

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
PARIS  
—

①1 N° de publication : **2 585 596**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **86 10967**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : B 22 D 11/04, 47/00.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 29 juillet 1986.

③0 Priorité : DE, 1<sup>er</sup> août 1985, n° P 35 27 628.2.

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 6 février 1987.

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

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : LEYBOLD-HERAEUS  
GMBH. — DE.

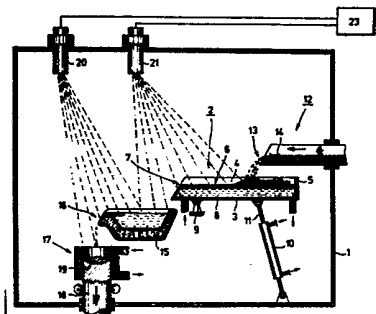
⑦2 Inventeur(s) : Herbert Stephan.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Procédé et installation de fusion et de refusion, notamment d'affinage, pour métaux en particules et pour la formation de barres, notamment de brames, par coulée continue de ces métaux.

⑤7 On répand des particules métalliques uniformément sur le fond d'une cuve de fusion horizontale 2 sur lequel l'opération précédente laisse un film de métal fondu qui colle les particules et évite les rebondissements et projections, on les transforme en une plaque par bombardement électronique, puis on incline le fond de la cuve sur l'horizontale, on fait remonter le faisceau d'électrons sur la masse de particules pour la préchauffer tandis qu'une bande de balayage la fait fondre aussitôt après. En même temps, par bombardement électronique, on maintient à l'état liquide le métal fondu qui ruisselle sur la partie inférieure du fond puis on fait redescendre le faisceau d'électrons sur le fond oblique de la cuve, puis on ramène le fond de la cuve à la position horizontale.



FR 2 585 596 - A1

D

L'invention concerne un procédé de fusion et re-  
fusion, plus particulièrement de refusion et d'affinage,  
pour des métaux en particules, qui sont acheminés à une  
zone de fusion dans une direction horizontale et fondus  
5 par bombardement électronique, après quoi le bain de métal fondu est acheminé à une lingotière de coulée continue d'où le métal est extrait sous la forme d'une barre solidifiée.

Les particules peuvent être constituées par un  
10 granulé plus ou moins fin qui provient d'une opération de production effectuée en amont. Dans le cas où la matière de départ mise en oeuvre est le titane, on utilise fréquemment comme matière de départ ce qu'on appelle de l'éponge de titane.

15 Il est connu, du fait du US-A-2 963 530, de transporter un granulé métallique au moyen d'une vis transporteuse dans un tube horizontal dont une extrémité se trouve dans une chambre à vide dans laquelle est agencée une source de faisceau d'électrons. De cette façon,  
20 les particules qui sont exposées à la source de faisceau d'électrons fondent en surface et le métal fondu s'égoutte dans une lingotière de coulée continue disposée sur la trajectoire de chute des gouttes, tandis qu'une barre de métal solidifiée est continuellement et  
25 progressivement tirée de cette lingotière en mouvement descendant. En tombant, les gouttes de métal fondu provoquent de fortes éclaboussures ou projections du métal fondu contenu dans la région supérieure de la lingotière de coulée continue, mais un plus grave inconvénient consiste en ce qu'il n'est pas exclu que des particules métalliques non fondues ne tombent dans le bain en fusion où elles fondent ensuite avec un dégagement explosif des gaz inclus et des impuretés qui se vaporisent facilement  
30 dans le vide, en provoquant de cette façon des projections de métal fondu encore plus intenses. En outre, il n'est pas exclu que des particules métalliques non fon-

dues ne restent incluses dans le bain fondu et, ensuite, dans la barre obtenue. Ces particules perturbent la suite du traitement et, en raison des impuretés qu'elles contiennent encore, elles peuvent conduire à rebuter les pièces finies. Ce risque se manifeste particulièrement lorsque, pour des raisons de technique du procédé, on travaille avec des bains fondus particulièrement peu profonds.

Dans ce mode de traitement, on doit tenir compte du fait que l'effet épurateur ou d'affinage des processus exécutés sous vide repose justement sur le fait que des particules fondues aussi fines que possible ont leur surface exposée au vide aussi longtemps que possible. Dans le mode de travail direct des particules métalliques ou granulés métalliques qui était appliqué jusqu'à présent, cette condition ne pouvait pas être remplie ou ne pouvait l'être que dans une mesure très insuffisante.

Pour cette raison, la technique antérieure résolvait le problème en fabriquant à partir de la matière de départ tout d'abord ce qu'on appelle des électrodes fusibles qui peuvent être manipulées avec une sécurité relativement grande, même dans le vide. Ces électrodes fusibles étaient ensuite fondues par bombardement électronique et tombaient en chute libre, sous la forme de gouttes, dans un bain fondu qui se trouvait à l'extrémité supérieure d'une barre de coulée continue formée dans une lingotière. Il est également connu de placer en amont de la lingotière de coulée continue proprement dite une poche intermédiaire chauffée par des faisceaux d'électrons pour permettre de mieux maîtriser le processus de fusion proprement dit.

Toutefois, le procédé décrit plus haut est relativement coûteux, du fait de l'opération de fabrication des électrodes fusibles, laquelle doit aussi être exécutée dans le vide et, par ailleurs, du fait que le traite-

ment exige de fournir la chaleur de fusion à deux reprises, une fois au cours de la fabrication de l'électrode fusible et, la deuxième fois, au cours de l'affinage qui donne la barre (affinée).

