



12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt : **92402903.6**

51 Int. Cl.⁵ : **C21D 8/12, B22D 11/06**

22 Date de dépôt : **26.10.92**

30 Priorité : **31.10.91 FR 9113499**

43 Date de publication de la demande :
05.05.93 Bulletin 93/18

84 Etats contractants désignés :
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL
PT SE**

71 Demandeur : **UGINE S.A.**
La Défense 9, 4 Place de la Pyramide
F-92800 Puteaux (FR)

71 Demandeur : **Thyssen Stahl**
Aktiengesellschaft
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
W-4100 Duisburg 11 (DE)

72 Inventeur : **Bavay, Jean-Claude**
36, rue Lamendin
F-62330 Isbergues (FR)
Inventeur : **Demarez, Philippe**
Route de Béthune
F-62122 Labeuvière (FR)
Inventeur : **Mazurier, Frédéric**
648, Bd R. Poincaré
F-62400 Béthune (FR)

74 Mandataire : **Moncheny, Michel et al**
c/o Cabinet Lavoix 2 Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cedex 09 (FR)

54 **Procédé d'élaboration d'une bande d'acier magnétique par coulée directe.**

57 Procédé d'élaboration d'une bande d'acier magnétique ayant une épaisseur inférieure à 5 mm et contenant, en composition pondérale, plus de 2% de silicium, moins de 0,1% de carbone et des éléments inhibiteurs de recristallisation secondaire en quantité convenable, le reste étant du fer, obtenue par coulée directe sur un cylindre ou entre deux cylindres, procédé caractérisé en ce qu'on crée une structure de cristallisation comportant des grains orientés $\{110\} \langle 001 \rangle$ en peau, c'est-à-dire à la surface de la zone de trempe, par le refroidissement brutal de l'acier en contact avec le ou les cylindres, dont la température de surface est inférieure à 400°C.

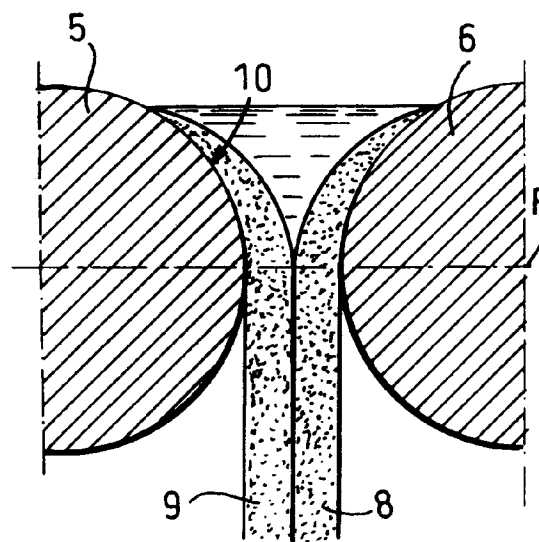


FIG. 2B

La présente invention concerne un procédé d'élaboration d'une bande d'acier magnétique à grains orientés ayant une épaisseur inférieure à 5mm et contenant en composition pondérale plus de 2% de silicium, moins de 0,1% de carbone, des éléments inhibiteurs de recristallisation secondaire, le reste étant du fer, par coulée directe sur un cylindre ou entre deux cylindres pour l'obtention.

