

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 270 860
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 87116562.7

(51) Int. Cl.⁴: **C21D 9/64**, C21D 9/573,
C21D 9/62, C21D 9/52

(22) Date de dépôt: 10.11.87

(30) Priorité: 27.11.86 FR 8616705

(43) Date de publication de la demande:
15.06.88 Bulletin 88/24

(94) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: **MICHELIN & CIE (Compagnie Générale des Etablissements Michelin)**
Société dite:
4 rue du Terrail
F-63000 Clermont-Ferrand(FR)

(72) Inventeur: **Reiniche, André**
205, avenue de la Libératin
F-63000 Clermont-Ferrand(FR)

(74) Mandataire: **Doussaint, Jean-Marie et al**
MICHELIN & CIE Service K. Brevets
F-63040 Clermont-Ferrand Cedex(FR)

(54) **Procédé et dispositif pour traiter thermiquement un fil d'acier.**

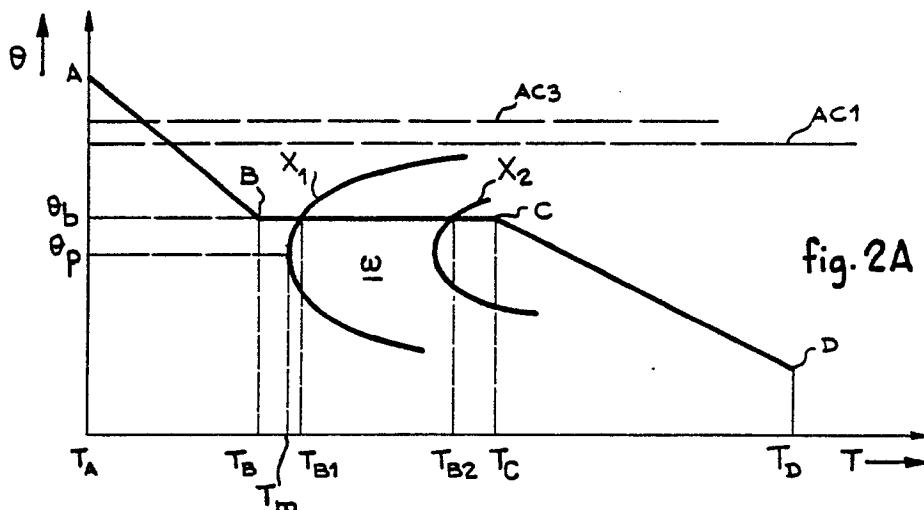
(57) Procédé pour traiter thermiquement un fil d'acier (1) de façon à obtenir une structure perlitique fine, caractérisé par les points suivants :

a) on refroidit le fil (1) jusqu'à ce qu'il atteigne une température donnée inférieure à la température de transformation AC1 ;

b) on règle la température du fil (1) de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10°C par excès ou par défaut de cette température donnée en faisant passer un courant électrique (I) dans le fil (1) et en effectuant une ventilation modulée (R_b) ;

c) on refroidit le fil (1).

Dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé. Fils obtenus avec ce procédé et ce dispositif.



EP 0 270 860 A1

L'invention concerne les procédés et les installations de traitement thermique de fils métalliques et plus particulièrement de fils d'acier au carbone, ces fils étant utilisés pour renforcer des articles en caoutchouc(s) et/ou en
5 matières(s) plastiques(s), par exemple des enveloppes de pneumatiques.

Ces traitements thermiques ont pour but d'une part d'augmenter l'aptitude au tréfilage des fils et d'autre part d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques et leur endu-
10 rance.

Les traitements connus de ce type comportent deux phases :

- une première phase qui consiste à chauffer le fil et à le maintenir à une température supérieure à la température de transformation AC3 de façon à obtenir une austénite homogène ;
15
- une deuxième phase qui consiste à refroidir le fil pour obtenir une structure perlitique fine.

Un de ces procédés les plus utilisés est un traitement thermique dit "de patentage" qui consiste en une austénitisation du fil à une température de 800 à 950° C, suivie d'une immersion dans un bain de plomb ou de sels fondus maintenu à une température de 450 à 600° C.
20

Les bons résultats obtenus, particulièrement dans le cas du traitement thermique au plomb, sont généralement attribués au fait que les coefficients de convection très élevés qui sont réalisés entre le fil et le fluide refroidisseur permettent d'une part un refroidissement rapide du fil entre la température de transformation AC3 et une température légèrement supérieure à celle du plomb, d'autre part une limitation de la
25 "recalescence" pendant la transformation de l'austénite métastable en perlite, la recalescence étant une augmentation de la température du fil due au fait que l'énergie apportée par la transformation métallurgique est supérieure à l'énergie perdue
30 par rayonnement et convection.

Le patentage se traduit malheureusement par des prix de revient élevés car la manipulation des métaux liquides ou des sels fondus conduit à des technologies lourdes et à la nécessité d'un nettoyage du fil après patentage.

5 D'autre part, le plomb est très toxique et les problèmes d'hygiène qu'il pose conduisent à des dépenses importantes.

Le but de l'invention est de réaliser un traitement thermique sans utiliser de métaux ou de sels fondus, pendant la
10 transformation d'austénite en perlite, tout en obtenant des résultats au moins aussi bons qu'avec les procédés de patentage.

En conséquence, l'invention concerne un procédé pour traiter thermiquement un fil d'acier au carbone de façon à
15 obtenir une structure perlitique fine, ce procédé étant caractérisé par les trois étapes suivantes :

a) le fil, qui a été préalablement maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3 pour obtenir une austénite homogène, est refroidi jusqu'à ce qu'il atteigne
20 une température donnée inférieure à la température de transformation AC1 et supérieure à la température du nez de la courbe du début de la transformation de l'austénite métastable en perlite, le fil ayant alors une structure d'austénite métastable sans perlite ;

25 b) on règle ensuite la température du fil de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10°C, par excès ou par défaut, de cette température donnée, ce réglage étant obtenu en faisant passer un courant électrique dans le fil, pendant un temps supérieur au temps de perlitisation et en effectuant une
30 ventilation modulée pendant une partie de ce temps ;

c) on refroidit ensuite le fil.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé précédemment défini.

Ce dispositif pour traiter thermiquement un fil
35 d'acier au carbone de façon à obtenir une structure perlitique fine est caractérisé en ce qu'il comporte :

a) des moyens permettant de refroidir le fil, qui a été préalablement maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3, ces moyens de refroidissement
40 permettant au fil d'atteindre une température donnée inférieure à la température de transformation AC1 et supérieure à la température du nez de la courbe du début de la transformation de l'austénite métastable en perlite, le fil ayant alors une structure d'austénite métastable sans perlite ;

b) des moyens permettant ensuite de régler la température du fil de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10°C par excès ou par défaut de cette température donnée, pendant un temps supérieur au temps de perlitisation, ces moyens comportant des moyens électriques pour faire passer un courant électrique dans le fil et des moyens de ventilation modulée ;
c) des moyens permettant de refroidir ensuite le fil.

L'invention concerne également les fils obtenus avec le procédé et/ou le dispositif conformes à l'invention.

L'invention sera aisément comprise à l'aide des exemples non limitatifs qui suivent et des figures toutes schématiques relatives à ces exemples.

Sur le dessin :

- la figure 1 représente un diagramme schématisant la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention ;

- la figure 2 représente en fonction du temps les variations de la température du fil, de l'intensité électrique circulant dans le fil, et de la vitesse de ventilation lors de la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention ;

- la figure 3 représente en coupe une partie d'un dispositif conforme à l'invention avec cinq enceintes de refroidissement et un axe, cette coupe étant effectuée selon cet axe ;

- la figure 4 représente en coupe la première enceinte du dispositif conforme à l'invention représenté en partie à la figure 3, cette coupe étant effectuée selon l'axe de ce dispositif ;

- la figure 5 représente en coupe la première enceinte du dispositif conforme à l'invention représenté en partie à la figure 3, cette coupe qui est effectuée perpendiculairement à l'axe de ce dispositif étant schématisée par les segments de lignes droites V-V à la figure 4 ;

- la figure 6 représente en coupe la deuxième enceinte du dispositif conforme à l'invention représenté en partie à la figure 3, cette coupe étant effectuée selon l'axe de ce dispositif ;

- la figure 7 représente en coupe la deuxième enceinte du dispositif conforme à l'invention représenté en partie à la figure 3 ; cette coupe est effectuée perpendiculairement à l'axe de ce dispositif et elle est schématisée par les segments de lignes droites VII-VII à la figure 6 ;

- la figure 8 représente en coupe un appareillage permettant d'obtenir un anneau gazeux rotatif, cet appareillage

pouvant être utilisé dans le dispositif conforme à l'invention représenté en partie à la figure 3, cette coupe étant effectuée perpendiculairement à l'axe de ce dispositif :

5 - la figure 9 représente un autre dispositif conforme à l'invention, ce dispositif comportant un appareillage de répartition avec un cylindre :

10 - la figure 10 représente plus en détail en coupe l'appareillage de répartition du dispositif représenté à la figure 9, cette coupe étant effectuée selon l'axe du cylindre de cet appareillage de répartition :

15 - la figure 11 représente plus en détail en coupe l'appareillage de répartition du dispositif représenté à la figure 9, cette coupe, qui est effectuée perpendiculairement à l'axe du cylindre de l'appareillage de répartition, étant schématisée par les segments de lignes droites XI-XI à la figure 10 :

- la figure 12 représente en coupe une portion de la structure perlitique fine d'un fil traité conformément à l'invention.

20 La figure 1 représente un diagramme schématisant les opérations effectuées lors de la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention.

25 On utilise un fil 1 qui est un fil d'acier au carbone. Ce fil 1 défile dans le sens de la flèche F sur un trajet qui comporte les points A, B, C, D.

Le procédé conforme à l'invention comporte trois étapes :

30 a) le fil 1 qui a été préalablement maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3 pour obtenir une austénite homogène, est refroidi entre les points A et B jusqu'à ce qu'il atteigne une température donnée inférieure à la température de transformation AC1 et supérieure à la température du nez de la courbe du début de transformation de l'austénite métastable en perlite. Ce refroidissement est schématisé par la flèche R_a. Cette température donnée permet la transformation ultérieure d'austénite métastable en perlite. Le refroidissement R_a est effectué en un temps assez court pour qu'il n'y ait pas transformation de l'austénite en perlite, le fil au point B ayant alors une structure d'austénite métastable sans perlite.

