



C246,621D

PATENTE DE INVENCION

Ref: Armco 1222.

423800

Memoria Descriptiva

sobre:

Procedimiento para fabricar acero al silicio.

=====

Solicitante:

ARMCO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana,
residente en 703 Curtis Street, Middlwtown, Ohio,
EE.UU. de A.

=====

Este invento se refiere a un procedimiento para producir un acero al silicio con orientación de cubo sobre arista, cuyo acero se caracteriza por sus valores de alta permeabilidad.

5

La chapa de acero al silicio para usos magnéti-



cos, a la que se refiere el presente invento, tiene una orientación según la cual los cubos centrados en el cuerpo, que componen los granos o cristales, se orientan en la posición de cubo sobre arista, designada (110) $\overline{100}$ según los índices de Miller. Según es bien sabido, las chapas que tienen esta orientación se caracterizan por una permeabilidad relativamente alta en la dirección de laminación y una permeabilidad relativamente baja en ángulos rectos a la misma. El acero al silicio o con orientación de cubo sobre arista, tiene un cierto número de aplicaciones, entre las cuales la principal es para la fabricación de núcleos de aparatos electromagnéticos tales como transformadores y similares.

Los aceros al silicio con una orientación del grano de cubo sobre arista fueron producidos por primera vez por Goss, según se enseña en la patente USA 1.965.559. No obstante, desde el principio, los aceros al silicio de esta orientación, con propiedades magnéticas consistentemente buenas, eran difíciles de producir a escala industrial. Por consiguiente, los expertos en la materia han dedicado mucho tiempo y esfuerzo al desarrollo de dichos aceros al silicio.

En el transcurso de los años, los expertos en la materia han hecho rápidos avances en las producciones a escala industrial de aceros al silicio con orientación de cubo sobre arista. Por ejemplo, la patente USA 2.287.467, concedida a V.W.Carpenter y J.M.Jackson, describía un procedimiento para la descarburación con hidrógeno húmedo que permitía la eliminación de carbono y el envejecimiento magnético perjudicial causado por el mismo. Desde hace tiempo se ha reconocido que la formación de la orientación de cubo sobre arista implicaba el fenómeno de la energía del plano de exfoliación. Se ha re



5 conocido además que un inhibidor, por ejemplo azufre en forma de sulfuros, si se dispersa adecuadamente en los planos de exfoliación durante el primer estadio de desarrollo del grano del recocido final, evitaría que la estructura del grano primario experimentara dicho desarrollo del grano que perturbaría el ulterior desarrollo del grano secundario. Por consiguiente, se mantiene una matriz de grano fino hasta que los granos secundarios de la orientación de cubo sobre arista comienza a consumir los granos de otras orientaciones. Después, a medida que la temperatura se eleva adicionalmente durante el recocido final, el desarrollo del grano secundario proseguirá por energía del plano de exfoliación y convertirá la matriz de grano fino en una estructura de cubo sobre arista perfectamente desarrollada. Al principio se creyó que la cantidad de inhibidor en los planos de exfoliación durante el estadio de desarrollo del grano primario del recocido final, dependería de la cantidad de inhibidor en el fundido original y de la cantidad de inhibidor perdida durante las fases de elaboración por delante del recocido final. Por consiguiente, muchas de estas etapas de elaboración se consideraban críticas para evitar la pérdida de inhibidor.

20 En la patente USA 2.599.340, Littman y Heck enseñaban que se podían obtener permeabilidades superiores en aceros al silicio que se laminaran en caliente a un calibre intermedio a partir de una temperatura elevada de la zamorra del orden de 1260°C a 1.400°C. Se determinó que la temperatura elevada de laminación en caliente efectuaba al menos en parte la solución y precipitación ulterior de inhibidor, por ejemplo sulfuro de manganeso en el hierro al silicio. En la patente 25 USA 2.906.645, Carpenter et al explican el uso de un separa- 30



dor de recocido de magnesia que, como parte del proceso, producía un cristal de laminación aislante sobre el acero al silicio acabado. Dicha película superficial o cristal es altamente conveniente para muchas aplicaciones, puesto que proporciona resistividad eléctrica y protección contra la oxidación o carburación.

