



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Numéro de publication: **0 452 599 A2**

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: **90403152.3**

Int. Cl.⁵: **H05B 7/00, F27D 11/10**

Date de dépôt: **07.11.90**

Priorité: **20.04.90 US 512166**

Date de publication de la demande:
23.10.91 Bulletin 91/43

Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

Demandeur: **HYDRO QUEBEC**
75 Boulevard René Lévesque Ouest
Montréal H2Z 1A4, Québec(CA)

Inventeur: **Drouet, Michel G.**
1825 Rue du Bocage
Saint Bruno, Québec J3V 4M7(CA)

Mandataire: **Peuscet, Jacques et al**
Cabinet Peuscet 68, rue d'Hauteville
F-75010 Paris(FR)

Four à arc perfectionné comportant une électrode consommable.

Ce four à arc (10), pour le traitement à très haute température d'un matériau pulvérulent conducteur, comprend un manchon vertical (14); une électrode supérieure (20) coaxiale au manchon; une électrode inférieure produisant avec la première une colonne d'arc (11); des moyens (17,22) pour injecter tangentiellement un gaz dans le manchon, en y créant un tourbillon; des moyens (24) pour introduire le matériau à la partie supérieure (16) du manchon afin de former un revêtement de particules tombant dans le manchon, projetées contre sa paroi interne (18) par la force centrifuge et recouvrant entièrement cette paroi pour la protéger, tout en étant traitées par la colonne d'arc; un creuset situé sous le manchon, pour recueillir les particules en fusion qui ruissellent de l'extrémité inférieure du manchon, et des moyens de positionnement (26; 28,30,32) pour ajuster verticalement l'électrode supérieure, laquelle peut coulisser au travers de l'extrémité supérieure du manchon et est faite d'un matériau consommable, comme le graphite. Grâce à cette disposition, cette électrode n'a pas à être refroidie à l'eau.

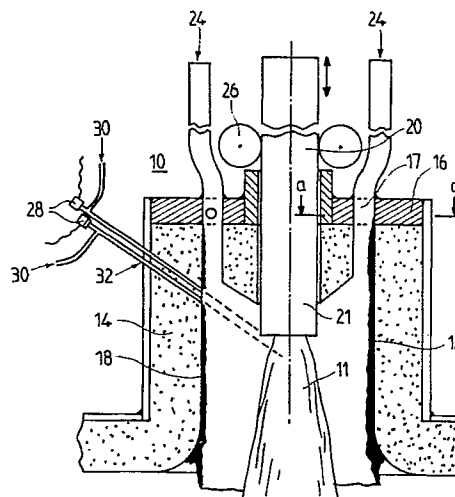


FIG. 1

EP 0 452 599 A2

La présente invention concerne un four à arc perfectionné, comportant une électrode consommable et destiné à être utilisé dans le traitement de minerais ou autres composés métalliques ou non-métalliques, à de très hautes températures, dans le but de les transformer physiquement ou chimiquement.

Les fours à arc sont des dispositifs très bien connus, qui ont fait l'objet de beaucoup de recherches et de développements au cours des dernières décades. Par définition, de tels fours utilisent une colonne d'arc génératrice de chaleur, créée entre un jeu d'électrodes, pour chauffer les minerais ou composés à traiter à de très hautes températures et permettre ainsi d'obtenir des réactions qui ne pourraient être obtenues autrement. La colonne d'arc consiste habituellement en un mélange de molécules excitées et/ou dissociées, d'ions chargés positivement et d'électrons libres obtenus à partir d'un gaz (appelé "gaz plasmagène") soumis à une ionisation partielle au moyen d'un arc électrique (habituellement à courant continu) formé entre les deux électrodes.