5 Les tôles magnétiques à grains orientés sont utilisées pour la fabrication des circuits magnétiques, des transformateurs et des machines tournantes de grandes dimensions. Dans le cas des applications du type transformateurs, pour obtenir un acier aux performances magnétiques optimales, la direction cristallographique <001> qui est la direction de facile aimantation, doit être parallèle à la direction de laminage. Dans le procédé classique de production de tôles à grains orientés, les brames coulées en continu sont laminées à chaud sur un train à bandes et des germes de GOSS d'orientation {110} <001> selon la notation cristallographique de MILLER sont générés pendant cette opération de laminage. En ajoutant au métal liquide composé de fer, 10 de silicium et de carbone, du manganèse, de l'aluminium, du bore, de l'antimoine, de l'étain, du soufre et/ou de l'azote, il se forme des inhibiteurs tels que MnS, AlN, BN et/ou Sn et Sb qui sont partiellement précipités ou ségrégués dans la bande laminée à chaud ou précipitent lors des traitements thermiques ultérieurs (recuit de la bande laminée à chaud et/ou recuit intermédiaire entre deux laminages à froid). Si les cycles thermiques antérieurs sont adéquats, les dimensions d'une quantité suffisante de précipités sont inférieures à 100 nanomètres après décarburation. Le recuit final statique en bobines permet la croissance sélective des germes de GOSS hérités du laminage à chaud grâce à l'inhibition, par les précipités, de la croissance normale des grains n'ayant pas l'orientation désirable. C'est le phénomène dit de recristallisation secondaire, la recristallisation 20 primaire ayant lieu pendant l'opération de décarburation.

Un nouveau procédé d'obtention directe d'une bande mince d'épaisseur inférieure à 5mm par coulée de métal liquide entre deux cylindres ou sur un cylindre, permet d'éliminer le laminage à chaud de sorte que les germes de GOSS ne peuvent plus être générés par laminage à chaud comme dans les procédés classiques. Il est donc essentiel de déterminer de nouvelles conditions de coulée qui favorisent l'existence des germes de GOSS dans la bande mince à l'état brut de coulée. 25

Ainsi, dans le brevet EP-A-0 390 160, il est préconisé un contrôle de la vitesse de refroidissement secondaire de la bande mince obtenue après solidification du métal liquide, cette vitesse devant être supérieure à 10° C/s entre 1300 et 900°C pour éviter le grossissement des précipités inhibiteurs qui supprimerait la recristallisation secondaire ultérieure et la formation de grains d'orientation {110} <001>. Il est précisé que si la vitesse de refroidissement secondaire entre 1300 et 900°C est trop élevée, la structure colonnaire de la bande à l'état brut de coulée possède la texture {100} <ovw> avec un nombre de germes de GOSS proche de zéro, ce qui ne permet pas d'envisager l'obtention de l'épaisseur finale par une seule opération de laminage à froid avec un taux de réduction supérieur à 80%. En effet, dans ces conditions, la recristallisation secondaire n'a pas lieu. Si la vitesse de refroidissement secondaire est appropriée, supérieure à 10°C/s, la bande à l'état brut de coulée, qui a subi une recristallisation après solidification, est isotrope, c'est-à-dire de texture aléatoire, les grains ne présentant pas d'orientation préférentielle. La recristallisation secondaire est obtenue, après un taux de réduction à froid supérieur à 80%, pendant un recuit de recristallisation secondaire. 35

L'objectif de l'invention est de proposer un procédé permettant d'obtenir des germes de GOSS dans une bande mince sans qu'il soit nécessaire de prévoir un traitement thermique secondaire spécifique. 40

La demanderesse a mis en évidence que le contrôle des conditions de solidification lors de la coulée, et non la vitesse de refroidissement secondaire entre 1300 et 900°C, est un paramètre essentiel qui régit l'existence des germes de GOSS dans une bande mince obtenue par coulée directe de métal liquide entre deux cylindres ou sur un cylindre.

L'invention a pour objet un procédé d'élaboration d'une bande d'acier magnétique d'épaisseur inférieure à 5 mm, contenant dans sa composition pondérale plus de 2% de silicium, moins de 0,1% de carbone, et des éléments inhibiteurs de recristallisation secondaire en quantité convenable, le reste étant du fer, cette élaboration étant réalisée par coulée directe sur un cylindre ou entre deux cylindres, caractérisé en ce qu'on provoque la formation de grains orientés {110} <001> en peau, à la surface d'au moins une zone de trempe, en soumettant l'acier à un refroidissement brutal par mise de l'acier en contact avec le ou chaque cylindre, dont la température de surface est inférieure à 400°C. 45 50

Dans une forme de mise en oeuvre :

- on coule la bande entre deux cylindres refroidis à une température inférieure ou égale à 400°C,
- on applique entre les cylindres une pression inférieure à 50 Kgf/mm de largeur de bande.

