



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 672**

51 Int. Cl.:  
**C01B 33/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05006062 .3**

96 Fecha de presentación : **19.03.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1686093**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.08.2006**

54 Título: **Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena.**

30 Prioridad: **12.01.2005 DE 10 2005 001 414**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**21.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**21.06.2011**

73 Titular/es: **Evonik Degussa GmbH**  
**Rellinghauser Strasse 1-11**  
**45128 Essen, DE**

72 Inventor/es: **Schumacher, Kai;**  
**Ishibashi, Naruyasu;**  
**Kobayashi, Hitoshi y**  
**Brandl, Paul**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

**ES 2 361 672 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena

5 El invento se refiere a un polvo de dióxido de silicio, a su producción y a su utilización.

10 La hidrólisis a la llama (ínea) para la producción de dióxido de silicio constituye un procedimiento conocido desde hace mucho tiempo, que se lleva a cabo a gran escala técnica. En el caso de este procedimiento, un halogenuro de silicio hidrolizable, evaporado o gaseoso, se mezcla con una llama, que se ha formado por combustión de un combustible que contiene hidrógeno, que forma agua, y de un gas oxigenado. La llama de combustión pone a disposición en este caso el agua para la hidrólisis del halogenuro de silicio y una cantidad suficiente de calor para la reacción de hidrólisis. El polvo de dióxido de silicio transportado conjuntamente en los gases residuales de la reacción, es sometido a unos usuales procedimientos de refrigeración y de separación de materiales sólidos. Habitualmente, se emplea tetracloruro de silicio. Sin embargo, también es conocido emplear diclorosilano o triclorsilano. En el caso del empleo de unas sustancias de partida que contienen carbono, tales como, por ejemplo, metil-tricloro-silano, dimetil-dicloro-silano, metil-dicloro-silano, dibutil-dicloro-silano, etil-tricloro-silano y propil-tricloro-silano, tiene lugar adicionalmente un proceso de oxidación para transformar el carbono en dióxido de carbono.

20 Como consecuencia, un polvo de dióxido de silicio, que se forma en el caso de un procedimiento en el que tienen lugar ambos tipos de reacciones, a saber la hidrólisis a la llama y la oxidación, es designado como un dióxido de silicio producido por vía pirógena.

25 Durante la reacción se forman en primer lugar unas partículas primarias no porosas, altamente dispersas, que en el transcurso ulterior de la reacción pueden reunirse para formar conglomerados y éstos se pueden congregarse adicionalmente para formar aglomerados. La superficie específica según BET de estas partículas primarias se sitúa por lo general entre 5 y 600 m<sup>2</sup>/g. El polvo tiene sobre su superficie grupos hidroxilo libres.

30 El polvo de dióxido de silicio producido de esta manera se utiliza en muchos sectores de aplicación. En el caso de muchas aplicaciones, el período de tiempo que es necesario para la incorporación en medios líquidos constituye un factor esencial de los costos. Se ha puesto de manifiesto que para unos polvos de dióxido de silicio según el estado de la técnica, a pesar de que ellos se habían producido según el mismo tipo de reacción, y tienen también unos parámetros iguales o similares a los indicados usualmente para la caracterización, tales como, por ejemplo, la superficie específica según BET, son necesarios unos períodos de tiempo muy largos de incorporación en medios líquidos.

35 Una misión del invento consiste, por lo tanto, en poner a disposición un polvo de dióxido de silicio, que se pueda incorporar rápidamente en medios líquidos.

40 Además, constituye otra misión del invento poner a disposición un procedimiento para la producción de este polvo.

Es objeto del invento un polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena en forma de conglomerados de partículas primarias con una superficie específica según BET de 300 ± 25 m<sup>2</sup>/g, en el que los conglomerados tienen

- un área de superficie media de 4.800 a 6.000 nm<sup>2</sup>,
- un diámetro medio del círculo equivalente (ECD = acrónimo de Equivalent Circle Diameter) de 60 a 80 nm y
- 45 - un perímetro medio de 580 a 750 nm.