Le four à arc, auquel la présente invention s'applique, est du type comprenant une électrode supérieure située dans la partie haute d'un manchon, et une électrode inférieure en contact électrique avec le minerai fondu conducteur recueilli dans un creuset sous l'électrode supérieure. La colonne d'arc qui se forme entre les électrodes supérieure et inférieure assure la fusion du matériau pulvérulent introduit dans le manchon et provoque la transformation physique et chimique désirée, le matériau fondu tombant par la suite dans le creuset. Un tel four est décrit par exemple dans la demande de brevet américain n° 399 997, déposée le 29 août 1989 et cédée à la Déposante.

Les fours à arc de type ci-dessus décrit, auxquels l'invention s'applique, emploient habituellement des électrodes dites "non-consommables". En pratique, la durée de telles électrodes "non-consommables" est assez courte, puisqu'elle varie entre trois et mille heures selon les conditions de fonctionnement. Le remplacement de ces électrodes est cher et il arrive souvent que le procédé doive être interrompu.

En général, les électrodes non-consommables doivent en outre être refroidies à l'eau pour éviter une érosion trop importante. Ceci les rend sujettes à des fuites d'eau qui peuvent être la source d'explosions dues à la réaction de l'eau et du matériau sous traitement à haute température.

La présente invention a pour objet un four à arc du type ci-dessus décrit, lequel utilise une électrode consommable que, d'une part, il n'est pas nécessaire de refroidir à l'eau, et qui, d'autre part, peut être avancée au fur et à mesure qu'elle s'use pour augmenter ainsi la période de fonction-

nement du four.

L'électrode consommable utilisée dans le four selon l'invention est préférablement faite de graphite.

Le four comprend un manchon vertical, isolé électriquement, et muni, à son extrémité supérieure, d'une première électrode qui, tel que précédemment indiqué, peut être faite en graphite et être de structure conventionnelle, laquelle sert à entretenir une colonne d'arc générée entre son extrémité inférieure et un bain de matériau en fusion contenu dans le creuset du four. Cette première électrode peut être abaissée afin d'être rapprochée de la surface du bain pour permettre l'amorçage aisé de l'arc. Une fois celui-ci amorcé, l'électrode est remontée dans la chambre définie par le manchon.

Le matériau à traiter est introduit, sous forme pulvérulente, à l'intérieur du manchon au sommet de celui-ci, à côté de l'électrode. Le matériau est projeté par centrifugation contre la paroi interne du manchon par un jet tangentiel de gaz injecté à l'intérieur du manchon de façon à fournir un revêtement, essentiellement cylindrique et uniforme, de particules tombant dans le manchon. Ces particules recouvrent entièrement la paroi interne du manchon et la protègent tout en étant simultanément traitées par la chaleur dégagée par la colonne d'arc. Le four comporte en outre un creuset situé sous le manchon pour recueillir les particules traitées en fusion qui ruissellent de l'extrémité inférieure du manchon. Une seconde électrode est prévue au fond du creuset pour compléter le circuit électrique formé par l'électrode en graphite, l'arc, le bain en fusion conducteur et le circuit électrique extérieur reliés à une source d'énergie électrique.

Il est connu que les électrodes consommables, préférablement en graphite, sont des "outils" hautement fiables lorsqu'elles sont utilisées dans des fours à arc pour différentes applications à des niveaux de puissance allant jusqu'à 50 mégawatts. L'utilisation de telles électrodes n'a toutefois jusqu'à présent jamais été suggérée pour les fours à arc ayant la configuration ci-dessus décrite.

