



357613

PATENTE DE INVENCION

Ref: 1071.

# Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento de producción de acero  
al silicio revestido"

=====

*Solicitante:* ARMCO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana, residen  
te en 703 Curtis Street, Middletown, Ohio, EE.UU. de A.

=====

Esta invención se relaciona con un separador de recocido para acero al silicio consistente esencialmente en óxido magnésico (MgO) y del 1 al 20% aproximadamente de óxido crómico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en peso, y con un método de producción de acero al silicio, en el que un mate

5.



- rial de acero de calibre final, antes de un recocido final, a elevada temperatura, se reviste con un separador de recocido consistente esencialmente en óxido magnésico y del 1 al 20% aproximadamente de óxido crómico
5. en peso, para producir un material con un revestimiento superior de vidrio aislante. El separador de recocido puede contener también del 0,1 al 1% aproximadamente en peso de óxido cálcico.

Fundamento de la invención

10.

1. Campo de la invención

- La invención se relaciona particularmente con un separador de recocido para acero al silicio, consistente esencialmente en óxido magnésico y adiciones de óxido crómico. La invención se relaciona también con un
15. método de producción de acero al silicio, en el que el separador de recocido de la invención se utiliza para producir un material final dotado de perfeccionadas propiedades magnéticas y un revestimiento de vidrio que muestra elevada resistencia a la oxidación.

20.

Las enseñanzas de la presente invención son aplicables a la producción de acero al silicio para usos magnéticos y más particularmente a la producción de acero al silicio del tipo provisto de un revestimiento de vidrio.

25.

El término "acero al silicio" incluirá aquí aceros al silicio tanto orientados como sin orientar y, tal como aquí se usa, se relaciona con un material que contiene aproximadamente del 2 al 4% de silicio, un contenido inicial en carbono no superior al 0,040%, un contenido inicial en azufre (o selenio) no superior al 0,03%, manganeso en una proporción del 0,02 al 0,4% aproximadamente y

30.

un contenido en aluminio no superior al 0,40% aproximada-



mente, siendo el resto hierro con fósforo, cobre y otras impurezas habituales en la fabricación de acero al silicio en el horno de hogar abierto básico, horno eléctrico o los diversos procedimientos de insuflado de oxígeno.

5. El término "revestimiento de vidrio", tal como aquí se usa, se refiere al revestimiento que se forma sobre las superficies del acero al silicio mediante una reacción entre la sílice existente en las superficies del acero al silicio y la magnesia del separador de recocido.
10. La composición del "vidrio" es compleja, pero se supone que en gran parte es silicato magnésico combinado con varias impurezas presentes en la magnesia y en el acero.

#### 2. Descripción del arte anterior

15. Son bien conocidos en el arte varios procedimientos de producción de material laminar de acero al silicio. La composición fundida inicial, la naturaleza y secuencia de las operaciones de tratamiento y otros factores del mismo, dependerán de la naturaleza y propiedades deseadas en el producto final. Sin embargo, en general, los procedimientos de producción de acero al silicio incluyen las operaciones de reducción en caliente del citado acero, la eliminación de escamas, el laminado en frío a un calibre final y someter el material a un recocido final.
20. Ordinariamente, el procedimiento incluye también un recocido de descarburación.
- 25.

- En muchos usos de acero al silicio, es ventajoso un producto final que posea una película superficial de vidrio que proporcione resistividad eléctrica y protección contra la oxidación o la carburación. Por ejemplo,
30. los aceros al silicio revestidos de vidrio se usan con



frecuencia en la fabricación de núcleos para aparatos magnéticos.

5. Aunque entra en el ámbito de la presente invención proporcionar un perfeccionado revestimiento de vidrio en el acero al silicio por medio de una operación de tratamiento separada, los especialistas del arte anterior han reconocido el hecho de que es más conveniente y más económico proporcionar un revestimiento de vidrio como parte del proceso de producción, cuando la provisión de tal revestimiento no interfiere la consecución de las características magnéticas deseadas del producto final.

10.

