

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 720 969

②① N° d'enregistrement national : **94 07592**

⑤① Int Cl[®] : B 27 K 5/06, F 26 B 3/04, 9/06, 21/10

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 14.06.94.

③① Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 15.12.95 Bulletin 95/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : MONTORNES Hervé — FR.

⑦② Inventeur(s) : MONTORNES Hervé.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Lemoyne Didier.

⑤④ Procédé de traitement haute température d'un matériau ligno-cellulosique.

⑤⑦ Selon l'invention, ledit procédé comporte les étapes
suivantes:

a. séchage, en circuit ouvert, par élimination substan-
tielle de l'eau contenue dans ledit matériau par chauffage
jusqu'à une température de vaporisation de l'eau,

b. chauffage progressif et maintien, en circuit fermé, à
une température inférieure à la température de début de
torréfaction du matériau lignocellulosique à traiter, les gaz
dégagés par ledit matériau participant comme combusti-
bles audit chauffage progressif et audit maintien,

c. refroidissement en circuit ouvert par injection d'eau.
Application à la fabrication d'articles en bois, et plus spé-
cialement de produits destinés à être mis en contact avec
l'eau ou l'humidité.

FR 2 720 969 - A1



A

PROCEDE DE TRAITEMENT HAUTE TEMPERATURE D'UN MATERIAU LIGNO-CELLULOSIQUE

La présente invention concerne un procédé de traitement haute température d'un matériau ligno-cellulosique. Elle concerne également une cellule pour la mise en oeuvre de ce procédé.

5 L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine de la fabrication d'articles en bois, et plus spécialement de produits destinés à être mis en contact avec l'eau ou l'humidité.

A l'état naturel, le bois est un matériau ligno-cellulosique dont les propriétés sont rendues très instables du fait de son caractère hydrophile très marqué. Vulnérable au pourrissement dû aux agressions fongicides et bactériennes, le bois non traité est aussi sensible aux attaques des
10 xylophages, à la reprise d'humidité et à l'éclatement par le gel.

C'est pourquoi il est habituel, afin de remédier à ces inconvénients, de faire subir au bois un traitement thermique qui, par séchage, a pour effet de réduire son hydrophilie et donc d'améliorer sa stabilité.

15 Le traitement classique le plus simple est un chauffage en étuve à des températures allant de 60 à 120°C. Toutefois, le bois ainsi traité présente une reprise d'humidité pouvant atteindre 15% ou plus, ce qui ne permet pas une stabilité dimensionnelle et une conservation dans le temps suffisantes pour la plupart des applications.

20 Le bois peut également être porté à des températures plus élevées, entre 180 et 280°C, selon le procédé connu sous le nom de HTT (pour High Temperature Treatment en anglais ou Haute Température Traitement en français).

Au delà de 280°C, on entre dans la phase de torréfaction dont l'usage
25 est la fabrication de plaquettes pour barbecue.

A partir de 350°C, on atteint la phase de carbonisation utilisée pour obtenir le charbon de bois.

C'est plus spécifiquement au procédé de traitement HTT qui s'adresse l'invention.

Entre 180 et 280°C, le bois subit d'importantes transformations liées à la création de pontages chimiques entre les chaînes macro-moléculaires, qui
5 sortent du domaine du simple séchage sans atteindre cependant les phases de torréfaction et de carbonisation. On obtient ainsi des matériaux proches du bois par bien des aspects, mais dont les différences ouvrent des perspectives nouvelles d'utilisation. Les principales caractéristiques d'un bois traité haute température sont les suivantes :

- 10 - reprise d'humidité inférieure à 5%, quelle que soit la durée d'utilisation,
 - excellente stabilité dimensionnelle aussi bien en atmosphère humide qu'émergé dans l'eau,
 - résistance aux agents extérieurs de dégradation par stérilisation et
- 15 élimination des éléments nutritifs des microorganismes et des insectes,
 - augmentation de la dureté et des propriétés mécaniques,
 - coloration brune homogène dans la masse préservant la structure fibreuse du bois. En fonction de l'essence, la nuance de couleur est contrôlable suivant les paramètres de traitement.
- 20 - réalisation de béton armé de bois,
 - absence de pollution de l'environnement,
 - diminution des coûts de production.

Toutes ces qualités font du bois HTT un matériau de choix pour les applications suivantes :

- 25 - ameublement en général et notamment ameublement d'extérieur,
- emballages alimentaires et industriels,
- planchers,
- piquets de vignes, d'arboriculture, etc,
- poteaux,
- 30 - retenues de berges,
- pontons, etc.