En las patentes USA 3.333.991, 3.333.992 y 3.333.993, Kohler explicaba que podría habilitarse un inhibidor en el medio ambiente del acero al silicio inmediatamente antes del estadio de desarrollo del grano primario, o durante dicho estadio del recocido final y que podría difundirse en los planos de exfoliación. Por consiguiente dejó de ser necesario el confiar solamente en la cantidad de inhibidor presente en el fundido inicial, y muchas de las fases o etapas de elaboración por delante del recocido final llegaron a considerarse menos críticas. Según las patentes mencionadas en último lugar, el azufre y los compuestos del mismo y el selenio y sus compuestas, pueden servir como inhibidor. El inhibidor puede proporcionarse en el medio ambiente del acero al silicio durante el estadio de desarrollo de grano primario del recocido final de diversos modos. Por ejemplo, se puede añadir al separador de recocido azufre o un compuesto de azufre que se disocia o descomponga a las temperaturas del desarrollo del grano primario. Por otro lado, la atmósfera de recocido puede cargarse con sulfuro de hidrógeno o cualquier otro compuesto de azufre gaseosos apropiado. En otra variante de procedimiento, se puede añadir sulfuro de hidrógeno, o cualquier otro compuesto de azufre gaseoso apropiado, a la atmósfera en la fase de descarburación por delante del recocido final. El compuesto de azufre reacciona con la superficie del hierro para



formar una película de sulfuro ferroso controlado sobre el material, proporcionando una fuente de azufre durante la fase o estadio de desarrollo del grano primario del recocido final.

5 Los expertos en la materia alcanzaron finalmente una etapa en la que se podía producir consistentemente acero al silicio con orientación de cubo sobre arista a escala industrial con buenas características magnéticas, incluyendo una permeabilidad con un promedio de aproximadamente 1.820 a
10 $H = 10$ oersteds. Por lo tanto, se ha centrado la atención en el perfeccionamiento de estas características magnéticas. En la patente USA 3.287.183 se describe un método para fabricar acero al silicio con orientación de cubo sobre arista, que se caracteriza porque el producto tiene una permeabili-
15 dad a $H = 10$ oersteds de por lo menos 1.800 y hasta aproximadamente 1.910. Según esta patente, la composición de la calda es crítica y debe comprender del 0,025 a 0,085 % de carbono, del 2,5 a 4,0 % de silicio, del 0,005 al 0,050 % de azufre y, de importancia especial, de 0,010 a 0,665 % de alu-
20 minio soluble en ácido, siendo el resto hierro e impurezas mezcladas. Después de la laminación en caliente y el decapado, el acero al silicio se reduce al calibre final por una o más operaciones de laminación en frío. Aparte de la composición de la calda, es crítico que en la última fase de la-
25 minación en frío se consiga una reducción del 81 a 95 % y antes de la fase final de laminación en frío el hierro al silicio se someta a un recocido a temperatura elevada para que se formen nitruros de aluminio en la chapa en tal cantidad que haya presente más del 0,0020 % de nitrógeno como nitruro
30 de aluminio.



5 A pesar de que las propiedades magnéticas del hierro al silicio con orientación de cubo sobre arista, producidos según la patente 3.287.183, son excelentes, el procedimiento tiene ciertos inconvenientes. Por ejemplo, el decapado no se puede realizar con facilidad como en otras operaciones, en razón a la presencia de aluminio. El proceso exige que el recocido inmediatamente anterior a la fase final de laminación en frío se realice a alta temperatura, seguido de un enfriamiento rápido o relativamente rápido. Finalmente, en virtud de la presencia de óxido de aluminio sobre la superficie del acero al silicio, es difícil que se forme sobre el mismo un cristal de laminación aislante ordinario.

