



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: **90113824.8**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **C21D 9/573, C21D 9/56, C21D 9/64**

(22) Date de dépôt: **19.07.90**

(30) Priorité: **26.07.89 FR 8910324**

(71) Demandeur: **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN - MICHELIN & CIECIE**  
**12, Cours Sablon**  
**F-63040 Clermont-Ferrand Cédex(FR)**

(43) Date de publication de la demande: **30.01.91 Bulletin 91/05**

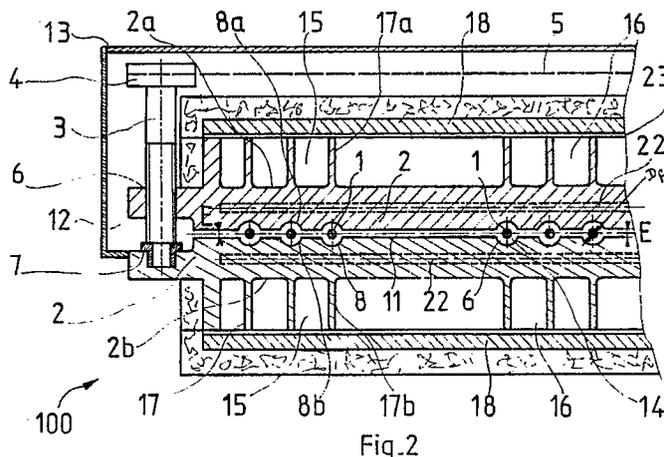
(84) Etats contractants désignés: **AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

(72) Inventeur: **Reiniche, André**  
**205 Avenue de la Libération**  
**F-63000 Clermont-Ferrand(FR)**  
 Inventeur: **Chanet, Christian**  
**21, rue des Peupliers**  
**F-63800 Cournon-D'Auvergne(FR)**

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

(54) **Procédé et dispositif pour traiter thermiquement au moins un fil métallique avec des plaques de transfert thermique.**

(57) Procédé et dispositif (100) pour traiter thermiquement au moins un fil (1) métallique caractérisés en ce que l'on fait passer le fil (1) dans au moins un couple de plaques (2, 2a, 2b) de transfert thermique, entre deux rainures (8, 8a, 8b) pratiquées sur les deux plaques (2, 2a, 2b) de chacun de ces couples, l'écartement (E) entre les plaques pouvant varier, le fil (1) étant directement au contact d'un gaz (11) pratiquement dépourvu de ventilation forcée disposé entre les rainures (8, 8a, 8b). Fils (1) métalliques obtenus avec ce procédé et ce dispositif (100).



EP 0 410 300 A1

L'invention concerne les procédés et les dispositifs permettant de traiter thermiquement des fils métalliques, notamment des fils d'acier au carbone. Un tel traitement consiste par exemple à obtenir une structure perlitique fine. Ces fils sont utilisés notamment pour renforcer des articles en caoutchouc et/ou en matières plastiques, par exemple des enveloppes de pneumatiques.

- 5 La demande de brevet français 88/00904 décrit un procédé et un dispositif pour effectuer un traitement de perlitisation dans lequel on fait passer le fil dans un ou plusieurs tubes contenant un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée. Ce procédé et ce dispositif présentent les avantages suivants :
- simplicité, coûts d'investissement et de fonctionnement peu élevés ;
  - on peut obtenir une loi de refroidissement précise et éviter le phénomène de recalescence ;
  - 10 - on peut effectuer avec la même installation un traitement de perlitisation sur des fils dont le diamètre varie 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.

L'expérience montre cependant que pour des aciers de composition chimique légèrement différente (en particulier des pourcentages de carbone légèrement au dessous ou au dessus de l'eutectoïde), les courbes TTT (Temps, Température, Texture) pouvaient être très différentes. On observe même ce phénomène pour des aciers de compositions chimiques identiques mais provenant d'aciéries différentes.

Ainsi, à titre d'exemple, pour des aciers à 0,8 % de carbone il est courant d'avoir des temps d'incubation variant dans des rapports de 1 à 1,7, le temps d'incubation étant le temps s'écoulant entre le début du refroidissement et le début de la transformation austénite/perlite, ce qui contraint à utiliser des installations ayant des paramètres de construction différents pour traiter des fils d'acier ayant le même diamètre et des compositions identiques ou voisines, afin d'obtenir dans tous les cas une structure d'acier optimisée.

Le but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif pour traiter thermiquement un fil métallique, présentant une bonne adaptabilité, l'adaptabilité pouvant être définie notamment comme l'aptitude à obtenir des courbes temps-température identiques pour des fils de même diamètre ayant des courbes TTT différentes.

Dans la demande de brevet précitée 88/00904 le flux de chaleur échangé par le fil est essentiellement contrôlé par la conductibilité thermique et les dimensions de l'anneau gazeux entourant le fil à traiter. La présente invention permet d'obtenir l'adaptabilité en modifiant et/ou en réglant les dimensions dudit anneau gazeux.

En conséquence, le procédé conforme à l'invention pour traiter thermiquement au moins un fil métallique est caractérisé par les points suivants :

- a) on fait passer le fil dans au moins un couple de plaques de transfert thermique, entre deux rainures pratiquées sur les deux plaques de chacun de ces couples, l'écartement entre les plaques pouvant varier, le fil étant directement au contact d'un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée disposé entre les rainures ;
- b) les caractéristiques des rainures, du fil et du gaz définissent le rapport K par la relation :

$$40 \quad K = \frac{\text{Log} (D_i/D_f)}{\lambda} \times D_f^2 \quad (1)$$

avec

$$45 \quad D_i = \sqrt{4S/\pi} \quad (2)$$

Log étant le logarithme népérien, S étant la surface de l'ensemble des deux rainures se faisant face, cette surface, exprimée en mm<sup>2</sup> correspondant à la section des rainures par un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du fil, D<sub>f</sub> étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité thermique du gaz déterminée à 600 °C, exprimée en watt.m<sup>-1</sup>. °K<sup>-1</sup>.

L'invention concerne également un dispositif permettant de traiter thermiquement au moins un fil métallique, le dispositif étant caractérisé par les points suivants :

- a) il comporte un couple de plaques de transfert thermique ainsi que des moyens permettant de faire varier l'écartement entre les plaques et des moyens permettant de faire passer le fil dans le couple ; chaque plaque comporte une rainure de façon à constituer deux rainures se faisant face entre lesquelles passe le fil ; le fil est directement au contact d'un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée disposé entre les rainures ;
- b) les caractéristiques des rainures, du fil et du gaz définissent le rapport K par la relation :

$$K = \frac{\text{Log} (D_i/D_f)}{\lambda} \times D_f^2 \quad (1)$$

5

avec

$$D_i = \sqrt{4S/\pi} \quad (2)$$

Log étant le logarithme népérien, S étant la surface de l'ensemble des deux rainures se faisant face, cette surface, exprimée en mm<sup>2</sup> correspondant à la section des rainures par un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du fil, D<sub>f</sub> étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité thermique du gaz déterminée à 600 °C, exprimée en watt.m<sup>-1</sup>. °K<sup>-1</sup>.