Il faut cependant remarquer que la mise en oeuvre du procédé HTT connu exige la production d'une énergie calorifique importante compte tenu des températures à atteindre et des volumes de matériau ligno-cellulosique à traiter. Or, la fourniture d'une telle quantité d'énergie par la voie ohmique est relativement coûteuse, et même impensable dans les pays où l'électricité est peu abondante, comme dans les pays en développement producteurs de bois, par exemple.

D'autre part, une installation de traitement haute température doit prévoir une ambiance neutre d'azote ou de tout autre gaz inerte de manière à éviter la présence d'oxygène en concentration suffisante pour provoquer la mise à feu spontanée du bois soumis au traitement HTT. Bien entendu, cette obligation est une contrainte technique supplémentaire qui entraîne un surcoût du production.

Aussi, le problème technique à résoudre par l'objet de la présente invention est de proposer un procédé de traitement haute température d'un matériau ligno-cellulosique, qui serait d'un coût d'exploitation minimum aussi bien d'un point de vue énergétique que d'un point de vue technique en tant qu'il concerne l'élimination de l'oxygène et le maintien d'une atmosphère neutre.

La solution au problème technique posé consiste, selon la présente invention, en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes :

- a. séchage, en circuit ouvert, par élimination substantielle de l'eau contenue dans ledit matériau par chauffage jusqu'à une température de vaporisation de l'eau,
- b. chauffage progressif et maintien, en circuit fermé, à une température inférieure à la température de début de torréfaction du matériau ligno-cellulosique à traiter, les gaz dégagés dudit matériau participant comme combustibles audit chauffage progressif et audit maintien,
- c. refroidissement en circuit ouvert par injection d'eau.

Le procédé conforme à l'invention permet donc, au cours de l'étape b de chauffage progressif et de maintien, d'utiliser en circuit fermé, à l'aide d'un brûleur par exemple, les gaz dégagés par le matériau à traiter lui-même,

ce qui contribue, d'une part, à éliminer l'oxygène contenu dans ces gaz et, par conséquent, à assurer automatiquement l'atmosphère inerte recherchée, et d'autre part, à fournir une source de combustible d'appoint venant au moins partiellement se suppléer aux gaz injectés à titre de combustible principal, d'où une réduction des coûts énergétiques ajoutée à la modicité du prix du gaz comparé à celui de l'électricité.

Ainsi se trouve réalisé le double objectif visé par l'invention.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

La figure 1 est un schéma en perspective d'une cellule pour la mise en oeuvre du procédé de traitement haute température conforme à l'invention.

La figure 2 est une variante du circuit de chauffage de la cellule de la figure 1.

La figure 3 est un diagramme donnant en fonction du temps t l'évolution de la température T dans la cellule de la figure 1.

La figure 4 est un schéma d'une installation à circulation continue mettant en oeuvre le procédé de traitement haute température conforme à l'invention.

Le schéma en perspective de la figure 1 montre une cellule pour la mise en oeuvre d'un procédé de traitement haute température (HTT) d'un matériau ligno-cellulosique dont les principales étapes sont indiquées sur le diagramme de la figure 3.

La cellule de la figure 1 comprend un four 100 de forme rectangulaire, mais qui pourrait être également de forme cylindrique, dont le foyer 110 est destiné à recevoir ledit matériau ligno-cellulosique 10 sous toutes les formes possibles : rondins, planches, etc.

Le four 100 comporte également deux chambres latérales 120, 130 permettant la circulation du fluide caloporteur à l'intérieur du foyer 110 à travers une série de fentes 111 disposées le long des parois communes au foyer 110 et aux chambres 120, 130.

Comme le montre la figure 1, le fluide caloporteur est soumis à une circulation forcée produite par un circuit comprenant essentiellement au moins un ventilateur 210 relié aux chambres latérales 120, 130 par une conduite amont 211 et une conduite aval 212 communiquant avec des orifices 121, 131 aménagés respectivement dans lesdites chambres latérales 120, 130.

La communication desdits conduits amont 211 et aval 212 peut être directe. Il y a cependant avantage, afin d'homogénéiser le traitement thermique, à ce que cette communication puisse être inversée de manière à réaliser une circulation forcée alternée du fluide caloporteur à l'aide d'un sas 300 de distribution muni d'un clapet 310 tournant permettant de mettre en relation le conduit amont 211 avec la chambre 120 via l'orifice 121, dans la position du clapet 310 représentée sur la figure 1, ou avec la chambre 130 via l'orifice 131, dans la position du clapet 310 tournée de 90°.

Bien entendu, si les dimensions du four sont importantes, comme dans le cas de traitement de poteaux en bois par exemple, on peut prévoir plusieurs circuits de circulation forcée, tels que celui représenté sur la figure 1, avec éventuellement circulation croisée pour assurer une meilleure homogénéité.

