ROYAUME DE BELGIQUE

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

BREVET D'INVENTION

NUMERO DE PUBLICATION : 1005034A6

NUMERO DE DEPOT : 09100580

Classif. Internat. : C21D B21C

Date de délivrance le : 30 Mars 1993

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 14 Juin 1991 à 10H00 à l 'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE Association sans but lucratif - Vereniging zonder winstoogmerk
rue Montoyer 47, B-1040 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : LACASSE Lucien, CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES A.S.B.L., Rue Ernest Solvay, 11 - B 4000 LIEGE.

un brevet d' invention d' une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE FABRICATION DE FIL D'ACIER DUR.

INVENTEUR(S) : Economopoulos Marios, quai Marcellis 6/111, B-4020 Liège (BE);Grethen Emile, rue de la Forêt 52, L-3317 Bergem (LU);Lambert Nicole, avenue Guillaume Joachim 42, B-4300 Waremme (BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 30 Mars 1993
PAR DELEGATION SPECIALE :

G. DE CUYPERE
Directeur d'administration

Procédé de fabrication de fil d'acier dur.

La présente invention concerne un procédé de fabrication de fil d'acier dur, en particulier de fil de faible diamètre, par exemple inférieur à 2 mm. Par acier dur, on entend ici un acier contenant au moins 0,4 %, et de préférence au moins 0,6 % de carbone.

Un procédé conventionnel de fabrication de ce type de fil comprend généralement au moins trois étapes, à savoir un tréfilage préliminaire réduisant la section du fil jusqu'à un diamètre intermédiaire, un traitement thermique, et un tréfilage final qui donne au fil ses dimensions définitives. Cette situation se rencontre notamment dans la fabrication du fil de type "Steelcord" utilisé en particulier pour le renforcement d'articles en caoutchouc. Typiquement, la première étape comporte deux opérations de tréfilage successives, qui ramènent le diamètre du fil respectivement de 5,5 mm à 2,8 mm au cours de la première opération, puis de 2,8 mm à 0,9 - 1,7 mm au cours de la deuxième opération. Ces valeurs, dont les dernières constituent le diamètre intermédiaire précité, ne sont données qu'à titre indicatif, sans effet de limitation sur l'invention qui sera décrite plus loin.

La première des opérations, donc appliquée au fil venant du train à fil, comprend elle-même un décalaminage ou décapage, un rinçage, un enduisage de lubrifiant et un séchage, et enfin le premier tréfilage proprement dit. Le fil est ensuite bobiné et éventuellement entreposé, avant d'être soumis à la deuxième des opérations précitées; celle-ci comprend essentiellement un débobinage, un tréfilage plus fin et un bobinage, suivi d'un nouvel entreposage.

La deuxième étape du procédé conventionnel consiste habituellement en un patentage au plomb, qui implique un débobinage du fil, un nettoyage éventuel, un chauffage à la température requise, le patentage proprement dit, puis un rinçage, un séchage, le dépôt d'une couche de laiton, un nouveau rinçage avec séchage, puis un bobinage et un entreposage.

Enfin, la troisième étape est le tréfilage final qui donne au fil ses dimensions définitives.

En pratique, les deux premières étapes imposent l'exploitation en parallèle de deux lignes de tréfilage et d'une ligne de patentage-laitonnage; celles-ci exigent une main d'oeuvre importante et occasionnent des frais très élevés de manipulation et d'entreposage.

D'autre part, ce procédé pose des problèmes d'environnement, liés à l'utilisation de savons comme lubrifiants de tréfilage et au traitement des effluents qui en résultent.

La discordance entre les vitesses élevées des lignes de tréfilage d'une part et la faible vitesse de la ligne de patentage-laitonnage d'autre part doit être compensée par l'installation d'un plus grand nombre de brins dans les lignes plus lentes. Outre les frais de main d'oeuvre qui en résultent, l'exploitation de nombreux brins en parallèle présente divers inconvénients d'ordre technique, tels que :

- difficulté de contrôler individuellement les tractions dans chaque brin, avec le risque de ruptures relativement fréquentes;
- nécessité de traiter en parallèle des fils de diamètres différents et par conséquent, impossibilité d'appliquer le cycle thermique le plus approprié pour chaque diamètre;
- impossibilité de contrôler individuellement la température d'austénitisation de chaque brin, même à diamètre égal.

