

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 82401007.8

(51) Int. Cl.³: **H 05 B 6/06**
H 05 B 6/02

(22) Date de dépôt: 02.06.82

(30) Priorité: 09.06.81 FR 8111279

(43) Date de publication de la demande:
22.12.82 Bulletin 82/51

(84) Etats contractants désignés:
BE CH DE GB IT LI LU

(71) Demandeur: CEM COMPAGNIE ELECTRO-MECANIQUE
12, rue Portalis
F-75008 Paris(FR)

(72) Inventeur: Maurice, Jean
11 Avenue du Maine
F-75015 Paris(FR)

(72) Inventeur: Travers, Roger
11, rue Pasteur
F-92290 Chatenay Malabry(FR)

(72) Inventeur: Gaydon, Jean-Pierre
42, Avenue de l'Europe
F-78160 Marly le Roy(FR)

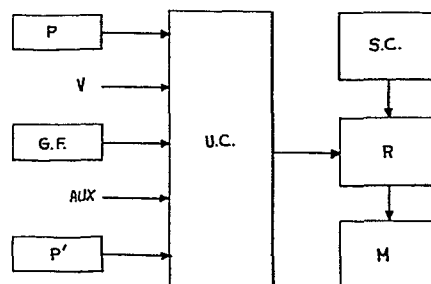
(74) Mandataire: Lefebure, Gérard et al,
Office Blétry 2, boulevard de Strasbourg
F-75010 Paris(FR)

(54) Dispositif pour le traitement de produits métalliques plats préalablement chauffés de façon non homogène dans un four et soumis ensuite à un laminage à chaud, notamment pour effacer les traces noires.

(57) Dispositif pour le traitement de produits métalliques plats préalablement réchauffés de façon non homogène dans un four et soumis ensuite à un laminage à chaud, comportant au moins un dispositif de réchauffage (M) à induction électromagnétique qui est disposé entre deux cages du laminoir et dont l'alimentation en courant est commandée de manière à régler la puissance instantanée de chauffage apportée à la partie du produit qui se trouve à l'instant considéré dans la zone d'action du dispositif de réchauffage (M). Ce dernier comporte au moins un plateau tournant équipé de pôles portant chacun une bobine alimentée en courant continu et, pour permettre l'obtention d'un profil désiré de température de la tête à la queue du produit, il est prévu un dispositif de réglage (R) pour régler l'intensité du courant continu d'alimentation des bobines du dispositif de réchauffage (M), un générateur de fonction (GF) propre à fournir à chaque instant sur sa sortie un signal correspondant à la température désirée pour la partie du produit qui se trouve à l'instant considérée dans la zone d'action du dispositif de réchauffage (M), et une unité de calcul (UC) propre à élaborer en temps réel une valeur de consigne pour le dispositif de réglage (R) à partir du signal de sortie d'un

capteur de température (P), du signal de sortie (V) d'un capteur de vitesse et du signal de sortie du générateur de fonction (GF).

Fig. 7



La présente invention a trait à un dispositif pour le traitement de produits métalliques plats préalablement chauffés de façon non homogène dans un four et soumis ensuite à un laminage à chaud, comprenant au moins un dispositif de ré-
5 chauffage par induction électromagnétique, qui est disposé entre deux cages successives du laminoir, au moins un capteur de température, un capteur de vitesse propre à fournir un signal correspondant à la vitesse instantanée du produit dans la zone d'action du dispositif de réchauffage, et un dispositif pour comman-
10 der l'alimentation en courant du dispositif de réchauffage de manière à régler la puissance instantanée de chauffage apportée par induction électromagnétique à la partie du produit qui se trouve à l'instant considéré dans la zone d'action du dispositif de réchauffage.

15 A la sortie du four, la température des produits métalliques plats, en particulier des brames, est à l'exception des "traces noires" dues à la présence de glissières ou de longerons de support dans le four, sensiblement constante à la fois dans le sens longitudinal et dans le sens transversal des produits. Cepen-
20 dant, à l'entrée des cages successives du laminoir, le profil longitudinal de température du produit n'est plus constant. En effet, la tête du produit a subi moins de perte thermique que la queue du produit, le passage de cette dernière dans les cages du laminoir étant différé par rapport au passage de la tête, de sorte que
25 la queue du produit a une température plus basse que la tête. En général, ce défaut de profil longitudinal de température est corrigé par une accélération du produit au cours de son passage dans les cages finisseuses du laminoir, cette accélération ayant pour effet d'accroître localement la température du produit au fur et à

mesure qu'il passe dans lesdites cages. L'inconvénient de ce procédé est d'utiliser une partie du couple utile des moteurs d'entraînement des cages finisseuses pour réaliser cette accélération et obtenir cet accroissement local de température.