En este caso la superficie específica según BET se determina de acuerdo con la norma DIN 66131.

50 Los tamaños de los conglomerados se determinan mediante un análisis de imágenes por medio de un aparato TEM (microscopio electrónico de transmisión) de la entidad Hitachi H 7500 y de una cámara CCD (dispositivo de carga acoplada) MegaView II, de la entidad SIS. El aumento de las imágenes para la evaluación es de 30.000:1 con una densidad de píxeles de 3,2 nm. El número de las partículas evaluadas es mayor que 1.000. La preparación se efectúa de acuerdo con la norma ASTM 3849-89. El límite del valor de umbral inferior en lo que respecta a la detección se sitúa en 50 píxeles.

55 La superficie específica según BET puede ser de manera preferida de 300 ± 15 m<sup>2</sup>/g y de manera especialmente preferida de 300 ± 10 m<sup>2</sup>/g.

60 Además, se puede preferir un polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, conforme al invento, en el que los conglomerados tienen

- una superficie media de 5.000 a 5.700 nm<sup>2</sup>,
- un diámetro medio del círculo equivalente de 65 a 75 nm y
- un perímetro medio de 600 a 720 nm.

Además, se puede preferir un polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, conforme al invento, en el que el diámetro máximo de los conglomerados se sitúa entre 100 y 140 nm y el diámetro mínimo de los conglomerados se sitúa entre 60 y 90 nm.

- 5 Además, se puede preferir un polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, conforme al invento, en el que el contenido de cloruro es menor que 250 ppm (partes por millón). De manera especialmente preferida, el contenido de cloruro es de menos que 150 ppm.

10 Además, se puede preferir un polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, conforme al invento, en el que el contenido de carbono es menor que 500 ppm. Se prefiere especialmente un contenido de carbono de menos que 300 ppm.

Un objeto adicional del invento es un procedimiento para la producción del polvo de dióxido de silicio conforme al invento, en el que

- 15 - una mezcla de compuestos de silicio se evapora, por separado o conjuntamente, los vapores se transfieren a una cámara de mezcladura por medio de un gas portador, se mezclan con
- 20 -  $\text{SiCl}_4$ , como primer componente con una proporción de 60 a 100 % en peso, referida a la mezcla, y
- un segundo componente, escogido entre el conjunto que se compone de  $\text{H}_3\text{SiCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SiCl}_2$ ,  $\text{HSiCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$ ,  $(n\text{-C}_3\text{H}_7)\text{SiCl}_3$ , con una proporción de 0 a 40 % en peso, de manera preferida de 5 a 30 % en peso, referida a la mezcla,
- 25 - y por separado de esto, se transfieren a la cámara de mezcladura un gas combustible y un aire primario, que puede estar enriquecido eventualmente con oxígeno y/o calentado previamente,
- la mezcla a base del vapor de los compuestos de silicio, del gas combustible y del aire primario se inflama en un quemador y la llama quema hacia dentro en una cámara de reacción,
- 30 - se introduce un aire secundario, que rodea a la llama, en la cámara de reacción, estando situada la relación de aire secundario/aire primario en un intervalo de 0,05 a 4, de manera preferida de 0,15 a 3,
- a continuación, se separa el material sólido con respecto de las sustancias gaseosas, y seguidamente se trata el material sólido con vapor de agua,
- 35

realizándose que

- 40 - la cantidad total de oxígeno es suficiente por lo menos para la combustión completa del gas combustible y de los compuestos de silicio y
- la cantidad de las sustancias de partida, que se componen de los compuestos de silicio, del gas combustible, del aire primario y del aire secundario, se escoge de tal manera que resulte una temperatura de la llama adiabática  $T_{ad}$  de 1.390 a 1.450°C, con
- 45

$T_{ad}$  = temperatura de las sustancias de partida + la suma de las entalpías de reacción de las reacciones parciales / la capacidad térmica de las sustancias que abandonan la cámara de reacción, que comprenden dióxido de silicio, agua, ácido clorhídrico, cloruro de hidrógeno, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, y eventualmente el gas portador, cuando éste no es aire o nitrógeno, siendo puesta como base la capacidad térmica específica de estas sustancias a 1.000°C.

