



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **91420241.1**

(51) Int. Cl.⁵ : **H05B 6/24**

(22) Date de dépôt : **11.07.91**

(30) Priorité : **26.07.90 FR 9009865**

(43) Date de publication de la demande :
15.04.92 Bulletin 92/16

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

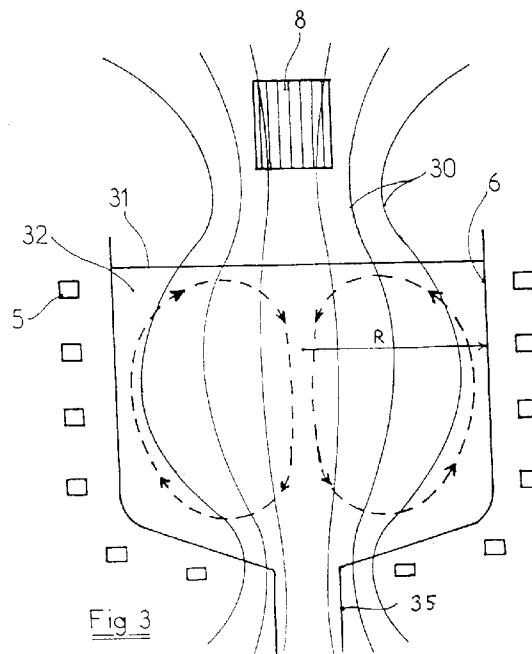
(71) Demandeur : **LAMINOIRS DU DAUPHINE**
ETABLISSEMENTS BONMARTIN Société
anonyme dite :
rue de la Métallurgie
F-38420 Domène (FR)

(72) Inventeur : **Schlecht, François**
31, avenue Monta
F-38120 Saint Egrève (FR)
 Inventeur : **Roland, Ernst**
8, rue Pasteur
F-38610 Gières (FR)
 Inventeur : **Garnier, Christian**
20, allée Gaston Bachelard
F-38320 Eybens (FR)

(74) Mandataire : **Chabrelie, André**
50, Domaine du Saint Eynard
F-38330 Montbonnot (FR)

(54) **Four de fusion par induction en creuset froid.**

(57) Four à induction à creuset froid comprenant un creuset (6) constitué d'un certain nombre de secteurs métalliques (6A, 6B) isolés électriquement les uns des autres et refroidi, ainsi qu'un moyen d'induction électromagnétique disposé autour du creuset, caractérisé en ce que le moyen d'induction électromagnétique (5) est alimenté en courant électrique basse fréquence, et en ce que chaque secteur métallique constituant la paroi du creuset (6) est réalisé à partir d'une tôle métallique mince et en ce qu'il est prévu un moyen de refroidissement de chaque secteur réalisé au moyen d'une canalisation (22) soudée ou brasée sur la surface extérieure du secteur (21) permettant la circulation d'un fluide de refroidissement destiné à évacuer la chaleur du secteur.



La présente invention concerne, d'une façon générale, des fours de fusion par induction en creuset froid.

On connaît depuis longtemps des fours de fusion par induction dans lesquels on utilise un creuset destiné à recevoir la matière à fondre, qui est appelé creuset froid parce qu'il est relativement peu échauffé par le dispositif d'induction et parce qu'il est en permanence refroidi par un dispositif d'évacuation de la chaleur. Dans de tels fours, il est en outre connu de provoquer une certaine lévitation (soulèvement) de la charge en utilisant le phénomène de confinement électromagnétique qui a pour effet d'écarter de la paroi du creuset la matière à fondre.

Il est connu également de réaliser le creuset à partir de plusieurs segments métalliques isolés électriquement les uns des autres, de façon à réduire les pertes électromagnétiques dans ces segments qui constituent ensemble la paroi métallique du creuset.

Il est connu également de constituer un tel creuset en lui conférant une forme générale cylindrique se prolongeant vers le bas par un fond convergent hémisphérique ou conique muni d'un orifice central de coulée de la charge fondue.

Une préoccupation majeure pour de tels fours réside dans le fait d'éviter l'échauffement excessif de la paroi du creuset. La disposition en secteurs isolés électriquement les uns des autres qui constituent la paroi du creuset permet, de façon connue, de limiter les effets d'induction dans la paroi, et par conséquent de limiter son échauffement. Cependant, il n'est pas possible de supprimer complètement un tel échauffement, et puisque, par ailleurs, la charge en fusion dans le creuset communique à celui-ci inévitablement une certaine quantité de chaleur, il est nécessaire d'effectuer un refroidissement énergique des pièces constituant la paroi du creuset. En général, ce refroidissement s'effectue en réalisant les pièces de la paroi du creuset en un matériau métallique bon conducteur de la chaleur, par exemple en cuivre, et en ménageant dans ces pièces des trous s'étendant parallèlement à la paroi intérieure et dans lesquels on fait circuler un liquide de refroidissement, par exemple de l'eau.

En général, les pièces constituant le creuset sont relativement épaisses, parce que leur épaisseur doit être supérieure au diamètre des trous ménagés à l'intérieur permettant la circulation du liquide de refroidissement.