15. Las prácticas de producción de una película de vidrio durante el recocido final a elevada temperatura, dependen de la producción en primer lugar de una capa de sílice superficial sobre el acero, antes del revestimiento de éste con un separador de recocido, tal como magnesia. Esta capa de sílice se produce generalmente durante una operación de descarbonación. La capa de sílice reacciona con el revestimiento de magnesia durante el recocido final a elevada temperatura y forma una película de vidrio de silicato magnésico sobre las superficies de acero.

20.

25. Tal como se describe en la patente estadounidense nº 2.354.123, concedida el 18 de Julio de 1944 a C.C. Horstman y colaboradores, es sabido de antiguo que un separador de magnesia bajo adecuadas condiciones forma una película de vidrio sobre las superficies del acero al silicio. Esta referencia mostraba el revestimiento de láminas de acero al silicio preoxidado con un separador de

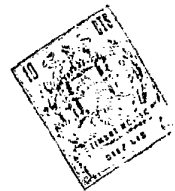
30.



recocido de magnesia que contenía adiciones de sílice. La patente estadounidense nº 2.394.047, concedida el 5 de Febrero de 1946 a H.M. Elsey y colaboradores, mostraba que puede añadirse un agente oxidante tal como hidróxido cálcico o un carbonato o hidróxido metálico a un separador de recocido magnésico que contiene sílice, eliminando así la necesidad de preoxidar el acero al silicio. Estas patentes representan otro intento de solución del problema de formar vidrio adicional sobre las superficies del acero.

Sin embargo, hasta ahora el material laminar de acero al silicio, después del recocido final, se caracterizaba frecuentemente por una decoloración, conocida generalmente por "esquema óxido". La decoloración aparecía particularmente en los bordes del material laminar, o cerca de ellos, y por ello ha pasado a ser conocido por "borde óxido". El fenómeno del "borde óxido" es en gran parte resultado de la presencia en el material laminar de acero al silicio de una escama óxida, principalmente óxido de hierro. Gran parte de esta oxidación puede ocurrir al final del recocido si el acero se expone al oxígeno del aire circundante por retirada del horno de recocido mientras el acero se encuentra todavía a una elevada temperatura. Como resultado de ello, se consideraba hasta ahora necesario dejar que el acero se enfriase a 538°C ó menos, antes de retirar el horno de recocido.

Hasta ahora, tales aceros revestidos de vidrio poseían normalmente suficientes cualidades aislantes. Sin embargo, eran susceptibles de un serio daño magnético por los recocidos subsiguientes al recocido final (tal como



15 NOV. 1959

- los recocidos para eliminar tensiones) practicados por los fabricantes transformadores y similares, con frecuencia en atmósferas y bajo condiciones operantes que conducían a la oxidación y captación de carbono. El producto, sometido a tales recocidos subsiguientes, mostraba con frecuencia la presencia de escamas óxidas y oxidación interna del silicio situado inmediatamente debajo de la superficie. Además, se producía con frecuencia una captación de carbono, que precipitaba como pequeñas partículas de carburo que tenían como consecuencia una mayor pérdida de vatios y ulterior deterioro de las propiedades magnéticas (conocido en el arte por envejecimiento magnético).
- 5.
- 10.

- Sin embargo, se ha descubierto que si se añade óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) al separador de magnesia, se forma sílice adicional que reacciona con la magnesia formando un vidrio silicato más continuo sobre la superficie del acero al silicio. Como resultado, puede formarse un revestimiento perfeccionado de vidrio, caracterizado por una sustancial eliminación del "borde óxido" y por mejores propiedades protectoras contra la oxidación o carburación del acero al silicio. La práctica de la presente invención proporciona también una superficie mejor para una subsiguiente aplicación de revestimientos aislantes adicionales, cuando se desee. Tales revestimientos adicionales pueden añadirse como se indica en la patente estadounidense nº 2.501.846, de Gifford.
- 15.
- 20.
- 25.

- Anteriormente se han usado varios compuestos de cromo, incluyendo al  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , en combinación con otros ingredientes, para formar un revestimiento sobre superfi-
- 30.