50

La reacción de los compuestos de silicio en presencia de oxígeno y de un gas combustible proporciona dióxido de silicio, agua, ácido clorhídrico y, en el caso de unos compuestos de silicio que contienen carbono, y/o de unos gases combustibles que contienen carbono, dióxido de carbono. Las entalpías de reacción de estas reacciones se pueden calcular por medio de las obras clásicas conocidas para un experto en la especialidad.

55

En la Tabla 1 se indican algunos valores escogidos de las entalpías de reacción de la conversión química de ciertos compuestos de silicio en presencia de hidrógeno y oxígeno.

- 60 De manera especialmente preferida, se pueden emplear metil-tricloro-silano (MTCS,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$ ), triclorosilano (TCS,  $\text{SiHCl}_3$ ) y/o diclorosilano (DCS,  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ).

**Tabla 1: Entalpías de reacción**

	KJ/mol
H <sub>2</sub>	-241,8
SiCl <sub>4</sub>	-620,1
SiHCl <sub>3</sub>	-659,4
SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	-712,3
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SiCl <sub>3</sub>	-2.700,2
CH <sub>3</sub> SiCl <sub>3</sub>	-928,3
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiCl	-2.733,8

5 Como gases combustibles se adecuan hidrógeno, metano, etano, propano y/o gas natural, prefiriéndose el hidrógeno.

10 La temperatura de las sustancias de partida no está limitada, siempre y cuando que ella esté situada por encima de la temperatura de ebullición del compuesto de silicio que hierve a una temperatura elevadísima. Como ventajosa se ha acreditado una temperatura de las sustancias de partida de 90°C ± 40°C.

Además puede ser ventajoso, que la velocidad de salida de la mezcla de reacción desde la cámara de mezcladura a la cámara de reacción sea de 10 a 80 m/s.

15 Otro objeto adicional del invento es la utilización del polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, conforme al invento, como un material de carga en un caucho, en un caucho de silicona y en materiales sintéticos, para el ajuste de la reología en pinturas y barnices, como un poliéster, como un soporte para catalizadores y para la producción de dispersiones.

### 20 Ejemplos

La superficie específica según BET se determina de acuerdo con la norma DIN 66131.

#### Determinación del período de tiempo de incorporación en agua

25 En un recipiente con una capacidad de 500 ml que tiene un diámetro de 80 mm se disponen previamente 10 g de un polvo de dióxido de silicio. Mediando agitación con un aparato disolvedor, que tiene un disco de 70 mm, a 500 rpm (revoluciones por minuto), se añaden 50 g de un ácido nítrico acuoso (valor del pH 3,90) y se determina el período de tiempo que es necesario para mojar el polvo. El período de tiempo de incorporación del Aerosil®300, de Degussa, sirve como comparación y se normaliza a 100.

#### Determinación de la viscosidad en un poli(alcohol vinílico)

35 60 g de una solución acuosa al cinco por ciento de un poli(alcohol vinílico) y 80 g de un agua desmineralizada se disponen previamente en un recipiente con una capacidad de 500 ml que tiene un diámetro de 80 mm. A esta solución se le añaden 10 g de un polvo de dióxido de silicio y la mezcla se dispersa a continuación durante cinco minutos con un aparato disolvedor que tiene un disco de 50 mm, a 2.500 rpm. A continuación, la viscosidad de la mezcla se determina con un reómetro de Haake a 2,7 s<sup>-1</sup> y a 23°C. La viscosidad del Aerosil®300, de Degussa, sirve como comparación y se normaliza a 100.