En amont du ventilateur 210 est disposé un brûleur 400 destiné à chauffer le fluide caloporteur circulant à l'intérieur de la cellule et donc de pouvoir modifier à volonté la température du matériau ligno-cellulosique au cours du traitement. Le brûleur 400 reçoit à travers des tuyaux 410, 420 d'alimentation l'air et le gaz, méthane ou propane, nécessaires à son fonctionnement nominal, tandis que les gaz dégagés par ledit matériau ligno-cellulosique 10 dans le four 100 peuvent être amenés au brûleur pour y être incinérés par un conduit 430 reliant le foyer 110 au brûleur 400 via une vanne 431.

La vapeur d'eau produite dans la cellule de traitement est évacuée vers l'extérieur par un conduit 500 commandé par une vanne 501. En parallèle sur le conduit 500 d'évacuation, est placé un conduit 510 de communication

du four 100 avec un dispositif 530 de barbotage, lequel reçoit également les goudrons produits dans le four par un conduit 520 de purge.

Enfin, des injecteurs 600, rampes percées de trous par exemple, sont disposés dans le foyer 110 dans le but de permettre une diminution par injection d'eau de la température du matériau à traiter.

Le fonctionnement de la cellule de l'invention est alors le suivant.

Conformément au diagramme de la figure 3, le matériau ligno-cellulosique est d'abord introduit dans le foyer 110 du four 100 à la température ambiante. Puis dans une étape a de séchage, l'eau contenue dans ledit matériau est éliminée de façon substantielle, à au moins 95%, par chauffage jusqu'à une température de vaporisation de l'eau, comprise entre 80 et 110°C, 100°C par exemple, selon l'essence du bois à traiter.

Cette étape a de séchage s'effectue en circuit ouvert, la vanne 501 du circuit 500 d'évacuation étant ouverte afin de permettre à la vapeur d'eau produite de s'échapper vers l'extérieur. La vanne 431 du conduit 430 d'amenée des gaz est fermée, le brûleur étant alimenté sous combustible extérieur, air et gaz, par les tuyaux 410, 420.

De manière à chasser la vapeur d'eau du four plus efficacement, il est prévu une arrivée 700 d'air extérieur disposée en amont du ventilateur 210 et commandée par une vanne 710 qui, dans cette étape de séchage, est en position ouverte.

Comme on peut le voir sur la figure 3, l'étape a de séchage comporte des phases de refroidissement par injection d'eau au travers des injecteurs 600, ceci afin de permettre à l'humidité de transiter de l'intérieur vers l'extérieur de la masse de matériau ligno-cellulosique.

La durée de l'étape a de séchage, de 1 à 4 heures pour du bois sec, ainsi que la fréquence et la durée des phases de refroidissement, sont programmées selon l'essence du matériau traité.

Il faut également noter que cette étape a de séchage peut également être effectuée sous aspiration de la vapeur d'eau produite.

Suit alors une deuxième étape b de chauffage progressif et de maintien à une température inférieure à la température de début de

torréfaction du matériau ligno-cellulosique à traiter. Cette température peut varier de 180 à 280°C selon l'essence du bois, son conditionnement : rondins, planches, etc, et les exigences imposées concernant notamment la teinte finale désirée.

- 5 Ladite étape b de chauffage progressif et de maintien est divisée en deux phases se déroulant en circuit fermé, la vanne 501 du conduit 500 d'évacuation extérieure étant maintenue fermée.

 Au cours d'une première phase b1, le chauffage progressif est effectué sous combustible extérieur en ce sens que le brûleur 400 n'est alimenté que
10 par les tuyaux 410,420 d'alimentation en air et en gaz, méthane ou propane, la vanne 431 du conduit 430 d'amenée des gaz dégagés par le matériau ligno-cellulosique étant fermée. La température à l'intérieur du four 100 s'élève alors progressivement, les surpressions résultant du chauffage étant absorbées au travers du conduit 510 de communication au dispositif 530 de
15 barbotage qui assure le maintien à une pression de 20 à 50 cm d'eau.

 Lorsque la température du four 100 a atteint une valeur d'environ 140°C correspondant à une libération significative des gaz contenus dans le matériau ligno-cellulosique : oxygène, acide acétique, benzopyrène, etc, une
20 deuxième phase b2 est enclenchée par l'ouverture de la vanne 431 du conduit 430 d'amenée desdits gaz au brûleur 400 où ils participent par leur propre combustion au chauffage de la cellule avec l'avantage supplémentaire de détruire l'oxygène produit, susceptible par ailleurs de provoquer l'inflammation spontanée de tout le volume de matériau ligno-cellulosique.

