

400833

A2 400.833 750416 C22C 39/44

16 MAR 1972

P. - 50.083

Int. Cl. C01B, C22C	U.S.S.N. 125.435 PA-8364-SP
---------------------	--------------------------------

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE _____
SUBCLASE _____

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar 1er. CERTIFICADO DE ADICION EN ESPAÑA

a nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en 270 Park Avenue, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América.

por: Mejoras introducidas en el objeto de la Patente Principal Nº 385.670, solicitada el 18 de Noviembre de 1970 por: "UN PROCEDIMIENTO MEJORADO PARA LA PRODUCCION EN HORNO DE ARCO ELECTRICO DE SILICIO POR REDUCCION CARBOTERMICA DE SILICE"

(Clase Internacional C22d)

=====

6.3.72.

P-50.083  
US SN 125.435  
FA-8364-SP

Esta invención se refiere a un procedimiento y a la carga de horno usados en la producción en un horno eléctrico de ferrosilicio que contiene entre 45% y 95% en peso de silicio. Específicamente, la carga de horno para uso en esta invención consiste en un aglomerado sustancialmente homogéneo, que comprende un material portador de hierro, una fracción fina y una fracción gruesa de sílice en partículas, un agente reductor carbonoso y un agente formador de cuerpo con o sin aglomerante.

El ferrosilicio se produce cargando hierro metálico, sílice y un agente reductor carbonoso dentro de un horno de arco eléctrico sumergido, en donde el calor generado por el arco sumergido es suficiente para efectuar la reducción de los aditivos reducibles, para proporcionar una aleación de hierro y silicio. Se han empleado diversas cargas de horno a base de aglomerados, que consisten en sílice finamente dividida mezclada con material metálico portador de hierro y un reductor a base de carbono. El contenido de carbono estequiométricamente exacto requerido para la reducción de toda la sílice presente en la carga ha sido variado algo, dependiendo del porcentaje de silicio deseado en la aleación final.

A pesar de las muchas soluciones disponibles para preparar cargas de ferrosilicio, es decir, mez-

25  
29.2.72.

clar todos los aditivos de la aleación en proporciones adecuadas en una carga de aglomerado, manteniendo los aditivos en un estado de mezcla no compacta, o la mezcla de los aditivos excepto la sílice de forma tal que ésta pueda cargarse al horno separadamente del aglomerado, la producción total de aleaciones de hierro y silicio, particularmente las aleaciones de alto contenido en silicio, se caracteriza por un consumo de energía excesivamente elevado, una recuperación pobre de silicio y un desprendimiento indeseable de humo. Además, la reducción del dióxido de silicio por el carbono implica una reacción intermedia, en la que el dióxido de silicio se reduce a monóxido de silicio gaseoso, cuya desproporción en la región más fría del reactor se piensa da como resultado la cementación del material de la carga, causada por la deposición de dióxido de silicio viscoso. Esto da como resultado dificultades en el suministro y mezcla de la alimentación en el horno, lo cual afecta a la producción total de la aleación de hierro y silicio deseada. Para reducir al máximo estas dificultades, se han añadido a la carga de horno grandes cantidades de un agente formador de cuerpo adecuado, como por ejemplo, virutas de madera.

Un objetivo de esta invención es proporcionar una carga homogénea de ferrosilicio aglomerado para empleo en un horno de arco eléctrico para la producción

de aleaciones de hierro y silicio. Esta carga origina un menor consumo de energía y un menor grado de utilización de electrodo por tonelada neta de aleación producida, a la vez que proporciona simultáneamente una mayor recuperación de silicio debido parcialmente a menores pérdidas de humos, la eliminación de grandes cantidades de virutas de madera o similares, y un funcionamiento del horno mejorado.

En un sentido amplio, esta invención está dirigida a la producción de aleaciones de hierro y silicio mediante la técnica del arco sumergido, usando una carga de horno que se cree conduce a una utilización más eficaz del monóxido de silicio gaseoso generado dentro del horno durante la producción de la aleación y a una diseminación homogénea del material portador de hierro en partículas a través de la zona de reacción del horno.

