



(11) **EP 3 063 487 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
29.11.2017 Bulletin 2017/48

(51) Int Cl.:
F27D 21/04 ^(2006.01) **F27B 13/14** ^(2006.01)
F27D 19/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14825373.5**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2014/052700

(22) Date de dépôt: **23.10.2014**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2015/063396 (07.05.2015 Gazette 2015/18)

(54) **PROCÉDÉ DE RÉGULATION D'UN FOUR À CHAMBRES À FEU(X) TOURNANT(S) POUR LA CUISSON DE BLOCS CARBONES**

VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES MEHRKAMMER-BRENNOFENS MIT ROTIERENDEM
FEUER ZUM BRENNEN VON KOHLENSTOFFBLÖCKEN

METHOD FOR REGULATING A ROTATING-FIRE MULTIPLE-CHAMBER FURNACE FOR BAKING
CARBONACEOUS BLOCKS

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **31.10.2013 FR 1360659**

(43) Date de publication de la demande:
07.09.2016 Bulletin 2016/36

(73) Titulaire: **Fives Solios
78231 Le Pecq (FR)**

(72) Inventeur: **FIOT, Nicolas
F-69300 Caluire et Cuire (FR)**

(74) Mandataire: **Cabinet Plasseraud
66, rue de la Chaussée d'Antin
75440 Paris Cedex 09 (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A1-2011/027042 WO-A1-2013/044968
FR-A1- 2 928 206**

EP 3 063 487 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative aux fours à chambres dits à "feu(x) tournant(s)", pour la cuisson de bloc carbonés, plus particulièrement d'anodes et de cathodes en carbone destinées à la production par électrolyse de l'aluminium. Elle a plus particulièrement pour objet une méthode et un dispositif d'optimisation du contrôle et de la sécurité de la combustion dans des lignes de cloisons d'un tel four à chambres.

[0002] Des fours à feu(x) tournant(s) pour cuire des anodes sont décrits notamment dans la demande de brevet WO2011027042 à laquelle on se reportera pour plus de précisions à leur sujet.

[0003] On rappelle cependant partiellement leur structure et leur fonctionnement, en référence aux figures 1, 2 et 3 ci-après, représentant respectivement une vue schématisée en plan de la structure d'un four à feu(x) tournant(s) et chambres ouvertes, à deux feux dans cet exemple, pour la figure 1, une vue partielle en perspective et coupe transversale avec arrachement représentant la structure interne d'un tel four, pour la figure 2 et une vue schématisée en coupe longitudinale le long d'une travée pour la figure 3.

[0004] Le four à cuire (FAC) 1 comprend deux cuvelages ou travées 1a et 1b parallèles, s'étendant selon l'axe longitudinal XX sur la longueur du four 1 et comportant chacun(e) une succession de chambres 2 transversales (perpendiculaires à l'axe XX), séparées les unes des autres par des murs transversaux 3. Chaque chambre 2 est constituée, dans sa longueur, c'est-à-dire dans la direction transversale du four 1, par la juxtaposition, en alternance, d'alvéoles 4, ouverts à leur partie supérieure, pour permettre le chargement des blocs carbonés à cuire et le déchargement des blocs cuits refroidis, et dans lesquels sont empilés les blocs carbonés 5 à cuire noyés dans une poussière carbonée, et des cloisons chauffantes creuses 6, à parois minces, généralement maintenues espacées par des entretoises 6a transversales. Les cloisons creuses 6 d'une chambre 2 sont dans le prolongement longitudinal (parallèle au grand axe XX du four 1) des cloisons creuses 6 des autres chambres 2 de la même travée 1a ou 1b, et les cloisons creuses 6 sont en communication les unes avec les autres par des lucarnes 7 à la partie supérieure de leurs parois longitudinales, en regard de passages longitudinaux ménagés à ce niveau dans les murs transversaux 3, de sorte que les cloisons creuses 6 forment des lignes de cloisons longitudinales, disposées parallèlement au grand axe XX du four et dans lesquelles vont circuler des fluides gazeux (air comburant, gaz combustibles et gaz et fumées de combustion) permettant d'assurer la préchauffe et la cuisson des anodes 5, puis leur refroidissement. Les cloisons creuses 6 comportent, en outre, des chicanes 8, pour allonger et répartir plus uniformément le trajet des gaz ou fumées de combustion et ces cloisons creuses 6 sont munies, à leur partie supérieure, d'ouvertures 9, dites « ouvreaux », obturables par des couver-

cles amovibles et ménagées dans un bloc de couronnement du four 1. Les deux travées 1a et 1b du four 1 sont mises en communication à leurs extrémités longitudinales par des carneaux de virage 10, qui permettent de transférer les fluides gazeux d'une extrémité de chaque ligne de cloisons creuses 6 d'une travée 1a ou 1b à l'extrémité de la ligne de cloisons creuses 6 correspondante sur l'autre travée 1b ou 1a, de sorte à former des boucles sensiblement rectangulaires de lignes de cloisons creuses 6.

[0005] Le principe d'exploitation des fours à feu(x) tournant(s), également dénommés fours « à avancement de feu(x) », consiste à amener un front de flammes à se déplacer d'une chambre 2 à une autre qui lui est adjacente au cours d'un cycle, chaque chambre 2 subissant successivement des stades de préchauffage, chauffage forcé, plein feu, puis refroidissement (naturel puis forcé).

[0006] La cuisson des anodes 5 est réalisée par un ou plusieurs feux ou groupes de feux (deux groupes de feux étant représentés sur la figure 1, dans une position dans laquelle l'un s'étend, dans cet exemple, sur treize chambres 2 de la travée 1a et l'autre sur treize chambres 2 de la travée 1b) qui se déplacent cycliquement de chambre 2 en chambre 2.

[0007] Chaque feu ou groupe de feux est composé de cinq zones successives A à E, qui sont, comme représenté sur la figure 1 pour le feu de la travée 1b, disposées successivement de l'aval vers l'amont par rapport au sens d'écoulement des fluides gazeux dans les lignes de cloisons creuses 6, et dans le sens contraire aux déplacements cycliques de chambre en chambre :

A) Une zone de préchauffage comportant, en se reportant au feu de la travée 1a, et en tenant compte du sens de rotation des feux indiqué par la flèche au niveau du carneau de virage 10 à l'extrémité du four 1 en haut sur la figure 1 :

- une rampe d'aspiration 11 équipée, pour chaque cloison creuse 6 de la chambre 2 au-dessus de laquelle cette rampe d'aspiration s'étend, d'un système de mesure et de réglage du débit des gaz et fumées de combustion par ligne de cloisons creuses 6, ce système pouvant comprendre, dans chaque pipe d'aspiration 11a qui est solidaire de la rampe d'aspiration 11 et débouchant dans cette dernière, d'une part, et, d'autre part, engagée dans l'ouverture 9 de l'une respectivement des cloisons creuses 6 de cette chambre 2, un volet d'obturation réglable pivoté par un actionneur de volet, pour le réglage du débit, ainsi qu'un débitmètre 12 mesurant le débit Q0 d'aspiration des fumées, légèrement en amont, dans la pipe 11a correspondante, un capteur de température 13 de mesure de la température T0 d'aspiration des fumées de combustion à l'aspiration, et un capteur de pression (non représenté) de mesure de la pression P0

- d'aspiration dans la pipe 11a correspondante, et
- une rampe de mesure de préchauffage 15, sensiblement parallèle à la rampe d'aspiration 11 en amont de cette dernière, généralement, au-dessus de la même chambre 2, et équipée de capteurs de température (thermocouples) et de capteurs de pression pour mesurer la pression statique P1 de préchauffage et la température T1 de préchauffage régnant dans chacune des cloisons creuses 6 de cette chambre 2 afin de pouvoir afficher et régler cette pression P1 et cette température T1 de la zone de préchauffage;

B) Une zone de chauffage comportant :

- plusieurs rampes de chauffage identiques 16, deux ou, de préférence, trois, comme représenté sur la figure 1 et la figure 3, ou davantage selon la durée de cycle ; chacune équipée de brûleurs ou d'injecteurs de combustible (liquide ou gazeux) et de capteurs de température (thermocouples), chacune des rampes 16 s'étendant au-dessus de l'une des chambres respectivement d'un nombre correspondant de chambres 2 adjacentes, de sorte que les injecteurs de chaque rampe de chauffage 16 sont engagés dans les ouvertures 9 des cloisons creuses 6 pour y injecter le combustible ;

C) Une zone de soufflage ou de refroidissement naturel comportant :

- une rampe dite de « point zéro » 17, s'étendant au-dessus de la chambre 2 immédiatement en amont de celle en dessous de la rampe de chauffage 16 la plus en amont, et équipée de capteurs de pression pour mesurer la pression régnant dans chacune des cloisons creuses 6 de cette chambre 2, afin de pouvoir régler cette pression, et
- une rampe de soufflage 18, équipée de moto ventilateurs munis d'un dispositif permettant le réglage du débit d'air ambiant insufflé dans chacune des cloisons creuses 6 d'une chambre 2 en amont de celle située sous la rampe de point zéro 17, de sorte que les débits d'air ambiant insufflés dans ces cloisons creuses 6 peuvent être régulés de sorte à obtenir une pression voulue (légère surpression ou légère dépression) au niveau de la rampe de point zéro 17 ;

D) Une zone de refroidissement forcé, qui s'étend sur trois chambres 2 en amont de la rampe de soufflage 18, et qui comporte, dans cet exemple, deux rampes de refroidissement 19 parallèles, chacune équipée de moto ventilateurs et de pipes de soufflage insufflant de l'air ambiant dans les cloisons creu-

ses 6 de la chambre 2 correspondante ; et

E) Une zone de travail, s'étendant en amont des rampes de refroidissement 19 et permettant l'enfournement et le défournement des anodes 5, et l'entretien des chambres 2.