Selon d'autres caractéristiques :

- 55 - la température de surface du ou de chaque cylindre est de préférence égale ou inférieure à 250°C;
- le coefficient d'échange thermique à l'interface cylindre/peau solidifiée est supérieur à 0,10 cal/cm².s.°C,
- la peau de la bande est une zone de trempe solidifiée selon un mode basaltique non colonnaire,

- l'épaisseur de la couche de métal liquide au coeur de la bande en sortie de lingotière est inférieure ou égale à 30% de l'épaisseur totale de la bande.

L'invention concerne également une tôle à grains orientés obtenue à partir d'une bande produite par le procédé et qui se caractérise en ce qu'elle comporte une structure colonnaire en zone de trempe et une structure basaltique non colonnaire comportant des grains de type GOSS en peau.

Elle comporte en outre une zone centrale de structure équiaxe.

La description qui suit et les dessins annexés, donnés à titre d'exemple non limitatif, feront bien comprendre l'invention. Sur ces dessins :

- la Fig. 1 représente la variation de la température de la surface de la bande en contact avec les cylindres et le cycle de température de la peau en sortie de lingotière.

Les Fig. 2A et 2B représentent en coupe deux structures de bande à la sortie de la lingotière, correspondant respectivement à une vitesse de cylindres permettant la coulée d'une bande comportant une zone centrale fondue en sortie de lingotière (2A), et à une vitesse plus faible permettant la coulée d'une bande sans zone centrale liquide en sortie de lingotière (2B).

Selon le procédé de l'invention, le contrôle des conditions de solidification permet d'obtenir des germes de GOSS dans une bande mince obtenue par coulée directe dans le cas d'un refroidissement naturel, c'est-à-dire sans faire appel à un refroidissement secondaire spécifique mettant en jeu, par exemple, une pulvérisation d'eau. Un éventuel refroidissement secondaire peut avoir lieu mais il n'a pas alors pour objectif de résoudre un problème métallurgique lié à la structure. Il peut par exemple être imposé par des contraintes technologiques de bobinage ou par le souci d'éviter une oxydation superficielle, et être réalisé par exemple par balayage de gaz neutre.

Selon l'invention, on crée les germes de GOSS dans la lingotière par contact du métal coulé avec les cylindres grâce à l'optimisation des conditions d'échange de chaleur entre le métal liquide et la surface des cylindres et l'on conserve ces germes, sous l'entraxe, et en sortie de lingotière, sans l'aide d'un système spécifique de refroidissement secondaire, par le contrôle d'un paramètre propre du procédé de coulée en continu, par exemple la vitesse de coulée. Dans les exemples décrits ci-après pour illustrer l'invention, les dispositifs de coulée entre deux cylindres ne sont pas équipés de systèmes de refroidissement annexes, le refroidissement de la bande solidifiée ayant lieu à l'air ambiant.

La Fig. 1 représente la température de la surface de la bande en contact avec le cylindre lors du passage du métal entre les deux cylindres de la lingotière en coulée continue et le cycle de refroidissement de la peau de la bande en sortie de la lingotière.

Les cylindres refroidis par circulation d'eau et dont la température de surface est maintenue inférieure à 400°C solidifient la bande en surface pour former une zone de trempe dont la peau subit une variation brutale de température matérialisée par le gradient de température de la zone I. Lors de la sortie de la bande de la lingotière, le coeur ayant une température plus élevée que celle de la zone de trempe élève la température de ladite peau (zone II). Dans la zone III, la peau est soumise à un refroidissement naturel à l'air ambiant ne nécessitant pas l'utilisation d'un dispositif de refroidissement accéléré tel que par pulvérisation d'eau. La courbe C1 correspond à une vitesse de coulée V1 et la courbe C2 à une vitesse de coulée V2 > V1.