La carga se prepara mezclando un material portador de hierro en partículas, tal como óxido de hierro, una fracción fina y una fracción gruesa de sílice, un reductor a base de carbono en partículas y un agente formador de cuerpo, en una proporción adecuada para producir una aleación de hierro y silicio que contiene entre aproximadamente 45% y aproximadamente 95% en peso de silicio, efectuando la reducción de todos los aditivos reducibles. La mezcla puede entonces aglomerarse median-

29.2.72.

te cualquier técnica apropiada, como por ejemplo extrusión, usando un material aglomerante que puede añadirse en una cantidad igual a o menor que el diez por ciento en peso de la carga. El tamaño del aglomerado es variable y depende algo del tamaño del horno que se vaya a usar. Preferentemente, una dimensión de la carga, es decir, la longitud, la anchura, el diámetro, el espesor, etc, debe ser aproximadamente 13 mm o menor para asegurar una reacción sustancial de su contenido en carbono lo más rápido posible dentro del reactor.

Un procedimiento de acuerdo con la presente invención para producir ferrosilicio comprende la carga del aglomerado antes mencionado a un horno eléctrico, calentando el horno eléctrico por medio de al menos un electrodo sumergido en la carga de los aglomerados, para causar la reacción entre los materiales en dicho horno, para formar aleación de ferrosilicio, y, a continuación sangrar la aleación de ferrosilicio del horno.

La novedad del procedimiento de esta invención reside en el uso de aglomerados que comprenden dos formas de sílice, una fracción fina y una fracción gruesa, mezcladas con un material portador de hierro en partículas más un reductor a base de carbono en partículas. Se cree que la masa de la fracción fina de sílice reacciona con el agente reductor carbonoso para formar carburo de silicio

y monóxido de carbono, mientras que la masa de la fracción gruesa se cree que reacciona con el carburo de silicio así formado para producir monóxido de silicio que, a su vez, más adelante, reacciona con el carburo de silicio para liberar silicio por reacción con el material portador de hierro. La clasificación por tamaños de la sílice en dos fracciones distintas permite a los agentes reactivos de la reacción del silicio estar presentes dentro de la zona de reacción del horno en una forma apropiada para producir eficazmente el silicio conforme se describe en la solicitud española pendiente número 385.670 de la misma solicitante. El aumento en el rendimiento de silicio, debido a la carga aglomerada preparada de acuerdo con esta invención se atribuye parcialmente a la reducción efectiva de la gran carga de recirculación de monóxido de silicio gaseoso, resultante de una utilización más eficaz del monóxido de silicio en su reacción con carburo de silicio para formar silicio.

El material portador de hierro en partículas, dispuesto proporcionalmente en cada aglomerado, proporciona un medio de diseminar homogéneamente el hierro dentro de la zona de reacción del horno. Esto contribuye a un medio de reacción idealmente adecuado para la reacción del hierro con el silicio produciendo así una aleación de hierro y silicio con un grado reducido de consumo

25  
6.3.72.

de energía y de empleo de electrodo por kilogramo de aleación.

5 La cantidad de material portador de hierro en la carga de aglomerado es variable y depende del porcentaje de silicio deseado en la aleación de hierro y silicio a producir. Este silicio puede variar entre aproximadamente 45% a 95% en peso de aleación. El material portador de hierro debe pulverizarse y mezclarse íntimamente con los otros aditivos de la mezcla, de forma tal que cuando se cargue en el horno el hierro pueda estar diseminado homogéneamente dentro de ella. El tamaño exacto del material portador de hierro es un tanto arbitrario, pero debe ser preferentemente de alrededor de un tamaño de 149 micras (100 mallas Tyler) y más fino.

15 El contenido de carbono fijo en la carga es también una variable y análogamente depende de la aleación de ferrosilicio requerida. Por ejemplo, el contenido de carbono fijo de una carga puede variar entre un mínimo de aproximadamente el 85% de la cantidad estequiométrica necesaria para la reducción de toda la sílice, de acuerdo con la reacción  $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \longrightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$  para la producción de ferrosilicio al 95% y un máximo de aproximadamente 120% de la cantidad estequiométrica necesaria para la reducción de toda la sílice, de acuerdo con la misma reacción para la producción de ferrosilicio al 45%. El tamaño

25  
29.2.72.

5 del carbono reductor es algo arbitrario, pero debe ser de un tamaño suficientemente fino para permitir una mezcla íntima con los finos de la sílice. Se recomienda un tamaño de aproximadamente 149 micras (100 mallas Tyler) o más fino. Carbón, coque y similares son agentes reductores carbonosos adecuados.

10 El tamaño de la fracción gruesa de la sílice en partículas puede variar entre aproximadamente 1,5 mm y aproximadamente 13 mm, mientras que su fracción fina debe ser aproximadamente de un tamaño de 297 micras (48 mallas Tyler) o más fino, preferentemente aproximadamente de un tamaño de 149 micras (100 mallas Tyler). La relación de fracciones finas a fracciones gruesas puede variar entre aproximadamente 1/2 y aproximadamente 2.

