

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt: 85870099.0

⑸ Int. Cl.<sup>4</sup>: **C 21 D 9/573**  
**C 21 D 9/52, B 21 B 45/02**

⑱ Date de dépôt: 18.07.85

⑳ Priorité: 23.07.84 LU 85475

④③ Date de publication de la demande:  
29.01.86 Bulletin 86/5

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

⑦① Demandeur: **ARBED S.A.**  
**Avenue de la Liberté 19**  
**L-2930 Luxembourg(LU)**

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)**

⑦② Inventeur: **Bach, Norbert**  
**34, rue de l'Hôpital**  
**L-4137 Esch/Alzette(LU)**

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

⑦② Inventeur: **Gredt, Marc**  
**74, rue de Luxembourg**  
**L-4221 Esch/Alzette(LU)**

⑦② Inventeur: **Lessel, Guy**  
**31, rue Wurth Paquet**  
**L-4350 Esch/Alzette(LU)**

⑦② 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)**

⑤④ Procédé pour fabriquer du fil machine en acier dur.

⑤⑦ A la sortie du laminoin à chaud, on applique au fil:  
- une première phase de refroidissement intense continu en (3) et en (5), entre le bloc finisseur (1) et l'entrée de la tête de dépose (6) du fil en spires; la longueur ( $L_1 + L_2$ ) et la puissance de la ligne sont réglées de telle manière que la température superficielle du fil à la fin de cette première phase soit comprise entre  $M_s$  et  $(M_s + 200^\circ\text{C})$ ;  
- une seconde phase de refroidissement en (8) dès sa mise en spires étalées non concentriques sur le convoyeur (7), le délai de temps entre la fin de la première phase et le début de la seconde phase est inférieur à celui pour lequel le pourcentage d'austénite transformée dépasse 5 %. La proportion d'austénite transformée est d'au moins 95 % à la sortie de la seconde phase.

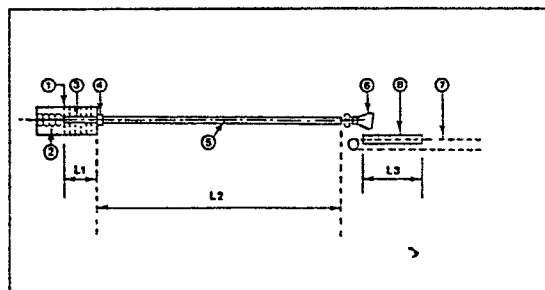


FIG. 2.

- 1 -

Procédé pour fabriquer du fil machine en acier dur.

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 lami-  
5 noir 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  
5 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.

10

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  
15 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 patantage au plomb.

20

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.

25 Le principal inconvénient de ces procédés consiste dans le fait que le patantage et le prépatantage 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.

30

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 patantage au plomb, soit présentent encore des inconvénients de mise en oeuvre  
35 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 10 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 15 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 20 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. .

25

Ce procédé n'a jusqu'à présent pas connu un grand succès industriel parce qu'il présente quelques difficultés de mise en oeuvre; 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 30 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  
5 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 refroidis-  
10 sement 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  
15 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  
20 quand même pas de solution aux autres inconvénients qui viennent d'être cités, soit la difficulté d'appropriier 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 que la recalescence qu'il faut combattre lorsque le fil est étalé sur le convoyeur est d'autant  
25 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  
30 spires non concentriques sur un convoyeur, on observe que parmi les procédés qui ont déjà été préconisés, les uns augmentent l'efficacité du refroidissement par un choix approprié du fluide utilisé, les autres s'attaquent à la recalescence 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 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.

15 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.

20 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 qui concerne le soufflage d'air - que les procédés considérés  
25 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 recalescence en accélérant le refroidissement à l'endroit du convoyeur où cette recalescence  
30 a ait 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'appli-

quer à l'endroit déterminé où avait lieu la recalescence, un refroidissement sélectif qui soit en même temps intense et homogène.

La présente invention a précisément pour objet un procédé pour la fabrication du 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.