 Ainsi qu'on peut le voir sur la figure 3, le chauffage progressif jusqu'à
25 la température de maintien peut comporter des phases de refroidissement destinées à optimiser la montée en température du bois jusqu'au coeur, ceci par petites injections d'eau à l'aide des injecteurs 600 ou par l'intermédiaire de l'électronique de commande du brûleur 400.

 Après chauffage progressif, la température du four 100 est maintenue
30 à une valeur comprise entre 180 et 280°C jusqu'à une durée totale de 4 à 8 heures depuis le début de la phase a de séchage.

Pendant tout le déroulement de l'étape b, la concentration en oxygène est mesurée par des capteurs qui, au delà d'une teneur de 3%, provoquent une augmentation de la puissance du brûleur 400 ayant pour but d'accélérer l'élimination de l'oxygène en excès et d'éviter la mise à feu du matériau ligno-cellulosique.

A la fin de l'étape b, le brûleur 400 est coupé, la vanne 431 du conduit 430 d'amenée est fermée et la vanne 501 est ouverte de manière à évacuer vers l'extérieur la vapeur d'eau produite au cours de la dernière étape c de refroidissement par injection d'eau dans le foyer 110 à travers les injecteurs 600. Lorsque la température est descendue à 100°C, les portes du four 100 sont ouvertes, les produits traités peuvent alors être déchargés.

La figure 2 montre une variante du circuit de chauffage de la cellule de la figure 1 selon laquelle au premier brûleur 400 est ajouté un échangeur 440 de chaleur entre un deuxième brûleur 450 et le conduit amont 211. Ledit premier brûleur 400 n'est alimenté qu'avec de l'air et du gaz extérieur, et fonctionne jusqu'à 120°C par exemple, afin d'augmenter la température dans la cellule et de brûler l'oxygène présent. A partir de 120°C, le deuxième brûleur 450 qui reçoit par le conduit 430 d'amenée les gaz dégagés par le matériau ligno-cellulosique est mis en fonctionnement avec l'appoint d'air et de gaz extérieur avec l'avantage d'éviter l'injection de gaz supplémentaires conduisant à une augmentation de pression dans la cellule et une dilution des gaz réinjectés dans le deuxième brûleur 450 par le conduit 430.

L'échangeur 440 de chaleur peut être du type à circulation de fluide, comme sur la figure 2, ou encore par plaques.

Naturellement, le fonctionnement de la cellule de la figure 1 est géré par des moyens informatiques, tels qu'un micro-ordinateur associé à un logiciel approprié, aptes d'une part, à recevoir des informations numérisées provenant de capteurs de température, d'humidité et d'oxygène, et, d'autre part, à commander en fonction des informations reçues les différents organes de la cellule, à savoir le brûleur 400 et les vannes 501, 431 et 710, selon une

séquence représentative des étapes a, b et c dont les paramètres sont prédéterminés et stockés dans une mémoire desdits moyens informatiques.

Sur le plan industriel, une installation pour la mise en oeuvre du procédé de traitement, objet de l'invention, pourra comporter, en parallèle les
5 unes aux autres, une pluralité de cellules telles que celle qui vient d'être décrite en référence à la figure 1.

Il est également possible d'envisager une unité de traitement qui comprendrait en série des étages spécifiquement dédiés aux différentes étapes a, b et c du procédé conforme à l'invention, et qui seraient traversés
10 successivement par le matériau ligno-cellulosique, à savoir :

- un premier étage de séchage, en circuit ouvert, par élimination substantielle de l'eau contenue dans ledit matériau par chauffage jusqu'à une température de vaporisation de l'eau,
- un deuxième étage de chauffage progressif et de maintien, en circuit
15 fermé, à une température inférieure à la température de début de torréfaction du matériau ligno-cellulosique à traiter, les gaz dégagés dudit matériau participant comme combustibles audit chauffage progressif et audit maintien,
- un troisième étage de refroidissement en circuit ouvert par injection d'eau.

20 Ledit deuxième étage peut être divisé en deux parties correspondant aux phases b1 et b2 de l'étape b du procédé de l'invention, et donc comporter un premier compartiment de chauffage sous combustible extérieur jusqu'à une température de libération des gaz du matériau ligno-cellulosique, et un deuxième compartiment de chauffage et de maintien dans lequel les gaz
25 dégagés sont utilisés comme combustibles.

L'avantage d'une telle unité par rapport à la cellule de la figure 1 est que chaque étage ou compartiment est maintenu à une température donnée sans subir des cycles de chauffage et de refroidissement toujours coûteux en énergie.

