

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 473 371 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
25.10.2006 Bulletin 2006/43

(51) Int Cl.:
C21D 8/12 (2006.01) **C22C 38/02** (2006.01)
H01F 1/147 (2006.01) **C22C 38/04** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04014453.7**

(22) Date de dépôt: **21.01.1997**

(54) **Procédé de fabrication de tole d'acier magnétique à grains non orientés et tole obtenue par le procédé**

Verfahren zum Herstellen nicht kornorientierter Elektrobleche und nach diesem Verfahren hergestellte Bleche

Process for manufacturing non grain-oriented magnetic steel sheet and sheet obtained by this process

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

(30) Priorité: **25.01.1996 FR 9600808**

(43) Date de publication de la demande:
03.11.2004 Bulletin 2004/45

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
97400114.1 / 0 786 528

(73) Titulaire: **ARCELOR France**
93212 La Plaine Saint Denis Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Poiret Philippe**
62330 Isbergues (FR)
• **Bertoni, André**
48200 Saint-Chely d'Apcher (FR)
• **Bavay, Jean-Claude**
95800 Cergy (FR)
• **Hernandez, Jacques**
13310 Saint Martin de Crau (FR)

• **Verdun, Jean**
92150 Suresnes (FR)

(74) Mandataire: **Plaisant, Sophie Marie et al**
ARCELOR France
Arcelor Research
Intellectual Property
5 rue Luigi Cherubini
93212 La Plaine Saint Denis Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 434 641 **EP-A- 0 469 980**
EP-A- 0 490 617

• **DATABASE WPI Section Ch, Week 9523 Derwent**
Publications Ltd., London, GB; Class L03, AN
95-175539 XP002015338 & JP 07 097628 A
(NIPPON STEEL CORP) 11 avril 1995 (1995-04-11)
& WO 96/00306 A 4 janvier 1996 (1996-01-04)
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 351**
(C-0968), 29 juillet 1992 (1992-07-29) & JP 04
107216 A (KOBE STEEL LTD), 8 avril 1992
(1992-04-08)

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).

EP 1 473 371 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication de tôle d'acier magnétique à grains non orientés.

[0002] Les tôles magnétiques dites à grains non orientés, c'est à dire ayant des propriétés magnétiques isotropes sont particulièrement destinées à la construction de dispositifs électromagnétiques dans lesquels le flux magnétique généré par les enroulements électriques n'est pas constant, comme par exemple dans les machines tournantes. Certains transformateurs utilisés dans le domaine de l'électroménager utilisent ce type de tôles pour des raisons économiques.

[0003] Ces dispositifs électromagnétiques sont constitués de tôles découpées et assemblées. Les tôles ont une efficacité qui s'évalue en fonction de deux paramètres qui sont l'induction, d'une part, et les pertes spécifiques d'autre part.

[0004] L'induction est limitée par l'aimantation à saturation des tôles et cette aimantation est d'autant plus élevée que l'acier est riche en fer. L'addition d'éléments d'alliage dans l'acier entraîne une augmentation de la résistivité électrique, ce qui a pour fonction de diminuer les pertes par courants de Foucault.

[0005] L'élaboration sous vide de l'acier permet d'améliorer d'une part, la propreté et la pureté dudit acier et d'autre part, de réduire les pertes par hystérésis.

[0006] Aussi, il est nécessaire de trouver un compromis, du point de vue composition, entre l'aimantation et les pertes.

[0007] Il est connu du brevet EP 0 469 980 un procédé utilisé dans le domaine de la fabrication de tôles magnétiques à grains non orientés, le procédé comportant successivement, après élaboration sous vide d'un acier, une opération de laminage à chaud suivie d'un bobinage, un recuit rapide dit au défilé de la tôle laminée à chaud, une opération facultative de grenaillage, une opération de décapage, une opération de laminage à froid en une ou plusieurs étapes suivies d'un recuit, le recuit final étant réalisé sous atmosphère contrôlée, décarburante si nécessaire.

