



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 31932 B1** (51) Cl. internationale : **C04B 7/44**
(43) Date de publication : **01.12.2010**

-
- (21) N° Dépôt : **32943**
(22) Date de Dépôt : **22.06.2010**
(30) Données de Priorité : **21.12.2007 AT A 2115/2007**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2008/003533 18.12.2008**
(71) Demandeur(s) : **HOLCIM TECHNOLOGY LTD, ZÜRCHERSTRASSE 156 CH-8645 JONA (CH)**
(72) Inventeur(s) : **OBRIST, Albert ; VONZEDTWITZ, Peter ; WIECKERT, Christian**
(74) Mandataire : **CABINET PATENTMARK**

-
- (54) Titre : **METHODE D'AMÉLIORATION DES PROPRIÉTÉS DE PRODUIT DE CLINKER LORS DE LA COMBUSTION DE FARINE CRUE**
(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ D'AMÉLIORATION DES PROPRIÉTÉS DE PRODUIT DE CLINKER LORS DE LA COMBUSTION DE FARINE CRUE DANS UN FOUR À CLINKER OU À CIMENT, DANS LEQUEL DES COMBUSTIBLES AU MOINS PARTIELLEMENT INFÉRIEURS OU ALTERNATIFS SONT EMPLOYÉS. SELON LE PROCÉDÉ, DES DÉCHETS OU DES COMBUSTIBLES INFÉRIEURS OU ALTERNATIFS CONTENANT DES SUBSTANCES ORGANIQUES SONT SOUMIS À UNE DISSOCIATION THERMIQUE ET À UNE RÉACTION DES PRODUITS DE DISSOCIATION À L'AIDE D'ÉNERGIE DE RAYONNEMENT. LE GAZ DE PRODUIT OU DE SYNTHÈSE AINSI FORMÉ EST ACHÉMINÉ VERS LES BRÛLEURS DE LA COMBUSTION PRINCIPALE POUR AUGMENTER LA TEMPÉRATURE DE FLAMME.

Résumé:

METHODE D'AMELIORATION DES PROPRIETES DU PRODUIT DE CLINKER
DANS LA CUISSON DU CRU

5

Méthode d'amélioration des propriétés du produit de clinker dans la cuisson du cru dans un four à clinker ou à ciment, dans laquelle au moins une partie des combustibles utilisés sont des combustibles de substitution ou à faible pouvoir calorifique, des déchets contenant des substances organiques ou des combustibles de substitution ou à faible pouvoir calorifique sont soumis à la dissociation et à la réaction thermiques des produits de dissociation en utilisant l'énergie rayonnante. Le gaz de produit ou gaz de

10

15

synthèse formé de cette manière est envoyé aux brûleurs de l'installation de cuisson principale pour augmenter la température de la flamme.



101 DEC 2010

METHODE D'AMELIORATION DES PROPRIETES DU PRODUIT DE CLINKER
DANS LA CUISSON DU CRU

5 L'invention concerne une méthode pour améliorer les propriétés du produit de clinker dans la cuisson du cru dans un four à clinker ou à ciment, dans laquelle au moins une partie des combustibles utilisés sont des combustibles de substitution.

10 De grandes quantités de combustibles sont nécessaires afin de faire fonctionner des fours à clinker ou à ciment, et plusieurs tentatives ont été faites pour l'utilisation de combustibles à faible pouvoir calorifique dans ce domaine, afin de réduire les coûts. Cependant, l'utilisation de
15 combustibles à faible pouvoir calorifique est associée à un certain nombre d'inconvénients. Par exemple, le remplacement du charbon de haute qualité par des combustibles à faible pouvoir calorifique fait que les températures des brûleurs dans la zone de frittage ou l'installation de
20 cuisson principale soient ramenées de 2000°C à moins de 1600°C, même si des inconvénients importants dans le processus de clinkérisation sont déjà observés à des températures inférieures à 1800°C. L'abaissement de la température de 200 à 300°C dans la région du brûleur par
25 l'utilisation de combustibles de qualité inférieure, et en particulier par l'utilisation de combustibles de substitution conduit à un profil de température moins avantageux le long de l'axe longitudinal du four rotatif, et le plus souvent entraîne le pic de température, qui s'étend
30 idéalement sur une zone courte, pour s'étendre sur une plus

fuf

longue zone, mais à un pouvoir nettement plus faible. La qualité inférieure du clinker observé dans ce contexte se rapporte principalement à la réactivité de clinker. L'étalon utilisé pour mesurer cette réactivité est l'indice de réactivité, qui est défini sous le nom de Blaine divisé par la résistance initiale après un jour. L'utilisation de combustibles à faible pouvoir calorifique conduit également à une réduction en tonnes de capacité de production par jour, et une augmentation du besoin en chaleur.

