

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 532 735

②1 N° d'enregistrement national :

83 14033

⑤1 Int Cl³ : F 27 B 7/20; C 04 B 7/44.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 1^{er} septembre 1983.

③0 Priorité DE, 4 septembre 1982, n° P 32 32 943.1.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 10 du 9 mars 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT, société par actions de droit allemand. — DE.

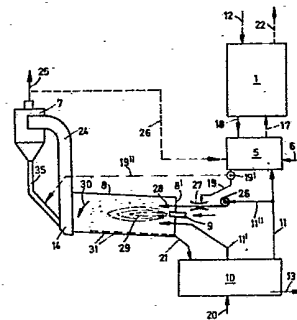
⑦2 Inventeur(s) : Eberhard Steinbiß, Horst Herchenbach, Hubert Ramesohl et Albrecht Wolter.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Armengaud Jeune, Casanova et Lepeudry.

⑤4 Procédé et installation pour la cuisson d'un produit à grain fin, notamment de la farine de ciment crue.

⑤7 Procédé de cuisson d'un produit à grain fin, notamment de la farine de ciment crue, le produit est préchauffé par paliers successifs dans un dispositif de traitement thermique puis fortement calciné et, ensuite, dans la zone de cuisson d'une unité de cuisson, porté à la température nécessaire pour la clinkérisation, et maintenu dans l'unité de cuisson jusqu'à la fin de cette réaction. Selon l'invention, au moins un débit partiel du produit fortement calciné est envoyé à l'unité de cuisson 8, par le côté de la zone de cuisson, sous la forme d'une suspension 28, il traverse la zone de cuisson en courant parallèle avec les gaz de combustion et est chauffé très rapidement, la réaction de frittage s'amorçant et se terminant au moins partiellement dans ce passage, après quoi le produit est séparé des gaz de combustion en 7 et recyclé en 35, 14 à travers l'unité de cuisson, dans une couche de matière 31, à contre-courant par rapport aux gaz de combustion, jusqu'à la fin de la réaction de frittage.



FR 2 532 735 - A1

L'invention concerne un procédé ainsi qu'une installation pour cuire un produit à grain fin, en particulier de la farine de ciment crue, dans un dispositif de traitement thermique dans lequel le produit est préchauffé par paliers successifs, puis fortement calciné, et, ensuite, porté, dans la zone de cuisson d'une unité de cuisson, à la température nécessaire pour la clinkérisation puis maintenu dans l'unité de cuisson jusqu'à la fin de la clinkérisation.

Dans les procédés et installations modernes et habituels de fabrication du ciment qui sont utilisés industriellement, la farine crue est préchauffée par des gaz chauds dans un échangeur de chaleur à suspension dans un gaz et, ensuite, fortement calcinée avec addition de combustible, après quoi le produit ainsi prétraité est acheminé à un four tubulaire tournant où, dans une couche de matière, il est porté relativement lentement à la température de frittage et fritté jusqu'à la cuisson finale. Habituellement dans le four tubulaire tournant, la cuisson finale se produit avec circulation à contre-courant entre le produit et les gaz.

Il a été reconnu très tôt (brevet allemand DE 337 312 du 27 Mai 1921) que, pour assurer une utilisation meilleure et plus rapide des gaz de flamme, on doit faire en sorte d'établir un contact intime entre la flamme et le produit, non pas au cours du frittage mais plus tôt, à savoir, avant l'entrée dans le four et au plus tard à peu près au début du frittage.

Pour résoudre ce problème, il a été proposé un four rotatif divisé dont la partie affectée au frittage tourne plus lentement que l'autre partie, le four servant à chauffer jusqu'à proximité du point de frittage tournant à une vitesse suffisamment élevée pour que le produit soit soulevé jusqu'à proximité de la génératrice supérieure du four et, de là, retombe en chute libre à travers la section du four. Toutefois, cette invention a été dépassée par l'état de la technique lorsqu'on a introduit les procé-

dés et installations précitées de chauffage de la farine crue dans un échangeur de chaleur à suspension dans un gaz et, en particulier, dans un calcinateur.

La reconnaissance du fait qu'il est très avantageux, pour des raisons énergétiques et de cinétique des réactions, d'effectuer le saut de température entre la calcination de la farine crue, qui se produit à environ 900 °C et la cuisson finale, qui se produit à environ 1 350 °C avec des gradients de chauffe aussi élevés que possible, a conduit à toute une série de nouvelles propositions.

Par exemple, une autre forme d'exécution de ce qu'on appelle la cuisson rapide de la matière crue est mentionnée dans le brevet DL 97 409 et, plus précisément, cette possibilité consiste à chauffer rapidement le mélange pulvérulent ou aggloméré dans une couche turbulente et à le fritter jusqu'à la cuisson finale, le tout dans un réacteur. Par ailleurs, il est connu par ce brevet de porter très rapidement le produit pulvérulent à des températures de cuisson finale dans des réacteurs.

Toutefois, dans ce cas, il n'est pas possible d'obtenir un équilibrage des températures aux températures maximales atteintes avant que la cuisson finale ne soit complète. Ceci résulte en particulier du fait que les températures proches de celles de la formation de l'alite dans le produit déterminent, avec le début de la liquéfaction, des phénomènes de collage très prononcés et provoquent ainsi des formations d'adhérences qui ne permettent pas au réacteur de travailler correctement.