[0008] Les tôles obtenues par ce procédé, pour une épaisseur finale de 0,50 millimètre environ, ont des pertes spécifiques inférieures à 6,5 W/Kg sous une induction de 1,5 Tesla et une fréquence de 50 Hertz ainsi qu'une aimantation supérieure à 1,74 Tesla sous un champ électrique de 5000 A/m.

[0009] Pour une épaisseur de la tôle d'environ 0,65 millimètre, les pertes totales massiques sont inférieures à 7,5 W/Kg sous une induction de 1,5 Tesla et une fréquence de 50 Hertz. L'aimantation est supérieure à 1,75 Tesla sous un champ de 5000 A/m.

[0010] L'invention a pour but d'améliorer les caractéristiques magnétiques des tôles à grains non orientés réalisées avec un acier ne contenant que très peu de silicium, c'est à dire de réduire les pertes magnétiques et d'augmenter l'aimantation sous un champ électrique déterminé.

[0011] Elle a pour objet un procédé de fabrication d'une tôle magnétique à grains non orientés comprenant les étapes consistant à :

- élaborer sous vide un acier de composition suivantes :

carbone < 0,01%

silicium < 0,5%,

manganèse, de 0,05 à 0,5%

aluminium < 0,03%,

phosphore < 0,20%,

soufre < 0,015%;

azote < 0,01%,

oxygène < 0,01%,

le reste étant du fer et des impuretés inévitables,

- mettre l'acier sous forme de brame,
- laminier à chaud la brame avec une température de réchauffage inférieure à 1300°C, une température de fin de laminage à chaud inférieure à 950°C,
- bobiner la bande laminée à chaud à une température supérieure à 550°C,
- soumettre la bande en bobine à un recuit statique à une température comprise entre 700 et 1050°C pendant un temps supérieur à 1 heure,
- soumettre la bande recuite à une opération facultative de grenaillage,

EP 1 473 371 B1

- soumettre la bande recuite et éventuellement grenailée, à une opération de décapage, puis
 - laminar à froid la bande décapée, avec un taux de réduction compris entre 25 et 90%, en une seule opération de laminage à froid à une épaisseur inférieure ou égale à 1,5 mm, puis
 - soumettre la bande laminée à froid à un recuit final effectué au défilé.
- 5 - après le recuit final, on soumet la tôle préalablement découpée à un recuit d'élimination des contraintes

Les autres caractéristiques de l'invention sont :

- le recuit final au défilé est réalisé à une température comprise entre 700 et 1050 °C pendant un temps inférieur à 10 mn.
- Le recuit d'élimination des contraintes peut être effectué à une température supérieure à 650 °C pendant un temps supérieur à 3 mn.

[0012] La description qui suit donnant une suite d'exemples de réalisation fera bien comprendre l'invention.

[0013] La figure unique présente une courbe d'aimantation en fonction des taux de laminage à froid, le laminage à froid étant réalisé en une seule opération.

[0014] Selon l'invention, le procédé de fabrication d'un acier d'une tôle magnétique à grains non orientés comprend l'élaboration sous vide d'un acier de composition suivante :

carbone < 0,01%

silicium < 0,5%,

manganèse, de 0,05 à 0,5%

aluminium < 0,03%,

phosphore < 0,20%,

soufre < 0,015%;

azote < 0,01%,

oxygène < 0,01%,

le reste étant du fer et des impuretés inévitables.

[0015] La présence de silicium et de manganèse en solution solide dans le fer augmente considérablement la résistivité électrique et, par conséquent, diminue les pertes d'énergie qui accompagnent la variation du flux d'induction magnétique. Cependant, la polarisation magnétique à saturation décroît en fonction de la teneur en silicium, en aluminium, en manganèse. Il en résulte une moindre perméabilité magnétique de l'acier au point de fonctionnement usuel des machines. Il est donc nécessaire de trouver le meilleur compromis entre la teneur en éléments d'alliage et les performances magnétiques visées. En conséquence, l'acier selon l'invention possède une teneur massique en silicium inférieure à 0,5%, et une teneur en manganèse inférieure à 0,5% pour obtenir une haute perméabilité.