- cies ferrosas. Por ejemplo, se indica en la patente estadounidense nº 2.144.425, concedida el 17 de Enero de 1939 a C.H. Cook, que puede usarse  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  como pigmento para reaccionar con un aglutinante fosfato. El
5. óxido crómico ha sido sugerido también como relleno inerte cuando se aplican revestimientos fosfatos ulteriormente mediante un procedimiento de combustión. Se ha recomendado un revestimiento del 55% aproximadamente de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  y un 45% de  $\text{CaO}$  como dotado de elevadas propiedades eléctricas en comparación con el revestimiento de magnesia normal. Además, se ha usado el anhídrido crómico con magnesia en una proporción de 2,4 partes de  $\text{CrO}_3$  por una parte de  $\text{MgO}$  como agente galvanizador del núcleo. Sin embargo, la presente invención se limita al
10. uso de óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) en cantidades críticamente pequeñas en un revestimiento magnésico. Otros ingredientes, cuando se añaden, consisten sólo en una cantidad muy pequeña de óxido cálcico ( $\text{CaO}$ ) y un inhibidor del desarrollo granular, si se necesita en la producción de
15. acero al silicio orientado granularmente. El uso de ulte- riores ingredientes de revestimiento o de un tratamiento secundario, que afecte a las propiedades del revestimiento producido por la práctica de la invención, no son necesarios ni se consideran dentro del ámbito de la inven- ción.
20. ción.
- 25.

#### Resumen de la invención

- De acuerdo con la presente invención, se dota al acero al silicio de un revestimiento de vidrio, como operación de procedimiento separada o preferiblemente co-
30. mo parte del propio procedimiento de producción del acero



- al silicio. En la práctica de la invención, el acero al silicio se reviste con un separador de recocido de magnesia formador de vidrio antes del recocido final a elevada temperatura. Al separador de recocido se hacen adiciones de polvo de óxido crómico (en las cantidades que se indican más adelante), con el resultado de un producto final dotado de un revestimiento de vidrio superior y más continuo y de cualidades magnéticas perfeccionadas.
5. Cuando se desee, el separador de recocido de la presente invención puede contener también otros aditivos, tales como óxido cálcico y/o un inhibidor de desarrollo granular primario (tal como azufre, selenio o compuestos de ellos).
- 10.

Descripción de las versiones preferidas

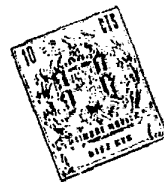
15. A efectos de ilustración ejemplificativa, los separadores de recocido aquí señalados se describirán con relación a su aplicación al material laminar de acero al silicio antes del recocido final del procedimiento de producción de dicho acero y por consiguiente antes del desarrollo de las propiedades magnéticas finales del material. Se comprenderá por los expertos en el arte (como se indica anteriormente) que los separadores de recocido pueden usarse en asociación con una operación separada de formación de vidrio, cuando se desee.
- 20.
25. El separador de magnesia al que se hace referencia aquí se entenderá que comprende magnesia que ha sido parcial o totalmente hidratada a hidróxido magnésico. En la versión preferida de la presente invención, la magnesia se aplica al acero al silicio en una suspensión acuosa, que forma un revestimiento dotado de no más del 12%
- 30.

15 NOV 1969



de agua combinada, como se indica en la patente estadounidense nº 2.906.645, concedida el 29 de Septiembre de 1959 a V.W. Carpenter y colaboradores.

5. Durante el recocido final, el separador de magnesia cumple diversas funciones. Impide la adherencia de láminas adyacentes o vueltas del acero al silicio, favorece la desulfuración del acero y reacciona con éste formando un revestimiento de vidrio o silicato magnésico sobre la superficie del material. Se ha descubierto que las
10. adiciones de óxido crómico al separador de magnesia tienden a mejorar las propiedades del vidrio superficial del producto final y las propiedades magnéticas del mismo sin interferir las demás funciones del separador magnésico.
15. Aunque no deseamos limitarnos a ninguna teoría, se supone que durante el recocido final el óxido crómico reacciona con el silicio del acero, teniendo por resultado la producción de metal de cromo y sílice adicional. El cromo se difunde en el acero al silicio, mientras que
20. la sílice adicional formada reacciona con la magnesia formando un vidrio de silicato más continuo sobre la superficie del acero al silicio. Este revestimiento de vidrio más protector tiene por resultado una notable reducción o eliminación del esquema óxido o borde óxido y permite
25. la retirada del horno de recocción a mayores temperaturas. El revestimiento de vidrio mantiene su integridad durante los subsiguientes recocidos de laminación, recocidos de eliminación de tensiones y similares. El revestimiento de vidrio muestra una mayor protección contra
30. la oxidación o carburación del acero al silicio y presen-



5. ta una superficie más uniforme de borde a borde para la subsiguiente aplicación de revestimientos aislantes adicionales, cuando se desee. Finalmente, el propio acero al silicio muestra cualidades magnéticas perfeccionadas, como se mostrará en los ejemplos que se ofrecen más adelante.

