



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1005224A7

NUMERO DE DEPOT : 09100045

Classif. Internat. : B21B C21D

Date de délivrance le : 01 Juin 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 21 Janvier 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 MACHINE A HAUTE RESISTANCE EN ACIER DUR ET DISPOSITIF POUR SA MISE EN OEUVRE.

INVENTEUR(S) : Economopoulos Marios, quai Marcellis 6/111, B-4020 Liège (BE); Lambert Nicole, avenue Guillaume Joachim 42, B-4300 Waremmе (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 01 Juin 1993
PAR DELEGATION SPECIALE :

G. DE CUYPERE

Secrétaire d'Administration

Procédé de fabrication de fil machine à haute résistance en acier dur et dispositif pour sa mise en oeuvre.

- 5 La présente invention concerne un procédé de fabrication de fil machine à haute résistance en acier dur, c'est-à-dire en acier dont la teneur en carbone est supérieure à 0,4 %, et de préférence supérieure à 0,6 %. Elle porte également sur un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.
- 10 Au sens de la présente demande, le fil machine à haute résistance présente une charge de rupture supérieure à 1000 MPa, et de préférence de l'ordre de 1200 MPa.

15 Le fil machine à haute résistance fait actuellement l'objet d'une demande accrue, en particulier dans le secteur de la tréfilerie. Il en résulte que l'augmentation de résistance recherchée, qui implique un durcissement du fil, ne doit pas compromettre l'aptitude de ce fil au tréfilage, et qu'il faut donc garantir l'obtention d'une structure favorable à cette opération.

20 On sait que la structure la plus favorable au tréfilage est une structure de fine perlite, dont l'obtention requiert le respect de deux conditions essentielles. Il faut d'une part abaisser la température du début de la transformation allotropique. D'autre part, il est nécessaire de limiter la recalescence du fil, c'est-à-dire son réchauffement sous l'effet de la
25 chaleur de transformation.

Le moyen classique pour obtenir cette structure est le patentage au plomb, qui peut être appliqué soit après le laminage chez le producteur, soit plus tard, en particulier chez l'utilisateur avant le tréfilage. Il est
30 quelquefois nécessaire de pratiquer le patentage au plomb à chacun de ces deux stades.

Le patentage au plomb est cependant un procédé coûteux qui requiert de nombreuses manipulations et impose des précautions qui limitent fortement
35 la productivité des installations.

On a déjà proposé de nombreux procédés de fabrication d'un fil machine qui puisse être tréfilé sans devoir subir un patentage au plomb.

A cet égard, on peut mentionner en particulier le procédé qui est connu par
5 le brevet LU-A-85475 et qui se trouve à l'origine de la présente invention. Ce procédé consiste à appliquer au fil un refroidissement en deux phases immédiatement après sa sortie du laminoir. La première phase consiste en un refroidissement rapide du fil en ligne, jusqu'à une température de surface comprise entre M_s et $(M_s + 200^{\circ}\text{C})$, sans qu'il y ait de
10 transformation notable de l'austénite. Le fil est ensuite déposé en spires étalées sur un convoyeur, où il est soumis à la seconde phase de refroidissement en vue d'assurer la transformation d'au moins 95 % de l'austénite.

15 Il est cependant apparu que ce procédé ne permettait pas toujours d'obtenir les propriétés visées, dans les conditions normales de marche des trains à fil actuels, en particulier à la vitesse normale de ces trains. D'une part, il conduit à une température de surface inférieure au point M_s à la fin de la première phase. D'autre part, l'irrégularité du refroidissement
20 sur le convoyeur provoque des défauts d'homogénéité dans la structure du fil et par conséquent dans ses propriétés.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé de fabrication de fil machine à haute résistance en acier dur, qui ne présente pas les
25 inconvénients précités, grâce à un traitement thermique approprié du fil à sa sortie du laminoir.

