

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
30.04.86

⑤① Int. Cl.: **C 10 B 53/08, C 10 B 19/00**

②① Numéro de dépôt: **83401306.2**

②② Date de dépôt: **23.06.83**

⑤④ **Procédé de fabrication de coke moulé dans un four à cuve et four à cuve correspondant.**

③① Priorité: **23.06.82 FR 8211540**

⑦③ Titulaire: **Namy, Gérard, 13 cours Fauriel,
F-42000 Saint-Etienne (FR)**

④③ Date de publication de la demande:
18.01.84 Bulletin 84/3

⑦② Inventeur: **Namy, Gérard, 13 cours Fauriel,
F-42000 Saint-Etienne (FR)**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
30.04.86 Bulletin 86/18

⑦④ Mandataire: **Phéllp, Bruno et al, c/o Cabinet Harlé &
Phéllp 21, rue de la Rochefoucauld, F-75009 Paris (FR)**

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

⑤⑥ Documents cités:
**DE - C - 409 341
FR - A - 628 168
FR - A - 658 014
FR - A - 1 022 465
FR - A - 1 163 853
US - A - 2 127 542**

EP 0 098 771 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne un procédé de fabrication de coke moulé dans un four à cuve et le four à cuve correspondant.

On connaît un procédé de fabrication de coke moulé dans un four à cuve où des boulets de charbon sont introduits dans le four à cuve, à sa partie supérieure, pour constituer un lit circulant de haut en bas à travers le four sur toute sa hauteur.

Pendant leur circulation à l'intérieur du four, ces boulets de charbon sont en contact avec des gaz chauds traversant le four de bas en haut.

La partie supérieure du four constitue un échangeur équilibré dans lequel le lit de matières solides est séché et chauffé jusqu'à une certaine température et les gaz en circulation refroidis avant leur sortie à la partie supérieure du four.

La partie médiane du four constitue la zone de cokéfaction dans laquelle on apporte de la chaleur au lit de matières solides en circulation, par exemple grâce à des brûleurs.

Cet apport de chaleur peut être effectué par combustion d'une partie des gaz en circulation dans le four à cuve, grâce à de l'air comburant introduit au niveau de la zone médiane.

Dans ce cas, on recycle après dégoudronnage et dépoussiérage une partie au moins des gaz s'échappant au gueulard du four à cuve, en réinjectant ces gaz à l'extrémité inférieure de sortie des produits solides, à la base du four à cuve.

La partie inférieure du four à cuve, en dessous de la zone médiane, constitue un second échangeur thermique équilibré où les matières solides cokéfiées dans la zone médiane sont refroidies par les gaz injectés à la partie inférieure du four à cuve. Les gaz sont donc à haute température lorsqu'ils parviennent dans la zone médiane de chauffage et de cokéfaction.

Les boulets de charbon libèrent en particulier au moment de leur cokéfaction des gaz combustibles provenant des matières volatiles du charbon.

Ces gaz ont une grande valeur industrielle, puisqu'ils peuvent être récupérés, traités et réutilisés soit dans le four à cuve lui-même, soit pour d'autres usages.

Cependant, l'injection d'air comburant pour provoquer la combustion d'une partie des gaz en circulation dans le four à cuve est la bause de la présence dans les gaz récupérés au gueulard du four d'une proportion importante d'azote qui diminue le pouvoir calorifique du gaz. Il faut également traiter de plus grandes quantités de gaz, ce qui entraîne un coût plus important de ce gaz récupéré. C'est ainsi que, pour chaque tonne de coke produite, on se trouve en présence d'un excédent de gaz dû aux matières volatiles du charbon et à l'air injecté, d'environ 680 m³ à 800 m³ suivant la nature des charbons traités.

D'autre part, la maîtrise du procédé, en ce qui concerne le réglage thermique, est relativement difficile à obtenir.

Il faut en effet régler la température dans la

zone de cokéfaction de façon relativement précise et éviter que l'air introduit pour la combustion du gaz et l'apport thermique dans la zone médiane du four n'oxyde une partie du carbone des boulets, ce qui se ferait au détriment du rendement et de l'efficacité de l'opération de cokéfaction.

On a donc proposé pour la production simultanée de coke et de gaz combustible d'effectuer l'apport de chaleur dans le four à cuve grâce à des électrodes traversant les parois du four et venant en contact avec le lit de matières solides en circulation. Un courant électrique de forte intensité peut ainsi traverser le lit de matières solides et produire un dégagement de chaleur par effet Joule.

Un tel procédé est décrit par exemple dans le brevet français 997.058 où une zone de chauffage électrique est ménagée dans le four, en dessous de la zone de cokéfaction. Le coke produit est ainsi porté à très haute température par chauffage électrique et les gaz venant de la base du four qui traversent cette zone s'échauffent fortement au contact du coke à très haute température et sont capables de provoquer la cokéfaction du charbon dans la zone du four située au-dessus de la zone de chauffage électrique.

Ce procédé a l'inconvénient de nécessiter une surchauffe du coke jusqu'à une température voisine de 1.400°C.

A titre de comparaison, la température du coke dans les fours à coke classiques ne dépasse pas 1.200°C.

On a également proposé dans le brevet FR.A. 628 168, d'utiliser des fours à chauffage électrique, avec circulation de gaz à contre-courant des matières solides, pour la cuisson du coke en vue de fabriquer des électrodes.

