

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 347 699 B1**

(12)

## FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de fascicule du brevet: **24.11.93** (51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **C21D 9/56, C21D 9/64**

(21) Numéro de dépôt: **89110580.1**

(22) Date de dépôt: **12.06.89**

(54) **Procédés et dispositifs pour obtenir une structure d'austénite homogène.**

(30) Priorité: **21.06.88 FR 8808425**

(43) Date de publication de la demande:  
**27.12.89 Bulletin 89/52**

(45) Mention de la délivrance du brevet:  
**24.11.93 Bulletin 93/47**

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

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 270 860 WO-A-87/03159**  
**DE-A- 2 111 631 DE-C- 586 977**  
**FR-A- 604 885 GB-A- 2 174 485**  
**US-A- 2 218 177**

**PROSPECTUS BBC, no. EO 1054: "Patentier-  
und Durchlaufhärteanlagen für die Drahtin-  
dustrie"**

(73) Titulaire: **COMPAGNIE GENERALE DES ETA-  
BLISSEMENTS 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)**

**EP 0 347 699 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

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 :

- 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 secondes par millimètre de diamètre des fils.
- chauffage dans un four à gaz ; ce procédé conduit ici encore à des temps de chauffage élevés, du 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 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 document DE-A-2 111 631 décrit un dispositif pour traiter thermiquement des fils métalliques de façon à obtenir une structure perlitique. Au début de ce traitement, les fils passent dans un four de combustion ou un four électrique pour y subir une austénitisation. Les fils atteignent ainsi une température de 900 °C à 1000 °C.

Le brevet EP-B-0 326 005 décrit un procédé et un dispositif permettant de traiter thermiquement au moins un fil d'acier au carbone de façon à obtenir une structure perlitique fine 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.

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 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 comporte 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 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,  $\lambda$  étant la conductibilité du gaz déterminée à 800 °C, cette conductibilité étant exprimée en  $\text{watts.m}^{-1} \cdot \text{°K}^{-1}$ , 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 comportant 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 (1) et (2) précédentes soient vérifiées  $D_{ti}$ ,  $D_f$ ,  $\lambda$  et  $\text{Log}$  ayant les mêmes définitions que précédemment indiqué.

Le terme "pratiquement dépourvu de ventilation forcée" veut dire que le gaz dans le tube est soit  
 5 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.

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

10 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 ;
- 15 - 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 ;
- 20 - 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 ;
- 25 - 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 ;
- 30 - 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  
 35 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  
 40 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  
 45 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  
 50 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  
 55 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 relié 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 aux gaz.

Le dispositif 100 comporte un jeu de dilatation 17, les ressorts 18 agissent sur la 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,  $D_{ti}$  représente le diamètre intérieur du tube 2 (diamètre de la paroi interne 20),  $D_{te}$  représente le diamètre extérieur du tube 2 (diamètre de la paroi externe 21).  $\lambda$  est la conductibilité du gaz 4 déterminée à 800 °C, cette conductibilité étant exprimée en  $\text{watts.m}^{-1} \cdot \text{°K}^{-1}$ .

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

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

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

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.

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.

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 ;
- 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.

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.

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.

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.

## 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

Tableau 1

	N° d'exemples			
	1	2	3	4
<u>Caractéristiques du fil 1</u>				
- Teneur en carbone de l'acier (% en poids)	0,70	0,85	0,75	0,80
- $D_f$ (mm)	0,53	1,75	1,75	5,50
<u>Caractéristiques du dispositif 100</u>				
- Nature du tube 2	alumine	alumine	alumine	acier réfractaire
- $D_{ti}$ (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
- 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
- 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
- $\lambda$ (watts.m <sup>-1</sup> .°K <sup>-1</sup> )	0,328	0,328	0,328	0,345
- R	2,63	1,43	1,71	1,09
- K	0,89	3,33	5,03	7,63
- 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  $\lambda$ , 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  $\lambda$ , 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 <sub>2</sub>	$\lambda$ à 800 °C (W.m <sup>-1</sup> . °K <sup>-1</sup> )	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 ;  $\lambda$  = 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  $2\mu\text{m}$ . 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  $1,5^\circ\text{C}$  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.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tableau 3

	N° d'exemples comparatifs			
	9	10	11	12
Caractéristiques du fil 1				
- Teneur en carbone de l'acier (% en poids)	0,70	0,85	0,75	0,80
- $D_f$ (mm)	0,53	1,75	1,75	5,50
Caractéristiques du dispositif				
- Nature du tube 2	alumine	alumine	alumine	acier réfrac- taire
- $D_{ti}$ (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
- 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
- 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
- $\lambda$ (watts.m <sup>-1</sup> .°K <sup>-1</sup> )	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
- 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 N<sub>2</sub> pur
- exemple 10 N<sub>2</sub> = 50 % H<sub>2</sub> = 50 %
- exemple 11 N<sub>2</sub> = 65 % H<sub>2</sub> = 35 %



- . exemple 12 N<sub>2</sub> = 50 % H<sub>2</sub> = 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 Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, Z<sub>4</sub>, Z<sub>5</sub>, 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 Z<sub>1</sub> à Z<sub>5</sub>.

- La zone Z<sub>1</sub> correspond à l'échauffement du fil 1 pour obtenir une structure d'austénite homogène ;
- la zone Z<sub>2</sub> correspond au refroidissement du fil 1 jusqu'à une température de 500 à 600 °C de façon à obtenir une austénite métastable ;
- la zone Z<sub>3</sub> correspond à la transformation d'austénite métastable en perlite ;
- la zone Z<sub>4</sub> correspond à un refroidissement du fil 1, après perlitisation, jusqu'à une température par exemple d'environ 300 °C ;
- la zone Z<sub>5</sub> 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  $\phi$  montrant l'évolution de la température du fil d'acier 1 en fonction du temps, lorsque ce fil traverse les zones Z<sub>2</sub> à Z<sub>5</sub>. Cette figure représente également la courbe x<sub>1</sub> correspondant au début de la transformation d'austénite métastable en perlite et la courbe x<sub>2</sub> 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  $\theta$ , l'origine des 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  $\theta_A$ , 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<sub>m</sub> de la courbe x<sub>1</sub>, la température de ce nez perlitique étant référencée  $\theta_P$ .