30 Le schéma de la figure 4 montre une installation à circulation continue comportant deux étages 1 et 1'. Dans le premier étage 1', le matériau à traiter, plaquettes type barbecue par exemple, est stocké dans un

entonnoir 10' et transporté par une vis 11' à la base d'un four vertical 100' dans lequel il est séché (étape a du procédé de l'invention). Le foyer 110' du four 100' a une forme sensiblement cylindroconique et est entouré d'une chambre 140' latérale annulaire par laquelle le fluide caloporteur est amené sous l'action du ventilateur 210'. Ledit fluide caloporteur est chauffé par un brûleur 400' avec ses arrivées 410', 420' d'oxygène et de gaz et sort du foyer 110' par une tubulure 150' portant des trous de circulation.

La vapeur d'eau formée au cours de cette étape de séchage s'échappe vers l'extérieur par l'orifice 20' de sortie, tandis que le produit séché est déversé par la canalisation 30' dans l'entonnoir 10 du deuxième étage 1 de l'installation dans lequel le matériau ligno-cellulosique subit les étapes b et c du procédé de traitement haute température, objet de l'invention. Ce deuxième étage est constitué de manière tout à fait analogue au premier étage 1', si ce n'est que les gaz dégagés par le matériau sont récupérés et amenés par le conduit 430 au brûleur 400 où ils sont incinérés. En fin de traitement haute température, le produit est déversé par la canalisation 30 sur un convoyeur 40 transportant le matériau vers les injecteurs 600 de refroidissement.

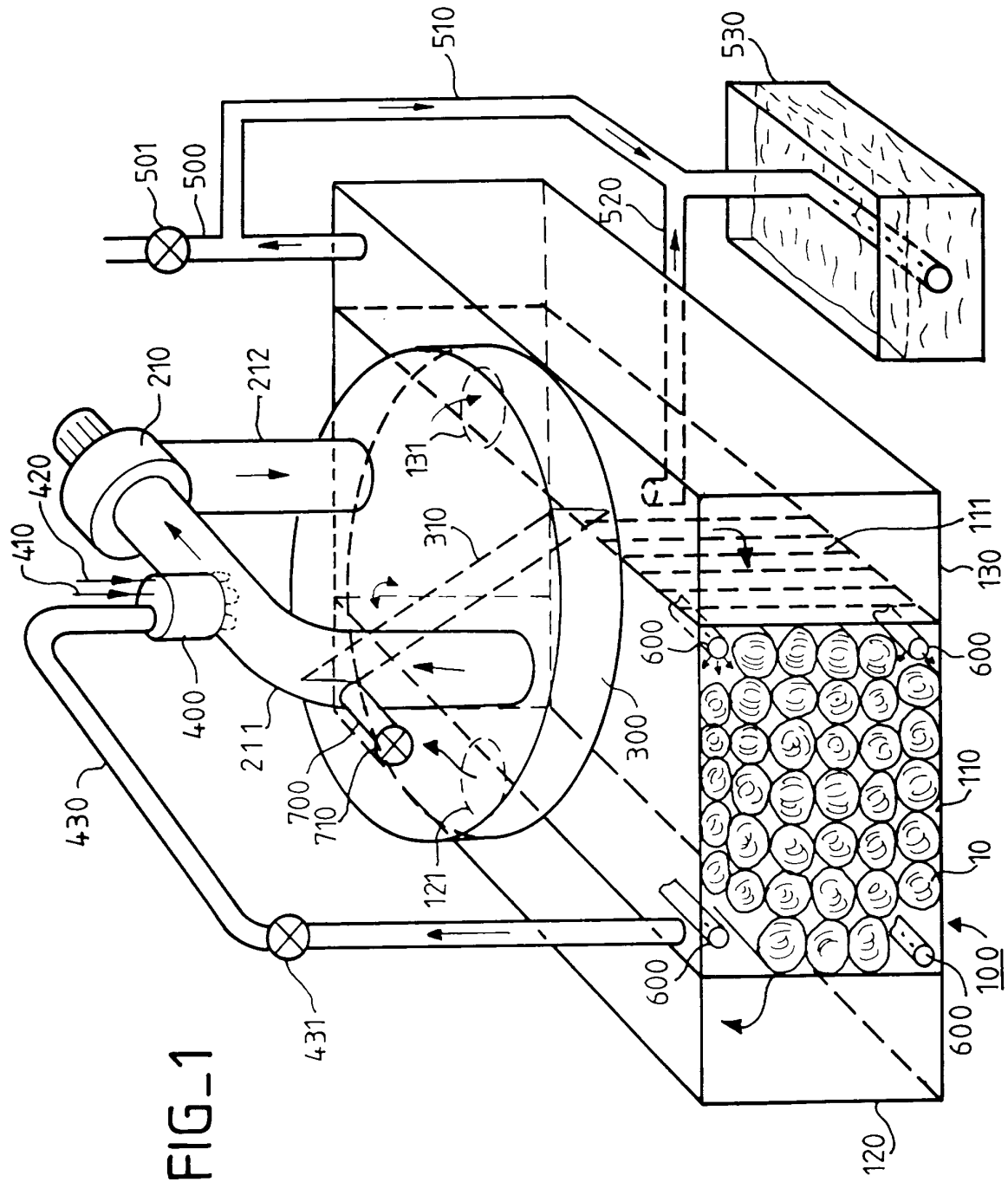
REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement haute température d'un matériau ligno-cellulosique, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :
 - a. séchage, en circuit ouvert, par élimination substantielle de l'eau contenue dans ledit matériau par chauffage jusqu'à une température de vaporisation de l'eau,
 - b. chauffage progressif et maintien, en circuit fermé, à une température inférieure à la température de début de torréfaction du matériau ligno-cellulosique à traiter, les gaz dégagés par ledit matériau participant comme combustibles audit chauffage progressif et audit maintien,
 - c. refroidissement en circuit ouvert par injection d'eau.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape a de séchage comporte des phases de refroidissement par injection d'eau.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape a de séchage est effectuée sous aspiration de vapeur d'eau.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que, dans l'étape b, le chauffage progressif comporte une première phase b1 de chauffage sous combustible extérieur jusqu'à une température de libération des gaz du matériau ligno-cellulosique, et une deuxième phase b2 de chauffage à laquelle participent les gaz dégagés.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit chauffage progressif comporte des phases de refroidissement.
6. Cellule pour la mise en oeuvre du procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend ;
 - un four (100) à circulation de fluide caloporteur,
 - au moins un circuit (210,211,212) de circulation forcée dudit fluide caloporteur,
 - au moins un brûleur (400) disposé en amont dudit circuit de circulation forcée,

