

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 155 596 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:

**13.08.2003 Bulletin 2003/33**

(21) Numéro de dépôt: **00907728.0**

(22) Date de dépôt: **25.02.2000**

(51) Int Cl.7: **H05B 6/36**, H05B 6/34

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR00/00476**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 00/051400 (31.08.2000 Gazette 2000/35)**

(54) **BRASSAGE ELECTROMAGNETIQUE D'UN METAL EN FUSION**

ELEKTROMAGNETISCHE RÜHREINRICHTUNG EINER METALLSCHMELZE

ELECTROMAGNETIC STIRRING OF A MELTING METAL

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

(30) Priorité: **26.02.1999 FR 9902655**

(43) Date de publication de la demande:  
**21.11.2001 Bulletin 2001/47**

(73) Titulaire: **CENTRE NATIONAL DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
75016 Paris Cédex (FR)**

(72) Inventeur: **ERNST, Roland  
F-38610 Gières (FR)**

(74) Mandataire: **de Beaumont, Michel  
Cabinet Michel de Beaumont  
1, rue Champollion  
38000 Grenoble (FR)**

(56) Documents cités:  
**FR-A- 713 498 FR-A- 1 270 387  
US-A- 1 330 133 US-A- 1 378 187  
US-A- 1 986 353**

**EP 1 155 596 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne les installations de traitement par induction de matériaux métalliques en fusion, comme par exemple les installations de brassage, d'organisation des mouvements, et/ou d'élaboration de matériaux métalliques. L'invention concerne plus particulièrement de telles installations ayant recours à un creuset inductif et parmi celles-ci, les installations dans lesquelles le creuset est destiné, non seulement à organiser le brassage par induction d'un métal en fusion, mais également à chauffer ce métal par induction. L'invention s'applique à de telles installations à creuset inductif, qu'il s'agisse d'installations de coulée continue ou non.

**[0002]** La présente invention sera décrite par la suite en relation avec un creuset froid inductif, mais on notera qu'elle s'applique plus généralement à tout autre installation dans laquelle du métal en fusion se trouve dans un champ magnétique. Parmi les installations à creuset inductif, le recours à un creuset froid est souvent préféré à un creuset en matériau réfractaire lorsque le matériau métallique à élaborer nécessite un degré de pureté élevé, dans la mesure où un creuset froid minimise la pollution du matériau traité.

**[0003]** La figure 1 représente, de façon schématique, une installation classique d'élaboration d'un matériau métallique par induction à partir d'un creuset froid inductif.

**[0004]** Une telle installation comprend un creuset 1 refroidi, par exemple, par circulation d'eau à l'intérieur de sa paroi, et destiné à contenir le matériau à fondre. En figure 1, les détails constitutifs des parois du creuset n'ont pas été représentés par souci de clarté. En particulier, les moyens de circulation du liquide de refroidissement dans l'épaisseur des parois n'ont pas été illustrés.

**[0005]** Un inducteur, généralement une bobine 2, entoure le creuset 1 et est relié, par ses deux extrémités, aux bornes d'un générateur 3 de tension alternative monophasée. Un condensateur C est connecté en parallèle sur le générateur 3, c'est-à-dire aux bornes de la bobine 2.

**[0006]** Le matériau métallique à fondre dans le creuset est introduit dans celui-ci, par exemple, sous forme de copeaux m. Dans le cas d'un creuset de coulée continue, ces copeaux m sont introduits en continu, généralement par l'intermédiaire d'un déversoir 4.

**[0007]** Le champ magnétique provoqué par l'inducteur 2 chauffe le matériau contenu dans le creuset 1. La fréquence du courant alternatif d'excitation de l'inducteur 2 dépend, notamment, du diamètre du creuset 1 et de la résistivité électrique du matériau contenu dans celui-ci. Comme cela est parfaitement connu, la résistivité électrique du matériau et la fréquence d'excitation de l'inducteur 2 conditionnent l'épaisseur de peau électromagnétique ( $\delta$ ). L'épaisseur de peau souhaitée dépend des applications. Par exemple, dans le cas d'une lingo-

tière, l'épaisseur de peau souhaitable est la plus faible possible tout en étant suffisante pour ne pas nuire au rendement thermique en raison des parois froides du creuset. A titre d'exemple particulier, pour un creuset d'un diamètre de l'ordre de 10 centimètres, on souhaite généralement avoir une épaisseur de peau électromagnétique de l'ordre de 1 à 10 millimètres.

