

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.10.00.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 12.04.02 Bulletin 02/15.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : WHEELABRATOR ALLEVARD  
Société anonyme — FR.

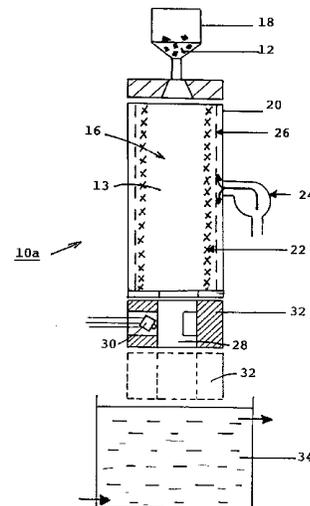
⑦2 Inventeur(s) : MARIOTTI GERARD et MINIER  
ALINE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HECKE.

⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE SPHEROÏDISATION PAR REFUSION DE PARTICULES MÉTALLIQUES.

⑤7 Un procédé de sphéroïdisation de particules métalliques 12 solides par refusion, suivie d'une solidification par projection rapide des particules fondues dans un bac 34 rempli de liquide de refroidissement, consiste à  
- introduire par gravité les particules métalliques 12 dans un premier compartiment de préchauffage 16 situé sous une trémie de stockage 18, puis dans un deuxième compartiment de fusion 28 agencé directement en aval par rapport au sens d'écoulement vertical,  
- et à injecter un flux de gaz chaud issu de brûleurs 20, 30 sensiblement transversalement dans le canal d'écoulement 13 pour minimiser le contact des particules 12 avec les parois délimitant la zone chaude.



5 **Procédé et dispositif de sphéroïdisation par refusion de particules métalliques.**

10

**Domaine de l'invention**

15

L'invention concerne un procédé de sphéroïdisation de particules métalliques solides par refusion au moyen d'un flux de gaz à l'intérieur d'une zone chaude dont l'échauffement permet d'atteindre le point de fusion des  
20 particules, suivi d'une solidification par projection rapide des particules fondues et sphéroïdales dans un liquide ou fluide de refroidissement se trouvant dans une zone froide, le flux de gaz chaud étant généré par au moins un brûleur.

25 **Etat de l'art antérieur**

La voie la plus directe pour obtenir des particules métalliques sphériques est l'atomisation, qui consiste à porter le métal à l'état liquide dans un four à arc ou à induction, à le couler sous la forme d'un jet calibré, puis à disperser ce  
30 jet par le mouvement rapide d'un gaz ou d'un courant de liquide, ou par l'action d'un disque tournant. Le métal dispersé prend alors la forme d'une sphère sous l'effet de la tension de surface du métal liquide, avant de se solidifier.

5 Ces procédés d'atomisation connus pour la production de billes sphériques de gros diamètre impliquent l'obtention d'une spectre granulométrique large. Ainsi, la production de billes de 1.5mm nécessite l'atomisation d'un spectre granulométrique compris entre 100 microns et 5mm.

10 Or, il apparaît nécessaire dans certains cas de limiter la production de particules métalliques sphériques à une tranche granulométrique étroite en partant de particules métalliques solides calibrées non sphériques. Ces particules sont obtenues soit par découpe ou broyage de métaux de la composition visée, soit par retamissage de particules atomisées mais de  
15 formes imparfaites.

Les documents US-A-184815 et EP-A-256233 décrivent un procédé de sphéroïdisation de poudres métalliques de formes irrégulières, par exemple de carbures de tungstène ou de fer, par passage dans une flamme plasma.

20 Dans ce procédé, la température de flamme est comprise entre 5500°C et 17000°C, et la vitesse de sortie des particules de la torche plasma est élevée, supérieure à 50 m.s<sup>-1</sup>. La taille des particules transformées est inférieure à 250 microns.

25 Le document EP-0149 027 se rapporte à un procédé de sphéroïdisation en flamme gaz ou plasma, consistant à délivrer les particules solides en quantités dosées, dans un flux de gaz chauds lequel est dirigé en sens inverse de la pesanteur. Les particules sont maintenues dans la flamme pendant un certain temps pour atteindre la fusion, et sont intégralement  
30 fondues dans une couche tourbillonnaire en fusion avant d'être atomisées dans le flux gazeux.

