

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication:

**0 310 509 B2**

(12)

## NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de nouveau fascicule du brevet: (51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F27B 7/20**  
**13.12.95**

(21) Numéro de dépôt: **88402457.1**

(22) Date de dépôt: **28.09.88**

(54) **Procédé de transformation d'un four rotatif destiné en particulier à la fabrication du ciment**

(30) Priorité: **30.09.87 FR 8713529**

(43) Date de publication de la demande:  
**05.04.89 Bulletin 89/14**

(45) Mention de la délivrance du brevet:  
**15.01.92 Bulletin 92/03**

(45) Mention de la décision  
concernant l'opposition:  
**13.12.95 Bulletin 95/50**

(84) Etats contractants désignés:  
**DE ES LU**

(56) Documents cités:  
**DE-A- 1 783 005 DE-A- 2 436 078**  
**DE-C- 3 036 957 FR-A- 2 553 501**  
**FR-E- 28 679 US-A- 1 727 217**

**W.H. DUDA, Cement Data Book, vol. 1, Bau-  
verlag GmbH, 1985 pp. 382-389**

**W.H. DUDA, Cement Data Book, 2ème Ed.,  
1977, Bauverlag GmbH, pp. 430-433**

(73) Titulaire: **TECHNIP**  
**Tour Technip**  
**La Défense 6**  
**170 Place Henri Régnault**  
**F-92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeur: **Champonnois, Michel**  
**22 rue des Boers**  
**F-78800 Houilles (FR)**

(74) Mandataire: **Durand, Yves Armand Louis et al**  
**CABINET WEINSTEIN**  
**20, Avenue de Friedland**  
**F-75008 Paris (FR)**

**EP 0 310 509 B2**

## Description

La présente invention a essentiellement pour objet un procédé de transformation d'un four rotatif destiné par exemple à la fabrication du ciment et du type constitué par un tube qui est supporté par des appuis de roulement et est muni à l'une de ses extrémités d'un refroidisseur du type planétaire ou à ballonnets.

Il a déjà été proposé de produire du clinker de ciment dans des lignes de cuisson dont le débit dépasse 2500 tonnes/jours, et cela en utilisant des fours de diamètre intérieur supérieur à 5,1 mètres.

D'une manière générale, ces fours se composent d'un tube incliné en tôle qui comporte un revêtement réfractaire intérieur en briques et qui est entraîné en rotation par des moyens appropriés (W.H. DUDA, Cement Data Book, Vol. 1, Bauverlag GmbH, 1985, pages 312, 383, 389).

Ces fours pouvant avoir plus de 5 mètres de diamètre présentent un certain nombre d'inconvénients qui se situent notamment au niveau de la mauvaise tenue mécanique des équipements dans la zone la plus chaude du four.

Le croutage qui se produit sur le revêtement de briques durant la cuisson et qui est d'ailleurs indispensable, est relativement peu épais comparativement à un four de plus petit diamètre, car l'effet de voûte est moindre. Il en résulte que le croutage se détériore d'autant plus que dans les fours de grand diamètre, le briquetage est fortement sollicité par la charge thermique, et cela beaucoup plus que dans le cas de fours de plus petit diamètre.

Par ailleurs, on sait que ce genre de four rotatif comporte généralement des bandages prenant appui sur des galets ou analogues permettant la rotation du four. Or, on comprend donc que, dans le cas de fours de grand diamètre, les bandages supportés par les galets ont tendance à s'ovaliser, de sorte que l'ensemble briquetage plus croutage est soumis à des efforts mécaniques alternés d'autant plus importants que le four est plus grand.

De plus, les déformations ou usures prématurées des liaisons mécaniques, et en particulier de la liaison bandages-tube contribuent à renforcer l'ovalisation du four au niveau des bandages, ce qui par conséquent fragilise le revêtement réfractaire du four.

Tous ces inconvénients augmentent considérablement les frais d'entretien du four et réduisent de beaucoup le taux de marche, donc la rentabilité de l'installation.

D'un autre côté, il faut remarquer que, dans les fours connus de très grand diamètre, l'effet de la précalcination en amont du four demeure relativement faible en raison des facteurs défavorables d'origine mécanique liés au grand diamètre du four dans la zone de cuisson ou de clinkérisation.