[0008] En amont des rampes de chauffage 16, la rampe de soufflage 18 et la ou les rampe(s) de refroidissement forcé 19 comportent des pipes d'insufflation d'air de combustion alimentées par des moto ventilateurs, ces pipes étant connectées, via les ouvertures 9, aux cloisons creuses 6 des chambres 2 concernées. En aval des rampes de chauffage 16, on dispose de la rampe d'aspiration 11 pour extraire les gaz et fumées de combustion, désignés dans leur ensemble par les termes « fumées de combustion », qui circulent dans les lignes de cloisons creuses 6.

[0009] Le chauffage et la cuisson des anodes 5 sont assurés à la fois par la combustion du combustible (gazeux ou liquide) injecté, de manière contrôlée, par les rampes de chauffage 16, et, dans une mesure sensiblement égale, par la combustion de matières volatiles (telles que des hydrocarbures aromatiques polycycliques) du brai diffusées par les anodes 5 dans les alvéoles 4 des chambres 2 en zones de préchauffage et chauffage, ces matières volatiles, en grande partie combustible, diffusées dans les alvéoles 4 pouvant s'écouler dans les deux cloisons creuses 6 adjacentes par des passages ménagés dans ces cloisons, pour s'enflammer dans ces deux cloisons, grâce à de l'air comburant résiduel présent, à ce niveau, parmi les fumées de combustion dans ces cloisons creuses 6.

[0010] Ainsi, la circulation de l'air et des fumées de combustion s'effectue le long des lignes de cloisons creuses 6, et une dépression, imposée en aval de la zone de chauffage B par la rampe d'aspiration 11 à l'extrémité aval de la zone de préchauffage A, permet de contrôler le débit des fumées de combustion à l'intérieur des cloisons creuses 6, tandis que l'air provenant des zones de refroidissement C et D, grâce aux rampes de refroidissement 19 et surtout à la rampe de soufflage 18, est préchauffé dans les cloisons creuses 6, en refroidissant les anodes 5 cuites dans les alvéoles 4 adjacents, au cours de son trajet et sert de comburant lorsqu'il parvient dans la zone de chauffage B.

[0011] Au fur et à mesure que la cuisson des anodes 5 se produit, on fait avancer cycliquement (par exemples toutes les 24 heures environ) d'une chambre 2 l'ensemble des rampes 11, 15, 17, 18 et les équipements et appareillages de mesures et d'enregistrement associés. Pour les rampes de chauffage 16 et les rampes de refroidissement 19, seule la rampe la plus en amont est déplacée et mise devant les autres, chaque chambre 2 assurant ainsi, successivement, en amont de la zone de préchauffage A, une fonction de chargement des blocs carbonés crus 5, puis, dans la zone de préchauffage A, une fonction de préchauffage naturel par les fumées de

combustion du combustible et des vapeurs de brai qui quittent les alvéoles 4 en pénétrant dans les cloisons creuses 6, compte tenu de la dépression dans les cloisons creuses 6 des chambres 2 en zone de préchauffage A, puis, dans la zone de chauffage B ou de cuisson, une fonction de chauffage des blocs 5 à environ 1100°C, et enfin, dans les zones de refroidissement C et D, une fonction de refroidissement des blocs cuits 5 par l'air ambiant et, corrélativement, de préchauffage de cet air constituant le comburant du four 1, la zone de refroidissement forcé D étant suivie, dans le sens opposé au sens d'avancement du feu et de circulation des fumées de combustion, d'une zone E de déchargement des blocs carbonés 5 refroidis, puis éventuellement de chargement des blocs carbonés crus dans les alvéoles 4.

[0012] Les fumées de combustion extraites des feux par les rampes d'aspiration 11 sont collectées dans un conduit des fumées 20, par exemple un conduit cylindrique partiellement représenté sur la figure 2, avec un carneau des fumées 21 pouvant avoir une forme en plan en U (voir en pointillés sur la figure 1) ou pouvant faire le tour du four, et dont la sortie 22 dirige les fumées de combustion aspirées et collectées vers un centre de traitement des fumées (CTF) non représenté car ne faisant pas partie de l'invention.

[0013] Le procédé de régulation du FAC 1 comprend essentiellement la régulation en température et/ou en pression des zones de préchauffage A, chauffage B et soufflage ou refroidissement naturel C du four 1 en fonction de lois de consignes prédéfinies.

[0014] La régulation du FAC 1 tient compte d'une multitude de paramètres afin de respecter les bilans des transferts thermiques dans les cloisons. En effet, la cuisson des blocs carbonés doit respecter notamment une courbe de montée et de descente en température de cuisson entre la zone de préchauffage et la zone de travail, pour que la matière subisse les transformations adéquates et qu'au final les anodes obtenues présentent les caractéristiques mécaniques et électriques requises. La pression régnant dans les cloisons 6 creuses doit également rester, pour chaque cloison 6, sensiblement constante, ou au moins dans une plage de pression définie, tout au long d'un cycle.

[0015] Les paramètres à considérer sont nombreux, et un procédé de régulation de régulation du FLAC 1 doit permettre d'influer sur l'un ou l'autre des paramètres en fonction des mesures et garder un fonctionnement optimal du FAC 1.

[0016] La figure 3 illustre de manière schématique l'organisation du contrôle d'un FAC 1 selon l'état de la technique.

[0017] Une unité 23 centrale de contrôle permet de centraliser toutes les données fournies par les mesures, pour rendre compte du fonctionnement global du FAC 1.

[0018] Par exemple, les injecteurs des rampes de chauffage 16 sont régulés en fonction de la température dans les cloisons 6 de la zone de chauffage B. Plus précisément, des capteurs de température dans les cloisons

6 de la zone de chauffage B permettent de réguler en température chacune des rampes de chauffage 16, l'injection de combustible étant régulée notamment pour que la température dans les cloisons 6 dans la zone de chauffage B suive une courbe de montée en température prédéterminée. Sur la figure 3, le nombre de rampes de chauffage 16 est de trois, les rampes étant référencées HR1, HR2 et HR3, la température de la cloison associée à chaque rampe étant notée respectivement T4, T5 et T6. Chaque rampe de chauffage 16 est associée à un contrôleur 24 de type PID, eux-mêmes reliés à l'unité 23 centrale de contrôle. Les contrôleurs 24 récupèrent les mesures de température T4, T5 et T6 pour réguler les injecteurs.

[0019] De plus, la proportion d'air / combustible doit s'approcher au possible des proportions stoechiométriques, pour assurer la combustion aussi bien avec le combustible injecté par les rampes d'injection qu'avec les matières volatiles diffusées par la cuisson des blocs carbonés dans la zone de préchauffage A.

[0020] La pression régnant dans les cloisons 6 de chaque chambre 2 du FAC 1 doit également respecter une consigne. Par exemple, il est souhaitable de conserver, pour chaque cloison 6, une pression sensiblement constante tout au long d'un cycle de cuisson, ou au moins de conserver la pression dans une plage de valeurs. Notamment, la vitesse des ventilateurs de la rampe de soufflage 18 est réglée en fonction d'une valeur de pression Pzpr mesurée dans une cloison 6 en amont des rampes de chauffage 16, et notamment mesurée par la rampe de point zéro 17. Le volet de la rampe d'aspiration 11 est régulé en fonction d'une température T1 et/ou d'une pression P1 de préchauffage mesurée dans une cloison 6 de la zone de préchauffage A.

[0021] La température T1 de préchauffage dans une cloison 6 de la zone de préchauffage A est en particulier surveillée. La température dans la zone de préchauffage A doit permettre l'élimination des matières volatiles contenues dans le brai des blocs carbonés. Les gaz ou vapeurs résultant doivent alors être aspirés vers les cloisons 6 creuses et être brûlés immédiatement en présence de l'oxygène dans les fumées de combustion arrivant de la zone de chauffage B. En effet, ces gaz ou vapeurs risquent d'encrasser les équipements, et notamment les pipes d'aspiration 11a et les conduites qui mènent au centre de traitement des fumées. Les dépôts peuvent s'enflammer et endommager les équipements.

[0022] La rampe de mesure de préchauffage 15 permet alors d'obtenir des informations sur la température T1 de préchauffage régnant dans une cloison 6 en amont de la rampe d'aspiration 11 et en aval des rampes de chauffage 16, dans la zone de préchauffage A, et de surveiller la cuisson. Lorsque la température T1 de préchauffage ainsi mesurée s'écarte de trop d'une consigne, des interventions doivent être entreprises sur le FAC 1 pour ramener la température T1 mesurée par la rampe de mesure de préchauffage 15 à une valeur acceptable. Toutefois, les interventions ne doivent pas modifier la

circulation d'air dans les cloisons 6 de manière trop importante, car alors la cuisson des blocs n'est plus respectée. Ainsi, la température T1 de préchauffage mesurée par la rampe de mesure de préchauffage 15 est en fait régulée tout en maintenant la pression P1 de préchauffage mesurée par ladite rampe de mesure de préchauffage 15 dans une plage de pression prédéterminée, autour d'une valeur de consigne. A cet effet, la rampe de mesure de préchauffage 15 et la rampe d'aspiration 11 sont reliées à un même contrôleur 25 de type PID (Proportionnel Intégral Dérivé), lui-même également relié à l'unité 23 centrale de contrôle. L'ouverture du volet de la rampe d'aspiration 11 peut ainsi être régulée en fonction de la mesure de la pression P1 et de la température T1 de préchauffage parlé contrôleur 25.

