

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

10	ES	11	485101	10	A1
		21			
		22	FECHA DE PRESENTACION		
			17 OCT. 1978		

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31	NUMERO			
		952.313	18 de octubre de 1.978		EE.UU. de A.

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			e22C 33/04, 38/02		

54	TITULO DE LA INVENCION
	Procedimiento para producir hierro al silicio de grano orientado

71	SOLICITANTE (ES)
	ARMCO INC.,

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	703 Curtis Street, Middletown, Ohio, 45043, EE.UU. de A.

72	INVENTOR (ES)
	Martin Frederick Littmann, Allan Richard Obman.

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO

La presente invención se relaciona con la producción de hierro al silicio de grano orientado convencional que tiene una textura cúbica centrada en las aristas, a partir de placas de colada discontinua o continua, mediante un método que proporciona una permeabilidad uniformemente alta (medida a 800 amperio-vuelta por metro) y una baja pérdida de núcleo (medida en vatios por kg a 1,5 Tesla o mas).

La colada discontinua a una placa continua o la colada a placas individuales de un espesor adecuado para la laminación directa en caliente (por ejemplo, 125 a 225 mm) resulta ventajosa desde el punto de vista de los costes de procesado y rendimientos, en comparación con la práctica convencional de la colada a lingotes, laminación de los lingotes a placas, calentamiento o recalentamiento de las placas y laminación en caliente hasta un espesor de banda. Sin embargo, no ha sido posible sustituir simplemente las placas de colada discontinua en lugar de placas laminadas a partir de lingotes en la producción de hierro al silicio de grano orientado debido a la falta de uniformidad y a la inferioridad general en las propiedades magnéticas del producto final cuando se procesa a partir de placas de colada discontinua. En la actual práctica comercial, la inferioridad relativamente ligera y la falta de uniformidad en las propiedades magnéticas puede poner al producto en desventaja competitiva. El objetivo principal de esta invención es proporcionar un método para la producción de hierro al silicio de grano orientado, de grado regular, a partir de placas continuamente coladas con propiedades magnéticas iguales o superiores a las obtenidas a partir de lingotes.

Entre las dificultades encontradas en la sustitución de colada discontinua en lugar de la colada convencional a lin-

gotes en la producción de hierro al silicio orientado, se encuentran la tendencia de las placas coladas discontinuamente a exhibir defectos que causan ampollas o laminaciones en el producto laminado; los cambios en la forma y distribución de los inhibidores del crecimiento de granos, particularmente sulfuro de manganeso, que controlan el desarrollo de la textura del cristal; y la aparición de un excesivo crecimiento de grano en las placas durante el recalentamiento antes de la laminación en caliente, lo cual afecta de modo adverso al desarrollo de textura cristalina en el producto final.

Es bien sabido que la estructura de grano del producto final depende de la formación en el hierro al silicio de un precipitado finamente dispersado que actúa como un inhibidor del crecimiento de grano durante el procesado y que promueve particularmente la recristalización secundaria durante un recocido final a elevada temperatura. El sulfuro de manganeso se usa convencionalmente como inhibidor del crecimiento de granos, aunque también se emplean seleniuro de manganeso y nitruro de aluminio y combinaciones de éstos. Es esencial que estas fases se disuelvan en el hierro al silicio solidificado antes de que la placa o lingote se lamine en caliente hasta un espesor de banda. Durante la laminación en caliente, los inhibidores del crecimiento de grano disueltos se precipitan como partículas finas debido al enfriamiento relativamente rápido que ocurre durante el laminado en caliente.

El inhibidor se disuelve por calentamiento a una temperatura de 1.350 a 1.400°C aproximadamente antes de la laminación en caliente, como se describe en la patente USA 2.599.340. Esto resulta eficaz para disolver cantidades convencionales de sulfuro de manganeso en placas laminadas a partir de lingotes,

del orden de 0,08% de manganeso y 0,025% de azufre. Si el contenido en oxígeno se mantiene relativamente bajo, puede usarse temperaturas algo mas bajas para el recalentamiento de las placas.

