé.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Berchebru de Foucaud,
1 *bis*, av. Foch, 75116 Paris.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour le séchage de matières organiques, et, en particulier, pour le séchage du bois.

En ce qui concerne notamment le séchage du bois, on connait déjà de nombreux systèmes permettant de retirer du bois une partie de l'eau qu'il contient. Sans vouloir les citer tous - on peut se rapporter à ce sujet aux ouvrages spécialisés, et, entre autres, au livre "Le séchage des bois" par A. VILLERE aux Editions DUNOD - on indiquera tout d'abord en quelques mots ce que sont les principaux d'entre eux.

On commencera par signaler l'existence de certains séchoirs très particuliers, comme les séchoirs sous vide ou les séchoirs à chauffage par courants haute fréquence, mais on n'insistera pas là-dessus, car il s'agit de dispositifs très complexes et onéreux qui sont fort éloignés de l'objet de la présente invention.

Les séchoirs classiques, pour leur part, comprennent tous une enceinte ou "cellule" de séchage dans laquelle on enferme le bois à traiter, ainsi que des dispositifs nécessaires au conditionnement de l'air intérieur qui est responsable de l'opération de séchage proprement dite.

Ces dispositifs comprennent généralement un système de chauffage ou "batterie chaude" qui amène l'air de l'enceinte à la température souhaitée, un système d'humidification destiné à saturer l'air du séchoir en humidité pendant certaines périodes du traitement, et un système de ventilation, comprenant le plus souvent des ventilateurs, qui est destiné à faire circuler l'air chaud à travers l'enceinte.

Bien entendu, le système d'humidification doit être installé obligatoirement après le système de chauffage de manière à obtenir, dans tous les cas, un état hygrométrique bien déterminé.

Parmi ces séchoirs, on distingue classiquement deux grands types : l'un dit "traditionnel" et l'autre appelé aussi "deshumidificateur".

Le premier correspond sensiblement à la description qui vient d'être donnée : une enceinte dans laquelle circule de l'air chauffé par une "batterie" , mis en circulation par un ventilateur et humidifié par un système humidificateur.

Ce type d'installation permet un séchage assez rapide,

mais il présente l'inconvénient majeur qu'il existe un risque élevé de voir apparaître des défauts dans le bois au cours du séchage. Ces défauts, qui sont par exemple des fentes, gerces et collapses, diminuent fortement la valeur marchande du bois et sont redoutés des professionnels du bois.

Pour éviter cet inconvénient redhibitoire des séchoirs "traditionnels", il faut contrôler très soigneusement tous les paramètres de l'opération pendant toute la durée du séchage, ce qui suppose, soit que l'on dispose d'un personnel nombreux et très averti, soit que l'on fasse appel à des automatismes, donc à des dispositifs de régulation très complexes. Dans un cas comme dans l'autre, cette solution est très onéreuse et n'écarte pas complètement le risque d'accident.

Les appareils dits "deshumidificateurs", pour leur part, se distinguent des précédents par la présence d'un dispositif de réfrigération ou "batterie froide", située avant la "batterie chaude" dans le sens de circulation de l'air, dont le rôle est de deshumidifier l'air par condensation.

Dans ces "deshumidificateurs", le risque de voir apparaître des défauts dans le bois est plus faible que dans les appareils "traditionnels", mais ces installations présentent à leur tour un grave inconvénient : le fait que le séchage y est très lent.

Comme la lenteur du séchage entraîne une consommation importante d'énergie pour le chauffage et la réfrigération des deux "batteries" et pour le fonctionnement de ou des ventilateurs, on comprend aisément que cette solution ne soit pas considérée comme optimale, compte tenu du coût actuel de l'énergie.

De plus, la lenteur du séchage conduit à des immobilisations de capitaux élevées puisque le bois en cours de séchage représente une valeur marchande qui peut atteindre plusieurs centaines de milliers de francs.

Bien entendu, ce qui vient d'être dit des séchoirs à bois s'applique également aux autres séchoirs pour matières organiques comme les séchoirs à peaux.

Du fait des inconvénients des séchoirs connus, un but de la présente invention est de fournir un procédé et un dispositif pour le séchage des matières organiques, et en particulier du bois, qui pallie ces inconvénients en réalisant un séchage

rapide et sans risque d'accidents, c'est à dire sans risque d'apparition de défauts dans le bois.