15 La elección de un agente formador de cuerpo es arbitraria y puede depender de factores tales como disponibilidad, coste, pureza química, facilidad de empleo y contenido de carbono. Un requisito importante es que el agente formador de cuerpo sea de baja densidad, de forma tal que cuando se mezcle con los otros aditivos de la carga, la carga en conjunto tenga una densidad aparente de 0,96 kilos por litro, o menor, preferentemente 0,80 kilos por litro o menor.

25 La mezcla conjunta de estos aditivos reactivos en proporciones adecuadas, producirá cargas aglomeradas.  
29.2.72.

radas homogéneas de baja densidad, que una vez alimentadas a un horno eléctrico producirán una aleación de ferrosilicio mediante las técnicas de arco sumergido con un consumo de energía por kilogramo de aleación altamente reducido. Además puede obtenerse un ahorro por la reducción del grado de empleo de electrodo y de una reducción en las cantidades de agentes formadores de cuerpo normalmente requeridos por las técnicas comerciales que actualmente se usan para la producción de ferrosilicio.

5

10

#### EJEMPLO I

Se preparó una carga de aglomerado de horno mediante mezcla conjunta de los siguientes materiales:

(1) 58,0 partes en peso de mineral de hierro de Tilden (conteniendo 37,31% de Fe y 44,40% de  $\text{SiO}_2$ ) molido a un tamaño de 149 micras (100 mallas Tyler) y más fino.

15

(2) 84,0 partes en peso de una fracción fina de sílice molido a un tamaño de 74 micras (200 mallas Tyler) y más fino,

20

(3) 84,0 partes en peso de una fracción gruesa de sílice de aproximadamente 6 mm por 3 mm,

(4) 93,0 partes en peso de carbón de East Gulf (conteniendo 79,7% en peso de carbono fijo, 15,0% de volátiles, 4,5% de cenizas) molido a un tamaño de 74 micras (200 mallas Tyler) y más fino,

25

29.2.72.

(5) 15,0 partes en peso de paja seca de aproximadamente 25 mm de tamaño,

(6) 87,0 partes en peso de una solución aglomerante conteniendo 6% de sólidos de lignina y 94% de agua.

5

Estos materiales proporcionaron un contenido de carbono del 98,0% del carbono teórico requerido para la reducción de acuerdo con la reacción siguiente

$$\text{SiO}_2 + 2\text{C} \longrightarrow \text{Si} + 2\text{CO}.$$

10

Los materiales anteriores fueron premezclados y alimentados a una máquina de extrusión tipo barrena de 150 mm de diámetro para producir extrusiones cuadradas de 16 mm de longitudes variables de hasta 150 mm. Después de secar hasta aproximadamente 5% de contenido de humedad, se comprobó que la carga de aglomerado tenía una densidad aparente de entre 0,56 kg por litro y 0,64 kg por litro.

15

La carga de aglomerado se alimentó a continuación a un horno eléctrico monofásico de 40 kw conteniendo un crisol de grafito de 250 mm de diámetro por 250 mm de profundidad, debidamente aislado. La energía para el horno se suministró a través de dos electrodos de grafito de 38 mm de diámetro dispuestos verticalmente, que fueron incrustados en la carga para proporcionar así una zona de reacción de arco sumergido.

20

25  
29.2.72.

Los aditivos de la carga sufrieron enton-

ces reducción en el horno eléctrico de arco sumergido y produjeron una aleación de hierro y silicio conteniendo aproximadamente 75% de silicio. La energía consumida por kilogramo de silicio, el consumo de electrodos por tonelada neta de aleación producida y el porcentaje de silicio recuperado de esta carga se presenta en la Tabla II para la Mezcla G.

A efectos de comparación, el ferrosilicio al 75% fue producido usando un horno y un proceso idénticos a los definidos anteriormente, excepto que se sustituyó la carga de aglomerado preparada de acuerdo con esta invención por una mezcla convencional no compacta y una variedad de mezclas preparadas aglomeradas. En la Tabla I se presenta la composición de preparación de estas mezclas que se designan con las letras A a F.

La mezcla A representa una carga convencional de mezcla no compacta.

La mezcla B es similar a la carga preparada de acuerdo con la invención, excepto en que sólo se usó sílice de un tamaño.

La mezcla C no contenía un agente formador de cuerpo o sílice gruesa y fue hecha por granulado en lugar de extrusión. Esto produjo gránulos de tamaño menor y más densos que las extrusiones de la mezcla G.