5

Se ha encontrado que es mas difícil disolver los sulfuros de manganeso en placas de colada discontinua que en placas formadas a partir de lingotes. Por tanto, deben estar presentes cantidades mas pequeñas de sulfuro de manganeso. Sin embargo, se necesita una temperatura de recalentamiento de las

10 placas del orden de 1.370 a 1.400°C incluso con los mas bajos contenidos en sulfuro de manganeso. El recalentamiento de las placas coladas discontinuamente dentro de esta gama de temperaturas ha causado un proble no usual, especialmente un excesivo crecimiento de grano que se traduce en una recristalización

15 incompleta durante el ulterior procesado. Aunque el crecimiento excesivo del grano puede evitarse parcialmente aumentando el contenido en carbono a 0,030-0,040% aproximadamente (en comparación con el contenido en carbono convencional de 0,020% a 0,030%), como se describe en la patente francesa 70.09122 a

20 nombre de Armco Steel Corporation, este mayor contenido en carbono no asegura por si solo una alta permeabilidad y una baja pérdida de núcleo en el producto final.

20

Las patentes USA 3.671.337 y 4.006.044 describen una solución al problema del excesivo crecimiento de grano en las

25 placas, por disminución de la temperatura de recalentamiento de la placa, disminución del contenido en sulfuro de manganeso y suplementación del inhibidor con nitruro de aluminio. Sin embargo, se ha encontrado difícil controlar la cantidad de aluminio soluble en ácido presente en el acero, causando esto a

30 su vez que las propiedades magnéticas sean impredecibles y no

30

uniformes.

La patente USA 3.764.406, concedida al presente inventor, describe otra solución al problema del excesivo crecimiento de grano en placas coladas discontinuamente antes del laminado en caliente. En el proceso de esta patente, las placas coladas discontinuamente son reducidas inicialmente en caliente, es decir pre-laminadas, a una temperatura entre 750 y 1.250°C, con una reducción en espesor de 5 a 50%, antes del recalentamiento a unos 1.400°C antes del laminado en caliente convencional. Sin embargo, este método, si bien es eficaz para obtener propiedades magnéticas uniformemente excelentes, requiere el empleo de una instalación de recalentamiento de las placas y de laminación inicial en caliente que no es normal en un equipo laminador, con lo que se necesita una sustancial inversión adicional de capital.

Un objeto principal de esta invención es proporcionar un procedimiento para producir hierro al silicio orientado a partir de placas de colada discontinua, sin la presencia de nitruro de aluminio como inhibidor del crecimiento del grano y sin la etapa inicial de reducción en caliente o pre-laminación de la citada patente USA 3.764.406.

El anterior objeto se consigue mediante un proceso que comprende observar las gamas de composición relativamente estrechas en la fusión y seguir una secuencia específica de etapas de procesado en las que se observan parametros operativos específicos. Aunque un número de las gamas de composición y etapas de procesado son ya conocidas per se, la combinación se cree que proporciona un efecto acumulativo que es sinérgico y, por tanto, no evidente para un experto en la materia.

De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento para producir hierro al silicio de grano orientado a partir de placas de colada discontinua que tienen una permeabilidad uniformemente alta y una baja pérdida de núcleo, caracterizado por la combinación de etapas:

(1) fundir una carga ferrea;

(2) refinar dicha carga para obtener una fusión que consiste esencialmente, en % en peso, de 0,030 a 0,045% de carbono, de 0,04 a 0,08% aproximadamente de manganeso, de 0,015 a 0,025% aproximadamente de azufre y/o selenio, no mas de 0,003% de titanio, no mas de 0,005% de nitrógeno, oxígeno residual, y el resto esencialmente hierro;

(3) añadir suficiente silicio para proporcionar una gama de 2,5 a 4,0% de silicio y suficiente aluminio para combinarse con oxígeno en la fusión y obtener un contenido en oxígeno no superior a 0,005%;

(4) colar la fusión a un espesor de placa de 125 a 225 mm aproximadamente;

(5) cortar las placas en longitudes adecuadas;

(6) recalentar las placas dentro de la gama de 1.300 a 1.400 °C aproximadamente;

(7) laminar en caliente a un espesor de banda;

(8) laminar en frio a un espesor intermedio;

(9) recocer a una temperatura de 850 a 950°C aproximadamente;

(10) laminar en frio a un espesor final;

(11) descarburizar en una atmosfera que contiene hidrógeno;

(12) aplicar un revestimiento separador de recocido a las superficies del material laminado en frio, descarburizado; y

(13) someter el material a un recocido final en una atmosfera conteniendo hidrógeno, durante un periodo de tiempo suficiente

para efectuar una recristalización secundaria.

