

Brevet N° **85258**
 du 19 mars 1984
 Titre délivré : **14 OCT. 1985**

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



Monsieur le Ministre
 de l'Économie et des Classes Moyennes
 Service de la Propriété Intellectuelle
 LUXEMBOURG

Demande de Brevet d'Invention

I. Requête

La société dite: ALUMINIUM PECHINEY, 23, rue Balzac, F-75008 PARIS, France, (1)
 représentée par Monsieur A. Zewen, ing.-conseil en propriété industrielle,
 agissant en qualité de mandataire (2)

dépose(nt) ce dix-neuf mars 1984 quatre-vingt-quatre (3)
 à 15⁰⁰ heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :
 "Procédé de régulation, en continu, de la puissance de malaxage des (4)
 pâtes destinées à la fabrication d'agglomérés carbonés"

2. la délégation de pouvoir, datée de _____ le _____
 3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires;
 4. 1 planches de dessin, en deux exemplaires;
 5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,
 le 19 mars 1984

déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) : (5)

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de (6) _____ / _____ déposée(s) en (7) _____ / _____
 le _____ / _____ (8)
 au nom de _____ / _____ (9)

élit(élisent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg _____
 4, place Winston-Churchill, B.P. 447, Luxembourg (10)

sollicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les
 annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à 18 mois. (11)
 Le mandataire _____

II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des
 Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :

19 mars 1984

à 15⁰⁰ heures



Pr. le Ministre
 de l'Économie et des Classes Moyennes,
 p. d.

BR 2460

Ajournement à 18 mois

LU 1828

M E M O I R E D E S C R I P T I F

déposé à l'appui d'une demande de

B R E V E T D ' I N V E N T I O N

au nom de la société dite:

ALUMINIUM PECHINEY

pour:

"Procédé de régulation, en continu, de
la puissance de malaxage des pâtes destinées
à la fabrication d'agglomérés carbonés".

PROCEDE DE REGULATION EN CONTINU DE LA PUISSANCE DE MALAXAGE DES

PATES DESTINEES A LA FABRICATION D'AGGLOMERES CARBONES

La présente invention concerne un procédé de régulation en continu de la puissance de malaxage des pâtes destinées à la fabrication d'agglomérés
5 carbonés.

Les agglomérés carbonés sont obtenus par cuisson de pièces mises en formes à partir d'une pâte carbonée résultant du malaxage d'un liant organique et d'un produit carboné en grains calibrés. Selon la destination
10 des agglomérés, la nature du liant (brai de houille, brai de pétrole, brai liquide ou solide) et celle des grains carbonés (coke de houille, coke de pétrole, anthracite, etc...) peut varier sensiblement, mais on passe dans tous les cas par le stade d'un malaxage prolongé, entre le liant et les grains carbonés (dont la répartition granulométrique est
15 soigneusement contrôlée), à une température telle que le liant soit suffisamment fluide (60° à 180° C. par exemple) et pendant une durée qui assure une imprégnation aussi parfaite que possible des grains carbonés par le liant. La qualité des électrodes (évaluée notamment par la mesure de la densité géométrique, de la résistivité électrique et de
20 la résistance à l'écrasement) après cuisson, est étroitement liée à l'efficacité du malaxage.

Dans les ateliers modernes pour la production de pâtes carbonées -c'est le cas en particulier de la fabrication des anodes pour la production
25 d'Al par le procédé HALL-HEROULT d'électrolyse d'alumine dans la cryolithe fondue- le malaxage du mélange liant plus grains carbonés est effectué dans une chaîne de malaxage continue qui comprend un ou parfois deux malaxeurs en série.

30 Un premier type de malaxeur couramment utilisé, est constitué par un corps tubulaire garni de dents fixes inclinés par rapport à l'axe du tube à l'intérieur duquel se meut, selon un mouvement de va-et-vient combiné avec un mouvement de rotation, un arbre lui-même muni de dents coopérant avec les dents fixes afin d'assurer le pétrissage et l'écoulement de la pâte carbonée. Les dents fixes sont disposées selon une
35 ligne hélicoïdale, et l'amplitude du mouvement avant-arrière de l'arbre est ajustée au pas d'implantation des dents fixes. La sortie du (ou des) malaxeurs comporte une buse obturée par des clapets motorisés. L'ouverture et la fermeture de ces clapets peuvent être réglées en fonction de

seuils extrêmes de la puissance instantanée afin d'assurer un malaxage satisfaisant de la pâte et d'éviter le "bourrage" de l'appareil, c'est -à-dire son blocage en charge par suite d'un taux de remplissage excessif.