Des réacteurs de gazéification ont déjà été suggérés comme méthode pour améliorer l'utilisabilité de combustibles de substitution. Les méthodes et les dispositifs par lesquels les combustibles de substitution peuvent être introduits directement dans le four à certains points dans le pyroprocessus de ciment sont connus, bien qu'une telle approche ait le désavantage inhérent que les composants de cendres restants provenant de combustibles de substitution et d'autres résidus ont des effets incontrôlables (fluctuation chimique et minéralogique) sur la qualité du clinker. Il a également été suggéré dans le passé d'utiliser des réacteurs de gazéification distincts, bien que ces réacteurs eux-mêmes tirent la chaleur dont ils ont besoin à partir de combustion partielle, diluant ainsi le gaz de produit ou gaz de carbonisation à basse température avec les gaz de combustion, et consomment une partie de la valeur calorifique des combustibles.

En principe, il a déjà été constaté que les combustibles contenant du carbone tels que le coke de pétrole peuvent

être gazéifiés particulièrement de façon avantageuse en utilisant l'énergie rayonnante. Dans ce contexte, une méthode dans laquelle l'énergie solaire concentrée est utilisée comme source de chaleur pour la production de gaz de synthèse à partir d'un certain nombre de combustibles de substitution a été divulguée dans le brevet EP 548889. Selon la méthode décrite dans ce document, on a découvert que des gaz de produit de meilleure qualité peuvent être obtenus en utilisant l'énergie solaire que par la gazéification conventionnelle du charbon utilisant la vapeur.

En forme simplifiée, la gazéification dans un réacteur solaire a lieu en présence de vapeur selon l'équation $\text{CH}_x\text{O}_y + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$. Cependant, cette équation est une simplification massive des conditions existantes réellement, telles qu'elles existent en équilibre à différentes températures, dans lesquelles les réactions individuelles suivantes dans ce contexte sont particulièrement importantes: la gazéification à la vapeur selon l'équation $\text{C}_{(\text{gr})} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ est bien entendu superposée par l'équilibre de Boudouard selon l'équation $2 \text{CO} = \text{C}_{(\text{gr})} + \text{CO}_2$ et les réactions secondaires dans lesquelles par exemple le méthane est formé à partir de carbone selon l'équation $\text{C}_{(\text{gr})} + 2 \text{H}_2 = \text{CH}_4$. Une réaction de reformage a lieu selon l'équation $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$, et enfin l'équilibre CO/CO_2 peut même être déplacé avec la vapeur, pour qui l'équation $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ est caractéristique. Toutes ces réactions d'équilibre ont lieu plus facilement à des températures différentes, la qualité du gaz de synthèse obtenu étant bien entendu essentiellement déterminée par le

rapport de H_2 à CO et le rapport de CO_2 à CO . Le passage du rapport de H_2 à CO peut être obtenu de façon particulièrement facile avec de la vapeur à des températures allant de 550 à $750^\circ C$. A des températures inférieures à $550^\circ C$, le graphite, le méthane, CO_2 et H_2O sont thermodynamiquement stables. Une phase essentiellement uniforme est obtenue exclusivement à partir de H_2 et CO à des températures beaucoup plus élevées.

10 La présente invention prend maintenant l'ensemble de ces conditions théoriques comme point de départ dans le but de rendre des combustibles de substitution utilisables de manière particulièrement avantageuse pour améliorer les propriétés du produit de clinker quand le cru est cuit.