El contenido en carbono que se encuentra dentro de la gama anterior, se ha descrito en la patente francesa No. 70.09122, patente USA 4.006.044, patente USA 3.876.476 y publicación de patente japonesa 74-024.767.

En lo que sepa esta Entidad solicitante, en la técnica anterior no se ha dicho nada en relación con la presencia de titanio.

Los contenidos en nitrógeno dentro del máximo indicado anteriormente, se describen en la publicación de patente japonesa No. 74-024.767, patentes USA 4.006.044 y 4.039.321 y patente belga 826.152.

En el proceso de esta invención es preferible un contenido total en aluminio no superior a 0,003%, no estando preferiblemente el aluminio en una forma soluble en ácido. Los contenidos totales en aluminio por debajo de este valor máximo se incluyen en las gamas de aluminio especificadas en las patentes USA 4.006.044 y 3.876.476. Sin embargo, estas dos patentes contemplan el uso de aluminio soluble en ácido para formar nitruro de aluminio para controlar la recristalización secundaria, mientras que en esta invención prácticamente no se contempla el aluminio soluble.

La patente USA 4.006.044 se relaciona principalmente con la evitación de la formación de ampollas en el producto final. Este problema se dice evitarse limitando el aluminio a menos de 0,04%, el hidrógeno a menos de 3 partes por millón (ppm), o bien el hidrógeno a menos de 3 ppm junto con el oxígeno a menos de 80 ppm y el nitrógeno a menos de $\frac{1}{Al(\%)} \times 10^3 + 50$ ppm. La aparición de ampollas no se evita cuando solo el nitrógeno, o solo el nitrógeno y el oxígeno se restringen dentro

de los límites anteriores, de acuerdo con las Entidades solici-
tantes. Es necesario que "los contenidos en hidrógeno y nitró-
geno, u oxígeno" se mantengan dentro de los límites anteriores
con el fin de evitar la formación de ampollas. Sin embargo, en
5 aquellos ejemplos específicos en donde están presentes bajos
niveles de aluminio, el nivel de oxígeno está por encima del
límite contemplado en esta invención.

Con respecto al procesado, la patente francesa 70.
9122 describe la producción de hierro al silicio orientado a
10 partir de placas coladas en discontinuo, en donde se sangra
una carga ferrea fundida a una cuchara a la cual se añade la
cantidad de silicio requerida para el grado final deseado (den-
tro de la gama de 2,5 a 4,0%); se desgasifica en vacío la fusión
para reducir el contenido en hidrógeno a menos de 1 ppm, tenien-
15 do además la fusión un contenido en carbono de 0,027 a 0,040%
aproximadamente, un contenido en manganeso de 0,04 a 0,08%
aproximadamente, un contenido en azufre de 0,020 a 0,026% apro-
ximadamente, un contenido en oxígeno inferior a 0,004% aproxima-
damente y el resto esencialmente hierro. La fusión es colada
20 entonces continuamente con enfriamiento de la placa antes de
la completa solidificación de la misma, a la velocidad mínima
necesaria para proporcionar suficiente resistencia en la piel
para soportar el interior fundido de la placa sin distorsión
incontrolada que pueda causar vacíos y ampollas. La placa cola-
25 da se reduce entonces al espesor final por laminación en calien-
te y laminación en frío convencionales con recocido intermedio.