40 b) Entre les points B et C on règle la température du fil 1 de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10°C par excès ou par défaut de cette température donnée, ce réglage étant obtenu

en faisant passer un courant électrique dans le fil 1 pendant un temps supérieur au temps de perlitisation, et en effectuant un refroidissement schématisé par la flèche R_b . Ce refroidissement est ^{effectué par} une ventilation modulée, c'est-à-dire une ventilation dont on fait varier la vitesse au cours du temps où le fil 1 défile entre les points B et C. Cette ventilation n'est effectuée que pendant une partie du temps où on fait passer le courant électrique dans le fil 1.

Le passage du courant électrique dans le fil 1 entre les points B, C est schématisé par le circuit électrique l_e dont fait partie le fil 1 et par les flèches I, I représentant l'intensité du courant électrique circulant dans le circuit l_e et donc dans le fil 1.

c) Entre les points C et D on refroidit ce fil 1 à une température qui est par exemple proche de la température ambiante, ce refroidissement étant schématisé par la flèche R_c .

A titre d'exemple, les refroidissements R_a et R_c sont effectués aussi par ventilation.

- La figure 2 représente en fonction du temps trois diagrammes 2A, 2B, 2C correspondant aux trois variations suivantes lors de la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention ;

- La figure 2A représente la variation de la température du fil 1 ;

- La figure 2B représente la variation de l'intensité électrique circulant dans le fil 1 ;

- La figure 2C représente la variation de la vitesse de ventilation lors des refroidissements R_a , R_b , R_c , c'est-à-dire la vitesse du gaz de refroidissement.

Sur ces diagrammes, le temps est représenté par T, la température par θ , l'intensité électrique par I, la vitesse de ventilation par V. Sur tous ces diagrammes, le temps T est représenté par l'axe des abscisses, et les variations de θ , I, V sont représentées par l'axe des ordonnées. Pour la simplicité de l'exposé, on suppose que la température θ du fil entre les points B et C est constante.

Les trois étapes du procédé se traduisent alors sur le diagramme des températures θ (fig. 2A) par un palier de température θ_b correspondant à l'étape (b) précédé et suivi par une baisse de température correspondant aux étapes (a) et (c). Ces trois étapes se traduisent d'autre part sur le diagramme de l'intensité I par un palier d'intensité non nulle I_b correspondant à l'étape (b) précédé et suivi par un palier

d'intensité nulle correspondant aux étapes (a) et (c). Lors de l'étape (b), la ventilation modulée n'est appliquée ni au début, ni à la fin de cette étape, elle n'est appliquée que dans l'intervalle de temps T_{B1} , T_{B2} , l'étape (b) comportant donc trois phases. Le procédé comporte ainsi cinq phases délimitées sur les diagrammes de la figure 2 par les temps 0 (correspondant au temps T_A pris comme origine), T_B , T_{B1} , T_{B2} , T_C , T_D , les temps T_{B1} et T_{B2} se produisant pendant l'étape (b). La mise en oeuvre du procédé lors de ces cinq phases conduit à des modifications de la structure de l'acier du fil 1 schématisées à la figure 2A.

Phase 1

Avant que le fil 1 arrive au point A, il a été préalablement porté à une température supérieure à la température de transformation AC3, le fil 1 ayant été porté par exemple à une température comprise entre 800 et 950° C, et on l'a maintenu à cette température de façon à obtenir une austénite homogène. Lorsque le fil 1 arrive au point A, sa température est donc supérieure à la température de transformation AC3 et il a une structure comportant de l'austénite homogène.

On a représenté sur la figure 2A la courbe X_1 correspondant au début de la transformation d'austénite métastable en perlite, et la courbe X_2 correspondant à la fin de la transformation d'austénite métastable en perlite, le nez de la courbe X_1 , c'est-à-dire la température θ_p correspondant au temps minimum T_m de cette courbe X_1 .

Entre les points A et B, c'est-à-dire entre les temps 0 et T_B , on refroidit le fil 1, la vitesse moyenne de ce refroidissement, de préférence rapide, étant par exemple de 100 à 400°C.s⁻¹ de telle sorte que le fil 1 atteigne une température donnée θ_b inférieure à la température de transformation AC1, et supérieure à la température du nez perlitique θ_p , cette température θ_b permettant la transformation d'austénite métastable en perlite.

La phase 1 dont la durée est référencée P_1 sur l'axe des temps T de la figure 2C se traduit sur les diagrammes de la figure 2 par une chute de température θ , par une intensité I nulle, et par un palier élevé V_a de vitesse de ventilation, cette phase 1 correspondant à l'étape (a).

Au cours de ce refroidissement, de préférence rapide, il se développe aux joints de grains de l'austénite métastable des "germes" qui sont d'autant plus petits et d'autant plus nombreux que la vitesse de refroidissement est plus grande.

Les germes sont les points de départ de la transformation ultérieure de l'austénite métastable en perlite et il est bien connu que la finesse de la perlite, donc la valeur d'usage du fil, sera d'autant plus grande que ces germes seront plus nombreux et plus petits. L'obtention de vitesses de refroidissement élevées en particulier dans le cas des diamètres de fils supérieurs à 1 mm, est due à l'utilisation conjointe d'un gaz de refroidissement ayant de bonnes performances en convection forcée, et à l'emploi de vitesses de ventilation rapides comprises par exemple entre 2 et 50 m.s⁻¹ pour une ventilation radiale et entre 10 et 100 m.s⁻¹ pour une ventilation axiale. Les phases 2, 3, 4 qui suivent correspondent à l'étape (b).

Phase 2

Le fil 1 est maintenu à la température de traitement choisie θ_b grâce à la circulation de l'intensité électrique I_b sans qu'aucune ventilation ne soit effectuée.

Sur le diagramme de la figure 2C, la durée de cette phase 2 est représentée par l'intervalle de temps P_2 du temps T_b au temps T_{b1} , la température du fil 1 a la valeur fixe θ_b , l'intensité électrique la valeur fixe I_b , et la vitesse de ventilation est nulle.

Cette phase du traitement thermique est avantageusement effectuée dans une enceinte de refroidissement en convection naturelle. Durant cette phase, la vitesse de formation des germes est très élevée et leur taille est minimum.

Phase 3

Lors de cette phase, il y a transformation d'austénite métastable en perlite. Pour éviter une augmentation de la température du fil, c'est-à-dire une recalescence, par suite de l'énergie apportée par la transformation métallurgique d'austénite en perlite, on effectue une ventilation modulée tout en maintenant l'intensité électrique I_b dans le fil 1. Sur le diagramme de la figure 2C, la durée de cette phase 3 est représentée par l'intervalle de temps P_3 entre les temps T_{b1} et T_{b2} , la température du fil 1 est maintenue à la valeur fixe θ_b , l'intensité électrique est maintenue à la valeur fixe I_b . La ventilation est modulée de la façon suivante. La vitesse de ventilation a une valeur faible ou nulle au temps T_{b1} , au début de cette phase. Elle augmente ensuite pour atteindre un maximum V_x , et décroît ensuite pour atteindre une valeur faible ou nulle au temps T_{b2} , à la fin de cette phase.

Cette ventilation est modulée, c'est-à-dire qu'elle a à chaque instant une valeur telle que l'énergie perdue par le fil par convection et rayonnement soit égale à l'énergie apportée au fil par effet Joule plus l'énergie apportée au fil par la transformation métallurgique austénite --> perlite.

La vitesse maximum V_m est par exemple comprise entre 2 et 50 $m.s^{-1}$ dans le cas d'une ventilation radiale, ou entre 10 et 100 $m.s^{-1}$ dans le cas d'une ventilation axiale. La vitesse de ventilation V est obtenue en utilisant de préférence un anneau gazeux rotatif à turbine ou à injection dans le cas d'une ventilation radiale, ou une circulation de gaz parallèle à l'axe du fil, dans le cas d'une ventilation axiale, comme décrit ultérieurement.

Phase 4

Cette phase correspond à l'intervalle de temps T_{B2} , T_c . Le fil 1 est toujours parcouru par l'intensité de courant électrique I_b , et la température du fil 1 est toujours égale à θ_b , mais aucune ventilation n'est effectuée, la vitesse de ventilation étant donc nulle. Le temps de perlitisation étant susceptible de varier d'un acier à l'autre, cette phase 4 a pour but d'éviter d'appliquer au fil 1 un refroidissement prématuré, correspondant à la phase 5 décrite ultérieurement, au cas où la perlitisation ne serait pas terminée au temps T_{B2} .

La durée de cette phase 4 est représentée par l'intervalle de temps P_4 sur le diagramme de la figure 2C. A la figure 2A, le segment de droite BC traverse la région ω disposée entre les courbes X_1 , X_2 , le temps T_{B1} correspondant à l'intersection du segment BC avec la courbe X_1 , le temps T_{B2} correspondant à l'intersection du segment BC avec la courbe X_2 . Dans le sens des temps T croissants, le point B est situé avant la région ω , donc dans une zone où il n'y a pas de perlite, l'austénite étant à l'état métastable, et le point C est situé après la région ω , c'est-à-dire dans une zone où toute l'austénite est transformée en perlite stable. La ventilation modulée sur la figure 2C correspond à l'intervalle de temps où le segment BC traverse la région ω , mais cette modulation de ventilation pourrait être effectuée pendant un intervalle de temps qui ne correspond pas exactement à la traversée de cette région ω , par exemple pendant un intervalle de temps plus court situé entièrement dans la région ω , pour tenir compte des inerties d'exothermicité, ou pendant un intervalle de temps supérieur à cette traversée pour tenir compte des variations possibles de qualités d'acier.

Phase 5

Cette phase correspond à l'étape (c). Aucun courant électrique ne passe dans le fil 1, et on ventile le fil de préférence à une vitesse élevée V_c , supérieure à la vitesse V_a de la phase 1 de façon à avoir un refroidissement rapide. Un refroidissement rapide n'est pas absolument nécessaire lors de cette dernière phase, mais il permet de diminuer le temps total du traitement thermique et par conséquent la longueur de l'installation. A titre d'exemple V_c a une valeur comprise entre V_a et V_M sur le diagramme 2C, mais on peut envisager des cas différents.

La durée de cette phase 5 est représentée par l'intervalle de temps P_5 sur le diagramme de la figure 2C, et elle correspond à l'intervalle de temps T_c , T_b . La température du fil 1 à la fin de cette phase 5 peut être par exemple proche de la température ambiante, ou égale à la température ambiante.