Le document US-A-3272615 mentionne un procédé de sphéroïdisation en flamme gaz, dans lequel les particules métalliques à transformer sont

5 injectées à l'intérieur d'une flamme dite inversée. La flamme inversée est  
produite par la combustion d'un gaz dans de l'air ou de l'air enrichi d'oxygène,  
l'air étant amené axialement dans la flamme (zone oxydante) et étant entouré  
du gaz combustible (zone réductrice). Il en résulte une protection attendue  
des particules contre l'oxydation au cours de la fusion. Les particules sont  
10 accélérées à l'aide d'un Venturi, et injectées directement dans la flamme  
dans le sens de la pesanteur. Le temps de passage des particules dans la  
flamme est relativement court, avec un risque de fusion seulement partielle  
de certaines particules.

15

### **Objet de l'invention**

Un objet de la présente invention consiste à élaborer un procédé de  
sphéroïdisation de particules métalliques angulaires ou de forme imparfaite  
20 qui pallie les inconvénients ou limites des procédés connus de l'état de la  
technique.

Plus particulièrement, un objet de la présente invention est de proposer un  
procédé de sphéroïdisation de particules métalliques permettant de  
25 transformer des particules métalliques dans un spectre granulométrique  
restreint de taille supérieure à 20 microns avec un bon rendement  
énergétique, et une productivité élevée, notamment supérieure à 10 kg/h.

Un autre objet de la présente invention consiste à élaborer un procédé de  
30 sphéroïdisation de particules, dans lequel le temps de séjour des particules  
dans la zone chaude est suffisamment long pour permettre aux particules,  
même de gros diamètre, d'atteindre leur point de fusion.

5 Un autre objet de la présente invention consiste à limiter l'oxydation des particules pendant leur séjour dans la zone chaude.

Un autre objet de la présente invention consiste à élaborer un procédé de sphéroïdisation fiable autorisant un fonctionnement en continu avec un débit  
10 optimum, et avec une température et un écoulement des particules contrôlés depuis l'alimentation jusqu'au bac de collecte, sans phénomènes de blocage ou d'accumulation.

Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que

- 15 - on introduit par gravité avec ou sans vitesse initiale, les particules métalliques dans un premier compartiment de préchauffage situé à l'amont, puis dans un deuxième compartiment de fusion agencé directement en aval par rapport au sens d'écoulement vertical,
- et on injecte le flux de gaz chaud sensiblement transversalement dans le  
20 canal d'écoulement pour minimiser le contact des particules avec les parois délimitant la zone chaude.

Selon une caractéristique de l'invention, le préchauffage peut être réalisé par conduction, par contact des particules avec le moufle, le creuset ou la cornue  
25 d'un four statique ou rotatif à gaz ou électrique.

Selon une autre caractéristique, le préchauffage peut être réalisée par convection, par passage des particules dans une courant d'air chaud de type lit fluidisé, dans une flamme ou devant une flamme sans contact avec un  
30 surface solide.

Selon une autre caractéristique, le préchauffage peut être réalisé par rayonnement, par passage des particules devant une surface solide chauffée à plus de 600°C, le chauffage de la surface solide pouvant être produit par

5 l'énergie de convection et de rayonnement des brûleurs à gaz utilisés en aval ou par chauffage indépendant de type résistance électrique, ou encore par combinaison des deux.

Selon une autre caractéristique, le préchauffage peut-être réalisé par une  
10 combinaison des modes décrits précédemment, la nature du préchauffage devant éviter préférentiellement tout contact entre les particules et une surface solide susceptible de limiter leur écoulement.

La fusion des particules dans le deuxième compartiment est opérée par  
15 passage dans une flamme issue d'un brûleur alimenté en gaz comburant et en oxygène, ou devant une paroi chaude rayonnante chauffée par un brûleur à gaz radiant.

L'invention concerne également un dispositif de sphéroïdisation de particules  
20 métalliques pour la mise en œuvre du procédé précité.