Comme, de toute façon, ces pièces présentent forcément une épaisseur supérieure à la profondeur de pénétration du champ magnétique produit par le système d'induction, il n'a pas été possible jusque là d'éviter toute induction magnétique à l'intérieur de ces pièces et, pour en réduire les effets, il a été proposé de limiter au maximum la dimension latérale de ces pièces, c'est-à-dire la dimension selon une direction circonférencielle. Cette largeur des pièces n'a toute-

fois pas pu être rendue inférieure à une certaine valeur, puisque ces pièces doivent comporter au moins un trou longitudinal pour la circulation du fluide de refroidissement.

En partant de ces considérations, les fours connus à ce jour utilisent comme moyen d'induction magnétique un inducteur moyenne fréquence, c'est-à-dire un inducteur fonctionnant à une fréquence supérieure à 400 Hz environ.

De tels fours présentent cependant certains inconvénients que nous allons décrire maintenant.

Tout d'abord, plus le nombre de pièces métalliques constituant le creuset est grand, plus le coût de fabrication du creuset est important. Il faut en plus prévoir des canalisations d'arrivée et de départ du liquide de refroidissement pour chacune de ces pièces, et il faut prévoir la connexion de ces canalisations les unes aux autres d'une façon isolée électriquement et étanche au fluide de refroidissement. Un tel creuset est donc difficile à réaliser et est d'un coût relativement élevé.

Par ailleurs, les bobinages d'induction magnétique fonctionnant à moyenne fréquence, laissent passer des courants électriques relativement faibles, et par conséquent, les tensions électriques apparaissant aux bornes de ces bobinages ou enroulements, sont relativement importantes, par exemple supérieures à 80 volts. Il faut donc prendre des précautions particulières dans de telles installations pour éviter tout risque d'électrocution et pour éviter toute formation d'arc électrique.

D'autre part, pour alimenter un tel système d'induction magnétique en courant électrique moyenne fréquence, il faut disposer d'un système d'alimentation électrique produisant une telle fréquence. De tels systèmes d'alimentation sont d'un coût relativement élevé, d'autant plus qu'ils fournissent une puissance électrique importante. Dans la pratique, il n'a pas été possible jusqu'à ce jour de constituer un four à induction à paroi froide présentant une contenance supérieure à 5 litres environ. En général, le diamètre intérieur du creuset n'est jamais supérieur à 200 mm.

Dans de tels fours de l'art antérieur, se pose aussi le problème du brassage du métal en fusion dans le creuset. Ce brassage n'est pas satisfaisant, et cela a limité jusqu'à présent la contenance du four. La comparaison entre ce brassage existant dans les fours connus et celui la présente invention sera décrite au cours de la description d'un mode de réalisation qui va suivre.

Un objet de la présente invention est de prévoir un four à induction à paroi froide pouvant avoir une contenance relativement importante et utilisant des moyens d'induction électromagnétique d'une conception plus simple que ceux présents dans les fours à induction de l'art antérieur.

Un autre objet de la présente invention est de pré-

voir un tel four dans lequel le moyen d'induction électromagnétique présente en outre un rendement électrique très élevé.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir un tel four dans lequel le creuset est de conception plus simple que ceux des fours similaires de l'art antérieur, tout en présentant une efficacité au moins aussi grande, c'est-à-dire tout en assurant le maintien de la paroi intérieure du four à une température suffisamment basse, au moins aussi basse que celle des fours similaires de l'art antérieur.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir un tel four dans lequel les différences de potentiels apparaissant aux bornes des différents éléments constituant le moyen d'induction électromagnétique restent relativement faibles, par exemple inférieures à 40 volts, afin d'assurer une sécurité élevée de l'installation sans avoir à recourir à des moyens de protection compliqués.

Encore un autre objet de la présente invention est de prévoir un tel four dans lequel on peut obtenir, de façon maîtrisée et efficace, un brassage, et ce même pour des fours de grande contenance, par exemple supérieure à 5 litres.

L'invention concerne donc un four à induction à creuset froid comprenant un creuset constitué d'un certain nombre de secteurs métalliques isolés électriquement les uns des autres et refroidis, ainsi qu'un moyen d'induction électromagnétique disposé autour du creuset.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, le moyen d'induction électromagnétique est alimenté en courant électrique basse fréquence, et en ce que chaque secteur métallique constituant la paroi du creuset est réalisé à partir d'une tôle métallique mince et en ce qu'il est prévu un moyen de refroidissement de chaque secteur réalisé au moyen d'une canalisation soudée ou brasée sur la surface extérieure du secteur permettant la circulation d'un fluide de refroidissement destiné à évacuer la chaleur du secteur.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, il comprend également un noyau magnétique disposé au-dessus et au voisinage de la surface supérieure de la charge présente dans le creuset, ce noyau magnétique permettant ainsi un resserrement à son niveau des lignes de champ, ce qui provoque un mouvement centripète de la matière en fusion située en surface.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, il comprend en outre un autre moyen d'induction électromagnétique moyenne fréquence disposé autour et au voisinage d'un conduit de sortie vers le bas du creuset, afin de provoquer, seulement lorsque ce moyen est en fonctionnement, la fusion de la matière au niveau de ce conduit, de façon à obtenir son ouverture et l'écoulement vers le bas de la matière fondue contenue dans le creuset.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le moyen d'induction électromagnétique présente une faible impédance et est traversé par un courant relativement élevé sous une faible tension.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le moyen d'induction électromagnétique est alimenté à partir d'un enroulement secondaire d'un transformateur dont l'enroulement primaire est alimenté directement par le secteur électrique.