De tels procédés demandent cependant des températures très supérieures aux températures nécessaires pour la cokéfaction.

On connaît également des procédés de traitement du coke, par exemple pour sa désulfuration, qui utilisent à la fois un chauffage électrique et le passage de gaz dans la masse de coke portée à haute température.

Cependant, de tels procédés sont conduits de façon très différente d'un procédé de cokéfaction et ne visent qu'au traitement du coke lui-même, or, il n'y a pas intérêt à porter le coke à des températures pouvant dépasser 1.400 °C car la qualité métallurgique du coke s'en ressent et sa réactivité entre autre diminue.

Dans le brevet US-A-2.127.542, les électrodes sont placées à la hauteur de la zone de cokéfaction mais, dans ce cas également, le passage du courant s'effectue dans du coke qui est chargé en même temps que le charbon à la partie supérieure du four à cuve en formant une couche annulaire qui entoure la charge de charbon et descend avec elle. c'est donc dans cette couche de coke que se produit par effet Joule un apport de chaleur se transmettant par conduction au charbon adjacent qui se transforme en coke et laisse à son tour passer le courant. Le processus de carbonisation

s'étend donc radialement vers l'intérieur au cours de la descente de la charge et le degré de carbonisation des morceaux de charbon dépend, à chaque niveau, de leur distance par rapport à la paroi du four.

L'invention propose, en revanche, un procédé de fabrication de coke moule dans lequel l'échauffement de la charge est réalisé en observant une loi de chauffe déterminée en fonction de la nature du charbon de façon à éviter la formation de grappes et à conserver la forme des boulets jusqu'à la fin du traitement, notamment en évitant leur éclatement et leur surchauffe.

A cet effet, on utilise, de façon connue, un four à cuve à la partie supérieure duquel on introduit des boulets de charbon à cokéfier qui constituent un lit mobile descendant dans le four à contre-courant de gaz traversant le four de bas en haut, dont une partie est constituée par des gaz récupérés à la partie supérieure du four et recyclés à sa partie inférieure et dont une autre partie est constituée par les gaz libérés par le charbon au cours de son chauffage et de sa cokéfaction, un apport de chaleur étant effectué par passage de courants électriques dans le lit de matières solides.

Conformément à l'invention, on réalise le chauffage électrique de façon contrôlée, dans la zone médiane du four sur une hauteur déterminée, en faisant passer dans plusieurs plans horizontaux échelonnés de la charge, des courants électriques dont on peut régler individuellement les intensités et, par réglage des échanges thermiques entre la charge solide et par réglage de la circulation des gaz et de la puissance électrique répartie sur les différents niveaux d'électrodes en fonction des besoins calorifiques et de la résistance électrique de la charge, on contrôle le chauffage progressif et homogène de celle-ci au cours de sa descente dans le four suivant une loi de chauffe choisie en fonction de la nature du charbon pour conserver la forme des boulets, de telle sorte que la température du lit de matière solide soit comprise entre 600°C et 850°C à l'entrée de la zone médiane (C) de chauffage électrique et que la réaction de cokéfaction soit réalisée complètement dans cette zone (C) à une température restant comprise entre 950°C et 1150°C, les boulets de coke ainsi réalisés étant ensuite refroidis dans la partie inférieure du four.

Selon une autre caractéristique importante, dans la zone supérieure de préchauffage du four, on dérive un débit réglable du courant ascendant de gaz chauds, de manière à contrôler une élévation de température progressive des matières à une vitesse choisie en fonction de la nature du charbon pour éviter la fusion ou le collage des boulets.

De préférence, on augmente la résistance électrique de la charge après la sortie de la zone médiane de cokéfaction en réalisant une décompression de la charge dans la zone de refroidissement, susceptible d'augmenter les

résistances de contact entre les boulets.

Pour favoriser le passage du courant électrique dans la zone médiane de cokéfaction, rendre homogène le chauffage électrique et faciliter le réglage électrique de la puissance consommée, les boulets de charbon introduits à la partie supérieure du four sont mélangés avec des particules de petit coke ou de tout autre produit conducteur de l'électricité, inaltérable aux températures atteintes dans le four et se trouvant sous forme de grains de dimensions inférieures à celles des boulets de charbon, lesdits grains étant répartis de façon homogène dans les interstices entre les boulets.

Le four à cuve pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention comprend au moins deux paires d'électrodes superposées, placées dans des plans horizontaux écartés l'un de l'autre et dont les tensions d'alimentation électrique sont réglables individuellement par paire.

Dans un mode de réalisation préférentiel, les électrodes placées dans au moins l'un des plans horizontaux sont montées mobiles horizontalement et reliées chacune à des moyens d'avancement et de recul alternés, chaque électrode exerçant une pression constante sur la charge par avancement progressif vers l'intérieur du four jusqu'à une position déterminée à partir de laquelle est commandé un recul rapide accompagné d'une descente de la charge et suivi d'un nouvel avancement.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, un exemple de mise en oeuvre du procédé suivant l'invention dans le cas d'un four à cuve muni d'un double jeu d'électrodes.

La figure 1 représente schématiquement un four à cuve suivant l'invention dans une vue en coupe par un plan vertical.

La figure 2 représente une section du four suivant II II de la figure 1.

La figure 3 représente la partie inférieure des électrodes du premier ensemble représenté à la figure 1, dans une vue à plus grande échelle.