Etant donné que les valeurs de θ , T , I , V ainsi que les valeurs de $AC3$, $AC1$, ainsi que la forme des courbes X_1 , X_2 peuvent varier en fonction des aciers, les valeurs réelles n'ont pas été portées sur les axes des diagrammes 2A, 2B, 2C.

Pour la simplicité de l'exposé et de la réalisation, la température du fil 1 a été supposée constante et égale à θ_b , pendant les phases 2, 3, 4, c'est-à-dire pendant l'étape (b), mais l'invention s'applique au cas où pendant cette étape (b), la température du fil 1 varie dans un intervalle de $10^\circ C$ par excès ou par défaut autour de la température θ_b obtenue à la fin de la phase 1. Il est cependant préférable que la température du fil 1 soit la plus proche possible de cette température θ_b . De préférence la température du fil 1 ne diffère pas de plus de $5^\circ C$, par excès ou par défaut, de cette température θ_b , lors de l'étape (b).

Dans la réalisation précédemment décrite, aucun courant électrique ne passe dans le fil 1 pendant les étapes (a) et (c), c'est-à-dire pendant les phases 1 et 5, mais l'invention couvre les cas où on fait passer un courant électrique dans le fil 1 pendant au moins une partie d'une de ces phases, ou de ces deux phases, ce qui peut avoir l'avantage de régler les conditions du procédé, de façon souple, dans un même dispositif, pour l'adapter à plusieurs nuances d'acier. Les moyens permettant d'obtenir les refroidissements R_a , R_c sont alors déterminés en tenant compte de ce passage de courant électrique.

Un dispositif conforme à l'invention pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention précédemment décrit est représenté aux figures 3 à 7.

5 Ce dispositif 2, qui est capable de traiter huit fils 1 simultanément, a une forme cylindrique avec un axe rectiligne xx', la figure 3 étant une coupe du dispositif 2 effectuée selon cet axe, deux fils 1 étant représentés sur cette figure 3.

10 Le dispositif 2 comporte cinq enceintes référencées E₁, E₂, E₃, E₄, E₅, les fils 1 progressant de l'enceinte E₁ vers l'enceinte E₅, dans le sens de la flèche F, les références P₁, P₂, P₃, P₄, P₅ correspondant aux durées des phases 1 à 5 dans ces enceintes E₁ à E₅ (figure 3).

15 L'enceinte E₁ est représentée en détail aux figures 4 et 5, la figure 4 étant une coupe selon l'axe xx', et la figure 5 étant une coupe perpendiculaire à cet axe, cette coupe de la figure 5 étant schématisée par les segments de lignes droites V-V à la figure 4, l'axe xx' étant schématisé
20 par la lettre O à la figure 5.

L'enceinte E₁ est limitée extérieurement par un manchon cylindrique 3 comportant une paroi externe 4 et une paroi interne 5. Le manchon 3 est refroidi par un fluide 6 par exemple de l'eau, qui circule entre les parois 4 et 5. La paroi
25 interne 5 comporte une multitude d'ailettes 7 en forme de couronnes d'axe xx'.

L'enceinte E₁ comporte un groupe moto-ventilateur 8. Ce groupe moto-ventilateur 8 est constitué par un moteur 9, par exemple un moteur électrique, permettant d'entraîner deux
30 turbines 10 en rotation autour de l'axe xx', chacune de ces turbines 10 étant pourvue d'ailettes 11, les fils 1 étant disposés entre les ailettes 11 et la paroi interne 5.

Le groupe moto-ventilateur 8 permet de brasser le gaz de refroidissement 12 sous forme d'un anneau gazeux rotatif
35 dans le sens des flèches F₁ (figure 5), cet anneau 12 correspondant au volume qui sépare les ailettes 11 et la paroi interne 5. On a donc ainsi une ventilation radiale des fils 1.

Les ailettes 7 permettent un bon échange thermique entre le gaz 12 et l'eau 6.

40 L'enceinte E₁ est isolée aérodynamiquement de l'extérieur et de l'enceinte suivante E₂ par deux plaques circulaires 13 creuses remplies d'un fluide 14 de refroidissement, par exemple de l'eau. Ces plaques circulaires 13 sont munies de huit ouvertures 15 permettant le passage des
45 fils 1.

L'enceinte E_1 correspond à la phase 1. Les fils 1 ont, lorsqu'ils pénètrent dans l'enceinte E_1 , une température supérieure à la température de transformation AC3, de telle sorte qu'ils ont alors une structure austénitique 5 homogène, et ils sont refroidis rapidement dans l'enceinte E_1 jusqu'à ce qu'ils atteignent la température θ_b inférieure à la température de transformation AC1 et supérieure à la température du nez perlitique θ_p . La température θ_b permet la transformation d'austénite métastable en 10 perlite, mais cette transformation ne s'effectue pas encore dans l'enceinte E_1 , car le temps d'incubation T_{b1} à la température du fil θ_b n'a pas encore été atteint et les fils 1 gardent une structure austénitique.

Les fils 1 passent ensuite dans l'enceinte E_2 . 15 Cette enceinte E_2 est représentée en détail à la figure 6, qui est une coupe selon l'axe xx' , et à la figure 7 qui est une coupe perpendiculaire à l'axe xx' , de cette enceinte E_2 , l'axe xx' étant schématisé par la lettre O sur cette figure 7, la coupe de la figure 7 étant schématisée par les segments de 20 lignes droites VII-VII à la figure 6. Cette enceinte E_2 est dépourvue de groupe moto-ventilateur. Chaque fil 1 passe entre deux rouleaux 16 en matière conduisant l'électricité, par exemple du cuivre, à l'entrée de l'enceinte E_2 , ces rouleaux 16 permettant de faire circuler dans chaque fil 1 le courant 25 électrique d'intensité I_b , de cette enceinte E_2 à l'enceinte E_4 qui sera décrite plus en détail ultérieurement. Les courants électriques circulant dans les fils 1 sont fournis par des transformateurs 17 délivrant chacun la tension électrique U, chacun de ces transformateurs 17 étant contrôlé 30 par un dispositif à Thyristors 18.

Il est ainsi possible d'établir à tout instant l'égalité entre la chaleur reçue par les fils 1, par suite de l'effet Joule, et la chaleur émise par les fils 1, cette émission étant due au rayonnement et à la convection. La tempé- 35 rature des fils 1 est ainsi réglée à la même valeur que celle atteinte à la sortie de l'enceinte E_1 , c'est-à-dire θ_b . Pour la simplicité du dessin un seul transformateur 17 et un seul dispositif à Thyristors 18 sont représentés sur la figure 3. L'enceinte E_2 est limitée par un manchon cylindrique 40 creux 19 dans lequel circule un fluide de refroidissement 20, par exemple de l'eau. Ce manchon cylindrique 19 est dépourvu d'ailettes car dans l'enceinte E_2 les échanges thermiques entre les fils 1 et le gaz 12 de refroidissement sont faibles

...

étant donné qu'ils s'effectuent en convection naturelle, c'est-à-dire sans utiliser des moyens mécaniques pour mettre le gaz 12 en mouvement.

5 L'enceinte E_2 correspond à la phase 2, c'est-à-dire qu'il y a dans cette enceinte E_2 formation accélérée de germes aux joints de grains de l'austénite métastable, mais sans qu'il y ait encore transformation d'austénite en perlite.

10 Les fils passent ensuite dans l'enceinte E_3 . Cette enceinte E_3 est analogue à l'enceinte E_1 mais avec les différences suivantes :

- il y a plusieurs groupes moto-ventilateurs 8 disposés à la suite les uns des autres, le long de l'axe xx' ;
- les fils 1 sont chacun parcourus par un courant électrique d'intensité I_b .

15 La ventilation due aux groupes 8 est modulée, c'est-à-dire que la vitesse de rotation des turbines 10 est faible à l'entrée de l'enceinte E_3 , elle augmente pour passer par un maximum, en suivant l'axe xx' , de telle sorte que la vitesse de ventilation passe par un maximum V_M , et elle
20 décroît ensuite vers la sortie de l'enceinte E_3 , selon la flèche F. Ce maximum V_M est par exemple différent de la valeur de la vitesse de ventilation dans l'enceinte E_1 . La vitesse des groupes moto-ventilateurs 8 peut être réglée par exemple à l'aide de variateurs de vitesse 21 agissant sur les
25 moteurs électriques 9 (figure 3), ce qui permet une modulation de la ventilation en fonction de la puissance thermique à extraire. L'enceinte E_3 correspond à la phase 3, c'est-à-dire que dans cette enceinte E_3 il y a transformation d'austénite métastable en perlite qui s'effectue à la
30 température θ_b des fils. Cette transformation dégage une quantité de chaleur d'environ $100\,000\text{ J.kg}^{-1}$ et cela à une vitesse variable entre l'entrée et la sortie des fils 1 de cette enceinte E_3 . La production de chaleur à l'intérieur des fils 1 dans ce cas est la somme de la chaleur due à l'effet
35 Joule, par suite des courants électriques circulant dans ces fils 1, et de la chaleur dégagée par la transformation austénite-perlite qui peut atteindre 2 à 4 fois l'effet Joule. Il est donc nécessaire d'accélérer les échanges thermiques, ce qui est obtenu grâce à la ventilation radiale modulée précédemment décrite, obtenue avec les groupes moto-ventilateur 8.
40

Les fils 1 passent ensuite dans l'enceinte E_4 qui est identique à l'enceinte E_2 précédemment décrite avec la différence que les rouleaux 16 sont disposés vers la sortie de l'enceinte E_4 , les courants électriques circulant donc dans les fils pendant pratiquement tout le temps P_4 pendant lequel ils se trouvent dans cette enceinte E_4 . Les fils 1 sont ici encore maintenus à la température θ_b .

L'enceinte E_4 correspond à la phase 4, elle a pour but de maintenir les fils 1 à la température θ_b pour être sûr que la perlitisation est totale avant de commencer le refroidissement correspondant à la phase 5.

Les fils 1 passent ensuite dans l'enceinte E_5 qui est analogue à l'enceinte E_1 . Cette enceinte E_5 correspond à la phase 5, elle permet le refroidissement des fils 1 jusqu'à une température par exemple proche de la température ambiante. Il n'est pas nécessaire que ce refroidissement soit rapide, mais il est cependant préférable que le refroidissement soit opéré rapidement pour diminuer la longueur du dispositif 2.