- un conduit (430) d'amenée au brûleur (400) des gaz dégagés par le matériau ligno-cellulosique,
 - un conduit (500) d'évacuation extérieure de la vapeur d'eau formée dans le four (100),
 - 5 - des moyens (600) d'injection d'eau à l'intérieur du four (100).
7. Cellule pour la mise en oeuvre du procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend ;
- un four (100) à circulation de fluide caloporteur,
 - au moins un circuit (210,211,212) de circulation forcée dudit fluide
 - 10 caloporteur,
 - au moins un premier brûleur (400) disposé en amont dudit circuit de circulation forcée,
 - un échangeur (440) de chaleur entre un deuxième brûleur (450) et la conduite amont (211),
 - 15 - un conduit (430) d'amenée audit deuxième brûleur (450) des gaz dégagés par le matériau ligno-cellulosique,
 - un conduit (500) d'évacuation extérieure de la vapeur d'eau formée dans le four (100),
 - des moyens (600) d'injection d'eau à l'intérieur du four (100).
- 20 8. Cellule selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisée en ce qu'elle comporte un conduit (510) de communication du four (100) avec un dispositif (530) de barbotage.
9. Cellule selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens (300,310) de circulation forcée alternée
- 25 du fluide caloporteur.
10. Cellule selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisée en ce qu'elle comporte un conduit (520) de purge du four (100) amenant les goudrons produits jusqu'au dispositif (530) de barbotage.
11. Cellule selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisée
- 30 en ce qu'elle comporte une arrivée (700) d'air extérieur disposée en amont du circuit de circulation.