5            Pour cette raison, et en vue de réduire la consommation d'énergie, on a déjà antérieurement fabriqué des électrodes fusibles à partir de particules en fondant les particules seulement superficiellement et en les faisant ensuite tomber dans une lingotière de coulée continue où elles se soudaient les unes aux autres en surface et formaient une sorte de masse frittée. Toutefois, les problèmes d'un prétraitement spécial pour la fabrication des électrodes fusibles restaient encore entièrement posés et il s'y ajoutait un autre problème consistant en ce que les électrodes fusibles considérées ne devaient plus être exposées à l'atmosphère entre temps, en raison de leur porosité inévitable, parce que ceci aurait conduit à une forte absorption de gaz. En effet, dans le vide, les gaz inclus conduisent inévitablement à ce qu'on appelle des phénomènes de dégazage qui sont très préjudiciables au déroulement du reste du traitement.

          L'invention s'est donc donné pour but de réaliser un procédé de traitement direct de particules métalliques du genre cité au début mais dans lequel le risque de projection de particules de métal fondu soit supprimé et dans lequel on évite avec sécurité l'influence de la présence de particules métalliques non fondues dans la barre continue produite.

30            Selon l'invention, la solution du problème posé est donnée, dans le procédé décrit au départ, par le fait que :

          a) on répand les particules métalliques débitées par un dispositif transporteur mobile en translation horizontale, avec une répartition sensiblement uniforme, sur le fond d'une cuve de fusion disposée en posi-

tion horizontale,

b) au moyen du faisceau d'électrons, et par une brève fusion superficielle des particules, on réunit ces particules en une masse présentant la forme d'une plaque ; puis,

5 c) on dispose le fond de la cuve de fusion dans une position inclinée sur l'horizontale et

d) on fait remonter le faisceau d'électrons sur la masse de particules en forme de plaque et inclinée, en lui imposant une distribution de densités d'énergie telle que la masse de particules soit traitée par  
10 bandes, tout d'abord préchauffée puis fondue aussitôt après, ces opérations se produisant en même temps dans les bandes successives,

e) on maintient à l'état liquide sous bombardement électronique le bain fondu qui s'écoule sur la partie du fond qui est en position inférieure à ce moment,  
15 puis

f) on fait redescendre le faisceau d'électrons sur le fond incliné de la cuve de fusion, en même temps  
20 qu'on continue à évacuer le bain fondu, et

g) on ramène le fond de la cuve de fusion à la position de départ horizontale et on le réalimente en particules métalliques conformément à la caractéristique a).

25 Sous l'effet de la caractéristique a) (ou d'une phase précédente du procédé), il se produit tout d'abord un dégazage des particules métalliques, avec élimination des gaz qui sont absorbés à sa surface, y compris de la vapeur d'eau qui est très gênante. En outre, les particules  
30 métalliques se répartissent en une couche relativement mince sur une surface relativement grande qui correspond à la surface du fond de la cuvette. Les particules sont de préférence déposées en deux ou plus de deux  
35 couches. De cette façon, on peut fondre, par exemple, une première couche de particules par bombardement élec-

tronique et former un film fondu de consistance pâteuse qui est très faiblement adhérent au fond de la cuve, et sur lequel on dépose ensuite une deuxième couche de particules qui se collent au film fondu. Toutefois, on peut également chauffer une couche de particules unique (plus épaisse) par sa surface supérieure au moyen du faisceau d'électrons et déterminer de cette façon une agglomération ou une agglutination. Finalement, après un cycle précédent du procédé, on peut laisser sur le fond de la cuve une quantité résiduelle de bain fondu et déposer une autre couche de particules sur le fond de la cuve, avec ou sans chauffage simultané par bombardement électronique.

Dans chaque cas, le chauffage précédent et/ou suivant du contenu de la cuve de fusion donne naissance à une masse de particules présentant la forme d'une plaque ou d'une planche et qui possède une résistance mécanique suffisante pour permettre l'exécution des phases suivantes du procédé, au cours du traitement immédiatement suivant, dans la même opération exécutée sous vide et dans la même chambre à vide.

Le fait de répandre des particules métalliques sur un film fondu qui provient, par exemple, du cycle précédent du procédé, apporte l'avantage considérable consistant en ce que les particules métalliques tombent avec un impact plastique et qu'elles ne risquent donc pas de rebondir.

La caractéristique c) apporte l'avantage consistant en ce que la masse de particules en forme de plaque peut être fondue par zones et en continu en partant d'un petit côté de la plaque et qu'en même temps, au moins la plus grande partie du métal fondu peut s'écouler sur la surface libre, progressivement grandissante, du fond de la cuve et se déverser par le bord inférieur de celle-ci.

La caractéristique d) apporte l'avantage consis-

tant en ce que la masse de particules subit tout d'abord un nouveau dégazage dans la phase de préchauffage, avec vaporisation de l'humidité résiduelle et production d'un début de distillation des éléments volatils. Pendant la phase de fusion qui y fait immédiatement suite, il se produit une vaporisation presque totale des impuretés gênantes. Pendant la fusion, et simultanément avec la caractéristique e), la masse fondue qui ruisselle sur la partie du fond qui est en position inférieure à ce moment est maintenue à l'état liquide sous bombardement électronique et elle subit de cette façon, un nouveau dégazage.

Après la fusion totale de la masse de particules, il est avantageux, mais non pas absolument indispensable, d'accroître encore l'inclinaison de la cuve de fusion, par exemple, de la faire passer de 45° à 60°. Ceci favorise encore l'écoulement de la masse fondue qui reste encore présente sur le fond de la cuve, en ne laissant qu'un mince film fondu.