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<sub>B</sub> étant référencée  $\theta_B$ . Cette température  $\theta_B$  a été représentée à la figure 6 comme supérieure à la température  $\theta_P$  du nez perlitique, ce qui est le plus fréquent dans la pratique, 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<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> est référencée  $\omega$ . La perlitisation consiste à faire passer le fil de l'état représenté par le point B, à gauche de la zone  $\omega$ , à un état représenté par le point C, à droite de la zone  $\omega$ . Cette transformation du fil est par exemple schématisée par le segment de ligne droite BC qui coupe la courbe x<sub>1</sub> en B<sub>x</sub> et la courbe x<sub>2</sub> en C<sub>x</sub>, 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  $\omega$ , c'est-à-dire dans le segment BB<sub>x</sub>. Dans la partie du segment BC traversant la zone  $\omega$ , c'est-à-dire dans le segment B<sub>x</sub>C<sub>x</sub>, 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<sub>x</sub>C 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 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<sub>x</sub> 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 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  $\theta_D$ .

Dans l'installation 300, la zone Z<sub>1</sub> correspond à l'échauffement du fil 1 pour l'amener à l'état correspondant au point A, la zone Z<sub>2</sub> correspond au refroidissement représenté par la portion AB de la

courbe  $\phi$ , la zone  $Z_3$  correspond à la portion BC de la courbe  $\phi$ , les zones  $Z_4$  et  $Z_5$  correspondent ensemble au refroidissement représenté par la portion CD de la courbe  $\phi$ .

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 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  $D'_{ti}$  et de diamètre extérieur  $D'_{te}$  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 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 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.  $\lambda'$  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  $\phi$  :

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

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

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,  $\lambda'$  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  $\theta_B$  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  $B_x C_x$ . Avantageusement, la température du fil 1 ne diffère pas de plus de  $5^\circ\text{C}$  par excès ou par défaut de la température  $\theta_B$  sur cette ligne BC. La figure 6 représente par exemple le cas idéal où la température est constante et égale à  $\theta_B$  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  $\omega$  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 recalcence 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  $L'_t$  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  $50^\circ\text{C}$ , 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 patage au plomb, c'est-à-dire une structure perlitique fine. Cette structure comporte dans 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  $1000\text{ Å}$ , avec un écart type de  $250\text{ Å}$ .

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  $1300\text{ MPa}$  ;
- 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  $3000\text{ MPa}$ .

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  $\phi$  (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  $\phi$ , il n'est pas possible d'effectuer une perlitisation correcte.

## Revendications

1. Procédé pour traiter thermiquement au moins un fil (1) d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, comportant les points suivants :
  - a) on chauffe le fil (1) en le faisant passer dans au moins 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 étant inférieur à 4 secondes par millimètre du diamètre du fil ;
  - b) les caractéristiques du tube (2), du fil (1) et du gaz (4) 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,  $\lambda$  étant la conductibilité du gaz déterminée à 800 °C, cette conductibilité étant exprimée en  $\text{watts.m}^{-1} \cdot \text{°K}^{-1}$ , Log étant le logarithme népérien.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que le tube (2) est chauffé extérieurement par une résistance électrique (6).
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le gaz (4) est en équilibre thermodynamique avec le carbone de l'acier du fil (1).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le gaz (4) 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 (1).

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

7. Procédé selon la revendication 6 comportant les points suivants :

c) on refroidit le fil (1) 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 perlitisation à une température inférieure à la température de transformation AC1 ;

e) ce traitement de refroidissement et de perlitisation est effectué en faisant passer le fil (1) dans au moins un tube (33) contenant un gaz (35) 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 (33), du fil (1) et du gaz (35) sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées, au moins lors du refroidissement précédant la perlitisation :

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

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

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,  $\lambda'$  étant la conductibilité du gaz déterminée à 600 °C, cette conductibilité étant exprimée en  $\text{watts.m}^{-1} \cdot \text{°K}^{-1}$ , Log étant le logarithme népérien

8. Procédé selon la revendication 7 caractérisé en ce que, après avoir refroidi le fil (1) 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 perlitisation en modulant les échanges thermiques, les relations suivantes étant vérifiées dans la ou les zones du ou des tubes (33) où la vitesse de perlitisation 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 (1) 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 ( $D'_{ti}$ ) du ou d'au moins un tube (33).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10 caractérisé en ce que la modulation est effectuée en utilisant plusieurs tubes (33) dont on fait varier la longueur ( $L'_t$ ).

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11 caractérisé en ce qu'on refroidit ensuite le fil (1).

13. Dispositif (100) pour traiter thermiquement au moins un fil (1) d'acier au carbone, de façon à obtenir une structure d'austénite homogène, le dispositif comportant les points suivants :

a) il comporte au moins un tube (2) et des moyens permettant de faire passer le fil dans le tube ; le tube (2) contient un gaz (4) 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 (2), du fil (1) et du gaz (4) 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,  $\lambda$  étant la conductibilité du gaz déterminée à 800 ° C, cette conductibilité étant exprimée en watts.m<sup>-1</sup>, ° k<sup>-1</sup>, Log étant le logarithme népérien.

14. Dispositif (100) selon la revendication 13 caractérisé en ce qu'il comporte une résistance électrique (6) disposée à l'extérieur du tube pour le chauffer.

15. Dispositif (100) selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14 caractérisé en ce que le gaz (4) est en équilibre thermodynamique avec le carbone de l'acier du fil.

16. Dispositif (100) selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14 caractérisé en ce que le gaz (4) permet une recarburation superficielle de l'acier du fil (1).

17. Dispositif (100) selon l'une quelconque des revendications 13 à 16 caractérisé en ce que le gaz (4) est susceptible d'exercer une action désoxydante sur la surface du fil (1).

18. Dispositif (200) selon l'une quelconque des revendications 13 à 17 caractérisé en ce qu'il comporte une enceinte (9) dans laquelle sont disposés plusieurs tubes (2).

19. Dispositif (100,200) selon l'une quelconque des revendications 13 à 18 caractérisé en ce que le diamètre  $D_f$  du fil (1) varie de 0,4 à 6 mm.

20. Dispositif (100,200) selon l'une quelconque des revendications 13 à 19 caractérisé en ce qu'il permet de traiter des fils (1) dans un rapport de diamètre  $D_f$  de 1 à 5.

21. Installation (300) de traitement thermique d'au moins un fil (1) d'acier au carbone comportant au moins un dispositif (100,200) conforme à l'une quelconque des revendications 13 à 20.

22. Installation (300) de traitement thermique selon la revendication 21 caractérisée en ce qu'elle comporte après le dispositif d'austénitisation (100,200) des moyens permettant de refroidir le fil (1), et d'obtenir une structure perlitique fine, ces moyens comportant les points suivants :

c) ces moyens de refroidissement et de perlitisisation comportent au moins un tube (33) contenant un gaz (35) pratiquement dépourvu de ventilation forcée, ce tube étant entouré par un fluide caloporteur (37) 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 (33), du fil (1) et du gaz (35) sont choisies de telle sorte que les relations suivantes soient vérifiées, au moins lors du refroidissement précédant la perlitisation :

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

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

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,  $\lambda'$  étant la conductibilité du gaz déterminée à 600 °C, cette conductibilité étant exprimée en  $\text{watts.m}^{-1} \cdot \text{°K}^{-1}$ , Log étant le logarithme népérien.