Plus précisément, l'invention vise un four à arc pour le traitement d'un matériau pulvérulent conducteur à très hautes températures, ce four comprenant :

- un manchon vertical, isolé électriquement, ayant une extrémité supérieure, une extrémité inférieure, et une paroi interne cylindrique ;
- une électrode supérieure, montée coaxialement au manchon à l'extrémité supérieure de celui-ci ;
- une électrode inférieure, coopérant avec l'électrode supérieure par connexion appropriée de ces deux électrodes à une source d'énergie électrique, ces deux électrodes

étant aptes à produire, entre elles, une colonne d'arc ;

- des moyens permettant l'injection tangentielle d'un gaz à l'intérieur du manchon, de façon à y créer un tourbillon ;
- des moyens permettant l'introduction du matériau pulvérulent à traiter à l'intérieur du manchon près de l'extrémité supérieure de celui-ci, à côté de l'électrode supérieure, de façon à former un revêtement, essentiellement cylindrique et uniforme, de particules tombant dans le manchon, les particules étant projetées contre la paroi interne du manchon par la force centrifuge exercée par le tourbillon et recouvrant entièrement la paroi interne pour la protéger, tout en étant simultanément traitées par la colonne d'arc ;
- un creuset situé sous le manchon, pour recueillir les particules traitées en fusion qui ruissellent de l'extrémité inférieure du manchon, le matériau en fusion étant en contact électrique avec l'électrode inférieure, et
- des moyens de positionnement pour ajuster verticalement l'électrode supérieure, cette dernière pouvant coulisser au travers de ladite extrémité supérieure du manchon.

Selon l'invention, ce four est caractérisé par le fait que l'électrode supérieure est faite d'un matériau consommable.

L'électrode selon l'invention peut comporter un alésage permettant l'alimentation temporaire ou en continu d'un filet de gaz plasmagène, tel que l'argon, pour faciliter l'amorçage de l'arc ou encore permettre une opération plus stable de l'arc.

Les moyens de positionnement comprennent de préférence des moyens pour faire avancer l'électrode supérieure et des moyens de contrôle de cet avancement, de façon à s'assurer que l'électrode supérieure soit avancée au fur et à mesure qu'elle s'use pour que la longueur de l'arc demeure constante.

Selon un premier mode possible de réalisation, ces moyens de contrôle de l'avancement de l'électrode supérieure peuvent comporter un ensemble formé d'un détecteur de radiations, d'un tube optique reliant le détecteur et ladite paroi interne, et d'une alimentation en gaz reliée au tube optique pour en prévenir l'obstruction par les particules tombant dans le manchon, et être agencés de telle sorte que le détecteur puisse détecter la présence ou l'absence de radiation émise par l'arc ou par l'électrode supérieure dans la direction du tube optique et ainsi permettre le contrôle desdits moyens d'avancement. En particulier, les moyens de contrôle d'avancement peuvent comporter deux tels ensembles visant deux points disposés verticalement en des positions différentes de façon que l'un de ces ensembles puisse détecter la radiation

émise par l'arc, et l'autre ensemble, la radiation émise par l'électrode supérieure.

Selon un second mode possible de réalisation, préféré de l'invention, ces mêmes moyens de contrôle de l'avancement de l'électrode supérieure peuvent comporter des moyens pour peser l'électrode supérieure et des moyens pour mesurer la longueur de l'électrode supérieure à l'extérieur du four de façon que la position verticale de l'électrode supérieure à l'intérieur du manchon puisse être calculée, l'électrode supérieure étant faite d'un matériau de densité connue.

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation préférentiel donné en se référant aux dessins dans lesquels :

- la Figure 1 est une vue schématique en section verticale du manchon d'un four à arc pourvu d'une électrode supérieure consommable selon l'invention ;
- la Figure 2 est une section horizontale selon aa de la Figure 1 ; et
- la Figure 3 est une vue schématique de l'électrode supérieure dans trois positions différentes relativement à un des moyens de contrôle de sa position selon l'invention.

La Figure 1 illustre l'électrode supérieure et le système d'alimentation d'un four à arc 10 selon l'invention. Cette électrode supérieure 20 est déplaçable à l'aide d'un système d'entraînement à galets 26, de façon à pouvoir ajuster sa position dans le sens vertical.

Selon l'invention, l'électrode supérieure 20 est une électrode pleine en graphite ou tout autre matériau analogue consommable.