La caractéristique f) contribue elle aussi à la poursuite de l'écoulement. Le faisceau d'électrons n'a pas seulement pour effet de réduire la viscosité de la masse fondue par surchauffage mais il exerce en outre un certain effet de raclage sous l'action duquel la masse fondue est chassée en avant de la zone de chauffage, laquelle est alors à nouveau en mouvement descendant.

La phase du procédé correspondant à la caractéristique g) ramène la cuve de fusion à sa position de départ, de sorte qu'un nouveau cycle de fixation, pré-épuration et fusion peut commencer.

Une importante constituante du cycle du procédé selon les caractéristiques a) à g) consiste dans l'utilisation d'un faisceau d'électrons. Un tel faisceau d'électrons, pour lequel on peut utiliser les canons à électrons du commerce équipés de dispositifs défecteurs X-Y appropriés, peut être dévié de façon à balayer une surfa-

ce cible avec une répartition voulue de la densité d'énergie dans les limites de ce qu'on appelle une "grille de bombardement", ainsi que ceci est bien connu dans la technique des écrans de télévision. C'est ainsi que, 5 par exemple, on peut obtenir différentes valeurs de la densité d'énergie dans les différentes zones en faisant en sorte que le faisceau d'électrons possède un temps de séjour différent dans les différentes zones. A son tour, ce résultat peut être obtenu en faisant dévier le fais- 10 ceau d'électrons dans les différentes zones selon des grilles de balayage en zigzag possédant des densités différentes. Grâce à une haute fréquence de balayage dans chacune des différentes zones, d'une part, et à une fréquence de répétition également élevée sur la grille de 15 balayage globale, d'autre part, on obtient un état quasi stationnaire auquel contribue naturellement également l'inertie thermique de la matière frappée par le faisceau d'électrons. Les détails de la production d'une telle grille de bombardement sont décrits, bien que pour un 20 but différent, dans le DE-A-28 12 285.

Selon une autre caractéristique de l'invention, il est avantageux que, pour les phases d) et e) du procédé, le faisceau d'électrons soit divisé en trois zones en forme de bandes qui présentent différentes densités 25 d'énergie, à savoir :

zone supérieure I : densité d'énergie moyenne, pour le préchauffage d'une bande de la masse de particules en forme de plaque,

30 zone centrale II : haute densité d'énergie pour la fusion d'une bande de la masse de particules en forme de plaque,

zone inférieure III : densité d'énergie réduite pour le maintien à l'état liquide du métal fondu qui ruisselle sur la partie du fond de la cuve située en position inférieure à ce moment, 35

la zone III s'agrandissant, du fait de la pro-

gression des zones I et II vers le haut de telle sorte qu'elle s'étend sur toute la partie inférieure du fond.

Une autre caractéristique avantageuse du procédé selon l'invention consiste en ce que le faisceau d'électrons utilisé pour la phase f) du procédé est divisé en trois zones en forme de bandes qui présentent différentes densités d'énergie, à savoir :

zone inférieure IV : densité d'énergie réduite, pour le maintien à l'état liquide du métal fondu qui ruisselle sur la partie correspondante du fond,

zone moyenne V : haute densité d'énergie pour racler la matière restante du fond (de préférence supérieure à la densité utilisée pour la fusion dans la zone II),

zone supérieure VI : très faible densité d'énergie pour l'entretien de la haute température du fond,

la zone IV se raccourcissant du fait de la progression de la zone V vers le bas, de telle sorte que son extension sur la partie inférieure du fond reste limitée, et la zone VI s'agrandissant, du fait de la progression de la zone V vers le bas, de telle sorte qu'elle s'étend sur toute la partie supérieure du fond.

L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Cette installation comprend, de la façon traditionnelle, un dispositif transporteur à transport horizontal et présentant un bord de déversement pour les particules, une source de faisceau d'électrons servant à bombarder les particules en leur apportant une énergie de fusion et une lingotière de coulée continue.

Pour résoudre le même problème, cette installation est caractérisée par les caractéristiques suivantes :

a) une cuve de fusion que l'on peut faire basculer autour d'un axe horizontal entre une position horizontale du fond et au moins une position de ce fond qui

est inclinée sur l'horizontale, et au-dessus de laquelle le bord de déversement du dispositif transporteur peut être amené lorsque cette cuve se trouve dans sa position horizontale,

5           b) au moins une source de faisceau d'électrons associée à la cuve de fusion et équipée d'un dispositif défecteur dynamique X-Y, et

10           c) une unité de commande associée à la source de faisceau d'électrons, pour la commande de l'intensité et la déflexion du faisceau pendant les phases d), e) et f) du procédé.

20           Dans une forme de réalisation particulièrement avantageuse, le fond de la cuve de fusion est muni de nervures qui s'étendent sensiblement parallèlement à l'axe de basculement. De cette façon, la masse de particules est fidèlement maintenue dans sa position oblique prédéterminée et, en passant sur les nervures, la masse de métal fondu est en supplément animée d'une turbulence, de sorte que sa surface est très efficacement exposée au vide épurateur.

          D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un exemple de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels,

25           la figure 1 est une coupe verticale de l'ensemble de l'installation pendant la phase de chargement ;

          la figure 2 représente l'installation de la figure 1 dans la phase de fusion ;

30           la figure 3 est une vue de dessus de la cuve de fusion et du dispositif transporteur pendant la phase de chargement ;

          la figure 4 est une vue de dessus de la cuve de fusion pendant la phase de fusion ; et

35           la figure 5 est une vue de dessus de la cuve de fusion pendant la phase de raclage de la masse fondue.