[0016] La conductivité thermique est un paramètre important dans la construction des machines électriques. En effet, les pertes d'énergie par effet Joule dans les matériaux sont évacuées à l'extérieur par l'intermédiaire du circuit magnétique constitué de tôles découpées empilées. L'addition de silicium, de manganèse et d'aluminium dans le fer se traduit par une diminution de la conductivité thermique.

[0017] De ce point de vue, l'acier doit être non ou très peu allié, la faible teneur en silicium, en manganèse et en aluminium de l'acier selon l'invention permet de limiter l'échauffement des moteurs qui est préjudiciable à la bonne tenue des isolants enrobant les conducteurs. La meilleure évacuation des calories peut aussi autoriser une augmentation de la puissance massique, via l'accroissement des niveaux d'induction, sans augmentation de la température.

[0018] En d'autres termes, la composition de l'invention, de par la conductivité thermique qu'elle confère à l'acier, assure un refroidissement par conduction thermique des dispositifs électriques.

[0019] Après élaboration, l'acier est coulé sous forme de brame, puis la brame est laminée à chaud avec une température de réchauffage inférieure à 1300°C, et une température de fin de laminage à chaud inférieure à 950°C.

[0020] La tôle laminée à chaud est bobinée à une température supérieure à 550°C, puis est soumise à un recuit statique à une température comprise entre 700 et 1050°C pendant un temps supérieur à 1 heure.

[0021] Après l'étape de recuit statique, la bande peut subir une opération facultative de grenailage, avant d'être soumise à une opération de décapage.

EP 1 473 371 B1

[0022] Enfin, la bande décapée est laminée à froid, avec un taux de réduction compris entre 25 et 90%, en une seule opération de laminage à froid à une épaisseur inférieure ou égale à 1,5 mm, puis elle subit un recuit final effectué au défilé. Le recuit final au défilé est réalisé de préférence à une température comprise entre 700 et 1050°C, pendant un temps inférieur à 10 mn.

[0023] Il est montré que l'on peut réduire les pertes magnétiques massiques en dessous de 4,5 W/Kg pour une épaisseur de tôle de 0,35 mm, en dessous de 5,30 W/Kg pour une épaisseur de tôle de 0,50 mm, en dessous de 7 W/Kg pour une épaisseur de tôle de 0,65 mm, en dessous de 12,5 W/Kg pour une épaisseur de tôle de 1 mm et obtenir une aimantation égale ou supérieure à 1,77 Tesla en effectuant un recuit statique de la bande de tôle laminée à chaud, associé à un laminage à froid en une seule opération suivi d'un recuit continu au défilé.

[0024] Les exemples 1 à 6 illustrent cette caractéristique.

Exemple 1.

[0025] Une brame d'acier N°4 dont la composition chimique pondérale est donnée dans le tableau 1 est réchauffée à 1173°C puis subit un premier laminage à chaud avec un taux de réduction de 86% et un second laminage à chaud avec un taux de réduction de 93%. La température de fin de laminage à chaud est de 843°C, la bande de tôle laminée à chaud est bobinée à la température de 738°C. La tôle sous forme de bobine est soumise à un recuit statique à la température de 800°C pendant 10 heures sous une atmosphère d'hydrogène ou d'hydrogène et d'azote. La tôle est ensuite laminée à froid avec un taux de réduction de 80% pour obtenir une tôle d'épaisseur de 0,50 mm. Le recuit final est effectué à la température de 880°C pendant 2 minutes sous atmosphère d'azote et hydrogène.

TABLEAU 1 (Acier n°4)

C	Mn	Si	S	Al	P
0,002%	0,343%	0,322%	0,006%	0,001%	0,159%

[0026] Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 2.

TABLEAU 2.