**[0008]** On notera que, bien que cela n'ait pas été représenté en figure 1, un creuset froid est un creuset sectorisé, c'est-à-dire pourvu de secteurs verticaux isolés les uns des autres pour éviter un bouclage des courants induits sur le pourtour du creuset. Comme l'illustre la figure 1, dans un creuset alimenté par un générateur monophasé, la surface libre du bain de métal se présente sous la forme d'un dôme liquide dont le profil résulte de l'équilibre entre la pression hydrostatique et la pression électromagnétique issue de l'inducteur monophasé 2. De plus, sur cette surface libre, il existe une force de brassage électromagnétique qui est une force à composante radiale toujours centrifuge en surface du bain comme l'illustre les flèches en figure 1. Ainsi, les copeaux m provenant du système d'alimentation 4 et tombant par gravité dans le bain sont systématiquement, à leur arrivée, entraînés du centre vers la périphérie, donc vers les parois froides du creuset 1.

**[0009]** Une telle circulation est défavorable au rendement thermique du système et à l'ingestion des copeaux m dans le bain. Cela peut même affecter l'état de surface du lingot solidifié obtenu par tirage en continu dans la partie inférieure (non représentée) du creuset 1.

**[0010]** Il serait souhaitable d'inverser le sens du brassage en surface du bain afin que les copeaux du matériau à fondre soient entraînés vers le centre du bain, et améliorer ainsi le mélange. Pour ce faire, on peut penser mettre en oeuvre, autour du creuset, un système d'inducteurs polyphasés créant un champ magnétique glissant, donnant naissance à une force électromagnétique ascendante dans l'épaisseur de la peau électromagnétique, donc en périphérie du creuset. Cette force a alors pour conséquence de faire monter le métal liquide du bain en périphérie dans l'épaisseur de la peau électromagnétique, et par conservation du débit, de faire descendre le métal liquide au centre du bain. On obtient ainsi une force de brassage électromagnétique radiale centripète, ce qui est propice à l'entraînement des copeaux d'alimentation, à leur arrivée sur le bain, non plus vers la périphérie, mais au contraire vers le centre du bain où ils sont immédiatement ingérés et fondus.

**[0011]** Toutefois, la mise en oeuvre d'un tel principe pose plusieurs problèmes qui ont conduit, jusqu'à présent, à ce que cette solution n'est pas, en pratique, industriellement viable.

**[0012]** Un premier problème est lié au besoin de disposer d'un générateur à induction polyphasé, donc de deux générateurs de tension déphasés l'un par rapport à l'autre.

**[0013]** Pour une installation dont le creuset est d'un diamètre suffisamment élevé (de l'ordre d'une trentaine

de centimètres) permettant son alimentation par un générateur fonctionnant sur la fréquence du réseau électrique alternatif (50 ou 60 hertz), il est nécessaire de disposer d'une alimentation polyphasée (di ou triphasée) pour mettre en oeuvre ce principe d'inversion de sens de brassage du bain. Ainsi, cela interdit le branchement simple de l'installation sur une alimentation électrique monophasée.

**[0014]** Un problème similaire se pose pour d'autres contenants, par exemple, la conduite de diamètre relativement petit d'une pompe électromagnétique.

**[0015]** Le problème est accru pour des générateurs à induction moyenne fréquence (de l'ordre d'une dizaine de kilohertz) pour lesquels il est nécessaire de disposer d'un circuit électronique de puissance pour réaliser le générateur (3, figure 1) de façon à alimenter l'inducteur 2 par un courant de fréquence différente de la fréquence de distribution.

**[0016]** Dans de telles applications, qui concernent plus particulièrement les creusets ou contenants de faible diamètre, il serait alors nécessaire de disposer d'un circuit électronique de puissance pour chaque phase, ce qui augmente considérablement le coût de l'installation. En particulier, cela nécessite la multiplication du nombre de commutateurs de puissance en fonction du nombre de phases. De plus, la synchronisation des générateurs avec la phase de l'alimentation alternative fournie par le réseau de distribution est rendue d'autant plus difficile que la fréquence du générateur à induction et le nombre de phases sont élevés.