          Sur la figure 1, on a représenté une chambre à

vide 1 dans laquelle on peut faire le vide de service qui est habituel pour ces opérations, de  $10^{-2}$  à  $10^{-4}$  mbar, à l'aide de pompes à vides non représentées et d'une conduite de vide non représentée.

5 Dans la chambre à vide 1 se trouve la cuve de fusion 2 qui constitue le coeur de la présente invention. La cuve de fusion 2 est composée d'un corps creux 3 de forme allongée, refroidi par l'eau, muni de parois latérales 4 redressées et d'une paroi arrière 5 également  
10 ment redressée. La matière utilisée de préférence pour la construction de cette cuve est le cuivre. Un fond 6 muni de nervures non représentées, sert à recevoir les particules métalliques à refondre et forme en même temps la paroi limite supérieure de la cavité 8 sous-jacente,  
15 qui est parcourue par de l'eau. Le fond 6 présente un bord inférieur 7 qui constitue en même temps le bord de déversement de trop-plein pour le métal fondu.

La cuve de fusion 2 est tourillonnée sur un axe horizontal 9 à proximité du bord 7 et, dans la région de  
20 la paroi arrière 5, elle est reliée à un dispositif élévateur 10 dont la tige de piston 11 agit sur le corps creux 3. De cette façon, il est possible de placer la cuve de fusion 2, au choix, dans une position horizontale, dans une position inclinée de  $45^\circ$  sur l'horizontale et  
25 dans une position inclinée de  $60^\circ$  sur l'horizontale (l'indication de position se rapporte à la position du fond 6 dans l'espace).

Dans la position horizontale de la cuve de fusion 2, figure 1, le bord de déversement 13 du dispositif transporteur à transport horizontal 12 se trouve au-  
30 dessus de cette cuve. Le dispositif transporteur 12 peut être constitué, par exemple, par un transporteur vibrant ou par un autre dispositif mécanique servant à faire avancer les particules métalliques 14. Le réservoir si-  
35 tué à l'extérieur de la chambre à vide et qui est fermé à joint étanche au vide n'est pas représenté sur le des-

sin.

Au-dessous du bord 7, ou du bord de déversement, se trouve une cuve intermédiaire 15, refroidie par l'eau, qui transforme le fonctionnement discontinu de la cuve de fusion 2 en une opération de déversement continue, grâce à son volume accumulateur. A cet effet, la poche intermédiaire 15 présente une lèvre de coulée 16 qui est disposée à la verticale au-dessus du centre d'une lingotière de coulée continue 17. Dans la lingotière de coulée continue 17, se trouve une barre 18 qui représente la fermeture inférieure de cette lingotière 17 ; à l'extrémité supérieure de la barre, la lingotière contient un bain fondu 19 qui est continuellement alimenté par la poche intermédiaire 15. De cette façon, on réalise un équilibre de matière et d'énergie ou de chaleur qui reste conservé pendant toute la durée de l'opération d'affinage. Les interruptions de l'alimentation en provenance de la cuve de fusion 2 peuvent être compensées par une légère inclinaison de la poche intermédiaire 15.

Pour le chauffage de l'ensemble de l'installation, il est prévu deux sources de faisceaux d'électrons 20 et 21, dont la source 21 est associée à la cuve de fusion 2. Les faisceaux d'électrons sont indiqués par des lignes interrompues ; toutefois, il va de soi que les faisceaux d'électrons sont focalisés et ne bombardent pas simultanément toute la zone représentée mais qu'ils balayent leurs surfaces cibles selon la fréquence de déflexion et de répétition. Les détails de la grille de bombardement des faisceaux d'électrons sont expliqués plus complètement ci-après en regard des autres figures des dessins.

Le chargement uniforme de la cuve de fusion 2 est obtenu par un mouvement alternatif du dispositif transporteur 12 et, ainsi qu'on l'a décrit plus haut, l'opération de chargement peut également s'effectuer en plusieurs couches, éventuellement avec un chauffage in-

termédiaire par faisceaux d'électrons.

Dès que le dispositif transporteur 12 est renvoyé à l'extérieur, la cuve de fusion 2 est amenée, par basculement autour de son axe horizontal 9, dans la position représentée sur la figure 2, dans laquelle le fond 6 est orienté avec un angle de  $45^\circ$  sur l'horizontale. Ceci constitue la position la plus favorable pour l'opération d'épuration et de fusion, qui sera décrite de façon plus détaillée en regard des figures 4 et 5.

10 Tout d'abord, la figure 3 est une vue de dessus de la cuve de fusion 2 en position horizontale. En partant de la paroi frontale arrière 5, le dispositif transporteur 12 se déplace vers le bord 7 et, en même temps, des particules métalliques se déversent sur le fond de la cuve de fusion 2. Pour faciliter l'écoulement ultérieur de la masse fondue, le corps creux 3 est construit avec une forme qui se rétrécit vers le bord avant 7, de sorte qu'on obtient un effet d'entonnoir. Sur la figure 2, la cuve de fusion est remplie de particules métalliques à peu près aux  $3/5$  ; la partie du fond 6 qui n'est pas recouverte de particules métalliques est bombardée avec une très faible densité d'énergie, afin de maintenir le fond 6 à la température de fonctionnement nécessaire.