Conformément à l'invention, il est proposé un procédé de fabrication de fil machine à haute résistance en acier dur, dans lequel on soumet le fil à un
30 refroidissement contrôlé à partir de sa température de fin de laminage, caractérisé en ce que l'on abaisse ladite température de fin de laminage à une valeur comprise entre 850°C et la température A_3 dudit acier, en ce que l'on refroidit le fil en ligne à partir de ladite valeur de la température de fin de laminage jusqu'à une température de surface
35 supérieure au point M_s dudit acier, en au moins une opération assurant la transformation d'au moins 75 % de l'austénite en perlite dans ledit fil, ledit refroidissement ayant une durée totale comprise entre 0,5 s et 5 s

avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 1 MW/m^2 et 5 MW/m^2 , et en ce que l'on enroule le fil en bobine pour son refroidissement final jusqu'à la température ambiante.

- 5 La densité de flux calorifique, exprimée en MW/m^2 , représente la quantité de chaleur extraite du fil par unité de surface, pendant le refroidissement. Pour un corps donné, par exemple un fil, elle dépend notamment de la différence de température entre le corps à refroidir et l'agent de refroidissement; de ce fait, elle peut varier au cours du
- 10 refroidissement du fil. La valeur indiquée dans la présente demande est la valeur moyenne de la densité de flux calorifique pendant le refroidissement. Cette valeur varie également avec le diamètre du fil. Les domaines précités de variation de cette valeur ainsi que de la durée de refroidissement correspondent à la gamme habituelle des diamètres du fil
- 15 machine, à savoir de 5,5 mm à 12 mm.

Selon une mise en oeuvre particulière du procédé de l'invention, on réalise le refroidissement du fil machine en ligne en deux opérations successives, qui assurent respectivement d'abord l'abaissement de la température du

20 début de la transformation allotropique et ensuite la neutralisation de la recalescence pendant cette transformation.

Dans cette variante, on effectue la première opération de refroidissement, à partir de la température de fin de laminage, pendant une durée de 0,2 s

25 à 2 s avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre $1,5 \text{ MW/m}^2$ et 5 MW/m^2 , et la seconde opération de refroidissement pendant une durée de 0,3 s à 3 s avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 1 MW/m^2 et 4 MW/m^2 .

- 30 En principe, le refroidissement du fil machine peut être réalisé par tout agent de refroidissement conventionnel, en particulier l'eau ou l'air.

Il s'est cependant avéré intéressant, dans le cadre du procédé de l'invention, d'utiliser un agent de refroidissement différent pour chaque

35 opération de refroidissement.

Dans la variante particulière précitée, on peut ainsi utiliser de l'eau pour la première opération de refroidissement, qui correspond à un refroidissement rapide, et de l'air pour la seconde opération de refroidissement, qui est plus modérée et dure plus longtemps.

5

Toujours dans le cadre de cette variante particulière, on peut utiliser de l'air pulsé à faible fréquence pour la seconde opération de refroidissement.

10 A l'issue de ce refroidissement, le fil machine présente une température de surface supérieure au point Ms de l'acier, ce qui exclut toute formation de martensite. Il présente également une température moyenne sur la section telle qu'au moins 75 % de l'austénite sont transformés en perlite, de manière homogène.

15

Après le refroidissement tel qu'il vient d'être décrit, le fil est enroulé en bobine, de manière connue en soi, et il se refroidit lentement à l'air jusqu'à la température ambiante. Ce dernier refroidissement n'a pas d'autre effet métallurgique que de permettre l'achèvement de la transformation de

20 l'austénite.

Un autre aspect de la présente invention porte sur un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé qui vient d'être décrit.

25 Ce dispositif est installé à la sortie des cages finisseuses du laminoir à fil et dans le prolongement de celles-ci.

Il comporte au moins une rampe de refroidissement, avec ses dispositifs d'arrivée et éventuellement d'évacuation de l'agent de refroidissement,
30 ainsi que des moyens de reformation des bobines de fil.

La rampe de refroidissement est avantageusement scindée en deux parties qui se succèdent dans le prolongement l'une de l'autre et qui comportent chacune leurs propres dispositifs d'arrivée et d'évacuation de l'agent de
35 refroidissement.

Afin de faire bien comprendre l'objet de la présente invention, on va décrire à présent un exemple de mise en oeuvre, en se référant aux dessins annexés dans lesquels la

- Fig. 1 illustre l'évolution de la température minimum de surface du fil en fonction de la température de fin de laminage; la
- Fig. 2 montre l'évolution de la température de dépose d'une part, et du pourcentage d'austénite transformée d'autre part, en fonction de la température de fin de laminage; et la
- Fig. 3 représente schématiquement un dispositif à deux rampes de refroidissement, conforme à l'invention.