[0023] La régulation de la température T1 de préchauffage dans une plage de pression P1 de préchauffage n'apporte pas complète satisfaction. En effet, la pression P1 de préchauffage, qui est en général une dépression, mesurée par la rampe de mesure de préchauffage 11 est une mesure statique, de sorte qu'elle ne permet pas de rendre compte d'un changement dans le débit du flux des fumées circulant dans les cloisons 6 du FAC 1.

[0024] Par exemple, un problème rencontré souvent dans un FAC 1 est le bouchage des cloisons 6. En effet, lorsqu'une cloison 6 est bouchée, même partiellement, la circulation des fumées est entravée. Le phénomène de bouchage peut avoir plusieurs origines, notamment l'accumulation de poussières carbonées provenant de la cuisson des blocs carbonés dans les alvéoles 4 et traversant les parois des cloisons, des débris venant encombrés les cloisons 6 ou encore la déformation des cloisons 6 venant perturber le flux des fumées.

[0025] Le bouchage peut avoir plusieurs effets indésirables. Tout d'abord, la courbe de température de cuisson n'est plus respectée. Surtout, les rampes de chauffage 16 continuant d'injecter du combustible dans les cloisons 6 et la rampe de soufflage 18 continuant de souffler de l'air comburant, l'accumulation de matière combustible volatile en amont du bouchon peut atteindre un niveau dangereux, et jusqu'à l'extrême produire une explosion dans le four.

[0026] Le phénomène de bouchage est donc d'autant plus dangereux lorsqu'il se produit en aval de la rampe de chauffage 16, après l'injection de combustible. Il est donc important de surveiller le phénomène de bouchage en aval de la rampe de chauffage 16.

[0027] Or, lorsqu'une cloison 6 d'une chambre 2 en amont de la rampe de mesure préchauffage 11 est bouchée, la pression P1 de préchauffage ne varie pas.

[0028] Ainsi, un dysfonctionnement du FAC 1 peut ne pas être visible par la mesure de la pression P1 de préchauffage. La régulation de la température T1 de préchauffage s'en trouve faussée.

[0029] Il est connu d'utiliser le débitmètre 12 sur la rampe d'aspiration 11 pour mesurer le débit Q0 d'aspiration. La mesure d'un débit fournit plus d'information que la mesure d'une pression, puisque le débit rend compte

des phénomènes dynamiques, de la circulation des fluides dans les cloisons 6.

[0030] Cependant, le débit Q0 d'aspiration est en général utilisé uniquement en tant qu'indice. En effet, il existe des phénomènes parasites qui peuvent survenir dans le FAC 1, qui faussent les mesures de débit. Le débit Q0 d'aspiration n'est donc pas un indicateur fiable.

[0031] Notamment, sur chaque travée 1a, 1b, dépendamment du stade d'avancement du cycle de cuisson, des chambres 2, situées en aval des chambres 2 de la zone de préchauffage A, ne sont pas utilisées. Les cloisons 6' de ces chambres sont dites mortes, car elles n'ont normalement aucune influence sur la cuisson en cours. Cependant, les cloisons mortes peuvent être source d'infiltrations d'air parasite, dit air arrière, dues à des défauts d'étanchéité. L'air arrière passe par les cloisons 6' mortes et atteint la rampe d'aspiration 11.

[0032] En outre, les parois des cloisons 6 sont poreuses, de sorte que dans la zone de préchauffage A notamment, là où la dépression statique est normalement la plus importante, de l'air venant de l'extérieur peut s'infiltrer par les parois des cloisons 6. La quantité d'air infiltré à travers les parois poreuses est d'autant plus importante que la dépression statique est importante.

[0033] Ainsi, les phénomènes parasites peuvent masquer une chute de débit des fumées due au bouchage, et empêcher de mettre en oeuvre les opérations nécessaires pour y remédier.

[0034] Un problème à la base de l'invention est donc la détermination de l'origine de l'air circulant dans les cloisons 6, à la base des mesures de pression, de température et de débit, afin de réguler le fonctionnement du FAC 1.

[0035] Il existe donc un besoin pour mettre au point un procédé de régulation du FAC 1 permettant de fiabiliser les mesures pour rendre compte du fonctionnement du FAC 1, sans pour autant perturber le fonctionnement du four, ni impliquer des coûts supplémentaires.

[0036] En particulier, il existe un besoin de mettre au point un procédé de régulation du FAC permettant d'identifier l'origine du débit passant par la rampe d'aspiration, notamment afin de rendre compte des infiltrations d'air parasite lors du bouchage ainsi que des entrées d'air arrière par les cloisons mortes.

[0037] A cet effet, selon un premier aspect, il est proposé un procédé de régulation d'un four à chambres dit « à feu(x) tournant(s) » pour la cuisson de blocs carbonés.

[0038] Le four comporte une succession de chambres s'étendant dans une zone de préchauffage, une zone de chauffage et une zone de refroidissement naturel, les chambres étant disposées en série selon l'axe longitudinal du four. Chaque chambre est constituée par la juxtaposition, transversalement audit axe longitudinal et en alternance, d'alvéoles dans lesquels sont disposés des blocs carbonés à cuire et de cloisons chauffantes creuses, les cloisons d'une chambre étant en communication et alignées avec les cloisons des autres chambres, pa-

rallèlement à l'axe longitudinal du four, en lignes de cloisons dans lesquelles circulent de l'air de refroidissement et comburant et des gaz de combustion. Une rampe d'aspiration est reliée à chacune des cloisons de la première chambre de la zone de préchauffage par l'une respectivement de pipes d'aspiration. L'air comburant nécessaire est en partie injecté par une rampe de soufflage de la zone de refroidissement naturel, reliée à au moins un ventilateur, et en partie infiltré par dépression à travers les lignes de cloison. Le combustible nécessaire à la cuisson des blocs carbonés est quant à lui en partie injecté par au moins une rampe de chauffage s'étendant chacune sur l'une respectivement d'au moins deux chambres adjacentes de la zone de chauffage, et apte à injecter du combustible dans chacune des cloisons de la chambre respective correspondante de la zone de chauffage.

[0039] Le four comprend en outre au moins un capteur de température pour mesurer une température de préchauffage dans la cloison d'une chambre de la zone de préchauffage, entre la rampe d'aspiration et la rampe de chauffage et comprend un débitmètre pour mesurer un débit d'aspiration de l'air et des fumées passant dans au moins une pipe d'aspiration.

[0040] Le four comprend de plus des moyens pour déterminer, directement ou indirectement, la pression de chauffage, dans la zone de chauffage, la température de préchauffage est régulée pour respecter une consigne tout en maintenant le débit d'aspiration dans une plage prédéterminée autour d'une valeur de consigne et tout en maintenant la pression de chauffage inférieure à une valeur minimale.

[0041] Selon un exemple de réalisation, le four comprend de plus au moins un capteur de température pour mesurer la température d'aspiration de l'air dans au moins une pipe d'aspiration, et dans lequel le débit d'aspiration mesuré dans la même pipe d'aspiration est un débit normé par la température d'aspiration.

[0042] Les moyens pour déterminer directement la pression dans une cloison de la zone de chauffage comprennent par exemple un capteur de pression de chauffage placé sur la au moins une rampe de chauffage pour mesurer la pression dans une cloison de la zone de chauffage.

[0043] En variante, les moyens pour déterminer indirectement la pression dans une cloison de la zone de chauffage comprennent un capteur de pression pour mesurer la pression dans la cloison de la chambre immédiatement en aval de zone de chauffage et un capteur de pression pour mesurer la pression dans la cloison de la chambre immédiatement en amont de zone de chauffage.

[0044] De préférence, le débitmètre pour mesurer le débit d'aspiration mesure le débit d'air et de fumées passant par une vantelle dans la pipe d'aspiration considérée.

[0045] Lorsque la pression de chauffage dépasse la valeur seuil minimale, une opération pour déboucher une

ou plusieurs cloisons (6) est mise avantageusement en oeuvre.

[0046] Tout autre opération dépendant de l'état de four déterminé grâce au nouveau procédé peut également être entreprise.

[0047] Selon un deuxième aspect, il est proposé un four à chambres dit « à feu(x) tournant(s) » pour la cuisson de blocs carbonés. Le four est celui présenté précédemment, et est particulièrement adapté pour que le procédé présenté ci-dessus y soit mis en oeuvre. Notamment, le four comporte des moyens pour déterminer directement la pression de chauffage dans la zone de chauffage comprenant au moins un capteur de pression de chauffage placé sur la au moins une rampe de chauffage pour mesurer la pression dans une cloison de la zone de chauffage. Le capteur de température de préchauffage peut alors être relié à la rampe d'aspiration, de sorte que le four est dépourvu de rampes dédiées exclusivement à des mesures.