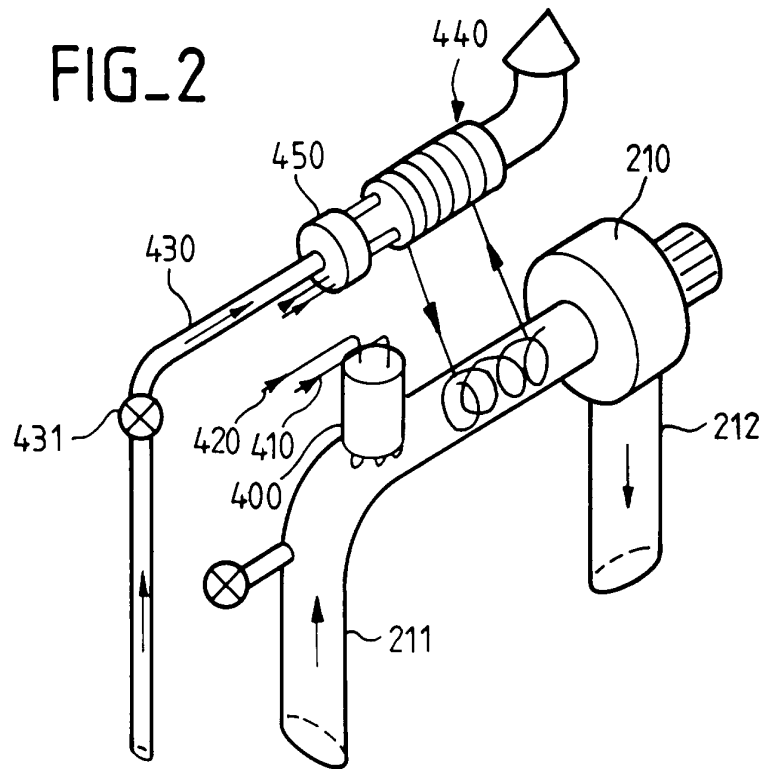
12. Cellule selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens informatiques aptes, d'une part, à recevoir des informations provenant de capteurs de température, d'humidité et d'oxygène, et, d'autre part, à commander en fonction desdites informations les organes de la cellule selon une séquence d'étapes dont les paramètres sont prédéterminés et stockés dans une mémoire desdits moyens informatiques.
13. Installation pour la mise en oeuvre du procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend en parallèle une pluralité de cellules selon l'une quelconque des revendications 6 à 12.
14. Unité pour la mise en oeuvre du procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend en série:
- un premier étage de séchage, en circuit ouvert, par élimination substantielle de l'eau contenue dans ledit matériau par chauffage jusqu'à une température de vaporisation de l'eau,
 - un deuxième étage de chauffage progressif et de maintien, en circuit fermé, à une température inférieure à la température de début de torréfaction du matériau ligno-cellulosique à traiter, les gaz dégagés dudit matériau participant comme combustibles audit chauffage progressif et audit maintien,
 - un troisième étage de refroidissement en circuit ouvert par injection d'eau.
15. Unité selon la revendication 14, caractérisée en ce que ledit deuxième étage comporte un premier compartiment de chauffage sous combustible extérieur jusqu'à une température de libération des gaz du matériau ligno-cellulosique, et un deuxième compartiment de chauffage et de maintien dans lequel les gaz dégagés sont utilisés comme combustibles.