Le présent exemple illustre la fabrication d'un fil de 11 mm de diamètre, en acier contenant 0,76 % C et 0,29 % Mn, qui doit présenter une charge de rupture de 1200 MPa. Le fil est laminé à une vitesse de 33 m/s.

- A la sortie du laminoir, le fil a subi un refroidissement en deux opérations, dans des rampes successives de longueurs respectives $L_1 = 43$ m et $L_2 = 57$ m. La durée des opérations de refroidissement correspondantes était donc de $\tau_1 = 1,295$ s et $\tau_2 = 1,717$ s respectivement.

- Ces valeurs sont fixées par les conditions de marche de la ligne de traitement. L'opérateur ne dispose donc plus que de deux variables indépendantes pour régler le procédé et obtenir le résultat visé : la température de fin de laminage (T_0) et la densité moyenne de flux calorifique dans les rampes de refroidissement (ϕ_1, ϕ_2). Les valeurs de ces deux variables doivent être choisies en tenant compte des conditions suivantes :

- la température minimum de surface du fil à la sortie de la rampe de refroidissement (T_m) doit être aussi élevée que possible, et en tous cas supérieure à la température M_s de l'acier utilisé;
- la température de dépose du fil (T_d), c'est-à-dire la température moyenne prise sur la section du fil à la sortie de la rampe de refroidissement, doit être aussi élevée que possible;
- le pourcentage d'austénite transformée en perlite (z) à la sortie de la rampe de refroidissement doit être aussi élevé que possible, de préférence atteindre au moins 75 %.

La Fig. 1 illustre l'évolution de la température minimum de surface du fil (T_m) en fonction de la température de fin de laminage (T_0), dans les deux cas suivants :

- la courbe (a) correspond à un procédé où le refroidissement a été effectué à l'eau dans une rampe de 43 m de longueur avec une densité moyenne de flux calorifique $\phi = 3,78 \text{ MW/m}^2$. On voit que, à la vitesse normale de laminage et même pour des températures de fin de laminage (T_0) inférieures à la pratique, la température T_m est inférieure à celle du point Ms de l'acier.
- la courbe (b) correspond au procédé de l'invention, où le refroidissement a été effectué en deux opérations successives, respectivement à l'eau et à l'air, dans des rampes de longueur $L_1 = 43 \text{ m}$ et $L_2 = 57 \text{ m}$ et avec des densités moyennes de flux calorifique $\phi_1 = 2,26 \text{ MW/m}^2$ et $\phi_2 = 1,92 \text{ MW/m}^2$. Ici la température T_m est toujours supérieure à celle du point Ms de l'acier, quelle que soit la température de fin de laminage.

La Fig. 2 montre l'évolution de la température T_d et du pourcentage de transformation z en fonction de la température T_0 dans le cas du procédé de l'invention mis en oeuvre dans les conditions indiquées plus haut.

- Une température T_0 de 820°C , par exemple, conduit d'une part à une température de dépose T_d de 421°C et d'autre part à 75 % d'austénite transformée à la fin du refroidissement. Reportée sur la Fig. 1, courbe (b), cette température T_0 de 820°C fournit une température T_m de 311°C , qui est nettement supérieure au point Ms de cet acier.

Le fil produit conformément au procédé de l'invention présentait une structure et des propriétés remarquablement homogènes, en particulier une charge de rupture de 1200 MPa.

- Un dispositif de fabrication de fil suivant le procédé de l'invention est représenté schématiquement dans la Fig. 3.

- Ce dispositif est installé à la sortie d'un laminoir à fil, symbolisé par les cylindres finisseurs 1. Le dispositif représenté comprend deux rampes de refroidissement successives 2, 3 équipées, de façon connue en soi, de moyens d'alimentation et d'évacuation de l'agent de refroidissement, non

représentés.