10

Le procédé, objet de la présente invention, est essentiellement caractérisé en ce qu'au sortir du laminoir à chaud, le fil est soumis à un refroidissement comportant deux phases, la première étant 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, la dite ligne de refroidissement étant continue, c'est-à-dire ne comportant pas d'intervalles de refroidissement à l'air entre sections successives de refroidissement intense, la longueur de la dite ligne de refroidissement et sa puissance étant réglées 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 pour l'acier considéré et cette température + 200°C, en ce que la seconde phase de refroidissement est appliquée au fil dès sa mise en spires étalées de façon non concentrique sur un convoyeur, le délai de temps entre la fin de la première phase et le début de la deuxième phase étant inférieur à celui pour lequel le pourcentage d'austénite transformée dépasse 5 %, et en ce que la transformation de l'austénite est d'au moins 95 % à la sortie de la deuxième phase.

30 Dans une mise en oeuvre préférentielle du procédé de l'invention, le premier refroidissement est effectué au moyen d'un fluide appliqué à l'aide de dispositifs permettant d'atteindre une intensité de refroidissement caractérisée par une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 3 et 7 MW/m<sup>2</sup>.

Dans une modalité particulière de mise en oeuvre du procédé de l'invention, l'intensité du refroidissement au cours de la deuxième phase est comprise entre 0,1 MW/m<sup>2</sup> et 0,4 MW/m<sup>2</sup>.

5 Suivant l'invention, le refroidissement du fil étalé sur le convoyeur, au cours de la deuxième phase du traitement thermique, peut être obtenu soit par soufflage d'air, par immersion dans l'eau bouillante ou par tout autre moyen connu.

10 La valeur visée par la température superficielle (Ts) 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 ligne de refroidissement (ou la durée) et de la densité moyenne de flux calorifique ( $\varphi$ ).

15 Le couple ( $\varphi - L$ ) 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 :

$$TS = (C \%) \cdot 1000 + 500 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

20 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 :

- vitesse de fin de laminage (V) : 22,88 m/s

25- longueur de rampe installée dans le bloc (L<sub>1</sub>) : 4 m

- longueur de la rampe principale de refroidissement à l'eau (L<sub>2</sub>) : 39,13 m

- densité moyenne de flux calorifique au cours de la première phase ( $\varphi$ ) : 3,58 MW/m<sup>2</sup>

- coefficient d'échange calorifique dans le dispositif de refroidissement

30 au cours de la deuxième phase ( $\alpha$ ) : 0,27 kW/m<sup>2</sup> °C

- MTT surface : 601°C

- MTT centre : 626°C

-  $\overline{\text{MTT}}$  : 606°C

En (a) et (a') la quantité d'austénite transformée est de 2 % tandis qu'elle est de 98 % en (b) et (b'), 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 coeur des fils ségrégés, est atteint automatiquement par l'application du procédé. En effet, la température de début de transformation du coeur est abaissée en dessous de 600°C, ce qui empêche la précipitation de la cémentite pro-eutectoïde.

A titre d'exemple pratique du procédé de l'invention, on examinera ci-après le cas d'une application dans un nouveau laminoir 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 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.

TABLEAU I

Données		Exemple			
Nombre de cages dans le bloc finisseur		10			
Entraxe des cages du bloc		750 mm			
5	Gamme de diamètres	5,5 à 12 mm			
Température de fin de laminage max.		1050°C			
Par diamètre :		Ø	V	L <sub>1</sub>	p
V : vitesse de fin de laminage (m/s)		5,5	85	0	15,9
10	L <sub>1</sub> : longueur de rampe pouvant être installée dans le bloc (cfr. ci-dessous) (m)	7	82,8	1	25
		8	63,4	1	25
		10	40,5	2,5	25
p : débit instantané d'acier (kg/s)		12	28,2	4	25
15	Teneur max. en C	dans le cadre de l'application du procédé			0,8 %
	Teneur min. en C				0,6 %
Longueur du "break-out box"		1400 mm			
Longueur parcourue par le fil entre la sortie de la rampe à eau et l'entrée du refroidissement forcé sur convoyeur		20 m			
20	Longueur de la rampe principale de refroidissement à l'eau	L <sub>2</sub>			
Charge de rupture visée (MPa)		$T_s = (C \%) \cdot 1000 + 500$			
25	Coefficient d'échange calorifique dans le dispositif de refroidissement accéléré sur convoyeur	0,27 kW/m <sup>2</sup> °C			
	Densité de spires sur le convoyeur	25 spires/m			
Vitesse max. du convoyeur		1 m/s			
Diamètre moyen des spires		1050 mm			

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.