[0048] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lumière de la description donnée ci-dessous à titre non limitatif, d'un exemple de réalisation décrit en référence à la figure 4 annexée, laquelle est une vue schématisée en coupe longitudinale le long d'une travée d'un FAC 1.

[0049] Le procédé de détection revendiqué est mis en oeuvre sur un four 1 tel que présenté sur les figures 1 et 2, et décrit en introduction, à l'aide d'un système de contrôle tel celui représenté schématiquement sur la figure 4.

[0050] Le procédé vise à utiliser la mesure du débit Q0 d'aspiration sur la rampe d'aspiration 11 pour réguler la température T1 de préchauffage mesurée dans une cloison 6 de la zone de préchauffage A : la température T1 de préchauffage est régulée dans une plage de débit Q0.

[0051] En effet, la mesure du débit d'aspiration Q0 est plus fiable que la mesure de la pression P1 de préchauffage sur la rampe de mesure de préchauffage 15 selon l'état de la technique car la rampe de mesure de préchauffage 15 mesure une dépression statique, ne rendant pas compte des changements de flux des fumées dans une cloison 6. Ainsi, la pression P1 de préchauffage mesurée par la rampe de mesure de préchauffage 15 ne varie pas ou très peu, lorsqu'une cloison est bouchée.

[0052] La mesure du débit Q0, au contraire, rend compte d'un changement dans le flux des fumées en cas de bouchage, à condition de déterminer l'origine du débit mesuré, et notamment de distinguer les entrées d'air parasite du flux des fumées de combustion.

[0053] Ainsi, le procédé objet des revendications propose d'utiliser en outre la détermination de la valeur de la pression de chauffage, dans une cloison 6 d'une chambre 2 de la zone de chauffage B, pour déduire l'état du fonctionnement du four.

[0054] La pression de chauffage peut être déterminée de manière directe ou de manière indirecte.

[0055] Par exemple, la pression de chauffage est directement mesurée sur au moins une rampe de chauffage 16, un capteur de pression étant placé au plus près

d'un injecteur de la rampe de chauffage 16 en question pour y mesurer une pression P4. Le capteur de pression peut être inséré dans l'ouvreau directement en amont de l'ouvreau par lequel l'injecteur de la rampe de chauffage 16 injecte le carburant dans la cloison 6.

[0056] La détermination de manière directe permet ainsi de supprimer la rampe de mesure de point zéro 17. Ainsi, même en ajoutant des capteurs de pression sur les rampes de chauffage 16, la suppression de la rampe de point zéro 17 permet de réaliser une économie matérielle substantielle.

[0057] En variante, la pression de chauffage peut être déterminée indirectement, au moyen d'une mesure de pression immédiatement en amont de la zone de chauffage B et par une mesure de pression immédiatement en aval de la zone de chauffage B. Par exemple, la rampe de point zéro 17 fournit une mesure de la dépression Pzpr dans une cloison 6 de la chambre 2 immédiatement en amont de la zone de chauffage B et un capteur de pression placé dans une cloison 6 de la chambre 2 de la zone de préchauffage B immédiatement en aval de la zone de chauffage B fournit une mesure de la dépression P3. Une corrélation entre ces deux mesures permet d'en déduire une pression de chauffage.

[0058] La valeur de la pression de chauffage peut être positive, ou négative. Dans ce dernier cas, on parle alors de dépression de chauffage.

[0059] Ainsi, que ce soit de manière directe ou de manière indirecte, la valeur de la pression de chauffage est connue.

[0060] Comme indiqué en introduction, le FAC 1 est régulé notamment en tenant compte de la température T1 de préchauffage mesurée par la rampe de mesure de préchauffage 15 dans une cloison 6 de la zone de préchauffage A.

[0061] Le débit Q0 mesuré par le débitmètre 12 caractérise le flux d'air et de fumées qui passe par la pipe d'aspiration 11a. L'air et les fumées mesurées ont trois origines :

- l'air arrière s'infiltrant par les cloisons mortes,
- l'air parasite s'infiltrant par les cloisons 6 dans la zone de préchauffage A,
- les fumées venant de la zone de chauffage B.

[0062] La prise en compte de la valeur de la pression de chauffage dans la zone de chauffage B permet de rendre compte de manière fiable de l'état du four.

[0063] En effet, la dépression dans la zone de chauffage B est moins importante que dans la zone de préchauffage A, si bien que les infiltrations d'air par les cloisons 6 dans la zone de chauffage B peuvent être considérées comme négligeable. Or, la pression dans la zone de chauffage B doit être la plus faible possible pour assurer une aspiration et la circulation des fumées. Ainsi, à partir du moment où la pression dans la zone de chauffage est supérieure à une valeur de consigne, on a un indicateur fort de présence d'un bouchon dans une cloi-

son 6.

[0064] Ainsi, il est possible à partir d'une variation de la valeur de la pression dans la zone de chauffage de déduire l'état du four. Grâce à la corrélation entre le débit Q0 et la dépression dans la zone de chauffage B, il en est déduit l'état du FAC 1, et notamment si une cloison 6 est bouchée. Des mesures peuvent être mises en oeuvre pour réguler la température T1 de préchauffage en conséquence.

[0065] Des indicateurs supplémentaires peuvent être utilisés en compléments, afin de fournir des indices sur l'état du four. Ces indicateurs peuvent servir d'indice quant à un dysfonctionnement, mais ne permettent pas de déterminer l'origine du dysfonctionnement.

[0066] Par exemple, la valeur de la température T0 dans la pipe d'aspiration 11a peut être utilisée comme indiquant que la cuisson ne se déroule pas comme prévue. Ainsi, une baisse de la température T0 peut indiquer que de l'air plus frais venant des cloisons mortes atteint la pipe d'aspiration 11a. Cependant, la température T0 baisse également lorsqu'une cloison 6 est bouchée et que l'air chaud venant de la zone de chauffage B n'atteint pas entièrement la zone de préchauffage A.

[0067] En fonctionnement nominal, c'est-à-dire sans entrées d'air parasite ni par les cloisons mortes, ni par infiltrations, la température T1 de préchauffage mesurée est maintenue, à un instant donné du cycle, à une valeur prédéterminée, avec éventuellement un intervalle de tolérance. La mesure du débit Q0 et la détermination de la pression dans la zone de chauffage B fournissent des valeurs nominales.

[0068] Lorsque de l'air arrière atteint la pipe d'aspiration 11a, la température T1 de préchauffage s'en trouve diminuée si le système maintient le même débit Q0.

[0069] L'apport d'air arrière arrivant à la pipe d'aspiration 11a résulte en une augmentation du débit d'aspiration Q0. En considérant la dépression P4 dans la zone de chauffage B, un opérateur peut s'assurer que la variation du débit n'est pas due à une cloison bouchée. La plage de valeurs autorisées pour le débit Q0 d'aspiration peut alors être modifiée pour tenir compte de cet apport d'air arrière et maintenir la température T1 de préchauffage à sa valeur nominale. Des opérations peuvent en outre être entreprises pour régler les défauts d'étanchéité des cloisons mortes.

[0070] Lorsqu'une cloison est bouchée, la température T1 dans la zone de préchauffage A diminue, du fait du défaut d'apport en fumées de la zone de chauffage B. Augmenter la puissance des injecteurs en espérant augmenter la température T1 n'est pas efficace, à cause du bouchon, en plus d'être dangereux, car augmentant les risques d'explosion, et de ne pas respecter la courbe de température dans la zone de chauffage B. Le débit Q0 ne peut être augmenté qu'en respectant une plage déterminée. Ainsi, même en augmentant la plage de valeurs autorisées pour le débit Q0, la température T1 n'atteint pas la valeur déterminée visée. En considérant la dépression P4 dans la zone de chauffage B, l'opérateur

peut constater une augmentation de la pression P4 de chauffage, indiquant que les fumées ne circulent pas correctement à cause de la présence d'un bouchon. Des opérations peuvent alors être entreprises pour retirer le bouchon.

[0071] La mesure de la pression P1 par la rampe de mesure de préchauffage 15 devient superflue. Ainsi, en ramenant le thermocouple mesurant la température T1 de préchauffage sur la rampe d'aspiration 11, la rampe de mesure de préchauffage 15 peut être supprimée.

[0072] Grâce à l'utilisation du débit Q0 d'aspiration et de la pression de la zone B de chauffage pour réguler le FAC 1, les risques liés à la formation de bouchon sont diminués. La sécurité du FAC 1 s'en trouve accrue.

[0073] La figure 4, illustrant un mode de réalisation d'un FAC 1 mettant en oeuvre le procédé de régulation décrit ci-dessus va maintenant être décrit plus en détail.

[0074] Les mêmes références que celles de la figure 3 désignent les mêmes éléments.

[0075] Le FAC 1 de la figure 4 comprend deux niveaux de contrôle pour réguler les différents paramètres du FAC 1.

[0076] Une unité 26 de contrôle de premier niveau est connectée à la rampe d'aspiration 11, et enregistre les mesures du débit Q0, de la pression P0 et de la température T0 d'aspiration dans au moins une pipe d'aspiration 11a. En pratique, chaque pipe d'aspiration de la rampe d'aspiration 11 est munie de moyens pour mesurer le débit, la pression et la température dans la pipe en question. La rampe de mesure de préchauffage de l'état de la technique est supprimée. Un thermocouple 27, mesurant la température T1 de préchauffage dans la cloison 6 de la chambre 2 au-dessus de laquelle la rampe d'aspiration 11 s'étend, est connecté à la rampe d'aspiration 11.