	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
Tôle de 0,50 mm d'épaisseur selon l'invention	4,9	1,80

Exemple 2.

[0027] Une brame d'acier n°4 dont la composition pondérale est donnée dans le tableau 1 est traitée de la même façon que l'acier de l'exemple 1, c'est-à-dire avec les mêmes taux de réduction à chaud et à froid.

[0028] La température de réchauffage de la brame est de 1185°C, la température de fin de laminage à chaud est de 857°C. La bande de tôle laminée à chaud est bobinée à la température de 636°C. Un tronçon de la bobine est soumis à un recuit statique à la température de 800°C pendant 10 heures sous une atmosphère d'hydrogène ou d'hydrogène et d'azote. La tôle est ensuite laminée à froid pour parvenir à une tôle de 0,50 mm d'épaisseur. Le recuit final est effectué à la température de 880°C pendant 2 minutes sous atmosphère d'azote et hydrogène.

[0029] Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 3.

TABLEAU 3.

	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
Tôle de 0,50 mm d'épaisseur selon l'invention	4,7	1,79

Exemple 3.

[0030] Une brame d'acier n°4 dont la composition pondérale est donnée dans le tableau 1 est traitée de la même façon que l'acier de l'exemple 1, c'est-à-dire avec les mêmes taux de réduction à chaud et à froid.

[0031] La température de réchauffage de la brame est de 1221°C, la température de fin de laminage à chaud est de 910°C. La bande de tôle laminée à chaud est bobinée à la température de 785°C. La tôle sous forme de bobine est soumise à un recuit statique à la température de 800°C pendant 10 heures sous une atmosphère d'hydrogène ou d'hydrogène et d'azote. La tôle est ensuite laminée à froid pour parvenir à une tôle de 0,50 mm d'épaisseur. Le recuit

EP 1 473 371 B1

final est effectué à la température de 880°C pendant 2 minutes sous atmosphère d'azote et hydrogène.

[0032] Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 4.

TABLEAU 4.

	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
Tôle de 0,50 mm d'épaisseur selon l'invention	4,62	1,82

[0033] Dans les mêmes conditions de traitement, l'acier n°2, dont la composition est donnée dans le tableau 5, qui comporte dans sa composition une teneur en manganèse de 0,87% conduit à des propriétés magnétiques identiques à celles du tableau 4. La teneur en manganèse doit être cependant limitée à moins de 0,5% pour améliorer la conductibilité thermique.

[0034] A plus basse température de recuit statique, il est nécessaire d'augmenter la durée de celui ci.

TABLEAU 5 (Acier n°2)

C	Mn	Si	S	Al	P
0,003%	0,870%	0,342%	0,008%	0,001%	0,188%

Exemple 4.

[0035] Un tronçon de la bobine de tôle laminée à chaud obtenue dans les conditions décrites dans l'exemple 2 est soumis à un recuit statique à une température de 710°C pendant 40 heures sous une atmosphère d'hydrogène ou d'azote et d'hydrogène.

[0036] Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 6.

TABLEAU 6.

	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
Tôle de 0,50 mm d'épaisseur selon l'invention	4,88	1,79

Exemple 5.

[0037] Une brame d'acier n°4 dont la composition pondérale est donnée dans le tableau 1 est traitée de la même façon que dans l'exemple 1, c'est à dire avec les mêmes taux de réduction à chaud et à froid.

[0038] La brame d'acier N°4 est réchauffée à 1188°C, la température de fin de laminage à chaud est de 816°C. La bande de tôle laminée à chaud est bobinée à la température de 702°C. Un tronçon de tôle sous forme de bobine est soumis à un recuit statique à la température de 1000°C pendant 10 heures sous une atmosphère d'hydrogène ou d'hydrogène et d'azote. La tôle est ensuite laminée à froid pour parvenir à une tôle de 0,50 mm d'épaisseur. Le recuit final est effectué à la température de 880°C pendant 2 minutes sous atmosphère d'azote et hydrogène. Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 7.

TABLEAU 7.