La mezcla D fue preparada de acuerdo con

la invención usando serrín como agente formador de cuerpo.

La mezcla E fue preparada de acuerdo con la invención, usando bagazo de maiz como agente formador de cuerpo.

La mezcla F fue preparada con fracciones de sílice gruesa que fueron alimentadas al horno separadamente de la carga aglomerada pero al mismo tiempo.

La mezcla G fue preparada como se describió anteriormente.

En la Tabla II se presenta el consumo de energía por kilogramo de silicio, el porcentaje de silicio recuperado y el grado de consumo de electrodo por tonelada de aleación de ferrosilicio al 75% producida, para cada una de las mezclas A a G. Estos datos representan promedios para todas las sangrías hechas en el horno a continuación de un período de arranque para cada mezcla. Como puede verse de los resultados anotados en la Tabla II, las cargas preparadas de acuerdo con esta invención aumentan la recuperación de silicio mientras disminuyen tanto la energía requerida como el consumo de electrodo gastado por tonelada de aleación producida. Otro beneficio importante alcanzado mediante las cargas preparadas de acuerdo con esta invención fue que dio como resultado un mejor funcionamiento global del horno.

29.2.72.

TABLA I

Cartas de horno para ferrosilicio al 75%

Mezcla	Sílice		Chatarra de hierro		Mineral de hierro de Tilden		Carbón de East Gulf**		Agente formador de cuerpo		Método de aglomeración	
	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tipo #		
A	46,7	13x6 mm	-	-	5,9	841 micras (+20M)	-	-	18,0	13 x 6 mm.	29,4	Virutas de Ninguno
B	49,8	74 micras(200MxD)	-	-	16,0	149 micras(100MxD)	16,0	149 micras(100MxD)	28,6	74 micras(200MxD)	5,6	madera Paja
C	52,4	74 micras(200MxD)	-	-	18,2	149 micras(100MxD)	18,2	149 micras(100MxD)	29,4	74 micras(200MxD)	-	Ninguno
D	25,1	74 micras(200MxD)	25,2	6x3 mm.	17,4	149 micras(100MxD)	17,4	149 micras(100MxD)	27,5	74 micras(200MxD)	4,8	Serrín
E	25,2	74 micras(200MxD)	25,2	6x3 mm.	17,1	149 micras(100MxD)	17,1	149 micras(100MxD)	27,9	74 micras(200MxD)	4,5	Bagazo de maíz
F	51,3	6 x 3 mm	-	-	15,5	149 micras(100MxD)	15,5	149 micras(100MxD)	27,7	74 micras(200MxD)	5,5	Paja
G	Preparada como se muestra en el ejemplo											

\* El mineral de hierro de Tilden contiene 44,4% de SiO<sub>2</sub> y 37,3% de Fe.

\*\* El carbón de East Gulf contiene 79,7% de carbono fijo, 15,0% de volátiles y 4,5% de cenizas.

# M representa tamaño o abertura en mallas Tyler y MxD representa tamaño o abertura en mallas Tyler y más fino.

TABLA I

Cargas de horno para ferrosilicio al 75%

Mez- cla	Sílice				Chatarra de hierro		Mineral ó de Tilden	
	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tan #
A	46,7	13x6 mm	-	-	5,9	841 micras (+20M)	-	
B	49,8	74 micras(200MxD)	-	-	-		16,0	149
C	52,4	74 micras(200MxD)	-	-	-		18,2	149
D	25,1	74 micras(200MxD)	25,2	6x3 mm.	-		17,4	149
E	25,2	74 micras(200MxD)	25,2	6x3 mm.	-		17,1	149
F	51,3	6 x 3 mm	-	-	-		15,5	149
G	Preparada como se muestra en el ejemplo							

• El mineral de hierro de Tilden contiene 44,4% de SiO<sub>2</sub> y 37,3% de Fe.

•• El carbón de East Gulf contiene 79,7% de carbono fijo, 15,0% de volátiles y 4,5% de cenizas.

# M representa tamaño o abertura en mallas Tyler y MxD representa tamaño o abertura en mallas Tyler y más fino.

29.2.72.

Mineral de hierro de Tilden *		Carbón de East Gulf**		Agente formador de cuerpo		Método de aglomeración
Peso %	Tamaño #	Peso %	Tamaño #	Peso %	Tipo #	
-	-	18,0	13 x 6 mm.	29,4	Virutas de madera	Ninguno
16,0	149 micras(100MxD)	28,6	74 micras(200MxD)	5,6	Paja	Extrusión
18,2	149 micras(100MxD)	29,4	74 micras(200MxD)	-	Ninguno	Granulación
17,4	149 micras(100MxD)	27,5	74 micras(200MxD)	4,8	Serrín	Extrusión
17,1	149 micras(100MxD)	27,9	74 micras(200MxD)	4,5	Bagazo de maíz	Extrusión
15,5	149 micras(100MxD)	27,7	74 micras(200MxD)	5,5	Paja	Extrusión

29.2.72.

