

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

CONCEDIDA

ES

NUMERO	760365
FECHA DE PRESENTACION	4-7-77

AI

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
P 26 30 198.4	5-7-76	Rep. Federal Alemana

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(52) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F27D	

(54) TITULO DE LA INVENCION

"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UNA INSTALACION DE HORNO QUE FUNCIONA POR CALENTAMIENTO ELECTRICO DIRECTO SEGUN EL PRINCIPIO DE RESISTENCIA".

(71) SOLICITANTE (S)	(FE-PAT/dr.Wg rei-4329 Es 7502)
ELEKTROSCHMELZWERK KEMPTEN GMBH	

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Herzog-Wilhelm-Strasse 16, 8 Munich 2, República Federal Alemana

(72) INVENTOR (ES)
Dr. Fritz Petersen y Andreas Korsten.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE	(P.- 64.451)
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ	

P-64.451

1 La producción de carburo de silicio técnico se
realiza en el horno eléctrico de resistencia según el pro-
cedimiento discontinuo elaborado ya originalmente por Ache-
son. En tales hornos de resistencia, que son instalaciones
5 de horno que se hacen funcionar por calentamiento eléctri-
co directo según el principio de resistencia y que se uti-
lizan exclusivamente para reacciones puras de materia sóli-
da, la alimentación de corriente se efectúa a través de
electrodos por medio de un núcleo de resistencia de material
10 que contiene carbono, cuyo núcleo está incrustado horizon-
talmente en el lecho de fusión compuesto de una mezcla de
coque granular, arena de cuarzo y aditivos. La corriente
eléctrica produce en la columna de material yacente un ca-
lentamiento puro por resistencia, teniendo lugar la trans-
15 formación de la materia en fase sólida, es decir, durante
la obtención de SiC se desarrolla una reacción de difusión
en el intervalo de temperaturas de aproximadamente 1700°
hasta 2500°C.

20 Los hornos de resistencia de clase constructiva
conocida son en general rectangulares, están abiertos por
arriba y tienen una longitud de hasta 20 m. El fondo y las
paredes frontales fijas están contruidos de ladrillos re-
fractarios, mientras que las paredes laterales son desmon-
tables. La alimentación de corriente se realiza a través de
25 electrodos empotrados en las paredes frontales (véase la
Enciclopedia Ullmanns de la Química Técnica, volumen 3,
cuarta edición 1973, páginas 534 y siguientes, capítulo:
Hornos de resistencia).

30 Según una forma de ejecución más reciente de ta-
les hornos de resistencia conforme a la memoria de la paten-

1 te alemana 2.364.107, los electrodos pueden estar dispues-
tos también como electrodos de fondo que se hallan unidos
con el núcleo de resistencia a través de un material eléc-
tricamente conductor, no estando realizada esta unión como
5 componente del núcleo de resistencia y presentando una con-
ductividad eléctrica más alta que la de éste. La alimenta-
ción de corriente se efectúa en este caso por conexión a
líneas de corriente conducidas debajo del piso. El lecho
de fusión necesario para la reacción se puede verter sobre
10 los electrodos de fondo y el núcleo de resistencia conforme
a su cono de talud natural, y la instalación puede hacer-
se funcionar como horno de colina sin paredes, es decir,
sin delimitación lateral y frontal por medio de elementos
de pared. Sin embargo, la instalación de horno completa
15 puede rodearse también de la manera usual con paredes que
den alojamiento al lecho de fusión, si bien se pueden em-
plear paredes transportables sencillas tanto para la limi-
tación lateral como también para el cierre frontal. De to-
dos modos, el vertido abierto en la nave no es rentable
20 debido a la elevada demanda de espacio, por lo que tales
hornos se hacen funcionar de la mejor forma como instala-
ciones estacionarias al aire libre. Como electrodos de fon-
do se pueden emplear electrodos de grafito y/o de carbón
equipados con conexiones para corriente y agua de refrige-
ración, los cuales se utilizan usualmente en instalaciones
25 de horno con la llamada disposición de electrodos fronta-
les. Asimismo, se pueden emplear también para ello electro-
dos de masa apisonada de coque y/o grafito equipados con
conexiones para corriente y agua de refrigeración, así como
30 electrodos de metal, ya que debido a la distancia espacial

1 incrementada entre los electrodos y la zona de caldeo pro-
piamente dicha las temperaturas que se presentan en los
electrodos son considerablemente más bajas que en las ins-
talaciones de horno conocidas con electrodos montados por el
5 lado frontal.