La figure 4 représente un mode de réalisation plus perfectionné d'un four à cuve selon l'invention.

La figure 5 est un diagramme représentant la loi de chauffe de la charge.

Sur la figure 1, on voit le four à cuve 1 comportant une double paroi isolante 2 et dont la partie supérieure constitue un gueulard 3 d'enfournement des boulets de charbon à cokéfier.

Ce gueulard est d'un type voisin de celui des gueulards de haut fourneau et permet grâce à un dispositif 4 la récupération des gaz à la partie supérieure du four à cuve. Le gueulard est totalement étanche et permet d'éviter les rentrées d'air atmosphérique.

A la partie inférieure du four à cuve des dispositifs à trémies et évacuateurs rotatifs 5 permettent une sortie régulière du coke parvenant en bas du four.

Un lit mobile 6 de matières solides se déplace en continu dans le four. La surface supérieure 60

de ce lit de matières solides se maintient à un niveau sensiblement constant par introduction de boulets de charbon grâce au gueulard 3 à un débit identique au débit de sortie du coke.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, un premier jeu d'électrodes 7 est introduit dans le four par sa partie supérieure. Ces électrodes peuvent être réglées en hauteur, si bien que le niveau du plan AA dans lequel circulent des courants électriques de direction horizontale entre les électrodes peut être réglé par déplacement vertical de l'ensemble des électrodes supérieures.

Ainsi qu'il est visible sur les figures 2 et 3, ces électrodes comportent une partie conductrice 10 constituée par une plaque de graphite sertie dans une pièce en acier réfractaire 11. Les pièces 11 en acier réfractaire sont reliées à des tubes supports 12 également en acier réfractaire constituant des conducteurs servant à l'amenée du courant à l'extrémité des électrodes 7. De l'air de refroidissement circule éventuellement à l'intérieur de ces tubes et vient refroidir, à leur partie inférieure, la pièce 11 de fixation de la partie conductrice 10.

Des blocs de matière réfractaire 14 permettent d'isoler les tubes de suspension et d'amenée du courant 12 du lit de matières solides et des gaz à haute température circulant dans le four.

Les électrodes 7 plongent dans le lit de matières solides à une profondeur d'à peu près 1 mètre 50 sous la surface du niveau 60. Cette profondeur d'introduction des électrodes peut être réglable.

Sur la figure 2, on voit la section rectangulaire du four dans laquelle sont disposées six électrodes 7 permettant une circulation du courant entre les électrodes dans des directions horizontales. Le courant électrique passe d'une électrode à une autre suivant un trajet horizontal en traversant le lit de matières solides présentant au niveau de la zone de chauffage électrique une certaine conductibilité.

Un second jeu d'électrodes 8 disposés à un niveau B inférieur au niveau du plan A, traversent horizontalement la double paroi 1, 2 du four. Ces électrodes sont constituées par des blocs de graphite logés dans le réfractaire situé entre les deux parois 1 et 2 du four et légèrement saillants dans l'espace intérieur du four.

De préférence, ces électrodes sont mobiles horizontalement de façon à exercer une poussée constante sur la charge.

A cet effet, comme on l'a représenté schématiquement sur la figure 1, chaque électrode 8 peut être montée sur un chariot 81 déplaçable horizontalement par exemple au moyen d'un vérin 82 à pression constante. Le mouvement d'avancée vers l'intérieur du four est limité dans sa course de telle sorte que les électrodes 8 dépassent de quelques centimètres la face interne de la paroi 2 du four. Le vérin 82 commande alors un recul rapide de l'électrode qui s'accompagne d'une descente des matières se trouvant au-dessus et le mouvement

d'avancée peut reprendre. Un système facile à concevoir permet de compenser l'usure de l'électrode 8.

A l'extérieur du four un circuit 15 de récupération et de traitement du gaz est raccordé d'une part au récupérateur de gaz 4 à la partie supérieure du four et d'autre part à la partie inférieure du four par une conduite d'injection 18.

Sur ce circuit de gaz sont disposées une unité de lavage du gaz 16 où le gaz est dépoussiéré et dégoudronné ainsi qu'une pompe de circulation et d'injection 17. En outre, le circuit peut comprendre avantageusement un équipement 19 limitant la teneur en vapeur d'eau du gaz recyclé et constitué par exemple par un échangeur abaissant le point de rosée du gaz par refroidissement.

Une vanne 20 permet de régler l'injection de gaz à la base du four et de diriger une partie de ce gaz vers un réservoir de stockage ou un circuit d'utilisation.

Dans un mode de réalisation plus perfectionné représenté sur la figure 4 le four comprend plusieurs niveaux d'électrodes 8 placées dans des plans horizontaux échelonnés le long de la zone médiane C et dont l'alimentation électrique, non représentée sur la figure, peut être réglée individuellement dans chaque plan, en fonction de la puissance électrique souhaitable pour la réalisation de la loi de chauffe.

La surface nécessaire d'électrodes est déterminée par l'intensité du courant électrique à faire circuler dans la masse de manière à éviter une surchauffe.

La surface totale d'électrodes est donc importante. Mais il est nécessaire qu'un boulet ne reste pas trop longtemps sous une intensité forte. On aura donc un nombre d'électrodes constituant des plans horizontaux et de faible épaisseur. La tension du courant peut être réglée par groupe d'électrodes en fonction de la loi de chauffe.

