

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
15.06.88

⑤① Int. Cl.⁴ : **C 21 D 9/573, C 21 D 9/52,**
B 21 B 45/02

②① Numéro de dépôt : **85870099.0**

②② Date de dépôt : **18.07.85**

⑤④ **Procédé pour fabriquer du fil machine en acier dur.**

③⑩ Priorité : **23.07.84 LU 85475**

④③ Date de publication de la demande :
29.01.86 Bulletin 86/05

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
15.06.88 Bulletin 88/24

⑧④ Etats contractants désignés :
AT DE FR GB IT NL SE

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 058 324
BE-A- 737 682
DE-A- 2 529 272
DE-A- 2 612 918
FR-A- 2 023 878
FR-A- 2 066 203
FR-A- 2 445 858
GB-A- 1 595 281
LU-A- 57 682
US-A- 3 547 421
US-A- 4 123 296
Houdremont, Handbuch der Sonderstahlkunde,
1943, pages 48, 52, 53.

⑦③ Titulaire : **ARBED S.A.**
Avenue de la Liberté 19
L-2930 Luxembourg (LU)

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

⑦② Inventeur : **Bach, Norbert**
34, rue de l'Hôpital
L-4137 Esch/Alzette (LU)
Inventeur : **Economopoulos, Marios**
6/111, quai Marcellis
B-4020 Liège (BE)
Inventeur : **Gredt, Marc**
74, rue de Luxembourg
L-4221 Esch/Alzette (LU)
Inventeur : **Lessel, Guy**
31, rue Wurth Paquet
L-4350 Esch/Alzette (LU)
Inventeur : **Schummer, Arthur**
68, rue de Luxembourg
L-4221 Esch/Alzette (LU)

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

EP 0 169 827 B1

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

Description

La présente invention se rapporte à un procédé pour la fabrication de fil machine en acier dur, c'est-à-dire en acier présentant une teneur en carbone supérieure à 0,4 % ; ce procédé suivant l'invention comporte une phase de traitement thermique originale, appliquée au fil dès sa sortie du laminoir à chaud.

Ce procédé permet de conférer au fil machine des propriétés mécaniques et une homogénéité de propriétés équivalentes à celles que l'on obtient lorsque l'on pratique l'opération de patentage au plomb.

Le procédé suivant l'invention a comme autre avantage d'éliminer les inconvénients provenant de la ségrégation centrale résultant de l'opération de coulée continue des aciers ; cette ségrégation centrale est notamment gênante lorsque les fils sont destinés à être utilisés après tréfilage sous forme d'armatures actives pour béton précontraint. En effet, la teneur moyenne en carbone pouvant atteindre dans ce cas 0,8 %, la teneur en cet élément des zones ségréguées peut dépasser 1,1 % ; lors du refroidissement normal sur les trains modernes, on assiste alors à une précipitation de cémentite qui a un effet néfaste sur la tréfilabilité.

On sait que les propriétés finales d'un fil dépendent essentiellement de l'état dans lequel se trouve ce fil avant d'aborder les dernières opérations de déformation à froid telles que le tréfilage. En fait, il est bien connu que pour obtenir la structure convenant idéalement au tréfilage, il faut abaisser la température du début de transformation allotropique et d'autre part limiter le réchauffement dû à la transformation allotropique elle-même qui se produit et qui porte le nom de recalescence. Le moyen classique pour réaliser cette opération consiste à faire subir au fil un patentage au plomb.

Grâce à cette opération et à un écrouissage approprié, on peut obtenir des fils, même de très petit diamètre, présentant les caractéristiques mécaniques finales désirées.

Le principal inconvénient de ces procédés consiste dans le fait que le patentage et le prépatentage éventuel au plomb sont des opérations particulièrement coûteuses, d'une part en elles-mêmes et d'autre part eu égard aux manipulations et à la perte de productivité qu'elles occasionnent dans une tréfilerie.

Afin de remédier à ces inconvénients, on a déjà imaginé différents procédés ; d'une façon très générale, ces procédés soit ne conduisent pas à un produit dont les propriétés soient comparables à celles des fils ayant subi un patentage au plomb, soit présentent encore des inconvénients de mise en œuvre qui n'en permettent pas une application industrielle.

Les méthodes proposées pour atteindre le but visé (élimination du patentage par traitement thermique dans la chaude de laminage) peuvent être classées en deux catégories suivant que le refroidissement contrôlé est appliqué en ligne, avant la formation de spires, ou bien sur le convoyeur à spires étalées.

En ce qui concerne le traitement au niveau de la rampe de refroidissement à l'eau avant la tête de formation de spires, on se heurte généralement à un problème qui réside dans le fait que le temps dont on dispose pour appliquer le moyen imaginé est extrêmement faible, par exemple de l'ordre de la demi-seconde dans les trains de laminoir à grande vitesse de sortie ; il en résulte que l'on est obligé d'appliquer des refroidissements très intenses pour abaisser la température dans les lignes visées, et cela entraîne la création de gradients thermiques importants dans la section du fil et un risque de trempe martensitique à la surface.

Parmi les solutions techniques diverses qui ont déjà été proposées pour résoudre ce problème, on peut en citer deux qui méritent particulièrement l'attention. La première consiste à refroidir le fil jusqu'à une température inférieure à 600 °C, par passage dans des boîtes de refroidissement à eau entre lesquelles on intercale des sections à l'air permettant une élévation de la température à la surface du fil ; l'ensemble de l'installation est calculé de manière à obtenir la diminution désirée de la température moyenne du fil tout en évitant la formation de martensite en surface.

