

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 627 578

②① N° d'enregistrement national : **89 02163**

⑤① Int Cl⁴ : F 27 B 3/18, 3/08; F 27 D 13/00.

①② **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 20 février 1989.

③① Priorité : FI, 22 février 1988, n° 880819.

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 34 du 25 août 1989.

⑥① Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite : *OUTOKUMPU OY, Société
régie par les Lois en vigueur en FINLANDE.* — FI.

⑦② Inventeur(s) : Nils Håkan Hakulin ; Risto Markus Heik-
kilä ; Matti Elias Honkaniemi ; Helge Johannes Krogerus ;
Launo Leo Lilja.

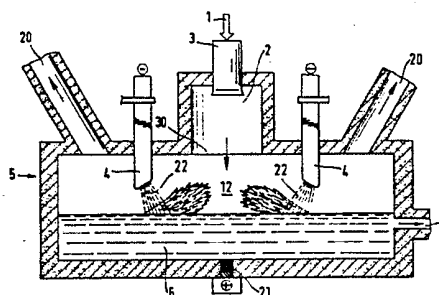
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet Ores.

⑤④ Four à fusion et procédé pour introduire dans celui-ci le matériau à traiter.

⑤⑦ L'invention est relative à un four à fusion, en particulier un
four à arc à courant continu, convenable pour le traitement de
matériau finement divisé, qui comprend au moins trois élec-
trodes suspendues à travers la voûte pour créer l'arc élec-
trique. Le matériau du procédé est introduit à travers au moins
une trappe d'alimentation 30 disposée à l'intérieur de l'orbite
circulaire formée par les électrodes 4 suspendues à travers la
voûte du four, laquelle trappe d'alimentation 30 est pourvue
d'éléments auxiliaires pour créer une alimentation régulière de
matériau dans le four. Pour décharger les gaz générés dans le
procédé, on fournit au moins une sortie 20 à l'extérieur de
l'orbite circulaire formée par les électrodes 4.

L'invention concerne aussi un procédé pour introduire un
matériau finement divisé dans le four à fusion. Selon ce
procédé, le matériau est introduit tangentiellement à travers la
trappe d'alimentation 30 sous forme de suspension.



La présente invention est relative à un four à fusion, avantageusement un four à courant continu, et à un procédé pour introduire le matériau à traiter dans celui-ci, lorsque des matériaux contenant des oxydes, comme des concentrés de minerais ou des produits intermédiaires de type oxyde, sont traités en un produit convenable pour un raffinage ultérieur.

La production d'acier à partir de fer brut, ainsi que la majorité des procédés de réduction effectués dans des fours à arc submergé, reposent sur le fait que le matériau est sous la forme de minerai en morceaux, de pellets frittés ou agglomérés et qu'en général, le seul agent réducteur acceptable est le coke.

Les méthodes de production mentionnées plus haut, que la réduction et la fusion soient effectuées dans un haut-fourneau ou dans un four à arc submergé, présentent une restriction en ce qu'un minerai finement divisé ne peut pas être utilisé sans avoir subi une coûteuse agglomération. Une autre restriction réside en ce que l'agent réducteur requis est principalement un coke de haute qualité métallurgique, dont la production pose des problèmes d'environnement. La troisième restriction concernant des fours à arc submergé est qu'une condition préalable à une fusion économique est une forte résistance électrique du laitier, ce qui est en général en contradiction avec les exigences métallurgiques.

En conséquence, on a longtemps essayé de mettre au point de nouveaux procédés de fusion dépourvus de telles restrictions. Parmi les nouvelles méthodes, certaines reposent sur la fusion de minerai finement divisé dans un four électrique, dans lequel l'énergie de fusion est créée par un arc à plasma ou un arc à courant continu, ou dans lequel le courant électrique chauffe le laitier par pertes de résistance. Ces nouvelles méthodes comprennent souvent le préchauffage et la réduction préliminaire du minerai finement divisé.