10

Le terme "pratiquement dépourvu de ventilation forcée" veut dire que le gaz entre les rainures 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.

15

L'invention concerne également les procédés et les installations complets de traitement de fils utilisant le procédé et le dispositif précédemment décrits.

L'invention concerne également les fils métalliques obtenus selon les procédés et/ou avec le dispositif et les installations conformes à l'invention.

20

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 une installation pour traiter thermiquement plusieurs fils métalliques, cette installation utilisant plusieurs dispositifs conformes à l'invention ;

25

- la figure 2 représente une partie d'un des dispositifs utilisés dans l'installation représentée à la figure 1, la figure 2 étant une coupe effectuée dans un plan perpendiculaire à la direction longitudinale des fils ;

- les figures 3 et 4 représentent chacune des rainures du dispositif représenté à la figure 2, ces figures 3 et 4 étant des coupes effectuées de la même façon que la figure 2 ;

- la figure 5 représente la circulation d'un fluide caloporteur utilisé dans le dispositif représenté à la figure 2 ;

30

- la figure 6 représente la variation de la température en fonction du temps pour un fil traité dans l'installation représentée à la figure 1 ;

- la figure 7 représente un autre dispositif conforme à l'invention en coupe selon un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du fil traité dans ce dispositif ;

35

- la figure 8 représente en coupe une portion de la structure perlitique fine d'un fil traité dans l'installation représentée à la figure 1.

La figure 1 représente une installation complète permettant de traiter des fils d'acier au carbone de façon à obtenir une structure perlitique fine. Cette installation 1000, qui permet par exemple de traiter simultanément 8 fils 1, comporte quatre zones référencées Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, Z<sub>4</sub>, les fils 1 traversant successivement ces quatre zones dans cet ordre.

40

La zone Z<sub>1</sub> correspond à un traitement d'austénitisation. Dans cette zone les fils 1 sont chauffés à une température supérieure à la température de transformation AC3 pour obtenir une austénite homogène.

La zone Z<sub>2</sub> correspond à un refroidissement rapide permettant d'amener les fils 1, à une température inférieure à la température de transformation AC1, de façon à obtenir une austénite métastable.

45

La zone Z<sub>3</sub> correspond au traitement de perlitisation, avec transformation d'austénite métastable en perlite.

La zone Z<sub>4</sub> correspond à un refroidissement des fils pour les amener à la température ambiante, ou à une température proche de la température ambiante.

Le traitement d'austénitisation dans la zone Z<sub>1</sub> est réalisé de façon connue, par exemple avec un four à moufle ou à gaz, ou conformément à la demande de brevet français 88/08425, ce procédé consistant à chauffer les fils en les faisant passer dans des tubes contenant un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée.

50

Les zones Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub> et Z<sub>4</sub> comportent chacune au moins un dispositif conforme à l'invention. Un tel dispositif est représenté en partie à la figure 2. Ce dispositif 100 comporte un couple de plaques 2 de transfert thermique, les fils 1 passant dans ce couple. Les plaques 2 conductrices de la chaleur sont réalisées par exemple en bronze, en acier ou en fonte.

55

La figure 2 est une coupe effectuée dans un plan perpendiculaire à la direction longitudinale des fils 1 qui sont tous parallèles entre eux.

Les deux plaques 2 sont parallèles entre elles et disposées l'une au dessus de l'autre, la plaque supérieure étant référencée 2a et la plaque inférieure étant référencée 2b. Ces plaques 2a, 2b sont séparées par l'écartement E qui peut varier grâce à au moins trois vis 3, par exemple quatre, pour la simplicité du dessin une seule de ces vis est représentée à la figure 2. Le mouvement de rotation de chaque vis 3 peut être synchronisé à l'aide de la roue dentée 4, prolongeant la vis 3, et de la chaîne 5. La vis 3 est en prise avec un filetage 6 pratiqué dans la plaque de transfert 2a supérieure et elle s'appuie sur une butée à bille ou en bronze 7 placée dans la plaque de transfert 2b inférieure. Les autres vis ont des dispositions identiques, la chaîne 5 reliant toutes les roues 4 pour assurer la synchronisation des déplacements, et donc le parallélisme des plaques, c'est-à-dire la même valeur de la distance E en suivant les plaques 2.

Chaque plaque 2a, 2b comporte des rainures 8, une pour chaque fil. Chaque rainure 8a de la plaque 2a fait face à une rainure 8b de la plaque 2b. La forme des rainures est par exemple la même pour les plaques 2a, 2b. A titre d'exemple les rainures 8 ont chacune la forme d'un demi-cylindre de révolution dont l'axe est parallèle à la direction longitudinale des fils 1, les rainures 8 ayant donc la forme d'un demi-cercle dans une section perpendiculaire à la direction longitudinale des fils, c'est-à-dire dans la coupe de la figure 2.

Dans cette section, l'ensemble de deux rainures 8a, 8b se faisant face constitue un cercle, qui correspond au cas où ces deux rainures se touchent, lorsque l'on a  $E = 0$ . La surface de cet ensemble en section est référencé S et Di est donné par la relation

$$Di = \sqrt{4S/\pi} \quad (2)$$

Di étant donc, dans le cas particulier décrit, le diamètre du demi-cercle correspondant aux sections de chacune des rainures 8 à la figure 2.

Chaque fil 1 passe entre deux rainures 8a, 8b se faisant face. Ces rainures sont prévues de telle sorte que le fil 1 puisse passer entre ces rainures lorsqu'elles sont au contact l'une de l'autre, c'est-à-dire qu'on a  $Di > Df$ , Df étant le diamètre du fil 1.

Les moyens permettant de faire progresser chaque fil 1 entre les plaques 2 comportent par exemple la bobine 9 disposée à la sortie de la zone  $Z_4$  sur laquelle s'enroulent les fils 1 après le traitement, cette bobine 9 étant actionnée par le moteur 10 (figure 1).

Les fils 1 sont directement au contact d'un gaz 11 remplissant les rainures 8 et pratiquement dépourvu de ventilation forcée, ce gaz 11 étant au contact du volume 12, à l'extérieur des plaques 2, ce volume 12 étant limité par l'enceinte 13.

Di,  $\lambda$ , Df et S permettent de définir le coefficient K :

$$K = \frac{\text{Log} (Di/Df)}{\lambda} \times D_f^2 \quad (1)$$

Log étant le logarithme népérien,  $\lambda$  étant la conductibilité thermique du gaz 11 déterminée à  $600^\circ \text{C}$ , exprimée en  $\text{watt.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Le gaz 11 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.

