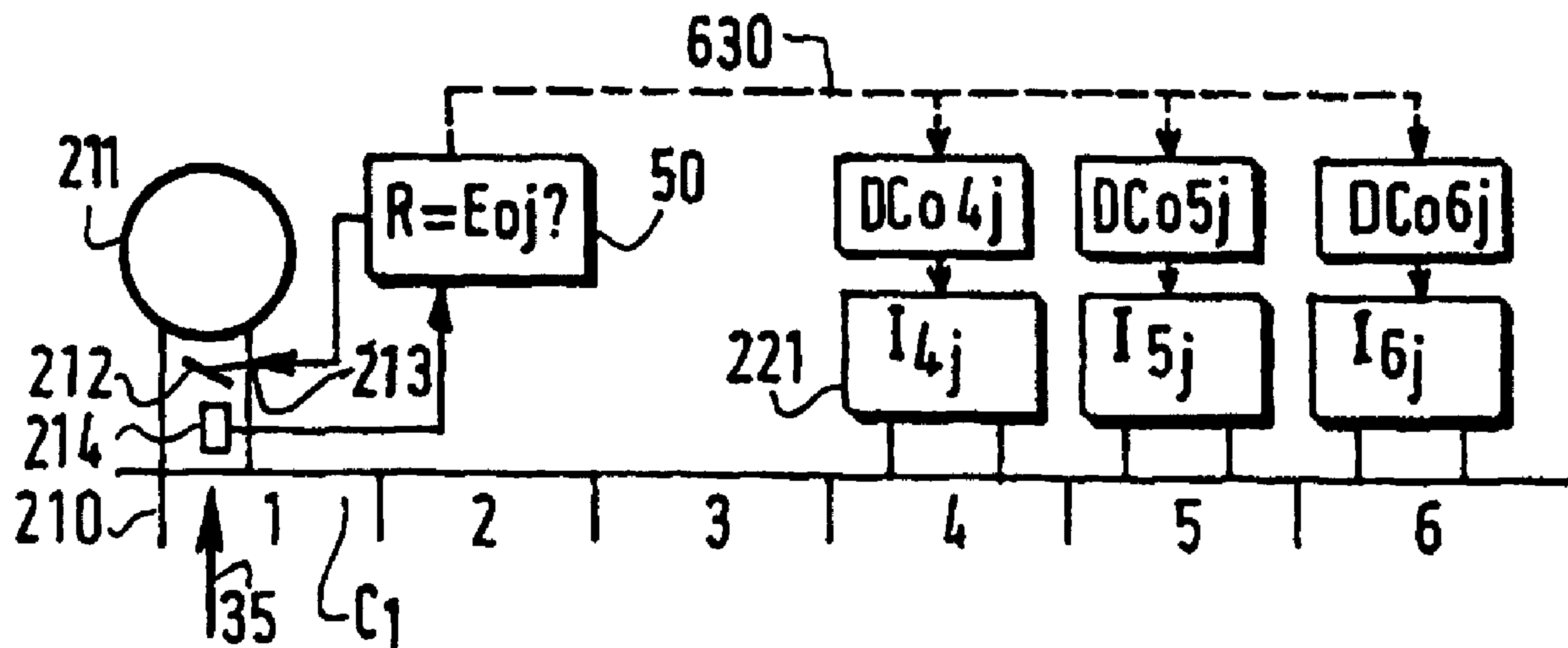




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1999/03/30
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1999/10/14
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2008/09/16
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2000/10/02
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 1999/000731
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 1999/051925
(30) Priorité/Priority: 1998/04/03 (FR98/04404)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F27B 13/12* (2006.01),
F27B 13/02 (2006.01), *F27B 3/02* (2006.01),
F27D 19/00 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
DREYER, CHRISTIAN, FR;
CLAUDEL, PATRICK, FR
(73) Propriétaire/Owner:
ALUMINIUM PECHINEY, FR
(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE REGULATION DES FOURS DE CUISSON A FEU TOURNANT
(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR REGULATING BURNING RING FURNACES



(57) Abrégé/Abstract:

Le procédé de régulation d'un four (1) comprenant une succession de chambres C_j , chambres de refroidissement (23), chambres de cuisson (22), et des chambres de préchauffage (21), dont la dernière, en queue, est munie de pipes d'aspiration A_j (210) des gaz de combustion (34), et comprenant, dans le sens travers, une succession de cloisons chauffantes creuses Cl_{ij} (3) et d'alvéoles Al_{ij} (4) dans lesquels sont empilés les blocs carbonés à cuire (40), lesdites cloisons creuses assurant la circulation des flux gazeux (33, 34), est caractérisé en ce que le débit massique DG_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j (34) est régulé en mesurant ce débit et la température T_j , de manière à reproduire une valeur de consigne prédéterminée le produit $DG_j \cdot (T_j - T_a) \cdot C_g$, T_j et T_a étant respectivement la température dudit flux de fumées de combustion G_j et celle de l'air ambiant, et C_g étant la chaleur spécifique massique des fumées de combustion.



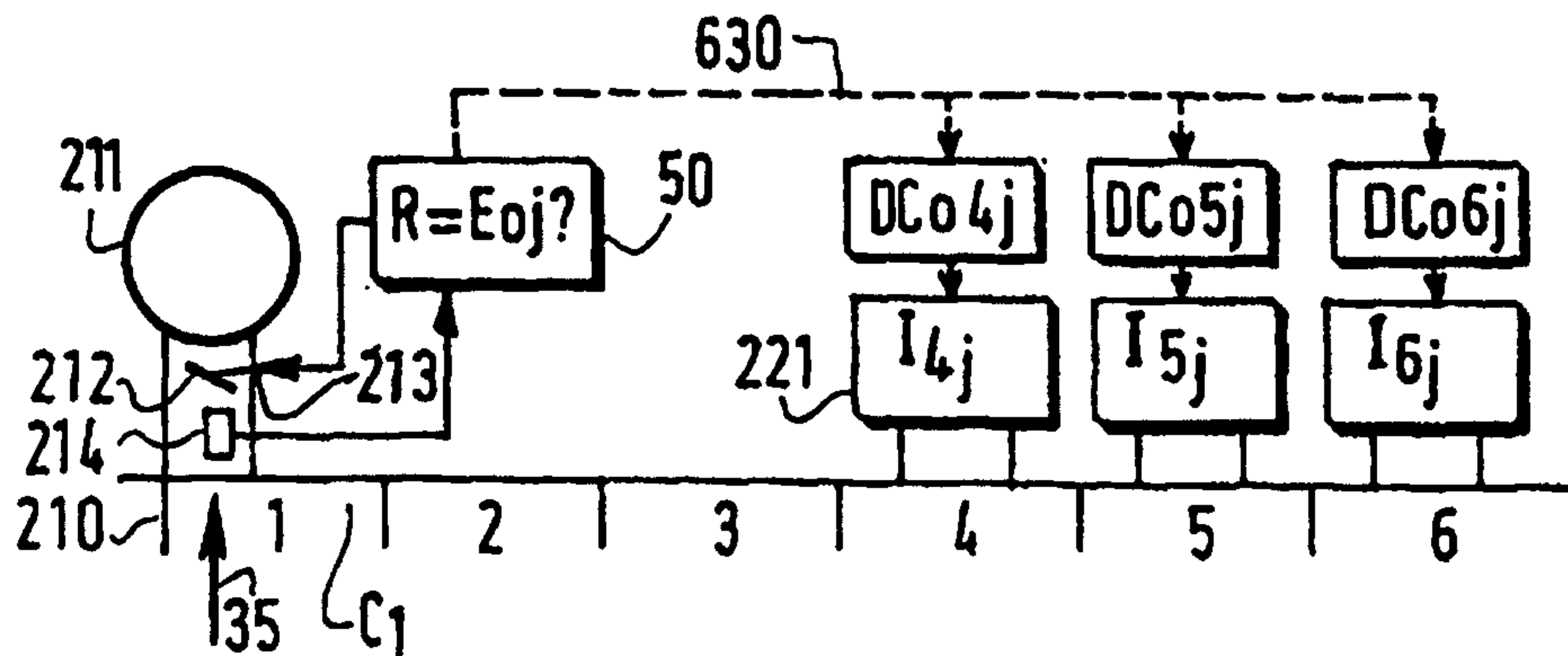
PCTORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : F27B 13/12, 3/02	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/51925 (43) Date de publication internationale: 14 octobre 1999 (14.10.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00731 (22) Date de dépôt international: 30 mars 1999 (30.03.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/04404 3 avril 1998 (03.04.98) FR (71) Déposant: ALUMINIUM PECHINEY [FR/FR]; Tour Pascal "A", 6, place des Degrés, F-92800 Puteaux (FR). (72) Inventeurs: DREYER, Christian; L'Echaillon, Hermillon, F-73300 Saint Jean de Maurienne (FR). CLAUDEL, Patrick; 183, chemin du Varvoux, F-38190 Bernin (FR). (74) Mandataire: PECHINEY; 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon Cedex 03 (FR).		(81) Etats désignés: AU, BR, CA, IN, IS, NZ, RO, RU, SI, SK, VN, ZA, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR REGULATING BURNING RING FURNACES

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE REGULATION DES FOURS DE CUISSON A FEU TOURNANT



(57) Abstract

The invention concerns a method for regulating a furnace (1) comprising a succession of chambers C_i , cooling chambers (23), burning chambers (22), and pre-heating chambers (21), whereof the last, at the end, is provided with suction pipes A_j (210) for the combustion gases (34), and comprising, crosswise, a succession of hollow heating partitions Cl_{ij} (3) and slots Al_{ij} (4) wherein are stacked the carbon blocks to be burnt (40), said hollow partitions ensuring the circulation of gas streams (33, 34). The invention is characterised in that the mass flow rate DG_j of each combustion smoke flow G_j (34) is regulated by measuring said flow and the temperature T_j so as to reproduce a predetermined set value which is the product $DG_j \cdot (T_j - T_a) \cdot C_g$, T_j and T_a being said combustion smoke flow G_j temperature and that of ambient air, and C_g being the combustion smoke specific heat capacity.

(57) Abrégé

Le procédé de régulation d'un four (1) comprenant une succession de chambres C_i , chambres de refroidissement (23), chambres de cuisson (22), et des chambres de préchauffage (21), dont la dernière, en queue, est munie de pipes d'aspiration A_j (210) des gaz de combustion (34), et comprenant, dans le sens travers, une succession de cloisons chauffantes creuses Cl_{ij} (3) et d'alvéoles Al_{ij} (4) dans lesquels sont empilés les blocs carbonés à cuire (40), lesdites cloisons creuses assurant la circulation des flux gazeux (33, 34), est caractérisé en ce que le débit massique DG_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j (34) est régulé en mesurant ce débit et la température T_j , de manière à reproduire une valeur de consigne prédéterminée le produit $DG_j \cdot (T_j - T_a) \cdot C_g$, T_j et T_a étant respectivement la température dudit flux de fumées de combustion G_j et celle de l'air ambiant, et C_g étant la chaleur spécifique massique des fumées de combustion.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE ET DISPOSITIF DE REGULATION DES FOURS DE CUISSON A FEU TOURNANT

DOMAINE DE L'INVENTION

5

L'invention concerne le domaine des fours à chambres dit à feu tournant ("ring furnace" en anglais) pour la cuisson de blocs carbonés et plus particulièrement un procédé et un dispositif de régulation de tels fours.

10 ETAT DE LA TECHNIQUE

On connaît déjà des méthodes de régulation de ce type de fours, comme dans les demandes françaises FR 2 600 152 et FR 2 614 093 au nom de la demanderesse, et dans la demande internationale WO 91/19147.