5 On aboutit donc à un surdimensionnement des moteurs ou à une réduction de la largeur du produit laminable.

Par ailleurs, on sait que dans la plupart des fours de réchauffage des brames, ces dernières reposent sur des glissières (fours poussants) ou sur des longerons (fours à longerons
10 mobiles) qui sont disposés transversalement par rapport à la direction longitudinale des brames. La présence de ces supports donne naissance à des parties plus froides espacées le long des brames, parce qu'ils constituent un écran au rayonnement du four ou parce que, plus froids, ils engendrent des pertes de chaleur.
15 Les parties plus froides ainsi créées dans les brames par les supports se traduisent par des bandes transversales plus sombres, dénommées "traces noires", sur la face inférieure des brames. Ces traces noires présentent deux types d'inconvénients. D'une part elles entraînent des variations d'épaisseur et de
20 structure cristalline dans le produit laminé. D'autre part, elles contraignent le lamineur, pour permettre le laminage, à accroître la température moyenne de la brame à l'amont du laminoir, ce qui entraîne par conséquent une consommation d'énergie supplémentaire.

25 On peut tenter d'atténuer les traces noires en laissant séjourner les brames sur des soles en matériau réfractaire, ou en refroidissant les zones les plus chaudes par des jets d'eau. Ces solutions conduisent à des dépenses d'énergie supplémentaires.

30 On a également proposé d'éliminer les traces noires par un dispositif de réchauffage à induction électromagnétique situé à la sortie du four avant le laminoir. Des dispositifs de réchauffage de ce genre sont par exemple décrits dans les brevets français n° 2 372 402 et n° 2 417 737. Toutefois, cette solution
35 se heurte à des difficultés de réalisation. En effet, à la sortie du four, les traces noires sont étroites et imposent donc que la zone d'action du dispositif de réchauffage ait des dimensions compatibles. En outre, la température en un point de la brame est fonction de la position du point considéré à la fois



en longueur et en épaisseur. Ainsi, il est difficile de créer un chauffage qui rende la température homogène à la fois dans la longueur et dans l'épaisseur, d'autant plus que les champs électromagnétiques généralement engendrés à cet effet ont des profondeurs de pénétration inférieures aux épaisseurs des brames.

Pour mieux faire comprendre ces phénomènes, on a représenté sur la figure 1 du dessin annexé les courbes isothermes I d'une brame B au défournement du four dans le sens longitudinal $\underline{l}$ de la brame et pour une épaisseur $\underline{e}$ de celle-ci. On constate qu'au droit des supports S la température est inégale dans le sens longitudinal $\underline{l}$ et dans le sens de l'épaisseur $\underline{e}$. Or, il est pratiquement impossible d'injecter et de répartir convenablement une énergie thermique suffisante pour éliminer les irrégularités de température sur toute l'épaisseur $\underline{e}$ et la longueur des brames B. Les lamineurs savent que, lorsque les brames B sont devenues "ébauches" B' après être passées dans les cages dégrossisseuses du laminoir, mais avant passage dans les cages finisseuses, les courbes isothermes sont modifiées du fait de la réduction d'épaisseur des brames et prennent l'allure représentée en I' sur la figure 2 du dessin annexé pour une épaisseur $\underline{e}/n$ et une longueur $n \times$. Il en résulte que les différences de température dans le sens de l'épaisseur deviennent négligeables. Par contre, l'ébauche B' présente encore un profil irrégulier de température dans le sens longitudinal. Ce profil est représenté à titre d'exemple par la courbe X dans les figures 3 à 5 du dessin annexé, depuis la queue Q jusqu'à la tête T de l'ébauche à l'entrée du train finisseur. Comme on peut le voir, ce profil a en gros la forme d'une sinusoïde dont les minima correspondent aux traces noires. En outre, la queue Q de l'ébauche a une température plus faible que sa tête T, par exemple 940°C et 1040°C respectivement.

