

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 849 371 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
19.03.2003 Bulletin 2003/12

(51) Int Cl.7: **C22C 38/00, C21D 8/12**

(21) Numéro de dépôt: **97402786.4**

(22) Date de dépôt: **20.11.1997**

(54) **Tôle d'acier magnétique à grains non orientés**

Nicht-kornorientiertes magnetisches Stahlblech

Non-oriented magnetical steel sheet

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

(30) Priorité: **19.12.1996 FR 9615593**

(43) Date de publication de la demande:
24.06.1998 Bulletin 1998/26

(73) Titulaire: **SOLLAC**
92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeurs:
• **Eple, Stéphanie**
57100 - Thionville (FR)
• **Van Hoecke, Georges**
57100 - Thionville (FR)
• **Degand, Christophe**
57050 - Le Ban Saint Martin (FR)
• **Hochard, Jean Louis**
57700 - Hayange (FR)

(74) Mandataire: **Ventavoli, Roger**
USINOR,
Direction Propriété Industrielle,
Immeuble "La Pacific",
La Défense,
11/13 Cours Valmy,
TSA 10001
92070 La Défense (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 487 443 **US-A- 3 867 211**
US-A- 4 851 056

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 010, 31 octobre 1996 & JP 08 157966 A (NKK CORP)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 011, 26 décembre 1995 & JP 07 207343 A (NIPPON STEEL CORP), 8 août 1995,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 043 (C-0907), 4 février 1992 & JP 03 249130 A (NKK CORP), 7 novembre 1991,**

EP 0 849 371 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

[0001] La présente invention concerne le domaine des tôles d'acier à usage électrique, utilisées notamment pour la construction de transformateurs, de moteurs et d'alternateurs.

[0002] Elle a trait spécifiquement aux tôles magnétiques à grains non orientés laminées à froid livrées à l'état fini dites tôles "Fully Process".

[0003] Les tôles à usage électrique sont traditionnellement divisées en deux familles.

[0004] Les tôles magnétiques laminées à froid livrées à l'état semi-fini dites tôles "Semi Process", utilisées dans des appareils de faible à moyenne puissance (moteurs d'appareils électroménagers petits et moyens, transformateurs, alternateurs d'automobile par exemple) constituent la première famille.

[0005] Ces tôles contiennent en poids une teneur en carbone comprise entre 0,03 et 0,08 %, une teneur en manganèse comprise entre 0,2 et 1,0 %, une teneur en phosphore comprise entre 0,01 et 0,25 %, et éventuellement mais non obligatoirement de l'aluminium et/ou du silicium, la teneur en aluminium étant inférieure à 1,0 % et la teneur en silicium étant inférieure à 0,2 %.

[0006] Ces tôles sont fabriquées par laminage à chaud et à froid, puis recuit de recristallisation et passage dans une cage écrouisseuse (skin pass) pour écrouir le métal par une déformation de 4 à 10 %, parfois plus.

[0007] C'est sous cette forme que les tôles sont expédiées au client, mais à ce stade, leurs propriétés magnétiques sont médiocres car elles ont été dégradées lors de l'écrouissage.

[0008] Cet écrouissage est cependant nécessaire pour que le métal puisse aisément être découpé par le client.

[0009] Celui-ci doit, après découpage et mise en forme de la tôle, effectuer un traitement thermique visant d'une part à décarburer l'acier jusqu'à une teneur en carbone inférieure à 0,005 %, et d'autre part à augmenter sa taille de grains (opération facilitée par l'écrouissage qui a été réalisé au skin pass).

[0010] Les tôles magnétiques laminées à froid livrées à l'état fini dites tôles "Fully Process" constituent la deuxième famille.

[0011] Ces tôles ont la particularité d'être utilisables par le client directement dans l'état de livraison du producteur, sans qu'un traitement thermique ultérieur soit nécessaire pour obtenir les propriétés magnétiques visées.

[0012] Ces tôles "Fully Process" sont divisées en deux catégories.

[0013] Les tôles "Fully Process" à grains orientés constituent la première catégorie.