	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
Tôle de 0,50 mm d'épaisseur selon l'invention	4,59	1,80

Exemple 6.

[0039] Un tronçon de la bobine de tôle laminée à chaud obtenue dans les conditions décrites dans l'exemple 2 est soumis à un recuit statique à la température de 740°C pendant 40 heures sous atmosphère d'hydrogène ou d'hydrogène et d'azote. Après recuit le tronçon est divisé en quatre parties qui subissent respectivement le laminage à froid avec un taux de réduction de 60%, 74%, 80% et 86% pour obtenir une tôle de 1 mm 0,65 mm, 0,50 mm, et 0,35 mm d'épaisseur.

[0040] La tôle de 0,5 mm d'épaisseur et la tôle de 0,35 mm d'épaisseur subissent un recuit à une température de 880°C pendant 2 mn. La tôle de 0,65 mm d'épaisseur subit un recuit à une température de 880°C pendant 2 mn 30 s.

[0041] La tôle de 1 mm d'épaisseur subit un recuit à une température de 880°C pendant 3 mn 40 s.

EP 1 473 371 B1

[0042] Le recuit final est effectué dans une atmosphère d'hydrogène et d'azote. Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 8.

TABLEAU 8.

5	Selon l'invention :	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
	Tôle de 0,35 mm d'épaisseur	3,76	1,78
	Tôle de 0,50 mm d'épaisseur	4,70	1,79
10	Tôle de 0,65 mm d'épaisseur	6,36	1,80
	Tôle de 1 mm d'épaisseur	11,80	1,80

[0043] La figure unique montre que le taux de laminage à froid doit être inférieur à 90% pour obtenir une aimantation égale ou supérieure à 1,77 Tesla lorsqu'un recuit statique est réalisé après laminage à chaud.

15 **[0044]** Dans le cas où la tôle est réalisée avec un recuit statique après laminage à chaud, il a été constaté qu'un recuit effectué sur des noyaux magnétiques réalisés par découpage et empilement de la tôle selon l'invention, génère une diminution des pertes sans dégradation de l'aimantation, le recuit étant destiné à éliminer les contraintes internes dues au découpage. On peut ainsi réaliser des tôles ayant une épaisseur finale de 0,35 mm, qui après recuit post découpage ont des pertes magnétiques inférieures à 4,0 W/Kg avec une aimantation égale ou supérieure à 1,77 Tesla. On peut
20 ainsi réaliser des tôles ayant une épaisseur finale de 0,50 mm, qui après recuit post découpage, ont des pertes massiques inférieures à 4,70 W/Kg avec une aimantation égale ou supérieure à 1,77 Tesla. Dans certaines conditions, il est possible de réaliser des tôles ayant des pertes inférieures à 4W/Kg avec une aimantation supérieure à 1,80 Tesla. Ces performances sont essentiellement dues au fait que dans le procédé selon l'invention la tôle est soumise à un recuit statique avant laminage à froid.

25 **[0045]** L'invention comporte les étapes suivantes: un recuit statique avant laminage à froid, un laminage à froid en une seule opération, un recuit final comme présenté dans les exemples 1, 2, 3, 4, 5 et 6. Après découpe des éléments de circuit et empilement, un recuit d'élimination des contraintes internes est effectué sur lesdits circuits.

[0046] Le recuit d'élimination des contraintes internes générées par découpage permet de réduire de façon significative les pertes sans aucune dégradation de l'aimantation de la tôle selon l'invention.

30 **[0047]** De préférence, la tôle subit un recuit d'élimination des contraintes à une température supérieure à 650°C, pendant un temps supérieur à 3 mn.

[0048] L'exemple 7 illustre ce propos.

Exemple 7.

35 **[0049]** Les éprouvettes Epstein ayant une épaisseur de 0,35 mm, 0,50 mm, 0,65 mm et 1 mm, utilisées pour mesurer les caractéristiques magnétiques des tôles présentées dans les exemples 1, 3, 4, et 5, ont été soumises à un recuit de 750°C pendant 2 heures sous une atmosphère d'azote et d'hydrogène.