Les Fig. 2A et 2B sont deux schémas représentant deux structures de bande à la sortie des cylindres 5 et 6, comportant respectivement d'une part une zone centrale 7 liquide entre deux zones de trempe 8 et 9 (2A) et d'autre part deux zones de trempe 8 et 9 juxtaposées, la zone centrale 7 étant solidifiée à la sortie de la lingotière (2B).

L'observation de la microstructure de la bande Fe-Si à l'état brut de coulée entre deux cylindres a été réalisée sur des échantillons de façon à mettre en évidence des germes de GOSS. Les échantillons polis ont été soumis à une première attaque à l'acide nitrique dilué pour révéler les joints de grains, puis à une seconde attaque à l'aide d'un réactif contenant de l'acide fluorhydrique et de l'eau oxygénée.

Les figures de corrosion ainsi obtenues ont été utilisées pour la détermination des orientations cristallines des grains et le repérage des grains de GOSS. Il est constaté que les germes de GOSS sont situés en extrême peau, à la surface de la zone de trempe en contact avec la surface du cylindre. Il s'agit de la partie solidifiée selon un mode basaltique non colonnaire. Pour avoir des grains de GOSS à la température ambiante dans les produits bruts de coulée, il faut générer leur formation lors du premier contact avec la surface du cylindre et les conserver en évitant le grossissement des grains colonnaires adjacents et en favorisant leur croissance avant que la bande perde le contact avec les cylindres en sortie de lingotière.

Comme représenté sur les Fig. 2A et 2B, au contact des cylindres refroidis, le métal en surface de bande subit un refroidissement rapide et en sortie de lingotière la peau est soumise à un réchauffement par le coeur contenant le cas échéant plus ou moins d'acier liquide.

Les paramètres agissant sur la température minimale T min. atteinte par la peau dans la lingotière sont :

- la température de surface du cylindre maintenue inférieure à 400° C grâce au pouvoir de refroidissement

des circuits d'eau, à la conductibilité thermique du matériau constituant la surface du cylindre, aux caractéristiques géométriques de la surface du cylindre comme par exemple sa rugosité, son diamètre, etc ...

- l'évolution de la résistance thermique à l'interface surface du cylindre/peau en cours de solidification.
- Pour créer des germes de GOSS à la surface de la zone de trempé et les conserver avant de quitter le contact avec la surface du cylindre, il faut selon l'invention :
- que la température de surface du cylindre soit inférieure à 400°C,
 - que le coefficient d'échange thermique à l'interface soit supérieur à 0,10 cal/cm².s. °C tout au long de l'arc de contact 10.

Dans ces conditions la température minimale T_{\min} atteinte par la peau en sortie de lingotière (Zone I, Fig. 1) est inférieure à 1 400°C, et la vitesse de refroidissement naturel de la bande (zone III, Fig. 1), sensiblement égale en peau et à cœur n'est pas supérieure à 100° C/s.

En dessous du plan P contenant les axes des cylindres (ou plan de l'entraxe), dès que la bande a quitté le contact avec les cylindres, l'extraction de chaleur n'est plus aussi intense et la progression du front de solidification selon un mode basaltique colonnaire cesse. Si la bande est constituée de deux zones de trempé et d'une zone centrale pâteuse contenant du liquide et des germes de grains équiaxes (Fig. 2A), le refroidissement de la zone centrale à travers les zones solidifiées requiert l'évacuation de la chaleur latente de la partie liquide ainsi que des calories du solide. Comme les peaux ne sont plus refroidies que par rayonnement, il s'ensuit un réchauffement de la surface. C'est au cours de cette étape que les grains de peau, et notamment les germes de GOSS, peuvent disparaître. Au cours du réchauffement, le temps passé dans le domaine de température où la mobilité des joints de grains est effective est le paramètre important. La liste des facteurs agissant sur la température de réchauffement ainsi que le temps passé dans le domaine où la mobilité des joints de grains, phénomène thermiquement activé, est effective, est :

- la proportion de zone centrale, à structure équiaxe, après solidification du liquide, rapportée à l'épaisseur totale de la bande;
- la température initiale de peau, déterminée par les différents paramètres de l'installation.