La variation de l'écartement E modifie la forme du manchon 14 de gaz 11 entourant chaque fil 1, ce qui permet de contrôler les échanges thermiques entre les fils 1 et les plaques 2 par l'intermédiaire du gaz 11, les échanges thermiques maxima correspondant à  $E = 0$ .

L'invention n'est pas limitée au cas où les rainures 8 ont en section la forme d'un demi-cercle. C'est ainsi par exemple que la figure 3 représente deux rainures 8a, 8b se faisant face qui ont chacune la forme d'un arc de cercle inférieur à un demi-cercle, et la figure 4 représente deux rainures 8a, 8b se faisant face qui ont chacune la forme d'un demi-carré. Ces figures sont des coupes effectuées de façon analogue à la figure 2, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe du fil 1 qu'elles entourent, ces rainures étant représentées dans le cas où les plaques 2a, 2b sont au contact l'une de l'autre, avec par conséquent  $E = 0$ .

Quelle que soit la forme des rainures, la relation (2) est toujours vérifiée, c'est-à-dire par exemple que dans le cas de la figure 4 on a :  $Di = 2d \sqrt{1/\pi}$ , d étant la longueur du côté du carré.

Du côté opposé aux fils 1, chaque plaque 2 est au contact d'un espace 15 dans lequel circule un fluide caloporteur 16, par exemple de l'eau. Les plaques 2 se prolongent dans les espaces 15 par des ailettes 17 qui facilitent les échanges thermiques entre les plaques 2 et le fluide 16.

De préférence pour chaque plaque 2, on utilise un nombre d'ailettes 17 égal au nombre de fils 1 traités

et on dispose ces ailettes 17 suivant l'axe des fils 1 (figure 2) une ailette 17a de la plaque 2a étant située pratiquement dans le même plan qu'une ailette 17b de la plaque 2b, l'axe d'un fil 1 étant disposé dans ce plan. L'espace 15 est limité par le couvercle 18, l'étanchéité étant assurée par le joint 23.

La figure 5 représente un espace 15, le couvercle 18 étant supposé enlevé. Le fluide 16 arrive par la canalisation 19, il circule ensuite le long des ailettes 17. Des parois déflectrices 20 provoquent des changements de direction lors de cette circulation, schématisée par les flèches  $F_{16}$  à la figure 5. Le fluide 16 sort ensuite du dispositif 100 par la canalisation 21. Le dispositif 100 comporte des résistances électriques 22 disposées dans les plaques 2 permettant de chauffer les plaques 2 si on le désire. Dans ce cas de préférence on ne fait pas circuler le fluide 16, car celui-ci sert à évacuer vers l'extérieur les calories provenant des fils 1.

On peut envisager une circulation de fluide 16 pour une seule des plaques 2.

La figure 6 représente le diagramme  $\emptyset$  de traitement d'un fil 1 lors de son passage dans les zones  $Z_2$  à  $Z_4$  de l'installation 1000, l'axe des abscisses représentant le temps "t" et l'axe des ordonnées représentant la température T, du fil 1.

L'origine des temps correspond au point A qui correspond à la sortie de la zone  $Z_1$ , le fil 1 à la température  $T_A$  ayant une structure d'austénite homogène. La portion de diagramme AB correspond au refroidissement rapide dans la zone  $Z_2$  pour obtenir une austénite métastable, le fil ayant la température  $T_B$  à la fin de ce refroidissement.

La portion de diagramme BC correspond à la zone  $Z_3$  où l'on réalise la perlitisation du fil 1. De préférence, dans cette zone  $Z_3$ , la température du fil 1 reste aussi proche que possible de  $T_B$ , la variation de température étant au plus égale à  $10^\circ\text{C}$  par excès ou par défaut de cette température  $T_B$ , et de préférence au plus égale à  $5^\circ\text{C}$  par excès ou par défaut de  $T_B$ , ceci afin d'éviter ou de limiter les phénomènes de recalescence. Dans un but de simplification, la portion BC est représentée sous forme d'un segment de droite correspondant à la température  $T_B$ . La portion de diagramme CD correspond au refroidissement du fil pour l'amener à la température ambiante, ou à une température proche de la température ambiante, après perlitisation, cette température finale étant référencée  $T_D$ .

Le ou les dispositifs 100 utilisés pour la zone  $Z_2$  vérifient la relation :

$$5 \leq K \leq 8 \quad (3)$$

$\lambda$  étant déterminé à  $600^\circ\text{C}$

et il en est de même de préférence pour le ou les dispositifs 100 utilisés pour la zone  $Z_4$ .

Les dispositifs 100 utilisés pour la zone  $Z_3$  vérifient la relation :

$$3 \leq K \leq 6 \quad (4)$$

Pour avoir une transformation isotherme ou pratiquement isotherme dans la zone  $Z_3$ , on utilise plusieurs dispositifs 100, par exemple 6, de façon à avoir des échanges thermiques modulés. En effet, la transformation du fil 1 dans ce segment BC est complexe, et s'effectue selon le schéma suivant, du point B au point C :

Au voisinage de B, la formation de germes aux joints de grains de l'austénite métastable se poursuit. Puis la transformation d'austénite en perlite commence à s'effectuer avec tout d'abord une vitesse faible, cette vitesse de transformation passe par un maximum pour décroître ensuite et devenir nulle. Au voisinage de C la transformation en perlite est terminée, mais la température est cependant maintenue pratiquement constante jusqu'en C pour éviter un reste d'austénite métastable.

La transformation d'austénite en perlite est très exothermique, et la région où la vitesse de perlitisation est maximum correspond à une région où l'évacuation des calories doit être maximum. Dans les autres régions l'évacuation des calories doit être plus faible, ou même il peut être nécessaire de chauffer. Pour réaliser cette modulation on peut jouer par exemple sur trois facteurs :

- appliquer les plaques l'une contre l'autre ( $E = 0$ ) dans la zone où la vitesse de perlitisation est maximum :
- écarter les plaques ( $E \neq 0$ ) et éventuellement les chauffer, dans les autres régions.

Pour un nombre N de dispositifs 100 utilisés dans la zone  $Z_3$  il y a N-2 configurations idéales possibles dans lesquelles la vitesse maximum de transformation d'austénite en perlite se situe au milieu d'un de ces dispositifs.

Par exemple, pour six dispositifs 100 utilisés dans la zone  $Z_3$  on a quatre positions idéales schématisées par le tableau 1 suivant, ces dispositifs 100-1 à 100-6 étant indiqués dans cet ordre sur la figure 6 aux intervalles de temps correspondants du segment BC.

