

320750



PATENTE DE INVENCIÓN

Your Case 1023:

320750

*Memoria Descriptiva*  
*sobre*

"Procedimiento para la producción de hierro al silicio con un contenido bajo de oxígeno"

-----

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

-----

En la manufactura de hierro al silicio para fines magnéticos, en particular cuando el material laminar final tiene una orientación de preferencia, se ha considerado como una gran ventaja el disponer

5. de un material de hierro económico con un contenido

320750



1965

-2-

- inicial bajo en oxígeno o un contenido bajo de inclusiones de óxido. A título de ejemplo, el material de hierro al silicio que se emplea para la manufactura de chapería y que tiene una contextura u orientación
5. de grano denominada de cubo de cara, en la que dos caras o (100) planos en cubo son paralelas a la superficie de la chapa, no deberá tener en la salida un contenido de oxígeno superior al 0,0040% aproximadamente. La chapería de hierro al silicio que tiene la orientación de
10. grano denominada cubo de lado tiene propiedades magnéticas perfeccionadas cuando se elabora con materiales que tienen en origen un contenido muy bajo de oxígeno. Además, aunque se puede extraer el oxígeno del material sólido durante un tratamiento de recocido, esta técnica
15. antigua exige el empleo de altas temperaturas y mayores tiempos de exposición a esas temperaturas.
- Hasta el momento, en la manufactura de hierros al silicio de valores bajos de oxígeno, los mejores procedimientos han comprendido la fundición al vacío o re-
20. fundición en el horno de electrodos consumibles, pero ambos procedimientos son relativamente costosos.
- Uno de los objetos de este invento es proporcionar un procedimiento por el que se pueden obtener
25. hierros al silicio de otros orígenes de modo que tengan un contenido muy bajo de oxígeno en la salida. Por el término "otros orígenes" se entiende la producción de hierro en hornos de solera abierta (tipo Martin-Siemens) o en hornos eléctricos, o por los procedimientos en los que se sopla con oxígeno el metal fundido en un recipiente
30. apropiado.

320750

15



-3-

- Para los fines de este invento se define el hierro al silicio como una aleación que contiene de un 2,5% a un 3,5% aproximadamente de silicio, suficiente manganeso para su elaboración, pequeñas cantidades de elementos tales como carbono, azufre y fósforo, siendo el resto hierro con las únicas impurezas características del modo de su manufactura. Hasta ahora se ha sugerido que la aleación con los principales elementos de la misma, silicio y manganeso, se realice después de que el metal se haya sangrado del horno en que se fundió. A pesar de que ello no constituye una desviación del alcance del invento el realizar parte de la aleación en un horno como el de solera abierta y el resto del tratamiento en la cuchara de la que el metal fundido será colado en las lingoteras, se prefiere emplear un procedimiento de doble colada en cuchara, en el que parte del tratamiento se lleva a cabo en una primera cuchara, después de lo cual el metal fundido se vierte en una segunda cuchara en la que se lleva a cabo el resto del tratamiento o durante el traslado del metal de la primera a la segunda cuchara. No obstante, se deberá tener presente que siempre que se mencionen una primera y segunda cucharas o un primer y segundo recipiente en la presente Memoria y en sus reivindicaciones, la primera cuchara o el primer recipiente pueden ser el mismo horno.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

- Sin embargo, y particularmente en la manufactura de chapería de hierro al silicio de contextura o estructura cúbica, v.g., el tipo especial de orientación de cubo de cara designado (100) (001) por los Indi-
- 30.

