(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 191 909 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
**09.01.2013 Bulletin 2013/02**

(51) Int Cl.:
***B22C 5/18*** *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **09175525.6**

(22) Date de dépôt: **10.11.2009**

(54) **Procédé et installation de recyclage des sables à vert usés de fonderie**

Verfahren und Anlage zum Recyceln von in Gießereien benutztem Grüngusssand

Method and installation of recycling used green foundry sands

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **14.11.2008 FR 0806394**

(43) Date de publication de la demande:
**02.06.2010 Bulletin 2010/22**

(73) Titulaire: **Société Francaise d'Etudes Minières**
**93170 Bagnolet (FR)**

(72) Inventeur: **Lamotte, Josselin, Xavier**
**77720 Quiers (FR)**

(74) Mandataire: **Bertrand, Didier et al**
**S.A. Fedit-Loriot**
**38 Avenue Hoche**
**75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**DE-A1- 4 321 296**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 191 909 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un procédé et une installation de transformation des sables à vert usés de fonderie, encore appelés sables de purge, en vue du recyclage du sable, du liant argileux et des additifs éventuels de type noir minéral qu'ils contiennent.

**[0002]** La fonderie au sable utilise pour la fabrication des moules et des noyaux un mélange de sable neuf ou recyclé avec des additifs divers (liants, adjuvants, etc.). On utilise pour les moules notamment un sable dit sable à vert synthétique ou sable silico-argileux composé de silice, de bentonite (argile) et d'éléments d'addition dont le principal est le noir minéral. Le malaxage provoque l'enrobage des grains de sable par des feuillets de bentonite. L'addition d'eau permet la séparation des feuillets. Le serrage réalisé au moyen de machines à mouler rapproche les feuillets de bentonite jusqu'à la formation de ponts entre les grains de sable conférant ainsi une cohésion au système sable / bentonite.

**[0003]** Pour les noyaux, on utilise généralement un sable aggloméré par des résines synthétiques polymérisées.

**[0004]** Après la coulée du métal liquide, la pièce brute est séparée du sable (à chaud ou après une période de refroidissement). Cette opération, dite de décochage, parfois manuelle, est le plus souvent effectuée à l'aide de grilles vibrantes. L'opération de décochage permet d'obtenir d'une part les pièces métalliques coulées et durcies, d'autre part le sable décoché composé du sable de moulage dont une partie a subi une transformation liée à l'élévation de température au contact entre le métal fondu et le sable encaissant, et enfin des morceaux de noyaux.

**[0005]** Le moulage dit en sable à vert utilise du sable recyclé remis en condition après décochage. Ce sable de retour, obtenu à partir de sable décoché et recyclé dans la sablerie de la fonderie, est la matière première de base pour la préparation des sables à vert. On compense les pertes à la coulée par ajout de sable neuf, d'argile, d'eau, d'additif carboné. Ce procédé est appelé « sable à vert » non pas en raison de sa couleur mais parce que le sable contient de l'eau, par analogie avec le bois, qui est dit vert lorsqu'il est encore humide. Les composants majeurs de cette technique sont le sable, l'argile et l'eau. La remise en condition du sable décoché et la préparation des sables à vert sont réalisées dans la sablerie qui comporte l'ensemble des équipements nécessaires. Les fondeurs recyclent généralement leur sable silico-argileux à plus de 90 %. La composition moyenne d'un sable à vert est de 88% de sable siliceux, de 8% d'argile (bentonite) et de 6% de noir minéral.

**[0006]** Les sables à prise chimique utilisés pour la fabrication des noyaux sont composés d'un matériau réfractaire, principalement du type silice mais aussi zircon, chromite ou olivine, aggloméré par des liants à prise chimique, de type organique ou minéral. La quantité de liant est toujours très faible par rapport au sable, de l'ordre de quelques pour cent au maximum.

**[0007]** L'analyse chimique d'un sable neuf typique de référence donne un pourcentage de $SiO_2$ supérieur ou égal à 99,5, de $Fe_2O_3$ inférieur à 0,02, d'$Al_2O_3$ inférieur à 0,07 et de $K_2O$ inférieur à 0,015, avec de plus les caractéristiques suivantes :

| | |
|---|---|
| Perte au Feu (à 1000 °C) | 0,15 % max. |
| Résistance pyroscopique | 1750 °C |
| Demande Acide à pH =3 | 3.5 |
| Demande Acide à pH = 5 | 2.0 |
| Indice AFS (granulométrie) | 57 à 59 |

**[0008]** La perte au feu est la perte de masse relative d'un échantillon après calcination à la température indiquée. Elle représente l'humidité résiduelle.

**[0009]** La granulométrie est donné par l'indice de finesse selon la norme AFS (American Foundrymen Society) explicitée par exemple dans le document US3874073 ; c'est un nombre entier correspondant à un numéro de tamis fictif ayant une ouverture de maille correspondant à 50% de la courbe de distribution cumulative des refus. Plus la valeur de cet indice est élevée, plus le sable est fin.

**[0010]** La demande acide consiste à mettre en contact du sable avec un volume connu d'acide chlorhydrique 0,1 N, puis l'acide n'ayant pas réagi avec le sable est titré par de la soude 0, 1 N (dosage en retour). Les résultats s'expriment sur 50g de sable en ml d'HCl 0,1 N consommé pour atteindre des pH de 3 ou 5 (DA3, DA5).

**[0011]** Lors de la coulée du métal liquide dans le moule, la part d'argile du sable de moulage qui a subi les fortes températures est calcinée et voit sa structure se modifier. Elle se transforme en chamotte (argile morte). Cette chamotte présente un très faible coefficient d'expansion thermique, son inconvénient majeur est sa porosité ouverte, consommatrice de liant. La chamotte n'a plus d'eau de constitution et adhère fortement au grain de sable en couches concentriques (phénomène d'oolithisation).

**[0012]** La couche d'oolithisation comprend tous les résidus de liants et d'adjuvants de moulage, dégradés et frittés par l'action thermique de la coulée du métal dans le moule. Son volume par rapport au grain de sable est de l'ordre de 15 à 30 %. La teneur en argile calcinée se détermine après soustraction des différents éléments (silice, fines de granulométrie < 20 $\mu$m, perte au feu ...).

**[0013]** Le recyclage du sable à vert nécessite une remise en condition du sable décoché car celui-ci est plus ou moins sec, empoussiéré et chaud. De plus, il contient un certain nombre de corps étrangers qui doivent être éliminés (bavures de métal, portées de noyaux, déchets réfractaires, scories).

**[0014]** La remise en condition du sable décoché passe par les opérations suivantes :

~ séparation des particules métalliques,
~ réduction des mottes,

~ criblage.

**[0015]** Au cours de ces opérations, on procède au dépoussiérage du sable. Les déchets de sable générés par le criblage sont des morceaux de noyaux et des mottes de sable à vert.

**[0016]** Le sable sous l'effet thermique s'empoussière et nécessite de ce fait un dépoussiérage. Les fines sont captées tout au long du circuit de remise en condition du sable. Une partie de ces fines peut être réintroduite dans le circuit.

**[0017]** La purge de sable est rendue nécessaire par un apport trop important de sable à noyaux qui, d'une part, augmente le volume de sable de retour, et d'autre part, abaisse la qualité du sable recyclé.

**[0018]** Les purges de sable sont directement fonction du process et du type de pièces fabriquées. Le volume des purges dépend principalement de la taille et de la quantité de noyaux utilisés.

**[0019]** Ces purges contiennent souvent une forte proportion de sable à vert et présentent donc une teneur en argile importante. Pour recycler et utiliser ce sable dans la fabrication de noyaux, comme c'est le souhait selon la présente invention, il est nécessaire de le remettre à l'état de grain et de le nettoyer, ce qui est particulièrement difficile.

**[0020]** C'est pourquoi les sables à vert usés, ou sables de purge, sont le plus souvent éliminés par exemple par enfouissage, ce qui nuit l'environnement, ou éventuellement valorisés en cimenterie ce qui implique des coûts de manipulation, de transport et de reprise par les cimentiers.

**[0021]** Le sable à vert usé qui fait l'objet du procédé de recyclage de l'invention présente une demande acide élevée caractérisant une fin de cycle de vie : > 15 ml à pH = 5.