[0014] Elles ont la particularité de contenir des teneurs en silicium élevées (de l'ordre de 3 %), et d'avoir une orientation de leur texture très marquée du type (110-001), la direction 100 étant orientée dans le sens du laminage, qui correspond, en usage de la tôle, à la direction selon laquelle le champ magnétique est appliqué.

[0015] Le silicium augmente la résistivité de la tôle et limite ainsi les pertes par courants de Foucault.

[0016] Les tôles de ce type sont appliquées notamment à la fabrication de transformateurs de puissance.

[0017] Les tôles "Fully Process" à grains non orientés constituent la deuxième catégorie.

[0018] Elles contiennent du silicium dans des proportions qui peuvent être plus faibles que pour les précédentes (de 0,2 à 3,0 %), et également du phosphore.

[0019] Ce dernier élément joue le même rôle que le silicium dans la limitation des pertes par courants de Foucault, et sa substitution partielle au silicium permet de ne pas trop augmenter la fragilité du métal.

[0020] Les tôles de ce type ne présentent pas une texture particulière et sont appliquées notamment à la fabrication de machines tournantes, moteurs ou alternateurs par exemple.

[0021] Cette deuxième famille de tôles dites tôles "Fully Process" (comme par exemple divulguées dans EP-A-487443) contiennent généralement en poids une teneur en carbone inférieure à 0,005 %, une teneur en manganèse comprise entre 0,1 et 0,7 %, une teneur en silicium supérieure à 0,2 %, une teneur en phosphore comprise entre 0,1 et 0,2 %, et sont fabriquées comme suit :

- on élabore, coule et lamine sous forme de tôle un acier ayant la composition ci-dessus,
- puis on fait subir à la tôle ainsi élaborée un traitement de recuit, par exemple un recuit en continu, sous atmosphère neutre à

température élevée (dans la gamme 800 à 900°C) et de manière à rester en dessous du point de transformation ferrite-austénite ($\alpha \rightarrow \gamma$) de la nuance d'acier traitée.

[0022] Comme on l'aura compris, le procédé de fabrication d'une telle tôle "Fully Process" consiste à obtenir une teneur en carbone inférieure à 0,005 %, puis à faire subir à celle-ci un recuit permettant de lui donner les propriétés magnétiques requises.

[0023] Pour obtenir la teneur en carbone inférieure à 0,005 %, on peut soit effectuer un traitement de décarburation à l'aciérie par l'usage d'un appareil permettant de dégazer l'acier liquide sous vide du type RH ou DH, soit effectuer après laminage à froid un recuit décarburant sous atmosphère contenant un mélange de gaz oxydants.

[0024] Chacune de ces deux familles de tôles à usage électrique présentent certains avantages et certains incon-

vénients.

[0025] On sait que les caractéristiques magnétiques d'une tôle d'acier sont obtenues d'une part par certains éléments d'alliage, et d'autre part par le biais de la taille des grains de la structure du métal.

[0026] En effet, certains éléments d'alliage, tels que le manganèse, le phosphore, le silicium et l'aluminium font augmenter très fortement la résistivité du métal, et lui confère ainsi de bonnes propriétés magnétiques.

[0027] De même, plus la taille de grains est importante (dans une certaine limite supérieure), meilleures seront les caractéristiques magnétiques du métal.

[0028] Dans le cas des tôles "Semi Process", l'obtention des caractéristiques magnétiques est garantie par l'opération de recuit de recristallisation et de grossissement des grains effectuée après découpage de la tôle.

[0029] Outre l'effet d'écrouissage critique, le passage au skin pass permet l'obtention des caractéristiques mécaniques favorables pour réaliser la découpe de la tôle.

[0030] Ainsi, la composition chimique du métal, en termes d'éléments d'alliage est relativement secondaire du point de vue caractéristiques mécaniques et découpassibilité, car celles-ci sont assurées par l'opération d'écrouissage au skin pass.