Un autre but de l'invention est de fournir un procédé et un dispositif de ce type qui soit simple et relativement peu coûteux, et qui, en particulier, évite de faire appel à des automatismes compliqués.

Un but supplémentaire de l'invention est enfin un tel procédé (et un tel dispositif) qui consomme aussi peu d'énergie que possible.

Ces buts, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite sont atteints au moyen du procédé selon la présente invention selon lequel on enferme les produits à traiter dans une enceinte étanche à l'intérieur de laquelle on entretient une circulation d'air en circuit fermé, sans aucun apport d'eau en provenance de l'extérieur, l'air circulant ayant une vitesse telle que son écoulement soit laminaire ou quasi-laminaire, et une température sensiblement constante tout au long du traitement.

Cette définition très générale de l'invention fait déjà apparaître des différences fondamentales avec les procédés classiques, et ces différences vont être examinées maintenant de manière plus détaillée.

Une première différence réside dans le fait que la circulation de l'air à l'intérieur de l'enceinte est lente, et même très lente, alors que, jusqu'alors, on avait toujours pensé que l'efficacité du séchage était d'autant plus grande que l'air circulait plus rapidement.

Pour préciser ce point, on notera que, dans les dispositifs classiques, la vitesse de l'air est de l'ordre de 2 à 3 mètres par seconde, alors que, selon l'invention, elle est avantageusement inférieure à 0,5 m/s et, de préférence, voisine de 0,3 m/s, soit dix fois moins que dans les procédés connus.

Une autre différence importante réside dans le fait que le séchage a lieu dans une enceinte étanche sans aucun entrée d'air extérieur, ni aucun apport d'humidité tout au long du traitement, ce qui est parfaitement contraire aux enseignements habituels, selon lesquels l'état hygrométrique à l'intérieur de l'enceinte doit être ajusté au cours du séchage par apport d'humidité extérieure.

Sans vouloir être lié par aucune théorie, le Demandeur

estime que les excellents résultats obtenus au moyen du procédé selon l'invention pourraient bien être dûs, du moins pour une part, au fait qu'aucun apport d'humidité, donc aucun apport de sels minéraux extérieurs dissous dans l'eau, n'a lieu dans ce procédé.

Une différence supplémentaire avec les procédés connus est que la température de l'enceinte est maintenue sensiblement constante au cours du traitement.

Avantageusement, cette température ne dépasse pas 70°C et, de préférence, n'est pas supérieure à 60°C.

Dans ces conditions, et du fait que l'enceinte est étanche, la pression s'élève à l'intérieur de cette dernière et prend une valeur qui est avantageusement comprise entre 82 et 96 millibars.

Dans l'opinion du Demandeur qui, une fois encore, ne souhaite pas énoncer une quelconque théorie, cette surpression à l'intérieur de l'enceinte pourrait également contribuer à la qualité des résultats obtenus.

Enfin, il est avantageux de créer un champ électrique à l'intérieur de l'enceinte pour améliorer encore les résultats obtenus. Il semble, en effet, que l'ionisation ainsi créée à l'intérieur de l'enceinte contribue à faciliter le séchage et à améliorer la qualité du bois séché. La suite de la description indiquera comment cette ionisation peut être obtenue de manière simple.

Le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé qui vient d'être décrit comprend avantageusement, selon la présente invention, une enceinte munie d'une porte étanche, des moyens pour faire circuler l'air de l'enceinte à une vitesse telle que son écoulement soit laminaire ou quasi-laminaire, et des moyens pour chauffer cet air à une température sensiblement constante.

De préférence, ceci est réalisé en accolant à l'enceinte un caisson étanche qui est relié à l'enceinte par un passage supérieur et un passage inférieur et qui contient :

- un dispositif de chauffage, ou "batterie chaude" situé au milieu du caisson ;
- un dispositif de refroidissement, ou "batterie froide" montée dans le caisson au droit du passage inférieur qui débouche dans l'enceinte ;
- un dispositif de ventilation au niveau du passage supérieur

la sortie de ce dispositif débouchant dans l'enceinte.