[0077] Selon un mode de réalisation du FAC 1, le débit dans chaque pipe 11a d'aspiration est contrôlé grâce à une vanne placée dans la pipe d'aspiration 11a. La vanne comprend une pluralité de volets, pivotant sur leurs axes, et exerçant le contrôle sur le débit Q0 d'aspiration. Le débit Q0 d'aspiration dans chaque pipe d'aspiration 11a est alors de préférence mesuré directement au niveau de la vanne de sorte qu'on s'assure que le débit Q0 mesuré est celui passant effectivement par le volet d'obturation réglable. Les pertes de charge de la vanne étant connues, le débit Q0 d'aspiration est mesuré avec une précision accrue par rapport à une mesure ailleurs dans la pipe d'aspiration 11a: En outre, l'encombrement dans la pipe d'aspiration 11a s'en trouve diminué.

[0078] En pratique, et comme illustré sur la figure 4, chacune des trois rampes de chauffage 6 comprend deux injecteurs par cloison 6 et un capteur de pression, placé en amont de l'injecteur le plus en amont de la rampe de chauffage 16. Il est ainsi obtenu trois mesures de pression P4, P5 et P6 de chauffage, associées chacune à une rampe 16 de chauffage pour déterminer la valeur de la pression de chauffage. La prise de mesure par les capteurs peut être synchronisée avec l'injection pour ne

pas endommager les capteurs si besoin. La pression de chauffage considérée peut alors être la moyenne des trois mesures P4, P5 et P6 ou une seule des mesures, par exemple celle s'écartant le plus de la valeur de consigne, peut être prise en compte.

[0079] L'unité 26 de contrôle de premier niveau est en outre connectée aux moyens de détermination de la dépression dans la zone de chauffage B. Selon l'exemple illustré, l'unité 26 de contrôle de premier niveau est connectée à des capteurs de pression associés à chaque injecteur, de manière à recueillir les mesures des dépressions P4, P5 et P6 dans les cloisons 6 de la zone de chauffage B. L'unité 26 de contrôle de premier niveau permet d'analyser les mesures recueillies et d'agir sur la rampe 11 d'aspiration pour réguler l'ouverture du volet.

[0080] De préférence, l'unité 26 de contrôle de premier niveau corrige la mesure du débit Q0 par la température T0 et la dépression P0 mesurée dans la pipe d'aspiration 11a. En effet, le débitmètre 12 utilisé est calibré pour donner une mesure du débit Q0 dans des conditions normales de pression et de température. Or, dans la pipe d'aspiration 11a, la température et la pression peuvent varier fortement, et ne correspondent de toute façon pas à ces conditions normales. En tenant compte de la température T0 et / ou de la pression P0 d'aspiration, il est possible de corriger la mesure du débit Q0 d'aspiration et obtenir des valeurs fiables.

[0081] L'unité 26 de contrôle de premier niveau est reliée à une unité 28 de contrôle de deuxième niveau, laquelle centralise les données de l'ensemble du four et prend des décisions sur la régulation du four. Par exemple, l'unité 28 de contrôle de deuxième niveau est reliée à un contrôleur 24 de chaque injecteur. L'unité 28 de contrôle de deuxième niveau effectue les calculs à partir des paramètres recueillies, et transmet les commandes aux contrôleurs 24 des injecteurs, afin de réguler les paramètres des injecteurs, et notamment l'ordre des injections par les injecteurs, le temps d'injection et la puissance d'injection.

[0082] La rampe de point zéro 17 de l'état de la technique est également supprimée. Le débit d'air ambiant insufflé dans chacune des cloisons creuses 6 par les moto-ventilateurs de la rampe de soufflage 18 est alors régulé en tenant compte des mesures de dépression dans la zone de chauffage B, et en particulier de la dépression P6 dans la cloison 6 la plus en amont de la zone de chauffage B.

[0083] A titre indicatif, le tableau 1 ci-dessous fournit des exemples de valeurs numériques pour la plage prédéterminée de valeurs autorisées pour le débit Q0 d'aspiration et pour les pressions P4, P5, P6 de chauffage associées aux rampes de chauffage 16, telles qu'attendues tout au long d'un cycle. Il est également indiqué dans le tableau 1, pour les températures T4, T5, T6 mesurées respectivement sous une des rampes de chauffage 16 du FAC 1, les valeurs de début de cycle et de fin de cycle correspondant à celles attendues dans le cadre d'un fonctionnement nominal du FAC 1.

[0084] Le tableau 1 est réalisé dans le cas où, au cours d'un cycle de cuisson, la température T1 de préchauffage varie de 350°C au début du cycle à 900°C en fin de cycle. Les valeurs numériques dépendent en pratique de la durée du cycle, des anodes et des caractéristiques du FAC 1.

Tableau 1

Débit Q0 d'aspiration	1400 à 2900 Nm ³ /h
Pression P6	de -20 Pa à +20 Pa
Pression P5	de -40 Pa à 0 Pa
Pression P4	de -60 Pa à -20 Pa
Température T6	de 750 °C à 1150 °C
Température T5	de 950 °C à 1220 °C
Température T4	de 1000 °C à 1220 °C

(N.B : le débit en Nm³/h correspond à la mesure du débit Q0 normalisée, c'est-à-dire avec correction par la température T0 et la pression P0 d'aspiration) Le tableau 2 ci-dessous donne des exemples de valeurs, à un instant donné, pour la température T0 dans une pipe d'aspiration 11a considérée, pour la température T1 dans une cloison de la zone de préchauffage A, pour la dépression P0 dans la pipe d'aspiration 11a considérée, pour la pression P4 dans une cloison 6 de la zone de chauffage. B et pour le débit Q0 dans la pipe d'aspiration 11a considérée, selon trois modes de fonctionnement:

- nominal : le fonctionnement du four est nominal,
- air arrière : de l'air infiltré par les cloisons mortes atteint la pipe 11a d'aspiration,
- bouchon : au moins une cloison 6 est au moins partiellement bouchée.

Tableau 2

	Nominal	Air arrière	Bouchon
T1 (°C)	750	750	650
T0 (°C)	400	300	300
P0 (Pa)	-200	-400	-400
P4 (Pa)	-40	-40	-10
Q0 (Nm³/h)	1500	2000	2000

[0085] Le tableau 2 illustre ainsi que lorsque des infiltrations d'air arrière se produisent, la température T1 de préchauffage ne varie pas, car l'air arrière n'atteint pas cette portion du four. Cependant, l'air arrière atteint la pipe d'aspiration, de sorte que la température T0 et la pression P0 dans la pipe d'aspiration chutent. Le débit Q0 dans la pipe d'aspiration peut être augmenté pour aspirer l'air arrière et continuer de maintenir le débit néces-

saire dans le four pour assurer le maintien de la température T1 de préchauffage.

[0086] Lorsqu'un bouchon se forme dans une cloison 6 du four, la température T1 de préchauffage diminue. La température T0 dans la pipe d'aspiration diminue également. Même en augmentant le débit jusqu'à la valeur maximale autorisée à l'instant donné, la température T1 de préchauffage ne retrouve pas sa valeur nominale: La pression P4 dans la zone de chauffage a toutefois augmentée, sortant de la plage de valeurs autorisées indiquées dans le tableau 1, est indiquant donc la présence d'un bouchon.

[0087] La connexion entre les différents équipements et les moyens de contrôle du FAC 1 peut être effectuée au moyen d'un réseau filaire et / ou du type Wi-Fi.

[0088] Grâce au nouveau procédé de contrôle, la sécurité du FAC 1 est renforcée, car elle permet de détecter de manière plus fiable que dans l'état de la technique des dysfonctionnements à risque, notamment des bouchons dans les cloisons.

[0089] En outre, le nouveau procédé permet de simplifier le four, en supprimant la rampe de mesure de préchauffage 11 et la rampe de point zéro 17 des fours de l'état de la technique. Ainsi, le four 1 peut avantageusement se trouver dépourvu de toute rampe exclusivement dédiée à des mesures, comme le sont la rampe de mesure de préchauffage 11 et la rampe de mesure de point zéro 17.