**[0017]** Des exemples d'installation de traitement par induction d'un matériau métallique sont décrits dans les brevets américains N°1 330 133 et N°1 986 353. Ces installations ne permettent pas une inversion du sens de brassage du pain.

**[0018]** La présente invention vise à pallier aux inconvénients des installations classiques à creuset inductif. L'invention vise, en particulier, à proposer une nouvelle installation permettant d'organiser le brassage du bain de métal en fusion, à volonté, dans un sens centripète ou dans un sens centrifuge.

**[0019]** Plus généralement, l'invention vise à proposer une nouvelle solution aux problèmes de brassage par induction dans des contenants de métal en fusion.

**[0020]** La présente invention vise également à proposer une nouvelle solution pour effectuer une génération polyphasée qui soit économiquement viable. L'invention vise, en particulier, à proposer une solution qui ne nécessite pas une multiplication des commutateurs de puissance pour des applications nécessitant une induction moyenne fréquence.

**[0021]** La présente invention vise également à proposer une solution qui puisse être alimentée à partir d'une source électrique monophasée.

**[0022]** L'invention vise en outre à proposer une solution qui ne pose pas de problème de synchronisation des différentes phases entre elles.

**[0023]** Pour atteindre ces objets, la présente inven-

tion prévoit une installation de traitement par induction d'un matériau métallique dans un contenant, comportant :

un premier enroulement comprenant, en série, au moins un premier bobinage d'au moins une spire et au moins un deuxième bobinage d'au moins une spire, enroulés dans des sens opposés autour du contenant, le premier enroulement ayant deux bornes d'extrémités destinées à être raccordées à une source d'alimentation alternative et aux bornes d'un premier condensateur ; et

au moins un deuxième enroulement comprenant, en série, au moins un premier bobinage d'au moins une spire et au moins un deuxième bobinage d'au moins une spire, enroulés dans des sens opposés autour du contenant en étant imbriqués dans le premier enroulement, les extrémités du deuxième enroulement étant destinées à être reliées aux bornes d'un deuxième condensateur.

**[0024]** Selon un mode de réalisation de la présente invention, les valeurs des condensateurs sont fonction de la fréquence du générateur et de l'épaisseur de peau souhaitée à l'intérieur du contenant.

**[0025]** Selon un mode de réalisation de la présente invention, appliqué à une installation de chauffage par induction dans un creuset inductif formant ledit contenant, les inductances combinées des deux enroulements sont fonction de l'intensité de chauffage souhaitée à l'intérieur du creuset.

**[0026]** Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'installation comporte en outre au moins un troisième enroulement dont les bornes sont raccordées à un troisième condensateur, le troisième enroulement étant formé d'au moins deux bobinages associés en série opposition.

**[0027]** Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 décrite précédemment est destinée à exposer l'état de la technique et le problème posé ;  
la figure 2 représente, de façon schématique et en coupe, un mode de réalisation d'une installation de brassage par induction selon la présente invention ;  
la figure 3 illustre schématiquement le circuit électrique de l'installation de la figure 2 ; et  
la figure 4 est une vue partielle en perspective d'un creuset froid inductif selon la présente invention en cours de fonctionnement.

**[0028]** Les mêmes éléments ont été désignés par les mêmes références aux différentes figures. Pour des raisons de clarté, seuls les éléments d'une installation de chauffage par induction qui sont nécessaires à la com-

préhension de l'invention ont été représentés aux figures et seront décrits par la suite. En particulier, les moyens d'évacuation du métal liquide (par exemple, les moyens de tirage du lingot) n'ont pas été représentés et ne font pas l'objet de la présente invention. A cet égard, on notera que l'invention s'applique aussi bien à un creuset (froid ou réfractaire) d'une lingotière qu'à un creuset destiné à être vidé par renversement. Plus généralement, on notera que l'invention peut être mise en oeuvre dans toute installation utilisant un moyen inductif autour d'un contenant de métal en fusion, à des fins d'organisation des mouvements du métal. Il pourra s'agir, par exemple, de brasseurs électromagnétiques (dans lesquels le métal est chauffé par induction, par arc, au moyen d'une torche à plasma, ou autres), de pompes électromagnétiques, et plus généralement de toute installation dans laquelle se posent des problèmes liés aux diamètres du contenant (creuset, conduite, etc.)