Par ailleurs, le four 1 a une section rectangulaire permettant la réalisation modulaire d'une installation constituée de cellules accolées.

Dans la zone supérieure de préchauffage P le four est muni de moyens permettant de dériver une partie du courant ascendant de gaz chauds et qui peuvent par exemple être constitués par une double paroi latérale 21 ménageant un espace pour la circulation des gaz qui s'effectue par la différence de perte de charge entre les deux circuits respectivement interne et périphérique ainsi constitués.

Un système de volet permet de régler la perte de charge et par conséquent le débit du gaz dans le circuit principal.

Dans la partie inférieure R de refroidissement, le four a une largeur plus grande et est en outre traversé par des barres horizontales 22 garnies de réfractaire et éventuellement refroidies intérieurement et qui s'étendent d'une paroi à l'autre. L'extraction des produits à la base 5 du four assure donc une décompression de la charge à la sortie de la zone de cokéfaction C. 11 en résulte une augmentation des résistances de

contact qui diminue le passage de courant électrique dès le début de la zone de refroidissement. On limite ainsi vers le bas la zone C de chauffage électrique.

Nous allons maintenant décrire le fonctionnement du four pour la production de coke moulu et de gaz à pouvoir calorifique élevé.

La figure 5 donne un exemple d'une loi de chauffe et des températures respectives des matières (indiquées en abscisse) suivant la hauteur du four (indiquée en ordonnées). La courbe en trait plein donne la température des matières solides et la courbe en pointillé, la température des gaz.

On introduit dans le four, par l'intermédiaire du gueulard 3 une charge de charbon constituée par des briquettes ou boulets de dimensions habituelles (par exemple: 40 x 25 x 20 mm) mélangés à du petit coke de granulométrie allant de 5 à 15 mm. Ce petit coke est préalablement réparti de façon homogène dans les boulets, dans une proportion convenable, par exemple: 10 % en poids ou 19 % en volume. (Le petit coke pourrait être remplacé par tout produit équivalent, de même dimension, c'est à dire conducteur de l'électricité et inaltérable aux températures pratiquées dans le milieu gazeux considéré).

Ce petit coke se loge partiellement entre les boulets de charbon en occupant les interstices de la charge.

Les boulets de charbon sont constitués par un mélange de charbon maigre ou flambant sec associé à des charbons gras ou flambant gras mélangé à un liant constitué par du brai (mélange éventuellement à du goudron).

Le mélange homogénéisé descend dans le four à contre-courant de la circulation des gaz et parvient à la partie inférieure de l'échangeur supérieur du four à une température voisine de 850°C. Les boulets de charbon sont donc séchés puis chauffés de façon que leur température soit voisine de 800°C à la sortie de l'échangeur supérieur du four à cuve.

Le débit de gaz et le chauffage du four sont réglés en fonction du débit de matières solides pour obtenir les échanges de chaleur adéquats.

Comme on le voit sur la figure 5, en dérivant une partie réglable des gaz chauds entre les niveaux E et F de la zone supérieure de préchauffage, on peut contrôler la loi de chauffe de la charge notamment entre 400 et 700°C de façon à éviter la fusion des boulets.

Dans les conditions d'exploitation, la température des boulets à la sortie de l'échangeur supérieur P doit, en pratique, être supérieure à 700°C pour que le passage du courant se produise de façon convenable et ne pas dépasser 850°C pour que le rendement thermique de l'opération soit bon.

Lorsque le lit de matières solides comportant les boulets de charbon agglomérés et le coke parvient dans le plan A du premier ensemble d'électrodes, un courant traverse ce lit de matières et produit une élévation de température à l'intérieur des boulets par effet Joule.

Les particules de petit coke insérées entre les boulets de charbon favorisent le passage du courant dans le lit de matières solides circulant dans le four en multipliant les points de contact.

Les boulets crus tels qu'introduits dans le four à cuve sont peu conducteurs de l'électricité. Cependant, à partir d'un certain degré de dévolatilisation, la résistivité interne de ces boulets diminue rapidement. Par exemple à 800°C les mesures ont montré que ces boulets ont une résistivité interne qui ne dépasse pas 1500 Ω /cm. Ainsi, en contrôlant l'élévation de température des boulets dans la zone de préchauffage P, on limite vers le haut la zone C de chauffage électrique.

Il faut éviter également des élévations de température locsle trop importantes qui provoqueraient un cracking exagéré des hydrocarbures gazeux circulant dans le four et un dépôt de carbone-black entre les électrodes, ce qui créerait des courts-circuits, ce carbone-black étant conducteur.

Mais le procédé selon l'invention permet de diminuer le risque de surchauffe car il est plus facile de régler la température du chauffage électrique en répartissant celui-ci dans plusieurs sections horizontales successives du four.

Le petit coke mélangé aux boulets de charbon cru avant son introduction dans le four est récupéré à la base du four par criblage des boulets de coke produits. Ce petit coke n'a subi aucune transformation dans toute sa traversée du four. Son rôle se limite à diminuer les résistances de contact entre les boulets de charbon et à obtenir un chauffage plus homogène de la charge.

A l'entrée dans la zone médiane de chauffage électrique du four comprise essentiellement entre les deux plans A et B des électrodes, le lit de matières solides a une température très homogène, d'une part à cause du mouvement de la charge de matières solides traversant la zone des électrodes et soumise au chauffage par effet Joule des courants qui la traversent, résultant des multiples contacts établis par les grains de petit coke répartis dans les boulets et qui changent constamment de position, et d'autre part à cause de la circulation des gaz dans cette zone.