[0031] Ainsi une tôle "Semi Process" ne pose pas de problèmes particuliers de découpage, mais elle impose une étape supplémentaire de traitement (recuit de décarburation, recristallisation et grossissement de grains) et de réaliser cette étape sur des pièces découpées, ce qui entraîne une productivité moindre que si cette étape était effectuée par le producteur au cours du cycle de fabrication de la tôle.

[0032] Dans le cas des tôles "Fully Process", il est impossible d'optimiser les caractéristiques mécaniques du métal après recuit de grossissement de grains, sous peine de détériorer ses caractéristiques magnétiques.

[0033] La composition chimique, en termes d'éléments d'alliage revêt donc dans ce cas une importance toute particulière car elle conditionne fortement l'obtention des caractéristiques mécaniques nécessaires à une bonne découpassibilité de la tôle.

[0034] Ces tôles "Fully Process" se découpent néanmoins plus difficilement que les tôles "Semi Process" car le rapport entre la limite d'élasticité et la charge à la rupture R_e/R_m est compris entre 0,65 et 0,70, et l'allongement A% est élevé (supérieur à 30).

[0035] Le but de l'invention est de proposer des tôles en acier à usage électrique, pour appareils électriques de puissance faible à moyenne, présentant une excellente découpassibilité, et fabriquée selon une filière courte et économique, du type "Fully Process".

[0036] A cet effet, l'invention a pour objet une tôle en acier à usage électrique, du type comportant moins de 0,005 % en poids de carbone, obtenue en deux étapes, une première étape consistant à fabriquer sous forme de tôle un acier, puis une seconde étape consistant à faire subir à ladite tôle un traitement de recuit à une température prise dans la gamme 800°C à 900 °C et de manière à rester en dessous du point de transformation ferrite-austénite ($\alpha \rightarrow \gamma$), caractérisée en ce que la tôle comprend en poids une teneur en carbone inférieure à 0,005 %, une teneur en phosphore inférieure à 0,1 %, une teneur minimale en silicium égale à 0,2 %, une teneur minimale en manganèse égale à 0,1 %, et de façon facultative d'aluminium, avec des teneurs telles que :

$$80 \text{ Mn} + 90 \text{ Si} \geq 85$$

et

$$5,38 \leq 6 \text{ Mn} + 13 \text{ Al} + 12 \text{ Si} \leq 16$$

et la teneur en silicium total est inférieure à 0,6 %
et la teneur en manganèse est inférieure à 1,3 %, le reste étant du fer et des impuretés résiduelles inévitables.

[0037] Selon d'autres caractéristiques de l'invention,

- la teneur en poids en phosphore est comprise entre 0,01 % et 0,09 % ;
- le rapport entre la teneur en silicium et la teneur en manganèse est inférieur à 0,5 ;
- la tôle comprend en poids une teneur en carbone inférieure ou égale à 0,004 %, une teneur en silicium comprise entre 0,25 et 0,35 %, une teneur en manganèse comprise entre 0,8 et 1,0 %, une teneur en phosphore comprise entre 0,05 et 0,09 %, une teneur en aluminium comprise entre 0,08 et 0,12 %, le reste étant du fer et des impuretés résiduelles inévitables.

[0038] Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la suite de la description qui suit, donnée

uniquement à titre d'exemple.

[0039] La première caractéristique importante de l'invention réside dans la limitation de la teneur en phosphore de l'acier à 0,1 % en poids.

[0040] Les inventeurs ont constaté que la présence de phosphore dans l'acier, avec une teneur comprise entre 0,10 et 0,20 % en poids, est néfaste pour la découpeabilité de la tôle réalisée à partir d'un tel acier, et ceci indépendamment des caractéristiques mécaniques.

[0041] Lorsque l'on réalise la découpe d'un flan de tôle au moyen d'un dispositif comportant un poinçon et une matrice à arêtes tranchantes, cette découpe s'opère en deux phases : une première phase de cisailage du métal, et une deuxième phase d'arrachement du métal. Le bord de découpe présente donc deux zones : une première zone cisailée située côté poinçon, et une deuxième zone rompue située côté matrice.