Ce procédé n'a jusqu'à présent pas connu un grand succès industriel parce qu'il présente quelques difficultés de mise en œuvre ; ainsi il est nécessaire d'utiliser plusieurs boîtes à eau dont la longueur va en décroissant rapidement dans le sens de l'avancement du fil ; d'autre part puisqu'il est impérieux d'arrêter l'eau à la sortie de chaque boîte afin de permettre le réchauffement de la surface, il faut utiliser des dispositifs brise-jet dont l'emploi n'est ni aisé ni efficace. D'autre part la configuration optimum d'une telle installation de refroidissement dépend du diamètre du fil, de sa teneur en carbone et des propriétés visées ; il en résulte que si même on pouvait réaliser pratiquement la rampe optimum, ce ne serait que pour une seule qualité et un seul diamètre de fil. Comme les trains à fil modernes laminent une gamme très étendue de produits, pour la plupart d'entre eux, l'installation ne présenterait donc pas les caractéristiques optimum souhaitées. Enfin, pour contourner les inconvénients qui viennent d'être cités, on pourrait construire la rampe de manière telle que la température de surface du fil soit largement supérieure au point Ms et ce pour tous les diamètres et toutes les qualités de la gamme des produits, mais le résultat de cette obligation serait que la longueur de la rampe de refroidissement serait très nettement supérieure à sa valeur pratique maximum. Ceci entraînerait des frais d'investissement très élevés et une exploitation difficile du train.

Le second système préconisé consiste à refroidir également le fil avant la dépose, mais en admettant ici une formation d'une couche superficielle de martensite d'épaisseur très limitée ; cette manière de procéder, si elle permet de raccourcir la ligne de refroidissement et d'éliminer l'inconvénient de réaliser

une installation comportant différentes boîtes de refroidissement et séparées par des zones de refroidissement à l'air, n'apporte quand même pas de solution aux autres inconvénients qui viennent d'être cités, soit la difficulté d'approprier la rampe à toute la gamme des produits à fabriquer ; d'autre part, ce procédé entraîne un inconvénient supplémentaire dans la suite du traitement thermique parce

5 que la recalcence qu'il faut combattre lorsque le fil est étalé sur le convoyeur est d'autant plus importante que l'on a abaissé plus fortement la température du début de transformation.

Si l'on considère maintenant la seconde famille des solutions proposées qui consistent à appliquer le traitement alors que le fil machine est étendu en spires non concentriques sur un convoyeur, on observe que parmi les procédés qui ont déjà été préconisés, les uns augmentent l'efficacité du refroidissement

10 par un choix approprié du fluide utilisé, les autres s'attaquent à la recalcence à l'endroit où elle a lieu.

Parmi ces différents procédés, on peut citer ceux dans lesquels on effectue un refroidissement à l'air soufflé ou aspiré au travers des spires. Suivant ces procédés, on a certes constaté une nette amélioration de la valeur moyenne des propriétés du fil et de la dispersion des mesures autour de cette moyenne, ainsi qu'une amélioration de la structure suffisante pour éviter un prépatentage. Dans le cas du fil machine, il

15 n'a toutefois pas été possible d'éviter le patentage final au plomb.

Dans cette optique, on a également imaginé d'effectuer le traitement du fil disposé sous forme de spires étalées dans un lit fluidisé. Ce processus amène une certaine amélioration supplémentaire par rapport à celui précédemment cité, mais il présente cependant d'autres difficultés d'ordre essentiellement technologique.

20 Le traitement de refroidissement du fil par immersion dans un bain de sel fondu ou dans une solution aqueuse concentrée présente également des inconvénients propres, notamment le lavage ultérieur indispensable du fil et la nécessité d'utiliser des installations assez particulières.

En résumé, la technique actuelle n'a pas permis de résoudre, de façon valable, le problème posé, à savoir obtenir une bonne valeur moyenne des propriétés d'un fil dur dans chaque bobine de ce fil, ainsi qu'une dispersion réduite des propriétés du fil autour de la valeur moyenne. La cause en est — sauf en ce

25 qui concerne le soufflage d'air — que les procédés considérés sont souvent économiquement et/ou techniquement inexploitable.

Les autres procédés, appliqués au fil étalé en spires non concentriques sur un convoyeur, ont pour objectif l'élimination de la recalcence en accélérant le refroidissement à l'endroit du convoyeur où cette recalcence avait lieu ; on a ainsi préconisé différents types de refroidissement, par exemple par brouillard à l'eau, par pulvérisation, par immersion dans un bain, etc ; ici non plus les procédés proposés n'ont pas été l'objet d'une application industrielle, car il n'a pas été possible en pratique d'appliquer à l'endroit déterminé où avait lieu la recalcence, un refroidissement sélectif qui soit en même temps intense et homogène.

35 Par le brevet BE-A-737 682, on connaît un procédé pour la fabrication de fil machine, qui comprend une phase de refroidissement rapide du fil à la sortie du laminier et une phase de refroidissement du fil sur un convoyeur immergé dans un bain aqueux. Ce brevet ne révèle pas les conditions requises pour abaisser la température de transformation du fil et limiter la recalcence due à cette transformation, en vue de conférer au fil dur un niveau satisfaisant et une bonne homogénéité des propriétés mécaniques.

40 La présente invention a précisément pour objet un procédé pour la fabrication de fil machine en acier dur, grâce auquel on obtient un fil dont les propriétés mécaniques sont analogues à celles obtenues lorsque l'on pratique l'opération supplémentaire de patentage au plomb, et dont la dispersion des propriétés autour de la valeur moyenne, dans une bobine, est tellement faible que l'on peut considérer que ces propriétés sont homogènes.