La publication antérieure propose de travailler avec des gradients de chauffe extrêmement élevés dans l'intervalle de températures compris entre environ 1 100 °C et environ 1 350 °C. On obtient comme avantage un raccourcissement d'environ 70 % du temps de cuisson finale, avec des effets résultants avantageux, qui proviennent, par exemple, de la possibilité de réduire les dimensions du réacteur de cuisson finale ou d'augmenter sa capacité de production, ou encore d'effectuer la cuisson finale à des tem-

pératures plus faibles avec les temps de séjour habituels. A des gradients de chauffe extrêmement élevés, cet avantage est obtenu de préférence par la suppression des désactivations du produit à cuire. Toutefois, le document précité

5 ne donne aucune indication concrète de la façon dont ces gradients de chauffe extrêmement élevés doivent être obtenus.

Le but de la présente invention est d'obtenir une amélioration de la qualité du clinker et une réduction de la consommation d'énergie en réalisant l'élévation de température effectuée à la suite de la calcination, et qui la

10 porte au niveau de la température de frittage d'une façon aussi rapide que possible avec pour but de mettre à profit l'état actif de la matière, consécutif à la calcination,

15 pour obtenir une formation de germes d'alite à la fois rapide, poussée et répartie de façon homogène, pour obtenir par ce moyen un raccourcissement important du temps de cuisson finale et, éventuellement, une réduction des dimensions du réacteur de cuisson finale ainsi qu'une diminution

20 de la quantité d'énergie primaire mise en oeuvre.

Pour résoudre ce problème, au moins une quantité partielle de produit fortement calciné est acheminée à l'unité de cuisson, par le côté de la zone de cuisson de cette unité, sous la forme d'une suspension, puis traverse la

25 zone de cuisson en courant parallèle avec les gaz de cuisson et est chauffée avec une élévation rapide de la température, la réaction de frittage s'amorçant et se terminant au moins partiellement pendant ce temps, après quoi le produit est séparé des gaz de cuisson et recyclé à travers

30 l'unité de cuisson, dans la couche de produit à contre-courant par rapport aux gaz de cuisson, jusqu'à la fin de la réaction de frittage.

Le procédé selon l'invention apporte le très grand avantage consistant en ce que l'élévation de la température réalisée à la suite de la calcination et qui porte la température au niveau de température de frittage,

35 c'est-à-dire qui se produit dans l'intervalle de tempé-
rature

re compris entre environ 900 °C et environ 1 300 °C s'effectue de façon extrêmement rapide avec des gradients de chauffe très élevés.

De cette façon, l'état actif de la matière est mis à profit pour déterminer une formation de germes d'alite à la fois rapide, poussée et uniforme, et, par suite, on évite les recristallisations et on obtient des trajets de diffusion courts pour la formation de l'alite.

On réussit à obtenir une élévation de température extrêmement rapide avec l'invention parce que le rayonnement et la convection agissent sur le produit finement réparti dans la suspension avec le maximum de surface active et que, de ce fait, les transmissions de chaleur sont beaucoup plus favorables que dans une couche de produit entassé. D'un autre côté, le risque d'adhérences par suite de la formation d'une phase fondue est évité par le fait que, ainsi qu'il est connu, dans le four tubulaire tournant, l'action abrasive de la couche de produit entraînée en rotation et retournée empêche ces adhérences de durer.

Dans le procédé selon l'invention, le produit chauffé et qui a déjà en partie subi sa cuisson finale tombe de la suspension à l'extrémité du four tubulaire tournant à des vitesses d'écoulement des gaz relativement basses ou est séparé des gaz dans un dispositif séparateur, se rassemble en une couche de produit et est transporté en sens inverse de la flamme dans le four tubulaire tournant, sous l'effet de l'inclinaison et du mouvement de rotation de ce four, le produit étant transporté d'une façon connue à contre-courant par rapport aux gaz de flamme, et, dans ce mouvement, entièrement fritté ou soumis à la cuisson finale et évacué vers la sortie du four. Ensuite, il tombe dans un refroidisseur de clinker d'une construction connue.

Dans le procédé selon l'invention, l'obtention de transmissions de chaleur plus avantageuses apporte le très grand avantage de permettre de raccourcir considérablement la longueur du four tubulaire tournant à égalité de capaci-

té de production. En outre, la formation d'agglomérats solides en mottes dans le clinker entièrement cuit est considérablement réduite, ce qui apporte un autre avantage consistant en ce que la broyabilité du clinker fini est très améliorée, de sorte qu'on économise également une fraction importante de l'énergie nécessaire pour le broyage du clinker.

Grâce à la réduction à un niveau minime de la désactivation des constituants du produit à cuire, on obtient une plus grande activité de réaction et, par conséquent, une meilleure cinétique de réaction, qui conduit à un raccourcissement du temps de cuisson finale et/ou à un abaissement des températures de cuisson finale et entraîne par conséquent une importante réduction de la consommation d'énergie primaire spécifique par unité de poids de clinker. Par ailleurs, grâce à la régularité de la formation des germes d'alite, il se produit une homogénéisation très avantageuse de la chaux libre encore présente dans la distribution et dont le gonflement ultérieur est donc réduit.

Selon un mode avantageux de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, ladite quantité partielle du produit fortement calciné représente au moins 50 % de la quantité totale mais il n'est pas exclu d'adopter d'autres répartitions de quantités dans la mise en oeuvre du procédé selon l'invention

Un grand avantage apporté par l'invention consiste en ce que le procédé peut être mis en oeuvre dans un four tubulaire tournant, habituel en soi, utilisé comme unité de cuisson, cette unité comportant un brûleur dont la flamme traverse au moins partiellement la zone de cuisson.

