

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

0 150 793**A2**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21)

Numéro de dépôt: 85100589.2

(51)

Int. Cl.⁴: **H 05 B 6/02, H 05 B 6/44**

(22)

Date de dépôt: 22.01.85

(30)

Priorité: 26.01.84 FR 8401187

(71)

Demandeur: **CEM COMPAGNIE ELECTRO MECANIQUE**
Société anonyme dite: 12, rue Portails, F-75008 Paris (FR)

(43)

Date de publication de la demande: 07.08.85
Bulletin 85/32

(72)

Inventeur: **Chaussé, Bernard**, 15bis, rue Pasteur,
F-92160 Antony (FR)
Inventeur: **Delassus, Jean**, 31, rue des Carrières,
F-95160 Montmorency (FR)
Inventeur: **Léon, Claude**, 25, rue Edgar Quinet,
F-93350 Le Bourget (FR)

(24)

Etats contractants désignés: **BE CH DE FR GB IT LI LU**

(74)

Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**, Zeppelinstrasse 63,
D-8000 München 80 (DE)

(54)

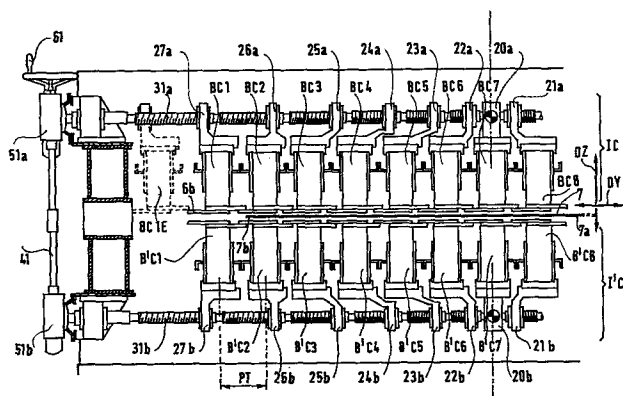
Dispositif de chauffage de produits plats au défilé par induction électromagnétique.

(57)

Comme connu on fait défiler longitudinalement le produit à chauffer (7) dans le flux d'un inducteur (IC) présentant une double périodicité selon un pas longitudinal et selon un pas transversal.

Selon l'invention on fait défiler ce produit dans le flux de deux inducteurs successifs présentant un pas transversal (PT) commun qui est réglable (31a) sensiblement entre les deux pas longitudinaux de ces deux inducteurs, on règle ce pas transversal pour faire coïncider la largeur de ce produit avec un nombre entier de pas transversaux et obtenir ainsi le même chauffage sur les deux zones de bords (7a, 7b) de ce produit que sur les zones intermédiaires, et on règle d'une part le rapport des intensités alimentant ces deux inducteurs pour homogénéiser le chauffage dans chaque pas transversal, et d'autre part la puissance totale pour atteindre la température désirée.

L'invention s'applique en métallurgie.

**EP 0 150 793 A2**

Dispositif de chauffage de produits plats au défilé par induction électromagnétique

L'invention concerne le chauffage de produits plats électriquement conducteurs, ce chauffage étant effectué au défilé par induction électromagnétique. Un dispositif connu utilisé pour cela comporte les éléments essentiels suivants :

- Un système de transfert pour maintenir le produit plat à chauffer dans un plan de chauffage et le faire défiler selon une direction longitudinale de transfert dans ce plan. La largeur du produit est disposée selon une direction transversale également dans ce plan et son épaisseur selon une direction de flux, chacune de ces trois directions étant perpendiculaire aux deux autres. La position transversale du produit à chauffer est réglable.
- Des enroulements d'excitation d'inducteur.
- Des moyens d'alimentation électrique pour fournir à ces enroulements une intensité électrique périodiquement variable selon le temps et commandable en amplitude, et pour leur faire ainsi produire un flux magnétique variant comme cette intensité,
- et des circuits magnétiques d'inducteur pour canaliser ce flux et former un flux de chauffage traversant le produit à chauffer sensiblement selon ladite direction de flux.

L'invention s'applique au cas fréquent où le chauffage doit être homogène sur toute la surface du produit.

Parmi les dispositifs connus pour obtenir un tel chauffage, la plupart utilisent un champ magnétique dont le profil est uniforme sur la plus grande partie de la largeur du produit. Ce profil est corrigé sur les bords de façon à obtenir un chauffage homogène sur toute la largeur par aménagement de la répartition des courants de fermeture. L'homogénéité selon la longueur résulte du défilement longitudinal du produit.

Il en est notamment ainsi selon le brevet britannique n° 1.546.367. Les corrections de bords sont obtenues par des dispositifs divers (bobines ou ponts magnétiques additionnels, modifications d'entrefer,...) qui compliquent la réalisation et doivent être adaptés à la réaction d'induit du produit, cette réaction dépendant des caractéristiques de ce dernier : épaisseur, résistivité.

Un autre dispositif connu dit "à maillage carré" permet de s'affranchir des difficultés précédentes. Il est décrit dans le document FR-A-2 538 665 (brevet français n° EN 82 21906 du 28 Décembre 1982). L'inducteur constitué par les enroulements et les circuits magnétiques

5 réalise un maillage carré du flux de chauffage avec une distribution sinusoïdale du champ magnétique suivant les deux directions parallèles aux côtés des carrés. Si le produit a une largeur contenant un nombre entier de fois le pas du maillage, le chauffage est alors homogène sans aucune correction de bords. Mais, si la largeur du produit ne contient

10 pas un nombre entier de fois le pas du maillage, une hétérogénéité de température apparaît sur les deux bords. Pour diminuer cette hétérogénéité on peut d'une part modifier l'intensité d'excitation des éléments du maillage en regard de ces bords, d'autre part prévoir un pas du maillage relativement petit pour que la diffusion de chaleur par conduction

15 apporte une homogénéisation acceptable dans cette zone. Mais le petit pas du maillage peut être un handicap puisque la puissance surfacique inductible varie comme la quatrième puissance de ce pas, sans pour autant assurer une homogénéisation suffisante par conduction dans le produit si la vitesse de défilement est relativement grande (temps de transfert bref). On peut aussi ajouter des inducteurs complémentaires en

20 regard de ces bords, mais ceci introduit la complexité de réalisation signalée plus haut.

Le dispositif selon l'invention comporte les éléments essentiels précédemment mentionnés. Son inducteur présente une constitution périodique à la fois selon la direction longitudinale avec un pas longitudinal,

25 et selon la direction transversale avec un pas transversal, de manière que les variations de l'amplitude du flux de chauffage dans le plan de chauffage dessinent un maillage rectangle constitué par une juxtaposition de carreaux rectangulaires de longueurs égales à ce pas longitudinal et de largeurs égales à ce pas transversal. Le circuit magnétique comporte dans chacun de ces carreaux au moins une pièce polaire centrale telle que l'amplitude du flux de chauffage s'annule sur les côtés du carreau de manière que l'échauffement moyen obtenu après défilement du produit à chauffer soit le même dans toutes les largeurs de

30 carreau comprises entièrement dans la largeur de ce produit. La forme de

cette pièce est choisie de plus pour que cette amplitude soit maximale au centre du carreau avec une répartition sensiblement en forme d'arche de sinusofide aussi bien selon les sections longitudinales que selon les sections transversales. Le rapport du pas transversal au pas longitudinal est choisi pour annuler l'hétérogénéité locale de chauffe dans chacun des carreaux qui sont entièrement contenus dans la largeur du produit à chauffer. Cette hétérogénéité locale est l'écart dans un sens ou dans l'autre de la température du milieu de la largeur du carreau par rapport à celle des bords du carreau après le défilement de ce produit.

