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

(11) **EP 1 448 304 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
09.01.2008 Bulletin 2008/02

(21) Numéro de dépôt: **02803364.5**

(22) Date de dépôt: **11.11.2002**

(51) Int Cl.:
B02C 17/18 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2002/012637

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2003/043740 (30.05.2003 Gazette 2003/22)

(54) **PROCEDE D'EVALUATION DU TAUX DE REMPLISSAGE D'UN BROYEUR ROTATIF TUBULAIRE ET DISPOSITIF POUR SA MISE EN OEUVRE**

VERFAHREN ZUR BERECHNUNG DER FÜLLRATE EINER ROTIERENDEN KUGELROHRMÜHLE UND VORRICHTUNG DAFÜR

METHOD FOR EVALUATING THE FILLING RATE OF A TUBULAR ROTARY BALL MILL AND DEVICE THEREFOR

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

(30) Priorité: **22.11.2001 BE 200100758**

(43) Date de publication de la demande:
25.08.2004 Bulletin 2004/35

(73) Titulaire: **MAGOTTEAUX INTERNATIONAL S.A.**
4051 Vaux-sous-Chèvremont (BE)

(72) Inventeur: **DE HAAS, Bernard**
B-4210 Burdinne (BE)

(74) Mandataire: **pronovem et al**
Office Van Malderen
Bld. de la Sauvenière 85/043
4000 Liège (BE)

(56) Documents cités:
DE-A- 1 607 580
DE-A- 2 117 556
FR-A- 2 792 224
US-A- 5 698 797

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 448 304 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé d'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur rotatif tubulaire comprenant une virole cylindrique tournant autour de son axe longitudinal dont le contenu est constitué d'une charge d'engins broyants en alliage métallique et de la matière à broyer qui forme la pulpe à l'intérieur du broyeur au fur et à mesure qu'elle est broyée, et occupe, pendant la rotation de celui-ci et vu dans le sens de la rotation, essentiellement le quatrième quart trigonométrique de la section du broyeur tandis que le pied du contenu se prolonge dans le troisième quart trigonométrique alors que la tête est remontée dans le premier quart trigonométrique. L'invention concerne également un dispositif avantageux pour la mise en oeuvre de ce procédé.

[0002] L'invention vise essentiellement les broyeurs du type broyeurs à boulets ou à barres, utilisés notamment pour le broyage du clinker, du charbon et-ou des minerais.

[0003] La connaissance du taux de remplissage d'un broyeur est particulièrement importante pour la conduite optimale des broyeurs miniers travaillant en voie humide car l'usure en engins broyants y est très importante et l'appoint en engins broyants doit être réalisé de façon quasi continue. Ceci nécessite de connaître à tout instant la quantité d'engins encore présente dans le broyeur et, par voie de conséquence, la possibilité de mesurer séparément la quantité d'engins broyants et la quantité de pulpe contenue dans le broyeur.

[0004] On a constaté que les conditions de broyage optimales sont réalisées lorsque le volume de la pulpe correspond approximativement au volume des vides existant entre les engins broyants ou est légèrement supérieur à ce volume, sans toutefois le dépasser de 20%. Lorsque le volume de la pulpe est trop faible, le rendement du broyage diminue et, surtout, les engins broyants qui sont en contact entre eux s'usent mutuellement. Lorsque le volume de la pulpe est trop grand le rendement du broyage diminue également. La connaissance de la quantité de pulpe dans le broyeur permet, par conséquent, de régler l'alimentation du broyeur de la façon la plus adéquate qui convient à un fonctionnement optimal du broyeur.

[0005] Parmi les nombreuses techniques actuellement connues pour déterminer le taux de remplissage d'un broyeur en fonctionnement, aucune n'a donné entière satisfaction car, en général, elles sont, soit trop imprécises, soit incomplètes.

[0006] Un premier moyen consiste à mesurer l'évolution de la puissance absorbée par le broyeur. Cette puissance absorbée par le broyeur augmente avec le taux de remplissage jusqu'à atteindre un maximum au-delà duquel elle commence à diminuer, notamment à cause de la moindre influence du balourd. La courbe de puissance présente un maximum très plat, ce qui diminue fortement la sensibilité de la mesure dès que l'on approche de ce maximum. Une telle méthode est décrite dans : "Canadian Mineral Processors" Proceedings 1998, paper n° 24 Ottawa, Ontario.

[0007] Une deuxième méthode consiste à mesurer les forces exercées sur le blindage. On dispose une plaque de blindage instrumentée dans le blindage et lorsque celle-ci pénètre dans la charge, la force exercée sur la plaque augmente subitement et diminue lorsque celle-ci sort de la charge. Cette mesure n'est applicable que dans un broyeur équipé d'un blindage en caoutchouc et est très sensible à l'usure de la plaque instrumentée. Une telle méthode est décrite dans le brevet WO93/00996.