Pour uniformiser la température des produits métalliques il a également été proposé de placer un ou plusieurs dispositifs de réchauffage à induction électromagnétique sur une table d'attente entre les cages dégrossisseuses et les cages finisseuses du laminoir, et de commander séquentiellement l'alimentation en courant du ou des inducteurs de réchauffage en conformité avec le mouvement du produit métallique à réchauffer (Brevet anglais N° 1453489. Autrement dit, chaque dispositif de

réchauffage est alimenté ou non en courant selon que la partie à réchauffer du produit métallique se trouve ou non en regard du dispositif de réchauffage considéré. Dans ce brevet anglais, il s'agit donc d'un système de correction en boucle ouverte et non
5 pas d'un système de régulation en boucle fermée.

La présente invention a pour but d'éliminer les irrégularités de température dans le sens longitudinal dans les ébauches, et notamment les traces noires. Un autre but de l'invention est de permettre l'obtention d'un profil désiré de température de la tête à la queue de l'ébauche, sans qu'il soit nécessaire pour cela d'utiliser une partie du couple utile des moteurs d'entraînement des cages du laminoir.
10

Selon l'invention, l'un ou l'autre de ces deux buts ou les deux buts à la fois peuvent être atteints par le fait que le
15 dispositif de réchauffage (M) comporte, de façon connue en soi, au moins un plateau tournant équipé de pôles, dont les faces polaires sont orientées vers une face du produit (B) et qui portent chacun une bobine alimentée en courant continu, et en ce que le dispositif de commande comprend un dispositif de réglage
20 (R) pour régler l'intensité du courant continu d'alimentation des bobines du dispositif de réchauffage (M), un générateur de fonction (GF) propre à fournir à chaque instant sur sa sortie un signal correspondant à la température désirée pour la partie du produit (B) qui se trouve à l'instant considéré dans la zone d'action
25 du dispositif de réchauffage (M), et une unité de calcul (UC) propre à élaborer en temps réel une valeur de consigne pour le dispositif de réglage (R) à partir du signal de sortie du capteur de température (P), du signal de sortie (V) du capteur de vitesse et du signal de sortie du générateur de fonction (GF).

30 Le dispositif de l'invention présente une grande souplesse dans la mesure où il permet de donner aux ébauches pratiquement n'importe quel profil longitudinal de température désiré par le lamineur.

Ces caractéristiques et avantages de l'invention, ainsi que d'autres caractéristiques et avantages ressortiront plus
35 clairement de la description suivante de l'invention, qui est donnée à titre d'exemple purement indicatif et nullement limitatif en référence aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 illustre les courbes isothermes I d'une portion longitudinale a-b d'une brame B,

La figure 2 illustre les courbes isothermes I' d'une portion longitudinale a'-b' d'une ébauche B', correspondant à la
5 portion a-b de la brame de la figure 1, après plusieurs passes de laminage.

Les figures 3 à 5 illustrent divers profils de température de la queue Q à la tête T de l'ébauche de la figure 2, correspondant respectivement à trois modes de mise en oeuvre de
10 l'invention.

La figure 6 est une vue schématique en élévation montrant une installation de laminoir mettant en oeuvre la présente invention.

La figure 7 est un schéma synoptique montrant un dispositif de régulation de chauffage utilisable dans l'installation
15 de la figure 6.

Dans la suite du présent mémoire, on ne reviendra pas sur les figures 1 et 2 qui ont déjà été discutées plus haut.

Dans une installation classique de laminoir, après
20 avoir été préalablement réchauffées dans un four F, les brames passent successivement dans les cages dégrossisseuses D du laminoir puis, devenues ébauches, elles sont traitées dans les cages finisseuses E du laminoir (figure 6). A l'entrée du laminoir, les brames ont un profil de température irrégulier dans le sens longitudinal pour les raisons déjà indiquées plus haut. On a constaté
25 qu'il est possible de corriger facilement ces irrégularités de température et, en particulier, de donner aux produits métalliques plats un profil désiré de température dans le sens longitudinal, par exemple celui illustré par la courbe Y dans la figure 3, en réchauffant lesdits produits par induction électromagnétique
30 quand ils sont à l'état d'ébauches après avoir subi plusieurs passes de laminage, par exemple entre les cages dégrossisseuses D et les cages finisseuses E du laminoir, de préférence à l'entrée des cages finisseuses E, et en réglant à chaque instant la
35 valeur de la puissance de chauffage apportée par induction électromagnétique à la partie de l'ébauche qui se trouve à l'instant considéré dans la zone d'action du dispositif de réchauffage M (figure 6), ce réglage étant effectué en fonction de trois facteurs, à savoir :