**[0029]** Une caractéristique de la présente invention est de prévoir, autour d'un contenant de métal en fusion, au moins deux enroulements constitués chacun de deux bobinages en série opposition, un seul des enroulements étant raccordé aux bornes d'un générateur monophasé. Le ou les autres enroulements constituent des enroulements induits ou secondaires en étant refermés au moyen d'un condensateur.

**[0030]** La figure 2 représente, de façon schématique, un mode de réalisation d'une installation de chauffage par induction, par exemple de coulée continue, selon la présente invention. Dans l'exemple de la figure 2, le contenant est un creuset froid.

**[0031]** Comme précédemment, l'installation est basée sur l'utilisation d'un creuset froid 1 sectorisé, c'est-à-dire comportant plusieurs secteurs verticaux refroidis, par exemple, par circulation d'eau et qui sont assemblés les uns aux autres pour former une structure tubulaire. A la figure 2, le creuset a été représenté en coupe et sans faire apparaître les moyens classiques de refroidissement par souci de clarté.

**[0032]** Un premier enroulement 5 est entouré autour du creuset 1 et est raccordé, par ses deux extrémités, aux bornes d'un générateur alternatif monophasé 3 en parallèle avec un condensateur C. Selon la présente invention, l'enroulement 5 est constitué d'au moins deux bobines 51 et 52 associées en série-opposition, c'est-à-dire enroulées dans des sens opposés autour du creuset 1. Toujours selon l'invention, au moins un deuxième enroulement 6 est également bobiné autour du creuset 1 et est raccordé, par ses deux extrémités, aux bornes d'un condensateur C'. Ce deuxième enroulement 6 comporte, comme le premier enroulement 5, au moins deux bobines 61, 63 associées en série opposition.

**[0033]** De plus, les enroulements 5 et 6 sont imbriqués l'un dans l'autre, c'est-à-dire que les bobines sont disposées successivement dans la hauteur du creuset de façon à alterner une bobine du premier enroulement avec une bobine du deuxième enroulement.

**[0034]** Ainsi, dans l'exemple d'un système diphasé tel que représenté à la figure 2, on trouve, depuis le haut du creuset 1, le premier bobinage 61 de l'enroulement 6, le premier bobinage 51 de l'enroulement 5, le deuxième bobinage 62 de l'enroulement 6 et le deuxième bobinage 52 de l'enroulement 5.

**[0035]** Selon la présente invention, le deuxième enroulement 6 joue le rôle d'un circuit induit dont l'énergie provient du premier enroulement 5.

**[0036]** La figure 3 représente le circuit électrique de l'installation de la figure 2. Cette figure reprend les éléments décrits en relation avec la figure 2 et illustre par une vue en perspective, le sens des bobines des enroulements 5 et 6 en série opposition. On notera que, à la figure 2, le sens de circulation du courant dans les bobines respectives a été indiqué par les notations habituelles (x, .) en électromagnétisme.

**[0037]** L'enroulement 5 forme, avec le condensateur C, un premier circuit oscillant connecté au générateur 3 et constituant une première phase d'excitation du système polyphasé. Le deuxième enroulement 6, décalé spatialement par rapport au premier enroulement 5 forme, avec le condensateur C', un deuxième circuit oscillant. Ce deuxième circuit oscillant se trouve en interaction magnétique par sa mutuelle inductance avec le premier circuit oscillant. On peut alors, par dimensionnement, faire en sorte que le champ magnétique résultant de la superposition des deux phases en présence soit un champ glissant susceptible d'engendrer une force motrice électromagnétique de pompage sur le métal induit contenu dans le creuset 1.

**[0038]** Les dimensionnements respectifs des enroulements et des condensateurs dépendent de l'application et, en particulier, de la fréquence du générateur 3, du diamètre du creuset 1, et de l'épaisseur de peau souhaitée dans le métal. De préférence, le nombre de spires des bobines d'un même enroulement est identique.

**[0039]** L'optimisation du système en fonction de l'application est à la portée de l'homme du métier en mettant en application les règles de fonctionnement électrique et électromagnétique à partir des inductances respectives, des résistances respectives et des condensateurs respectifs des circuits oscillants, ainsi que de la mutuelle inductance de ces deux circuits et de la pulsation du générateur monophasé.

