

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

0 161 236
A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 85870064.4

(51) Int. Cl.⁴: **C 21 D 9/04**
C 21 D 1/667

(22) Date de dépôt: 08.05.85

(30) Priorité: 09.05.84 BE 6047966

(43) Date de publication de la demande:
13.11.85 Bulletin 85/46

(84) Etats contractants désignés:
AT DE FR GB IT

(71) Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE
METALLURGIE Association sans but lucratif
Vereniging zonder winstoogmerk Rue Montoyer, 47
B-1040 Bruxelles(BE)**

(71) Demandeur: **METALLURGIQUE ET MINIERE DE
RODANGE-ATHUS Société Anonyme**

Rodange(LU)

(72) Inventeur: **Economopoulos, Marios**
6/111, Quai Marcellis
B-4020 Liege(BE)

(72) Inventeur: **Lambert, Nicole**
42, Avenue Guillaume Joachim
B-4370 Waremme(BE)

(72) Inventeur: **Simon, Pierre**
30, rue Jean Jaurès
B-4320 Montegnée(BE)

(72) Inventeur: **René, Conti**
43, rue de France
B-6790 Athus(BE)

(74) Mandataire: **Lacasse, Lucien Emile**
CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES Abbaye
du Val-Benoît 11, rue Ernest Solvay
B-4000 Liège(BE)

(54) Procédé et dispositif perfectionnés pour la fabrication de rails.

(57) Procédé pour la fabrication de rails dans lequel, au sortir du laminoir à chaud, on soumet le rail en défilement continu à un refroidissement rapide et on refroidit ensuite le rail jusqu'à la température ambiante; on règle la longueur de la rampe, la vitesse de défilement du rail et la densité moyenne des flux calorifiques appliqués au bourrelet, à l'âme et au patin pour que d'une part, les propriétés mécaniques finales dans le bourrelet soient obtenues alors que, à la sortie de la dite rampe, moins de 60 % de la section du bourrelet ait subi la transformation allotropique austénite-perlite et que d'autre part, les différences d'allongement entre le bourrelet et l'âme et entre le bourrelet et le patin soient minimisées.

EP 0 161 236 A2

/...

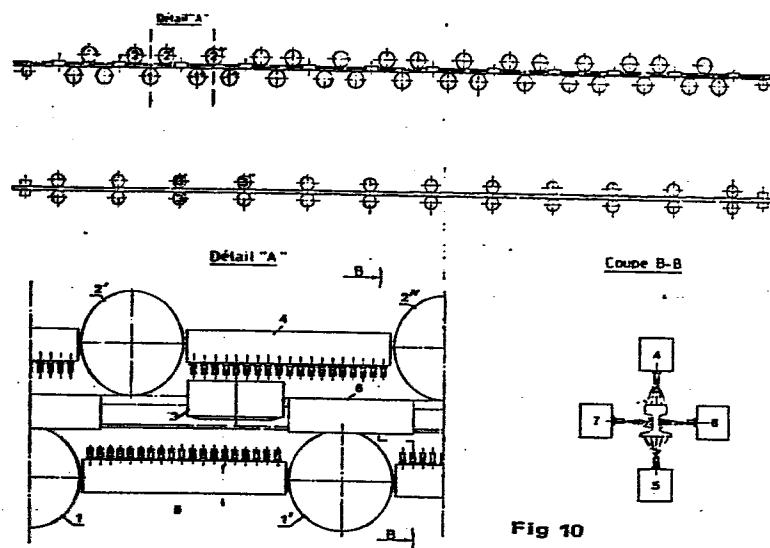


Fig 10

- 1 -

Procédé et dispositif perfectionnés pour la fabrication de rails.

La présente invention porte sur un procédé pour la fabrication de rails, et notamment de rails à haute résistance, comportant un traitement thermique des rails dès leur sortie de la dernière cage du laminoir, c'est-à-dire dans la chaude de laminage, ainsi que sur un dispositif de mise en oeuvre.

5

Elle a pour objet l'obtention, de préférence sans addition à l'acier d'éléments d'alliage, de rails présentant, après refroidissement, une résistance à la rupture élevée, une bonne résistance à l'usure, une bonne résistance

aux chocs, un allongement au moins égal à 10 % et une bonne soudabilité.

Par aciers à haute résistance, il faut entendre spécialement des aciers contenant 0,4 % à 0,85 % de C, 0,4 % à 1 % de Mn et 0,1 % à 0,4 % de Si et de préférence 0,6 % à 0,85 % de C et 0,6 % à 0,8 % de Mn; le cas échéant, ces aciers peuvent contenir jusqu'à 1 % de Cr ou jusqu'à 0,3 % de Mo ou jusqu'à 0,15 % de V. Il ne sort toutefois pas du domaine de l'invention d'appliquer le procédé à des aciers dont les teneurs en carbone et en manganèse sont comprises entre 0,4 % et 0,6 % et ne contenant pas d'éléments d'alliage.

Il est connu que pour obtenir un rail ayant les propriétés énumérées ci-dessus, il faut que le bourrelet soit constitué de perlite fine exempte de ferrite proeutectoïde et de martensite et contenant éventuellement un certain pourcentage de bainite et que le gradient de dureté dans le bourrelet soit le plus faible possible.

A cet égard, il a déjà été proposé, en particulier dans le brevet belge n° 854.834, d'effectuer un traitement thermique du rail, en refroidissant de façon différente le bourrelet et le patin. Selon ce brevet belge, le bourrelet du rail est soumis à un refroidissement accéléré par trempe à l'eau bouillante agitée mécaniquement, alors que le patin est refroidi à l'air ou dans l'eau calme à 100°C.

Ce procédé connu permet certes de minimiser les déformations permanentes des rails. Toutefois, sa mise en oeuvre à l'échelle industrielle présente des difficultés technologiques.

En outre, il peut provoquer d'importantes déformations transitoires du rail au cours du traitement, ce qui risque de donner lieu à certaines déformations permanentes.

Pour éliminer les inconvénients mentionnés ci-dessus, les demandeurs ont proposé un autre procédé qui consiste à abaisser la température du rail à la sortie du laminoir à chaud jusqu'à une valeur non inférieure à celle

à laquelle débute la transformation perlitique dans le bourrelet; à partir de cette température, le rail en défilement continu est soumis à un refroidissement rapide jusqu'à ce qu'au moins 80 % de la transformation allotropique austénite - perlite soient réalisés dans le rail; on laisse ensuite
5 refroidir le rail jusqu'à la température ambiante.

Ce procédé, qui a été décrit dans le brevet luxembourgeois n° 84.417 du 11.10.1982, donne des résultats intéressants, mais nécessite une durée de traitement assez importante.

10

Au cours de leurs travaux ultérieurs, les demandeurs ont alors mis au point un procédé original, comportant une phase de traitement thermique beaucoup plus courte que celle nécessaire dans le procédé antérieur, combinant une méthode de refroidissement du bourrelet qui permet d'obtenir les qualités
15 mécaniques requises, et une méthode de refroidissement du patin et de l'âme assurant la rectitude du rail, pendant et après le traitement thermique.