Les observations ont montré que le nombre de grains de GOSS par unité de longueur de peau et le pourcentage de grains de GOSS en surface varient en fonction du pourcentage de zone centrale et du pourcentage en carbone du métal solidifié. Les structures de solidification ont été mises en évidence par attaque électrolytique dans une solution aqueuse contenant 10% de peroxydisulfate d'ammonium (NH₄)₂S₂O₈ qui fait apparaître les axes principaux des dendrites.

Tableau 1: Pourcentage de grains de GOSS en surface en fonction du pourcentage de zone centrale et du pourcentage en carbone (cas d'une coulée entre deux cylindres).

Température maximale de surface du ou de chaque cylindre	250°C	240°C	300°C
Pression des cylindres (kgf/mm largeur de bande)	10	7,5	10
Epaisseur de la bande (mm)	1,6	1,8	1,85
Longueur de peau observée dans le sens de la coulée (mm)	750	850	400
Pourcentage de zone centrale (%), épaisseur de la zone centrale/épaisseur de la bande x 100	0	4	19,5
% en carbone du métal solidifié	0,005	0,005	0,020
Nombre de grains de GOSS par cm de peau	1,8	0,6	3
Pourcentage de grains de GOSS en surface	2,8	1,5	8,8

L'originalité de la présente invention réside dans la mise en évidence de la création des germes de GOSS dans la lingotière, pendant le premier contact du liquide avec la surface du cylindre.

La limitation en proportion de la zone centrale susceptible de réchauffer les peaux et la teneur en carbone sont des moyens de conserver ces germes. D'après le tableau 1, le nombre de grains de GOSS par cm de peau et le pourcentage de grains de GOSS en surface sont beaucoup plus élevés quand le pourcentage de zone centrale est nul (Fig. 2B) et quand la teneur en carbone est plus élevée.

La relation qui lie la recristallisation secondaire à la température maximale de surface et à la pression des cylindres, au coefficient d'échange thermique à l'interface cylindre/peau solidifiée, au nombre de grains de GOSS par cm de peau, au pourcentage de grains de GOSS en surface et à la teneur en carbone, est illustrée

par l'expérience suivante de coulée directe de bande mince entre deux cylindres. Le tableau 2 donne la composition chimique du métal (pourcentages massiques).

Tableau 2

C	Si	S	P	Mn	Cu	Al soluble	N
0,035	3,22	0,020	0,005	0,035	0,167	0,001	0,005

Le tableau 3 donne les conditions expérimentales et les caractéristiques structurales de la bande coulée entre deux cylindres.

Tableau 3

Température maximale de surface de chaque cylindre	350
Pression des cylindres (kgf/mm de largeur de bande)	18
Vitesse de coulée (m/min)	41
Température minimale T_{min}	1120°C

Vitesse de refroidissement de la bande solidifiée (Zone III, Fig.1)	55°C/s
Epaisseur de la bande (mm)	3,1
Coefficient d'échange (cal/°C.cm ² .s)	0,17
Pourcentage de zone centrale (%)	13
% carbone du métal solidifié	0,035
Nombre de grains de GOSS par cm de peau	1,3
Pourcentage de grains de GOSS en surface	5,6

Le tableau 4 décrit les différentes étapes de transformation de la bande décapée.

Tableau 4

- Taux de réduction du premier laminage à froid	79%
- Recuit intermédiaire	980°C, 1 min 30
- Taux de réduction du second laminage à froid	55%
- Recuit décarburation Enduction Mgo	870°C, 3 min
- Recuit haute température	1200°C, 20 h

Dans ces conditions, il a été obtenu une recristallisation secondaire complète, c'est-à-dire 100% de grains de GOSS à l'épaisseur finale de 0,28 mm. Compte tenu de la teneur élevée en carbone (0,035%), le pourcentage de grains de GOSS en surface est néanmoins relativement élevé (5,6%) bien que le pourcentage de zone centrale soit supérieur à 10%. Il a été mis en évidence que l'on conservait des grains de GOSS en surface même avec un pourcentage de zone centrale de l'ordre de 30% si la teneur en carbone est supérieure à 0,035%, les conditions de température maximale de surface des cylindres et la pression appliquée à la bande entre les cylindres étant respectivement inférieures à 400°C et 50 kgf/mm, le coefficient d'échange thermique étant supérieur à 0,10 cal/cm².s.°C.