15 Jusqu'à présent, seulement des réacteurs de gazéification autothermiques classiques ont été proposés ou les étapes décrites dans l'introduction dans lesquelles des combustibles de substitution ont été introduits directement dans le four à clinker, ont été prises par rapport au cru de cuisson. En conséquence, afin de résoudre l'objet de base de l'invention, la méthode inventive consiste à soumettre des déchets contenant des substances organiques ou des combustibles de substitution à une dissociation thermique et faire réagir, en d'autres termes gazéifier, les produits

20 de dissociation en utilisant l'énergie rayonnante, et acheminer le gaz de produit ou gaz de synthèse formé de cette manière vers les brûleurs de l'installation de cuisson principale pour augmenter la température de la flamme. Maintenant, étant donné que la réaction de gazéification des déchets ou des combustibles de substitution est

25

30



alimentée par l'énergie rayonnante, il n'y a pas de
chargement en gaz de combustion en excès et la teneur en
énergie augmente en raison de l'énergie rayonnante
absorbée, donnant naissance à un gaz de produit de qualité
5 nettement supérieure, qui est caractérisé par une faible
quantité de gaz de combustion par unité d'énergie. Ce gaz
de produit ou gaz de synthèse est donc approprié pour
élever la température de la flamme et une fraction
correspondante qui en dérive peut être acheminée vers les
10 brûleurs afin d'améliorer le processus de clinkérisation et
le profil de température sur le four à clinker.

Dans ce contexte, la méthode selon l'invention est réalisée
de façon particulièrement avantageuse de telle sorte que le
15 gaz de produit, ou gaz de synthèse, soit acheminé vers les
brûleurs de l'installation de cuisson principale pour
augmenter la température de la flamme dans des quantités
allant de 5 à 50% de la fraction d'énergie par rapport à la
teneur en énergie introduite.

20 En principe, le gaz de synthèse produit de cette manière
est utilisé d'une manière qui contredit l'avis de la
communauté des experts, qui a majoritairement maintenu
qu'il n'est pas possible de parvenir à un degré suffisant
25 de conversion pour la production économique en utilisant
des combustibles de substitution avec des gazéificateurs
solaires. Cet avis, tel qu'il est exprimé par exemple dans
EP 548889, a été réfuté notamment en procédant aux fins de
la présente invention de telle sorte que les combustibles
30 de substitution soient utilisés dans un réacteur de

gazéification solaire sous la forme d'un matériau en vrac
ayant une granulométrie maximale de 250 mm, de préférence
200 mm pour produire un gaz de synthèse. Tandis que les
méthodes connues pour l'utilisation de combustibles de
5 substitution dans des gazéifieurs solaires exigeaient une
préparation d'un coût prohibitif du matériau, et en parti-
culier une réduction de la taille correspondante en vue de
créer un lit fluidisé, ou de préparer des suspensions qui
permettraient aux combustibles de substitution d'être
10 injectés dans le réacteur, la méthode selon l'invention
réussit avec une préparation extrêmement simple des
combustibles, dans laquelle il a été possible de démontrer
selon l'invention que l'addition d'eau ou de vapeur peut
même être au moins partiellement rendue inutile en
15 particulier lorsque des produits de qualité inférieure
contenant une forte proportion de substances facilement
volatiles ou vaporisables sont utilisés, parce que la
quantité requise de vapeur est formée directement à partir
de l'humidité dans les produits de départ, et le gaz de
20 synthèse (essentiellement CO et H₂) est formé directement
par une réaction de H et O liés dans le produit de départ.
Cela est vrai par exemple pour les charbons humides ou
lorsque des boues sont utilisées comme combustibles de
substitution. En se passant de grandes quantités de vapeur
25 d'eau, telles que celles utilisées dans la production
conventionnelle de gaz de synthèse dans les réacteurs
solaires, la qualité du gaz de produit est améliorée
davantage et il est doté des propriétés désirées qui lui
permettent d'être utilisé pour augmenter la température de
30 la flamme. Dans ce contexte, la méthode est effectuée de



manière particulièrement avantageuse de telle sorte que la dissociation thermique des combustibles de substitution a lieu à des températures supérieures à 700°C, de préférence de 850°C à 1300°C, dans laquelle ces températures représentent un optimum aux fins de la production du mélange désiré de CO/H₂.

Comme il a été indiqué précédemment, si nécessaire H₂O (vapeur) peut être ajoutée pour assurer une conversion quasi totale des produits de dissociation en H₂ + CO (gaz de synthèse), dans lequel cas, il a été découvert de façon surprenante que, dans de nombreux cas, la vapeur n'a pas du tout besoin d'être ajoutée de cette manière si la vapeur est générée par le processus de dissociation thermique lui-même, quand des charbons humides ou des boues ou autres choses de ce genre sont utilisés dans la méthode.