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés plus en détail dans la description d'un exemple de réalisation qui va suivre, illustrée par les figures annexées, parmi lesquelles :

la figure 1 représente un schéma de principe d'une installation de four selon la présente invention ;

la figure 2 représente, en coupe transversale partielle, un mode de réalisation d'un four selon l'invention, certains éléments constituant ce four étant omis de la figure afin d'augmenter sa clarté ; et

la figure 3 représente un schéma montrant la configuration des lignes de champ apparaissant dans un four selon l'invention.

Une réalisation particulière d'une installation de four selon la présente invention est représentée schématiquement en figure 1. Une ligne d'alimentation en courant électrique 1 venant du réseau biphasé 380V pouvant fournir au minimum un courant de 250A est ménagée. Cette ligne alimente un gradateur (un moyen de commande variable de l'intensité de courant) de conception classique 2 qui alimente en sortie l'enroulement primaire d'un transformateur d'adaptation monophasé 3. Ce transformateur 3 délivre en sortie de son enroulement secondaire un courant électrique d'une intensité de 4000 A, sous une tension non supérieure à 100 V et de préférence inférieure à 60 V.. On prévoit en général, en parallèle sur les bornes d'entrée de l'enroulement primaire du transformateur 3, un condensateur ou une batterie de condensateurs d'adaptation d'impédance 4. L'enroulement secondaire du transformateur 3 alimente directement une bobine d'excitation 5 située autour d'un creuset 6 du four selon l'invention. Le creuset est du type à paroi froide, et sa conception, ainsi que l'ensemble du dispositif qui l'entoure vont être décrits par la suite en relation avec la figure 2. Le four comprend un moyen d'alimentation en matière 7 qui fournit cette matière, selon un débit ou une quantité souhaitée, à l'intérieur du creuset 6. Cette matière peut être, par exemple, des copeaux métalliques de récupération. Le four comprend également une culasse au noyau magnétique 8 disposée au-dessus du creuset 6 et dont la fonction sera expliquée ensuite, en relation avec la figure 2. Le four comprend également une hotte aspirante 9, munie d'un filtre, permettant d'évacuer les vapeurs et les émanations

du four pendant son fonctionnement. Le creuset 6 est muni d'un orifice inférieur permettant l'évacuation du métal fondu par le bas, celui-ci se versant dans un réceptacle approprié 11. Il est prévu en outre un moyen permettant d'obtenir à volonté l'ouverture ou la fermeture de l'orifice d'évacuation du creuset, ce moyen comprenant un enroulement 10 disposé autour de l'orifice, cet enroulement constituant une bobine alimentée par un autre générateur fournissant un courant électrique alternatif 12.

Avant d'entrer plus en détails dans la structure du four, qui constitue un objet essentiel de la présente invention, on peut présenter certaines caractéristiques de celui-ci, qui font aussi partie de l'objet de la présente invention, et qui sont les suivantes. Le transformateur 3 est alimenté directement en courant électrique provenant du réseau, c'est-à-dire en courant électrique dont la fréquence est relativement basse, en principe égale à 50 Hz ou 60 Hz. L'autre générateur 12 qui sert à alimenter la bobine 10 dont la fonction sera expliquée ensuite fournit un courant électrique à une fréquence nettement plus élevée, par exemple à 400 Hz ou 1000 Hz. On comprend que ces deux moyens d'alimentation électrique en courant alternatif peuvent facilement être agencés, sans que des couplages parasites significatifs ne viennent perturber leur moyen respectif de commande, de contrôle et de régulation. En effet, les fréquences sont suffisamment éloignées pour que de tels couplages électromagnétiques deviennent négligeables.

Le courant électrique alimentant la bobine 5 est très important, par exemple de 4000 A, comme cela a été dit précédemment, et l'ensemble du dispositif 2, 3, 4 permettant de fournir un tel courant est relativement facile à mettre en oeuvre puisque ce courant est un courant alternatif à la fréquence du réseau d'alimentation 1, c'est-à-dire à 50 Hz ou 60 Hz, et un tel système s'affranchit donc de moyens compliqués et coûteux de générateurs électriques à fréquence moyenne ou haute.

L'autre générateur 12 fournit une puissance de sortie beaucoup plus faible et sa réalisation ne cause donc pas de problème important, bien qu'il délivre un courant à une fréquence moyenne, c'est-à-dire nettement supérieure à la fréquence du réseau.