45 Conformément à la présente invention, un procédé pour la fabrication d'un fil machine en acier contenant de 0,6 % à 0,8 % de carbone, dans lequel, au sortir du laminier à chaud, le fil est soumis à un refroidissement comportant une première phase qui consiste en un refroidissement intense et une seconde phase qui consiste en un refroidissement moins intense du fil mis en spires étalées de façon non concentrique sur un convoyeur, est caractérisé en ce que la première phase de refroidissement est

50 appliquée au fil pendant que celui-ci traverse à la vitesse de fin de laminage une ligne de refroidissement située entre le bloc finisseur et l'entraîneur à galets se trouvant à l'entrée de la tête de dépose du fil sur ledit convoyeur, ladite ligne de refroidissement étant continue, c'est-à-dire ne comportant pas d'intervalles de refroidissement à l'air entre des sections successives de refroidissement intense, en ce que l'on règle la longueur et la puissance de ladite ligne de refroidissement de telle manière que la température superficielle du fil à la fin de cette première phase soit comprise entre la température de début de la transformation martensitique (M_s) pour l'acier considéré et ($M_s + 200^\circ\text{C}$), en ce que l'on dépose le fil en spires étalées sur ledit convoyeur en un temps inférieur à celui pour lequel le pourcentage d'austénite transformée dépasse 5 %, et en ce que l'on applique ladite seconde phase de refroidissement de telle façon que le pourcentage d'austénite transformée soit d'au moins 95 % à la sortie de ladite seconde

60 phase.

Selon une mise en œuvre préférentielle du procédé de l'invention, la densité moyenne de flux calorifique au cours de ladite première phase de refroidissement est comprise entre 3 et 7 MW/m².

Selon une modalité particulière de mise en œuvre du procédé de l'invention, la densité moyenne de flux calorifique au cours de ladite seconde phase de refroidissement est comprise entre 0,1 et 0,4 MW/m².

65 Suivant l'invention, le refroidissement du fil étalé en spires non concentriques sur ledit convoyeur, au

cours de la seconde phase de refroidissement, peut être assuré par tout moyen connu en soi. Il s'est cependant avéré particulièrement intéressant de le réaliser par immersion dans l'eau bouillante.

La valeur visée par la température superficielle (T_s) à la sortie de la première phase est obtenue, suivant l'invention, en choisissant une combinaison adéquate entre les valeurs de la longueur (L) de la

5 ligne de refroidissement (ou la durée) et de la densité moyenne de flux calorifique (φ).

Le couple (φ - L) choisi, suivant le procédé, sera tel que les propriétés mécaniques désirées soient obtenues après le traitement de la deuxième phase. La charge de rupture (TS) visée sera voisine de la valeur donnée par la formule :

$$10 \quad TS = (C \%) \cdot 1\,000 + 500 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Sur la figure 1 sont représentées les courbes de refroidissement en surface (I) et au centre (II) d'un fil de 12 mm de diamètre en acier à 0,63 % C et 0,65 % Mn, auquel on a appliqué le procédé de l'invention dans les conditions suivantes :

- 15 — vitesse de fin de laminage (V) : 22,88 m/s
- longueur de rampe installée dans le bloc (L_1) : 4 m
- longueur de la rampe principale de refroidissement à l'eau (L_2) : 39,13 m
- densité moyenne de flux calorifique au cours de la première phase (φ) : 3,58 MW/m²
- coefficient d'échange calorifique dans le dispositif de refroidissement au cours de la deuxième
- 20 phase (α) : 0,27 kW/m² °C
- MTT surface : 601 °C
- MTT centre : 626 °C
- $\overline{MTT}$: 606 °C

En (a) et (a') la quantité d'austénite transformée est de 2 % tandis qu'elle est de 98 % en (b) et (b'),

25 c'est-à-dire à la fin de la deuxième phase.

Cette figure montre également que le second objectif visé, l'élimination de la cémentite pro-eutectoïde à cœur des fils ségrégués, est atteint automatiquement par l'application du procédé. En effet, la température de début de transformation du cœur est abaissée en dessous de 600 °C, ce qui empêche la précipitation de la cémentite pro-eutectoïde.

30 A titre d'exemple pratique du procédé de l'invention, on examinera ci-après le cas d'une application dans un nouveau laminage pour lequel il s'agit de déterminer la distance à prévoir entre la sortie du bloc et l'entraîneur à galets ; le tableau I ci-dessous mentionne les principales données de l'installation et du produit, tandis que la figure 2 représente schématiquement l'implantation des équipements.

On distingue sur cette figure en (1) le bloc finisseur comprenant, à la suite des cages (2), une ligne de

35 refroidissement (3) de longueur (L_1) située à la place de cages non utilisées, le « break out box » (4), la ligne de refroidissement continue (5) de longueur (L_2), la tête (6) de mise en spires et de dépose sur le convoyeur (7), lequel est pourvu d'un dispositif de refroidissement (8) de longueur (L_3) pour assurer la deuxième phase du traitement.

40 Tableau I

Données		Exemple			
45	Nombre de cages dans le bloc finisseur	10			
	Entraxe des cages du bloc	750 mm			
	Gamme de diamètres	5,5 à 12 mm			
	Température de fin de laminage max.	1 050 °C			
50	Par diamètre :	$\varnothing$	V	L_1	p
	V : vitesse de fin de laminage (m/s)	5,5	85	0	15,9
55	L_1 : longueur de rampe pouvant être installée dans le bloc (cfr. ci-dessous) (m)	7	82,8	1	25
		8	63,4	1	25
	p : débit instantané d'acier (kg/s)	10	40,5	2,5	25
60		12	28,2	4	25

Tableau I (Suite)

	Données	Exemple
5	Teneur max. en C } dans le cadre Teneur min. en C } de l'application Longueur du « break-out box » } du procédé	0,8 % 0,6 % 1 400 mm
10	Longueur parcourue par le fil entre la sortie de la rampe à eau et l'entrée du refroidissement forcé sur convoyeur	20 m
	Longueur de la rampe principale de refroidissement à l'eau	L_2
	Charge de rupture visée (MPa)	$TS = (C \%) \cdot 1\,000 + 500$
15	Coefficient d'échange calorifique dans le dispositif de refroidissement accéléré sur convoyeur	0,27 kW/m ² °C
	Densité de spires sur le convoyeur	25 spires/m
	Vitesse max. du convoyeur	1 m/s
	Diamètre moyen des spires	1 050 mm

20 On peut, à partir de cette application dans des conditions particulières, faire les remarques suivantes.
Afin de minimiser l'encombrement de l'installation, on a installé une section de refroidissement de longueur L_1 à la place des cages non utilisées ; de ce fait, L_1 est fonction du diamètre.