Le procédé de l'invention est basé sur la constatation inattendue qu'il n'est pas nécessaire de réaliser la transformation allotropique complète
20 du bourrelet au cours du traitement de refroidissement intense, pour conférer au rail les propriétés voulues; il est tout à fait possible d'obtenir ces propriétés même pour des durées de traitement relativement faibles, pour autant que les différentes parties du rail soient soumises à des refroidissements dont les intensités sont choisies de manière adéquate.

25

Les figures 1, 2 et 3 ci-annexées illustrent la réalité de ce principe de base du procédé de la présente invention; elles ont pour objet de montrer que les propriétés (en l'occurrence la charge de rupture) sont obtenues alors qu'une grande partie du bourrelet est encore à l'état austénitique.

30

Sur la figure 1, qui est un diagramme température/temps, la courbe A représente l'évolution de la température d'un point situé à 14 mm sous la surface supérieure du bourrelet, au cours de la phase de refroidissement rapide (I) et au cours de la phase de refroidissement calme sur le refroidissoir
35 normal (II).

La figure 2 représente, à deux moments différents d'un traitement thermique conforme au principe de l'invention, l'état de la transformation austénite/perlite dans le bourrelet (soit V en %), depuis la surface supérieure jusqu'à la surface inférieure (distance d comprise entre 0 et 35 mm); la courbe 5 B donne la situation de cette transformation allotropique à la sortie du dispositif de refroidissement rapide et la courbe C cette situation 25 secondes après la fin de ce refroidissement.

Ces figures 1 et 2 illustrent les résultats obtenus en pratiquant selon 10 le principe ci-avant, dans les conditions suivantes :

- type de rail : EB 50 T;
- température d'entrée du rail dans la rampe de refroidissement rapide : 875°C;
- longueur de la rampe : 18 m;
- 15- vitesse de défilement du rail : 0,53 m/sec;
- densité moyenne de flux calorifique à la surface supérieure du bourrelet: 1,15 MW/m²;
- densité moyenne de flux calorifique à la surface inférieure du bourrelet: 0,10 MW/m²;
- 20- composition de l'acier : C: 0,63 %, Mn: 0,65 %.

Le bourrelet est assimilé à un plat refroidi de manière intense à sa face supérieure et de manière modérée à sa face inférieure ($\Phi_{sup.}/\Phi_{inf.} = 11,5$).

25 On constate (fig. 1) qu'à la profondeur de 14 mm (cette profondeur correspond au prélèvement des éprouvettes de traction suivant les normes), la vitesse de refroidissement est de 6,8°C/s et la température à la fin du traitement est de 675°C. La figure 2 montre qu'à la profondeur de 14 mm, la transformation n'a pratiquement pas commencé à la fin du traitement; malgré
30 cela, on a obtenu, à cette profondeur, les propriétés correspondant aux valeurs visées.

La figure 2 montre également qu'à la fin de la phase de refroidissement rapide, 32 % seulement du volume du bourrelet sont transformés, ce pourcentage passant à environ 47 %, 25 sec après la fin du traitement.

5 La figure 3 représente à la fois la répartition dans le bourrelet des températures (°C) et l'état de la transformation allotropique (%) à la sortie du dispositif de refroidissement rapide; en abscisse sont données les distances entre les points considérés et la surface supérieure du bourrelet (mm).

10

Les courbes D et E représentent la répartition des températures et les courbes F et G la situation de la transformation allotropique austénite/perlite, dans les conditions pratiques suivantes :

15 Essai n° 19 (courbes E et G) :

- acier 0,77 C - 0,68 Mn - 0,22 Si
- température d'entrée du bourrelet : 810°C
- durée du traitement pour la section considérée → 51 sec
- débit d'eau total dans la rampe : 34,2 m³/h

20

- densité de flux calorifique moyenne sur la face supérieure du bourrelet 0,70 MW/m²
- type de rail : EB 50 T

Résultat : charge de rupture à 14 mm sous la face supérieure du bourrelet : 1090 MPa.

25

Essai n° 20 (courbes D et F) :

- acier 0,77 C - 0,68 Mn - 0,22 Si
- température d'entrée du bourrelet : 865°C
- durée du traitement pour la section considérée → 49 sec

30

- débit d'eau total dans la rampe : 40,2 m³/h
- densité de flux calorifique moyenne sur la face supérieure du bourrelet 0,814 MW/m²
- type de rail : EB 50 T

Résultat : charge de rupture à 14 mm sous la face supérieure du bourrelet : 1080 MPa.

35

Cette figure 3 montre que, pour l'essai n° 20 par exemple, la perlite formée dans le bourrelet à la sortie de la rampe n'occupe que 42 % environ du volume de celui-ci.

- 5 Le fait que les propriétés voulues sont obtenues sans que la transformation dans le bourrelet soit complète est d'une grande importance pratique, car il permet, pour une production horaire donnée, de raccourcir la rampe et, par conséquent, de diminuer les frais d'investissement.
- 10 Pour mettre en pratique les principes de base du procédé de la présente invention, le cycle thermique imposé au bourrelet dans l'installation de refroidissement et choisi sur la base de considérations métallurgiques est appliqué de façons particulières et sélectives aux parties supérieures et inférieures du bourrelet, tandis que le refroidissement de l'âme et du patin
- 15 est réglé en fonction des déformations transitoires du rail pendant le traitement. En effet, l'expérience a montré que, en l'absence d'un tel réglage, la flèche prise par le rail en cours de traitement devient tellement importante que tout guidage mécanique devient illusoire et l'application du traitement thermique du rail impossible.
- 20 C'est la combinaison des deux caractéristiques qui permet d'obtenir, dans des conditions économiques optimales, un rail répondant aux conditions imposées quant aux propriétés mécaniques et à l'aspect géométrique du produit final.
- 25 Suivant une particularité essentielle du procédé de l'invention, au cours de la phase de refroidissement rapide, on refroidit de façon intense la partie supérieure du bourrelet pour assurer dans cette partie la transformation allotropique de l'austénite en perlite (avec éventuellement de la
- 30 bainite en mélange) tandis que l'on refroidit beaucoup moins la partie inférieure du bourrelet pour y conserver l'état austénitique; au cours de cette même phase de refroidissement rapide, on refroidit également les autres parties du rail pour harmoniser les dilatations.
- 35 Selon les principes qui viennent d'être énoncés, le procédé pour la fabri-

cation de rails, objet de la présente invention, dans lequel dès la sortie du laminoir à chaud on abaisse la température du rail jusqu'à une valeur non inférieure à celle à laquelle débute la transformation perlitique dans le bourrelet et, à partir de cette température, on soumet le rail en défile-
5 ment continu à un refroidissement rapide et on laisse ensuite refroidir le rail jusqu'à la température ambiante, est essentiellement caractérisé en ce que pour une température donnée du bourrelet à l'entrée de la rampe de refroidissement rapide, on règle la longueur de la rampe, la vitesse de défilement du rail et la densité moyenne des flux calorifiques appliqués au bourrelet,
10 à l'âme et au patin de manière telle que d'une part les propriétés mécaniques finales dans le bourrelet soient obtenues alors que, à la sortie de la dite rampe, moins de 60 % de la section du bourrelet ait subi la transformation allotropique austénite-perlite et que d'autre part les différences d'allongement entre le bourrelet et l'âme et entre le bourrelet et le patin
15 soient minimisées.