10 La patente USA 3.700.506 describe el uso de un separador de recocido particular en el proceso de la patente mencionada 3.287.183. Según esta enseñanza, se utiliza un separador de óxido de magnesio al que se ha añadido un compuesto de titanio y un compuesto de manganeso. Al separador de recocido se añade boro o un compuesto de boro adicionalmente, junto con azufre o un compuesto de azufre, o selenio o un compuesto de selenio. La patente nos enseña que el boro o compuesto de boro, cuando se añade con azufre o selenio, da por resultado una mejora en la pérdida en el núcleo en el producto final y la formación de una película vítrea uniforme y delgada sobre el acero al silicio. En esta patente, el boro o compuesto de boro se utiliza para controlar el desarrollo del grano secundario durante el recocido final, confiéndose en los nitruros de aluminio el control del desarrollo del grano durante el estadio de desarrollo del grano primario del recocido final.

30 El presente invento está dirigido a la producción de un



5 acero al silicio con orientación de cubos sobre arista que
posee excelentes características magnéticas incluyendo una
permeabilidad a $H = 10$ oersteds superior a 1.820 y hasta
1.900 o más aproximadamente. Normalmente no es necesario un
recocido a elevada temperatura antes del recocido final; el
decapado se puede realizar facilmente de una manera normal;
se añade boro y nitrógeno para controlar el desarrollo del
grano durante el estadio de desarrollo del grano primario
de recocido final; y se puede formar un vidrio de laminación
10 aislante normal sobre el acero al silicio, como parte de su
elaboración regular.

El presente invento comprende la adición de boro y ni
trógeno en cantidades críticas a una composición de calda
clásica de hierro al silicio con orientación de cubo sobre
arista. La calda puede contener hasta un 0,008 % de aluminio.
15

Se puede emplear cualquier proceso de fundición apro-
piado. La calda se puede moldear como lingotes o como zama-
rras continuas. Antes de la laminación en caliente, el ace-
ro al silicio se calienta a una temperatura del orden de
20 1260° a 1400°C durante un periodo de tiempo suficiente para
efectuar la disolución del inhibidor, y después se lamina en
caliente en banda caliente, v.g. tira o chapa laminada en ca-
liente. Después de la laminación en caliente, el acero al si-
licio se recuece dentro de los límites de temperatura de 815
25 a 1150°C y la temperatura de recocido empleada guarda una re-
lación inversa con el calibre final del acero al silicio. El
recocido va seguido de decapado normal y laminación en frío
al calibre final en una o más etapas.

El material laminado en frío se descarburiza de una for-
30 ma normal y se recubre con un separador de recocido de magne-



sia (MgO). A pesar de no ser necesario, con el fin de conseguir valores óptimos de permeabilidad en el producto final, se puede utilizar un inhibidor en el medio ambiente del hierro al silicio durante el estadio de desarrollo del grano primario del recocido final. Por ejemplo, se puede añadir del orden del 1 % al 6 % en peso aproximadamente de azufre al separador de recocido de magnesia.

El material descarburizado y recubierto se somete entonces a un recocido final en una atmósfera de hidrógeno seco a una temperatura del orden de 1093 a 1260°C. De nuevo, aun cuando el invento no queda limitado a esta operación, con el fin de conseguir valores óptimos de permeabilidad, la parte de calentamiento de recocido final puede efectuarse en atmósfera de nitrógeno, elevandose la temperatura a un régimen inferior a unos 70°C por hora, preferiblemente a unos 28°C por hora.

El hierro al silicio con orientación de cubo sobre arista del presente invento, se caracteriza por poseer una permeabilidad superior a aproximadamente 1820 y hasta 1900 o superior (a H = 10 oersteds).