Par ailleurs, il est connu, par le document DE-A-2 436 078, de moderniser des cimenteries anciennes possédant des fours rotatifs longs à refroidisseurs planétaires intégrés en subdivisant ces fours rotatifs longs en deux parties dont la partie avec le refroidisseur planétaire est utilisable comme refroidisseur rotatif à tube central avec refroidisseurs planétaires tandis que la partie restante du four relatif constitue alors un four de frittage court qui, conjointement avec le refroidisseur rotatif séparé, raccordé à l'extrémité aval du four, est combiné avec un préchauffeur comportant, par exemple, une chambre de combustion fixe pour précalcination de la matière et relié à l'extrémité amont du four.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de transformation d'un four rotatif qui permet d'aboutir à un four dont la tenue mécanique et du briquetage et la régularité de marche ainsi que son fonctionnement sont nettement meilleurs et dont l'ovalisation au niveau de la zone de cuisson est fortement diminuée sinon supprimée.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de transformation d'un four rotatif destiné en particulier à la fabrication du ciment et constitué par un tube supporté par des appuis de roulement et muni à l'une des ses extrémités d'un refroidisseur du type planétaire par exemple, ce procédé étant du type consistant à raccourcir le tube en supprimant le refroidisseur à l'extrémité du tube et la portion du tube qui lui est associée, caractérisé en ce qu'il consiste :

- à effectuer cette suppression en augmentant nettement la charge supportée par l'appui situé au niveau de la partie centrale du tube et en conservant sensiblement les mêmes équipements mécaniques de support et d'entraînement en rotation du four
- à sectionner ledit tube sensiblement au niveau de sa partie centrale, et
- et à remplacer l'une des parties du tube ainsi sectionné par au moins un tronçon de tube de diamètre plus petit que celui de la partie restante du tube que l'on conserve et qui est raccordée audit tronçon, de façon que la charge supportée par l'appui dudit tronçon au niveau de ladite partie centrale soit ramenée à une valeur plus faible et sensiblement identique à la valeur initiale de la charge supportée par l'appui au niveau de la partie centrale du four muni du refroidisseur et utilisé pour effectuer la transformation.

On comprend donc qu'on peut conserver les mêmes équipements de support et d'entraînement en rotation du four obtenu après transformation, et cela à quelques petites modifications près.

Par ailleurs, on diminue avantageusement le risque d'ovalisation qui se produisait avec les fours munis d'un refroidisseur solidaire de leur extrémité aval, et cela en raison de la répartition avantageuse des efforts appliqués.

On observera encore que, paradoxalement, on maintient la production et on peut même l'augmenter en augmentant la vitesse de rotation du four, alors que le diamètre de ce four a été en partie réduit.

Suivant une autre caractéristique de ce procédé, le raccordement du tronçon de tube de diamètre réduit à la partie restante et conservée du tube s'effectue par l'intermédiaire d'une partie conique.

On précisera ici que le tronçon de tube précité formant la partie aval du four constitue une zone de cuisson de la matière, tandis que la partie restante du tube formant la partie amont du four constitue une zone de préparation ou de précalcination.

On associe généralement au four, sans l'intégrer au four, un refroidisseur et un système de précalcination respectivement au niveau de l'extrémité aval et de l'extrémité amont de ce four et, selon encore une autre caractéristique de ce procédé, ce refroidisseur est à grilles.

La réduction du diamètre de la zone de cuisson stabilisera avantageusement le briquetage en renforçant l'effet de voûte qui, associé à l'augmentation de la vitesse de rotation du four, favorisera la formation du croulage et une meilleure tenue dans le temps de celui-ci, de sorte que le briquetage sera, finalement, mieux protégé.

On observera encore que, paradoxalement, on maintient la production et on peut même l'augmenter en augmentant la vitesse de rotation du four, alors que le diamètre de ce four a été en partie réduit.

Suivant une autre caractéristique de ce procédé, le raccordement du tronçon de tube de diamètre réduit à la partie restante et conservée du tube s'effectue par l'intermédiaire d'une partie conique.

On précisera ici que le tronçon de tube précité formant la partie aval du four constitue une zone de cuisson de la matière, tandis que la partie restante du tube formant la partie amont du four constitue une zone de préparation.