Pour simplifier le démontage et le montage du dispositif 2, chaque manchon 3 est constitué par une pluralité de manchons élémentaires 3_a , qui peuvent être assemblés avec des brides 22.

Des plaques 13 circulaires, analogues aux plaques 13 limitant la chambre E_1 sont disposées entre les chambres E_2 , E_3 , entre les chambres E_3 , E_4 , entre les chambres E_4 , E_5 et à la sortie de la chambre E_5 . Des variateurs de vitesse 21 permettent de faire varier si on le désire les vitesses des moteurs 9 dans les chambres E_1 , E_5 (figure 3).

La fixation de chaque moteur 9 dans les enceintes E_1 , E_3 , E_5 peut être effectuée avec une plaque 23 symétrique autour de l'axe xx' , cette plaque 23 comportant un fond 24 où est fixé le moteur 9 et une couronne extérieure 25 fixée au manchon cylindrique 3 par les brides 22 (figure 4). Cette couronne extérieure 25 est percée de trous 26 pour le passage des fils 1.

Le terme "gaz" pour le gaz de refroidissement 12 doit être pris dans un sens très général, il couvre soit un gaz unique soit un mélange de gaz, par exemple un mélange d'hydrogène et d'azote.

...

Exemples

Les trois exemples suivants permettront de mieux comprendre l'invention, le traitement étant effectué dans le dispositif 2 précédemment décrit.

- 5 La composition des aciers utilisés est donnée dans le tableau 1 suivant (% en poids).

Tableau 1

Exemple	Constituants								
	C	Mn	Si	S	P	Al	Cu	Cr	Ni
10 1	0,85	0,7	0,2	0,027	0,019	0,082	0,045	0,060	0,015
2	0,7	0,6	0,22	0,029	0,018	0,084	0,049	0,062	0,014
3	Même composition que pour l'exemple 1								

Les caractéristiques diverses des fils utilisés et les données concernant l'austénitisation sont indiquées dans le

- 15 tableau 2 suivant:

Tableau 2

Exemple	Caractéristiques des fils			
	Température de transition ACl (°C)	Température d'austénitisation (°C)	Vitesse moyenne de chauffage pour austénitisation (°C.s ⁻¹)	Diamètre du fil (mm)
20 1	721 +/- 3	920	390	1,3
2	723 +/- 3	920	395	1,3
25 3	Comme pour l'exemple 1			0,82

Dans tous les cas de traitement conforme au procédé de l'invention, pour chaque exemple, les caractéristiques suivantes étaient respectées.

- 30 Nombre de fils : 8 ; vitesse de défilement de chaque fil : 1 m.s⁻¹; les caractéristiques du gaz de refroidissement 12 pour tout le dispositif 2 sont données dans le tableau 3 suivant, ce gaz étant un mélange d'hydrogène et d'azote de composition variable en fonction du diamètre des fils 1.

Tableau 3

	Diamètre des fils l (mm)	% d'hydrogène en volume	% d'azote en volume
5	1,3	40	60
	0,82	20	80

Le nombre de groupes moto-ventilateurs 8 était de un pour les enceintes E₁, E₅ et de cinq pour l'enceinte E₃, la numérotation de ces groupes 8 étant alors de 8-1 à 8-5 dans le sens de la flèche F, pour l'enceinte E₃ comme représenté à la figure 3 (pour la simplicité du dessin, le groupe 8-3 n'est pas représenté sur cette figure 3).

Les caractéristiques de traitement des fils l lors des phases 1 à 5 sont indiquées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4

15	Caractéristiques de traitement	N° d'exemple		
		1	2	3
20	<u>Phase 1</u>			
	Température initiale des fils (°C)	900	identique à la phase 1 de l'exemple 1	) identique à la phase 1 de l'exemple 1
25	Température finale des fils (°C)	550		) 1
	Diamètre des turbines (mm)	150		)
	Vitesse de rotation des turbines (nombre de tours par minute)	695		) 390
30	Vitesse efficace de l'anneau gazeux (m.s ⁻¹) (vitesse de ventilation)	4,2		2,3
35	Vitesse moyenne de refroidissement (°C.s ⁻¹)	120		) identique à la phase 1 de l'exemple 1

Tableau 4 (suite)

	Caractéristiques de traitement	N° d'exemple		
		1	2	3
5	Temps pour aller de 721°C à 550°C (s) Durée de la phase (P ₁) (s)	1,6 2,9	) identique à) la phase 1) de l'exemple 1	) identique à) la phase 1) de l'exemple 1
10	<u>Phase 2</u> Température du fil (°C) Intensité de chaque courant électrique (A)	550 ± 5 22,8	550 ± 5 22,8	550 ± 5 10,8
15	Durée de la phase (P ₂) (s)	0,7	0,8	0,7
20	<u>Phase 3</u> Température du fil (°C) Intensité de chaque courant électrique (A)	550 ± 5 22,8	550 ± 5 22,8	550 ± 5 10,8
25	Vitesse efficace de l'anneau gazeux : (vitesse de ventilation) :			
30	groupe 8-1 (m.s ⁻¹) " 8-2 " " 8-3 " " 8-4 " " 8-5 "	1,2 4,8 6,2 3 0,9	1,1 3,9 6,6 4,2 1,2	0,7 2 3,3 2,1 0,5
	Durée de la phase (P ₃) (s)	2,7	2,6	2,7

Tableau 4 (suite)

Caractéristiques de traitement	N° d'exemple		
	1	2	3
5 <u>Phase 4</u> Température du fil (° C)	550 ± 5	identique à la phase 4 de l'exemple 1	550 ± 5
10 Intensité de chaque courant électrique (A) Durée de la phase (P ₄) (s)	22,8 1		10,8 1
15 <u>Phase 5</u> Température ini- tiale des fils (° C)	550 ± 5	identique à la phase 5 de l'exemple 1	) identique à) la phase 5) de l'exemple) 1
20 Température finale des fils (° C) Diamètre des tur- bines (mm)	100 150		))))
25 Vitesse de rotation des turbines (nom- bre de tours par minute)	765		430
30 Vitesse efficace de l'anneau gazeux (m.s ⁻¹) (vitesse de ventilation)	4,6		2,6
Vitesse moyenne de refroidissement (°C.s ⁻¹)	90		) identique à) la phase 5) de l'exemple) 1
35 Durée de la phase (P ₅) (s)	5		))

Les caractéristiques mécaniques des fils obtenus sont données dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5

Exemple	Limite élastique à 0,2 % d'allongement (MPa)	Charge de rupture (MPa)
1	1020	1350
2	1010	1270
3	1040	1360

L'invention se caractérise donc par un procédé qui évite l'emploi de métaux fondus, par exemple le plomb, ou de sels fondus, pendant la transformation d'austénite en perlite, grâce à la combinaison du chauffage du fil par effet Joule et de la ventilation modulée, de telle sorte que l'invention conduit aux avantages suivants :

- installations simples et de fonctionnement souple ;
- il n'est pas nécessaire de nettoyer le fil traité qui peut donc être par exemple laitonné puis tréfilé tel quel ;
- il n'y a pas de problème d'hygiène car aucune toxicité n'est à craindre.

De préférence, on a les relations suivantes :

- le diamètre des fils 1 est au moins égal à 0,3 mm et au plus égal à 3 mm ; avantageusement, le diamètre des fils 1 est au moins égal à 0,5 mm et au plus égal à 2 mm ;

- au cours de la phase 1 : le refroidissement du fil s'effectue à une vitesse moyenne de 100 à 400°C.s⁻¹ ;

- dans les phases 2 à 4, la température du fil θ_b est comprise entre 450 et 600°C ;

- la vitesse efficace de l'anneau gazeux à son maximum, dans la phase 3, varie de 2 à 50 m.s⁻¹ ;

- la vitesse efficace de l'anneau gazeux pour la phase 1 varie de 2 à 50 m.s⁻¹.

Les anneaux gazeux rotatifs peuvent être obtenus par d'autres méthodes que des turbines. C'est ainsi que la figure 8 montre à titre d'exemple un appareillage 30 permettant d'obtenir un anneau gazeux rotatif sans utiliser de turbine, cet appareillage 30 pouvant être employé par exemple en remplacement d'au moins une des enceintes E₁, E₃, E₅

précédemment décrites, la figure 8 étant une coupe effectuée perpendiculairement à l'axe xx' du dispositif 2, cet axe étant représenté par la lettre O à la figure 8. L'appareillage 30 est limité extérieurement par un manchon cylindrique 31 comportant une paroi extérieure 32 et une paroi intérieure 33. Un fluide de refroidissement 34, par exemple de l'eau, circule entre ces parois 32, 33. L'appareillage 30 est limité intérieurement par un cylindre 35. Une série d'injecteurs 36 permet l'arrivée du gaz de refroidissement 12 dans l'espace annulaire 37 délimité par les cylindres 33, 35, les fils 1 étant disposés dans cet espace 37 parallèlement à l'axe xx' . La vitesse du gaz 12, à la sortie des injecteurs 36 est représentée par la flèche F_{36} . Cette vitesse a une orientation pratiquement perpendiculaire à l'axe xx' , et donc aux fils 1 et elle est pratiquement tangente au cylindre fictif d'axe xx' où se trouvent les fils 1 qui sont équidistants de cet axe xx' , c'est-à-dire que l'injection est tangentielle. On obtient ainsi un anneau gazeux 38 d'axe xx' dont la vitesse est pratiquement perpendiculaire à l'axe xx' . La vitesse du jet de gaz à la sortie des injecteurs 36 a une valeur comprise entre le double et dix fois la valeur de la vitesse de l'anneau gazeux 38. La sortie du gaz 12 vers l'extérieur de l'appareillage 30 est effectuée grâce aux tuyauteries 39, la vitesse de sortie du gaz 12 étant représentée par la flèche F_{39} . Les ouvertures 360 des injecteurs 36 sont disposées sur une ligne parallèle à l'axe xx' , deux ouvertures 360 successives étant séparées par exemple par une distance de 20 à 30 cm. Il en est de même pour les ouvertures 390 des tuyauteries de sortie 39. Pour la simplicité du dessin, un seul injecteur 36 et une seule tuyauterie de retour 39 ont été représentés à la figure 8.

Un compresseur 40 alimente les injecteurs 36 en gaz 12 et reçoit le gaz 12 qui sort de l'appareillage 30 par les tuyauteries 39.