La calda comprendida por el presente invento se puede producir mediante cualquier método apropiado y conocido, por ejemplo en un horno de solera abierta, convertidor, horno eléctrico, horno de fusión al vacío o similar.

La composición de la calda inicial es clásica para la producción de hierro al silicio con orientación de cubo sobre arista, en lo que se refiere al silicio, manganeso, carbono y azufre. No obstante, a esta composición de la calda, se añaden cantidades críticas de boro y nitrógeno. La composición de la calda puede indicarse en un porcentaje en peso co



5 mo sigue: del 2 % al 4 % aproximadamente de silicio, del
0,001 % al 0,15 % (y preferiblemente de 0,03 % a 0,15 % apro-
ximadamente) de manganeso, del 0,02 % al 0,005 % aproxima-
mente de carbono, del 0,001 % al 0,03 % aproximadamente de
10 azufre, del 0,002 % al 0,012 % (preferiblemente del 0,003 %
al 0,010 %) aproximadamente de boro, del 0,003 % al 0,010 %
(y preferiblemente del 0,004 % al 0,008 %) aproximadamente
de nitrógeno, siendo el resto hierro y aquellas impurezas
correspondientes al modo de fabricación. Aunque no se re-
quiere, puede haber presente aluminio en la composición de
la calda indicada anteriormente (como desoxidante o impureza)
en una cantidad que alcance aproximadamente hasta el 0,008 %.
La cantidad óptima de boro se cree que es del 0,007 % y la
cantidad óptima de nitrógeno se cree que es del 0,007 %.

15 El contenido en boro de la calda inicial se puede con-
seguir de cualquier manera apropiada y bien conocida, inclu-
yendo la adición a la calda final de un compuesto que contenga
boro, como es el ferroboro. El contenido en nitrógeno de
la calda inicial se puede conseguir similarmente por cual-
20 quier medio apropiado y bien conocido. Por ejemplo, se pue-
de añadir nitrógeno en forma de un compuesto de nitrógeno co-
mo es manganeso nitrurado. El nitrógeno se puede añadir tam-
bién por insuflación o inyección. Finalmente, el contenido
en nitrógeno deseado se puede habilitar mediante el uso de
25 un proceso de fundición que da por resultado normalmente un
contenido en nitrógeno apropiado, por ejemplo el uso del hor-
no eléctrico para producir una calda con un bajo contenido
en carbono.

30 La calda de acero al silicio se puede moldear en lin-
gotes o en zamarras continuas. Si el acero se moldea en lin



gotes, los lingotes se pueden laminar en caliente directamente hasta conseguir una banda caliente, o como variante, se pueden laminar en zamarras de espesor intermedio, cuyas zamarras se recalientan ulteriormente y se laminan en caliente para conseguir una banda. Cuando se utilizan zamarras de laminación en caliente formadas a partir de lingotes o zamarras procedentes de una máquina de fundición continua, las zamarras deberán recalentarse antes de laminarlas en caliente a una temperatura del orden de 1260 a 1400°C, y preferiblemente de unos 1370°C según la patente USA mencionada anteriormente 2.599.340. La banda caliente final tendrá normalmente un espesor de 1,25 a 2,54 mm.

Después de la laminación hasta conseguir una banda caliente, el acero al silicio se recuece a una temperatura del orden de 815 a 1150°C, preferiblemente de 927 a 1093°C, por espacio de unos 3,5 minutos en una atmósfera apropiada, por ejemplo aire, productos de combustión, o gases inertes. Se ha determinado que para obtener valores de permeabilidad óptimos, la temperatura de este recocido guarda una relación inversa con el espesor final deseado del acero al silicio. Así, cuando se ha de producir una chapa final más delgada, la temperatura de este recocido deberá estar comprendida en las regiones superiores de los límites indicados anteriormente. De un modo similar, cuando se ha de producir chapa más gruesa, la temperatura de este recocido deberá estar comprendida dentro de la región inferior de los límites citados anteriormente. El acero al silicio laminado en caliente, recocido, se puede enfriar rápidamente por pulverización o por refrigeración con aire. El acero al silicio se decapa después de una forma normal y se reduce en frío en una sola ope-



ración (o en dos o más operaciones con recocido intermedio) hasta alcanzar el calibre final.