23. Installation (300) selon la revendication 22 caractérisée en ce qu'un ou plusieurs tubes (33) sont agencés de telle sorte qu'après refroidissement du fil (1) 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 (1) 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 (300) selon la revendication 23 caractérisée en ce que ce ou ces tubes (33) sont agencés de telle sorte que la température du fil (1) ne diffère pas de plus de 5 °C par excès ou par défaut de cette température donnée.

25. Installation (300) selon l'une quelconque des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que le diamètre intérieur ( $D_{ti}$ ) du ou d'au moins un tube (33) varie, dans les moyens de perlitisation.

26. Installation (300) selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs tubes (33) dont la longueur ( $L_t$ ) varie, dans les moyens de perlitisation.

27. Installation (300) selon l'une quelconque des revendications 21 à 26 caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens permettant de refroidir le fil (1) après perlitisation.

## Claims

1. A method for the heat treatment of at least one carbon steel wire (1) so as to obtain a homogenous austenite structure, comprising the following features:

- a) the wire (1) is heated by passing it through at least one tube (2) containing a gas (4) which is practically without forced ventilation, the gas (4) being directly in contact with the wire (1), the wire heating time being less than 4 seconds per millimetre of diameter of the wire;
- b) the characteristics of the tube (2), the wire (1) and the gas (4) are so selected that the following relationships are satisfied:

$$1.05 \leq R \leq 7 \quad (1)$$

$$0.6 \leq K \leq 8 \quad (2)$$

with, by definition,

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

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

$D_{ti}$  being the inside diameter of the tube expressed in millimetres,  $D_f$  being the diameter of the wire expressed in millimetres,  $\lambda$  being the conductivity of the gas determined at 800 °C, this conductivity being expressed in  $\text{watts.m}^{-1} \cdot \text{°K}^{-1}$ , Log being the natural logarithm.

2. A method according to Claim 1, characterised in that the tube (2) is heated on the outside by an electric resistor (6).

3. A method according to any one of Claims 1 or 2, characterised in that the gas (4) is in thermodynamic equilibrium with the carbon of the steel of the wire (1).

4. A method according to any one of Claims 1 or 2, characterised in that the gas (4) permits a surface recarburisation of the steel of the wire.
5. A method according to any one of Claims 1 to 4, characterised in that the gas exerts a deoxidising action on the surface of the wire (1).
6. A method according to any one of Claims 1 to 5, characterised in that a pearlitisation treatment is then carried out on the wire (1).

7. A method according to Claim 6, comprising the following features:

- c) the wire (1) is cooled from a temperature above the AC3 transformation temperature to a temperature below the AC1 transformation temperature;
- d) the pearlitisation treatment is then carried out at a temperature below the AC1 transformation temperature;
- e) this cooling and pearlitisation treatment is carried out by passing the wire (1) through at least one tube (33) containing a gas (35) which is practically without forced ventilation, the tube being surrounded by a heat transport fluid in such a manner that a transfer of heat takes place from the wire, through the gas and the tube, towards the heat transport fluid;
- f) the characteristics of the tube (33), the wire (1) and the gas (35) are so selected that the following relationships are satisfied at least upon the cooling preceding the pearlitisation:

$$1.05 \leq R' < 15 \quad (3)$$

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

with, by definition:

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

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

$D'_{ti}$  being the inside diameter of the tube expressed in millimetres,  $D_f$  being the diameter of the wire expressed in millimetres,  $\lambda'$  being the conductivity of the gas determined at 600 °C, this conductivity being expressed in watts.m<sup>-1</sup>. °K<sup>-1</sup>, Log being the natural logarithm.

8. A method according to Claim 7, characterised in that after having cooled the wire (1) from a temperature above the AC3 transformation temperature to a given temperature below the AC1 transformation temperature, the wire is maintained at a temperature which does not differ by more than 10 °C plus or minus from said given temperature for a period of time greater than the pearlitisation time by modulating the heat exchanges, the following relationships being satisfied in the zone or zones of the tube or tubes (33) where the rate of pearlitisation is the fastest:

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

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

9. A method according to Claim 8, characterised in that the wire (1) is maintained at a temperature which does not differ by more than 5 °C plus or minus from said given temperature.

10. A method according to any one of Claims 8 or 9, characterised in that the modulation is effected by varying the inside diameter ( $D'_{ti}$ ) of the tube, or of at least one tube (33).

11. A method according to any one of Claims 8 to 10, characterised in that the modulation is effected using several tubes (33), the length ( $L'_t$ ) of which is varied.

12. A method according to any one of Claims 6 to 11, characterised in that the wire (1) is then cooled.

13. A device (100) for the heat treatment of at least one carbon steel wire (1) so as to obtain a homogenous austenite structure, the device comprising the following features:



a) it comprises at least one tube (2) and means for passing the wire through the tube; the tube (2) contains a gas (4) which is practically without forced ventilation, directly in contact with the wire, the device comprising means for heating the gas; the means for passing the wire through the tube are such that the time of contact of the wire with the gas is less than 4 seconds per millimetre of diameter of the wire;

b) the characteristics of the tube (2), the wire (1) and the gas (4) are so selected that the following relationships are satisfied:

$$1.05 \leq R \leq 7 \quad (1)$$

$$0.6 \leq K \leq 8 \quad (2)$$

with, by definition,

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

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

$D_{ti}$  being the inside diameter of the tube expressed in millimetres,  $D_f$  being the diameter of the wire expressed in millimetres,  $\lambda$  being the conductivity of the gas determined at 800 °C, this conductivity being expressed in watts.m<sup>-1</sup>. °K<sup>-1</sup>, Log being the natural logarithm.

14. A device (100) according to Claim 13, characterised in that it comprises an electric resistor (6) arranged on the outside of the tube in order to heat it.

15. A device (100) according to any one of Claims 13 or 14, characterised in that the gas (4) is in thermodynamic equilibrium with the carbon of the steel of the wire.

16. A device (100) according to any one of Claims 13 or 14, characterised in that the gas (4) permits a surface recarburisation of the steel of the wire (1).

17. A device (100) according to any one of Claims 13 to 16, characterised in that the gas (4) is capable of exerting a deoxidising action on the surface of the wire (1).

18. A device (200) according to any one of Claims 13 to 17, characterised in that it comprises an enclosure (9) within which several tubes (2) are arranged.