La distribution du gaz 12 aux injecteurs 36 se fait grâce au collecteur 41, et la modulation de la vitesse de ventilation dans l'appareillage 30 peut être obtenue à l'aide des vannes 42 disposées à l'entrée de chaque injecteur 36, ces vannes permettant de régler le débit de gaz 12 dans ces injecteurs 36.

Le collecteur 43 reçoit le gaz 12 en provenance des tuyauteries 39, avant que ce gaz pénètre dans le compresseur 40.



Lorsque le compresseur 40 est de type volumétrique, on dispose un régulateur de pression 44 qui maintient un écart de pression constant entre le collecteur d'injection 41 et le collecteur de retour 43.

5 Des ailettes 45, sous forme d'anneaux d'axe xx' sont fixées à la paroi intérieure 33 pour favoriser les échanges thermiques.

Pour avoir une bonne adaptation du compresseur 40 aux
10 nécessités de l'appareillage 30, il peut être avantageux d'entraîner ce compresseur 40 par un moteur à vitesse variable, ou bien d'utiliser une boîte de vitesse entre ce moteur et le compresseur 40.

Dans le dispositif 2 et l'appareillage 30 précédemment décrits, la circulation du gaz de refroidissement était
15 effectuée de façon radiale, sous forme d'anneaux gazeux tournant autour d'un axe parallèle aux fils métalliques.

L'invention s'applique aussi aux cas où la circulation du gaz de refroidissement s'effectue au moins en partie axialement, comme représenté à la figure 9. Le dispositif 50 de cette
20 figure 9 comporte une soufflante 51 qui permet d'introduire le gaz de refroidissement 12 dans un appareillage 52 de répartition. Cet appareillage 52 est représenté plus en détail aux figures 10 et 11. L'appareillage 52 comporte un cylindre 53 d'axe yy' , disposé dans une chambre annulaire 54. L'axe yy' est
25 parallèle au fil 1 qui passe dans la chambre annulaire 54. La figure 10 est une coupe de l'appareillage 52 selon un plan passant par l'axe yy' et le fil 1, la figure 11 est une coupe perpendiculaire à l'axe yy' , la coupe de la figure 11 étant schématisée par les segments de lignes droites XI-XI à la
30 figure 10.

Le gaz 12 sortant de la canalisation 55 est introduit tangentiellement dans la chambre 54, la flèche F_{12} , qui
représente la direction du gaz sortant de la canalisation 55, étant pratiquement tangente au cylindre 53 et ayant une direc-
35 tion perpendiculaire à l'axe yy' , représenté par le lettre Y à la figure 11. Le gaz 12 introduit dans la chambre 54 forme alors un anneau gazeux 520 qui tourne autour de l'axe yy' , cette rotation étant schématisée par la flèche F_{12} aux figures 10, 11. Le fil 1, en dehors de la chambre 54, passe
40 dans deux tubes 56 disposés avant et après la chambre 54, dans le sens de la flèche F, et communiquant avec cette chambre 54. La circulation du gaz 12 autour du fil 1 dans la chambre 54 est donc en partie radiale. Le gaz 12 s'écoule ensuite le long des tubes 56, en s'éloignant de la chambre 54, l'écoulement

étant alors parallèle au fil 1, selon les flèches opposées F_{ss} , c'est-à-dire que la circulation du gaz 12 est alors axiale.

Des canalisations de soutirage 57 partant des tubes 56 permettent l'écoulement du gaz 12 hors de ces tubes 56, ces canalisations 57 débouchant sur la canalisation collectrice 58 reliée à la canalisation de sortie 59. Le gaz sortant par la canalisation 59 est reinjecté dans la soufflante 51 pour être recyclé, ce trajet n'étant pas représenté sur le dessin dans un but de simplification. La modulation de la ventilation le long des tubes 56 et donc le long du fil 1 est obtenue en réglant à l'aide des vannes 60 le débit de gaz 12 dans chacune des canalisations de soutirage 57. Il est ainsi possible d'obtenir, dans les tronçons de tubes 56 référencés 56-1 à 56-4 des débits de gaz 12 qui décroissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'appareillage 52, dans le sens des flèches F_{ss} c'est-à-dire que la ventilation, et donc le refroidissement, décroissent dans ce sens. L'effet de refroidissement est maximal dans l'appareillage 52 qui permet de soumettre le fil 1 à une ventilation en partie radiale, la ventilation dans les tubes 56 étant axiale, c'est-à-dire que le gaz 12 s'écoule parallèlement au fil 1, dans le sens des flèches F_{ss} . La chaleur apportée par le fil 1 chaud au gaz de refroidissement 12 est évacuée à l'aide d'un échangeur de chaleur eau/gaz 61. Pour la simplicité de la description, seuls quatre tronçons 56-1 à 56-4 ont été représentés de part et d'autre de l'appareillage 52, ces tronçons s'éloignant de l'appareillage 52 dans le sens de la progression 56-1 à 56-4, mais on pourrait utiliser un nombre de tronçons différent de quatre sur chaque tube 56.

Le dispositif 50 peut être utilisé pour la phase 3 du procédé conforme à l'invention, en remplacement des groupes moto-ventilateurs 8, ce qui permet une réalisation technique plus simple.

Une ventilation analogue à celle du dispositif 50 pourrait être aussi utilisée dans les phases 1 et/ou 5 du procédé conforme à l'invention mais dans ce cas, une modulation de la ventilation n'est pas nécessaire et il suffit de disposer une seule canalisation de soutirage 57 à chaque extrémité des tubes 56 la plus éloignée de l'appareillage 52.

La technique d'écoulement axial du gaz est plus facile à mettre en oeuvre que celle de l'écoulement radial, mais elle n'est pas suffisante pour refroidir les fils métalliques dont

le diamètre est supérieur à 2 mm et dans ce cas, il faut utiliser une technique d'écoulement radial, pour le gaz de refroidissement.

Comme précédemment décrit, il peut être avantageux de faire passer un courant électrique dans le fil 1 pendant les étapes (a) et/ou (c), dans ce cas le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention comporte des moyens pour faire passer un courant électrique dans le fil 1 pendant ces étapes, ces moyens pouvant comporter par exemple les rouleaux 16 précédemment décrits.

Dans les exemples de réalisation précédemment décrits, le passage du courant dans les fils 1 était obtenu à partir d'une source de tension U, par effet Joule, mais le passage du courant pourrait être aussi obtenu par induction, les dispositifs à effet Joule étant cependant préférés car ils sont plus faciles à réaliser.

Le fil 1 traité conformément à l'invention comporte la même structure que celle qu'on obtient par le procédé connu de patentage au plomb, c'est-à-dire une structure perlitique fine. Cette structure comporte des lamelles de cémentite séparées par des lamelles de ferrite. A titre d'exemple, la figure 12 représente en coupe une portion 70 d'une telle structure perlitique fine. Cette portion 70 comporte deux lamelles de cémentite 71, pratiquement parallèles, séparées par une lamelle de ferrite 72. L'épaisseur des lamelles de cémentite 71 est représentée par "i" et l'épaisseur des lamelles de ferrite 72 est représentée par "e". La structure perlitique est fine, c'est-à-dire que la valeur moyenne de la somme $i + e$ est au plus égale à $1000 \text{ \AA}$, avec un écart type de $250 \text{ \AA}$.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation précédemment décrits.

...



REVENDECATIONS

1. Procédé pour traiter thermiquement un fil d'acier au carbone de façon à obtenir une structure perlitique fine, le procédé étant caractérisé par les trois étapes suivantes :

5 a) le fil, qui a été préalablement maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3 pour obtenir une austénite homogène, est refroidi jusqu'à ce qu'il atteigne une température donnée inférieure à la température de transformation AC1 et supérieure à la température du nez de la
10 courbe du début de la transformation de l'austénite métastable en perlite, le fil ayant alors une structure d'austénite métastable sans perlite ;

b) on règle ensuite la température du fil de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10° C par excès ou par
15 défaut, de cette température donnée, ce réglage étant obtenu en faisant passer un courant électrique dans le fil, pendant un temps supérieur au temps de perlitisation et en effectuant une ventilation modulée pendant une partie de ce temps ;

c) on refroidit ensuite le fil.
20 2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte les cinq phases successives suivantes :

- au cours de la phase 1, le fil, qui a été préalablement maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3 est refroidi jusqu'à ce qu'il
25 atteigne la température donnée, on règle ensuite la température du fil de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10° C, par excès ou par défaut, de cette température donnée, ce réglage étant obtenu en faisant passer un courant électrique dans le fil, pendant les trois phases 2, 3, 4 suivantes :

30 - au cours de la phase 2, aucune ventilation n'est effectuée ;

- au cours de la phase 3, on effectue une ventilation modulée ;

- au cours de la phase 4, aucune ventilation n'est
35 effectuée ;
on refroidit ensuite le fil lors de la phase 5.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le refroidissement du fil, après perlitisation, est effectué jusqu'à une température proche de
40 la température ambiante.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que la ventilation modulée est au moins en partie une ventilation radiale.

...



5. Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que la ventilation radiale se traduit par la formation d'un anneau gazeux rotatif dont la vitesse maximum est au moins égale à 2 m.s^{-1} et au plus égale à 50 m.s^{-1} .

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que la ventilation modulée est au moins en partie une ventilation axiale.

7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que la vitesse maximum de la ventilation axiale est au moins égale à 10 m.s^{-1} et au plus égale à 100 m.s^{-1} .

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le refroidissement avant perlitisation et/ou le refroidissement après perlitisation sont effectués au moins en partie par une ventilation radiale et/ou axiale.

9. Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que pendant le refroidissement avant perlitisation, la ventilation est au moins en partie radiale avec la formation d'un anneau gazeux rotatif dont la vitesse est au moins égale à 2 m.s^{-1} et au plus égale à 50 m.s^{-1} , ou axiale avec une vitesse comprise entre 10 et 100 m.s^{-1} .

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que le diamètre du fil est au moins égal à 0,3 mm et au plus égal à 3 mm.

11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que le diamètre du fil est au moins égal à 0,5 mm et au plus égal à 2 mm.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 caractérisé en ce que le refroidissement avant perlitisation est effectué à une vitesse moyenne de 100 à $400^{\circ}\text{C.s}^{-1}$.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que lors de l'étape (b) la température du fil ne diffère pas de plus de 5°C , par excès ou par défaut, de cette température donnée.