5

On peut également citer un second type de malaxeur continu, également très utilisé, qui comporte deux agitateurs parallèles tournant en sens inverses, et disposés côte à côte dans un carter de forme appropriée. L'arbre principal porte des disques radiaux eux-mêmes reliés par des
10 barres de malaxage. Parallèlement à cet arbre, l'arbre de nettoyage, porteur de cadres de nettoyage, tourne en synchronisme et à une vitesse de 4 à 6 fois plus élevée. Une ou plusieurs plaques de retenue, ainsi qu'une ou plusieurs pales de freinage disposées sur le corps ou le couvercle du malaxeur, du côté de l'arbre de nettoyage, permettent de
15 contrôler l'écoulement de la pâte à l'intérieur de l'appareil.

Pour un certain nombre de fabrications qui exigent une grande régularité et des caractéristiques élevées des agglomérés carbonés, ces deux modes de malaxages ne permettent pas toujours d'atteindre le niveau optimal
20 de qualités des anodes que réclament les exploitants.

Le but de la présente invention est une amélioration du procédé de malaxage des pâtes carbonées, procédé selon lequel la perte de charge subie par la pâte dans la chaîne de malaxage (dans le malaxeur ou à sa
25 sortie) est asservie, en continu, à la puissance absorbée par le moteur qui commande l'arbre principal du malaxeur.

Cette perte de charge peut être modulée soit par des clapets de sortie réglables, soit par des pales de freinage ou des pales de retenues réglables ou par tout autre moyen équivalent.
30

De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de régulation en continu de la puissance de malaxage des pâtes destinées à la fabrication d'agglomérés carbonés dans une chaîne de malaxage continu, ces pâtes
35 étant constituées par un mélange de grains carbonés et d'un liant organique introduit à l'état solide ou liquide, le malaxeur étant muni d'un moyen pour moduler la perte de charge subie par la pâte, procédé caractérisé par les opérations suivantes :

- on fixe la valeur de l'énergie de malaxage que l'on veut appliquer à la pâte carbonée, en kilowattheure par tonne, le débit horaire du malaxeur et on en déduit une puissance de consigne.

- on met le malaxeur en marche.

5

- on mesure la puissance absorbée par le moteur.

- on compare la puissance mesurée à la valeur de consigne.

10 - à partir de l'écart de puissance entre la valeur de consigne et la valeur mesurée, on élabore, de façon connue, un signal qui agit sur le moyen de contrôle de la perte de charge subie par la pâte.

Dans le cas particulier du premier type de malaxeur constitué d'un corps
15 tubulaire, garni sur sa surface interne d'une pluralité de dents fixes inclinées par rapport à l'axe du corps tubulaire à l'intérieur duquel est disposé un arbre rotatif, coaxial avec le corps tubulaire, animé d'un mouvement de va-et-vient synchronisé avec un mouvement de rotation assuré par un moteur à courant continu, cet arbre étant muni de dents
20 coopérant avec les dents fixes pour assurer le pétrissage et l'écoulement de la pâte carbonée, la sortie du malaxeur étant munie d'une buse dont le degré d'ouverture est contrôlé par des clapets motorisés, commandés par un régulateur. On réalise, de la même façon, les opérations suivantes, qui relèvent du même principe :

25

- on fixe la valeur de l'énergie de malaxage que l'on veut appliquer à la pâte carbonée, en kilowattheure par tonne, le débit horaire du malaxeur et on en déduit l'intensité de consigne du courant alimentant le moteur.

30

- on met le malaxeur en marche.

- on mesure l'intensité absorbée par le moteur qui est proportionnelle à la puissance, car il est alimenté en courant continu sous
35 une tension sensiblement constante.

- on compare l'intensité mesurée à la valeur de consigne.

- à partir de l'écart d'intensité entre la valeur de consigne et la valeur mesurée, on élabore, de façon connue, un signal qui, introduit dans le régulateur, modifie l'ouverture des clapets de façon que l'intensité revienne à sa valeur de consigne.