**[0022]** D'un point de vue granulométrique il présente les caractéristiques suivantes :

- % Poids en particules de granulométrie < 150 μm élevé (hors fines < 20 μm): > 15 % (AFS > 65),
- % Poids de particules de granulométrie < 20 μm élevé (fines): 6à8%
- Teneur en argile active (BM > 25 mg/g) et en carbone élevées (PAF > 5%)

**[0023]** Il présente en outre des résidus de coulée, des blocs agglomérés liés au procédé de moulage et des résidus de noyaux contenant un peu de résines.

**[0024]** Il peut contenir également en fonction de son origine des particules de chromite, zircon ou olivine résiduelles.

**[0025]** Le principe et les bénéfices, en termes de coûts et d'environnement, du recyclage de sables de fonderie pour réutiliser le sable et l'argile sont déjà bien connus.

**[0026]** Ainsi, on connaît par le document WO2002/092259 un procédé de recyclage des sables de fonderie et des poussières de fonderie, consistant à opérer une séparation mécanique à sec du sable par impact ou abrasion pour séparer l'argile et les additifs, de manière à obtenir une fraction lourde essentiellement constituée de sable directement recyclable après séchage et une fraction légère constituée de sable résiduel, d'argile et d'additif qu'on envoie, avec les poussières de fonderie, former une boue avec de l'eau (au moins dix fois en eau le poids de matières sèches). Cette boue fait l'objet de deux séparations hydrauliques successives, par exemple en hydro-cyclone, de manière à obtenir en sortie d'une part une bentonite encore active, et d'autre part des matières constituées soit par du sable recyclable soit par des déchets, en fonction de la granulométrie obtenue. Si ce procédé fait bien connaître la récupération d'une partie de l'argile active grâce aux séparations hydrauliques, il n'optimise pas celle-ci et surtout n'optimise pas le traitement de recyclage du sable lui-même.

**[0027]** Par ailleurs, le document WO2006/134099 fait connaître un procédé de recyclage des sables de fonderie également destiné à recycler l'argile, dans lequel, après un premier criblage, on malaxe la matière dans 1 à 8 fois son poids d'eau et on procède à une séparation entre le sable débarrassé de l'argile et l'argile véhiculée dans l'eau. Le sable est séché pour être recyclé. La boue d'argile est mise à décanter. Là encore, il n'y a pas d'optimisation du traitement de recyclage du sable.

**[0028]** Les documents DE 43 21 296 A1, DE 41 09 167 A1 et Zanetti M.C. et al « Foundry processes : the recovery of green moulding sands for core operations » Resources Conservation and Recycling, Elsevier, Science Publisher, Amsterdam, NL, Vo1.38, 1 juin 2003, pages 243-254, décrivent une installation et un procédé de transformation des sables de purge en sable recyclable.

**[0029]** Ces procédés ont ouvert la voie d'un recyclage du sable et de l'argile mais ne permettent pas de tirer le meilleur parti des sables de purge.

**[0030]** Tel est le but de l'invention.

**[0031]** L'invention atteint son but grâce à un procédé de transformation des sables de purge en sable recyclable en noyautage voire en moulage et en argile recyclable en moulage, que ce liant soit utilisé seul ou en mélange avec du noir minéral, du type comprenant des étapes de séparation mécanique et de séparation hydraulique, caractérisé par la succession ordonnée des étapes suivantes A à G d'une part et A-C,H,I d'autre part :

- A) mise en pulpe du sable de purge pour détacher les parties d'argile encore active entourant les grains de sable,
- B) criblage du sable de purge à une valeur voisine de 850 μm pour éliminer les rejets grossiers,
- C) classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 40 μm à 80 μm en une fraction fine de boue diluée traitée aux étapes H et suivantes et une fraction de sable déschlammé traitée aux étapes Dà G,

- D) attrition par voie humide de la fraction de sable

déschlammé pour nettoyer les grains de sable des couches oolithisées,

- E) classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique comprise entre environ 150 μm et 250 μm en une fraction de rejets fins et une fraction de sable attrité de granulométrie désirée pour le recyclage,
- F) séchage et refroidissement du sable attrité,
- G) séparation magnétique sur le sable attrité séché pour éliminer la chamotte résiduelle et la chromite et les autres minéraux paramagnétiques et obtenir le sable recyclable pour la fonderie,
- H) classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 5 μm à 20 μm de la fraction fine de boue diluée obtenue à l'étape C pour ne conserver que la fraction ultrafine contenant l'argile et le noir minéral éventuel et rejeter la fraction moins fine,
- I) Déshydratation de cette fraction ultrafine pour récupérer l'argile et le noir minéral éventuel recyclables.

**[0032]** L'ordre et la nature des étapes conformes au procédé de l'invention assurent le traitement du sable des purges de manière qu'une quantité optimale du sable et des autres minéraux actifs soit effectivement recyclée.

**[0033]** Cela est rendu possible selon l'invention :

- par la mise en pulpe du sable de purge réalisée très en amont du procédé et permettant de séparer efficacement sensiblement toute l'argile active,
- par l'attrition en voie humide qui s'ensuit du sable débarrassé de l'argile active de manière à décaper efficacement la surface des grains de sable sans être gêné, dans ce traitement, par la lubrification que produirait la fraction fine,
- Par la séparation magnétique qui s'ensuit et permet d'éliminer les particules contenant de la chamotte résiduelle. On notera que des procédés de séparation magnétique sont déjà connus, par exemple par le document US 5 526 937. Mais cette séparation magnétique est effectuée généralement très en amont du procédé (cf. également WO 2002/092259) alors que selon l'invention sa réalisation en aval du procédé permet d'augmenter considérablement la quantité des produits recyclés.

**[0034]** En outre, grâce à son étape de déshydratation de la fraction ultrafine récupérée après la séparation hydraulique des boues diluées, les additifs minéraux sont récupérés sous une forme permettant une manipulation ultérieure, voire un stockage.

**[0035]** Avantageusement, la quantité d'eau ajoutée au sable de purge pour la mise en pulpe de l'étape A est de l'ordre de 0,5 à 1 litre par kilo de sable de purge, c'est-à-dire qu'on conserve une concentration solide d'au minimum 50 % (masse de solide sur masse totale) ce qui d'ailleurs distingue aussi le procédé de l'invention des deux documents WO2002/092259 et WO2006/134099 précités où la concentration était nettement plus faible, de l'ordre de 10% par exemple.

**[0036]** Avantageusement, l'étape D d'attrition est réalisée dans deux cellules d'attrition avec un temps de passage supérieur à 15 minutes au total.

**[0037]** Avantageusement, l'étape G de séparation magnétique est réalisée dans deux étages de séparation pour séparer les particules à fort et à faible paramagnétisme.

**[0038]** Avantageusement, l'étape I de déshydratation comprend une décantation centrifuge.

**[0039]** L'invention concerne aussi une installation destinée à la mise en oeuvre du procédé ci-dessus pour la transformation des sables de purge en sable recyclable en fonderie et en argile et noir minéral éventuel recyclables en fonderie, cette installation comprenant :

- A) des moyens de mise en pulpe du sable de purge pour détacher les parties d'argile encore active entourant les grains de sable,
- B) des moyens de criblage à une valeur voisine de 850 μm du sable de purge pour éliminer les rejets grossiers, reliés aux moyens de mise en pulpe,
- C) reliés auxdits moyens de criblage, des premiers moyens de classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 40 μm à 80 μm en une fraction fine de boue diluée et une fraction de sable déschlammé,
- D) reliés auxdits premiers moyens de classification hydraulique, des moyens d'attrition par voie humide de la fraction de sable déschlammé pour désagréger l'argile,
- E) reliés auxdits moyens d'attrition, des deuxièmes moyens de classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique comprise entre environ 150 μm à 250 μm en une fraction de rejets fins et une fraction de sable attrité de granulométrie désirée pour le recyclage
- F) reliés auxdits deuxièmes moyens de classification hydraulique, des moyens de séchage et refroidissement du sable attrité,
- G) reliés auxdits moyens de séchage, des moyens de séparation magnétique du sable attrité séché pour éliminer la chamotte et la chromite et les autres minéraux paramagnétiques et obtenir le sable recyclable pour la fonderie,
- H) reliés auxdits premiers moyens de classification hydraulique, des troisièmes moyens de classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 5 μm à 20 μm de la fraction fine de boue diluée pour ne conserver que la fraction ultrafine contenant l'argile et rejeter la fraction moins fine,
- I) reliés auxdits troisièmes moyens de classification hydraulique, des moyens de déshydratation de cette fraction ultrafine pour récupérer l'argile recyclable.