El acero al silicio producido en frío se descarburiza en atmósfera de hidrógeno húmedo a una temperatura de aproximadamente 815°C y un punto de condensación de aproximadamente 57°C, según la patente USA mencionada anteriormente 2.287.467.

Después de la fase de descarburación, el acero al silicio se dota de un separador de recocido apropiado, por ejemplo magnesia, alúmina, óxido de calcio o mezclas de los mismos. Cuando se desea que se forme un cristal de laminación sobre el producto acabado, se puede utilizar un separador de recocido de magnesia según la patente USA mencionada 2.906.645. El separador de magnesia se puede aplicar al acero al silicio en cualquiera de las formas tradicionales bien conocidas. El acero al silicio, provisto de un separador de recocido, se somete a un recocido final en caja a una temperatura del orden de 1093 a 1260°C, preferiblemente de unos 1205°C por un periodo de tiempo del orden de 8 a 30 horas. Este recocido, indicado en la presente memoria como "recocido final" para mayor claridad, es aquel recocido durante el estadio de desarrollo del grano secundario con el que se consigue la orientación de cubo sobre arista. El recocido se lleva a cabo en una atmósfera de hidrógeno seco.

A pesar de que no es necesario para obtener buenos valores de permeabilidad, se ha determinado que para obtener valores de permeabilidad óptimos deberá habilitarse un inhibidor en medio ambiente del acero al silicio inmediatamente antes del estadio de desarrollo del grano primario del recocido final. El azufre, selenio, y sus compuestos servirán como un material inhibidor excelente y la habilitación de es-



te material en el medio ambiente del acero al silicio se puede llevar a cabo según cualquiera de los métodos descritos en las patentes USA mencionadas 3.333.991; 3.333.992 y 3.333.993. Por ejemplo, se han conseguido excelentes resultados cuando el separador de recocido de magnesia contiene aproximadamente del 1 % al 6 % en peso de azufre.

A pesar de que, de nuevo, no es necesario para los fines de este invento, se ha averiguado a pesar de todo que para obtener propiedades magnéticas óptimas deberá emplearse una atmósfera de nitrógeno durante la parte de calentamiento del recocido final, sustituyéndose el hidrógeno seco por lo tanto, durante el resto del tratamiento del recocido. La parte de calentamiento del recocido deberá tener una subida de temperatura relativamente lenta de menos de aproximadamente 70°C por hora y preferiblemente de unos 28°C por hora.

A continuación se exponen algunos ejemplos del invento:

EJEMPLO 1

Se preparó una calda de laboratorio al vacío que daba el análisis siguiente en porcentaje en peso:

| | | |
|----|----|---------|
| 20 | C | 0,033 % |
| | Mn | 0,094 % |
| | S | 0,029 % |
| | Si | 3,24 % |
| | B | 0,006 % |
| 25 | N | 0,068 % |
| | Al | 0,002 % |

Se moldeó un lingote y se calentó a 1.260°C. El material se laminó después en caliente a 2,54 mm y se recoció a 1038°C por espacio de 3,5 minutos. Después de este recocido, el acero al silicio se enfrió al aire, se decapó y se redujo



en frío en una sola operación a un espesor de 0,30 mm.

5 El hierro al silicio reducido en frío se descarburizó a 8115°C en hidrógeno húmedo a un punto de condensación de 57 °C. Después el acero al silicio se recubrió con separador de recocido de magnesia que contenía un 6 % en peso de azufre. Finalmente, el acero al silicio recubierto se recoció en caja en atmósfera de hidrógeno a 1205°C durante 30 horas. Se determinó que el material acabado tenía una permeabilidad de grano recto, a H = 10 oersteds, de 1921.