15

Ce type de four, dit également à « chambre ouverte », comprend, comme décrit dans ces documents cités, dans le sens long, une pluralité de chambres de préchauffage, de cuisson et de refroidissement, chaque chambre étant constituée, dans le sens travers, par la juxtaposition, en alternance, de cloisons chauffantes creuses dans lesquelles circulent les
20 gaz de combustion, et d'alvéoles dans lesquelles sont empilés les blocs carbonés à cuire, les blocs étant noyés dans une poussière carbonée.

Ce type de four comporte deux travées dont la longueur totale peut atteindre plus d'une centaine de mètres. Chaque travée comporte une succession de chambres séparées par
25 des murs transversaux et ouvertes à leur partie supérieure, pour permettre le chargement des blocs crus et le déchargement des blocs cuits refroidis. Chaque chambre comporte, disposées parallèlement au sens long du four, c'est-à-dire au grand axe du four, un ensemble de cloisons creuses, à parois minces, dans lesquelles vont circuler les gaz chauds ou fumées de combustion assurant la cuisson, alternant, dans le sens travers du
30 four, avec des alvéoles dans lesquelles on empile les blocs à cuire.

Les cloisons creuses sont munies, à leur partie supérieure, d'ouvertures obturables dites « ouvreaux ». Elles comportent en outre des chicanes pour allonger et répartir plus uniformément le trajet des gaz ou fumées de combustion.

- 5 Le chauffage du four est assuré par des rampes de brûleurs ayant une longueur égale à la largeur des chambres, les injecteurs de ces brûleurs étant introduits, via les ouvreaux, dans les cloisons creuses des chambres concernées. En amont des brûleurs (par rapport au sens d'avancement du feu), on dispose de piquages de soufflage d'air de combustion montés sur une rampe de soufflage munie de ventilateurs, ces piquages de soufflage étant
- 10 connectés, via les ouvreaux, aux dites cloisons. En aval des brûleurs, on dispose de piquages d'aspiration de fumées de combustion, montés sur une rampe d'aspiration alimentant des centres de captation de fumées, et dotées de volets permettant d'obturer lesdits piquages d'aspiration au niveau souhaité. Le chauffage est assuré à la fois par la combustion du combustible injecté dans les chambres de cuisson, et par celle des vapeurs
- 15 de brai émises par les blocs en cours de cuisson dans les chambres de préchauffage, vapeurs qui, compte tenu de la dépression des chambres de préchauffage, quittent les alvéoles en traversant la cloison creuse et viennent brûler avec l'oxygène restant dans les fumées de combustion qui circulent dans les cloisons creuses de ces chambres.
- 20 Typiquement, une dizaine de chambres sont « actives » simultanément : quatre dans la zone de refroidissement, trois dans la zone de chauffage, et trois dans la zone de préchauffage.

- Au fur et à mesure que la cuisson se produit, on fait avancer d'une chambre, par exemple
- 25 toutes les 24 heures, l'ensemble « piquages de soufflage - brûleurs - piquages d'aspiration », chaque chambre assurant ainsi successivement, en amont de la zone de préchauffage, une fonction de chargement des blocs carbonés crus, puis, dans la zone de préchauffage, une fonction de préchauffage naturel par les fumées de combustion et la combustion des vapeurs de brai, puis, dans la zone de cuisson, une fonction de chauffage
- 30 des blocs à 1100-1200°C, et enfin, dans la zone de refroidissement, une fonction de refroidissement des blocs par l'air froid et, corrélativement, de préchauffage de l'air

constituant le comburant du four, la zone de refroidissement étant suivie, en aval, d'une zone de déchargement des blocs carbonés refroidis.

La méthode de régulation la plus usuelle de ce type de four consiste à réguler en
5 température et/ou en pression un certain nombre de chambres du four. Typiquement, sur
10 10 chambres actives simultanément, 4 ont des mesures de température et 2 ont des
mesures de pression. D'une part, les trois rampes de brûleurs sont régulées en fonction
de la température des fumées de combustion, l'injection de carburant étant ajustée pour
suivre une courbe de montée en température, typiquement la température des fumées de
10 combustion, mais éventuellement celle des blocs carbonés. D'autre part, la vitesse des
ventilateurs de la rampe de soufflage est typiquement régulée en fonction d'une pression
statique mesurée en amont des brûleurs, mais elle peut être aussi laissée constante. Enfin,
les volets de la rampe d'aspiration sont régulés en fonction d'une dépression mesurée
dans une chambre située entre les brûleurs et les piquages d'aspiration. Mais, le plus
15 souvent, en particulier dans les fours les plus récents, ladite dépression est elle-même
pilotée par une consigne de température, typiquement la température des fumées de
combustion, de sorte que lesdits volets sont pilotés par une mesure de température et sa
comparaison à une valeur de consigne.

- 20 La régulation du four peut en outre faire appel à d'autres moyens complémentaires :
- dans la demande française FR 2 600 152 est décrit en outre un dispositif pour optimiser la combustion dans la zone de cuisson permettant de mesurer l'opacité des fumées dans les piquages d'aspiration et de réguler cette aspiration en conséquence ;
 - dans la demande française FR 2 614 093 est décrite en outre une méthode pour
25 optimiser la combustion dans le four en injectant, en permanence, la quantité d'air
nécessaire et suffisante pour obtenir la combustion complète à la fois des matières
volatiles dégagées au cours de la cuisson des blocs carbonés et du combustible injecté
dans les brûleurs ;
 - dans la demande WO 91/19147, en outre on contrôle le rapport oxygène/carburant
30 dans le four en mesurant la teneur en oxygène dans le four.

PROBLEME POSE

Les méthodes de régulation utilisées à ce jour sont basées essentiellement sur des mesures de température et des mesures de pression, dans un grand nombre de chambres, et dans les différentes cloisons d'une même chambre. Des mesures complémentaires, 5 comme indiqué dans l'état de la technique citée, peuvent venir compléter ces mesures de base.

Par ailleurs, sont connues les valeurs de consigne de température et de pression de chaque chambre, à respecter pour obtenir des blocs carbonés de qualité requise et pour obtenir un fonctionnement correct du four, en particulier dans la zone de préchauffage. 10 En effet, c'est durant le préchauffage des blocs carbonés à cuire que sont éliminées les matières volatiles contenues dans le brai. Il importe que ces gaz ou vapeurs soient aspirés vers les cloisons creuses et brûlent immédiatement en présence de l'oxygène résiduel présent dans les fumées de combustion. Sinon, ces vapeurs de brai peuvent encrasser les piquages, la rampe d'aspiration et les conduites qui mènent à la captation. Ces dépôts 15 peuvent s'enflammer au contact des particules incandescentes de poussière. Ces feux endommagent les canalisations et leurs fumées chaudes brûlent les filtres et les ventilateurs des centres de captation. Face à ces risques, des marges de sécurité sont prises en augmentant les débits des fumées de combustion aspirées, débits qui génèrent à leur tour une surconsommation de carburant et une baisse des performances énergétiques 20 du four.

De plus, on observe que la régulation actuelle des fours conduit à des instabilités, et génère de brusques variations aléatoires des débits des fumées de combustion aspirées et des débits de carburant, de sorte que le four ne présente pas un régime stable de transfert thermique, ce qui est préjudiciable au rendement de l'échange ou transfert thermique 25 entre les fumées de combustion et lesdits blocs carbonés.

Enfin, cette dispersion des différents débits entraîne une dispersion des niveaux de cuisson qui impose de surcuire une partie des blocs carbonés ou anodes pour assurer la

qualité minimale de l'ensemble des anodes, ce qui conduit ipso facto à une dégradation des performances énergétiques du four.

En définitive, la conduite et la régulation actuelle des fours se caractérise d'une part, par un accroissement considérable du nombre de capteurs de mesures, et d'autre part, par
 5 l'adoption de grandes marges de sécurité en ce qui concerne chacun des trois paramètres principaux qui assurent la conduite du four : le soufflage d'air en amont des chambres de refroidissement, l'injection de carburant dans les chambres de cuisson. et l'aspiration des fumées de combustion en aval des chambres de préchauffage.

Il résulte de cet état de fait que :

- 10 -d'une part, l'ensemble des moyens de mesure et de régulation intervient pour une part non négligeable dans le coût de l'investissement et de fonctionnement du four, beaucoup de capteurs, compte tenu des conditions particulièrement difficiles de température et d'environnement, ayant une faible durée de vie et pouvant de ce fait être considérés comme une matière consommable,
- 15 -d'autre part, comme cet ensemble de moyens de mesure et de régulation ne permet pas de stabiliser le fonctionnement du four, il en résulte une consommation énergétique variable, avec une consommation moyenne assez éloignée de l'optimum compte tenu des marges de sécurité qui sont prises pour garantir la qualité des blocs de carbone fabriqués et pour garantir l'intégrité et la longévité du four.
- 20 La présente invention vise à résoudre ce double problème et à assurer la conduite automatisée et optimisée du four en diminuant tout à la fois le coût d'investissement et de fonctionnement des équipements de contrôle et de régulation, et la consommation énergétique du four.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

- 25 D'une part, les améliorations présentent un procédé de régulation d'un four à feu tournant de cuisson de blocs carbonés comprenant une succession de chambres C_i actives simultanément mais de manière différenciée, à savoir, d'amont en aval et dans un sens longitudinal, des chambres de refroidissement, dont la première, en tête, est alimentée en air atmosphérique à l'aide de piquages de soufflage S_j , des chambres de cuisson équipées

d'au moins une rampe de brûleurs à injecteurs I_j alimentés en carburant, et des chambres de préchauffage, dont la dernière, en queue, est munie de piquages d'aspiration A_j des fumées de combustion, et comprenant, dans un sens travers et en alternance, une succession de cloisons chauffantes creuses Cl_{ij} et d'alvéoles Al_{ij} dans lesquels sont
 5 empilés les blocs carbonés à cuire, lesdites cloisons Cl_{ij} d'une chambre donnée C_i munies d'ouvreaux destinés à recevoir lesdits piquages de soufflage S_j et/ou lesdits injecteurs I_j et/ou lesdits piquages d'aspiration A_j et/ou des moyens de mesure communiquant avec les cloisons creuses Cl_{i-1j} et Cl_{i+1j} des chambres précédente C_{i-1} et suivante C_{i+1} de manière à assurer la circulation d'amont vers l'aval d'un flux gazeux comprenant l'air atmosphérique
 10 et les fumées de combustion, caractérisé en ce que le débit massique DG_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j traversant lesdits piquages d'aspiration A_j en queue des chambres de préchauffage, est régulé en mesurant le débit massique DG_j et la température T_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j , en calculant les flux d'énergie E_j correspondants, de façon à maintenir, pour chacun des flux de fumées de
 15 combustion G_j , ledit flux d'énergie E_j à une valeur de consigne Eo_j prédéterminée.

D'autre part, les améliorations présentent un dispositif de régulation pour mettre en oeuvre ledit procédé de régulation, ledit dispositif comprenant: - des moyens de mesure des débits DG_j des flux de fumées de combustion G_j , - des moyens informatiques pour stocker des valeurs de consigne ou plages de valeurs de consigne des flux d'énergie Eo_j ,
 20 pour comparer ces valeurs avec les valeurs de flux d'énergie mesurées E_j , - et des actionneurs commandés par lesdits moyens informatiques, pour corriger éventuellement la valeur du flux d'énergie mesurée E_j en modifiant le débit DG_j du flux de fumées de combustion G_j , de façon à ce que les valeurs de mesure E_j soient égales aux valeurs de consigne Eo_j ou rentrent dans les plages de valeurs de consigne.

