

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 87470021.4

51 Int. Cl. 4: **H05B 6/02**, **H05B 6/36**

22 Date de dépôt: 25.11.87

30 Priorité: 11.12.86 FR 8617612

43 Date de publication de la demande:
13.07.88 Bulletin 88/28

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

71 Demandeur: **INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)**
Voie Romaine B.P. 64
F-57210 Maizières-les-Metz(FR)

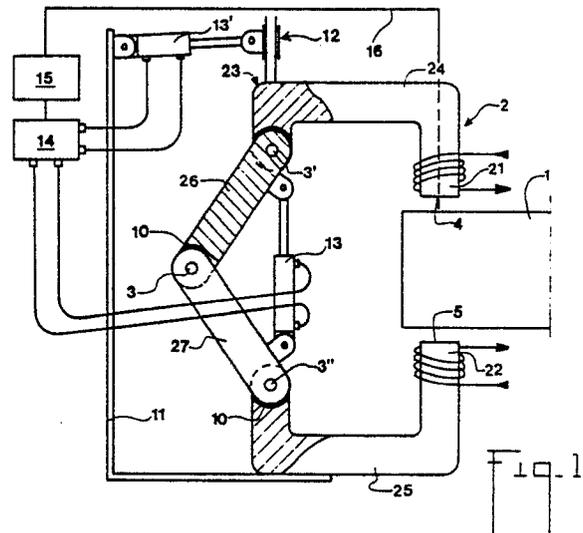
72 Inventeur: **Georges, Philippe**
1, rue Paul Cézanne
F-57100 Terville(FR)
Inventeur: **Wagner, Bruno**
22Bis, rue du Général Leclerc
F-10200 Bar-sur-Aube(FR)

74 Mandataire: **Ventavoli, Roger et al**
IRSID B.P. 64 Voie Romaine
F-57210 Maizières-lès-Metz(FR)

54 **Inducteur pour le réchauffage inductif de produits métallurgiques.**

57 L'inducteur, utilisé pour le réchauffage inductif de produits métallurgiques, est du type inducteur à culasse magnétique en forme de C destinée à chevaucher le produit à réchauffer et dont les extrémités libres forment des pôles magnétiques bobinés se faisant face. La culasse comporte deux branches polaires 24, 25 et deux biellettes 26, 27 intermédiaires, articulées entre elles par une de leurs extrémités et articulées chacune respectivement sur une branche polaire par son autre extrémité, les trois articulations 3 ainsi formées étant d'axes parallèles.

Cet inducteur est destiné au réchauffage de produits pouvant avoir des épaisseurs différentes, notamment de produits en défilement au cours de leur laminage.



EP 0 274 335 A2

INDUCTEUR POUR LE RECHAUFFAGE INDUCTIF DE PRODUITS METALLURGIQUES

La présente invention concerne un inducteur pour le réchauffage inductif de produits métallurgiques. En particulier, mais non exclusivement, l'invention s'applique au réchauffage des rives d'ébauches des produits plats en défilement au cours de leur laminage sur train à bande.

Différents types d'inducteurs ont été développés pour ces applications, et, en particulier, on connaît des inducteurs à culasse magnétique en forme de "C" dans l'ouverture desquels passe le produit à chauffer (rives de bandes ou fils et barres), les extrémités libres de la culasse se faisant face et servant avantageusement de support aux enroulements du conducteur de courant électrique d'excitation, de manière à constituer des pôles magnétiques bobinés de polarités opposées : FR-A-2 489 645 -(EDF) ; FR-A-2 555 353 - (CEM) ou EP-A-0 170 556 - (EDF).

Un autre inducteur de ce type est également décrit dans le document FR-A-2583 249.

Dans ce document est décrit un inducteur en C articulé autour d'un axe de façon à permettre l'écartement des deux extrémités du C, pour faciliter la mise en place de l'inducteur sur le bord du produit plat, et surtout pour éviter que les extrémités de la bande laminée, qui présentent couramment une courbure importante (ski), ne heurtent l'un ou l'autre des pôles de l'inducteur. A cet effet, une des branches de l'inducteur est commandée pour basculer vers l'arrière en pivotant autour de l'axe d'articulation, ce qui augmente l'entrefer et libère une section de passage plus importante pour le produit.