**[0040]** Pour obtenir un effet de champ glissant linéaire permettant l'effet de pompage en périphérie du contenant, on cherchera, de préférence, à ce que les produits  $LC\omega^2$  et  $L'C'\omega^2$ , où L et L' représentent les inductances respectives des enroulements 5 et 6 et où  $\omega$  représente la pulsation du générateur monophasé 3, soient le plus proche possible de l'unité afin d'optimiser le fonctionnement des circuits oscillants.

**[0041]** Un avantage de la présente invention est qu'elle permet d'inverser le sens de brassage du bain comme l'illustre les flèches de la figure 2, au moyen d'un générateur monophasé. Ainsi, dans le cas d'une basse fréquence correspondant à la fréquence du réseau alter-

natif d'alimentation (50 ou 60 hertz), il n'est désormais plus nécessaire de disposer d'une alimentation polyphasée et une installation selon l'invention peut être branchée directement sur un raccordement monophasé au réseau de distribution. Dans le cas d'une installation qui requiert une génération moyenne fréquence, la présente invention présente l'avantage de ne nécessiter qu'un seul générateur monophasé, ce qui réduit considérablement le coût de l'installation en réduisant le nombre de commutateurs de puissance nécessaires.

**[0042]** Un autre avantage de la présente invention est que la synchronisation de la phase induite (phase obtenue par l'enroulement secondaire), ou des phases induites dans le cas où plusieurs enroulements secondaires sont utilisés, ne pose pas de problème particulier.

**[0043]** Un autre avantage de la présente invention est que le système est particulièrement stable une fois adaptée à l'application. En effet, contrairement au recours à plusieurs générateurs distincts pour obtenir un système de chauffage par induction polyphasé, les éléments (inducteurs et condensateurs) utilisés par la présente invention pour générer la ou les phases supplémentaires ne risquent pas de se dérégler comme cela pourrait être le cas d'éléments actifs (commutateurs haute puissance).

**[0044]** La figure 4 illustre, par une vue en perspective et en coupe, la structure schématique d'un creuset froid inductif selon la présente invention. Cette figure fait apparaître les secteurs  $s$  du creuset 1 qui sont isolés électriquement les uns des autres. Dans l'exemple de la figure 4, chaque bobine 61, 51, 62, 52 comporte quatre spires.

**[0045]** La représentation de la figure 3 illustre que le nombre de roues de brassage du métal en fusion dépend du nombre de secteurs du creuset. Ainsi, non seulement l'inversion du sens de brassage au moyen d'un système polyphasé selon la présente invention favorise l'inclusion des particules au centre du bain, mais, dans cette application, le brassage est également favorisé par la structure sectorisée du creuset qui améliore le mélange.

**[0046]** Les vitesses de brassage dépendent de l'intensité des courants  $i_1$  et  $i_2$ , donc de l'intensité du courant délivré par le générateur 3.

**[0047]** On notera que, selon la présente invention, il n'est pas nécessaire d'avoir un déphasage de  $90^\circ$  entre les deux circuits oscillants. Un déphasage de l'ordre de  $20$  à  $40^\circ$  est suffisant en terme d'efficacité pour le brassage opéré par le système de l'invention.

**[0048]** On notera également que l'angle de phase entre les deux circuits oscillants est réglable par les valeurs respectives des condensateurs et des inductances utilisés. Toutefois, comme cela a été indiqué précédemment, cet angle de phase est stable une fois fixée par les dimensionnements de ces éléments.

**[0049]** En pratique, lorsque l'application concerne un chauffage par induction, on commencera de préférence par fixer les valeurs requises pour les inductances res-

pectives des enroulements. Ces valeurs conditionnent en effet le chauffage du métal du bain. On tiendra cependant compte, selon l'invention, de l'existence de la phase induite qui participe également au chauffage.

**[0050]** On fixe ensuite les valeurs respectives des condensateurs C et C' en fonction de la fréquence du générateur monophasé et de l'épaisseur de peau souhaitée, qui dépend du diamètre du creuset 1. On notera que les rapports respectifs entre les inductances des enroulements et les condensateurs C et C' doivent être compatibles avec l'impédance de sortie du générateur monophasé 3.