Les présents inventeurs ont constatés qu'une telle hétérogénéité locale apparaissait à la sortie d'un inducteur lorsque son pas transversal réel s'écarte d'une valeur d'équilibre voisine du pas longitudinal de cet inducteur, cette hétérogénéité croissant alors d'une part avec l'écart à partir de cette valeur d'équilibre et d'autre part avec l'intensité alimentant cet inducteur.

Un maillage rectangle est décrit dans la demande de brevet français précédemment mentionnée qui envisage cependant seulement que le rapport du pas transversal au pas longitudinal soit égal à un, puisque le maillage proposé est carré comme précédemment indiqué.

On pourrait imaginer de réaliser, au prix d'une très grande complexité et d'un coût rédhibitoire, un réglage du pas d'un maillage carré, dans les deux directions pour s'adapter exactement à toutes les largeurs d'une famille de produits à chauffer.

Le but de l'invention est de permettre le chauffage homogène d'un produit de largeur quelconque sans correction spéciale de bord et à l'aide d'un dispositif de coût de fabrication acceptable.

Le dispositif selon la présente invention est caractérisé par le fait qu'il comporte un premier et un deuxième dits inducteurs se succédant longitudinalement, et présentant respectivement une première et une deuxième valeurs différentes du pas longitudinal, et par conséquent une première et une deuxième valeurs d'équilibre du pas transversal.

Chacun de ces inducteurs est constitué par la juxtaposition de plusieurs tranches d'inducteur se succédant transversalement de manière régulière selon ledit pas transversal, chacune de ces tranches s'étendant longitudinalement en comportant son propre enroulement inducteur et

son propre circuit magnétique et en présentant ladite périodicité selon ledit pas longitudinal.

Des moyens de réglage mécaniques commandent l'écartement entre lesdites tranches d'inducteur et par conséquent ledit pas transversal à une même valeur dans ces deux inducteurs. Ceci permet d'adapter le dispositif à des variations limitées de la largeur du produit à chauffer grâce à une variation de cet écartement rendant cette largeur égale à un nombre entier de pas transversaux. On peut alors faire coïncider les bords de ce produit avec les bords de deux dits carreaux dans chaque inducteur, de manière à échauffer les zones de bords de ce produit à la même température que ses zones intermédiaires. Le pas transversal commun est commandable entre lesdites première et deuxième valeurs d'équilibre du pas transversal.

Des moyens électriques de réglage commandent le rapport des intensités électriques alimentant les deux inducteurs. Lorsqu'une différence entre le pas transversal réel et sa valeur d'équilibre dans chaque inducteur tend à provoquer une dite hétérogénéité locale de chauffe qui est propre à cet inducteur, ces moyens de réglage fournissent aux deux inducteurs des intensités électriques propres à annuler l'hétérogénéité locale de chauffe globale du dispositif par compensation des deux hétérogénéités propres aux deux inducteurs.

Plus brièvement, il apparaît que, pour rester dans des coûts acceptables, on adopte selon l'invention une configuration variant uniquement en largeur, de façon à toujours avoir un nombre entier de pas transversaux dans cette largeur, le dispositif comportant alors deux inducteurs dont les deux pas longitudinaux définissent, avec le pas transversal commun précédent, deux maillages rectangles. Le grand côté du rectangle est dans la direction du transfert pour l'un des inducteurs et dans la direction perpendiculaire au transfert pour l'autre inducteur. On peut alors, par réglage du rapport des intensités d'excitation dans les deux inducteurs, obtenir une compensation exacte des hétérogénéités créées par un inducteur par des hétérogénéités égales en grandeur et opposées en signe et créées par l'autre inducteur.

De préférence le circuit magnétique de chacune desdites tranches comporte au moins un barreau longitudinal portant lesdites pièces

polaires se succédant longitudinalement en saillie vers le produit à chauffer. Un enroulement propre à ce barreau suit un trajet ondulé en passant longitudinalement à droite d'une première pièce polaire, puis transversalement entre cette pièce et une seconde, puis longitudinalement à gauche de cette seconde, puis transversalement entre cette seconde et une troisième, et ainsi de suite. Ceci permet une réalisation facile de la tranche d'inducteur.

Par ailleurs, il est avantageux que le dispositif comporte en outre des interrupteurs électriques pour permettre de connecter ou de déconnecter les enroulements d'excitation des tranches latérales des deux inducteurs et de faire ainsi varier le nombre de pas transversaux pour adapter la largeur du flux de chauffage à des variations de la largeur du produit à chauffer plus grandes que lesdites variations limitées.

De préférence encore chaque tranche comporte deux dits barreaux disposés de part et d'autre du produit à chauffer.

La présente invention a également pour objet un procédé de chauffage de produits plats par induction électromagnétique au défilé, selon lequel on fait défiler longitudinalement le produit à chauffer dans le flux d'un inducteur présentant une double périodicité selon un pas longitudinal et selon un pas transversal, caractérisé par le fait qu'on fait défiler ce produit dans le flux de deux inducteurs successifs présentant un pas transversal commun qui est réglable sensiblement entre les deux pas longitudinaux de ces deux inducteurs, on règle ce pas transversal pour faire coïncider la largeur de ce produit avec un nombre entier de pas transversaux et obtenir ainsi le même chauffage sur les deux zones de bords de ce produit que sur les zones intermédiaires, et on règle d'une part le rapport des intensités alimentant ces deux inducteurs pour homogénéiser le chauffage dans chaque pas transversal, et d'autre part la puissance totale pour atteindre la température désirée.

Les avantages et particularités de l'invention seront mieux compris à la lecture de ce qui suit, illustré par les figures annexées.

La figure 1 représente un carreau de maillage rectangulaire de flux magnétique avec son grand côté dans la direction DX du transfert.

La figure 2 représente l'hétérogénéité de chauffage obtenue dans

la largeur du produit défilant dans le carreau de la figure 1, la température atteinte par les divers points de cette largeur étant portée en ordonnées.

La figure 3 représente un carreau de maillage rectangle avec son grand côté dans une direction transversale DY perpendiculaire à la direction du transfert.

La figure 4 représente l'hétérogénéité du chauffage obtenue dans la largeur du produit défilant face au carreau de la figure 3.

La figure 5 représente les maillages des flux de chauffe créés par les inducteurs IL et IC de deux fours qui se suivent dans la direction du transfert, lorsque ces maillages sont tels que les deux fours doivent être utilisés à la même puissance, ce qui implique que les rectangles de maillage dans les deux fours présentent sensiblement le même rapport de longueur à largeur.

La figure 6 et la figure 7 représentent les maillages des deux mêmes fours après diminution et augmentation du pas transversal de façon à aboutir à un maillage carré dans le premier et le deuxième fours, respectivement, un trait renforcé indiquant le four qui est seul alimenté électriquement et qui présente le maillage carré.

La figure 8 représente une vue de face de l'inducteur d'un de ces fours, pour montrer le principe de bobinage des enroulements d'inducteur, les pôles magnétiques nord et sud étant désignés par les lettres N et S respectivement.

Les figures 9 et 10 représentent, en vue de côté, les circuits magnétiques de pas longitudinaux fixes différents du deuxième et du premier inducteurs respectivement.

La figure 11 représente une vue en perspective d'une portion extrême d'un barreau.

La figure 12 représente un détail à échelle agrandie de la figure 8 pour montrer la disposition relative des pièces polaires et des enroulements.

La figure 13 montre une vue en coupe transversale d'une tranche d'inducteur au niveau d'une pièce polaire selon un plan XII de la figure 12.