Suivant encore une autre caractéristique de ce procédé, on installe, sans l'intégrer au four, un refroidisseur à grilles et un système de précalcination respectivement au niveau de l'extrémité aval et de l'extrémité amont de ce four. La réduction du diamètre de la zone de cuisson stabilisera avantageusement le briquetage en renforçant l'effet de voûte qui, associé à l'augmentation de la vitesse de rotation du four, favorisera la formation du croulage et une meilleure tenue dans le temps de celui-ci, de sorte que le briquetage sera, finalement, mieux protégé.

Mais d'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux dans la description détaillée qui suit et se réfère aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple, et dans lesquels:

La figure 1 est une vue très schématique et en perspective d'un four rotatif; et

La figure 2 illustre de façon schématique les étapes essentielles de la transformation d'un four continu à refroidisseur à ballonnets pour réaliser un four conforme à l'invention.

En se reportant à la figure 1, on voit un four essentiellement constitué par un tube rotatif incliné T dans lequel s'écoule la matière suivant la flèche F et qui est intérieurement chauffé en aval par une flamme matérialisée par la flèche G.

Le tube T comporte une zone de cuisson ou de clinkérisation 1 formant le tronçon aval du four, lequel est d'un diamètre plus petit que le tube ou tronçon amont 2 constituant la zone de préparation ou de précalcination de la matière.

Le diamètre de la zone ou tronçon aval 1 peut être compris entre 4 et 5,1 mètres, et sa longueur peut être comprise entre 20 et 60 mètres.

Les tronçons aval 1 et amont 2 sont raccordés par une partie conique 3 présentant un demi-angle au sommet qui peut être compris entre 4 et 7 degrés de façon à permettre un briquetage avec des briques standard.

On a montré en 4, 5 et 6 des bandages entourant le tube T et prenant respectivement appui sur des galets 7 permettant ainsi la rotation du tube T qui est entraîné en rotation par un moteur M dont l'arbre de sortie entraîne au moins un pignon 8 engrenant avec une couronne dentée 9 solidaire du tronçon amont 2.

Comme on le voit bien sur la figure 1, les bandages 4 et 5 sont agencés autour du tronçon aval ou zone de cuisson 1 tandis que le bandage 6 est agencé autour du tronçon amont ou zone de préparation 2. On remarquera ici que la partie médiane du four constituée par la partie de raccordement 3 est située dans une zone où le moment fléchissant est minimum.

Si une très forte réduction de diamètre de la zone de cuisson 1 est souhaitée, on pourra ajouter en amont du tronçon 1 un autre tronçon (non représenté) de diamètre intermédiaire aux diamètres des tronçons 1 et 2, étant entendu qu'une partie conique de raccordement telle que 3 sera prévue entre ces divers tronçons.

On a montré schématiquement en 10 sur la figure 1 un système de précalcination ou préchauffeur qui n'est pas intégré au four ou tube T.

Ainsi, la précalcination de la matière en amont du four, la réduction du diamètre de la zone de clinkérisation ou de cuisson 1 à un diamètre inférieur inférieur ou égal à 5,1 m, et également l'aug-

mentation de la vitesse de rotation du four permettront d'obtenir une augmentation de la production.

Mais, pour une meilleure compréhension de l'invention, on décrira ci-après, en se reportant à la figure 2, la fabrication et les avantages d'un four selon l'invention, lequel est obtenu par la transformation d'un four existant illustré en A à la partie supérieure de la figure 2 et muni à son extrémité aval d'un refroidisseur planétaire ou à ballonnets 11.

Ce four A avec refroidisseur intégré 11 peut faire partie d'une ligne de cuisson de clinker de capacité nominale de 3800 tonnes/jour et posséder une longueur totale de 115 m environ et un diamètre intérieur de 5,6 m. La vitesse de rotation du four A avant transformation était de 2 tours/minute.

Pour réaliser le four T de l'invention montré sur la figure 1, et à la partie inférieure de la figure 2, on supprime le refroidisseur 11 du four A, lequel refroidisseur rend d'ailleurs très critique la marche de ce four, et on supprime également la portion de tube du four A qui est associée au refroidisseur.

On obtient ainsi un four allégé B visible sur la figure 2, mais dont la charge supportée par l'appui situé au niveau de la partie centrale du four est considérablement augmentée, comme cela est matérialisé par les flèches 12a et 12b sur la figure 2. On observera ici que, sur cette figure, les courbes représentées sous chaque four A, B et T figurent l'intensité du moment fléchissant en plusieurs points répartis sur la longueur des fours, étant entendu que les flèches sous les trois courbes présentent une dimension proportionnelle à l'importance des charges au niveau de chacun des points d'appui.