**[0051]** A titre d'exemple particulier de réalisation, pour un creuset ayant un diamètre de l'ordre d'une dizaine de centimètres et pour un générateur monophasé ayant une fréquence de fonctionnement de l'ordre d'une vingtaine de kHz, on pourra utiliser des condensateurs ayant des valeurs de l'ordre de  $20\mu F$  avec des enroulements dont les inductances propres respectives sont de l'ordre de  $2\mu H$  et dont les résistances sont de l'ordre d'une trentaine de  $m\Omega$ . Dans un tel exemple, on obtient un déphasage de l'ordre de  $40^\circ$  entre les courants  $i_1$  et  $i_2$  des enroulements respectifs, et un rapport des amplitudes des courants de l'ordre de 1,1.

**[0052]** Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, bien que l'invention ait été décrite ci-dessus en relation avec un système diphasé, elle peut également être mise en oeuvre avec plus de deux phases. A cet égard, on notera que plus le nombre de phases est important, plus le système est contrôlable, par exemple, pour brasser le métal en fusion sur une hauteur plus importante. L'adaptation du système décrit ci-dessus à un nombre plus important de phases est à la portée de l'homme du métier. On veillera toutefois à respecter l'imbrication des différents enroulements dans la hauteur du creuset ainsi que les associations en série opposition des bobinages constituant les différents enroulements.

**[0053]** De plus, le choix du nombre de spires par bobine, du nombre de bobines par enroulement et de la disposition des spires est à la portée de l'homme du métier à partir des indications données ci-dessus. En particulier, la section des spires dépendra bien entendu de l'intensité des courants, et la disposition dans la hauteur du creuset dépendra de la hauteur de ce dernier et du nombre de bobines. Par exemple, en se référant au mode de réalisation décrit ci-dessus en relation avec la figure 4, le niveau moyen du métal liquide sera choisi pour correspondre approximativement au milieu de la hauteur du premier bobinage 51 du premier enroulement 5. L'augmentation du nombre de bobines d'un même enroulement permet d'augmenter (par effet de cumul dû à l'augmentation de la hauteur d'interaction) la force de pompage, donc l'efficacité du brassage.

## Revendications

1. Installation de traitement par induction d'un matériau métallique dans un contenant, **caractérisée en ce qu'elle** comporte :
  - un premier enroulement (5) comprenant, en série, au moins un premier bobinage (51) d'au moins une spire et au moins un deuxième bobinage (52) d'au moins une spire, enroulés dans des sens opposés autour du contenant (1), le premier enroulement ayant deux bornes d'extrémités destinées à être raccordées à une source d'alimentation alternative (3) et aux bornes d'un premier condensateur (C) ; et
  - au moins un deuxième enroulement (6) comprenant, en série, au moins un premier bobinage (61) d'au moins une spire et au moins un deuxième bobinage (62) d'au moins une spire, enroulés dans des sens appposés autour du contenant en étant imbriqués dans le premier enroulement (5), les extrémités du deuxième enroulement (6) étant destinées à être reliées aux bornes d'un deuxième condensateur (C').
2. Installation selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les valeurs des condensateurs (C, C') sont fonction de la fréquence de la source d'alimentation alternative (3) et de l'épaisseur de peau souhaitée à l'intérieur du contenant (1).
3. Installation selon la revendication 1 ou 2, de chauffage par induction dans un creuset inductif formant ledit contenant, **caractérisée en ce que** les inductances combinées des deux enroulements (5, 6) sont fonction de l'intensité de chauffage souhaitée à l'intérieur du creuset (1).
4. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'elle** comporte en outre au moins un troisième enroulement dont les bornes sont raccordées à un troisième condensateur, le troisième enroulement étant formé d'au moins deux bobinages associés en série opposition.

## Patentansprüche

1. Ein Aufbau zum Verarbeiten eines metallischen Materials in einem Behälter durch Induktion, **dadurch gekennzeichnet, dass** er folgendes aufweist:
  - eine erste Wicklung (5) die in Serie zumindest eine erste Spule (51) mit zumindest einer Windung und zumindest eine zweite Spule (52) mit zumindest einer Windung aufweist, und zwar gewickelt in entgegengesetzte Richtungen um

den Behälter (1), wobei die erste Wicklung zwei Endanschlüsse hat, die für ein Verbinden mit einer Wechselstromversorgungsquelle (3) und über einen ersten Kondensator (C) vorgesehen sind; und

zumindest eine zweite Wicklung (6), die in Serie zumindest eine erste Spule (61) mit zumindest einer Windung und zumindest eine zweite Spule (62) mit zumindest einer Windung aufweist, und zwar gewickelt in entgegengesetzten Richtungen um den Behälter durch überlappendes oder dachziegelartiges Anordnen in der ersten Wicklung (5), wobei die Enden der zweiten Wicklung (6) vorgesehen sind für ein Verbinden über einen zweiten Kondensator (C').