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  $L_1 + L_2$ .

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 ( $\varphi$ ). Il en résulte que le coefficient d'échange pris en considération pour les calculs sera de la forme :

$$\alpha = \frac{\varphi}{T_s - T_m}$$

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.

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 noeuds 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 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);
- 10 - la valeur de  $(\varphi)$  pour chaque diamètre et chaque teneur en carbone du product mix;
- la longueur minimale de traitement dans la phase II ( $L_3$ ).

a. Longueur  $L_2$

15

La procédure de calcul utilisée est la suivante :

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

- à la température de dépose maximum (1050°C dans l'exemple),
- 20 - 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.

25

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) :

30

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

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 5 que la charge de rupture est une fonction linéaire de MTT (soit  $y = a MTT + b$ ).

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 10 fil :

$$TS = \frac{1}{R^2} \int_0^R 2r dr y (r)$$

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

15

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

d'où

20

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

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 TS de la charge de rupture du fil.

30

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

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  $(\varphi)$  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  $(L_2, \varphi)$  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  $1050^\circ\text{C}$  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  $(L_2, \varphi)$  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.

Pour un contrôle précis par ordinateur et grâce à la rampe unique, d'une très grande gouvernabilité, on peut admettre une température minimale de surface de  $T_s + 50^\circ\text{C}$ . Dans ces conditions, la figure 3 permet de trouver ( $L_2 \text{ min}$ ) et le  $(\varphi)$  correspondant pour le diamètre de 7 mm, soit en l'occurrence  $L_2 \text{ min} = 45,2 \text{ m}$  et  $\varphi = 6,77 \text{ MW/m}^2$ . En répétant la même procédure pour tous les diamètres laminés, on établit la variation de  $L_2 \text{ min}$  avec le diamètre (figure 4). On constate que la plus grande valeur de  $L_2 \text{ min}$  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  $\varphi$  en fonction du diamètre à laminier.

30

b. Calcul de  $\varphi$ .

Connaissant  $L_2$ , on peut calculer, pour les autres diamètres, les valeurs de  $(\varphi)$  et de la température minimale de surface :

	Diamètre (mm)	5,5	7	8	10	12
	$\varphi$ (MW/m <sup>2</sup> )	5,02	6,23	5,52	4,36	3,58
	T <sub>S</sub> min - MS	169	54	42	33,4	30
	V (m/s)	85	82,8	63,4	40,5	28,2
5	Mass flow instant. (T/h)	57,2	90	90	90	90
	L <sub>1</sub> (m)	0	1	1	2,5	4
	L <sub>2</sub> = 49,1 m; T° = 1050°C; 0,63 % C - 0,65 % Mn - $\overline{MTT}^*$ = 606°					

On constate que la sécurité vis-à-vis de M<sub>S</sub> 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/m<sup>2</sup>.

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<sub>S</sub> qui sera plus grande.

### c. Détermination de (L<sub>3</sub>).

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<sub>3</sub>) correspondante :

Diamètre (mm)	5,5	7	8	10	12
Vitesse convoyeur (m/s)	1,03	1,0	0,77	0,49	0,34
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

5

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 noeuds est nettement plus lent.

10

La technologie mise en oeuvre 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 ( $\varphi$ ) 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 de fil machine en acier dur, caractérisé en ce qu'au sortir du laminoir à chaud, le fil est soumis à un refroidissement comportant deux phases, la première étant 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 déposé du fil en spires étalées sur un convoyeur, la dite ligne de refroidissement étant continue, c'est-à-dire ne comportant pas d'intervalles de refroidissement à l'air entre sections successives de refroidissement intense, la longueur de la dite ligne de refroidissement et sa puissance étant réglées 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 pour l'acier considéré et cette température + 200°C, en ce que la seconde phase de refroidissement est appliquée au fil dès sa mise en spires étalées de façon non concentrique sur le convoyeur, le délai de temps entre la fin de la première phase et le début de la deuxième phase étant inférieur à celui pour lequel le pourcentage d'austénite transformée dépasse 5 %, et en ce que la transformation de l'austénite est d'au moins 95 % à la sortie de la deuxième phase.
2. Procédé de fabrication de fil machine suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le premier refroidissement est effectué au moyen d'un fluide appliqué à l'aide de dispositifs permettant d'atteindre une intensité de refroidissement caractérisée par une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 3 et 7MW/m<sup>2</sup>.
3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'intensité du refroidissement au cours de la deuxième phase est comprise entre 0,1 MW/m<sup>2</sup> et 0,4 MW/m<sup>2</sup>.
4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le refroidissement du fil étalé sur le convoyeur, au cours de la deuxième phase du traitement thermique, est assuré par immersion dans l'eau bouillante.