**[0040]** L'invention permet de valoriser le déchet constitué par le sable de purge à raison de :

- Environ 65% du sable de purge entrant qui est recyclable en application pour le noyautage.
- Environ 5% du sable de purge entrant sous la forme d'argile et de noir minéral éventuel actifs qui sont recyclables en application moulage pour le sable à vert.

**[0041]** L'invention permet donc de réutiliser environ les deux tiers des déchets minéraux liés à la purge, et de diminuer la consommation de matières premières neuves (sable siliceux, argile bentonitique, noir minéral) et de diminuer la circulation routière affectée au transport de ces matières premières.

**[0042]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante du procédé de l'invention et d'un exemple d'installation. Il sera fait référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un organigramme des principales étapes du procédé de l'invention
- la figure 2 est un schéma d'un exemple d'installation de recyclage pour la mise en oeuvre du procédé de la figure 1 conforme à l'invention.

**[0043]** La figure 1 illustre sous forme d'organigramme les étapes du procédé de l'invention pour la transformation des sables de purge en sable recyclable en fonderie et en argile recyclable en fonderie, caractérisé par la succession ordonnée des étapes suivantes A à G d'une part et A-C,H,I d'autre part ::

- A) mise en pulpe du sable de purge pour détacher les parties d'argile encore active entourant les grains de sable,
- B) criblage du sable de purge mis en pulpe pour éliminer les rejets grossiers, typiquement ceux qui sont supérieurs à la valeur de criblage voisine de 850 μm (en pratique entre environ 850 μm et 1200 μm),
- C) classification hydraulique du sable criblé en une fraction fine traitée aux étapes H et suivantes et une fraction de sable déschlammé traitée aux étapes D à G ; la fraction fine est constituée de boues d'argile et de noir et de silice fine, typiquement de granulométrie inférieure à une coupure choisie entre 40 et 80 μm;
- D) attrition de la fraction de sable déschlammé pour désagréger l'argile et donner un sable attrité
- E) classification hydraulique du sable attrité en une fraction de rejets fins (boues fines de sable et chamotte) et une fraction de sable attrité de granulométrie désirée pour le recyclage, typiquement une granulométrie de type AFS 58,
- F) séchage et refroidissement du sable classé
- G) séparation magnétique sur le sable séché pour éliminer la chamotte et la chromite et les autres minéraux paramagnétiques et obtenir le sable recyclable pour la fonderie
- H) classification hydraulique de la fraction fine obtenue à l'étape C pour ne conserver que la fraction ultrafine sous forme de boue diluée contenant l'argile et rejeter la fraction moins fine
- I) Déshydratation par décantation des boues diluées pour enlever l'eau de cette fraction ultrafine afin de récupérer l'argile recyclable

**[0044]** Ainsi, selon l'invention, la mise en place dès le début de l'étape de mise en pulpe A permet une bonne récupération d'argile active et de noir minéral non pollué qui pourront donc être réintroduit en tant qu'additif de moulage. Cela résulte de l'observation suivante :

Les grains de sable usés à nettoyer sont des grains de quartz. Ils présentent une structure oolithique c'est-à-dire qu'ils présentent en surface un recouvrement de couches concentriques d'argile et de carbone +/- actifs et sous différentes formes en fonction de leur état de transformation à l'issue du procédé de moulage : noir minéral actif, coke ou cendres).

**[0045]** En général on retrouve les couches suivantes :

- un recouvrement peu lié à la surface, friable et facile à enlever (argile active et additif carboné), que l'étape A de mise en pulpe conforme à l'invention permet de détacher,
- une croûte transformée thermiquement, plus adhérente au grain de quartz et plus difficile à enlever (chamotte contenant des grains de carbone ou coke et de la silice), qui sera enlevée lors de l'étape d'attrition par voie humide D.

**[0046]** La croûte d'argile cuite appelée chamotte se compose de lits concentriques de quelques μm à quelques dizaines de μm d'épaisseur. Cette chamotte est également présente dans les interstices au sein des grains, liés à la qualité intrinsèque des grains de quartz et aux chocs thermiques auxquels sont soumis les grains de quartz lors des étapes successives de contact avec le métal liquide.

**[0047]** Les grains de sable doivent être nettoyés de leur couche oolithique ainsi que de la chamotte interstitielle, ce au maximum possible, sans que la taille, la forme et la surface des grains ne soit affectées, pour pouvoir être réintroduits en lieu et place d'une partie du sable neuf dans le procédé de noyautage. C'est ce qui est fait dans l'étape d'attrition humide D du procédé de l'invention, complété par l'étape G de séparation magnétique qui permet d'éliminer les particules contenant de la chamotte résiduelle.

**[0048]** L'installation pour la mise en oeuvre de ce procédé comporte essentiellement une section 100 de recyclage du sable et une section 200 de recyclages des additifs minéraux actifs. On a aussi représenté une section 300 de recyclage de l'eau.

**[0049]** Le sable de purge est déversé dans une trémie d'alimentation 2 de capacité déterminée en fonction du

débit de traitement souhaité. Compte tenu du pouvoir agglomérant du produit, un ou deux vibreurs peuvent être placés sur la trémie 2 et actionnés de manière continue ou discontinue en fonction du colmatage observé.

**[0050]** Le sable de purge est déversé par un camion-benne 1 ou une chargeuse dans le cas d'une installation de traitement excentré. Si nécessaire un stock tampon est réalisé en amont. Une grille de maille 50 x 50 mm à 150 x 150 mm en fonction de la qualité de sable peut être installée au-dessus de la trémie réceptrice, ce pour éviter la présence de gros morceaux de noyaux, ferrailles ou autres rebuts susceptibles de boucher la base de la trémie et pénaliser l'écoulement.

**[0051]** Une installation directement intégrée dans une fonderie peut fonctionner en liaison avec la sablerie de ladite fonderie : le sable de purge généralement évacué par transporteur à air pulsé ou à vis est stocké ou bien alimente en direct l'installation de recyclage hydraulique.

**[0052]** Le sable est extrait de la trémie 2 au moyen d'une vis 3 dont le moteur est muni d'un variateur de vitesse permettant d'adapter le débit de traitement au débit de sortie souhaité et aux caractéristiques de l'alimentation : si l'alimentation contient beaucoup de fines, le débit est ralenti pour un débit d'eau de traitement équivalent ce qui favorise l'étape de mise en pulpe A qui va suivre ; si le sable contient beaucoup d'impuretés grossières, le débit est ralenti pour ne pas perturber le criblage qui suit.

**[0053]** La vis 3 alimente directement une pièce en auge ou une goulotte 4 munie de rampes d'arrosage équipées de buses 5 injectant de l'eau à contre-courant de l'écoulement du sable. De façon à permettre une récupération de l'argile et du noir minéral « actifs » c'est-à-dire non oolithisés et recouvrant les grains de sable de façon friable, le sable est mélangé à de l'eau de façon énergique. Une première séparation des particules fines et du sable oolithisé est réalisée au cours de cette étape de mise en pulpe A.

**[0054]** Si les particules fines sont fortement agglomérées au sable de purge de l'alimentation, on peut prévoir une mise en pulpe en débourbeur rotatif ou tube laveur (pièce cylindrique horizontale pleine légèrement inclinée par rapport à l'horizontale et animée d'un mouvement de rotation de vitesse variable en fonction de la qualité de l'alimentation, en entrée haute de laquelle sont introduits le sable de purge et l'eau) éventuellement équipé en aval d'une grille cylindrique horizontale en prolongement du tube de maille 50x50 à 150x150 mm qui permet d'éliminer avant criblage les rebuts grossiers.

**[0055]** Le diamètre du débourbeur est fonction du débit à traiter et la longueur de l'efficacité en termes de séparation des particules fines en surface des grains de sable. La concentration solide (masse de solide sur masse totale) pour le débourbage est au minimum de 50% car un phénomène de lubrification lié à la présence de noir minéral peut affecter la performance si la teneur en eau est supérieure à la teneur en solide.

**[0056]** Si nécessaire (présence d'agglomérats), des corps broyants de type galets ou boulets d'acier peuvent être utilisés lors du débourbage pour faciliter la désagglomération.

**[0057]** La quantité d'eau nécessaire est ajustable en fonction du degré d'agglomération du sable à traiter et varie de 0,5 à 1 1 par kg de sable de purge.