19. A device (100, 200) according to any one of Claims 13 to 18, characterised in that the diameter  $D_f$  of the wire (1) varies from 0.4 to 6 mm.

20. A device (100, 200) according to any one of Claims 13 to 19, characterised in that it makes it possible to treat wires (1) within a diameter ratio  $D_f$  of 1 to 5.

21. An installation (300) for the heat treatment of at least one carbon steel wire (1) comprising at least one device (100, 200) according to any one of Claims 13 to 20.

22. A heat treatment installation (300) according to Claim 21, characterised in that behind the austenitisation device (100, 200) it comprises means for cooling the wire (1) and for obtaining a fine pearlitic structure, these means comprising the following features:

c) these cooling and pearlitisation means comprise at least one tube (33) containing a gas (35) which is practically without forced ventilation, the tube being surrounded by a heat transport fluid (37) in such a manner that a transfer of heat takes place from the wire, through the gas and the tube, towards the heat transport fluid;

d) the characteristics of the tube (33), the wire (1) and the gas (35) are so selected that the following relationships are satisfied, at least upon the cooling preceding the pearlitisation:

$$1.05 \leq R' \leq 15 \quad (3)$$

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

with, by definition:

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

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

$D'_{ti}$  being the inside diameter of the tube expressed in millimetres,  $D_f$  being the diameter of the wire expressed in millimetres,  $\lambda'$  being the conductivity of the gas determined at 600 °C, this conductivity being expressed in watts.m<sup>-1</sup>. °K<sup>-1</sup>, Log being the natural logarithm.

23. An installation (300) according to Claim 22, characterised in that one or more tubes (33) are arranged in such a manner that after having cooled the wire (1) from a temperature above the AC3 transformation temperature to a given temperature below the AC1 transformation temperature, they make it possible to maintain the wire (1) at a temperature which does not differ by more than 10 °C plus or minus from said given temperature for a period of time greater than the pearlitisation time by modulating the heat exchanges, the following relationships being satisfied in the zone or zones of the tube or tubes where the rate of pearlitisation is the fastest:

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

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

24. An installation (300) according to Claim 23, characterised in that said tube or tubes (33) are so arranged that the temperature of the wire (1) does not differ by more than 5 °C plus or minus from said given temperature.

25. An installation (300) according to any one of Claims 23 or 24, characterised in that the inside diameter ( $D'_{ti}$ ) of the tube or of at least one tube (33) varies in the pearlitisation means.

26. An installation (300) according to any one of Claims 23 to 25, characterised in that it comprises several tubes (33), the lengths ( $L'_1$ ) of which vary, in the pearlitisation means.

27. An installation (300) according to any one of Claims 21 to 26, characterised in that it comprises means for cooling the wire (1) after pearlitisation.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Behandlung von mindestens einem Draht (1) aus Kohlenstoffstahl, zur Erzeugung eines homogenen Austenitgefüges, das folgende Merkmale aufweist:

- a) Erhitzen des Drahts (1) durch Führen durch mindestens ein Rohr (2), das ein Gas (4) praktisch ohne Zwangsventilation enthält, wobei das Gas (4) in direktem Kontakt mit dem Draht (1) steht und die Erhitzungszeit des Drahts unter 4 Sekunden pro Millimeter Drahtdurchmesser liegt;  
b) die Kenngrößen des Rohrs (2), des Drahts (1) und des Gases (4) so gewählt sind, daß folgende Beziehungen eingehalten werden:

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

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

mit den Definitionen

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

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

wobei  $D_{ti}$  den Innendurchmesser des Rohrs, ausgedrückt in Millimetern,  $D_f$  den Durchmesser des Drahts, ausgedrückt in Millimetern,  $\lambda$  die Wärmeleitfähigkeit des Gases, gemessen bei 800 °C, ausgedrückt in Watt/mK und Log den natürlichen Logarithmus bedeuten.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Rohr (2) von außen durch einen elektrischen Widerstand (6) erhitzt wird.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Gas (4) im thermodynamischen Gleichgewicht mit dem Kohlenstoff des Stahls des Drahts (1) ist.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Gas (4) eine oberflächliche Recarbonisierung des Stahls des Drahts ermöglicht.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Gas eine reduzierende Wirkung auf die Oberfläche des Drahts (1) hat.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
anschließend eine Perlitisierungsbehandlung auf dem Draht (1) vorgenommen wird.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 6,  
das folgende Merkmale aufweist:
  - c) Abkühlen des Drahts (1) von einer Temperatur oberhalb der Umwandlungstemperatur AC3 bis auf eine Temperatur unterhalb der Umwandlungstemperatur AC1;
  - d) anschließende Durchführung der Perlitisierungsbehandlung bei einer Temperatur unterhalb der Umwandlungstemperatur AC1;
  - e) Durchführung dieser Abkühlungs- und Perlitisierungsbehandlung durch Führen des Drahts (1) durch mindestens ein Rohr (33), das ein Gas (35) praktisch ohne Zwangsventilation enthält, wobei das Rohr von einem Wärmeträgerfluid umgeben ist, so daß eine Wärmeübertragung vom Draht über das Gas und das Rohr auf das Wärmetauscherfluid abläuft;
  - f) die Kenngrößen des Rohrs (33), des Drahts (1) und des Gases (35) sind so gewählt, daß mindestens während der Abkühlung vor der Perlitisierung die folgenden Beziehungen eingehalten werden:
- 35 
$$1,05 \leq R' < 15 \quad (3)$$
$$5 \leq K' \leq 10 \quad (4)$$
mit den Definitionen
- 40 
$$R' = D'_{ti}/D_f$$
$$K' = [\text{Log}(D'_{ti}/D_f)] \times D_f^2/\lambda'$$
wobei  $D'_{ti}$  den Innendurchmesser des Rohrs, ausgedrückt in Millimetern,  $D_f$  den Durchmesser des Drahts, ausgedrückt in Millimetern,  $\lambda'$  die Wärmeleitfähigkeit des Gases, gemessen bei 600 °C, ausgedrückt in W/mK und Log den natürlichen Logarithmus bedeuten.
- 45 8. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß
- 50 nach Abkühlen des Drahts (1) von einer Temperatur oberhalb der Umwandlungstemperatur AC3 auf eine gegebene Temperatur unterhalb der Umwandlungstemperatur AC1 der Draht während einer Zeit, die größer ist als die Perlitisierungszeit, auf einer Temperatur gehalten wird, die um nicht mehr als 10 °C nach oben oder unten von dieser gegebenen Temperatur abweicht, unter Modulation des Wärmeaustausches, wobei in dem oder den Abschnitten des oder der Rohre (33), in denen die Perlitisierungsgeschwindigkeit am größten ist, folgende Beziehungen eingehalten werden:
- 55 
$$1,05 \leq R' \leq 8 \quad (5)$$

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

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
5 der Draht (1) auf einer Temperatur gehalten wird, die um nicht mehr als 5 °C nach oben oder unten von dieser gegebenen Temperatur abweicht.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
10 die Modulation durch Verändern des Innendurchmessers ( $D'_{ti}$ ) des Rohrs (33) oder mindestens eines Rohrs (33) durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
15 die Modulation durch Verwendung mehrerer Rohre (33) durchgeführt wird, deren Länge ( $L'_i$ ) verändert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20 anschließend der Draht (1) abgekühlt wird.