Après avoir supprimé le refroidisseur 11 comme expliqué précédemment, on sectionne le four B sensiblement au niveau de sa partie centrale, et on remplace la partie aval sectionnée, c'est-à-dire la partie de gauche sur la figure 2, et on la remplace par un tronçon de tube, qui est le tronçon 1 du four T, lequel tronçon est d'un diamètre plus petit que celui de la partie restante du tube que l'on conserve et qui est raccordée au tronçon 1. En procédant de cette façon, la charge sur l'appui médian ou central du four T de l'invention demeure sensiblement identique à ce qu'elle était sur l'appui correspondant du four A, comme cela est matérialisé par les flèches 12a et 12c. En d'autres termes, la charge supportée par l'appui du tronçon de diamètre réduit 1 au niveau de la partie centrale du four a été ramenée à une valeur nettement plus faible que pour le four B et sensiblement identique à la valeur initiale de la charge supportée par l'appui au niveau de la partie centrale du four A utilisé pour effectuer la transformation.

Suivant un exemple de réalisation, le tronçon aval 1 du four T correspond à une réduction du

diamètre du tronçon aval du four A à un diamètre de 5 m sur une longueur de 43 m, la longueur totale du four transformé obtenu étant alors de 90 m environ.

Le cône de raccordement 3 entre le tronçon aval 1 de 5 m de diamètre et le tronçon amont 2 dont le diamètre est conservé (5,6 m), possède un demi-angle au sommet de 4,8° et une longueur de 3,5 m. On voit bien sur la figure 2 que ce cône 3 est bien situé dans une zone où le moment fléchissant s'annule (voir courbe au bas de la figure 2).

La vitesse de rotation du four T est augmentée par rapport à celle du four A de 2 tours/minute à 3,1 tours/minute, et le train d'entraînement couronne/pignon n'est pas changé.

Ainsi, pour une production donnée, et un même temps de séjour de la matière en zone aval de cuisson et clinkérisation, la vitesse de rotation du four qui est augmentée par rapport à ce qu'elle serait sans modification du diamètre de la zone de clinkérisation ou de cuisson, permet d'améliorer les échanges thermiques dans la zone amont de préparation 2, tandis que le temps de séjour de la matière y est notablement réduit.

On remarquera encore que, pour une production donnée, la puissance thermique disponible en zone aval de clinkérisation est moindre et le taux de précalcination de la matière à l'entrée du four est donc supérieur à ce qu'il serait sans modification du diamètre de la zone de clinkérisation.

On précisera encore que les trois bandages ou appuis 4, 5, 6 du four T sont situés respectivement à 5 m, 34 m et 73,5 m à partir de l'extrémité aval du tronçon 1. Les charges sur ces appuis, avant la transformation, étaient respectivement de 1485 tonnes, 805 tonnes et 585 tonnes. Après transformation, ces charges sont devenues respectivement 494 tonnes, 813 tonnes et 625 tonnes, ce qui a permis de conserver le génie civil et les galets ou train de roulement de ces appuis.

Il a également été procédé à un essai d'augmentation de la vitesse du four, en passant de la production précédente à 3800 tonnes/jour, à une production de 5500 tonnes/jour.

On a donc réalisé suivant l'invention et d'une manière très simple un four qui peut être obtenu par transformation d'un four existant en réduisant le diamètre de la zone de cuisson et qui, grâce aux simples opérations de précalcination de la matière en amont du four et de l'augmentation de la vitesse de rotation de ce four, peut permettre des taux de production élevés, et cela sans modifier de façon importante et coûteuse les systèmes mécaniques de support et d'entraînement en rotation du four.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple.

C'est ainsi qu'on peut prévoir, sans sortir du cadre de l'invention, plusieurs tronçons aval de diamètre progressivement réduit et formant zone de cuisson, et que ces tronçons peuvent posséder des longueurs égales ou différentes.