**[0058]** Cette étape met en pulpe d'une part la fraction fine « active » mélangée aux autres particules de sable de granulométrie supérieure, qui sera recyclée dans la section 200, et d'autre part une fraction la plus importante possible de noir minéral mélangé à la fraction fine « active » pour être éliminée avec les fines lors de l'étape suivante de classification de façon à ne pas perturber, par effet de lubrification, l'étape d'attrition qui sera vue en section 100.

**[0059]** Cette étape de mise en pulpe A est suivie d'une étape de criblage B. Le sable de purge mis en pulpe est déversé en amont d'un crible vibrant 6 incliné par rapport à l'horizontale ou non. Il est muni d'une ou plusieurs rampes d'arrosage munies de buses 7 injectant de l'eau à contre-courant et permettant ainsi :

1. d'achever une séparation des particules fines non adhérentes aux grains de sables,
2. de réaliser une coupure granulométrique des grains de sable à une taille supérieure à environ 850 μm (en pratique entre 850 μm et 1200 μm).

**[0060]** La coupure > à environ 850 μm est réalisée au moyen de grilles multiples ou d'une grille unique, en polyuréthane ou tout autre matériau résistant à l'abrasion, à maille carrée ou longitudinale.

**[0061]** La fraction > environ 850 μm s'écoule le long du crible et est déversée via une goulotte 8, par gravité, dans un récipient de stockage.

**[0062]** La fraction < 850 μm passe à travers le crible et est stockée dans une cuve 9.

**[0063]** Le sable neuf ne contient théoriquement pas de grains de taille supérieure à 850 μm. Le sable recyclé doit donc respecter cette condition granulométrique.

**[0064]** Compte tenu de l'efficacité du crible 6 et de ses caractéristiques techniques (inclinaison, fréquence de vibration, débit d'arrosage optimal), une maille de coupure normalisée de 850 μm, 1 mm, 1,25 mm voire 1,6 mm pourra être utilisée.

**[0065]** Le crible utilisé peut également être un crible rotatif de type trommel, notamment si l'étape de mise en pulpe est réalisée au moyen d'un débourbeur, auquel cas l'étape de mise en pulpe / criblage à 850 μm peut être réalisée au moyen d'un seul et même équipement.

**[0066]** La quantité d'eau nécessaire est ajustable en fonction du degré d'agglomération du sable à traiter et varie de 0,5 à 1 1 par kg de sable de purge.

**[0067]** Cette étape de coupure granulométrique B permet donc d'éliminer d'une part les particules de taille supérieure à 850 μm de façon à obtenir la partie supérieure de la courbe granulométrique AFS du sable recyclé, et d'autre part les rebuts grossiers de noyaux et les parti-

cules de ferrailles qui peuvent être mélangés à l'alimentation.

**[0068]** Cette étape de criblage B est suivie d'une étape de classification C de la fraction fine dans un dispositif 10. Cette fraction fine désagglomérée et mise en pulpe est séparée du reste du sable par classification hydraulique au moyen d'une vis submergée ou d'un hydrocyclone muni d'une pompe d'alimentation.

**[0069]** Un classificateur à vis 10 est constitué d'une ou deux vis d'Archimède tournant librement dans un bac allongé : ce mouvement produit une classification des particules solides en fonction de leur granulométrie et/ou de leur masse volumique : les particules les plus grenues ou les plus denses sédimentent sur le fond et sont ramenées dans la partie haute par la ou les vis.

**[0070]** Un hydrocyclone est un classificateur centrifuge statique cylindrico-conique alimenté tangentiellement sous pression dans la partie cylindrique avec une sortie tubulaire de surverse dans l'axe de la partie cylindrique et une ouverture de souverse à la pointe du cyclone.

**[0071]** L'objectif de cette étape C est d'isoler les additifs minéraux « actifs » et d'éliminer la silice fine qui perturbe les étapes suivantes de nettoyage du sable (notamment l'attrition, perturbée par la lubrification produite par les fines) et qui représente une granulométrie impropre au sable recyclé utilisable en moulage.

**[0072]** La coupure est située dans une fourchette adaptable de 40 à 80 μm en fonction de la teneur et de la granulométrie de la silice fine à éliminer. La bentonite et le noir minéral « actifs » ont une granulométrie de 20 μm maximum.

**[0073]** A l'issue de cette étape de classification fine C, on obtient deux fractions à valoriser : les additifs minéraux « actifs » contenus dans la fraction fine dirigée vers la section de recyclage 200 et le sable recyclé de la fraction grossière dirigé vers la section de recyclage 100.

**[0074]** L'homme du métier sait choisir la maille de coupure granulométrique qui est optimale entre l'élimination de la silice fine qui perturbe les étapes de traitement du sable (fraction grossière) - critère supérieur, et l'obtention d'une quantité de silice fine par trop importante de façon à ne pas perturber l'isolement des additifs minéraux par la suite - critère inférieur.

**[0075]** On va maintenant décrire les opérations de recyclage des additifs minéraux « actifs » dans la section 200.

**[0076]** La fraction 0 - 40 à 80 μm obtenue lors de la classification fine est à nouveau classifiée par classification hydraulique H au moyen d'un ou plusieurs hydrocyclones 202 alimentés par une pompe 201 de façon à isoler la fraction ultrafine contenant majoritairement les additifs minéraux « actifs » de la fraction fine contenant majoritairement de la silice. Les additifs minéraux « actifs » sont évacués par la surverse 203 du cyclone 202 et les éléments plus grossiers et plus denses principalement composés de silice fine sont éliminés au niveau de la souverse 204.

**[0077]** La maille de séparation est comprise entre 5 et 20 μm en fonction des additifs présents.

**[0078]** Plusieurs paramètres de fonctionnement permettent de s'adapter à la composition de la fraction : les diamètres des apex et vortex utilisés, la concentration solide de la pulpe alimentant l'hydrocyclone et la pression d'injection. Le diamètre d'apex est compris entre 10 et 30 mm et la concentration solide maximale (siccité) est de 10% maximum pour assurer une séparation efficace.

**[0079]** La fraction fine rejetée en 204 constitue un déchet du procédé et est stockée sous forme de pulpe dans une cuve intermédiaire non représentée.

**[0080]** La fraction ultrafine évacuée par la surverse 203 contient les additifs minéraux « actifs », de la silice fine résiduelle et de l'eau.

**[0081]** Cette fraction se présente sous forme d'une pulpe ou boue diluée qu'il convient de déshydrater, par exemple par décantation I :

1. pour diminuer le volume à transporter jusqu'à l'atelier de moulage,
2. pour diminuer la quantité d'eau qui sera de facto ajoutée dans la préparation de sable à vert en atelier de moulage,
3. pour augmenter le volume d'eau de procédé à recycler de façon à consommer le moins possible d'eau « fraîche »

**[0082]** La déshydratation doit être optimale entre réduction d'eau nécessaire pour des opérations de réutilisation des additifs « actifs » et conservation d'une partie de l'eau nécessaire à une manipulation du produit : au-delà d'une siccité supérieure à 30%, la boue devient solide et est difficilement manipulable et réintroductible dans le circuit. La siccité optimale est comprise entre 15 et 30%.

**[0083]** Cette déshydratation par décantation I est réalisée au moyen d'une centrifugeuse verticale ou horizontale 205 à haute accélération : 3000 à 4500 G compte tenu des difficultés de sédimentation des particules et en absence de floculant de façon à ne pas modifier les propriétés chimiques des particules à réutiliser.

**[0084]** Cette étape produit un éluat en 206 destiné à être clarifié en filtre-presse avant retour dans le procédé et un centrifugat en 207 qui contient environ 50% de bentonite et 30% de noir minéral « actifs », le reste étant composé de silice fine et autres particules.

**[0085]** L'éluat obtenu en 206 présente une quantité non négligeable de matières en suspension qui seront éliminées par filtre-presse dans la section 300 avec celles des autres sorties d'eau du procédé afin d'obtenir une eau recyclée réutilisable dans le procédé.

**[0086]** Le centrifugat obtenu en 207 est composé à 80% d'additifs minéraux recyclables en application moulage (bentonite et noir minéral) ; ajouté en lieu et place de bentonite « neuve », il permet au sable de moulage d'acquérir des caractéristiques mécaniques (compression, cisaillement et compressibilité) meilleures que dans le cas d'additifs « neufs » car la bentonite « active » re-

cyclée développe rapidement ses propriétés liantes. L'effet réducteur et anti-adhérent du noir minéral n'est pas affecté par la présence d'eau.