TABLEAU 1

Configurations idéales	N° de dispositif					
	100-1	100-2	100-3	100-4	100-5	100-6
1	E ≠ 0	E = 0	E ≠ 0	Chauf.	Chauf.	Chauf.
2	chauf.	E ≠ 0	E = 0	E ≠ 0	chauf.	chauf.
3	chauf.	chauf.	E ≠ 0	E = 0	E ≠ 0	chauf.
4	chauf.	chauf.	chauf.	E ≠ 0	E = 0	E ≠ 0

Chauf. = chauffage

Le réglage des dispositifs 100 de la zone Z<sub>3</sub> est obtenu par exemple à l'aide d'un ordinateur, de la façon suivante :

La température des fils 1 est déterminée à la sortie des plaques 2 grâce à un pyromètre qui fournit ces indications à l'ordinateur. Celui-ci envoie alors des signaux à des vannes contrôlant la circulation de fluide 16, à des vannes permettant de chasser ce fluide (dans le cas du chauffage), par exemple avec de l'air comprimé, à des moteurs agissant sur les roues 4, à des régulateurs de températures agissant sur les résistances électriques 22.

L'invention est illustrée par les exemples qui suivent et qui sont tous conformes à l'invention. Dans ces exemples, la vitesse de défilement du fil est de 1 mètre par seconde, le nombre de fils traités simultanément est de 8. L'austénitisation pratiquée dans la zone Z<sub>1</sub> est effectuée de façon classique, par exemple avec un four à gaz ou à moufle, de façon à obtenir une température d'austénitisation T<sub>A</sub> de 980 °C.

Le diamètre du fil est de 1,3 mm, le gaz 11 est de l'ammoniac cracké, contenant 75 % en volume de H<sub>2</sub> et 25 % en volume de N<sub>2</sub>, la conductibilité  $\lambda$  à 600 °C étant de 0,28 watts.m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

#### Exemple 1

Les zones Z<sub>2</sub> à Z<sub>4</sub> de l'installation 1000 comportent 8 dispositifs 100 au total. Les rainures 8 ont en coupe la forme de demi-cercles comme précédemment décrit.

- La zone Z<sub>2</sub> comporte un dispositif 100 d'une longueur de 2,7 m. Diamètre des rainures 8 : 3,7 mm.
- La zone Z<sub>4</sub> comporte un dispositif 100 d'une longueur de 2,5 m. Diamètre des rainures 8 : 3,7 mm.
- La zone Z<sub>3</sub> comporte six dispositifs 100. Chacun de ces éléments a une longueur de 1 m et il est équipé de résistances électriques dont la puissance totale est de 1,5 kW. Il y a donc quatre configurations idéales, comme précédemment indiqué.

Pour la zone Z<sub>3</sub> la longueur totale est donc de 6 mètres et le temps de passage des fils est de 6 secondes. Le diamètre des rainures 8 est de 3,2 mm.

On utilise des fils 1 en acier comportant 0,815 % de C, 0,527 % de Mn, 0,219 % de Si, 0,006 % de S, 0,012 % de P, 0,082 % de Al, 0,045 % de Ca, 0,020 % de Cr, 0,008 % de Ni.

Le temps correspondant au passage dans la zone Z<sub>2</sub> (refroidissement rapide) est de 2,7 secondes. La température des fils 1 dans la zone Z<sub>3</sub> est de 580 ° ± 10 °C. On constate une configuration de type 1 (tableau 1). La valeur du coefficient K est la suivante : dans la zone Z<sub>2</sub> : 6,31, dans la zone Z<sub>3</sub> : 5,44, dans la zone Z<sub>4</sub> : 6,31.

Après traitement dans l'installation 1000, les fils 1 ont une résistance à la rupture en traction de 1350 MPa. Ces fils sont laitonnés et tréfilés de façon connue pour obtenir un diamètre final de 0,2 mm. La résistance à la rupture en traction pour les fils tréfilés est de 3480 MPa.

Le rapport des sections est par définition :

$$R = \frac{\text{section du fil avant tréfilage}}{\text{section du fil après tréfilage}}$$

La déformation rationnelle est par définition :

$\epsilon = \text{Log } R \text{ Log}$  étant le logarithme népérien  
On a donc pour les fils 1 :  $R = 42,25$  ;  $\epsilon = 3,74$

5 Exemple 2

Les zones  $Z_2$  à  $Z_4$  de l'installation 1000 comportent dix dispositifs 100 au total. Les rainures 8 ont en coupe la forme de demi-cercles comme précédemment décrit.

- La zone  $Z_2$  comporte un dispositif 100 d'une longueur de 2,7 m. Diamètre des rainures 3,7 mm.
- 10 - La zone  $Z_4$  comporte un dispositif 100 d'une longueur de 2,5 m. Diamètre des rainures 8 : 3,7 mm.
- La zone  $Z_3$  comporte huit dispositifs 100, ce qui correspond donc à 6 configurations idéales possibles. Chaque dispositif 100 a une longueur de 0,75 m. La longueur et le temps de séjour des fils 1 dans cette zone  $Z_3$  sont donc identiques à l'exemple 1. Diamètre des rainures : 3,2 mm.

15 Les autres caractéristiques des dispositifs 100 sont identiques à celles de l'exemple 1, en particulier la nature du gaz 11.

Les fils 1 sont réalisés avec le même acier que dans l'exemple 1.

La température des fils 1 dans la zone  $Z_3$  est de  $550 \pm 5^\circ \text{C}$ , c'est-à-dire que l'isothermicité est meilleure que dans l'exemple 1. Cette meilleure isothermicité a permis d'abaisser la température dans la zone  $Z_3$  sans risque de formation de bainite, ce qui permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques et  
20 la valeur d'usage des fils 1. La pointe de puissance de la transformation d'austénite en perlite se produit dans le deuxième élément 100 de cette zone  $Z_3$ . Le coefficient K a dans les zones  $Z_2$  à  $Z_4$  les mêmes valeurs que dans l'exemple 1.

Après traitement dans l'installation 1000, les fils 1 ont une résistance à la rupture en traction de 1350 MPa. Ces fils sont ensuite laitonnés puis tréfilés de façon connue pour obtenir un diamètre final de 0,2 mm.  
25 La résistance à la rupture en traction pour ce fil tréfilé est de 3500 MPa. On a :  $R = 42,25$  ;  $\epsilon = 3,74$ .

Dans les exemples de réalisation précédemment décrits, l'écartement E était constant dans chaque dispositif 100, mais l'invention s'applique au cas où, dans un même dispositif, l'écartement E varie à l'intérieur de ce dispositif.

C'est ainsi par exemple que la figure 7 représente un dispositif 200 conforme à l'invention comportant  
30 deux plaques 2 réunies à une de leur extrémité par une tige 30 parallèle au fil 1 disposé entre les rainures 8. Les plaques 2 tournent autour de la tige 30 et donc l'écartement E varie dans le sens perpendiculaire au fil 1. L'ouverture des plaques 2 est obtenue par exemple à l'aide d'une pièce 31 en forme de coin qui écarte les plaques lorsqu'on l'enfonce entre ces plaques.