Les rampes de refroidissement 2,3 sont essentiellement constituées par un tube, parcouru par l'agent de refroidissement choisi, et dans lequel le fil se déplace en ligne, c'est-à-dire en défilement à la vitesse de laminage. Les rampes de refroidissement 2,3 comportent également des moyens, connus en soi et non représentés, pour régler le débit de l'agent de refroidissement et ainsi l'intensité de ce refroidissement. A la sortie de chaque rampe sont prévus des rouleaux entraîneurs 4, 5 qui assurent la progression du fil.

Dans la première rampe de refroidissement, le fil circulant dans le tube 2 est refroidi à l'eau jusqu'à une température de surface qui doit rester supérieure au point M_s de l'acier, avec une densité moyenne de flux calorifique apte à abaisser la température du début de transformation à la valeur requise. Ensuite, le fil parcourt la seconde rampe de refroidissement 3 où il est refroidi à l'air avec une densité moyenne de flux calorifique déterminée, qui est suffisante pour neutraliser la recalescence sans faire apparaître de structures de trempe dans le fil.

20

Les valeurs des diverses températures dépendent en particulier de la composition des aciers utilisés. Les durées (τ) et les intensités (ϕ) des refroidissements sont comprises dans les valeurs indiquées plus haut.

25 Après la seconde rampe est installé un dispositif classique de reformation des bobines de fil, désigné globalement par le repère 6. Le trajet du fil est désigné par le repère 7.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication de fil machine à haute résistance en acier dur, dans lequel on soumet le fil à un refroidissement contrôlé à partir de sa
5 température de fin de laminage, caractérisé en ce que l'on abaisse ladite température de fin de laminage à une valeur comprise entre 850°C et la température A_3 dudit acier, en ce que l'on refroidit le fil en ligne à partir de ladite valeur de la température de fin de laminage jusqu'à une
10 opération assurant la transformation d'au moins 75 % de l'austénite en perlite dans ledit fil, ledit refroidissement ayant une durée totale comprise entre 0,5 s et 5 s avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 1 MW/m² et 5 MW/m², et en ce que l'on enroule le fil en
15 bobine pour son refroidissement final jusqu'à la température ambiante.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réalise ledit refroidissement en deux opérations successives, en ce que l'on effectue la première opération, à partir de la température de fin de laminage, pendant une durée de 0,2 s à 2 s avec une densité moyenne de flux
20 calorifique comprise entre 1,5 MW/m² et 5 MW/m², et en ce que l'on effectue la seconde opération de refroidissement pendant une durée de 0,3 s à 3 s avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 1 MW/m² et 4 MW/m².
- 25 3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'on utilise l'eau comme agent de refroidissement dans la première opération de refroidissement et l'air comme agent de refroidissement dans la seconde opération de refroidissement.
- 30 4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que l'on utilise l'air pulsé comme agent de refroidissement dans la seconde opération de refroidissement.
- 35 5. Dispositif de fabrication de fil machine à haute résistance en acier dur, suivant un procédé conforme à l'une ou l'autre des revendications précédentes.
-