13. Vorrichtung (100) zur thermischen Behandlung von mindestens einem Draht (1) aus Kohlenstoffstahl zur Erzeugung eines homogenen Austenitgefüges, wobei die Vorrichtung folgende Merkmale aufweist:

a) Sie umfaßt mindestens ein Rohr (2) und Mittel, die es ermöglichen, den Draht durch das Rohr zu führen; das Rohr (2) enthält ein Gas (4) praktisch ohne Zwangsventilation in direktem Kontakt mit dem Draht, wobei die Vorrichtung Mittel zum Erhitzen des Gases umfaßt; die Mittel, die es ermöglichen, den Draht durch das Rohr zu führen sind so, daß die Kontaktzeit des Drahts mit dem Gas kleiner als 4 Sekunden pro Millimeter Drahtdurchmesser ist;

b) die Kenngrößen des Rohrs (2), des Drahts (1) und des Gases (4) sind so gewählt, daß folgende Beziehungen eingehalten werden:

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

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

mit den Definitionen

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

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

wobei  $D_{ti}$  den Innendurchmesser des Rohrs, ausgedrückt in Millimetern,  $D_f$  den Durchmesser des Drahts, ausgedrückt in Millimetern,  $\lambda$  die Wärmeleitfähigkeit des Gases, gemessen bei 800 °C, ausgedrückt in Watt/mK und Log den natürlichen Logarithmus bedeuten.

14. Vorrichtung (100) nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
45 sie einen elektrischen Widerstand (6) aufweist, der außen am Rohr angebracht ist, um es zu erhitzen.

15. Vorrichtung (100) nach Anspruch 13 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
50 das Gas (4) in thermodynamischem Gleichgewicht mit dem Kohlenstoff des Stahls des Drahts ist.

16. Vorrichtung (100) nach Anspruch 13 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
55 das Gas (4) eine oberflächliche Recarbonisierung des Stahls des Drahts (1) ermöglicht.

17. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 13 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß

das Gas (4) eine reduzierende Wirkung auf die Oberfläche des Drahts (1) ausüben kann.

18. Vorrichtung (200) nach einem der Ansprüche 13 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß

sie eine Umhüllung (9) aufweist, in der mehrere Rohre (2) angeordnet sind.

19. Vorrichtung (100, 200) nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der  
Durchmesser ( $D_f$ ) des Drahts (1) sich von 0,4 bis 6 mm ändert.

20. Vorrichtung (100, 200) nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß  
sie die Behandlung von Drähten (1) mit einem Verhältnis der Durchmesser  $D_f$  von 1 bis 5 ermöglicht.

21. Einrichtung (300) zur thermischen Behandlung von mindestens einem Draht (1) aus Hohlenstoffstahl,  
die mindestens eine Vorrichtung (100, 200) gemäß einem der Ansprüche 13 bis 20 umfaßt.

22. Einrichtung (300) zur thermischen Behandlung nach Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet, daß

sie nach der Austenitisierungsvorrichtung (100, 200) Mittel umfaßt, die es ermöglichen, den Draht (1)  
abzukühlen und ein feines perlitisches Gefüge zu erhalten, wobei diese Mittel folgende Merkmale  
aufweisen:

c) Diese Mittel zur Abkühlung und Perlitisierung umfassen mindestens ein Rohr (33), das ein Gas  
(35) praktisch ohne Zwangsventilation enthält, wobei das Rohr von einem Wärmeträgerfluid (37) so  
umgeben ist, daß eine Wärmeübertragung vom Draht über das Gas und das Rohr auf das  
Wärmeträgerfluid abläuft;

d) die Kenngrößen des Rohrs (33), des Drahts (1) und des Gases (35) sind so gewählt, daß  
mindestens während der Abkühlung vor der Perlitisierung die folgenden Beziehungen eingehalten  
werden:

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

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

mit den Definitionen

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

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

wobei  $D'_{ti}$  den Innendurchmesser des Rohrs, ausgedrückt in Millimetern,  $D_f$  den Durchmesser des  
Drahts ausgedrückt in Millimetern,  $\lambda'$  die Wärmeleitfähigkeit des Gases, gemessen bei 600 °C,  
ausgedrückt in Watt/mK und Log den natürlichen Logarithmus bedeuten.

23. Einrichtung (300) nach Anspruch 22,  
dadurch gekennzeichnet, daß

ein oder mehrere Rohre (33) so angelegt sind, daß sie nach Abkühlung des Drahts (1) von einer  
Temperatur oberhalb der Umwandlungstemperatur AC3 auf eine gegebene Temperatur unterhalb der  
Umwandlungstemperatur AC1 es ermöglichen, den Draht (1) während einer Zeit, die größer ist als die  
Perlitisierungszeit auf einer Temperatur zu halten, die um nicht mehr als 10 °C nach oben oder unten  
von dieser gegebenen Temperatur abweicht, durch Modulation des Wärmeaustausches, wobei die  
folgenden Beziehungen in dem oder den Abschnitten des oder der Rohre, wo die Geschwindigkeit der  
Perlitisierung am größten ist, eingehalten wird:

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

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

24. Einrichtung (300) nach Anspruch 23,  
dadurch gekennzeichnet, daß

das oder die Rohre (33) so angelegt sind, daß die Temperatur des Drahts (1) um nicht mehr als 5 °C

nach oben oder unten von der gegebenen Temperatur abweicht.

25. Einrichtung (300) nach einem der Ansprüche 23 oder 24,  
dadurch gekennzeichnet, daß

5 sich der Innendurchmesser ( $D'_{ti}$ ) des oder mindestens eines Rohres (33) in den Perlitisierungsmitteln  
ändert.

26. Einrichtung (300) nach einem der Ansprüche 23 bis 25,  
dadurch gekennzeichnet, daß

10 sie in den Perlitisierungsmitteln mehrere Rohre (33) umfaßt, deren Länge ( $L'_i$ ) sich ändert.