Dans un procédé à arc à plasma, comme:

- le procédé Freital (L.-W. Kepplinger, H. Müller, E. Koch, Bericht über plasmametallurgische Entwicklungen bei der Voest-Alpine, 19. Metallurgischer Seminar der GDMB; Elektroofentechnik in der

Metallurgie, 1987);

- le procédé EPP (C.P. Heanley, P.M. Cowx, The smelting of Ferrous Ores Using a Plasma Furnace, Electric Furnace Conference Proceedings, ISS-AIME, Vol. 40, 1982, pp. 257-265);

5 - le procédé SSP (J.J. Moore, K.J. Reid, Industrial Plasma for Steelmaking, Electric Furnace Conference Proceedings, ISS-AIME, Vol. 40, 1982, pp. 231-238;

- le procédé Plasmacan (brevet CA 1.173.7481) et

- le procédé de l'Université de Toronto (I.D. Sommerville, A. McLean,

10 C.B. Alcock, Smelting and Refining of Ferroalloys in a Plasma Reactor, Electric Furnace Conference Proceedings, ISS-AIME, Vol. 41, 1983),

le principal problème réside en ce qu'une partie trop importante du rayonnement de l'arc à plasma est utilisée pour le chauffage du revêtement du four plutôt que pour le chauffage de la masse fondue
15 ainsi que de la matière première introduite. Pour réduire ce problème, la matière première est introduite en rideau autour de l'arc électrique. Comme le rideau reste mince, on ne peut pas considérer que la solution est optimale.

20 Lorsqu'on utilise un four à courant continu, comme dans la demande ASEA (demande de brevet SE 8600939-6) et dans le procédé ELRED (P.H. Collin, H. Sticker, The ELRED Process, Iron and Steel Engineer, Vol. 57, 3, 1980, pp. 43-45), la matière première est introduite à travers un trou ménagé dans l'électrode. Pour rester
25 électroducteur, l'arc électrique a besoin d'une température élevée et donc, il peut aussi dans ce procédé chauffer trop le revêtement, ou alors la stabilité de l'arc électrique est réduite, si bien que le rendement énergétique reste faible.

L'IRSID a, avec le CLESIM et Jeumont-Schneider,
30 construit un four à courant continu avec trois électrodes servant de cathodes. Maintenant, les arcs électriques, en raison du champ magnétique, sont incurvés vers l'intérieur. En pratique, il a été prouvé que le rayonnement de l'arc électrique sur les parois est extrêmement faible par rapport au rayonnement de l'arc électrique
35 d'un four à courant continu.

Un matériau contenant un oxyde métallique et/ou un sulfure métallique finement divisé pour la production de métal fondu, peut aussi être traité selon les méthodes décrites dans les brevets FI 66433 et 66434. En conséquence, lorsque le matériau contenant

5 l'oxyde métallique tombe à travers le fourneau à cuve, il fond au contact des gaz chauds créés par combustion, auquel cas un peu d'agent réducteur contenant du carbone est introduit simultanément dans le fourneau à cuve. On fait monter ces gaz chauds à travers la

10 partie inférieure de la cuve est converti en un produit pré-réduit, par une réduction partielle au contact de l'agent réducteur fourni. Le matériau contenant l'oxyde métallique en cours de traitement, est introduit avec le reste du matériau solide, dans le fourneau à cuve à travers des brûleurs, qui sont dirigés obliquement vers le bas. Grâce

15 aux brûleurs inclinés vers le bas, le matériau solide est envoyé vers le centre du fourneau à cuve. En conséquence, il se forme au centre du fourneau à cuve un épais rideau de matière, dans lequel le chauffage des particules se trouvant le plus à l'intérieur n'est pas susceptible d'atteindre les mêmes conditions que celles des

20 particules extérieures, auquel cas l'utilisation de l'énergie finit par être irrégulière et médiocre.

Le propos de la présente invention est d'éliminer une partie des inconvénients de l'art antérieur et de réaliser un four à fusion qui pourrait utiliser plus efficacement l'énergie électrique

25 introduite dans un four à arc à courant continu, ainsi que de mettre au point une méthode d'alimentation pour le matériau à traiter dans le four à fusion. Les nouvelles caractéristiques essentielles de l'invention sont apparentes dans les revendications ci-après.

Selon la présente invention, le matériau finement divisé

30 est introduit dans un four à arc à courant continu, à travers au moins une trappe d'alimentation disposée dans la voûte du four, dans la zone située entre les électrodes, laquelle trappe d'alimentation peut être avantageusement reliée à une unité de préchauffage du matériau et/ou à un diviseur de concentré. Ces membres forment

35 avantageusement un système essentiellement fermé avec l'espace

des gaz du four à fusion et créent ainsi un approvisionnement en matériau essentiellement régulier dans le four à fusion. L'énergie électrique requise dans le traitement peut donc être dirigée vers la masse fondue et le matériau devant être introduit, d'une façon
5 remarquablement supérieure à ce que permet l'art antérieur.