#### Ejemplo 1: Producción de un polvo de dióxido de silicio

45 Se evaporan 180 kg/h de tetracloruro de silicio y se transfieren por medio de nitrógeno a la cámara de mezcladura de un quemador. Simultáneamente, se añaden 58 Nm<sup>3</sup>/h (metros cúbicos en condiciones normales) de hidrógeno y 190 Nm<sup>3</sup>/h de aire primario a la cámara de mezcladura. La mezcla tiene una temperatura de 90°C. Ella se inflama y se quema dentro de una cámara de reacción en una llama. La velocidad de salida desde el quemador es de 30,3 m/s. Adicionalmente, en la cámara de reacción se introducen 60 Nm<sup>3</sup>/h de un aire secundario, que rodea a la llama. La relación del aire secundario al aire primario es de 0,32.

50 Los gases de reacción y el dióxido de silicio resultante se aspiran, mediante aplicación de una depresión, a través de un sistema de refrigeración y se enfrían en este caso a unos valores situados entre 100 y 160°C. En un filtro o ciclón, el material sólido se separa con respecto de la corriente de gas de salida y, a continuación, se trata con vapor de agua a una temperatura de 560°C.

55 Los Ejemplos 2 hasta 9 se llevan a cabo de una manera análoga.

La Tabla 2 reproduce las sustancias de partida y las cantidades de los Ejemplos 1 hasta 9.

La Tabla 3 reproduce las entalpías de reacción, las capacidades térmicas y las temperaturas de llamas adiabáticas de los Ejemplos 1 hasta 9.

5 Los Ejemplos 1 hasta 5 proporcionan unos polvos conformes al invento. Los Ejemplos 6 hasta 9 son ejemplos comparativos.

En los Ejemplos 2 y 4 se emplean dos, y en el Ejemplo 3 tres componentes de silicio.

10 En los Ejemplos 1 y 3 se emplean unas altas o respectivamente bajas proporciones del primer componente de silicio, tetracloruro de silicio.

En el Ejemplo 5, dentro del intervalo reivindicado, se ajusta una alta relación del aire secundario al aire primario.

15 En los Ejemplos 6 y 7 se escogen unos ajustes, que conducen a una temperatura de la llama adiabática, que está situada fuera del intervalo reivindicado.

En el Ejemplo 8 no se aporta ningún aire secundario.

20 En el Ejemplo 9, la relación del aire secundario al aire primario está situada fuera del intervalo reivindicado.

La Tabla 4 muestra los datos analíticos del polvo de dióxido de silicio producido, así como de un polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, obtenible comercialmente (Ejemplo 10).

25 Los Ejemplos 1 hasta 5 muestran cómo se puede obtener un determinado intervalo estrecho de la temperatura de la llama adiabática mediante variación de las cantidades de las sustancias de partida.

30 Además, los Ejemplos comparativos 6 y 7 muestran que, en el caso de una composición de los compuestos de silicio igual a la del Ejemplo 1, no se obtiene ningún polvo de dióxido de silicio conforme al invento. Los polvos obtenidos tienen unas superficies específicas según BET situadas fuera del intervalo reivindicado, en el Ejemplo 6: 266 m<sup>2</sup>/g y en el Ejemplo 7: 394 m<sup>2</sup>/g. En los Ejemplos comparativos 6 y 7, las temperaturas de la llama adiabática se encuentran fuera del intervalo reivindicado.

35 En los Ejemplos comparativos 8 y 9, las temperaturas de la llama adiabática están situadas ciertamente dentro del intervalo reivindicado, pero no se obtiene ningún polvo de dióxido de silicio conforme al invento.

En el Ejemplo 8 no se aporta ningún aire secundario. El polvo obtenido tiene un largo período de tiempo de incorporación (de 151 %).

40 En el Ejemplo 9, la relación del aire secundario al aire primario, con un valor de 4,2, está situada fuera del intervalo reivindicado. El polvo de dióxido de silicio obtenido tiene, con un valor de 165 %, una muy alta viscosidad relativa.