Revendications

1. Procédé de régulation d'un four (1) à chambres dit « à feu(x) tournant(s) » pour la cuisson de blocs carbonés (5), ledit four (1) comportant une succession de chambres (2) s'étendant dans une zone de préchauffage (A), une zone de chauffage (B) et une zone de refroidissement naturel (C), les chambres (2) étant disposées en série selon l'axe longitudinal (XX) du four (1), chaque chambre (2) étant constituée par la juxtaposition, transversalement audit axe longitudinal (XX) et en alternance, d'alvéoles (4) dans lesquels sont disposés des blocs carbonés (5) à cuire et de cloisons (6) creuses, les cloisons (6) d'une chambre (2) étant en communication et alignées avec les cloisons (6) des autres chambres (2), parallèlement à l'axe longitudinal (XX) du four (1), en lignes de cloisons (6) dans lesquelles circulent de l'air de refroidissement et comburant et des gaz de combustion, une rampe d'aspiration (11) étant reliée à chacune des cloisons (6) d'une première chambre (2) de la zone de préchauffage (A) par l'une respectivement de pipes d'aspiration (11a), l'air comburant nécessaire étant en partie injecté par une rampe de soufflage (18) de la zone de refroidissement naturel (C), reliée à au moins un ventilateur, et en partie infiltré par dépression à travers les lignes de cloisons (6), et le combustible nécessaire à la cuisson des

- blocs carbonés (5) étant en partie injecté par au moins une rampe (16) de chauffage s'étendant chacune sur l'une respectivement d'au moins deux chambres (2) adjacentes de la zone de chauffage, et apte à injecter du combustible dans chacune des cloisons (6) de la chambre (2) respective correspondante de la zone de chauffage (B), ledit four comprenant en outre au moins un capteur de température pour mesurer une température (T1) de préchauffage dans la cloison (6) d'une chambre (2) entre la rampe d'aspiration (11) et la rampes de chauffage (16) et un débitmètre (12) pour mesurer un débit d'aspiration (Q0) de l'air et des fumées passant dans au moins une pipe d'aspiration (11a), le procédé étant **caractérisé en ce que** le four comprend de plus des moyens (P3, P4, P5, P6, Pzpr) pour déterminer, directement ou indirectement, la pression de chauffage, dans la zone de chauffage (B), le procédé comprenant une étape de régulation de la température (T1) de préchauffage pour respecter une consigne tout en maintenant le débit d'aspiration (Q0) dans une plage prédéterminée autour d'une valeur de consigne et tout en maintenant la pression de chauffage inférieure à une valeur seuil minimale
2. Procédé de régulation selon la revendication 1, dans lequel le four (1) comprend de plus au moins un capteur de température pour mesurer la température d'aspiration (T0) de l'air dans au moins une pipe (11a) d'aspiration, et dans lequel le débit d'aspiration (Q0) mesuré dans la même pipe d'aspiration (11a) est un débit normé par la température d'aspiration (T0).
 3. Procédé de régulation selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel les moyens pour déterminer, directement ou indirectement, la pression dans une cloison (6) de la zone de chauffage (B) comprennent un capteur de pression de chauffage (P4, P5, P6) placé sur la au moins une rampe de chauffage (16) pour mesurer la pression dans une cloison (6) de la zone de chauffage (B), la pression dans la zone de chauffage (B) étant alors déterminée directement.
 4. Procédé de régulation selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel les moyens pour déterminer, directement ou indirectement, la pression dans une cloison (6) de la zone de chauffage (B) comprennent un capteur de pression pour mesurer la pression dans la cloison (6) de la chambre (2) immédiatement en aval de zone de chauffage (B) et un capteur de pression pour mesurer la pression dans la cloison (6) de la chambre (2) immédiatement en amont de zone de chauffage (B).
 5. Procédé de régulation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le débitmètre (12)

pour mesurer le débit (Q0) d'aspiration mesure le débit d'air et de fumées passant par une vantelle dans la pipe d'aspiration (11a) considérée.

6. Procédé de régulation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, lorsque la pression de chauffage dépasse la valeur seuil minimale, une opération pour déboucher une ou plusieurs cloisons (6) est mise en oeuvre.
7. Four (1) à chambres dit « à feu(x) tournant(s) » pour la cuisson de blocs carbonés (5), spécialement conçu pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, le four (1) étant **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens (P4, P5, P6) pour déterminer directement la pression de chauffage dans la zone (B) de chauffage qui comprennent au moins un capteur de pression de chauffage (P4, P5, P6) placé sur la au moins une rampe de chauffage (16) pour mesurer la pression dans une cloison (6) de la zone de chauffage (B) et **en ce qu'un** capteur de température (T1) de préchauffage est relié à la rampe d'aspiration (11), de sorte que le four (1) est dépourvu de rampes dédiées exclusivement à des mesures.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Mehrkammer-Brennofens (1) "mit rotierendem Feuer" zum Brennen von Kohlenstoffblöcken (5), wobei der Ofen (1) eine Aufeinanderfolge von Kammern (2) umfasst, die sich in einer Vorheizzone (A), einer Heizzone (B) und einer natürlichen Kühlzone (C) erstrecken, wobei die Kammern (2) in Reihe entlang der Längsachse (XX) des Ofens (1) angeordnet sind, wobei jede Kammer (2) durch die quer zur Längsachse (XX) verlaufende und abwechselnde Aneinanderreihung von Zellen (4), in denen zu brennende Kohlenstoffblöcke (5) angeordnet sind, und Hohlwänden (6) gebildet wird, wobei die Wände (6) einer Kammer (2) mit den Wänden (6) der anderen Kammern (2) in Kommunikation stehen und parallel zur Längsachse (XX) des Ofens (1) in Wandreihen (6) ausgerichtet sind, in denen Kühl- und Verbrennungsluft und Verbrennungsgase zirkulieren, wobei eine Ansaugrampe (11) jeweils durch einen Ansaugstutzen (11a) mit jeder Wand (6) einer ersten Kammer (2) der Vorheizzone (A) verbunden ist, wobei die notwendige Verbrennungsluft zum Teil durch eine Blasrampe (18) der natürlichen Kühlzone (C), die mit mindestens einem Ventilator verbunden ist, eingespritzt wird und zum Teil durch Unterdruck über die Wandreihen (6) eindringt und wobei der zum Brennen der Kohlenstoffblöcke (5) notwendige Brennstoff zum Teil durch mindestens eine Heizrampe (16) eingespritzt wird, die sich jeweils über eine von mindestens zwei benachbarten

Kammern (2) der Heizzone erstreckt und geeignet ist, Brennstoff in jede der Wände (6) der jeweiligen entsprechenden Kammer (2) der Heizzone (B) einzuspritzen, wobei der Ofen außerdem mindestens einen Temperaturfühler zur Messung einer Vorheiztemperatur (T1) in der Wand (6) einer Kammer (2) zwischen der Ansaugrampe (11) und den Heizrampen (16) und einen Mengenmesser (12) zur Messung einer Ansaugmenge (Q0) der mindestens einen Ansaugstutzen (11a) durchströmenden Luft und Rauchgase umfasst, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** der Ofen außerdem Mittel (P3, P4, P5, P6, Pzpr) zur direkten oder indirekten Bestimmung des Heizdrucks in der Heizzone (B) umfasst, wobei das Verfahren einen Schritt zur Regelung der Vorheiztemperatur (T1) umfasst, um einen Sollwert einzuhalten und gleichzeitig die Ansaugmenge (Q0) in einem vorbestimmten Bereich um einen Sollwert herum zu halten und gleichzeitig den Heizdruck unterhalb eines minimalen Schwellenwertes zu halten.

2. Regelungsverfahren nach Anspruch 1, wobei der Ofen (1) außerdem mindestens einen Temperaturfühler zur Messung der Ansaugtemperatur (T0) der Luft in mindestens einem Ansaugstutzen (11a) umfasst und wobei die im selben Ansaugstutzen (11a) gemessene Ansaugmenge (Q0) eine durch die Ansaugtemperatur (T0) normierte Menge ist.
3. Regelungsverfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Mittel zur direkten oder indirekten Bestimmung des Drucks in einer Wand (6) der Heizzone (B) einen an der mindestens einen Heizrampe (16) angebrachten Heizdruckfühler (P4, P5, P6) zur Messung des Drucks in einer Wand (6) der Heizzone (B) umfassen, wobei der Druck in der Heizzone (B) dann direkt bestimmt wird.
4. Regelungsverfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Mittel zur direkten oder indirekten Bestimmung des Drucks in einer Wand (6) der Heizzone (B) einen Druckfühler zur Messung des Drucks in der Wand (6) der Kammer (2) unmittelbar unterhalb der Heizzone (B) und einen Druckfühler zur Messung des Drucks in der Wand (6) der Kammer (2) unmittelbar oberhalb der Heizzone (B) umfassen.
5. Regelungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Mengenmesser (12) zur Messung der Ansaugmenge (Q0) die Luft- und Rauchgasmenge misst, die durch ein Ventil im betreffenden Ansaugstutzen (11a) strömt.
6. Regelungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Vorgang zur Öffnung einer oder mehrerer Wände (6) durchgeführt wird, wenn

der Heizdruck den minimalen Schwellenwert überschreitet.

7. Mehrkammer-Brennofen (1) "mit rotierendem Feuer" zum Brennen von Kohlenstoffblöcken (5), der speziell für die Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche konzipiert ist, wobei der Ofen (1) **dadurch gekennzeichnet ist, dass** er Mittel (P4, P5, P6) zur direkten Bestimmung des Heizdrucks in der Heizzone (B) umfasst, die mindestens einen an der mindestens einen Heizrampe (16) angebrachten Heizdruckfühler (P4, P5, P6) zur Messung des Drucks in einer Wand (6) der Heizzone (B) umfassen, und dadurch, dass ein Vorheiztemperaturfühler (T1) so mit der Ansaugrampe (11) verbunden ist, dass der Ofen (1) keine ausschließlich für Messungen vorgesehenen Rampen aufweist.