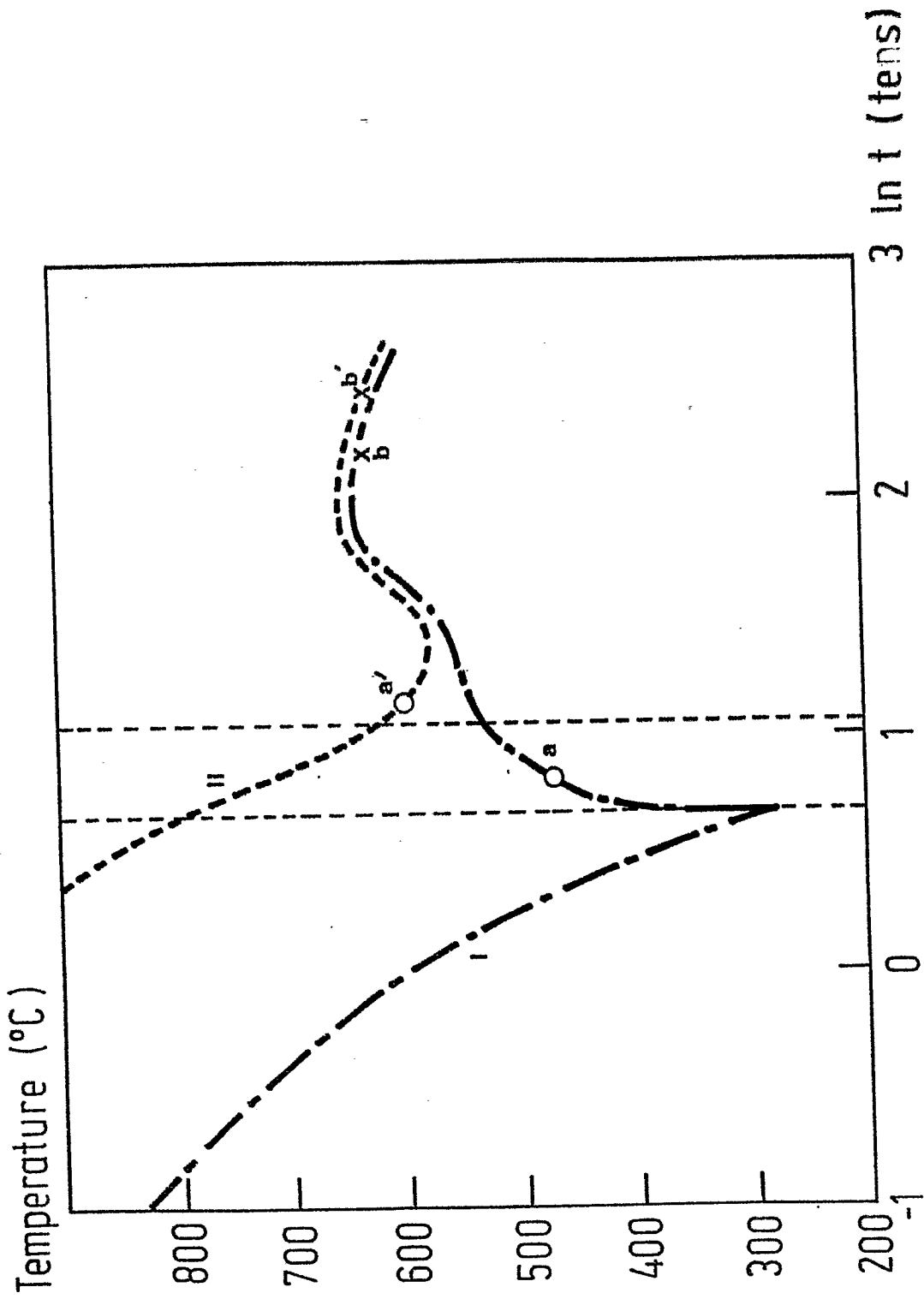


FIG.1 -

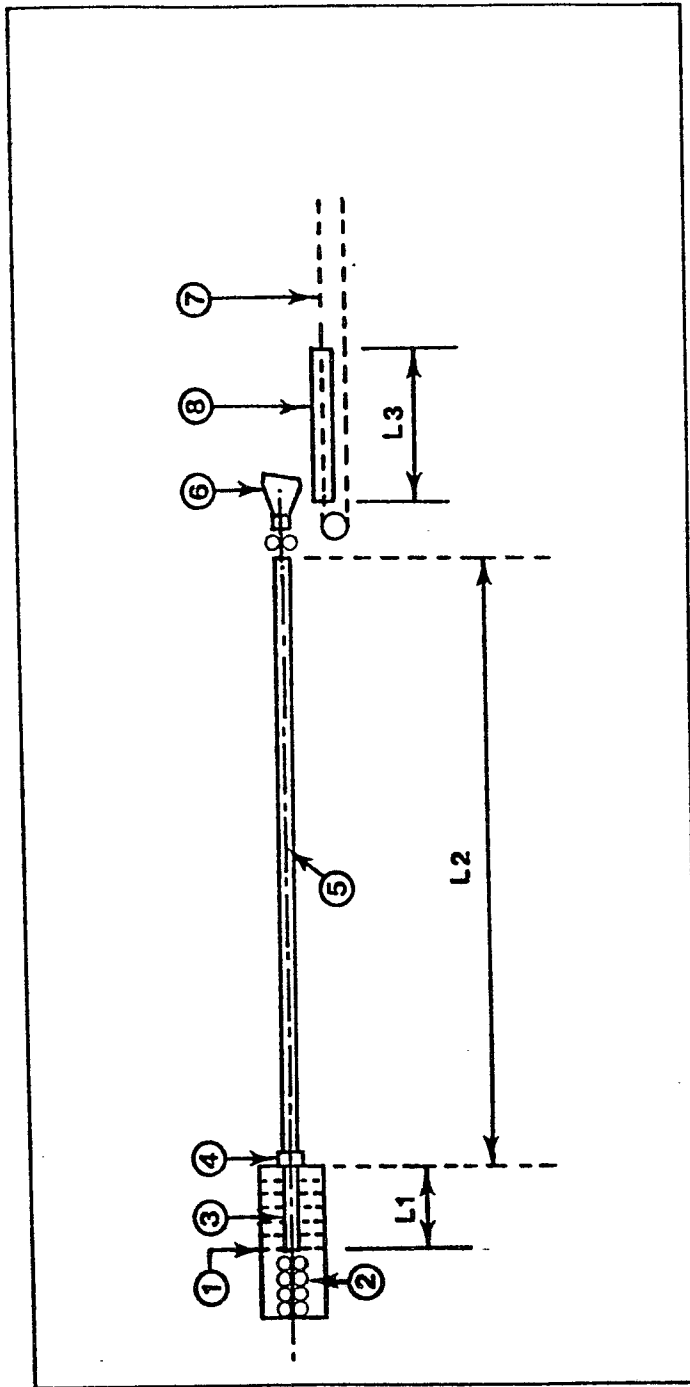


FIG. 2.-

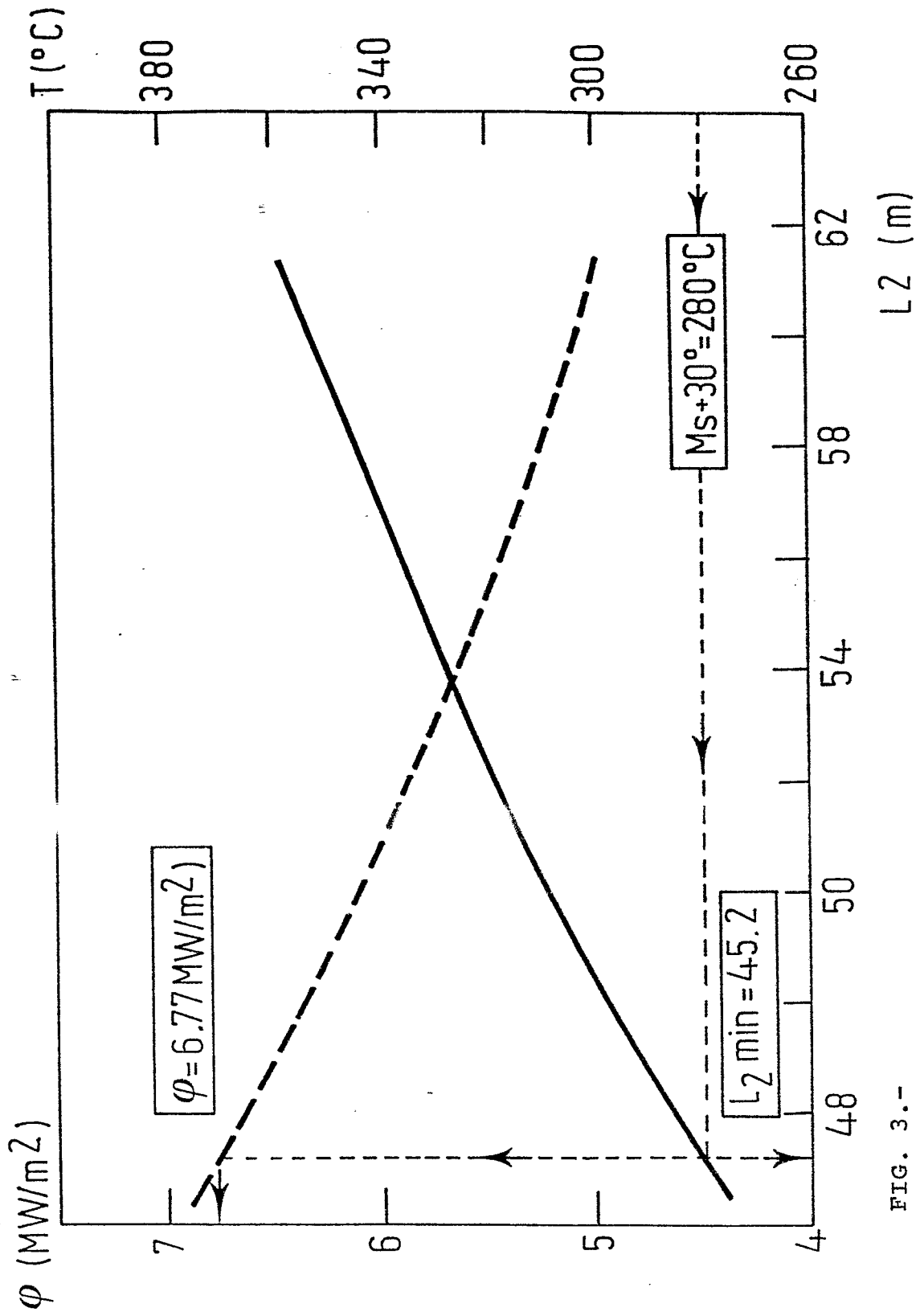


FIG. 3.-

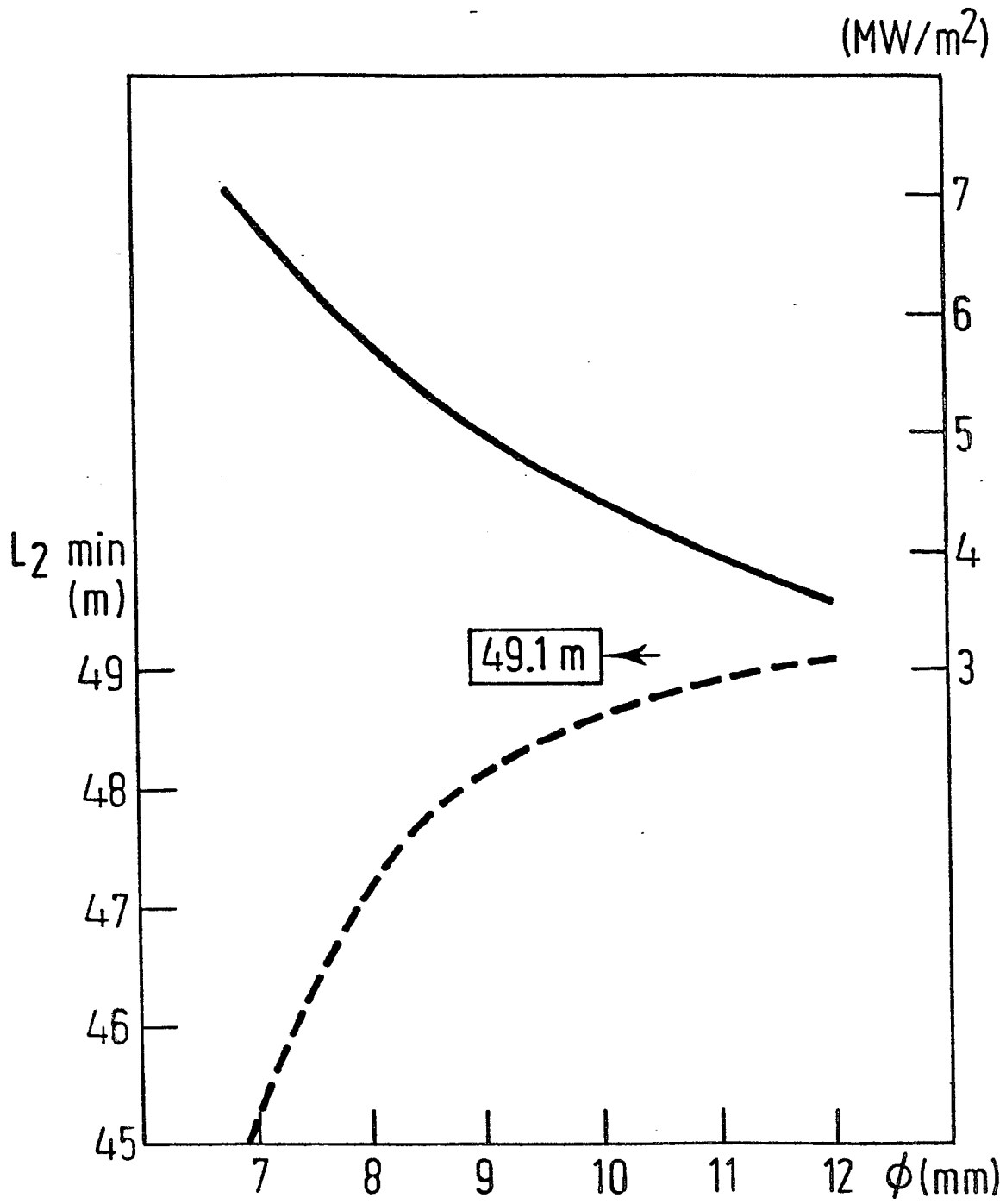


FIG. 4



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int Cl 4)
A	GB-A-1 595 281 (HAMBURGER STAHLWERKE GmbH) * Page 2, lignes 6-65; page 3, lignes 1,2 *	1	C 21 D 9/573 C 21 D 9/52 B 21 B 45/02
A	US-A-3 547 421 (SCHLOEMANN A.G.) * Colonne 4, lignes 12-35 *	1	