320750



-4-

- ces de Miller, se ha conseguido los resultados más consistentes mediante: (a) fundición al vacío o segunda fusión por medio del horno de electrodo consumible, o (b) elaboración de un material laminar que tenga otra orientación y que se haya sometido a un tratamiento final a alta temperatura que sirve para disminuir la cantidad de componentes de óxido, convirtiendo entonces dicho material laminar a la estructura cúbica por los procedimientos conocidos en el oficio.
- 5.
10. Otro de los fines del invento es proporcionar un procedimiento de elaboración de hierro al silicio que tenga en principio un contenido muy bajo de oxígeno al verterse en las lingoteras pero sin tener que recurrir a ninguno de los sistemas expuestos en el párrafo anterior.
15. Una finalidad adicional del invento es proporcionar hierro al silicio en fundición que, por medios conocidos de laminación y recocido, pueda hacerse, bien en chapa orientada de cubo de cara o de cubo de canto de una forma consistente, a precio más bajo y con propiedades magnéticas perfeccionadas.
20. Estos y otros objetos del invento que se indicarán más adelante o que se pondrán de manifiesto a los entendidos en la materia ante la lectura de esta memoria, se consiguen con el procedimiento del que se describen a continuación las formas preferidas de realización a título de ejemplo. Se hace referencia a la Figura adjunta en la que el contenido de oxígeno en partes por millón se marca por coordenada contra las libras del 65% de FeSi añadidas en la primera cuchara.
- 25.
30. En el procedimiento normal tradicional ha sido

320750

-5-



- práctica común sangrar el metal fundido del horno o recipiente en el que se ha refinado a una primera cuchara y añadir en ella una pequeña cantidad relativa de material portador de silicio, junto con material portador de manganeso. Por ejemplo, el silicio se añade en forma de ferrosilicio, mientras que el manganeso se añade en forma de silicio-manganeso, ferromanganeso o manganeso electrolítico. El término "añadir" se emplea en su más amplio sentido puesto que los elementos de la aleación pueden estar mezclados con el metal fundido en el horno, en el canal de colada antes de que el metal alcance la primera cuchara, o colocados en el fondo de la primera cuchara de modo que el metal fundido caiga sobre ellos. Asimismo, los elementos de la aleación pueden introducirse en la primera cuchara al mismo tiempo que se vá introduciendo el metal fundido. El procedimiento es rápido en cualquiera de los casos, y el metal parcialmente tratado no permanecerá más de tres o cuatro minutos después de su aleación y antes de su traslado a la segunda cuchara.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

En el pasado se ha tenido, el empeño de añadir suficiente cantidad de materia portadora de manganeso en la primera cuchara que proporcionara el nivel total de manganeso deseado para la aleación, o sea de un 0,04% a un 0,12% aproximadamente. Al mismo tiempo, la cantidad de material portador de silicio añadida en la primera cuchara ha sido relativamente pequeña e insuficiente para matar el acero.

25.

En la segunda cuchara, en cualquiera de las acepciones expresadas anteriormente, se ha tenido por

30.

320750

15 DIC



-6-

norma añadir el resto del material portador de silicio necesario para elevar el valor de silicio al nivel final deseado. Asimismo, se ha solido añadir aluminio en la segunda cuchara por su efecto desoxidante y para facilitar la colada. Pero por el procedimiento expuesto no ha sido posible producir de una forma consistente una aleación con un contenido de oxígeno inferior al 0,010%.

5.

10.

15.

Por el contrario el nuevo procedimiento del presente invento comprende la adición de una parte mucho mayor de ferrosilicio en la primera cuchara, junto con el manganeso electrolítico para conseguir el mismo contenido final de manganeso. Si se desea se pueden emplear otras formas de material portador de manganeso. El resto del material portador de silicio se añade en la segunda cuchara junto con una cantidad de aluminio algo menor que la empleada hasta el momento.

20.

Sorprendentemente, el cambio relativamente simple del procedimiento dá por resultado una marcada diferencia en el nivel de oxígeno del metal fundido. El procedimiento de este invento puede realizarse de modo que produzca un hierro al silicio con un contenido de aproximadamente el 0,0040% o menos de oxígeno.

25.

