PCT ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 6 :		(11) Numéro de publication internationale:
B22D 11/10	**A1**	**WO 99/30856**
		(43) Date de publication internationale: 24 juin 1999 (24.06.99)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/02577

(22) Date de dépôt international: 1er décembre 1998 (01.12.98)

(30) Données relatives à la priorité:
97/15984 17 décembre 1997 (17.12.97) FR

(71) Déposant: ROTELEC S.A. [FR/FR]; Tours Mercuriales, 40, rue Jean–Jaurès, F–93170 Bagnolet (FR).

(72) Inventeurs: KUNSTREICH, Siebo; 27, rue Eugène–Berthoud, F–93400 Saint–Ouen (FR). NOVE, Marie–Claude; 46, rue Lemercier, F–75017 Paris (FR).

(74) Mandataire: VENTAVOLI, Roger; Rove Conseils, 17, avenue des Tilleuls, Boîte postale 80020, F–57192 Florange Cedex (FR).

(81) Etats désignés: AU, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, HU, ID, JP, KR, MX, PL, RO, RU, SI, SK, TR, UA, YU, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

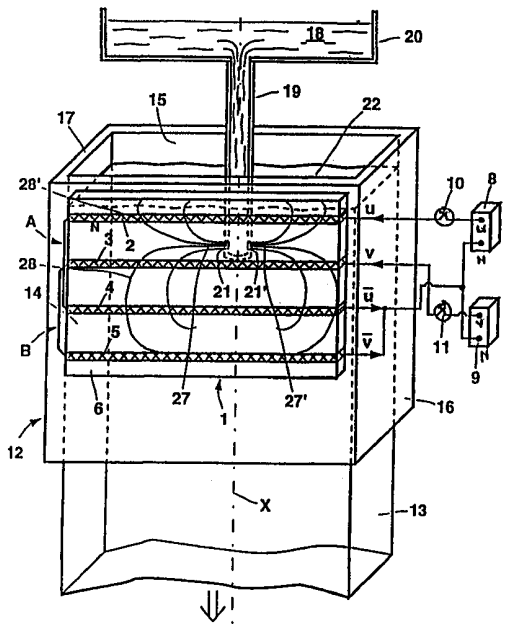
Publiée
Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: ELECTROMAGNETIC BRAKING DEVICE FOR A SMELTING METAL IN A CONTINUOUS CASTING INSTALLATION

(54) Titre: EQUIPEMENT DE FREINAGE ELECTROMAGNETIQUE D'UN METAL EN FUSION DANS UNE INSTALLATION DE COULEE CONTINUE

(57) Abstract

The invention concerns an electromagnetic braking device consisting of an electric power supply and an electromagnetic inductor with multiple windings (1) such as a "polyphase stator of a linear motor with sliding magnetic field" designed to be mounted opposite one surface of a cast product, in particular at the large wall (14) of an ingot mould casting steel slabs (12), and comprising windings (A, B) connected with the electric power supply. The latter consists of a plurality of elementary powering units (8, 9) supplying direct current each provided with its own particular means (10, 11) for regulating the current intensity delivered, each of said windings (A, B) of the inductor capable of being connected to one of said elementary powering units (8, 9) on its own. The equipment enables to localise the braking action in the ingot mould at any one moment, even during casting, without having to modify the position of the inductor.



(57) Abrégé

Cet équipement de freinage électromagnétique est constitué par une alimemtation électrique et par un inducteur électromagnétique pluri–enroulements (1) du type "stator polyphasé de moteur linéaire à champ glissant" destiné à être monté en regard d'une face du produit coulé, notamment au niveau d'une grande paroi (14) de la lingotière de coulée de brames d'acier (12), et comprenant des enroulements (A, B) connectés à l'alimentation électrique. Cette dernière est constituée par une pluralité d'alimentations élémentaires (8, 9) à courant continu pourvues chacune de moyens de réglage propres (10, 11) de l'intensité de courant qu'elles délivrent, chacun des enroulements (A, B) de l'inducteur étant connectable à l'une de ces alimentations élémentaires (8, 9) et à elle seule. L'équipement permet de régler la localisation de l'action de freinage en lingotière à tout moment, même en cours de coulée, sans nécessiter de modifier la position de l'inducteur.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	**ES**	Espagne	**LS**	Lesotho	**SI**	Slovénie
AM	Arménie	**FI**	Finlande	**LT**	Lituanie	**SK**	Slovaquie
AT	Autriche	**FR**	France	**LU**	Luxembourg	**SN**	Sénégal
AU	Australie	**GA**	Gabon	**LV**	Lettonie	**SZ**	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	**GB**	Royaume-Uni	**MC**	Monaco	**TD**	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	**GE**	Géorgie	**MD**	République de Moldova	**TG**	Togo
BB	Barbade	**GH**	Ghana	**MG**	Madagascar	**TJ**	Tadjikistan
BE	Belgique	**GN**	Guinée	**MK**	Ex-République yougoslave de Macédoine	**TM**	Turkménistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Grèce			**TR**	Turquie
BG	Bulgarie	**HU**	Hongrie	**ML**	Mali	**TT**	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	**IE**	Irlande	**MN**	Mongolie	**UA**	Ukraine
BR	Brésil	**IL**	Israël	**MR**	Mauritanie	**UG**	Ouganda
BY	Bélarus	**IS**	Islande	**MW**	Malawi	**US**	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	**IT**	Italie	**MX**	Mexique	**UZ**	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	**JP**	Japon	**NE**	Niger	**VN**	Viet Nam
CG	Congo	**KE**	Kenya	**NL**	Pays-Bas	**YU**	Yougoslavie
CH	Suisse	**KG**	Kirghizistan	**NO**	Norvège	**ZW**	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	République populaire démocratique de Corée	**NZ**	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			**PL**	Pologne		
CN	Chine	**KR**	République de Corée	**PT**	Portugal		
CU	Cuba	**KZ**	Kazakstan	**RO**	Roumanie		
CZ	République tchèque	**LC**	Sainte-Lucie	**RU**	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Soudan		
DK	Danemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Suède		
EE	Estonie	**LR**	Libéria	**SG**	Singapour		

EQUIPEMENT DE FREINAGE ELECTROMAGNETIQUE D'UN METAL EN FUSION DANS UNE INSTALLATION DE COULEE CONTINUE.

La présente invention a trait à la coulée continue des métaux, notamment de l'acier. Elle concerne plus particulièrement les techniques consistant, à l'aide d'un champ magnétique, à influer sur la circulation du métal en fusion lors de son arrivée dans la lingotière de coulée continue.

On sait que le jet d'arrivée du métal en fusion dans la lingotière crée au sein de celle-ci une perturbation hydrodynamique souvent à l'origine de défauts observés ensuite sur le produit coulé laminé. D'une part, le jet entraîne avec lui en profondeur dans le cœur liquide du produit en cours de coulée des inclusions non-métalliques qui ont du mal ensuite à s'éliminer par décantation naturelle sur le ménisque (surface libre du métal en fusion dans la lingotière). Ce phénomène général est plus marqué encore sur les machines de coulée de type "courbe" ou "semi courbe", comme c'est le cas pour la coulée de produits à large section, les brames notamment, dans lesquelles le front de solidification de l'intrados du produit coulé forme alors un obstacle à l'ascension des inclusions qui s'accumulent à cet endroit. D'autre part, les recirculations de métal liquide induites par le jet au sein de la lingotière se traduisent entre autres par des remous remontant qui agitent le ménisque de façon aléatoire, d'autant plus vigoureusement d'ailleurs que l'on coule à vitesse élevée (i.e. au dessus de 1.5 m/mn environ pour fixer les idées). De telles instabilités en surface sont responsables d'irrégularités de solidification de la première peau du produit coulé selon le pourtour de la lingotière que l'on sait être à l'origine de défauts gênants, voire rédhibitoires sur le produit final (boursouflures, exfoliations, etc...).

Face au problème posé par cette perturbation hydrodynamique due au jet, l'aciériste dispose aujourd'hui de deux voies de réponse, faisant appel chacune aux outils disponibles de la magnétohydrodynamique adaptés à la coulée continue des métaux. L'une, plutôt "curative", vise à en réduire les effets sur la qualité métallurgique du produit obtenu: la convection (ou brassage) électromagnétique. L'autre, de nature préventive, s'emploie à contrecarrer cette perturbation: le freinage électromagnétique.

La convection électromagnétique consiste à provoquer un lavage du front de solidification par un courant forcé de métal liquide coulé, de bas en haut par exemple, qui emporte avec lui, en direction du ménisque, les inclusions non-métalliques qui sinon seraient piégées par ce front. Ce courant de métal liquide est créé par un champ magnétique glissant, généralement produit par un inducteur pluri-enroulements de type stator de moteur linéaire polyphasé (bi ou triphasé) disposé parallèlement et en regard d'une grande face de la brame en lingotière (BF 2 358 222 et BF 2 358 223). Un inducteur de ce type est classiquement constitué d'enroulements électriques dont les conducteurs sont conformés en barres parallèles régulièrement espacées, ou en bobines de fils, logées dans des dents d'une

culasse magnétique et montées par paires en série-opposition. Chaque enroulement est connecté à une phase différente d'une alimentation électrique polyphasée, à savoir, triphasée ou biphasée, selon un ordre de branchement assurant le glissement recherché du champ magnétique le long de l'inducteur selon une direction perpendiculaire aux conducteurs. Ce type d'inducteur pluri-enroulements, apte à produire un champ magnétique glissant par couplage avec une alimentation polyphasée, est largement décrit dans la littérature électrotechnique.

La technique du "freinage électromagnétique", dans laquelle s'inscrit la présente invention, consiste en revanche à agir directement sur le, ou les jets d'arrivée du métal en lingotière. On vise ainsi à en limiter la profondeur de pénétration, de même qu'atténuer les mouvements de recirculation induits du métal liquide et donc à tendre vers l'obtention d'un ménisque sans agitation, le plus calme et le plus plat possible. Le fonctionnement d'un tel frein suit le principe bien connu du frein de Foucault: quand un métal liquide en mouvement (plus généralement un fluide électro-conducteur) passe dans un champ magnétique statique, il subit de la part de celui-ci une force contrariante, dont l'intensité dépend de celle du champ et de la vitesse du métal.

