

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 347 699
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

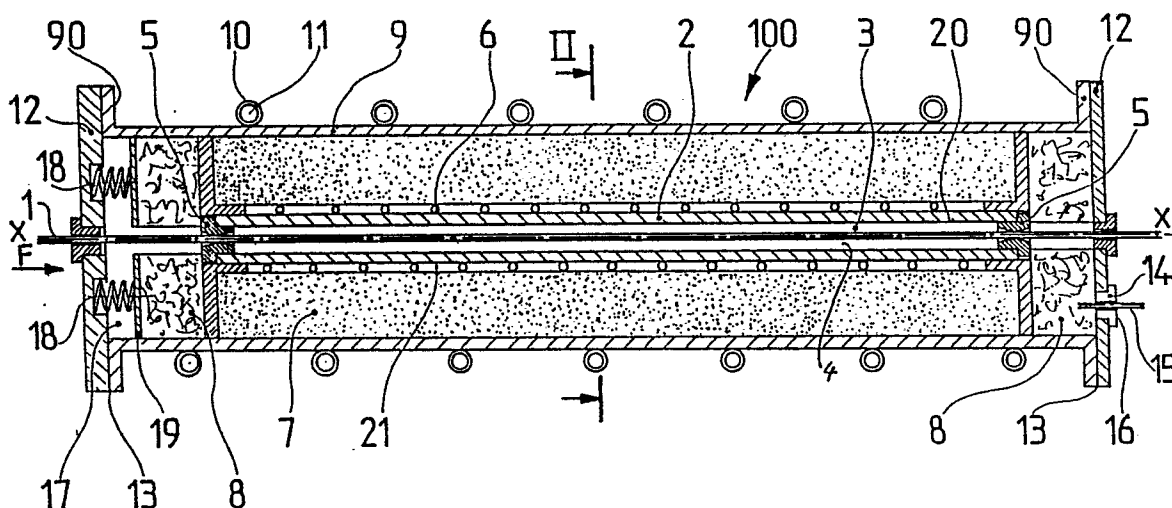
(21) Numéro de dépôt: 89110580.1

(51) Int. Cl.⁴: **C21D 9/56** , **C21D 9/64**(22) Date de dépôt: **12.06.89**(30) Priorité: **21.06.88 FR 8808425**(43) Date de publication de la demande:
27.12.89 Bulletin 89/52(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE(71) Demandeur: **COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN - MICHELIN &
CIE**
4, rue du Terrail
F-63000 Clermont-Ferrand(FR)(72) Inventeur: **Reiniche, André**
205, avenue de la Libération
F-63000 Clermont-Ferrand(FR)(74) Mandataire: **Doussaint, Jean-Marie et al**
MICHELIN & CIE Service K. Brevets
F-63040 Clermont-Ferrand Cedex(FR)(54) **Procédés et dispositifs pour obtenir une structure d'austénite homogène.**

(57) Procédé et dispositif (100) pour traiter thermiquement au moins un fil (1) d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, caractérisés en ce qu'on chauffe le fil (1) dans un tube (2) contenant un gaz (4) pratiquement dépourvu de ventilation forcée, le gaz (4) étant directement au contact du fil (1), le temps de chauffage du fil (1) étant inférieur à 4 secondes par millimètre de diamètre du fil (1). Installation (300) de perlitisation utilisant un tel procédé et un tel dispositif.

Fils d'acier obtenus selon ce procédé, ce dispositif ou cette installation.

FIG.1



EP 0 347 699 A1

PROCEDES ET DISPOSITIFS POUR OBTENIR UNE STRUCTURE D'AUSTENITE HOMOGENE.

L'invention concerne les procédés et les dispositifs permettant de traiter thermiquement des fils d'acier au carbone de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, ces fils étant par exemple susceptibles de subir ultérieurement un autre traitement thermique pour obtenir une structure perlitique fine.

Les procédés connus d'austénitisation de fils d'acier au défilé sont notamment les suivants :

- 5 - chauffage par induction dans lequel le fil est soumis à un champ magnétique ayant une fréquence de 5000 à 200 000 Hz ; ce procédé ne s'applique dans de bonnes conditions qu'à des fils d'un diamètre supérieur à 3 mm et pour des températures inférieures au point de Curie.
- chauffage dans un four à moufle à l'aide de résistances électriques ; ce procédé évite les inconvénients du chauffage par induction, mais il conduit à des temps de chauffage élevés de l'ordre de 10 à 15
10 secondes par millimètre de diamètre des fils.
- chauffage dans un four à gaz ; ce procédé conduit ici encore à des temps de chauffage élevés, un même ordre que ceux des fours à moufle, car la température des gaz à la sortie du four doit être faible si l'on veut obtenir un rendement thermique convenable, d'autre part la conductibilité thermique des gaz de combustion est moins bonne que celle des gaz utilisables dans un four à moufle (hydrogène, mélange d'hydrogène et
15 d'azote, hélium) ; il est possible, dans les fours à gaz, de contrôler le pouvoir désoxydant des gaz de combustion, mais cela demande une surveillance très attentive du réglage des brûleurs à gaz.

Le but de l'invention est l'obtention de temps de chauffage inférieurs à 4 secondes par millimètre de diamètre du fil, lors d'un traitement d'austénitisation, ce qui permet d'avoir des cadences de production plus élevées qu'avec les installations connues, et ce qui permet aussi de diminuer les longueurs des
20 installations.

En conséquence, le procédé conforme à l'invention pour traiter thermiquement au moins un fil d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène est caractérisé par les points suivants :

- a) on chauffe le fil en le faisant passer dans au moins un tube contenant un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée, le gaz étant directement au contact du fil, le temps de chauffage du fil étant
25 inférieur à 4 secondes par millimètre de diamètre du fil ;

b) les caractéristiques du tube, du fil et du gaz sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées :

$$1,05 \leq R \leq 7 \quad (1)$$

$$0,6 \leq K \leq 8 \quad (2)$$

avec par définition

$$R = D_{ti}/D_f$$

$$K = [\text{Log}(D_{ti}/D_f)] \times D_f^2 / \lambda$$

D_{ti} étant le diamètre intérieur du tube exprimé en millimètres, D_f étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité du gaz déterminée à 800 °C, cette conductibilité étant exprimée en
35 watts.m⁻¹.°K⁻¹, Log étant le logarithme népérien.

L'invention concerne également un dispositif permettant de traiter thermiquement au moins un fil d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, le dispositif étant caractérisé par les points suivants :

- a) il comporte au moins un tube et des moyens permettant de faire passer le fil dans le tube ; le tube
40 contient un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée, directement au contact du fil, le dispositif comportant des moyens pour chauffer le gaz ; les moyens permettant de faire passer le fil dans le tube sont tels que le temps de contact du fil avec le gaz soit inférieur à 4 secondes par millimètre de diamètre du fil ;

b) les caractéristiques du tube, du fil et du gaz sont choisies de telle sorte que les relations (1) et (2)
45 précédentes soient vérifiées D_{ti} , D_f , λ et Log ayant les mêmes définitions que précédemment indiqué.

Le terme "pratiquement dépourvu de ventilation forcée" veut dire que le gaz dans le tube est soit immobile, soit soumis à une faible ventilation qui ne modifie pratiquement pas les échanges thermiques entre le fil et le gaz, cette faible ventilation étant par exemple due uniquement au déplacement du fil lui-même.

50 L'invention concerne également les procédés et les installations complets de traitement thermique de fils d'acier au carbone utilisant des procédés et/ou les dispositifs précédemment décrits.

L'invention concerne également les fils d'acier obtenus selon les procédés et/ou avec les dispositifs et les installations 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 dispositif conforme à l'invention, cette figure étant une coupe effectuée selon l'axe du dispositif ;
- la figure 2 représente en coupe le dispositif représenté à la figure 1, cette coupe qui est effectuée perpendiculairement à l'axe du dispositif, étant représentée par les segments de ligne droite II-II à la figure 1 ;
- la figure 3 représente en coupe un autre dispositif conforme à l'invention, cette coupe étant effectuée selon l'axe du dispositif ;
- la figure 4 représente en coupe le dispositif représenté à la figure 3, cette coupe, qui est effectuée perpendiculairement à l'axe du dispositif, étant représentée par les segments de ligne droite IV-IV à la figure 3 ;
- la figure 5 représente une installation complète de traitement thermique d'un fil métallique, cette installation comportant un dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 6 représente une courbe montrant l'évolution de la température en fonction du temps pour le fil traité dans l'installation de la figure 5 ;
- la figure 7 représente un dispositif utilisé dans l'installation de la figure 5, cette figure étant une coupe effectuée selon l'axe du dispositif ;
- la figure 8 représente le dispositif de la figure 7 selon une coupe perpendiculaire à l'axe du dispositif, cette coupe étant indiquée par les segments de ligne droite VIII-VIII à la figure 7 ;
- la figure 9 représente en coupe une portion de la structure perlitique fine du fil traité dans l'installation représentée à la figure 5.