- 5 Cette invention est basée sur la constatation que la qualité d'une pâte carbonée n'atteint son optimum que si cette pâte a absorbé, au cours du malaxage, et pour une chaîne de malaxage donnée, une énergie (en kWh par tonne de pâte) au moins égale à une valeur optimale prédéterminée.
- 10 L'asservissement de la perte de charge subie par la pâte carbonée à la puissance instantanée consommée par le moteur peut être effectuée selon deux variantes, l'une basée sur la valeur de la puissance moyenne consommée par le moteur sur une courte période de temps (régulation analogique du type PID -Proportionnelle Intégrale Dérivée), l'autre basée sur des
- 15 valeurs particulières de la puissance instantanée, mesurées à certaines positions prédéterminées de l'axe du malaxeur (régulation numérique du type PI, Proportionnelle Intégrale).

Dans le cas particulier du premier type de malaxeur, la courbe d'inten-

20 sité en fonction du temps (fig. 1), directement proportionnelle à la puissance dans ce cas l'alimentation du malaxeur étant effectuée en courant continu, présente la forme d'une pseudo-sinusoïde dont l'amplitude varie en fonction de différents paramètres (position des clapets, taux de remplissage du malaxeur, caractéristiques de la pâte, etc...).

25 La période de cette pseudo-sinusoïde est égale à la période du mouvement de va-et-vient de l'axe du malaxeur (par exemple sur la figure 1 cette période est 1,4 s.).

30 Pour ce malaxeur, comportant un double mouvement mécanique et dans le cas de l'utilisation d'une régulation analogique PID, on est amené à introduire un filtre à constante de temps RC pour niveler les oscillations de courte période dues au cycle du malaxeur (avance et recul de l'arbre principal).

35 La position des clapets est alors asservie à une valeur d'intensité moyenne qui dépend de la constante de temps du circuit RC. De préférence

la constante de temps $T = RC$ est choisie au moins égale à la période du mouvement avant-arrière de l'arbre malaxeur. Cette régulation simple présente cependant l'inconvénient, dans certains cas, de ne pas être suffisamment rapide pour éviter les effets de bourrage de l'appareil particulièrement lorsque l'on recherche une puissance moyenne de malaxage élevée, proche du maximum que peut fournir le moteur.

Dans le cas de la régulation numérique, deux capteurs fixes détectent le passage de l'arbre dans ses positions extrêmes avant et arrière et déclenchent la mesure de l'intensité instantanée correspondant sensiblement au passage par un maximum et un minimum. Un algorithme de régulation implanté sur automate programmable analyse l'évolution de ces valeurs au cours du temps et détermine la position des clapets de façon à maximiser ou à optimiser la puissance absorbée par le malaxeur. De plus, l'observation des minimas d'intensité permet de détecter en temps utile le risque de bourrage et de modifier l'ouverture des clapets en conséquence, et simultanément de déclencher une alarme.

EXEMPLES DE MISE EN OEUVRE DE L'INVENTION :

On a effectué une série d'essais sur une chaîne de malaxage composée de deux malaxeurs du premier type (K 600 KE et K 550 KE), conformes au premier type décrit, ayant un débit horaire de l'ordre d'une trentaine de tonnes par heure, et disposés en série.

La pâte, destinée à la fabrication d'anodes précuites pour la production d'aluminium, était composée de coke de pétrole, de densité apparente au mercure = $1,72 \text{ g/cm}^3$, et de 14,5 % de brai de houille de point de ramollissement 110° Mettler. Le malaxage a été effectué à 160°C .

Exemple 1 :

A titre de comparaison, une première série de 100 anodes pour l'électrolyse de l'AL a été produite dans les conditions habituelles de l'art antérieur en positionnant manuellement les clapets du premier malaxeur de manière à obtenir une énergie de malaxage d'environ $3,8 \text{ kWh/T}$ de pâtes. (Soit une puissance absorbée par le moteur d'entraînement de 105 kWh).

Exemple 2 :

Une deuxième et une troisième série d'essais, portant également sur 100 anodes, ont été réalisées en asservissant conformément à l'invention
5 l'ouverture des clapets du premier malaxeur à la puissance consommée par son moteur, de façon que l'énergie de malaxage soit de 4,9 kWh/T de pâte dans le 2ème essai, et de 7,3 kWh/T de pâte dans le 3ème essai. La puissance absorbée par le moteur d'entraînement était de 135 KW dans le second essai et de 200 kW dans le troisième essai.

10 Pour les trois séries d'essais, les clapets du deuxième malaxeur ont été maintenus à la même position, correspondant à une énergie de malaxage de 2,7 kWh/T de pâte. (Soit une puissance absorbée de 74 kW).

15 La pâte malaxée a été mise en forme, par vibro-tassage et les anodes ont été cuites (à environ 1100° C.) dans les conditions habituelles, dans un four à chambres à feu tournant.