La figure 14 représente un schéma de connexion des enroulements

excitateurs d'un inducteur, pour montrer que les enroulements de plusieurs tranches latérales peuvent être déconnectés pour s'adapter à la largeur du produit à chauffer.

5 La figure 15 représente une vue de côté du dispositif selon l'invention pour montrer le système de transfert du produit à chauffer défilant horizontalement.

La figure 16 représente une vue en coupe transversale de l'inducteur court du dispositif selon la figure 15 pour montrer le mécanisme de réglage du pas transversal.

10 Les inventeurs ont établi que si le maillage est rectangulaire au lieu d'être carré, l'hétérogénéité d'échauffement dans un pas transversal a une distribution sinusoïdale dont l'amplitude DT est donnée sensiblement par l'expression :

15
$$DT = T. (1 - a^2/b^2)/(1 + a^2/b^2)$$

si T désigne la température moyenne obtenue, a le petit côté et b le grand côté du rectangle.

20 Si conformément à la figure 1, le côté a est disposé selon la largeur du produit (direction transversale DY) et le côté b dans la direction du transfert DX, les maxima de la sinusoïde ou surchauffes sont sur les bords des rectangles et le minima ou sous-chauffes dans l'axe desdits rectangles, comme sur la figure 2.

25 Si conformément à la figure 3, a est disposé dans la direction du transfert DX et b selon la largeur du produit, les maxima de la sinusoïde ou surchauffes sont dans l'axe des rectangles et les minima ou sous-chauffes sur les bords des rectangles comme représenté sur la figure 4.

30 Dans le dispositif suivant l'invention, la configuration de base comporte deux fours avec respectivement deux inducteurs IL et IC dont l'un forme un maillage de pas longitudinal PL et l'autre un maillage de pas longitudinal PC. Ces deux pas sont fixes par construction.

35 Dans la direction transversale DY, c'est-à-dire dans la largeur du produit, le maillage a un pas PT variable. Ce pas transversal PT est compris entre les pas longitudinaux PL et PC et il doit être contenu un

nombre entier n de fois dans la largeur LA du produit $LA = n PT$

Soit le cas particulier pour lequel $PL/PT = PT/PC$.

Les hétérogénéités de chauffe sont dans ce cas de même amplitude dans les deux fours si ceux-ci sont excités également, de façon à induire chacun la moitié de la puissance totale de chauffage, mais ont la configuration de la figure 2 dans le four de pas PL , et la configuration de la figure 4 dans le four de pas PC , de sorte qu'elles se compensent exactement.

Ce maillage est représenté figure 5.

Pour tous les cas où la largeur du produit est comprise entre $n.PL$ et $n.PC$, on peut également obtenir un chauffage homogène. Ayant disposé comme précédemment, un nombre entier n de pas PT dans la largeur du produit, on excite différemment les deux fours de façon à demander plus de puissance à celui qui conduit à la moindre hétérogénéité pour une intensité donnée, et vice-versa. Les deux cas limites sont représentés par les figures 6 et 7.

Sur la figure 6, la largeur du produit est $n.PC$. L'un des fours a alors un maillage carré, conduisant à une chauffe exempte d'hétérogénéité. Il lui est donc demandé la pleine puissance tandis que le second four n'est pas utilisé.

Sur la figure 7, la largeur de produit est $n.PL$. Le four non utilisé dans le cas précédent devient à maillage carré et c'est maintenant à lui qu'est demandée la pleine puissance, exempte d'hétérogénéité, alors que l'autre four n'est pas utilisé.

Dans la pratique, afin de limiter la sous utilisation dans ces deux cas extrêmes, donc avoir un dimensionnement plus favorable économiquement, il n'y a pas de four inutilisé, mais une sous-charge de celui à maillage rectangle de façon à ce que l'hétérogénéité de chauffe reste compatible avec la tolérance admise.

Si la largeur du produit est inférieure à $n.PC$, on déconnecte k tranches longitudinales du maillage précédent dans la largeur du produit, k étant déterminé par la plus faible largeur prévisible de produits à chauffer, ceci en ouvrant des interrupteurs tels que $I1$, $I2$ (voir figure 14).

Il est clair que, puisque seul le pas transversal est variable, on peut rendre toutes les mailles d'une même tranche indissociables les

unes des autres. Les enroulements E_i , E_{i+1} représentés figure 8 appartiennent à deux tranches successives de rang i et $i+1$. Leur forme est liée à cette indissociabilité. Le conducteur électrique affecte la forme d'une ondulation autour des pôles alternés N et S d'une même rangée déterminant trois des quatre côtés CA, CB et CC d'une spire rectangulaire. Cette même figure montre que le quatrième coté CE, de la spire est constitué par un conducteur de la tranche voisine, en raison des sens de courants indiqués, sans empêcher le déplacement relatif de la première tranche par rapport à la seconde pour faire varier le pas transversal.

On peut cependant remarquer que, lorsque le pas transversal s'écarte de sa valeur minimale, on n'obtient pas exactement une spire de courant rectangulaire parfaitement fermée car deux intervalles sans courant subsistent sur les deux côtés transversaux du rectangle. En particulier, lorsque le pas transversal est égal au pas longitudinal on n'obtient pas exactement la spire de courant carrée qui permettrait d'obtenir un chauffage parfaitement homogène. C'est l'une des raisons pour lesquelles ladite valeur d'équilibre du pas transversal n'est pas exactement égale au pas longitudinal, cette valeur d'équilibre étant celle qui permet en pratique de s'approcher au plus près d'un chauffage homogène et étant déterminée expérimentalement.

A titre d'exemple de réalisation, il s'agit de chauffer jusqu'à 480°C des bandes d'aluminium de 1 mm d'épaisseur défilant à une vitesse de 0,33 m/s et dont la largeur est comprise entre 0,85 et 1,85 m. Il faut induire 800 kW pour la largeur maximale.

Les deux fours sont réalisés l'un avec un pas longitudinal de 170 mm suivant la figure 9, l'autre avec un pas longitudinal de 240 mm suivant la figure 10. Chaque rangée longitudinale du maillage est matérialisée par une tranche d'inducteur avec un circuit magnétique en forme de barreau. Les pièces polaires sont représentées en P. Les pièces polaires longitudinalement extrêmes PE présentent une longueur moitié.

Dans les deux cas, chaque barreau est constitué d'un lit de tôles magnétiques 1, serré entre des joues 2 et entretoisé par des pièces 3 et 4, comme représenté figure 11. L'enroulement associé à un barreau est représenté figure 12. Le conducteur est constitué par deux tubes en cuivre 5, de diamètre extérieur 25 mm, et de diamètre intérieur 19 mm

connectés en parallèle et décrivant autour des pôles l'ondulation précédemment expliquée.

La figure 13 est une coupe transversale d'un barreau et montre en plus des calages isolants tant électriques 6a que thermiques 6b.

5 La figure 14 montre le principe de connexion électrique de l'un des inducteurs. La largeur minimale de 850 mm est couverte par cinq pas transversaux de 170 mm. Pour imposer une valeur nulle au champ magnétique sur les deux bords du produit, deux tranches supplémentaires sont excitées en dehors du produit, une sur chaque bord. Ces sept tranches
10 formant chacune une rangée de pôles, sont alimentées à travers un interrupteur I_0 qui n'est ouvert que lorsque l'inducteur n'est pas en service.

En faisant varier les sept pas ainsi définis de 170 à 204 mm, les cinq pas actifs permettent de chauffer toutes les largeurs entre 850 et
15 1020 mm.