L'invention peut être avantageusement appliquée à un four à arc à courant continu, dans lequel au moins trois électrodes servant de cathodes et suspendues à travers la voûte, sont situées sur une orbite circulaire, de façon essentiellement symétrique dans
10 le centre du four. Quant à l'anode, elle est placée dans le revêtement de la base du four, si bien qu'elle est en contact avec la masse fondue présente dans le four.

Lorsque des constructions comme celle du four à arc à courant continu décrit plus haut, sont utilisées dans la réalisation de
15 l'invention, le champ magnétique formé par les courants des électrodes incurve les arcs électriques vers l'intérieur. L'incurvation vers l'intérieur des arcs électriques peut être encore accrue par inclinaison des électrodes cathodiques par rapport au plan vertical. L'angle entre les électrodes et le plan vertical est avantageusement
20 compris entre 1 et 5 degrés. Ainsi, la partie majeure de l'énergie créée par les arcs électriques qui n'est pas transférée au bain fondu, est dirigée vers le centre du four légèrement vers le haut. Comme le matériau à traiter selon l'invention est aussi introduit au centre du cercle formé par les électrodes électriques placées dans
25 le four, l'énergie créée par les arcs électriques peut être avantageusement utilisée pour la fusion des particules qui tombent.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, il est avantageux de ménager au centre du cercle formé par les électrodes, une section de la voûte du four électrique qui est
30 essentiellement plus élevée que le reste de la voûte, laquelle section sert de cuve de préchauffage du matériau finement divisé, pour préchauffer les particules présentes dans le matériau avant qu'elles ne soient amenées dans la zone d'énergie efficace, qui dans le four de la présente invention, est avantageusement créée par les arcs
35 électriques.

5

Les gaz d'échappement formés lors du traitement du matériau sont déchargés du four à fusion de l'invention à travers des sorties disposées à l'extérieur du cercle formé par les électrodes. Selon l'invention, il est aussi possible de renvoyer une
5 partie des gaz d'échappement vers l'unité de préchauffage, c'est-à-dire la cuve de préchauffage, située au centre du four à fusion, pour renforcer le chauffage des particules de matériau fourni. Depuis la cuve de préchauffage, les gaz d'échappement remis en circulation peuvent être déchargés avant leur entrée dans la zone de fusion
10 propre du four à fusion, mais ils peuvent aussi être récupérés, avec le reste des gaz créés dans le procédé de fusion, par les sorties de gaz ménagées à l'extérieur du cercle formé par les électrodes.

L'invention est davantage expliquée ci-après en référence aux dessins ci-joints, dans lesquels:

15 la Figure 1 est une illustration schématique d'un mode de réalisation préféré de l'invention, vu de côté;

la Figure 2 est une illustration schématique d'un autre mode de réalisation préféré de l'invention, vu de côté;

20 la Figure 3 est une illustration schématique d'un mode de réalisation auxiliaire préféré de l'invention, vu de côté.

Selon la Figure 1, le mélange 1 de concentré finement divisé, d'agent réducteur et de fondant est introduit dans la cuve 2 de préchauffage à travers le diviseur de concentré 3. Au moyen de ce diviseur 3, le matériau solide introduit essentiellement
25 verticalement, est divisé en particules essentiellement séparées et distribué en suspension régulière avantageusement sur toute la surface de la section droite de la cuve de préchauffage. Ainsi, la cuve de préchauffage reçoit une suspension avantageuse de concentré fin, dans laquelle le chauffage des particules a lieu de
30 façon essentiellement régulière. Les cathodes 4 requises pour la fusion du matériau solide sont placées autour de la cuve de préchauffage 2, si bien que le champ magnétique formé par les courants des électrodes incurve les arcs électriques vers l'intérieur. Quant à l'anode 21, elle est placée dans le revêtement du
35 fond du four électrique si bien qu'elle est en contact avec la masse

fondu 6. La partie de l'énergie créée par les arcs électriques qui n'est pas directement transférée à la masse fondue 6 au fond du four à fusion 5, est donc absorbée dans le matériau à traiter 1 tombant avantageusement de la cuve de préchauffage 2. Les gaz d'échappement créés dans le traitement du matériau sont déchargés du four à fusion 5 à travers les sorties de gaz 20 situées à l'extérieur du cercle des électrodes dans la voûte du four à fusion et sont ensuite dirigés dans les unités de traitement de gaz. Quant au matériau traité, il est avantageusement évacué par la sortie 7 disposée dans le côté du four à fusion 5.