Les figures 1 et 2 représentent un dispositif 100 conforme à l'invention pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. La figure 1 est une coupe du dispositif 100 selon l'axe xx' de ce dispositif, la figure 2 est une coupe perpendiculaire à cet axe xx' , la coupe de la figure 2 étant schématisée par les segments de ligne droite II-II à la figure 1. Le dispositif 100 comporte un tube 2, par exemple en céramique, en acier réfractaire ou en carbure de tungstène, dans lequel défile le fil 1 en acier au carbone suivant la flèche F, le long de l'axe xx' .

Les moyens d'entraînement du fil 1 sont de moyens connus non représentés sur ces figures 1 et 2 dans un but de simplification, ces moyens comportant par exemple un enrouleur actionné par un moteur, pour enrouler le fil après traitement.

L'espace 3 entre le fil 1 et la paroi interne 20 du tube 2 est rempli par un gaz 4. Ce gaz 4 se trouve directement au contact du fil 1 et de la paroi interne 20. Le gaz 4 reste dans l'espace 3 pendant le traitement du fil 1, le dispositif 100 étant dépourvu de moyens susceptibles de permettre une ventilation forcée du gaz 4, c'est-à-dire que le gaz 4 dépourvu de ventilation forcée n'est éventuellement mis en mouvement dans l'espace 3 que par le déplacement du fil 1 selon la flèche F. Ce gaz est par exemple de l'hydrogène, un mélange d'hydrogène et d'azote, un mélange d'hydrogène et de méthane, un mélange d'hydrogène, d'azote, et de méthane, de l'hélium, un mélange d'hélium et de méthane.

Le fil 1 est guidé par deux guide-fils 5, par exemple en céramique ou en carbure de tungstène situés à l'entrée et à la sortie du fil 1 dans le tube 2. Le tube 2 est chauffé extérieurement par une résistance électrique 6 bobinée autour du tube 2 et à l'extérieur de ce tube 2 contre la paroi externe 21 du tube 2. Le tube 2 est isolé thermiquement de l'extérieur par le manchon 7 entourant le tube 2 et par les deux plaques 8 situées aux extrémités du tube 2. Le tube 2 est également isolé électriquement au cas où il est métallique. Les plaques 8 et le manchon 7 sont par exemple réalisés avec des fibres réfractaires frittées. Le tube 2, la résistance chauffante 6, le manchon 7 et les plaques 8 sont placés à l'intérieur d'un tube en métal 9 qui est refroidi par un tube 10 creux enroulé autour du tube 9, ce tube creux 10 étant parcouru par un fluide 11 de refroidissement, par exemple de l'eau.

Le dispositif 100 est fermé aux deux extrémités par des plaques circulaires 12 qui s'appliquent sur les brides 90 du tube 9, par l'intermédiaire de joints 13 étanches au gaz. Le passage étanche 14 permet l'alimentation électrique de la résistance 6. Ce passage 14 est traversé par deux fils électriques 15 reliés chacun à une extrémité de la résistance 6 (cette liaison n'est pas représentée sur le dessin dans un but de simplification). Ce passage étanche 14 est fixé sur l'une des deux plaques circulaires 12 avec des joints 16 étanches au gaz.

Le dispositif 100 comporte un jeu de dilatation 17, les ressorts 18 agissent sur le plaque 19 servant à la répartition des efforts, ce qui permet de maintenir le tube 2 au milieu du manchon 7 quelle que soit sa température.

Sur la figure 2, D_f représente le diamètre du fil 1, D_{ii} représente le diamètre intérieur du tube 2 (diamètre de la paroi interne 20), D_{ie} représente le diamètre extérieur du tube 2 (diamètre de la paroi externe 21). λ est la conductibilité du gaz 4 déterminée à 800°C, cette conductibilité étant exprimée en

watts.m⁻¹.°K⁻¹.

Conformément à l'invention, D_{ti} , D_f , et λ sont choisis de façon à vérifier les relations suivantes :

$$1,05 \leq R \leq 7 \quad (1)$$

$$0,6 \leq K \leq 8 \quad (2)$$

5 avec par définition

$$R = D_{ti}/D_f$$

$$K = [\text{Log}(D_{ti}/D_f)] \times D_f^2 / \lambda$$

D_{ti} et D_f étant exprimés en millimètres, Log étant le logarithme népérien.

10 L'invention permet ainsi, de façon inattendue, de chauffer le fil 1 depuis une température inférieure à la température de transformation AC3, par exemple depuis la température ambiante, jusqu'à une température supérieure à la température de transformation AC3, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, et ceci pendant un temps très court inférieur à 4 secondes par millimètre de diamètre du fil D_f . D'autre part on peut choisir, si on le désire, la nature du gaz 4 pour qu'il exerce une action chimique sur la surface du fil, par exemple une action désoxydante, carburante ou décarburante.

15 L'invention présente donc les avantages suivants :

- simplicité, coûts d'investissement et de fonctionnement peu élevés, car on se dispense d'employer des compresseurs ou des turbines qui seraient nécessaires avec une circulation de gaz forcée ;

- on peut obtenir une loi de réchauffement précise ;

20 - le réchauffement est rapide, ce qui permet d'augmenter les cadences de fabrication et de diminuer la longueur des installations ;

- le réchauffement rapide peut s'appliquer à des fils dont le diamètre D_f varie dans de larges limites, le même dispositif permettant notamment de traiter des fils dont les diamètres D_f varient dans un rapport de 1 à 5.

25 Pour des fils dont le diamètre D_f est important, supérieur à 4 mm, le rapport R est voisin de 1 et l'utilisation d'un gaz très bon conducteur de la chaleur, par exemple de l'hydrogène, devient alors nécessaire.

De préférence le diamètre D_f du fil est au moins égal à 0,4 mm et au plus égal à 6 mm.

30 Les figures 3 et 4 représentent un autre dispositif 200 conforme à l'invention, ce dispositif permettant de traiter simultanément plusieurs fils 1, par exemple six, la figure 3 étant une coupe de ce dispositif selon l'axe yy' de ce dispositif et la figure 4 étant une coupe perpendiculaire à l'axe de ce dispositif, l'axe yy' étant représenté par la référence "y" à la figure 4.

35 La structure de ce dispositif 200 est analogue à celle du dispositif 100 avec la différence que six tubes 2 sont disposés dans l'enceinte 9 constituée par un tube d'acier, autour de l'axe yy' qui est l'axe de ce tube 9. Un fil 1 passe dans chaque tube 2, le gaz 4 étant disposé à l'intérieur des tubes 2 qui sont réchauffés chacun par une résistance 6 comme précédemment décrit pour le dispositif 100, le manchon isolant 7 étant disposé autour des six tubes 2.

Les exemples qui suivent permettent de mieux comprendre l'invention.

40 Exemples 1 à 4

On effectue quatre exemples de traitement d'un fil 1 d'acier au carbone avec le dispositif 100 précédemment décrit. Les caractéristiques du fil 1 et du dispositif 100 sont données dans le tableau 1 suivant.

Tableau 1

		N° d'exemples			
		1	2	3	4
5	Caractéristiques du fil 1				
	- Teneur en carbone de l'acier (%) en poids)	0,70	0,85	0,75	0,80
10	- D _f (mm)	0,53	1,75	1,75	5,50
	Caractéristiques du dispositif 100				
	- Nature du tube 2	alumine	alumine	alumine	acier réfractaire
15	- D _{ti} (mm)	1,5	2,5	3	6
	- D _{te} (mm)	5	6	6	12
	- Puissance de la résistance 6 (kW)	3,6	27	20	110
	- Température de la face externe 21 du tube 2 (°C) :	1100	1100	1100	1100
20	- Vitesse de défilement du fil 1 (m/sec)	2,9	2,02	1,52	0,81
	- Longueur du tube 2 (m)	2	6	6	5
	- Temps de chauffage T _c (sec)	0,69	2,97	3,96	6,15
25	- Production du dispositif (kg de fil 1/heure)	17,9	136	102	540
	- Température du fil 1 à l'entrée du tube 2 (°C)	20	20	20	20
	- Température du fil 1 à la sortie du tube 2 (°C)	980	980	980	980
30	- λ(watts.m ⁻¹ .°K ⁻¹)	0,328	0,328	0,328	0,345
	- R	2,83	1,43	1,71	1,09
	- K	0,89	3,33	5,03	7,63
35	- Temps de chauffage par mm de diamètre de fil 1 (seconde/mm) (T _c /D _f)	1,30	1,70	2,26	1,12

La nature du gaz 4 était la suivante pour les exemples.

exemples 1, 2, 3 : ammoniac craqué (75 % d'hydrogène, 25 % d'azote, ces % étant exprimés en volumes)

exemple 4 : 78 % d'hydrogène, 2 % de méthane (% en volumes)

Le temps de chauffage T_c correspond au temps nécessaire pour que le fil passe de la température ambiante (environ 20 °C) qu'il a, à l'entrée du tube, à la température qu'il a à la sortie du tube (980 °C), cette température étant suffisante pour mettre les carbures en solution.