Au cours de la phase de refroidissement lent qui suit la phase de refroidissement rapide, il se produit une homogénéisation de température dans le bourrelet; la température diminue dans la partie inférieure du bourrelet
20 en raison du départ des calories vers les parties adjacentes plus froides du rail, c'est-à-dire à la fois la partie supérieure du bourrelet et l'âme. L'austénite résiduelle se transforme également en perlite et l'ensemble du rail acquiert alors la microstructure recherchée.

25 Suivant une mise en oeuvre particulière du procédé de l'invention, le refroidissement est réglé de manière telle que la martensite ne soit formée en aucun point du bourrelet.

Suivant l'invention, le choix de la longueur de la rampe de refroidissement
30 rapide et de la vitesse de défilement du rail dans cette rampe revient à fixer la durée du traitement en question; ces valeurs sont liées au choix de la densité moyenne du flux calorifique appliqué à la surface du bourrelet au cours du traitement thermique.

Dans un procédé de fabrication de rail, déjà connu notamment par la demande de brevet européen n° 0098492, il a été préconisé d'appliquer au rail en défilement une phase de refroidissement intense dans une installation comprenant une série de zones de pulvérisation d'eau séparées par des zones de refroidissement à l'air.

Pour mettre en oeuvre ce procédé, il faut donc grouper les gicleurs à eau dans des zones séparées par des sections de refroidissement à l'air. Cette disposition a pour conséquence une ligne de refroidissement de grande longueur dont l'implantation dans un laminoir existant peut présenter certaines difficultés.

Au contraire, dans la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, il s'est avéré, de façon surprenante, qu'il n'était pas opportun de disposer les gicleurs à eau par groupes séparés par des sections de refroidissement à l'air; une disposition uniforme et ininterrompue des gicleurs le long de la rampe de refroidissement permet d'obtenir les propriétés désirées tout en évitant la martensite. Cette disposition uniforme des gicleurs à eau est particulièrement avantageuse dans la mesure où elle permet d'utiliser des rampes très courtes.

Cette caractéristique particulière du procédé de l'invention est basée sur les travaux des demandeurs relatifs à l'effet refroidissant des différents dispositifs utilisables pour mettre en oeuvre le procédé, et notamment le cas d'un gicleur d'un type déterminé, placé à une certaine hauteur par rapport à la surface refroidie et alimenté en eau avec un débit et une température connus.

La densité de flux calorifique enlevée à la surface refroidie en un point (x_1, y_1) de celle-ci dépend essentiellement de la température de cette surface : $\Phi = f(T_s)$. Pour une valeur donnée de T_s , le flux dépend également des coordonnées (x, y) . La figure 4 montre la variation de (Φ) suivant (x)

avec $y = 0$ et pour un gicleur plat pour lequel le plan oyz choisi est le plan de symétrie du gicleur. On constate que le flux diminue très rapidement dès qu'on s'éloigne du plan de symétrie du gicleur et ce, bien que l'eau s'étale sur la surface refroidie sur une assez grande distance du plan de symétrie du gicleur.

Dans le cas d'un rail dont le bourrelet est refroidi au défilé dans une installation comportant des gicleurs uniformément répartis et distants l'un de l'autre de 175,5 mm, la figure 5 montre l'évolution de la température superficielle du bourrelet dans la partie médiane de l'installation de refroidissement. Dès qu'on s'éloigne du plan de symétrie d'un gicleur, la température superficielle du bourrelet remonte bien que, dans la disposition des gicleurs correspondant à cette figure, toute la surface du bourrelet entre deux gicleurs consécutifs est sous eau. De plus, la température du début de formation de la martensite (250°C pour l'acier considéré) n'est pas atteinte.

Dans une représentation simplifiée que l'on peut adopter, l'évolution du flux calorifique le long de la rampe à une température de surface donnée est schématisée comme indiqué par la figure 6, où l'on considère néanmoins deux types de refroidissement sur la surface supérieure du bourrelet :

- a) les zones B sous l'influence directe des gicleurs pour lesquelles on utilise des valeurs $\Phi_1(t)$ qui constituent la moyenne spatiale dans la zone d'impact et pour chaque température;
- 25 b) les zones A entre gicleurs; ces zones sont sous eau, mais les mesures ont montré que le flux calorifique y est nettement plus faible que sous les gicleurs du moins dans le domaine de la caléfaction. De plus, la transition caléfaction-ébullition nucléée y a lieu de manière relativement brutale.

30 Dans la simplification ci-dessus, on a négligé la variation du flux suivant y , l'expérience ayant montré qu'elle est faible.

Dans ce qui suit, on utilisera la notion de densité moyenne de flux calorifique ($\bar{\Phi}$) (ou, par souci de brièveté, le terme "flux moyen") pour délimiter 35 le domaine de l'invention.

Le flux moyen ($\bar{\Phi}$) peut être défini de la façon suivante, connaissant (x, T_s) (x = distance à partir de l'entrée dans la rampe et T_s = température de surface du bourrelet) et en choisissant arbitrairement une valeur de T_s , $T_s = T_s^*$:

$$5 \quad \bar{\Phi} = \frac{1}{A} \int_0^A \Phi(x, T_s^*) dx$$

où A est la distance entre deux gicleurs consécutifs.

En principe, $\bar{\Phi}(350) = 1,32 \text{ MW/m}^2$ représentera l'intensité de refroidissement du bourrelet de manière raisonnablement correcte pour autant que la
10 température moyenne de la face supérieure du bourrelet ne s'écarte pas trop de $T_s^* = 350^\circ\text{C}$, ce qui est le cas de la figure 5.

Si l'on adopte la simplification de la figure 6, on a :

$$\bar{\Phi}(T_s^*) = \Phi_1(T_s^*) \left\{ \frac{B}{A} + \left(1 - \frac{B}{A}\right) \frac{\Phi_2(T_s^*)}{\Phi_1(T_s^*)} \right\} \quad (\alpha)$$

15 où Φ_1 est la valeur du flux moyen dans la zone sous influence directe des gicleurs, Φ_2 est la valeur du flux moyen dans la zone noyée, mais non arrosée entre gicleurs, A la distance entre gicleurs et B la largeur de la zone arrosée par un gicleur; les valeurs de ces paramètres sont connues dès lors qu'il s'agit d'une installation déterminée.

20

La valeur du flux moyen étant déterminée grâce à la relation (α), pour appliquer le procédé de l'invention, il n'y a dès lors plus qu'à rechercher la valeur de la durée (τ) de la phase du refroidissement rapide, en tenant compte bien entendu de la composition de l'acier, des propriétés visées
25 pour le rail et des caractéristiques générales de l'installation dont on dispose.

Dans une mise en oeuvre particulière du procédé de la présente invention,

on utilise avantageusement la notion de "température moyenne de transformation" (en abrégé TMT).

Au cours de leurs travaux, les demandeurs ont en effet mis en évidence le fait que, si les paramètres tels que la vitesse moyenne de refroidissement ou la température moyenne en fin de refroidissement contrôlé ont une influence sur les propriétés mécaniques du bourrelet, le paramètre contrôlant directement et de manière univoque les propriétés est cette "température moyenne de transformation".