Enfin, le peu de flexibilité du patentage au plomb limite les possibilités métallurgiques du procédé.

La présente invention a pour but de porter remède aux inconvénients précités, au moyen d'un procédé qui permet d'une part de supprimer les deux opérations de tréfilage préliminaire et d'autre part d'augmenter la vitesse du traitement thermique. A cet égard, le procédé de l'invention a aussi pour objet d'harmoniser les vitesses respectives des deux premières étapes du procédé, de façon à pouvoir effectuer ces deux étapes successivement dans une ligne continue unique.

Conformément à la présente invention, un procédé de fabrication de fil d'acier dur, qui comprend une première étape de réduction de la section du fil, un traitement thermique du fil et une étape finale de réduction de la section du fil, est caractérisé en ce que ladite première étape consiste en un laminage à chaud dudit fil en une pluralité de passes depuis son diamètre initial jusqu'à un premier diamètre intermédiaire prédéterminé, ledit fil étant chauffé à une température supérieure à sa température d'austénitisation avant ladite première étape et pendant au moins une partie de celle-ci, en ce que l'on refroidit ledit fil jusqu'à une température à laquelle il présente une structure d'austénite métastable, en ce que l'on maintient le fil à cette température pendant une durée inférieure au temps d'incubation de la transformation allotropique de l'austénite en perlite, cette durée étant généralement inférieure à 10 secondes, en ce qu'on lamine le fil jusqu'à un second diamètre intermédiaire pendant ladite période de maintien et avant la transformation allotropique de l'austénite métastable, en ce que l'on refroidit le fil jusqu'à la température ambiante, et en ce que l'on effectue la réduction de section finale du fil par tréfilage.

Le laminage du fil est effectué au moyen de galets lamineurs. Ces galets peuvent par exemple être montés par paires, avec leurs axes de rotation angulairement décalés de 90 degrés entre deux paires de galets successives. La présente description se réfère spécialement à ce montage particulier. Ils peuvent cependant être montés de toute façon appropriée, connue en soi, par exemple en des cages de trois galets angulairement décalés de 120 degrés. Ces galets peuvent être entraînés soit au moyen d'un axe unique, soit par des moteurs individuels. Ce dernier cas est particulièrement intéressant, car il permet d'effectuer un contrôle de la traction dans le fil entre les paires ou les cages de galets.

Habituellement, le fil produit par un train à fil conventionnel présente un diamètre de 5,5 mm, parfois de 5 mm. Le laminage ultérieur par des galets lamineurs suivant l'invention, réduit le fil jusqu'à un diamètre inférieur à 2 mm, et de préférence compris entre 0,8 mm et 1,7 mm.

Dans le présent procédé, le chauffage du fil est réalisé par passage direct de courant électrique dans le fil avant son entrée dans les paires de galets lamineurs et pendant au moins une partie de son trajet dans ces galets lamineurs. Pour assurer l'austénitisation de l'acier, on chauffe le fil jusqu'à une température comprise entre 950°C et 1100°C. Ce chauffage par effet Joule présente plusieurs avantages tels qu'un rendement thermique élevé, un contrôle rapide et précis de la température du fil ainsi que la possibilité de contrôler l'atmosphère afin d'éviter l'oxydation du fil.

De façon connue en soi, le courant électrique est appliqué au fil par l'intermédiaire de galets. Habituellement, la principale difficulté du chauffage d'un fil par effet Joule se situe dans le contact entre les galets et le fil, et plus particulièrement au contact "chaud". En effet, pour faire passer le courant électrique de chauffage dans de bonnes conditions, c'est-à-dire sans détériorer l'état de surface du fil, il faut que les galets exercent une certaine pression sur le fil, avec le risque de déformer ce dernier, particulièrement au contact chaud. Dans le cadre de la présente invention, une telle déformation ne constitue cependant pas un inconvénient, puisque les galets chauds sont précisément des galets lamineurs.