La figure 2 représente plus particulièrement, mais d'une façon simplifiée, en coupe transversale, un four selon la présente invention. On distingue, dans ce four, certains éléments qui ont été annoncés précédemment en relation avec la figure 1, à savoir une bobine d'induction 5, une bobine d'induction moyenne fréquence 10, ainsi qu'une culasse magnétique 8. L'une des pièces essentielles d'un four de ce type est constituée par le creuset à paroi froide 6. Ce creuset 6 a la particularité de comporter une paroi métallique dont l'épaisseur est relativement mince, par exemple comprise entre 1,5 et 4 mm. Cette paroi constituant le creuset 6 est réalisée à partir d'une tôle métallique qui

est découpée et emboutie. Le creuset présente une forme classique comprenant une partie cylindrique supérieure et une partie sphérique ou conique inférieure se terminant dans la partie la plus basse par une ouverture servant à l'évacuation du métal fondu qui sera contenu dans ce creuset. La paroi du creuset n'est pas monobloc mais est constituée en fait d'un certain nombre de secteurs 6A, 6B, etc, qui s'étendent verticalement et qui sont isolés électriquement les uns des autres. Cette structure d'une paroi de creuset comportant un certain nombre de secteurs isolés les uns des autres est connue de l'art antérieur et ne nécessite pas une description plus importante ici. Il faut remarquer cependant que selon la présente invention, le nombre de secteurs pouvant constituer la paroi du creuset 6 peut rester relativement faible, par exemple compris entre 4 et 12. La justification de ce nombre relativement faible de secteurs sera faite dans la suite de la description.

L'ensemble des secteurs constituant la paroi de creuset 6 est maintenu en place par un caisson (non représenté) réalisé en matériau isolant électrique, constitué, de façon classique, d'un matériau réfractaire du type ciment. Ce caisson doit cependant résister à la température maximum que peut atteindre la paroi du creuset 6, bien que cette paroi soit refroidie, et doit également résister aux contraintes mécaniques et aux chocs thermiques. Un tel caisson est connu de l'art antérieur et, pour cette raison, ne sera pas décrit plus en détail ici.

Les différents secteurs constituant la paroi du creuset 6 sont réalisés en un métal bon conducteur de l'électricité et bon conducteur de chaleur, de préférence en cuivre. D'autres métaux peuvent être également utilisés, leur choix dépendant essentiellement de caractéristiques physico-chimiques liés à la nature du matériau devant être fondu dans le creuset, ce matériau étant appelé communément la charge.

Sur la surface dirigée vers l'extérieur 20 chaque secteur constituant la paroi du creuset 6, est soudé un tube métallique 21 dont la plus grande partie s'étend sensiblement dans un plan passant par l'axe longitudinal vertical 22 du creuset. Il existe par conséquent autant de tubes 22 qu'il y a de secteurs 6A, 6B, etc, dans la paroi du creuset. Chaque tube 22 présente une forme de U et les extrémités de ce tube situées en partie supérieure sont reliées respectivement à une canalisation d'alimentation en eau de refroidissement 23 et à une canalisation d'évacuation de l'eau de refroidissement 24. De préférence, les tubes 22 sont réalisés dans le même matériau que celui de la paroi, par exemple en cuivre. Dans ce cas, on peut avantageusement lier le tube au secteur par brasage. Le tube 22 peut représenter un diamètre d'environ 10 mm et une épaisseur d'environ 1 mm, et ce genre de tube en cuivre peut être disponible commercialement facilement parce qu'il correspond en fait à des tubes en cuivre d'usage courant.

La bobine 5 est constituée d'un nombre relativement faible de spires, par exemple compris entre 5 et 20. Les spires présentent une section transversale rectangulaire, dont le grand côté d'un tel rectangle est disposé horizontalement. Un tube 27 est soudé ou brasé sur la bobine 5 au niveau de sa paroi dirigée vers l'extérieur 28. Le tube 27 longe par conséquent par l'extérieur les différentes spires constituant la bobine 5. Ce tube présente un diamètre relativement faible qui peut être voisin de celui de l'épaisseur des spires de la bobine 5. La section des spires de la bobine 5 est adaptée de façon à pouvoir laisser passer dans cette bobine le courant maximum pouvant être fourni par le transformateur 3, par exemple, un courant de 4000 A. La bobine 5 peut être réalisée en cuivre et le tube 27 est dans ce cas réalisé de préférence lui aussi en cuivre et est brasé sur la bobine. On fait passer de l'eau de refroidissement dans le tube 27 afin de refroidir toute la bobine 5. La distance entre les différentes spires constituant la bobine 5 et la paroi du creuset 6 est relativement constante et, par conséquent, le diamètre des différentes spires est constant dans la partie supérieure du creuset qui est cylindrique et qui va en diminuant dans la partie inférieure du creuset qui est de forme sphérique ou conique, comme cela est représenté sur la figure 2. Une culasse magnétique (ou noyau magnétique) 8 est réalisée en un matériau magnétique feuilleté, par exemple en feuilles de fer isolées les unes des autres et disposées verticalement. Un tel matériau feuilleté est utilisé en général pour constituer des circuits magnétiques fonctionnant à basse fréquence, en particulier à 50 Hz ou 60 Hz. Pour une telle basse fréquence, une culasse magnétique en matériau feuilleté est très efficace pour canaliser les lignes de champ produites par la bobine 5 qui est une bobine d'induction. Pour une telle fréquence, il est facile de constituer une telle culasse 8 présentant une grande efficacité et chauffant par conséquent extrêmement peu, malgré la très grande intensité du champ magnétique créé dans le four. La culasse magnétique 8 présente la forme d'un cylindre d'axe vertical confondu avec l'axe longitudinal 25 du creuset 6. Sa position vertical peut être réglée par l'intermédiaire d'un moyen de support réglable approprié (non représenté).