El contraste entre los dos procedimientos se representa gráficamente en la tabla siguiente:

Procedimiento AntiguoNuevo ProcedimientoPrimera CucharaPrimera Cuchara

5. 45,3 kg. 65% ferrosilicio 113,25-566,25 kg. 65% ferrosilicio para chapería de cubo en borde
- 203,85-317,10 kg. silico-manganeso 339,75-566,25 kg 65% ferrosilicio para chapería de cubo de cara
- 45,3-260,47 kg. manganeso (preferiblemente electrolítico)
10. Tiempo de retención: ninguno Tiempo de retención: ninguno (v.g. no es necesario retraso para el vértido a la segunda cuchara) o, preferiblemente, de 5 a 15 minutos. \*

Segunda CucharaSegunda Cuchara

15. 6.795,0 kg. 65% ferrosilicio Resto del ferrosilicio necesario para enriquecer el contenido deseado de silicio (normalmente menos de 6.795 kg.).
- 36,24 kg o más de aluminio 27,18-36,24 kg de aluminio.
20. Tiempo de retención: unos 20 minutos. Tiempo de retención: unos 20 minutos.
- Término medio de oxígeno: 0,01% aproximadamente. Término medio de oxígeno: 0,0025% aproximadamente

- 
25. \* Aunque no es necesario un tiempo de retención después de haber añadido los componentes de la aleación, salvo el necesario para realizar el traslado de metal a la segunda cuchara, se consiguen resultados de mayor consistencia con los tiempos de retención indicados.

320750



-8-

Las cifras anteriores están basadas en caldas de 150 toneladas aproximadamente. La cantidad total de silicio o de material portador de silicio fué la misma para caldas comparadas directamente. Se puede

5. obtener ferrosilicio con diversos porcentajes de contenido de silicio. Las cifras dadas anteriormente se refieren a ferrosilicio al 65%, pero esas cifras pueden convertirse directamente a otros porcentajes de contenido de silicio y para otras cantidades de calda. Por
10. ejemplo, si se utilizara ferrosilicio al 90%, solamente se añadiría un 72% en cada cuchara. Asimismo, si se preparara una carga de 300 toneladas se duplicarían todas las cifras.

15. Basándose en el peso del metal tratado expresado en toneladas cortas (907,18 kg), el nuevo procedimiento usa al menos 0,7565 kg por tonelada de ferrosilicio al 65% en la primera cuchara en comparación con los 0,30351 kgs empleados por la técnica tradicional, o al menos  $2\frac{1}{2}$  veces la cantidad de ferrosilicio por
20. carga en la manufactura de chapería de hierro al silicio de estructura de cubo en borde.

25. Para conseguir un producto de orientación de cubo de cera, se añadirá como mínimo en la primera cuchara una cantidad de ferrosilicio de aproximadamente 2,265 kg/tonelada de metal, o  $7\frac{1}{2}$  veces la cantidad empleada anteriormente. La adición máxima de ferrosilicio necesaria para reducir el contenido de oxígeno del metal a menos de 6 ppm es de 3,77349 kg/tonelada de metal, o más de 12 veces la cantidad añadida anteriormente.

30. Si la cantidad de aluminio se expresa también

320750

15



-9-

en kg/tonelada, la cantidad empleada anteriormente era de 0,24009 kg/tonelada comparada con los 0,1812 a 0,24009 kg/tonelada empleados en el procedimiento presente.

5. La cantidad a añadir de manganeso de aproximadamente 43,50 kg a 260,47 kg de manganeso electrolítico por calda de 150 toneladas (cortas) puede quedar expresada en 0,3035 a 1,7395 kg/tonelada (corta) de metal.

10. El ferrosilicio empleado en la práctica de este invento es de preferencia muy bajo en aluminio residual (menos del 0,25%). Si el contenido de aluminio del ferrosilicio fuera superior al 0,25% la cantidad de aluminio añadida como granalla o lingote en la segunda  
15. cuchara podría reducirse proporcionalmente por debajo de 27,18 kg para una carga de 150 toneladas.