Selon l'invention, la méthode pour améliorer les propriétés du produit de clinker est avantageusement réalisée de telle manière que le gaz de synthèse est introduit dans les brûleurs de l'installation de cuisson principale dans une quantité qui est nécessaire pour élever la température de la flamme par une quantité de 50°C à 200°C, dans laquelle le gaz de synthèse est de préférence généré essentiellement sans être sous aucune pression, refroidi à des températures inférieures à 550°C, de préférence inférieures à 500°C, et transporté vers les lances du brûleur par un ventilateur.

En particulier, la production du gaz de synthèse sans pression permet l'utilisation d'installations très simples dans lesquels les combustibles de substitution peuvent être

utilisés sous la forme de matériau en vrac ayant des tailles particulières assez grandes, où une bonne conversion est encore obtenue avec une production non pressurisée même à des températures également plus basses.

5

La méthode est effectuée de préférence de telle manière que le brûleur ou la température de la flamme soit réglé à des valeurs supérieures à 1700°C, de préférence 1800°C à 2000°C, avec le gaz de synthèse.

10

Afin d'assurer que la méthode selon l'invention n'affaiblisse pas la qualité du clinker, il peut ensuite être décidé, selon la nature des produits de départ et la composition chimique des résidus solides, de la façon dont ces résidus solides doivent être traités ultérieurement. Cela peut être effectué de façon particulièrement simple si les résidus solides restants après la gazéification dans le réacteur de gazéification solaire sont extraits séparément, et utilisés comme souhaité en tant que composant des matières premières pour la transformation du cru, ou ajoutés au ciment en tant que composant de mélange.

15

20

Tel qu'il a été mentionné précédemment, tout combustible de substitution ou de qualité inférieure peut être utilisé dans le champ d'application de la présente méthode selon l'invention, et des boues et des déchets ayant des composants avantageux de substances facilement volatiles ou vaporisables se sont avérés particulièrement adaptés pour être utilisés comme combustibles de substitution. Toutefois, les avantages peuvent aussi être réalisés pour des

25

30



combustibles conventionnels, tels que des charbons, des cokes, et des biomasses de bas grade.

5 Avec la méthode selon l'invention, il est possible d'augmenter la résistance du produit obtenu (ciment) sans augmenter la finesse de broyage proportionnellement, ce qui donne l'avantage que seulement un rapport assez faible d'eau/ciment est requis pour produire du béton. La réactivité augmentée de façon correspondante conduit donc à
10 des avantages importants dans le traitement ultérieur du produit. Dans ce contexte, par exemple, la capacité de production d'un système de four à précalcinateur peut être augmentée de 3 à 4% par le remplacement d'environ 50% de l'énergie nécessaire à l'installation de cuisson principale
15 par le gaz de synthèse de l'invention, tout en réduisant la demande d'énergie totale de 1 à 2% et en réduisant les émissions de CO₂ provenant des combustibles par une quantité allant jusqu'à 9%. Les gaz de produit doivent être convenablement refroidis pour les ventilateurs qui sont
20 utilisés pour assurer l'augmentation nécessaire de pression après la production de gaz de synthèse non pressurisé, en sorte que l'investissement dans les ventilateurs soit maintenu aussi faible que possible, et un refroidissement de ce genre à des températures inférieures à 500°C peut
25 être effectué de façon particulièrement facile, par exemple en utilisant de l'eau contaminée, qui est convertie en vapeur impure via un échangeur de chaleur et ensuite introduite dans le réacteur de gazéification. Dans ce contexte, la différence essentielle de la combustion classiques dans
30 l'installation de cuisson principale consiste en ce qu'il

est possible de se passer des réductions des dimensions aux dimensions particulières habituelles de moins de 5 mm, notamment entre 2 à 5 mm. En outre, il est possible d'utiliser une variété de vrais déchets, qui ne se prêtaient pas auparavant à l'utilisation dans l'installation de cuisson principale en raison de leurs propriétés (teneur en eau, consistance). Le composant de vapeur requis pour la production des gaz de synthèse peut être maintenu faible dans le contexte de la méthode selon l'invention parce que la gazéification de la vapeur de carbone intervient significativement moins dans la production de gaz de synthèse que ne le fait la conversion des substances de départ, qui se composent essentiellement d'hydrocarbures. Cependant, la vapeur doit toujours être ajoutée en une quantité stœchiométrique correspondante afin de convertir les substances volatiles en CO et H₂.