5

## Revendications

1. Procédé de transformation d'un four rotatif (A) destine en particulier à la fabrication du ciment et constitué par un tube supporté par des appuis de roulement (7) et muni à l'une de ses extrémités d'un refroidisseur (11) du type planétaire par exemple, ce procédé étant du type consistant à raccourcir le tube en supprimant le refroidisseur (11) à l'extrémité du tube et la portion du tube qui lui est associée, caractérisé en ce qu'il consiste :
  - a effectuer cette suppression en augmentant nettement la charge (12b) supportée par l'appui (7) situé au niveau de la partie centrale du tube et en conservant sensiblement les mêmes équipements mécaniques de support (7) et d'entraînement en rotation (M, 8, 9) du four
  - à sectionner ledit tube (B) sensiblement au niveau de sa partie centrale, et
  - à remplacer l'une des parties du tube (B) ainsi sectionné par au moins un tronçon de tube (1) de diamètre plus petit que celui de la partie restante (2) du tube (T) que l'on conserve et qui est raccordée audit tronçon (1), de façon que la charge (12b) supportée par l'appui (7) dudit tronçon (1) au niveau de ladite partie centrale soit ramenée à une valeur plus faible et sensiblement identique à la valeur initiale (12a) de la charge supportée par l'appui (7) au niveau de la partie centrale du four (A) muni du refroidisseur (11) et utilisé pour effectuer la transformation.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le raccordement du tronçon de tube (1) de diamètre réduit à la partie restante et conservée (2) du tube (T) s'effectue par l'intermédiaire d'une partie conique (3).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tronçon de tube (1) précité formant la partie aval du four (T) constitue une zone de cuisson de la matière, tandis que la partie restante (2) du tube (T) formant la partie amont du four constitue une zone de préparation ou de précalcination.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, consistant à associer au four (T), sans l'intégrer au four, un refroidisseur et un système de précalcination respectivement au niveau de l'extrémité aval et de l'extrémité amont de ce four, caractérisé en ce que ce refroidisseur est à grilles.

## Claims

1. Method of conversion of a rotary kiln (A) intended in particular for the manufacture of cement and constituted by a tube supported by rolling bearings (7) and provided at one of its ends with a cooler (11) of the planetary type for example, this method being of the type consisting in shortening the tube by suppressing the cooler (11) at the end of the tube and the tube portion which is associated therewith, characterized in that it consists :
  - in effecting this suppression by substantially increasing the load (12b) carried by the bearing (7) located at the level of the central portion of the tube and by retaining substantially the same mechanical equipments for the supporting (7) and for the rotary drive (M, 8, 9) of the kiln,
  - in cutting off the said tube (B) substantially at the level of its central portion, and
  - in replacing one of the portions of the tube (B) thus cut by at least one tube section (1) of smaller diameter than that of the remaining portion (2) of the tube (T) which one retains and which is connected to the said section (1) so that the load (12b) supported by the bearing (7) of the said section (1) at the level of the said central portion be reduced to a smaller value substantially identical with the initial value (12a) of the load carried by the bearing (7) at the level of the central portion of the kiln (A) provided with the cooler (11) and used to effect the conversion.
2. Method according to claim 1, characterized in that the connection of the tube section (1) of reduced diameter to the remaining and retained section (2) of the tube (T) is effected through the medium of a conical portion (3).
3. Method according to claim 1 or 2, characterized in that the aforesaid tube section (1) forming the downstream portion of the kiln (T) constitutes a zone for the firing of the material whereas the remaining portion (2) of the tube (T) forming the upstream portion of the kiln

constitutes a preparation or precalcination zone.