También es preferible hacer las adiciones al chorro de metal fundido según fluye entre los recipientes o cucharas para obtener una mezcla mejor. El alu-  
20. minio puede añadirse por separado o junto con el ferrosilicio, siendo esta última práctica la preferida.

Según comprenderá cualquier entendido en la materia, el contenido de oxígeno en la colada puede variar considerablemente dependiendo la técnica de refino  
25. empleada. De acuerdo con el nuevo procedimiento, se puede ajustar la cantidad de ferrosilicio a añadir en la primera cuchara entre los límites de 0,755 kg a 3,775 kg por tonelada de carga equiparándose al oxígeno de la colada. Cuando se sepa que al metal se le dará un acabado de cubo de cara, tal como una contextura cúbica,  
30.

320750



-10-

se necesitará un mínimo de 2,265 kg de ferrosilicio al 65% por tonelada de carga. El empleo de más de 3,775 kg por tonelada es innecesario para conseguir el contenido bajo de oxígeno deseado.

5.

EJEMPLOS -

La tabla siguiente resume el procedimiento y los resultados obtenidos con 8 caldas de aproximadamente 150 toneladas cada una. Los valores de pérdidas en el núcleo no se dan porque las caldas se laminaron a distintos calibres finales. No obstante, se descubrió que dichas pérdidas fueron menores que las obtenidas en las técnicas conocidas de desoxidación.

10.

320750

-11-

Número de calda	Adiciones en la primera cuchara-libras FeSi al 65% Manganeso electrolítico		Tiempo de retención, primera cu chara-minutos		Adiciones en la segunda cuchara-libras FeSi al 65% Aluminio		Tiempo de retención segunda cuchara minutos		Análisis de la segunda cuchara			% de oxígeno en lingote (prueba de inmersión)	% de área de chapa, con una contextura de material de granos cúbicos	Permeabilidad de grano en alineación recta a H=10 oersteds
	250	400	ninguno	ninguno	14,900	80	20	C	MN	S	Si			
6534	250	400	ninguno	ninguno	14,900	80	20	.023	.069	.027	3.27	.0074	ninguno #	1808
2447	500	575	ninguno	ninguno	14,800	80	20	.026	.090	.028	3.15	.0056	ninguno #	1820
2448	750	500	ninguno	ninguno	14,600	80	22	.028	.124	.028	3.03	.0030	85-90%	1811
6536	1000	450	ninguno	ninguno	14,400	80	20	.023	.118	.025	3.00	.0024	100%	1803
3248	1000	315	ninguno	ninguno	15,000	ninguno	20	.027	.100	.028	3.21	.0092	ninguno #	1791
5693	1100	260	ninguno	ninguno	15,300	60	25	.023	.086	.024	3.04	.0028	100%	1797
3093	1100	110	10	10	13,000	75	20	.023	.064	.021	2.75	.0018	100%	1831
4536	1100	150	10	10	13,700	75	20	.024	.049	.023	2.93	.0018	100%	1828

# Contenia un alto porcentaje de granos de cubo de canto.



320750



-12-

- Se hará evidente que la nueva práctica de aumentar la desoxidación por silicio en la primera cuchara reduce considerablemente el contenido final de oxígeno del lingote o banda en caliente. Aún así, según los resultados obtenidos con la calda N<sup>o</sup> 3248, se ha averiguado que es necesario todavía añadir aluminio en la segunda cuchara. Este efecto sinérgico de la combinación de silicio y aluminio no se había descubierto hasta el momento.
- 5.
10. Las razones existentes para estos resultados inesperados y sorprendentes obtenidos por la práctica de este invento son obscuras. Sin desear quedar ligado a la teoría, parece a pesar de todo que el aluminio como adsorbente de oxígeno en los bajos niveles de oxígeno comprendidos en estas operaciones, no es eficaz hasta que el metal fundido ha sido previamente tratado con una cantidad sustancial de silicio y, en particular, con suficiente material portador de silicio que deje una cantidad sensible residual de este mineral en aleación con el metal férreo. Un estudio llevado a cabo en laboratorio indicó que el aluminio sirve para aumentar la desoxidación del hierro al silicio. Por el mismo motivo, el procedimiento de este invento actúa para que se consiga un contenido final de oxígeno más bajo con el empleo de una cantidad menor de aluminio.
- 15.
- 20.
- 25.
30. Se ha averiguado que los tiempos de retención expuestos para el nuevo procedimiento suponen un beneficio al permitir que las inclusiones de óxido tales como los silicatos y aluminatos y sus combinaciones