27. Einrichtung (300) nach einem der Ansprüche 21 bis 26,  
dadurch gekennzeichnet, daß

15 sie Mittel aufweist, die es ermöglichen, den Draht (1) nach der Perlitisierung abzukühlen.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

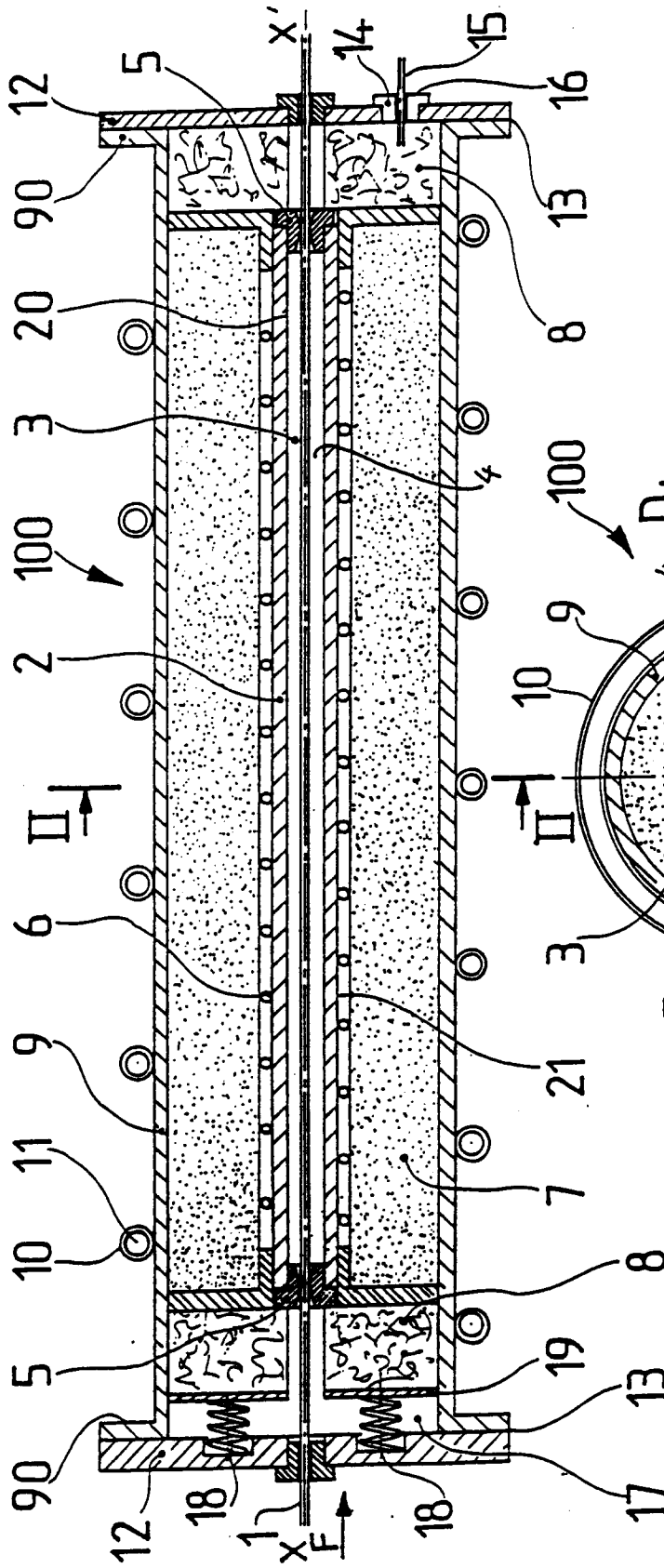


Fig.2

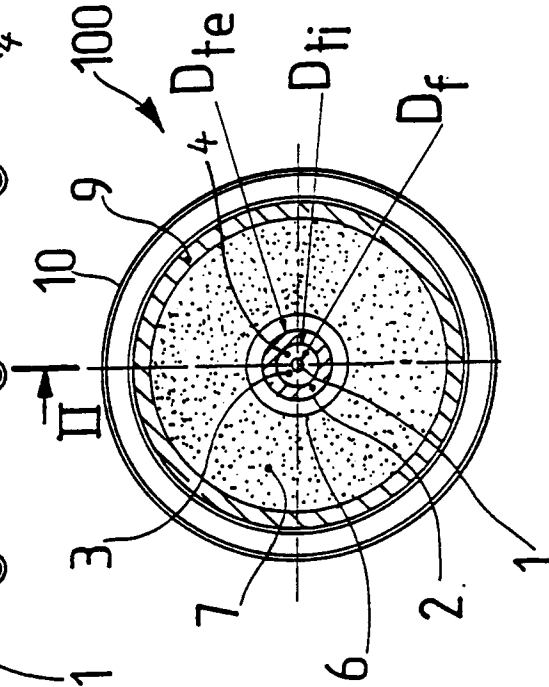
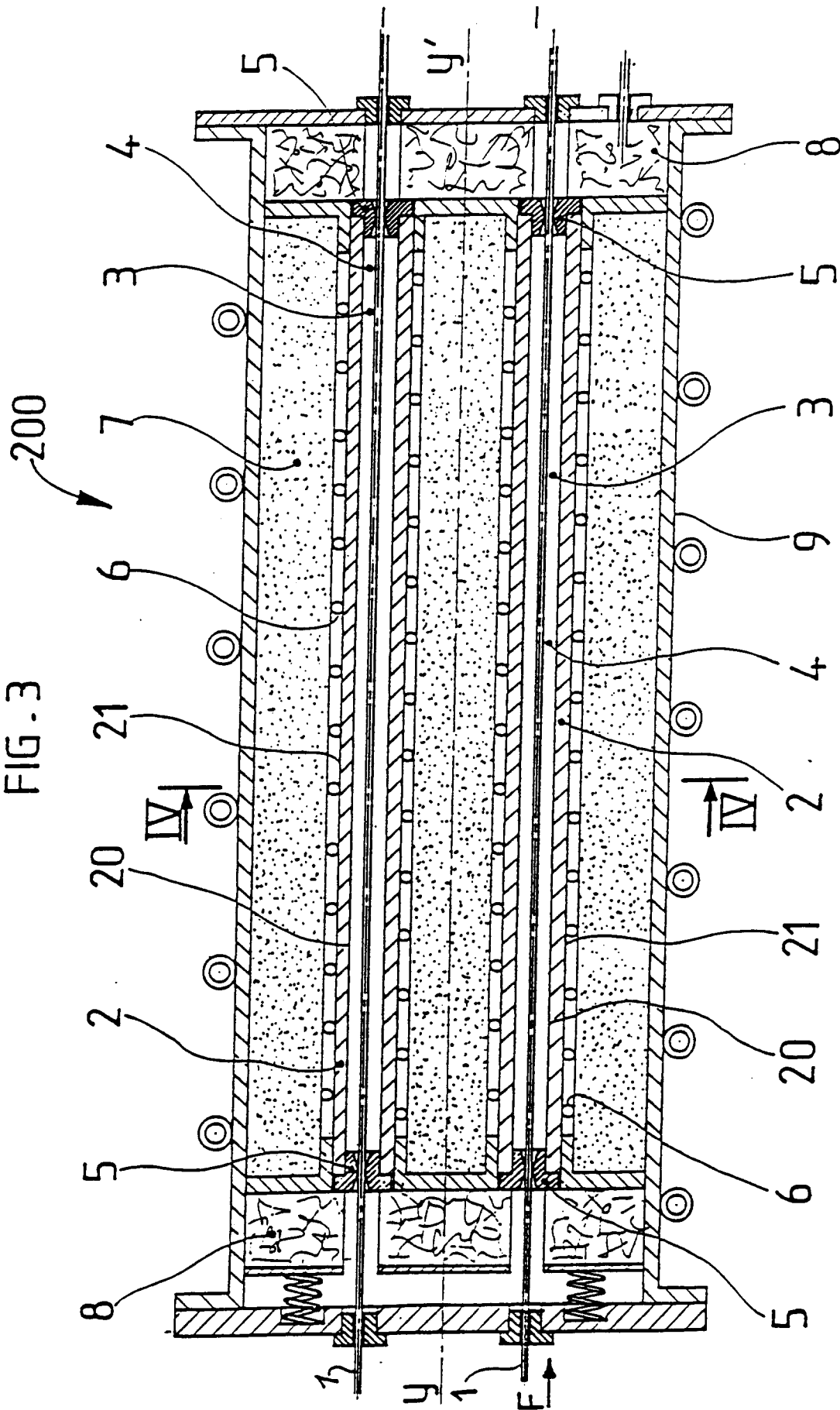