10

Dans le cadre de l'invention, on a défini de la façon suivante la dite température TMT :

On a considéré un point de la section du bourrelet (soit dans les exemples qui suivent un point situé sur le plan de symétrie du rail et à 14 mm de la surface du bourrelet- point de prélèvement des éprouvettes de traction), point dont la température varie pendant et après le traitement suivant la loi :

$$T = f_1(t) \quad (1)$$

Par ailleurs, la cinétique de la transformation allotropique en ce point est décrite par :

$$z = f_2(t) \quad (2)$$

où z représente le pourcentage en volume de l'austénite transformée.

En combinant ces deux cinétiques (1) et (2), on obtient: $T = f_3(z)$, d'où

$$TMT = \int_0^1 f_3(z) dz \quad (3)$$

25 Sur la figure 7, les relations (1) et (2) sont représentées à la partie supérieure (température et z en fonction du temps) au cours des deux phases de refroidissement rapide (I) et de refroidissement à l'air (II), tandis que la relation (3) est représentée à la partie inférieure (diagramme z/T^0).

Se basant sur le fait remarquable qu'il existe une relation étroite et univoque entre les propriétés mécaniques et la température dite TMT, les demandeurs préconisent de déterminer les valeurs de Φ et de τ en utilisant comme seul paramètre cette température en question qui, pour un acier de composition donnée, serait alors la seule variable dont dépendent les propriétés mécaniques.

La figure 8 montre un exemple de la relation entre la charge de rupture et TMT pour un acier à 0,75 % C et 0,72 % Mn. Ce fait est de la plus haute importance non seulement pour la définition du cycle thermique, mais également pour le contrôle du procédé.

Pour un acier donné, la relation "charge de rupture - TMT" permet de déterminer (TMT) min et (TMT) max à partir des valeurs respectivement maximales et minimales des charges de rupture visées dans le bourrelet, par exemple dans le cas de la figure 8, des valeurs (TMT) min = 615°C et (TMT) max = 645°C si l'on vise une charge de rupture comprise entre 1080 et 1200 MPa (acier à 0,75 % C et 0,72 % Mn).

Dans un problème particulier, il est possible de déterminer un domaine de variation des deux paramètres Φ et τ définissant les conditions de refroidissement.

Les données du problème sont les suivantes :

- la composition de l'acier,
- 25 - la fourchette des propriétés mécaniques visées et dès lors les valeurs maximale et minimale de la température moyenne de transformation,
- la température d'entrée maximale du bourrelet dans la rampe fonction de la température de fin de laminage et donc de l'installation,
- la température d'entrée minimale du bourrelet dans la rampe; cette température doit être supérieure à la température de début de transformation
- 30 afin d'éviter la formation de structures douces en surface du bourrelet.

Il existe en outre deux contraintes :

- l'absence de formation de martensite dans ce bourrelet,
- la transformation de 60 % max d'austénite dans la section du bourrelet à la sortie de la rampe.

5

On a donné à la figure 9 une représentation schématique du domaine de variation de $\bar{\Phi}$ et τ . Dans cette figure :

- La courbe A correspond à une température d'entrée maximum et une température moyenne de transformation minimum.
- La courbe B correspond à une température d'entrée minimum et une température moyenne de transformation maximum.
- La courbe C correspond au flux maximum pour lequel il ne se forme pas de martensite dans la section du bourrelet.
- La courbe D correspond au temps de trempe pour lequel le pourcentage d'austénite transformée à la sortie de la rampe est de 60 %.

20 Un tel diagramme doit être créé dans chaque cas particulier. Il peut être calculé au moyen de modèle mathématique, par exemple le modèle simple suivant :

$$\tau = a \bar{\Phi} T_0 + b T_0 + c \bar{\Phi} + d \quad (\beta)$$

où τ = durée de traitement (s)

25 $\bar{\Phi}$ = flux moyen (MW/m²)

T_0 = température initiale du bourrelet

a, b, c, d = coefficients dépendant de la composition et du type du rail, ainsi que de la valeur visée pour TMT.

30 Par exemple, pour TMT = 645°C, un rail EB 50 T et un acier à 0,63 % C - 0,65 % Mn, on a les valeurs suivantes :

$$a = - 0,095 \text{ m}^2 \text{ s } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ MW}^{-1}$$

$$b = 0,185 \text{ s } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$c = 52,6 \text{ m}^2 \text{ s MW}^{-1}$$

$$d = - 100 \text{ s}$$

5 et donc finalement on obtient la durée τ du traitement.

Dans une mise en oeuvre avantageuse du procédé de l'invention, l'âme et le patin du rail sont refroidis par des gicleurs à eau analogues à ceux utilisés pour le bourrelet. Le flux moyen désiré est obtenu par un réglage
10 de la distance entre gicleurs et du débit d'eau par gicleur; ces deux paramètres sont ajustables séparément pour l'âme et pour le patin.

Les essais industriels ont toutefois montré que malgré tous les soins apportés au réglage du refroidissement des trois parties du rail (bourrelet,
15 patin, âme), il était impossible d'éviter complètement les déformations transitoires de celui-ci dues surtout à l'apparition et au développement différentiel de la transformation allotropique dans les trois parties du rail.

20 L'existence de cette tendance aux déformations transitoires rend le guidage du rail, pendant le traitement, indispensable, mais aussi difficile.

Au cours de leurs travaux, les demandeurs ont développé un mécanisme de guidage efficace, dont les caractéristiques essentielles sont les suivantes:

25- le guidage du rail dans le plan vertical n'est pas assuré par des paires de galets dont les axes de rotation sont situés dans un plan perpendiculaire au déplacement du rail, mais les galets doivent être décalés et de préférence être groupés par trois;

- le diamètre des galets de guidage dans le plan horizontal doit être compris
30 entre 0,5 et 1,5 fois la distance entre deux galets successifs;

- le guidage dans le plan horizontal doit se faire par appui sur les faces latérales du bourrelet par des galets à axe vertical situés entre les groupes de galets de guidage vertical.

La figure 10 montre un exemple de réalisation des principes énoncés ci-dessus. Certains des groupes de guidage peuvent être également utilisés comme moyens d'entraînement du rail à vitesse réglable.

- 5 Sur cette figure 10, les galets 1, 1', 1'', ... disposés contre le patin du rail et 2, 2', 2'', ... disposés contre la face supérieure du bourrelet servent au guidage dit "vertical"; les galets 3, 3', 3'', ... appuyés contre les petits côtés du bourrelet servent au guidage dit "horizontal".
- 10 Dans une réalisation particulière du dispositif de l'invention, tout ou partie des galets de guidage sont appuyés sur le rail avec des forces dont les valeurs sont choisies au préalable pour tolérer une certaine déformation du rail au cours du traitement thermique. Dans une telle réalisation du
- 15 une telle force préétablie (par exemple les galets 2, 2', 2'' sur la figure 10), une mobilité limitée dans le plan de guidage, tandis que les autres galets sont dits "fixes dans l'espace" (par exemple les galets 1, 1', 1'' sur la figure 10).
- 20 La mesure de la position des galets qui appuient sur le rail avec une force préétablie permet de déterminer les déformations du rail au cours du traitement. A l'aide du modèle du procédé, le calculateur ajuste séparément le refroidissement sur l'âme et le patin de manière à minimiser les déformations du rail au cours du traitement.
- 25 Cette adaptation du refroidissement sur l'âme et sur le patin en vue de minimiser les déformations du rail peut s'effectuer aussi bien dans le plan vertical que dans le plan horizontal.
- 30 Sur la figure 10, on distingue encore les boîtes de refroidissement munies de gicleurs, arrosant respectivement la face supérieure du bourrelet (boîte 4), la face inférieure du patin (boîte 5) et les deux faces de l'âme (boîtes 6 et 7).