1/3

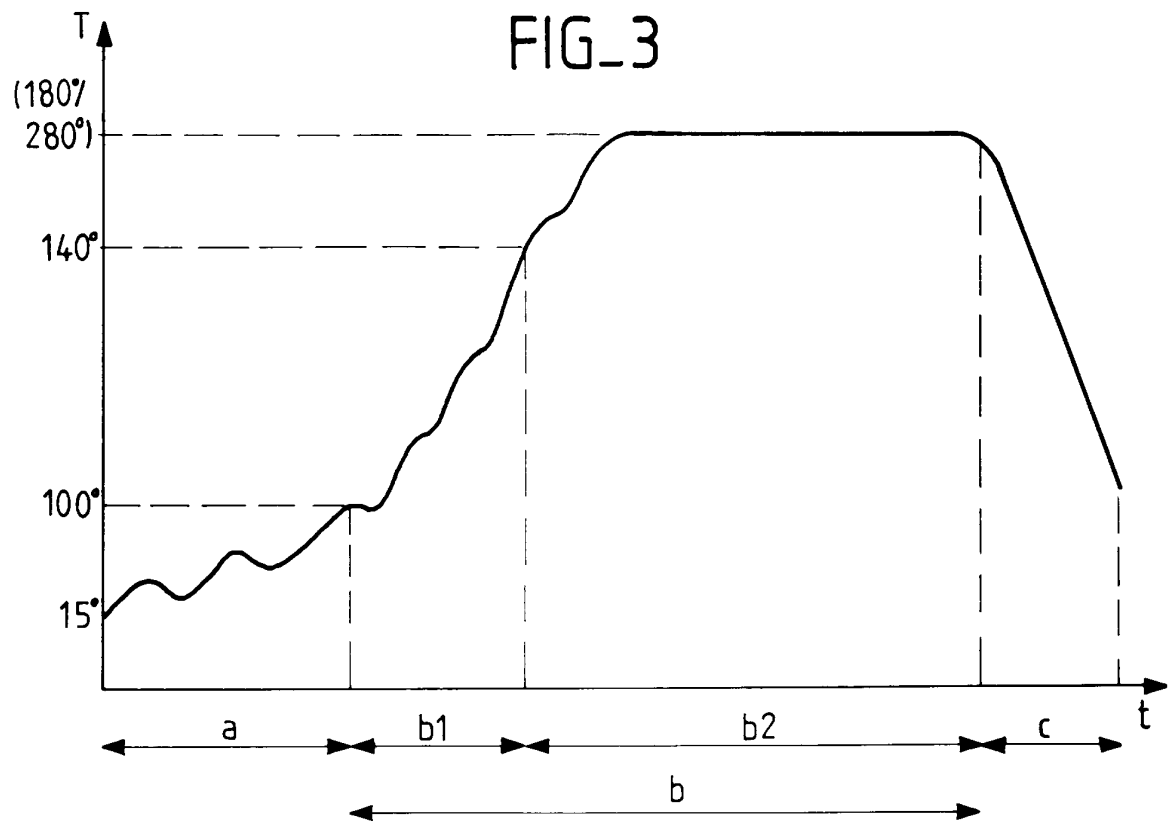


2/3

FIG_2



FIG_3



3/3

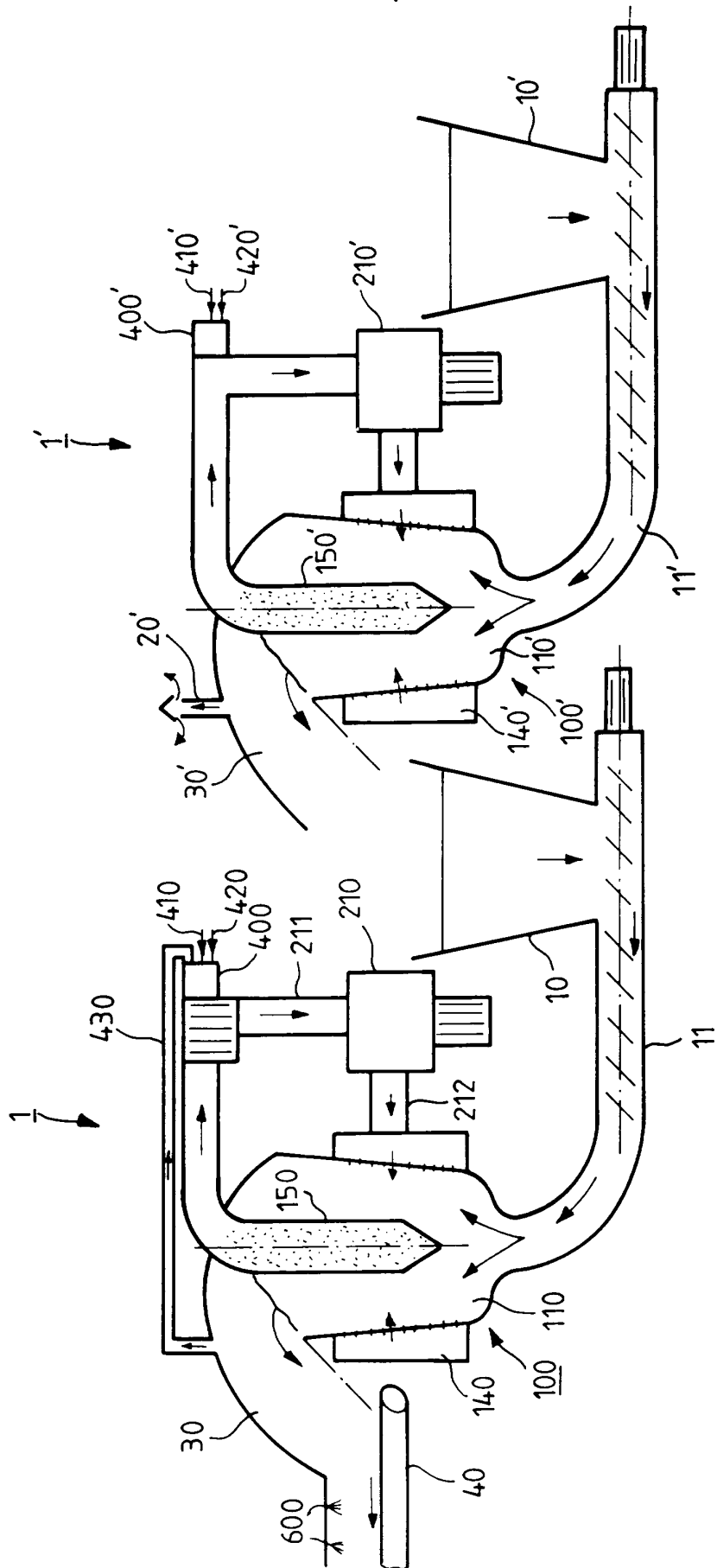


FIG-4

