



12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt : **91403253.7**

51 Int. Cl.<sup>5</sup> : **B02C 4/32, B02C 4/02**

22 Date de dépôt : **29.11.91**

30 Priorité : **06.12.90 FR 9015317**

72 Inventeur : **Paliard, Maurice**  
**23, Rue Gambetta**  
**F-42000 Saint Etienne (FR)**

43 Date de publication de la demande :  
**10.06.92 Bulletin 92/24**

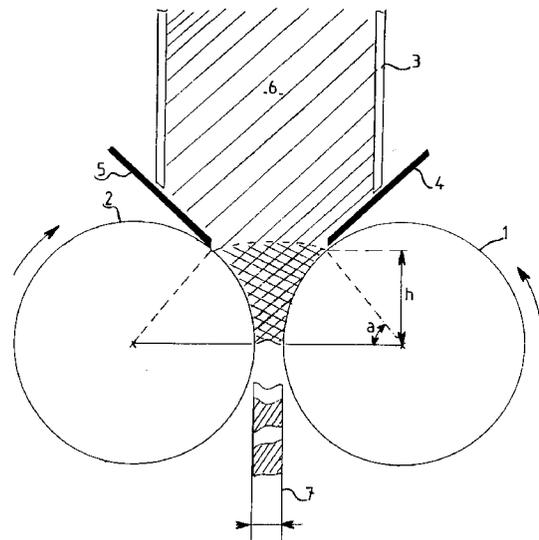
74 Mandataire : **Durand, Yves Armand Louis et al**  
**CABINET WEINSTEIN 20, Avenue de**  
**Friedland**  
**F-75008 Paris (FR)**

84 Etats contractants désignés :  
**AT BE DE DK ES GB IT LU NL**

71 Demandeur : **CLE**  
**170 Place Henri Regnault**  
**F-92400 COURBEVOIE (FR)**

54 **Procédé de broyage de matières minérales.**

57 Le broyeur comprend au moins deux rouleaux (1, 2) alimentés par un courant de particules (6). Le débit d'alimentation est tel que le lit de particules au-dessus des rouleaux atteint une hauteur (h) correspondant à un angle (a) compris entre 30 et 80°, de préférence entre 40 et 65°. Des volets (4 et 5) peuvent utilement canaliser les particules pour permettre le contrôle dudit angle.  
Application au broyage du clinker de ciment.



**Fig. 1**

La présente invention concerne un procédé amélioré de broyage fin de particules solides de matières minérales, notamment de particules solides de matières minérales cassantes et/ou fragiles (non plastiques).

On a déjà proposé de broyer (moudre) finement des particules solides de matières minérales en utilisant divers appareils, notamment un broyeur à rouleaux, aussi appelés tambours ou cylindres, constitués d'au moins deux rouleaux qui tournent sur eux-mêmes, à une faible distance l'un de l'autre, en entraînant les particules individuellement ou sous forme de lit sensiblement continu. Un ressort, un piston ou équivalent exerce une force tendant à rapprocher les rouleaux et donc à s'opposer à l'effet d'écartement produit par le passage de la matière entre les rouleaux.

Les deux (ou plus) rouleaux peuvent être équipés d'un système d'entraînement mécanique, ou encore un seul rouleau est équipé de ce système, l'autre rouleau étant simplement mobile et entraîné par friction par le flux de particules en mouvement descendant entre les rouleaux sensiblement horizontaux et parallèles.

En fonctionnement, les deux rouleaux tournent en sens contraire l'un de l'autre de manière à entraîner vers le bas le lit de matière qui les sépare.

Un procédé fonctionnant selon le principe évoqué, ci-dessus, a déjà été décrit, notamment dans les brevets DD - 81 035 et DE - 1 757 093. Lors du passage dans l'espace entre les rouleaux, le matériau est soumis à des efforts tels que le matériau, à la sortie, se retrouve dans un état de plus grande finesse, même si la poudre se retrouve au moins en partie sous forme d'agglomérats, agglomérats qu'il est d'ailleurs relativement aisé de désagréger ultérieurement, soit par passage dans un appareil de désagrégation tel qu'un broyeur à boulets ou analogue ou par recyclage au broyeur à rouleaux.