25 La figure 4 montre une vue de dessus, prise verticalement de haut en bas, de la cuve de fusion 2 qui est maintenant orientée selon un angle de  $45^\circ$  (de sorte qu'elle apparaît raccourcie pour l'observateur). Dans la partie supérieure ou arrière de la cuve de fusion 2, se trouve la matière à fondre qui, entretemps, s'est solidifiée pour former une masse de particules et sur laquelle le faisceau d'électrons - considéré sur une longue période - se déplace progressivement de haut en bas. Il se forme alors une zone supérieure I dans laquelle règne une densité d'énergie moyenne, qui sert à préchauffer une bande de la masse de particules présentant la forme

d'une plaque. La zone I est suivie d'une zone II à haute densité d'énergie, qui sert à faire fondre une bande de la masse de particules 14a en forme de plaque. Il n'est pas nécessaire de laisser subsister l'espace représenté sur la figure 4 entre les zones I et II mais les zones peuvent au contraire se succéder sans discontinuité. Toutefois, pour éviter qu'il ne se forme une zone présentant une forte surchauffe, il est recommandé de ménager un petit espace entre les deux zones. La zone II est suivie de la zone III, dans laquelle règne une très faible densité d'énergie, qui est suffisante pour maintenir liquide la masse fondue qui ruisselle sur la partie du fond qui est en position inférieure à ce moment. La zone III est indiquée par des hachures obliques. Alors que les zones I et II présentent toujours la même largeur (les axes longitudinaux des bandes s'étendent horizontalement d'une paroi à l'autre) et que, seule, la zone I peut être arrêtée lorsqu'elle atteint le bord supérieur ou la paroi arrière, la zone III s'agrandit au fur et à mesure de la progression des zones I et II vers le haut, de telle sorte qu'elle s'étend sur toute la partie inférieure du fond qui ne porte pas de particules, jusqu'au bord 7 de ce fond.

La figure 5 montre les conditions qui règnent après l'inversion de la direction de balayage du faisceau d'électrons, c'est-à-dire lorsque toute la masse de particules 14a de la figure 4 a été fondue. Pendant cette phase du procédé, la cuve de fusion 2 présente une pente encore plus raide, avec un angle de 60° sur l'horizontale, de sorte qu'elle apparaît encore raccourcie pour l'observateur qui la regarde verticalement de haut en bas. Dans la zone inférieure IV, règne une faible densité d'énergie, qui suffit juste à maintenir à l'état liquide la masse fondue qui ruisselle sur la partie correspondante du fond. Il s'agit essentiellement de la même densité d'énergie que celle utilisée dans la zo-

ne III sur la figure 4. La zone IV qui se rétrécit progressivement, est suivie d'une zone V présentant une haute densité d'énergie, qui est de préférence encore supérieure à la densité d'énergie régnant dans la zone II (zone de fusion) de la figure 4. Le choix d'une densité d'énergie aussi élevée est adapté pour racler presque entièrement la matière restante du fond, de manière qu'il reste cependant un film de matière fondue qui assurera l'adhérence des particules métalliques qui seront ensuite répandues sur ce film. La zone V est suivie d'une zone supérieure VI dans laquelle règne une très faible densité d'énergie, qui suffit pour maintenir le fond chaud et le film de métal fondu à l'état liquide. Il va de soi que la zone IV se rétrécit avec la progression de la zone V vers le bas, de sorte que son extension reste limitée à la partie inférieure du fond. Inversement, la zone VI qui fait suite à la zone V s'agrandit avec la progression de la zone V vers le bas, de sorte qu'elle couvre toute la partie supérieure du fond. La zone supérieure VI est indiquée par des lignes horizontales.

Lorsque, maintenant, la cuve de fusion est re-basculée de la position représentée sur la figure 5 à la position horizontale représentée sur la figure 3 et lorsque le dispositif transporteur 12 est poussé de l'arrière vers l'avant au-dessus de la cuve de fusion 2, le chauffage de la partie arrière de la cuve de fusion 2, c'est-à-dire l'allongement de la zone VI doit naturellement être à nouveau diminué en conséquence, comme ceci est indiqué par les lignes horizontales sur la figure 3. Le bord arrière de la zone VI est désigné par 22 sur la figure 3.

Sur les figures 1 et 2, on a représenté deux sources de faisceaux d'électrons 20 et 21, dont, seule la source 21 est affectée à la cuve de fusion 2. Toutefois, il va de soi qu'il serait possible d'affecter également à la cuve de fusion 2 plusieurs sources de fais-

ceaux d'électrons qui se complèteraient alternativement. C'est ainsi que, par exemple, il est possible de prévoir une source de faisceau d'électrons propre pour chacune des zones I/VI ou II/V et III/IV respectivement, les dispositifs de déflexion étant synchronisés de façon appropriée. La référence à la source de faisceaux d'électrons 21 inclut donc de telles dispositions. Pour la commande de ces sources de faisceaux d'électrons sous l'aspect de l'intensité du rayonnement et du déplacement du faisceau, il est prévu une unité de commande 23 dont la constitution sera évidente pour l'homme de l'art à la lecture de la description du procédé qui est donnée ci-dessus, de sorte que l'on peut se dispenser d'en reproduire les schémas.

15 Bien entendu, diverses modifications pourront être apportées par l'homme de l'art au dispositif qui vient d'être décrit uniquement à titre d'exemple non limitatif, sans sortir du cadre de l'invention.