On connaît un frein électromagnétique pour lingotière de coulée continue de brames constitué pour l'essentiel de deux électro-aimants à pôles saillants se faisant face de part et d'autre des grandes parois de la lingotière et de polarité opposée de manière à créer entre les pôles des lignes de force magnétiques traversantes. Les électro-aimants sont positionnés dans la partie haute de la lingotière afin d'intercepter le jet de métal dès son arrivée dans la lingotière. Il convient de souligner que, à proprement parler, l'acier liquide arrivant en lingotière et soumis à un tel champ n'est pas réellement freiné, mais plutôt réorienté et réparti dans le volume disponible à proximité. En effet, globalement le débit de métal coulé, donc la vitesse de coulée du produit, ne sont heureusement pas modifiés par le frein. Celui-ci agit en fait comme un répartiteur de débit conférant une plus grande homogénéité de la carte des vitesses de l'écoulement dans le haut de la lingotière. Le terme de "freinage" électromagnétique est donc en toute rigueur impropre, mais il continuera à être utilisé dans la suite par commodité pour se conformer à l'usage commun. Un frein de ce type est décrit par exemple dans le document EP-A-0 040 383, préconisant l'usage de quatre électro-aimants couplés deux à deux par paires disposés l'un en regard de l'autre sur les grandes faces d'une lingotière de coulée continue de brames, une paire étant placée de chaque côté d'une busette de coulée présentant deux ouïes latérales de sortie des jets d'alimentation dirigées vers les petites faces de la lingotière.

Le document PCT WO 92/12814 propose de renforcer l'effet de freinage en remplaçant sur chaque grande face les deux électro-aimants par un barreau magnétique faisant toute la largeur de la lingotière et de situer en hauteur ce barreau au niveau des ouïes latérales de sortie de la busette de coulée afin de réaliser une action de freinage

permanente tout du long de la propagation du jet sortant de chaque ouïe de la busette en direction des petites faces.

Plus récemment, le document PCT WO 96/26029 enseigne de disposer, non pas d'un, mais deux barreaux magnétiques par face, localisés à des niveaux en hauteur différents, l'un en dessous de l'autre de part et d'autre des ouïes de sortie de la busette de manière à former un confinement magnétique de la zone du jet pour l'isoler hydrodynamiquement du reste du volume de métal liquide présent en lingotière. Cependant, comme on le sait, les conditions d'écoulement du métal liquide en lingotière peuvent varier de façon marquée d'une coulée à l'autre, voire au cours d'une même coulée, en fonction de divers paramètres, comme la vitesse de coulée, la profondeur d'immersion de la busette, la forme de ses ouïes donnant la direction du jet, la largeur de la lingotière, si celle-ci est du type à largeur variable, etc.... Dès lors, si l'on désire optimiser les zones d'action du champ magnétique en lingotière en fonction de ces paramètres, cela ne peut être fait sans déplacer l'inducteur le long des grandes faces de la lingotière, ce qui est irréalisable en pratique.

Le but de l'invention est de procurer aux aciéristes un moyen pour modifier aisément et sans délai les zones d'action d'un frein électromagnétique en lingotière de coulée continue de manière à pouvoir ajuster en permanence leur localisation aux conditions précises de la coulée à venir, ou de la coulée en cours, simplement en réglant les paramètres de l'alimentation électrique, donc sans nécessiter d'intervention sur la machine de coulée et notamment sans avoir à modifier la position du, ou des inducteurs.

A cet effet, l'invention a pour objet un équipement de freinage électromagnétique d'un métal en fusion au sein d'un produit coulé en continu, en particulier une brame, comprenant une alimentation électrique et, connecté à ladite alimentation, au moins un inducteur électromagnétique de type «stator polyphasé à champ magnétique glissant» destiné à être monté sur l'installation de coulée en regard d'une face du produit en cours de coulée, ledit inducteur ayant deux ou trois enroulements de phase, équipement caractérisé en ce que ladite alimentation électrique est constituée de deux, respectivement trois, alimentations élémentaires à courant continu réglables en intensité de courant chacune indépendamment des autres, et en ce que chacune desdites alimentations électriques élémentaires est connectée à un et à un seul desdits enroulements de phase de l'inducteur.

Comme on l'aura sans doute compris, l'invention consiste à associer un inducteur de type "stator de moteur linéaire à champ magnétique glissant"-dont la conception et la structure sont largement connus de longue date et dont on connaît bien aussi l'utilisation en coulée continue de brames en tant que moyen de mise en mouvement du métal en fusion selon la hauteur de la lingotière (cf.par exemple GB 1507444 et 1542316)-avec une batterie d'alimentations individuelles à courant continu, réglables indépendamment les unes des autres et couplée chacune avec un enroulement de l'inducteur et lui seul afin de créer un

champ magnétique statique qui soit réglable en localisation (et bien entendu également en intensité) selon la hauteur ou la largeur des grandes faces de la lingotière (plus généralement d'ailleurs sur un endroit quelconque choisi de la hauteur métallurgique, mais là où le produit coulé contient encore passablement de métal liquide non solidifié à coeur) en activant de manière sélective les enroulements de l'inducteur par simple réglage des paramètres de fonctionnement de ces alimentations élémentaires, à savoir en fait l'intensité des courants électriques qu'elles délivrent. Ces réglages sont réalisables instantanément, pendant la coulée elle même si on le souhaite, à distance de la machine de coulée, en toute sécurité pour les opérateurs, et de manière totalement transparente, c'est-à-dire sans risque de perturbation, même minime, du bon déroulement de l'opération de coulée.

Ainsi, l'invention a également pour objet un procédé de freinage électromagnétique d'un métal liquide au sein d'un produit coulé en continu, selon lequel on met en oeuvre un champ magnétique permanent agissant sur le métal liquide pour freiner son écoulement, ledit champ étant créé par un équipement de freinage à inducteur électromagnétique pluri-enroulement du type « stator polyphasé à champ magnétique glissant » couplé à des alimentations électriques élémentaires à courant continu réglables individuellement conformément à l'équipement défini ci-avant, caractérisé en ce que, dans le but de régler, en fonction des conditions de coulée, la position du, ou des pôles magnétiques dudit inducteur sans déplacement de celui-ci, on effectue un réglage des intensités I_i des courants électriques parcourant les enroulements de l'inducteur à l'aide d'un facteur φ variable entre 0 et π radians de manière que, à chaque instant, $I_1 = K \cos \varphi$ et $I_2 = K \sin \varphi$ en cas d'un inducteur à deux enroulements, et $I_1 = K \sin \varphi$, $I_2 = K \sin (\varphi+2\pi/3)$ et $I_3 = K \sin (\varphi+4\pi/3)$ en cas d'un inducteur à trois enroulements, K étant une constante représentative de la force de freinage voulue à l'endroit du, ou des pôles magnétiques de l'inducteur, et dont la valeur maximale est limitée par l'intensité maximale du courant électrique délivrable par chaque alimentation électrique élémentaire.

L'invention sera bien comprise, et d'autres aspects et avantages apparaîtront plus clairement au vu de la description qui suit donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif de réalisation en référence aux planches de dessins annexées sur lesquelles:

- la figure 1 représente schématiquement un inducteur électromagnétique biphasé de type connu pour brasser le métal coulé dans une lingotière de coulée continu et dont des éléments vont se retrouver dans l'équipement de freinage selon l'invention;
- la figure 2 représente schématiquement un équipement de freinage électromagnétique selon l'invention dans une forme de réalisation bi-enroulements analogue à celle de l'inducteur de brassage bi-phasé connu de la figure 1;
- la figure 3 représente un inducteur de l'équipement de freinage selon l'invention conforme à la figure 2 tel qu'il apparaît quand il est monté dans le corps d'une lingotière de coulée

continue de brames d'acier selon un premier mode de réalisation à réglage en hauteur de l'action de freinage;

- la figure 4 représente une variante de l'installation de la figure 3, selon laquelle la structure de l'inducteur de freinage est partitionnée selon la largeur de la lingotière;
- les figures 5a et 5b illustrent chacune un mode de mise en oeuvre de l'équipement de freinage conforme à l'invention dans une forme différente de réalisation de l'inducteur;
- la figure 6 est une vue schématique, en coupe verticale transversale passant par l'axe de coulée X de la figure 3, de l'équipement selon la figure 3 illustrant un mode de réglage de cet équipement;
- la figure 7 est une vue analogue à la figure 6 mais illustrant un autre mode de réglage de l'équipement de freinage selon l'invention;
- la figure 8, à rapprocher de la figure 3, représente un équipement de freinage selon l'invention monté sur une lingotière de coulée continue de brames d'acier selon un second mode de réalisation à réglage de l'action de freinage sur la largeur de la lingotière;
- la figure 9 illustre, vu schématiquement de dessus et en coupe selon le plan A-A de la figure 8, un mode de réglage de l'équipement de freinage montré sur la figure 8;
- la figure 10 illustre, selon les mêmes dispositions que la figure 9, un autre mode de réglage de cet équipement;
- la figure 11 représente schématiquement une variante de réalisation d'une alimentation électrique de l'invention;
- la figure 12, à rapprocher des figures 8 et 4, représente un équipement de freinage selon l'invention monté sur une lingotière de coulée continue de brames d'acier selon un troisième mode de réalisation à réglage d'une action conjuguée de freinage sur la largeur et sur la hauteur de la lingotière.

Sur ces figures, les mêmes éléments sont désignés sous des références identiques.

L'inducteur de brassage 1 montré sur la figure 1 a des fonctions et des effets sur les écoulements du métal liquide complètement différents de ceux du dispositif de frein de l'invention, mais il sert en quelque sorte d'ossature à la constitution de ce dernier. Il présente donc avec lui d'étroites analogies de constitution. Aussi, quelques rappels le concernant et concernant son mode de fonctionnement faciliteront la compréhension de l'invention.

La partie active principale de cet inducteur statique à champ glissant est constituée par des conducteurs de l'électricité, ici des barres rectilignes en cuivre 2, 3, 4 et 5, logées dans des encoches (ou dents) parallèles régulièrement espacées ménagées dans une culasse magnétique 6. Ces barres sont ainsi disposées parallèlement entre elles en étant écartées régulièrement l'une de l'autre d'une distance qui permet de définir le pas polaire de l'inducteur.

Dans l'exemple considéré, l'inducteur est du type stator bi-phasé. Il comporte à cet effet quatre barres conductrices montées électriquement deux à deux, par paires en série-opposition, c'est-à-dire reliées par leurs extrémités situées du même côté de l'inducteur (à droite sur la figure) de manière que le courant électrique y circule dans des sens opposés. Chaque paire de barres, 2-4 ou 3-5, forme un enroulement dont les extrémités libres (à gauche sur la figure) sont connectées, selon l'ordre montré sur la figure, aux bornes d'une alimentation biphasée 7, dont les deux phases sont repérées classiquement par les lettres U, V, et le neutre par la lettre N. Ces extrémités libres sont désignées par les mêmes lettres, U ou V, que celles de la phase qui les alimente, en distinguant les extrémités d'arrivée, des extrémités de retour du courant dont la lettre est surmontée d'un trait horizontal, conformément à l'usage. Ces enroulements, comme on le voit, sont ici de type "imbriqués", car les barres couplées formant un enroulement ne sont pas des barres voisines, mais séparées par une barre de l'autre enroulement. Ainsi, la barre 2 est reliée à la barre 4 pour former l'enroulement A, et la barre 3 est reliée à la barre 5 pour former l'autre enroulement B. Des dispositions analogues se retrouvent dans le cas d'un inducteur de type stator triphasé, l'imbrication des trois enroulements s'obtenant alors, comme on le sait, par un saut de séparation entre barres couplées, non pas d'une, mais de deux barres appartenant chacune à l'un et l'autre des deux autres enroulements.