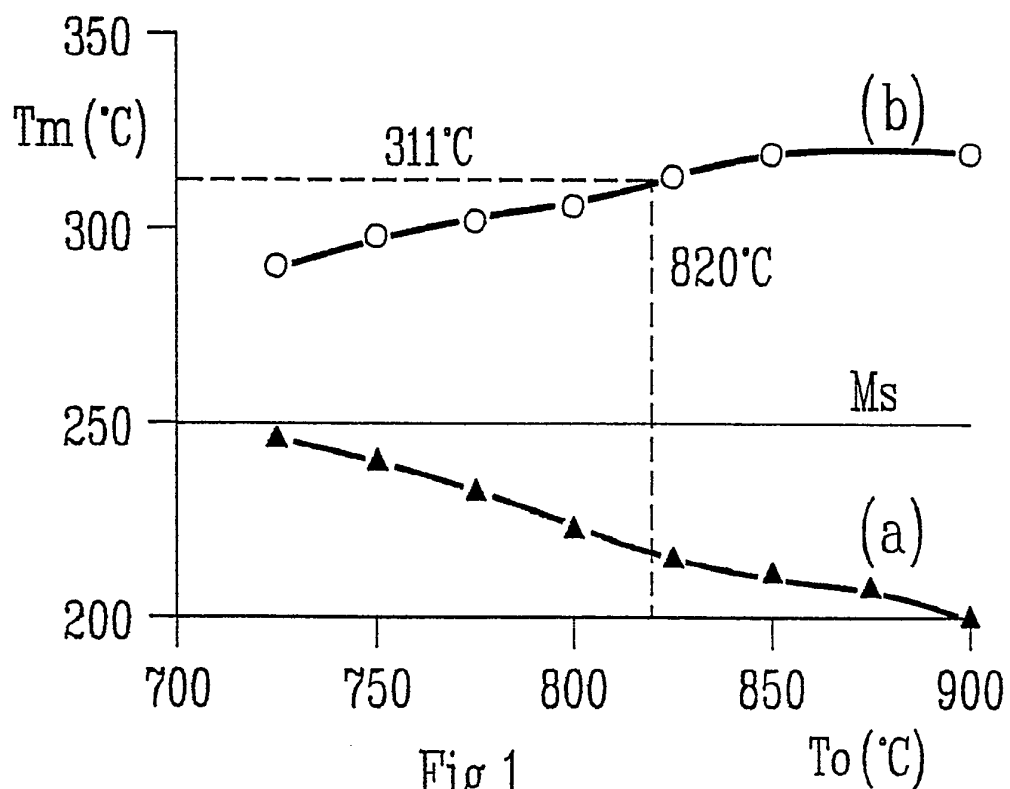


Fig.1

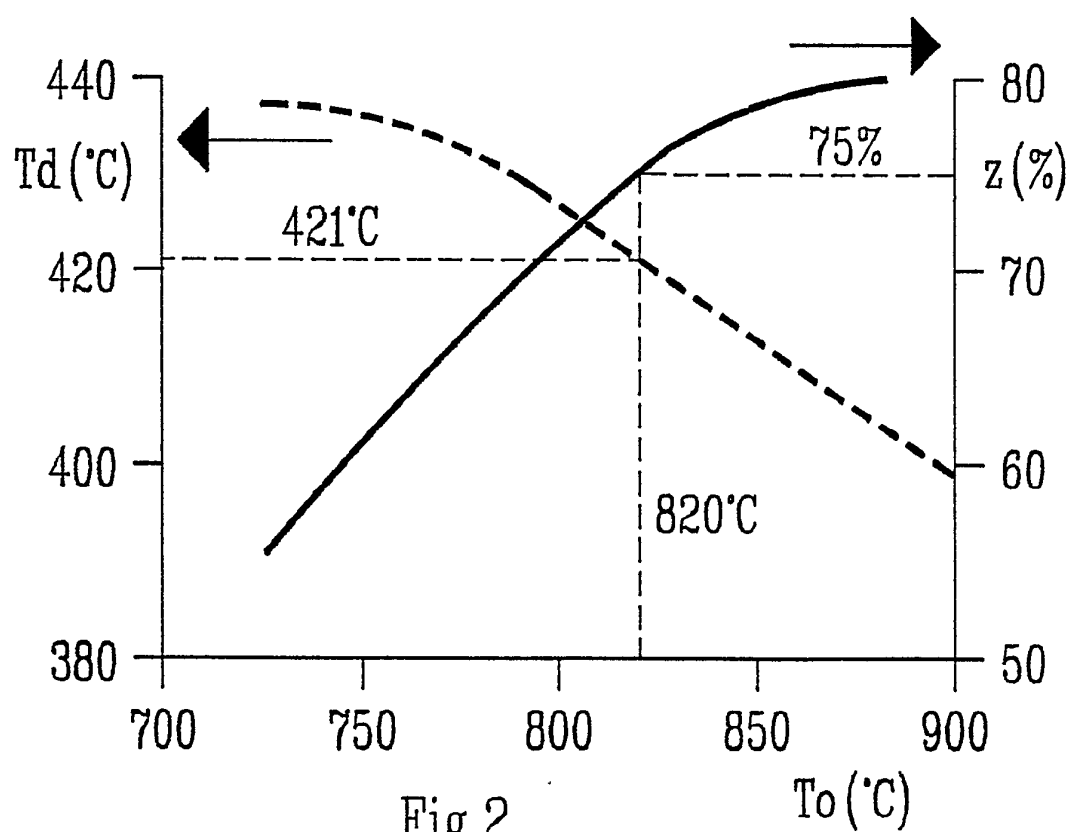