2. Aufbau nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kondensatoren (C, C') von der Frequenz der Wechselstromversorgungsquelle (3) abhängen und von der erwünschten Eindringtiefe innerhalb des Behälters (1).
3. Aufbau nach Anspruch 1 oder 2, und zwar zum Erwärmen durch Induktion in einem induktiven Tiegel, der den Behälter bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kombinierten Induktivitäten der zwei Wicklungen (5, 6) eine Funktion der Erwärmungsintensität sind, die innerhalb des Tiegels (1) gewünscht ist.
4. Aufbau nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** er ferner zumindest eine dritte Wicklung aufweist, deren Anschlüsse mit einem dritten Kondensator verbunden sind, wobei die dritte Wicklung aus zumindest zwei Spulen, die einander serieller entgegengesetzt zugeordnet sind.

## Claims

1. An installation for processing by induction a metallic material in a container, **characterized in that** it includes:

a first winding (5) including, in series, at least one first coil (51) of at least one turn and at least one second coil (52) of at least one turn, wound in opposite directions around the container (1), the first winding having two end terminals intended for being connected to an A.C. supply source (3) and across a first capacitor (C); and at least one second winding (6) including, in series, at least one first coil (61) of at least one turn and at least one second coil (62) of at least one turn, wound in opposite directions around the container by being imbricated in the first winding (5), the ends of the second winding (6)

being intended for being connected across a second capacitor (C').

2. The installation of claim 1, **characterized in that** the capacitances (C, C') depend on the frequency of the A.C. supply source (3) and on the desired skin depth inside the container (1). 5
3. The installation of claim 1 or 2, of heating by induction in an inductive crucible forming said container, **characterized in that** the combined inductances of the two windings (5, 6) are a function of the heating intensity desired inside the crucible (1). 10
4. The installation of any of claims 1 to 3, **characterized in that** it further includes at least one third winding, the terminals of which are connected to a third capacitor, the third winding being formed of at least two coils associated in series-opposition. 15  
20