25 On suppose que le fil n'est pas refroidi dans le « break-out box ». Cependant, étant donné la faible longueur de ce dispositif, l'interruption du refroidissement n'a aucun effet métallurgique et la rampe de refroidissement se comporte comme une rampe continue de longueur $L_1 + L_2$.

30 Si la durée de séjour du fil à l'air entre les deux phases de refroidissement accéléré doit être minime, elle ne peut cependant pas être annulée pour des raisons technologiques (entraîneur à galets, tête de dépose, chute des spires, ...) ; on a considéré que le séjour minimum du fil à l'air correspondait à un parcours rectiligne de 20 m.

On suppose que le dispositif de refroidissement de la phase I est caractérisé par une valeur constante de la densité de flux calorifique (ϕ). Il en résulte que le coefficient d'échange pris en considération pour les calculs sera de la forme :

$$35 \quad \alpha = \frac{\phi}{T_s - T_m}$$

où T_s est la température superficielle et T_m la température du fluide de refroidissement.

Il a été constaté que cette hypothèse est en accord raisonnable avec l'expérience, du moins pour des valeurs de T_s supérieures à 350-400 °C.

40 Pour le refroidissement au cours de la phase II, on suppose un refroidissement du type Newtonien ($\alpha = \text{const.}$) et on néglige dès lors les différences d'intensité de refroidissement entre les centres et les nœuds de la nappe des spires. Cette hypothèse est très proche de la réalité dans le cas où le refroidissement se fait par immersion de spires dans l'eau bouillante. Cependant, ces conclusions restent valables à la première approximation dans le cas où le refroidissement au cours de la deuxième phase se fait par soufflage d'air.

Le problème consiste à déterminer :

- la valeur minimale de L_2 permettant d'appliquer le procédé à l'ensemble du product mix (tableau I) ;
- la valeur de (ϕ) pour chaque diamètre et chaque teneur en carbone du product mix ;
- 50 — la longueur minimale de traitement dans la phase II (L_3).

a. Longueur L_2

La procédure de calcul utilisée est la suivante :

55 Pour un diamètre donné, on considère le cas le plus difficile qui correspond :

— à la température de dépose maximum (1 050 °C dans l'exemple),

— à la teneur en C minimum (0,6 % dans l'exemple), car en effet c'est pour la valeur minimale de % C que le point M_s est plus élevé et, par conséquent, que la température minimale de surface pouvant être atteinte pendant la première phase est la plus élevée.

60 On connaît la relation qui existe entre T_s et la température moyenne de transformation (MTT), celle-ci étant définie en un point considéré comme étant la moyenne de la courbe $T = f(z)$ donnant en ce point la variation de la température (T) et le pourcentage d'austénite transformée (z) :

$$65 \quad MTT = \int_0^1 f(z) dz$$

Or il est clair que MTT est une fonction du point considéré dans la section et, en supposant la symétrie cylindrique, on peut considérer que MTT est constant le long d'un cercle de rayon (r) situé dans la section droite du fil, c'est-à-dire que $MTT = MTT(r)$; d'autre part, l'expérience montre que la charge de rupture est une fonction linéaire de MTT (soit $y = a MTT + b$).

- 5 Enfin, l'expérience a également montré que dans un fil de rayon R dans lequel MTT varie avec r (et, par conséquent, $y = y(r)$), on peut appliquer la règle d'additivité pour trouver la charge de rupture macroscopique du fil :

$$10 \quad TS = \frac{1}{R^2} \int_0^R 2r dy(r)$$

en posant $x = r^2$ et en remplaçant y par sa valeur en fonction de MTT, on obtient :

$$15 \quad TS = a \frac{1}{R^2} \int_0^{R^2} MTT(x) dx + b$$

d'où

$$TS = a \overline{MTT} + b$$

- 20 avec

$$\overline{MTT} = \frac{1}{R^2} \int_0^{R^2} y(x) dx$$

- 25 Cette dernière relation définit $\overline{MTT}$ pour l'ensemble de la section du fil.

Les deux dernières relations montrent que $\overline{MTT}$ est la valeur de MTT constante dans la section et qui donnerait la valeur macroscopique de T_s de la charge de rupture du fil.

Ce qui précède montre que l'on peut par conséquent calculer la valeur visée pour $\overline{MTT}$ (désignée par $\overline{MTT}^*$).

- 30 Dans l'exemple choisi : $\overline{MTT}^* = 606^\circ\text{C}$.

Si on choisit arbitrairement une valeur de L_2 , à cette valeur correspond une et une seule valeur de (φ) donnant à la fin de la transformation, c'est-à-dire après la deuxième phase, $\overline{MTT} = \overline{MTT}^*$.

- La figure 3 représente l'ensemble des couples (L_2, φ) permettant de réaliser $\overline{MTT}^*$ dans le cas de la fabrication d'un fil de 7 mm de diamètre, en acier à 0,63 % C et 0,65 % Mn, laminé avec une température (T_0) de fin de laminage de 1 050 °C et une vitesse de sortie (V) de 82,8 m/s, où la longueur de rampe (L_1) installée dans le bloc est de 1 m. Cette figure 3 donne également, pour chaque couple (L_2, φ) la valeur de la température minimale de surface (T) atteinte pendant la première phase. Il est clair que plus la température superficielle minimale admise est élevée, plus la longueur L_2 nécessaire est grande.

Cette valeur minimale admise dépend de la qualité du contrôle installé sur le train.