La fonction de cette culasse 8 va être expliquée maintenant en relation avec la figure 3. Cette culasse 8 permet de provoquer un resserrement des lignes de champ 30 au niveau 31 de la surface supérieure de la charge en fusion 32 contenue dans le creuset 6. Ce resserrement des lignes de champ provoque un entraînement centripète de la matière en fusion au niveau de la surface 31 du matériau fondu, ce qui provoque en conséquence un brassage de la charge en fusion dans un sens inverse au sens naturel de brassage qui se produit en l'absence d'une telle culasse 8. Ce brassage obtenu selon l'invention est illustré par les lignes en pointillés comportant des flèches indi-

quant le sens de circulation du métal fondu. Ce mouvement centripète au niveau de la surface supérieure de la charge en fusion permet aux matières non encore parfaitement fondues flottant sur la surface de la charge d'être amenées au centre et d'être englouties ensuite dans cette charge en son centre. En l'absence d'une telle culasse 8, la matière située en surface de la charge en fusion tend à se déplacer de façon centrifuge, et les matières non fondues qui flottent à cette surface restent au niveau de cette surface et s'accumulent sur la périphérie, ce qui est néfaste. Si la bobine 5 est alimentée en courant moyenne fréquence, on ne pourrait pas réaliser une telle culasse 8 de façon efficace, parce qu'il faudrait qu'elle soit constituée d'un matériau du type ferrite qui chaufferait beaucoup et qui ne serait pas suffisamment efficace, vu les puissances très importantes en jeu dans la bobine 5.

Le four à induction selon la présente invention comporte également un dispositif particulier et nouveau présentant la fonction d'une vanne commandable, pour l'évacuation de la charge fondue contenue dans le creuset. Le dispositif est constitué par une paroi cylindrique verticale constituant un tube d'évacuation 35 disposé sous le creuset 6, ce tube 35 ayant un diamètre relativement faible, par exemple, de l'ordre de 30 mm. Le tube 35 est refroidi par une circulation d'eau dans des trous 36 ménagés dans le tube et par des canalisations d'amenée 37 et d'évacuation 38 d'eau de refroidissement. La bobine d'excitation 10 est une bobine moyenne fréquence qui, lorsqu'elle est alimentée, crée une induction électromagnétique au centre du tube 30, ce qui provoque la fusion du matériau contenu dans ce tube, ce qui permet l'évacuation vers le bas de la charge fondue. Si l'on supprime l'alimentation de la bobine d'induction 10, le matériau se solidifie à nouveau rapidement dans le tube 30, ce qui provoque l'obturation de ce tube 30. On peut donc par conséquent commander à volonté l'ouverture ou la fermeture de l'orifice d'évacuation vers le bas du creuset. De préférence, le tube 30 est refroidi, de façon classique, par un moyen de circulation d'eau de refroidissement. On peut utiliser une fréquence moyenne pour l'excitation de la bobine d'induction 10, parce que son diamètre est relativement faible.

En utilisant un four constitué de la façon décrite précédemment, on peut réaliser un creuset 6 d'un diamètre relativement important, par exemple compris entre 300 et 400 mm. En effet, le fait d'utiliser une bobine d'induction 5 alimentée en courant basse fréquence permet l'utilisation d'un creuset d'un tel diamètre qui est considéré comme très important. La demanderesse s'est en effet aperçue qu'en utilisant une fréquence basse, par exemple de 50 ou de 60 Hz, le maximum d'efficacité, c'est-à-dire le rendement énergétique du four peut être atteint en utilisant un rapport A du rayon R du creuset sur l'épaisseur E de

peau d'environ 30 (c'est-à-dire que $A = R/E \approx 30$). On peut donc obtenir un creuset de grand diamètre, par exemple de 300 mm, selon l'invention.

A partir de la description qui vient d'être faite d'un exemple particulier de réalisation de l'invention, quine présente aucun caractère limitatif, on peut effectuer les remarques qui vont suivre, afin de mettre en évidence certaines caractéristiques particulières de l'invention et certains avantages qui en découlent.