Lorsque l'inducteur 1 est alimenté par une alimentation en courant alternatif dont le schéma de montage électrique est celui montré sur la figure 1, le courant électrique parcourant les barres 2, 3, 4, 5 produit un champ magnétique perpendiculaire au plan de la figure et glissant d'une barre à la suivante dans la direction perpendiculaire à l'orientation des barres (représentée par la flèche V_B sur la figure), à savoir du haut vers le bas, et ce, à la vitesse (i.e.la fréquence du courant) avec laquelle l'intensité du courant d'alimentation atteint son maximum successivement de la barre 2 jusqu'à la barre 5. Le petit schéma "en cartouche" sur la gauche de la figure montre, à l'aide du cercle trigonométrique, l'organisation dynamique des deux phases qui fera au besoin comprendre simplement ce qui vient d'être dit si on parcourt ce cercle dans le sens horaire. Un inducteur de brassage de ce genre peut aisément trouver sa place au sein d'une lingotière de coulée continue de brames par exemple, et de nombreux documents, notamment sous forme de demandes de brevets, décrivent une telle utilisation.

L'invention, dont la description va suivre maintenant, s'accorde parfaitement avec ce qui vient d'être dit en termes de structure d'inducteur, de couplage des conducteurs pour former les enroulements ou d'intégration de l'inducteur sur une machine de coulée continue.

Pour réaliser l'équipement de freinage électromagnétique selon l'invention, tel que représenté sur la figure 2, le dispositif inductif de la figure 1 doit être modifié de façon qu'il produise, non plus un champ magnétique mobile, mais un champ stationnaire

permanent localisé en un endroit choisi de l'inducteur, mais modifiable à volonté. Ce champ statique sera donc produit à partir d'une alimentation électrique à courant continu. Il est donc analogue à celui produit par les dispositifs connus de freinage électromagnétique en lingotière de coulée continue, mais sa zone d'action peut être réglée en position sur la hauteur de la lingotière (ou sur la largeur, selon le mode de montage adopté) sans intervention aucune sur l'installation de coulée.

Comme on le voit sur la figure 2, cette modification consiste à remplacer l'alimentation biphasée 7 par deux alimentations à courant continu 8 et 9, individuelles et indépendantes l'une de l'autre, leur seul point commun pouvant être leur neutre N, mis en commun pour raison de commodité. Ces alimentations sont dotées chacune de moyens de réglage de l'intensité des courants qu'elles délivrent. Ces moyens de réglage, connus par eux-mêmes et tout à fait habituels dans ce domaine, ont donc été simplement illustrés par les éléments respectifs 10 et 11 sur les figures. L'inducteur 1 n'a subi aucune modification; les liaisons entre conducteurs définissant les enroulements A et B demeurent inchangées.

L'équipement selon l'invention est en état de fonctionnement dès que chacun des enroulements A et B de l'inducteur 1 est connecté à l'une de ses deux alimentations élémentaires et à elle seule. Dans l'exemple illustré sur la figure 2, l'enroulement A est connecté à l'alimentation 8, et l'enroulement B est connecté à l'alimentation 9.

Appliqué à une lingotière de coulée continue, un tel équipement produit alors l'effet de freinage recherché pour réduire la profondeur de pénétration du jet et ses effets indésirables sur la qualité interne du produit coulé obtenu après solidification complète. On notera d'ailleurs que l'équipement de freinage de l'invention est en fait applicable également sous la lingotière, donc utilisable, de manière plus générale, sur un produit de coulée continue, une brame d'acier par exemple, dont l'intérieur est encore à l'état bien liquide.

A ce stade de l'exposé, il convient de se reporter à la figure 3 montrant justement la mise en place de l'inducteur de l'équipement de freinage selon l'invention sur une grande face d'une lingotière 12 de coulée continue de brames d'acier 13. Bien entendu, les deux grandes faces opposées de la lingotière peuvent être ainsi équipées par deux inducteurs identiques disposés en regard l'un de l'autre de part et d'autre du produit coulé et s'étendant chacun sur sensiblement la totalité de la largeur de la lingotière. La suite de l'exposé montrera que, selon le choix des polarités sur l'un des inducteurs par rapport à l'autre en vis-à-vis, on peut favoriser l'effet de freinage au travers de toute l'épaisseur du produit coulé (configuration de champ dit « traversant »), ou le localiser au voisinage de la peau uniquement (configuration de champ dit « longitudinal »).

Une lingotière de coulée continue de brames est essentiellement constituée, comme on le sait, par un assemblage de quatre plaques verticales, en cuivre ou alliage de cuivre, deux grandes plaques 14 et 15, appelées "grandes faces", complétées par deux plaques en

bout 16 et 17 fermant les extrémités, dites "petites faces". Ces plaques définissent entre elles un espace de coulée sans fond pour le métal en fusion 18 arrivant par le dessus à l'aide d'une busette 19 montée dans le fond d'un répartiteur 20 placé au dessus.Elles sont énergiquement refroidies extérieurement par une vigoureuse circulation d'eau pour assurer l'extraction de chaleur nécessaire à la formation d'une peau de métal solidifié à leur contact suffisamment épaisse pour permettre l'extraction du produit coulé dans de bonnes conditions opératoires. Le métal en fusion est déversé en lingotière par la busette 19 dont l'extrémité inférieure, pourvue d'ouïes de sortie latérales 21, 21', plonge dans la masse d'acier en fusion en cours de coulée déjà présente dans la lingotière. Ces ouïes de sortie latérale délivrent chacune un jet de métal en fusion 27 et 27' dirigé vers les petites faces de la lingotière, et au voisinage desquelles s'opère une séparation entre un flux principal descendant 28, responsable de l'entraînement en profondeur d'inclusions non-métalliques, et un flux remontant 28' venant agiter le ménisque 22. C'est sur ces jets 27 et 27' que vont agir les moyens de freinage selon l'invention.

Dans l'exemple illustré par la figure 3, l'inducteur 1 précédemment décrit est monté en regard d'une grande face 14 de la lingotière avec une orientation telle que les barres conductrices 2 à 5 soient horizontales,l'axe de coulée X étant lui vertical. Dans ces conditions, si l'on se réfère à nouveau également à la figure 2 pour considérer uniquement pour l'instant l'alimentation 8, 1e courant continu qu'elle délivre dans l'enroulement A (son intensité étant réglée par ses moyens de réglage 10) forme une boucle de courant située dans la demi partie haute de l'inducteur 1 (donc de la lingotière) et dans laquelle le courant électrique parcourt la barre conductrice 2 de gauche à droite, puis la barre 4 de droite à gauche. Il se crée ainsi dans la zone définie par l'aire de cette boucle de courant, un champ magnétique Bu stationnaire, dirigé perpendiculairement au plan de l'enroulement, qui en l'occurrence est aussi celui de la figure. On comprend que se forme ainsi dans la partie haute de la lingotière, et selon toute la largeur de celle-ci, un champ magnétique stationnaire Bu perpendiculaire à la direction de coulée X et perpendiculaire au plan de distribution des vitesses de propagation des jets de métal 27, 27' et dont l'intensité maximale se situe au centre de l'enroulement A, c'est-à-dire à la hauteur de la barre passive 3 de l'enroulement B. Si, l'on considère à présent de la même manière uniquement l'alimentation 9 et l'enroulement B qu'elle alimente en courant, on obtient un champ magnétique Bv identique au champ précédent Bu, mais dont le maximum est situé cette fois au niveau de la barre passive 4 de l'enroulement A.

Si les deux alimentations électriques débitent en même temps dans leurs enroulements respectifs, les champs Bu et Bv sont présents simultanément et l'existence d'une zone de recouvrement entre les barres 2 et 3 due au fait qu'ici les enroulements A et B sont imbriqués, fait que ces champs s'additionnent dans cette région. Le maximum d'induction magnétique, donc d'effet de freinage maximum, est alors obtenu au coeur de

cette zone centrale si les courants d'alimentation sont de même intensité. En revanche, ce maximum sera atteint au centre de l'enroulement A si l'alimentation individuelle 9 est laissée inactive (voir fig.5a), ou au centre de l'enroulement B si l'alimentation individuelle 8 est laissée inactive (voir fig.5b), ou encore en une infinité de localisations possibles entre ces deux positions extrêmes, simplement en réglant, à l'aide des moyens de réglage 10 et 11, un déséquilibre volontaire des courants entre les deux alimentations 8 et 9 alors actives conjointement (fig. 2). On convient ici, par souci de simplicité, d'appeler "pôle magnétique" l'endroit de l'espace (en l'espèce, une des grandes faces de la lingotière dotée d'un inducteur de freinage) où le champ magnétique de freinage est maximum.

Ainsi, cet inducteur 1 se trouve apte à jouer un rôle de frein agissant sur les écoulements de métal en fusion entrant dans la lingotière, à l'instar des dispositifs connus de freinage électromagnétique. Mais, à présent on bénéficie de l'avantage décisif de pouvoir régler à tout moment sur la hauteur de la lingotière la localisation du pôle magnétique du champ de freinage, sans avoir à déplacer aucune pièce de l'inducteur, simplement en agissant sur le réglage des alimentations électriques.

Comme déjà dit, une localisation précise du pôle magnétique du champ de freinage à la partie supérieure de la lingotière peut en effet être optimale sous certaines conditions de coulée, et s'avérer moins bien adaptée qu'une autre si, d'une coulée à la suivante ou au cours même de la coulée, on modifie des paramètres de coulée, comme la profondeur d'immersion de la busette 19, le niveau du ménisque 22 dans la lingotière, la vitesse de coulée, etc... On est alors amené à vouloir modifier la position de ce pôle sur la hauteur de la lingotière. Comme on vient de le voir, grâce au dispositif de l'invention, cela devient très aisé puisqu'il suffit d'agir sur le réglage des paramètres de fonctionnement électrique de l'alimentation.

Comme le montre la figure 4, il est possible de "coiffer" les grandes faces de la lingotière, non plus par un inducteur unique faisant toute la largeur, mais par trois inducteurs fonctionnellement équivalents 1a, 1b, 1c,disposés côte à côte selon la largeur des grandes faces de la lingotière, et pouvoir ainsi moduler les actions de freinage électromagnétique sur le métal coulé différemment en position centrale et sur les cotés des grandes faces.

On aura compris qu'au lieu de couvrir la totalité de la largeur de la lingotière, l'inducteur de freinage selon l'invention peut ne concerner qu'une fraction de cette largeur. Par exemple, seule peut être concernée la partie centrale, ou seulement les parties latérales de part et d'autre de la busette 19, ou encore, comme déjà dit en référence à la figure 4, l'ensemble de la largeur, mais par des zones d'actions successives indépendantes à l'aide de plusieurs inducteurs juxtaposés. Il est alors possible de régler l'intensité de l'action de freinage au niveau du pôle magnétique différemment selon la largeur de la brame coulée simplement en utilisant des courants électriques d'alimentation avec des intensités

différentes dans chaque module inductif ainsi formé. De même, il est possible de positionner le pôle magnétique de freinage sur des niveaux en hauteur différents selon que l'on est au centre ou plutôt sur les côtés de la grande face de la lingotière. De même encore, il devient ainsi possible dans une lingotière à format variable d'adapter la zone d'action du champ magnétique de freinage à la largeur du produit coulé.