Par ailleurs la quantité et la taille des sulfures de manganèse et de cuivre résultant du refroidissement de la bande à l'air calme ambiant, sont compatibles avec l'existence d'un pouvoir inhibiteur satisfaisant. Après recuit de décarburation, de nombreux précipités, identifiés par microscopie électronique en transmission ont une forme sphérique d'environ 10 à 100 nm de diamètre. Il est par ailleurs bien connu que le pouvoir inhibiteur peut être renforcé par addition d'inhibiteurs, à la magnésie qui est utilisée comme séparateur de recuit pour éviter le collage des spires de la bobine pendant le recuit de recristallisation secondaire.

L'invention est applicable aux procédés de coulée directe de bandes minces entre deux cylindres et sur un cylindre en vue de l'obtention de tôles à grains orientés de perméabilité classique ou à haute perméabilité. Elle est applicable quel que soit le mode d'inhibition (sulfures, séléniures, nitrures, éléments ségrégués) de la croissance normale des grains de recristallisation primaire favorisant la croissance sélective des grains de GOSS et quel que soit le traitement aval de la bande obtenue par coulée directe de métal liquide sur un cylindre ou entre deux cylindres. Ce traitement aval peut comporter un seul laminage à froid avec un taux de réduction élevé (supérieur à 80%) pour obtenir une tôle de haute performance ou consister en un traitement classique à deux ou plusieurs laminages à froid avec recuit (s) intermédiaires (s).

La bande à l'état brut de coulée peut subir un recuit avant laminage à froid, notamment en vue d'optimiser la taille des inhibiteurs. Le laminage à froid est suivi d'un traitement en ligne, de recristallisation primaire et de décarburation. Enfin le recuit final des bobines, après enduction par un lait de magnésie pour éviter le collage des spires, dans un four statique favorise le phénomène de recristallisation secondaire qui conduit à la formation sélective des grains d'orientation {110} <001>. Les conditions d'obtention de la bande entre deux cylindres peuvent être adaptées dans le cas de la coulée sur un cylindre ou par alimentation latérale d'un cylindre par le métal liquide. Les grains d'orientation {110} <001> sont obtenus dans les mêmes conditions, la pression appliquée par millimètre de largeur de bande étant nulle. Les grains de GOSS ne sont alors présents que sur la face de la bande en contact avec le cylindre.

Le tableau 5 ci-dessous donne un exemple du nombre de grains de GOSS par cm de peau et du pourcentage de grain de GOSS sur la face unique de contact avec le cylindre en fonction des conditions expérimentales de coulée sur un seul cylindre.

Tableau 5

Température de surface du cylindre (°C)	280
Vitesse de coulée (m/mm)	30
Épaisseur de la bande (mm)	1,38
Pourcentage de zone centrale	0
% de carbone du métal solidifié	0,016
% de grains de GOSS en surface	5,8