25 Cette valeur de consigne Eo_j peut être soit une constante, soit une fonction du temps $f(t)$ prédéterminées. Typiquement toutes les 24 heures, les équipements mobiles du four (rampes de brûleurs, rampe de piquages de soufflage, rampe de piquages d'aspiration, etc...) avancent d'une chambre. Donc, les valeurs de consigne qui sont fonction du temps sont définies sur cette période T , comme ce peut être le cas pour Eo_j . Il peut être
 30 avantageux d'avoir, durant le temps de séjour T du feu sur une chambre donnée, une valeur de consigne Eo_j qui comprenne soit une rampe, c'est-à-dire une variation régulière de la valeur de consigne Eo_j durant le temps de séjour, soit des valeurs de consigne particulières en début ou en fin de temps de séjour T .

Le moyen essentiel de l'invention réside donc dans le fait de contrôler le flux d'énergie E_j des fumées de combustion aspirées par chaque piquage d'aspiration A_j pour commander les actionneurs du four, alors que selon l'art antérieur, les piquages d'aspiration, tout
5 comme les brûleurs, sont commandés en fonction d'une courbe de température, qui est elle-même généralement fonction du temps sur la période T .

Le flux d'énergie E_j de chaque flux de fumées de combustion est en fait un flux enthalpique dont la valeur de $R (= DG_j \cdot (T_j - T_a) \cdot C_g)$ constitue une bonne
10 approximation. Une valeur plus précise peut être obtenue en remplaçant « $(T_j - T_a) \cdot C_g$ » par la valeur de l'intégrale $\int G_g(T).dT$ pour T compris entre T_a et T_j , ou par toute expression polynomique approchée de cette intégrale.

De manière surprenante, la demanderesse a trouvé que ce moyen essentiel selon
15 l'invention, quoique beaucoup plus simple que les moyens de contrôle utilisés dans l'état de la technique, constituait bien la solution au problème posé. En effet, elle a pu vérifier que ce moyen permettait en particulier :

- un fonctionnement du four stabilisé, au lieu d'un fonctionnement avec de brusques variations des paramètres,
- 20 - un fonctionnement économique en ce qui concerne la consommation de carburant,
- une simplification des équipements et dispositifs de contrôle et régulation.

Globalement, il en résulte une fabrication de blocs carbonés cuits à qualité plus constante et à meilleur coût. Les raisons pour lesquelles le moyen selon l'invention conduit à ces
25 résultats surprenants ne sont pas clairement établies. Cependant, selon une hypothèse de la demanderesse, les flux d'air extérieur qui pénètrent dans les chambres de préchauffage en dépression dans un four à chambre ouverte, pourraient interférer avec le fonctionnement du four et constituer un élément perturbateur contribuant à accentuer les variations des paramètres du four.

Sur la base de son hypothèse, la demanderesse a eu l'idée de choisir comme paramètre de régulation, un paramètre indépendant de l'apport plus ou moins grand d'air extérieur. Pour cela, elle a trouvé qu'un paramètre tel que le paramètre R , équivalent à un flux d'énergie par rapport à la température ambiante, était donc totalement indépendant de la plus ou moins grande quantité d'air ayant pénétré dans le four et pouvait permettre de ce fait une régulation effective du four avec une conduite de four stable et économique.

Selon l'invention, ladite valeur de consigne, notée E_{0j} , des flux d'énergie E_j , des fumées de combustion G_j est choisie, typiquement expérimentalement, à une valeur la plus basse possible qui soit compatible avec les exigences usuelles de qualité des blocs carbonés fabriqués et de fonctionnement du four.

Selon l'invention, il est aussi possible de réguler non pas tous les flux d'énergie E_j mais seulement un nombre limité de flux, par exemple un sur deux. Dans ce cas, au flux non régulé E_k est assigné la moyenne des valeurs de flux régulés voisins E_{k-1} et E_{k+1} .

DESCRIPTION DES FIGURES

Les figures 1, 1a, 1b, 1c, 2, 3, 3a et 7 relatives à l'invention, sont expliquées dans l'exemple selon l'invention ou dans la description. Les figures 4 et 5 illustrent des éléments déjà connus des fours selon l'invention. La figure 6 illustre une exploitation de résultats de l'art antérieur suivant l'enseignement de l'invention.

La figure 1 est une vue de dessus de la partie active d'un four de cuisson à feu tournant (1) selon l'invention. La figure 1a correspond à la figure 1 et présente une vue en coupe du four (1), dans le plan vertical et dans le sens long, et en particulier la succession de cloisons chauffantes creuses, de Cl_{1j} à Cl_{10j} , assurant la circulation des différents flux gazeux. La figure 1b est la courbe de pression d'air (34) et/ou de fumées de combustion (35) dans les différentes cloisons chauffantes. La figure 1c représente, de manière schématique, les moyens informatiques de commande et de régulation (5) associés aux figures précédentes.

La figure 2 est une vue en perspective, partiellement éclatée, d'un four (1) comprenant des moyens selon l'invention.

La figure 3 représente en coupe longitudinale un capteur de débit utilisable selon l'invention. La figure 3a montre une variante de l'invention dans laquelle la température
 5 T_j est mesurée dans le piquage d'aspiration (210), de préférence en aval du capteur de débit (214).

La figure 4 est une vue en coupe dans le plan X-Z d'une cloison chauffante (3) d'une chambre C_i (2) selon l'état de la technique assurant la circulation des flux gazeux (34, 35). Chaque chambre C_i comprend des chicanes (31) augmentant le parcours des flux
 10 gazeux (34, 35) et est séparée de la précédente C_{i-1} et de la suivante C_{i+1} par un mur transversal (32). La cloison (3) comprend des ouvertures (30) munies de couvercles (36) au droit desquels se trouve un puits (39), c'est-à-dire un espace vertical ne comprenant ni chicane (31) ni entretoise (33), de manière à pouvoir descendre dans ladite cloison les dispositifs mobiles nécessaires au fonctionnement du four, notamment lesdits piquages
 15 d'aspiration (210) et lesdits piquages de soufflage (230).

La figure 5 est une vue en coupe dans le plan X-Y d'une chambre C_i de préchauffage selon l'état de la technique, montrant l'alternance de cloisons (3) et d'alvéoles (4). Chaque alvéole (4) contient les blocs carbonés à cuire (40) recouverts d'une poudre carbonée (42), chaque alvéole Al_{ij} (4) étant chauffée grâce aux deux cloisons chauffantes Cl_{ij}
 20 et Cl_{ij+1} , 1 adjacentes. Les vapeurs de brai (41), dégagées par lors du chauffage des blocs carbonés, se répandent dans les cloisons (3) en dépression et s'enflamment en présence de l'oxygène restant des fumées de combustion (35) ou celui du flux d'air (38).

La figure 6 représente un graphique de points, chaque point correspondant à un relevé de mesures expérimentales effectuées par la demanderesse sur les fours réglés selon l'état
 25 de la technique. Le graphique porte en ordonnée l'énergie consommée E_c (carburant) en MJ par tonne de blocs carbonés produite, et en abscisse, l'énergie dissipée E_g dans les fumées de combustion en MJ par tonne produite.

La figure 7 est une représentation schématique de la régulation selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

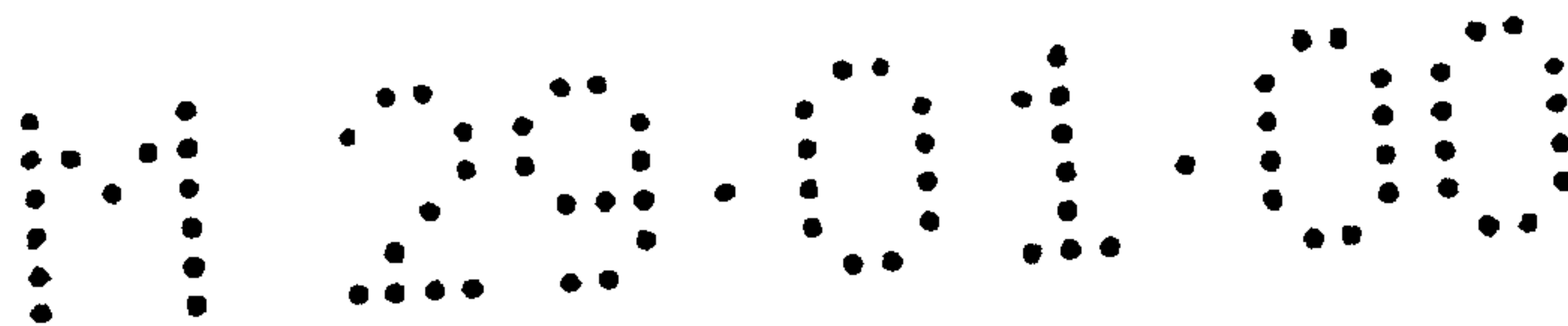
5 L'invention a pour origine l'idée de la demanderesse d'étudier le fonctionnement des fours régulés selon l'état de la technique, sous l'angle d'une comparaison entre énergie consommée et énergie perdue, comme représenté par le graphique de la figure 6. Il ressort de ce graphique que l'énergie consommée varie considérablement, entre les droites extrêmes (61, 62), de 2200 à 2900 MJ/t. La demanderesse a observé une forte
10 corrélation entre les valeurs de E_c et de E_g , qui se traduit par une droite de régression (6).

Avec le procédé de régulation selon l'invention, on choisit de faire fonctionner le four avec une valeur de E_g prédéterminée, la plus faible possible, valeur déterminée
15 expérimentalement, et avec une valeur de E_c égale à ou voisine de la valeur de corrélation de cette valeur de E_g sur la portion (63) de la droite de régression (6).

Aux valeurs de E_g - E_c , exprimées en MJ/t, correspondent des valeurs proportionnelles de E_o - DC_o ayant la dimension d'une énergie par unité de temps, de sorte que la portion de
20 droite de régression (63) permet aussi, une fois définies expérimentalement les valeurs de consigne E_o pour l'énergie globale des fumées de combustion ou E_{o_j} pour l'énergie des fumées de combustion au niveau de chaque piquage d'aspiration A_j , de déterminer la valeur de consigne correspondante pour les débits de carburant DC_o pour l'ensemble des brûleurs, ou les débits DC_{o_j} ou $DC_{o_{ij}}$ correspondants aux cloisons Cl_j ou Cl_{ij} selon qu'il
25 y a une ou plusieurs rampes de brûleurs.

De préférence, le débit de carburant DC_j alimentant lesdits brûleurs I_j est donc fixé à un niveau prédéterminé DC_{o_j} comme illustré aux figures 1 et 1c, et à la figure 7.

30 Ainsi, l'invention autorise une absence de mesure de température des fumées de combustion pour la régulation du débit de carburant DC_j , étant entendu que ce débit de



- carburant, généralement réparti entre plusieurs rampes de brûleurs, typiquement trois à quatre rampes de brûleurs, positionnées sur des chambres successives, de C_i à C_{i+2} ou à C_{i+3} , est fixé à une valeur prédéterminée DCo_j , éventuellement fonction du temps, établie notamment lors des essais de mise en route du four, et en fonction du niveau d'énergie Eo_j , comme cela a été déjà mentionné à propos des figures 6 et 7, cette valeur de consigne DCo_j étant corrélée, selon la portion (63) de la droite de régression expérimentale de la figure 6, avec le niveau prédéterminé dudit produit R , correspondant au flux d'énergie Eo ou Eo_j des fumées de combustion.
- 10 Il s'agit là d'un moyen qui va totalement à l'encontre de l'enseignement de l'état de la technique où, de manière traditionnelle, le débit de carburant est typiquement régulé par la température des gaz de combustion dans les chambres de cuisson.
- Toutefois, ledit niveau prédéterminé de débit de carburant DCo_j peut être choisi, pour
 15 une cloison creuse donnée Cl_{ij} (3) d'une chambre de cuisson donnée C_i (22) d'un four donné, de manière à ce que la température mesurée des fumées de combustion (35) dans ladite cloison creuse Cl_{ij} (3) ait une valeur prédéterminée, typiquement comprise entre 1000° et 1300°C .
- 20 Il va de soi, que, dans la phase de mise au point d'un four ou de redémarrage d'un four, il convient de vérifier que les températures visées dans chacune des chambres sont bien atteintes, ce qui est à distinguer de la régulation proprement dite d'un four fonctionnant en routine.
- 25 Dans le cadre de l'invention, ledit débit d'air DA_j desdits piquages de soufflage S_j (230) en tête des chambres de refroidissement (23) peut être régulé, soit de façon à ce que la pression dans les cloisons creuses Cl_{ij} desdites chambres de cuisson C_i (22) soit inférieure à la pression atmosphérique et comprise dans une plage de pression prédéterminée, la pression statique P_j en queue des chambres de refroidissement (23) étant sensiblement
 30 égale à la pression atmosphérique, soit de façon à ce que la vitesse du flux d'air (34), ou celle du ventilateur mettant en mouvement ce flux d'air, à l'entrée desdites chambres de

cuisson soit constante, et à une valeur prédéterminée, comme illustré aux figures 1, 1a, 1b et 1c.