- 40 Pour un contrôle précis par ordinateur et grâce à la rampe unique, d'une très grande gouvernabilité, on peut admettre par exemple une température minimale de surface de $M_s + 30^\circ\text{C}$. Dans ces conditions, la figure 3 permet de trouver (L_2 min) et le (φ) correspond pour le diamètre de 7 mm, soit en l'occurrence L_2 min = 45,2 m et $\varphi = 6,77 \text{ MW/m}^2$. En répétant la même procédure pour tous les diamètres laminés, on établit la variation de L_2 min avec le diamètre (figure 4). On constate que la plus grande valeur de L_2 min correspond, pour l'exemple choisi, au diamètre de 12 mm et c'est cette valeur qui sera choisie pour L_2 (49,1 m). La figure 4 donne également la variation de L_2 en fonction du diamètre à laminer.

b. Calcul de φ

- 50 Connaissant L_2 , on peut calculer, pour les autres diamètres, les valeurs de (φ) et de la température minimale de surface :

	Diamètre (mm)	5,5	7	8	10	12
55	φ (MW/m ²)	5,02	6,23	5,52	4,36	3,58
	T_s min — MS	169	54	42	33,4	30
	V (m/s)	85	82,8	63,4	40,5	28,2
60	Mass flow instant. (T/h)	57,2	90	90	90	90
	L_1 (m)	0	1	1	2,5	4
65	$L_2 = 49,1 \text{ m} ; T^\circ = 1\,050^\circ\text{C} ; 0,63\% \text{ C} - 0,65\% \text{ Mn} - \overline{MTT}^* = 606^\circ$					

On constate que la sécurité vis-à-vis de M_s va en croissant au fur et à mesure que le diamètre décroît ; elle devient considérable pour le diamètre 5,5 mm, car pour ce dernier, le flux massique instantané du train est réduit.

On constate également que pour appliquer le procédé de l'invention dans les conditions de l'exemple, il faut être à même de réaliser sur la même installation des flux compris entre 3,5 et 6,5 MW/m².

Les calculs ci-dessus peuvent être effectués pour les fils à carbone plus élevé avec des résultats tout à fait comparables sauf en ce qui concerne la sécurité vis-à-vis du M_s qui sera plus grande.

c. Détermination de (L_3)

Le tableau ci-dessous donne pour une densité de spires de 25 m, la vitesse du convoyeur, la durée du traitement nécessaire pour que la transformation soit terminée à 98 % et la longueur (L_3) correspondante :

15	Diamètre (mm)	5,5	7	8	10	12
	Vitesse convoyeur (m/s)	1,03	1,0	0,77	0,49	0,34
20	Durée traitement (s)	6,26	6,99	7,34	8,14	9,04
	L_3 (m)	6,46	6,99	5,65	4,00	3,09

On retiendra la plus grande des valeurs calculées pour L_3 (7 m). Si le refroidissement durant la deuxième phase se fait par soufflage d'air, il faudra tenir compte du fait que, dans ce cas, le refroidissement des nœuds est nettement plus lent.

La technologie mise en œuvre pour appliquer le procédé de l'invention est, dans son ensemble, connue.

Dans la première phase, on utilise par exemple des « canons à eau » d'un type classique et on règle (ϕ) en agissant sur la pression d'alimentation de ces canons. On peut également utiliser des canons à eau-air et dans ce cas le réglage se fait par action sur le débit d'air.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un fil machine en acier contenant de 0,6 % à 0,8 % de carbone, dans lequel au sortir du laminier à chaud, le fil est soumis à un refroidissement comportant une première phase qui consiste en un refroidissement intense et une seconde phase qui consiste en un refroidissement moins intense du fil mis en spires étalées de façon non concentrique sur un convoyeur, caractérisé en ce que la première phase de refroidissement est appliquée au fil pendant que celui-ci traverse à la vitesse de fin de laminage une ligne de refroidissement située entre le bloc finisseur et l'entraîneur à galets se trouvant à l'entrée de la tête de dépose du fil sur ledit convoyeur, ladite ligne de refroidissement étant continue, c'est-à-dire ne comportant pas d'intervalles de refroidissement à l'air entre des sections successives de refroidissement intense, en ce que l'on règle la longueur et la puissance de ladite ligne de refroidissement de telle manière que la température superficielle du fil à la fin de cette première phase soit comprise entre la température de début de la transformation martensitique (M_s) pour l'acier considéré et ($M_s + 200$ °C), en ce que l'on dépose le fil en spires étalées sur ledit convoyeur en un temps inférieur à celui pour lequel le pourcentage d'austénite transformée dépasse 5 %, et en ce que l'on applique ladite seconde phase de refroidissement de telle façon que le pourcentage d'austénite transformée soit d'au moins 95 % à la sortie de ladite seconde phase.

2. Procédé de fabrication de fil machine suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la densité moyenne de flux calorifique au cours de ladite première phase de refroidissement est comprise entre 3 et 7 MW/m².

3. Procédé de fabrication de fil machine suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la densité moyenne de flux calorifique au cours de ladite seconde phase de refroidissement est comprise entre 0,1 et 0,4 MW/m².

4. Procédé de fabrication de fil machine suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on effectue ladite seconde phase de refroidissement par immersion dans l'eau bouillante du fil étalé en spires non concentriques sur ledit convoyeur.

Claims

1. Process for the manufacture of a steel wire rod containing from 0.6 % to 0.8 % of carbon, in which, on issuing from the hot rolling mill, the rod is subjected to a cooling treatment comprising a first phase

which consists of an intense cooling and a second phase which consists of a less intense cooling of the rod arranged non-concentrically in spread turns on a conveyor, characterized in that the first cooling phase is applied to the rod whilst it travels at the final rolling speed through a cooling line located between the finishing block and the roller drive unit located at the inlet of the head which deposits the rod on the said conveyor, the said cooling line being continuous, that is to say not possessing air cooling zones between the successive intense cooling sections, in that the length and the power of the said cooling line is regulated in such a way that the surface temperature of the rod at the end of this first phase is between the starting temperature of the Martensite transformation (M_s) of the steel in question and ($M_s + 200\text{ °C}$), in that the rod is deposited in spread turns on the said conveyor within a time which is less than that in which the percentage of austenite transformed exceeds 5 %, and in that the second cooling phase is applied in such a manner that the percentage of austenite transformed is at least 95 % on issuing from the said second phase.