[0008] Une autre méthode consiste à mesurer la déformation de la virole du broyeur vu que celle-ci subit des déformations radiales et transversales qui sont d'autant plus importantes que le broyeur est rempli. La sensibilité de cette mesure est réduite dans le cas d'un rapport L/D (longueur du broyeur sur diamètre) faible et par tout élément rigidifiant tel une cloison intermédiaire ou une forte épaisseur de la virole ou du blindage. Le principe de cette mesure est décrit dans l'article "Measurement System of the Mill charge in Grinding Ball Mill circuits" par J. Kolacz-Mineral Engineering, Vol 10, No. 12, 1997 p 1329-1338.

[0009] On a également envisagé l'installation de pesons pour pouvoir effectuer une mesure directe du poids du broyeur. Toutefois, cette installation est peu aisée sur des broyeurs existants.

[0010] Une autre méthode consiste à mesurer le bruit engendré par les chocs entre les corps broyants et le blindage du broyeur. Ce bruit augmente avec le taux de remplissage en engins broyants mais, la matière à broyer amortissant les chocs, le bruit diminue lorsque le remplissage en matière augmente, d'où imprécision de la mesure. Pour effectuer ces mesures, on a utilisé des microphones qui sont placés près de la virole du broyeur pour capter les bruits. Cette méthode est toutefois influencée par les bruits extérieurs (broyeurs avoisinants dans le hall de broyage) ainsi que d'autres facteurs tel que la nature de la matière broyée, la forme des corps broyants et l'usure du blindage. Une telle méthode est décrite dans l'article "New acoustic method for measuring the filling ratio of mill feed in tube mills "de F. Godler et J. Hagenbach, Zement-Kalk-Gyps No. 4/1994, p.E 114-E 119.

[0011] Le brevet allemand DE19933995A1 tente de remédier à l'interférence des différents bruits en remplaçant les microphones par des capteurs à ultrasons fixés à la virole. Ces capteurs mesurent les oscillations de la virole où ils sont fixés et non les bruits transmis à travers l'air, ce qui résout le problème des bruits parasites.

[0012] Le document US-A-5 698 797 divulgue un dispositif pour contrôler un broyeur à boulets comprenant un cylindre qui contient une masse de boulets qui, lorsque le broyeur est en rotation à vitesse nominale, prennent une position entre deux génératrices espacées par un angle compris entre un angle minimal et un angle maximal, et une masse de charbon qui, lorsque le broyeur est en rotation à vitesse nominale, prend une position entre deux génératrices, ledit dispositif

comprenant en outre un émetteur d'onde électromagnétique disposé à l'intérieur du broyeur et au moins un récepteur d'onde disposé à l'extérieur du broyeur, ledit au moins récepteur d'onde étant connecté opérationnellement à un circuit électronique pour déterminer au moins un paramètre du broyeur sélectionné parmi le groupe constitué d'une quantité de boulets, d'une quantité de charbon et de l'usure du cylindre.

[0013] Toutes les méthodes décrites ci-dessus ont, en outre, le handicap qu'elles ne permettent pas d'évaluer séparément le taux de remplissage en engins broyants et le taux de remplissage en pulpe ou matières à broyer.

[0014] La mesure par absorption d'ondes permet bien de distinguer la matière à broyer des boulets mais n'est pas applicable à tout type de matière et présente un danger pour la santé à cause des rayons X ou gamma.

[0015] Le but de la présente invention est de prévoir un nouveau procédé et dispositif qui permet une évaluation fiable du taux de remplissage, qui peut être facilement mis en oeuvre sur un broyeur existant et qui peut fournir séparément des informations pour ce qui concerne la charge broyante et la pulpe.

[0016] Pour atteindre cet objectif, la présente invention propose un procédé du genre décrit dans le préambule qui est caractérisé en ce que l'on établit, par modélisation, un algorithme qui définit une relation entre le degré de remplissage d'un broyeur, d'une part, et les positions angulaires du pied et de la tête du contenu du broyeur, ainsi que de sa puissance absorbée, d'autre part, en ce que l'on mesure dans le broyeur dont on veut déterminer le taux de remplissage les positions angulaires du pied et de la tête du contenu, ainsi que de sa puissance absorbée et en ce que l'on détermine, à l'aide de ces mesures et de l'algorithme, le taux de remplissage du broyeur.

[0017] Ces mesures peuvent être effectuées séparément pour déterminer le taux de remplissage en engins broyants et celui de la pulpe.