Selon le mode de réalisation préféré de la Figure 2, le concentré finement divisé, avec l'agent réducteur et le fondant, est associé aux gaz d'échappement provenant du four à fusion 5 dans raccord 9. Lorsque cela est nécessaire, la quantité d'oxygène requise pour la combustion est ajoutée à la suspension formée par les gaz d'échappement et le matériau traité via le raccord 10. L'oxygène peut être fourni sous forme d'oxygène pur ou d'air enrichi en oxygène. La suspension de gaz et de matériau solide du procédé est introduite tangentiellement dans la cuve de préchauffage 11 du four à fusion. Puis, le gaz utilisé pour le préchauffage du matériau solide peut être déchargé de la cuve de préchauffage 11 par application du principe du cyclone, avant que le matériau solide n'entre dans la zone de fusion propre 12 du four à fusion. Le gaz requis pour le préchauffage du matériau solide est évacué de la cuve de préchauffage 11 par le raccord de sortie 13 disposé dans la partie médiane de la cuve de préchauffage 11. Les gaz déchargés à travers le raccord 13 sont ensuite dirigés vers une unité de traitement de gaz, comme un réchauffeur de chaleur résiduaire 14, pour séparer les particules solides contenus dans ceux-ci et de plus, par exemple vers un laveur de gaz 15.

Pour améliorer la séparation du matériau solide des gaz utilisés pour son préchauffage, la cuve de préchauffage 11 est avantageusement étrécie vers le bas. Grâce à cette cuve de préchauffage étrécie vers le bas, le matériau solide tombant dans la zone de fusion 12 du four à fusion est avantageusement dirigé

essentiellement au voisinage du centre du four à fusion 8.

Les électrodes cathodiques 16 du four à fusion 8 sont situées, comme dans le mode de réalisation de la Figure 1, autour de la cuve de préchauffage 11 de telle sorte que le champ magnétique formé par les courants des électrodes incurve les arcs électriques vers l'intérieur, c'est-à-dire vers le centre du four à fusion. Ainsi, le matériau solide préchauffé tombant de la cuve de préchauffage 11 est dirigé de telle sorte qu'il utilise cette partie de l'énergie développée par les arcs électriques qui n'est pas directement transférée à la masse fondue présente dans le four à fusion.

Les gaz générés dans la zone de fusion 12 du four à fusion sont déchargés à travers les sorties de gaz 17, disposées à l'extérieur du cercle des électrodes de la voûte du four à fusion. Une partie de ces gaz d'échappement issus de la zone de fusion est envoyée dans le raccord 9 pour remettre en circulation les gaz d'échappement dans la cuve de préchauffage 11. Le reste des gaz d'échappement provenant de la zone de fusion est dirigé, via les raccords de sortie 18, vers l'unité de traitement de gaz et ensuite vers un traitement ultérieur.

Dans la Figure 3, le diviseur de concentré 24 est installé dans le four à fusion de l'invention à travers le centre de la voûte 23, lequel diviseur de concentré envoie le mélange de matériau finement divisé à introduire dans le four, de fondant et d'agent réducteur directement dans l'espace du gaz du four à fusion 25, sans préchauffage. Maintenant, la suspension formée par la charge d'alimentation rencontre avantageusement les arcs électriques 27 incurvés vers l'intérieur, créés par les cathodes 26, d'une façon essentiellement rapide après l'introduction. Le mode de réalisation de la Figure 3 est particulièrement avantageux pour des matériaux facilement inflammables.

Les gaz d'échappement créés par la réduction sont déchargés du four à fusion 25 par les sorties de gaz 28, disposées à l'extérieur du cercle formé dans la voûte par les cathodes 26, pour être traités ultérieurement. Selon le mode de réalisation préféré de la Figure 3, l'électrode de fond employée, l'anode 29, correspond à

l'électrode utilisée dans les modes de réalisation des Figures 1 et 2.

Il est évident que le four à fusion et le mode d'alimentation de la présente invention ne sont pas nécessairement limités aux modes de réalisation décrits plus haut, mais que
5 l'invention peut être même largement modifiée dans le cadre des revendications ci-jointes.