FIG. 3





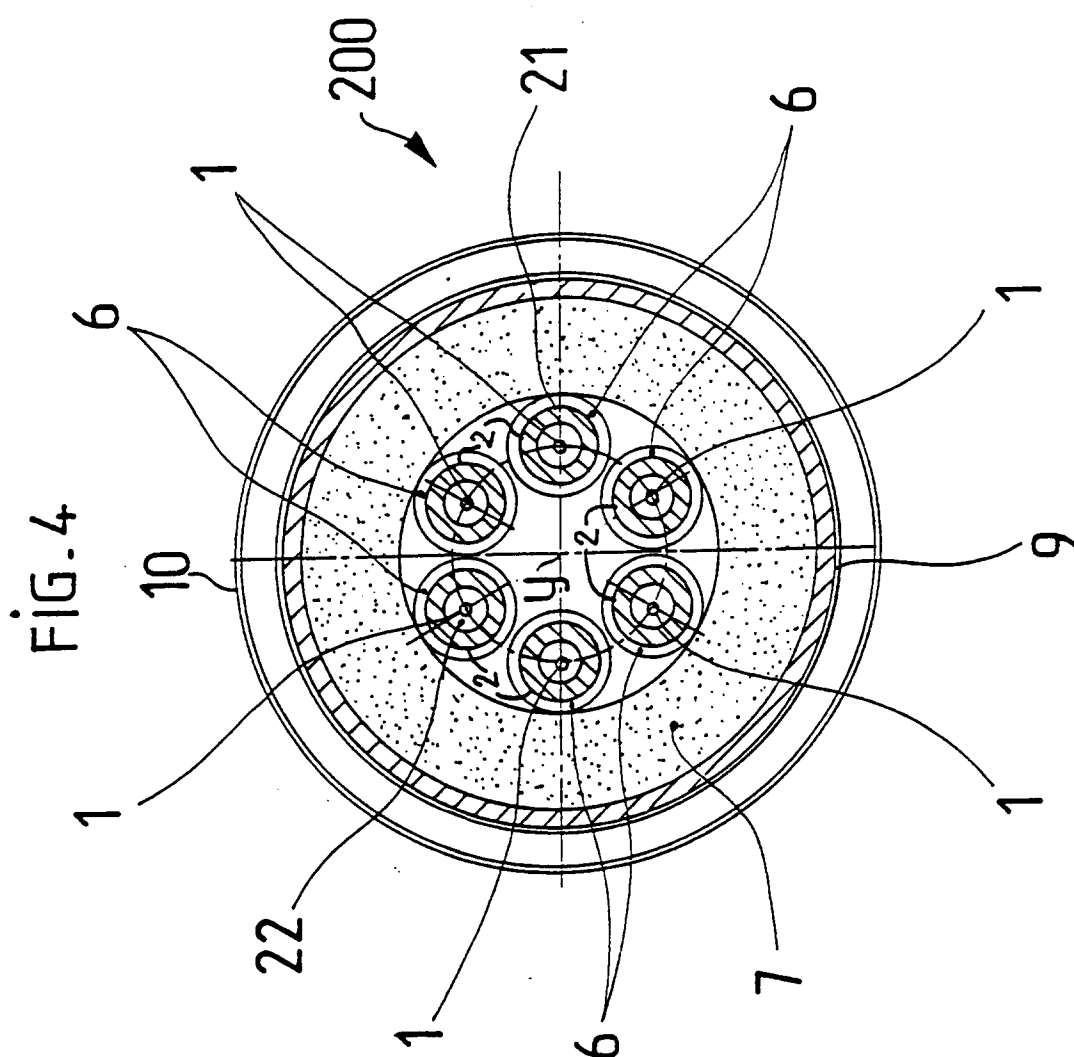
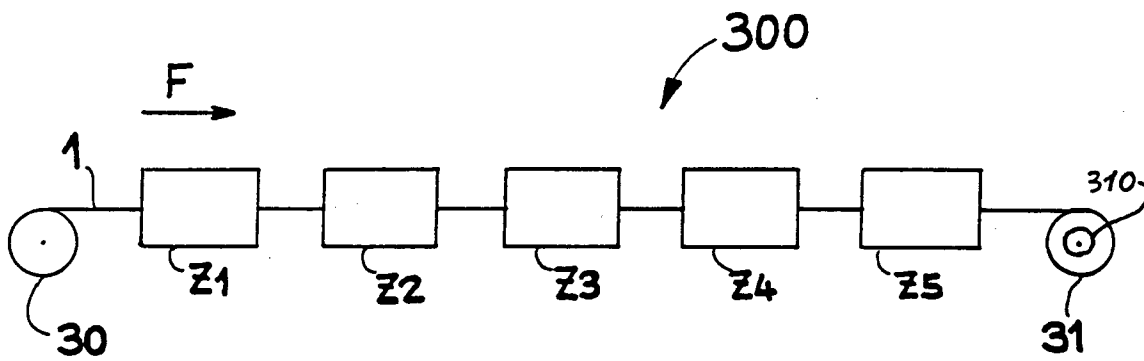
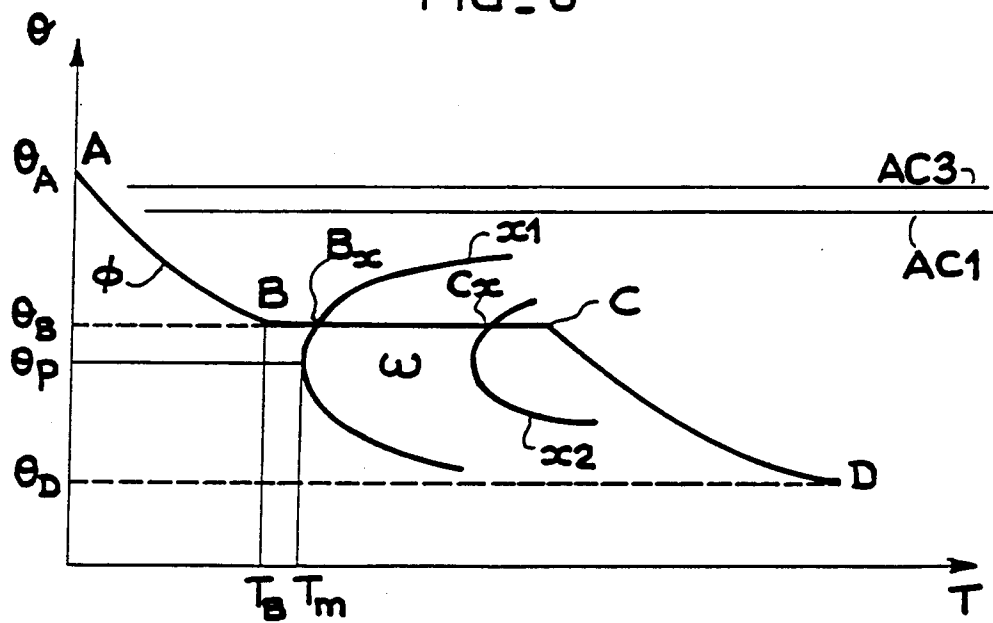