[0050] Tôle de 0,50 mm d'épaisseur avec recuit selon l'invention :

40	Exemple 1	4,13	1,80
	Exemple 3	3,80	1,82
	Exemple 4	4,15	1,79
45	Exemple 5	3,62	1,80

Exemple 8.

50 **[0051]** Les éprouvettes Epstein utilisées dans l'exemple 6 pour mesurer les caractéristiques magnétiques sont soumises à un recuit à 750°C pendant deux heures sous atmosphère d'azote et d'hydrogène. Les caractéristiques magnétiques obtenues sont présentées dans le tableau 9.

Tableau 9.

55		W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
	Tôle de 0,35 mm d'épaisseur.	3,37	1,78
	Tôle de 0,5 mm d'épaisseur.	3,94	1,79

EP 1 473 371 B1

(suite)

	W 1,5/ 50 (W/kg)	B5000 (Tesla)
5 Tôle de 0,65 mm d'épaisseur.	5,36	1,80
Tôle de 1 mm d'épaisseur selon l'invention.	10,62	1,80

10 Dans le cas où la tôle selon l'invention est réalisée avec un recuit statique après laminage à chaud, on peut ainsi obtenir des tôles ayant une épaisseur finale de 0,35 mm, 0,50 mm, 0,65 mm et 1 mm et qui, après recuit post découpage ont respectivement des pertes massiques inférieures à 4 W/Kg, 4,70 W/Kg, 6 W/Kg et 11,5 W/Kg ainsi qu'une aimantation égale ou supérieure à 1,77 Tesla.

15 **[0052]** Selon l'invention, il est montré qu'on peut parvenir avec un acier ayant une composition chimique déterminée à la réalisation de tôle magnétique possédant des propriétés remarquables, en effectuant un recuit statique de longue durée de la bande de tôle laminée à chaud suivi d'un seul laminage à froid.

15 **[0053]** Lorsque la tôle selon l'invention est laminée à chaud et soumise à un recuit statique de longue durée suivi d'un seul laminage à froid, elle présente à l'épaisseur 0,50 mm et 0,65 mm, une réduction sensible des pertes massiques et une amélioration de l'aptitude à l'aimantation.

20 **[0054]** A l'épaisseur 1 mm, le recuit statique avant laminage à froid permet d'augmenter l'aptitude à l'aimantation avec, en contrepartie une dégradation des pertes.

20 **[0055]** La tôle obtenue par le procédé peut être soumise, après découpe et assemblage des circuits magnétiques, à un recuit d'élimination des contraintes.

25 **[0056]** Ce recuit d'élimination des contraintes dues au découpage, provoque une réduction sensible des pertes sans dégradation de l'aptitude à l'aimantation, avec recuit statique de la bande laminée à chaud puis laminée à froid en une seule opération.

Revendications

30 1. Procédé de fabrication d'une tôle magnétique à grains non orientés comprenant les étapes consistant à :

- élaborer sous vide un acier de composition suivante :

35 carbone < 0,01 %
silicium < 0,5%,
manganèse, de 0,05 à 0,5%
aluminium < 0,03%,
phosphore < 0,20%,
soufre < 0,015%;
40 azote < 0,01%,
oxygène < 0,01%,

le reste étant du fer et des impuretés inévitables,

- mettre l'acier sous forme de brame,

45 - laminage à chaud la brame avec une température de réchauffage inférieure à 1300°C, une température de fin de laminage à chaud inférieure à 950°C,

- bobiner la bande laminée à chaud à une température supérieure à 550°C,

- soumettre la bande en bobine à un recuit statique à une température comprise entre 700 et 1050°C pendant un temps supérieur à 1 heure,

- soumettre la bande recuite à une opération facultative de grenaillage,

50 - soumettre la bande recuite et éventuellement grenée, à une opération de décapage, puis

- laminage à froid la bande décapée, avec un taux de réduction compris entre 25 et 90%, en une seule opération de laminage à froid à une épaisseur inférieure ou égale à 1,5 mm,

- soumettre la bande laminée à froid à un recuit final effectué au défilé, puis

- découper la bande pour former des tôles, et soumettre lesdites tôles à un recuit d'élimination des contraintes.