- con otros óxidos floten en dirección ascensional hacia la parte superior del metal fundido. La práctica anterior de verter el metal en la segunda cuchara tan pronto como la primera se ha llenado, puede no dejar suficiente tiempo para una eficaz desoxidación y expulsión de las inclusiones resultantes. La cinética de las reacciones de desoxidación y la expulsión de las inclusiones por flotación no han sido estudiadas. Si estas impurezas no se quitan en el horno o primera cuchara, serán transportadas a la cuchara de la colada y de ésta al moldeo. Si se añade suficiente ferrosilicio al horno de fundición para reducir el contenido de oxígeno del metal fundido a un nivel que exija el empleo de una sola cuchara, se deberá retener esta cuchara unos 20 minutos antes de verter el metal en los moldes o en una máquina de moldeo continuo.
- 5.
- 10.
- 15.

#### 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 nº Ser. 419.023 de 17 de diciembre de 1.964 acogíndose, 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:
- 20.
- 25.
- 30.
- "PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE HIERRO AL SILICIO



CON UN CONTENIDO BAJO DE OXIGENO"; caracterizándose por lo siguiente:

- 1ª - Procedimiento para la producción de hierro al silicio con un contenido bajo de oxígeno
5. para la manufactura de chapería de hierro al silicio orientado, caracterizado porque comprende las etapas de añadir al metal férreo fundido en la primera cuchara o recipiente una cantidad de material portador de silicio suficiente para combinarse con el oxígeno del
10. metal férreo y dejar una cantidad residual sensible de silicio en aleación con el metal férreo; añadir una cantidad de material portador de manganeso en dicha primera cuchara suficiente para elevar el contenido de manganeso de dicho metal férreo hasta un nivel final deseado; trasladar dicho metal férreo a una segunda cuchara o recipiente; añadir una cantidad del citado material portador de silicio suficiente para elevar el contenido de silicio en el metal férreo a un nivel de aleación final deseado; añadir aluminio a dicho metal férreo y mantenerlo en dicha segunda cuchara o recipiente
15. un período de tiempo suficiente para dejar que las inclusiones salgan a flote en el referido metal férreo.
- 20.

- 2ª - Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el periodo de retención en la citada primera cuchara o recipiente es de 5 minutos por lo
25. menos y el periodo de retención en la segunda cuchara es de unos 20 minutos.

- 3ª - Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la carga de metal férreo se elabora posteriormente en un producto laminar con una
- 30.

320750

15 DIC



-15-

orientación de grano de cubo de canto y en el que el material portador de silicio es ferrosilicio añadido en una cantidad equivalente por lo menos a 0,755 kg. de ferrosilicio al 65% por tonelada de carga de metal.