- la température locale de la partie considérée de l'ébauche,
 - la vitesse instantanée de défilement de l'ébauche dans la zone d'action du dispositif de réchauffage M, et
 - une température désirée pour la partie considérée de l'ébauche,
- 5 cette température désirée étant définie par le profil désiré de température dans le sens longitudinal depuis la queue Q jusqu'à la tête T de l'ébauche, par exemple le profil illustré par la courbe Y de la figure 3.

- Comme montré sur les figures 6 et 7, le dispositif de
- 10 l'invention comprend :
- le dispositif M déjà mentionné de réchauffage par induction électromagnétique, qui est disposé de préférence à l'entrée des cages finisseuses E du laminoir comme montré sur la figure 6 ;
 - un dispositif de réglage R (figure 7) permettant de régler la
- 15 valeur instantanée du courant, fournie par une source de courant SC, pour l'alimentation du dispositif de réchauffage M;
- un capteur de température P, situé en amont du dispositif de réchauffage M et constitué par exemple par un pyromètre, qui permet de connaître la température locale de l'ébauche au fur et à
- 20 mesure que celle-ci passe devant lui, autrement dit le profil réel de la température de l'ébauche dans le sens longitudinal avant correction par le dispositif de réchauffage M, par exemple le profil représenté par la courbe X dans la figure 3 depuis la queue Q jusqu'à la tête T de l'ébauche;
- 25 - un générateur de fonction GF (figure 7) qui fournit sur sa sortie un signal électrique correspondant au profil de température désiré pour l'ébauche, par exemple le profil représenté par la droite Y dans la figure 3;
- une unité de calcul UC (figure 7) qui élabore en temps réel une
- 30 valeur de consigne pour piloter le dispositif de réglage R à partir des informations de température réelle et désirée fournies respectivement par le capteur P et par le générateur de fonction GF et à partir d'une information de vitesse V représentant la vitesse instantanée de défilement de l'ébauche dans la zone d'action
- 35 du dispositif de réchauffage M. L'information de vitesse V peut être par exemple acquise auprès de l'unité centrale de commande (non montrée) du laminoir ou au moyen d'un capteur de vitesse.

Le profil désiré de température Y représenté sur la figure 3 correspond au cas où on désire à la fois éliminer les traces noires et réhausser la température de la partie arrière de l'ébauche (en considérant son sens de défilement). Dans la figure 3, la courbe Z représente le profil de chauffage effectué par le dispositif de réchauffage M. Plus précisément, la courbe Z montre, pour chaque section transversale de l'ébauche de la tête T à la queue Q de celle-ci, l'accroissement de température apportée par le dispositif de réchauffage M pour passer du profil réel de température X avant correction au profil désiré de température Y. Autrement dit, la valeur de consigne élaborée en temps réel par l'unité de calcul UC pilote le dispositif de réglage R de telle façon que celui-ci règle à chaque instant, au fur et à mesure que l'ébauche défile dans la zone d'action du dispositif de réchauffage M, l'intensité du courant d'excitation de ce dispositif de réchauffage pour que la puissance apportée à l'ébauche par induction électromagnétique et transformée en chaleur (effet JOULE des courants de FOUCAULT induits dans l'ébauche) engendre dans ladite ébauche un accroissement localisé de température qui varie comme indiqué par la courbe Z de la tête T à la queue Q de l'ébauche au fur et à mesure que celle-ci défile dans la zone d'action du dispositif de réchauffage M.

La figure 4 est une vue semblable à la figure 3 et montre comment varie l'accroissement localisé de température (courbe Z') engendrée par le dispositif de réchauffage M pour passer du profil réel de température X à un autre profil de température Y' désiré pour l'ébauche dans le cas où on désire seulement éliminer les traces noires. Dans ce cas, le générateur de fonction GF de la figure 7 est conçu pour engendrer un profil de température correspondant à celui de la courbe Y'.