Une des caractéristiques importantes de cet inducteur réside dans la conception particulière de l'articulation prévue pour assurer la meilleure transmission possible du flux magnétique en limitant l'échauffement de la culasse au niveau de l'articulation.

Cet inducteur possède déjà des avantages appréciables, mais il ne permet pas de réchauffer correctement des produits de dimensions, et en particulier d'épaisseurs, variées. En effet, les inventeurs ont découvert que, si on tentait de réchauffer, au moyen d'inducteurs en C articulés, des produits d'épaisseur différente de celle pour laquelle ces inducteurs étaient initialement conçus, en faisant varier l'écartement des branches du C, les résultats n'étaient pas satisfaisants et le rendement du chauffage baissait.

Le but de la présente invention est de résoudre ce type d'inconvénients, en proposant un inducteur dont l'entrefer puisse être adapté à une large gamme de produits d'épaisseur différente, permettant ainsi d'obtenir un rendement de chauffage maximal

tout en assurant un chauffage homogène.

A cet effet, l'invention a pour objet un inducteur pour le réchauffage localisé de produits métallurgiques tels que bandes, fils ou barres, notamment pour le réchauffage des rives d'ébauches de produits plats en défilement au cours de leur laminage, du type à culasse magnétique en forme de C, comprenant deux branches polaires articulées l'une par rapport à l'autre pour permettre de modifier l'entrefer, les extrémités libres de chaque branche portant des enroulements d'excitation et formant des pôles magnétiques de polarités opposées et se faisant face, inducteur caractérisé en ce que, afin de pouvoir conserver une orientation relative déterminée des pôles, notamment leur coaxialité, pour des entrefers différents, la culasse comprend en outre deux bielles intermédiaires reliées entre elles à l'une de leurs extrémités par une articulation et articulées chacune respectivement sur l'une ou l'autre des dites branches polaires de la culasse par leur autre extrémité, les trois articulations ainsi formées étant à axes de rotation parallèles.

Grâce à l'inducteur selon l'invention, on peut assurer un rendement maximal du chauffage et une symétrie du profil de chauffe. En effet, le rendement a tendance à diminuer si l'entrefer ou les entrefers du circuit magnétique constitué par la culasse et les produits à réchauffer, augmentent.

Les inventeurs ont découvert que, lorsqu'un inducteur en C prémentionné, avec une seule articulation, était utilisé, les entrefers ne pouvaient être maintenus à leur valeur minimale de meilleur rendement que dans le cas où les faces polaires étaient parallèles aux surfaces du produit réchauffé, et donc généralement parallèles entre elles. Il s'ensuit que, lorsque l'inducteur n'a qu'une seule articulation, il n'y a qu'une seule épaisseur de produit qui assure un rendement maximal du dispositif. Pour d'autres épaisseurs de produits, les faces polaires seront inclinées par rapport aux surfaces correspondantes du produit, ce qui implique une augmentation des entrefers.

Par ailleurs, les inventeurs ont également découvert que dans le cas du réchauffage de barres (de section circulaire par exemple), si les faces polaires de l'inducteur ne sont pas parallèles, le profil des températures à l'intérieur du produit est dissymétrique, c'est-à-dire que la température est plus élevée dans la partie du produit située là où les faces sont les plus rapprochées.

Grâce aux trois articulations de l'inducteur selon l'invention, on peut aisément positionner et maintenir les faces polaires parallèles entre elles, même si l'épaisseur des produits varie.

Corollairement, on peut également ajuster la position et l'orientation de chaque pôle en fonction de produits de section particulière, ou en fonction d'un profil de chauffe déterminé (réchauffage d'arêtes de produits plats ou de barres de section polygonale, par exemple, ou modifications d'un profil de température préexistant).

On voit que l'avantage primordial offert par l'invention est la souplesse d'utilisation de l'inducteur articulé en trois points, qui, grâce à la géométrie variable de sa culasse, permet de résoudre pratiquement tous les problèmes de réchauffage de produits plats ou de produits longs de section de forme régulière, en restant bien sûr dans les limites déterminées par les dimensions des différentes parties de l'inducteur. On remarquera à ce sujet que, moyennant le remplacement des biellettes par des biellettes plus longues, on peut augmenter la gamme d'épaisseurs des produits pouvant être réchauffés, sans qu'il soit nécessaire de remplacer les branches polaires du "C" et les enroulements qu'elles portent à leurs extrémités libres.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier de réalisation de l'inducteur conforme à l'invention.