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la fabrication de rails, dans lequel dès la sortie
 du laminoir à chaud on abaisse la température du rail jusqu'à une valeur
 non inférieure à celle à laquelle débute la transformation perlitique dans
 le bourrelet et, à partir de cette température, on soumet le rail en défile-
 5 ment continu à un refroidissement rapide et on refroidit ensuite le rail
 jusqu'à la température ambiante, est essentiellement caractérisé en ce que
 pour une température donnée du bourrelet à l'entrée de la rampe de refroidis-
 sement rapide, on règle la longueur de la rampe, la vitesse de défilement
 du rail et la densité moyenne des flux calorifiques appliqués au bourrelet,
 10 à l'âme et au patin de manière telle que d'une part les propriétés méca-
 niques finales dans le bourrelet soient obtenues alors que, à la sortie de
 la dite rampe, moins de 60 % de la section du bourrelet ait subi la trans-
 formation allotropique austénite-perlite et que d'autre part les différences
 d'allongement entre le bourrelet et l'âme et entre le bourrelet et le patin
 15 soient minimisées.

2. Procédé pour la fabrication de rails suivant la revendication 1, carac-
 térisé en ce que le refroidissement est réglé de manière telle que la
 martensite ne soit en aucun point du bourrelet.

20

3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé
 en ce que l'on dispose les gicleurs à eau de façon uniforme et ininter-
 rompue le long de la rampe de refroidissement sans interposition de zones
 à refroidissement à l'air.

25

4. Procédé pour la fabrication de rails suivant l'une ou l'autre des reven-
 dications 1 à 3, caractérisé en ce que la densité moyenne du flux calo-
 rifique appliqué au bourrelet est déterminée à partir de la relation

$$\bar{\Phi} (T_s^*) = \Phi_1 (T_s^*) \left\{ \frac{B}{A} + \left(1 - \frac{B}{A} \right) \frac{\Phi_2 (T_s^*)}{\Phi_1 (T_s^*)} \right\}$$

30 où T_s^* est une température moyenne arbitrairement choisie de la surface
 supérieure du bourrelet, Φ_1 est la valeur du flux moyen dans la zone

sous influence directe des gicleurs, Φ_2 est la valeur du flux moyen dans la zone noyée, mais non arrosée entre gicleurs, A la distance entre gicleurs et B la largeur de la zone arrosée par un gicleur, les valeurs de ces paramètres étant connues dès lors qu'il s'agit d'une installation
5 déterminée.

5. Procédé pour la fabrication de rails suivant la revendication 4, caractérisé en ce que l'on calcule la durée de la phase de refroidissement rapide à partir de la valeur de la température moyenne de transforma-
10 tion au moyen d'un modèle mathématique et par exemple le modèle simple suivant :

$$\tau = a \bar{\Phi} T_0 + b T_0 + c \bar{\Phi} + d$$

où τ = durée de traitement (s)

$\bar{\Phi}$ = flux moyen (MW/m²)

- 15 T_0 = température du bourrelet à l'entrée dans le dispositif de refroidissement rapide,

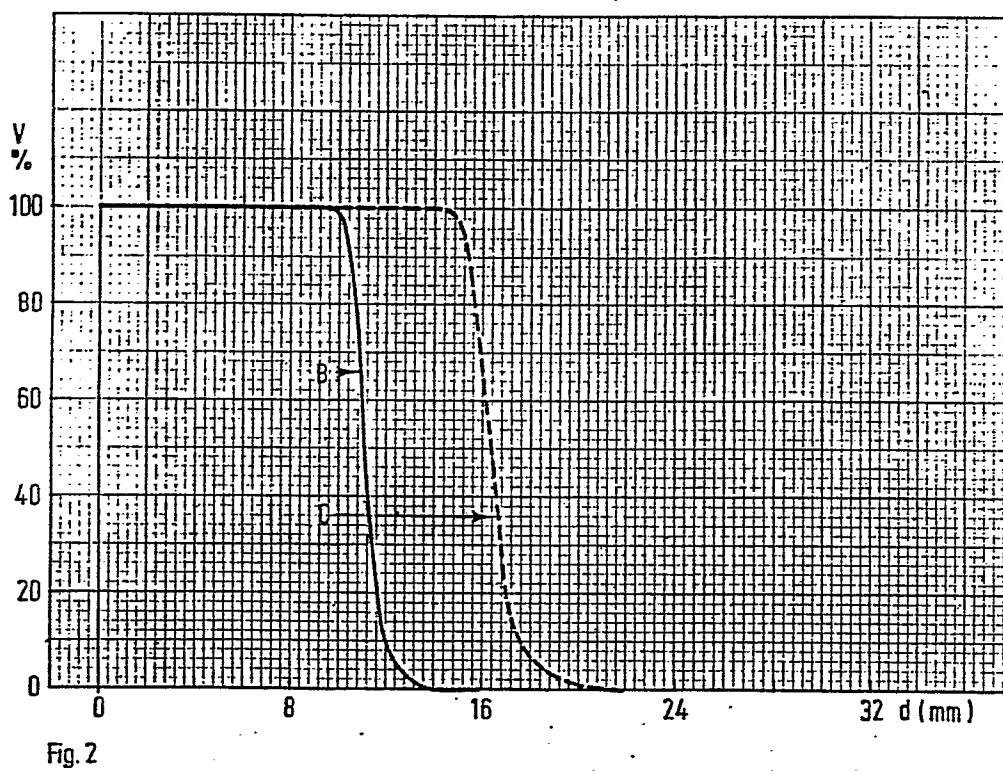
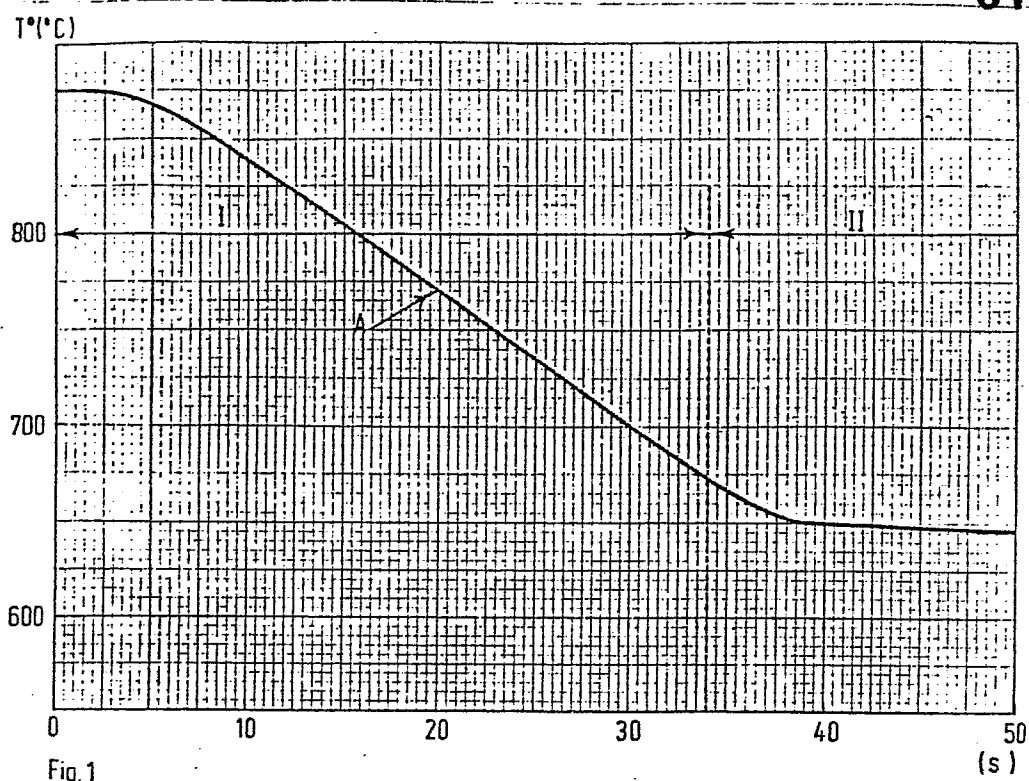
a, b, c, d = coefficients dépendant de la composition et du type du rail, ainsi que de la valeur visée pour la dite température moyenne de transformation.