A	EP-A-0 058 324 (SMS SCHLOEMANN-SIEMAG) * Figure 1; résumé *	1	
A	US-A-4 123 296 (KOBE STEEL LTD.) * Figures 1,2,6 et 7 *	1	
A	DE-A-2 612 918 (VEB STAHL UND WALZWERK W. FLORIN) * Figure 1; page 3, aînées 2,3 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int Cl 4)  B 21 B C 21 C C 21 D
A	FR-A-2 089 203 (CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES METALLURGIQUES) * Figures 1-3; revendications 1-3 *	1	
A	FR-A-2 445 858 (STAHLWERKE PEINE-SALZGITTER A.G.) * Figures 5-8; page 6, lignes 7-39; pages 7-11 *	1	
--- -/-			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 01-11-1985	Examinateur NOESEN R.F.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	LU-A- 57 682 (HUTTENWERK OBERHAUSEN) * Figure 1; pages 1-8 *	1	
A	BE-A- 737 682 (CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES METALLURGIQUES) * Figures; page 3, alinéa 3; page 5, alinéa 3 *	1	
A	FR-A-2 023 878 (CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES METALLURGIQUES) * Figure 2; page 2, lignes 19-39; pages 3,4 *	1	
A	DE-A-2 529 272 (CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES) * Page 5, dernier alinéa; page 6, premier alinéa *	1,4	
Le present rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 01-11-1985	Examinateur NOESEN R.F.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	