10. La cantidad óptima de las adiciones de óxido crómico al separador magnético es afectada por una serie de factores, incluyendo los pesos de revestimiento del separador, el tipo de polvo de magnesia usado y la naturaleza de los diversos tratamientos del procedimiento antes del revestimiento magnético.

15. Las adiciones de óxido crómico deberán constituir del 1 al 20% aproximadamente del peso total del separador de magnesia. El nivel preferido es del 1 al 15% aproximadamente. Estos valores son para un peso de revestimiento de separador de recocido de 9,15 gramos por metro cuadrado aproximadamente de lámina de acero al silicio.

20. Se ha descubierto también que a elevadas concentraciones de óxido crómico en el separador, es decir superiores al 15%, la superficie del acero al silicio resulta microscópicamente arrugada, pudiéndose producir resistividades interlaminares inferiores. A bajas concentraciones de óxido crómico (es decir, inferiores al 5% aproximadamente), son menos fáciles de producir revestimientos de vidrio continuos.

30. Pueden derivarse ciertos beneficios de la adición de óxido cálcico al separador de recocido. Sin embargo, el uso de óxido cálcico está sujeto a ciertas limi-

15 NOV 1959  
U.S. PATENT OFFICE

- taciones. El óxido cálcico tiene tendencia a combinarse con el dióxido de carbono del aire o de otras fuentes, para formar carbonato cálcico. Durante un recocido subsiguiente a elevada temperatura, el carbonato cálcico se
5. disocia formando óxido cálcico y gases carbonosos. Estos gases se disocian a su vez y recarburan el acero al silicio, dando como resultado de malas características magnéticas que incluyen al envejecimiento. Así, la captación de carbono puede constituir un obstáculo mayor al uso de
10. elevadas adiciones de óxido cálcico. Sin embargo, los beneficios que pueden derivarse de la adición de óxido cálcico pueden obtenerse por adición de óxido cálcico al separador en cantidades que no perjudiquen las propiedades magnéticas. Así, cuando se desee, entra en el ámbito de
15. la presente invención, añadir del 0,1 al 1% aproximadamente de óxido cálcico, por peso, al separador, Tales adiciones de óxido cálcico tienden a mejorar la resistividad interlaminar de los aceros revestidos de vidrio, sin perjudicar al envejecimiento magnético.
20. Cuando se pretende que el acero al silicio, que se está produciendo, tenga una orientación final del tipo derivado de un mecanismo energético de los límites granulares, entra en el ámbito de la invención, añadir al separador de recocido un inhibidor primario de desarrollo granular (tal como azufre, selenio o sus compuestos), de acuerdo con la patente estadounidense nº 3.333.992, concedida
25. el 1 de Agosto de 1967 a D.M. Kohler.
30. En la práctica de la invención, pueden mezclarse polvo de óxido crómico y, si se desea, óxido cálcico o un inhibidor del desarrollo granular, con magnesia seca o la

15 NOV 1953

- 12 -

suspensión de magnesia antes del revestimiento de la tira de acero al silicio. Como variante, el polvo de óxido crómico puede aplicarse encima de la tira después de haberse revestido con magnesia. El primer método es preferible, puesto que permite un mayor grado de control.

5.

Seguidamente se ofrecerán ejemplos de la práctica de la invención, entendiéndose que son sólo ilustrativos y no pretenden limitar la invención.

#### Ejemplo I

10.

Se revistieron muestras de acero al silicio al 3% descarbonado, de 2,79 milímetros de espesor, con magnesia que contenía del 0 al 100% de óxido crómico ( $Cr_2O_3$ )

15.