Le premier compartiment de préchauffage peut être formé par une enceinte réfractaire isolée et entourée par des résistances électriques pour obtenir un  
préchauffage statique par rayonnement.

25 Selon un mode de réalisation préférentiel, un brûleur à gaz comporte avantageusement une paroi poreuse radiante, notamment en matériau céramique ou métallique, s'étendant le long du premier compartiment de préchauffage, et /ou du deuxième compartiment de fusion pour établir ledit  
30 flux de gaz chaud. Le brûleur à gaz est alimenté par un organe d'injection qui envoie un mélange air et gaz comburant vers une grille de répartition, laquelle est décalée transversalement de la paroi poreuse par un espace de séparation dans lequel s'établit la combustion dudit mélange. Le compartiment de fusion est équipé de brûleurs alimentés en gaz comburant

5 et oxygène, et répartis sur au moins sur au moins une virole de support en étant inclinés vers le bas pour guider et accélérer les particules fondues vers le bac de refroidissement.

## 10 **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple non limitatif, et représenté aux dessins annexés dans lesquels:

15

la figure 1 est une vue schématique en coupe d'une installation pour la mise en oeuvre du procédé conforme à la présente invention ;

les figures 2 et 3 sont des vues identiques de la figure 1 de deux variantes de réalisation ;

20 la figure 4 représente une vue en perspective d'une autre variante de réalisation.

## **Description d'un mode de réalisation préférentiel**

25

L'invention concerne un procédé de sphéroïdisation de particules métalliques de taille supérieure à 20 microns. On entend par matériau métallique tout métal, alliage métallique, composé à matrice métallique ou mélange des catégories précitées, dont la température de fusion est  
30 inférieure à 1700°C.

Dans la suite de la description, il sera fait référence à l'acier comme matériau métallique, sous la forme de grenailles ou de particules angulaires obtenues

5 par broyage. Il est clair que le procédé selon l'invention ne se limite pas à un tel matériau.

Sur la figure 1, le dispositif de sphéroïdisation 10 comporte un empilage de quatre zones, à savoir une zone de chargement A, une zone de préchauffage  
10 B, une zone de fusion C, et une zone de refroidissement rapide D. La partie amont de l'installation est dotée d'un préchauffage statique par rayonnement suite au passage des particules métalliques 12 dans un canal d'écoulement 13 d'une enceinte réfractaire 14 de forme cylindrique. On introduit par gravité avec ou sans vitesse initiale les particules métalliques 12 dans le  
15 compartiment de préchauffage 16 à partir d'une trémie 18, associée à un système mécanique d'injection et de dosage pour contrôler le débit dans le canal d'écoulement 13.

L'enceinte 14 cylindrique est isolée thermiquement par une couche épaisse  
20 d'un matériau réfractaire, et est entourée coaxialement par des résistances électriques 18 annulaires pour obtenir le préchauffage statique par rayonnement.

Sur la figure 2, le dispositif de sphéroïdisation 10a possède un préchauffage  
25 dynamique par convection et rayonnement suite au passage des particules 12 devant au moins un brûleur à gaz radiant 20 de grande surface. Le flux de gaz chauds est dirigé radialement selon un lit fluidisé agencé pour minimiser le contact des particules avec la paroi chaude 22 rayonnante. Cette paroi 22 cylindrique est formée par un élément poreux, notamment en céramique ou  
30 métallique, autorisant le passage radial des gaz chauds de combustion. Un organe d'injection 24 envoie le mélange air et gaz sur une grille de répartition 26 disposée coaxialement autour de la paroi radiante 22. La combustion a lieu dans l'espace annulaire situé entre la paroi radiante 22 et la grille de

5 répartition 26. Dans le canal d'écoulement 13, les particules 12 ne traversent pas la zone de combustion, laquelle se trouve à l'arrière de la paroi 22.

Bien entendu, l'efficacité du préchauffage dépend du mode d'injection des particules métalliques 12 (débit et densité de la veine de particules), de la  
10 température de surface de l'enceinte 14 réfractaire, et de la hauteur de la zone de préchauffage qui définit le temps de passage des particules 12.