Le fil 1 traité conformément à l'invention comporte la même structure que celle qu'on obtient par le  
35 procédé connu de patentage au plomb, c'est-à-dire une structure perlitique fine. Cette structure comporte des lamelles de cémentite séparées par des lamelles de ferrite. A titre d'exemple, la figure 8 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  
40 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.

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

45 **Revendications**

1. Procédé pour traiter thermiquement au moins un fil métallique caractérisé par les points suivants :
  - a) on fait passer le fil dans au moins un couple de plaques de transfert thermique, entre deux rainures pratiquées sur les deux plaques de chacun de ces couples, l'écartement entre les plaques pouvant  
50 varier, le fil étant directement au contact d'un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée disposé entre les rainures ;
  - b) les caractéristiques des rainures, du fil et du gaz définissent le rapport K par la relation :

55 
$$K = \frac{\text{Log} (D_i/D_f)}{\lambda} \times D_f^2 \quad (1)$$

avec

$$D_i = \sqrt{4S/\pi} \quad (2)$$

Log étant le logarithme népérien, S étant la surface de l'ensemble des deux rainures se faisant face, cette surface, exprimée en mm<sup>2</sup> correspondant à la section des rainures par un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du fil, D<sub>f</sub> étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité thermique du gaz déterminée à 600 °C, exprimée en watt.m<sup>-1</sup>.°K<sup>-1</sup>.

2. Procédé selon la revendication 1 permettant d'obtenir une structure perlitique fine, le fil, préalablement à ce traitement, ayant été maintenu à une température supérieure à la température de transformation AC3 pour obtenir une austénite homogène, ce procédé étant 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 transformations AC1 ;

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

e) on refroidit ensuite le fil jusqu'à la température ambiante ou jusqu'à une température proche de la température ambiante;

f) les opérations de refroidissement avant perlitisation et de perlitisation sont réalisées en faisant passer le fil dans au moins un couple de plaques de telle sorte que l'on ait  $5 \leq K \leq 8$  lors de ce refroidissement et  $3 \leq K \leq 6$  lors de la perlitisation.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'opération de refroidissement après perlitisation est réalisée en faisant passer le fil dans au moins un couple de plaques de telle sorte que l'on a  $5 \leq K \leq 8$ .

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la température du fil pendant l'opération de perlitisation ne varie pas de plus de 10 °C par excès ou par défaut d'une température donnée.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que l'on utilise au moins quatre couples de plaques lors de la perlitisation.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'écartement des plaques est régulé en fonction de la température du fil, à la sortie de ces plaques.

7. Dispositif permettant de traiter thermiquement au moins un fil métallique, le dispositif étant caractérisé par les points suivants :

a) il comporte un couple de plaques de transfert thermique ainsi que des moyens permettant de faire varier l'écartement entre les plaques et des moyens permettant de faire passer le fil dans le couple ; chaque plaque comporte une rainure de façon à constituer deux rainures se faisant face entre lesquelles passe le fil ; le fil est directement au contact d'un gaz pratiquement dépourvu de ventilation forcée disposé entre les rainures ;

b) les caractéristiques des rainures, du fil et du gaz définissent le rapport K par la relation :

$$K = \frac{\text{Log} (D_i/D_f)}{\lambda} \times D_f^2 \quad (1)$$

avec

$$D_i = \sqrt{4S/\pi} \quad (2)$$

Log étant le logarithme népérien, S étant la surface de l'ensemble des deux rainures se faisant face, cette surface, exprimée en mm<sup>2</sup> correspondant à la section des rainures par un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du fil, D<sub>f</sub> étant le diamètre du fil exprimé en millimètres, λ étant la conductibilité thermique du gaz déterminée à 600 °C, exprimée en watt.m<sup>-1</sup>.°K<sup>-1</sup>.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de faire circuler un fluide caloporteur au contact d'au moins une plaque sur le côté opposé au fil.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une résistance électrique disposée dans au moins une plaque.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de faire varier l'écartement des plaques en fonction de la température du fil.

11. Installation comportant au moins un dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 10.

12. Installation selon la revendication 11 permettant d'obtenir une structure perlitique fine, caractérisée par les points suivants :

c) elle comporte des moyens permettant de porter et de maintenir le fil à une température supérieure à la température de transformation AC3 pour obtenir une austénite homogène ;

- d) elle comporte des moyens permettant ensuite de refroidir le fil depuis une température supérieure à la température de transformation AC3 jusqu'à une température inférieure à la température de transformation AC1 ;
- 5 e) elle comporte des moyens permettant d'effectuer ensuite un traitement de perlitisation à une température inférieure à la température de transformation AC1 ;
- f) elle comporte des moyens permettant de refroidir ensuite le fil jusqu'à la température ambiante ou jusqu'à une température proche de la température ambiante ;
- g) les moyens de refroidissement avant perlitisation et les moyens de perlitisation comportent chacun au moins un dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 10, de telle sorte que l'on ait 5
- 10  $5 \leq K \leq 8$  lors de ce refroidissement et  $3 \leq K \leq 6$  lors de la perlitisation.
13. Installation selon la revendication 12, caractérisée en ce que les moyens de perlitisation comportent au moins quatre dispositifs conformes à l'une quelconque des revendications 7 à 10, de telle sorte que la température du fil, lors de la perlitisation ne varie pas de plus de 10 °C par excès ou par défaut d'une température donnée.
- 15 14. Installation selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13 caractérisée en ce que les moyens de refroidissement après perlitisation comportent au moins un dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 10 et en ce que l'on a  $5 \leq K \leq 8$  lors de ce refroidissement.
15. Fil traité avec le procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6.
16. Fil traité avec le dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 10.
- 20 17. Fil traité avec l'installation conforme à l'une quelconque des revendications 11 à 14.