On voit que l'invention, dans sa plus grande généralité, repose sur le fait que le creuset est constitué essentiellement d'une paroi métallique 6 relativement mince. L'épaisseur de cette paroi métallique est inférieure à la profondeur de pénétration du champ magnétique. Puisque l'on utilise un moyen d'induction électromagnétique fonctionnant à basse fréquence, par exemple à 50 ou 60 Hz, cette profondeur de pénétration est d'environ 6 mm et par conséquent, on peut facilement réaliser une paroi du creuset en un matériau conducteur, par exemple en cuivre, dont l'épaisseur est inférieure à cette profondeur de pénétration, cette épaisseur pouvant être par exemple choisie égale à 2 mm. Dans ces conditions, le creuset est "transparent" au champ magnétique, et son échauffement est particulièrement faible. En conséquence, il n'est pas nécessaire de disposer un très grand nombre de secteurs 6A, 6B, etc, électriquement isolés les uns des autres, afin de constituer la paroi 6 du creuset, et, dans la pratique, on peut se limiter à un nombre réduit de secteurs, par exemple compris entre 4 et 8. Cela facilite la fabrication et le montage d'un tel creuset. Cela facilite également l'agencement des circuits de refroidissement 22 des secteurs. En effet, dans la pratique, on soudera une seule canalisation 22 en forme de U sur la face arrière (extérieure) de chacun des secteurs. On voit, par ailleurs, que la fabrication d'un secteur à partir d'une tôle relativement mince, découpée et emboutie, est particulièrement aisée et d'un coût de revient très bas. Il n'est pas nécessaire d'usiner des trous dans une pièce de cuivre massive, pour constituer les canalisations de refroidissement, mais il suffit de souder ou de braser sur la face arrière des secteurs à un tube de cuivre classique, ce qui représente une opération extrêmement simple et peu onéreuse.

Le fait d'utiliser comme moyen de chauffage un moyen d'induction électromagnétique fonctionnant à basse fréquence permet en outre d'associer sur le même four un autre moyen d'induction électromagnétique 10 fonctionnant à moyenne fréquence, sans que ces deux moyens d'induction n'interfèrent de façon significative et ne perturbent leur moyen respectif d'alimentation et de commande.

Sil'on utilise directement la fréquence du secteur, qui est en principe de 50 ou de 60 Hz, pour alimenter les moyens d'induction électromagnétique, on peut utiliser un transformateur 3 abaisseur de tension fonctionnant à cette fréquence du secteur. Un tel transfor-

mateur est en général d'un prix relativement bas parce qu'il est d'un usage extrêmement général. On peut donc se permettre d'utiliser un transformateur de relativement grande puissance produisant en sortie un courant très intense, par exemple d'environ 4000 A ampères, sous une tension relativement faible, par exemple d'environ 40 volts, ce qui correspond à une puissance de sortie d'environ 160 kW. Dans ces conditions, le moyen d'induction électromagnétique est prévu de façon à présenter une très faible impédance, c'est-à-dire qu'il est réalisé sous forme d'un enroulement 5 présentant un nombre faible de spires, par exemple d'environ 8 à 20. On se trouve donc en présence d'un système d'induction électromagnétique présentant les caractéristiques suivantes : fréquence basse correspondant à celle du secteur ; basse tension (ce qui confère au dispositif une grande sécurité et une grande facilité au niveau des dispositifs d'isolation électrique). La conséquence de ces choix des paramètres de fonctionnement est que le moyen d'induction comporte un faible nombre de spires (ce qui présente l'avantage d'une grande facilité de conception et de réalisation du bobinage).

Le noyau magnétique 8 qui produit localement des lignes de champ magnétique resserrées est réalisé en tôles feuilletées. Un tel noyau magnétique est adapté pour fonctionner à la basse fréquence du secteur (50 ou 60 Hz), ce qui correspond à un usage très classique et, par conséquent un tel noyau magnétique est particulièrement bon marché. L'association du noyau magnétique disposé juste au-dessus du creuset constitue une autre caractéristique de l'invention qui a pu être mis en oeuvre facilement du fait que le moyen d'induction magnétique fonctionne à basse fréquence et sous faible impédance. On peut, de la sorte, obtenir d'une façon très commode et peu onéreuse, un resserrement des lignes de champ au niveau de la partie supérieure du creuset, comme cela est représenté en figure 3, et, dans ces conditions, la demanderesse s'est aperçu, après de nombreux essais expérimentaux, que cette disposition provoque un mouvement en surface de la charge fondue qui est centripète. Autrement dit, le matériau fondu présent en surface tend à se déplacer de l'extérieur vers le centre et, arrivé au centre, tend à descendre jusqu'au fond du creuset d'où il remonte par les bords latéraux. Ce type de brassage s'effectue dans un sens inverse à celui qui se produirait naturellement en l'absence du noyau magnétique. La demanderesse s'est aperçue que ce type de brassage qui est inversé par rapport au mouvement naturel est meilleur parce qu'il évite l'accumulation en surface, au niveau de la périphérie, de matières solides stagnantes qui forment un obstacle à l'homogénéisation du matériau en cours de fusion.

Revendications

1. Four à induction à creuset froid comprenant un creuset (6) constitué d'un certain nombre de secteurs métalliques (6A, 6B) isolés électriquement les uns des autres et refroidi, ainsi qu'un moyen d'induction électromagnétique disposé autour du creuset, caractérisé en ce que le moyen d'induction électromagnétique (5) est alimenté en courant électrique basse fréquence, et en ce que chaque secteur métallique constituant la paroi du creuset (6) est réalisé à partir d'une tôle métallique mince et en ce qu'il est prévu un moyen de refroidissement de chaque secteur réalisé au moyen d'une canalisation (22) soudée ou brasée sur la surface extérieure du secteur (21) permettant la circulation d'un fluide de refroidissement destiné à évacuer la chaleur du secteur.