14. Dispositif pour traiter thermiquement un fil d'acier au carbone de façon à obtenir une structure perlitique fine, caractérisé en ce qu'il comporte :

a) des moyens permettant de refroidir le fil, qui a été préalablement maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3, ces moyens de refroidissement permettant au fil d'atteindre une température donnée inférieure à la température de transformation AC1 et supérieure à la température du nez de la courbe du début de la transfor-

mation de l'austénite métastable en perlite, le fil ayant alors une structure d'austénite métastable sans perlite ;

b) des moyens permettant ensuite de régler la température du fil de telle sorte qu'elle ne diffère pas de plus de 10°C, par excès ou par défaut, de cette température donnée, pendant un temps supérieur au temps de perlitisation, ces moyens comportant des moyens électriques pour faire passer un courant électrique dans le fil et des moyens de ventilation modulée ;

c) des moyens permettant de refroidir ensuite le fil.

15. Dispositif selon la revendication 14 caractérisé en ce que les moyens permettant de refroidir le fil avant et/ou après la perlitisation sont des moyens de ventilation.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que les moyens de ventilation permettent d'obtenir au moins en partie une ventilation radiale.

17. Dispositif selon la revendication 16 caractérisé en ce que les moyens de ventilation comportent au moins une turbine.

18. Dispositif selon la revendication 17 caractérisé en ce que les moyens de ventilation modulée comportent plusieurs turbines et des moyens permettant de faire varier la vitesse des turbines.

19. Dispositif selon la revendication 16 caractérisé en ce que les moyens de ventilation comportent au moins un injecteur permettant d'obtenir une injection de gaz tangentielle, mettant en mouvement un anneau gazeux rotatif, la vitesse d'injection étant perpendiculaire au fil.

20. Dispositif selon la revendication 19 caractérisé en ce que les moyens de ventilation modulée comportent plusieurs injecteurs à injection tangentielle, et des moyens permettant de régler le débit de gaz dans ces injecteurs.

21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 à 20 caractérisé en ce que les moyens de ventilation permettent d'obtenir au moins en partie une ventilation axiale.

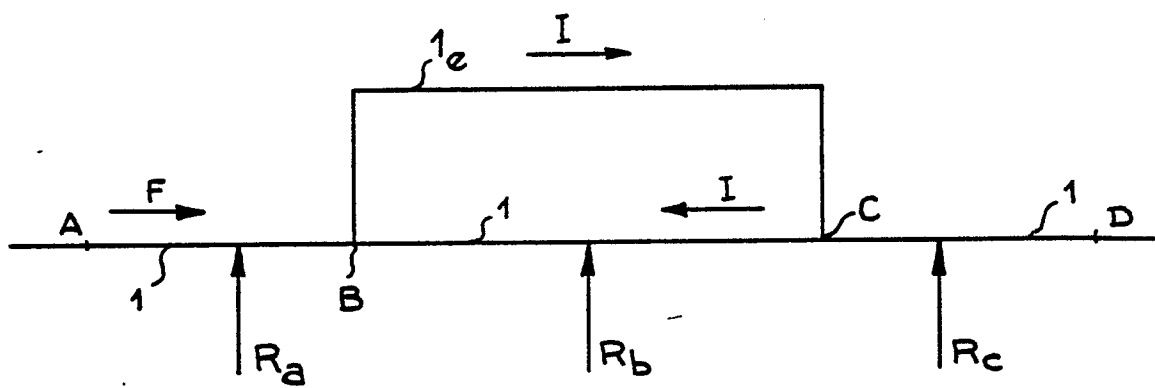
22. Dispositif selon la revendication 21 caractérisé en ce que les moyens de ventilation modulée comportent des canalisations de soutirage permettant de modifier le débit de gaz le long du fil.

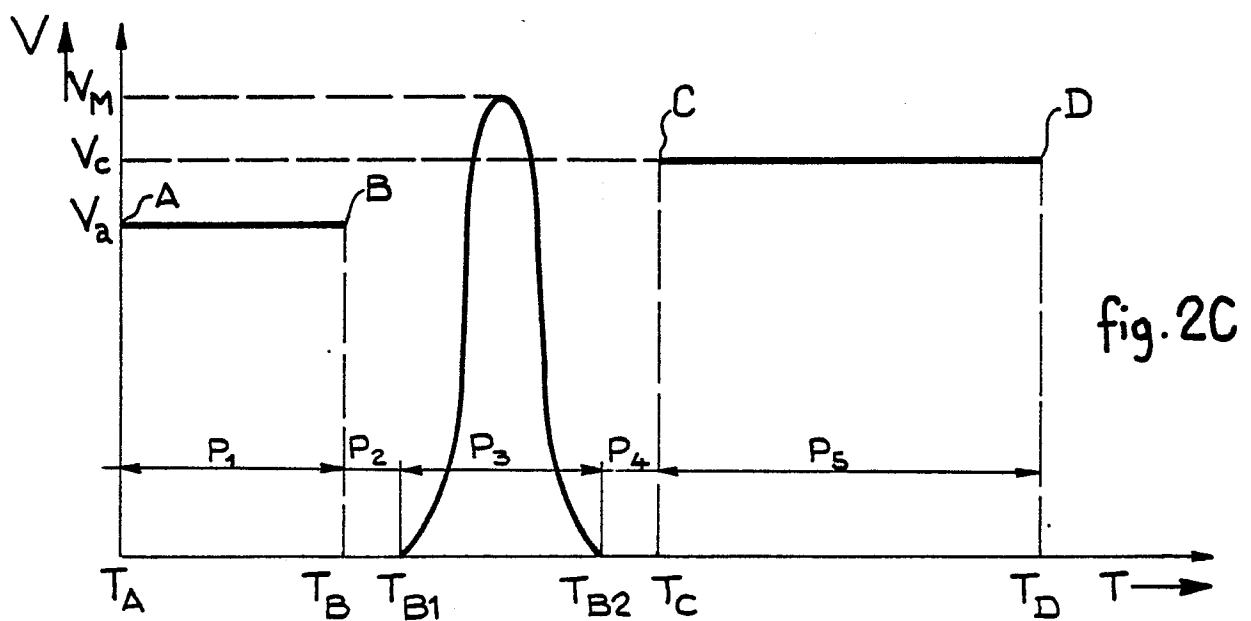
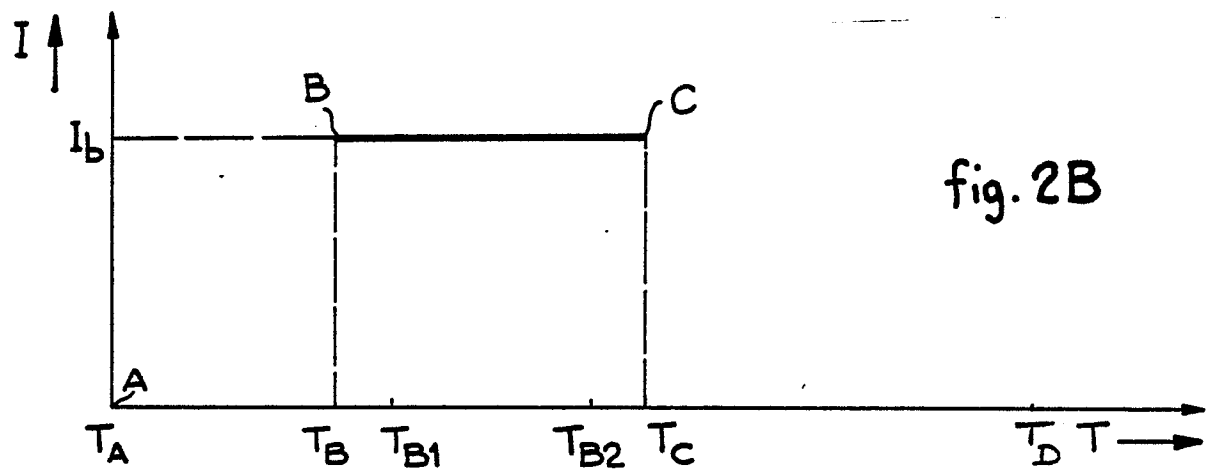
23. Fil d'acier obtenu selon le procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 13.

24. Fil d'acier obtenu avec le dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 14 à 22.

5 25. Fil d'acier selon l'une quelconque des revendications 23 ou 24 caractérisé en ce qu'il a une structure perlitique fine, avec des lamelles de cémentite d'épaisseur "i" et des lamelles de ferrite d'épaisseur "e" telles que la valeur moyenne de la somme $i + e$ soit au plus égale à 1 000 Å avec un écart type de 250 Å.