On se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique de l'inducteur à trois articulations ;

- la figure 2 est une vue en coupe montrant un mode préféré de réalisation d'une articulation (ici, articulation entre les deux biellettes) ;

- la figure 3 représente schématiquement différentes configurations et utilisations de l'inducteur selon la forme et la taille des produits à traiter.

Sur la figure 1 est représenté un inducteur 2 en position de réchauffage de la rive d'une plaque d'acier 1 avant laminage. La plaque 1 est insérée entre les deux pôles 21 et 22 de signes opposés de l'inducteur 2. La culasse 23 est constituée d'une branche polaire supérieure 24, d'une branche polaire inférieure 25 et de deux biellettes intermédiaires 26 et 27. Les biellettes sont reliées entre elles par une extrémité au moyen d'une articulation 3. Une articulation similaire 3', 3" relie l'autre extrémité de chaque biellette respectivement à l'une ou l'autre des branches polaires 24, 25, à l'extrémité de celles-ci opposée aux pôles.

Les branches polaires, comme les biellettes, sont constituées d'un feuilleté de tôles ferromagnétiques 26a, 27a, ainsi qu'on le voit sur la figure 2. De ce fait, les branches et biellettes ont généralement une section de forme rectangulaire, mais d'autres sections pourraient être envisagées (par exemple section sensiblement circulaire, en particulier au niveau des pôles 21, 22 de l'induc-

teur).

Les pôles magnétiques 21, 22 de l'inducteur sont formés par les extrémités libres des deux branches 24, 25 dirigées l'une vers l'autre, les faces d'extrémité des pôles ou faces polaires 4, 5 étant en regard l'une de l'autre.

Les enroulements conducteurs 31, 32, alimentés en courant électrique à partir d'une source de tension alternative non représentée, sont prévus directement sur les pôles 21 et 22, pour éviter des pertes de flux magnétique et assurer un rendement maximum.

Ainsi que cela a déjà été précisé, un avantage important de l'inducteur articulé en trois points selon l'invention, est de permettre de minimiser l'espace entre pôle et produit en maintenant les faces polaires parallèles aux surfaces du produit.

Dans le cas d'un produit présentant une section en biseau, on peut envisager de réaliser les extrémités polaires également en biseau, de pente correspondante, pour conserver la coaxialité des enroulements conducteurs bobinés sur les pôles. On comprend aisément que, dans ce cas, les enroulements se trouvent plus éloignés du produit du fait de leur obliquité par rapport à la surface dudit produit.

Cet éloignement étant défavorable à la transmission du flux, et donc au rendement du chauffage, on préférera réaliser les surfaces d'extrémités des pôles, ou faces polaires 4, 5, perpendiculairement à l'axe des enroulements et donc des pôles. Ceci se justifie d'autant plus que les produits traités ont généralement une section de géométrie simple et, en particulier, ont des faces parallèles, ce qui conduit à avoir des faces polaires parallèles entre elles, en même temps qu'une coaxialité des pôles.

La figure 2 est une vue de l'articulation 3 des deux biellettes 26 et 27 entre elles, les deux autres articulations 3' et 3" étant réalisées de façon similaire.

Les deux biellettes pivotent l'une sur l'autre selon un axe de rotation 8. Les feuilletés 26a et 27a dont les tôles sont placées dans des plans perpendiculaires à l'axe 8 de l'articulation 3, sont serrés entre des flasques rapportés 26b et 27b qui maintiennent l'articulation. A cet fin, deux demi-arbres - ou pivots - 8a, 8b, qui ne traversent pas les feuilletés, mais qui sont alignés sur l'axe 8 de part et d'autre desdits feuilletés, sont frettés dans les flasques 26b formant une chappe. Les demi-arbres 8a, 8b portent des roulements 9 dont la cage extérieure est frettée dans les flasques 27b. Lorsque l'assemblage est réalisé, les flasques 26b viennent à califourchon sur les flasques 27b au niveau de l'articulation, de façon que seulement un faible jeu fonctionnel 10 subsiste entre les feuilletés en regard, entraînant un flux de fuites magnétiques

le plus réduit possible.

La figure 3 représente schématiquement plusieurs configurations et utilisations possibles avec un même inducteur selon l'invention.