Las muestras fueron recocidas en caja en una atmósfera de hidrógeno seco a  $1187^{\circ}C$  durante 24 horas. Después del recocido se limpió el exceso de separador de revestimiento de la superficie y se ensayaron las muestras en cuanto a su calidad magnética y resistencia a la oxidación.

20.

Los valores de pérdida de núcleo fueron determinados a una potencia de inducción (P) de 15 y 17 kilogauss y una frecuencia de 60 ciclos por segundo. Las permeabilidades se midieron a una fuerza magnetizante (H) de 10 oersteds.

25.

Como se muestra en la tabla I, las adiciones de óxido crómico del 1 al 20% fueron beneficiosas para la calidad magnética en comparación con muestras que no contenían adiciones y otras que contenían adiciones superiores al 20%. Son deseables bajas pérdidas de núcleo, elevadas permeabilidades y elevadas magnetostricciones negativas. Las resistividades superficiales, medidas con un ensayador Franklin, que deben ser inferiores a 0,40 ampe-

30.



rios para este grado de acero al silicio, fueron mejoradas con adiciones de óxido crómico del 1 al 15%. Hubo una pérdida gradual de resistividad superficial al incrementarse las adiciones por encima del 15% de  $Cr_2O_3$ .

5.

TABLA I

	% $Cr_2O_3$ en $MgO$	Pérdida de núcleo, wattios/kg.		Permeabili- dad, H-10	Magnetostric- ción, 15 kga.	Amperios Franklin
		Pl5:60	Pl7:60			
	0	1,139	1,676	1825	-74	0,39
	1	1,120	1,650	1838	-93	0,19
10.	2	1,118	1,631	1838	-94	0,15
	5	1,113	1,630	1840	-97	0,15
	10	1,093	1,578	1837	-99	0,18
	15	1,084	1,569	1839	-102	0,29
	20	1,095	1,591	1835	-101	0,35
15.	25	1,082	1,555	1838	-100	0,48
	50	1,174	1,677	1822	-104	0,51
	100	1,271	1,807	1803	-40	0,57

20. Se calentaron pequeñas tiras de cada muestra en aire a  $788^{\circ}C$  durante unos 30 minutos, para determinar la resistencia a la oxidación proporcionada por los revestimientos de vidrio. Se oxidaron intensamente muestras con el 0% y el 100% de  $Cr_2O_3$ . La severidad de la oxidación disminuyó con adiciones de óxido crómico de hasta el 5% y las muestras revestidas con el 10 al 20% de  $Cr_2O_3$  no tuvieron esencialmente ninguna oxidación.

25.

Los resultados demuestran que las adiciones de óxido crómico a magnesia producen mejor revestimiento de vidrio sobre los acero al silicio. El revestimiento de vidrio perfeccionado proporciona una mayor protección al

30. acero contra reacciones superficiales adversas y mejora



también la calidad magnética del acero al silicio.

Ejemplo II

5. Se trataron tres bobinas de acero silicio a un espesor final de 0,279 milímetros mediante un procedimiento standard de laminación en frío en dos etapas. El análisis de crisol del material inicial era como sigue: 0,028% de carbono; 0,084% de manganeso; 0,003% de fósforo; 0,025% de azufre y 3,06% de silicio.

10. Las bobinas laminadas en frío fueron abiertamente recocidas en una atmósfera de hidrógeno húmeda, reductora para el hierro, al objeto de descarburar el acero. La bobina 1 fue revestida con una suspensión de magnesia que no contenía aditivos. La bobina 2 fue revestida con una suspensión que contenía una adición del 10% en peso de polvo de óxido crómico, basado en el peso de la magnesia seca. La bobina 3 fue revestida con una suspensión  
15. que contenía adiciones del 10% en peso de óxido crómico y el 0,75% en peso de óxido cálcico. Estas bobinas fueron recocidas en caja en una atmósfera de hidrógeno a 1187°C  
20. durante 24 horas.

Después del recocido en caja, se separó el exceso de polvo de magnesio y se examinaron las tiras de acero al silicio para determinar la calidad de la película de vidrio. La bobina que no contenía aditivos presentaba  
25. unas bandas de oxidación superficial junto a ambos bordes de la tira (borde óxido). Las dos bobinas dotadas de aditivo, que recibieron un tratamiento idéntico, no mostraron borde óxido. Se ensayaron también muestras de las proximidades de la posición correspondiente a la anchura media de las tres bobinas mediante calentamiento en aire a  
30.