25

30

35

40

45

50

55

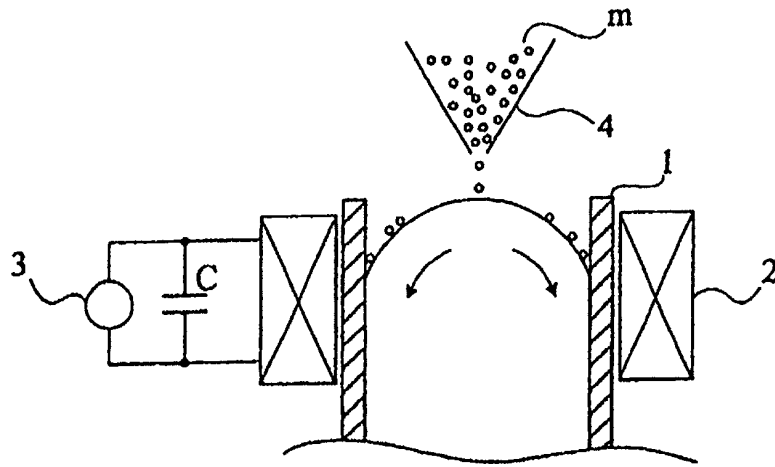


Fig 1

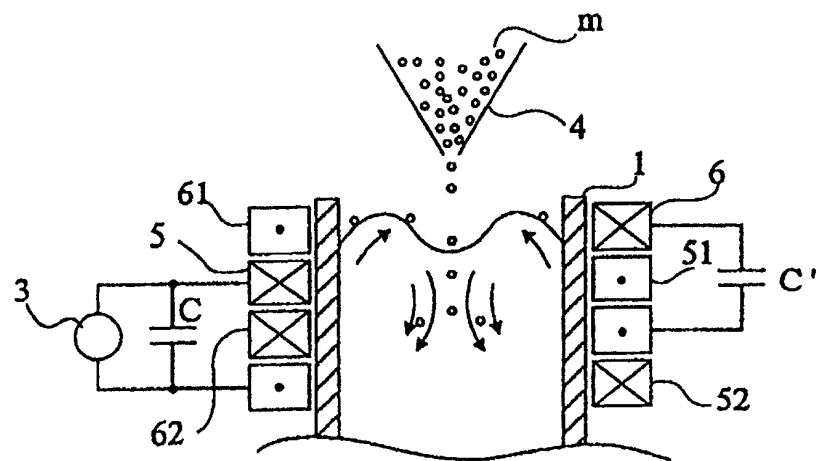


Fig 2

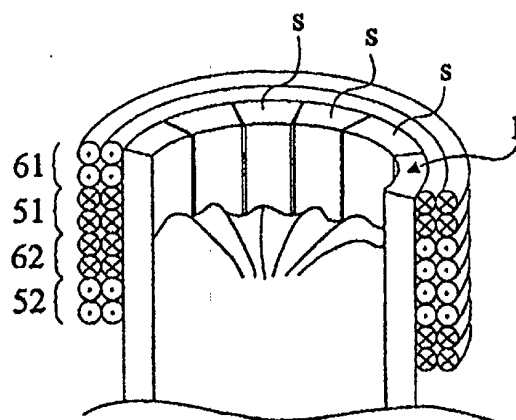


Fig 4



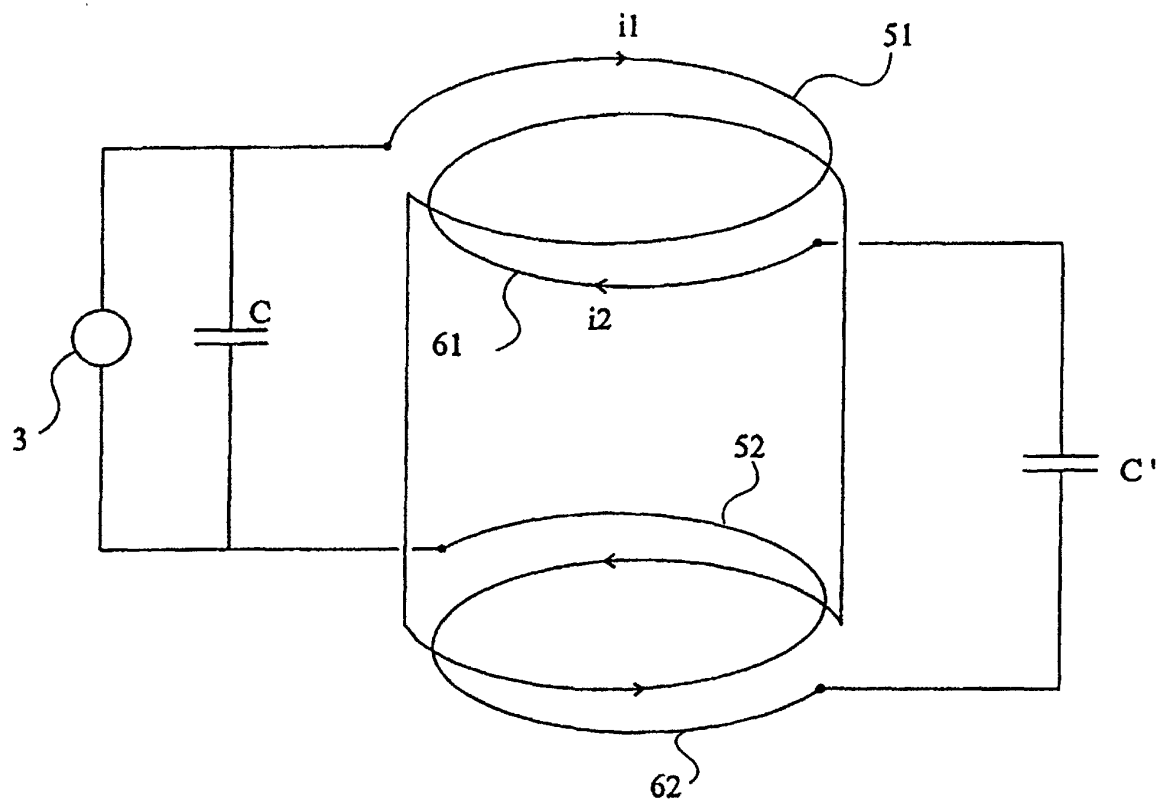


Fig 3