Etant donné que, grâce à l'invention, le four tubulaire tournant est utilisé à la fois comme unité de de projection de poudre, de chauffage et de cuisson, travaillant en courants parallèles et, en même temps, comme unité de cuisson classique pour la cuisson dans la couche de produit, et travaillant à contre-courant, l'invention évite

l'utilisation d'unités de chauffage additionnelles et, en même temps, le risque, lié à cette utilisation, d'adhérences dans la région de surchauffe locale, et elle permet d'obtenir, avec la double transmission de chaleur, par rayonnement et par convection, en régime à courants parallèles et en régime à contre courant, une exploitation extrêmement poussée de la chaleur et, de ce fait, un maximum d'économie.

Par ailleurs, il est prévu d'injecter le produit dans l'unité de cuisson par soufflage avec un gaz porteur, en un jet de particules approximativement parallèle à la flamme, de préférence au-dessus du brûleur.

Ceci apporte comme autre avantage la possibilité d'utiliser des matières premières possédant une forte teneur en chlore ou en alcalis. Ensuite, grâce au chauffage réalisé essentiellement en suspension, les substances nuisibles se dégagent rapidement et se retrouvent avec une concentration élevée dans les gaz de fumée du four, où elles ne peuvent pas se condenser. Etant donné que, en outre, dans le mode de conduite du traitement adopté selon l'invention, seule une très petite fraction du besoin total de combustible est brûlée dans le four tubulaire tournant, on peut en cas de besoin évacuer jusqu'à 100 % des gaz de fumée du four en parallèle sans que la consommation de chaleur de l'ensemble de l'installation n'en soit augmentée d'une façon inadmissible ou que ceci ne rende le procédé inacceptable économiquement.

Toutefois, dans le cas normal, la chaleur des gaz de fumée est utilisée, soit pour le traitement, soit pour la production de courant électrique.

Selon une autre caractéristique, une quantité partielle de produit, notamment fortement calciné, est introduite dans l'unité de cuisson par le côté de sortie des gaz. Ceci facilite également, le cas échéant, la séparation entre le produit cuit en suspension et les gaz de fumée.

Dans le cas où des quantités partielles du pro-

duit sont respectivement introduites dans l'unité de cuisson par les deux côtés, on a avantage à adopter un mode dans lequel on introduit séparément, chacune d'un côté, des catégories de produits présentant des compositions qui
5 différent par la nature de leurs composants.

Dans ce cas, selon une autre caractéristique avantageuse, on achemine à l'unité de cuisson, également par le côté de sortie des gaz, conjointement avec la quantité partielle du produit calciné, un combustible additionnel,
10 de préférence un combustible de qualité inférieure ou de remplacement.

Une installation destinée à cuire un produit à grain fin, notamment une farine de ciment crue, conformément au procédé selon l'invention, et qui comprend un dispositif de traitement thermique comportant au moins une
15 unité de préchauffage, au moins un calcinateur et une unité de cuisson équipée d'un refroidisseur en aval, est caractérisée en ce que, sur le côté du brûleur du four tubulaire tournant, est prévu un dispositif servant à produire
20 et à introduire une suspension composée de produit fortement calciné et de gaz porteur et en ce que le four tubulaire tournant, qui travaille à la fois en courants parallèles et à contre-courant, présente une inclinaison dont la pente descend vers le côté du brûleur.

Cette inclinaison du four tubulaire tournant, en combinaison avec l'introduction du produit sous la forme d'une suspension, constitue une caractéristique essentielle de l'installation selon l'invention, qui est à opposer à la disposition habituelle d'un four tubulaire tournant
25 travaillant en courants parallèles. Un tel four, par exemple, conforme à la demande de brevet de la R.F.A. DE-OS 27 38 987, présente une inclinaison notable dont la pente descend dans le sens des courants parallèles de produit et de gaz. Le fait que le four tubulaire tournant de l'installation
30 selon l'invention présente une pente qui s'élève dans le sens des courants parallèles ne fait pas qu'apporter le très grand avantage de permettre le fonctionnement double,

en courants parallèles et à contre-courant mais, au contraire, cette disposition favorise également la sédimentation, essentielle pour le fonctionnement, du produit par rapport au gaz porteur à l'extrémité de la zone de cuisson et, selon les dimensions de l'unité et la vitesse des gaz, elle peut permettre, même en l'absence d'un séparateur distinct, de séparer les particules solides des gaz dans la mesure nécessaire.

Toutefois, il peut également être prévu de combiner au four tubulaire tournant, sur le côté de sortie des gaz de fumée, un séparateur destiné à séparer le produit des gaz.

Les figures du dessin annexé, donné uniquement à titre d'exemple, feront mieux comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces dessins,

la figure 1 représente une installation de cuisson du ciment selon l'état de la technique, par un schéma bloc ;

la figure 2 représente une installation de cuisson selon l'invention, également selon un schéma bloc ;

la figure 3 représente une installation de cuisson modifiée selon l'invention, avec des variantes de liaison entre les différents éléments fonctionnels, et également par un schéma bloc.

L'installation de cuisson du ciment selon l'état de la technique, qui est représentée sur la figure 1, comprend un échangeur de chaleur à suspension dans un gaz 1, comportant des cyclones échangeurs de chaleur 2, 3 et 4 ainsi qu'un dispositif calcinateur composé d'une zone de réaction 5, comportant un foyer additionnel 6 et un séparateur 7. L'installation de cuisson comprend en outre le four tubulaire tournant 8, équipé d'un brûleur principal 9 et d'un refroidisseur à grille 10 monté en aval, d'où part une conduite d'air chaud, ce qu'on appelle la conduite d'air tertiaire 11, qui débouche directement au pied de la zone de calcination-réaction 5, à proximité immédiate du foyer additionnel 6. La farine crue est introduite dans

l'échangeur de chaleur à suspension dans un gaz 1, comme
indiqué par la flèche 12, tandis que le clinker fini est
évacué du refroidisseur 10 comme indiqué par la flèche 13.
L'inclinaison du four tubulaire tournant s'étend selon une
5 inclinaison qui descend de la tête 14 d'entrée du four
vers le brûleur 9, avec une légère pente d'environ 3, 5°.