Le matériau 12 que l'on veut traiter dans le four entre par des conduites d'alimentation 24 prévues autour de la périphérie supérieure du manchon 14. Des trous ci-après appelés "tubes optiques" 32 sont orientés vers l'extrémité inférieure 21 de l'électrode 20. Toute éventuelle lumière émise par l'extrémité 21 passe par les tubes 32 pour atteindre les détecteurs 28. Une alimentation continue en gaz 30 est reliée aux tubes 32 pour assurer que les extrémités de ces tubes 32 qui débouchent sur la paroi cylindrique 18 ne soient pas obstruées par le matériau 12. Un système d'alarme (non-illustré) est relié à l'alimentation en gaz 30, et est déclenché lorsque le débit de gaz tombe en dessous d'une valeur de contrôle déterminée. Les détecteurs 28 peuvent être munis de filtres optiques pour filtrer ou réduire l'intensité lumineuse de l'arc 11.

Sur la Figure 2, il est montré que la plaque 16, formant l'extrémité supérieure du manchon 14, est pourvue d'une rigole annulaire 17, dans laquelle est injecté, en plusieurs endroits, un gaz de propulsion provenant d'une autre alimentation en gaz 22. Cet-

te plaque d'extrémité supérieure 16 est en acier et résistante à l'usure, et la rigole 17 est façonnée à l'intérieur du manchon, c'est-à-dire sous la plaque. Le gaz de l'alimentation 22 est injecté tangentielle-ment dans la rigole annulaire en quatre points également espacés l'un de l'autre. Le gaz de propulsion injecté entraîne le matériau à traiter 12 dans un mouvement de rotation et projette le maté-riau ainsi accéléré par la force centrifuge contre la paroi cylindrique 18 du manchon. Le matériau 12 est introduit dans la partie supérieure du manchon en le laissant tomber en quatre points 24 équidis-tants (deux de ces points étant illustrés sur la Figure 1). Le matériau 12 ainsi introduit est entraî-né et forme un film ou revêtement sur la paroi cylindrique 18 du manchon, comme cela est illus-tré sur la Figure 1, et ce revêtement est chauffé par la radiation de l'arc 11.

Se référant à nouveau à la Figure 1, l'arc 11 est formé entre l'électrode supérieure 20 et le matériau fondu 12 recueilli dans un creuset (non-illustré), sous le manchon 14. En pratique, une électrode de fond est reliée électriquement au ma-tériau 12 en fusion et à une source d'énergie électrique (non-illustrée), formant un circuit entre l'électrode 20 et le matériau en fusion 12 dans le creuset. Le matériau 12 dans le creuset est conser-vé chaud par le passage du courant se rendant jusqu'à l'électrode au fond de celui-ci.

Au début du traitement, le système d'entraîne-ment 26 est utilisé pour descendre l'électrode 20, de sorte que son extrémité inférieure 21 se rappro-che, soit de l'électrode de fond, soit du matériau en fusion que l'on a chauffé au préalable dans le creuset. Une fois l'électrode 20 descendue, l'arc 11 peut facilement être amorcé. L'électrode 20 peut alors être remontée jusqu'à sa position normale qui est celle montrée à la Figure 1.

La position de l'extrémité 21 de l'électrode 20, qui coulisse à travers l'extrémité supérieure 16 du manchon 14, peut être ajustée pour s'assurer qu'il y a transfert d'énergie adéquat au revêtement de matériau 12. Selon un premier mode de réalisation de l'invention, cet ajustement peut être contrôlé par les détecteurs de lumière 28, l'un d'entre eux cap-tant la radiation de l'arc 11, et l'autre captant la radiation émise par l'extrémité chauffée au rouge 21 de l'électrode 20. Les tubes optiques 32, pas-sant au travers de la paroi externe du manchon 14 et au travers de la paroi cylindrique interne 18 de celui-ci, créent un chemin aux radiations depuis l'arc 11 et l'extrémité 21 de l'électrode jusqu'aux détecteurs. La lumière qui frappe le plus bas des deux détecteurs 28 peut être atténuée par un filtre 29 à haute densité. Chaque détecteur de lumière 28 émet un signal de tension V1 et V2 qui est proportionnel à l'intensité lumineuse frappant sa surface.