En a) l'inducteur est utilisé en réchauffage de rives d'un produit plat épais. En b), il est utilisé de la même façon sur un produit plus mince. On voit que dans les deux cas les faces polaires 4, 5 restent parallèles aux surfaces du produit 1, et aussi parallèles entre elles. Les axes des articulations des branches polaires supérieure 24 et inférieure 25 se rapprochent l'un de l'autre selon un mouvement translatore sur une trajectoire parallèle à l'axe commun des pôles ; les biellettes 26, 27 forment des ciseaux qui se ferment lorsque les branches se rapprochent.

Les schémas c) et d) représentent la même configuration que a) et b), mais appliqués à des barres de section circulaire.

Le schéma e) représente une disposition particulière spécifiquement adaptée au réchauffage d'une arête 1a d'un produit plat 1. De ce schéma ressort bien la souplesse d'emploi du dispositif et son adaptabilité à des utilisations très diverses. On remarque, en effet, que la branche polaire inférieure 25 est maintenue dans une position telle que la face polaire inférieure 5 est parallèle à la grande face du produit, alors que la branche polaire supérieure 24 est décalée angulairement vers la petite face du produit, de sorte que le pôle supérieur soit directement et uniquement en regard de l'arête supérieure 1a de la rive du produit.

Le schéma f) représente encore une autre configuration que peut prendre l'inducteur articulé en trois points, adaptée ici au réchauffage des arêtes supérieures et inférieures du produit.

D'autres configurations sont bien sûr possibles. Les seules limites d'utilisation d'un inducteur en C selon l'invention sont liées aux contraintes d'encombrement. En effet, même si, du point de vue magnétique, rien n'empêche de concevoir des branches polaires et des biellettes de grande longueur, sans perte importante de flux grâce à la conception particulière des articulations, on comprendra aisément que des biellettes de grande longueur ne se justifient pas si les produits traités sont généralement de faible épaisseur ou de faible section.

On peut également envisager un positionnement automatique des pôles de l'inducteur en fonction de la section du produit à réchauffer, notamment de son épaisseur, ou encore en fonction du profil de chauffe détecté en amont ou en aval de l'installation de réchauffage utilisant des inducteurs de ce type.

Le déplacement des pôles peut être commandé en continu par des moyens d'actionnement mécanique, électrique ou des vérins, par exemple

des moyens tels que ceux décrits dans le document FR-A-2583249 déjà cité. De même, la position de l'ensemble de l'inducteur par rapport à la ligne de laminage peut-être adaptée à la largeur du produit.

Sur le dessin de la figure 1, on a représenté de manière schématique un système de commande de positionnement relatif des pôles. Les deux extrémités d'un vérin 13 sont respectivement articulées sur les deux biellettes 26, 27. Un autre vérin 13' est articulé d'une part sur un support rigide 11. lié à la branche inférieure 25, et d'autre part sur un guide 12 dont le coulisseau est fixé sur la branche supérieur 24.

Les deux vérins sont reliés à un actionneur 14 asservi à une centrale de commande 15 sur laquelle sont branchés divers capteurs, tels qu'un capteur de position (liaison représentée schématiquement par la ligne 16 sur la ligne 1). D'autres capteurs peuvent aussi intervenir par exemple pour tenir compte de la température.

Il est important de remarquer que les différents réglages de position des pôles peuvent être réalisés en continu, sans intervention manuelle, et même, grâce au système d'articulation précédemment décrit, pendant le fonctionnement, sans interrompre l'alimentation des bobines polaires, ni modifier de manière sensible les caractéristiques du circuit magnétique.

Selon une réalisation particulière de l'inducteur, il pourra aussi être prévu des moyens de guidage des branches polaires, inférieure ou supérieure, afin que les pôles bobinés soient maintenus coaxiaux quel que soit le degré d'ouverture de l'inducteur.