## R E V E N D I C A T I O N S

1 - Procédé de fusion et de refusion, plus particulièrement de refusion et d'affinage, pour des métaux en particules qui sont acheminés à une zone de fusion dans une direction horizontale et fondus par bombardement électronique, après quoi le bain de métal fondu est acheminé à une lingotière de coulée continue d'où le métal est extrait sous la forme d'une barre solidifiée, caractérisé en ce que :

5 a) on répand les particules métalliques débitées par un dispositif transporteur mobile en translation horizontale, avec une répartition sensiblement uniforme, sur le fond d'une cuve de fusion disposée en position horizontale,

10 b) au moyen du faisceau d'électrons, et par une brève fusion superficielle des particules, on réunit ces particules en une masse présentant la forme d'une plaque ; puis,

15 c) on dispose le fond de la cuve de fusion dans une position inclinée sur l'horizontale et

20 d) on fait remonter le faisceau d'électrons sur la masse de particules en forme de plaque et inclinée, en lui imposant une distribution de densités d'énergie telle que la masse de particules soit traitée par bandes, tout d'abord préchauffée puis fondue aussitôt après, ces opérations se produisant en même temps dans les bandes successives,

25 e) on maintient à l'état liquide sous bombardement électronique le bain fondu qui s'écoule sur la partie du fond qui est en position inférieure à ce moment, puis

30 f) on fait redescendre le faisceau d'électrons sur le fond incliné de la cuve de fusion, en même temps qu'on continue à évacuer le bain fondu, et

g) on ramène le fond de la cuve de fusion à la

position de départ horizontale et on le réalimente en particules métalliques conformément à la caractéristique a).

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour les phases d) et e) du procédé, le faisceau d'électrons est divisé en trois zones en forme de bandes présentant différentes densités d'énergie, à savoir :

zone supérieure I : densité d'énergie moyenne, pour le préchauffage d'une bande de la masse de particules en forme de plaque,

zone centrale II : haute densité d'énergie pour la fusion d'une bande de la masse de particules en forme de plaque,

zone inférieure III : densité d'énergie réduite pour le maintien à l'état liquide du métal fondu qui ruisselle sur la partie du fond de la cuve située en position inférieure à ce moment,

la zone III s'agrandissant, du fait de la progression des zones I et II de telle sorte qu'elle s'étend sur toute la partie inférieure du fond.

3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on arrête la zone I lorsqu'on atteint le bord supérieur du fond.

4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour la phase f) du procédé, le faisceau d'électrons est divisé en trois zones en forme de bandes présentant différentes densités d'énergie, à savoir :

zone inférieure IV : densité d'énergie réduite, pour le maintien à l'état liquide du métal fondu qui ruisselle sur la partie correspondante du fond,

zone moyenne V : haute densité d'énergie pour racler la matière restante du fond,

zone supérieure IV : très faible densité d'énergie pour l'entretien de la haute température du fond, la zone IV se raccourcissant du fait de la pro-

gression de la zone V vers le bas, de telle sorte que son extension sur la partie inférieure du fond reste limitée, et la zone VI s'agrandissant, du fait de la progression de la zone V vers le bas, de telle sorte qu'elle s'étend sur toute la partie supérieure du fond.

5 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que, lorsqu'on atteint le bord inférieur du fond, on arrête la zone inférieure IV.

6 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la zone supérieure VI reste en marche jusqu'à ce que le fond soit ramené à la position horizontale après la phase g) du procédé et en ce que son bord dirigé vers le sens du transport recule avec l'avance du dispositif transporteur.

7 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le métal fondu qui s'écoule de la cuve de fusion est tout d'abord reçu dans une poche intermédiaire d'où il est acheminé en continu à la lingotière de coulée continue.

8 - Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant un dispositif transporteur transportant à l'horizontale et muni d'un bord de déversement des particules, une source de faisceaux d'électrons destinée à bombarder les particules en leur apportant une énergie de fusion et une lingotière de coulée continue, caractérisée par :

a) une cuve de fusion (2) que l'on peut faire basculer autour d'un axe horizontal (9) entre une position horizontale du fond (6) et au moins une position de ce fond qui est inclinée sur l'horizontale, et au-dessus de laquelle le bord de déversement (13) du dispositif transporteur (12) peut être amené lorsque cette cuve se trouve dans sa position horizontale,

b) au moins une source de faisceau d'électrons (20, 21) associée à la cuve de fusion (2) et équipée d'un dispositif déflecteur dynamique X-Y, et

c) une unité de commande (23) associée à la source de faisceau d'électrons (20, 21), pour la commande de l'intensité de la déflexion du faisceau pendant les phases d), e) et f) du procédé.

5            9 - Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que le fond de la cuve de fusion (2) est muni de nervures sensiblement parallèles à l'axe de basculement (9).

10           10 - Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'une poche intermédiaire (15) pouvant être chauffée est interposée entre le bord d'égouttage (7) de la cuve de fusion (2) et la lingotière de coulée continue (17)