Chaque signal de tension est comparé à une tension de référence par des comparateurs (non-illustré), dont les signaux de sortie agissent sur des moyens de contrôle permettant de lever ou de faire descendre l'électrode 20 au moyen du systè-me d'entraînement 26.

La Figure 3 montre les diverses situations que l'on peut rencontrer sous forme de phases A, B et C. En A, les deux tubes optiques 32 pointent vers l'arc lumineux 11. Les deux signaux de tension V1 et V2 sont supérieurs à leurs tensions de référence respectives et, en conséquence, un signal est ex-pédié aux moyens de contrôle pour faire descen-dre l'électrode 20. En B, les deux tubes optiques 32 pointent vers l'électrode lumineuse 21. Dans ce cas, les deux signaux de tension V1 et V2 sont inférieurs à leurs tensions de référence respec-tives. Il s'ensuit qu'un signal est expédié aux moyens de contrôle pour lever l'électrode. En C, le tube optique supérieur 32 pointe vers l'extrémité de l'électrode 21, alors que le tube optique infé-rieur 32 pointe vers l'arc lumineux 11. Dans ce cas, aucun signal n'est expédié, et l'électrode 20 de-meure stationnaire.

Selon un autre mode possible de réalisation, les moyens de positionnement peuvent comporter des moyens pour peser l'électrode 20 et des moyens pour mesurer la hauteur de celle-ci à l'extérieur du four 10. En connaissant la densité de l'électrode 20, de construction uniforme, la position de l'extrémité 21 peut être calculée et ajustée au moyen du système d'actionnement 26, selon les besoins.

Quoique les moyens illustrés pour introduire le matériau 12 soient les conduites d'alimentation 24 au travers desquelles le matériau 12 tombe, il est aussi possible d'injecter ce matériau 12 en se servant de l'alimentation en gaz 22 ou séparément de celle-ci mais selon une direction tangentielle semblable.

L'électrode 20 peut être d'une construction pleine, mais elle peut être aussi pourvue d'un alé-sage central, de faible diamètre, dans lequel on peut injecter un gaz servant à la stabilisation de l'arc, ce gaz étant de préférence, l'argon. Le gaz ainsi injecté peut également être choisi de façon à participer à la réaction se produisant à l'intérieur du four.

Revendications

- Four à arc (10) pour le traitement d'un maté-riau pulvérulent (12), conducteur, à très haute température, du type comprenant :
 - un manchon vertical (14), isolé électri-quement, ayant une extrémité supérieure (16), une extrémité inférieure, et une pa-roï interne cylindrique (18) ;