Según la presente invención, se proporciona con pre-
ferencia un procedimiento para producir hierro al silicio orien-
tado a partir de placas coladas en discontinuo que tienen una
30 permeabilidad uniformemente alta y una baja pérdida de núcleo,

que comprende las etapas de fundir una carga ferrea; refinar dicha carga para obtener una fusión que consiste esencialmente, en % en peso, de 0,032 a 0,042% de carbono, de 0,04 a 0,07% aproximadamente de manganeso, de 0,016 a 0,023% aproximadamente de azufre y/o selenio, no mas de 0,003% de titanio, no mas de 0,003% de aluminio total, no mas de 0,005% de nitrógeno, no mas de 0,005% de oxígeno y el resto esencialmente hierro; añadir suficiente silicio para proporcionar una gama de 3 a 8,3% aproximadamente de silicio; colar la fusión a un espesor de placa de 125 a 225 mm aproximadamente; proteger la fusión de la atmosfera durante la etapa de colada; y completar el procesado d la misma manera que anteriormente se ha indicado.

En la práctica preferida de esta invención, la fusión se prepara mediante instalaciones convencionales, tales como un horno de solera abierta, un horno eléctrico o un cubilote. El uso de un recipiente de argon-oxígeno es preferible puesto que en el mismo pueden conseguirse bajos contenidos en nitrógeno. El silicio se añade durante el sangrado o colada en la cuchara y el aluminio se añade en la misma etapa para la desoxidación. La composición preferida de la fusión refinada, después del desgasificado y agitación, (y de la placa colada) es, en % en peso, de 0,032 a 0,042% aproximadamente de carbobo, de 0,040 a 0,070% aproximadamente de manganeso, de 0,016 a 0,023% aproximadamente de azufre, de 3 a 3,3% aproximadamente de silicio, no mas de 0,003% de titanio, no mas de 0,003% de aluminio total, no mas de 0,005% de nitrógeno, no mas de 0,005% de oxígeno y el resto esencialmente hierro. Preferiblemente, la cantidad de aluminio soluble en ácido no es superior a 0,002%. Los elementos de origen natural, tales como cobre, cromo y níquel, pueden estar presentes en cantidades de hasta 0,2% e in-

cluso 0,3% de cada uno de ellos, sin efectos adversos sobre las propiedades magnéticas.

5 La agitación electro-magnética de la colada es beneficiosa. Se produce una estructura de placa colada mas uniforme y se cree que se reduce al mínimo el crecimiento de grano durante el recalentamiento antes del laminado en caliente. La agitación electro-magnética puede realizarse de acuerdo con las enseñanzas de la patente belga No. 857.596.

10 La colada continua puede efectuarse bajo las condiciones descritas en la citada patente francesa No. 70.09122, la cual incluye proteger el metal de la oxidación y enfriar la placa (antes de la solidificación completa de la misma) en la proporción mínima necesaria para proporcionar la suficiente resistencia de piel o superficial para soportar el interior
15 fundido de la placa sin distorsión incontrolada. La protección de la corriente de metal fundido de la atmosfera se facilita evitando la absorción de nitrógeno del aire y se efectua preferiblemente mediante un manto de argon, mediante una junta cerámica o mediante ambos.

20 Preferiblemente, la temperatura de salida de las placa, medida a la salida de la cámara de pulverización, no es superior a 855°C aproximadamente.

El espesor preferido de las placas es de 150 a 160 mm aproximadamente.

25 Cuando se recalientan las placas a una temperatura del orden de 1.330 a 1.400°C, es preferible restringir el tiempo total de recalentamiento a no mas de 200 minutos con el fin de reducir al mínimo el crecimiento de grano.

30 La laminación en caliente se efectua preferiblemente desbastando a un espesor de 28 a 32 mm aproximadamente, seguido

por acabado a un espesor de unos 2 mm, siendo preferiblemente la temperatura de acabado en el laminado en caliente superior a 900°C.

5 Con preferencia, la banda laminada en caliente se somete a un recocido efectuado a unos 925-1.050°C al objeto de promover la recristalización y la distribución óptima de carbono. Aunque no es crítico, se prefiere un tiempo de impregnación en horno de 30 a 60 segundos en una atmosfera de gas ligeramente oxidante, seguido por enfriamiento por radiación a
10 una zona refrigerada por agua o en aire.