Dans le cas d'un four à cuve ayant une section carrée dont le côté mesure 3 mètres 50, et dont la production de coke est d'environ 350 tonnes par jour, on utilise des électrodes disposées comme représenté sur la figure 4 c'est à dire distantes d'à peu près 3,5 m.

Ces électrodes sont alimentées sous une tension de préférence continue et régulée pour une puissance maintenue constante et dégagent une puissance totale de 1 500 kw par exemple. Cette puissance est répartie entre les divers niveaux d'électrodes de manière à obtenir la loi de chauffe désirée.

Cette puissance thermique d'origine électrique permet de faire passer la température des matières solides de 800 à 1 050°C environ dans la zone C de chauffage électrique.

La cokéfaction complète du charbon se produit

dans cette zone, le coke à 1000°C pénétrant dans l'échangeur inférieur par la partie supérieure de celui-ci. Les gaz en circulation dans le four s'échauffent au contact du coke et du charbon en cours de cokéfaction dans la zone de chauffage électrique et leur débit s'accroît par volatilisation d'une partie des produits contenus dans les boulets de charbon.

Les gaz injectés à la base du four par la conduite 18 permettent de refroidir le coke produit depuis la température de sortie de la zone médiane, c'est à dire une température voisine de 1000°C jusqu'à une température voisine de 150°C.

Pour le four mentionné ci-dessus, on injecte à la base du four environ 1000 m³ de gaz par tonne de matières solides circulant dans le four, ce qui assure des échanges équilibrés à la partie inférieure et à la partie supérieure du four.

Le gaz produit dans le four est récupéré à la partie supérieure, dépoussiéré et dégoudronné avant d'être introduit dans le four par la conduite 18.

On produit de plus une quantité excédentaire de gaz combustible dépendant de la nature des charbones utilisés par exemple 500 m³ par tonne de coke produite. Le pouvoir calorifique de ce gaz est d'environ 18810J/m³ (4500 calories par m³),

La consommation d'énergie électrique est voisine de 150 kWh par tonne de coke produite.

La cokéfaction se produit donc à une température relativement modérée et généralement un peu inférieure à la température de cokéfaction dans les fours à coke classiques.

Le réglage du chauffage électrique en fonction des débits de matières solides et des gaz pourra varier quelque peu mais pour obtenir un bon rendement thermique et des conditions de cokéfaction optimales, la température maximum du lit de matières solides dans la zone de chauffage électrique ne devra pas dépasser une valeur comprise entre 950 et 1150°C.

En répartissant la puissance électrique sur plusieurs niveaux, on obtient un chauffage progressif et adapté à toutes les natures de charbon, ce qui ne serait pas le cas si l'on utilisait un seul ensemble d'électrodes permettant un passage du courant dans un seul plan horizontal.

Le bilan concernant la consommation d'énergie dans le procédé suivant l'invention est tout à fait favorable si on le compare à ce qu'il en est pour les fours à coke classiques.

En effet, de tels fours à coke consomment approximativement 800 thermies par tonne de coke produite alors que la consommation d'énergie électrique dans le four à cuve suivant l'invention correspondrait approximativement à une consommation de 150 kWh par tonne de coke produite.

On voit donc que les principaux avantages du procédé suivant l'invention sont de permettre une diminution de la consommation d'énergie pour la production de coke et une récupération d'un gaz à haut pouvoir calorifique qui peut être produit en continu.

De plus, le réglage thermique du procédé peut

être effectué de façon simple, de façon que les échanges entre les gaz et les matières solides soient équilibrées et que l'apport calorifique par énergie électrique soit utilisé pratiquement uniquement pour compenser les déperditions thermiques du four et la chaleur des réactions endothermiques pouvant se produire dans le four. La souplesse de ce type de four permet de moduler la consommation de courant électrique avec un délestage aux heures de pointe.

Enfin, l'étanchéité complète du four permet d'éviter toutes fuites de gaz, ce qui évite toute pollution de l'environnement.

Il est bien évident que l'invention ne se limite pas au procédé et au dispositif décrits de façon non limitative mais qu'ils en comportent toutes les variantes.

C'est ainsi que suivant les conditions d'exploitation et la qualité des charbons utilisés, les conditions de réglage thermique pourront varier à l'intérieur des intervalles mentionnés.

La forme de la section droite du four n'est pas obligatoirement carrée ou rectangulaire mais peut aussi être circulaire.

La forme des électrodes, leur disposition et leur écartement peuvent être variable en fonction de la forme du four et des conditions de chauffage recherchées.

Les gaz récupérés à la partie supérieure du four subissent des traitements qui sont fonctions de leur utilisation finale.