Dans les figures 1 et 2, les particules préchauffées à la sortie de la zone de préchauffage B, pénètrent par gravité dans un compartiment de fusion 28 de la zone C, dans laquelle se trouve au moins un brûleur 30 alimenté en gaz  
15 comburant et en oxygène. Les brûleurs 30 sont agencés sur une virole 32 isolée thermiquement, en étant inclinés vers le bas d'un angle  $\Omega$  afin d'orienter et d'accélérer les particules vers la zone de refroidissement D rapide. Le nombre de brûleurs 30 par virole 32 dépend de la puissance  
20 nécessaire, elle-même fonction de la nature du matériau à transformer, de la taille des particules et de leur débit. Lorsque plusieurs viroles 32 sont empilées sur plusieurs étages, les brûleurs 30 de chaque étage sont placés en quinconce. Le ratio O<sub>2</sub>/gaz des brûleurs 30 est réglé de manière à garantir à la fois des conditions réductrices et une puissance suffisante.

25 Les particules 12 fondent et passent à l'état liquide de manière quasi instantanée dans la zone de fusion C, puis sont refroidies rapidement dans la zone D comprenant un bac de refroidissement 34 dont le positionnement en hauteur est adapté à la nature du matériau transformé. Il est clair que le  
30 bac de refroidissement pourra être remplacé par un rideau d'eau ou par un rideau ou jet de gaz.

Sur la variante de la figure 3, les brûleurs 30 à O<sub>2</sub>/gaz du dispositif de sphéroïdisation 10b sont supprimés, et le brûleur à gaz radiant 20 s'étend

- 5 avec la paroi chaude 22 rayonnante sur toute la hauteur des zones de préchauffage B et de fusion C. La température de fusion à la partie inférieure du brûleur à gaz radiant 20 est réglée par des moyens de contrôle à une valeur supérieure à celle régnant à l'amont de la zone de préchauffage B.
- 10 La figure 4 représente un dispositif de sphéroïdisation 10c de structure plane dont la longueur et la hauteur sont fonction de la capacité recherchée. Le brûleur radiant plan de la zone de préchauffage B est composé de deux plaques 20a, 20b parallèles, équipée chacune d'une paroi chaude 22 rayonnante, et d'une grille de répartition 26. Dans la zone de fusion C, les
- 15 brûleurs 30 à O<sub>2</sub>/gaz sont répartis sur deux supports 32a, 32b isolants parallèles.

L'invention sera maintenant décrite à l'aide de deux exemples donnés à titre non limitatifs dans le cas de particules d'acier obtenues par broyage.

20

**Exemple 1 :**

Particules métalliques : acier type XC90

- granulométrie comprise entre 250 et 350 microns,
- 25 - débit d'alimentation : 10 à 30 kg/h

Mise en oeuvre telle que décrite en figure 1

- hauteur de préchauffage : 1.20m
- température de surface du solide isolant : entre 800 et 1400°C
- 30 - deux viroles 32 de fusion comprenant chacune trois brûleurs disposés à 120°,
- puissance unitaire des brûleurs 50 à 70 kW

Les paramètres de sphéroïdisation ainsi définis permettent d'obtenir :

- 5                   - 50 à 75% de particules sphériques de diamètre supérieur à  
180 microns.  
                    - épaisseur de la couche d'oxyde inférieure à 10% du rayon.

**Exemple 2 :**

10

Particules métalliques : acier type XC90

- granulométrie comprise entre 250 et 350 microns,
- débit d'alimentation : 10 à 30 kg/h

15

Mise en oeuvre telle que décrite en figure 2

- hauteur de préchauffage : 1.00m
- température de surface des panneaux radiants 600 à 900°C
- puissance des brûleurs radiants : 100 à 250 kW/m<sup>2</sup>,
- deux viroles de fusion comprenant chacune trois brûleurs à

20   120°,

- puissance unitaire des brûleurs 50 à 70 kW

Les paramètres de sphéroïdisation sont les suivants:

- 25   180 microns,
- 15 à 30 % de particules sphériques de diamètre supérieur à
  - épaisseur de la couche d'oxyde inférieure à 10% du rayon.