55 2. Procédé selon la revendications 1, **caractérisé en ce que** le recuit final au défilé est réalisé à une température comprise entre 700 et 1050 °C pendant un temps inférieur à 10 mn.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le recuit d'élimination des contraintes est effectué à une température supérieure à 650 °C pendant un temps supérieur à 3 mn.

5 Claims

1. Process for manufacturing a non-grain-oriented magnetic steel sheet, comprising the steps consisting in:

- a steel of the following composition is vacuum-smelted:

carbon < 0.01%
silicon < 0.5%
manganese, from 0.05 to 0.5%
aluminium < 0.03%
phosphorus < 0.20%
sulphur < 0.015%
nitrogen < 0.01%
oxygen < 0.01%,

the balance being iron and inevitable impurities;

- the steel is formed into a slab;
- the slab is hot-rolled with a reheat temperature below 1300°C, and a temperature at the end of hot rolling below 950°C;
- the hot-rolled strip is coiled at a temperature above 550°C;
- the coiled strip undergoes a static anneal at a temperature between 700 and 1050°C for a period of time longer than 1 hour;
- the annealed strip undergoes an optional peening operation;
- the annealed and optionally peened strip undergoes a pickling operation; then
- the pickled strip is cold-rolled, with a reduction ratio of between 25 and 90%, in a single cold-rolling operation down to a thickness of 1.5 mm or less;
- the cold-rolled strip undergoes a final anneal carried out on the run; and then
- the strip is cut in order to form sheets, and said sheets undergo a stress-relieving anneal.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the final anneal on the run is carried out at a temperature between 700 and 1050°C for a period of time shorter than 10 min.

3. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the stress-relieving anneal is carried out at a temperature above 650°C for a period of time longer than 3 min.

40 Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen nicht kornorientierter Elektrobleche, folgende Schritte umfassend :

- Herstellen unter Vakuum eines Stahls folgender Zusammensetzung:

Kohlenstoff < 0,01 %,
Silicium < 0,5 %,
Mangan, von 0,05 bis 0,5 %,
Aluminium < 0,03 %,
Phosphor < 0,20 %,
Schwefel < 0,015 %,
Stickstoff < 0,01 %,
Sauerstoff < 0,01 %,

wobei es sich bei dem Rest um Eisen und unvermeidliche Verunreinigungen handelt,

- Formen des Stahls zu einer Bramme,
- Warmwalzen der Bramme, wobei die Erhitzungstemperatur niedriger als 1300 °C ist und die Temperatur am

EP 1 473 371 B1

Ende des Warmwalzvorgangs niedriger als 950 °C ist,

- Aufrollen des warmgewalzten Bandes bei einer Temperatur von mehr als 550 °C,
- Haubenglühen des aufgerollten Bandes bei einer Temperatur zwischen 700 und 1050 °C für mehr als eine Stunde,
- eventuelles Kugelstrahlen des geglühten Bandes,
- Beizen des geglühten und eventuell kugelgestrahlten Bandes, und anschließendes
- Kaltwalzen des gebeizten Bandes in einem einzigen Kaltwalzdurchgang zu einer Dicke von höchstens 1,5 mm, wobei die Abnahme zwischen 25 und 90 % beträgt,
- Fertigglühen des kaltgewalzten Bandes im Durchlaufverfahren, und anschließendes
- Schneiden des Bandes zu Blechen und Glühen der Bleche zur Entspannung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fertigglühen im Durchlaufverfahren weniger als 10 Minuten lang bei einer Temperatur zwischen 700 und 1050 °C durchgeführt wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Glühen zur Entspannung mehr als 3 Minuten lang bei einer Temperatur von mehr als 650 °C durchgeführt wird.