[0018] Les positions angulaires du pied et de la tête de la charge broyante sont déterminées par voie inductive, tandis que les positions angulaires du pied et de la tête de la pulpe sont déterminées par voie conductive.

[0019] Le dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé pour l'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur dont la virole comporte un blindage intérieur est caractérisé en ce que le blindage comporte au moins une plaque en résine ou élastomère dans laquelle est intégré un système de détection destiné à détecter la position angulaire à laquelle le système pénètre dans le contenu du broyeur et la position angulaire à laquelle le système quitte le contenu du broyeur, en ce que la virole comporte un capteur destiné à engendrer un signal de synchronisation à chaque tour du broyeur, en ce que les signaux fournis par le système de détection et le capteur sont traités dans un dispositif de traitement embarqué et envoyés par radio vers un centre de calcul.

[0020] Le dispositif de détection comporte, de préférence, un capteur inductif pour déterminer les positions angulaires du pied et de la tête de la charge broyante et un capteur conductif pour déterminer les positions angulaires du pied et de la tête de la pulpe.

[0021] Tous les capteurs sont, de préférence, doublés et enfouis à des profondeurs différentes dans les plaques qui les portent afin d'entrer en service successivement au fur et à mesure de l'usure des plaques.

[0022] D'autres particularités et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description détaillée d'un mode de réalisation préféré, présenté ci-dessous, à titre d'illustration, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la fig. 1 illustre schématiquement une coupe diamétrale à travers un broyeur ;
- la fig. 2 est une vue schématique d'une coupe longitudinale à travers un broyeur muni de l'équipement proposé par la présente invention ;
- la fig. 3 illustre schématiquement une coupe diamétrale à travers le broyeur de la figure 2 ;
- les fig. 4 et 5 montrent une vue agrandie en coupe des plaques portant les capteurs ;
- la fig. 6 est une vue analogue à celle de la fig.1 illustrant les détails des positions angulaires et
- la fig. 7 montre un graphe représentant la corrélation entre le calcul fait suivant la présente invention et la pesée réelle des engins broyants.

[0023] La fig. 1 montre un broyeur dont la charge broyante 1 est constituée de boulets et qui contient une certaine quantité de matière à broyer 2 formant la pulpe. Le remplissage en boulets de broyage correspond généralement, suivant les conditions de fonctionnement, à 20 à 40% du volume total du broyeur. Le volume de la pulpe correspond pour une opération optimale du broyeur, comme il a été précisé dans l'introduction, approximativement au volume des vides entre les boulets ou est légèrement supérieur sans le dépasser de 20%.

[0024] Pendant la rotation du broyeur dans le sens de la flèche sur la figure 1, le contenu du broyeur possède, en section, la forme globale d'un "haricot" et se concentre essentiellement dans le quatrième quart trigonométrique. Les pieds 3 et 5 de la pulpe, respectivement des boulets, s'étendent toutefois dans le troisième quart trigonométrique, tandis que les têtes 4 et 6 de la pulpe, respectivement des boulets, sont relevées dans le premier quart trigonométrique.

[0025] En raison des constitutions différentes de la charge 1 et de la pulpe 2, leurs pieds respectifs 5 et 3 et leurs têtes respectives 6 et 4 occupent des positions angulaires différentes. C'est ainsi que la charge broyante 1 est relevée davantage que la pulpe 2. La présente invention, comme on le verra plus loin, met à profit ces différences pour déterminer séparément le volume de la charge et celui de la pulpe.

[0026] A cet effet, l'invention prévoit des capteurs qui déclenchent un signal électrique au moment où ils pénètrent dans la pulpe 2, respectivement la charge 1, et un autre signal au moment où ils en sortent.

[0027] Pour la pulpe, l'invention a prévu des capteurs conductifs 7 et 8 par lesquels on procède à la mesure d'un courant créé par une pile chimique constituée par deux masses d'acier de compositions différentes formant des électrodes qui, reliées entre elles par un milieu conducteur constitué par la pulpe, sont la source d'un courant électrique.

[0028] Ces masses d'acier sont intégrées à une plaque de résine ou élastomère 9 qui, pour la facilité de l'accès, peut être placée sur la porte du broyeur.

[0029] Dans un mode de réalisation avantageux, on a prévu une paire de capteurs 7, 8 montrés respectivement sur les figures 4 et 5. Comme on peut le constater, ces capteurs sont enfouis à des profondeurs différentes dans la plaque en élastomère 9. Ainsi, lorsque le capteur 7, 8 en surface de la figure 4 est dégradé par l'usure, le capteur 7, 8 de la figure 5 enfoui dans la plaque 9 peut prendre le relais.