**[0087]** Si le fondeur souhaite stocker la fraction ultrafine pour une longue durée, un filtre-presse, un filtre à bande ou un séparateur à volute seront préférés à une centrifugeuse pour obtenir une déshydratation plus poussée (siccité supérieure à 30%), une manipulation via une vis ou un convoyeur à bande et un stockage en cuve fermée. La réutilisation des boues ainsi conservées nécessitera une étape de ré-homogénéisation en eau sous agitation violente, les boues de siccité supérieure à 30% sont en effet agglomérées et compactes, donc difficilement manipulables sous forme solide.

**[0088]** Sinon, la boue contenant les additifs minéraux « actifs » est stockée en sortie de la centrifugeuse 205 dans un bac 208 à agitation élevée comprise entre 75 et 750 tours par minute en fonction de la proportion de bentonite, de noir minéral et de silice fine dans la boue.

**[0089]** La boue est ensuite soit injectée directement au niveau du malaxeur de l'atelier de moulage via une pompe doseuse volumétrique 209, soit transportée en cuve et utilisée après ré-homogénéisation par agitation toujours via une pompe doseuse volumétrique.

**[0090]** On va maintenant décrire les opérations de recyclage du sable dans la section 100.

**[0091]** La fraction 40 à 80 μm - 850 μm formée de sable deschlammé issu du classificateur à vis 10 ou de l'hydrocyclone alimente un banc de deux cellules d'attrition 101 avec un temps de passage total de 15 minutes minimum. La concentration solide en alimentation est de 65% minimum pour obtenir un frottement des grains et un décapage efficace des couches oolithisées.

**[0092]** L'attrition de l'étape D est une technique d'agitation, en cuve hexagonale fermée, au moyen d'un arbre à trois séries de pales et qui provoque une circulation concentrique des particules les unes contre les autres. Ce frottement est à l'origine d'un décapage surfacique des grains.

**[0093]** L'attrition génère des particules fines qui sont des morceaux d'oolithes contenant de la bentonite « cuite » ou chamotte, du noir minéral induré.

**[0094]** A l'issue de l'étape d'attrition, on obtient un sable de granulométrie 0 - 850 μ en raison de la génération de fines particules, qu'il convient d'éliminer dans une étape spéciale de classification hydraulique E.

**[0095]** En effet, les particules fines générées par l'attrition sont des polluants du sable pour noyautage en termes de composition chimique (bentonite = présence d'alumine, de sodium et/ou de calcium, coke et carbone induré) et de composition granulométrique.

**[0096]** La teneur maximale en particules de taille inférieure à 150 μm est de 3% pour un sable utilisable en noyautage : une élimination des fines par classification hydraulique est réalisée dans l'équipement 102.

**[0097]** Une maille de coupure comprise entre environ 150 et 250 μm (par exemple en pratique entre 100 μm à 300 μm) permet d'obtenir un sable de granulométrie AFS 55 à 59. La maille de coupure est optimisée en tenant compte de la granulométrie du sable de purge initial de façon à obtenir une granulométrie finale acceptable et une bonne récupération de produit final.

**[0098]** L'équipement utilisé 102 est, en fonction du débit à traiter, un hydrocyclone, un classificateur à vis ou un hydro-séparateur densimétrique.

**[0099]** Un hydro-séparateur densimétrique est une cuve cylindrique à base pyramidale ou tronconique à injection d'eau tangentielle sous pression au-dessus de la base. L'eau injectée crée un contre-courant ascendant à l'alimentation de pulpe qui s'effectue par le haut de la cuve : les particules qui sédimentent en fonction de leur masse volumique (densité et/ou taille) soit continuent leur progression descendante soit sont entraînées vers le haut par l'eau d'injection. La pression d'eau d'injection, le débit et le dimensionnement du séparateur permettent de réaliser une coupure entre particules de petites tailles et/ou légères (surverse en débordement en haut du séparateur) et particules de taille plus grande et/ou plus denses (souverse à la pointe de la partie basale).

**[0100]** Les rejets fins sont évacués en 103 : les particules fines générées par l'attrition sont filtrées en filtre-presse dans la section 300 de façon à récupérer l'eau de procédé

**[0101]** On récupère en 104 le sable recyclé issu de l'attrition, dont la qualité est la suivante :

| | |
|---|---|
| Perte au feu à 1100 %(%) | 1 |
| Demande acide à pH 5 | 3,5 à 4,5 ml |
| Granulométrie AFS | 55 à 59 |
| % < 20 μm | <0,1 |

**[0102]** Le sable attrité présente encore de l'ordre de 5 à 7 % de matières autres que la silice. Ces matières sont de l'argile cuite et des matières carbonées emprisonnées dans les agrégats d'argile cuite car plusieurs analyses ont montré que ce sable ne contenait plus d'additifs minéraux « actifs ». Pour cette raison, le sable attrité et dépourvu de ses particules fines constitue un sable de purge nettoyé dont les caractéristiques ne sont pas encore acceptables pour une réintroduction directe en noyautage en termes de perte au feu et de demande acide donc en termes de pollutions résiduelles en bentonite calcinée et en noir minéral : une étape de nettoyage final est encore nécessaire.

**[0103]** Une étape supplémentaire facultative d'épuration permettant de séparer la silice de densité 2,6 à 2,7 des autres minéraux de densité inférieure (bentonite : 1,8 à 2,2 et coke : 0,4 à 0,8) peut être ajoutée à l'issue de cette étape de classification et avant le nettoyage final : elle consiste à faire passer la pulpe dans une ou plusieurs spirales ou sur une table à secousses de façon à éliminer les particules légères de la silice.

**[0104]** Pour la séparation densimétrique par spirale, la pulpe circule de haut en bas dans un chenal décrivant une hélice de façon à combiner sédimentation et force

centrifuge. Les grains les plus lourds et les plus fins restent au voisinage de l'axe central alors que les particules plus grossières et plus légères sont centrifugées dans les zones à forte vitesse d'écoulement. Des déflecteurs ajustables permettent de récupérer au point bas de sections transversales à définir les grains les plus lourds alors que les légers sont récupérés à la base de la spirale.

**[0105]** Pour la séparation par tables à secousses, le principe consiste à créer une nappe pelliculaire flottante sur un plateau d'inclinaison réglable soumis à des secousses asymétriques longitudinales et munis de barrettes longitudinales. Les secousses permettent la stratification par sédimentation et la progression et l'évacuation des particules stratifiées (denses) entre les barrettes. Les particules sont récupérées sur les côtés adjacent et opposé à l'alimentation qui est réalisée au point haut de la table.

**[0106]** L'humidité finale du sable pour une réutilisation en noyautage est de 0,3% maximum. Or le sable attrité issu du classificateur hydraulique 102 présente une siccité comprise entre 50 et 60 %. Une étape de séchage F en deux parties est donc requise :

1. Un essorage est réalisé à l'aide d'un essoreur 105 vibrant ou à tambour ou au moyen d'un filtre à bande. Le sable présente une humidité résiduelle de 12 à 18% en sortie de l'essoreur 105.
2. Il alimente ensuite un sécheur 106 rotatif ou à lit fluidisé fonctionnant au gaz naturel ou à l'électricité pour ne pas le polluer avec des résidus d'hydrocarbures plus lourds. Il est équipé du système de ventilation adéquat, d'un refroidisseur permettant une sortie du sable sec à 35°C maximum et d'un dépoussiéreur garantissant un rejet d'émissions atmosphériques conforme à la réglementation.

**[0107]** À l'issue de cette étape, on est, en sortie 107 du système de séchage et de refroidissement, en présence d'un sable attrité de granulométrie 55 à 59 AFS, d'humidité résiduelle $\leq$ 0,3% et de température propre à la manipulation à savoir $\leq$ 35°C, qui va pouvoir être soumis à l'étape d'épuration finale par double séparation magnétique dans les séparateurs 108.

**[0108]** En effet, le fer contenu dans les fragments d'oolithes résiduels, provenant de la bentonite initiale, a acquis une susceptibilité magnétique permettant de conférer aux fragments d'oolithes résiduels contenant une fraction importante de bentonite «cuite » ou chamotte un paramagnétisme.

**[0109]** Le sable de purge peut contenir en outre de la chromite résiduelle qui n'est pas affectée par les traitements précédents et possède un paramagnétisme.