Exemple 5

On fait varier dans cet exemple le diamètre D_f du fil 1 et la nature du gaz 4 qui est un mélange d'hydrogène et d'azote et donc les valeurs de λ, R et K. Les caractéristiques du fil 1 et du dispositif 100 sont les suivantes : Teneur en carbone de l'acier du fil 1 = 0,85 % ; tube 2 en alumine, D_{ti} = 2,5 mm, D_{te} = 6 mm ; la face externe 21 du tube 2 est chauffée à 1100 °C avec une résistance électrique 6 ayant une puissance de 33 kW ; vitesse de défilement du fil 1 : 2,35 m/sec ; longueur du tube 2 : 6 m ; temps de chauffage : 2,55 sec ; température du fil 1 : à l'entrée du tube 2 : 20 °C, à la sortie du tube 2 : 980 °C.

Le tableau 2 suivant donne les valeurs de D_f, le % volumétrique du gaz 4 en hydrogène, les valeurs de λ, R, K, ainsi que la production de fil 1.

Pour tous les essais correspondant à cet exemple, le temps de chauffage par millimètre de diamètre de fil (T_c/D_f) varie de 1,46 à 3,1 sec/mm ;

Tableau 2

Diamètre du fil 1 (mm) (D_f)	R	% H ₂	λ à 800 ° C (W.m ⁻¹ .°K ⁻¹)	K	Production de fil 1 en kg/heure
1,75	1,43	100	0,487	2,24	158,0
1,55	1,61	98	0,472	2,43	124,0
1,30	1,92	90	0,418	2,64	87,0
0,94	2,66	69	0,297	2,91	45,8
0,82	3,05	62	0,263	2,85	35,0

Exemple n° 6

On utilise un dispositif multitubulaire analogue au dispositif 200 précédemment décrit, mais avec dix tubes 2. Les caractéristiques de l'exemple sont les suivantes :

Teneur en carbone de l'acier du fil 1 : 0,70 % ; diamètre D_f du fil : 1,75 mm ; tubes 2 identiques en alumine, D_{ti} = 2,5 mm, D_{te} = 6 mm ; les faces externes 21 des tubes sont chauffées à 1100 ° C à l'aide de 10 résistances 6 (une résistance par tube 2), chaque résistance ayant une puissance unitaire de 27 kW (puissance totale 270 kW) ; gaz 4 : ammoniac craqué : vitesse de défilement du fil : 2,02 m/sec ; longueur de chaque tube 2 : 6 m ; temps de chauffage 2,97 sec ; production de fil 1 : 1360 kg/heure ; température du fil à l'entrée de chaque tube 2 : 20 ° C, à la sortie de chaque tube 2 : 980 ° C ; λ = 0,328 ; R = 1,43 ; K = 3,33. Le temps de chauffage par millimètre de diamètre de fil (T_c/D_f) est égal à 1,70 sec/mm.

Exemple 7

Cet exemple est effectué dans les mêmes conditions et avec les mêmes résultats que l'exemple n° 2 mais en remplaçant l'ammoniac craqué par un gaz 4 maintenant l'équilibre thermodynamique avec le carbone de l'acier à 800 ° C, ce gaz 4 ayant la composition suivante (% en volume) : 74 % d'hydrogène ; 24 % d'azote ; 2 % de méthane.

Exemple 8

Cet exemple est effectué dans les mêmes conditions que l'exemple n° 2 mais l'ammoniac craqué est remplacé par un gaz carburant permettant de corriger une décarburation qui s'est produite dans les opérations précédentes. La composition du gaz 4 est la suivante lors de cet exemple (% volumétriques) : 85 % d'hydrogène, 15 % de méthane. Les autres conditions et résultats sont les mêmes que pour l'exemple 2 avec les différences suivantes : le temps de chauffage passe de 2,97 à 2,75 secondes, le rapport T_c/D_f étant alors égal à 1,57 sec/mm, la vitesse de défilement du fil est de 2,18 m/sec. on obtient une épaisseur de recarburation superficielle de l'ordre de 2 μ m. On n'observe pas de dépôt de graphite sur le fil 1.

L'invention permet d'obtenir une température du fil très précise à la sortie du traitement, cette température ne variant pas de plus de 1,5 ° C par excès ou par défaut de la température indiquée à la sortie des tubes 2, pour les exemples 1 à 8, ce qui permet de garantir une bonne constance de la qualité du fil.

Les exemples 9 à 12 qui suivent sont réalisés dans un dispositif analogue au dispositif 100 précédemment décrit, mais ces exemples ne sont pas conformes à l'invention. Les caractéristiques du fil 1 et de ce dispositif sont données dans le tableau 3 suivant. Ces exemples se caractérisent par un rapport T_c/D_f notablement supérieur à 4 secondes par mm de diamètre du fil, les valeurs des rapports R et K ne correspondant pas à l'ensemble des relations (1) et (2) précédemment indiquées et l'austénitisation ne peut pas alors être effectuée avec les avantages précédemment décrits.

Tableau 3

5		N° d'exemples			
		9	10	11	12
	Caractéristiques du fil 1				
	- Teneur en carbone de l'acier (%) en poids)	0,70	0,85	0,75	0,80
10	- D _f (mm)	0,53	1,75	1,75	5,50
	Caractéristiques du dispositif				
	- Nature du tube 2	alumine	alumine	alumine	acier réfractaire
15	- D _{ti} (mm)	5	5	3	7
	- D _{te} (mm)	10	10	6	14
	- Puissance de la résistance 6 (kW)	0,5	6	9	25
	- Température de la face externe 21 du tube 2 (°C) :	1100	1100	1100	1100
20	- Vitesse de défilement du fil 1 (m/sec)	0,24	0,46	0,65	0,187
	- Longueur du tube 2 (m)	2	6	6	5
	- Temps de chauffage T _c (sec)	8,3	13	9,2	26,7
	- Production du dispositif (kg de fil 1/heure)	1,5	31,3	44,3	12,6
25	- Température du fil 1 à l'entrée du tube 2 (°C)	20	20	20	20
	- Température du fil 1 à la sortie du tube 2 (°C)	980	980	980	980
30	- λ(watts.m ⁻¹ .°K ⁻¹)	0,059	0,220	0,160	0,220
	- R	9,43	2,86	1,71	1,27
	- K	10,68	14,60	10,31	33,16
35	- Temps de chauffage par mm de diamètre de fil 1 (seconde/mm) (T _c /D _f)	15,7	7,43	5,26	4,85

La nature du gaz 4 était la suivante pour ces exemples 9 à 12

exemple 9 N₂ pur

exemple 10 N₂ = 50 % H₂ = 50 %

exemple 11 N₂ = 65 % H₂ = 35 %

exemple 12 N₂ = 50 % H₂ = 50 %

(% volumétriques)

Dans tous les exemples conformes à l'invention, on obtient une structure d'austénite homogène.

La figure 5 représente une installation complète permettant de traiter thermiquement un fil 1 d'acier au carbone pour obtenir une structure perlitique fine. Cette installation 300 comporte les zones Z₁, Z₂, Z₃, Z₄, Z₅, le fil 1 traversant ces zones, dans le sens de la flèche F depuis la bobine de départ 30, jusqu'à la bobine 31 où s'enroule le fil 1 traité, cette bobine 31 étant actionnée en rotation par le moteur 310 qui permet donc le défilement du fil 1 selon la flèche F. Le fil 1 traverse successivement et dans cet ordre les zones Z₁ à Z₅.

- La zone Z₁ correspond à l'échauffement du fil 1 pour obtenir une structure d'austénite homogène ;

- la zone Z₂ correspond au refroidissement du fil 1 jusqu'à une température de 500 à 600 °C de façon à obtenir une austénite métastable ;

- la zone Z₃ correspond à la transformation d'austénite métastable en perlite ;

- la zone Z₄ correspond à un refroidissement du fil 1, après perlitisation, jusqu'à une température par exemple d'environ 300 °C ;

- la zone Z₅ correspond à un refroidissement final du fil 1 pour l'amener à une température proche de la température ambiante, par exemple de 20 à 50 °C.

La figure 6 représente la courbe φ montrant l'évolution de la température du fil d'acier 1 en fonction du

temps, lorsque ce fil traverse les zones Z_2 à Z_5 . Cette figure représente également 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, pour l'acier de ce fil. Sur cette figure 6, l'axe des abscisses correspond au temps T et l'axe des ordonnées correspond à la température θ , l'origine des

5 temps correspondant au point A.

Préalablement au traitement de perlitisation, le fil 1 est chauffé et maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3 de façon à obtenir une austénite homogène, cette température θ_A , par exemple comprise entre 900 °C et 1000 °C, correspondant au point A de la figure 6. Le point dit "nez perlitique", correspond au temps minimum T_m de la courbe x_1 , la température de ce nez

10 perlitique étant référencée θ_P .