[0030] Lors de la rotation du broyeur, au moment où les électrodes 7 et 8 du capteur pénètrent dans la pulpe, celle-ci permet le passage d'un courant entre ces électrodes déclenchant ainsi un signal dont l'apparition permet de déterminer la position angulaire du pied 3 de la pulpe. De même, lorsque les électrodes 7, 8 sortent de la pulpe, le courant est interrompu et le moment de cette interruption fournit une information sur la position angulaire de la tête de pulpe 4.

[0031] Pour effectuer cette mesure on utilisera un capteur inductif 10, connu en soi, qui sera également disposé dans la plaque 9 de la porte et noyé dans la masse de la résine. Comme le montrent les figures 2, 4 et 5 on utilisera également deux capteurs 10 enfouis à des profondeurs différentes pour pouvoir poursuivre les mesures lorsque le capteur en surface est dégradé par l'usure.

[0032] Le fonctionnement est analogue à ce qui a été décrit ci-dessus. Lorsque le broyeur tourne, au moment où les capteurs inductifs 10 entrent dans la charge d'engins broyants 1, ils détectent une modification du champ électrique ce qui engendre un signal dont le moment d'apparition permet de positionner le pied 5 de la charge. Lorsque les capteurs inductifs 10 quittent la charge, ils détectent une nouvelle variation de champ électrique, ce qui permet de positionner la tête de la charge 6.

[0033] Pour pouvoir déterminer ces positions angulaires, il est nécessaire d'avoir un point de référence. C'est la raison pour laquelle un signal de synchronisation est généré à chaque tour du broyeur par un dispositif de cellules, par exemple photoélectriques, prévues respectivement sur la virole et sur un châssis fixe et permettant de fournir une référence pour la détermination des positions angulaires. Si ce signal constitue le point de départ, en connaissant la vitesse de rotation du tambour, les moments d'apparition et de disparition des signaux de mesure fournissent une indication des positions angulaires des pieds 3 et 5 et des têtes 4 et 6 par rapport à un point de référence pouvant être celui de la position du dispositif de synchronisation.

[0034] Les signaux fournis par les capteurs sont enregistrés, filtrés et traités par un système embarqué 12 fixé à la virole qui, les envoie par radio vers un centre de calcul non représenté. Tous ces dispositifs embarqués peuvent être alimentés par un générateur électrique 13 fixé sur la virole ou par transmission d'énergie par voie inductive.

[0035] La figure 6 illustre schématiquement les mesures fournies par les capteurs 7, 8 et 10. Il s'agit des angles α_1 et α_2 du pied 3, respectivement de la tête 4, de la pulpe, ainsi que des angles β_1 et β_2 du pied 5, respectivement de la tête 6, de la charge broyante. Ces angles sont mesurés par rapport à un axe de référence déterminé, en l'occurrence, par le dispositif de synchronisation.

[0036] Afin de pouvoir évaluer le taux de remplissage en charge broyante et en pulpe, on établit des modèles mathématiques de la formule suivante :

$$J_1 = a_1 \alpha_1 + b_1 \alpha_2 + c_1 \text{~~k.W.~~}\mathbf{kW} + d_1$$

$$J_2 = a_2 \beta_1 + b_2 \beta_2 + c_2 \text{~~k.W.~~}\mathbf{kW} + d_2$$

dans lesquelles :

- J_1 représente le volume de la pulpe/volume du broyeur ;
- J_2 représente le volume de la charge/volume du broyeur ;
- a, b, c, d sont des coefficients paramétriques ;
- kW est la puissance absorbée mesurée par des moyens connus en soi.

[0037] Ces modèles, notamment les coefficients paramétriques, peuvent être déterminés de manière empirique en introduisant dans un modèle de broyeur, différentes quantités connues de charge broyante et de pulpe et en mesurant, à chaque fois, les angles α_1, α_2, β_1 et β_2 ainsi que la puissance absorbée.

[0038] Des essais en station pilote ont révélé que le procédé d'évaluation proposé par l'invention permet de travailler avec une grande précision. La figure 7 résume les résultats de tels essais pour l'évaluation du taux de remplissage en engins broyants pour le broyage de minerais.

[0039] La charge pour ces essais était composée de boulets de 40 mm et 25 mm de diamètre. Le pourcentage relatif minerais - eau a été maintenu constant et la vitesse du broyeur était de 34 tours par minute. Le remplissage du broyeur en boulets à été augmenté progressivement de 700 kg à 900 kg par appoints compris entre 8 et 20 kg. Le remplissage en pulpe n'a pas été contrôlé mais était le résultat de l'évolution du processus et a varié entre 289 et 443 kg.