- 5 Mais, selon l'invention, le débit d'air DA_j est, de préférence, fixé à une valeur prédéterminée de manière à ce que la pression statique en tête des chambres de cuisson (22) soit inférieure à la pression atmosphérique. Dans ce cas, la mesure de pression P_j peut éventuellement servir à vérifier, à intervalle de temps régulier, par exemple une fois par jour ou une fois par semaine, l'absence de dérive du procédé.
- 10 Selon l'invention, les valeurs de consigne, notamment E_o correspondant au flux d'énergie des fumées de combustion aspirés à l'extérieur du four, et la valeur correspondante de DCo correspondant à la consommation de carburant dans les brûleurs, sont définies pour chacune des cloisons Cl_{ij} du four, et sont repérées dans le sens travers du four par l'indice « j », et sur toute la longueur du four par l'indice « i »,
15 de manière à avoir une cartographie des valeurs de consigne qui tienne compte des effets de bord à la fois sur les côtés dudit four et à ses extrémités lors du déplacement du feu. En effet, il est avantageux, pour obtenir une constance de qualité des produits fabriqués et à un coût le plus faible possible, de prendre en compte les effets de bord, c'est-à-dire de définir en fonction des indices « i » et « j », pour toute cloison Cl_{ij} , les valeurs de
20 consigne optimum, ce qui peut être fait une fois pour toutes au moment du démarrage du four, des corrections de consigne pouvant ensuite être apportées durant la vie du four compte tenu par exemple du vieillissement des matériaux et d'éventuelles altérations de l'étanchéité du four. La valeur de consigne DCo_j peut être corrigée, en cours de cuisson, de manière à la maintenir à une valeur optimale. En particulier, il a été trouvé avantageux
25 de corriger DCo_j à l'aide d'une mesure de la teneur en monoxyde de carbone contenue dans les fumées à la sortie du four. Pour cela, la mesure de la teneur en monoxyde de carbone peut être effectuée sur la rampe d'aspiration ou à l'entrée du centre de traitement des fumées.
- 30 De préférence, on utilise des moyens informatiques (5,50), connus en eux-mêmes, pour stocker des valeurs de consigne ou plages desdites valeurs de consigne de différents

paramètres pour chaque cloison Cl_{ij} sur l'ensemble du four, notamment Eo_{ij} , pour comparer ces valeurs aux valeurs mesurées de ces paramètres, après calcul éventuellement, ainsi que des actionneurs, commandés par lesdits moyens informatiques, pour corriger éventuellement lesdits paramètres de régulation, notamment en modifiant le
5 débit d'air DA_{ij} , de façon à ce que les valeurs de mesure soient égales aux valeurs de consigne ou rentrent dans les plages de valeurs de consigne.

Un autre objet de l'invention est constitué par un dispositif de régulation de four pour mettre en oeuvre le procédé de régulation selon l'invention, dispositif comprenant :

- 10 - des moyens de mesure des débits DG_j des flux de fumées de combustion G_j ,
- des moyens informatiques (5,50) pour stocker des valeurs de consigne ou plages de valeurs de consigne des flux d'énergie Eo_j , pour comparer ces valeurs, après calcul de la valeur de R en fonction notamment du débit DG_j et de la température T_j des fumées de combustion, avec les valeurs de flux d'énergie mesurées E_j ,
- 15 - et des actionneurs (213), commandés par lesdits moyens informatiques, pour corriger éventuellement la valeur du flux d'énergie mesurée E_j en modifiant le débit DG_j du flux de fumées de combustion, de façon à ce que les valeurs de mesure E_j soient égales aux valeurs de consigne Eo_j ou rentrent dans les plages de valeurs de consigne.
- 20 Ce dispositif peut en outre comprendre le stockage de la fonction de corrélation (63) entre les valeur de consigne des flux d'énergie Eo ou Eo_j et les valeurs de consigne des débits de carburant DCo ou DCo_j et la régulation correspondante desdits débits à partir de toute variation de Eo ou Eo_j .
- 25 Il peut éventuellement comprendre des moyens informatiques (5) pour stocker des valeurs de consigne ou plages de valeurs de consigne de la pression Po_j , pour comparer cette valeur à la valeur de pression P_j mesurée, ainsi que des actionneurs, commandés par lesdits moyens informatiques, pour corriger éventuellement lesdits paramètres de régulation en modifiant le débit d'air DA_j , de façon à ce que les valeurs de mesure soient
30 égales aux valeurs de consigne ou rentrent dans les plages de valeurs de consigne. Mais,

de préférence, comme déjà indiqué, les débits d'air DA_j sont maintenus à une valeur constante prédéterminée.

Il a été trouvé avantageux de choisir, comme moyen pour mesurer les débits DG_j des gaz de combustion G_j , un tube de Venturi (214) placé dans chacune desdits piquages d'aspiration A_j (210). De préférence, les tubes de Venturi utilisés sont de faible dimension, de manière à pouvoir être placés à l'intérieur desdits piquages d'aspiration A_j et à ne capter qu'une fraction déterminée du flux gazeux G_j , typiquement de 1/5 ème à 1/20 ème de ce flux, en effet la demanderesse a observé que l'emploi de tels tubes présentait de gros avantages par rapport à l'utilisation d'un tube Venturi à travers lequel passerait la totalité du flux gazeux, à savoir, un faible coût, une faible perte de charge, un faible encrassement, un faible encombrement, et surtout une très bonne précision de la mesure de débit.

Dans le dispositif selon l'invention, les débits d'air DA_j et les débits DG_j de fumées de combustion (35) aspirés peuvent être modulés par réglage de volets d'obturation, notés respectivement VA_j (212) et VG_j (232) et placés respectivement sur chacun des piquages de soufflage S_j (230) reliées à une rampe de soufflage d'air (231) et sur chacun des piquages d'aspiration A_j (210) reliées à une rampe d'aspiration (211).

EXEMPLE DE REALISATION

Les figures 1, 1a, 1b, 1c, 2, 3, 3a et 7 illustrent l'invention. La figure 6 illustre une exploitation de résultats de l'art antérieur suivant l'enseignement de l'invention.

La figure 1, selon l'invention, est une vue de dessus de la partie active d'un four de cuisson à feu tournant (1), partie active comprenant, dans le sens long, 10 chambres C_i avec $i = 1$ à 10 et, de gauche à droite, une succession de 3 chambres de préchauffage (21) (C_1 à C_3), 3 chambres de cuisson (22) (C_4 à C_6), et 4 chambres de refroidissement (23) (C_7 à C_{10}), et, dans le sens travers, et en alternance, une succession de cloisons

chauffantes creuses Cl_{ij} (3) et d'alvéoles Al_{ij} (4) dans lesquels sont empilés les blocs carbonés à cuire (40), avec $i = 1$ à 10, et $j = 0$ à 6 pour Cl_{ij} et 1 à 6 pour Al_{ij} .

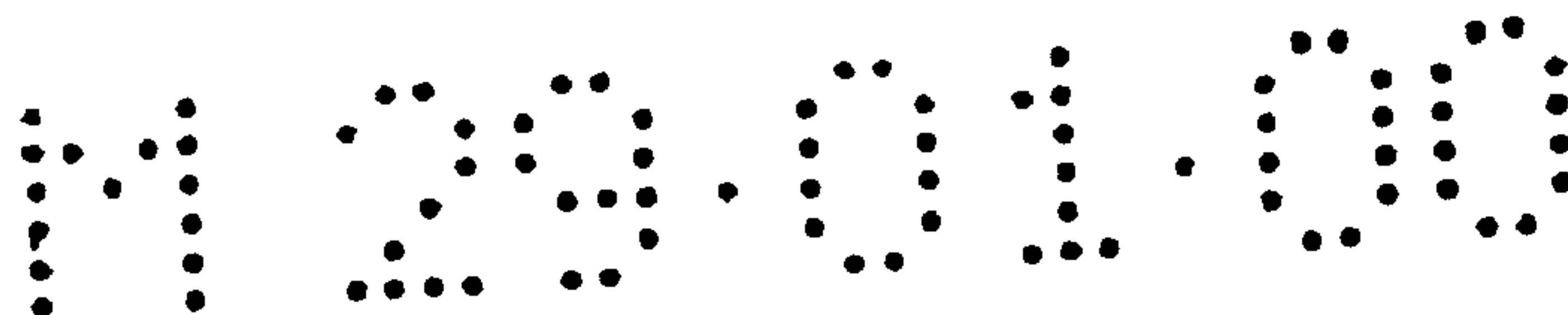
Les cloisons chauffantes Cl_{ij} (3) sont munies d'ouvreaux (30) permettant d'introduire dans lesdites cloisons les dispositifs mobiles nécessaires, avec, de droite à gauche, c'est à dire d'amont en aval dans le sens de circulation des flux gazeux (34, 35) :

- une rampe de soufflage d'air (231) placée transversalement à l'extrémité amont de la chambre C_{10} de refroidissement, munie de piquages de soufflage d'air S_j (230), chaque piquage de soufflage d'air S_j insufflant dans la cloison chauffante correspondante Cl_{10j} un débit d'air DA_j régulé grâce à un volet d'obturation VA_j (232) et à un actionneur (233) de ce volet,

- trois rampes de brûleurs (220) placées transversalement sur les chambres de cuisson C_4 à C_6 , chaque rampe comprenant deux rangées de brûleurs (221) avec injecteurs de carburant I_{ij} avec $i = 4$ à 6, et $j = 0$ à 6, chaque injecteur de carburant I_{ij} (222) assurant un débit de carburant DC_{ij} .

- une rampe d'aspiration (211) placée transversalement à l'extrémité aval de la chambre C_1 de préchauffage, munie de piquages d'aspiration A_j (210), chaque piquage aspirant dans ladite cloison chauffante Cl_{1j} un flux de fumées de combustion G_j de débit massique DG_j pouvant varier grâce à un volet d'obturation VG_j (212) et à un actionneur (213) de ce volet.

En vue de la régulation selon l'invention, chaque piquage d'aspiration A_j est munie d'un dispositif de mesure (214) du débit massique DG_j du flux de fumées de combustion, du type « tube de Venturi » comme décrit aux figures 3 et 3a, d'un dispositif de mesure de la température T_j de ce flux, un autre dispositif mesurant la température T_a de l'air ambiant. Ces dispositifs ne sont pas en eux-mêmes représentés sur la figure 1. Ledit dispositif de mesure de la température comprend un capteur de température des gaz (215), qui mesure la température T_j des gaz circulant dans les piquages d'aspirations A_j (210), de préférence en aval du dispositif (214) de mesure du débit massique. La mesure de température est typiquement réalisée à l'aide de thermocouples.