- une électrode supérieure (20), montée coaxialement au manchon (14), à l'extrémité supérieure (16) de celui-ci ;
 - une électrode inférieure, coopérant avec l'électrode supérieure (20) par connexion appropriée de ces deux électrodes à une source d'énergie électrique, ces deux électrodes étant aptes à produire, entre elles, une colonne d'arc (11) ;
 - des moyens (17,22) permettant l'injection tangentielle d'un gaz à l'intérieur du manchon (14), de façon à y créer un tourbillon ;
 - des moyens (24) permettant l'introduction du matériau pulvérulent à traiter (12) à l'intérieur du manchon (14) près de ladite extrémité supérieure (16), à côté de l'électrode supérieure (20), de façon à former un revêtement, essentiellement cylindrique et uniforme, de particules tombant dans le manchon (14), ces particules étant projetées contre la paroi interne (18) du manchon (14) par la force centrifuge exercée par le tourbillon et recouvrant entièrement la paroi interne (18) pour la protéger, tout en étant simultanément traitées par la colonne d'arc (11) ;
 - un creuset situé sous le manchon (14), pour recueillir les particules traitées en fusion qui ruissellent de l'extrémité inférieure du manchon (14), le matériau en fusion (12) étant en contact électrique avec l'électrode inférieure, et
 - des moyens de positionnement (26 ; 28, 30, 32) pour ajuster verticalement l'électrode supérieure (20), cette dernière pouvant coulisser au travers de ladite extrémité supérieure (16) du manchon (14),
- ledit four (10) étant caractérisé par le fait que ladite électrode supérieure (20) est faite d'un matériau consommable.
2. Four selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens de positionnement comprennent des moyens (26) pour faire avancer l'électrode supérieure (20) et des moyens de contrôle (28, 30, 32) de cet avancement, pour s'assurer que l'électrode supérieure (20) soit avancée au fur et à mesure qu'elle s'use.
 3. Four selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les moyens de contrôle de l'avancement de l'électrode supérieure (20) comportent un ensemble (28, 30, 32) formé d'un détecteur de radiations (28), d'un tube optique (32) reliant le détecteur (28) et la paroi interne (18) du manchon (14), et d'une alimentation en gaz (30) reliée au tube optique (32) pour en prévenir l'obstruction par les particules tombant dans le manchon (14), et sont agencés de telle sorte que le détecteur (28) puisse détecter la présence ou l'absence de radiation émise par l'arc (11) ou par l'électrode supérieure (20) dans la direction du tube optique (32) et permettre ainsi le contrôle des moyens d'avancement (26).
 4. Four selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les moyens de contrôle d'avancement comportent deux ensembles (28, 30, 32) visant deux points disposés verticalement en des positions différentes de façon que l'un de ces ensembles puisse détecter la radiation émise par l'arc (11), et l'autre ensemble, la radiation émise par l'électrode supérieure (20).
 5. Four selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les moyens de contrôle de l'avancement de l'électrode supérieure (20) comprennent des moyens pour peser l'électrode supérieure (20) et des moyens pour mesurer la longueur de l'électrode supérieure (20) à l'extérieur du four (10), de façon que la position verticale de l'électrode supérieure (20) à l'intérieur du manchon (14) puisse être calculée, l'électrode supérieure (20) étant faite d'un matériau de densité connue.
 6. Four selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'électrode supérieure (20) est tubulaire, et pourvue d'un alésage de faible diamètre, et par le fait que des moyens sont prévus pour introduire un gaz dans l'électrode creuse dans le but d'injecter du gaz dans la direction de l'arc (11), pour stabiliser ainsi ce dernier.
 7. Four selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'électrode supérieure (20) est tubulaire, et pourvue d'un alésage étroit, et par le fait que des moyens sont prévus pour introduire un gaz dans l'électrode creuse dans le but d'injecter du gaz dans la direction de l'arc (11), pour stabiliser ainsi ce dernier, le gaz ainsi injecté étant choisi de façon à participer à la réaction se produisant à l'intérieur du four.
 8. Four selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'électrode supérieure (20) est tubulaire, pourvue d'un alésage de faible diamètre, et par le fait que des moyens sont prévus pour introduire un gaz dans l'électrode creuse dans le but d'injecter du gaz dans la direction de l'arc (11), pour stabiliser ainsi

ce dernier, le gaz ainsi injecté étant de l'argon.

9. Four selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que les moyens (24) permettant l'introduction du matériau pulvé- 5
lent comprennent un jeu d'ouvertures dans l'extrémité supérieure (16) du manchon (14) autour de l'électrode supérieure (20), au tra-
vers desquelles le matériau en poudre (12) est amené dans le manchon (14), près de la paroi 10
interne (18) de celui-ci.
10. Four selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que le matériau consom- 15
mable de l'électrode supérieure (20) est le graphite.