TABLA II

Producción de Ferrosilicio al 75% para las cargas presentadas en la Tabla I

<u>Mezcla</u>	<u>Voltaje</u>	<u>Amperaje</u>	<u>KW</u>	<u>KWH</u>	<u>KWH/kg Si</u>	<u>% Si recuperado</u>	<u>Kg Electrodo/tonelada neta de aleación</u>
A	61	644	40,5	171	23,1	77,6	95,3
B	66	599	41,3	240	18,41	77,4	46,7
C	71	630	45,4	180	15,46	74,8	52,2
D	73	604	45,6	180	16,03	86,7	55,8
E	73	614	45,2	180	17,11	84,6	50,8
F	55	772	43,7	240	23,25	61,6	58,1
G	67	667	46,5	240	14,58	82,9	29,5

La presente solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 17 de Marzo de 1971, bajo el Nº 125.435, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

#### REIVINDICACIONES

Los puntos de invención, propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de 1er Certificado de Adición en España, son los siguientes:

10

1.- Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal Nº 385.670 solicitada el 8 de Noviembre de 1970 por "Un procedimiento mejorado para la producción en horno de arco eléctrico de silicio por reducción carbotérmica de sílice" aplicadas específicamente a la producción en horno de arco eléctrico de ferrosilicio que tiene entre aproximadamente 45% de silicio y aproximadamente 95% de silicio en peso, caracterizadas porque comprenden: a) formar aglomerados homogéneos a partir de mezclas de un agente reductor carbonoso en partículas, un

15

19

6.3.72.

material portador de hierro en partículas y sílice en partículas, en el que dicho agente reductor carbonoso contiene entre aproximadamente 85% y aproximadamente 120% de la cantidad estequiométricamente requerida para la reducción de la sílice, de acuerdo con la reacción:



y en el que la sílice en partículas contiene una fracción fina y una fracción gruesa; b) cargar los aglomerados en un horno eléctrico; c) calentar los aglomerados en el horno eléctrico por medio de al menos un electrodo sumergido en la carga de aglomerado para producir la reducción de los aditivos reducibles en dicha carga de aglomerado para proporcionar una aleación de ferrosilicio fundida que contiene entre aproximadamente 45% y aproximadamente 95% en peso de silicio; y d) sangrar subsiguientemente dicha aleación de ferrosilicio fundida del horno eléctrico.

2.- Mejoras según la reivindicación 1, en las que se añade a la mezcla en la etapa a) un agente formador de cuerpo de baja densidad, para preparar de este modo una carga de aglomerado de horno, que tiene una densidad máxima de aproximadamente 0,96 kg por litro.

3.- Mejoras según la reivindicación 2, en las que la relación en peso de la fracción fina de sílice a la fracción gruesa de sílice está comprendida entre apro

23  
6.3.72.

3<sup>a</sup> Mejora  
Cdo. Adición  
400.833

ximadamente 1/2 y aproximadamente 2<sup>a</sup>

5 4.- Mejoras según la reivindicación 3, en las que se añade un aglomerante sin tener en cuenta el disolvente a la carga aglomerada del horno en una cantidad de hasta aproximadamente el 10 por ciento de la carga del horno.

10 5.- Mejoras según la reivindicación 2, para la producción de ferrosilicio al 75% en las que el contenido de carbono fijo de dicho agente reductor carbonoso en partículas supone aproximadamente el 100 por cien de la cantidad estequiométricamente requerida para la reducción de la sílice de acuerdo con la reacción.



15

20 6.- Mejoras introducidas en el objeto de la Patente Principal N<sup>o</sup> 385.670, solicitada el 18 de Noviembre de 1970 por: "UN PROCEDIMIENTO MEJORADO PARA LA PRODUCCION EN HORNO DE ARCO ELECTRICO DE SILICIO POR REDUCCION CARBOTERMICA DE SILICE!"

Tal y como se ha descrito en la Memoria que  
antecede y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de dieciocho hojas escri-  
tas a máquina por una sola cara.

5

Madrid,

P.A.

5 ABR. 1972

Alberto de Siza  
Por Fedes

29.3.72  
MCM

- 18 -