FIG. 5



FIG\_6



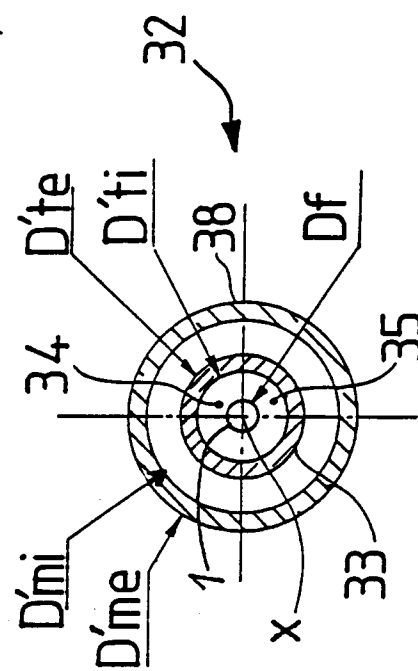
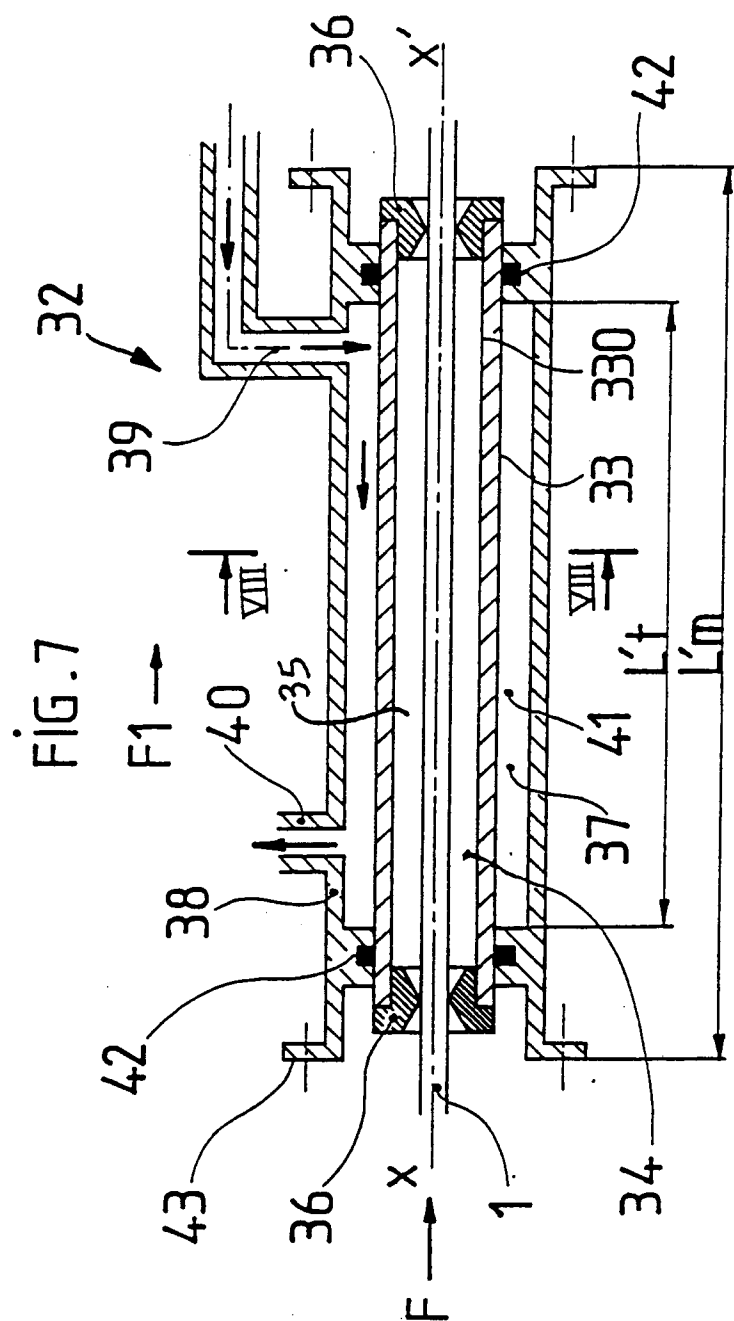


Fig. 8.

FIG.9