20

25

30

35

40

45

50

55

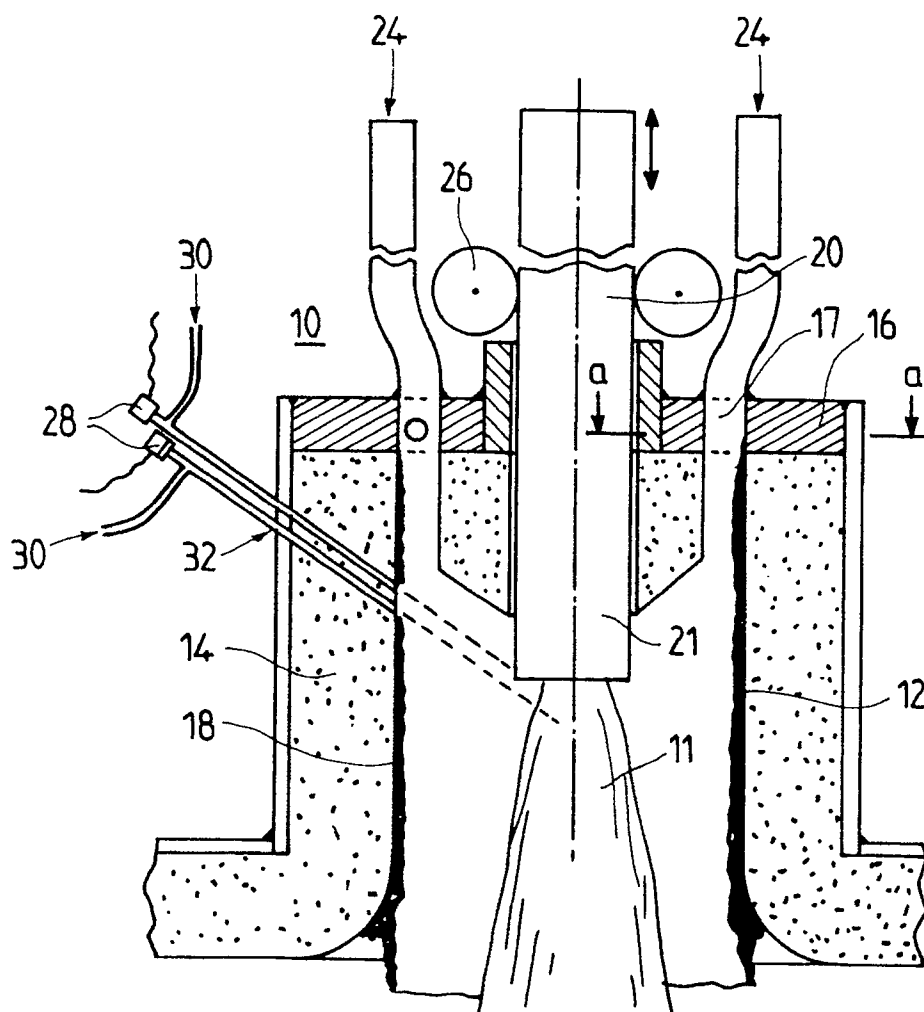


FIG. 1