**[0110]** Le sable obtenu est donc soumis à une séparation magnétique G haute intensité à tambour : l'organe actif de l'appareil est constitué d'une poulie magnétique entraînant une fine courroie transportant le produit à traiter. La poulie est composée d'une succession de disques en aimants permanents séparés par des éléments de fer doux. Les polarités des disques aimantés sont alternées. Les disques de fer doux canalisent les lignes de champ en les resserrant assurant ainsi à la surface un gradient de champ magnétique élevé.

**[0111]** Deux étages de séparation avec des champs magnétiques différents sont adaptés pour séparer des types de particules différents : un premier étage à 0,3 - 0,8 T permet d'éliminer les particules à fort paramagnétisme, de type chromite, puis un étage à 0,8 - 1,6 T pour les particules à paramagnétisme faible, de type particules oolithiques (chamotte résiduelle). Les paramètres de fonctionnement sont :

- La vitesse de rotation,
- L'ajustement des déflecteurs permettant la séparation des particules magnétiques collées au tambour des non magnétiques éjectées par la force de rotation.

**[0112]** Le sable recyclé obtenu en 109 à l'issue de cette étape représente 60 à 70 % du sable de purge initial. Mélangé à 30 à 40% de sable neuf nécessaire à combler les fractions éliminées, il présente la qualité requise par les fondeurs pour une utilisation en noyautage.

**[0113]** Le sable recyclé est soit injecté directement en noyautage via un convoyeur à air pulsé soit stocké en silo au moyen d'une vis, d'un convoyeur à bande capoté, d'un élévateur à godets ou d'un convoyeur à air pulsé.

**[0114]** Il est injecté directement en noyautage si la fonderie dispose d'une alimentation dédiée en sable neuf: le mélange est alors réalisé au noyautage. Sinon, un système de dosage pondéral permet à partir des stockages de sable recyclé et de sable neuf d'obtenir un mélange dans les proportions permettant une réutilisation en noyautage.

**[0115]** Comme on l'a déjà indiqué plus haut, les effluents issus des différentes étapes de traitement sont collectés dans une cuve qui alimente dans la section 300 de recyclage de l'eau un filtre-presse 301 de façon à réduire le taux de matières en suspension à moins de 100 mg/l. Les résidus solides sont des déchets du procédé alors que le filtrat obtenu est stocké dans une cuve tampon avant d'être réintroduit en tant qu'eau de procédé. Si nécessaire, une étape d'élimination des métaux lourds ionisés et de régulation du pH est installée.

**[0116]** Le procédé de recyclage hydraulique de l'invention s'applique aussi bien :

1. à une installation mobile déplacée d'une fonderie à une autre,
2. à une installation coopérative traitant les sables de purge de fonderies différentes mutualisant leurs coûts,
3. à une installation intégrée au sein d'une fonderie dont le tonnage annuel de sable de purge représente une quantité suffisante à un tel investissement.

**[0117]** Dans le cas des installations 1 et 2, le procédé

de recyclage présentera des adaptations aux sables à traiter facilement mises en place qui seront détaillées après description du procédé de base.

**[0118]** Le procédé est flexible et permet de recycler une alimentation dont les caractéristiques suivantes sont variables :

- Quantité de fines +/- importante,
- Grains de sable siliceux +/- oolithisés,
- Proportion argile active / chamotte variable,
- Présence ou non de noir minéral de nature chimique variable,
- Présence d'argile de trois types différents : sodique, calcique ou « activée »

**Revendications**

1. Procédé de transformation des sables de purge en sable recyclable en fonderie et en argile recyclable en fonderie, du type comprenant des étapes de séparation mécanique et de séparation hydraulique, **caractérisé par** la succession ordonnée des étapes suivantes A à G d'une part et A-C,H,I d'autre part :

   - A) mise en pulpe du sable de purge pour détacher les parties d'argile et de noir minéral éventuel encore actifs entourant les grains de sable,
   - B) criblage du sable de purge à une valeur voisine de 850 μm pour éliminer les rejets grossiers,
   - C) classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 40 μm à 80 μm en une fraction fine de boue diluée traitée aux étapes H et suivantes et une fraction de sable deschlammé traitée aux étapes D à G,
   - D) attrition par voie humide de la fraction de sable deschlammé pour désagréger les oolithes entourant les grains de sable,
   - E) classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique comprise entre 150 μm à 250 μm en une fraction de rejets fins et une fraction de sable attrité de granulométrie désirée pour le recyclage,
   - F) séchage et refroidissement du sable attrité,
   - G) séparation magnétique sur le sable attrité séché pour éliminer la chamotte et la chromite et les autres minéraux paramagnétiques et obtenir le sable recyclable pour la fonderie,
   - H) classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 5 μm à 20 μm de la fraction fine de boue diluée obtenue à l'étape C pour ne conserver que la fraction ultrafine contenant l'argile et rejeter la fraction moins fine,
   - I) déshydratation de cette fraction ultrafine pour récupérer l'argile et le noir minéral éventuel recyclables.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la quantité d'eau ajoutée au sable de purge pour la mise en pulpe de l'étape A est de l'ordre de 0,5 à 1 litre par kilo de sable de purge.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'étape D d'attrition est réalisée dans deux cellules d'attrition avec un temps de passage supérieur à 15 minutes au total.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'étape G de séparation magnétique est réalisée dans deux étages de séparation pour séparer les particules à fort et à faible paramagnétisme.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'étape I de déshydratation comprend une décantation centrifuge.

6. Installation destinée à la mise en oeuvre du procédé ci-dessus pour la transformation des sables de purge en sable recyclable en fonderie et en argile recyclable en fonderie, **caractérisée en ce qu'**elle comprend :

   - A) des moyens (4, 5) de mise en pulpe du sable de purge pour détacher les parties d'argile et le noir minéral éventuel encore actifs entourant les grains de sable,
   - B) des moyens (6, 7) de criblage à une valeur voisine de 850 μm du sable de purge pour éliminer les rejets grossiers, reliés aux moyens de mise en pulpe,
   - C) reliés auxdits moyens (6, 7) de criblage, des premiers moyens (10) de classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 40 μm à 80 μm en une fraction fine de boue diluée et une fraction de sable déschlammé,
   - D) reliés auxdits premiers moyens (10) de classification hydraulique, des moyens (101) d'attrition par voie humide de la fraction de sable déschlammé pour désagréger l'argile,
   - E) reliés auxdits moyens (101) d'attrition, des deuxièmes moyens (102) de classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique comprise entre 150 μm à 250 μm en une fraction de rejets fins et une fraction de sable attrité de granulométrie désirée pour le recyclage,
   - F) reliés auxdits deuxièmes moyens (102) de classification hydraulique, des moyens (106) de séchage et refroidissement du sable attrité,
   - G) reliés auxdits moyens (106) de séchage, des moyens (108) de séparation magnétique du sable attrité séché pour éliminer la chamotte et la chromite et les autres minéraux paramagnétiques et obtenir le sable recyclable pour la fon-

derie,
- H) reliés auxdits premiers moyens (10) de classification hydraulique, des troisièmes moyens (202) de classification hydraulique à une maille de coupure granulométrique de 5 μm à 20 μm de la fraction fine de boue diluée pour ne conserver que la fraction ultrafine contenant l'argile et rejeter la fraction moins fine,
- I) reliés auxdits troisièmes moyens (202) de classification hydraulique, des moyens (205) de déshydratation de cette fraction ultrafine pour récupérer l'argile recyclable.

## Claims

1. Method for transforming purge sands into sand which can be recycled in a foundry and into clay which can be recycled in a foundry, of the type comprising mechanical separation and hydraulic separation steps, **characterised by** the ordered succession of the following steps A to G on one hand and A-C, H and I on the other hand:

   - A) pulping of the purge sand to detach the still active clay and possible mineral black portions surrounding the grains of sand,
   - B) sifting of the purge sand at a value of approximately 850 μm to eliminate coarse waste,
   - C) hydraulic classification at a granulometric cut-off of 40 μm to 80 μm into a fine fraction of diluted sludge treated in step H and the following steps and a deslimed sand fraction treated in steps D to G,
   - D) wet attrition of the deslimed sand fraction to disintegrate the oolites surrounding the grains of sand,
   - E) hydraulic classification at a granulometric cut-off of between 150 μm and 250 μm into a fraction of fine waste and a fraction of attrited sand of desired granulometry for the recycling,
   - F) drying and cooling of the attrited sand,
   - G) magnetic separation of the dried attrited sand to eliminate the chamotte and the chromite and the other paramagnetic minerals and obtain the recyclable sand for the foundry,
   - H) hydraulic classification at a granulometric cut-off of 5 μm to 20 μm of the fine fraction of diluted sludge obtained in step C so as to retain only the ultra-fine fraction containing the clay and reject the less fine fraction,
   - I) dehydration of this ultrafine fraction to recover the clay and the possible mineral black which can be recycled.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the quantity of water added to the purge sand for the pulping in step A is in the order of 0.5 to 1 litre per kilo of purge sand.