[0042] Dans la première phase de découpe, on cisaille donc le métal, puis s'amorcent des fissures dans le métal au niveau le l'arête de coupe du poinçon et de l'arête de coupe de la matrice, qui se rejoignent dans la phase terminale de la découpe, provoquant la rupture du métal.

[0043] Dans une tôle "Fully Process" dont la teneur en phosphore est supérieure à 0,10 % en poids, celui-ci a tendance à ségréger en couches, situées généralement entre un quart et trois quart de l'épaisseur de ladite tôle.

[0044] Ces couches de ségrégation du phosphore sont des couches présentant une dureté supérieure au reste de la tôle, et ce phénomène nuit à l'homogénéité de la découpe.

[0045] Les fissures qui s'amorcent dans le métal après la première phase de découpe d'un flan prélevé dans une telle tôle sont déviées lorsqu'elles rencontrent une couche de ségrégation du phosphore et prennent une orientation horizontale, ce qui nuit à la qualité de la zone rompue de la découpe. En effet, cette zone rompue de la découpe est d'autant plus nette que l'orientation des fissures est verticale.

[0046] La découpe présente ainsi une zone rompue non homogène avec apparition de bavures.

[0047] De plus, l'orientation horizontale des fissures entraîne souvent le détachement de certaines particules de métal, entraînant une usure abrasive des outils de coupe.

[0048] Il est donc apparu important de limiter la teneur en phosphore dans l'acier, et les inventeurs ont constaté que ce phénomène n'est plus significatif lorsque cette teneur en phosphore est inférieure à 0,10 % en poids.

[0049] Préférentiellement, la teneur en phosphore est comprise entre 0,01 % et 0,09 %.

[0050] Cette limitation de la teneur en phosphore, favorable à la découpeabilité de la tôle, présente toutefois deux effets néfastes.

[0051] D'une part d'un point de vue caractéristiques mécaniques, le phosphore est un des éléments d'alliage les plus efficaces pour conférer à la tôle une dureté suffisante, et d'autre part, la diminution de la teneur en phosphore entraîne une dégradation des caractéristiques magnétiques, en particulier en matière de pertes totales spécifiques.

[0052] Il est donc nécessaire de remplacer une partie du phosphore par un ou plusieurs autres éléments qui augmentent les caractéristiques mécaniques de la tôle ainsi que ses caractéristiques magnétiques.

[0053] Les inventeurs ont constaté que ces éléments peuvent être avantageusement choisis parmi le manganèse, le silicium et l'aluminium.

[0054] La seconde caractéristique importante de l'invention est donc que la tôle comprend en poids, outre une teneur en carbone inférieure à 0,005 % et une teneur en phosphore inférieure à 0,1 %, une teneur minimale en silicium égale à 0,2 %, une teneur minimale en manganèse égale à 0,1 %, et de façon facultative d'aluminium, avec des teneurs telles que :

$$80 \text{ Mn} + 90 \text{ Si} \geq 85$$

et

$$5,38 \leq 6 \text{ Mn} + 13 \text{ Al} + 12 \text{ Si} \leq 16$$

et la teneur en silicium est inférieure à 0,6 %

et la teneur en manganèse est inférieure à 1,3 %,

le reste étant du fer et des impuretés résiduelles inévitables.

[0055] On peut également limiter la teneur en silicium à 0,5 % pour rester dans le domaine des aciers dits non alliés. En effet, si la teneur en silicium est supérieure à 0,5 %, les normes en vigueur classent un tel acier dans la catégorie des aciers alliés.

[0056] La teneur minimale en silicium égale à 0,2 % est nécessaire pour limiter les pertes par courants de Foucault.

[0057] La limitation de la teneur en manganèse total est nécessaire afin de garantir que le recuit effectué dans la seconde étape du procédé de fabrication de l'acier s'effectue correctement, c'est à dire dans le domaine ferritique tout

en permettant un grossissement suffisant des grains. En effet, si la teneur en manganèse est supérieure à 1,3 %, la température du point de transformation ferrite-austénite ($\alpha \rightarrow \gamma$) est abaissée et compte tenu qu'il est indispensable d'effectuer le recuit dans le domaine ferritique, la température de ce recuit ne sera plus suffisante pour obtenir une structure avec des grains suffisamment gros pour conférer à cet acier les caractéristiques magnétiques requises. On

dit que le manganèse est un élément γ -gène.