Fig.1





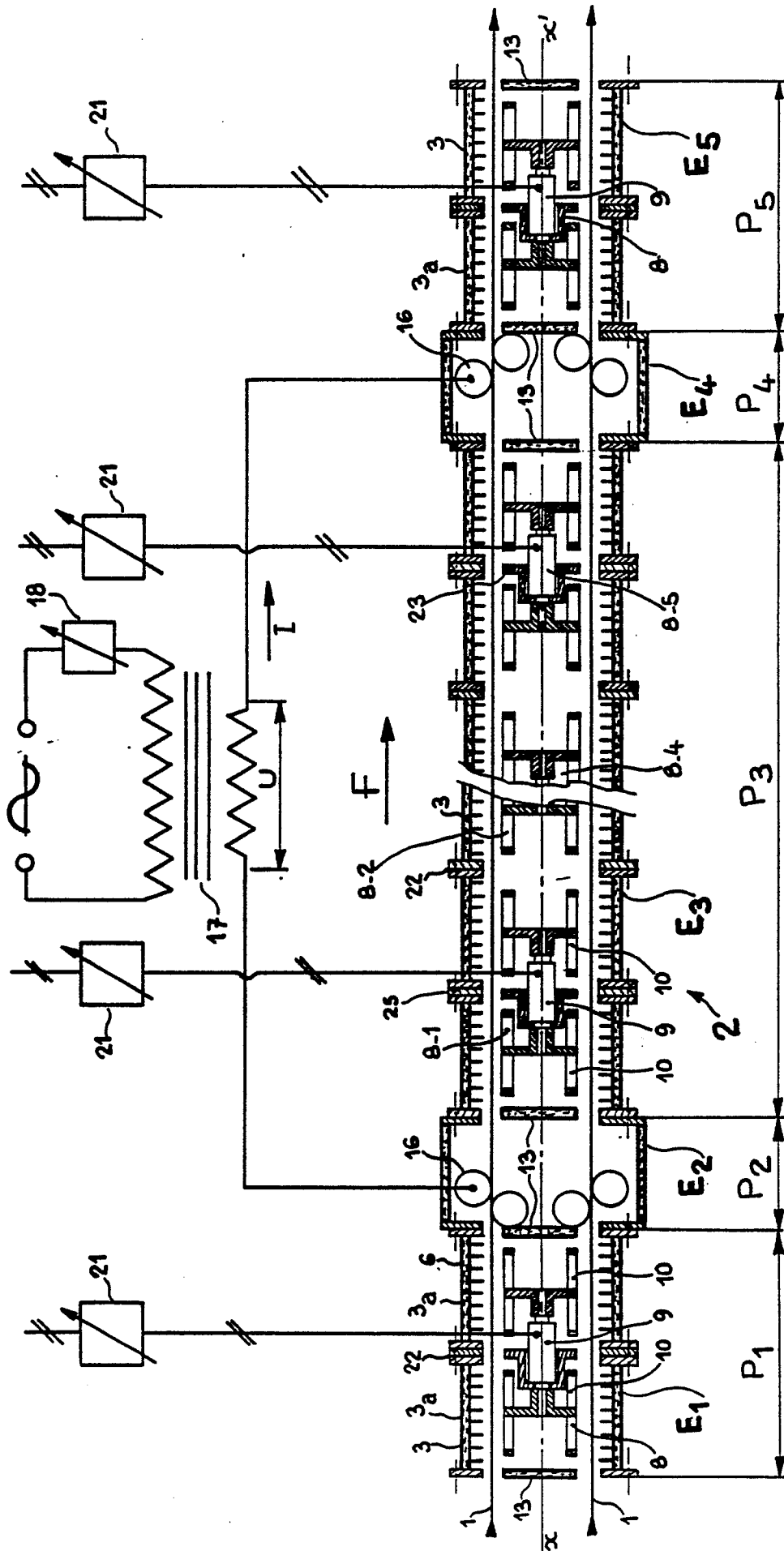


Fig.3

Fig. 4

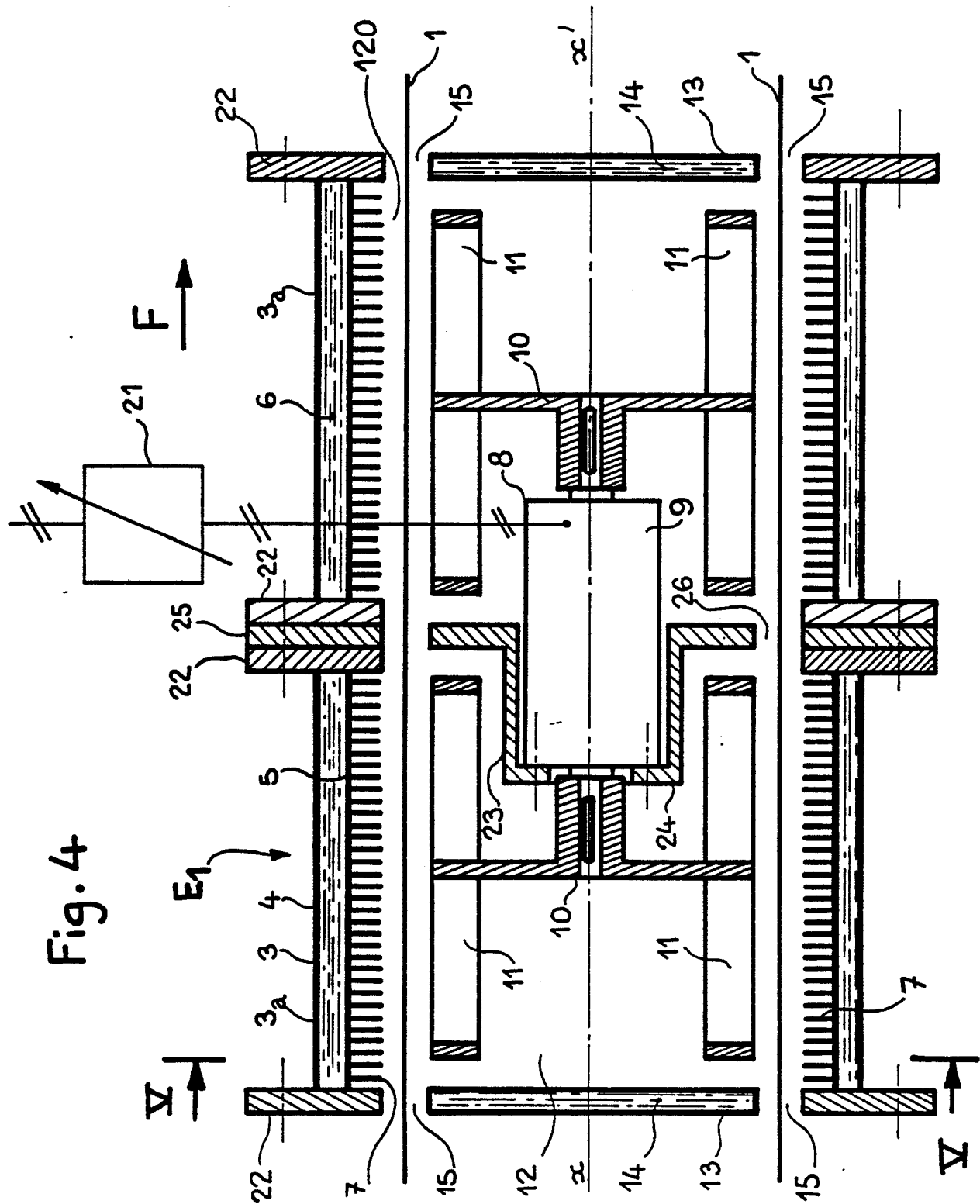


Fig. 5

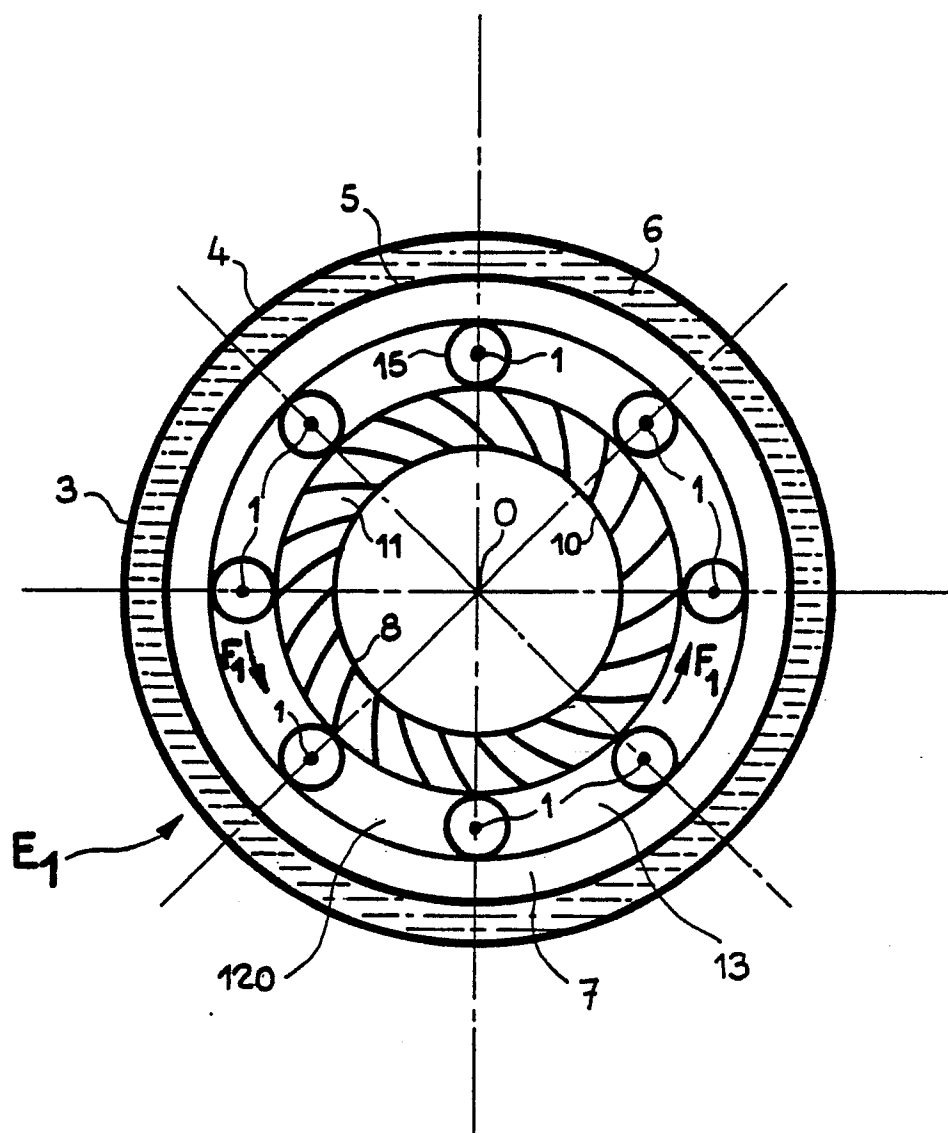


Fig. 6

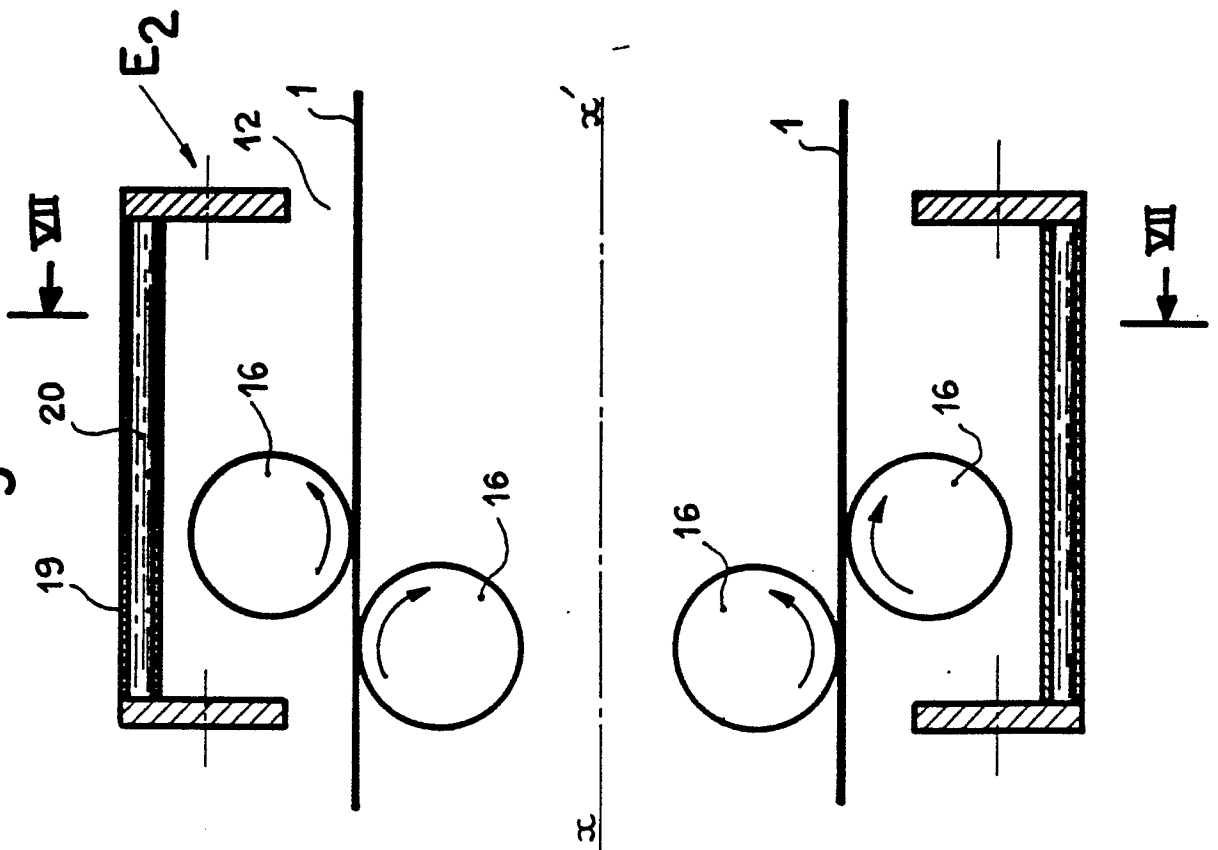


Fig. 7

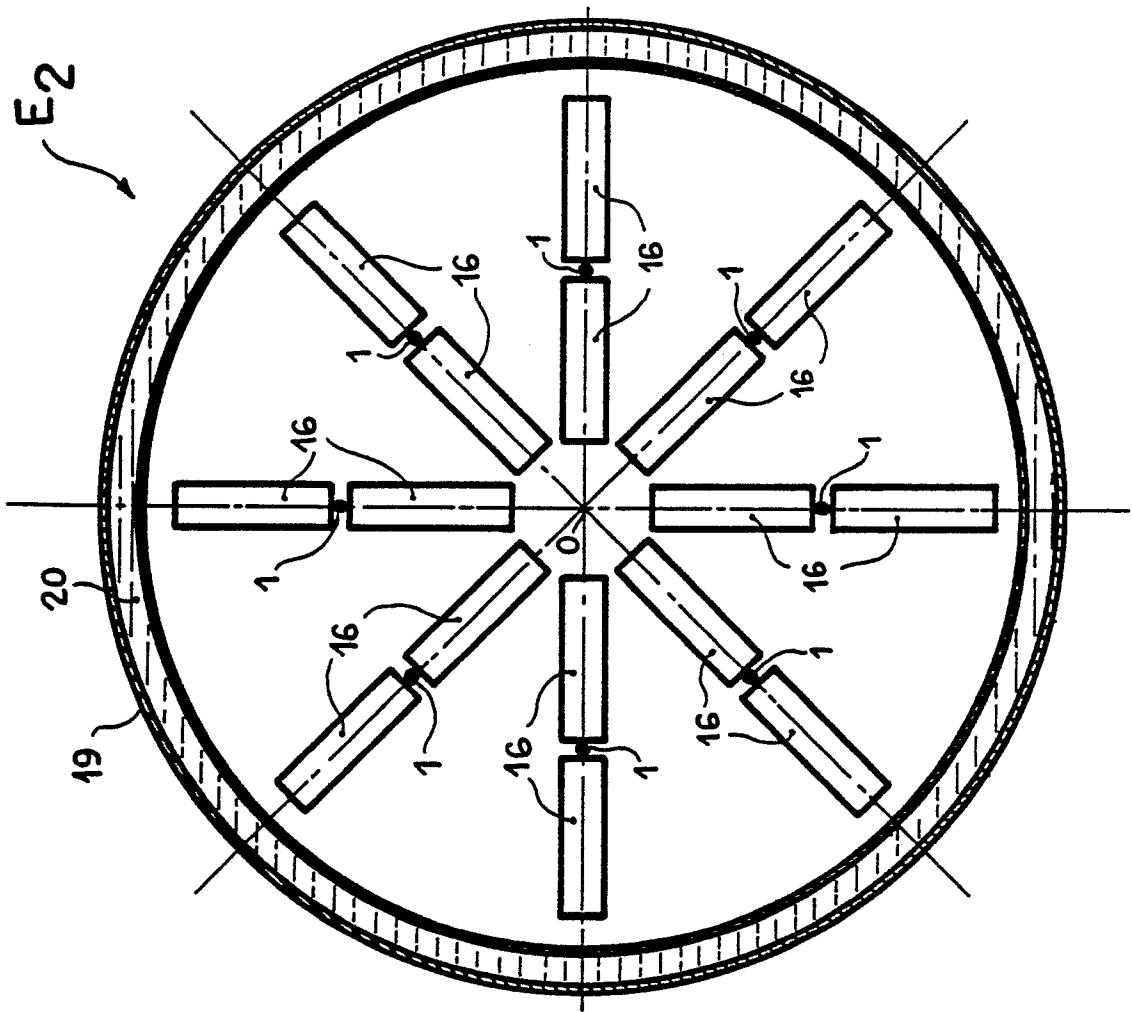
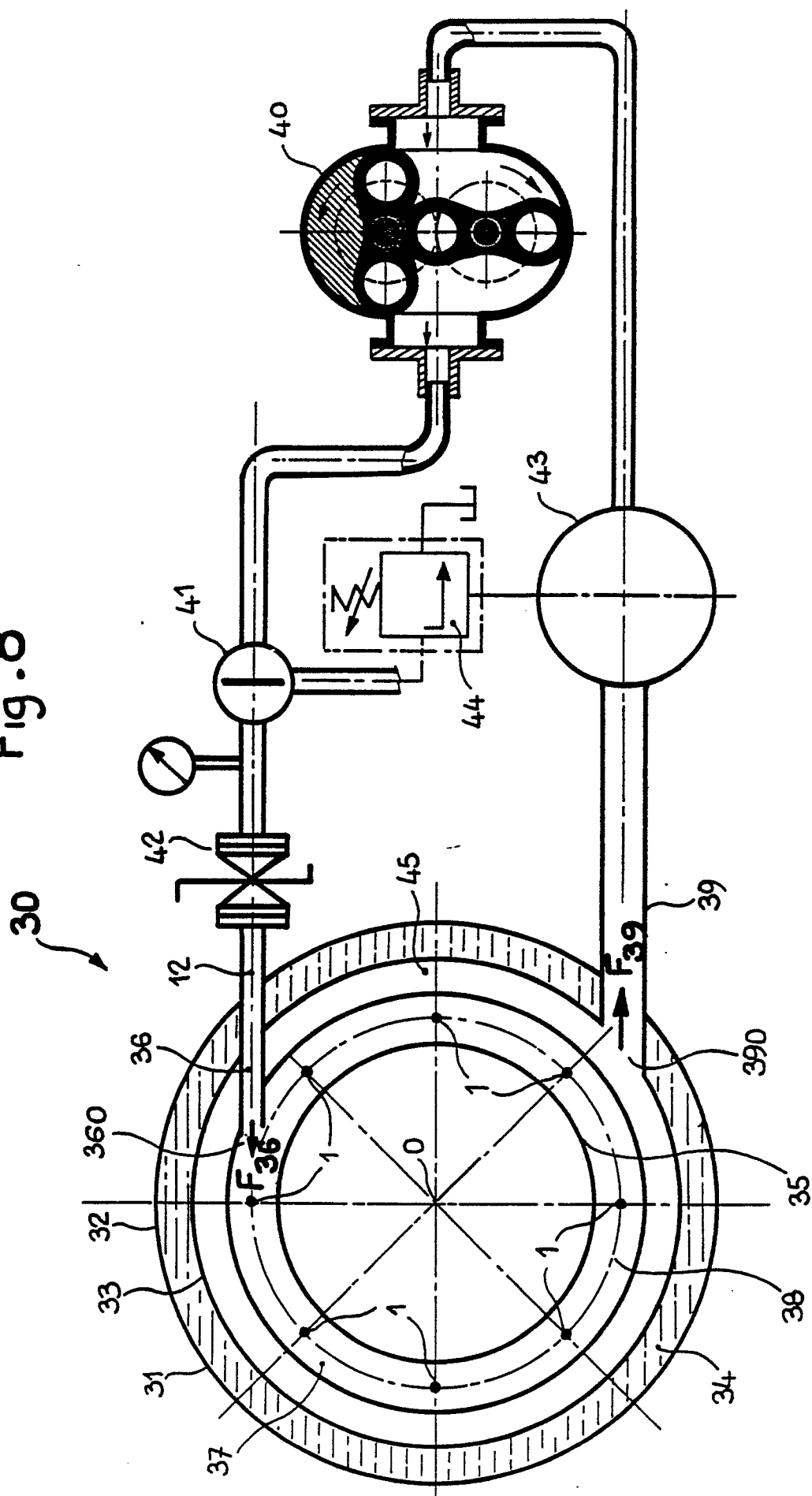


Fig. 8





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 87 11 6562

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.4)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 5, no. 54 (C-50)[726], 15 avril 1981; & JP-A-56 5931 (SUMITOMO KINZOKU KOGYO K.K.) 22-01-1981 ---	1	C 21 D 9/64 C 21 D 9/573 C 21 D 9/62 C 21 D 9/52
A	US-A-3 830 478 (P. PIETRONI) * Abrégé * ---	1	
A	EP-A-0 006 841 (TREFILARBED S.A.) * Revendication 1; figure 2 * ---	1	
A	US-A-3 645 805 (B. HOFFMANN et al.) * Colonne 4, lignes 36-62 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			C 21 D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 24-02-1988	Examineur GREGG N.R.
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	