La formation d'agglomérés (agglomérats) est un phénomène normal, par lequel il faut passer lorsqu'on veut faire du broyage fin, et les travaux antérieurs montrent que cette formation est d'autant plus importante que la force appliquée est plus élevée et la finesse recherchée elle-même plus élevée, et également qu'elle dépend beaucoup de la nature de la matière traitée, la formation d'agglomérés avec le quartz, par exemple, ne se faisant que pour des pressions extrêmement élevées.

Comme indiqué aussi à de nombreuses reprises dans l'art antérieur, il n'est pas possible, avec les broyeurs à rouleaux, d'exprimer les pressions en MPa/cm<sup>2</sup> et l'on doit se contenter de donner les forces en Newtons par centimètre de longueur de rouleau à cause des incertitudes concernant le champ de pression (EP - 84 383 ; FR - 2 616 359). C'est pourquoi les auteurs de travaux antérieurs s'abstiennent, dans leur grande majorité, de mentionner des valeurs de

pression. Il est clair que, suivant le diamètre des rouleaux, le taux de chargement des rouleaux, la nature et le comportement du matériau, les effets pourront varier grandement à force égale par centimètre.

5 Comme expliqué dans EP - 84 383, trois mécanismes différents peuvent être mis en jeu : le premier consiste en un broyage grain par grain, ce qui suppose que les grains, ou une large majorité d'entre eux, par exemple au moins 90%, aient une taille supérieure à celle de l'espace inter-rouleaux (la fente). Le 10 second est un broyage en lit, auquel cas les particules ont en totalité, ou en large majorité, une taille égale ou inférieure à celle de l'espace inter-rouleaux. Le troisième combine les deux modes, à savoir broyage 15 grain par grain grossier suivi, dans une partie plus resserrée de la fente, par un broyage en lit.

Dans le but d'éviter la formation d'agglomérés et d'obtenir directement la matière en poudre fine, on a examiné dans l'art antérieur si l'on pouvait adjoindre 20 aux forces de pression des forces de cisaillement, ce résultat étant obtenu lorsqu'on fait tourner les rouleaux à des vitesses différentes. La conclusion de ce travail (Von der Ohe, Chemie Ingenieur Technik, 39, 1967, pages 357-364) est bien qu'on réduit la formation d'agglomérés, mais que ce résultat est obtenu au 25 prix, à la fois, d'une consommation d'énergie accrue et d'une surface réduite du produit obtenu, ce qui amène à considérer cette méthode comme inutilisable lorsque des surfaces élevées sont requises comme dans le cas du clinker de ciment.

Ainsi les méthodes cherchant à faire intervenir un effet de cisaillement, telles qu'envisagées jusqu'à présent, se sont soldées par un échec.

La présente invention remédie aux défauts de la technique antérieure en proposant un procédé qui 35 associe, de façon entièrement nouvelle, les efforts de pression et les efforts de cisaillement.

Grâce à ce double effet, on obtient à travail égal de la machine, une plus grande finesse de grain et/ou 40 de surface pour le produit et une plus faible formation d'agglomérés, soit un résultat à l'opposé de ce qui avait été obtenu auparavant par mise en oeuvre de force de cisaillement. En outre, quand on opère avec recyclage d'agglomérés et/ou de grains qui n'avaient 45 pas la finesse requise pour le produit et qui ont été séparés par triage, tamisage, entraînement par gaz ou analogue, on confirme et amplifie même l'amélioration déjà constatée sans recyclage.

En outre, lorsque tous les grains de la charge fraîche ont une taille au plus égale à celle de la fente, un mécanisme différent de celui habituellement utilisé est mis en oeuvre. En effet, comme souligné dans EP - 84 383, jusqu'à présent on prenait en considération 50 un angle ( $\alpha$ ) dit "angle d'engrènement" qui exigeait qu'au moins une partie des grains aient une taille supérieure à celle de la fente.

Selon le procédé de l'invention, on alimente l'espace situé au-dessus de la fente entre les rou-

leaux à un débit et sur une largeur suffisante pour maintenir un tas de particules accumulées d'une largeur et d'une hauteur telles que l'angle moyen de charge  $\alpha$  (distinct de l'angle d'engrènement) des rouleaux soit compris entre 30 et 80°, de préférence entre 35 et 70° et de manière encore plus préférée entre 40 et 65°.