Revendications

- 5 1. Procédé d'élaboration d'une bande d'acier magnétique d'épaisseur inférieure à 5 mm, contenant en composition pondérale plus de 2% de silicium, moins de 0,1% de carbone, des éléments inhibiteurs de recristallisation secondaire en quantité convenable, le reste étant du fer, cette élaboration étant réalisée par coulée directe sur un cylindre ou entre deux cylindres, caractérisé en ce qu'on provoque la formation de grains orientés {110} <001> en peau, à la surface d'au moins une zone de trempe, en soumettant l'acier à un refroidissement brutal par mise en contact avec le ou chaque cylindre, dont la température de surface est maintenue inférieure à 400°C.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on coule la bande entre deux cylindres refroidis à une température inférieure à 400°C, et l'on applique entre les cylindres une pression inférieure à 50 Kgf/mm de largeur de bande.
- 15 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la température de surface du ou de chaque cylindre est inférieure à 250°C.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le coefficient d'échange thermique à l'interface cylindre/peau solidifiée est supérieur à 0,10 cal/cm².s.°C.
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la peau de la bande, surface de la zone de trempe, est solidifiée selon un mode basaltique non colonnaire.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche de métal liquide au coeur de la bande en sortie de lingotière est inférieure ou égale à 30% de l'épaisseur totale de la bande.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la teneur en carbone de la bande solidifiée est supérieure à 0,01%.
- 30 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la température minimale atteinte par la peau solidifiée en sortie de lingotière est inférieure à 1400°C.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la vitesse de refroidissement naturel de la bande solidifiée est inférieure à 100° C/s.
- 35 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la bande subit en outre au moins un laminage à froid, un traitement thermique de décarburation et de recristallisation primaire et un recuit final de recristallisation secondaire.
- 40 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la bande est soumise à un recuit après le ou chaque laminage à froid.
12. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la bande est soumise à un recuit avant le premier laminage à froid.
- 45 13. Tôle à grains orientés {110} <001> obtenue à partir de la bande produite par le procédé selon les revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une structure colonnaire en zone de trempe et une structure basaltique non colonnaire comportant des grains de type GOSS en peau.
- 50 14. Tôle selon la revendication 13, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre une zone centrale de structure équiaxe.