25

30

35

40

45

50

55

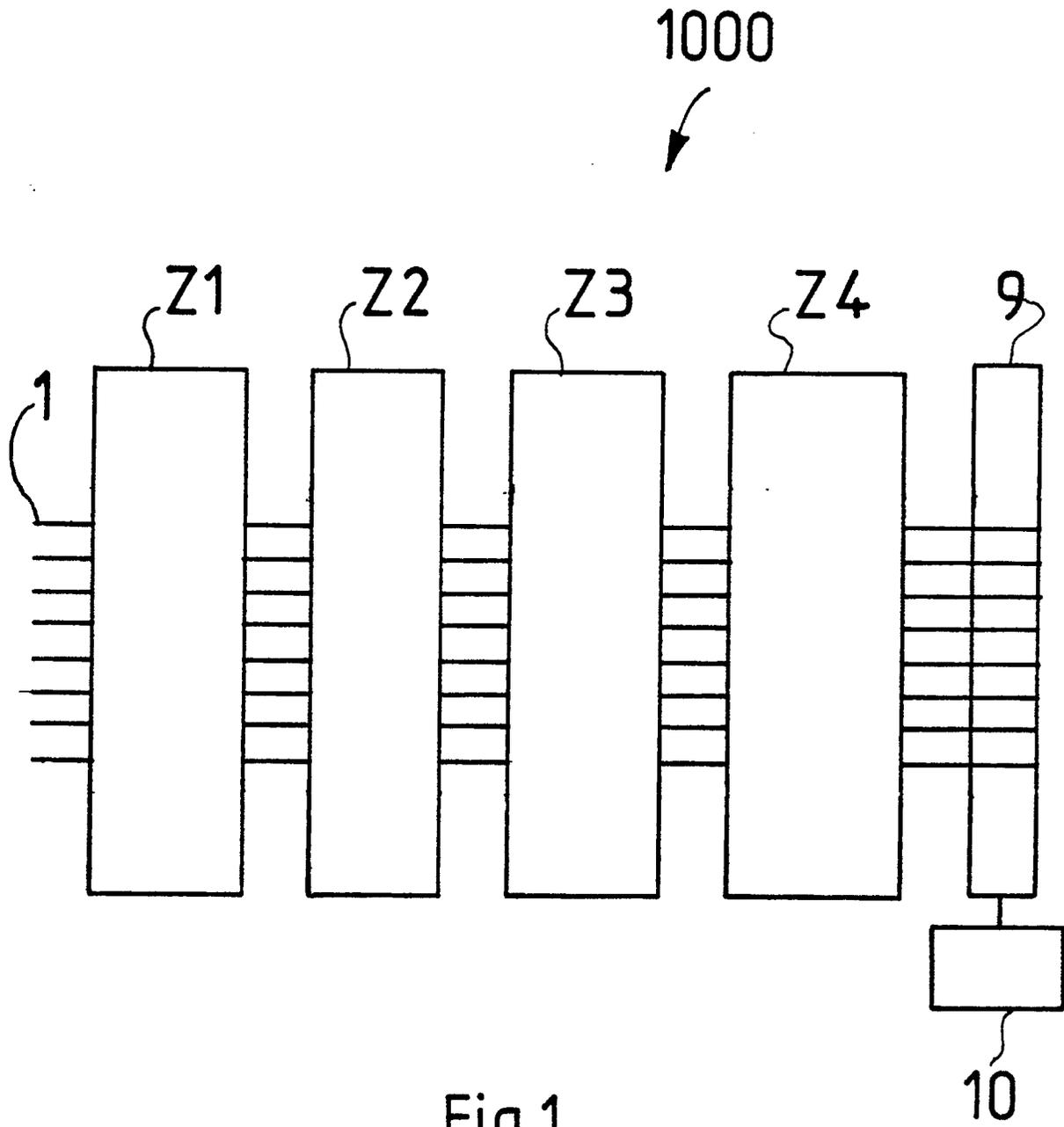


Fig.1

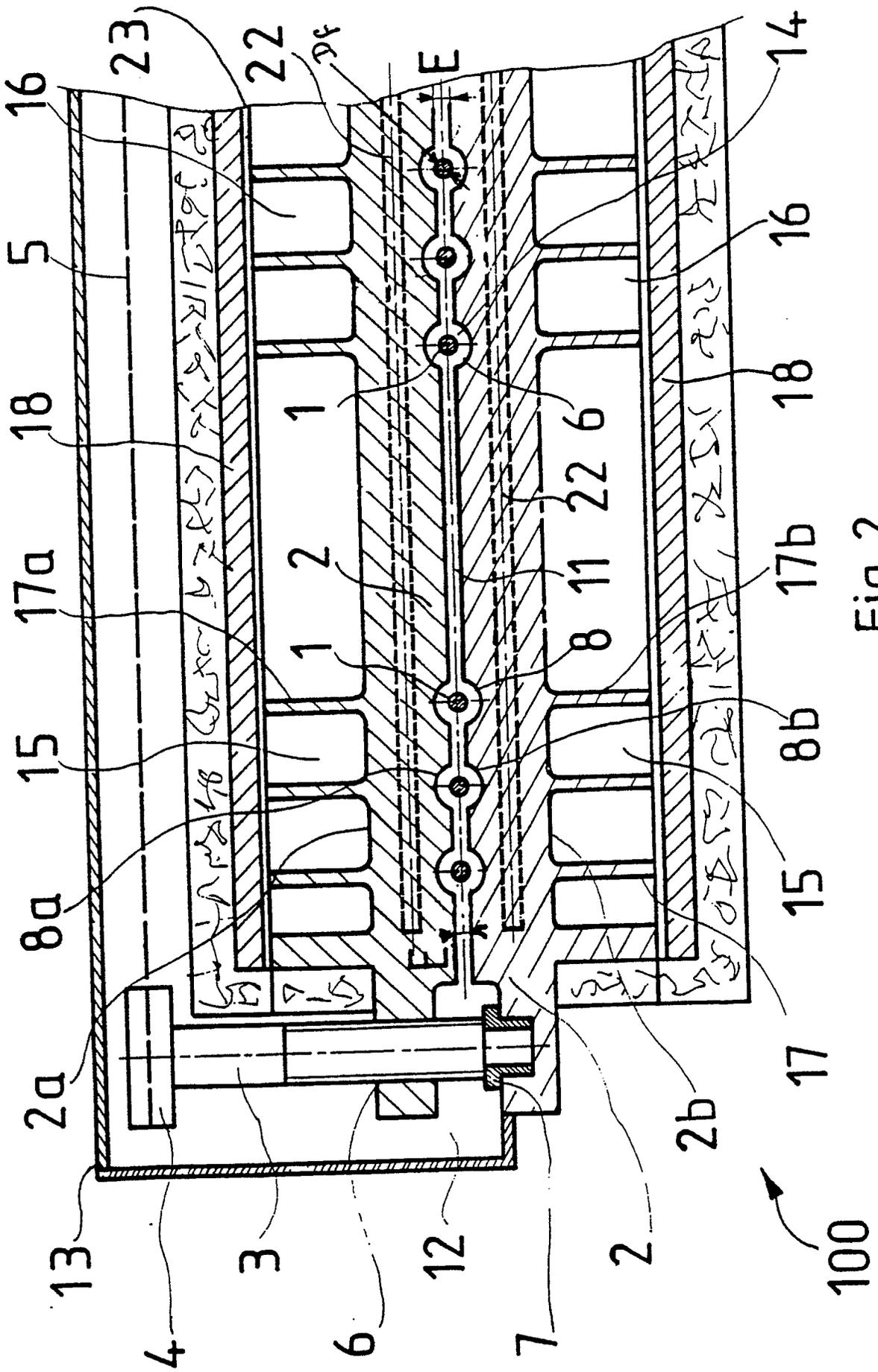


Fig. 2

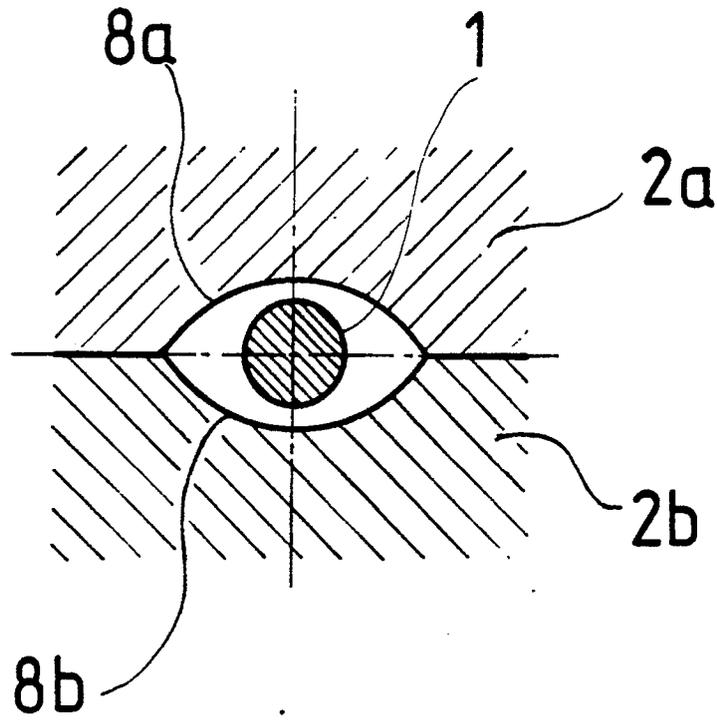