L'angle  $\alpha$  est celui correspondant à un recouvrement sensiblement continu de chaque rouleau par le tas de particules accumulées de la charge, formant un lit continu entre les deux rouleaux.

Les figures 1 à 3 représentent divers modes de réalisation de l'invention.

La figure 1 illustre le mode de définition de l'angle  $\alpha$ .

La figure 2 illustre un mode de réalisation comportant un recyclage des agglomérats sans emploi d'un désintégrateur.

La figure 3 illustre un mode de réalisation utilisant un appareil de désintégration des agglomérés distinct du broyeur à rouleaux.

Les rouleaux 1 et 2 reçoivent un flux de particules à broyer 6 provenant du conduit 3, lequel est prolongé par des volets mobiles 4 et 5 permettant de régler la largeur du flux atteignant la surface des rouleaux. La matière broyée et qui renferme dans certains cas des agglomérés est déchargée en 7. L'angle  $\alpha$  est celui qui est compris entre l'horizontale et le point de réception d'un lit sensiblement continu de particules dès qu'elles se trouvent accumulées sur la hauteur  $h$  correspondant à l'angle  $\alpha$ . Ces efforts combinent les effets de cisaillement et les effets d'écrasement.

Si l'angle  $\alpha$  n'a pas exactement la même valeur pour les deux rouleaux, on prend la moyenne entre les deux valeurs constatées.

De préférence au moins 90% des particules de la charge ont une taille moyenne (diamètre moyen) inférieure à 2 fois la largeur de la fente, telle qu'elle se maintient en cours de fonctionnement, et très avantageusement au moins 90% des particules de la charge ont une taille au plus égale à celle de la fente, avec une préférence pour un taux d'au moins 98%.

Si des particules recyclées sont présentes, celles-ci ont soit une taille satisfaisant les exigences ci-dessus, si ce sont des particules individuelles, soit une taille apparente plus grande s'il s'agit d'agrégats, mais ces agrégats sont constitués de particules individuelles qui ont au maximum la taille définie plus haut. Les agrégats recyclés, même relativement gros, sont donc considérés comme satisfaisant la condition de taille énoncée.

Pour atteindre cette taille préférée des particules de la charge, celle-ci peut être soumise à un broyage grossier préalable si nécessaire.

Sans vouloir être tenu par une explication quelconque du mécanisme de l'invention, il semble que les résultats favorables obtenus soient dus à ce que se superposent deux effets. Un effet essentiellement

de pression qui intervient dans la portion relativement étroite de la fente entre les rouleaux, par exemple sur un angle de 5 à 15° à partir de l'horizontale, et un effet combiné de pression et de cisaillement qui se manifeste au-delà de l'angle précité et dès les angles les plus élevés indiqués plus haut, c'est-à-dire 65 à 80°. Il est cependant clair qu'il n'existe aucun moyen sérieux de mesurer en chaque pont l'intensité de ces forces ou pressions, comme cela a été signalé dans l'art antérieur.

Le procédé de l'invention peut être appliqué à toutes les charges de matières minérales cassantes ou fragiles et, par exemple, au calcaire, au clinker de ciment, aux divers silicates naturels, au sable, aux matières premières de la fabrication du ciment, certaines charges présentant une forte tendance à l'agglomération, d'autres moins ou même pas du tout aux pressions usuelles. La distinction entre charges cassantes (fragiles) et charges plastiques est faite par exemple dans FR - 381 569.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, selon un premier mode de réalisation, on traite en une seule passe une charge minérale telle que définie plus haut. Si nécessaire on la passe ensuite dans un désagglomérateur ou une trieuse.

Selon une forme de réalisation préférée, on recycle directement au broyeur à rouleaux une partie du produit directement issu de ce broyeur, le taux de recyclage étant de 1/1 à 4/1 ou plus, rapporté au poids de charge fraîche alimentant le broyeur.

Selon une autre forme de réalisation préférée on sépare, après mouture, par simple triage, la portion de particules qui n'a pas la finesse désirée et on la recycle, même si elle se présente au moins en partie sous forme de particules plus ou moins fortement agglomérées. Le taux de recyclage peut être, par exemple, de 1/1 à 7/1 ou plus, rapporté au débit de matière fraîche.