La banda laminada en caliente y recocida es decapada de forma convencional para separar cascarilla y la primera etapa de laminación en caliente se efectua con preferencia a un espesor intermedio que oscila entre 0,5 y 0,9 mm aproximadamente, siendo determinado el espesor intermedio por el espesor final y contenido en manganeso deseados, cuya relación se muestra mas abajo.
15

Después de la primera etapa de laminación en caliente, el recocido intermedio se efectua preferiblemente a unos 925°C con un tiempo de impregnación de unos 30 - 60 segundos en una atmosfera reductora o no oxidante. Alternativamente, puede usarse una temperatura de unos 850°C con un tiempo de impregnación de unos 120 segundos. La descarburización parcial puede efectuarse también durante este recocido intermedio introduciendo una atmosfera de hidrógeno húmedo.
20
25

A un espesor final de 0,25 a 0,35 mm aproximadamente, la banda se descarburiza preferiblemente a un nivel de carbono no superior a 0,003%. Para la descarburización se prefiere un recocido de la banda en hidrógeno húmedo a una temperatura de
30 820 a 840°C aproximadamente.

El recocido final se efectua preferiblemente a una temperatura de unos 1.150 a 1.220°C durante un periodo de tiempo de hasta 24 horas, en una atmosfera que contiene hidrógeno seco reductora de óxidos de hierro, efectuando así la recristalización secundaria. Durante el recocido final, puede separarse algo de nitrógeno y azufre (y/o selenio).

La relación antes citada entre el espesor final, el espesor intermedio y el contenido en manganeso, es como sigue:

Reducción en Frio

10 Relación del Espesor Final al Espesor Intermedio y al Contenido en Manganeso

<u>Espesor Final (mm)</u>	<u>% Mn</u>	<u>Espesor Intermedio (mm)</u>
0,346	0,045 0,08	- 0,82 0,68
15 0,294	0,04 0,075	- 0,75 0,60
0,264	0,04 0,075	- 0,70 0,55

20 Para cada espesor final, el manganeso mínimo y el espesor intermedio máximo constituyen una coordenada, mientras que el manganeso máximo y el espesor intermedio mínimo constituyen otra coordenada, que pueden trazarse como una pendiente, pudiéndose obtener los valores entre los dos extremos por interpolación.

25 Para lograr los resultados óptimos, la placa colada en discontinuo deberá enfriarse tan lentamente como sea posible. Aunque no es crítico, es preferible enfriar la placa a la misma velocidad prácticamente que la descrita en la mencionada patente francesa 70.09122. En la instalación particular de colada de placas, en la cual se han efectuado los ensayos, se emplea, 30 con excelentes resultados, una proporción de agua de refrigeración inferior a 1,6 litros por kg de acero.

De acuerdo con el proceso de esta invención, se han producido diversas cargas, con variaciones en los contenidos en carbono, titanio y nitrógeno que establecen la naturaleza crítica de las gamas para cada uno de dichos elementos. En los siguientes ejemplos, se ofrecen los datos relativos a estas cargas, así como las propiedades magnéticas de los productos finales obtenidos a partir de las mismas:

EJEMPLO 1

Se preparan dos cargas, denominadas A y B, por el mismo proceso que comprende fundir en un horno eléctrico, desgasificar y colar continuamente a placas de 152 mm de espesor. Las composiciones de las dos cargas coladas, son como sigue:

	<u>Carga A</u>	<u>Carga B</u>
Carbono	0,032 %	0,032 %
Manganeso	0,057	0,063
Azufre	0,024	0,023
Silicio	3,25	3,12
Titanio	0,0027	0,0027
Aluminio(total)	0,0018	0,0016
Nitrógeno	0,0045	0,0064
Oxígeno	0,0019	0,0054
Hierro	resto	resto

Las placas se recalientan a 1.400°C y se laminan en caliente a un espesor de 1,5 mm. Las bandas laminadas en caliente son recocidas en banda a 985°C con un tiempo de impregnación de unos 40 segundos, se decapan y se laminan en frío a un espesor de 0,74 mm. Las bandas son recocidas entonces en nitrógeno a 925°C durante unos 30 segundos y se laminan en frío a un espesor final de 0,346 mm. Las bandas se descarburizan luego durante 2 minutos a 825°C en una atmósfera de hidrógeno

húmedo. Se aplica un revestimiento separador de recocido de magnesia de tipo convencional y las bandas son recocidas a 1.175°C en hidrógeno seco durante 20 horas aproximadamente.