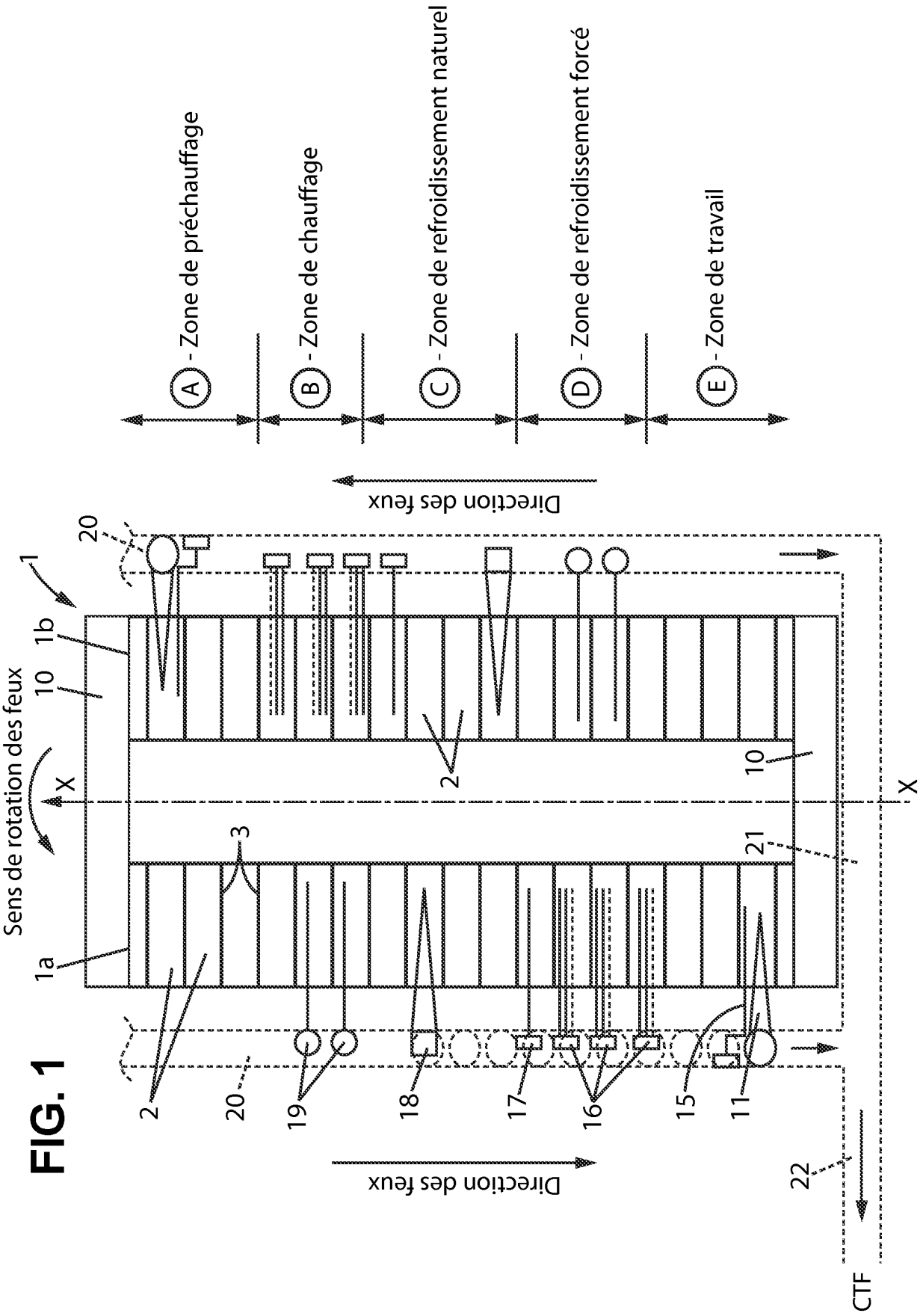
Claims

1. Method for regulating a multi-chamber furnace (1) having "rotary fires" or "advancing fires" for the baking of carbonaceous blocks (5), said furnace (1) comprising a succession of chambers (2) extending in a preheating zone (A), a heating zone (B), and a natural cooling zone (C), the chambers (2) being arranged in series along the longitudinal axis (XX) of the furnace (1), each chamber (2) being formed of, side by side and transverse to said longitudinal axis (XX), pits (4) in which carbonaceous blocks (5) to be baked are stacked, alternating with hollow partitions (6), the partitions (6) of a chamber (2) being interconnected and aligned with the partitions (6) of other chambers (2), parallel to the longitudinal axis (XX) of the furnace (1), in lines of partitions (6) within which cooling air and combustion air and combustion gases circulate, an exhaust ramp (11) being connected to each of the partitions (6) of a first chamber (2) of the preheating zone (A) by a respective one of exhaust pipes (11a), the required combustion air being partly injected by a blowing ramp (18) of the natural cooling zone (C), connected to at least one fan, and partly infiltrates through the lines of partitions (6) due to the negative pressure, and the fuel needed for baking carbonaceous blocks (5) being partly injected by at least one heating ramp (16) each extending over a respective one of at least two adjacent chambers (2) of the heating zone, and adapted to inject fuel into each of the partitions (6) of the respective corresponding chamber (2) of the heating zone (B), said furnace further comprising at least one temperature sensor for measuring a preheating temperature (T1) in the partition (6) of a chamber (2) between the exhaust ramp (11) and the heating ramps (16) and a flow meter (12) for measuring an extraction flow rate (Q0) of the air and gases passing through at least one exhaust pipe (11a), the method

being **characterized in that** the furnace further comprises means (P3, P4, P5, P6, PZPR) for directly or indirectly determining the heating pressure in the heating zone (B), said method comprising a step of regulating the preheating temperature (T1) to remain at a setpoint while maintaining the extraction flow rate (Q0) within a predetermined range around a setpoint value and while keeping the heating pressure below a minimum threshold value.

2. Regulating method according to claim 1, wherein the furnace (1) further comprises at least one temperature sensor to measure the exhaust temperature (T0) of the air in at least one exhaust pipe (11a), and wherein the extraction flow rate (Q0) measured in the same exhaust pipe (11a) is a flow rate normalized according to the exhaust temperature (T0).
3. Regulating method according to claim 1 or claim 2, wherein the means for directly or indirectly determining the pressure in a partition (6) of the heating zone (B) comprise a heating pressure sensor (P4, P5, P6) placed on the at least one heating ramp (16) in order to measure the pressure in a partition (6) of the heating zone (B), the pressure in the heating zone (B) then being determined directly.
4. Regulating method according to claim 1 or claim 2, wherein the means for directly or indirectly determining the pressure in a partition (6) of the heating zone (B) comprise a pressure sensor for measuring the pressure in the partition (6) of the chamber (2) immediately downstream of the heating zone (B) and a pressure sensor for measuring the pressure in the partition (6) of the chamber (2) immediately upstream of the heating zone (B).
5. Regulating method according to one of the preceding claims, wherein the flow meter (12) for measuring the extraction flow rate (Q0) measures the flow rate of air and gases passing through a small valve in the exhaust pipe (11a) in question.
6. Regulating method according to any one of the preceding claims, wherein, when the heating pressure exceeds the minimum threshold value, an operation to unclog one or more partitions (6) is implemented.
7. Multi-chamber furnace referred to as a ring furnace having "rotary fires" or "advancing fires" for the baking of carbonaceous blocks (5) specifically designed for implementing the method according to one of the preceding claims, said furnace (1) being **characterized in that** it comprises means (P4, P5, P6) for directly determining the heating pressure in the heating zone (B) which comprise at least one heating pressure sensor (P4, P5, P6) placed on the at least one heating ramp (16) in order to measure the pres-

sure in a partition (6) of the heating zone (B), and **in that** a preheating temperature sensor (T1) is connected to the exhaust ramp (11) so that the furnace (1) has no ramps dedicated exclusively to measurements.