Dans un premier groupe de galets lamineurs, le fil à l'état austénitique stable est laminé jusqu'à un premier diamètre intermédiaire de l'ordre de 2 à 3 mm.

Le chauffage du fil par passage direct du courant pendant le laminage permet de réguler de façon très précise la température de laminage, le cas échéant pour chaque passe de laminage individuellement. Cette régulation précise permet à son tour de réaliser des traitements thermomécaniques relativement complexes destinés à améliorer les propriétés du produit final.

Le refroidissement constitue une étape importante du processus de fabrication du fil, car il conditionne la structure et par conséquent les propriétés du produit. D'une manière générale, le refroidissement d'un fil d'acier dur comprend un premier refroidissement jusqu'à la température

optimale de transformation, un maintien à cette température pendant le temps nécessaire à la transformation allotropique et un refroidissement final jusqu'à la température ambiante.

Dans le procédé de l'invention, le refroidissement du fil présente un caractère particulier, du fait qu'il comporte un traitement qui consiste à déformer l'acier alors qu'il se trouve dans des conditions où il présente une structure d'austénite métastable. Un tel traitement, bien connu dans la technique, sous l'appellation d'ausforming, permet d'augmenter dans une certaine mesure la charge de rupture de l'acier par rapport à un traitement de patentage au plomb. Toutefois, il n'a jamais reçu d'application industrielle à cause des difficultés technologiques que présente le tréfilage à haute température.

Ces difficultés sont résolues, suivant l'invention, par le fait que le traitement d'ausforming est réalisé par laminage dans des paires de galets lamineurs.

A cet effet, le fil est refroidi jusqu'à une température comprise entre 650°C et 450°C, et de préférence de l'ordre de 540°C, la température étant choisie en fonction de la composition de l'acier pour que celui-ci présente une structure d'austénite métastable. Ce refroidissement est de préférence rapide, afin de réduire la durée de l'opération et la longueur du dispositif requis, et d'éviter un début de transformation allotropique de l'austénite en perlite avant ou pendant le traitement d'ausforming; il n'a donc pas d'effet métallurgique, pour autant qu'il soit suffisamment rapide et court. Cette durée est de préférence inférieure à 10 secondes.

Le fil est ensuite laminé très rapidement à cette température, en un temps généralement inférieur à 1 seconde, de telle façon que le laminage soit terminé avant que débute la transformation allotropique de l'austénite métastable en perlite. A cet égard, le laminage est terminé lorsque le fil a atteint un second diamètre intermédiaire prédéterminé, qui est le diamètre requis pour l'opération de tréfilage final. Ce diamètre est de préférence compris entre 0,8 mm et 1,7 mm. Le taux de la réduction appliquée par le traitement d'ausforming est d'au moins 15 %.

Après le laminage d'ausforming, le fil est encore maintenu à la température précitée pendant une durée suffisante pour assurer la transformation allotropique de l'austénite. Pendant ce maintien, il est avantageux de refroidir le fil, par exemple par circulation d'air, afin d'éliminer la recalescence de fil et de réaliser ainsi une transformation isotherme. On peut rappeler que la recalescence est le réchauffement que subit le fil sous l'effet de la chaleur dégagée par la transformation allotropique, qui est un phénomène exothermique. La durée de ce maintien est inférieure à 10 secondes, et elle est de préférence d'environ 1 seconde. Elle est avantageusement choisie pour que la transformation allotropique soit effectuée à raison d'au moins 90 %

Le fil subit ensuite un refroidissement jusqu'à la température ambiante. Ce refroidissement n'ayant plus d'effet métallurgique, il est avantageusement effectué en un temps aussi court que possible, de préférence à l'eau, afin de réduire au maximum la longueur de la ligne de fabrication.

Après le refroidissement final, le fil subit l'opération habituelle de laitonnage pour recevoir une couche d'accrochage du lubrifiant de tréfilage.

A ce stade, il est d'ailleurs avantageux de prévoir une passe de calibrage du fil par tréfilage, afin d'éliminer l'ovalisation de la section résultant du laminage par les galets lamineurs et d'améliorer les tolérances sur le diamètre.