5 Las propiedades magnéticas en promedio de bobinas de estas cargas, se indican en la tabla I dada mas adelante.

EJEMPLO 2

Se prepara una carga, denominada C, y se procesa de tal modo que se compare el efecto del recocido después del laminado en caliente sobre las propiedades magnéticas finales.

10 La carga se funde en un horno eléctrico, se refina en un recipiente de argon, se agita en argon y se cuela continuamente a placas de 152 mm de espesor. La composición del material colado es como sigue:

	<u>Carga C</u>
15 Carbóno	0,037 %
Manganeso	0,058
Azufre	0,021
Silicio	3,08
Titanio	0,0016
20 Aluminio (total)	0,0020
Nitrógeno	0,0035
Oxígeno	0,0053
Hierro	Resto

25 Las placas se recalientan a 1.350°C y se laminan en caliente a un espesor de 2 mm. Varias bobinas son recocidas a 985°C con una impregnación de unos 30 segundos y un número igual de bobinas no son recocidas. Se decapan luego todas las bobinas y se lamina en frio a un espesor de 0,68 mm, se someten a recocido en nitrógeno seco a 925°C durante unos 40 segundos

30 y se lamina en frio a un espesor final de 0,30 mm. Las bobinas

se descarburizan luego a 830°C en hidrógeno húmedo durante unos 2 minutos. Después de revestir con el separador de recocido de magnesia, las bobinas son recocidas en caja en hidrógeno seco a unos 1.175°C durante 20 horas aproximadamente. Se aplica luego un revestimiento secundario de fosfato y se aplanan las bobinas.

Por el mismo proceso empleando en la carga C, se preparan dos cargas mas (C1 y C2) que tienen composiciones muy similares a la de la carga C, sometiéndose la mitad de las bobinas de cada carga a un recocido a 985°C después del laminado en caliente y no sometiéndose a recocido las restantes bobinas. En la tabla I se ofrece una comparación de las propiedades magnéticas de estas cargas. Se observará que en todos los casos se obtienen propiedades magnéticas significativamente mejores con un recocido inicial después del laminado en caliente a un espesor de unos 2 mm.

EJEMPLO 3

Dos cargas, denominadas D y E, demuestran el efecto sobre las propiedades magnéticas de los contenidos en titanio por debajo y por encima de 0,003%. Las cargas D y E se procesan del mismo modo que la carga C, excepto que todas las bobinas se someten a un recocido después del laminado en caliente a 985°C con una impregnación de unos 30 segundos. Las composiciones de las cargas D y E después de la colada, son como sigue:

	<u>Carga D</u>	<u>Carga E</u>
25 Carbono	0,038 %	0,038 %
Manganeso	0,063	0,058
Azufre	0,020	0,021
Silicio	3,16	3,17
Titanio	0,0025	0,0041
30 Aluminio (total)	0,0020	0,0020
Nitrógeno	0,0028	0,0028
Oxígeno	0,0051	0,0041
Hierro	resto	resto

Las propiedades magnéticas de las cargas D y E se resumen en la tabla I y podrá observarse que la carga D (que contiene 0,0025% de titanio) exhibe una importante superioridad con respecto a la carga E (que contiene 0,0041% de titanio). Las diferencias en los contenidos en manganeso y oxígeno se piensa que no son lo suficientemente importantes para que afecten a las propiedades magnéticas.