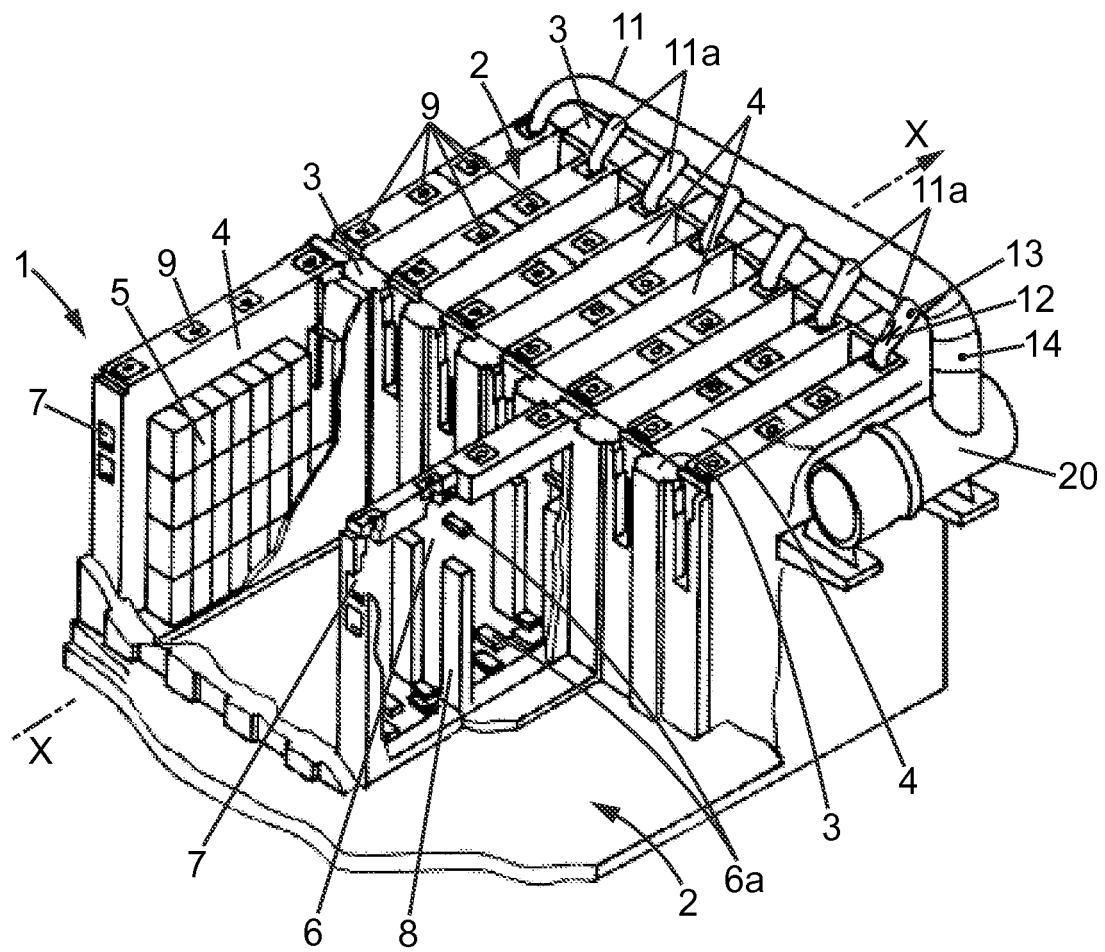
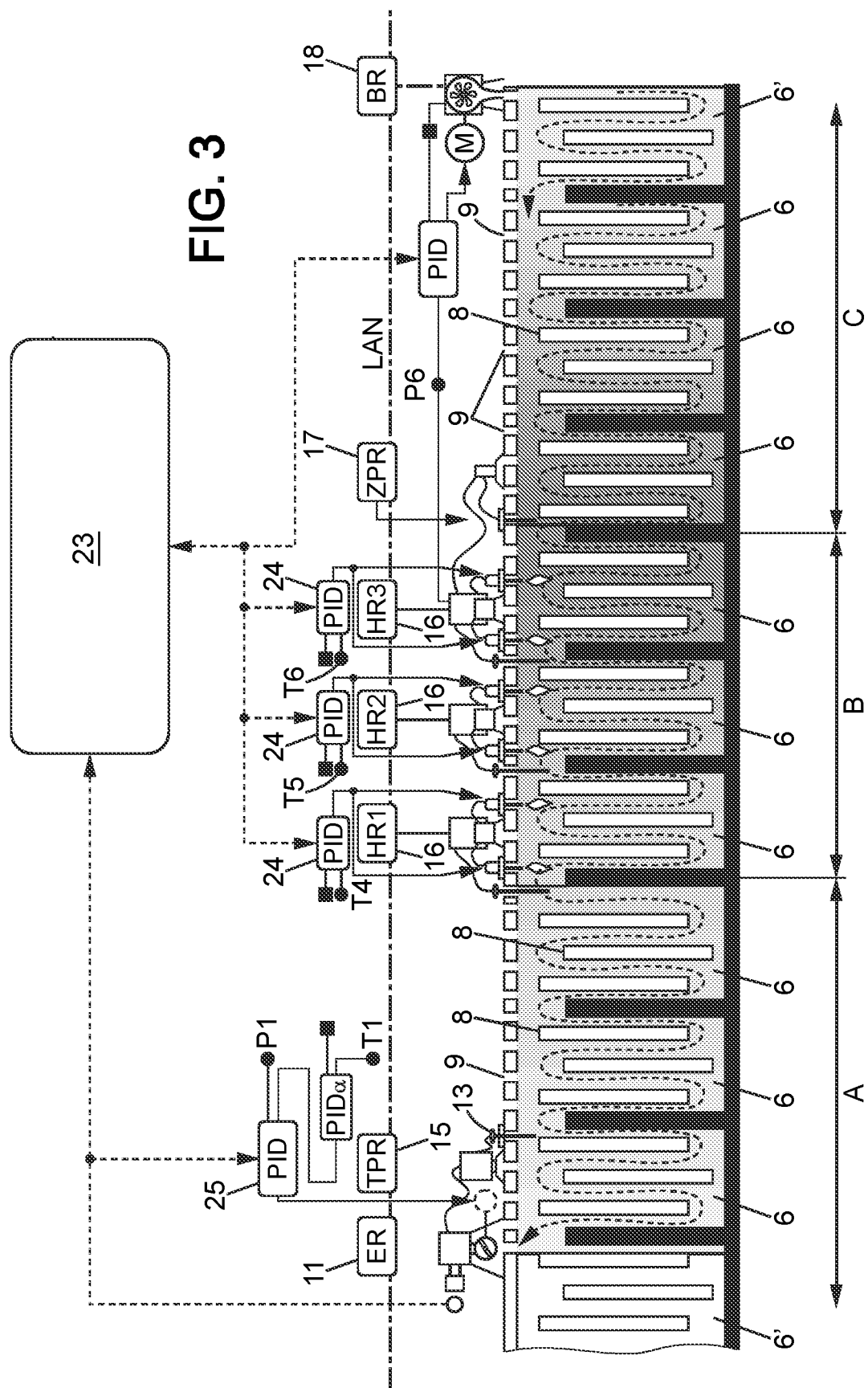
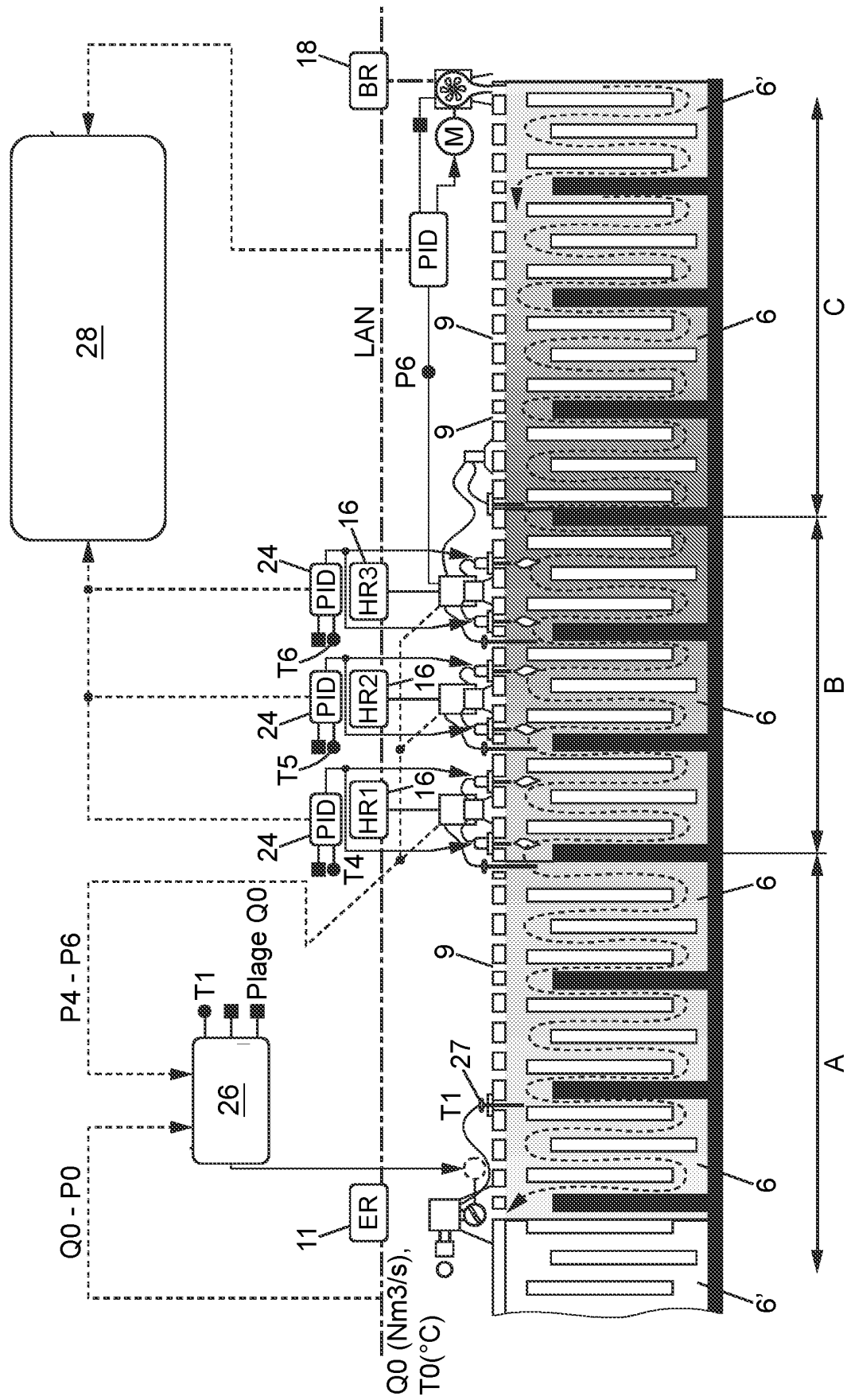


FIG. 2

FIG. 3





RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2011027042 A [0002]