La figure 5 est une figure semblable aux figures 3 et 4 dans le cas où on désire diminuer la pente de température moyenne entre la queue Q et la tête T de l'ébauche, sans éliminer les traces noires, la courbe Y" représentant le profil désiré de température engendré à cet effet par le générateur de fonction GF et la droite Z" montrant comment varie l'accroissement localisé de température engendré par le dispositif de réchauffage M dans l'ébauche au fur et à mesure qu'elle défile dans la zone d'action de ce dispositif de réchauffage pour obtenir le profil désiré Y".

Pour l'élaboration de la valeur de consigne appliquée au dispositif de réglage R, l'unité de calcul UC peut également prendre en compte d'autres informations, comme par exemple la résistivité électrique de l'ébauche et/ou son épaisseur e , ces informations pouvant être acquises auprès de l'unité centrale de commande du laminoir ou au moyen de capteurs appropriés et étant appliquées à une ou plusieurs entrées auxiliaires AUX de l'unité de calcul UC. Celle-ci peut également recevoir une autre information de température fournie par un autre capteur de température P' placé en aval du dispositif de réchauffage M. L'information de température fournie par le capteur P' permet de vérifier le bon fonctionnement du dispositif de régulation de température par comparaison avec l'information de température fournie par le générateur de fonction GF, le résultat de cette comparaison permettant, selon un processus connu, une auto-adaptation du calcul effectué par l'unité de calcul UC pour les ébauches suivantes.

Le dispositif de réchauffage M peut être constitué par une ou plusieurs unités successives de chauffage, par exemple deux unités C_1 et C_2 comme montré sur la figure 6. Chacune des deux unités de réchauffage C_1 et C_2 peut être construite d'une manière semblable à celle décrite dans le brevet français n° 916 287. En bref, chaque unité de réchauffage comporte deux plateaux tournants, axialement alignés et équipés de pôles répartis circulairement sur les plateaux. Les deux plateaux sont disposés en vis-à-vis de telle façon que les faces polaires de leurs pôles soient en regard des grandes faces de l'ébauche, et ils sont entraînés en rotation chacun par un moteur électrique. Chaque pôle porte une bobine d'excitation et chaque bobine d'excitation est alimentée en courant continu dont l'intensité est réglable pour pouvoir faire varier l'intensité du champ magnétique et, par suite, la puissance induite dans l'ébauche. Pour produire le courant continu nécessaire à l'alimentation des bobines des pôles de chaque plateau tournant, on peut par exemple associer un alternateur à chaque plateau tournant, l'alternateur étant entraîné en rotation par le même moteur que celui qui entraîne le plateau associé, le courant alternatif fourni par l'alternateur étant ensuite redressé par un dispositif redresseur monté sur le plateau tournant avant d'être appliqué aux bobines d'excitation. Pour le réglage du courant d'excitation, le dispositif

de réglage R (figure 7) peut être agencé pour régler la valeur du courant redressé ou, plus simplement, il peut être agencé pour régler l'excitation de l'alternateur et, par suite, la valeur du courant fourni par celui-ci.

R E V E N D I C A T I O N S
=====

1.- Dispositif pour le traitement de produits métalliques plats préalablement chauffés de façon non homogène dans un four et soumis ensuite à un laminage à chaud, comprenant au moins un dispositif de réchauffage par induction électromagnétique, 5 qui est disposé entre deux cages successives du laminoir, au moins un capteur de température, un capteur de vitesse propre à fournir un signal correspondant à la vitesse instantanée du produit dans la zone d'action du dispositif de réchauffage, et un dispositif pour commander l'alimentation en courant du dis- 10 positif de réchauffage de manière à régler la puissance instantanée de chauffage apportée par induction électromagnétique à la partie du produit qui se trouve à l'instant considéré dans la zone d'action du dispositif de réchauffage, caractérisé en ce que le dispositif de réchauffage(M) comporte, de façon connue 15 en soi, au moins un plateau tournant équipé de pôles, dont les faces polaires sont orientées vers une face du produit(B) et qui portent chacun une bobine alimentée en courant continu, et en ce que le dispositif de commande comprend un dispositif de réglage (R) pour régler l'intensité du courant continu d'alimentation des 20 bobines du dispositif de réchauffage(M), un générateur de fonction (GF) propre à fournir à chaque instant sur sa sortie un signal correspondant à la température désirée pour la partie du produit (B) qui se trouve à l'instant considéré dans la zone d'action du dispositif de réchauffage(M), et une unité de calcul(UC) propre à 25 élaborer en temps réel une valeur de consigne pour le dispositif de réglage(R) à partir du signal de sortie du capteur de température(P), du signal de sortie(V) du capteur de vitesse et du signal de sortie du générateur de fonction (GF).