Dans les deux cas préférés, ci-dessus, les agglomérés bénéficient des effets de friction qui se manifestent précocement aux angles  $\alpha$  élevés.

De préférence, on met en oeuvre simultanément les deux formes de réalisation préférées, ci-dessus, le taux global de recyclage étant de 2/1 à 10/1, plus spécifiquement de 4,5/1 à 8/1 dans le cas du clinker de ciment.

Selon une autre forme de réalisation, on soumet le produit sortant du moulin à rouleaux à l'action mécanique d'un désintégrateur d'agglomérés, de manière connue en soi, avant de séparer les grosses particules à recycler, des particules fines qui constituent le produit recherché.

Les rouleaux tournent de préférence sensiblement à la même vitesse pour éviter les inconvénients liés à l'emploi de vitesses différentes, signalés plus haut. Leur vitesse périphérique peut être, par exemple, de 0,3 à 10 m/s, et de préférence 0,5 à 2,5 m/s ce qui permet plus aisément le maintien d'un angle de

charge élevé.

Dans un autre variante de l'invention, on fait passer la charge minérale dans deux broyeurs à rouleaux successifs comme décrit par exemple dans FR - 2 610 540.

La figure 2 représente un mode détaillé de réalisation de l'invention. La charge fraîche 6 est admise par le conduit 3 aux rouleaux 1 et 2 du moulin à rouleaux. Le produit broyé est envoyé par le conduit 13 au trieur 8. Les particules ayant la finesse désirée sont évacuées par le conduit 9 tandis que les particules grossières avec les éventuels agrégats sont envoyées par le conduit 10 à l'élévateur 11 de type conventionnel, pour être recyclées par le conduit 12 au moulin à rouleaux. Selon une variante préférée, une partie du produit brut du broyeur est renvoyée directement au broyeur par les lignes 16, 11, 12 et 13. Les dispositifs annexes tels que ressorts, butées, pistons d'application de la force, et les dispositifs de contrôle et régulation n'ont pas été représentés dans un but de simplification. Tous ces dispositifs ont été largement décrits dans l'art antérieur. Il en va de même, par exemple, pour la configuration de la surface des rouleaux (surface plane ou pourvue d'aspérités, rainures, cannelures ou autres).

Le dispositif de la figure 3 est analogue à celui de la figure 2 si ce n'est qu'il comporte en outre un désintégrateur de particules 14 à la suite du moulin à rouleaux. Cet appareil peut être un broyeur tubulaire, à boulets, à marteaux, un broyeur pendulaire ou analogue.

L'invention comprend également une installation comprenant un broyeur à rouleaux, des moyens pour entraîner l'un au moins des rouleaux en rotation, l'autre rouleau (ou les autres rouleaux) étant eux-mêmes entraînés ou simplement libres en rotation autour de leur axe, des moyens déflecteurs pour régler la largeur du lit de particules à broyer, ces moyens permettant l'alimentation du broyeur sous un angle (a) de 30 à 80°, par exemple.

L'exemple suivant illustre l'invention sans toutefois la limiter.

#### Exemple :

On opère avec un moulin à deux rouleaux de diamètre égal à 600 mm et de longueur utile égale à 150mm. On alimente ce moulin en clinker de ciment de dimensions au plus égales à 13mm. L'écartement des rouleaux, en cours de fonctionnement, s'établit à environ 20mm. On applique une force tendant à rapprocher les rouleaux et on alimente l'appareil dans des conditions telles que l'angle (a) qui reçoit la charge soit de 50°.

On sépare à la sortie les particules et agrégats supérieurs à environ 100 microns et on les recycle à l'alimentation du moulin. Les particules plus fines que 100 microns environ constituent le produit recherché.

On constate que la consommation d'énergie est de 15 kWh par tonne de produit.

L'énergie consommée à la presse étant de l'ordre de 2 kWh/tonne de produit la traversant.