D'une manière générale, si on appelle « K» une constante choisie, représentative de la force de freinage voulue à l'endroit du pôle magnétique de chaque inducteur, dont la valeur maximale est limitée par l'intensité maximale du courant électrique délivrable par les alimentations élémentaires 8, 9..., on peut, par intervention sur les moyens de réglage 10, 11..., régler la localisation de ce pôle magnétique là où on le souhaite en faisant simplement varier entre 0 et π radians un paramètre de réglage φ qui lie fonctionnellement entre elles les alimentations élémentaires de manière que les intensités I_i de courant passant dans les enroulements s'établissent selon les relations: $I_1 = K \cos \varphi$ et $I_2 = K \sin \varphi$ dans le cas d'un équipement à deux alimentations élémentaires (deux enroulements distincts par inducteur), ou selon la relation $I_1 = K \sin \varphi$, $I_2 = K \sin (\varphi + 2\pi/3)$ et $I_3 = K \sin (\varphi + 4\pi/3)$ en cas d'un équipement à trois alimentations élémentaires (i.e. ayant trois enroulements distincts par inducteur).

On aura également noté qu'un inducteur 1 ou 1' de l'équipement de freinage selon l'invention peut être monté en regard de chacune des grandes faces de la lingotière. Il est alors possible, en jouant sur les polarités des enroulements actifs en même temps de part et d'autre de la brame coulée, de renforcer l'action de freinage au centre du produit coulé, ou de la concentrer au voisinage de la peau. Ces dispositions font l'objet des figures 6 et 7 sur lesquelles l'inducteur 1 a été désigné par l'indice "a" pour le distinguer de l'inducteur apparié sur l'autre face de la lingotière et référencé sous l'indice "b". Des champs magnétiques de même orientation sur les deux inducteurs en regard se renforceront mutuellement dans le sens "traversant" et donc renforceront l'action de freinage dans le coeur du métal coulé (fig. 6), alors que des champs magnétiques opposés se contrarieront au coeur du métal et concentreront par voie de conséquence leur action de freinage à la périphérie du métal coulé en prenant nécessairement une configuration de type " champ longitudinal " (fig. 7).

Il va de soi que l'invention n'est pas limitée aux réalisations exemplifiées ci-avant, mais s'étend à de nombreuses variantes ou équivalents dans la mesure où est respectée sa définition donnée dans les revendications jointes.

Ainsi, comme le montre la figure 8, l'inducteur $1a_1$ peut être monté en lingotière avec ses barres conductrices 2...5 orientées parallèlement à l'axe de coulée X, c'est-à-dire verticalement, au lieu de horizontalement. A un niveau en hauteur donné, on peut alors modifier la localisation de l'action de freinage du champ magnétique sur la demi-largeur du produit coulé avec la précision souhaitée le long de la propagation du jet de métal 27 issu

de l'ouïe 21 de la busette de coulée 19. En mettant alors en oeuvre deux tels inducteurs $1a_1$ et $1a_2$ à conducteurs verticaux placés sur une grande face de la lingotière de part et d'autre de la busette 19, on a toute latitude pour ajuster avec précision la position des pôles magnétiques de freinage à la distance voulue de chacune des ouïes de sorties 21 et 21' de la busette. En outre, les possibilités sont encore élargies en disposant de deux autres inducteurs analogues sur l'autre grande face de la lingotière, car on peut alors, comme on l'a déjà vu auparavant, concentrer l'action du champ à un endroit choisi dans l'épaisseur du produit: à coeur plutôt qu'en périphérie, ou inversement.

La figure 9 montre le mode de réglage d'un équipement à deux paires d'inducteurs de ce type assurant un effet de freinage selon toute l'épaisseur du produit coulé 13. Comme on le voit, le principe d'un tel réglage est extrêmement simple. Dans les enroulements actifs qui se font face, il suffit que le courant électrique passe dans le même sens dans les conducteurs en regard les uns des autres de chaque côte du produit coulé. Dans ces conditions en effet, les champs magnétiques produits par ces enroulements dans le métal liquide coulé s'additionnent; les lignes de force traversent le produit bien perpendiculairement à sa paroi sans dévier de leur trajectoire initiale prise au niveau des inducteurs. On se trouve alors dans une configuration dite "à champ traversant" qui procure un effet de freinage selon l'épaisseur du produit coulé et donc en particulier dans le centre. On comprend que l'on pourra avoir avantage dans ce cas à activer de préférence les enroulements les plus proches des ouïes de sorties 21 et 21' de la busette 19, puisque les jets 27 et 27' sont plutôt puissants et resserrés à la sortie de la busette, alors qu'ils sont plus diffus et épanouis à mesure qu'ils progressent vers les petites faces de la lingotière.

La figure 10 montre ce même équipement mais réglé au contraire pour maximiser l'action de freinage en peau du produit coulé. A cet effet, il suffit, comme on le voit, d'inverser le sens du courant dans un des deux enroulements actifs se faisant face, de manière à ce que les champs magnétiques produits par ces deux enroulements s'opposent. On se trouve alors dans une configuration de type "champ longitudinal": l'induction magnétique est minimale au centre du produit, car ses lignes de force sont fortement déviées à 90° dans le plan médian central du produit par rapport à leur direction initiale prise au niveau des inducteurs. Comme seule la composante du champ perpendiculaire aux lignes de flux du jet 27,27' agit sur ce dernier, l'effet de freinage sera alors maximum contre le front de solidification du métal coulé en des endroits situés en regard précisément des enroulements activés des inducteurs.

En variante, comme le montre la figure 12, on peut mettre en œuvre des inducteurs juxtaposés selon la largeur de la grande face de la lingotière et ayant entre eux des orientations différentes de leurs conducteurs électriques. Dans l'exemple montré sur cette figure, on dispose côte à côte trois inducteurs, l'un 1c en position centrale dans la région de la busette de coulée 19, les deux autres, 1a et 1b, en position latérale de part et d'autre de

l'inducteur central 1c. Les conducteurs de ce dernier sont orientés horizontalement, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe de coulée X, afin de pouvoir régler en hauteur la localisation de son pôle magnétique de freinage au niveau du lieu d'arrivée du métal coulé en lingotière. Les conducteurs des inducteurs latéraux sont en revanche orientés verticalement pour pouvoir régler selon la largeur de la grande face la localisation de leur pôle magnétique de freinage au voisinage des petites faces de la lingotière. Bien entendu, ces dispositions relatives peuvent être inversées afin de pouvoir réaliser un réglage en hauteur au voisinage des petites faces et un réglage en largeur au voisinage de l'arrivée du métal en lingotière.

En outre, par l'expression "alimentations élémentaires en courant continu" usitée tout du long de l'exposé pour qualifier l'une des caractéristiques essentielles de l'invention, il faut entendre non seulement une addition d'alimentations unitaires structurellement indépendantes, telles que considérées jusqu'ici en référence aux figures précédentes, mais encore une alimentation polyphasée unique à deux ou trois phases et à fréquence réglable, que l'on règle à fréquence nulle pour obtenir un courant continu. Les alimentations électriques polyphasées de ce type sont bien connues. Elles sont ordinairement utilisées pour activer des moteurs électriques à champ magnétique tournant ou glissant. Comme le montre la figure 11, elles sont du type à onduleur 28 à seuil de hachage réglable. Cet onduleur est classiquement alimenté en courant redressé par un redresseur 29 monté à la sortie d'un groupe tournant 30 par l'intermédiaire d'un transformateur d'adaptation de la tension 31 et d'un interrupteur 32.

Chaque phase U, V, W de l'alimentation (triphasée dans l'exemple considéré) est construite selon ce mode. L'onduleur assure le respect des déphasages entre les phases produits par le groupe 30 et l'ensemble des phases de l'alimentation est rendu disponible à l'utilisation au moyen d'un boîtier de connexion 33 doté d'un neutre commun N.

Conformément à l'invention, la mise en fonction d'une telle alimentation électrique pour alimenter les enroulements du dispositif de freinage schématisé en 34, à raison d'une phase par enroulement, consiste à régler l'onduleur 28 à la fréquence nulle, en procédant à de tels réglages à des moments choisis afin que les intensités des courants dans chaque phase soient à ces moments-là celles que l'on souhaite obtenir dans les enroulements connectés à ces phases.

REVENDICATIONS

1) Equipement de freinage électromagnétique d'un métal en fusion au sein d'un produit coulé en continu comprenant une alimentation électrique et, connecté à ladite alimentation, au moins un inducteur électromagnétique (1) de type «stator polyphasé à champ magnétique glissant » destiné à être monté sur l'installation de coulée en regard d'une face du produit en cours de coulée, ledit inducteur ayant deux (ou trois) enroulements de phase (A, B), équipement caractérisé en ce que ladite alimentation électrique (29) est constituée de deux (respectivement trois) alimentations élémentaires à courant continu (8, 9) réglables en intensité de courant chacune indépendamment des autres, et en ce que chacune desdites alimentations élémentaires est connectée à un et à un seul desdits enroule- ments de phase (A, B) de l'inducteur.

2) Equipement selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit inducteur électromagnétique (1) est monté au niveau de la lingotière (12) de l'installation de coulée.

3) Equipement selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux inducteurs électromagnétiques (l) montés sur l'installation de coulée, l'un en regard de l'autre, de part et d'autre du produit en cours de coulée.

4) Equipement selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux inducteurs (1a, 1b) placés côte à côte selon la largeur, ou selon la longueur, d'une face du produit en cours de coulée.

5) Equipement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un inducteur (1) monté sur l'installation de coulée en présentant ses conducteurs (2,..5) orientés perpendiculairement à l'axe de coulée (X).

6) Equipement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un inducteur (1) monté sur l'installation de coulée en présentant ses conducteurs (2,..5) orientés parallèlement à l'axe de coulée (X).

7) Equipement selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend au moins trois inducteurs montés sur l'installation de coulée en présentant leurs conducteurs orientés selon des directions différentes d'un inducteur à l'autre.

8) Equipement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les alimentations électriques élémentaires (8, 9) sont constituées par une alimentation polyphasée unique à deux ou trois phases et à fréquence de courant réglable réglée à la valeur nulle.