816°C durante unos 10 minutos. Las muestras con aditivos agregados a la magnesia permanecieron inalteradas, mientras que las muestras sin aditivos se oscurecieron debido a oxidación del acero. La película de vidrio producida por la magnesia sin aditivos no era suficientemente continua para evitar la oxidación. La película de vidrio producida por la magnesia con los aditivos era continua y protegía al acero contra la oxidación.

En la siguiente tabla II se muestran ensayos magnéticos representativos de las tres bobinas.

TABLA II

Bobina	Adiciones	Pérdida de núcleo, wátios/kilo		Permeabilidad, H-10	Magnetostricción, 15 kga.
		P15:60	P17:60		
15. #1	Ninguna	1,148	1,143	1830	-16
#2	10% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,148	1,609	1835	-76
#3	10% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +3/4% CaO	1,114	1,621	1840	-70

Estos datos demuestran que los aditivos fueron beneficiosos para las pérdidas de los núcleos. Se obtuvo un beneficio apreciable con relación a la magnetostricción, siendo deseable un elevado valor negativo.

Ejemplo III

Se trataron doce bobinas hasta un espesor final de 0,279 milímetros mediante un procedimiento de laminación en frío standard en dos etapas, para producir acero silíceo orientado en cubos sobre bordes. Los análisis de crisol de los materiales iniciales fueron los siguientes: 0,027 a 0,030% de carbono; 0,082% de manganeso; 0,003 a 0,005% de fósforo y 0,025 a 0,026% de azufre.

15 NOV 1941

5. Las bobinas laminadas en frío fueron abiertamente recocidas en una atmósfera de hidrógeno húmeda reductora del hierro, para descarburar el acero. Se revistieron seis bobinas con magnesia que contenía un 8% en peso de óxido crómico y las otras seis bobinas se revistieron con magnesia que contenía un 8% en peso de óxido crómico más un 0,5% en peso de óxido cálcico. Estas bobinas fueron recocidas en caja en una atmósfera a 1187°C durante 24 horas.

10. Después del recocido en caja, se separó el exceso de polvo magnésico y se examinó el acero revestido con vidrio. Las tiras de acero estaban sustancialmente libres de borde óxido y presentaban un aspecto uniforme de borde a borde. Las resistividades superficiales de las bobinas con adiciones de óxido cálcico y óxido crómico eran mejores que con óxido crómico solo, como se muestra en la siguiente tabla III.

TABLA III

20.	<u>Adiciones de revestimiento</u>	<u>Resistividad superficial media (ohmios)</u>
	8% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8
	8% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 0,5% Cao	13

Pueden introducirse modificaciones en la invención, sin apartarse del espíritu de la misma.

25. N O T A

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

15 1969



ce constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Normetamérica con el número 663.543 de 28 de agosto de 1.967, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años, en España, sobre: "PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION DE ACERO AL SILICIO REVESTIDO", caracterizándose por lo siguiente:

1ª.- Procedimiento para la producción de acero al silicio revestido, que comprende las etapas de reducir en caliente el acero al silicio, eliminar la cascarilla, laminar el frío hasta un calibre final y someter el material a un recocido final, caracterizado porque comprende revestir dicho material antes del citado recocido final con un separador de recocido formado esencialmente por óxido de magnesio y del 1 al 20 % aproximadamente en peso de óxido crómico.

2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se adiciona a dicho separador de recocido del 0,1 % a 1 % aproximadamente en peso de óxido de calcio.

3ª.- Procedimiento según las reivindicaciones 1ª ó 2ª, caracterizado porque dicho acero al silicio contiene del 2% al 4% aproximadamente de silicio.



4ª.- Procedimiento de producción de acero al silicio revestido, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

Esta Memoria consta de 18 hojas escritas a máquina por una sola cara.

10 - 31 - 1939

Madrid,

ARMCO STEEL CORPORATION

ARMCO STEEL CORPORATION  
p. Firmado: F. H. ...