En ajoutant une huitième rangée, par fermeture de l'interrupteur I_3 on peut utiliser six pas actifs permettant de chauffer toutes les largeurs entre 1020 et 1190 mm lorsque ces pas varient de 170 à 198,33 mm.

20 L'adjonction d'une neuvième rangée (interrupteur I_4 fermé), permet, avec sept pas actifs de chauffer toutes les largeurs entre 1190 et 1360 lorsque ces pas varient de 170 à 194,28 mm.

Et ainsi de suite jusqu'à chauffer des largeurs pouvant aller de 1700 à 1870 mm par évolution de 12 pas transversaux, dont 10 actifs de
25 170 à 187 mm.

On pourrait également, suivant le même principe, réaliser ce qui suit :

- | | |
|----|--|
| 7 | pas transversaux variant de 170 à 204 dont 5 actifs, largeurs chauffées 850 à 1040 mm |
| 30 | 8 pas transversaux variant de 170 à 204 dont 6 actifs, largeurs chauffées 1040 à 1224 mm |
| 9 | pas transversaux variant de 170 à 204 dont 7 actifs, largeurs chauffées 1224 à 1428 mm |
| 10 | pas transversaux variant de 170 à 204 dont 8 actifs, largeurs chauffées 1428 à 1632 |
| 35 | |

11 pas transversaux variant de 170 à 204 dont 9 actifs,
largeurs chauffées 1632 à 1836 mm

12 pas transversaux variant de 170 à 204 dont 10 actifs,
largeurs chauffées 1836 à 2040 mm

5 Ce second dispositif a l'avantage de permettre de chauffer des
largeurs plus grandes que le premier. Toutefois, pour la largeur maxi-
male de 1850 mm considérée, le premier dispositif, n'utilisant pas pour
des grandes largeurs la pleine variation du pas transversal, conduit
pour ces grandes largeurs à mieux répartir la puissance totale entre les
10 deux fours et à minimiser l'installation d'alimentation, sans pour
autant utiliser une rangée supplémentaire.

Le présent exemple n'est pas limitatif du mode de raccordement
électrique. Il est essentiellement illustratif. Dans la pratique il y a
intérêt à faire appel dans certains cas à des mises en parallèle. Les
15 tensions d'alimentations sont choisies pour obtenir une même intensité
dans tous les enroulements d'un même inducteur. Lesdits moyens de
réglage d'intensité RE sont incorporés dans la source SE.

Selon la figure 15 le système de transfert du produit à chauffer 7
comporte des rouleaux R1, R2, R3, assurant un défilement horizontal, le
20 support du produit à l'intérieur des fours étant assuré soit par la
tension mécanique appliquée entre l'entrée et la sortie, soit, si le
produit n'est pas ferromagnétique par la lévitation magnétique indisso-
ciable du procédé (voir par exemple le document FR-A-2 509 562). Dans ce
dernier cas, les rouleaux R₁, R₂ et R₃ peuvent être supprimés, ce qui est
25 intéressant si le produit ne doit pas subir de contact pendant son
traitement. Chaque four comporte deux inducteurs symétriques par rapport
au plan du produit à chauffer. Les inducteurs à pas long sont représentés
en IL et I'L, ceux à pas court en IC et I'C. Des guides latéraux réglables G1, G2 assurent le positionnement transversal du produit.

30 La figure 16, représente la solution adoptée dans l'exemple de
réalisation pour obtenir la variation du pas transversal. Elle est la
coupe en travers de l'un des deux fours et n'en représente qu'une demi-
largeur l'autre étant pratiquement symétrique. Le four est représenté
dans la configuration correspondant à la valeur minimale du pas trans-
35 versal.

Les barreaux inducteurs BC1 à BC13 et B'C1 à B'C13, conçus comme décrits précédemment et objet des figures 9 à 13, sont portés par des supports mobiles 21a à 27a, 21b à 27b, sauf que les barreaux 10a et 10b identiques aux autres sont portés par des supports 20a et 20b fixes.

5 Les supports 21a à 27b d'autre part, sont mobiles et entraînés par rotation de deux vis 31a et 31b, guidées radialement par des guides 20a et 20b, les pas des filetages étant 2 mm pour les supports 22a et 22b, ainsi que 21a et 21b, 4 mm pour les supports 23a et 23b, 6 mm pour les supports 24a et 24b, 8 mm pour les supports 25a et 25b, 10 mm pour les
10 supports 26a et 26b et 12 mm pour les supports 27a et 27b. Des guides non représentés assurent le maintien du parallélisme des supports.

La configuration est pratiquement symétrique par rapport aux supports fixes 20a et 20b, sauf que la partie non représentée comporte 5 paires de barreaux mobiles (dont 21a et 21b) au lieu de 6.

15 Les deux vis 31a et 31b sont commandées par un même organe comportant, sur le même arbre 41, deux renvois d'angle 51a et 51b et un volant de manoeuvre 61.

Le produit à chauffer 7 circule entre les barreaux 11a à 17a et 11b à 17b perpendiculairement au plan de la figure.

20 En trait mixte est représentée la position extrême BC1E du barreau BC1 après rotation des vis 31a et 31b pour obtenir la valeur maximale du pas transversal.

25

30

35

REVENDICATIONS

- 1/ Dispositif de chauffage de produits plats au défilé par induction électromagnétique, ce dispositif comportant
- un système de transfert (R1, R2, R3, G1, G2) pour maintenir le produit plat à chauffer (7) dans un plan de chauffage et le faire défiler selon une direction longitudinale de transfert (DX) dans ce plan, et largeur de ce produit étant disposée selon une direction transversale (DY) également dans ce plan et son épaisseur selon une direction de flux (DZ), chacune de ces trois directions étant perpendiculaire aux deux autres, la position transversale du produit à chauffer étant réglable,
 - des enroulements d'excitation d'inducteur (E1, E2, Ei, Ei + 1)
 - des moyens d'alimentation électrique (SE, Io, I1, I2, I3, I4, I5) pour fournir à ces enroulements une intensité électrique périodiquement variable selon le temps et commandable en amplitude, et pour leur faire ainsi produire un flux magnétique variant comme cette intensité,
 - et des circuits magnétiques (BCi) d'inducteur pour canaliser ce flux et former un flux de chauffage traversant le produit à chauffer sensiblement selon ladite direction de flux,
 - ces enroulements et ces circuits magnétiques formant un inducteur (IC) présentant une constitution périodique à la fois selon la direction longitudinale avec un pas longitudinal (PC) et selon la direction transversale avec un pas transversal (PT), de manière que les variations de l'amplitude du flux de chauffage dans le plan de chauffage dessinent un maillage rectangle constitué par une juxtaposition de carreaux rectangulaires de longueurs égales à ce pas longitudinal et de largeurs égales à ce pas transversal, et le circuit magnétique comportant dans chacun de ces carreaux au moins une pièce polaire centrale (P) telle que l'amplitude du flux de chauffage s'annule sur les côtés du carreau de manière que l'échauffement moyen obtenu après défilement du produit à chauffer soit le même dans toutes les largeurs de carreau comprises entièrement dans la largeur de ce produit, la forme de cette pièce étant choisie de plus pour que cette amplitude soit maximale au centre du carreau avec une répartition sensiblement en forme d'arche de sinusofide aussi bien selon les sections longitudinales que selon les sections transversales, et le rapport du pas transversal au pas longitudinal étant choisi pour annuler