Ce dispositif de ventilation qui est avantageusement constitué par une ou plusieurs turbines en cage d'écureuil, débouche dans l'enceinte par le passage supérieur. Ses dimensions et sa vitesse de rotation sont choisies de telle manière que l'écoulement de l'air à l'intérieur de l'enceinte soit laminaire, ce que les spécialistes savent réaliser simplement par calcul du nombre de Reynolds correspondant.

En outre, il convient de noter ici qu'il ne faut pas confondre la "batterie froide" du dispositif selon l'invention avec les dispositifs de réfrigération des installations dites "deshumidificateurs" : cette "batterie froide" est refroidie simplement par une circulation d'eau froide et ne comprend aucun élément réfrigérant.

Avantageusement, la "batterie froide" et la "batterie chaude", lesquelles sont avantageusement réalisées sous la forme de radiateurs à ailettes, sont constituées par des métaux différents, comme par exemple un alliage fer-cuivre pour la première et un alliage cuivre-aluminium pour la seconde. Il semble que cette disposition contribue à la création d'un champ électrique dans l'enceinte, ainsi que cela a été mentionné plus haut.

Avantageusement, les parois de l'enceinte sont réalisées au moyens de panneaux "sandwich" assemblés par tenon et mortaise sur toute la longueur de leurs bords. De préférence, ces panneaux comprennent une couche de matière synthétique expansée, comme de la mousse de polyuréthane, serrée entre deux plaques métalliques, la plaque externe pouvant être en tôle laquée et la plaque interne en alliage d'aluminium. De cette façon, la résistance à la corrosion de l'installation est excellente, ainsi que l'isolation thermique.

De plus, il est avantageux que la plaque externe et la plaque interne ne se rejoignent pas : ceci améliore l'isolation thermique, mais, surtout, il semble que ceci produise un effet surprenant qui pourrait être lié à l'existence du champ électrique mentionné ci-avant, puisque les structures dites "sandwich" ainsi réalisées pourraient constituer un excellent condensateur électrique. Toutefois, il est redit ici que le Demandeur n'entend en aucune manière être lié par une théorie quelle qu'elle soit.

La description qui va suivre, et qui ne présente aucun caractère limitatif, permettra de bien comprendre comment la présente invention peut être mise en pratique. Elle doit être lue en regard des figures annexées, parmi lesquelles :

- La Figure 1 montre une vue en coupe hautement schématique d'un dispositif de séchage conforme à l'invention ;

- La Figure 2 représente des courbes qui retracent, en fonction du temps, et pour deux bois différents, la température et l'humidité du bois à l'intérieur d'un dispositif de séchage conforme à la présente invention.

Comme on le voit sur la figure 1, le séchoir conforme à l'invention comprend essentiellement une enceinte 1, à laquelle est accolé un caisson 2 qui est en communication avec l'enceinte 1 par un passage inférieur 3 et un passage supérieur 4.

L'enceinte 1, qui est munie d'une porte étanche 5, est réalisée par assemblage de panneaux composites dits parfois "panneaux sandwich" dont la constitution a été représentée, de manière très schématique, à la partie supérieure de la figure 1. Chaque panneau, 6a ou 6b par exemple, comprend une face externe 7 en tôle laquée et une face interne 8 en alliage d'aluminium anodisé qui assure une excellente résistance à la corrosion. Entre les faces 7 et 8 est insérée une couche de polyuréthane expansé 9 qui fournit à la fois une excellente isolation thermique et une isolation électrique.

Sur toute la longueur de leurs bords, les faces externe 7 et interne 8 de chaque panneau 6 sont repliées de façon à permettre l'accrochage du panneau sur le suivant par tenon et mortaise. Toutefois, il existe une solution de continuité 10 entre la face externe 7 et la face interne 8 afin de supprimer tout contact entre ces deux faces.

Quant à la porte étanche 5 de l'enceinte 1, elle peut être réalisée de toute manière connue généralement quelconque, mais, dans un mode avantageux de réalisation, il s'agit d'une porte coulissant horizontalement dont la partie supérieure est munie de rouleaux 11 se déplaçant sur un rail horizontal 12. Au voisinage de la position qu'occupent les rouleaux 11 lorsque la porte 5 est fermée, le rail 12 présente une portion en V inclinée vers l'enceinte 1, ce qui, par la simple action de la pesanteur, applique la porte 5 sur les parois de l'enceinte 1. Bien entendu, des bourrelets élastiques solidaires de la porte

sont interposés entre cette dernière et l'enceinte afin de parfaire l'étanchéité.