Revendications

1) Inducteur pour le réchauffage localisé de produits métallurgiques tels que bandes, fils ou barres, notamment pour le réchauffage des rives d'ébauches de produits plats en défilement au cours de leur laminage, inducteur du type à culasse magnétique en forme de "C", comprenant deux branches polaires (24, 25) articulées l'une par rapport à l'autre pour permettre de modifier l'entrefer, les extrémités libres du C constituant des pôles magnétiques bobinés (21, 22) de polarités opposées et se faisant face, inducteur caractérisé en ce que, afin de pouvoir conserver une orientation relative déterminée des pôles (21, 22), notamment leur coaxialité, pour des entrefers différents, la culasse magnétique (23) est formée en outre par deux biellettes (26, 27) reliées entre elles, à une de leurs extrémités, par une articulation (3) et articulées chacune respectivement par leur autre extrémité sur l'une ou l'autre desdites branches

polaires (24, 25), les trois articulations (3, 3', 3'') ainsi formées étant d'axes de rotation parallèles entre eux.

2) Inducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les branches polaires (24, 25) et les biellétes (26, 27) de la culasse magnétique sont formées chacune par un feuilleté (26a, 27a) de tôles ferromagnétiques portant deux flasques latéraux (26b, 27b) dans lesquels sont logés deux pivots (8a, 8b) de part et d'autre des feuilletés et coaxiaux avec chaque axe (8) des articulations (3), et en ce que un jeu fonctionnel (10) de forme demi-cylindrique est ménagé au niveau de chaque articulation (3) entre les feuilletés (26a, 27a) en regard.

3) Inducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les faces polaires (4, 5) sont perpendiculaires aux axes des pôles (21, 22).