9) Procédé de freinage électromagnétique d'un métal liquide au sein d'un produit coulé en continu, selon lequel on met en oeuvre un champ magnétique permanent agissant sur le métal liquide pour freiner son écoulement, ledit champ étant créé par un équipement de freinage conforme à la revendication 1, à inducteur électromagnétique pluri-enroulement (1) du type « stator polyphasé à champ magnétique glissant » et à alimentations électriques élémentaires (8, 9) à courant continu réglables individuellement, caractérisé en ce que, dans le but de régler, en fonction des conditions de coulée, la position du, ou des pôles magnétiques dudit inducteur (1) sans déplacement de celui-ci, on effectue un réglage des intensités I_i des courants électriques parcourant les enroulements (2,...5) de l'inducteur à l'aide d'un facteur φ variable entre 0 et π radiants de manière que, à chaque instant, $I_1 = K \cos \varphi$ et $I_2 = K \sin \varphi$ en cas d'un inducteur (1) à deux enroulements (A,B), et $I_1 = K \sin \varphi$, $I_2 = K \sin (\varphi + 2\pi/3)$ et $I_3 = K \sin (\varphi + 4\pi/3)$ en cas d'un inducteur (1) à trois enroulements, K étant une constante représentative de la force de freinage voulue à l'endroit du, ou des pôles magnétiques de l'inducteur (1),et dont la valeur maximale est limitée par l'intensité maximale du courant électrique délivrable par chaque alimentation électrique élémentaire (8, 9).

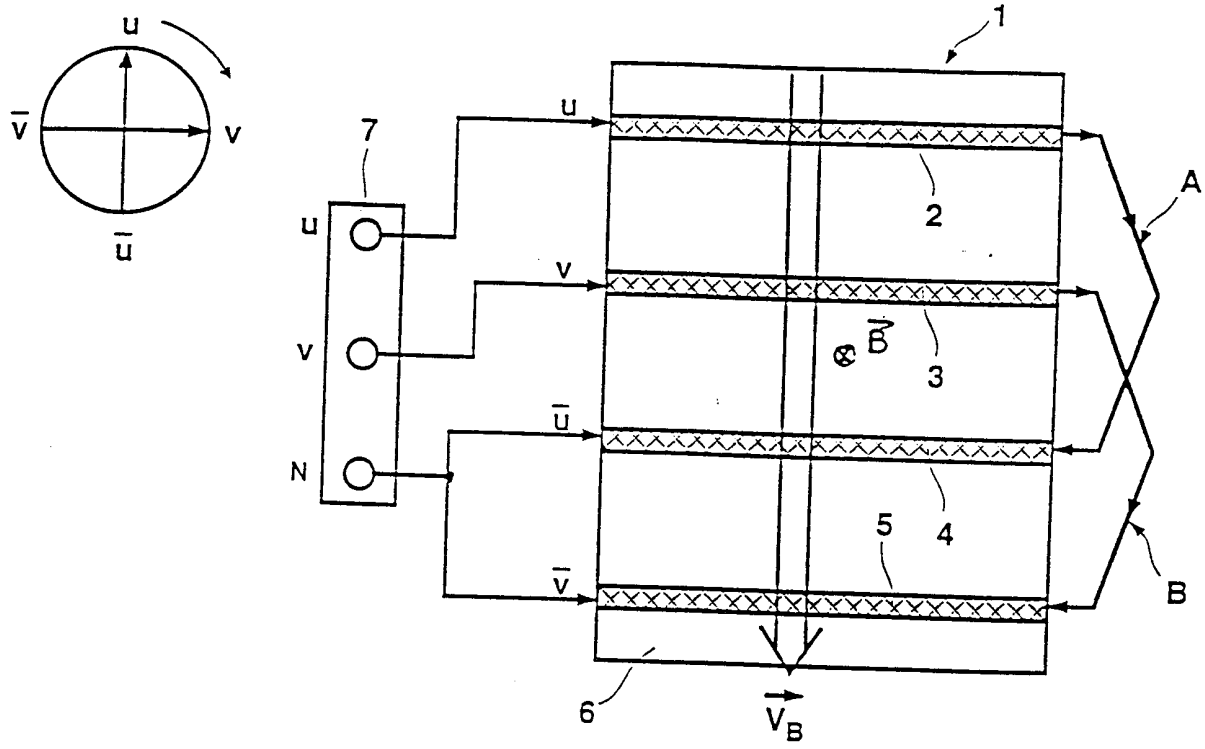


Fig. 1
(prior art)