Le caisson 2 qui est accolé à l'enceinte 1 et qui est en communication avec elle par des passages supérieur 4 et inférieur 3, renferme essentiellement un dispositif de refroidissement 13 au droit du passage inférieur 3, une turbine 14 en regard du passage supérieur 4, et, un peu au-dessous de la turbine 14, un dispositif de chauffage d'air 15.

Le dispositif de refroidissement 13 et le dispositif de chauffage 15 sont de simples radiateurs à ailettes qui sont parcourus par de l'eau dont la température et le débit sont choisis de manière à donner une température convenable auxdits radiateurs.

En outre, il est avantageux que les radiateurs 13 et 15 soient réalisés en des métaux différents : un alliage fer - cuivre pour le refroidisseur 13 et un alliage cuivre-aluminium pour le réchauffeur 15 donnent toute satisfaction.

Quant à la turbine 14, qui peut être avantageusement constituée par deux turbines en cage d'écureuil montées sur le même arbre horizontal, elle aspire l'air à l'intérieur du caisson, en aval du dispositif de réchauffage 15, et le renvoie dans l'enceinte 1.

Une installation de séchage qui a donné toute satisfaction comprenait une enceinte 1 de 210 m^3 pour une surface au sol de 6m x 7m et une hauteur de 5m.

Elle était équipée de deux turbines 14 en cage d'écureuil de 12.000 m^3/h montées sur le même arbre et tournant à 250 tours par minute, la vitesse de l'air à la sortie étant égale & 0,3 mètres par seconde environ.

Pour sa part, le dispositif de refroidissement d'air 13 était alimenté par de l'eau du robinet à 10°C environ qui, à la sortie, atteignait 40°C. Le dispositif de réchauffage d'air 15 était alimenté par de l'eau à 80°C.

Dans ces conditions, l'air pénétrant dans le caisson 2 par le passage inférieur 3 était à une température de 60°C et se refroidissait jusqu'à 40°C en circulant sur le dispositif de refroidissement 13. Le dispositif de chauffage ramenait sa température à 60°C environ.

Cette installation comprenait également des dispositifs pour l'évacuation de l'eau condensée : l'un, 16, au bas du

caisson 2, l'autre 17 dans le plancher de l'enceinte 1.

Enfin, un dispositif de régulation extrêmement simple et de type classique permettait de maintenir constante la température dans l'enceinte 1 en agissant sur le débit de l'eau qui traverse le dispositif de chauffage d'air 15.

A ce point de la description, il convient d'attirer l'attention sur le point suivant : on pourrait se demander pourquoi on refroidit l'air traversant le caisson 2 pour le réchauffer ensuite à une température egale à sa température d'entrée. En effet, il semble qu'il y ait là une consommation d'énergie parfaitement inutile.

En fait, s'il est exact que le dispositif de refroidissement 13 pourrait théoriquement supprimé, on a constaté que l'on obtenait de bien meilleurs résultats en procédant de cette manière, sans doute pour les raisons liées à la création d'un champ électrique qui ont été exposées plus haut.

Le mode de fonctionnement de cette installation pour le séchage du bois va maintenant être décrit en se référant à la figure 2.

Cette figure est un graphique qui comporte trois courbes : l'une, 30, indique les variations de la température à l'intérieur de l'enceinte 1 en fonction du temps, et les deux autres, 31 et 32, montrent comment varie, toujours en fonction du temps, le degré d'humidité de deux charges de bois différentes.

On constate qu'après la période de mise en route, qui dure environ trois jours, la température de l'enceinte atteint 58°C et demeure sensiblement constante, à un ou deux degrés près.

Le degré d'humidité du bois, pour sa part, commence par augmenter considérablement pendant une demi-journée environ, contrairement à ce qui se passe dans les séchoirs à bois classiques, sans que l'on puisse donner une explication parfaitement satisfaisante à ce phénomène.