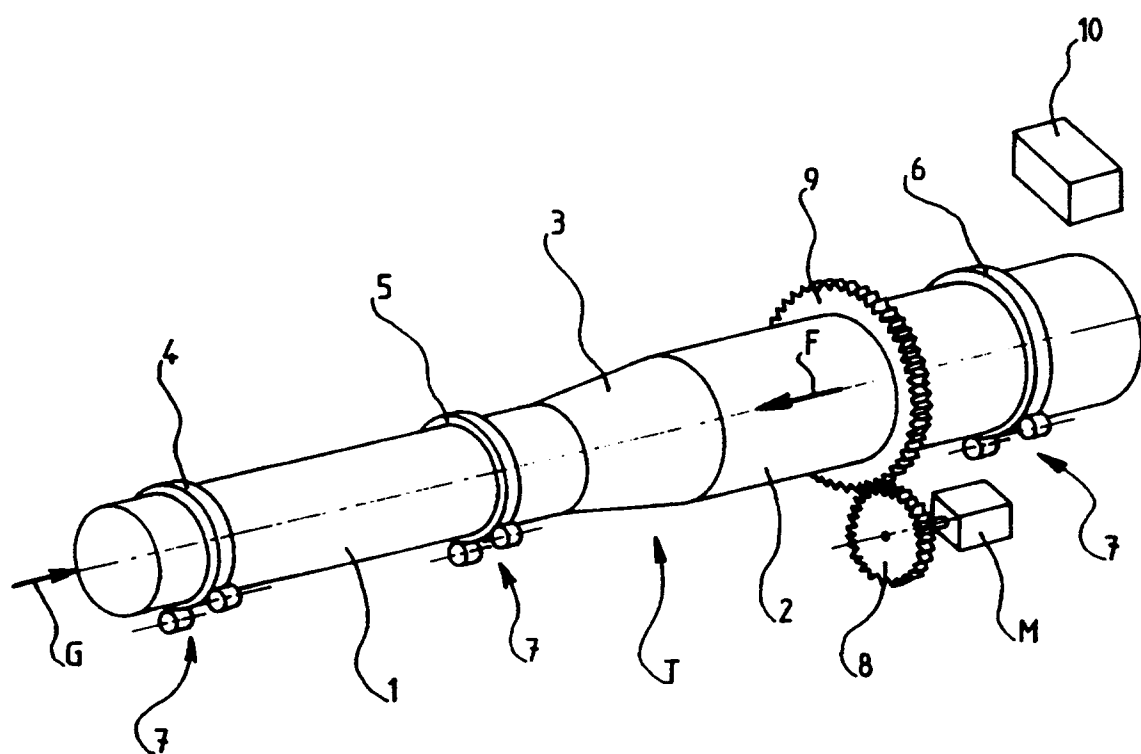
4. Method according to one of claims 1 to 3, consisting in association, with the kiln (T) without integrating them into the kiln, a cooler and a precalcination system at the level of the downstream end and of the upstream end, respectively, of this kiln, characterized in that this cooler is a cooler with grids.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Umbau eines insbesondere für die Herstellung von Zement bestimmten und durch ein von Rollenabstützlagern (7) gebildeten und an einem seiner Enden mit einem Kühler (11) z.B. der planetarischen Bauart versehenen Drehofens (A), wobei dieses Verfahren derjenigen Gattung ist, die darin besteht, das Rohr zu verkürzen, indem man den Kühler (11) an dem Ende des Rohres und den ihm zugeordneten Rohrteil wegschafft, dadurch gekennzeichnet, dass es darin besteht :
- dieses Wegschaffen durch wesentliches Erhöhen der durch das in der Höhe des Mittelteiles des Rohres gelegene Abstützlager (7) getragenen Last (12b) und durch wesentliches Beibehalten derselben mechanischen Ausrüstungen zum Tragen (7) und zum Drehantrieb (M, 8, 9) des Ofens durchzuführen,
  - das besagte Rohr (B) etwa in der Höhe seines Mittelteiles durchzuschneiden und
  - einen der Abschnitte des derart getrennten Rohres (B) durch wenigstens ein Rohrstück (1) kleineren Durchmessers als derjenige des verbleibenden Abschnittes (2) des Rohres (T), welchen man beibehält und der an das besagte Stück (1) angeschlossen ist, zu ersetzen, in der Weise, dass die durch das Abstützlager (7) des besagten Stückes (1) in der Höhe des besagten Mittelteiles getragene Last (12b) auf einen schwächeren Wert herabgesetzt wird, der etwa dem ursprünglichen Wert (12a) der durch das Abstützlager (7) in der Höhe des für den Umbau verwendeten Mittelteiles des mit dem Kühler (11) versehenen Ofens (A) getragenen Last (12a) gleich ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung des Rohrstückes (1) verminderten Durchmessers mit dem übrigen und beibehaltenen Teil (2) des Rohres (T) über einen kegelförmigen Teil (3) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgenannte, den unterstromigen Teil des Ofens (T) bildende Rohrstück (1) einen Bereich zum Brennen des Materials bildet, während der übrige, den oberstromigen Teil des Ofens bildende Abschnitt (2) des Rohres (T) einen Vorbereitungs- bzw. Vorbrennungsbereich bildet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, das darin besteht, dem Ofen (T) ohne sie in den Ofen einzuverleiben, einen Kühler und ein Vorbrennungssystem jeweils in der Höhe des unterstromigen Endes und des oberstromigen Endes dieses Ofens zuzuordnen, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühler ein Kühler mit Gitter ist.

**FIG. 1**