[0058] Ainsi, de préférence, on choisira de remplacer le phosphore par un élément dit α -gène, comme par exemple le silicium, ou plusieurs éléments dont au moins un est α -gène.

[0059] Il est également important de respecter la condition selon laquelle $80 \text{ Mn} + 90 \text{ Si} \geq 85$, car si elle n'est pas respectée, les caractéristiques mécaniques de la tôle obtenue seront insuffisantes.

[0060] Enfin, il est important de respecter la condition selon laquelle $5,38 \leq 6 \text{ Mn} + 13 \text{ Al} + 12 \text{ Si} \leq 16$, afin de garantir les caractéristiques magnétiques de la tôle, en termes de pertes totales spécifiques et de perméabilité.

[0061] Pour obtenir la teneur en carbone inférieure à 0,005 %, on peut soit effectuer un traitement de décarburation à l'aciérie par l'usage d'un appareil permettant de dégazer l'acier liquide sous vide du type RH ou DH, soit effectuer après laminage à froid un recuit décarburant sous atmosphère contenant un mélange de gaz oxydants, qui peut être combiné avec le recuit de recristallisation et de grossissement de grains (seconde étape).

[0062] Le tableau ci-après indique la composition de plusieurs exemples de réalisation de l'invention, les teneurs étant exprimées en pour-cent poids.

Acier	carbone	phosphore	silicium	manganèse	aluminium
A	0,002	0,09	0,4	0,7	0,001
B	0,002	0,05	0,3	1,2	0,001
C	0,004	0,05	0,5	0,6	0,2
D	0,004	0,01	0,01*	1,2	0,3
E	0,004	0,03	0,2	1,0	0,3

* ne formant pas part d'aciers revendiqués

[0063] Selon un mode préférentiel de l'invention, l'acier présente une caractéristique supplémentaire consistant à limiter le rapport entre la teneur en silicium total et la teneur en manganèse total à 0,5.

[0064] En effet, si le rapport entre la teneur en silicium et la teneur en manganèse est supérieur à 0,5, l'acier peut poser quelques problèmes en termes de soudabilité, en particulier en soudage par étincelage, ce qui est préjudiciable, d'une part à la mise en oeuvre de la tôle réalisée en cet acier, et d'autre part pour la mise en oeuvre du procédé de fabrication en continu d'une bande de tôle réalisée en cet acier.

[0065] Ainsi, le mode préféré de réalisation de l'invention consiste à réaliser une tôle d'acier qui comprend en poids une teneur en carbone inférieure ou égale à 0,004 %, une teneur en silicium comprise entre 0,25 et 0,35 %, une teneur en manganèse comprise entre 0,8 et 1,0 %, une teneur en phosphore comprise entre 0,05 et 0,09 %, une teneur en aluminium comprise entre 0,08 et 0,12 %, le reste étant du fer et des impuretés résiduelles inévitables.

[0066] Une telle tôle présente l'avantage de présenter de bonnes caractéristiques magnétiques et d'être correctement découpable et soudable en particulier par étincelage.

[0067] Des essais ont été réalisés à partir d'une tôle selon l'invention afin de montrer l'amélioration sur la découpa-bilité par rapport à une tôle de l'état de la technique.

[0068] La composition exacte des aciers pris en compte dans ces essais est mentionnée dans le tableau ci-après, les teneurs étant exprimées en pour-cent poids.

Acier	carbone	phosphore	silicium	manganèse	aluminium
F	0,003	0,159	0,486	0,404	0,132
G	0,002	0,180	0,325	0,420	0,001
H	0,005	0,047	0,326	0,885	0,094

[0069] Les aciers F et G correspondent à un acier conforme à la technique antérieure et l'acier H correspond à un mode de réalisation de l'invention.