Après une forte décroissance qui dure trente-six heures environ, et une stabilisation très marquée pendant deux jours et demi , on constate une décroissance extrêmement régulière de l'humidité des bois, et cette régularité est sans doute l'une des raisons pour lesquelles le séchage a lieu sans apparition de défauts dans le bois.

Par ailleurs, on remarque que les deux courbes 31 et 32 sont très similaires, bien qu'elles aient trait à deux types de bois différents, l'humidité au départ de l'un étant de 38%, et celle de l'autre de 48%.

On considère que le séchage est achevé lorsque l'humidité résiduelle du bois atteint 10%. Ce résultat est atteint au bout de 18 jours pour le bois dont l'humidité au départ était de 38%, et de 21 jours pour l'autre bois dont l'humidité au départ était de 48%.

Les spécialistes en la matière apprécieront facilement la valeur de pareils résultats.

Bien entendu, de nombreuses modifications pourraient être apportées au mode de réalisation qui vient d'être décrit. C'est ainsi, par exemple, que les parois externe 7 et interne 8 des panneaux 6 constituant l'enceinte 1 pourraient être réalisées toutes deux dans le même matériau et, notamment, en alliage d'aluminium.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour le séchage de matières organiques, et en particulier, pour le séchage du bois, caractérisé par le fait que l'on enferme les produits à traiter dans une enceinte étanche, à l'intérieur de laquelle on entretient une circulation d'air en circuit fermé, sans aucun apport d'eau extérieure, avec une vitesse telle que son écoulement soit laminaire ou quasi-laminaire, l'air circulant étant chauffé à une température sensiblement constante tout au long de l'opération.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la vitesse de l'air circulant à l'intérieur de ladite enceinte est inférieure à 0,5 m/s et, de préférence, voisine de 0,3 m/s.

3. Procédé selon les revendications 1 et 2, prises séparément, caractérisé par le fait que la température à l'intérieur de ladite enceinte ne dépasse pas 70°C et, de préférence, ne dépasse pas 60°C.

4. Procédé selon les revendications 1 à 3, prises séparément, caractérisé par le fait que la pression à l'intérieur de ladite enceinte est comprise entre 82 et 96 millibars.

5. Procédé selon les revendications 1 à 4, prises séparément, caractérisé par le fait qu'un champ électrique est créé à l'intérieur de ladite enceinte.

6. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 1 à 5, prises séparément, caractérisé par le fait qu'il comprend, en combinaison, une enceinte munie d'une porte étanche, des moyens pour faire circuler l'air contenu dans ladite enceinte avec une vitesse telle que son écoulement soit laminaire ou quasi-laminaire, et des moyens pour chauffer cet air à une température sensiblement constante.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait qu'il comprend, en combinaison , une enceinte munie d'une porte étanche, un caisson accolé à ladite enceinte et en communication avec cette dernière à sa partie inférieure et à sa partie supérieure, un dispositif de chauffage monté dans ledit caisson et un dispositif de refroidissement d'air installé dans ledit caisson à sa partie inférieure, ainsi qu'un

dispositif pour donner à l'air contenu dans ladite enceinte un mouvement de circulation en régime laminaire ou quasi-laminaire, lequel est monté dans ledit caisson, à sa partie supérieure, au voisinage du passage supérieur qui le met en communication avec l'enceinte.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que ledit dispositif pour donner un mouvement de circulation à l'air renfermé dans ladite enceinte comprend au moins une turbine en cage d'écureuil.

9. Dispositif selon les revendications 6 à 8, prises séparément, caractérisé par le fait que ledit dispositif de chauffage et ledit dispositif de refroidissement sont réalisés en des métaux différents.

10. Dispositif selon les revendications 6 à 9, prises séparément, caractérisé par le fait que les parois et la porte étanche de ladite enceinte sont réalisées sous la forme d'une structure "sandwich" comprenant une couche de matière synthétique expansée qui est interposée entre deux plaques métalliques.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que ladite matière synthétique expansée est de la mousse de polyuréthane.

12. Dispositif selon les revendications 10 et 11, prises séparément, caractérisé par le fait que les parois de ladite enceinte sont constituées par des panneaux assemblés par tenon et mortaise sans contact électrique entre leurs deux faces.