Según otra forma de ejecución con arreglo a la me-
moria de la patente alemana 2.364.108, tales instalaciones
se pueden hacer funcionar también con una disposición com-
binada de los electrodos, por ejemplo con un electrodo dis-
10 puesto por el lado frontal y otro electrodo dispuesto co-
mo electrodo de fondo.

Sin embargo, en todas las instalaciones de las
clases de construcción conocidas el núcleo de resistencia
incrustado en el lecho de fusión se dispone horizontalmente
15 en dirección longitudinal, es decir, en forma de una única
columna de material yacente entre los electrodos, viniendo
determinada la distancia de uno a otro de los dos electro-
dos por la longitud prefijada del núcleo de resistencia.
Como consecuencia, el rodillo de SiC formado después de
20 concluida la fase de calentamiento se presenta en forma de
un cilindro alargado.

Se han dado ya ciertamente a conocer algunos en-
sayos que se apartan de la disposición del núcleo de resis-
tencia en forma de una única columna de material yacente
25 alargada. Así, por ejemplo, en la memoria de la patente ale-
mana 160.101 se emplean dos núcleos de conducción alargados
dispuestos paralelamente uno al lado de otro entre dos elec-
trodos frontales. Sin embargo, esta disposición no sirve
para la producción de carburo de silicio, sino de los deno-
minados oxicarburos de silicio, que se forman debido a una
30

1 oferta deficiente de carbono y en caso de una temperatura
insuficiente para la formación de SiC.

Según las patentes norteamericanas 941.339 y
1.044.295, se recomienda la disposición del núcleo de re-
5 sistencia en forma de zigzag entre los electrodos fronta-
les, con lo que se reducirán las pérdidas de calor por ra-
diación, y según la memoria de la patente alemana 409.356
se emplea un núcleo de caldeo anular en unión de una con-
figuración análoga a una esfera del cuerpo del horno, es-
10 tando previstos electrodos empotrados en la periferia de la
esfera. El producto final adoptará en este caso la configu-
ración de una torta de la forma de un esferoide plano. No
obstante, ninguna de estas propuestas ha logrado nunca im-
portancia técnica.

15 En todas las instalaciones de horno de las cla-
ses de construcción conocidas se halla prefijado el camino
de la corriente desde el transformador pasando por el pri-
mer electrodo a través del núcleo de resistencia y por el
segundo electrodo y volviendo desde éste a través de una
20 denominada línea secundaria al transformador, teniendo que
tenderse la línea secundaria lo más cerca posible en la zona
del horno para alcanzar un factor de potencia favorable,
que depende del tamaño de la superficie que queda encerrada
por la trayectoria de la corriente. Usualmente, la línea se-
25 cundaria se tiende debajo del fondo del horno, es decir,
bajo el piso, para que no pueda ser dañada o destruida por
dispositivos mecánicos durante la carga y la descarga del
horno o por el ataque corrosivo de los gases de reacción
calientes y por las llamadas "burbujas" durante la fase de
30 calentamiento. Para obtener una protección eficaz contra

1 las elevadas temperaturas que puede alcanzar el fondo del
horno durante la fase de calentamiento, se necesitan sin
embargo dispositivos de refrigeración costosos para la lí-
nea secundaria; además, la línea tendida debajo del piso es
5 solo muy difícilmente accesible cuando una perturbación en
el funcionamiento del horno haga esto necesario. Aparte de
ello, en caso de una destrucción térmica de la camisa de
agua de refrigeración durante la fase de calentamiento exis-
te el peligro de que el agua de refrigeración penetre en la
10 zona del horno y desencadene allí reacciones de curso ex-
plosivo.