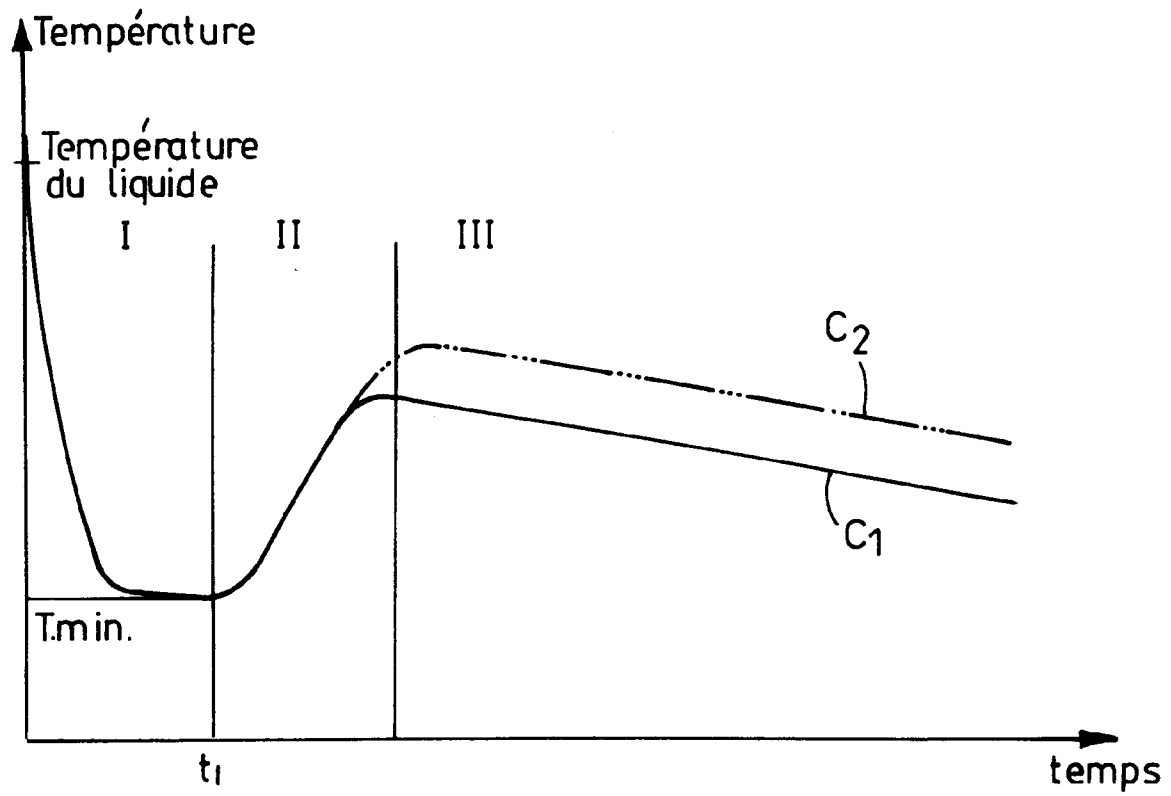


FIG.1

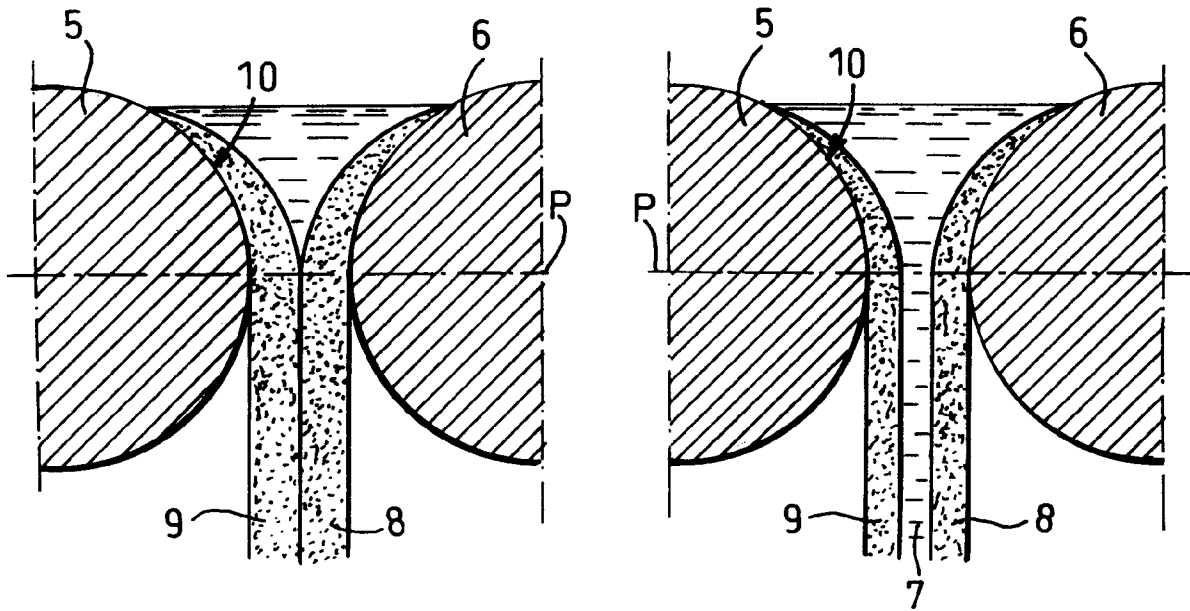


FIG.2B

FIG.2A

Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 2903

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.5)
A	EP-A-0 095 352 (KAWASAKI STEEL) 30 Novembre 1983 ---		C21D8/12 B22D11/06
A,D	EP-A-0 390 160 (NIPPON STEEL) 3 Octobre 1990 ---		
A	US-A-3 115 430 (J.M.JACKSON ET AL) 24 Décembre 1963 ---		
A	US-A-3 061 486 (J.M.JACKSON) 30 Octobre 1962 ---		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 6 (M-1066)8 Janvier 1991 & JP-A-2 258 149 (NIPPON STEEL) 18 Octobre 1990 * abrégé *		
A	IRON AND STEEL ENGINEER. vol. 67, no. 7, Juillet 1990, PITTSBURGH US pages 51 - 55 J.A.BURGO ET AL 'Thermal design and analysis of a twin-roll caster' -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			C21D B22D
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18 FEVRIER 1993	Examineur MOLLET G.H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0403)