[0040] La ligne droite sur la figure 7 représente les quantités réelles de boulets dans le broyeur. Les points représentent les évaluations de la quantité de boulets obtenues grâce au modèle mathématique précité et à sur base de la mesure des angles α_1 et α_2 ainsi que de la puissance absorbée. Ces essais ont montré que l'invention permet une évaluation du taux de remplissage en boulets avec une précision de l'ordre de 98 %.

[0041] La mesure des positions angulaires α_1 et α_2 concernant la pulpe fournit, à titre complémentaire, des renseignements sur la fluidité de la pulpe, c'est-à-dire sa teneur en eau. En effet, le relevage de la pulpe, donc l'angle α_2, est d'autant plus faible que la fluidité est plus grande. Ces connaissances contribuent également à une optimalisation de la marche du broyeur.

Revendications

1. Procédé d'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur rotatif tubulaire comprenant une virole cylindrique tournant autour de son axe longitudinal, dont le contenu est constitué d'une charge d'engins broyants (1) en alliage métallique et de la matière à broyer (2) qui forme la pulpe à l'intérieur du broyeur au fur à mesure qu'elle est broyée, dans lequel le contenu du broyeur occupe, pendant la rotation de celui-ci, et vu dans le sens de la rotation, essentiellement le quatrième quart trigonométrique de la section du broyeur, tandis ce que le pied du contenu (3) se prolonge dans le troisième quart trigonométrique alors que la tête (6) est remontée dans le premier quart trigonométrique, **caractérisé en ce que** l'on établit, par modélisation, un algorithme qui définit une relation entre le degré de remplissage d'un broyeur, d'une part, et les positions angulaires du pied (3) et de la tête (6) du contenu du broyeur ainsi que de sa puissance absorbée, d'autre part, **en ce que** l'on mesure dans le broyeur dont on veut déterminer le taux de remplissage les positions angulaires du pied (3) et de la tête (6) du contenu ainsi que de sa puissance absorbée et **en ce que** l'on détermine, à l'aide de ces mesures et de l'algorithme, le taux de remplissage du broyeur.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on détermine séparément le taux de remplissage en engins broyants (1) et le taux de remplissage de la pulpe (2).

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on mesure les positions angulaires du pied (5) et de la tête (4) de la charge broyante (1) à l'aide d'un capteur inductif (10) par rapport à une position angulaire de référence.

4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on mesure les positions angulaires du pied (3) et de la tête (6) de la pulpe à l'aide d'un capteur conductif (7,8) par rapport à une position angulaire de référence.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'algorithme est du type :

$$J = a.\alpha_1 + b.\alpha_2 + c.kW + d,$$

dans lequel :

- J est le taux de remplissage ;
- α_1 et α_2 sont les positions angulaires du pied (3) et de la tête (6) du contenu ;
- kW est la puissance absorbée en kilowatts ;
- a,b,c,d sont des coefficients paramétriques déterminés empiriquement.

6. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 pour l'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur dont la virole comporte un blindage intérieur, **caractérisé en ce que** le blindage comporte au moins une plaque en résine ou élastomère (9) dans laquelle est intégré un système de détection comportant des capteurs (10,7,8), qui coopèrent avec un dispositif de traitement des signaux embarqué (12) fixé sur la virole et destiné à détecter la position angulaire dans laquelle ledit système pénètre dans le contenu du broyeur

(2) et la position angulaire laquelle ledit système quitte le contenu du broyeur, **en ce que** ledit système de détection est destiné à engendrer un signal de synchronisation à chaque tour du broyeur, **en ce que** les signaux fournis par ledit système de détection et les capteurs (10,7,8) sont traités dans ledit dispositif de traitement embarqué (12) et envoyés par radio vers un centre de calcul.

7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de détection se trouve dans une porte d'accès du broyeur.

8. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de détection comporte un capteur inductif (10) pour déterminer séparément les positions angulaires du pied (5) et de la tête (4) de la charge broyante.

9. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ledit dispositif de détection comporte un capteur conductif (7,8) pour déterminer séparément les positions angulaires du pied (3) et de la tête (6) de la pulpe.

10. Dispositif selon les revendications 8 et 9, **caractérisé en ce que** tous les capteurs sont doublés et enfouis à des profondeurs différentes des plaques qui les portent.

Claims

1. Method for evaluating the filling ratio of a tubular rotary mill comprising a cylindrical barrel rotating around its longitudinal axis, the contents of which comprises a load of grinding medium (1) made of metallic alloy and of material to be crushed (2) which forms the pulp inside the mill as and when it is crushed, in which the contents of the mill chiefly occupy, during its rotation, and viewed in the direction of rotation, the fourth trigonometric quarter of the section of the mill, whilst the bottom of the contents (3) extends into the third trigonometric quarter and the top (6) is raised into the first trigonometric quarter, **characterised in that** an algorithm is established by means of a model and defines a relationship between the filling ratio of a mill on the one hand and the angular positions of the bottom (3) and top (6) of the contents of the mill as well as the power absorbed on the other hand, **in that** the angular positions of the bottom (3) and top (6) of the contents are measured in the mill whose filling ratio is to be determined, as well as its absorbed power, and **in that** the filling ratio of the mill is determined by means of these measurements and of the algorithm.