Le fil 1 est refroidi ensuite jusqu'à ce qu'il atteigne une température inférieure à la température de transformation AC1, l'état du fil après ce refroidissement correspondant au point B, la température obtenue en ce point B au bout du temps T_B étant référencée θ_B . Cette température θ_B a été représentée à la figure 6 comme supérieure à la température θ_P du nez perlitique, ce qui est le plus fréquent dans la pratique,

15 sans être absolument nécessaire. Durant ce refroidissement du fil entre les points A et B il y a transformation d'austénite stable en austénite métastable, dès que la température du fil descend au dessous du point de transformation AC3, et des "germes" apparaissent aux joints de grains de l'austénite métastable. La zone comprise entre les courbes x_1 , x_2 est référencée ω . La perlitisation consiste à faire passer le fil de l'état représenté par le point B, à gauche de la zone ω , à un état représenté par le point C, à

20 droite de la zone ω . Cette transformation du fil est par exemple schématisée par le segment de ligne droite BC qui coupe la courbe x_1 en B_x et la courbe x_2 en C_x , mais l'invention s'applique aussi aux cas où la variation de température du fil entre les points B et C n'est pas linéaire.

La formation des germes se poursuit dans la partie du segment BC située à gauche de la zone ω , c'est-à-dire dans le segment BB_x. Dans la partie du segment BC traversant la zone ω , c'est-à-dire dans le

25 segment B_xC_x, il y a transformation d'austénite métastable en perlite, c'est-à-dire perlitisation. Le temps de perlitisation est susceptible de varier d'un acier à l'autre, aussi le traitement représenté par le segment C_xC a pour but d'éviter d'appliquer au fil un refroidissement prématuré au cas où la perlitisation ne serait pas terminée. En effet, de l'austénite métastable résiduelle qui subirait un refroidissement rapide se transformerait en bainite qui n'est pas une structure favorable à la tréfilabilité après traitement thermique, ni à la valeur

30 d'usage et aux propriétés mécaniques du produit final.

Un refroidissement rapide entre les points A et B suivi d'un maintien isotherme dans le domaine de l'austénite métastable, c'est-à-dire entre les points B et B_x permet un accroissement du nombre de germes et une diminution de leur taille. Ces 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

35 fil sera d'autant plus grande que ces germes seront plus nombreux et plus petits.

Après le traitement de perlitisation, on refroidit le fil, par exemple jusqu'à la température ambiante, ce refroidissement, de préférence rapide, étant schématisé par exemple par le segment de ligne courbe CD, le

température en D étant référencée θ_D .

Dans l'installation 300, la zone Z_1 correspond à l'échauffement du fil 1 pour l'amener à l'état

40 correspondant au point A, la zone Z_2 correspond au refroidissement représenté par la portion AB de la courbe ϕ , la zone Z_3 correspond à la portion BC de la courbe ϕ , les zones Z_4 et Z_5 correspondent ensemble au refroidissement représenté par la portion CD de la courbe ϕ .

La zone Z_1 est réalisée par exemple avec le dispositif 100 conforme à l'invention précédemment décrit.

La zone Z_2 est réalisée par exemple conformément à la demande de brevet français n° 88/00904. Le

45 dispositif 32 correspondant à cette zone Z_2 est représenté aux figures 7 et 8.

Ce dispositif 32 est un échangeur de chaleur comportant une enceinte 33 sous forme d'un tube de diamètre intérieur D'_{ii} et de diamètre extérieur D'_{ie} dans lequel défile suivant la flèche F le fil 1 à traiter, de

diamètre D_f .

La figure 7 est une coupe effectuée suivant l'axe xx' du fil 1 qui est aussi l'axe du dispositif 32, et la

50 figure 8 est une coupe effectuée perpendiculairement à cet axe xx' , la coupe de la figure 8 étant schématisée par les segments de ligne droite VIII-VIII, à la figure 7, l'axe xx' étant schématisé par la lettre "x" à la figure 8. L'espace 34 entre le fil 1 et le tube 33 est rempli d'un gaz 35 qui est directement au contact du fil 1 et de la paroi intérieure 330 du tube 33. Le gaz 35 reste dans l'espace 34 pendant le traitement du fil 1, le dispositif 32 étant dépourvu de moyens susceptibles de permettre une ventilation

55 forcée du gaz 35, c'est-à-dire que le gaz 35 pratiquement dépourvu de ventilation forcée n'est éventuellement mis en mouvement dans l'espace 34 que par le déplacement du fil 1 selon la flèche F. Lors du traitement thermique du fil 1, un transfert de chaleur s'effectue depuis le fil 1 vers le gaz 35. λ' est la conductibilité du gaz 35 déterminée à 600 °C. Cette conductibilité est exprimée en $\text{watts.m}^{-1}.\text{°K}^{-1}$. Le fil 1

est guidé par deux guide-fils 36 réalisés par exemple en céramique ou en carbure de tungstène, ces guides 36 étant situés l'un à l'entrée, l'autre à la sortie du fil 1 dans le tube 33. Le tube 33 est refroidi extérieurement par un fluide caloporteur 37, par exemple de l'eau circulant dans un manchon 38 annulaire qui entoure le tube 33. Ce manchon 38 a une longueur L_m , un diamètre intérieur D'_{mi} , un diamètre extérieur D'_{me} . Le manchon 38 est alimenté en eau 37 par la tubulure 39, l'eau 37 sort du manchon 38 par la tubulure 40, l'écoulement de l'eau 37 le long du tube 33 s'effectuant ainsi en sens inverse de la direction F. L'étanchéité entre la zone 41 contenant de l'eau 37 (volume intérieur du manchon 38) et l'espace 34 contenant le gaz 35 est obtenue à l'aide de joints 42 réalisés par exemple en élastomères. La longueur du tube 33 en contact avec le fluide 37 est référencée L_t à la figure 7.

L'échangeur 32 peut constituer à lui seul un dispositif pour la zone Z_2 . On peut aussi assembler plusieurs échangeurs 32, selon l'axe xx' , grâce aux brides 43 constituant les extrémités du manchon 38, le fil 1 traversant alors plusieurs échangeurs 32 disposés en série selon l'axe xx' .

Les caractéristiques du tube 33, du fil 1 et du gaz 35 sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées, lors du refroidissement précédant la perlitisation et schématisé par la partie AB

de la courbe ϕ :

$$1,05 \leq R' \leq 15 \quad (3)$$

$$5 \leq K' \leq 10 \quad (4)$$

avec, par définition :

$$R' = D'_{ti}/D_f$$

$$K' = [\text{Log}(D'_{ti}/D_f)] \times D_f^2 / \lambda'$$

D'_{ti} et D_f étant exprimés en millimètres, λ' étant la conductibilité du gaz déterminée à 600°C et exprimée en $\text{watts.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, Log étant le logarithme népérien.

Le gaz 35 est par exemple l'hydrogène, l'azote, l'hélium, un mélange d'hydrogène et d'azote, d'hydrogène et de méthane, d'azote et de méthane, d'hélium et de méthane, d'hydrogène, d'azote et de méthane.

Pour des fils 1 de diamètre important, le rapport R' entre le diamètre intérieur D'_{ti} et le diamètre D_f du fil doit être voisin de 1, et l'utilisation d'un gaz 35 très conducteur, par exemple de l'hydrogène, devient nécessaire.

La zone Z_3 de l'installation 300 est réalisée par exemple en utilisant plusieurs échangeurs 32 disposés en série, dans les conditions décrites ci-après.

Pour obtenir une transformation d'austénite en perlite dans les meilleures conditions, il est préférable que les étapes de transformation du fil 1 schématisées par la ligne BC à la figure 1 s'effectuent à une température qui varie le moins possible, la température du fil 1, par exemple, ne différant pas de plus de 10°C par excès ou par défaut de la température θ_B obtenue après le refroidissement schématisé par la ligne AB. Cette limitation de la variation de la température est donc effectuée pendant un temps supérieur au temps de perlitisation, ce temps de perlitisation correspondant au segment $B_x C_x$. Avantagusement, la température du fil 1 ne diffère pas de plus de 5°C par excès ou par défaut de la température θ_B sur cette ligne BC. La figure 6 représente par exemple le cas idéal où la température est constante et égale à θ_B pendant les étapes schématisées par la ligne BC qui est donc un segment de droite parallèle à l'axe des abscisses.

La transformation d'austénite en perlite qui s'effectue dans le domaine ω dégage une quantité de chaleur d'environ $100\,000 \text{ J.Kg}^{-1}$, avec une vitesse de transformation qui varie dans ce domaine en fonction du temps, cette vitesse étant faible au voisinage des points B_x et C_x et maximum vers le milieu du segment $B_x C_x$. Dans ces conditions, si l'on veut une température pratiquement constante lors de cette transformation, il est nécessaire d'effectuer des échanges thermiques modulés, c'est-à-dire des échanges thermiques dont la puissance par unité de longueur du fil 1 varie le long du dispositif où s'effectue cette transformation, le refroidissement dû au gaz 35 étant maximum lorsque la vitesse de perlitisation est maximum, ceci afin d'éviter le phénomène de recalescence dû à une montée en température excessive du fil 1 lors de la perlitisation.