l'hétérogénéité locale de chauffe dans chacun des carreaux qui sont
entièrement contenus dans la largeur (LA) du produit à chauffer, cette
hétérogénéité locale (DT) étant l'écart dans un sens ou dans l'autre de
la température du milieu de la largeur du carreau par rapport à celle des
5 bords du carreau après le défilement de ce produit, une telle hétérogé-
néité locale apparaissant à la sortie d'un inducteur lorsque son pas
transversal réel s'écarte d'une valeur d'équilibre voisine du pas longi-
tudinal de cet inducteur, cette hétérogénéité croissant alors d'une part
avec l'écart à partir de cette valeur d'équilibre et d'autre part avec
10 l'intensité alimentant cet inducteur,
- ce dispositif étant caractérisé par le fait qu'il comporte un
premier (IL) et un deuxième (IC) dits inducteurs se succédant longitu-
dinalement, et présentant respectivement une première (PL) et une
deuxième (PC) valeurs différentes du pas longitudinal, et par conséquent
15 une première et une deuxième valeurs d'équilibre du pas transversal,
- chacun de ces inducteurs étant constitués par la juxtaposition de
plusieurs tranches d'inducteur (BC_i , E_i , BC_{i+1} , E_{i+1}) se succédant
transversalement de manière régulière selon ledit pas transversal,
chacune de ces tranches s'étendant longitudinalement en comportant son
20 propre enroulement inducteur (E_i) et son propre circuit magnétique (BC_i)
et en présentant ladite périodicité selon ledit pas longitudinal (PC),
- des moyens mécaniques de réglage (61, 51a, 31a) commandant l'écartement
entre lesdites tranches d'inducteur (BC_1 , E_1) et par conséquent ledit
pas transversal (PT) à une même valeur dans ces deux inducteurs (IL, IC)
25 pour permettre d'adapter le dispositif à des variations limitées de la
largeur du produit à chauffer grâce à une variation de cet écartement
rendant cette largeur (LA) égale à un nombre entier de pas transversaux
et de faire alors coïncider les bords de ce produit avec les bords de
deux dits carreaux dans chaque inducteur de manière à échauffer les zones
30 de bords de ce produit à la même température que ses zones intermédiaires,
ce pas transversal commun étant commandable entre lesdites première
et deuxième valeurs d'équilibre du pas transversal,
- et des moyens électriques de réglage (RE) commandant le rapport des
intensités électriques alimentant les deux inducteurs pour permettre,
35 lorsque une différence entre le pas transversal réel et sa valeur d'équi-

libre dans chaque inducteur tend à provoquer une dite hétérogénéité locale de chauffe qui est propre à cet inducteur, de fournir aux deux inducteurs (IL, IC) des intensités électriques propres à annuler l'hétérogénéité locale de chauffe globale du dispositif par compensation des
5 deux hétérogénéités propres aux deux inducteurs.

2/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le circuit magnétique de chacune desdites tranches (BCi, Ei) comporte au moins un barreau longitudinal (BCi) portant lesdites pièces polaires (P) se succédant longitudinalement en saillie vers le produit à
10 chauffer (7), un enroulement (Ei) propre à ce barreau suivant un trajet ondulé en passant longitudinalement à droite d'une première pièce polaire, puis transversalement entre cette pièce et une seconde, puis longitudinalement à gauche de cette seconde, puis transversalement entre cette seconde et une troisième, et ainsi de suite, de manière à permettre
15 une réalisation facile.

3/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre des interrupteurs électriques (I1, I2, I3, I4, I5) pour permettre de connecter ou de déconnecter les enroulements d'excitation (E1, E2, E3, E4, E5) des tranches latérales des deux inducteurs et
20 de faire ainsi varier le nombre de pas transversaux pour adapter la largeur du flux de chauffage à des variations de la largeur du produit à chauffer (7) plus grandes que lesdites variations limitées.

4/ Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que chaque tranche comporte deux dits barreaux (B1, B'1) disposés de part et
25 d'autre du produit à chauffer (7).

5/ Procédé de chauffage de produits plats par induction électromagnétique au défilé, selon lequel on fait défiler longitudinalement le produit à chauffer (7) dans le flux d'un inducteur (IC) présentant une double périodicité selon un pas longitudinal et selon un pas transversal, caractérisé par le fait qu'on fait défiler ce produit dans le flux
30 de deux inducteurs successifs (IC, IL) présentant un pas transversal (PT) commun qui est réglable (31a) sensiblement entre les deux pas longitudinaux (PC, PL) de ces deux inducteurs, on règle ce pas transversal pour faire coïncider la largeur de ce produit avec un nombre entier de
35 pas transversaux et obtenir ainsi le même chauffage sur les deux zones de

bords de ce produit que sur les zones intermédiaires, et on règle d'une part le rapport des intensités alimentant ces deux inducteurs pour homogénéiser le chauffage dans chaque pas transversal, et d'autre part la puissance totale pour atteindre la température désirée.