Fig. 3

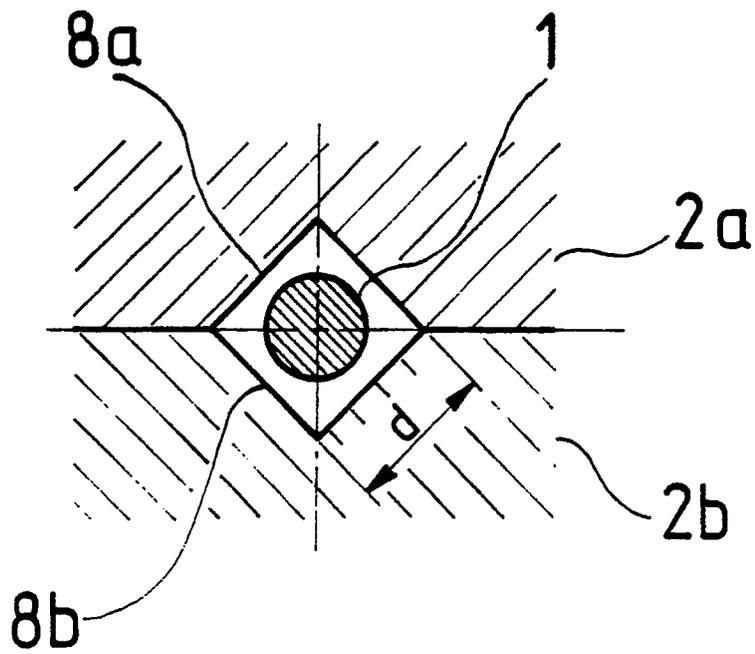


Fig. 4

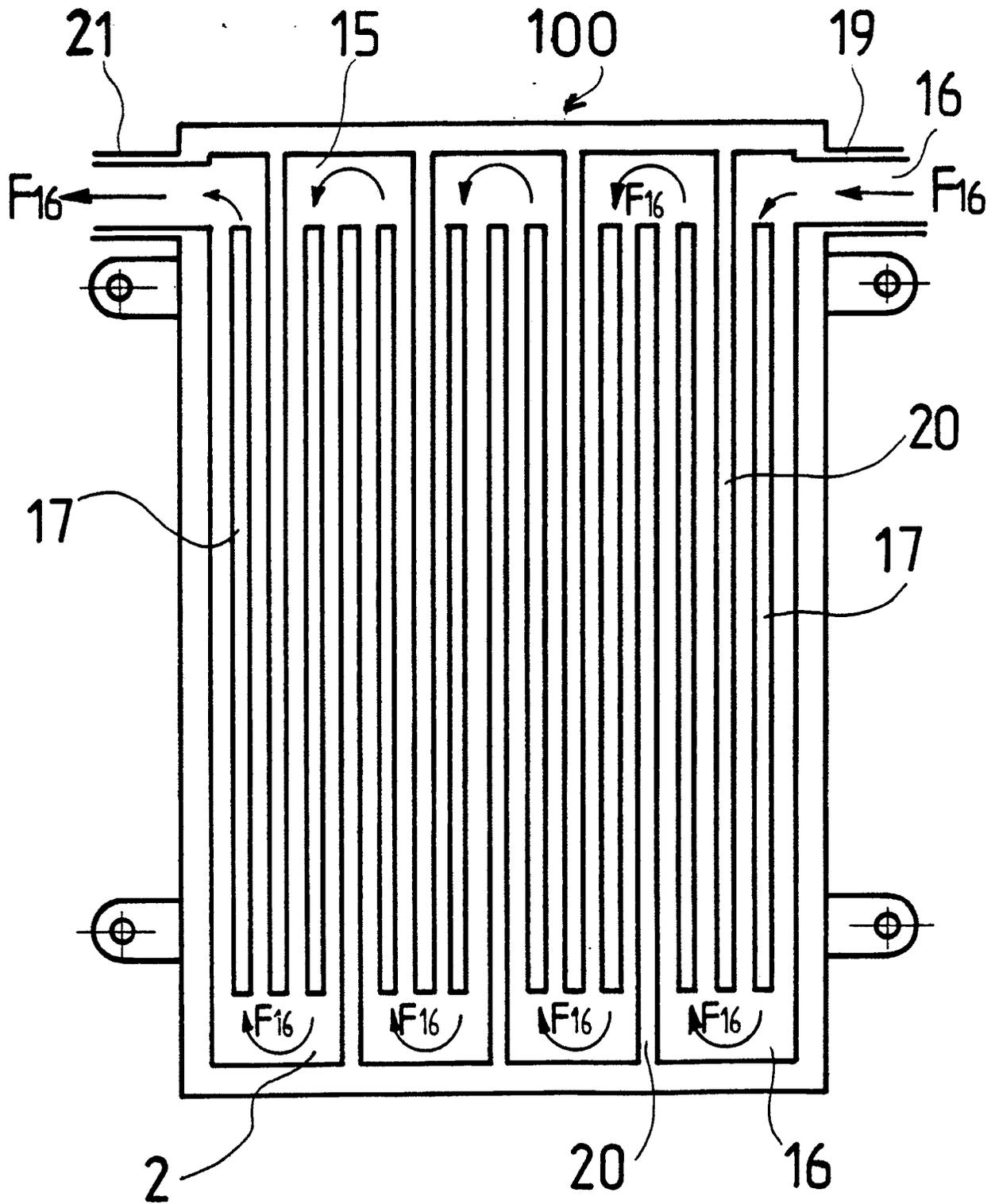
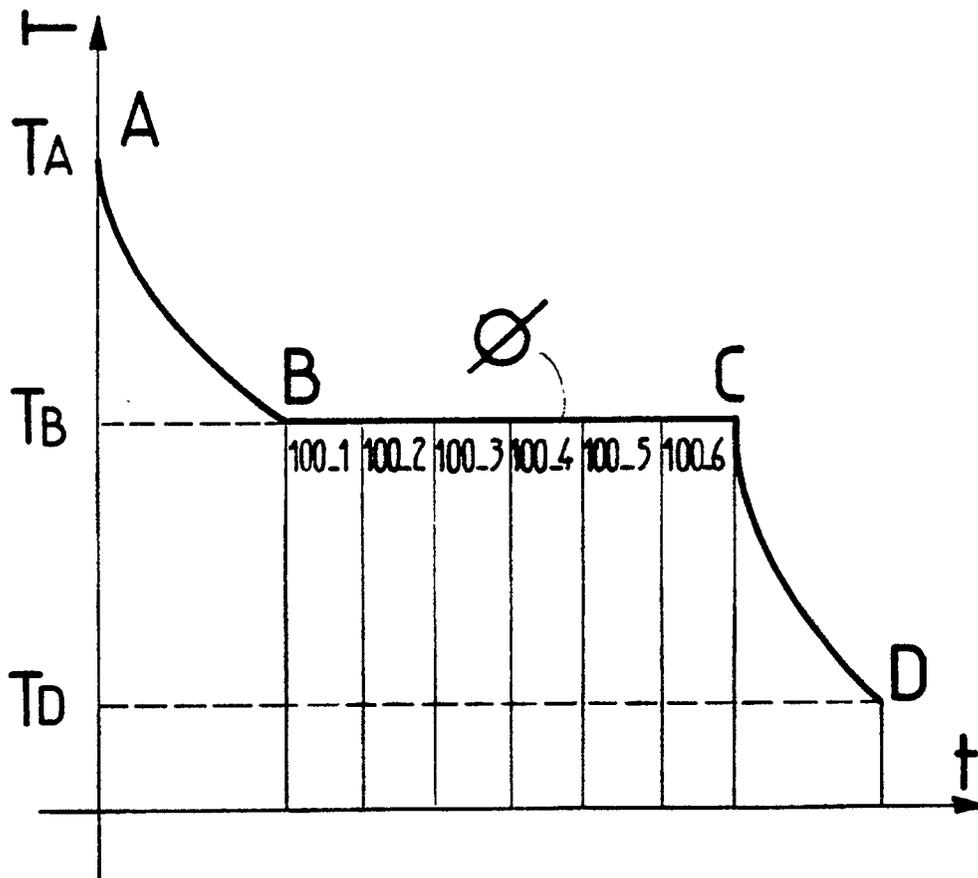