5
10
15
2. Four selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend également un noyau magnétique (8) disposé au-dessus et au voisinage de la surface supérieure (31) de la charge (32) présente dans le creuset, ce noyau magnétique permettant ainsi un resserrement à son niveau des lignes de champ (30), ce qui provoque un mouvement centripète de la matière en fusion située en surface.

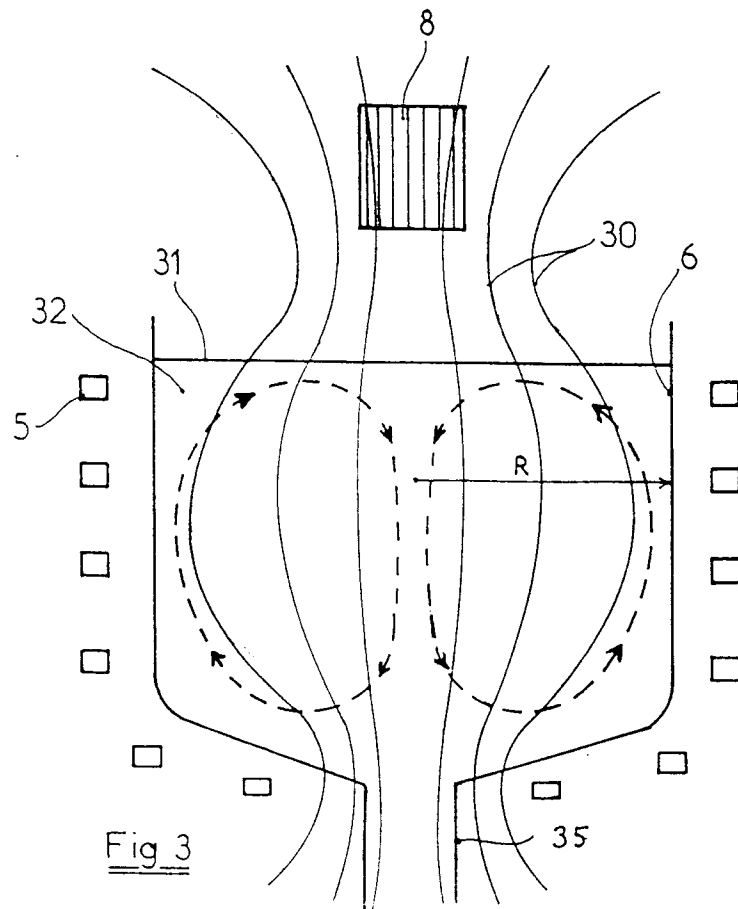
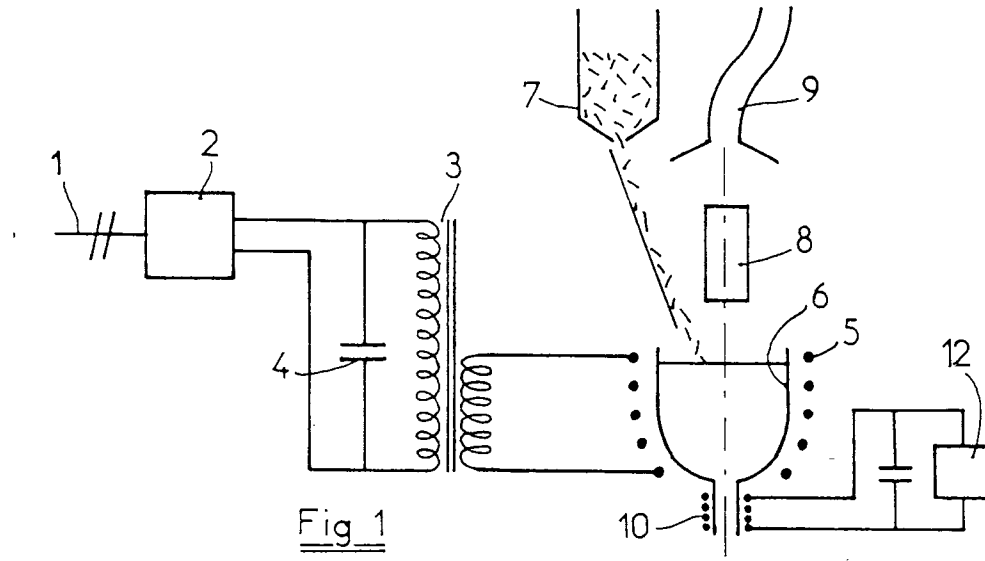
20
25
3. Four selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un autre moyen d'induction électromagnétique moyenne fréquence (10) disposé autour et au voisinage d'un conduit de sortie vers le bas (35) du creuset, afin de provoquer, seulement lorsque ce moyen est en fonctionnement, la fusion de la matière au niveau de ce conduit, de façon à obtenir son ouverture et l'écoulement vers le bas de la matière fondue contenue dans le creuset.