10 El ejemplo anterior ilustra la alta permeabilidad que se consigue cuando se añaden boro y nitrógeno a la calda dentro de los límites indicados anteriormente y el acero al silicio se elabora según el presente invento.

EJEMPLO 2

15 Se produjo una calda de laboratorio que daba el análisis siguiente en porcentaje en peso:

| | | |
|----|----|---------|
| | C | 0,032 % |
| | Mn | 0,100 % |
| | S | 0,025 % |
| 20 | Si | 3,35 % |
| | B | 0,0052% |
| | N | 0,0077% |
| | Al | 0,004 % |

25 El material se moldeó en lingotes de 25,4 mm de espesor. Los lingotes se calentaron a 1260°C y se laminaron a aproximadamente 2,29 mm. Una primera y una segunda muestra de este material se recocieron a 927°C por espacio de 3,5 minutos. Una tercera muestra se recoció a 1150°C por espacio de 3,5 minutos. La primera muestra se enfrió al aire y se laminó en frío a 0,356 mm. La segunda y tercera muestra se enfriaron

30



rápídamente por pulverización y se laminaron en frío a 0,254 mm.

5 Las tres muestras se descarburizaron a 815°C en hidrógeno húmedo a un punto de condensación de 57°C. Todas las muestras se recubrieron con un separador de recocido de magnesia que contenía un 6 % en peso de azufre. Las muestras recubiertas se recocieron en caja a 1205°C por espacio de 27 horas con un régimen de elevación de temperatura de 28°C por hora. La parte de calentamiento del recocido final se efectuó en atmósfera de nitrógeno, mientras que el resto del recocido final se realizó en atmósfera de hidrógeno.

10 La primera, segunda y tercera muestras se caracterizaban por tener permeabilidades, a H = 10 oersteds, de 1889, 1864 y 1896, respectivamente. Las muestras 2 y 3 muestran claramente la relación inversa entre la temperatura del recocido después de la laminación en caliente y la laminación final.

EJEMPLO 3

20 Se preparó una calda de laboratorio que daba el análisis siguiente en peso:

| | | | |
|----|----|--------|---|
| | C | 0,030 | % |
| | Mn | 0,100 | % |
| | S | 0,025 | % |
| | Si | 3,29 | % |
| 25 | B | 0,0072 | % |
| | N | 0,0072 | % |
| | Al | 0,007 | % |

30 El material se moldeó en lingotes de 25,4 mm de espesor, se calentó a 1260°C y se laminó en caliente a aproximadamente 2,29 mm. El material se recoció a 927°C durante 3,5



minutos, se enfrió al aire, se decapó y se laminó en frío a un espesor de 0,356 mm. El acero al silicio laminado en frío se descarburizó a 815°C en hidrógeno húmedo a un punto de condensación de 57°C y se recubrió con un separador de magnesia que contenía un 6 % en peso de azufre. El acero al silicio recubierto recibió un recocido final a 1205°C durante 27 horas con un régimen de calentamiento 28°C por hora. Durante la parte de calentamiento del recocido final se empleó una atmósfera de nitrógeno, utilizándose atmósfera de hidrógeno en todo el resto del recocido. El producto final demostró poseer una permeabilidad a H = 10 oersteds, de 1889.