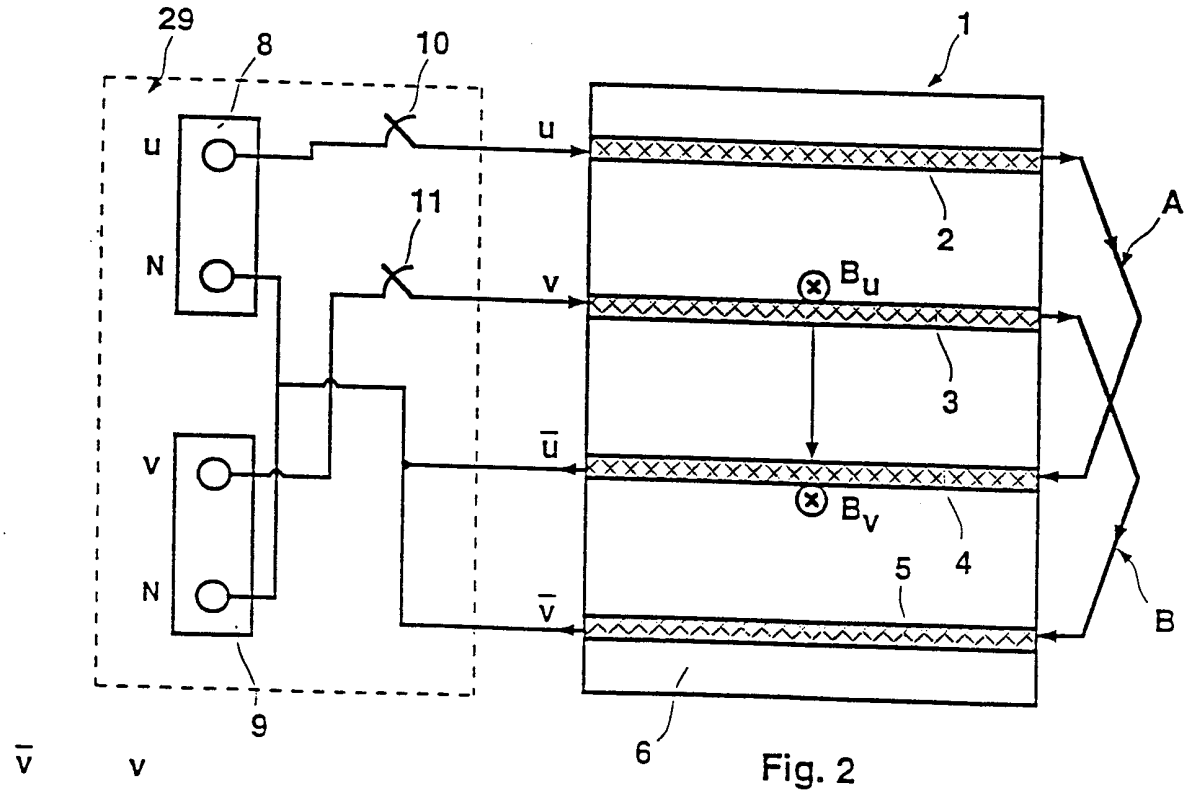


Fig. 2

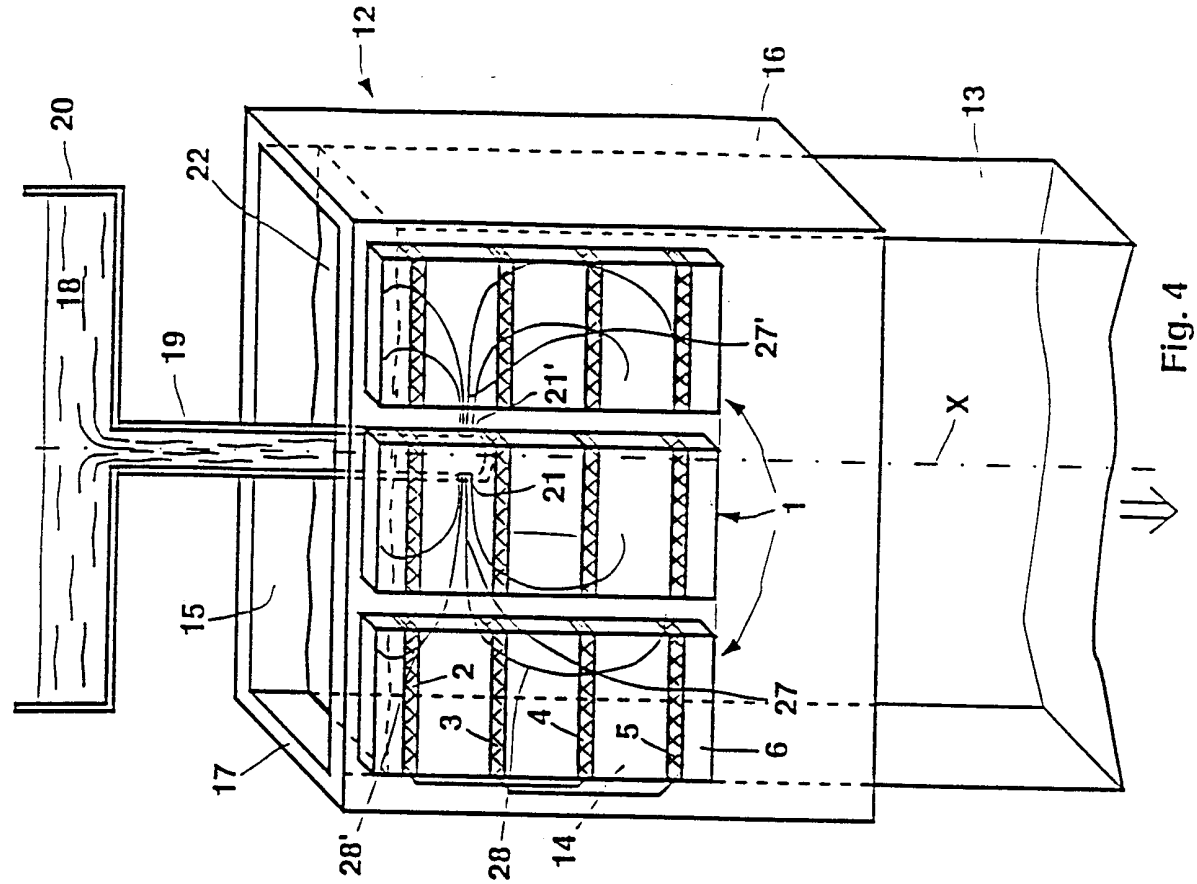

12
16
13
20
22
18
19
27'
21'
21
1
X
15
2
3
4
5
6
27
17
28'
28
14

Fig. 4

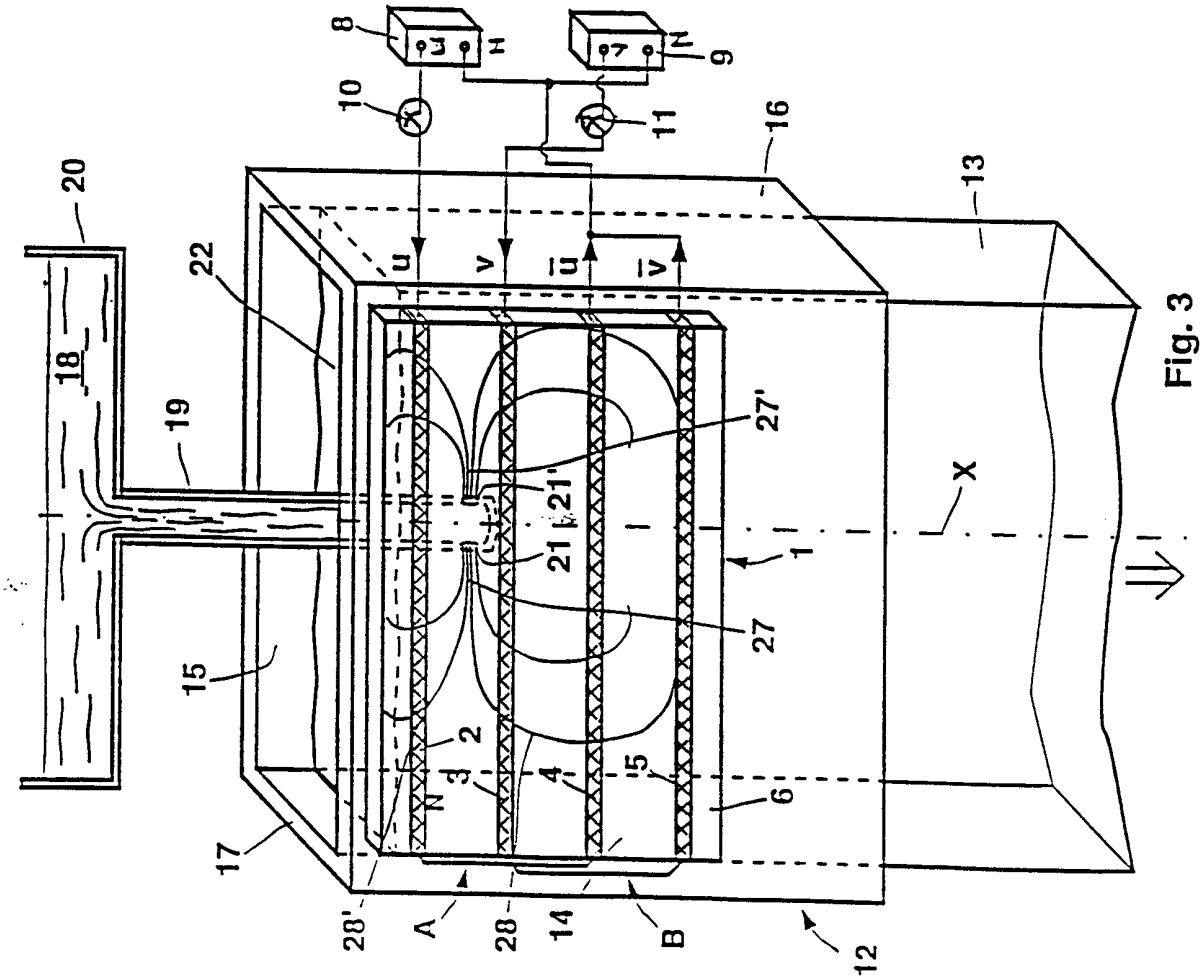

8
9
10
11
16
13
20
22
u
v
ū
v̄
18
19
27'
21'
21
1
X
15
2
3
4
5
6
27
17
28'
A
28
14
B
12