Le fonctionnement de l'installation de cuisson se-
lon l'état de la technique est le suivant : la farine crue
est introduite en 12 dans la conduite de gaz 15 qui relie
10 le cyclone 3 du préchauffeur au groupe de cyclones du sépa-
rateur 4. Dans cette conduite, la farine crue est chauffée
à environ 300 à 350 °C et, après avoir été séparée, elle
est introduite, du groupe de cyclones 4, dans la conduite
de liaison 16 qui relie les cyclones 2 et 3 et, dans cette
15 conduite, elle est chauffée à environ 450 à 500 °C. Ensui-
te, la farine crue sortant du cyclone 3 est séparée du cou-
rant de gaz chauds et introduite dans la conduite de liai-
son 17 reliant le cyclone 2 au séparateur 7. Dans cette
conduite, le produit est encore chauffé et porté à 650 °C.
20 A cette température, il est transféré du cyclone 2 et par
la conduite descendante 18, dans la région inférieure de
la zone de calcination et de réaction 5 où, en mélange
avec de l'air chaud provenant de la conduite d'air tertiai-
re 11 et avec du combustible fourni par le foyer secondai-
25 re 6 ainsi qu'avec les gaz chauds du four, il subit l'ef-
fet d'une combustion sans flamme qui entraîne une forte
calcination. Le produit ainsi fortement calciné parvient,
à une température d'environ 900 °C, dans le séparateur 7
qui sépare les particules solides du courant de gaz et in-
30 troduit ces particules, au moyen de la conduite descandan-
te 19, dans la chambre d'entrée 14 du four tubulaire tour-
nant 8. Dans ce four 8, le produit arrivant à environ 900
°C, est porté à environ 1 300 à 1 350 °C en parcourant une
zone qui représente environ 3/5 à 4/5 de la longueur du
35 four tubulaire tournant. Cette température est la limite
de température de la formation commençante d'alite, qui
est également appelée la clinkérisation. Le temps de par-

cours compris entre l'entrée 14 du four et le point où la température atteint le niveau de température indiqué est d'environ 60 minutes. Dans ce parcours, le gradient de température moyen est d'environ 7,5 °C/mn. C'est dans la dernière partie du four tubulaire tournant 8, dans la région du quatrième et du dernier cinquièmes de sa longueur totale, dans la région de la flamme du brûleur 9, que se produit la cuisson finale qui donne naissance au clinker. Dans cette réaction, le produit atteint une température finale d'environ 1 450 °C. Le clinker entièrement cuit est déversé à cette température dans le refroidisseur 10, dans lequel il se refroidit en cédant une partie importante de sa chaleur sensible et, finalement, il en est évacué comme indiqué par la flèche 13.

La figure 2 représente une installation selon l'invention par un schéma bloc. Cette installation comprend essentiellement les mêmes éléments principaux, à savoir, un échangeur de chaleur 1 à suspension dans un gaz, un calcinateur 5, un four tubulaire tournant 8 et un refroidisseur 10. Une conduite d'air tertiaire 11 mène du refroidisseur 10 au calcinateur 5. De l'air secondaire chaud est acheminé à la flamme 29 du four tubulaire tournant 8 par une liaison 11' tandis que, après la cuisson finale, le clinker est introduit dans le refroidisseur 10 comme indiqué par la flèche 21. Ce refroidisseur reçoit l'air de refroidissement par un dispositif d'alimentation 20 et il évacue le clinker refroidi comme indiqué par la flèche 13.

Selon l'invention, un produit fortement calciné est évacué du calcinateur 5 par la conduite 19 et, contrairement à ce qui se produit dans l'installation selon l'état de la technique (figure 1), il est injecté dans le four tubulaire tournant 8, au-dessus du brûleur 9, en un jet de particules, comme indiqué par la flèche 28, au moyen d'un injecteur 27 et à l'aide d'un gaz porteur, indiqué par la soufflerie 26, et il parcourt le four tubulaire tournant 8 en courants parallèles avec la flamme 29 ou avec les gaz chauds produits par cette flamme. Lorsque la

vitesse du courant de gaz décroît, les particules de matières solides se séparent du courant gazeux et tombent vers la région de la chambre d'entrée 14, comme indiqué par la flèche 30, et elles se rassemblent dans la région du fond du four tubulaire tournant 8, où elles forment une couche de produit, indiquée par la ligne 31 tracée en traits interrompus. Dans le cas où les gaz de fumée du four tubulaire tournant 8 contiennent encore des fractions de poussière, on peut agencer en aval du four tubulaire tournant 8, avec la conduite de gaz de fumée 24, un séparateur 7 qui sépare la poussière des gaz et les introduit, par la conduite descendante 35, dans le four tubulaire tournant 8, où elle s'incorpore à la couche de produit 31. Dans ce four, la couche de produit 31 se déplace, d'une façon connue en soi, en direction du brûleur, selon la flèche 21, vers la sortie du four d'où le clinker entièrement cuit est déchargé dans le refroidisseur 10. Les gaz de fumée séparés de la matière solide sont rejetés dans un bipasse, selon la flèche 25, dans le cas où ils possèdent une forte teneur en substances nocives tandis que, si l'on n'a pas à craindre d'enrichissement du circuit en substances nocives, ces gaz sont injectés dans le calcinateur 5, par la conduite 26, en vue de la récupération de la chaleur qui y est contenue. Les gaz de fumée du calcinateur 5 sont envoyés par la conduite 17 à l'échangeur de chaleur 1 à mise en suspension dans un gaz tandis que le produit préchauffé est transféré de l'échangeur de chaleur 1 au calcinateur par la conduite 18. Au calcinateur 5, peut être combiné un diviseur de débit de produit 19' d'où des dispositifs transporteurs 19, 19" destinés à transporter le produit calciné mènent aux deux extrémités 8' et 14 du four tubulaire tournant 8, de sorte qu'un produit fortement calciné est introduit dans le four tubulaire tournant 8 aux deux extrémités 8' et 14 de ce four.