Une rampe d'obturateurs déployables (217), positionnée sur la chambre C_0 , obstrue les cloisons creuses Cl_{ij} en aval de la rampe d'aspiration (211) positionnée sur la chambre C_1 , de manière à ce que le flux de fumées de combustion ne soit dilué par un apport d'air venant des chambres situées en aval du feu.

5

Une rampe de capteurs de pression (234) est placée sur la chambre C_7 pour mesurer la pression P_j et vérifier ainsi que la première chambre de combustion C_6 est bien à une pression légèrement inférieure à la pression atmosphérique.

- 10 La figure 1a correspond à la figure 1 et présente une vue en coupe du four (1), dans le plan vertical et dans le sens long, et en particulier la succession de cloisons chauffantes creuses, de Cl_{1j} à Cl_{10j} , assurant la circulation des différents flux gazeux, flux d'air (34) dans les chambres de refroidissement C_7 à C_{10} , flux de fumées de combustion (35) dans les chambres de combustion C_4 à C_6 et dans les chambres de préchauffage C_1 à C_3 .
- 15 Les chambres C_7 à C_{10} étant en surpression, un flux d'air (37) s'échappe de ces chambres, tandis qu'un flux d'air (38) pénètre dans les chambres C_1 à C_6 qui sont en dépression, comme représenté à la figure 1b.

- 20 La figure 1b est la courbe de pression d'air (34) ou de fumées de combustion (35) dans les différentes cloisons chauffantes : la chambre C_7 en amont des chambres de combustion est à la pression atmosphérique P_a , tandis que la pression en amont de la chambre C_{10} est égale $P_a + p$ avec $p = 50$ à 60 Pa, tandis que la pression en aval de la chambre C_1 est égale à $P_a - p'$, avec $p' = 100$ à 200 Pa.

- 25 La figure 1c représente, de manière schématique, les moyens informatiques de commande et de régulation (5) permettant :
- en amont, de préférence, la fixation à une valeur prédéterminée du débit d'air DA_j soufflé dans les cloisons chauffantes creuses Cl_{10j} , ou éventuellement, la régulation du débit d'air DA_j , grâce au volet d'obturation VA_j (232) et à son actionneur (233), de
- 30 manière à ce que la pression P_j mesurée juste en amont des chambres de combustion soit

maintenue constante et comprise dans une plage de valeur de consigne sous la forme $P_{0j} \pm p_0$,

- au niveau des chambres de combustion, la fixation des débits de carburant des trois rampes d'injecteurs I_{4j} , I_{5j} et I_{6j} , le débit DC_{ij} d'un injecteur I_{ij} devant être égal à une
- 5 valeur de consigne DCo_{ij} ,
- en aval, la régulation des flux des fumées de combustion (35) aspirés, en mesurant les valeurs de chaque débit gazeux DG_j , de sa température T_j , de la température ambiante T_a , en calculant la valeur du produit R , c'est à dire la valeur de l'énergie $E_j = DG_j \cdot C_g \cdot (T_j - T_a)$ contenue dans le flux G_j de fumées aspirées, et en régulant chaque débit DG_j de
- 10 manière à ce que E_j soit égal à une valeur de consigne Eo_j .

La figure 2 est une vue en perspective, partiellement éclatée, d'un four (1) selon l'état de la technique comprenant des moyens selon l'invention. Elle montre notamment, dans le sens travers noté Y-Y', la succession de cloisons chauffantes creuses (3) munies

15 d'ouvreaux (30) et de chicanes (31), et d'alvéoles (4) contenant les empilements de blocs carbonés (40) à cuire. Elle montre, dans le sens long noté X-X', une première chambre (chambre C_2) sous forme éclatée, et une seconde chambre (chambre C_1) équipée de piquages d'aspiration (210) reliées à une rampe d'aspiration (211), chaque piquage comprenant un capteur de débit (214), un volet d'obturation (212) et un actionneur

20 (213) de ce volet.

Les figures 3 et 3a représentent en coupe longitudinale un capteur de débit selon l'invention, constitué par un tube de type « Venturi » placé à l'intérieur de chaque piquage d'aspiration A_j (210) mesurant une pression statique P_s et une pression

25 différentielle P_d , permettant ainsi le calcul du débit massique DG_j . Ce débit est égal à $K \cdot (P_s \cdot P_d / T)^{1/2}$, K étant une constante tenant compte notamment de facteurs géométriques, une fraction seulement du flux des fumées de combustion (35) passant dans le tube Venturi.

30 La figure 7 est une représentation schématique de la régulation selon l'invention : chaque piquage d'aspiration (210), branché sur la rampe d'aspiration (211), comprend un

capteur de débit (214) de type Venturi, un volet d'obturation (212) mû par un actionneur (213). Des moyens de régulation et de commande (50) des débits DG_j des fumées de combustion permettent, à partir notamment des mesures de pression fournies par le capteur de débit (214), de calculer le débit massique DG_j du flux de fumées de combustion (35), de calculer ensuite la valeur de R , c'est-à-dire de l'énergie E_j correspondante, compte tenu soit des mesures de température T_a et T_j nécessaires, soit des autres données introduites en mémoire, telle que la chaleur spécifique massique des fumées C_g en fonction de leur température et de leur pression, de la comparer à une valeur de consigne E_{o_j} ou à une plage de valeurs de consigne, et d'actionner le volet d'obturation (212) de manière à faire varier DG_j dans le sens souhaité et corriger ainsi la valeur de R ou E_j .

Sur la figure 7 sont représentés aussi les brûleurs (221) à débit prédéterminé D_{Co} . Un trait en pointillés (630) relie les valeurs de D_{Co} ou D_{Co_j} à celles de E_o ou E_{o_j} , la relation entre les deux étant constitué par la corrélation entre E_c et E_g illustrée par la portion (63) de la droite de régression (6) de la figure 6.

AVANTAGES DE L'INVENTION

- L'invention présente des avantages très importants. Elle permet en effet :
- d'une part de simplifier la régulation des fours de cuisson à feu tournant, et ainsi de diminuer le coût d'investissement ou de remplacement des dispositifs de mesure, ce qui correspond à des gains importants, compte tenu du fait que la régulation d'un four compte environ pour 10% de l'investissement total. Avec une régulation selon l'invention dans laquelle les brûleurs notamment sont pilotés par une consigne de puissance (flux d'énergie $E_o - E_{o_j}$) et non plus de température comme selon l'état de la technique, et ainsi, ce sont 50 à 100 thermocouples par four ayant une durée de vie de trois mois qui sont économisés,
 - d'autre part de diminuer la consommation énergétique des fours d'au moins 10%, en la faisant passer d'une moyenne de 2450 MJ/t à moins de 2200 MJ/t,

- d'assurer une constance de qualité des blocs carbonés cuits, compte tenu de la disparition de variations brusques de la température dans les fours,
- de s'adapter aux fours existants et ainsi d'améliorer le fonctionnement de ces fours sans investissement important.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de régulation d'un four à feu tournant de cuisson de blocs carbonés comprenant une succession de chambres C_i actives simultanément mais de manière différenciée, à savoir, d'amont en aval et dans un sens longitudinal, des chambres de refroidissement, dont la première, en tête, est alimentée en air atmosphérique à l'aide de piquages de soufflage S_j , des chambres de cuisson équipées d'au moins une rampe de brûleurs à injecteurs I_j alimentés en carburant, et des chambres de préchauffage, dont la dernière, en queue, est munie de piquages d'aspiration A_j des fumées de combustion, et comprenant, dans un sens travers et en alternance, une succession de cloisons chauffantes creuses Cl_{ij} et d'alvéoles Al_{ij} dans lesquels sont empilés les blocs carbonés à cuire, lesdites cloisons Cl_{ij} d'une chambre donnée C_i munies d'ouvreaux destinés à recevoir lesdits piquages de soufflage S_j et/ou lesdits injecteurs I_j et/ou lesdits piquages d'aspiration A_j et/ou des moyens de mesure communiquant avec les cloisons creuses Cl_{i-1j} et Cl_{i+1j} des chambres précédente C_{i-1} et suivante C_{i+1} de manière à assurer la circulation d'amont vers l'aval d'un flux gazeux comprenant l'air atmosphérique et les fumées de combustion, caractérisé en ce que le débit massique DG_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j traversant lesdits piquages d'aspiration A_j en queue des chambres de préchauffage, est régulé en mesurant le débit massique DG_j et la température T_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j , en calculant les flux d'énergie E_j correspondants, de façon à maintenir, pour chacun des flux de fumées de combustion G_j , ledit flux d'énergie E_j à une valeur de consigne E_{0j} prédéterminée.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les flux d'énergie E_j sont calculés par le produit R égal à $DG_j \cdot (T_j - T_a) \cdot C_g$, T_j et T_a étant respectivement la température des fumées de combustion G_j et celle de l'air ambiant, et C_g étant la chaleur spécifique massique des fumées de combustion à la température T_j .
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel ladite valeur de consigne E_{0j} est soit une constante, soit une fonction du temps $f(t)$ prédéterminées.

4. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel les valeurs de consigne E_{0j} sont définies pour chacune des cloisons Cl_{ij} du four, non seulement dans le sens travers du four, avec repérage par l'indice j , mais aussi sur toute la longueur du four, avec repérage par l'indice i , de manière à avoir une cartographie des valeurs de consigne qui tienne compte des effets de bord à la fois sur les côtés dudit four et à ses extrémités lors du déplacement du feu.
5. Procédé selon une quelconque des revendication 1 à 3 dans lequel le débit de carburant DC_j alimentant lesdits brûleurs I_j est fixé à un niveau prédéterminé DC_{0j} .
6. Procédé selon la revendication 5 dans lequel ledit niveau prédéterminé DC_{0j} dudit débit de carburant DC_j est établi à partir de la valeur de consigne E_{0j} et une courbe expérimentale de corrélation entre ledit flux d'énergie E_j et ledit débit de carburant DC_j alimentant lesdits brûleurs.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6 dans lequel ledit niveau prédéterminé de débit de carburant est choisi, pour une cloison creuse donnée Cl_{ij} d'une chambre de cuisson donnée C_i d'un four donné, de manière à ce que la température mesurée des fumées de combustion dans ladite cloison creuse Cl_{ij} ait une valeur prédéterminée.
8. Procédé selon la revendication 7 dans lequel la valeur prédéterminée est comprise entre 1000° et 1300° C
9. Procédé selon une quelconque des revendications 5 à 8 dans lequel les valeurs de consigne DC_{0j} sont définies pour chacune des cloisons Cl_{ij} du four, non seulement dans le sens travers du four, avec repérage par l'indice j , mais aussi sur toute la longueur du four, avec repérage par l'indice i , de manière à avoir une cartographie des valeurs de consigne qui tienne compte des effets de bord à la fois sur les côtés dudit four et à ses extrémités lors du déplacement du feu.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel DC_{0j} est corrigée, en cours de cuisson, à l'aide de mesures de la teneur en monoxyde de carbone des fumées à la sortie du four.

11. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel un débit d'air DA_j desdits piquages de soufflage S_j en tête des chambres de refroidissement est régulé de façon à ce que la pression dans les cloisons creuses Cl_{ij} desdites chambres de cuisson C_i soit inférieure à la pression atmosphérique et comprise dans une plage de pression prédéterminée, la pression statique P_j en queue des chambres de refroidissement étant sensiblement égale à la pression atmosphérique.

12. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel un débit d'air DA_j desdits piquages de soufflage S_j en tête des chambres de refroidissement est régulé de façon à ce que la vitesse du flux d'air, ou celle du ventilateur utilisé pour mettre en mouvement ce flux d'air, à l'entrée desdites chambres de cuisson soit constante, et à une valeur prédéterminée.

13. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel un débit d'air DA_j desdits piquages de soufflage S_j en tête des chambres de refroidissement est fixé à une valeur prédéterminée de manière à ce que la pression statique en tête des chambres de cuisson soit inférieure à la pression atmosphérique.

14. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 13 dans lequel on utilise des moyens informatiques pour stocker des valeurs de consigne ou plages desdites valeurs de consigne de différents paramètres pour chaque cloison sur l'ensemble du four et pour comparer ces valeurs aux valeurs mesurées de ces paramètres, après calcul éventuellement, ainsi que des actionneurs, commandés par lesdits moyens informatiques, pour corriger éventuellement lesdits paramètres de régulation.

15. Procédé selon la revendication 14 dans lequel lesdits paramètres de régulation sont corrigés en modifiant les débits d'air DA_{ij} .

16. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 14 dans lequel la température T_j est mesurée dans les piquages d'aspirations A_j .

17. Dispositif de régulation d'un four à feu tournant de cuisson de blocs carbonés comprenant une succession de chambres C_i actives simultanément mais de manière

différenciée, à savoir, d'amont en aval et dans un sens longitudinal, des chambres de refroidissement, dont la première, en tête, est alimentée en air atmosphérique à l'aide de piquages de soufflage S_j , des chambres de cuisson équipées d'au moins une rampe de brûleurs à injecteurs I_j alimentés en carburant, et des chambres de préchauffage, dont la dernière, en queue, est munie de piquages d'aspiration A_j des fumées de combustion, et comprenant, dans un sens travers et en alternance, une succession de cloisons chauffantes creuses Cl_{ij} et d'alvéoles Al_{ij} ; dans lesquels sont empilés les blocs carbonés à cuire, lesdites cloisons Cl_{ij} d'une chambre donnée C_i munies d'ouvreaux destinés à recevoir lesdits piquages de soufflage S_j et/ou lesdits injecteurs I_j et/ou lesdits piquages d'aspiration A_j et/ou des moyens de mesure communiquant avec les cloisons creuses Cl_{i-1j} et Cl_{i+1j} des chambres précédente C_{i-1} et suivante C_{i+1} de manière à assurer la circulation d'amont vers l'aval d'un flux gazeux comprenant l'air atmosphérique et les fumées de combustion, où le débit massique DG_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j traversant lesdits piquages d'aspiration A_j en queue des chambres de préchauffage, est régulé en mesurant le débit massique DG_j et la température T_j de chacun des flux de fumées de combustion G_j , en calculant les flux d'énergie E_j correspondants, de façon à maintenir, pour chacun des flux de fumées de combustion G_j , ledit flux d'énergie E_j à une valeur de consigne Eo_j prédéterminée ledit dispositif comprenant:

- des moyens de mesure des débits DG_j des flux de fumées de combustion G_j ,
- des moyens informatiques pour stocker des valeurs de consigne ou plages de valeurs de consigne des flux d'énergie Eo_j , pour comparer ces valeurs avec les valeurs de flux d'énergie mesurées E_j ,
- et des actionneurs commandés par lesdits moyens informatiques, pour corriger éventuellement la valeur du flux d'énergie mesurée E_j en modifiant le débit DG_j du flux de fumées de combustion G_j , de façon à ce que les valeurs de mesure E_j soient égales aux valeurs de consigne Eo_j ou rentrent dans les plages de valeurs de consigne.

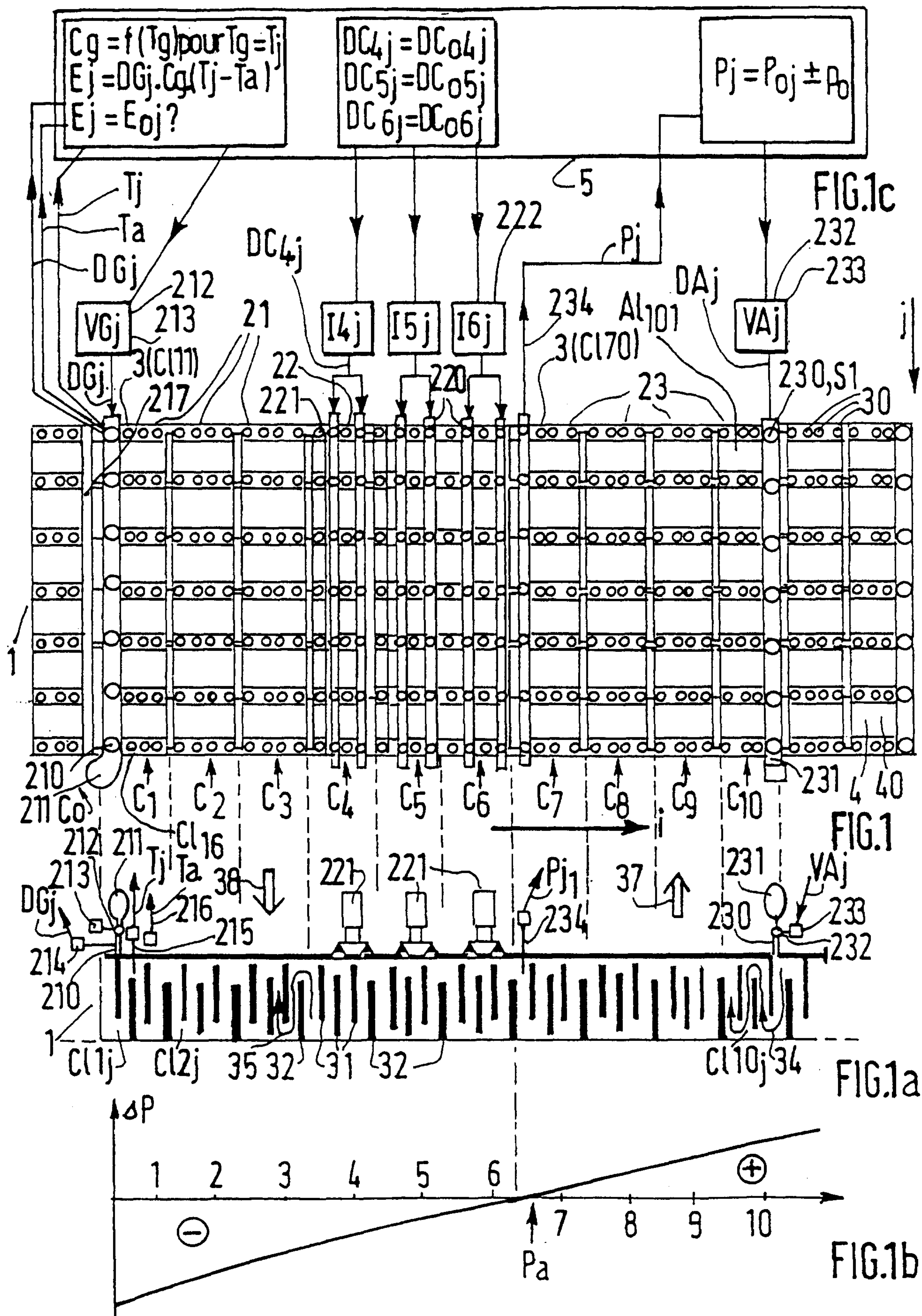
18. Dispositif selon la revendication 17 incluant un moyen pour stocker une fonction de corrélation entre les valeur de consigne des flux d'énergie Eo_j et les valeurs de consigne correspondantes des débits de carburant Dco_j et assurant la régulation correspondante desdits débits à partir de toute variation de Eo_j .

19. Dispositif de régulation selon la revendication 17 ou 18 dans lequel ledit moyen pour mesurer les débits DG_j du flux de fumées de combustion G_j comprend un tube de Venturi placé dans chacun des piquages d'aspiration A_j , de manière à ne capter qu'une fraction déterminée du flux gazeux G_j .

20. Dispositif de régulation selon une quelconque des revendications 17 à 19 comprenant en outre des volets d'obturation, notés respectivement VA_j et VG_j et placés respectivement sur chacune des piquages de soufflage S_j reliées à une rampe de soufflage d'air et sur chacun des piquages d'aspiration A_j reliées à une rampe d'aspiration dans lequel les débits d'air DA_j soufflés ou les débits DG_j du flux de fumées de combustion aspirés sont fixés ou modulés par réglage des volets d'obturation.

21. Dispositif de régulation selon une quelconque des revendications 17 à 20 dans lequel un capteur de température des gaz mesure la température T_j des gaz circulant dans les piquages d'aspirations A_j .