2. Method according to Claim 1, **characterised in that** the filling ratio of grinding medium (1) and the filling ratio of pulp (2) are separately determined.

3. Method according to Claim 1, **characterised in that** the angular positions of the bottom (5) and top (4) of the grinding load (1) are measured by means of an inductive sensor (10) relative to a reference angular position.

4. Method according to Claim 1, **characterised in that** the angular positions of the bottom (3) and top (6) of the pulp are measured by means of a conductive sensor (7,8) relative to a reference angular position

5. Method according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the algorithm is of the type:

$$J = a.\alpha_1 + b.\alpha_2 + c.kW + d$$

where:

- J is the filling ratio;
- α_1 and α_2 are the angular positions of the bottom (3) and top (6) of the contents;
- kW is the power absorbed in kilowatts;
- a, b, c, d are parameter coefficients empirically determined.

6. Device for the implementation of the method according to any one of Claims 1 to 5 for evaluating the filling ratio of a mill comprising a barrel with inner plating, **characterised in that** the plating comprises at least one plate made of resin or elastomer (9) in which is integrated a detection system comprising sensors (10,7,8) that co-operate with the integrated device (12) for processing signals, fixed on the barrel and intended to detect the angular position at

which said system enters the contents of the mill (2) and the angular position at which said system comes out of the contents of the mill, **in that** said detection system is intended to generate a synchronisation signal with each rotation of the mill, **in that** the signals provided by said detection system and the sensors (10,7,8) are processed in said integrated processing device (12) and sent by radio waves to a processing centre.

7. Device according to Claim 6, **characterised in that** the detection device is located in one access door of the mill.

8. Device according to Claim 6, **characterised in that** the detection device comprises an inductive sensor (10) for determining the angular positions of the bottom (5) and top (4) of the grinding load separately.

9. Device according to Claim 6, **characterised in that** said detection device comprises a conductive sensor (7,8) for determining the angular positions of the bottom (3) and top (6) of the pulp separately.

10. Device according to Claims 8 and 9, **characterised in that** all sensors are duplicated and buried at different depths in the plates containing them.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Berechnung des Füllgrades einer rohrförmigen Trommelmühle, die einen zylinderförmigen Mühlenkörper umfasst, der sich um seine Längsachse dreht und dessen Inhalt aus einer Ladung Mahlkörper (1) aus einer Metalllegierung und aus dem Mahlgut (2) besteht, das je nach Mahlfortschritt den Mahlbrei im Inneren der Mühle bildet, wobei der Mühleninhalt sich während der Drehung der Mühle, in Drehrichtung gesehen, im Wesentlichen im vierten trigonometrischen Viertel des Mühlenquerschnitts befindet, während der Fuß des Inhalts (3) sich in das dritte trigonometrische Viertel hinein erstreckt, wogegen der Kopf (6) in das erste trigonometrische Viertel aufragt, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Modellierung ein Algorithmus gebildet wird, der eine Beziehung zwischen dem Füllgrad der Mühle einerseits und den Winkelpositionen des Fußes (3) und des Kopfes (6) des Mühleninhalts sowie ihrer Leistungsaufnahme andererseits definiert, und dass in der Mühle, deren Füllgrad festgestellt werden soll, die Winkelpositionen des Fußes (3) und des Kopfes (6) des Mühleninhalts sowie die Leistungsaufnahme gemessen werden und dass mit Hilfe dieser Messungen und des Algorithmus der Füllgrad der Mühle berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllgrad an Mahlkörpern (1) und der Füllgrad an Mahlbrei (2) getrennt bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelpositionen des Fußes (5) und des Kopfes (4) der Mahlkörperladung (1) mittels eines induktiven Sensors (10) in Bezug auf eine Bezugswinkelposition gemessen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelpositionen des Fußes (3) und des Kopfes (6) des Mahlbreis mittels eines konduktiven Sensors (7,8) in Bezug auf eine Bezugswinkelposition gemessen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Algorithmus vom Typ:

$$J = a\alpha_1 + b\alpha_2 + c.kW + d \text{ ist,}$$

wobei:

- J der Füllgrad ist
- α_1 und α_2 die Winkelpositionen des Fußes (3) und des Kopfes (6) des Inhalts sind
- kW die Leistungsaufnahme in Kilowatt ist
- a, b, c, d die empirisch bestimmten Parameter-Koeffizienten sind

6. Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Berechnung des Füllgrades einer Mühle, deren Mühlenkörper eine Innenpanzerung hat, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Panzerung mindestens eine Platte aus Harz oder Elastomer (9) umfasst, in die ein Erfassungssystem mit Sensoren (10,7,8) integriert ist, die mit einem integrierten Signalverarbeitungssystem (12), das am Mühlenkörper befestigt ist, zusammenarbei-

ten, und das zur Erfassung der Winkelposition, bei der das System in den Mühleninhalt (2) eindringt, und der Winkelposition, bei der das System aus dem Mühleninhalt austritt, bestimmt ist, dass das besagte Erfassungssystem dazu bestimmt ist, ein Synchronisierungssignal bei jeder Mühlenumdrehung zu erzeugen, dass die vom besagten Erfassungssystem und den Sensoren (10,7,8) gelieferten Signale in der integrierten Verarbeitungseinheit (12) verarbeitet werden und per Funk an ein Rechenzentrum gesandt werden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Erfassungsvorrichtung in einer Zugangstür der Mühle befindet.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassungsvorrichtung einen induktiven Fühler (10) zur getrennten Erfassung der Winkelpositionen des Fußes (5) und des Kopfes (4) der Mahlkörperladung umfasst.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Erfassungsvorrichtung einen konduktiven Fühler (7,8) zur Erfassung der Winkelpositionen des Fußes (3) und des Kopfes (6) des Mahlbreis umfasst.

10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Sensoren gedoppelt und in unterschiedlichen Tiefen in ihre Trägerplatten integriert sind.