EJEMPLO 4

Una carga, denominada F, demuestra el efecto de un contenido en carbono por debajo del mínimo de 0,03% de la presente invención y puede compararse con la carga A. La carga F se procesa de la misma manera que las cargas A y B hasta un espesor final de 0,346 mm, siendo como sigue la composición del material de colada:

	<u>Carga F</u>
Carbono	0,029 %
Manganeso	0,069
Azufre	0,024
Silicio	3,11
Titanio	0,0031
Aluminio (Total)	0,0015
Nitrógeno	0,0053
Oxígeno	0,0034
hierro	resto

Las propiedades magnéticas de la carga F se ofrecen en la tabla I y la comparación de las mismas con las de la carga A (que tiene un contenido en carbono de 0,032%) demuestra la importancia de un contenido mínimo en carbono de 0,030%.

Con respecto al caracter crítico del contenido en nitrógeno, se cree que una comparación de las cargas A y B

demuestra que el nitrógeno en exceso a 0,005% afecta de modo adverso a los valores de pérdida de núcleo y de permeabilidad.

EJEMPLO 5

5 Se prepara una carga, denominada G, y se procesa a un espesor final de 0,27 mm con fines comparativos con las cargas A y B que tienen un espesor final de 0,346 mm. La carga G se funde en un horno eléctrico y se refina en un recipiente de argon. La fusión se vierte a una cuchara y se ajusta, mientras se agita con argon, a la siguiente composición:

	<u>Carga G</u>
10 Carbono	0,035 %
Manganeso	0,055
Azufre	0,018
Silicio	3,18
15 Titanio	0,0019
Aluminio (total)	0,0030
Nitrógeno	0,0034
Oxígeno	0,0058
Hierro	resto

20 La carga es colada discontinuamente a placas de 152 mm de espesor, las cuales se recalientan a 1.370°C y se laminan en caliente a un espesor de 2 mm. El tiempo total de recalentamiento es inferior a 190 minutos. Las bobinas laminadas en caliente son recocidas a 985°C con un tiempo de impregnación de unos 30 segundos, se decapan y se laminan en frio a un espesor intermedio de 0.63 mm. Las bobinas se someten luego a un recocido intermedio a 925°C en nitrógeno seco durante unos 40 segundos y se laminan en frio a un espesor final de 0,27 mm. Las bobinas se descarburizan luego a 830°C, se revisten con un separador de recocido de magnesia y se recuecen en caja en hidró-

25

30

5 geno seco a unos 1.175°C durante un tiempo total de unas 20 horas. Las propiedades magnéticas de la carga G se ofrecen en la tabla I, de la cual será evidente que este material mas fino, que tiene una composición preferida, y preparado según el proceso de esta invención, exhibe propiedades magnéticas significativamente mejores que las del material mas grueso de las cargas A y B.

10 En todos los ejemplos anteriores, los contenidos en cobre, cromo y níquel oscilaron desde menos de 0,1% aproximadamente de cada uno de ellos hasta un máximo de aproximadamente 0,16% de níquel en uno de los ejemplos, siendo la media de 0,1% aproximadamente de cada uno.

Tabla I

Carga	Espesor (mm)	Pérdida de núcleo p/kg		Permeabilidad B = 800 A/m
		Pl.5;60	pl.7;60	
A	0,346	1,32		1831
B	0,346	1,36		1810
C(recocida)	0,30	1,13	1,65	1826
C(sin recocer)	0,30	1,16	1,70	1817
20 C1(recocida)	0,30	1,135	1,663	1821
C1 (sinrecocer)	0,30	1,148	1,676	1818
C2(recocida)	0,27	1,088		1823
C2(sin recocer)	0,27	1,119		1819
D	0,30	1,13		1832
25 E	0,30	1,18		1822
F	0,346	1,405		1796
G	0,27	1,065	1,555	1837

30 Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarse en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para producir hierro al silicio de grano orientado, a partir de placas de colada discontinua que tienen una permeabilidad uniformemente elevada y una baja pérdida de núcleo, caracterizado porque comprende las etapas de:

(1) fundir una carga ferrea;

(2) refinar dicha carga para obtener una fusión que consiste esencialmente, en % en peso, de 0,030 a 0,045% de carbono, de 0,04 a 0,08% aproximadamente de manganeso, de 0,015 a 0,025% aproximadamente de azufre y/o selenio, no mas de 0,003% de titanio, no mas de 0,005% de nitrógeno, oxígeno residual, y el resto esencialmente hierro;