On a prélevé des échantillons et mesuré les caractéristiques des
20 anodes produites dans les trois séries d'essais et on a obtenu les résultats suivants :

			SELON L'INVENTION			
			ART ANTERIEUR			
25			ESSAI n° 1	ESSAI n° 2	ESSAI n° 3	
	Densité g/cm ³	1,55 ± 0,02	1,592 ± 0,011	1,594 ± 0,014		
30	Résistivité électrique μ cm	5600 ± 170	5120 ± 122	5060 ± 54		
	Résistance à l'écrasement en MPa	425 ± 30	500 ± 32	504 ± 43		

35 Cet exemple, concernant le premier type de malaxeur, montre que la mise en oeuvre de l'invention apporte un gain important sur les valeurs moyennes aussi bien que sur la dispersion de ces valeurs. Ces derniers résul-

tats pouvant être attribués à une meilleure homogénéité de la pâte due à la stabilisation dans le temps de l'énergie de malaxage. Mais un tel principe est applicable et permet des améliorations sensibles pour tout autre type de malaxeur continu dans lequel on peut moduler la perte de

5 charge subie par la pâte.

Dans le cas où la chaîne de malaxage comporte deux malaxeurs en série, la régulation selon l'invention peut être appliquée soit au premier, soit au second, soit aux deux simultanément, en s'assurant d'une compa-

10 tibilité entre les débits instantanés de chacun d'eux pour éviter les risques de bourrage.

REVENDEICATIONS

- 1° - Procédé de régulation en continu de la puissance de malaxage des pâtes destinées à la fabrication d'agglomérés carbonés dans une chaîne de malaxage continu, ces pâtes étant constituées par un mélange de grains carbonés et d'un liant organique introduit à l'état solide ou liquide, le malaxeur étant muni d'un moyen de moduler la perte de charge subie par la pâte, procédé caractérisé par les opérations suivantes :
- on fixe la valeur de l'énergie de malaxage que l'on veut appliquer à la pâte carbonée, en kilowattheure par tonne, le débit horaire du malaxeur et on en déduit une puissance de consigne.
 - on met le malaxeur en marche.
 - on mesure la puissance absorbée par le moteur.
 - on compare la puissance mesurée à la valeur de consigne.
 - à partir de l'écart de puissance entre la valeur de consigne et la valeur mesurée, on élabore, de façon connue un signal qui agit sur le moyen de contrôle de la perte de charge subie par la pâte.
- 2° - Procédé, selon revendication 2, caractérisé en ce que dans le cas d'un malaxeur constitué par un corps tubulaire garni, sur sa surface interne d'une pluralité de dents fixes inclinées par rapport à l'axe du corps tubulaire à l'intérieur duquel est disposé un arbre rotatif, coaxial avec le corps tubulaire, animé d'un mouvement de va-et-vient synchronisé avec un mouvement de rotation assuré par un moteur à courant continu, cet arbre étant muni de dents coopérant avec les dents fixes pour assurer le pétrissage et l'écoulement de la pâte carbonée, la sortie du malaxeur étant munie d'une buse dont le degré d'ouverture est contrôlé par des clapets motorisés, commandés par un régulateur, on réalise les opérations suivantes :

- on fixe la valeur de l'énergie de malaxage que l'on veut appliquer à la pâte carbonée, en kilowattheure par tonne, le débit horaire du malaxeur et on en déduit l'intensité de consigne du courant alimentant le moteur.
- 5
- on met le malaxeur en marche.
- on mesure l'intensité absorbée par le moteur qui est proportionnelle à la puissance, le moteur étant alimenté en courant continu sous
- 10 une tension sensiblement constante.
- on compare l'intensité mesurée à la valeur de consigne.
- à partir de l'écart d'intensité entre la valeur de consigne et la
- 15 valeur mesurée, on élabore, de façon connue, un signal qui introduit dans le régulateur, modifie l'ouverture des clapets de façon que l'intensité revienne à sa valeur de consigne.
- 3° - Procédé de régulation, selon revendication 2, caractérisé en ce que
- 20 l'intensité absorbée par le moteur est mesurée en continu, introduite dans un filtre RC dont la constante de temps est au moins égale à la période du mouvement de va-et-vient de l'arbre du malaxeur, puis dans le régulateur qui commande l'ouverture des clapets.
- 25 4° - Procédé de régulation selon revendication 2 caractérisé en ce que l'intensité absorbée par le moteur est mesurée en valeurs discrètes correspondant sensiblement au passage par un maximum et un minimum pour au moins deux positions de l'arbre du malaxeur correspondant sensiblement à ses positions extrêmes avant et arrière.
- 30
- 5° - Procédé de régulation, selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que, lorsque la chaîne de malaxage comporte deux malaxeurs en série, on effectue la régulation sur le premier malaxeur et on règle le débit du second pour qu'il soit
- 35 au moins égal au débit du premier.
- 6° - Procédé de régulation, selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que, lorsque la chaîne de malaxage com-

porte deux malaxeurs en série on effectue la régulation sur le second malaxeur et on règle le débit du premier pour qu'il soit inférieur ou au plus égal à celui du second.