Si des quantités suffisantes de combustibles à faible pouvoir calorifique sont disponibles pour une réaction de gazéification et l'énergie radiante sous la forme d'énergie solaire concentrée peut être assurée, les gaz de produit de haute qualité peuvent être stockés au besoin et également mis à disposition pour d'autres applications, telles que l'utilisation dans un précalcinateur. A ce stade, cependant, les exigences concernant la qualité des combustibles ne sont plus directement comparables avec les exigences relatives à la température de la flamme dans le four à ciment. Le composant de vapeur nécessaire à la gazéification peut être de préférence récupéré par extraction de



la chaleur en utilisant de l'eau contaminée lorsque le gaz de produit est refroidi.

5 L'invention sera expliquée plus en détail dans ce qui suit en référence à une représentation schématique dans le dessin d'un mode de réalisation d'un dispositif pour la mise en oeuvre de la méthode selon l'invention.

10 Dans le dessin, la trémie d'alimentation de combustibles de substitution ou à faible pouvoir calorifique est identifiée par le numéro 1. Le matériau passe dans un réacteur solaire 2, dans lequel est fournie de l'énergie solaire concentrée comme représenté schématiquement par la flèche 3. Le gaz de produit ainsi formé traverse un conduit 4 à des températures d'environ 1100°C dans un échangeur de chaleur 5, dont l'eau, en particulier de l'eau contaminée, peut être introduite dans le réacteur solaire 2 à partir d'un réservoir 6 sous forme de vapeur par le conduit 7. La cendre peut être évacuée par un conduit 8 et envoyée à un moulin 9. Le gaz de produit, qui est refroidi à des températures d'environ 500°C, est transmis aux brûleurs d'un four rotatif 11 par un ventilateur 10, et les quantités de gaz qui sont en excès des exigences peuvent être transportées par un conduit 12 à une installation de stockage et 25. retournées au four rotatif 11 par le conduit 14.



Revendications:

1. Une méthode pour améliorer les propriétés du produit de clinker dans la cuisson du cru dans un four à clinker ou à ciment, dans laquelle au moins une partie des combustibles utilisés sont des combustibles de substitution ou à faible pouvoir calorifique, caractérisée en ce que les déchets contenant des substances organiques ou des combustibles de substitution ou à faible pouvoir calorifique sont soumis à la dissociation et à la réaction thermiques des produits de dissociation en utilisant l'énergie rayonnante, et que le gaz de produit ou gaz de synthèse formé de cette manière est envoyé aux brûleurs de l'installation de cuisson principale pour augmenter la température de la flamme.
2. La méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que le gaz de produit ou gaz de synthèse est envoyé aux brûleurs de l'installation de cuisson principale dans des quantités allant de 5 à 50% du composant d'énergie des combustibles utilisés pour l'installation de cuisson principale pour augmenter la température de la flamme.
3. La méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les combustibles de substitution sont utilisés dans un réacteur de gazéification solaire sous la forme d'un matériau en vrac ayant



une granulométrie maximale de 250 mm, de préférence 200 mm, pour produire le gaz de synthèse.

- 5 4. La méthode selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisée en ce que la dissociation thermique des combustibles de substitution est réalisée à des températures supérieures à 700°C, de préférence de 850°C à 1300°C.
- 10 5. La méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que H₂O (vapeur) est ajoutée en cas de besoin pour assurer que les produits de dissociation soient convertis en H₂ + CO (gaz de synthèse) aussi complètement que possible.
- 15 6. La méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le gaz de synthèse est envoyé aux brûleurs de l'installation de cuisson principale en une quantité nécessaire pour élever la
- 20 température de la flamme d'une valeur comprise entre 50°C et 200°C.
- 25 7. La méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le gaz de synthèse est formé essentiellement sans pression, refroidi à des températures inférieures à 550°C, de préférence inférieures à 500°C, et transporté dans les lances du brûleur par un ventilateur.
- 30 8. La méthode selon l'une quelconque des revendications

1 à 7, caractérisée en ce que le brûleur ou la température de la flamme est réglé à des valeurs supérieures à 1700°C, de préférence 1800°C à 2000°C, avec le gaz de synthèse.

5

9. La méthode selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, caractérisée en ce que les résidus solides dans le réacteur de gazéification solaire après la gazéification sont extraits séparément et ajoutés comme souhaité au ciment en tant que composant des matières premières ou composant de mélange.

10

10. La méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que des boues et des déchets ayant des teneurs élevées en substances facilement volatiles ou vaporisables sont utilisés comme combustibles de substitution.

15

11. La méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que l'énergie rayonnante est fournie par la concentration de l'énergie solaire.