#### **Revendications**

1. Procédé de broyage de matières minérales, cassantes ou fragiles, dans un broyeur à rouleaux, caractérisé en ce qu'on alimente l'espace situé au-dessus de la fente entre les rouleaux à un débit et sur une largeur suffisante pour maintenir un tas de particules accumulées d'une largeur et d'une hauteur telles que l'angle moyen de charge (a) des rouleaux soit compris entre 30 et 80°.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'angle de charge est de 35 à 70°, de préférence de 40 à 65°.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel au moins 90% des particules de la charge ont une taille moyenne inférieure à 2 fois la largeur de la fente entre les rouleaux lorsque la presse est en charge.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel au moins 90% (de préférence au moins 98%) des particules de la charge ont une taille moyenne au plus égale à celle de la fente.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on recycle directement au broyeur une partie du produit directement issu de ce broyeur, le taux de recyclage étant de 1/1 à 4/1, rapporté au poids de charge fraîche alimentant le broyeur.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on soumet le produit qui est déchargé du broyeur à l'action d'un désintégrateur d'agglomérés puis à celle d'un séparateur de particules, on décharge les particules qui ont la finesse désirée et on recycle au broyeur les particules qui n'ont pas cette finesse, avec un taux de recyclage de 1/1 à 7/1, rapporté au poids de charge fraîche alimentant le broyeur.
7. Procédé selon les revendications 5 et 6, dans lequel on effectue simultanément les recyclages des revendications 5 et 6, avec un taux de recyclage de 1/1 à 4/1 pour le produit issu directement du broyeur et un taux de recyclage de 1/1 à 7/1 pour les particules qui n'ont pas la finesse désirée, issues du séparateur de particules, le taux global de recyclage étant de 2/1 à 10/1.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la matière minérale est du clinker de ciment et le taux global de recyclage est de 4,5/1 à 8/1.
9. Installation pour la mise en oeuvre du procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle comprend un broyeur à rouleaux, des moyens pour entraîner ce broyeur en rotation et des moyens défecteurs permettant l'alimentation du broyeur sous un angle de charge (a) de 30 à 80 °, de préférence 40 à 65°.
10. Utilisation du procédé de l'une des revendications 1 à 8 ou de l'installation de la revendication 9 pour broyer le clinker de ciment.