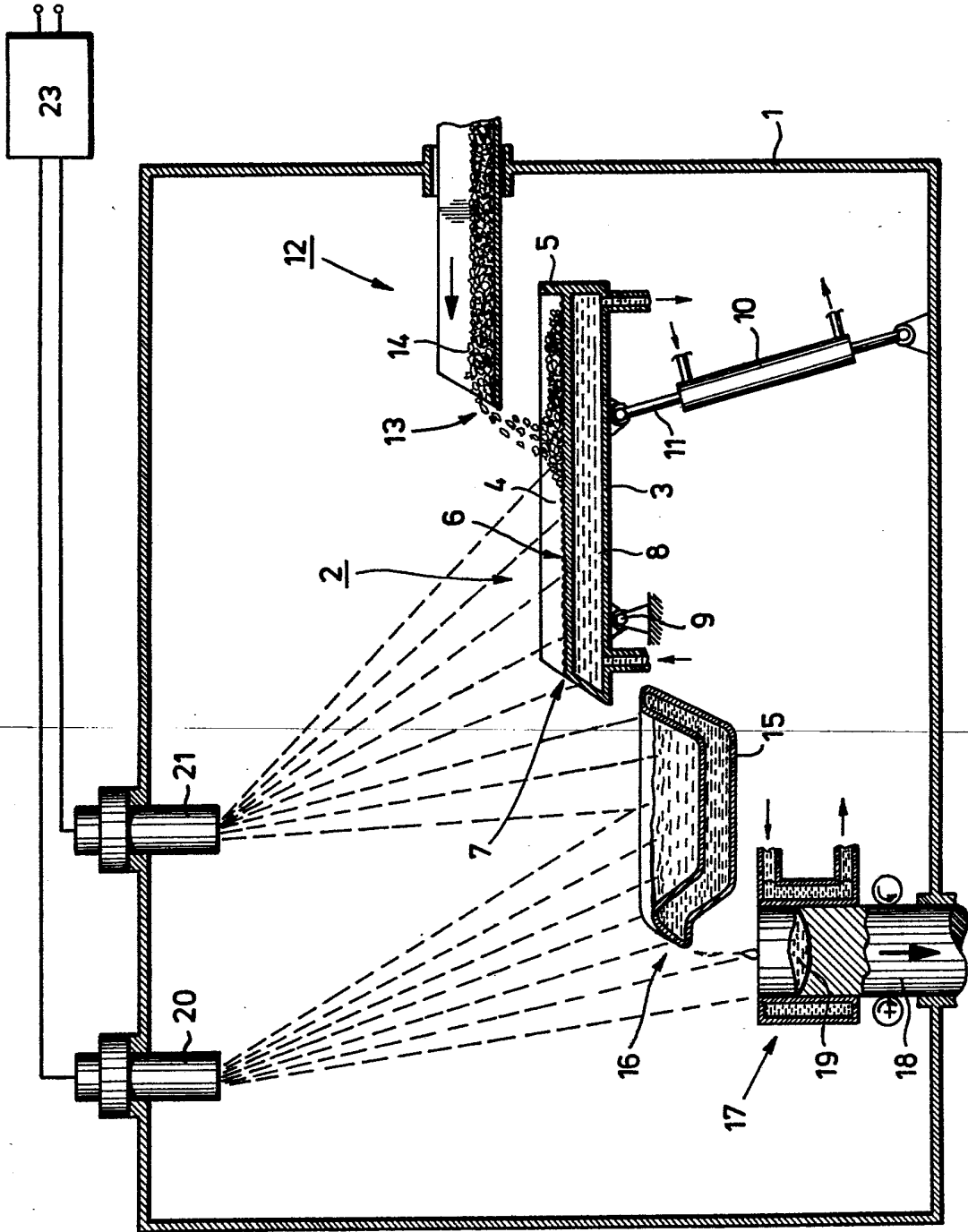


FIG. 1

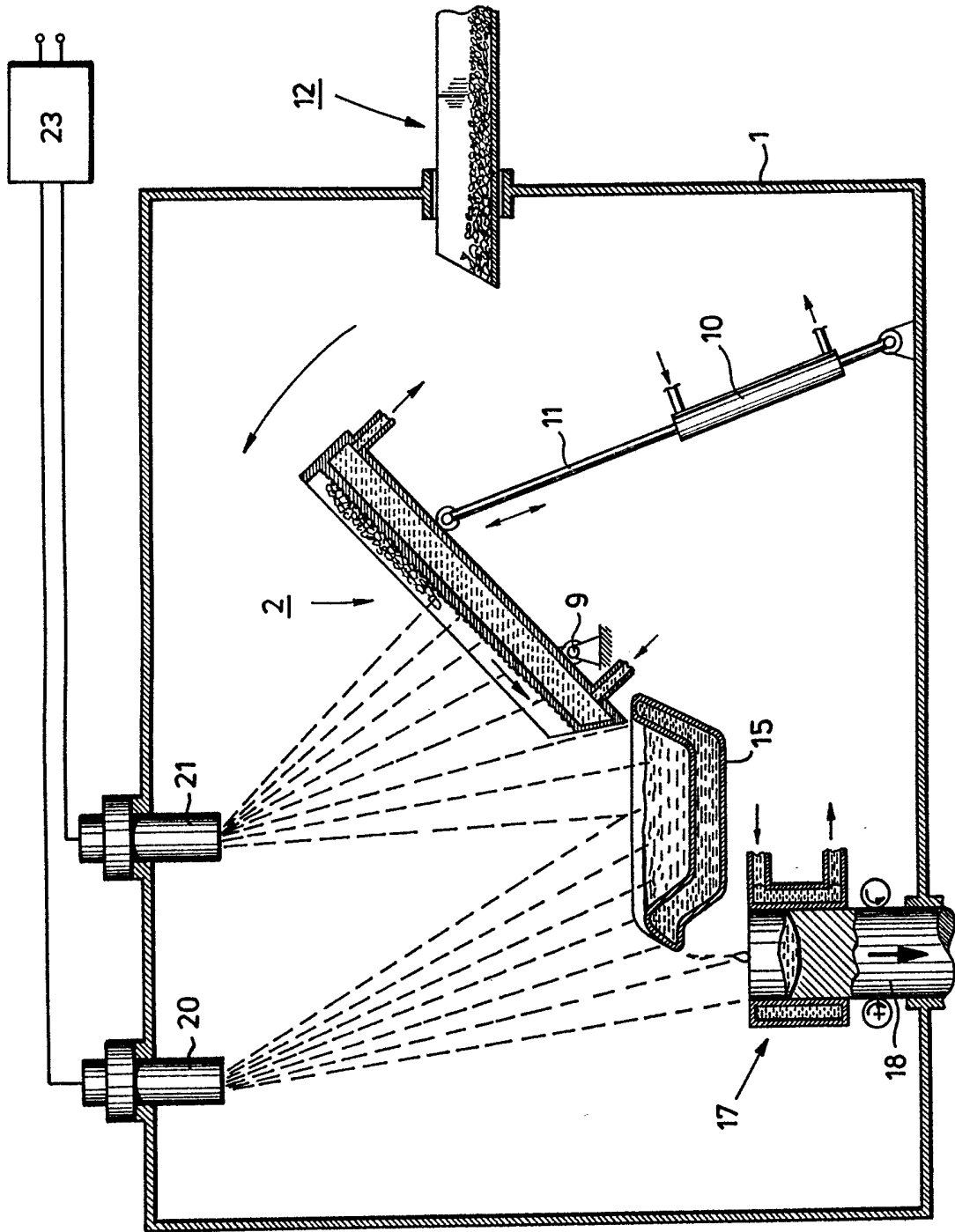


FIG. 2

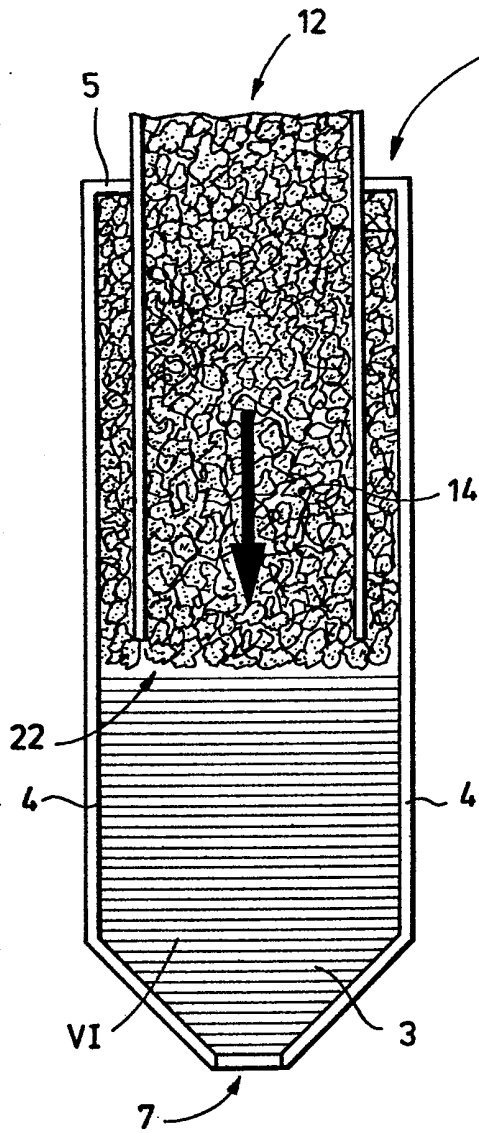