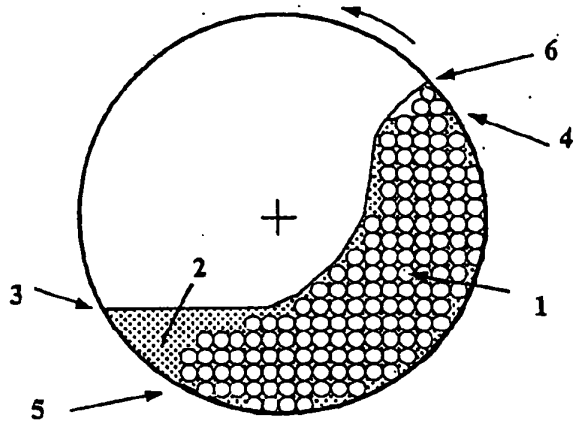


Fig. 1

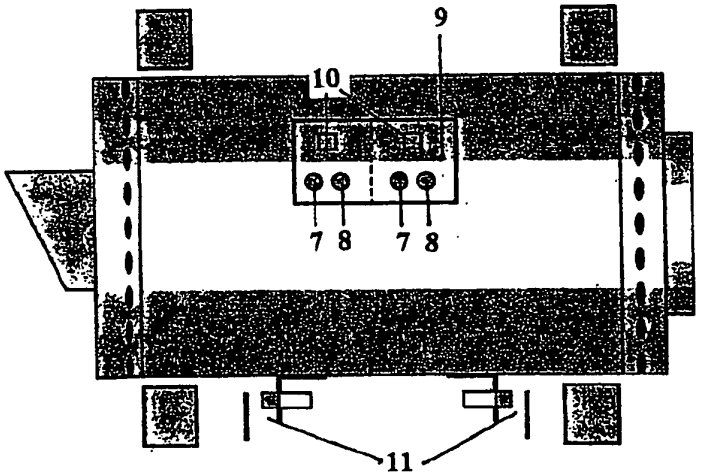


Fig. 2

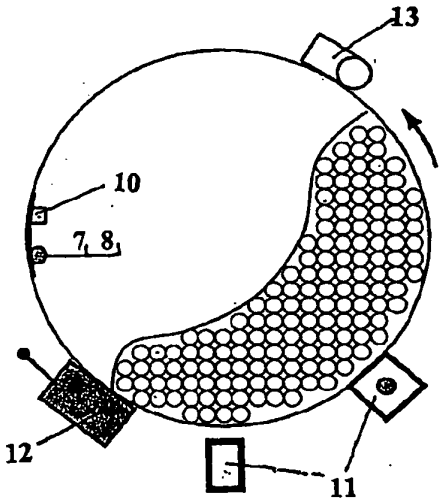


Fig. 3

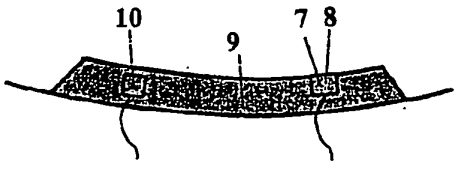


Fig. 4

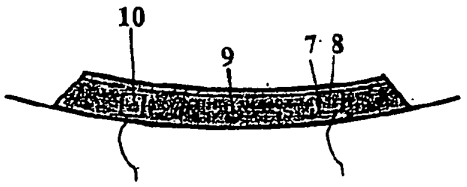


Fig. 5

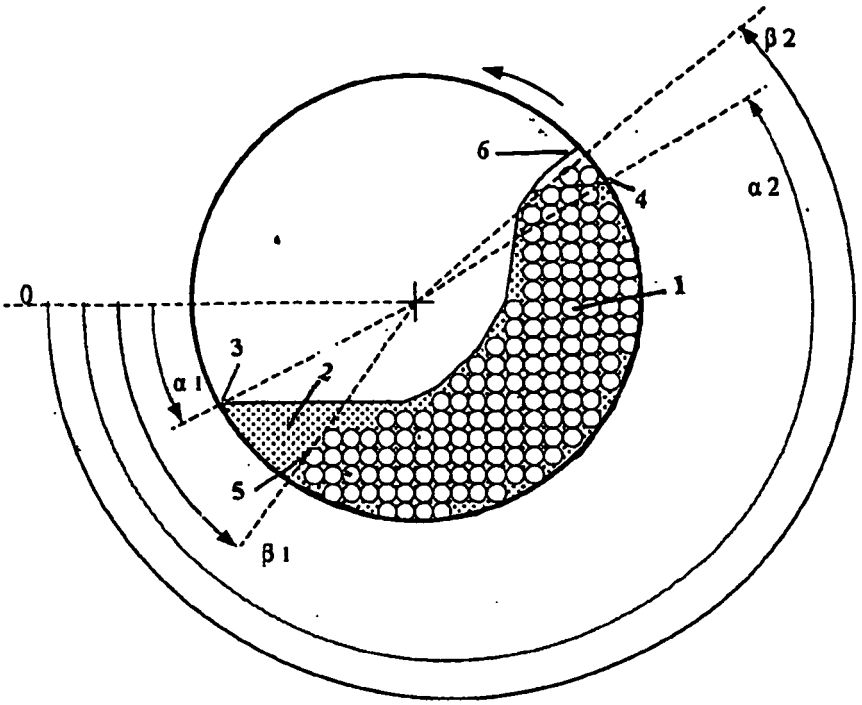

β 2
6
4
α 2
0
1
3
α 1
2
5
β 1

Fig. 6

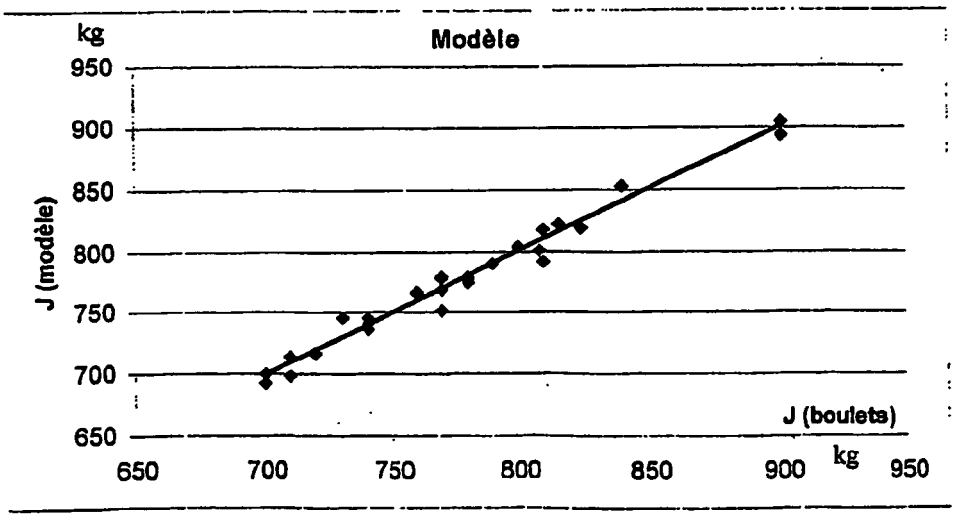

kg
Modèle
950
900
850
800
750
700
650
J (modèle)
J (boulets)
650
700
750
800
850
900
kg
950

Fig. 7

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

- WO 9300996 A **[0007]**
- DE 19933995 A1 **[0011]**
- US 5698797 A **[0012]**

Littérature non-brevet citée dans la description

- **J. KOLACZ.** Measurement System of the Mill charge in Grinding Ball Mill circuits. *Mineral Engineering,* 1997, vol. 10 (12), 1329-1338 **[0008]**