20

6. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé pour la fabrication de rails tel que décrit aux revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le guidage du rail dans le plan vertical n'est pas assuré par des paires de galets dont les axes de rotation sont situés dans un plan perpendiculaire au
25 déplacement du rail, mais par des galets décalés et de préférence groupés par trois, en ce que le guidage dans le plan horizontal se fait par appui sur les faces latérales du bourrelet par des galets à axe vertical situés entre les groupes de galets de guidage vertical.
307. Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le diamètre des galets de guidage dans le plan horizontal est compris entre 0,5 et 1,5 fois la distance entre deux galets successifs.

8. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que tout ou partie des galets de guidage sont appuyés sur le rail avec des forces dont les valeurs sont choisies au préalable pour tolérer une certaine déformation du rail au cours du traitement thermique.
-

0161236



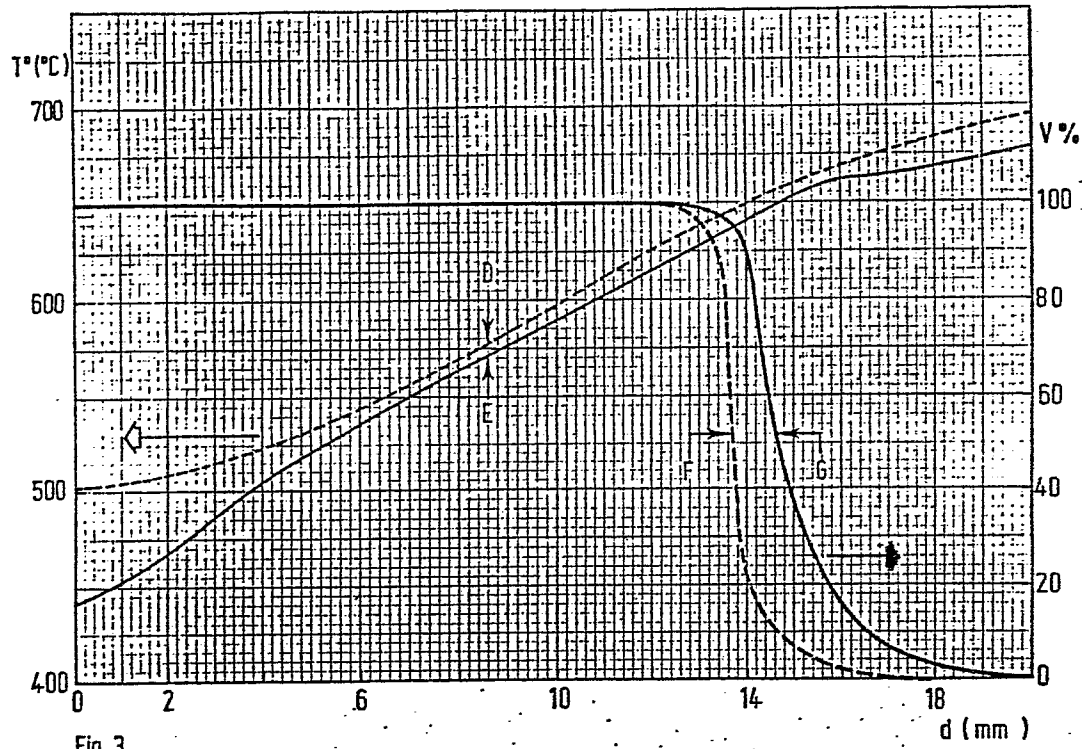


Fig. 3

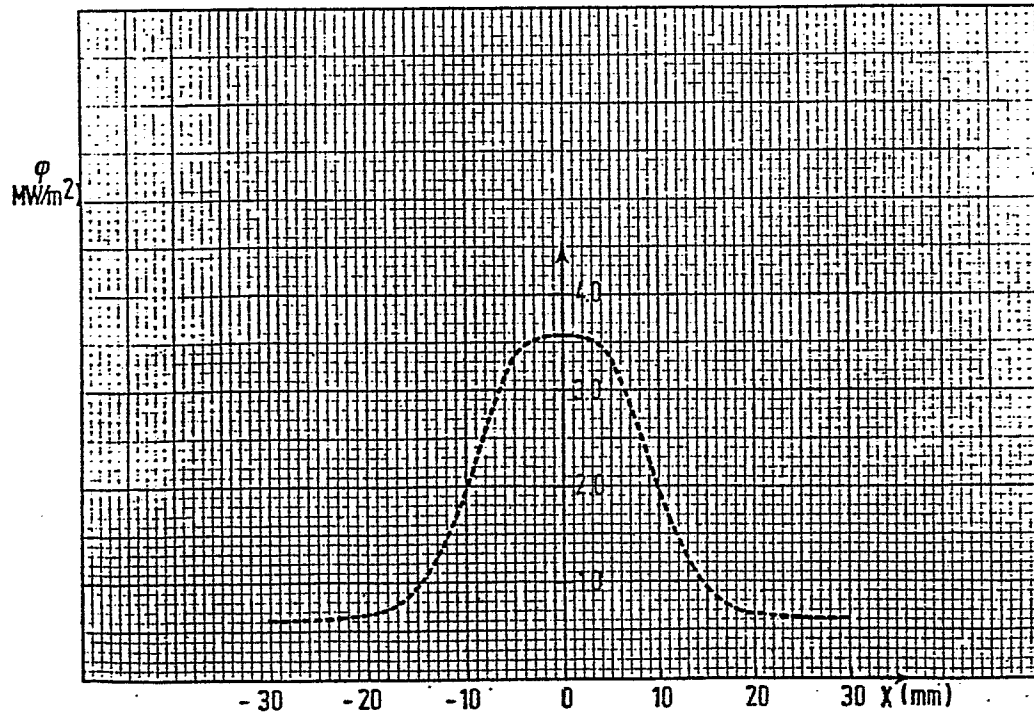


Fig. 4

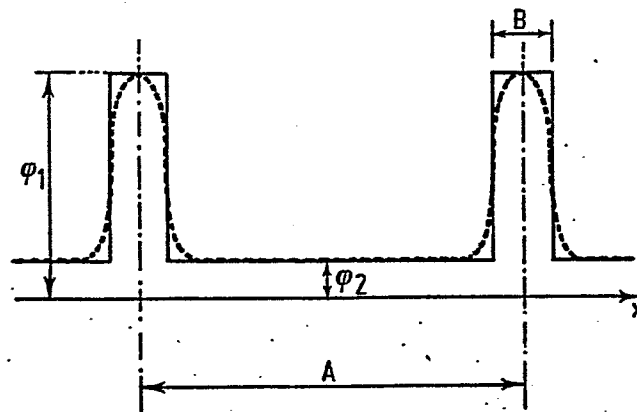
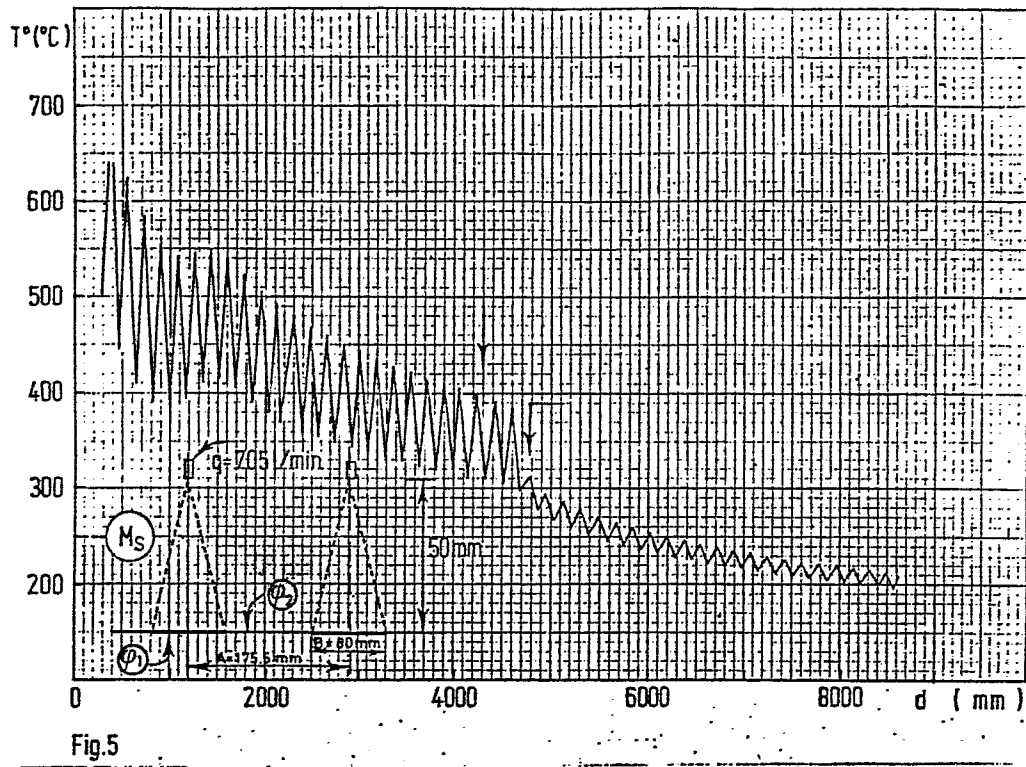


Fig. 6

0161236

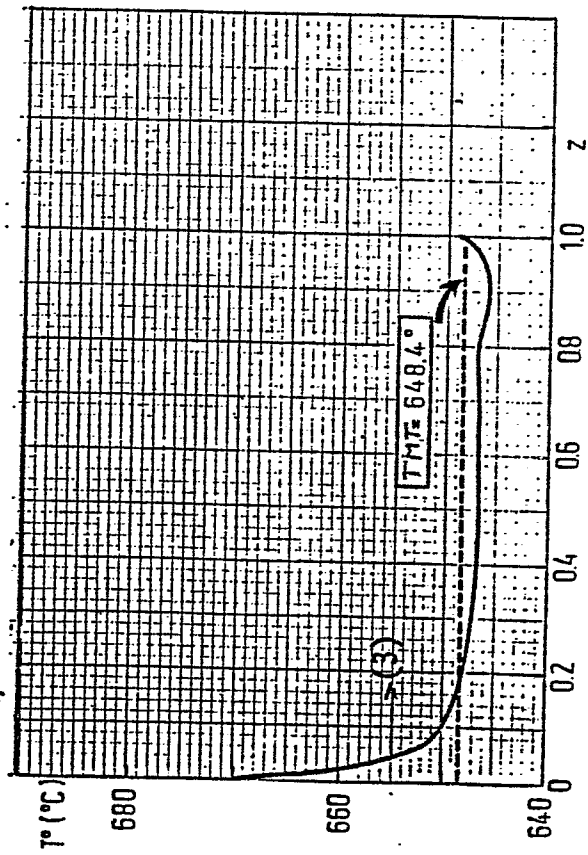
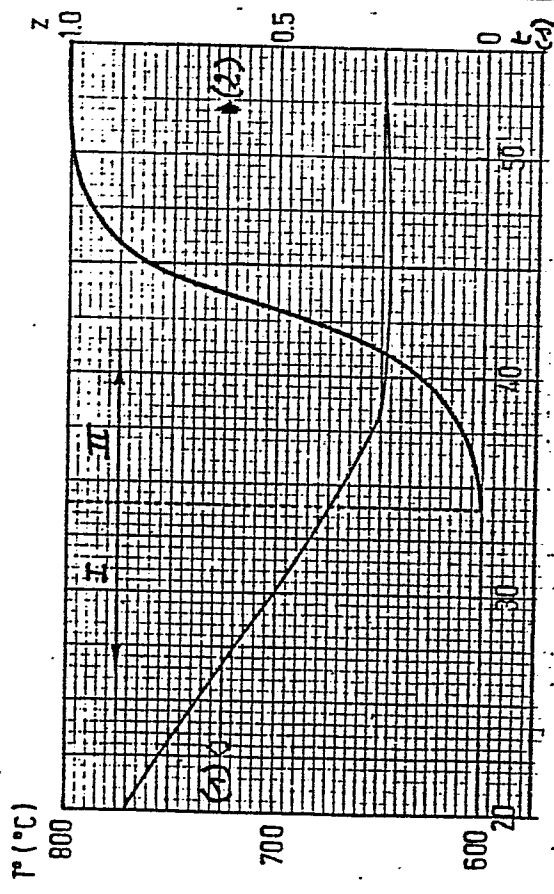