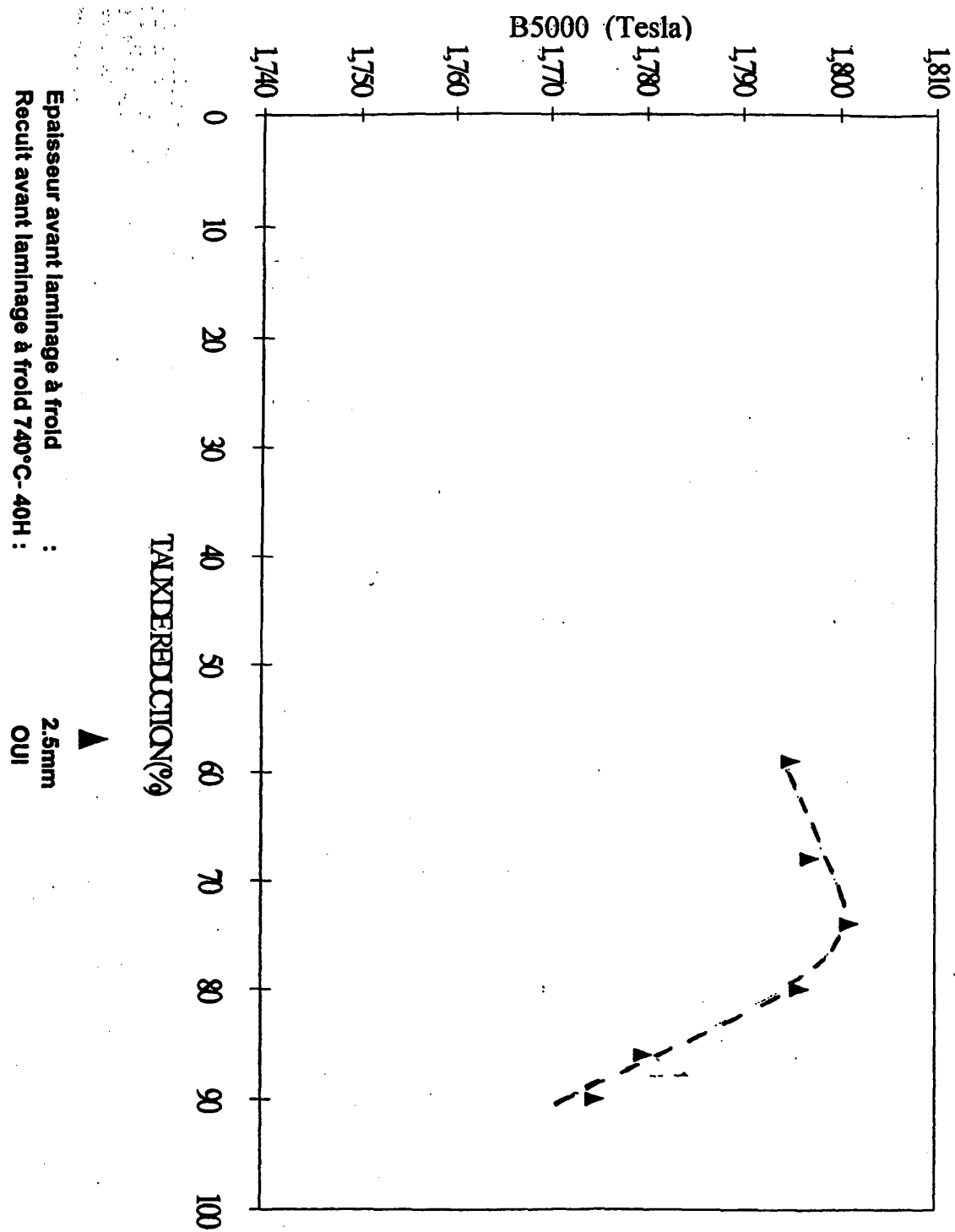


Fig unique