Revendications

1. Procédé de fabrication de coke moulé dans un four à cuve à axe vertical (1) alimenté à sa partie supérieure (3) par une charge de charbon à cokéfier sous forme de boulets, formant un lit mobile descendant dans la cuve (1), à contrecourant de gaz circulant de bas en haut, en passant successivement de haut en bas, par une zone de préchauffage, une zone de cokéfaction et une zone de refroidissement, le courant ascendant de gaz étant constitué par les gaz libérés par le charbon au cours de son chauffage et de sa cokéfaction et par une partie des gaz récupérés à la partie supérieure du four et recyclés à la partie inférieure après lavage et dépoussiérage, un apport de chaleur étant effectué par passage de courant électrique dans le lit de matières solides entre des électrodes (8) placées sur deux côtés opposés de la paroi (2) du four (1),

caractérisé par le fait que l'on réalise le chauffage électrique de façon contrôlée sur une hauteur déterminée dans la partie médiane (C) du four (1) en faisant passer dans plusieurs plans horizontaux écielonnés de la charge des courants électriques dont on peut régler les intensités et que, par réglage de la circulation des gaz et de la puissance électrique répartie sur les différents niveaux d'électrodes en fonction des besoins calorifiques et de la résistance électrique de la

charge, on contrôle le chauffage progressif et homogène de celle-ci au cours de sa descente dans le four suivant une loi de chauffe choisie en fonction de la nature du charbon pour conserver la forme des boulets de telle sorte que la température du lit de matière solide soit comprise entre 600°C et 850°C à l'entrée de la zone médiane (C) de chauffage électrique et que la cokéfaction soit réalisée complètement dans cette zone (C) à une température restant comprise entre 950°C et 1150°C, les boulets de coke étant ensuite refroidis dans la partie inférieure du four (1).

2. Procédé de fabrication de coke moulé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, dans la zone de préchauffage (P), on dérive un débit réglable du courant ascendant de gaz chauds de manière à contrôler une élévation de température progressive des matières à une vitesse choisie en fonction de la nature du charbon pour éviter la fusion ou le collage des boulets.

3. Procédé de fabrication de coke moulé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que l'on augmente la résistance électrique de la charge après la sortie de la zone (C) de cokéfaction en réalisant une décompression de la charge dans la zone de refroidissement (R) susceptible d'augmenter les résistances de contact entre les boulets.

4. Procédé de fabrication de coke moulé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les boulets de charbon introduits à la partie supérieure (3) du four (1) sont mélangés avec des particules de petit coke ou de tout autre produit en forme de grains conducteurs de l'électricité, inaltérables aux températures atteintes dans le four et de dimensions inférieures à celles des boulets, lesdits grains étant répartis de façon homogène dans les interstices entre les boulets de charbon et favorisant le passage du courant électrique dans la zone médiane (2) de cokéfaction, rendant homogène le chauffage et facilitant le réglage électrique de la puissance consommée.

5. Procédé de fabrication de coke moulé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la dimension des particules de petit coke est comprise entre 5 et 15 mm.

6. Four à cuve pour la fabrication de coke par le procédé selon l'une des revendications 1 à 5, constitué par une cuve (1) à axe vertical comprenant, à sa partie supérieure, un gueulard (3) d'introduction d'une charge de charbon sous forme de boulets et des moyens de récupération des gaz et, à sa partie inférieure un organe d'évacuation des matières solides et des moyens d'injection de gaz et muni, dans sa partie médiane, d'électrodes (8) permettant le passage dans la charge d'un courant électrique, caractérisé par le fait qu'il comprend au moins deux paires d'électrodes (8) placées l'une au-dessous de l'autre dans deux plans horizontaux (A, B) écartés l'un de l'autre et des moyens de réglage individuel de l'alimentation électrique de chaque paire d'électrodes.

7. Four à cuve selon la revendication 6,

caractérisé par le fait qu'il est associé à des éléments favorisant le passage du courant électrique, constitués par des particules d'un produit conducteur et inaltérable tel que du petit coke, de dimensions inférieures à celles des boulets et réparties de façon homogène entre ces derniers.

8. Four à cuve selon la revendication 6, caractérisé par le fait qu'il comprend au moins une paire d'électrodes (8) montées mobiles horizontalement et reliées chacune à des moyens (81, 82) d'avancement et de recul alternés, chaque électrode (8) exerçant une poussée constante sur la charge par avancement progressif vers l'intérieur du four (1) jusqu'à une position déterminée à partir de laquelle est commandé un recul rapide accompagné d'une descente de la charge et ainsi de suite.

9. Four à cuve selon la revendication 6, caractérisé par le fait qu'il comprend un premier ensemble d'électrodes (10) placées au niveau supérieur (A) et suspendues à des conducteurs verticaux (12) dont la position suivant la hauteur du four est réglable, et au moins un second ensemble d'électrodes (8) s'étendant horizontalement à un niveau inférieur (B) à travers la paroi latérale du four (1).

10. Four à cuve suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que les conducteurs verticaux permettant la suspension et le déplacement des électrodes mobiles (10) sont constitués de tubes (12) entourés de matière réfractaire et reliées à leur partie supérieure à un dispositif d'insufflation d'air de refroidissement des électrodes.

11. Four à cuve selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé par le fait qu'il comprend un moyen de décompression de la charge, à la sortie de la zone de cokéfaction (C) constitué par un élargissement de la section du four dans la zone de refroidissement (R) au-dessous de la zone médiane (C) de cokéfaction.