[0070] Ces trois aciers ont été élaborés de la même manière, c'est-à-dire en deux étapes, une première étape consistant à fabriquer l'acier sous forme de tôle d'épaisseur égale à 1 mm, puis une seconde étape consistant à faire subir à ladite tôle un traitement de recuit à une température prise dans la gamme 800°C à 900 °C et de manière à rester

en dessous du point de transformation ferrite-austénite.

[0071] Cette étape de recuit a été identique pour ces trois aciers et a constitué spécifiquement en un recuit en continu à une température égale à 870°C pendant 2 minutes.

[0072] Les trois tôles F, G et H ont été comparées en termes de caractéristiques mécaniques, de caractéristiques magnétiques et en termes de découabilité.

[0073] Les caractéristiques magnétiques ont été mesurées sur cellule à bande unique avec des éprouvettes prélevées dans le sens de laminage des tôles.

[0074] La découabilité a été comparée lors d'essais de découpage suivant deux critères, l'énergie dissipée par frottement lors de la découpe d'une part, et la force de découpage en fin de rupture d'autre part. Ce dernier critère permet en particulier d'estimer l'impact des ségrégations. Le découpage a été effectué au moyen d'un poinçon en carbure de diamètre égal à 12 mm, le jeu entre le poinçon et la matrice étant égal à 7 %.

[0075] Le tableau suivant reprend le résultat moyen de ces essais.

Acier	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Pertes à 1,5 T (W/kg)	Induction à 5000A/m (Tesla)	Critère d'usure (J/mm)	Force en fin de rupture (N)
F	300	420	34	11,8	1,724	13900	2420
G	302	422	30,8	12,0	1,722	13420	2746
H	300	415	24,5	12,2	1,722	8490	840

[0076] Du point de vue des caractéristiques mécaniques, on constate que l'acier H de l'invention présente une limite d'élasticité Re et une charge à la rupture Rm quasiment identiques à celles des aciers F et G de la technique antérieure. En revanche, l'allongement A% est considérablement diminué, inférieur à 30, ce qui est favorable à la découabilité de la tôle de l'invention.

[0077] Du point de vue des caractéristiques magnétiques, on constate que celles-ci sont quasiment identiques dans les trois cas.

[0078] Enfin on constate que l'énergie dissipée par frottement ainsi que la force en fin de rupture sont considérablement diminuées dans le cas de l'acier H de l'invention, ce qui montre bien la meilleure découabilité de cet acier H selon l'invention par rapport aux aciers F et G de la technique antérieure.

Revendications

1. Tôle en acier à usage électrique à grains non-orientés, du type comportant moins de 0,005 % en poids de carbone, obtenue en deux étapes, une première étape consistant à fabriquer sous forme de tôle un acier, puis une seconde étape consistant à faire subir à ladite tôle un traitement de recuit à une température prise dans la gamme 800°C à 900 °C et de manière à rester en dessous du point de transformation ferrite-austénite ($\alpha \rightarrow \gamma$), ladite tôle comprend en poids une teneur en carbone inférieure à 0,005 %, une teneur en phosphore inférieure à 0,1%, une teneur minimale en silicium égale à 0,2 %, une teneur minimale en manganèse égale à 0,1 %, et de façon facultative d'aluminium, avec des teneurs telles que :

$$80 \text{ Mn} + 90 \text{ Si} \geq 85$$

et

$$5,38 \leq 6 \text{ Mn} + 13 \text{ Al} + 12 \text{ Si} \leq 16$$

et la teneur en silicium est inférieure à 0,6 %

et la teneur en manganèse est inférieure à 1,3 %,

le reste étant du fer et des impuretés résiduelles inévitables.

2. Tôle en acier selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la teneur en poids en phosphore est comprise entre 0,01 % et 0,09 %.

3. Tôle en acier selon les revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le rapport entre la teneur en silicium et la teneur en manganèse est inférieur à 0,5.

4. Tôle en acier selon les revendications 1, 2 ou 3, **caractérisée en ce qu'elle** comprend en poids une teneur en carbone inférieure ou égale à 0,004 %, une teneur en silicium comprise entre 0,25 et 0,35 %, une teneur en manganèse comprise entre 0,8 et 1,0 %, une teneur en phosphore comprise entre 0,05 et 0,09 %, une teneur en aluminium comprise entre 0,08 et 0,12 %, le reste étant du fer et des impuretés résiduelles inévitables.