Cette modulation peut être effectuée de préférence en faisant varier soit le diamètre intérieur D'_{ti} des tubes 33 où passe le fil, soit la longueur L_t des divers tubes 33 où passe le fil, comme décrit dans la demande de brevet français précitée n° 88/00904.

Dans la zone Z_3 , l'échangeur 32 dont la puissance de refroidissement est la plus élevée correspond à la région où la vitesse de perlitisation est la plus grande. Dans ces conditions :

- si la modulation est réalisée en faisant varier le diamètre intérieur D'_{ti} des tubes 33, ce diamètre diminue depuis l'entrée de la zone Z_3 jusqu'à l'échangeur 32 où la vitesse de perlitisation est la plus grande, puis ce diamètre augmente ensuite en direction de la sortie de la zone Z_3 , dans le sens de la flèche F ;

- si la modulation est réalisée en faisant varier la longueur L_1 des tubes 33, cette longueur augmente depuis l'entrée de la zone Z_3 jusqu'à l'échangeur 32 où la vitesse de perlitisation est la plus rapide, puis cette longueur diminue ensuite en direction de la sortie de la zone Z_3 dans le sens de la flèche F.

Dans les deux cas, on provoque, dans le sens de la flèche F, une augmentation de la puissance de refroidissement depuis l'entrée de la zone Z_3 jusqu'à l'échangeur 32 où la vitesse de perlitisation est la plus rapide, puis cette puissance diminue ensuite en direction de la sortie de la zone Z_3 .

Dans cet échangeur 32 où la vitesse de perlitisation est la plus rapide, on a de préférence les relations suivantes :

$$1.05 \leq R' \leq 8 \quad (5)$$

$$3 \leq K' \leq 8 \quad (6)$$

R' et K' ayant les mêmes définitions que précédemment.

La zone Z_4 est constituée par exemple par un échangeur 32 vérifiant les relations (3) et (4) précédemment définies.

Le fil 1 pénètre ensuite dans la zone Z_5 où il est amené à une température proche de la température ambiante, par exemple de 20 à 50 °C, par immersion dans de l'eau.

Le fil 1 traité dans l'installation 300 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 dans des lamelles de cémentite séparées par des lamelles de ferrite. A titre d'exemple, la figure 9 représente en coupe une portion 50 d'une telle structure perlitique fine. Cette portion 50 comporte deux lamelles de cémentite 51 pratiquement parallèles séparées par une lamelle de ferrite 52. L'épaisseur des lamelles de cémentite 51 est représentée par "i" et l'épaisseur des lamelles de ferrite 52 est représentée par "e". La structure perlitique est fine, c'est-à-dire que la valeur moyenne $i+e$ est au plus égale à 1000 Å, avec un écart type de 250 Å.

Un tel fil peut servir par exemple à renforcer des articles en matières plastiques ou en caoutchoucs, notamment des enveloppes de pneumatiques.

L'installation 300 permet d'obtenir en outre au moins un des résultats suivants :

- Après traitement thermique et avant tréfilage, le fil présente une résistance de rupture à la traction au moins égale à 1300 MPa ;
- Le fil peut être tréfilé de façon à avoir un rapport des sections au moins égal à 40 ;
- Le fil, après tréfilage, présente une résistance de rupture à la traction au moins égale à 3000 MPa.

Le rapport des sections correspond par définition au rapport :

section du fil avant tréfilage

section du fil après tréfilage

L'installation 300 présente les avantages suivants :

- simplicité, coûts d'investissement et de fonctionnement peu élevés, car :
 . on évite l'emploi de métaux ou de sels fondus ;
 . on se dispense d'employer des compresseurs ou des turbines qui seraient nécessaires avec une circulation de gaz forcée ;
- on peut obtenir une loi de refroidissement précise et éviter le phénomène de recalescence ;
- possibilité d'effectuer avec la même installation un traitement de perlitisation sur des diamètres D_f de fils qui peuvent varier dans de larges limites ;
- on évite tout problème d'hygiène et un nettoyage du fil n'est pas nécessaire puisqu'on évite l'emploi de métaux ou de sels fondus.

Ces avantages ne sont obtenus que lorsque les relations (3) et (4) sont vérifiées lors du refroidissement schématisé par la portion AB de la courbe ϕ (figure 6). Lorsqu'on utilise des tubes contenant un gaz dépourvu de ventilation forcée, le tube étant entouré par un fluide caloporteur, mais les relations (3) et (4) n'étant pas vérifiées lors du refroidissement précédant la perlitisation et correspondant à la portion AB de la courbe ϕ , il n'est pas possible d'effectuer une perlitisation correcte.

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

Revendications

1. Procédé pour traiter thermiquement au moins un fil d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, caractérisé par les points suivants :

a) on chauffe le fil en le faisant passer dans au moins un tube contenant un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée, le gaz étant directement au contact du fil, le temps de chauffage du fil étant inférieur à 4 secondes par millimètre du diamètre du fil ;

b) les caractéristiques du tube, du fil et du gaz sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées :

$$1,05 \leq R \leq 7 \quad (1)$$

$$0,6 \leq K \leq 8 \quad (2)$$

avec par définition

$$R = D_{ti}/D_f$$

$$K = [\text{Log}(D_{ti}/D_f)] \times D_f^2/\lambda$$

D_{ti} étant le diamètre intérieur du tube exprimé en millimètres, D_f étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité du gaz déterminée à 800 °C, cette conductibilité étant exprimée en watts.m⁻¹.°K⁻¹, Log étant le logarithme népérien.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que le tube est chauffé extérieurement par une résistance électrique.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le gaz est en équilibre thermodynamique avec le carbone de l'acier du fil.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le gaz permet une recarburation superficielle de l'acier du fil.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que le gaz exerce une action désoxydante sur la surface du fil.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'on effectue ensuite un traitement de perlitisisation sur le fil.

7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé par les points suivants :

c) on refroidit le fil depuis une température supérieure à la température de transformation AC3 jusqu'à une température inférieure à la température de transformation AC1 ;

d) on effectue ensuite le traitement de perlitisisation à une température inférieure à la température de transformation AC1 ;

e) ce traitement de refroidissement et de perlitisisation est effectué en faisant passer le fil dans au moins un tube contenant un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée, le tube étant entouré par un fluide caloporteur de telle sorte qu'un transfert de chaleur s'effectue depuis le fil, à travers le gaz et le tube, vers le fluide caloporteur ;

f) les caractéristiques du tube, du fil et du gaz sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées, au moins lors du refroidissement précédant la perlitisisation :

$$1,05 \leq R' \leq 15 \quad (3)$$

$$5 \leq K' \leq 10 \quad (4)$$

avec, par définition,

$$R' = D'_{ti}/D_f$$

$$K' = [\text{Log}(D'_{ti}/D_f)] \times D_f^2/\lambda'$$

D'_{ti} étant le diamètre intérieur du tube exprimé en millimètres, D_f étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ' étant la conductibilité du gaz déterminée à 600 °C, cette conductibilité étant exprimée en watts.m⁻¹.°K⁻¹, Log étant le logarithme népérien

8. Procédé selon la revendication 7 caractérisé en ce que, après avoir refroidi le fil depuis une température supérieure à la température de transformation AC3 jusqu'à une température donnée inférieure à la température de transformation AC1, on maintient le fil à une température qui ne diffère pas de plus de 10 °C par excès ou par défaut de cette température donnée, pendant un temps supérieur au temps de perlitisisation en modulant les échanges thermiques, les relations suivantes étant vérifiées dans la ou les zones du ou des tubes où la vitesse de perlitisisation est la plus rapide :

$$1,05 \leq R' \leq 8 \quad (5)$$

$$3 \leq K' \leq 8 \quad (6).$$

9. Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que l'on maintient le fil à une température qui ne varie pas de plus de 5 °C par excès ou par défaut de cette température donnée.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que la modulation est effectuée en faisant varier le diamètre intérieur du ou d'au moins un tube.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10 caractérisé en ce que la modulation est effectuée en utilisant plusieurs tubes dont on fait varier la longueur.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11 caractérisé en ce qu'on refroidit ensuite le fil.

13. Dispositif pour traiter thermiquement au moins un fil d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, le dispositif étant caractérisé par les points suivants :

a) il comporte au moins un tube et des moyens permettant de faire passer le fil dans le tube ; le tube contient un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée, directement au contact du fil, le dispositif comportant des moyens pour chauffer le gaz ; les moyens permettant de faire passer le fil dans le tube sont tels que le temps de contact du fil avec le gaz soit inférieur à 4 secondes par millimètre de diamètre du fil ;

b) les caractéristiques du tube, du fil et du gaz sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées :

$$1,05 \leq R \leq 7 \quad (1)$$

$$0,6 \leq K \leq 8 \quad (2)$$

avec par définition

$$R = D_{ti}/D_f$$

$$K = [\text{Log}(D_{ti}/D_f)] \times D_f^2/\lambda$$

D_{ti} étant le diamètre intérieur du tube exprimé en millimètres, D_f étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité du gaz déterminée à 800 °C, cette conductibilité étant exprimée en watts.m⁻¹.°K⁻¹, Log étant le logarithme népérien.