20

12. La méthode selon la revendication 11, caractérisée en ce qu'une certaine quantité de gaz de synthèse produite pendant la journée, tandis que le soleil brillait, est stockée temporairement et utilisée de manière à assurer une alimentation presque continue de co-combustion au four de ciment pendant 24 heures par jour.

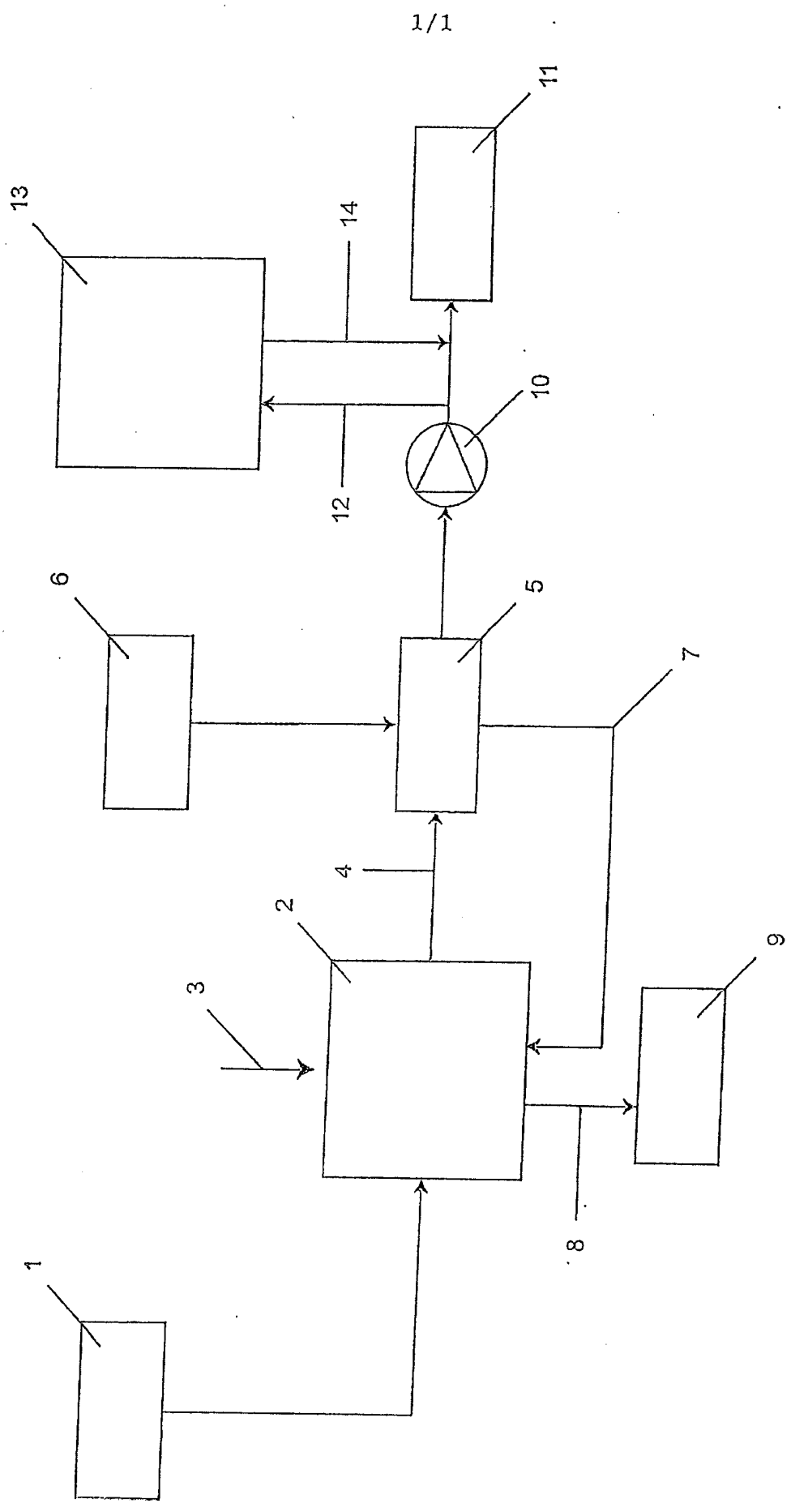
25

30

5

13. La méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la vapeur nécessaire à la gazéification est générée par la récupération de la chaleur lors du refroidissement du gaz de produit chaud.





Prep