Por consiguiente, el invento se basa en el proble-
ma de poner a disposición una instalación de horno que fun-
ciona por calentamiento eléctrico directo según el princi-
15 pio de resistencia, particularmente para la producción de
carburo de silicio a partir de dióxido de silicio y carbono
en funcionamiento intermitente, teniendo lugar la alimenta-
ción de corriente por medio de electrodos a través de un
núcleo de resistencia de material que contiene carbono, cu-
20 yo núcleo está incrustado horizontalmente en el lecho de
fusión a base de una mezcla de coque granular, arena de
cuarzo y aditivos, instalación de horno que hace superfluo
el uso de una línea secundaria debajo del fondo del horno o
disposiciones de la misma lateralmente o por encima del hor-
25 no para el retorno de la corriente al transformador, sin
que con ello se rebaje el factor de potencia, y que hace po-
sible además ahorros de costes considerables en la construc-
ción de la instalación de horno. Este problema se resuelve
de acuerdo con el invento por el hecho de que los electro-
30 dos están dispuestos uno al lado de otro, ascendiendo a por

1 lo menos 0,8 la relación de la mitad de la longitud del núcleo de resistencia a la distancia entre electrodos.

Gracias a este valor numérico determinado como cociente de la mitad de la longitud del núcleo y la distancia
5 entre electrodos se fija la separación máxima posible entre los dos electrodos y se excluye la disposición usual, en la que el núcleo se extiende en dirección longitudinal entre los electrodos y, por tanto, la distancia entre electrodos viene determinada por la longitud total del núcleo (corres-
10 pondiendo a un cociente de la mitad de la longitud del núcleo y la distancia entre electrodos de 0,5).

Para el núcleo de resistencia incrustado horizontalmente como columna de material yacente en el lecho de fusión se obtiene a partir de esto una forma que difiere
15 de la dirección longitudinal, habiendo dado resultados especialmente buenos la configuración del núcleo de resistencia en forma de una U cuyos extremos de pata establecen la unión entre los electrodos. La distancia mínima necesaria para los electrodos yuxtapuestos depende de la distancia interior
20 entre las patas del núcleo de resistencia de forma de U. Esta distancia interior ha de dimensionarse en este caso al menos de modo que quede excluido con seguridad un contacto y una adherencia de los cilindros de SiC formados, que se presentan también en forma de U, en los lados interiores
25 de sus patas, a fin de evitar un flujo de corriente directo a través del punto de contacto y de adherencia. A partir de los parámetros responsables del tamaño deseado del cilindro de SiC formado, que son la cantidad de corriente introducida, la longitud total y la sección transversal del núcleo de re-
30 sistencia, se puede determinar cada vez empíricamente la

1 distancia mínima necesaria en el caso particular entre los
lados interiores de las patas del núcleo de resistencia de
forma de U.

5 Por consiguiente, en la disposición de acuerdo
con el invento se tiene a disposición para el camino de la
corriente en la zona del horno exclusivamente el propio
núcleo de resistencia, con lo que desaparece la disposi-
ción de una línea secundaria en la zona del horno y los in-
convenientes ligados a ella. La configuración en forma de
10 U del núcleo de resistencia tiene además la ventaja de que
gracias a ello se puede mantener lo más pequeña posible
la superficie encerrada por la trayectoria de la corrien-
te, lo que es de importancia decisiva para un factor de
potencia favorable. Además, la longitud de la instalación
15 de horno completa que es necesaria para un núcleo de re-
sistencia de iguales dimensiones dispuesto en dirección
longitudinal, puede acortarse a aproximadamente la mitad,
de modo que se ahorran costes en la construcción de la ins-
talación de horno.

20 En la instalación de horno de acuerdo con el
invento se pueden emplear como electrodos yuxtapuestos tan-
to electrodos frontales de clase de construcción conocida
como también electrodos de fondo según la patente alemana
2.364.107 o una combinación de electrodos frontales y de
25 fondo según la patente alemana 2.364.108. Es ventajoso
instalar una capa aislante entre los dos electrodos yux-
tapuestos a fin de excluir el peligro del paso directo de
corriente, particularmente durante la fase de puesta en
marcha, en la que se trabaja con la tensión más alta. Como
30 capa aislante puede utilizarse, por ejemplo, un relleno de

1 gravilla o placas de amianto o madera.

El núcleo de resistencia de forma de U se incrusta en el lecho de fusión necesario para la reacción de modo que esté rodeado por éste en todos los lados, es decir, también en los lados interiores de las patas.