14. Dispositif selon la revendication 13 caractérisé en ce qu'il comporte une résistance électrique disposée à l'extérieur du tube pour le chauffer.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14 caractérisé en ce que le gaz est en équilibre thermodynamique avec le carbone de l'acier du fil.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14 caractérisé en ce que le gaz permet une recarburation superficielle de l'acier du fil.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16 caractérisé en ce que le gaz est susceptible d'exercer une action désoxydante sur la surface du fil.

18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 17 caractérisé en ce qu'il comporte une enceinte dans laquelle sont disposés plusieurs tubes.

19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 18 caractérisé en ce que le diamètre D_f du fil varie de 0,4 à 6 mm.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 19 caractérisé en ce qu'il permet de traiter des fils dans un rapport de diamètre D_f de 1 à 5.

21. Installation de traitement thermique d'au moins un fil d'acier au carbone comportant au moins un dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 13 à 20.

22. Installation de traitement thermique selon la revendication 21 caractérisée en ce qu'elle comporte après le dispositif d'austénitisation des moyens permettant de refroidir le fil, et d'obtenir une structure perlitique fine, ces moyens étant caractérisés par les points suivants :

c) ces moyens de refroidissement et de perlitisation comportent au moins un tube contenant un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée, ce tube étant entouré par un fluide caloporteur de telle sorte qu'un transfert de chaleur s'effectue depuis le fil à travers le gaz et le tube, vers le fluide caloporteur ;

d) les caractéristiques du tube, du fil et du gaz sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées, au moins lors du refroidissement précédant la perlitisation :

$$1,05 \leq R' \leq 15 \quad (3)$$

$$5 \leq K' \leq 10 \quad (4)$$

avec, par définition,

$$R' = D'_{ti}/D_f$$

$$K' = [\text{Log}(D'_{ti}/D_f)] \times D_f^2/\lambda'$$

D'_{ti} étant le diamètre intérieur du tube exprimé en millimètres, D_f étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ' étant la conductibilité du gaz déterminée à 600 °C, cette conductibilité étant exprimée en watts.m⁻¹.°K⁻¹, Log étant le logarithme népérien.

23. Installation selon la revendication 22 caractérisée en ce qu'un ou plusieurs tubes sont agencés de telle sorte qu'après refroidissement du fil depuis une température supérieure à la température de transformation AC3 jusqu'à une température donnée inférieure à la température de transformation AC1, ils permettent de maintenir le fil à une température qui 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, en modulant les échanges thermiques, les relations suivantes étant vérifiées dans la ou les zones du ou des tubes où la vitesse de perlitisation est la plus rapide :

$$1,05 \leq R' \leq 8 \quad (5)$$

$$3 \leq K' \leq 8 \quad (6).$$

24. Installation selon la revendication 23 caractérisée en ce que ce ou ces tubes sont agencés de telle sorte que la température du fil ne diffère pas de plus de 5° C par excès ou par défaut de cette température donnée.

25. Installation selon l'une quelconque des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que le diamètre intérieur du ou d'au moins un tube varie, dans les moyens de perlitisation.

26. Installation selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs tubes dont la longueur varie, dans les moyens de perlitisation.

27. Installation selon l'une quelconque des revendications 21 à 26 caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens permettant de refroidir le fil après perlitisation.

28. Fil obtenu avec le procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 12.

29. Fil obtenu avec le dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 13 à 20 ou avec l'installation conforme à l'une quelconque des revendications 21 à 27.