1/6



2 / 6

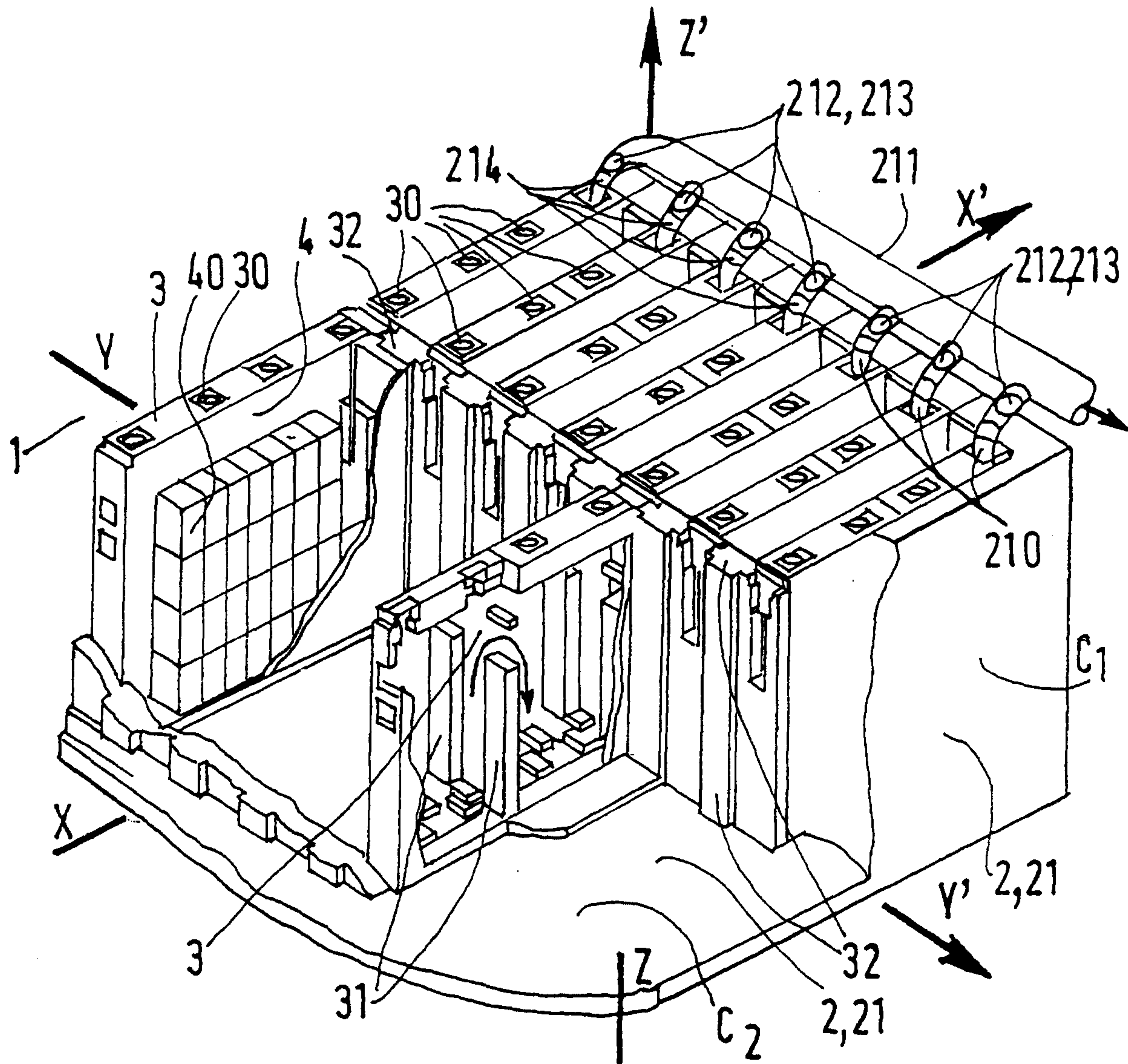


FIG.2

3 / 6

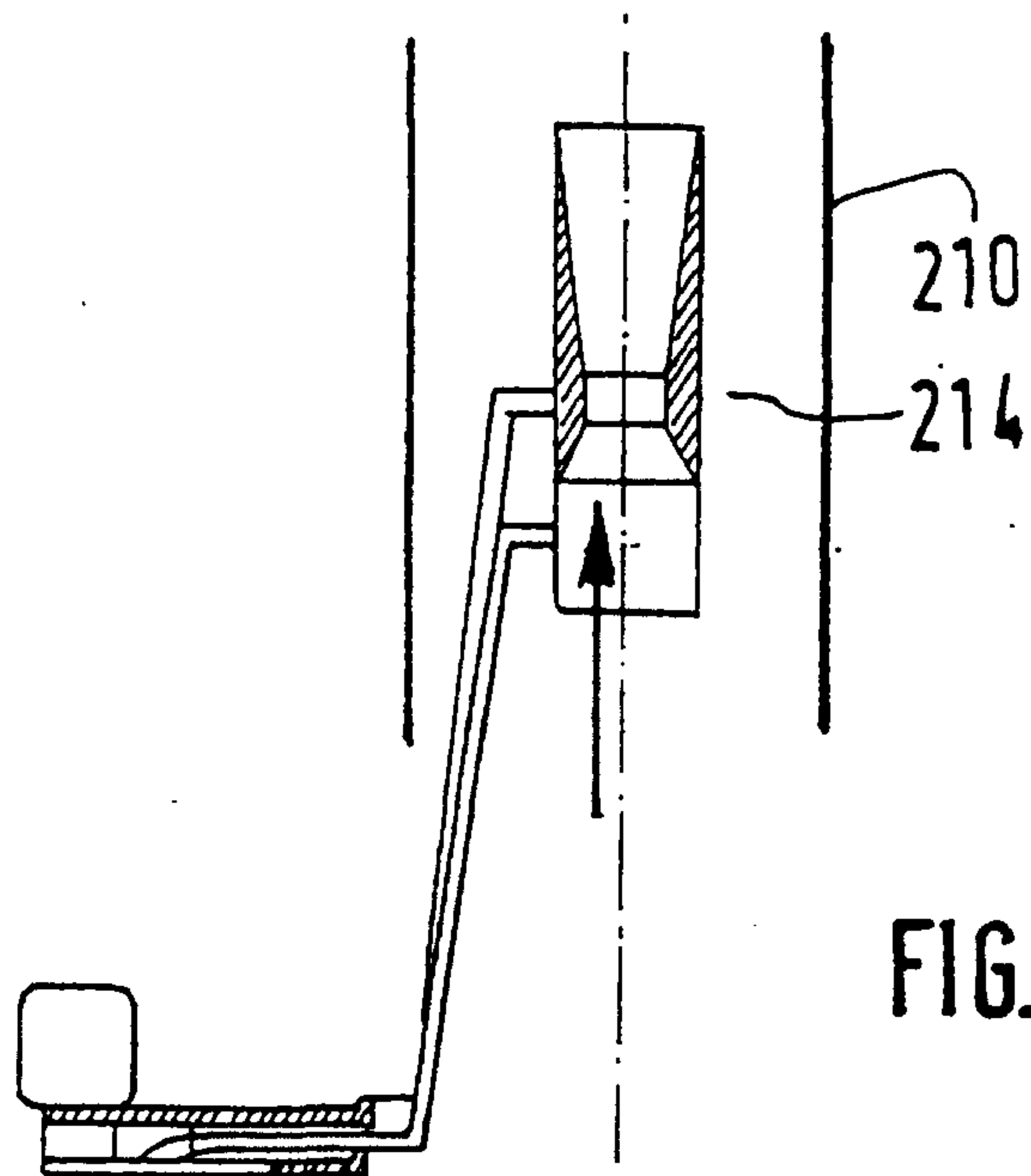


FIG.3

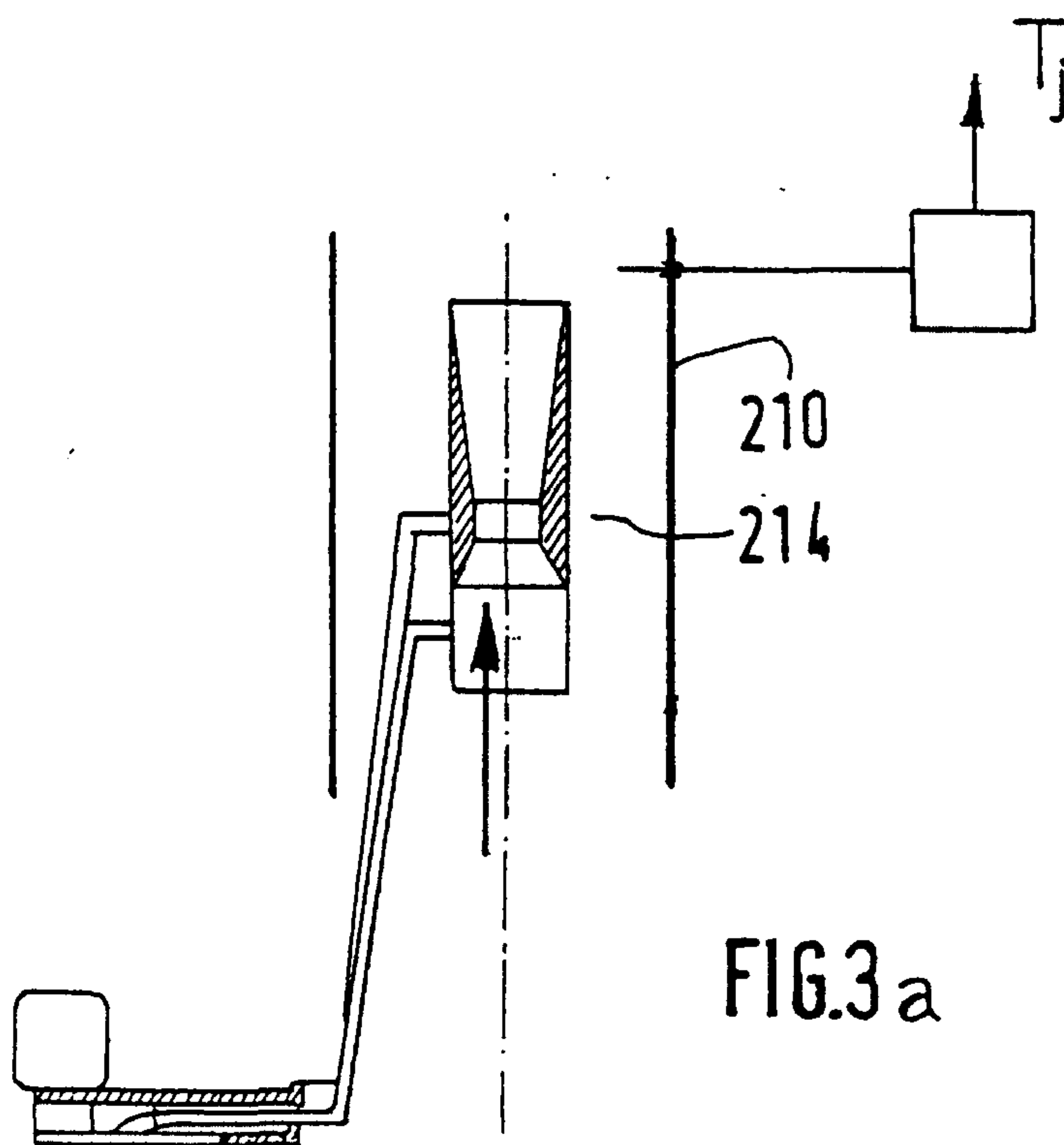


FIG.3a

4 / 6

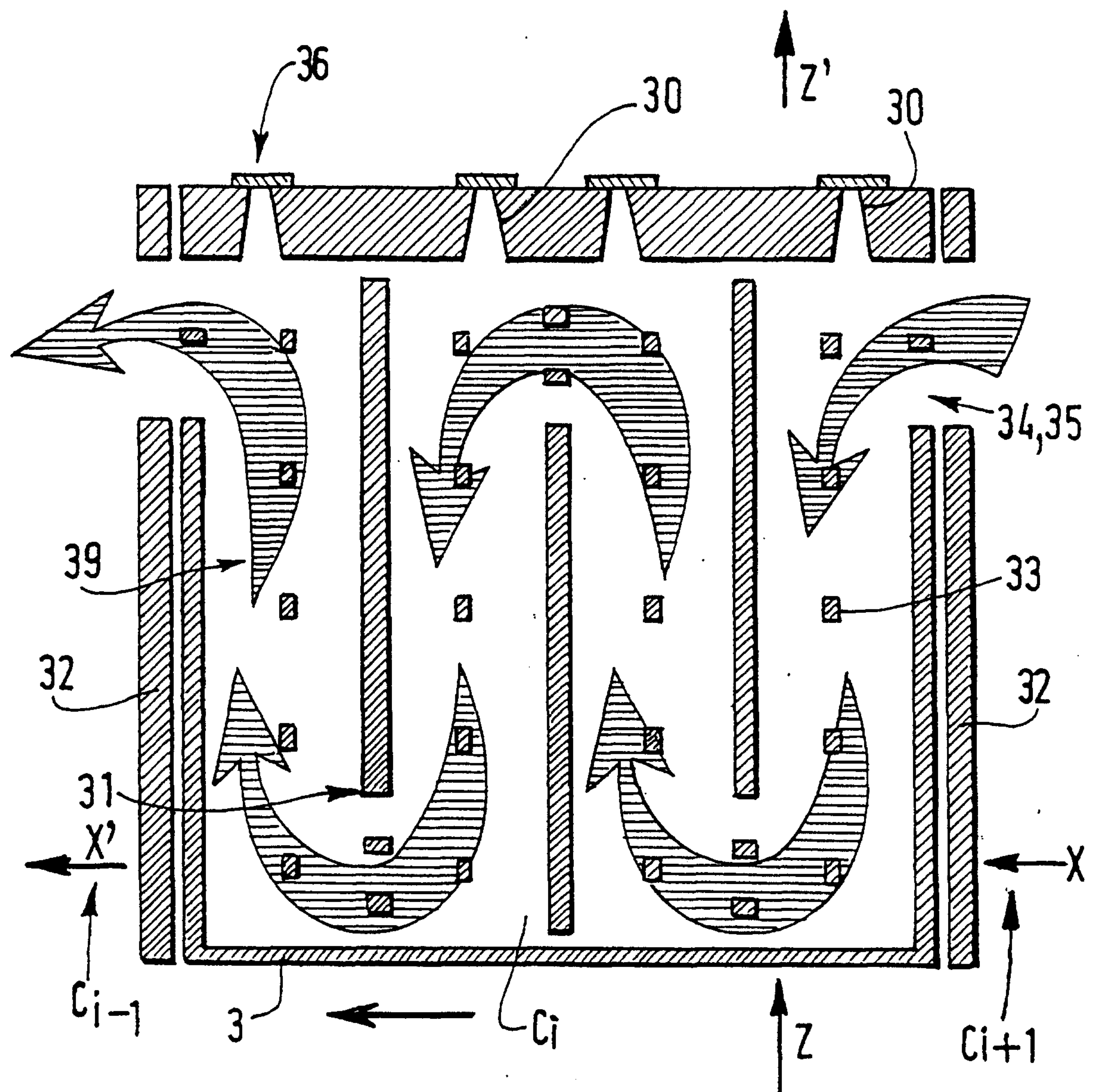