1/7

FIG. 1

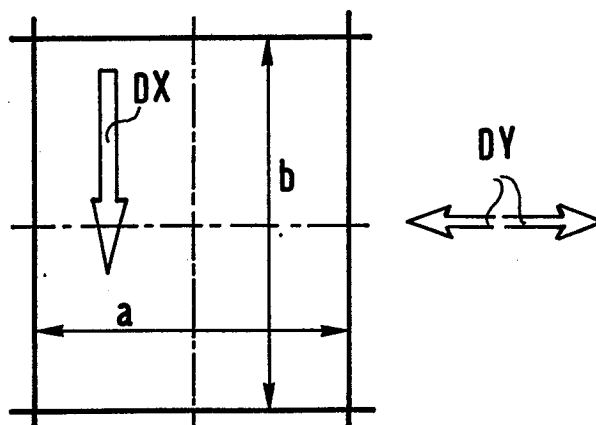


FIG. 2

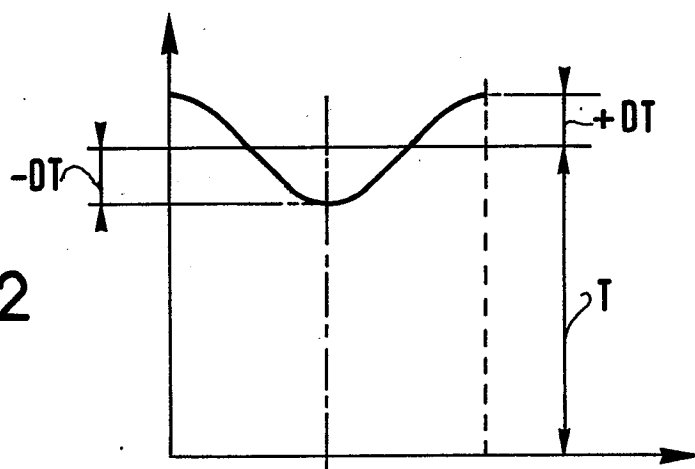


FIG. 3

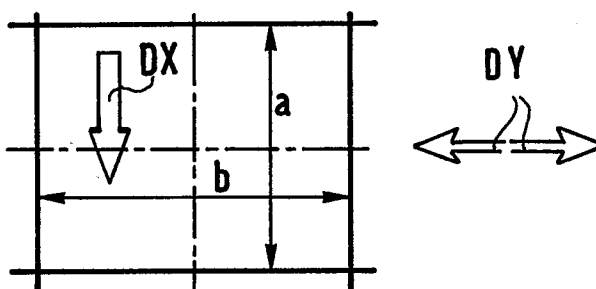


FIG. 4

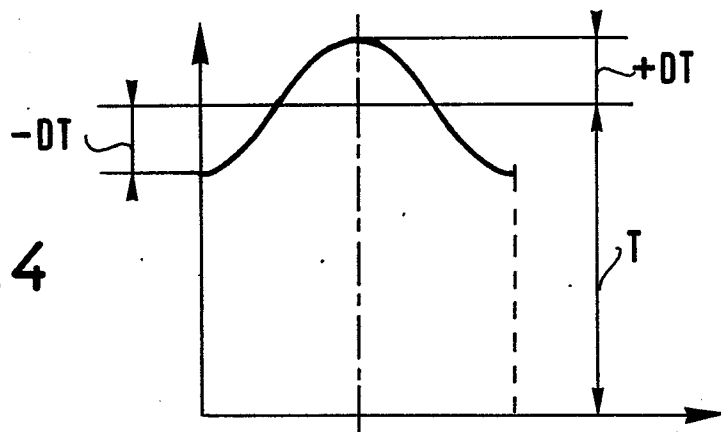


FIG. 5

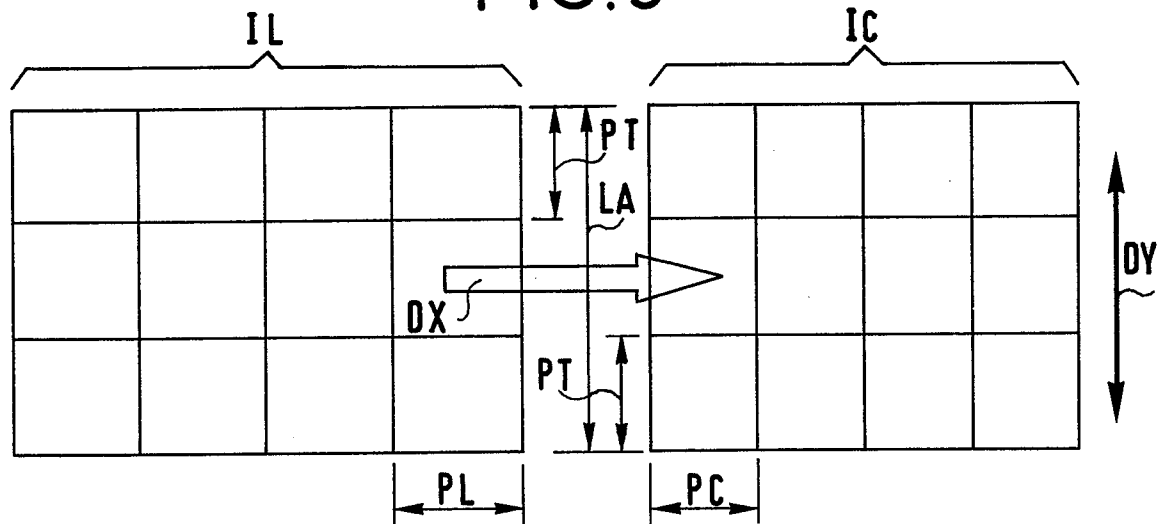