5

## REVENDEICATIONS

10 1. Procédé de sphéroïdisation de particules métalliques (12) solides par  
refusion au moyen d'un flux de gaz à l'intérieur d'une zone chaude dont  
l'échauffement permet d'atteindre le point de fusion des particules, suivi  
d'une solidification par projection rapide des particules fondues et  
15 sphéroïdales dans un liquide ou fluide de refroidissement se trouvant  
dans une zone froide, le flux de gaz chaud étant généré par au moins un  
brûleur,

caractérisé en ce que

- on introduit par gravité avec ou sans vitesse initiale, les particules  
20 métalliques (12) dans un premier compartiment de préchauffage (16)  
situé à l'amont, puis dans un deuxième compartiment de fusion (28)  
agencé directement en aval par rapport au sens d'écoulement vertical,
- et on injecte le flux de gaz chaud sensiblement transversalement dans le  
canal d'écoulement pour minimiser le contact des particules (12) avec les  
25 parois délimitant la zone chaude.

25

2. Procédé de sphéroïdisation de particules selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que le préchauffage est réalisé dans le premier  
compartiment (16) par conduction dans un four à gaz ou électrique.

30

3. Procédé de sphéroïdisation de particules selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que le préchauffage est réalisé dans le premier  
compartiment (16) par convection suite au passage des particules (12)

5 dans un flux d'air chaud, ou au voisinage d'une flamme sans contact avec une surface solide.

10 4. Procédé de sphéroïdisation de particules selon la revendication 1, caractérisé en ce que le préchauffage est réalisé dans le premier compartiment (16) par rayonnement suite au passage des particules (12) devant une surface solide chauffée et radiante.

15 5. Procédé de sphéroïdisation de particules selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fusion des particules (12) dans le deuxième compartiment (28) est opérée par passage dans une flamme issue d'un brûleur (30) alimenté en gaz comburant et en oxygène, ou devant une paroi chaude (22) rayonnante chauffée par un brûleur à gaz  
20 (20) radiant.

6. Dispositif de sphéroïdisation de particules métalliques pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 5, et comprenant :

- 25 - un four de chauffage équipé d'un canal d'écoulement (13) des particules (12) pour les porter à la température de fusion,  
- et des moyens de refroidissement rapide pour la solidification des particules fondues dans un bac de refroidissement (34),

caractérisé en ce que le four comporte:

- 30 - un premier compartiment de préchauffage (16) situé sous une trémie (18) de stockage des particules (12) métalliques, et un deuxième compartiment de fusion (28) agencé directement en aval par rapport au sens de défilement vertical,

- 5 - des moyens d'introduction des particules (12) par gravité dans le canal d'écoulement (13),
- et des moyens d'injection d'un flux de gaz chaud dans le canal d'écoulement (13) selon une direction sensiblement transversale au sens de défilement des particules (12).
- 10
7. Dispositif de sphéroïdisation selon la revendication 6, caractérisé en ce que le premier compartiment de préchauffage (16) est formé par une enceinte (14) réfractaire isolée et entourée par des résistances
- 15 électriques (18) pour obtenir un préchauffage statique par rayonnement.
8. Dispositif de sphéroïdisation selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'un brûleur à gaz (20) comporte une paroi (22) poreuse radiante,
- 20 notamment en matériau céramique ou métallique, s'étendant le long du premier compartiment de préchauffage (16), et/ou du deuxième compartiment de fusion (28) pour établir ledit flux de gaz chaud.
- 25 9. Dispositif de sphéroïdisation selon la revendication 8, caractérisé en ce que le brûleur à gaz (20) est alimenté par un organe d'injection (24) qui envoie un mélange air et gaz comburant vers une grille de répartition (26), laquelle est décalée transversalement de la paroi (22) poreuse par un espace de séparation dans lequel s'établit la combustion dudit mélange.
- 30
10. Dispositif de sphéroïdisation selon l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que le compartiment de fusion (28) est équipé de brûleurs (30) alimentés en gaz comburant et oxygène, et répartis sur au

- 5 moins une virole (32) de support en étant inclinés vers le bas pour guider et accélérer les particules fondues vers le bac de refroidissement (34).