EXEMPLE

Le four à fusion et le procédé d'alimentation du four à fusion selon la présente invention, ont été utilisés avec un concentré
10 contenant 42,7% de Cr_2O_3 , 22,2% de FeO , 3,5% de Fe_2O_3 , 4,1% de SiO_2 , 13,1% d' Al_2O_3 , 10,2% de MgO et 0,7% de CaO (% en poids). Pour réaliser le procédé de fusion, on a introduit dans le four à fusion: 20,54 t de concentré, un total de 4,2 t de dolomite et de
15 quartzite comme fondant, ainsi que 4,3 t de coke servant d'agent réducteur. Les matériaux solides ont été d'abord ajoutés, selon la Figure 2, à travers le raccord de recirculation du four à fusion, tangentiellement dans la cuve de préchauffage par application du principe du cyclone.

20 Le propos de la cuve de préchauffage était de chauffer jusqu'à la température de 700°C, le matériau devant être fondu dans le four à fusion lui-même. On a envoyé alors 4420 Nm^3 de gaz contenant de l'oxygène, c'est-à-dire le gaz de combustion, dans la cuve de préchauffage. En relation avec le chauffage, on a déchargé
25 7185 Nm^3 du gaz de la cuve de préchauffage pour les traiter ultérieurement.

Le matériau préchauffé a été conduit, par application du principe du cyclone, dans le four à fusion dans lequel étaient créées deux phases fondues pendant le procédé de fusion: laitier, 10,49 t en
30 tout et ferro-chrome, 10,0 t en tout. Il s'était créé simultanément un total de 6610 Nm^3 de gaz d'échappement, dont 2145 Nm^3 étaient remis en circulation dans la cuve de préchauffage pour le chauffage du matériau solide froid.

Le produit ferro-chrome obtenu à partir du four à
35 fusion contenait 52,5% de chrome, 37,0% de fer, 3,0% de silicium et

- 7,5% de carbone (pourcentages en poids). L'analyse du laitier reçu indiquait 6,4% de chrome, 3,4% de fer, 29,5% d'oxyde de silicium, 26,5% d'oxyde d'aluminium, 22,9% d'oxyde de magnésium et 5,9% d'oxyde de calcium (pourcentages en poids). Le rendement ainsi obtenu du
- 5 chrome fourni dans le produit ferro-chrome était de 87,8%, le rendement du fer fourni était de 90,2% et la consommation en énergie du four à fusion était de 31,7 MWh.

REVENDECATIONS

1. Four à fusion, en particulier un four à arc à courant continu pour traiter un matériau finement divisé, lequel four comprend au moins trois électrodes suspendues à travers la voûte
5 pour créer l'arc électrique, et dont la voûte est pourvue d'ouvertures pour l'introduction du matériau solide d'alimentation et pour la décharge des gaz du procédé, caractérisé en ce que pour introduire le matériau à traiter dans le four à fusion (5, 8, 25) à l'intérieur de l'orbite circulaire formée par les électrodes (4, 16, 26)
10 suspendues à travers la voûte, on fournit au moins une trappe d'alimentation (30) qui est reliée à des éléments auxiliaires pour une alimentation régulière du matériau dans le four à fusion, et que pour décharger les gaz formés dans le procédé, on dispose au moins une sortie (20) à l'extérieur de l'orbite circulaire formée par les
15 électrodes (4, 16, 26).
2. Four à fusion suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments reliés à la trappe d'alimentation (30) et créant une alimentation régulière, forment un système essentiellement clos avec l'espace des gaz du four à fusion (5, 8, 25).
- 20 3. Four à fusion suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'à la trappe d'alimentation (30), sont reliées à la fois un diviseur de concentré (3, 24) pour le matériau en cours de traitement et une unité de préchauffage (2, 11).
4. Four à fusion suivant la revendication 1, 2 ou 3,
25 caractérisé en ce qu'à la trappe d'alimentation (30) est reliée une unité de préchauffage (2, 11) du matériau en cours de traitement.
5. Four à fusion suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'unité de préchauffage (2, 11) est étrécie vers le bas.
- 30 6. Four à fusion suivant la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce qu'à la trappe d'alimentation (30) est relié un diviseur de concentré (24) du matériau en cours de traitement.
7. Procédé pour alimenter le four à fusion suivant la revendication 1, caractérisé en ce que pour chauffer le matériau en
35 cours de traitement, celui-ci est introduit dans le four à fusion (5, 8,

25) en suspension.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que la suspension est introduite dans l'unité de préchauffage (2, 11) du four à fusion.