- 5 7° - Procédé de régulation, selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que, lorsque la chaîne de malaxage comporte deux malaxeurs en série, on effectue la régulation sur les deux malaxeurs et on règle le débit du second de façon qu'il soit égal ou supérieur à celui du premier.

10

- 8° - Procédé de régulation, selon revendication 4 caractérisé en ce que l'on compare, de façon continue, les minimas successifs d'intensité à une valeur supérieure de consigne prédéterminée, et lorsque ce seuil est franchie, ce qui est l'indice d'un débit de bourrage, on
15 élabore un signal qui déclenche une alarme et augmente le degré d'ouverture des clapets de sortie.



A B R E G E

PROCEDE DE REGULATION, EN CONTINU, DE LA PUISSANCE DE MALAXAGE
DES PATES DESTINEES A LA FABRICATION D'AGGLOMERES CARBONES

L'invention concerne un procédé de régulation en continu de la puissance de malaxage des pâtes destinées à la production d'agglomérés carbonés dans un malaxeur comportant un moyen de moduler la perte de charge subie par la pâte carbonée.

5

En comparant la puissance absorbée par le moteur du malaxeur à une valeur de consigne, on élabore un signal d'erreur qui modifie le moyen de modulation de la perte de charge de façon que la puissance revienne à sa valeur de consigne, de façon à optimiser l'énergie du malaxage en 10 kilowattheure par tonne de pâte.

Fig. 1



1-1

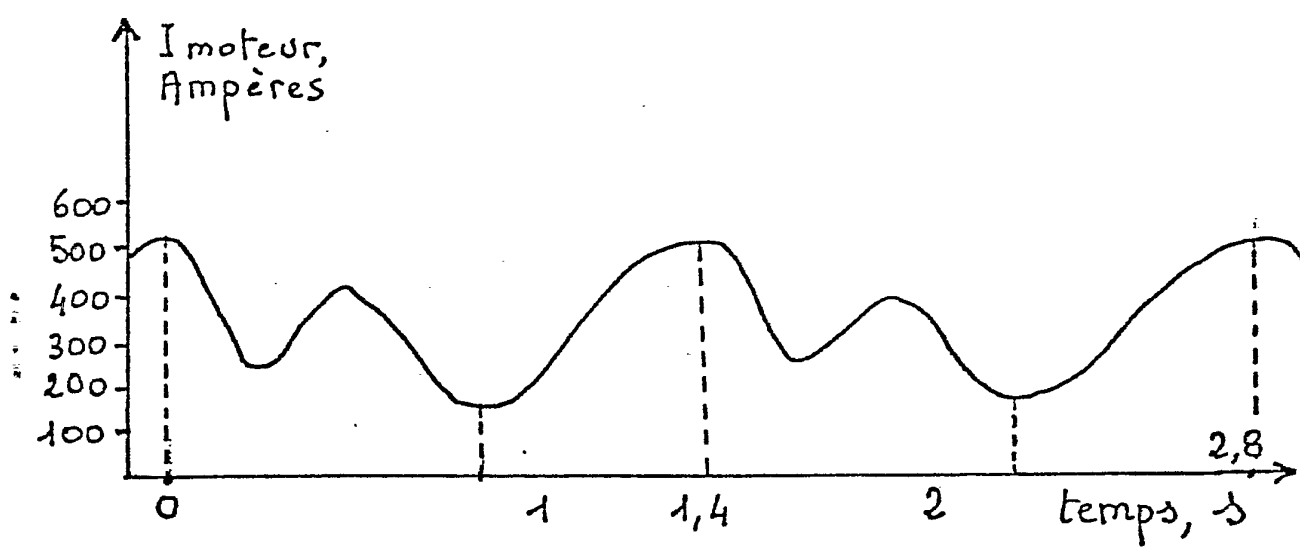


Fig. 1

1