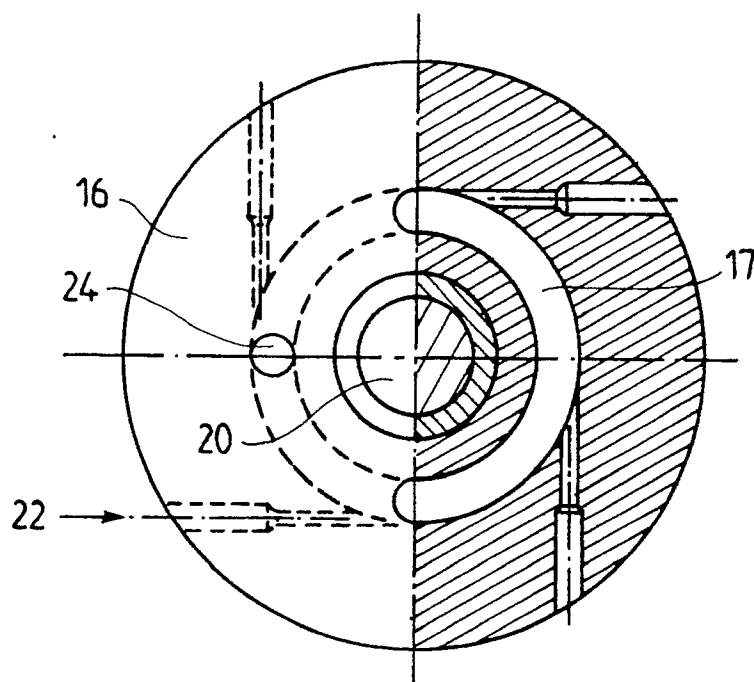


FIG. 2

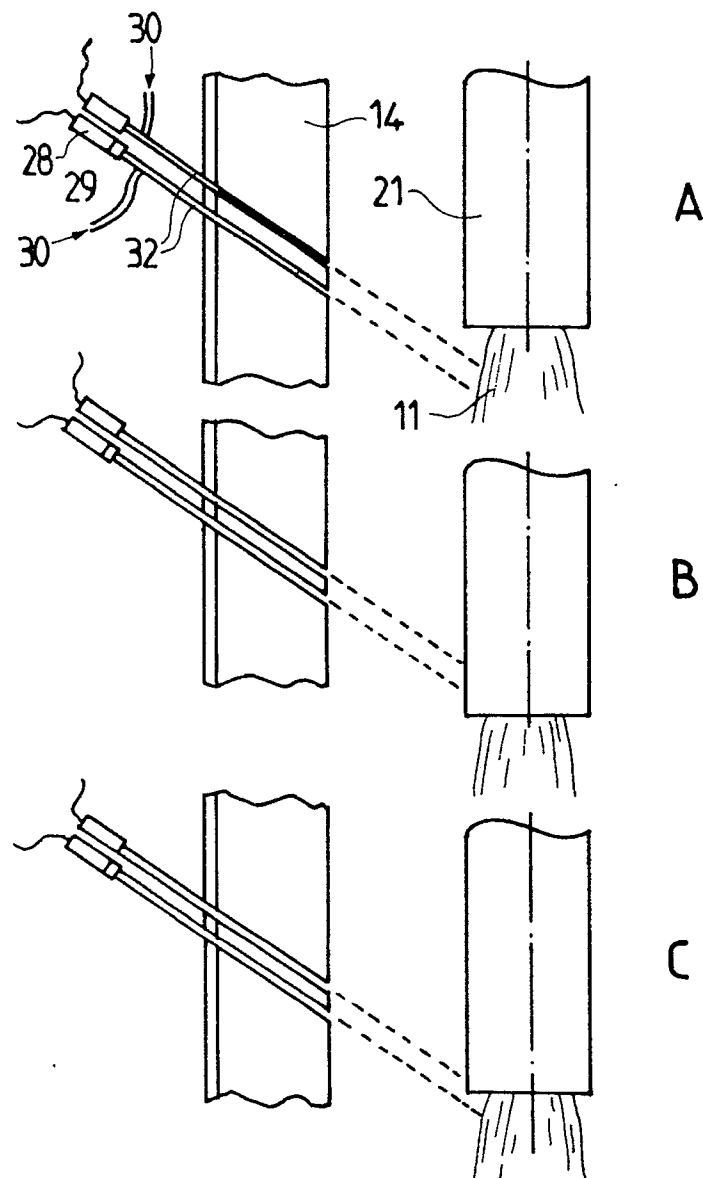


FIG. 3