FIG. 4

5/6

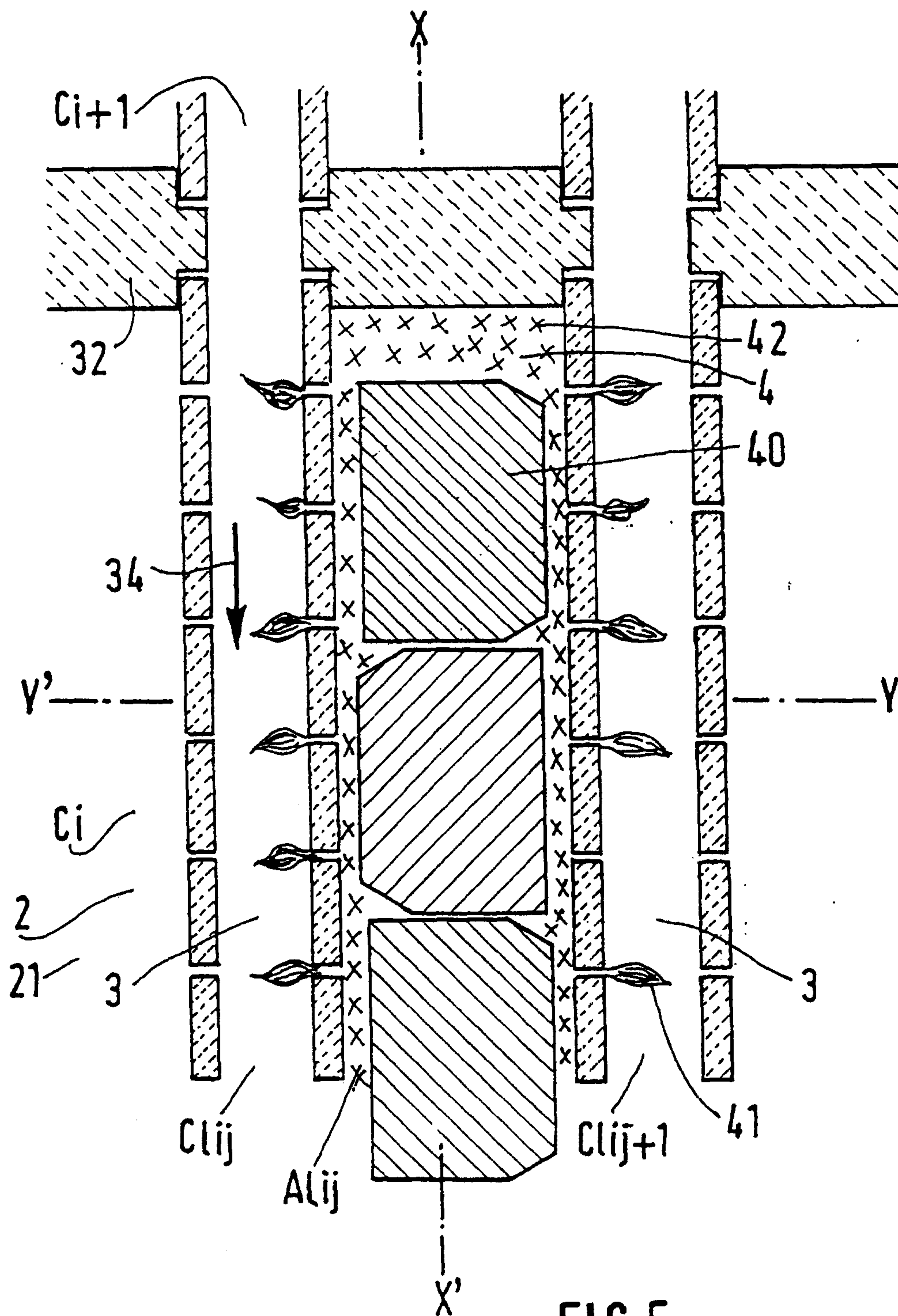


FIG. 5

WO 99/51925

6/6

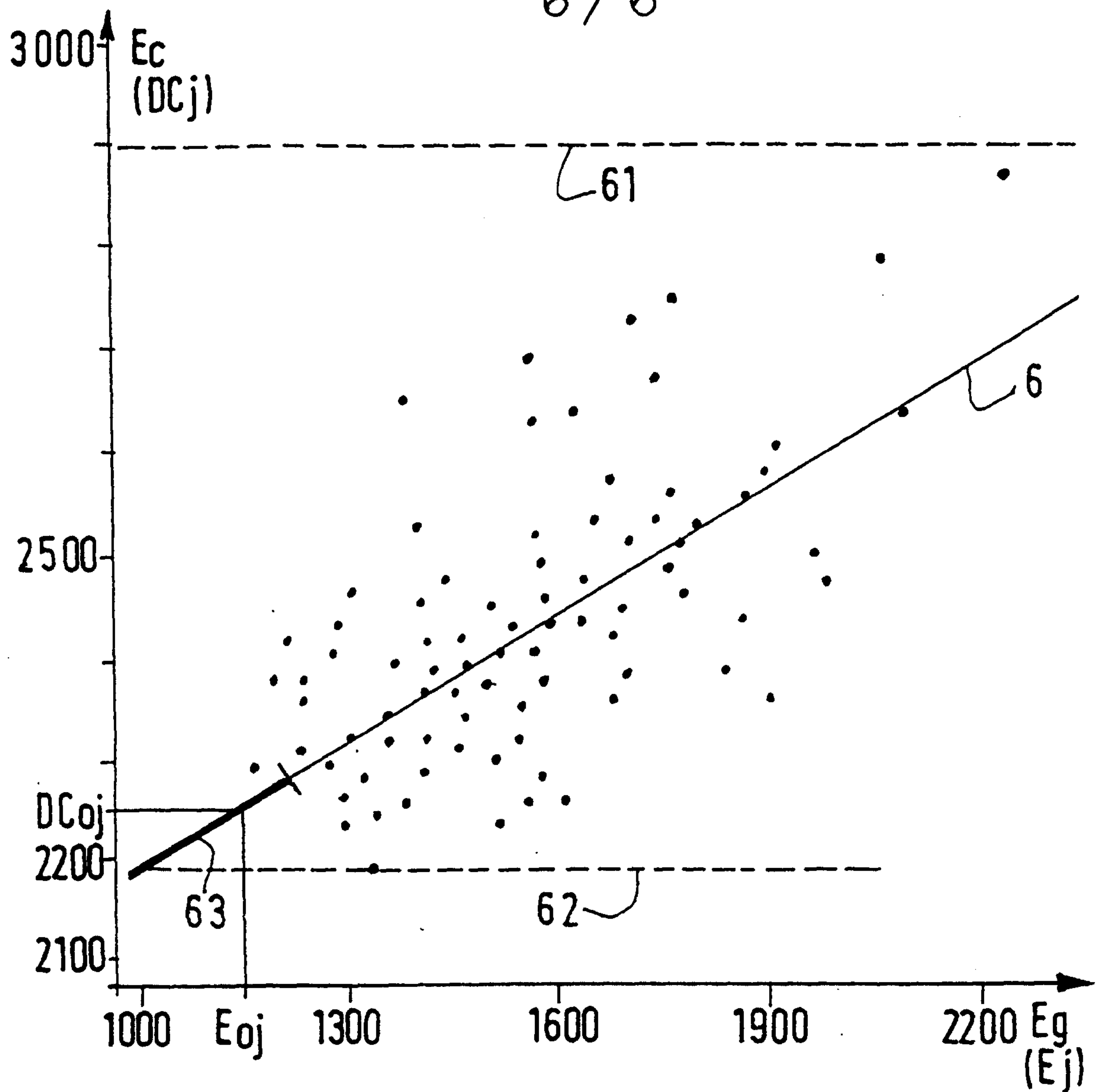


FIG. 6

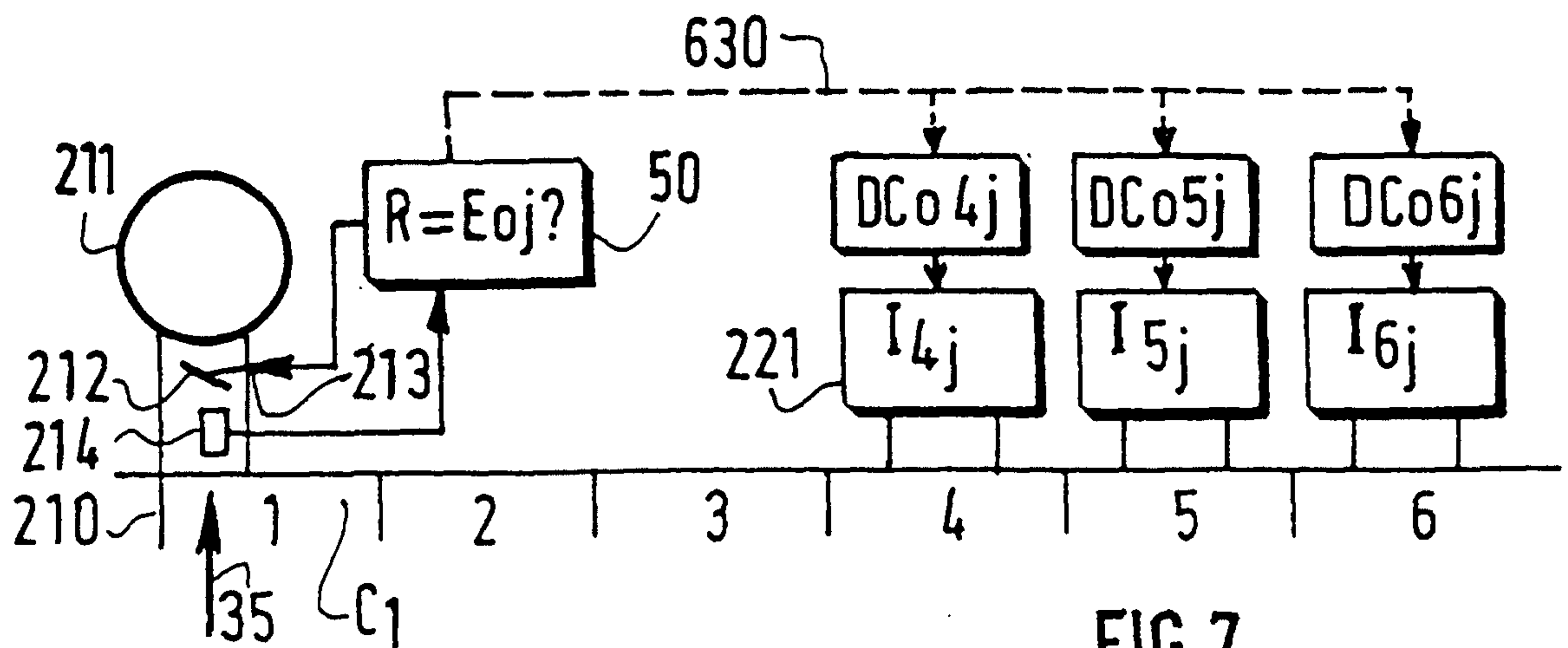


FIG. 7