2. Process for the manufacture of wire rod according to Claim 1, characterized in that the mean density of heat flux during the said first cooling phase is between 3 and 7 MW/m².

3. Process for the manufacture of wire rod according to either of Claims 1 and 2, characterized in that the mean density of heat flux during the said second cooling phase is between 0.1 and 0.4 MW/m².

4. Process for the manufacture of wire rod according to any of Claims 1 to 3, characterized in that the said second cooling phase is effected by immersing the rod, spread in non-concentric turns on the said conveyor, in boiling water.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Stahlwalzdraht mit 0,6 bis 0,8 % Kohlenstoff, bei dem der aus dem Warmwalzwerk austretende Draht einer Kühlbehandlung unterzogen wird, die als erste Phase eine intensive Kühlung und als zweite Phase eine weniger intensive Kühlung des in nicht-konzentrischen Windungen auf einem Förderer ausgebreiteten Drahts umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Draht der ersten Kühlphase unterzogen wird, während er sich mit der Geschwindigkeit am Walzende über eine Kühlstrecke bewegt, die sich zwischen dem Fertigstellungsblock und der am Eingang des Kopfes zum Ablegen des Drahts auf besagten Förderer angeordneten Rollenantriebsanlage befindet, wobei diese Kühlstrecke nicht unterbrochen ist, das heisst zwischen den aufeinanderfolgenden intensiven Kühlabschnitten keine luftgekühlten Zwischenräume vorhanden sind, dass die Länge und Leistung dieser Kühlstrecke so gesteuert werden, dass die Oberflächentemperatur des Drahts am Ende dieser ersten Phase zwischen der Anfangstemperatur für die Martensitumwandlung (M_s) des betreffenden Stahls und ($M_s + 200\text{ °C}$) liegt, dass der Draht in ausgebreiteten Windungen auf jenem Förderer in einer Zeit abgelegt wird, die kürzer ist als die Zeit, bei der die Austenitumwandlung 5 % überschreitet, und dass man besagte zweite Kühlphase so durchführt, dass der Prozentsatz an umgewandeltem Austenit am Ausgang aus der zweiten Phase mindestens 95 % beträgt.

2. Verfahren zur Herstellung von Walzdraht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Wärmestromdichte im Verlauf jener ersten Kühlphase zwischen 3 und 7 MW/m² beträgt.

3. Verfahren zur Herstellung von Walzdraht nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmestromdichte im Verlauf jener zweiten Kühlphase zwischen 0,1 und 0,4 MW/m² beträgt.

4. Verfahren zur Herstellung von Walzdraht nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass besagte zweite Kühlphase durch Eintauchen des in nicht-konzentrischen Windungen auf jenem Förderer ausgebreiteten Drahts in siedendes Wasser erfolgt.