3. Method according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the attrition step D is carried out in two attrition cells with a residence time greater than 15 minutes in total.

4. Method according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the magnetic separation step G is carried out in two separation stages for separating highly and weakly paramagnetic particles.

5. Method according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** the dehydration step I comprises centrifugal decantation.

6. Plant for implementing the above method for transforming purge sands into sand which can be recycled in a foundry and into clay which can be recycled in a foundry, **characterised in that** it comprises:

   - A) means (4, 5) for pulping the purge sand to detach the still active clay and possible mineral black portions surrounding the grains of sand,
   - B) means (6, 7) for sifting the purge sand at a value of approximately 850 μm to eliminate coarse waste, connected to the pulping means,
   - C) connected to said sifting means (6, 7), first means (10) for hydraulic classification at a granulometric cut-off of 40 μm to 80 μm into a fine fraction of diluted sludge and a deslimed sand fraction,
   - D) connected to said first hydraulic classification means (10), means (101) for wet attrition of the deslimed sand fraction to disintegrate the clay,
   - E) connected to said attrition means (101), second means (102) for hydraulic classification at a granulometric cut-off of between 150 μm and 250 μm into a fraction of fine waste and a fraction of attrited sand of desired granulometry for the recycling,
   - F) connected to said second hydraulic classification means (102), means (106) for drying and cooling the attrited sand,
   - G) connected to said drying means (106), means (108) for magnetically separating the dried attrited sand to eliminate the chamotte and the chromite and the other paramagnetic minerals and obtain the recyclable sand for the foundry,
   - H) connected to said first hydraulic classification means (10), third means (202) for hydraulic classification at a granulometric cut-off of 5 μm to 20 μm of the fine fraction of diluted sludge so as to retain only the ultra-fine fraction containing the clay and reject the less fine fraction,
   - I) connected to said third hydraulic classifica-

tion means (202), means (205) for dehydrating this ultrafine fraction to recover the recyclable clay.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Verarbeitung von Altsand zu in Gießereien recyclingfähigem Sand und zu in Gießereien recyclingfähigem Ton des Typs, der Schritte zur mechanischen Trennung und zur hydraulischen Trennung umfasst, **gekennzeichnet durch** die geordnete Abfolge der folgenden Schritte A bis G einerseits und A-C, H, I andererseits:

   - A) Aufschlämmen des Altsands zum Lösen der möglicherweise noch aktiven Ton- und Steinkohlenstaubanteile, die die Sandkörner umgeben,
   - B) Sieben des Altsands bei einem Wert in der Nähe von 850 μm zum Aussieben der groben Rückstände,
   - C) Hydroklassieren mit einer Kornscheide mit einer Korngröße von 40 μm bis 80 μm in einen feinen Teil aus verdünntem Schlamm, der in Schritt H und den folgenden Schritten behandelt wird, und einen Teil aus entschlämmtem Sand, der in den Schritten D bis G behandelt wird,
   - D) nasses Zerreiben des Teils aus entschlämmtem Sand, um die Oolithe, die die Sandkörner umgeben, aufzulösen,
   - E) Hydroklassieren mit einer Kornscheide mit einer Korngröße, die zwischen 150 μm und 250 μm liegt, in einen Teil aus feinen Rückständen und einen Teil aus zerriebenem Sand mit einer für das Recyceln gewünschten Körnung,
   - F) Trocknen und Abkühlen des zerriebenen Sands,
   - G) magnetisches Trennen auf dem getrockneten zerriebenen Sand, um die Schamotte und den Chromit und die anderen paramagnetischen Minerale abzutrennen und den recyclingfähigen Sand für die Gießerei zu erhalten,
   - H) Hydroklassieren des feinen, im Schritt C erhaltenen Teils aus verdünntem Schlamm mit einer Kornscheide mit einer Korngröße von 5 μm bis 20 μm, um lediglich den extrem feinen Teil aufzuheben, der den Ton enthält, und den weniger feinen Teil auszusondern,
   - I) Entwässern aus diesem extrem feinen Teil, um den möglicherweise recyclingfähigen Ton und Steinkohlenstaub rückzugewinnen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wassermenge, die dem Altsand für die Aufschlämmung von Schritt A beigemengt wird, in der Größenordnung von 0,5 bis 1 Liter pro Kilo Altsand liegt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt D der Zerreibung in zwei Zerreibungszellen mit einer Durchlaufzeit von insgesamt über 15 Minuten ausgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt G der magnetischen Trennung in zwei Trennstufen ausgeführt wird, um die Teilchen mit hohem und mit geringem Paramagnetismus zu trennen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt I des Entwässerns eine zentrifugale Dekantation umfasst.

6. Anlage, die zur Durchführung des vorher genannten Verfahrens zur Verarbeitung von Altsand zu in Gießereien recyclingfähigem Sand und zu in Gießereien recyclingfähigem Ton bestimmt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Folgendes umfasst:

   - A) Mittel (4, 5) zur Aufschlämmung des Altsands zum Lösen der möglicherweise noch aktiven Ton- und Steinkohlenstaubanteile, die die Sandkörner umgeben,
   - B) Mittel (6, 7) zum Sieben des Altsands bei einem Wert in der Nähe von 850 μm zum Aussieben der groben Rückstände, die mit den Aufschlämmungsmitteln verbunden sind,
   - C) erste Mittel (10) zur Hydroklassierung mit einer Kornscheide mit einer Korngröße von 40 μm bis 80 μm in einen feinen Teil aus verdünntem Schlamm und einen Teil aus entschlämmtem Sand, die mit den Mitteln (6, 7) zum Sieben verbunden sind,
   - D) Mittel (101) zur nassen Zerreibung des Teils aus entschlämmtem Sand, um den Ton aufzulösen, die mit den ersten Mitteln (10) zur Hydroklassierung verbunden sind,
   - E) zweite Mittel (102) zur Hydroklassierung mit einer Kornscheide mit einer Korngröße, die zwischen 150 μm und 250 μm liegt, in einen Teil aus feinen Rückständen und einen Teil aus zerriebenem Sand mit einer für das Recyceln gewünschten Körnung, die mit den Mitteln (101) zur Zerreibung verbunden sind,
   - F) Mittel (106) zur Trocknung und Abkühlung des zerriebenen Sands, die mit den zweiten Mitteln (102) zur Hydroklassierung verbunden sind,
   - G) Mittel (108) zur magnetischen Trennung des getrockneten zerriebenen Sands, um die Schamotte und den Chromit und die anderen paramagnetischen Minerale zu trennen und den recyclingfähigen Sand für die Gießerei zu erhalten, die mit den Mitteln (106) zur Trocknung verbunden sind,
   - H) dritte Mittel (202) zur Hydroklassierung des

feinen Teils aus verdünntem Schlamm mit einer Kornscheide mit einer Korngröße von 5 μm bis 20 μm, um lediglich den extrem feinen Teil aufzuheben, der den Ton enthält, und den weniger feinen Teil auszusondern, die mit den ersten Mitteln (10) zur Hydroklassierung verbunden sind,

- l) Mittel (205) zum Entwässern aus diesem extrem feinen Teil, um den recyclingfähigen Ton rückzugewinnen, die mit den dritten Mitteln (202) zur Hydroklassierung verbunden sind.