20

25

30

35

40

45

50

55

5

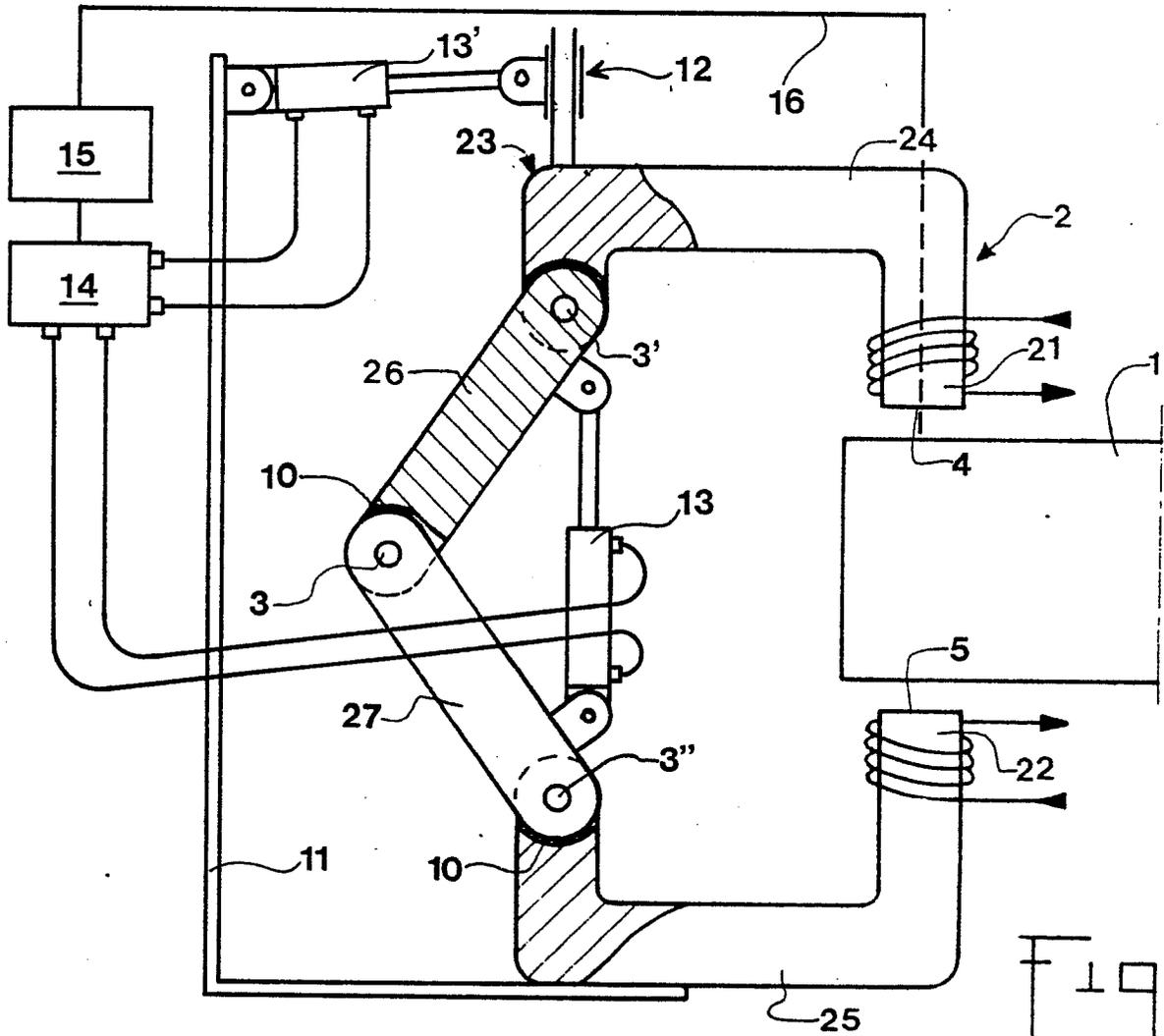


Fig. 1

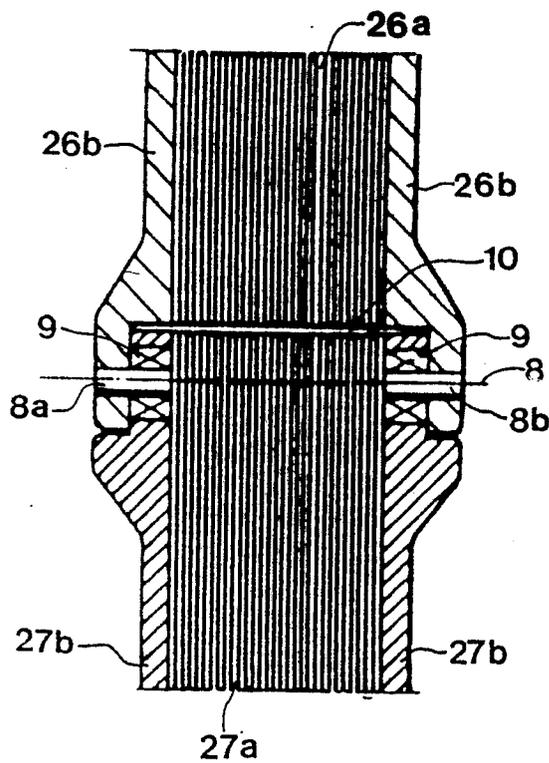
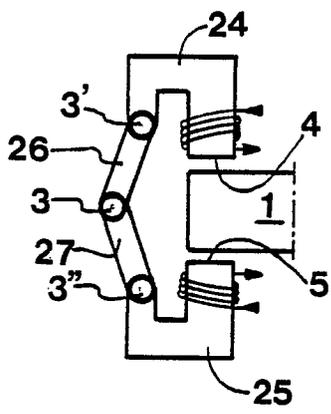
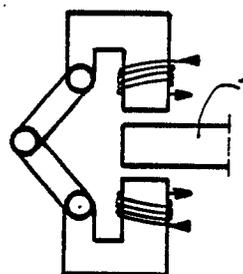


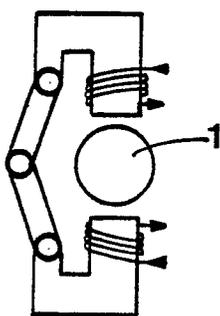
Fig. 2



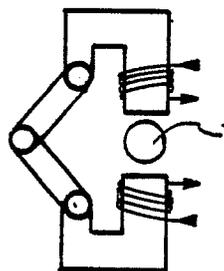
a)



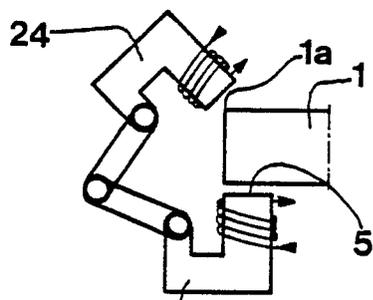
b)



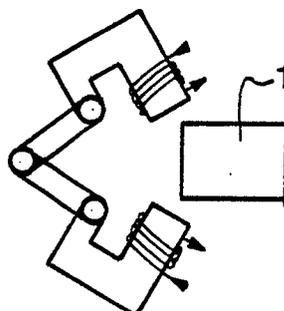
c)



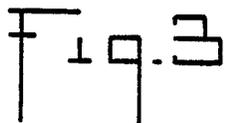
d)



e)



f)



428