5.                   4ª - Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la carga de metal férreo se elabora posteriormente en un producto laminar con una orientación cristalográfica de cubo de cara y en el que se añade por lo menos un equivalente de 2,265 kg de ferrosilicio al 65% en la primera cuchara por tonelada de la citada carga de metal.
10.                   5ª - Procedimiento según la reivindicación 3ª, caracterizado porque la citada adición de manganeso en la primera cuchara equivale a aproximadamente 0,302 kg a 1,012 kg de manganeso por tonelada de carga de metal.
15.                   6ª - Procedimiento según la reivindicación 3ª, caracterizado porque la citada adición de aluminio en el metal férreo de la segunda cuchara equivale a aproximadamente 0,181 kg a 0,226 kg por tonelada de carga de metal.
20.                   7ª - Procedimiento según la reivindicación 4ª, caracterizado porque la adición de manganeso en la primera cuchara equivale a aproximadamente 0,302 kg a 1,012 kg de manganeso por tonelada de carga de metal.
25.                   8ª - Procedimiento según la reivindicación 4ª, caracterizado porque la citada adición de aluminio al metal férreo de la segunda cuchara equivale aproximadamente de 0,181 kg a 0,226 kg por tonelada de carga de metal.
- 30.

320750

15



-16-

9<sup>a</sup> - Procedimiento para la producción de hierro al silicio con un contenido bajo de oxígeno, tal y como queda substancialmente descrito en la presente Memoria.

5.

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

Madrid,

15/DIC 1965

ARMCO STEEL CORPORATION,

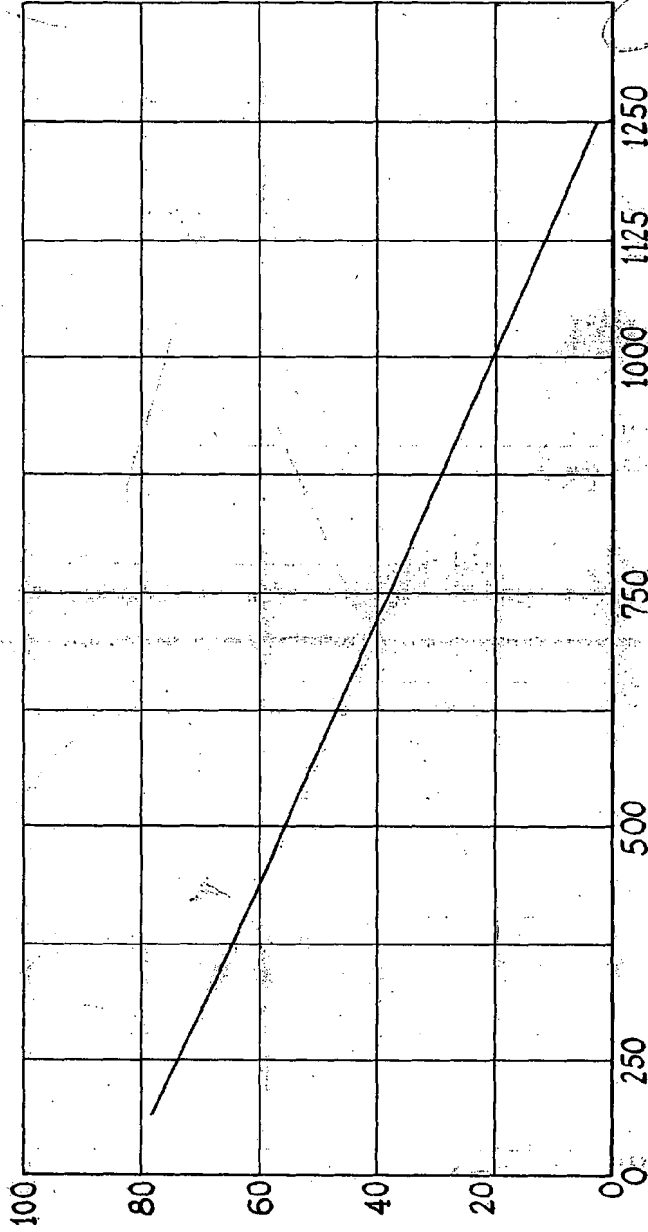
J. GOMEZ ACEBO Y MODEJ

p. p. Firmado: F. Hernández Rute

320750

320750

ESCALA VARIABLE



15 DIC 1963

BOB MCGEE Y MODESTO  
F. HERRERA S.A.