FIG. 6

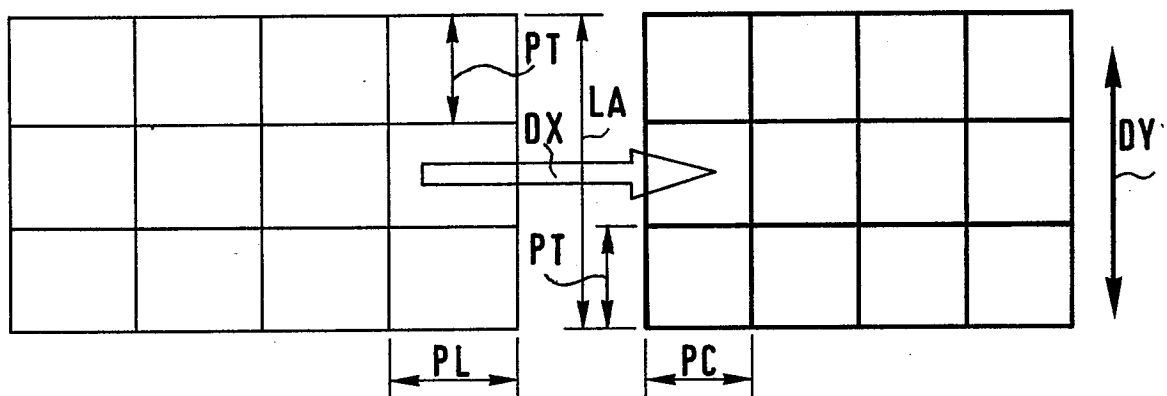


FIG. 7

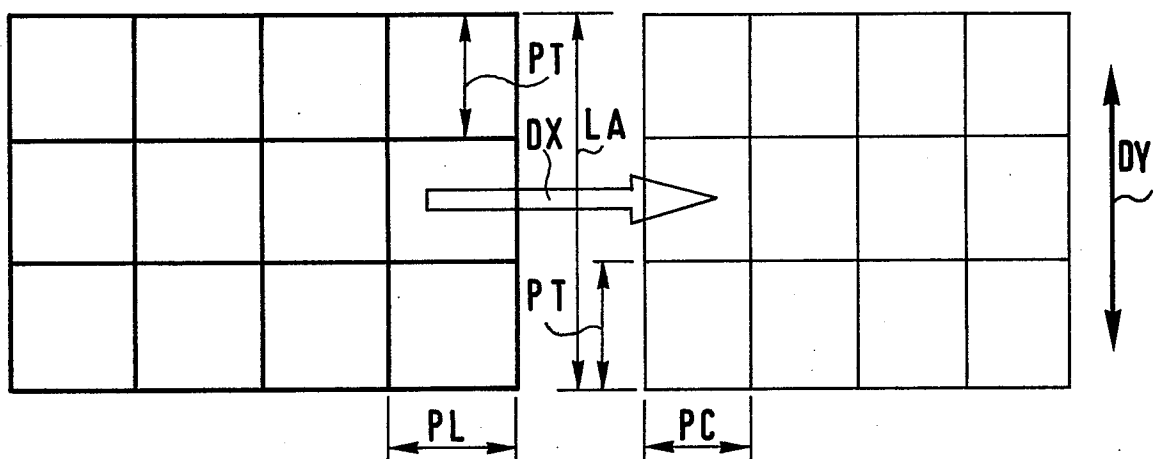
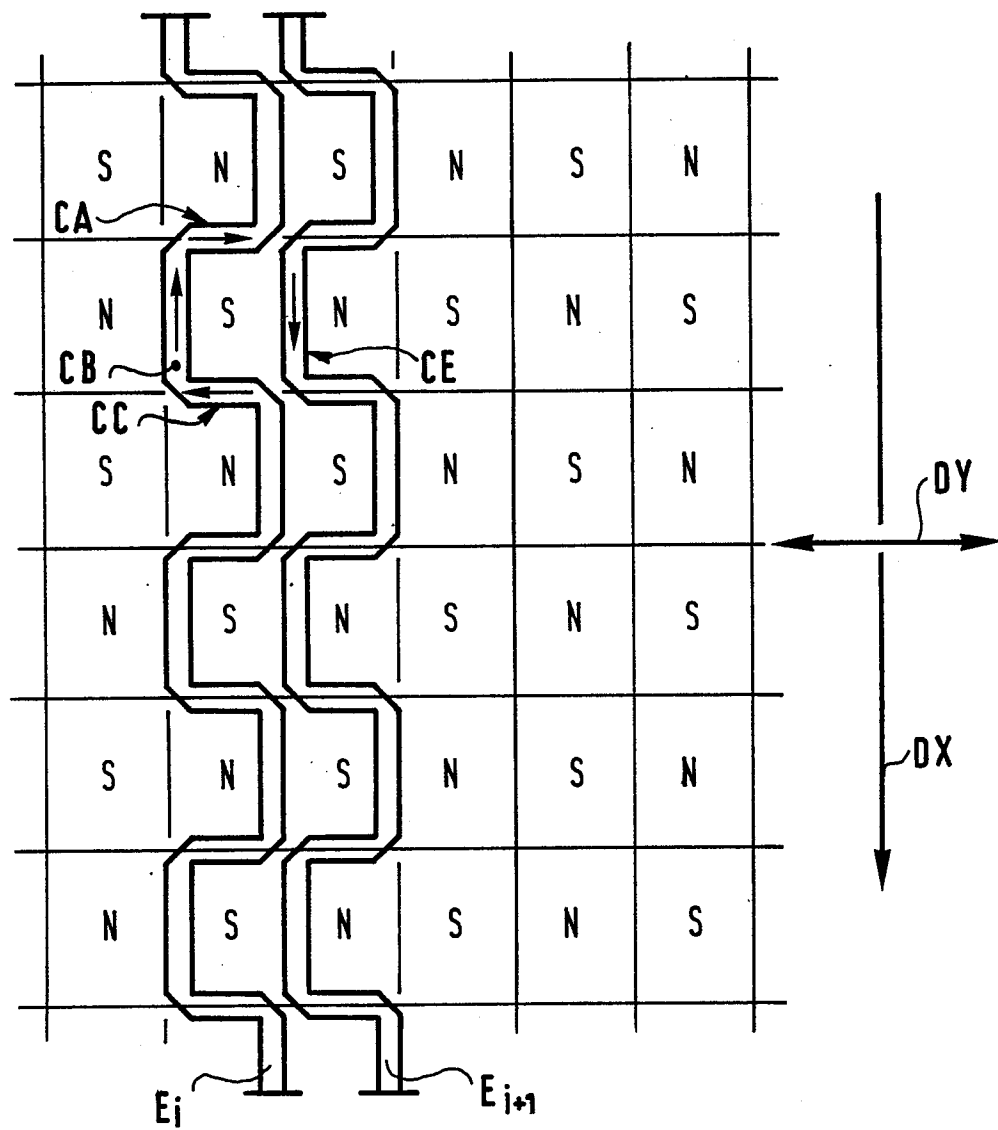
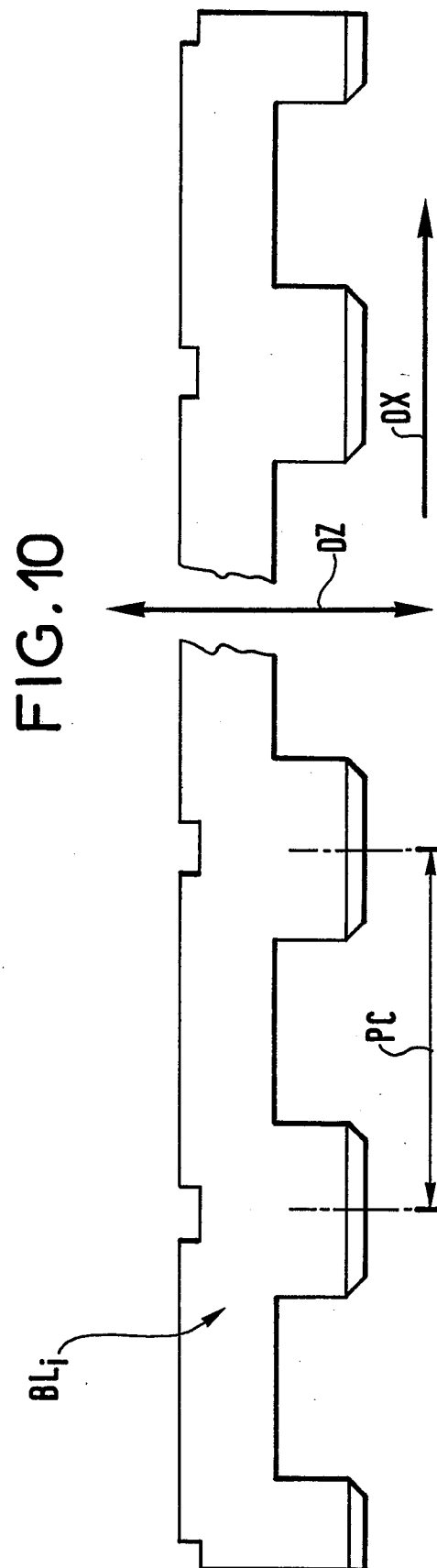
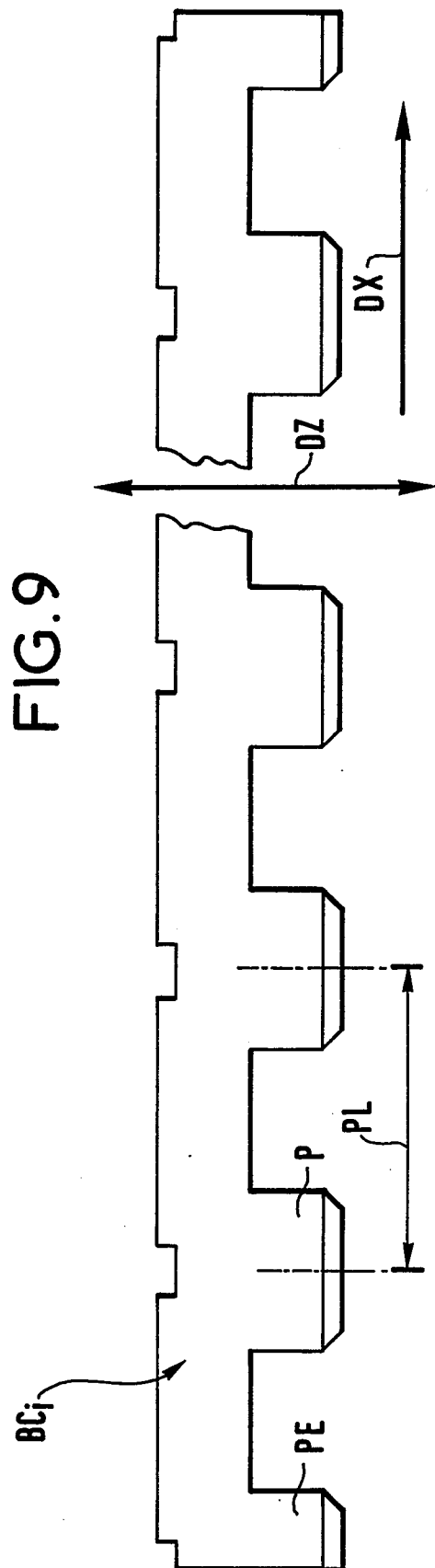