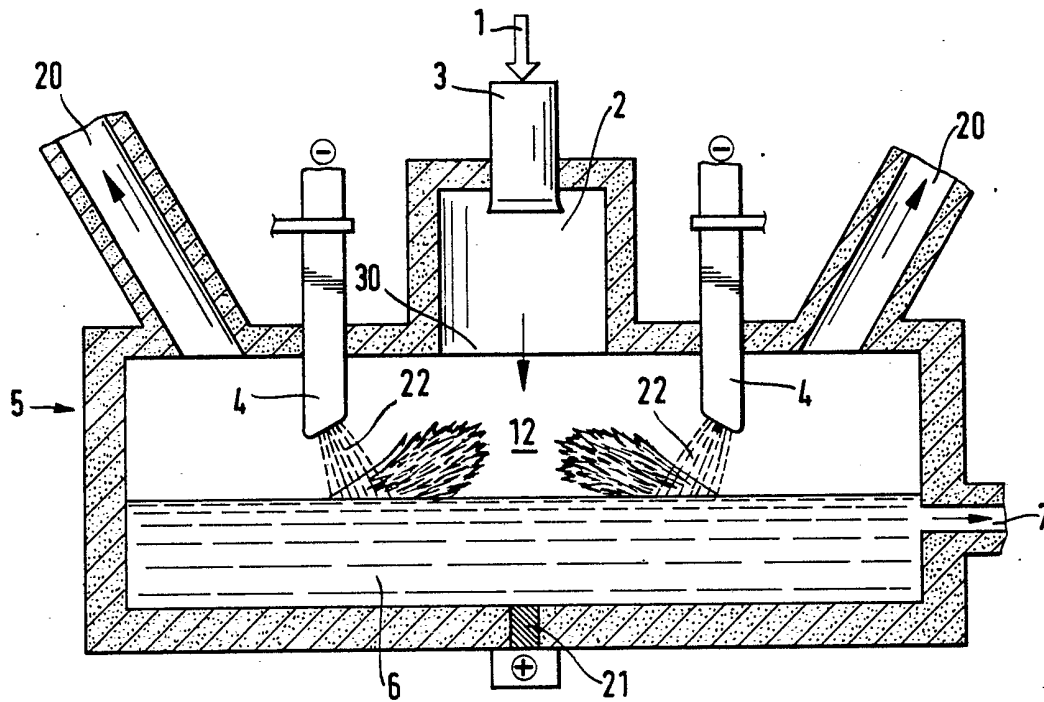
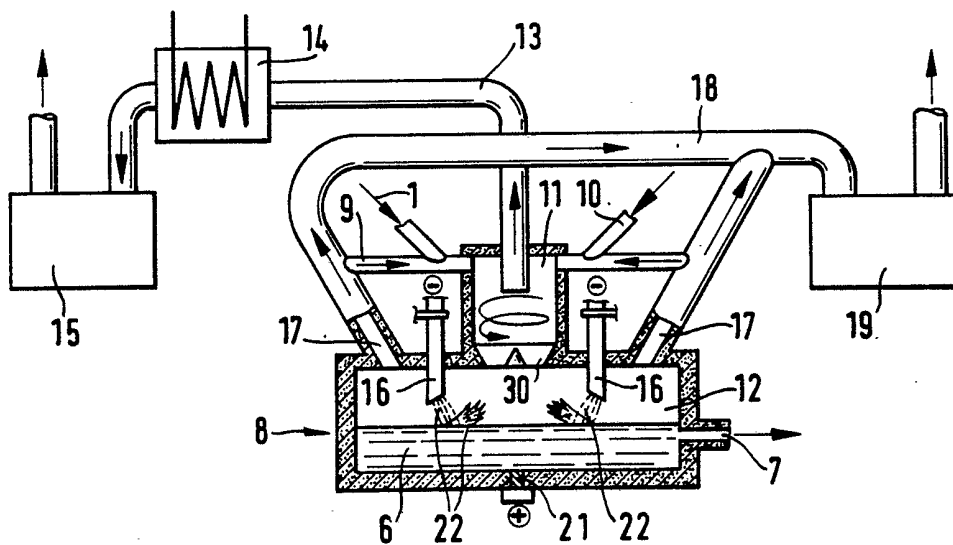
5 9. Procédé suivant les revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que la suspension est créée au moyen d'un diviseur de concentré (3, 24).

10. Procédé suivant les revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que l'alimentation de la suspension est effectuée verticalement.

11. Procédé suivant les revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que pour former la suspension, une partie des gaz d'échappement issus du four à fusion est remise en circulation dans l'unité de préchauffage (2, 11).

15 12. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé en ce que l'alimentation de la suspension est effectuée tangentiellement.

1/2

**Fig. 1****Fig. 2**