FIG.1

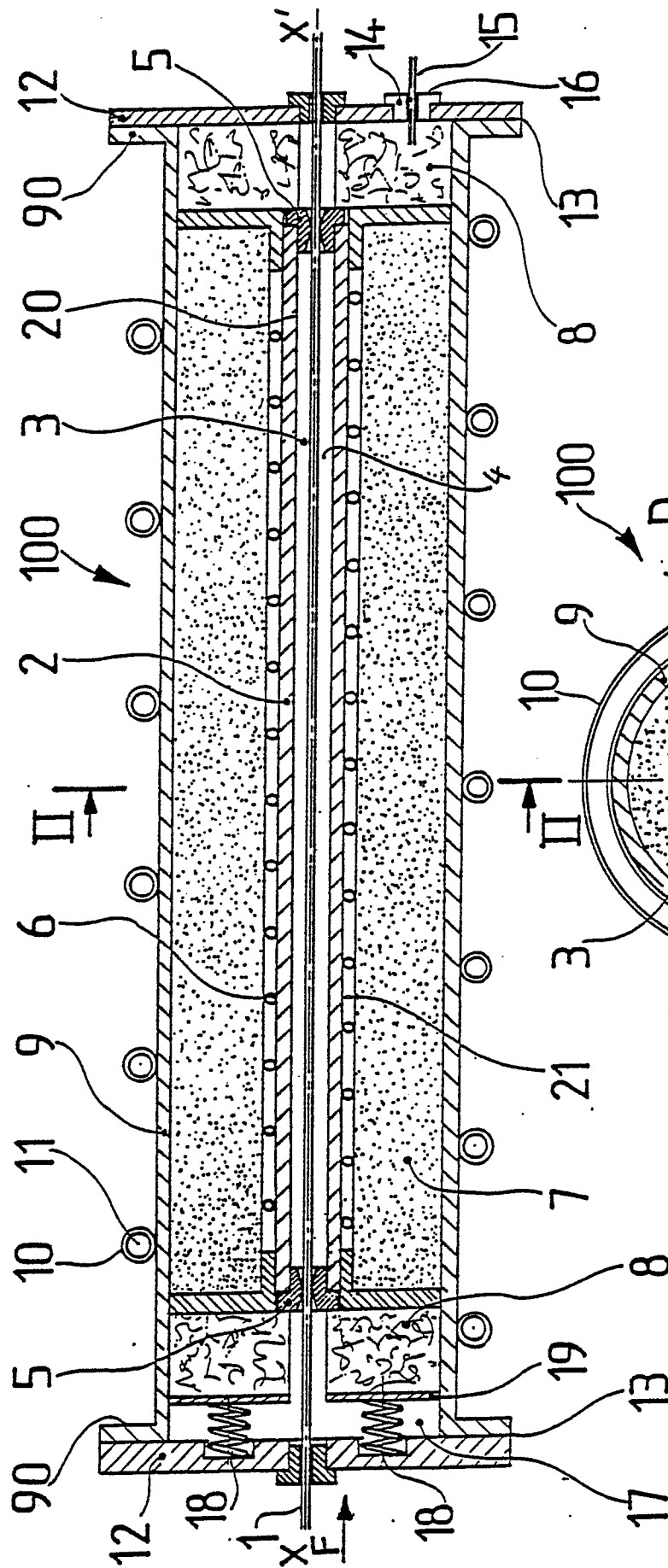


Fig.2

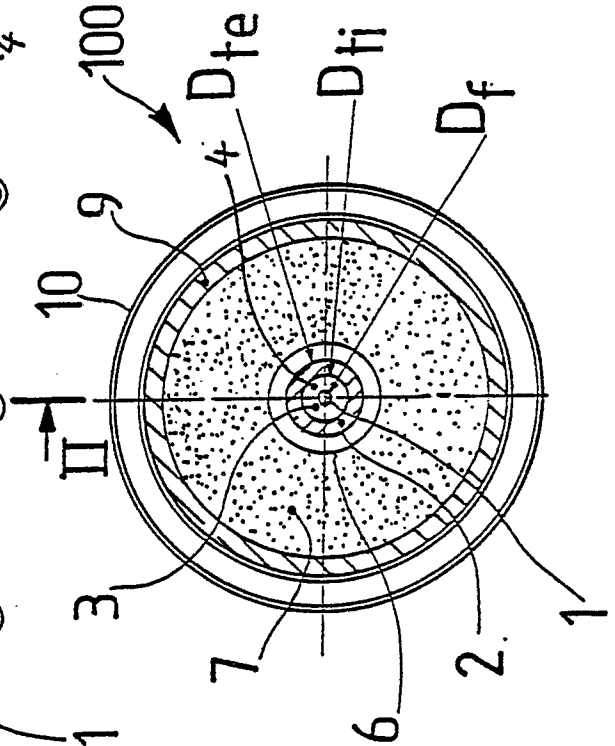
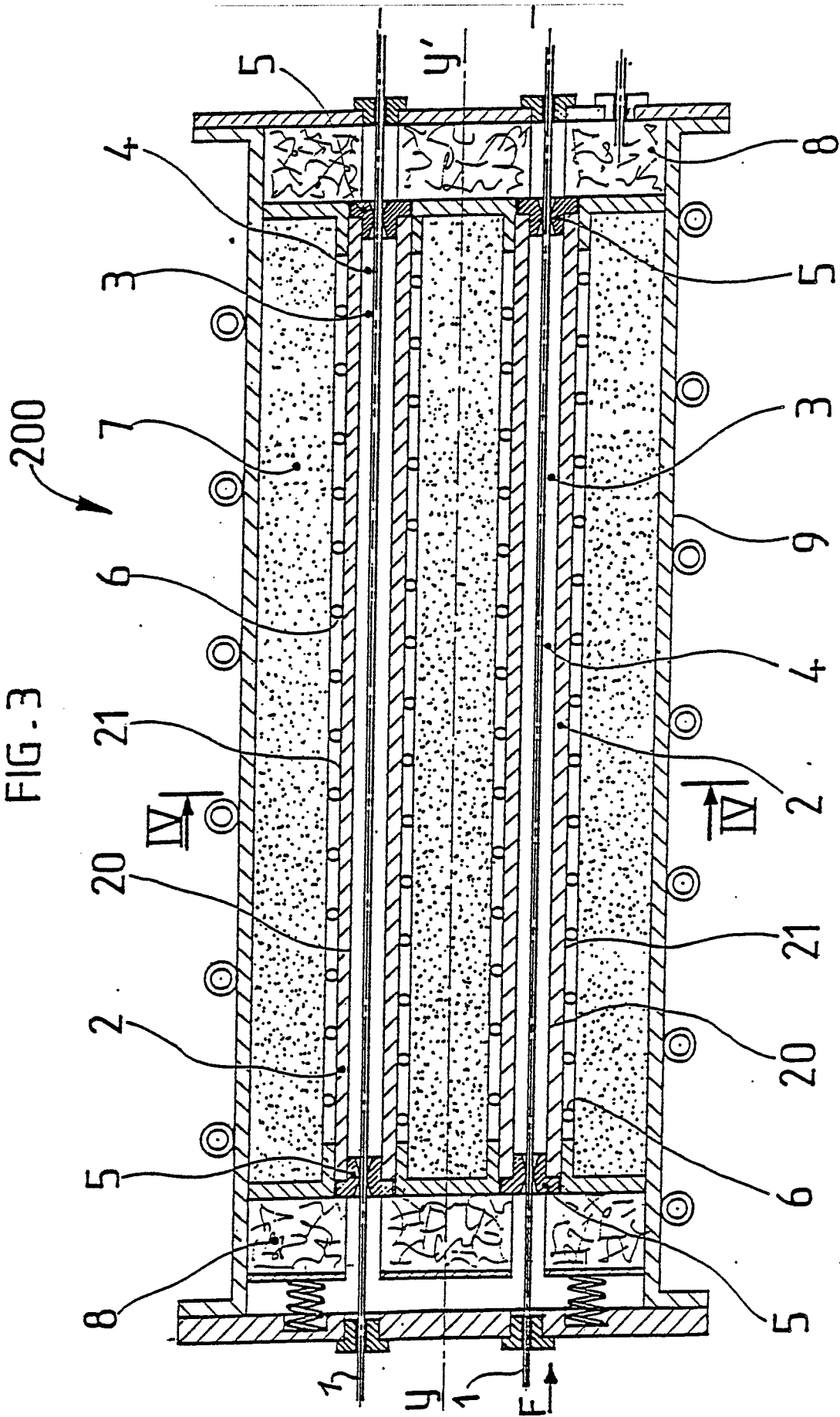