FIG.8





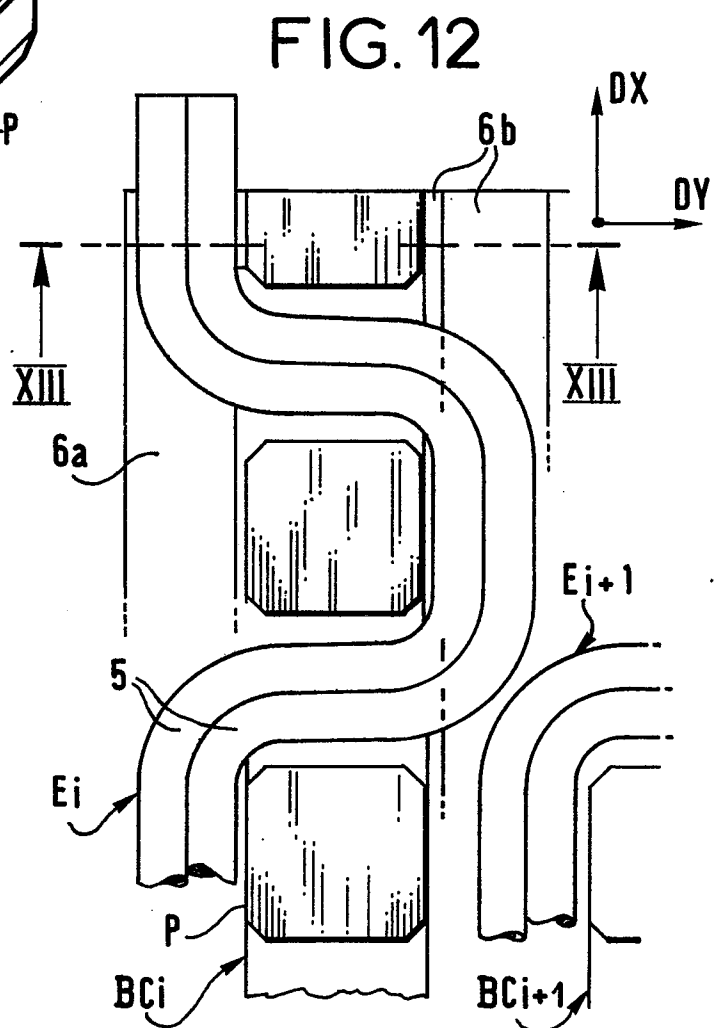
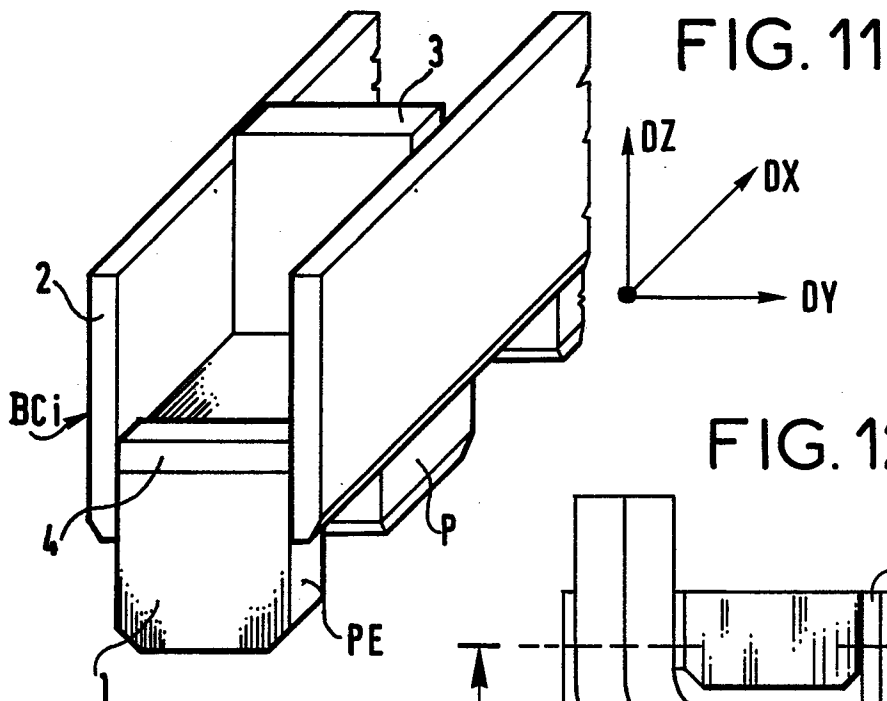


FIG. 13

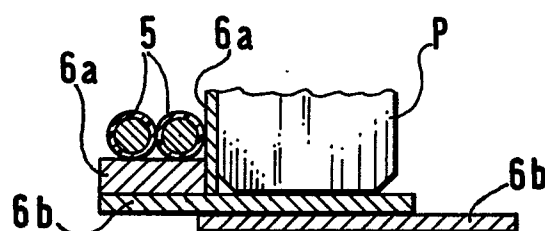


FIG. 14

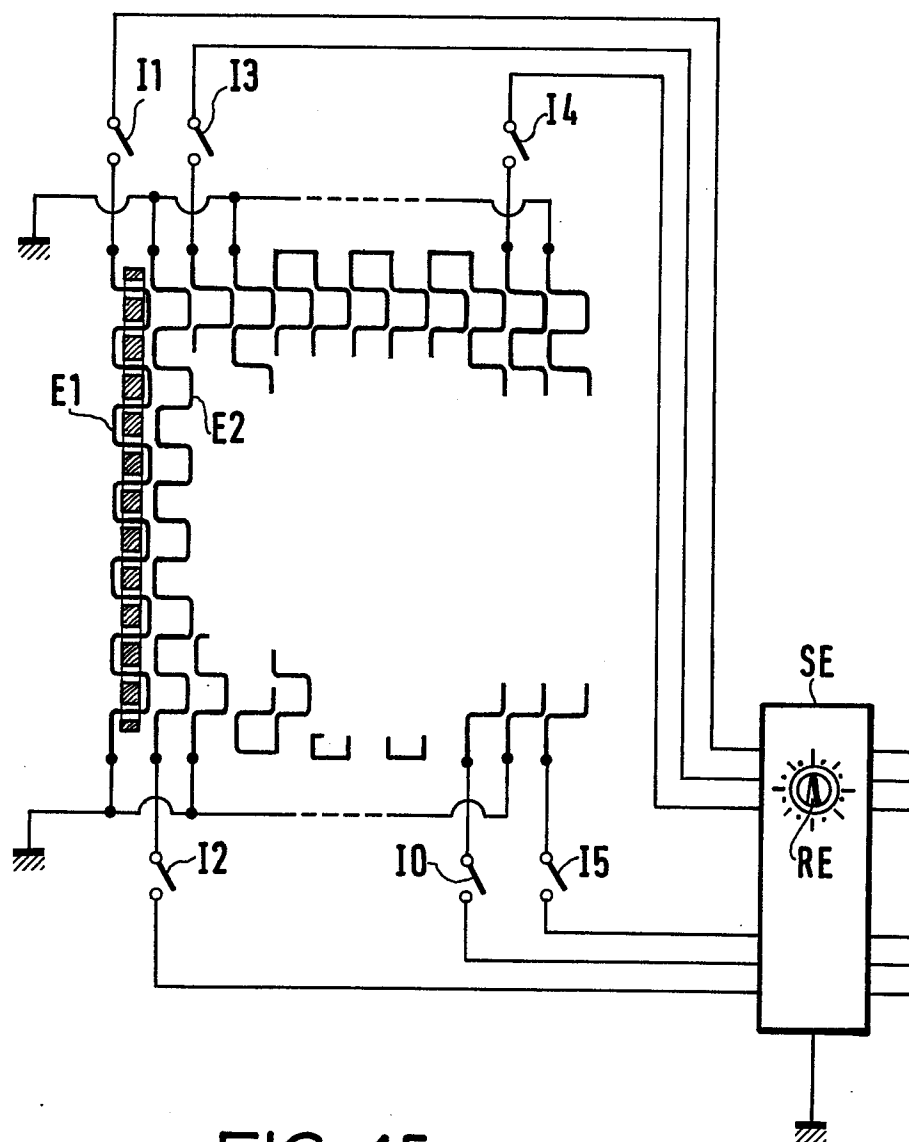


FIG. 15