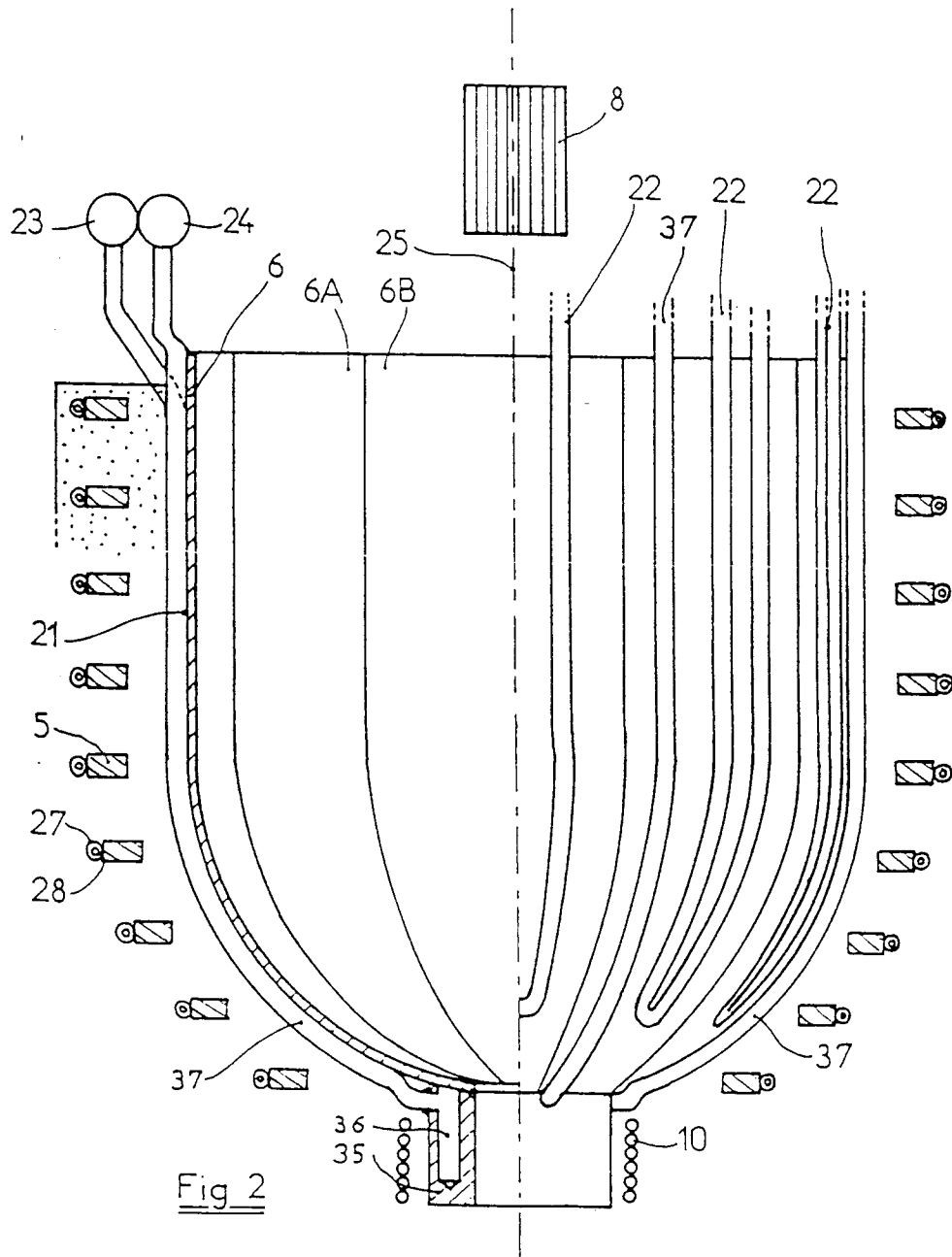
30
35
4. Four selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen d'induction électromagnétique présente une faible impédance et est traversé par un courant relativement élevé sous une faible tension.

40
45
5. Four selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen d'induction électromagnétique est alimenté à partir d'un enroulement secondaire d'un transformateur (3) dont l'enroulement primaire est alimenté directement par le secteur électrique (1).

50

55







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 42 0241

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	EP-A-128600 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * page 4, ligne 34 - page 6, ligne 11; figure * ---	1	H05B6/24
A	GB-A-2161591 (IPW LIMITED) * page 1, ligne 89 - page 2, ligne 20; figures 1-3 * ---	1, 4, 5	
A	EP-A-238425 (TECHNOGENIA S.A.) * page 5, ligne 36 - page 6, ligne 16; figure 1 * ---	1	
A	US-A-1655983 (PORTER H. BRACE) * page 1, lignes 64 - 100; figure 1 * ---	1, 2, 4, 5	
A	FR-A-2488245 (SOCIETE D'APPLICATIONS DE LA PHYSIQUE MODERNE ET DE L'ELECTRONIQUE) * page 5, ligne 15 - page 8, ligne 13; figure * ---	1, 3	
A	EP-A-311506 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 45; figures 1-5 * ---	1	
A	FR-A-2629299 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) ---		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	FR-A-758937 (VICTOR STOBIE) ---		H05B F27D
A	FR-A-804240 (SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT) ---		
A	FR-A-1492063 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11 SEPTEMBRE 1991	Examineur RAUSCH R.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 (03.82 (P0402))