FIG. 3

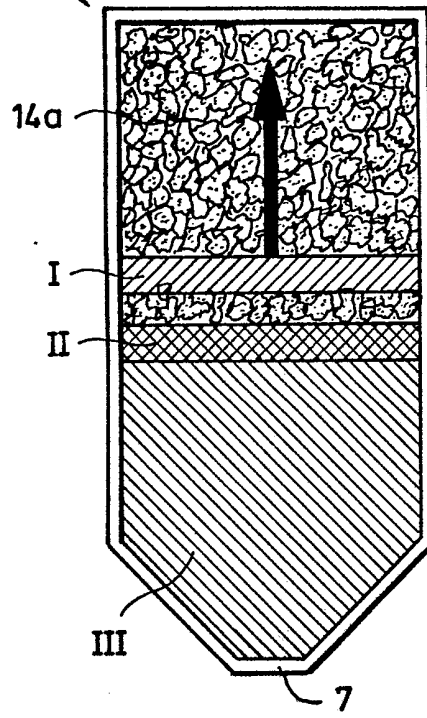


FIG. 4

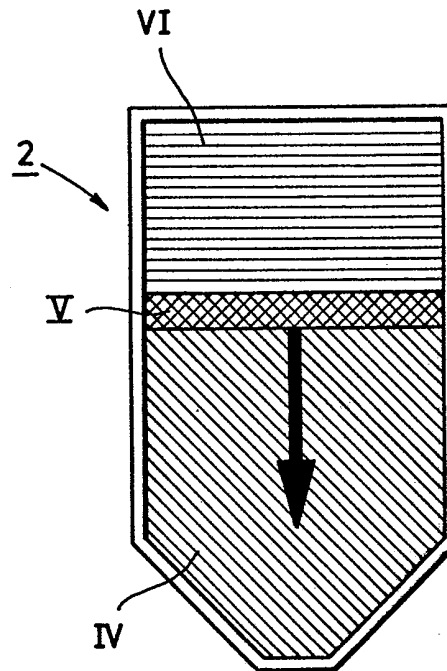


FIG. 5