La figure 3 représente une installation modifiée selon l'invention dont le principe de construction est analogue à celui de l'installation de la figure 2. Dans cette

installation également, il est prévu, sur le côté du four tubulaire tournant 8 qui comporte le brûleur 9, un dispositif de traitement thermique I comportant un échangeur de chaleur 1 à mise en suspension dans un gaz et un calcinateur 5 monté en aval; le produit fortement calciné sortant de ce calcinateur par la conduite 19 est introduit dans le four tubulaire tournant 8, au-dessus de la flamme 29, sous la forme d'une suspension, au moyen d'un injecteur 27 et à l'aide d'un gaz porteur, qui est fourni, par exemple, par la soufflerie 26. La soufflerie 26 peut éventuellement être alimentée en air chaud provenant du refroidisseur 10, par la conduite dérivée 11". Toutefois, l'installation modifiée selon la figure 3 comporte, en supplément par rapport à l'installation selon la figure 2, un deuxième dispositif de traitement thermique II, parallèle au premier dispositif de traitement thermique I, et qui comporte un échangeur de chaleur 1' à mise en suspension dans un gaz. Si le dispositif II ne comporte pas de calcinateur propre, il peut être prévu une conduite 32 à l'aide de laquelle la farine crue préchauffée est transportée de l'échangeur de chaleur 1' au calcinateur 5 du dispositif de traitement thermique I prévu sur le côté du brûleur. Si le deuxième dispositif de traitement thermique II comporte son propre calcinateur 5', ce dernier peut également être équipé d'un diviseur de débit de produit 36 d'où partent deux dispositifs transporteurs de produit 35' et 35" qui sont raccordés respectivement aux deux côtés 14, 8' du four tubulaire tournant 8. Un produit de préférence fortement calciné est transféré du calcinateur 5' à la chambre d'entrée 14 du four tubulaire tournant 8 par l'intermédiaire de la conduite 19. Les gaz de fumée du four tubulaire tournant 8 sont extraits de la chambre d'entrée 14 par la conduite 24' et introduits dans le calcinateur 5'. Il peut également être prévu une conduite 33 d'air de sortie du refroidisseur qui envoie également de l'air chaud de sortie du refroidisseur au calcinateur 5'. Pour fournir un combustible additionnel, il est prévu un dispositif 34. Ce combustible addi-

tionnel peut être constitué, par exemple, par du charbon en morceaux, des déchets de pneumatiques d'automobiles, des ordures ménagères ou équivalents. On peut également introduire dans le four tubulaire tournant 8, en qualité de
5 combustible additionnel 34, des sables et/ou schistes bitumineux.

Les différentes variantes de réalisation d'une installation de cuisson selon l'invention qui sont représentées aux figures 2 et 3 présentent en commun la particularité très avantageuse consistant en ce que, grâce à l'introduction du produit éventuellement fortement calciné dans un état pulvérulent et sous la forme d'une suspension comportant un gaz porteur éventuellement préchauffé, on obtient, lors de la traversée de la zone de cuisson en courants parallèles, un chauffage extrêmement rapide avec des
10 gradients de température élevés. Si l'on prend pour base une vitesse moyenne de transport du nuage de poudre de, par exemple, 5 m/s, le temps de séjour d'une particule solide est d'environ 10 secondes pour une longueur de four d'environ 50 m. Dans ce temps, la température s'élève d'environ 900 °C à environ 1 300 °C en moyenne. Ceci donne un gradient de température de 40 °C/s. Au contraire, dans le cas du chauffage du produit en couche qui est adopté dans l'installation de cuisson classique, par exemple selon la
15 figure 1, le gradient de température était fréquemment de 7,5 °C/mn ou de 0,125 °C/s. Les gradients d'élévation de température sont donc dans un rapport de 1 à 330. Cet échauffement extrêmement rapide conserve au produit son état actif après la calcination et constitue la condition
20 nécessaire pour obtenir une formation rapide et régulière de germes d'alite. En outre, on évite les recristallisations et on obtient des trajets de diffusion extrêmement courts pour la formation d'alite. D'un autre côté, l'élévation brusque de la température détermine un fort accroissement de la vitesse de liaison de la chaux.
25
30
35

Le procédé selon l'invention a en outre l'avantage de permettre de diminuer la longueur du four tubulaire

tournant grâce à une transmission maximale de la chaleur et l'invention détermine ainsi un accroissement de la production volumique spécifique de l'installation. Dans cette installation, la zone de flamme du four est utilisée deux fois, d'une part, à courants parallèles et, d'autre part, à contre-courant et on peut se dispenser d'intercaler un réacteur de préchauffage en amont du four tubulaire tournant.