Fig.2

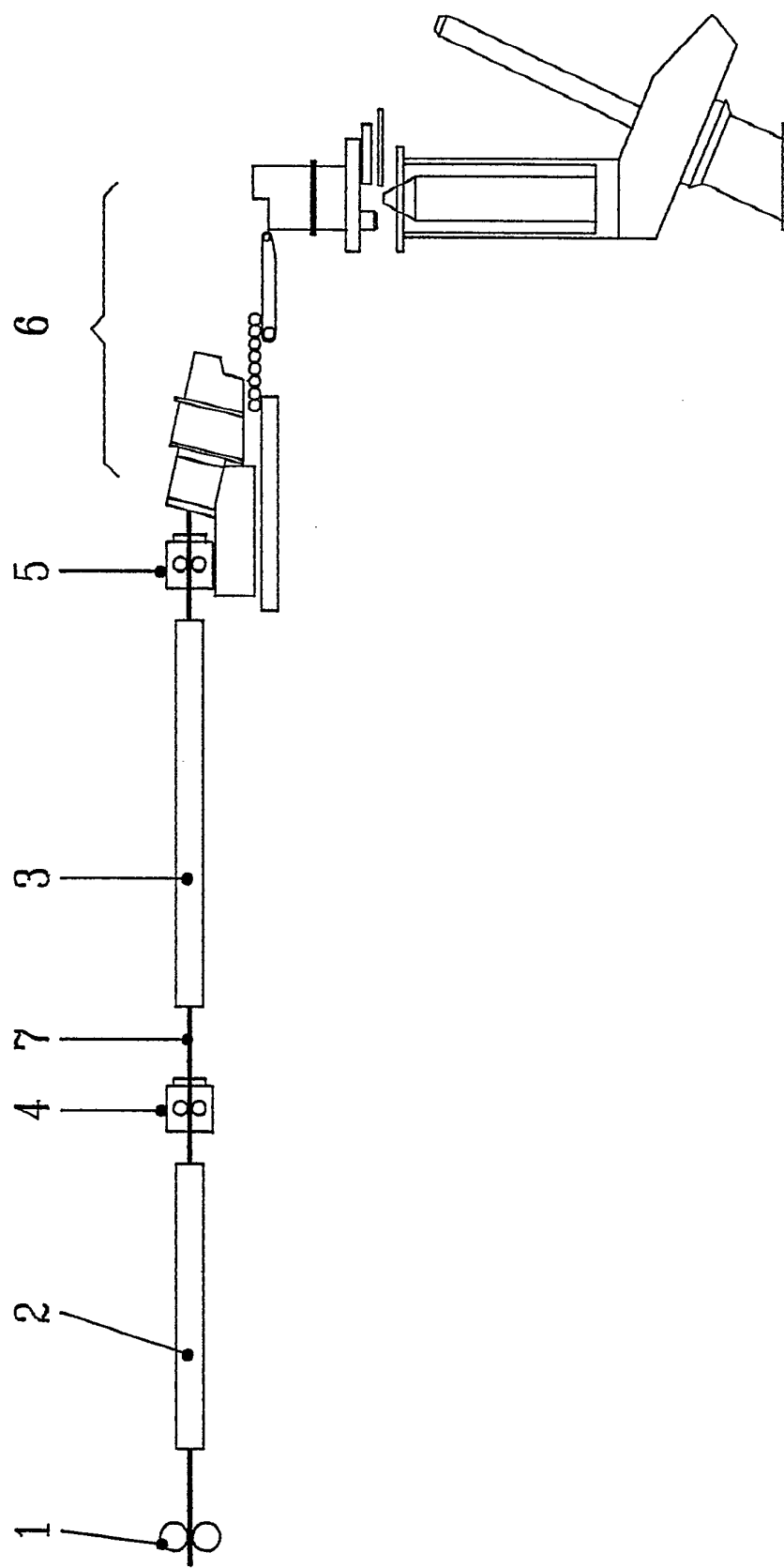


Fig. 3