- N O T A -

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 hace constar que el invento corresponde a una Solicitud de Patente, presentada en Norteamérica, con fecha 1 de marzo de 1973, bajo el número 337.073, 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 PARA FABRICAR ACERO AL SILICIO; caracterizándose por lo siguiente:

1ª.- Procedimiento para fabricar acero al silicio, con orientación de cubo sobre arista, que tiene una permeabilidad a H = 10 oersteds, superior a 1820; caracterizado porque comprende las fases de preparar una calda de acero al silicio que tiene una composición de porcentaje en peso de 2 % al 4 %

30



de silicio, de 0,01 % al 0,15 % de manganeso, de 0,02 % al 0,05 % de carbono, de 0,01 % al 0,03 % de azufre, de 0,002 % al 0,012 % de boro, de 0,003 % al 0,010 % de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas correspondientes al modo de fabricación; moldear dicha calda de acero al silicio; recalentar dicho acero al silicio a una temperatura del orden de 1260 a 1400°C; laminar en caliente dicho acero al silicio hasta un espesor intermedio de aproximadamente 1,25 a 2,54 mm; recocer dicho acero al silicio laminado en caliente a una temperatura del orden de 815° a 1150°C; dcapar dicho acero al silicio recocido y reducirlo en frío a un calibre final; descarburar dicho acero al silicio reducido en frío; habilitar un separador de recocido para dicho acero al silicio descarburado; y someter dicho acero al silicio a un recocido en caja final cuya última parte por lo menos se efectúa en hidrógeno seco a una temperatura del orden de 1093 a 1260 °C, durante 8 a 30 horas.

2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la composición de la calda comprende, en porcentaje en peso, del 2 % al 4 % de silicio, del 0,03 % al 0,15% de manganeso, del 0,02 % al 0,05 % de carbono, del 0,01 % al 0,03 % de azufre, del 0,003 % al 0,010 % de boro, del 0,004% al 0,008 % de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas correspondientes al modo de fabricación.

3ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho recocido final tiene un estadio de desarrollo del grano primario y un estadio de desarrollo del grano secundario, y porque se utiliza un inhibidor del desarrollo del grano en el medio ambiente de dicho acero al silicio durante el citado estadio de desarrollo del grano primario,

C



eligiéndose dicho inhibidor del desarrollo del grano de la clase consistente en azufre, compuestos de azufre, selenio y compuestos de selenio.

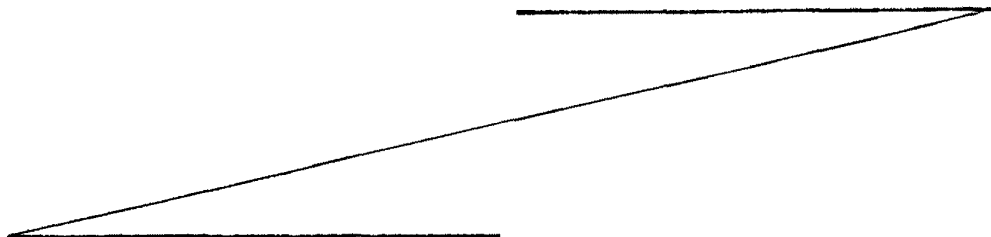
5 4ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho separador de recocido comprende magnesia que contiene del 1 % al 6 % de azufre en peso.

10 5ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho recocido final en caja tiene un periodo de elevación de la temperatura, realizándose dicho periodo de elevación de la temperatura en una atmósfera de nitrógeno, llevándose a cabo el resto de dicho recocido en caja en la citada atmósfera de hidrógeno.

15 6ª.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque dicho recocido que sigue a la citada laminación en caliente, se lleva a cabo a una temperatura del orden de 927 a 1093°C, guardando dicha escala de temperaturas una relación inversa con el calibre final de dicho acero al silicio.

20 7ª.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha calda contiene aproximadamente un 0,007 % de boro y aproximadamente un 0,0007 % de nitrógeno.

25 8ª.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha temperatura del recocido final se eleva durante el citado periodo de calentamiento al régimen de menos de 70°C por hora.





9ª.- Procedimiento para fabricar acero al silicio, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

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

5

Madrid

21 MAR. 1971

ARMCO STEEL CORPORATION

GÓMEZ ACEBO Y MOJET
p. p. Firmado: L. Gaeta Fernández