2.- Dispositif de traitement selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour l'alimentation en courant continu des bobines du dispositif de réchauffage (M) un alternateur est associé à chaque plateau du dispositif de réchauffage et un
5 dispositif redresseur redresse le courant alternatif fourni par l'alternateur avant qu'il soit appliqué auxdites bobines, et en ce que le dispositif de réglage (R) est agencé pour régler la valeur du courant redressé.

3.- Dispositif de traitement selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour l'alimentation en courant continu des
10 bobines du dispositif de réchauffage (M) un alternateur est associé à chaque plateau du dispositif de réchauffage et un dispositif redresseur redresse le courant alternatif fourni par l'alternateur avant qu'il soit appliqué auxdites bobines, et en ce
15 que le dispositif de réglage (R) est agencé pour régler l'excitation de l'alternateur.

4.- Dispositif de traitement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'alternateur et le plateau tournant sont entraînés en rotation par le même moteur,
20 et en ce que le dispositif redresseur est monté sur le plateau tournant.

Fig. 1

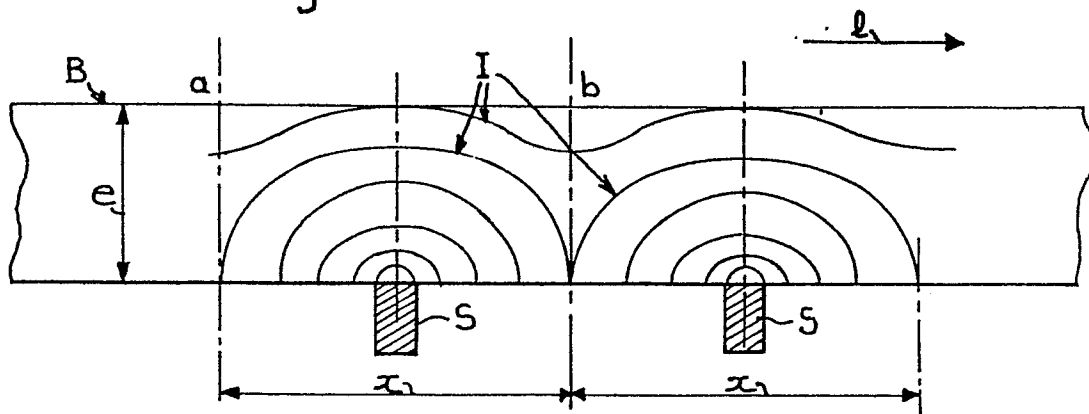
 $1/2$ 

Fig. 2

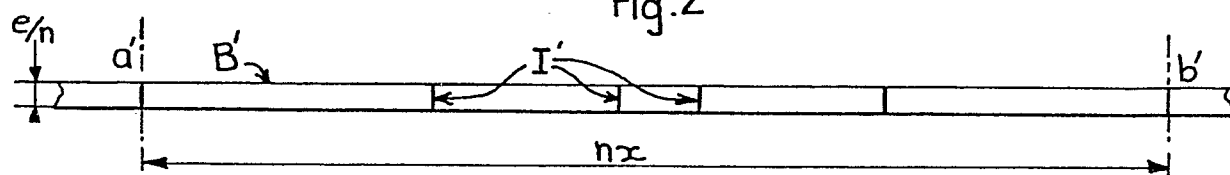


Fig. 6

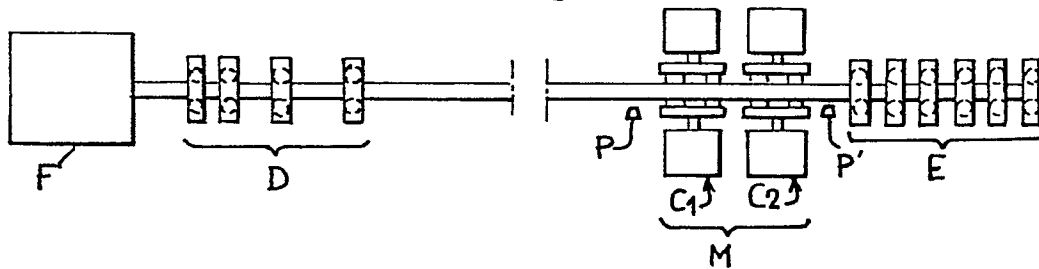
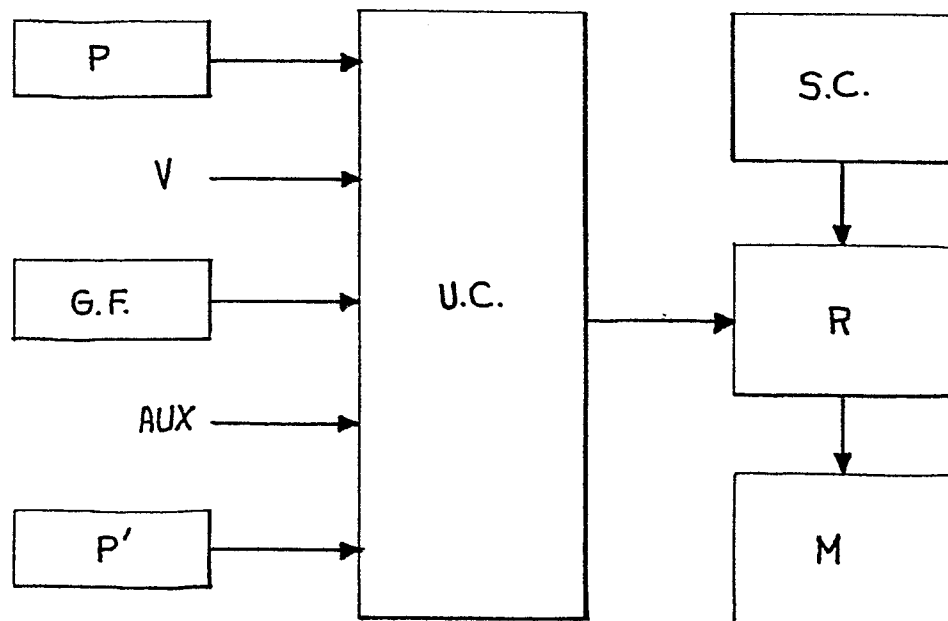
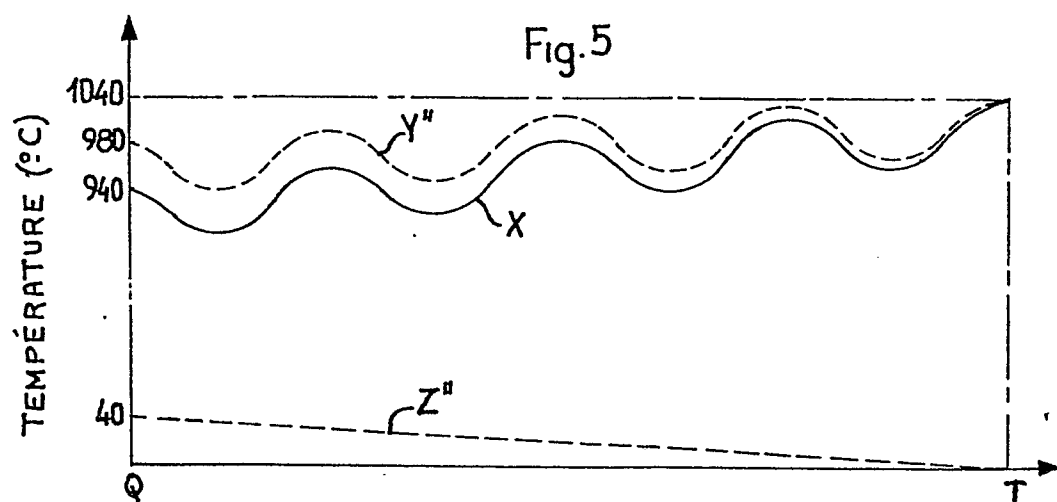
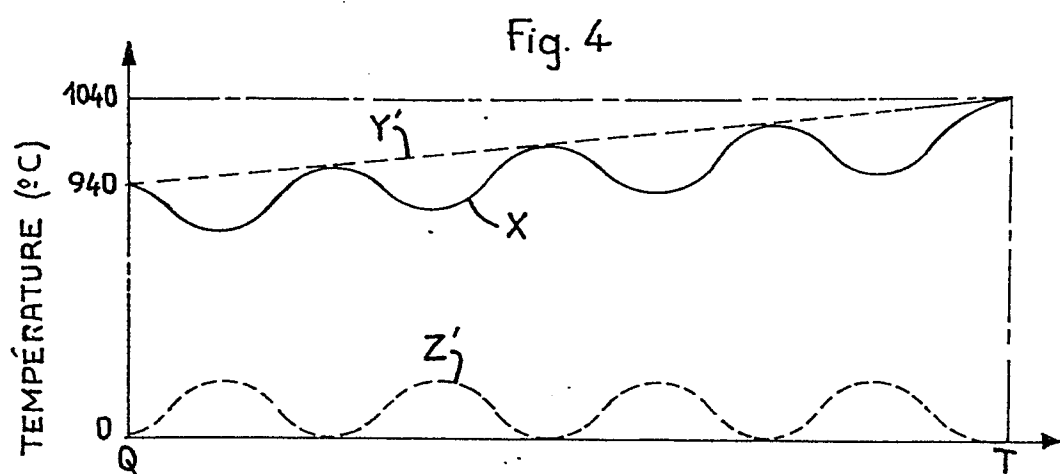
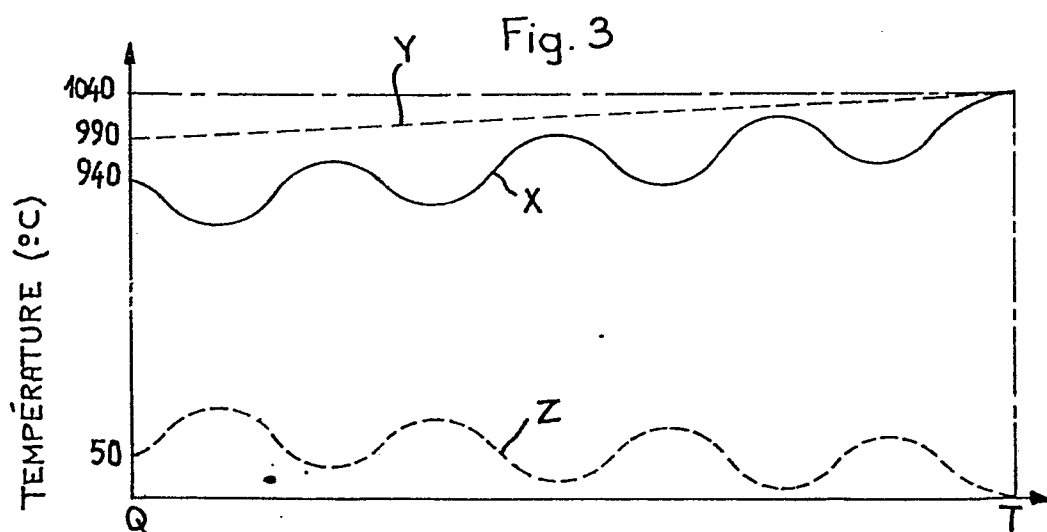


Fig. 7



2/2





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0067759

Numéro de la demande

EP 82 40 1007

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
A	EP-A-0 022 702 (C.E.M.) * page 3, ligne 31 à page 5, ligne 24; figure 2 *	1, 4	H 05 B 6/06 H 05 B 6/02
D, A	GB-A-1 453 489 (THE ELECTRICITY COUNCIL) * page 1, lignes 64 à 73; page 2, lignes 3 à 27, 55 à 62; page 3, lignes 13 à 35, 54 à 62; figures 1 à 4 *	1	
A	FR-A-1 567 477 (AJAX)		
A	DE-A-2 847 983 (ASEA)		
A	DE-A-2 149 352 (PARK OHIO)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
A	FR-A-2 002 190 (U.S. STEEL)		H 05 B 6/00 F 27 D C 21 D
A	US-A-3 705 967 (BOBART et al.)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17-09-1982	Examineur RAUSCH R.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	