13. Dispositif selon les revendications 10 à 12, prises séparément, caractérisé par le fait que ledit dispositif de chauffage et ledit dispositif de refroidissement sont réalisés sous la forme de radiateurs à ailettes.

14. Dispositif selon les revendications 10 à 13, prises séparément, caractérisé par le fait que, dans ladite structure "sandwich", la plaque métallique interne est réalisée en un alliage d'aluminium, alors que la plaque métallique externe est constituée par une tôle laquée.

15. Dispositif selon les revendications 10 à 13, prises séparément, caractérisé par le fait que, dans ladite structure "sandwich", les plaques métalliques interne et externe sont réalisées toutes deux en un alliage d'aluminium.

Fig:1

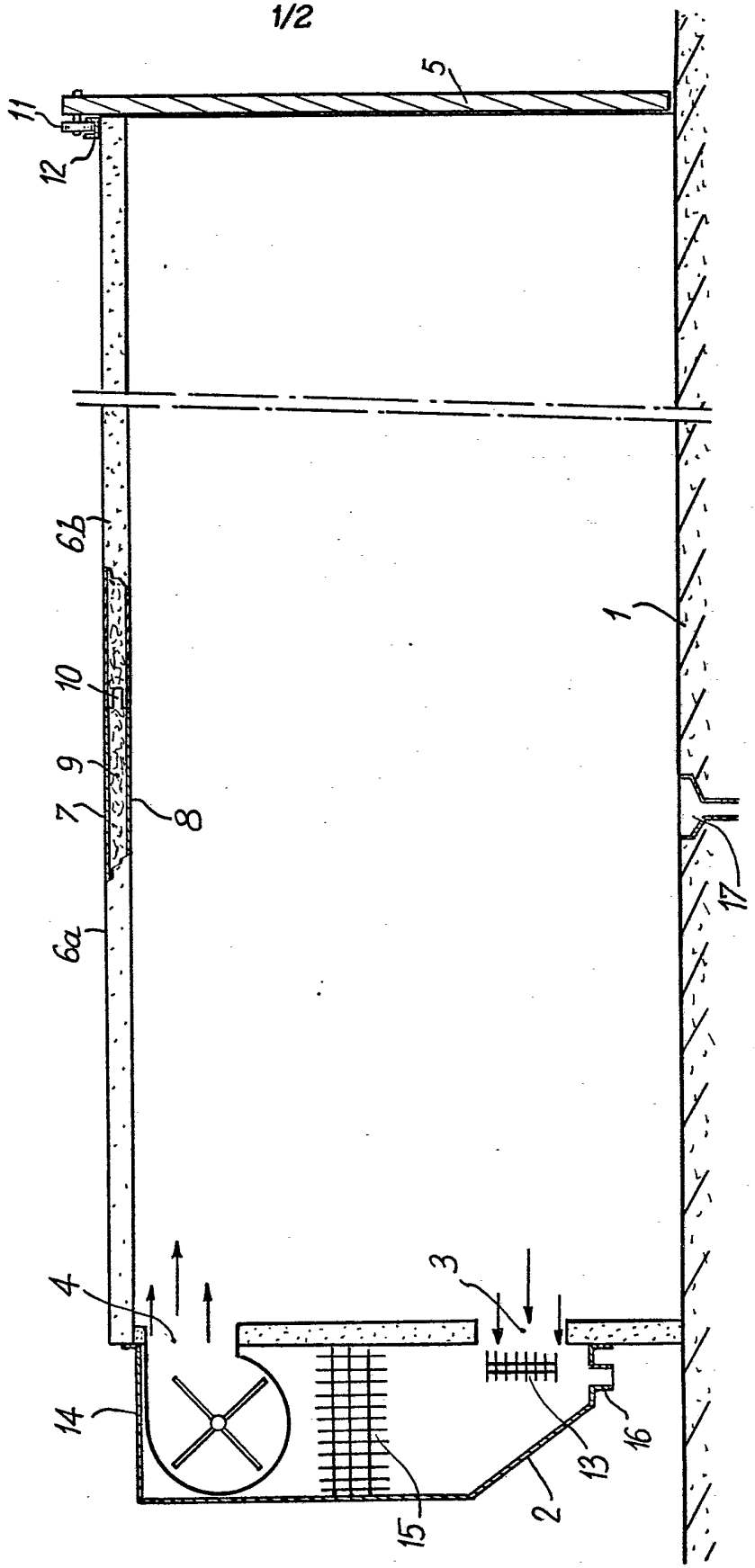
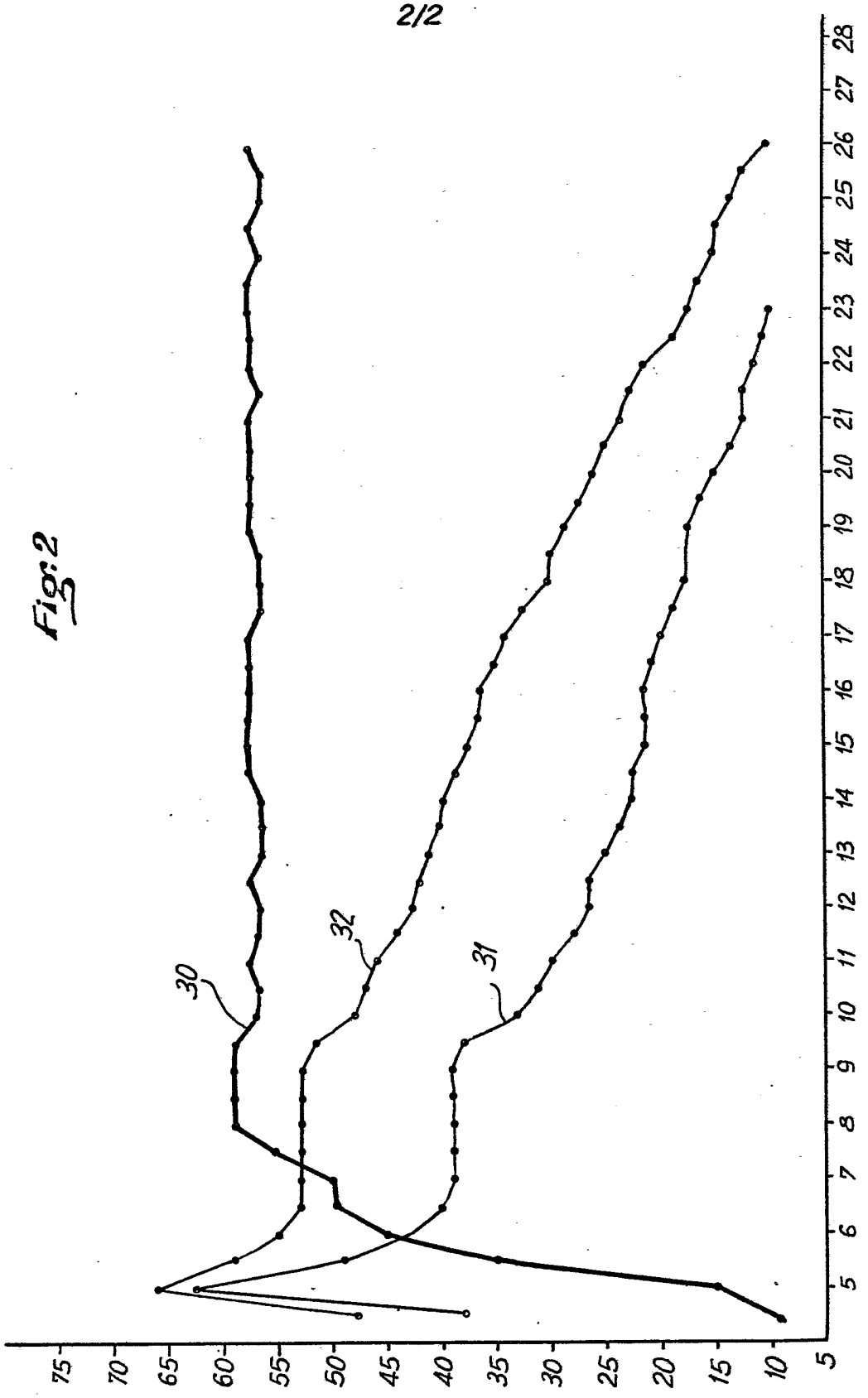


Fig.2


30
32
31
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28