L'utilisation du deuxième dispositif de traitement thermique II pour le prétraitement thermique de la farine crue préalablement à la cuisson finale, apporte également la possibilité d'améliorer la capacité globale de production de l'installation et, en même temps, d'optimiser la rentabilité grâce à une exploitation totale de la chaleur présente. Ce deuxième dispositif de traitement thermique II - comme indiqué plus haut à propos de l'exemple de la figure 3 - peut être combiné au premier dispositif de traitement thermique I d'une façon différente en ce qui concerne le transport du gaz et de la poudre ou farine.

Si l'on introduit la poudre ou farine partiellement ou fortement calcinée sortant du dispositif de traitement thermique II dans l'extrémité supérieure 14 du four tubulaire tournant 8, la région côté sortie des gaz de fumée du four est utilisée tout d'abord pour la calcination finale. Dans ce cas, on peut utiliser avec grand avantage pour couvrir la consommation de chaleur nécessaire pour cela, des combustibles de remplacement 34 constitués par des déchets tels que des pneumatiques d'automobiles, du charbon de qualité inférieure, des briquettes d'ordures ménagères, etc., avec lesquels la poudre chaude sortant du dispositif de traitement thermique II est calcinée rapidement, éventuellement par une combustion sans flamme. Toutefois, d'un autre côté, la calcination des produits 12' envoyés au dispositif de traitement thermique II peut également être effectuée dans un calcinateur additionnel 5', monté en aval de ce dispositif et qui est intercalé entre l'échangeur de chaleur 1' à mise en suspension dans un gaz et

le four 8 et auquel on fournit un combustible par l'intermédiaire du brûleur 6'. La poudre chauffée et précalcinée dans l'échangeur de chaleur 1' peut toutefois être également introduite par la conduite 32 dans le calcinateur 5
5 du dispositif de traitement thermique I et être entièrement calcinée avec la poudre préchauffée sortant de l'échangeur de chaleur 1. Il serait également possible de diviser le courant de poudre partiellement ou fortement calcinée provenant du dispositif de traitement thermique II
10 pour le répartir entre l'entrée du four et la sortie du four. Ce mode de travail permet, par exemple, de régler de la façon désirée la vitesse de chauffage et de frittage d'un courant partiel. On peut de cette façon régler ou maintenir la qualité du clinker au niveau optimal en fonction
15 des matières premières dont on dispose. Dans tous les cas, on peut utiliser, comme combustible supplémentaire, en dehors des combustibles habituels, également un schiste bitumineux ou houiller dont le composant minéral est utilisé en même temps comme fraction de la poudre crue. Toutefois, dans tous ces cas, la caractéristique essentielle de
20 l'invention consiste dans le chauffage rapide du produit partiellement ou fortement calciné dans le courant de particules et l'utilisation du four tubulaire tournant comme réacteur à poudre en suspension à courants parallèles,
25 tout en conservant en même temps la cuisson par les gaz opérant à contre-courant avec une couche de matière composée des particules préchauffées et précuites.

Il va de soi que des modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits, notamment par substitution des moyens techniques
30 équivalents, sans sortir pour cela du cadre de l'invention.

R E V E N D I C A T I O N S

1 - Procédé de cuisson d'un produit à grain fin, notamment de la farine de ciment crue, dans un dispositif de traitement thermique dans lequel le produit est pré-chauffé par paliers successifs puis fortement calciné et, 5 ensuite porté, dans la zone de cuisson d'une unité de cuisson à la température nécessaire pour la clinkérisation, puis maintenu dans l'unité de cuisson jusqu'à la fin de la clinkérisation, caractérisé en ce qu'au moins une quantité partielle du produit fortement calciné est acheminée à l'u- 10 nité de cuisson, par le côté de la zone de cuisson de cette unité, sous la forme d'une suspension, puis traverse la zone de cuisson, en courant parallèle avec les gaz de cuisson, et est chauffée avec une élévation rapide de la température, la réaction de frittage s'amorçant et se terminant 15 au moins partiellement pendant ce temps, après quoi le produit est séparé des gaz de cuisson et recyclé à travers l'unité de cuisson, dans la couche de produit, à contre-courant par rapport aux gaz de cuisson, jusqu'à la fin de la réaction de frittage.

20 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite quantité partielle du produit fortement calciné représente au moins 50 % de la quantité totale.

3 3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise comme unité de cuisson un four tubulaire tournant comportant un brûleur dont la flamme traverse 25 au moins partiellement la zone de cuisson.

4 4 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le produit est injecté par soufflage dans l'unité de cuisson, avec un gaz porteur, sous la forme d'un jet de particules, à peu près pa- 30 rallèlement à la flamme et de préférence au-dessus du brûleur.

5 5 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'unité de cuisson re- 35 çoit également par son côté de sortie des gaz une quantité

partielle du produit, de préférence fortement calciné.

5 6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'unité de cuisson reçoit des quantités partielles du produit par ses deux côtés, caractérisé en ce que cette unité reçoit séparément l'une de l'autre, respectivement à ses deux côtés, des catégories de produits présentant des compositions qui diffèrent par la nature de leurs constituants.

10 7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'unité de cuisson reçoit, par son côté de sortie des gaz, un combustible additionnel, de préférence un combustible de qualité inférieure, et/ou un combustible de remplacement.

15 8 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les gaz de fumée de l'unité de cuisson sont utilisés pour le préchauffage et/ou la calcination de la farine de ciment crue dans une proportion comprise entre 0 et 100 % et/ou évacués dans le bipasse dans une proportion comprise entre 0 et 100 %.