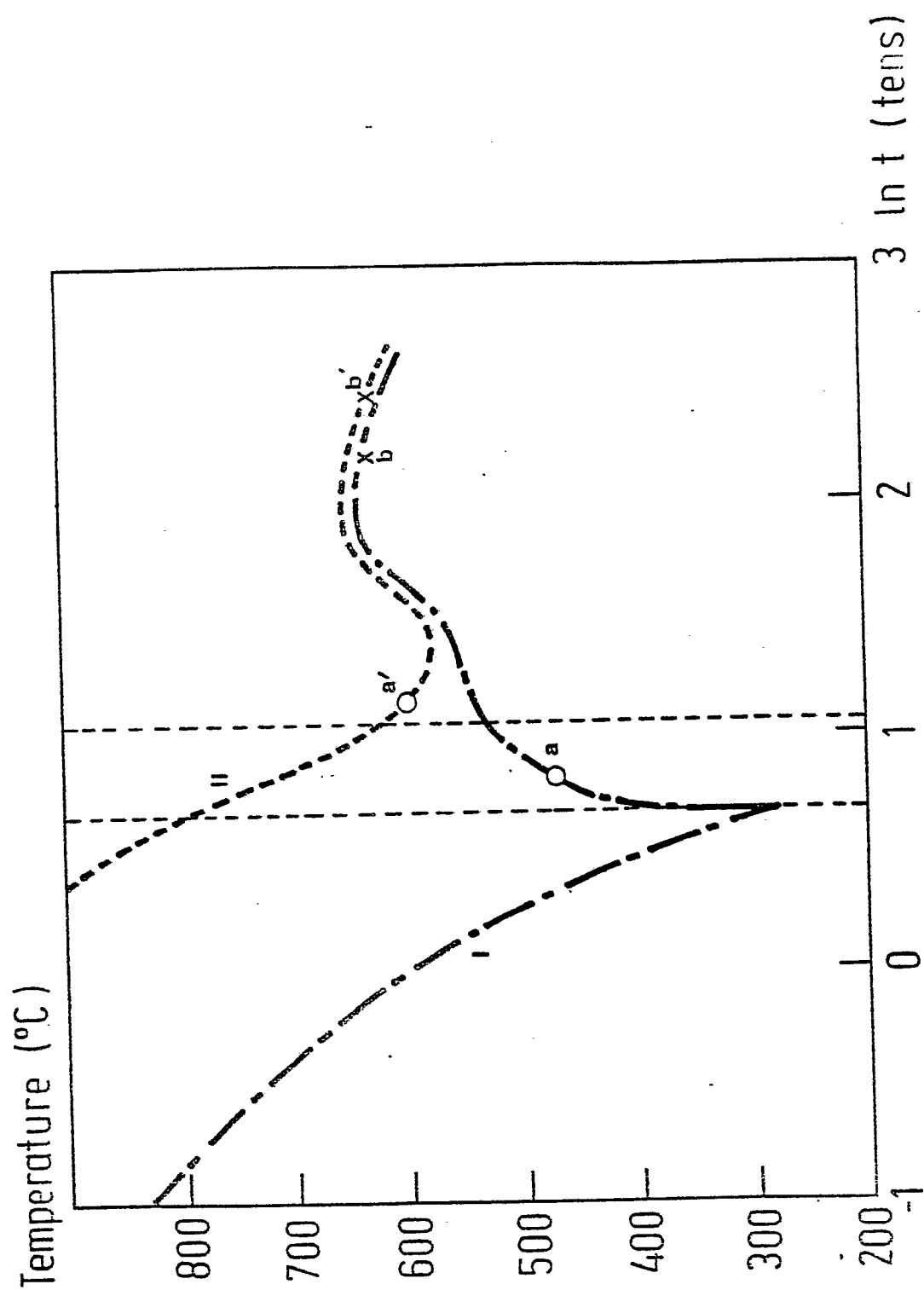


FIG.1_

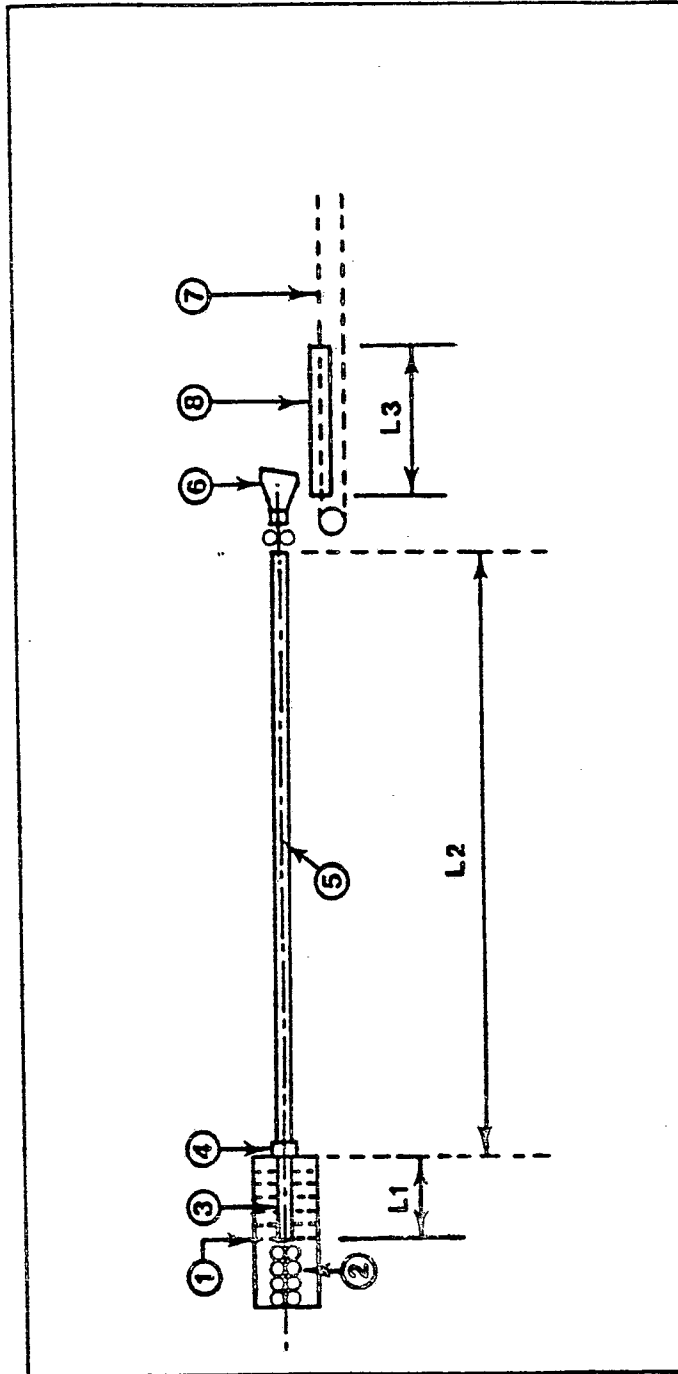


FIG. 2.