5 La instalación de horno puede estar rodeada de la manera usual con paredes que dan alojamiento al lecho de fusión, o puede estar realizada como horno de colina sin paredes, en el que el lecho de fusión se vierte conforme a su cono de talud natural, es decir, sin limitación lateral y eventualmente sin limitación frontal por medio de elementos de pared.

10 Para la instalación de horno de acuerdo con el invento ha demostrado ser especialmente ventajosa la disposición visible en el dibujo utilizando dos electrodos frontales o de fondo en cada caso. El dibujo muestra la instalación en planta vista desde arriba. En él significa el número 2 el núcleo de resistencia configurado en forma de U, cuyos extremos de pata establecen la unión con los electrodos yuxtapuestos 1 y 1' que están rodeados por un cerco de hormigón 5 y 5', respectivamente. Fuera de la zona del horno se encuentra el transformador 3 con las conexiones de corriente 4 y 4' para los electrodos 1 y 1', respectivamente.

25 En los ejemplos siguientes se utilizaron instalaciones de horno según el esquema visible en el dibujo con las dimensiones indicadas para la producción de carburo de silicio:

Ejemplo 1

30 Distancia entre dos electrodos de fondo yuxtapuestos

1	(medida a partir de los cantos externos interiores de las superficies de contacto):	80 cm
	Distancia entre las patas del núcleo de resistencia de forma de U:	80 cm
5	Longitud total del núcleo de resistencia:	5 m
	Cociente de la mitad de la longitud del núcleo y la distancia entre electrodos:	3,12
	Sección transversal del núcleo de resistencia:	40 x 12 cm
10	Consumo total de corriente:	12.500 kWh

El cilindro de SiC obtenido mostraba una forma de U perfecta sin adherencias en los lados interiores de sus patas.

15

Ejemplo 2

20	Distancia entre dos electrodos de fondo yuxtapuestos (medida a partir de los cantos externos interiores de las superficies de contacto):	2,5 m
	Distancia entre las patas del núcleo de resistencia de forma de U:	2,5 m
	Longitud total del núcleo de resistencia:	12,0 m
25	Cociente de la mitad de la longitud del núcleo y la distancia entre electrodos	2,4
	Sección transversal del núcleo de resistencia	100 x 20 cm
30	Consumo total de corriente:	244.150 kWh

1 El cilindro de SiC obtenido mostraba una forma de U perfecta sin adherencias en los lados interiores de sus patas.

5 Se tiene que valorar como sorprendente el hecho de que con ayuda de los electrodos yuxtapuestos de acuerdo con el invento, en unión del núcleo de resistencia realizado ventajosamente en forma de U, se logra forzar la conducción de corriente pretendida desde el primero al
10 segundo electrodo exclusivamente a través del núcleo de resistencia mismo. En efecto, gracias a la disposición de acuerdo con el invento no solo se anula claramente el principio del camino de corriente prefijado más corto considerado en general necesario hasta ahora, sino que se habría
15 tenido que contar además con que incluso manteniendo las distancias mínimas requeridas con fase de calentamiento progresiva la corriente tomaría un camino acortado debido a la resistencia del lecho de fusión decreciente a las altas temperaturas entre las patas del núcleo de resistencia. Sin embargo, las dispersiones de corriente transversal a
20 través del lecho de fusión entre las patas del núcleo de resistencia en forma de U son de modo inesperado extraordinariamente pequeñas, de manera que incluso con un consumo total de corriente relativamente elevado no se pueden consignar pérdidas del factor de potencia de la instalación de horno.
25

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1ª.- Perfeccionamientos introducidos en una instalación de horno que funciona por calentamiento eléctrico directo según el principio de resistencia, particularmente para la producción de carburo de silicio a partir de dióxido de silicio y carbono en funcionamiento intermitente, realizándose la alimentación de corriente por medio de electrodos a través de un núcleo de resistencia de material que contiene carbono, cuyo núcleo está incrustado horizontalmente en el lecho de fusión constituido por una mezcla de coque granular, arena de cuarzo y aditivos, caracterizados porque los electrodos de dicha instalación de horno están dispuestos uno al lado de otro, ascendiendo a por lo menos 0,8 la relación de la mitad de la longitud del núcleo de resistencia a la distancia entre electrodos.

2ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1ª, caracterizados porque el núcleo de resistencia está configurado en forma de una U cuyos extremos de pata establecen la unión con los electrodos.

3ª.- Perfeccionamientos introducidos en una instalación de horno que funciona por calentamiento eléctrico directo según el principio de resistencia.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para

1 los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de trece hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

5

Madrid, 04. JUL. 1977

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Poder



10

15

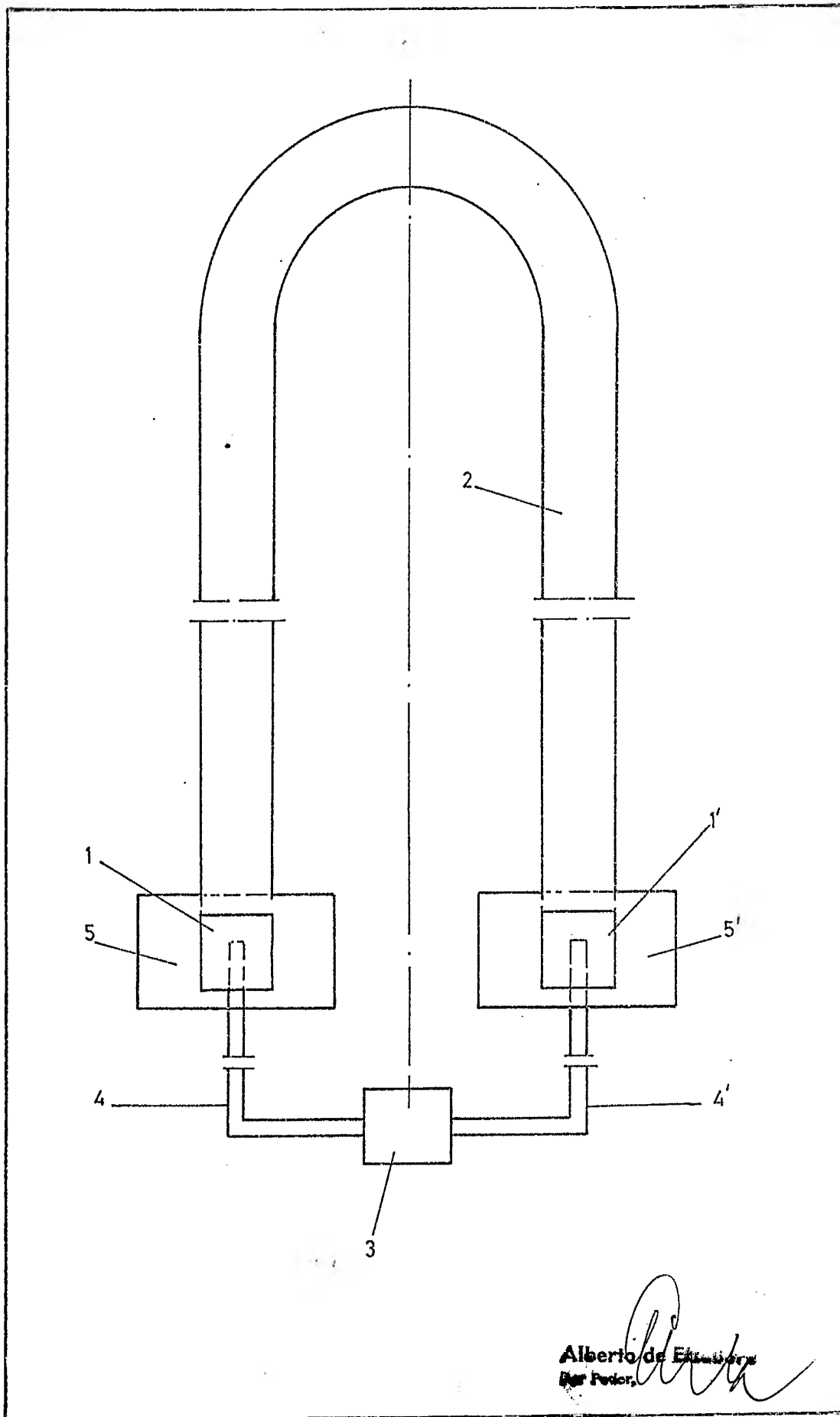
20

25

GM.

30





Alberto de E...
Gen. Feder.