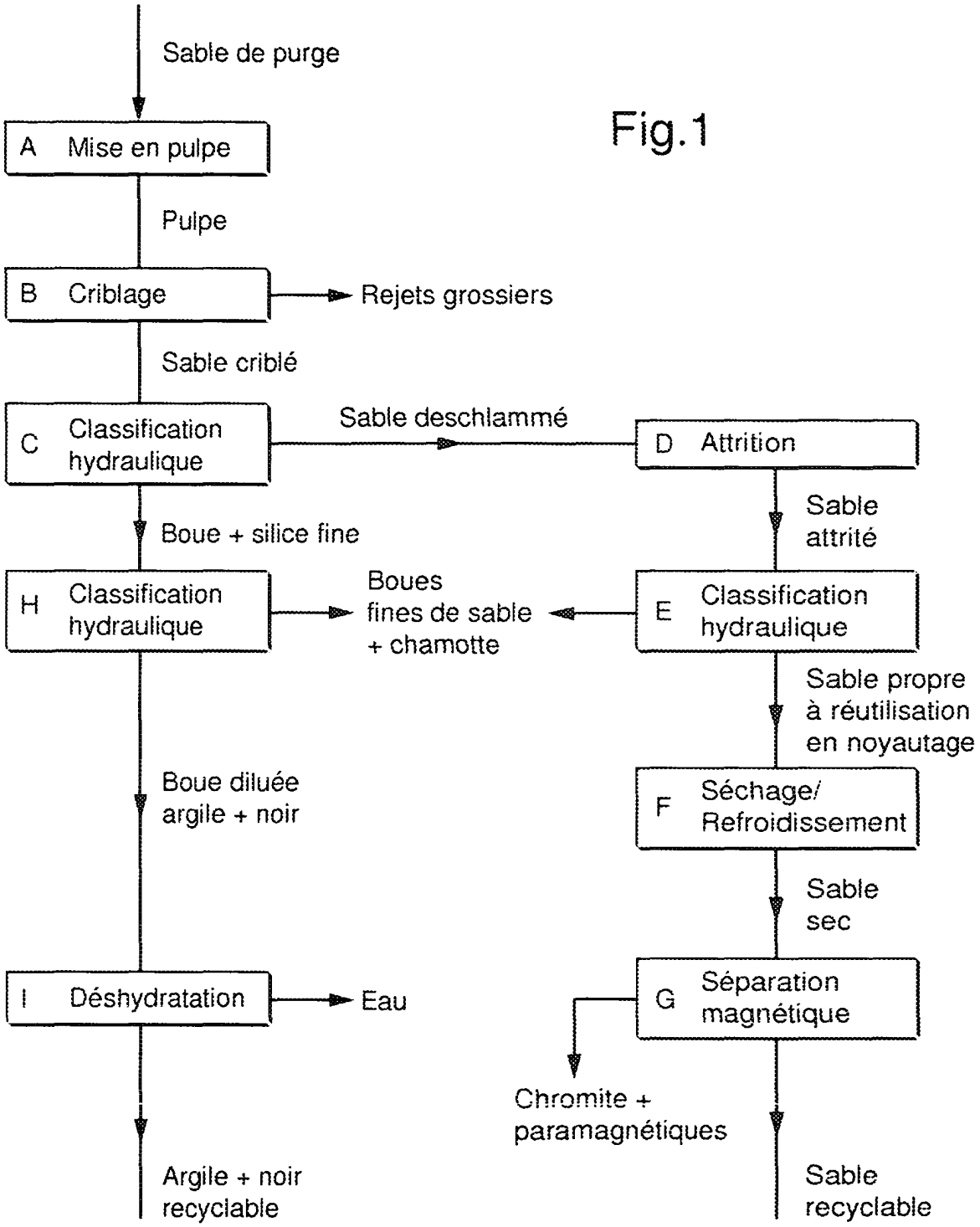

Sable de purge
A Mise en pulpe
Pulpe
B Criblage
Rejets grossiers
Sable criblé
C Classification hydraulique
Sable deschlammé
D Attrition
Sable attrité
Boue + silice fine
H Classification hydraulique
Boues fines de sable + chamotte
E Classification hydraulique
Sable propre à réutilisation en noyautage
Boue diluée argile + noir
F Séchage/ Refroidissement
Sable sec
I Déshydratation
Eau
G Séparation magnétique
Chromite + paramagnétiques
Argile + noir recyclable
Sable recyclable

Fig.1

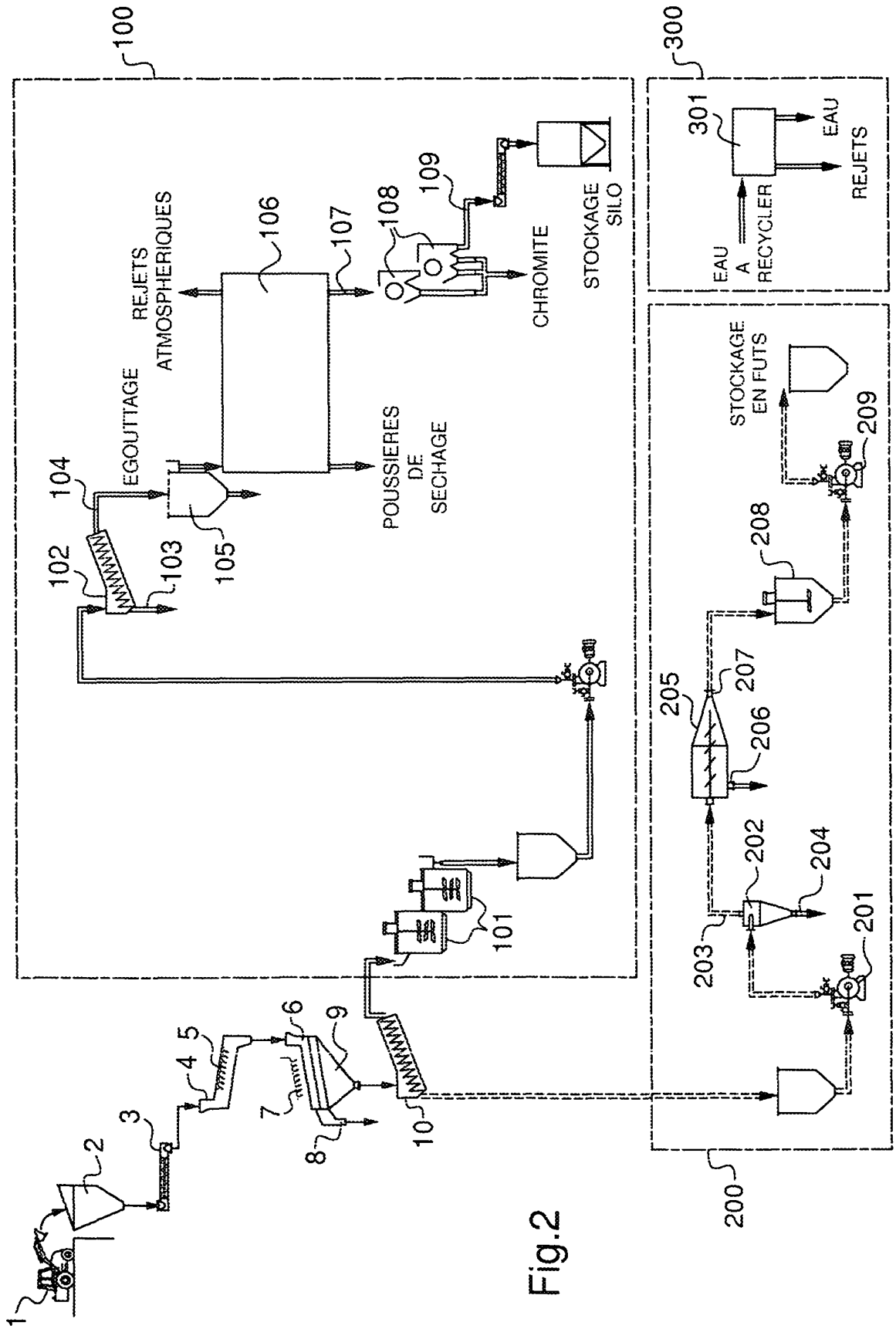

100
300
301
EAU
REJETS
EAU
A
RECYCLER
REJETS
ATMOSPHERIQUES
106
107
108
109
CHROMITE
STOCKAGE
SILO
EGOUTTAGE
104
102
103
105
POUSSIERES
DE
SECHAGE
STOCKAGE
EN FUTS
209
208
205
207
206
202
204
203
201
101
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
200

Fig.2

## RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

### Documents brevets cités dans la description


- US 3874073 A **[0009]**
- WO 2002092259 A **[0026] [0033] [0035]**
- WO 2006134099 A **[0027] [0035]**
- DE 4321296 A1 **[0028]**
- DE 4109167 A1 **[0028]**
- US 5526937 A **[0033]**


### Littérature non-brevet citée dans la description


- Foundry processes : the recovery of green moulding sands for core operations. **ZANETTI M.C. et al.** Resources Conservation and Recycling. Elsevier, Science Publisher, 01 Juin 2003, vol. 38, 243-254 **[0028]**