On effectue ensuite les opérations de tréfilage final conventionnel.

Il est préférable d'utiliser le même lubrifiant pour le tréfilage de calibrage et pour le tréfilage final, afin que le fil ne doive pas subir de nettoyage de surface après le calibrage.

On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre du procédé de l'invention, en faisant référence à la figure unique annexée, qui montre dans sa partie supérieure (a) une ligne continue pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention et dans sa partie inférieure (b) l'évolution de la température du fil le long de cette ligne. Cette figure constitue une

représentation schématique de l'installation, dans laquelle on n'a reproduit que les éléments nécessaires à la compréhension de l'invention.

La ligne de fabrication d'un fil d'acier dur par le procédé de l'invention se compose essentiellement d'un premier groupe de paires de galets 1, d'un dispositif de refroidissement 2, d'un second groupe de paires de galets 3, d'un dispositif de maintien à température 4, d'un dispositif de refroidissement final 5, d'un dispositif de laitonnage 6, d'une cage de calibrage 7 et d'un banc de tréfilage final 8.

Ces équipements seront décrits successivement, dans l'ordre où ils sont traversés par le fil 9 circulant dans le sens de la flèche 10.

Le groupe de galets 1 comporte d'abord deux paires de galets 11 et 12, qui sont de simples galets de contact électriques, reliés respectivement aux deux pôles d'une source de courant symbolisée ici par l'enroulement secondaire d'un transformateur 13. Ces galets 11, 12 sont essentiellement des contacts électriques permettant d'effectuer le chauffage du fil.

Ce groupe de galets 1 comprend ensuite une pluralité de paires de galets, telles que 14 et 15, dont les axes de rotation sont angulairement décalés de 90 degrés entre deux paires de galets successives. Ces paires de galets 14, 15, de préférence au nombre de dix à douze, sont raccordées aux bornes de sources de courant électrique symbolisées ici par des enroulements secondaires de transformateurs 16. Les paires de galets 14, 15 ont une double fonction, à savoir amener le courant de chauffage au fil 9 et laminer le fil jusqu'au premier diamètre intermédiaire.

Pour des raisons de sécurité, la paire de galets 11 et la première paire de galets 14 sont raccordées à la terre.

Le dispositif de refroidissement 2 peut être de tout type connu. Il doit être capable de refroidir le fil depuis la température de fin de laminage à la température d'ausforming, c'est-à-dire de la structure austénitique stable à une structure austénitique métastable en un temps compatible avec la vitesse d'exploitation de la ligne. A cet effet, on utilise de préférence un dispositif de refroidissement par soufflage d'air.

Les paires de galets 17, 18 du groupe 3 sont également décalées angulairement de 90 degrés l'une par rapport à l'autre. Leur nombre, de préférence compris entre deux et six, est choisi pour que le laminage d'ausforming soit effectué pendant que l'austénite est à l'état métastable. La distance entre deux paires de galets, ou cages, successives, est par exemple de 400 mm.

En 4 se trouve un dispositif de maintien du fil à la température de transformation, par exemple à environ 540°C pendant environ 1 seconde. Ce dispositif comporte des moyens de refroidissement du fil, de préférence à l'air, pour combattre la recalescence du fil, c'est-à-dire son réchauffement pendant la transformation allotropique.

Le refroidissement final, qui suit l'achèvement de la transformation allotropique, est effectué dans un dispositif 5, de type conventionnel. Ce refroidissement n'a aucun effet métallurgique sur le fil; il peut donc être effectué aussi rapidement que possible, de préférence à l'eau.

Enfin, un dispositif de laitonnage 6 précède une cage de calibrage par tréfilage 7, destinée à éliminer l'ovalisation du fil résultant du laminage dans les galets.

Le banc de tréfilage 8, du type conventionnel, donne au fil ses dimensions définitives.

Le diagramme tracé dans la partie inférieure de la figure illustre, de manière schématique et sans échelle particulière, l'évolution de la température du fil au cours de son traitement par le procédé de l'invention. L'axe horizontal OX représente le trajet parcouru par le fil, et l'axe vertical indique la température du fil dans les différentes parties de ce trajet.