5

10

15

20

25

30

35

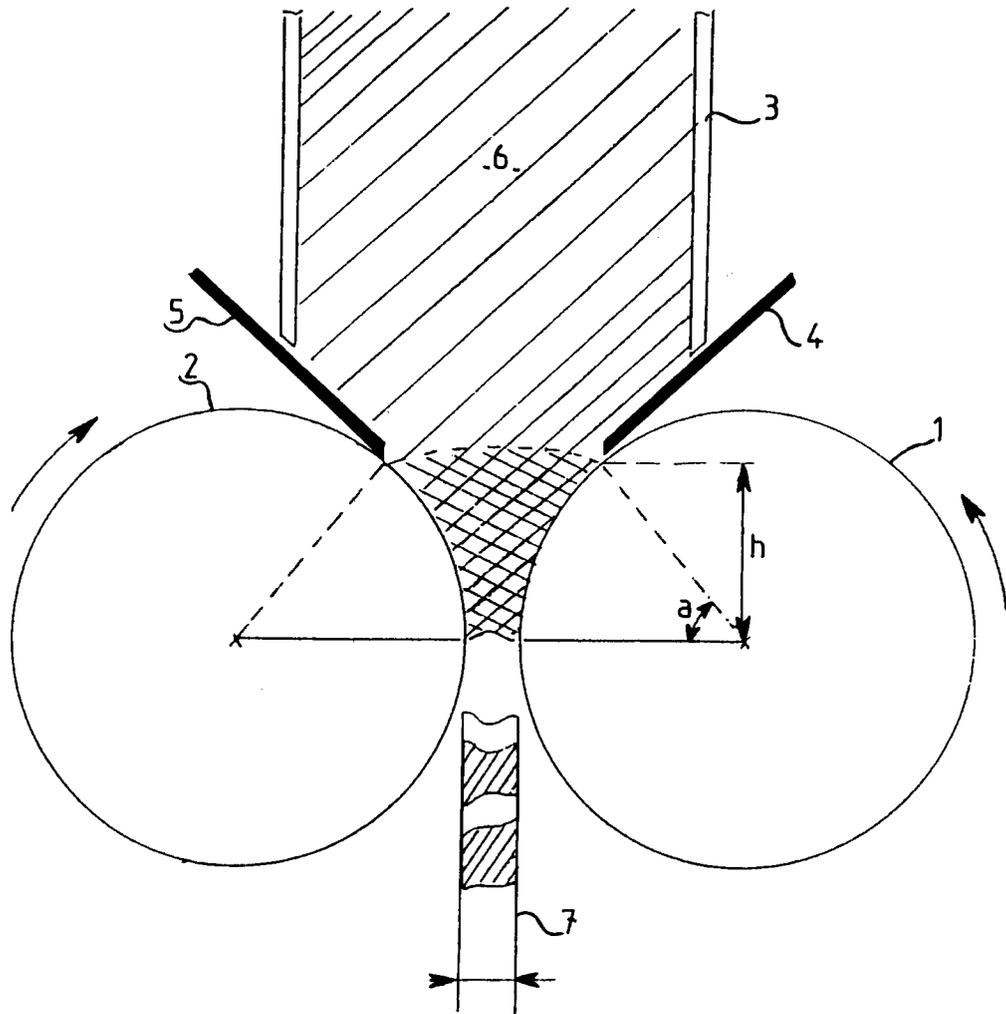
40

45

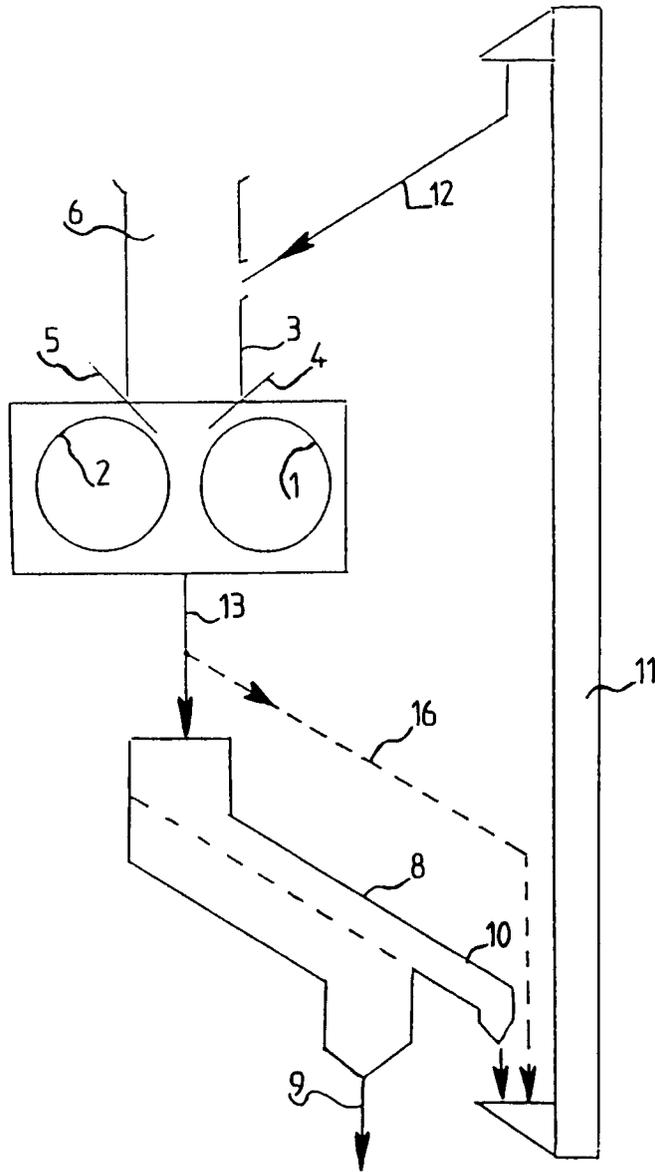
50

55

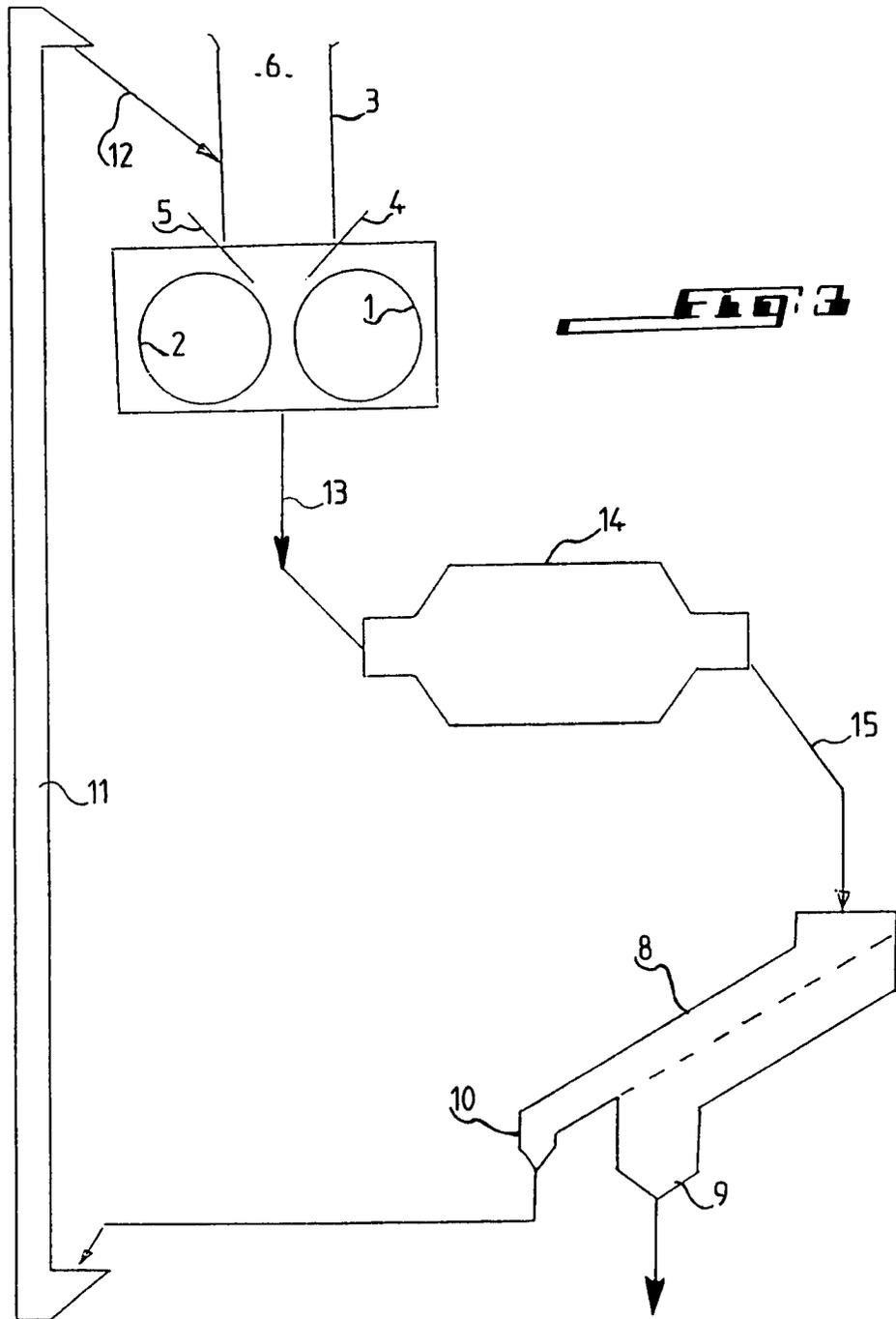
5



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 3253

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	DE-A-3 535 406 (KRUPP POLYSIUS AG)	1,2	B02C4/32
Y	* colonne 2, ligne 18 - colonne 6, ligne 10; figures 2,3 *	9	B02C4/02
---			
X,D	EP-A-0 084 383 (KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AG)	1	
Y	* page 5, ligne 8 - page 14, ligne 20; revendication 4 *	9	
A		2-8,10	
---			
A,D	FR-A-2 381 569 (SCHONERT K.)	1	
	* page 8, ligne 35 - page 13, ligne 15 *		
-----			
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)</b>
			B02C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11 MARS 1992	Examineur OECHSNER DE CONINCK
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b>		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 01.82 (P0402)