(3) añadir suficiente silicio para proporcionar una gana de 2,5 a 4,0% de silicio y suficiente aluminio para combinarse con oxígeno en la fusión y obtener un contenido en oxígeno no superior a 0,005%;

(4) colar la fusión a un espesor de placa de 125 a 225 mm aproximadamente;

(5) cortar las placas en longitudes adecuadas;

(6) recalentar las placas dentro de la gana de 1.300 a 1.400 °C aproximadamente;

(7) laminar en caliente a un espesor de banda;

(8) laminar en frío a un espesor intermedio;

(9) recocer a una temperatura de 850 a 950°C aproximadamente;

(10) laminar en frío a un espesor final;

(11) descarburizar en una atmosfera que contiene hidrógeno;

(12) aplicar un revestimiento separador de recocido a las superficies del material laminado en frío, descarburizado; y

(13) someter el material a un recocido final en una atmosfera conteniendo hidrógeno, durante un periodo de tiempo suficiente

para efectuar una recristalización secundaria.

5 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha placa consiste esencialmente, en porcentaje en peso, de 0,032 a 0,042% aproximadamente de carbono, de 0,040 a 0,070% aproximadamente de manganeso, de 0,016 a 0,023% aproximadamente de azufre, de 3 a 3,3% aproximadamente de silicio, no más de 0,003% de titanio, no más de 0,003% de aluminio total, no más de 0,005% de nitrógeno, no más de 0,005% de oxígeno y el resto esencialmente hierro.

10 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque comprende la etapa de proteger dicha fusión de la atmosfera durante la etapa de colada.

15 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la banda laminada en caliente se somete a recocido a una temperatura de 925 a 1.050°C aproximadamente.

5.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dicha carga férrea se funde en un horno eléctrico y se somete a por lo menos a una agitación en argón o a un desgasificado en vacío.

20 6.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dicha fusión es colada a un espesor de placa de 150 a 160 mm aproximadamente, el tiempo de recalentamiento de las placas no excede de 200 minutos y la banda laminada en caliente es recocida en una atmosfera no oxidante con un tiempo de impregnación de 30 a 60 segundos.

25 7.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la banda laminada en caliente se lamina en frío a un espesor intermedio de 0,5 a 0,9 mm aproximadamente, determinado por el espesor final y contenido en manganeso desegados; el material laminado en frío se somete a un recocido inter

30

5 medio a unos 925°C con un tiempo de impregnación de unos 30 a 60 segundos en una atmosfera no oxidante; y el material se lamina en frio a un espesor final de unos 0,25 a 0,35 mm y se descarburiza a un nivel de carbono no superior a 0,003% en una atmosfera de hidrógeno húmedo.

8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha material laminado en frio se descarburiza parcialmente durante dicho recocido intermedio en una atmosfera de hidrógeno húmedo.

10 9.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el material laminado en frio se somete a un recocido intermedio a una temperatura de unos 850°C con un tiempo de impregnación de unos 120 segundos en una atmosfera inerte.

15 10.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el espesor final del material laminado en frio y descarburizado no es superior a 0,30 mm.

20 11.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el material laminado en frio y descarburizado se somete a un recocido final en hidrógeno seco durante al menos 10 horas a una temperatura de 1.150 a 1.220°C.

12.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque durante la etapa de colada se emplea agitación electromagnética.

25 13.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha placa no contiene mas de 0,002% de aluminio soluble en ácido.

14.- Procedimiento para producir hierro al silicio de grano orientado, tal y como queda sustancialmente descrito

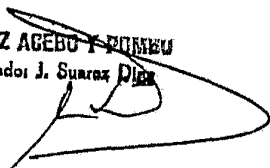
en la presente memoria.

Esta memoria consta de 21 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 17 OCT. 1979

ARMCO INC.

J. M. GOMEZ AGEBO Y POMEU
D. D. Firmador: J. Suarez Diaz



5