A partir de sa température initiale T_0, qui est généralement la température ambiante, le fil est préchauffé jusqu'à une température d'austénitisation T_a entre les paires de galets 11 et 12 (tronçon OA). Il est maintenu à cette température pendant son laminage dans les paires de galets 14, 15 (tronçon AB), puis il pénètre dans le dispositif de refroi-

dissement 2. Il y est refroidi jusqu'à la température de transformation T_t en un temps compatible avec la vitesse de la ligne, mais qui peut être court parce que ce refroidissement ne doit pas avoir d'effet métallurgique (tronçon BC). Au point C de son trajet, le fil a atteint sa température de transformation, mais cette transformation ne commence pas instantanément. Il s'écoule un temps très bref, généralement inférieur à 1 seconde, au cours duquel le fil reste austénitique à cette température; cette structure, dite austénite métastable, disparaît donc rapidement pour se transformer en perlite. C'est pendant cette très courte période que l'on effectue un nouveau laminage du fil, dans le groupe de galets 3 (tronçon CC'). Le fil passe ensuite dans le dispositif de maintien à température 4, où il subit la transformation allotropique (tronçon C'D). Finalement, il est refroidi jusqu'à la température ambiante (tronçon DE) pour les opérations finales.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de fil d'acier dur, qui comprend une première étape de réduction de la section du fil, un traitement thermique du fil et une étape finale de réduction de la section du fil, caractérisé en ce que ladite première étape consiste en un laminage à chaud dudit fil en une pluralité de passes depuis son diamètre initial jusqu'à un premier diamètre intermédiaire prédéterminé, ledit fil étant chauffé à une température supérieure à sa température d'austénitisation avant ladite première étape et pendant au moins une partie de celle-ci, en ce que l'on refroidit ledit fil jusqu'à une température à laquelle il présente une structure d'austénite métastable, en ce que l'on maintient le fil à cette température pendant une durée inférieure au temps d'incubation de la transformation allotropique de l'austénite en perlite, en ce que l'on lamine le fil jusqu'à un second diamètre intermédiaire prédéterminé pendant ladite période de maintien et avant la transformation allotropique de l'austénite métastable, en ce que l'on refroidit le fil jusqu'à la température ambiante, et en ce que l'on effectue la réduction de section finale du fil par tréfilage.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on chauffe le fil par passage direct de courant électrique, jusqu'à une température comprise entre 950°C et 1100°C

3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on contrôle la température du fil individuellement dans chaque passe de laminage.

4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on lamine le fil dans le domaine austénitique stable jusqu'à un premier diamètre intermédiaire compris entre 2 mm et 3 mm.

5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on refroidit le fil depuis sa température de fin de laminage à chaud jusqu'à une température comprise entre 650 °C et 450°C, en une durée inférieure à 10 secondes.