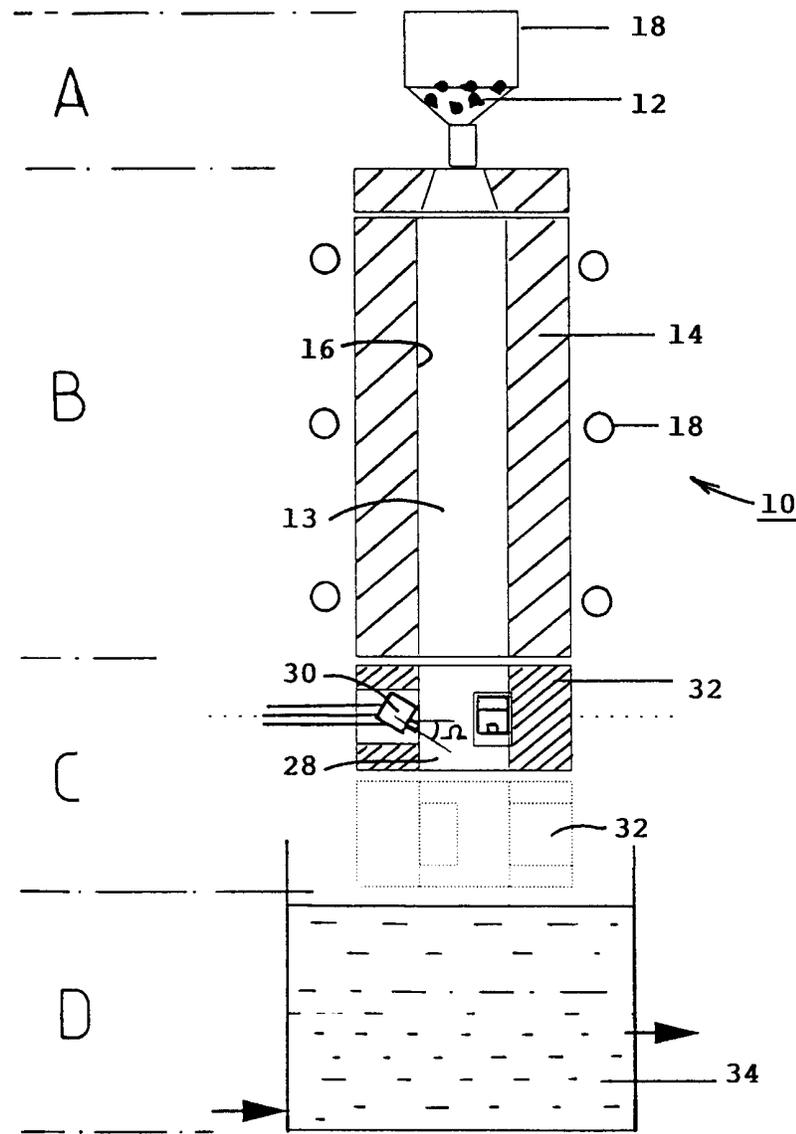


FIG 1

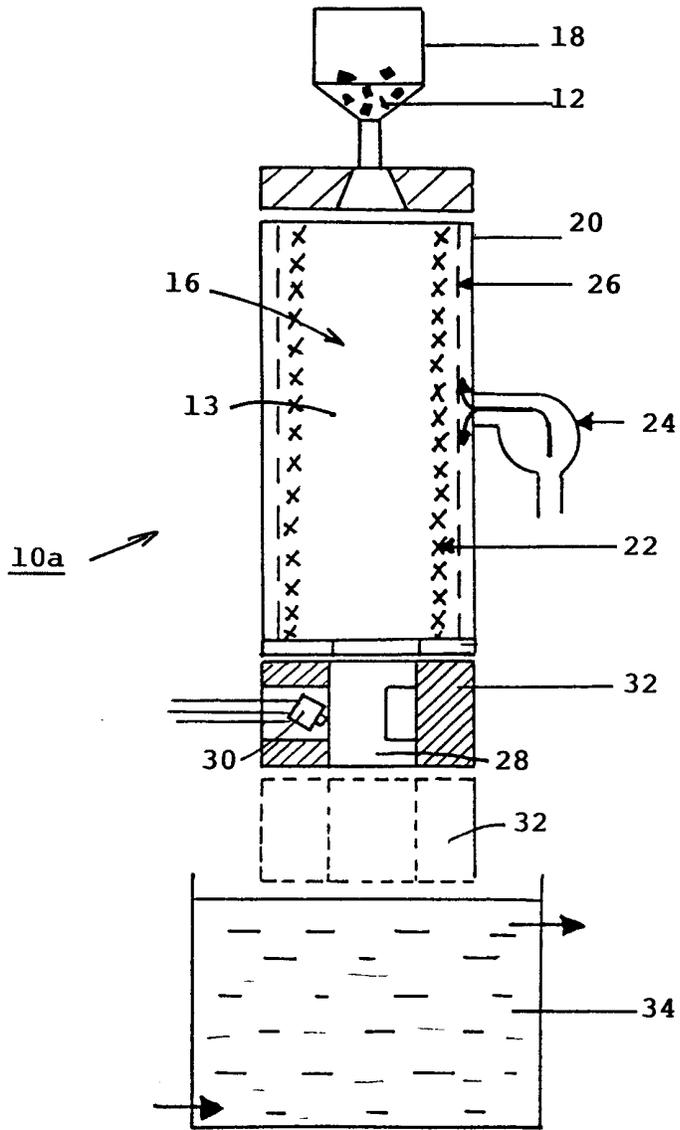


FIG 2

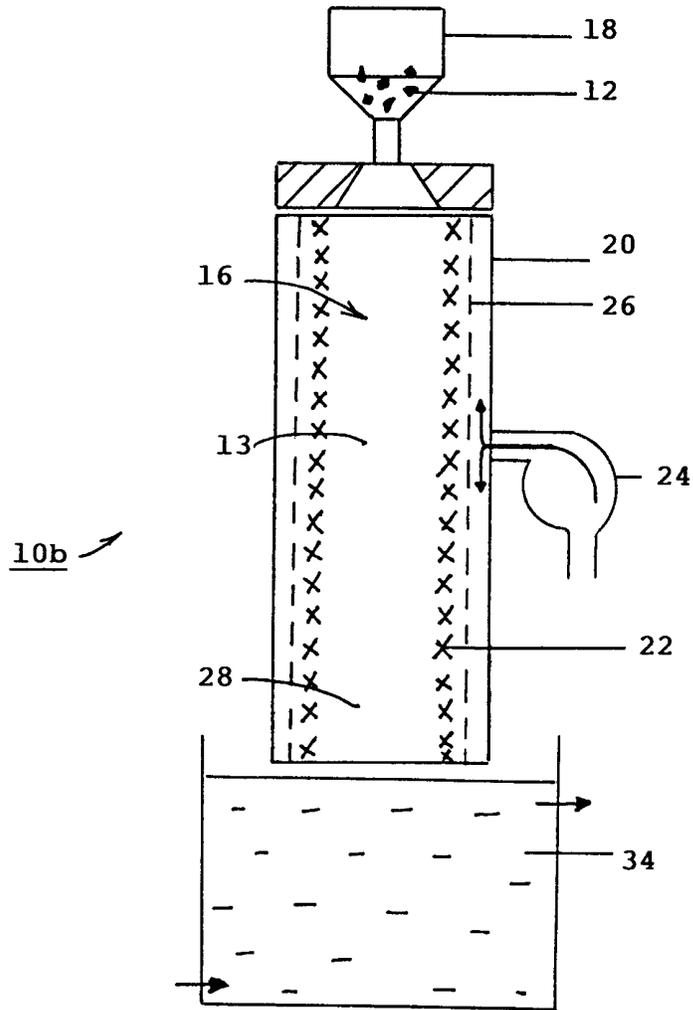


FIG 3

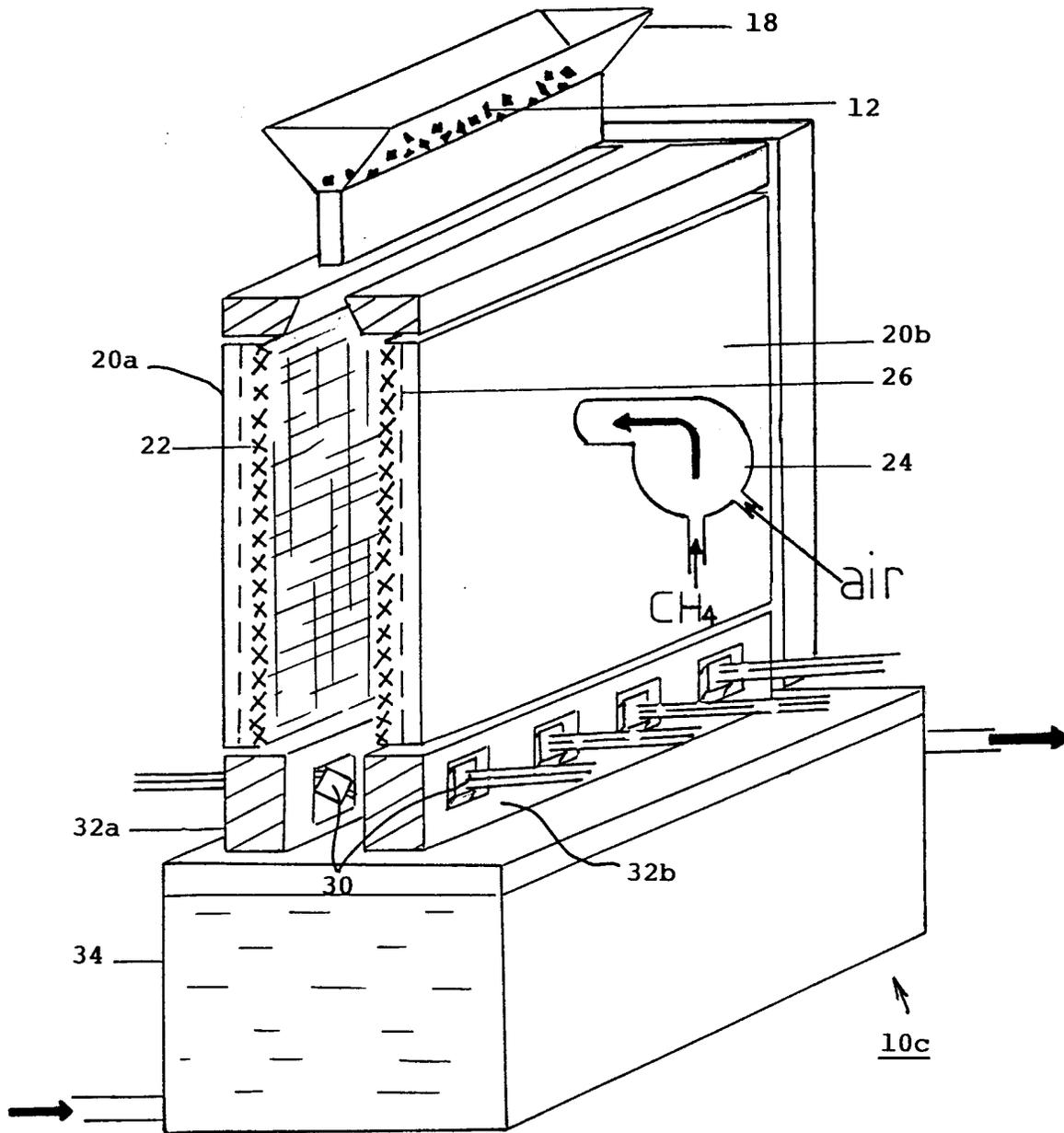


FIG 4



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
nationalFA 593669  
FR 0012814

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 25 23 346 A (KEUR & SNELTJES C V DENTAL MAN) 11 décembre 1975 (1975-12-11) * revendications 1,3,9 *	1	B22F1/00
A	US 2 038 251 A (H.VOGT) 21 avril 1936 (1936-04-21) * revendications 1-9 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 123 (C-344), 8 mai 1986 (1986-05-08) & JP 60 248234 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 7 décembre 1985 (1985-12-07) * abrégé *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			B22F B01J
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		25 juin 2001	Schruers, H
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

3