FIG. 3



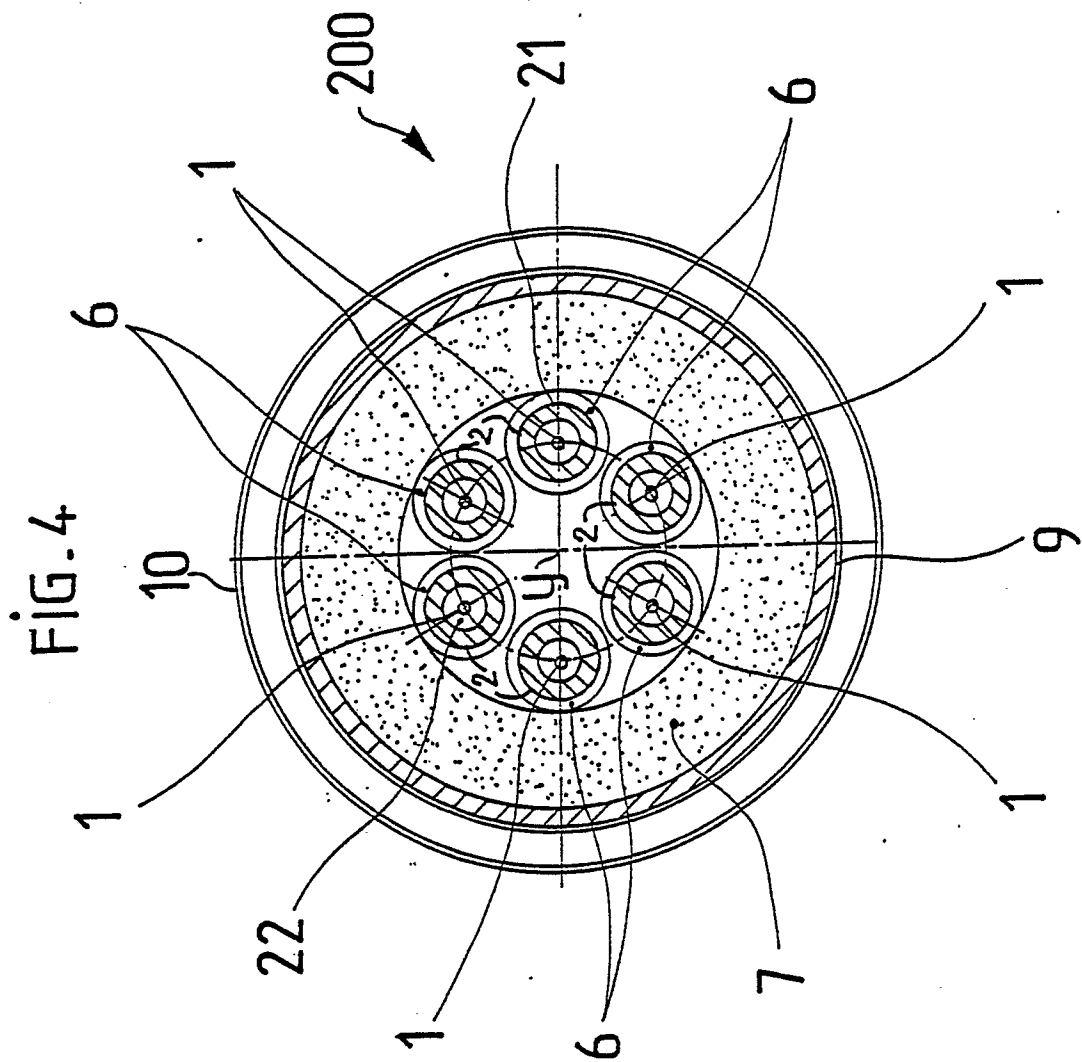


FIG. 5

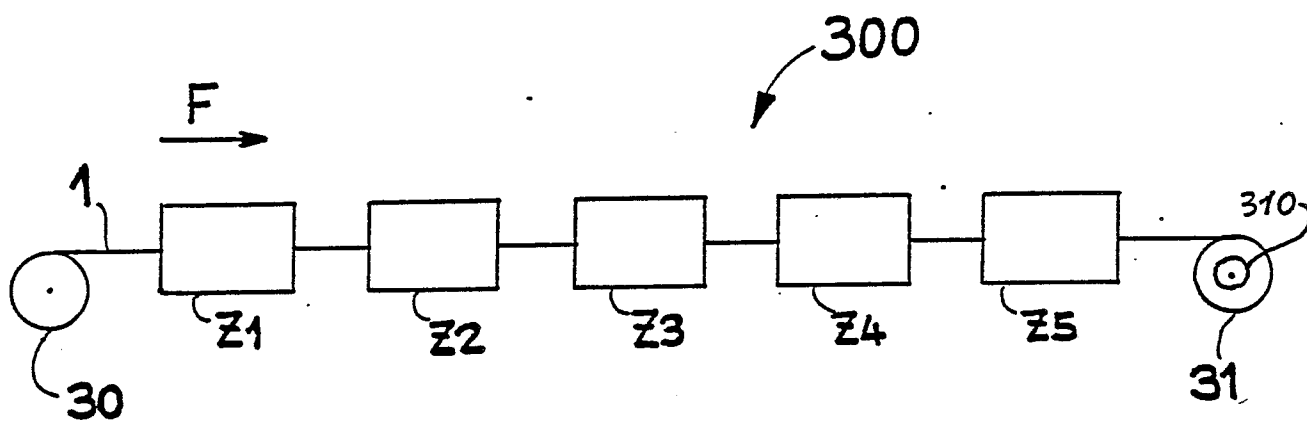
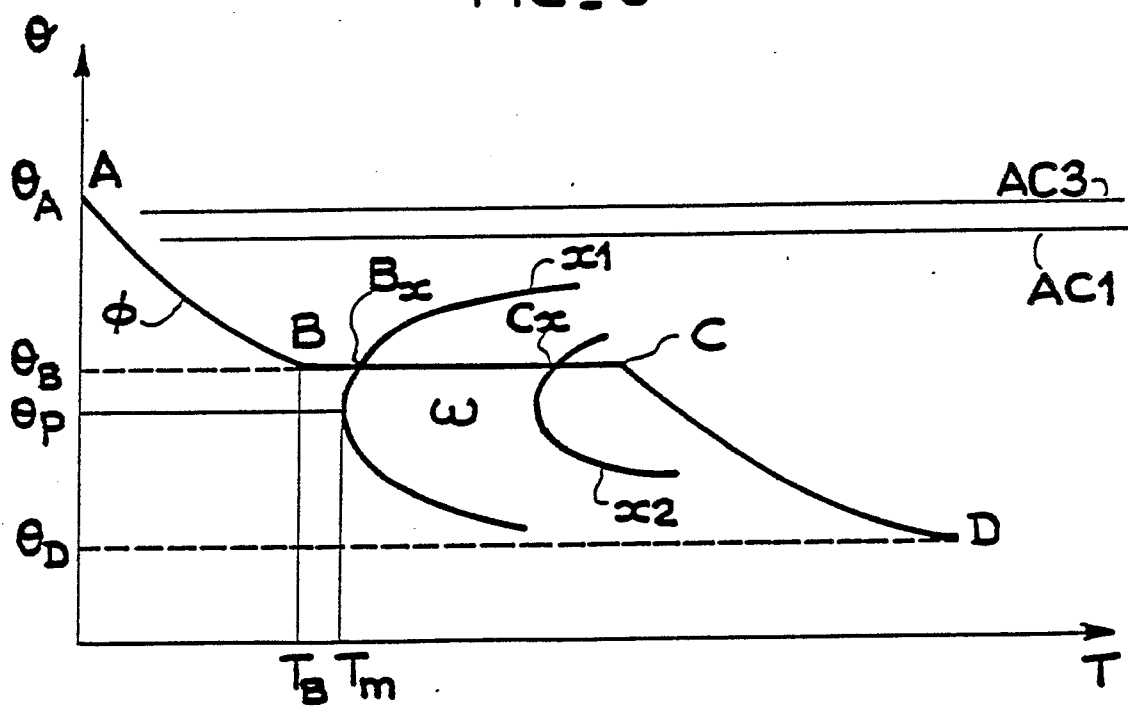


FIG. 6



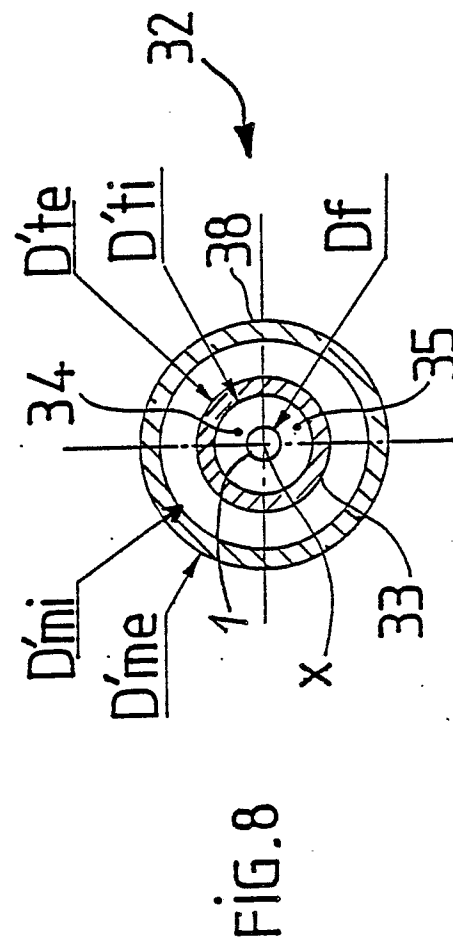
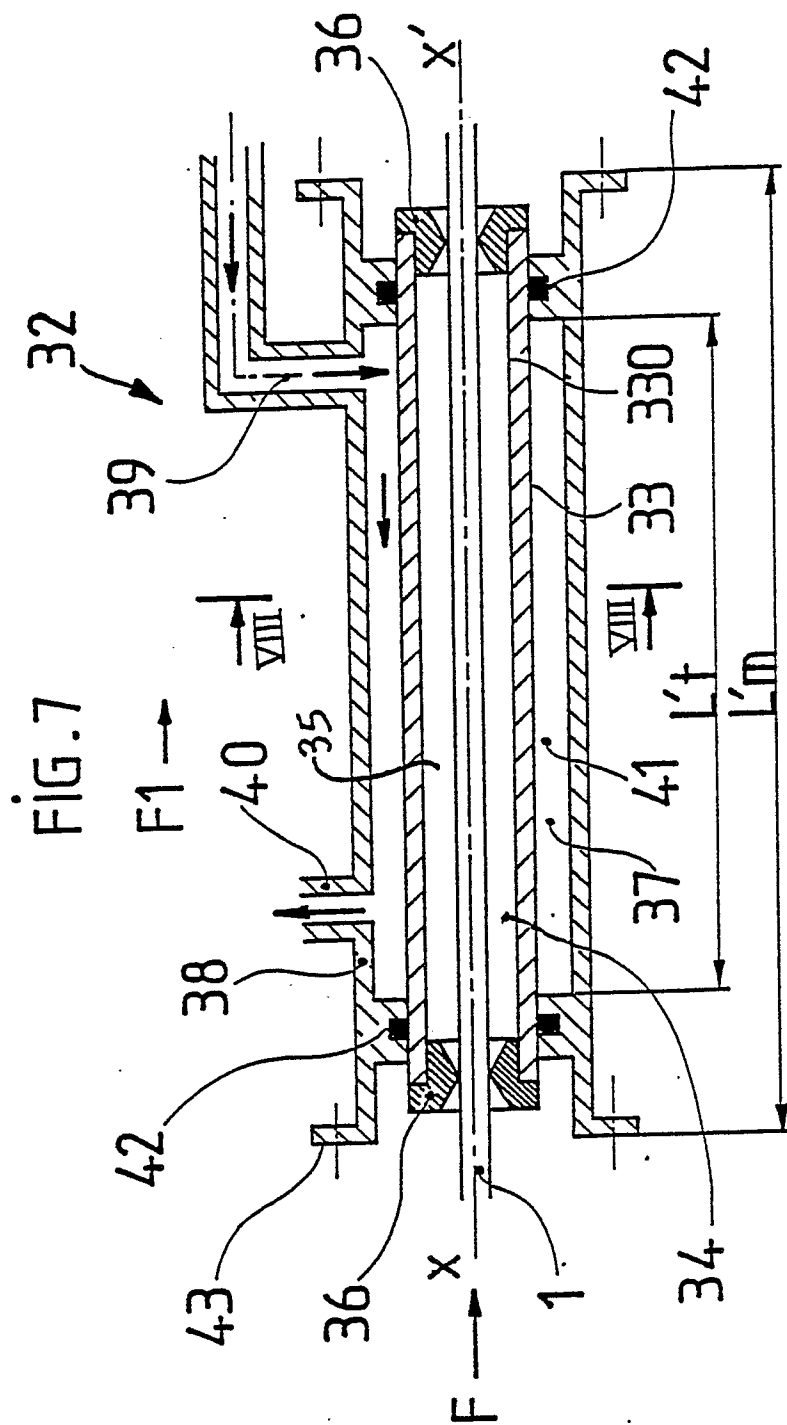
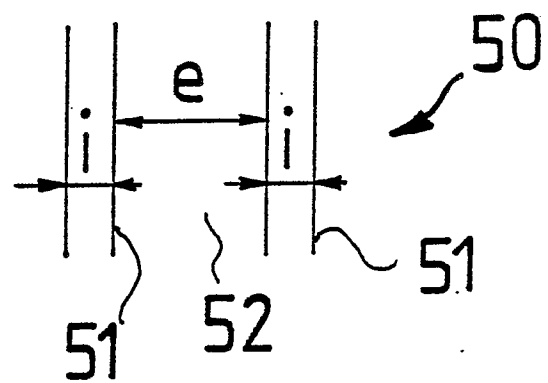


FIG. 9





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)
Y	PROSPECTUS BBC no. EO 1054: "Patentier- und Durchlaufhärteanlagen für die Drahtindustrie" * figure 1 *	1	C 21 D 9/56 C 21 D 9/64
Y	US-A-2 218 177 (POWELL) * page 2, lignes 24-39 *	1	
A	DE-C- 586 977 (AEG) * figure *	1	
A	FR-A- 604 885 (SIEMENS-SCHUCKERT WERKE) * figure 1 *	1	
A	GB-A-2 174 485 (BOARDMAN) * figure 1 *	1	
A	DE-A-2 111 631 (PIRELLI) * revendication 1, figures 1-4 *	6,7	
A	WO-A-8 703 159 (MG INDUSTRIES) * revendication 1, figures 1,2 *	22	
A	EP-A-0 270 860 (MICHELIN)	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 27-07-1989	Examineur SUTOR W
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			