Fig. 3

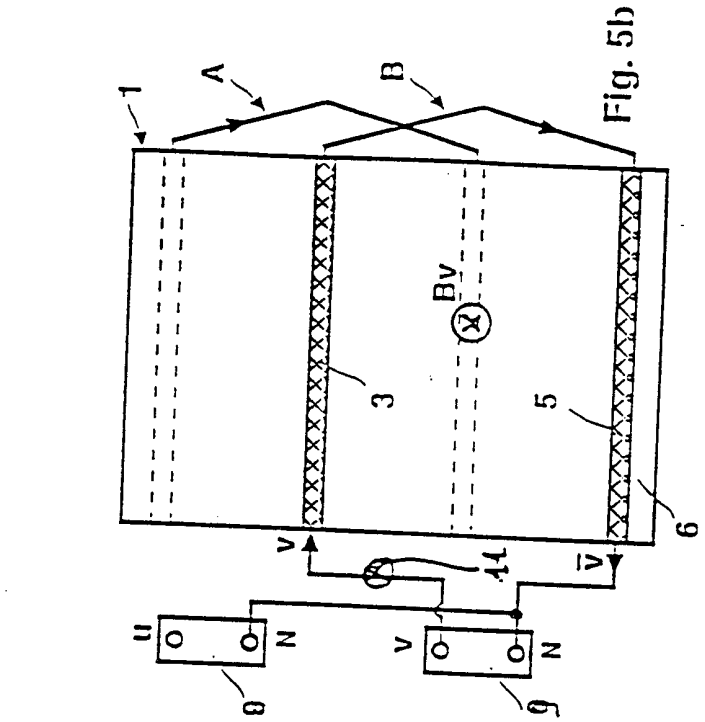


Fig. 5b

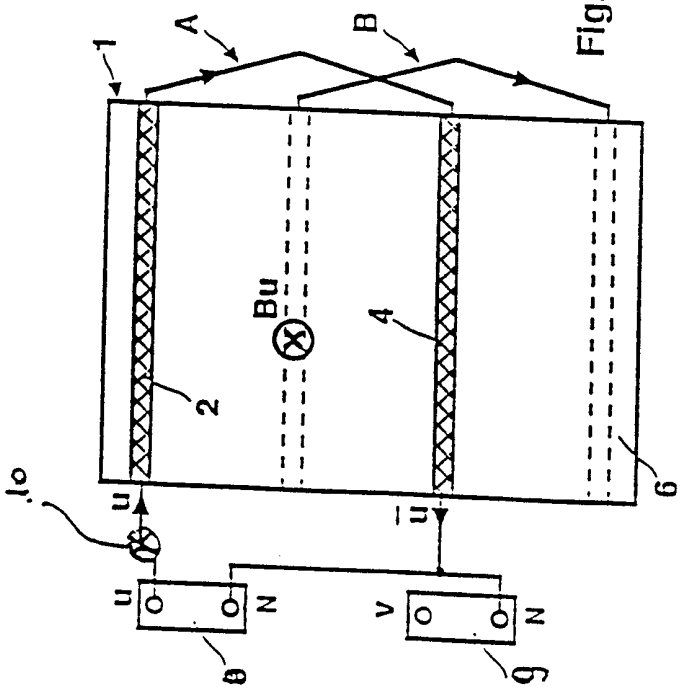


Fig. 5a

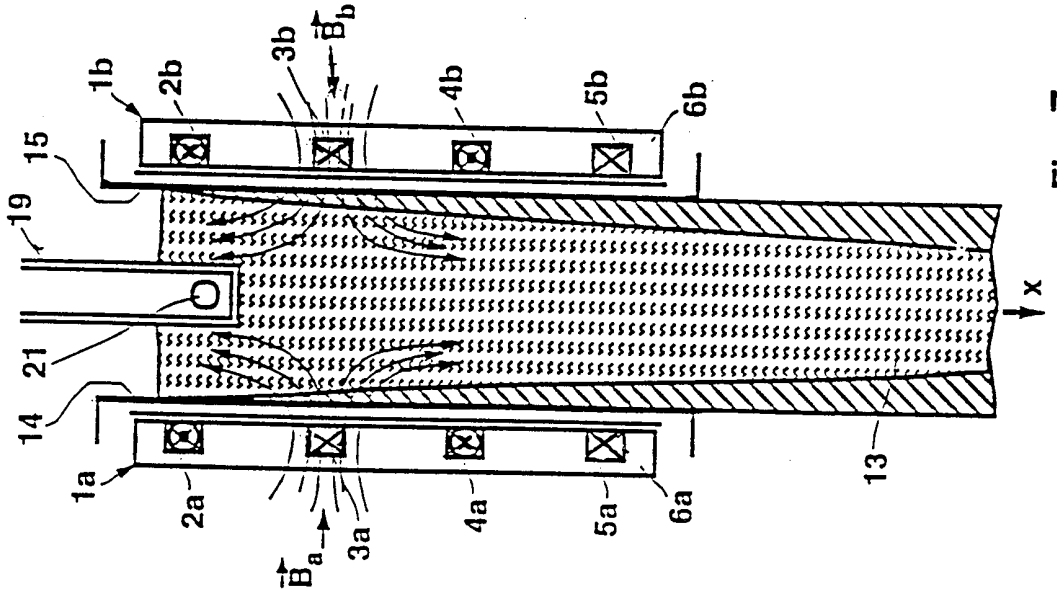

1b
2b
3b
$\vec{B}_b$
4b
5b
6b
15
19
21
14
1a
2a
$\vec{B}_a$
3a
4a
5a
6a
13
x

Fig. 7

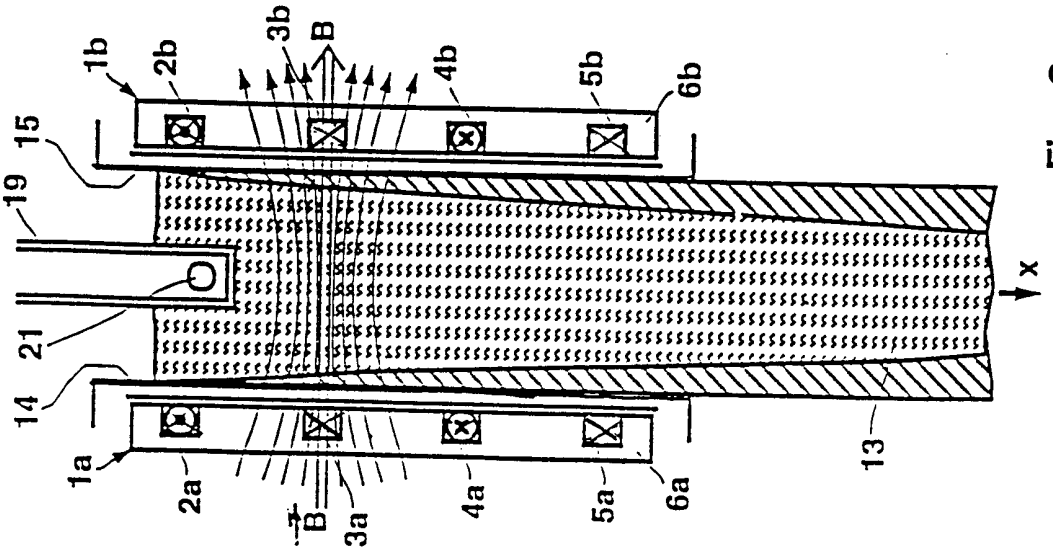

1b
2b
3b
B
4b
5b
6b
15
19
21
14
1a
2a
B
3a
4a
5a
6a
13
x

Fig. 6

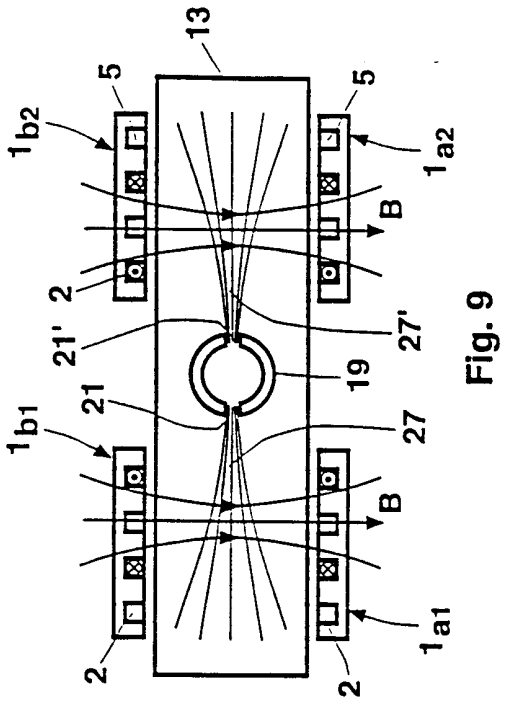


Fig. 9

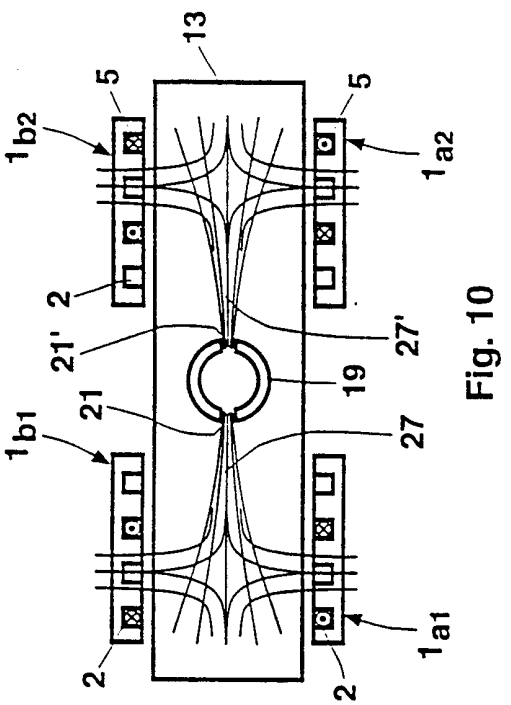


Fig. 10

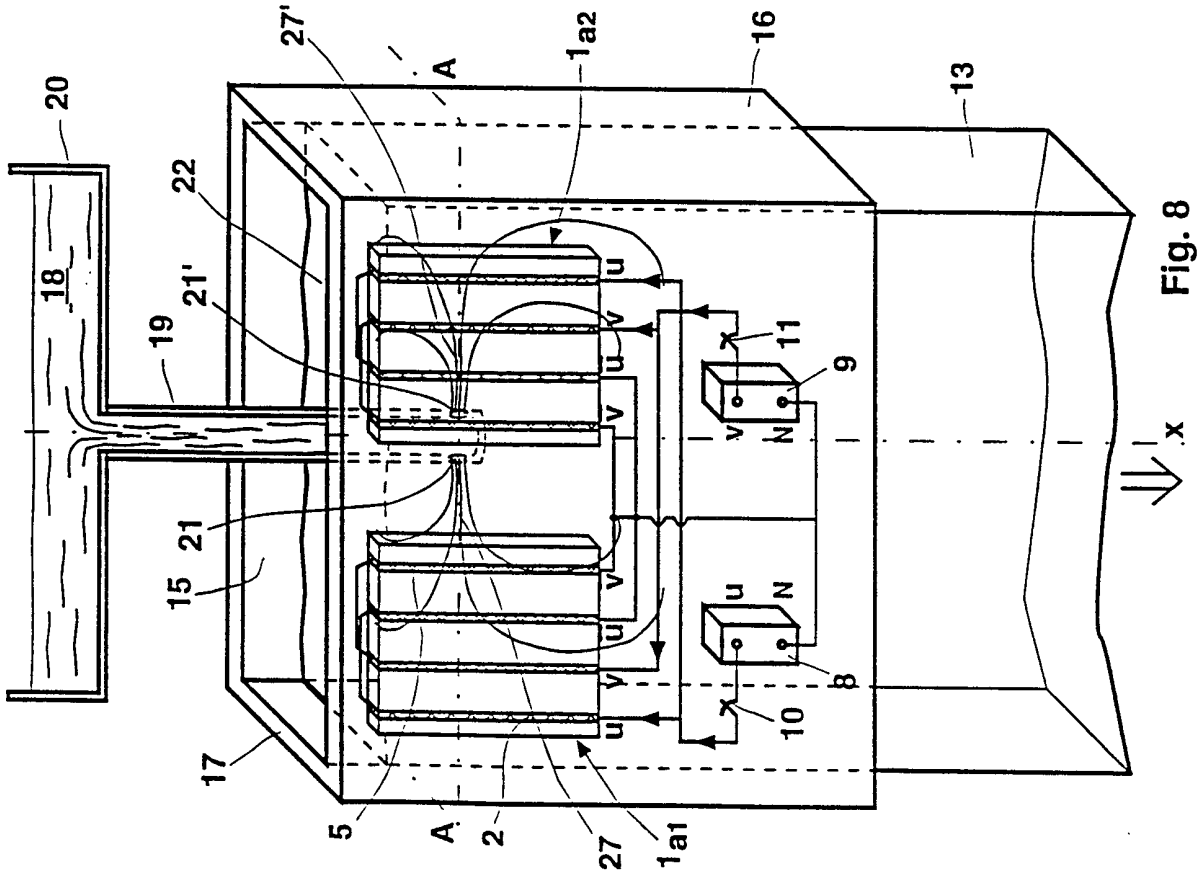


Fig. 8

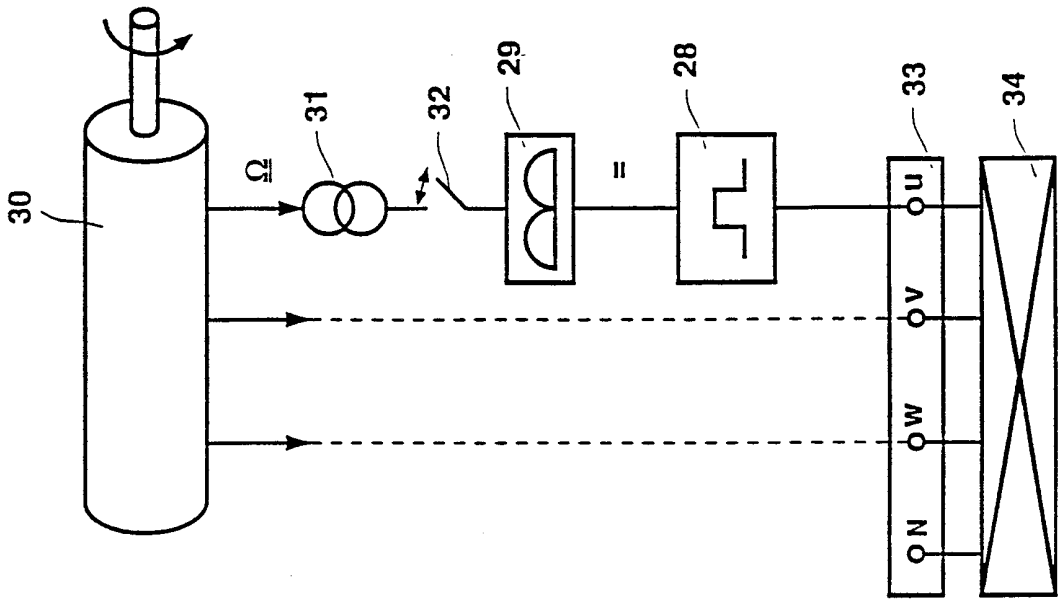

30
Ω
31
32
29
=
28
33
u
v
w
N
34

Fig. 11

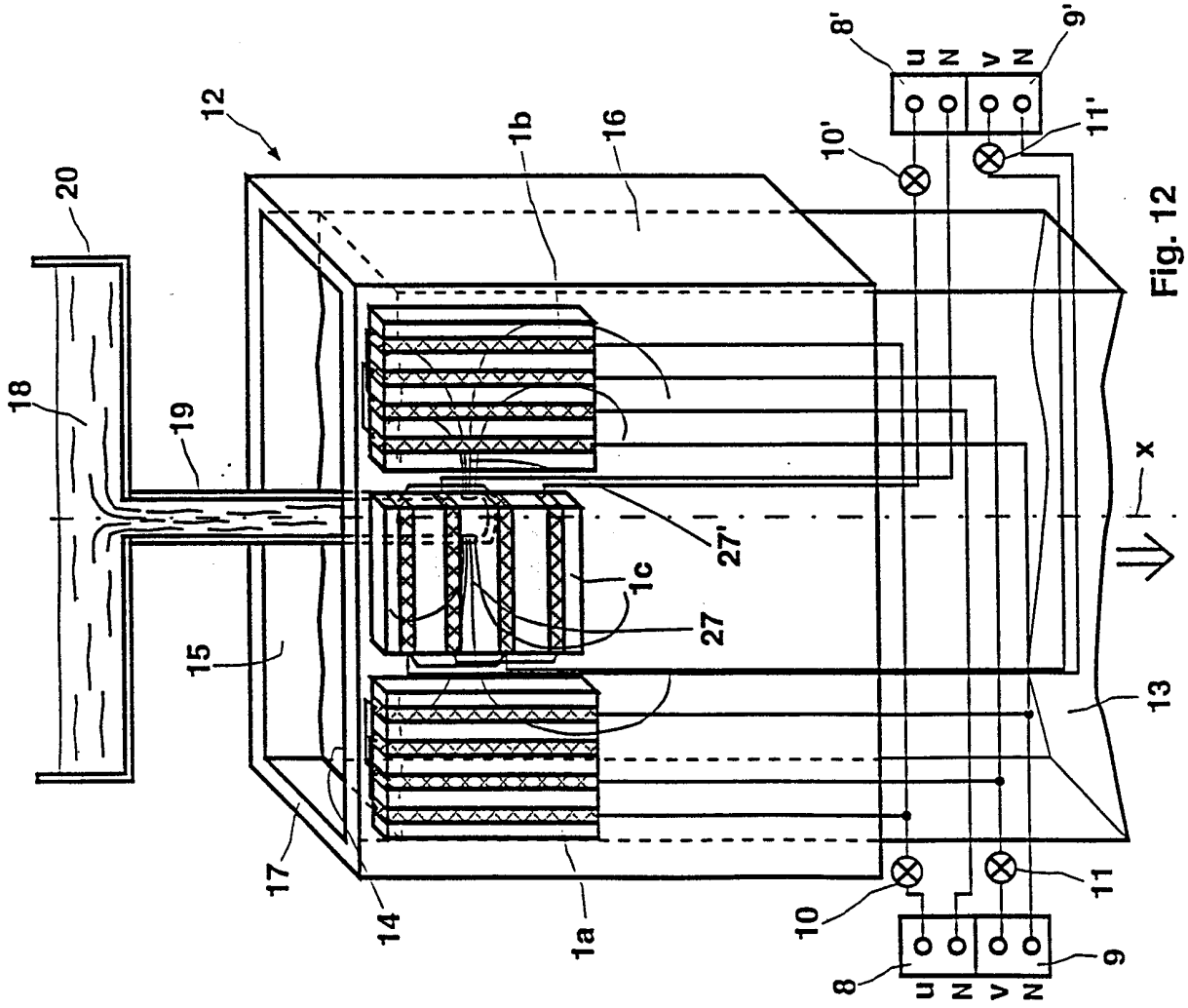

8'
u
N
v
N
9'
10'
11'
12
1b
16
20
18
19
x
27'
1c
27
15
13
17
14
1a
10
11
8
9

Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 98/02577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 B22D11/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 358 222 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 10 February 1978 cited in the application see claim 1; figures 1,2 ---	1
A	FR 2 358 223 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 10 February 1978 cited in the application see claim 1 ---	1
A	EP 0 040 383 A (ASEA AB) 25 November 1981 cited in the application see claim 1; figures 1-5 ---	1
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 February 1999	22/02/1999

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Sutor, W

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte...ational Application No
PCT/FR 98/02577

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 92 12814 A (ASEA BROWN BOVERI AB) 6 August 1992 cited in the application see claim 1; figures 1-5	1
A	WO 96 26029 A (ASEA BROWN BOVERI AB) 29 August 1996 cited in the application see claim 1; figures 1-4	1
A	FR 2 324 395 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 15 April 1977 see claim 1; figures 1-6 & GB 1 507 444 A cited in the application	1
A	FR 2 324 397 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 15 April 1977 see claim 1; figures 1-4 & GB 1 542 316 A cited in the application	1
A	FR 2 550 717 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES LTD.) 22 February 1985 see claim 1; figure 5	1

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In. .ational Application No
PCT/FR 98/02577

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2358222 A	10-02-1978	BE 856671 A	11-01-1978
		CA 1091787 A	16-12-1980
		DE 2731238 A	26-01-1978
		GB 1572065 A	23-07-1980
		JP 1451841 C	25-07-1988
		JP 53028033 A	15-03-1978
		JP 62054579 B	16-11-1987
		JP 1015345 B	16-03-1989
		JP 1532605 C	24-11-1989
		JP 61088950 A	07-05-1986
		LU 77742 A	02-02-1978
		NL 7707822 A	17-01-1978
		SE 440320 B	29-07-1985
		SE 7707978 A	14-01-1978
		US 4178979 A	18-12-1979
FR 2358223 A	10-02-1978	BE 856670 A	11-01-1978
		CA 1078043 A	20-05-1980
		DE 2731239 A	19-01-1978
		GB 1558526 A	03-01-1980
		JP 1292318 C	16-12-1985
		JP 53028034 A	15-03-1978
		JP 60011585 B	27-03-1985
		LU 77743 A	02-02-1978
		NL 7707821 A,B,	17-01-1978
		SE 433184 B	14-05-1984
		SE 7707979 A	14-01-1978
EP 40383 A	25-11-1981	SE 436251 B	26-11-1984
		BR 8103058 A	09-02-1982
		CA 1178779 A	04-12-1984
		JP 1724801 C	24-12-1992
		JP 2020349 B	09-05-1990
		JP 57017356 A	29-01-1982
		SE 8003695 A	20-11-1981
		US 4495984 A	29-01-1985
WO 9212814 A	06-08-1992	SE 500745 C	22-08-1994
		AT 152018 T	15-05-1997
		DE 69219317 D	28-05-1997
		DE 69219317 T	20-11-1997
		EP 0568579 A	10-11-1993
		ES 2103362 T	16-09-1997
		JP 6504726 T	02-06-1994
		SE 9100184 A	22-07-1992
		US 5404933 A	11-04-1995
WO 9626029 A	29-08-1996	SE 503562 C	08-07-1996
		BR 9607263 A	30-12-1997
		CN 1181030 A	06-05-1998
		EP 0871554 A	21-10-1998
		SE 9500684 A	08-07-1996
FR 2324395 A	15-04-1977	AT 349163 B	26-03-1979
		AT 678476 A	15-01-1978
		BE 846036 A	10-03-1977
		CA 1084109 A	19-08-1980
		DE 2641261 A	24-03-1977

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. ational Application No
PCT/FR 98/02577

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2324395 A		GB 1507444 A	12-04-1978
		JP 1260156 C	12-04-1985
		JP 52060233 A	18-05-1977
		JP 59034463 B	22-08-1984
		SE 418157 B	11-05-1981
		SE 7610114 A	18-03-1977
		US 4042008 A	16-08-1977
FR 2324397 A	15-04-1977	AT 353997 B	10-12-1979
		AT 689576 A	15-05-1979
		BE 846159 A	14-03-1977
		CA 1079796 A	17-06-1980
		DE 2641260 A	24-03-1977
		GB 1542316 A	14-03-1979
		JP 1262125 C	25-04-1985
		JP 52056015 A	09-05-1977
		JP 59037712 B	11-09-1984
		SE 431070 B	16-01-1984
		SE 7610115 A	20-03-1977
		US 4040467 A	09-08-1977