20 9 - Installation pour la cuisson d'un produit à grain fin, notamment de la farine de ciment crue, effectuée conformément à l'une quelconque des revendications 1 à 8, qui comprend un dispositif de traitement thermique comportant au moins une unité de préchauffage, au moins un calcinateur et une unité de cuisson équipée d'un refroidisseur en aval, caractérisée en ce que, sur le côté du brûleur du four tubulaire tournant (8), est prévu un dispositif (26, 27) servant à produire et à introduire une suspension composée de produit fortement calciné et de gaz porteur (26) et en ce que le four tubulaire tournant (8), qui travaille à la fois en courants parallèles et à contre-courant, présente une inclinaison dont la pente descend vers le côté du brûleur.

30 10 - Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'au four tubulaire tournant (8) est combiné, sur le côté de sortie des gaz de fumée, un séparateur (7) destiné à séparer le produit des gaz.

11 - Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que le dispositif destiné à introduire le produit comprend un injecteur (27) auquel sont acheminés, d'une part, le produit provenant du calcinateur (5), au moyen d'un dispositif transporteur (19) et, d'autre part, de l'air, de préférence de l'air chaud (11") provenant du refroidisseur (10), éventuellement après élévation de sa pression au moyen d'une soufflerie (26), et qui sert de gaz porteur, et en ce que l'injecteur (27) est disposé dans la paroi frontale (8') du four, sur le côté du brûleur, de préférence au-dessus du brûleur (9).

12 - Installation selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisée par une conduite de gaz de fumée (24) qui part du four tubulaire tournant (8) et est équipée d'un séparateur (7) et d'une conduite (26) menant au calcinateur (26), sur laquelle peut éventuellement être dérivée une conduite de bipasse (25), ainsi que par une conduite (35) qui renvoie le produit séparé au four tubulaire tournant (8).

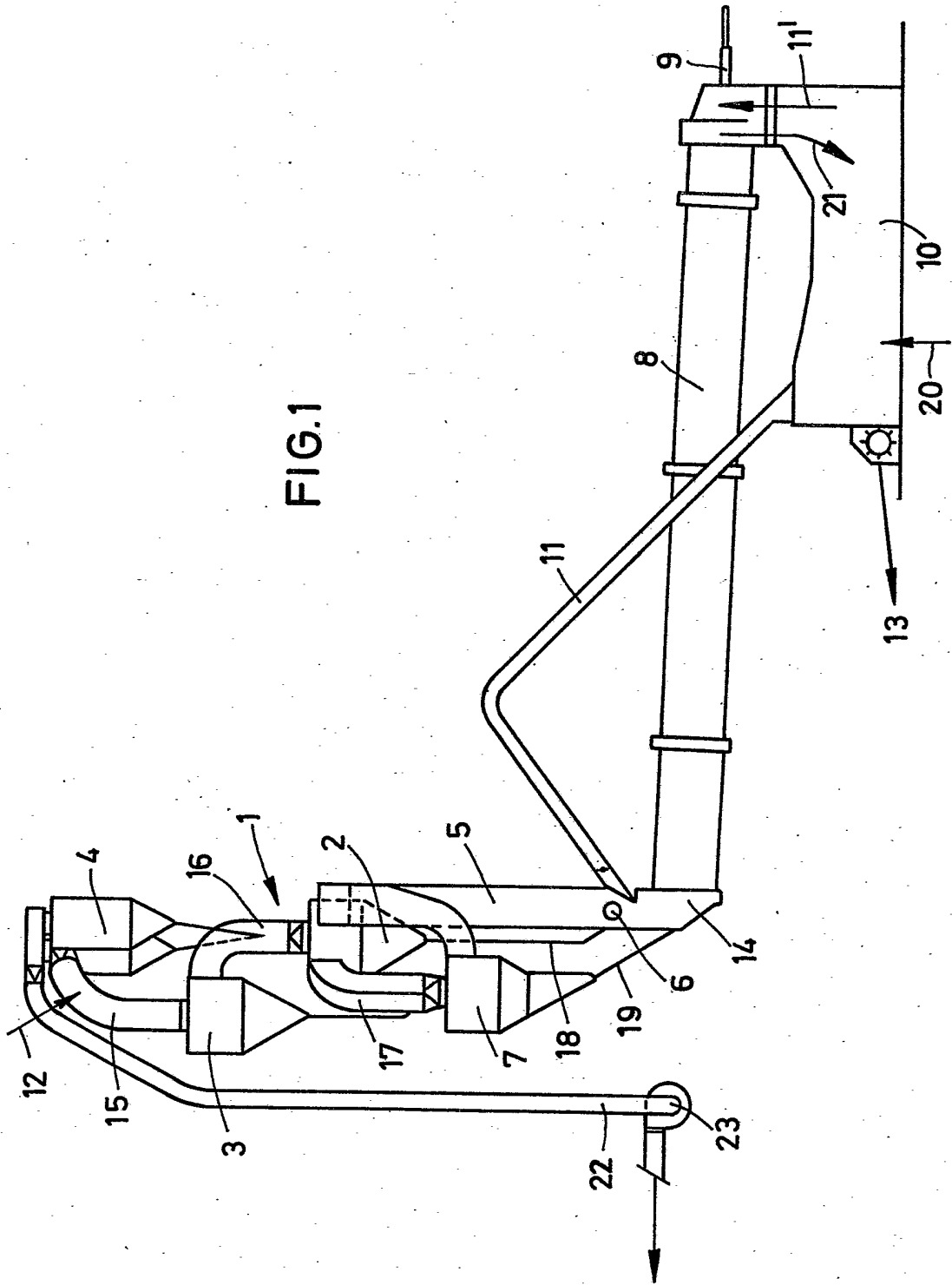
13 - Installation selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisée en ce qu'à la sortie du calcinateur (5) est disposé un diviseur de débit de produit (19') muni de deux dispositifs de transport du produit (19', 19"), qui sont raccordés respectivement aux deux côtés (8', 14) du four tubulaire tournant (8) et en ce qu'il est éventuellement prévu à la sortie du calcinateur (5'), un diviseur de débit de produit (36) équipé de deux dispositifs de transport du produit (35', 35") qui sont raccordés respectivement aux deux côtés (8', 14) du four tubulaire tournant (8).