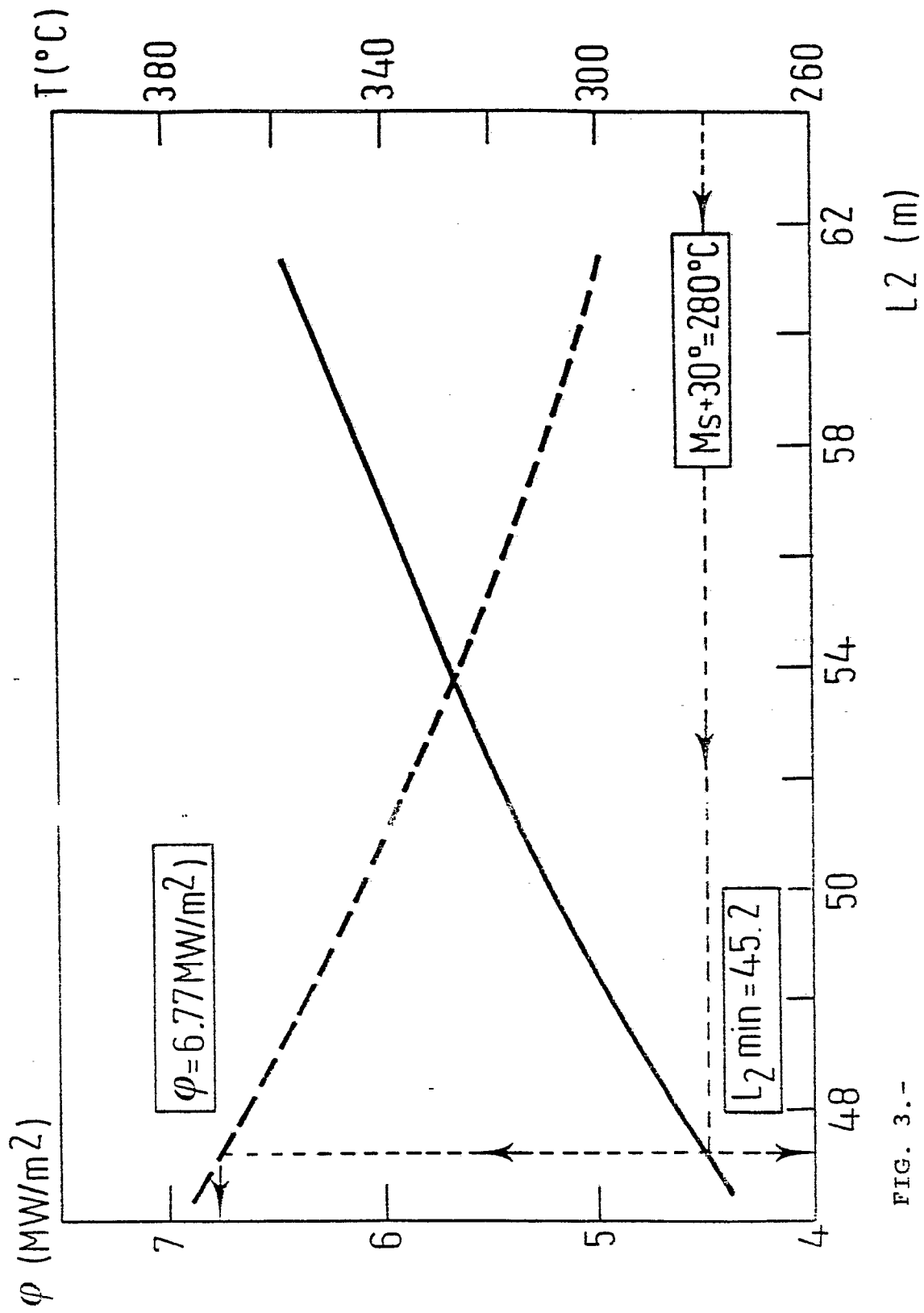


FIG. 3.-

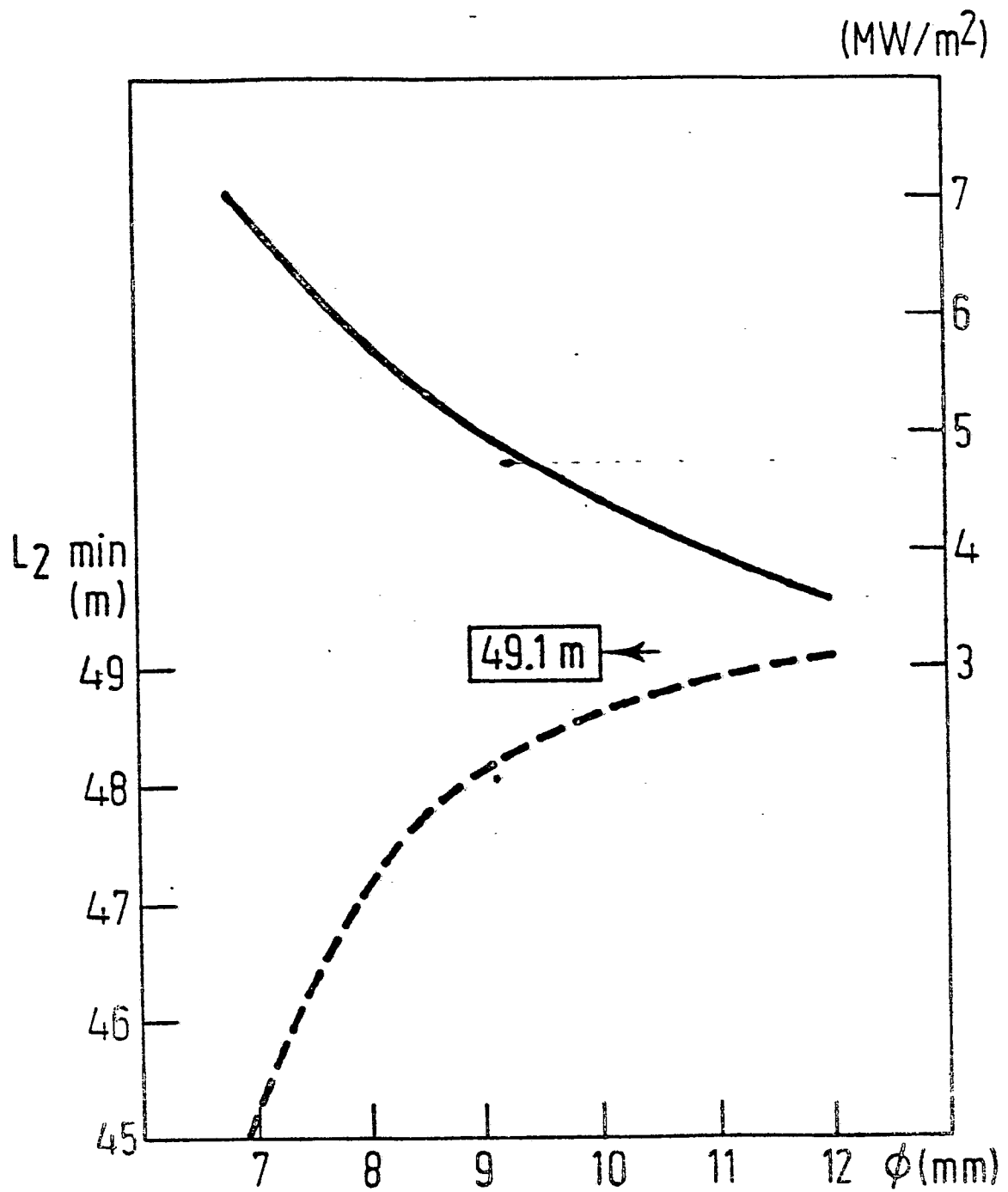


FIG. 4 -