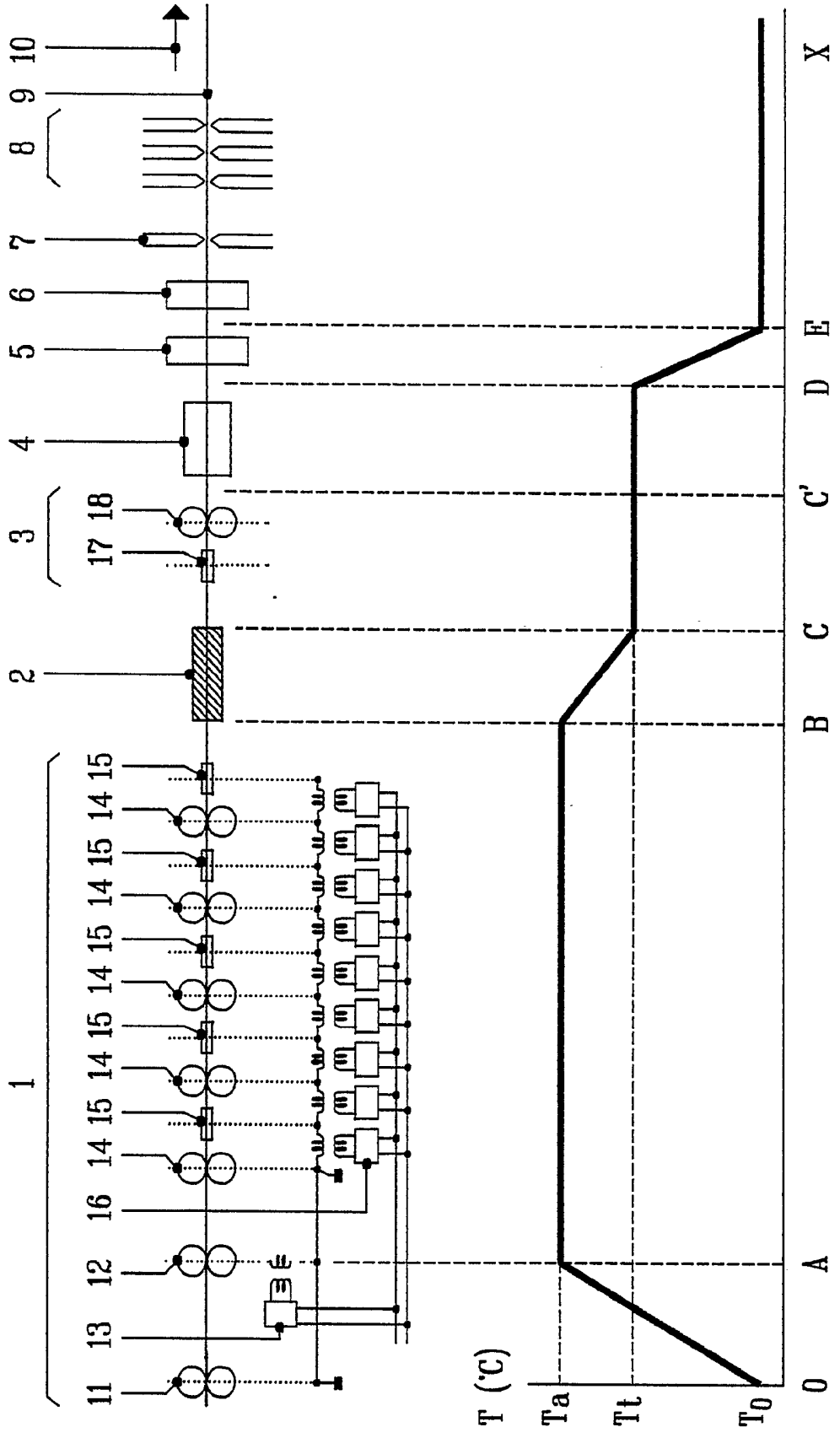
6. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on lamine le fil à sa température de transformation en une durée inférieure à 1 seconde, avec un taux de réduction de section d'au moins 15 %, jusqu'à un second diamètre intermédiaire prédéterminé.

7. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'on maintient le fil à sa température de transformation pendant une durée inférieure à 10 secondes, pour assurer au moins 90 % de la transformation allotropique dans le fil.

8. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le refroidissement final est un refroidissement à l'eau.

9. Installation pour la mise en oeuvre d'un procédé suivant l'une ou l'autre des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte :
   - un premier groupe (1) de galets lamineurs, en ce que ces galets sont raccordés à au moins une source de courant électrique (12;16) et constituent des contacts électriques transmettant le courant électrique audit fil (9);
   - un dispositif de refroidissement (2), de préférence à l'eau, pour ramener le fil à sa température de transformation;
   - un second groupe de galets lamineurs (3) comprenant de 2 à 6 cages, pour laminer le fil à sa température de transformation;
   - un dispositif (4) de maintien à la température de transformation, avec des moyens de refroidissement du fil à l'air;
   - un dispositif (5) de refroidissement final du fil, de préférence à l'eau;
   - un dispositif de laitonnage (6);
   - un banc de tréfilage final (8).

10. Installation suivant la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une cage de calibrage par tréfilage (7) placée avant le banc de tréfilage final (8).


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
A
B
C
C'
D
E
X
0
T (°C)
Ta
Tt
To