14 - Installation selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisée en ce qu'elle comporte, en supplément du premier dispositif de traitement thermique (I), un deuxième dispositif de traitement thermique (II) qui comprend un deuxième échangeur de chaleur (1') et, éventuellement, un deuxième calcinateur (5'), lesquels sont parcourus par les gaz de fumée (24') du four tubulai-

re tournant (8) et dont la sortie de matière est en communication par une conduite (35') avec l'extrémité côté sortie des gaz (14) du four tubulaire tournant (8).

15 - Installation pour la cuisson d'un produit à grain fin tel que la farine de ciment crue, effectuée notamment selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, caractérisée en ce que, sur chacun des côtés (8', 14) du four tubulaire tournant (8) et de préférence au-dessus de ce four, est agencé un dispositif de traitement thermique (I ou II) servant à la préparation thermique de la farine crue destinée à la cuisson finale, chacun de ces dispositifs comprenant un échangeur de chaleur (1', 1) qui est parcouru par les gaz du four ou par l'air chaud de sortie du refroidisseur, au moins l'un de ces dispositifs (I ou II), éventuellement les deux dispositifs (I et II), présentant un calcinateur (5, 5').

FIG.1



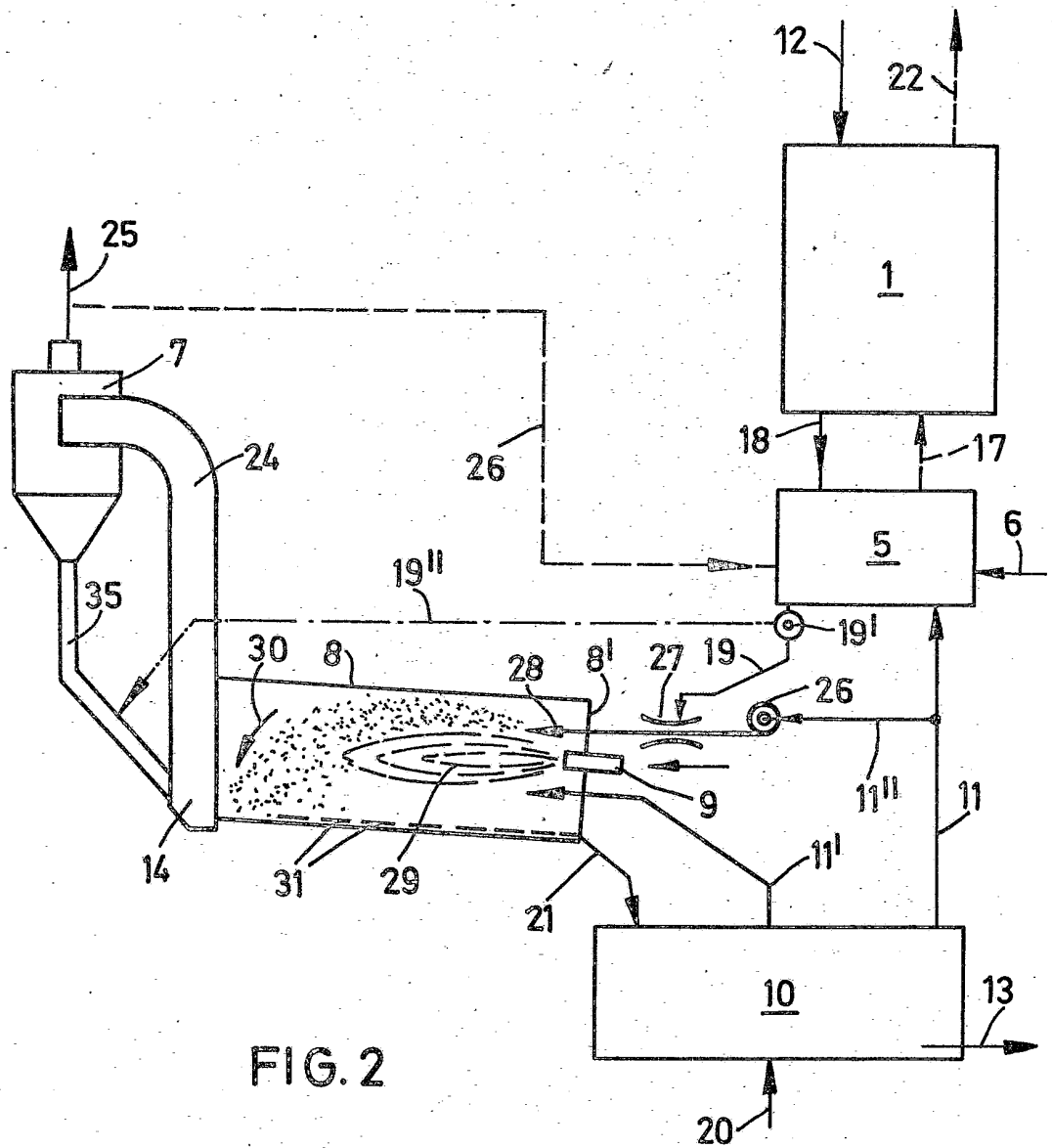


FIG. 2