12. Four à cuve selon la revendication 11, caractérisé par le fait qu'il est muni de barres horizontales traversant la charge dans la zone de refroidissement (R).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Formkoks in einem Schachtofen (1) mit Senkrechtachse unter Zuführung an dessen Oberteil (3) einer Ladung eierförmiger zu verkokender Kohle, die ein im Schacht (1) zu von unten nach oben zirkulierender Gase im Gegenstrom absinkendes verschiebbares Kohlenbett bildet, das nacheinander eine Vorwärmzone, eine Verkokungszone und eine Abkühlungszone von oben nach unten durchläuft, wobei der Gasaufwärtsstrom aus den während der Erhitzung und Verkokung durch die Kohle freigesetzten Gase sowie aus einem Teil am Ofenoberteil rückgewonnenen, nach Waschen und Entstaubung am Ofenunterteil wieder

rückgeführten Gase besteht, und wobei zwischen an zwei einander entgegengesetzten Seiten der Wand (2) des Ofens (1) angeordneten Elektroden (8) dem aus Feststoffe bestehenden Kohlenbett durch Stromeinspeisung Wärme zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Heizung über eine im Mittelteil (C) des Ofens (1) festgesetzte Höhe derart gesteuert wird, dass elektrische Ströme mit einstellbaren Stromstärken in mehreren über die Ladung hin abgestuften horizontalen Ebenen eingespeist werden, und dass durch Einstellung der Gaszirkulation und der dem Wärmebedarf und dem elektrischen Widerstand der Ladung entsprechend über die verschiedenen Elektrodenniveaus verteilte elektrische Leistung, die stufenlose und gleichförmige Heizung der Ladung beim Absinken im Ofen gemäss einem der Kohleart entsprechend gewählten Heizgesetz zur Beibehaltung der Eierbrikettform so kontrolliert wird, dass die Temperatur des Feststoffbettes am Eintritt in die mittlere elektrische Heizzone (C) zwischen 600° C und 850° C liegt, und dass die Verkokung in dieser Zone (C) bei einer Temperatur zwischen 950° C und 1150° C vollständig durchgeführt wird, wobei die Eierbriketts anschliessend in dem Unterteil des Ofens (1) gekühlt werden.

2. Verfahren zur Herstellung von Formkoks nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kontrolle eines allmählichen Temperaturanstiegs der Feststoffe bei einer der Kohleart entsprechend gewählten Geschwindigkeit eine einstellbare Durchsatzmenge der aufsteigenden Warmgasströmung in der Vorwärmszone (P) abgezweigt wird um das Schmelzen oder Kleben der Eierbriketts zu verhindern.

3. Verfahren zur Herstellung von Formkoks nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Widerstand der Ladung nach dem Austritt aus der Verkokungszone (C) durch eine in der Kühlungszone (R) durchgeführten Dekompression der Ladung erhöht wird, wodurch der Kontaktwiderstand zwischen den Eierbriketts vergrössert werden kann.

4. Verfahren zur Herstellung von Formkoks nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die am Oberteil (3) des Ofens (1) zugeführten Eierbriketts mit Teilchen Koks klein oder irgendeinem anderen Produkt unter Form von stromleitende, gegen den im Ofen erreichten Temperaturen hitzebeständigen Körne mit kleineren Abmessungen als diejenigen der Eierbriketts vermischt werden, wobei diese Körner gleichmässig in den Lücken zwischen den Eierbriketts verteilt sind und den Stromdurchgang in der mittleren Verkokungszone (C) begünstigen, wodurch eine gleichmässige Heizung erzielt und das Einstellen des elektrischen Leistungsverbrauchs verbessert wird.

5. Verfahren zur Herstellung von Formkoks nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilchen aus Koks klein eine Grösse zwischen

5 und 15 mm aufweisen.

6. Schachtofen zur Herstellung von Koks gemäss dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bestehend aus einem Schacht (1) mit Senkrechtachse, der an dessen Oberteil eine Gicht (3) zur Zuführung einer Kohleladung aus Eierbriketts und Mittel zur Rückgewinnung der Gase, und an dessen Unterteil eine Einrichtung zum Ausstossen der Feststoffe und Einblasmittel für die Gase aufweist, und der an dessen Mittelteil mit Elektroden (8) zur Stromzuführung in die Ladung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens zwei Paar Elektroden (8) umfasst, wobei das eine Paar unter dem anderen in zwei im Abstand voneinander befindlichen horizontalen Ebenen (A, B) angeordnet ist, sowie einzelne Regelmittel zur Stromversorgung des jeweiligen Elektrodenpaares aufweist.

7. Schachtofen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass er mit den Stromdurchgang begünstigenden Stoffen aus Teilchen einer leitenden und beständigen Substanz wie Koks klein arbeitet, die in der Grösse kleiner sind als die Eierbriketts und gleichmässig zwischen den letzteren verteilt sind.

8. Schachtofen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens ein Paar horizontal verschiebbare Elektroden (8) aufweist, die jeweils mit Mittel (81, 82) zum abwechselnden Vorschub und Rückzug verbunden sind, wobei jede Elektrode (8) einen konstanten Druck auf die Ladung durch das stufenlose Eindringen nach innen in den Ofen (1) bis zu einer vorbestimmten Lage ausübt, ab welcher ein schneller Rückzug mit einem Absinken der Ladung und so weiter gesteuert wird.

9. Schachtofen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass er eine erste Gruppe im oberen Niveau (A) angeordneter, an Senkrechtleitern (12) aufgehängten Elektroden (10) aufweist, wobei deren Lage der Ofenhöhe entsprechend einstellbar ist, und mindestens eine zweite Gruppe durch die Seitenwand des Ofens (1) hindurch, in einem unteren Niveau horizontal sich erstreckenden Elektroden (8) umfasst.

10. Schachtofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die senkrechten Leiter zum Aufhängen und Verfahren der verschiebbaren Elektroden (10) aus mit hitzebeständigem Material umhüllten Rohre (12) bestehen und an ihrem Oberteil mit einer Lufteinblasvorrichtung zum Kühlen der Elektroden verbunden sind.

11. Schachtofen nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass er ein Mittel zur Dekompression der Ladung am Austritt aus der Verkokungszone (C) aufweist, das durch eine Ofenquerschnittserweiterung in der Kühlungszone (R) unter der mittleren Verkokungszone (C) gebildet wird.

12. Schachtofen nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass er in der Kühlungszone (R) die Ladung durchquerende horizontale Stäbe aufweist.

Claims

1. Process for producing moulded coke in a shaft oven with a vertical axis (1), which is supplied in its upper part (3) with a burden of coal for coking in the form of ovoids, forming a movable bed descending in the shaft (1) in counter flow to gas circulating from the bottom upwards and passing successively from the top downwards through a preheating zone, a coking zone and a cooling zone, the rising stream of gas being formed by the gases released by the coal during its heating and coking and by some of the gases recovered in the upper part of the oven and recycled in the lower part after washing and dust extraction, heat being supplied by circulation of electrical current through the bed of solid materials between electrodes (8) located on two opposite sides of the wall (2) of the oven (1), characterized in that the electrical heating is carried out in a controlled way over a specific height in the middle part (C) of the oven (1), electric currents, the intensities of which can be regulated, being passed through the burden in several staggered horizontal planes, and in that, by adjustment of the circulation of the gases and of the electrical power distributed to the various levels of electrodes according to the heat requirements and the electrical resistance of the burden, a progressive and uniform heating of the latter is controlled during its descent in the oven according to a law of heating selected as a function of the type of coal, to preserve the shape of the ovoids, in such a way that the temperature of the bed of solid material is between 600°C and 850°C at the entrance of the middle zone (C) of electrical heating and that coking is carried out completely in this zone (C) at a temperature remaining between 950°C and 1150°C, the coke ovoids subsequently being cooled in the lower part of the oven (1).

2. Process for producing moulded coke according to Claim 1, characterized in that, in the preheating zone (P), an adjustable flow rate of the rising stream of hot gases is derived so as to control a progressive increase in temperature of the materials at a speed selected as a function of the type of coal, to prevent the fusion or caking of the ovoids.

3. Process for producing moulded coke according to one of Claims 1 and 2, characterized in that the electrical resistance of the burden is increased after it leaves the coking zone (C), by producing a decompression of the burden in the cooling zone (R), which is capable of increasing the contact resistances between the ovoids.

4. Process for producing moulded coke according to Claim 1, characterized in that the coal ovoids introduced into the upper part (3) of the oven (1) are mixed with particles of small sized coke or any other product in the form of electrically conductive grains resistant to the temperatures reached in the oven and of dimensions less than those of the ovoids, the said grains being distributed uniformly in the gaps

between the coal ovoids and assisting the passage of electrical current through the middle coking zone (2), making the heating uniform and facilitating the electrical adjustment of the power consumption.

5. Process for producing moulded coke according to Claim 4, characterized in that the size of the particles of small sized coke is between 5 and 15 mm.

6. Shaft oven for producing coke by means of the process according to one of Claims 1 to 5, consisting of a shaft (1) of vertical axis having, in its upper part, a throat (3) for introducing a burden of coal in the form of ovoids and gas recovery means and, in its lower part, a component for discharging the solid materials and gas injection means, and equipped in its middle part with electrodes (8) making it possible to pass an electric current through the burden, characterized in that it possesses at least two pairs of electrodes (8) located one below the other in two horizontal planes (A, B) spaced from one another, and means of individually adjusting the electrical supply to each pair of electrodes.

7. Shaft oven according to Claim 6, characterized in that it is associated with elements for assisting the passage of electric current and constituted by particles of a conductive and resistant product, such as small sized coke having dimensions less than those of the ovoids and distributed uniformly between these.

8. Shaft oven according to Claim 6, characterized in that it has at least one pair of electrodes (8) mounted so as to be horizontally movable and each connected to means of alternate advance and retraction (81, 82), each electrode (8) exerting a constant thrust on the burden as result of a progressive advance towards the interior of the oven (1), up to a specific position, from which a rapid retraction is controlled, this being accompanied by a descent of the burden, and so on and so forth.

9. Shaft oven according to Claim 6, characterized in that it possesses a first set of electrodes (10) located at the upper level (A) and suspended on vertical conductors (12), the position of which is adjustable according to the height of the oven, and at least one second set of electrodes (8) extending horizontally at a lower level (B) through the lateral wall of the oven (1).

10. Shaft oven according to Claim 9, characterized in that the vertical conductors allowing the suspension and displacement of the movable electrodes (10) are constituted by tubes (12) surrounded with refractory material and connected in their upper part to a device for blowing in cooling air for the electrodes.

11. Shaft oven according to one of Claims 6 to 10, characterized in that it possesses a means for decompressing the burden at the outlet of the coking zone (C), consisting of a widening of the cross-section of the oven in the cooling zone (R) below the middle coking zone (C).

12. Shaft oven according to Claim 11,

characterized in that it is equipped with horizontal bars passing through the burden in the cooling zone (R).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

10