Fig.7

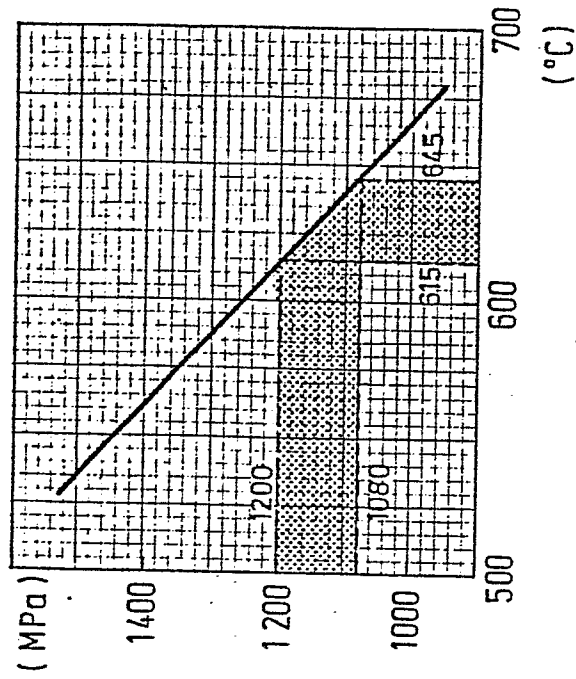


Fig.8

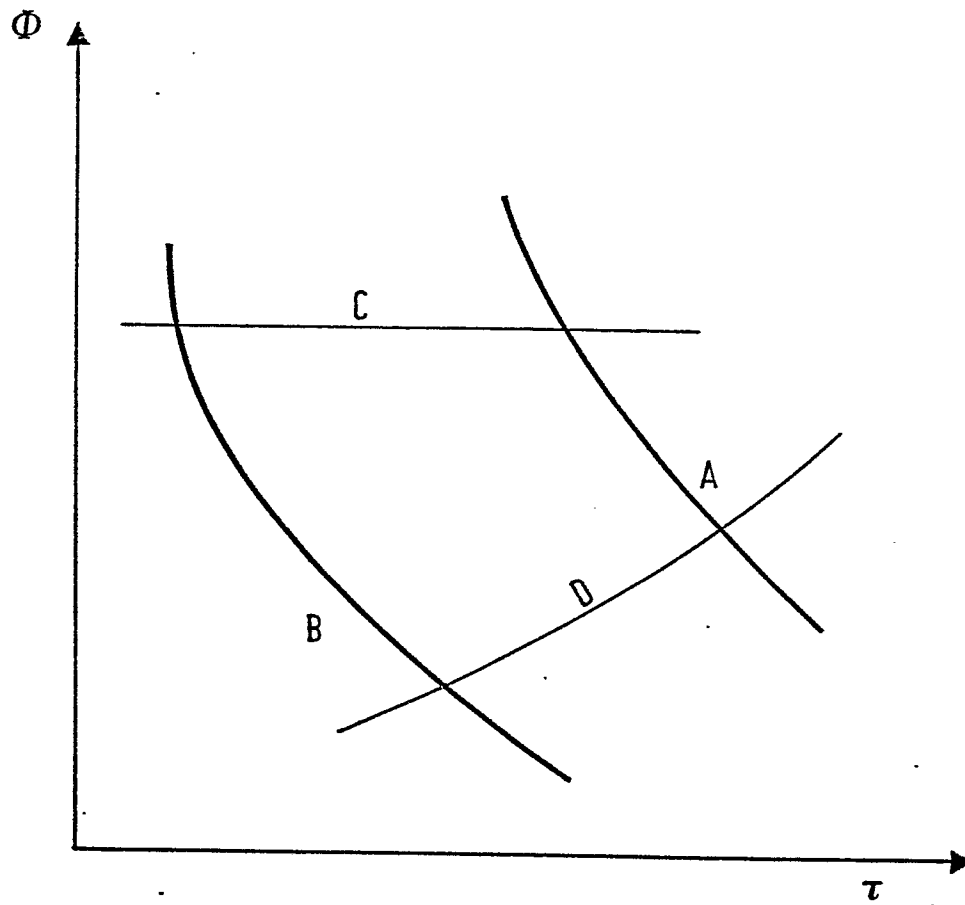


Fig. 9.

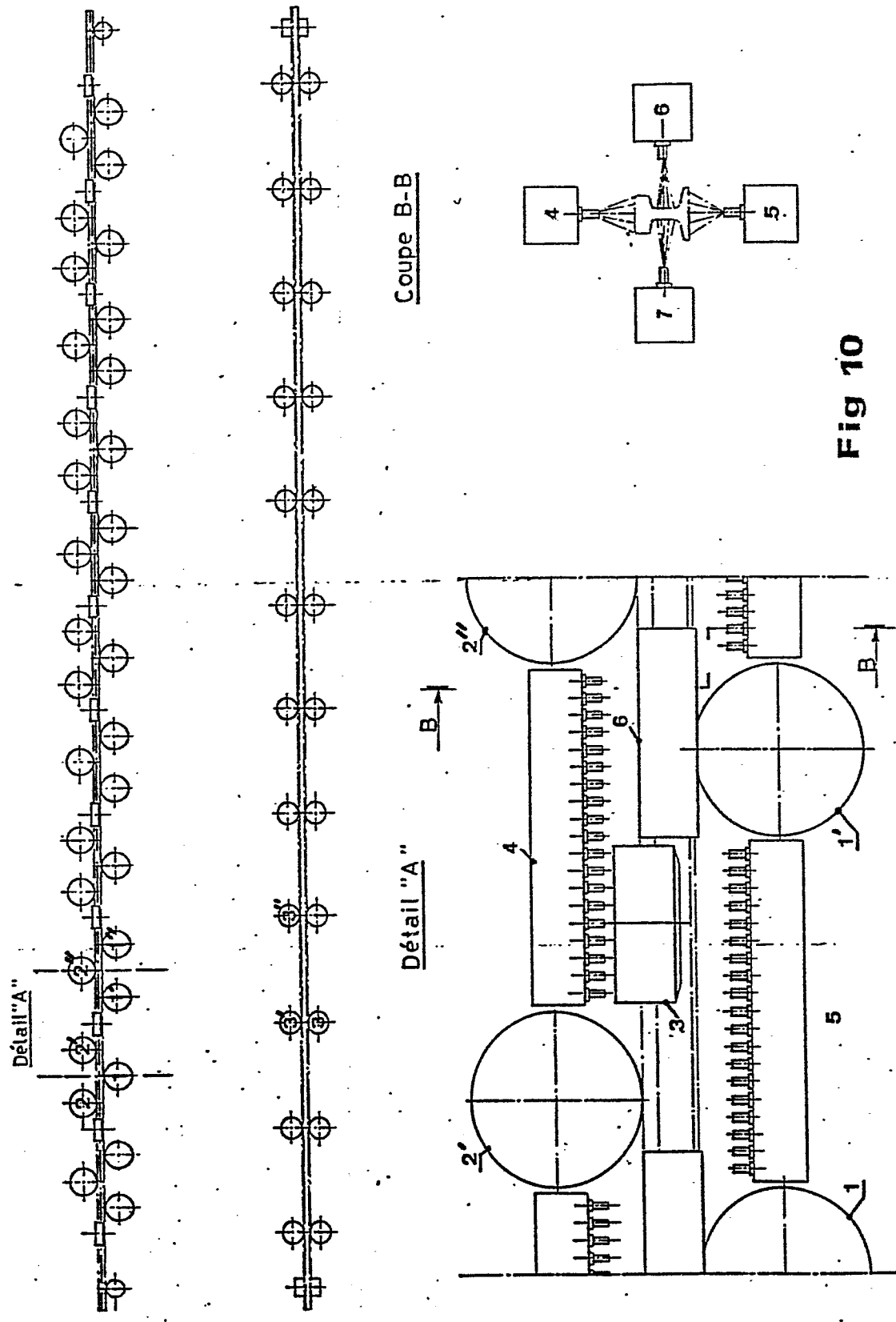


Fig 10