FR 2550717 A	22-02-1985	JP 1504193 C	28-06-1989
		JP 60044157 A	09-03-1985
		JP 63055389 B	02-11-1988
		CA 1231093 A	05-01-1988
		US 4590989 A	27-05-1986

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De. ande Internationale No
PCT/FR 98/02577

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 B22D11/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 B22D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégone [2]	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 358 222 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 10 février 1978 cité dans la demande voir revendication 1; figures 1,2 ---	1
A	FR 2 358 223 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 10 février 1978 cité dans la demande voir revendication 1 ---	1
A	EP 0 040 383 A (ASEA AB) 25 novembre 1981 cité dans la demande voir revendication 1; figures 1-5 ---	1

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

[2] Categones spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du present rapport de recherche internationale
12 février 1999	22/02/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorise
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Sutor, W

1

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (juillet 1992)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De...ande internationale No
PCT/FR 98/02577

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 92 12814 A (ASEA BROWN BOVERI AB) 6 août 1992 cité dans la demande voir revendication 1; figures 1-5	1
A	WO 96 26029 A (ASEA BROWN BOVERI AB) 29 août 1996 cité dans la demande voir revendication 1; figures 1-4	1
A	FR 2 324 395 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 15 avril 1977 voir revendication 1; figures 1-6 & GB 1 507 444 A cité dans la demande	1
A	FR 2 324 397 A (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) 15 avril 1977 voir revendication 1; figures 1-4 & GB 1 542 316 A cité dans la demande	1
A	FR 2 550 717 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES LTD.) 22 février 1985 voir revendication 1; figure 5	1

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De...ande internationale No
PCT/FR 98/02577

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2358222 A	10-02-1978	BE 856671 A	11-01-1978
		CA 1091787 A	16-12-1980
		DE 2731238 A	26-01-1978
		GB 1572065 A	23-07-1980
		JP 1451841 C	25-07-1988
		JP 53028033 A	15-03-1978
		JP 62054579 B	16-11-1987
		JP 1015345 B	16-03-1989
		JP 1532605 C	24-11-1989
		JP 61088950 A	07-05-1986
		LU 77742 A	02-02-1978
		NL 7707822 A	17-01-1978
		SE 440320 B	29-07-1985
		SE 7707978 A	14-01-1978
		US 4178979 A	18-12-1979
FR 2358223 A	10-02-1978	BE 856670 A	11-01-1978
		CA 1078043 A	20-05-1980
		DE 2731239 A	19-01-1978
		GB 1558526 A	03-01-1980
		JP 1292318 C	16-12-1985
		JP 53028034 A	15-03-1978
		JP 60011585 B	27-03-1985
		LU 77743 A	02-02-1978
		NL 7707821 A,B,	17-01-1978
		SE 433184 B	14-05-1984
		SE 7707979 A	14-01-1978
EP 40383 A	25-11-1981	SE 436251 B	26-11-1984
		BR 8103058 A	09-02-1982
		CA 1178779 A	04-12-1984
		JP 1724801 C	24-12-1992
		JP 2020349 B	09-05-1990
		JP 57017356 A	29-01-1982
		SE 8003695 A	20-11-1981
		US 4495984 A	29-01-1985
WO 9212814 A	06-08-1992	SE 500745 C	22-08-1994
		AT 152018 T	15-05-1997
		DE 69219317 D	28-05-1997
		DE 69219317 T	20-11-1997
		EP 0568579 A	10-11-1993
		ES 2103362 T	16-09-1997
		JP 6504726 T	02-06-1994
		SE 9100184 A	22-07-1992
		US 5404933 A	11-04-1995
WO 9626029 A	29-08-1996	SE 503562 C	08-07-1996
		BR 9607263 A	30-12-1997
		CN 1181030 A	06-05-1998
		EP 0871554 A	21-10-1998
		SE 9500684 A	08-07-1996
FR 2324395 A	15-04-1977	AT 349163 B	26-03-1979
		AT 678476 A	15-01-1978
		BE 846036 A	10-03-1977
		CA 1084109 A	19-08-1980
		DE 2641261 A	24-03-1977

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No
PCT/FR 98/02577

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2324395 A		GB 1507444 A	12-04-1978
		JP 1260156 C	12-04-1985
		JP 52060233 A	18-05-1977
		JP 59034463 B	22-08-1984
		SE 418157 B	11-05-1981
		SE 7610114 A	18-03-1977
		US 4042008 A	16-08-1977
FR 2324397 A	15-04-1977	AT 353997 B	10-12-1979
		AT 689576 A	15-05-1979
		BE 846159 A	14-03-1977
		CA 1079796 A	17-06-1980
		DE 2641260 A	24-03-1977
		GB 1542316 A	14-03-1979
		JP 1262125 C	25-04-1985
		JP 52056015 A	09-05-1977
		JP 59037712 B	11-09-1984
		SE 431070 B	16-01-1984
		SE 7610115 A	20-03-1977
		US 4040467 A	09-08-1977
FR 2550717 A	22-02-1985	JP 1504193 C	28-06-1989
		JP 60044157 A	09-03-1985
		JP 63055389 B	02-11-1988
		CA 1231093 A	05-01-1988
		US 4590989 A	27-05-1986