FIG.5

Fig.6



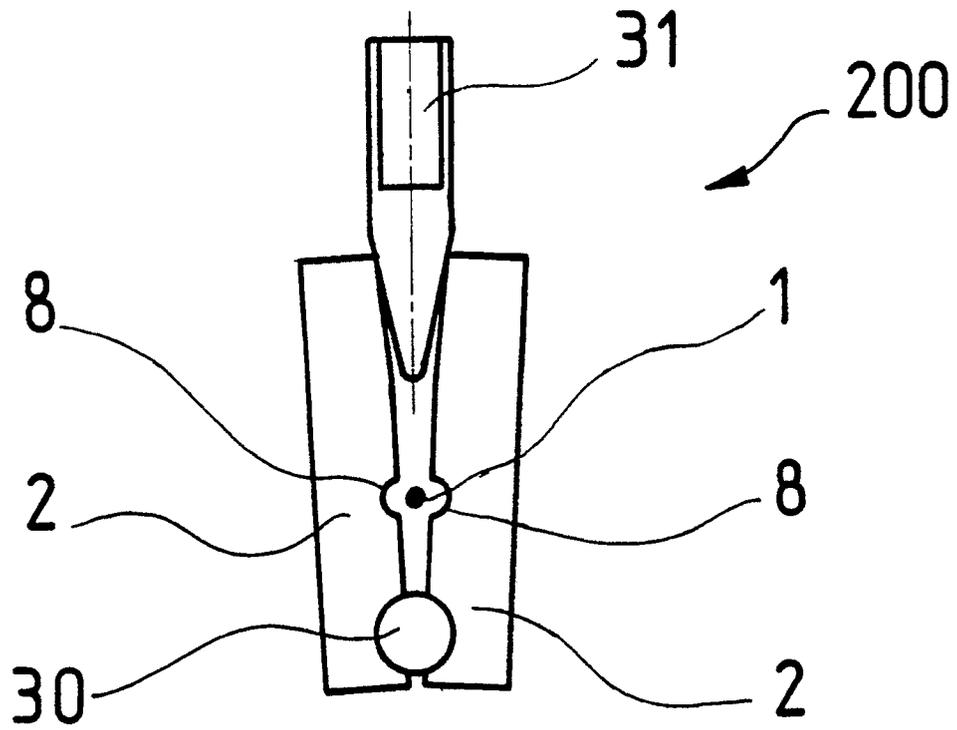


Fig. 7

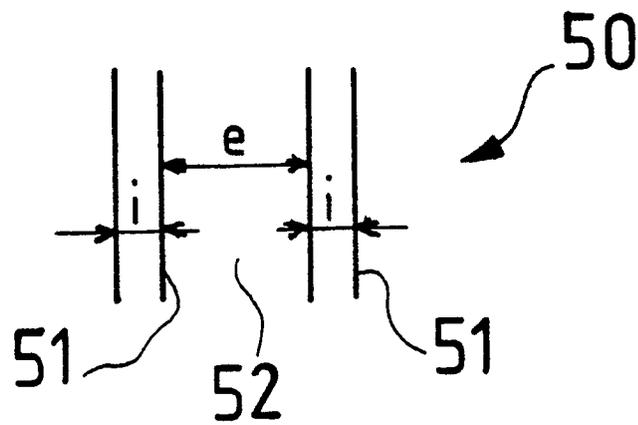


Fig. 8



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.5)
A	US-A-4 581 512 (K.S. MCGINN et al.) - - -		C 21 D 9/573 C 21 D 9/56 C 21 D 9/64
A	DE-A-2 111 631 (PIRELLI) - - -		
A	DE-A-2 055 964 (KOBE STEEL) - - -		
A	DE-C-9 148 62 (HOHENLIMBURGER WALZWERKE) - - -		
A	FR-A-2 359 209 (ERNST MICHALKE) - - - - -		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)  C 21 D
Lieu de la recherche  La Haye		Date d'achèvement de la recherche  30 octobre 90	Examineur  MOLLET G.H.J.
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