Claims

1. Steel sheet for electrical use having non-oriented grains, of the type containing less than 0.005% carbon by weight, obtained in two steps, a first step consisting in manufacturing a steel in sheet form and then a second step consisting in subjecting the said sheet to an annealing treatment at a temperature lying within the 800°C to 900°C range and so as to remain below the ferrite-austenite ($\alpha \rightarrow \gamma$) transformation point, the said sheet having, by weight, a carbon content of less than 0.005%, a phosphorus content of less than 0.1%, a minimum silicon content of 0.2%, a minimum manganese content of 0.1% and optionally aluminium, with contents such that:

$$80\text{Mn} + 90\text{Si} \geq 85$$

and

$$5.38 \leq 6\text{Mn} + 13\text{Al} + 12\text{Si} \leq 16$$

and the silicon content is less than 0.6%
and the manganese content is less than 1.3%
the balance being iron and inevitable residual impurities.

2. Steel sheet according to Claim 1, **characterized in that** the phosphorus content by weight is between 0.01% and 0.09%.

3. Steel sheet according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the ratio of the silicon content to the manganese content is less than 0.5.

4. Steel sheet according to one of Claims 1, 2 and 3, **characterized in that** it has, by weight, a carbon content of less than or equal to 0.004%, a silicon content of between 0.25 and 0.35%, a manganese content of between 0.8 and 1.0%, a phosphorus content of between 0.005 and 0.09% and an aluminium content of between 0.08 and 0.12%, the balance being iron and inevitable residual impurities.

Patentansprüche

1. Stahlblech zur Verwendung in der Elektrotechnik mit nichtorientierten Körnern des Typs, der weniger als 0,005 Gew.-% Kohlenstoff enthält, das in zwei Schritten erhalten wird, einem ersten Schritt, der darin besteht, einen Stahl zu einem Blech zu verarbeiten, und dann einem zweiten Schritt, der darin besteht, das Blech einer Temperbehandlung bei einer Temperatur im Bereich von 800 bis 900 °C zu unterziehen und diese so durchzuführen, daß die Temperatur unterhalb des Ferrit-Austenit-Umwandlungspunkts ($\alpha \rightarrow \gamma$) bleibt, wobei das Blech, jeweils bezogen auf das Gewicht, weniger als 0,005 % Kohlenstoff, weniger als 0,1 % Phosphor, mindestens 0,2 % Silicium, mindestens 0,1 % Mangan und fakultativ Aluminium enthält, wobei die Mengenanteile so sind, daß

- $80 \text{ Mn} + 90 \text{ Si} \geq 85$,
- $5,38 \leq 6 \text{ Mn} + 13 \text{ Al} + 12 \text{ Si} \leq 16$,
- der Siliciumgehalt kleiner als 0,6 % ist,
- der Manganengehalt kleiner als 1,3 % ist,

wobei der Rest aus Eisen und unvermeidbaren restlichen Verunreinigungen besteht.

EP 0 849 371 B1

2. Stahlblech nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gewichtsanteil des Phosphors im Bereich von 0,01 bis 0,09 % liegt.
3. Stahlblech nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Verhältnis des Siliciumgehalts zum Mangangehalt kleiner als 0,5 ist.
4. Stahlblech nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** es, bezogen auf das Gewicht, einen Kohlenstoffgehalt von 0,004 % oder darunter, einen Siliciumgehalt Kohlenstoffgehalt von 0,004 % oder darunter, einen Siliciumgehalt im Bereich von 0,25 bis 0,35 %, einen Mangangehalt im Bereich von 0,8 bis 1,0 %, einen Phosphorgehalt im Bereich von 0,05 bis 0,09 % und einen Aluminiumgehalt im Bereich von 0,08 bis 0,12 % aufweist, wobei der Rest aus Eisen und unvermeidbaren restlichen Verunreinigungen besteht.