45 El polvo del Ejemplo 1 es un polvo obtenible comercialmente, Aerosil®300, de Degussa. Este polvo tiene ciertamente una superficie específica según BET, que se sitúa dentro del intervalo reivindicado, pero posee una viscosidad manifiestamente más alta y un período de tiempo de incorporación manifiestamente más largo que los polvos conformes al invento. Como comparación de los valores para la viscosidad relativa y para el período de tiempo de incorporación, el polvo 10 se normaliza a 100 %. El área media de la superficie de los conglomerados, el diámetro medio del círculo equivalente, y el perímetro medio de los conglomerados se sitúan fuera de los intervalos reivindicados.

50

Tabla 2: Sustancia de partida y cantidades empleadas

Ejemplo	conforme al invento									Comparación								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tetracloruro de silicio	180	160	150	115	6,5	180	6,5	150	6,5	180	160	150	115	6,5	180	6,5	150	6,5
2. Componente de silicio <sup>(§)</sup>	0	MTCS 20	MTCS 20	MTCS 65	0	0	0	MTCS 20	0	0	MTCS 20	MTCS 20	MTCS 65	0	0	0	MTCS 20	0
3. Componente de silicio <sup>(§)</sup>	0	0	10	0	0	0	0	PTS 10	0	0	0	10	0	0	0	0	PTS 10	0
Hidrógeno	58	53	47	40	2,3	58	2,3	47	2,3	58	53	47	40	2,3	58	2,3	47	2,3
Aire primario	190	215	250	260	4,0	160	8	260	315	160	215	250	260	4,0	160	8	315	5,0
Aire secundario	60	60	65	65	6	60	6	65	0	60	60	65	65	6	60	6	0	21,0
Temperatura de entrada <sup>(*)</sup>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Aire secundario/ aire primario	0,32	0,28	0,26	0,25	1,5	0,32	0,75	0,25	0	0,32	0,28	0,26	0,25	1,5	0,32	0,75	0	4,2
V <sub>quemador</sub> <sup>(*)</sup>	30,3	33,6	35,9	36,3	25,3	26,9	37,3	36,3	43,6	26,9	33,6	35,9	36,3	25,3	26,9	37,3	43,6	28,9

(\*) Para una mezcla de H<sub>2</sub>, aire primario, SiCl<sub>4</sub>, y del 2º y eventualmente del 3º componente de silicio  
 (§) MTCS = metil-tricloro-silano; TCS = triclorosilano; DCS = diclorosilano, PTS = propil-tricloro-silano;  
 (+) = velocidad de salida desde el quemador



Tabla 3: Entalpía de reacción, capacidad térmica y temperatura de la llama adiabática

Ejemplo	conforme al invento									Comparación								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Suma de las entalpías de reacción de las reacciones parciales	-214,2	-229,2	-251,3	-257,9	-8,4	-214,2	-8,4	-257,9	-8,4	-214,2	-229,2	-251,3	-257,9	-8,4	-214,2	-8,4	-251,3	-8,4
Capacidad térmica de los productos	0,16	0,17	0,19	0,19	0,01	0,15	0,01	0,19	0,01	0,15	0,17	0,19	0,19	0,01	0,15	0,01	0,19	0,01
Temperatura de la llama adiabática	1.424	1.427	1.425	1.427	1.402	1.536	1.132	1.440	712	1.536	1.427	1.425	1.427	1.402	1.536	1.132	1.440	712

Tabla 3: Entalpía de reacción, capacidad térmica y temperatura de la llama adiabática

Tabla 4: Datos analíticos de los polvos de dióxido de silicio

Ejemplo		conforme al invento					Comparación 10 <sup>(*)</sup>
		1	2	3	4	5	
Superficie específica según BET	m <sup>2</sup> /g	298	302	310	307	293	301
Area media de superficie de los conglomerados	nm <sup>2</sup>	5.082	5.293	5.661	5.081	5.876	8.087
Diámetro medio del círculo equivalente	nm	66	71	72	65	75	85
Perímetro medio de los conglomerados	nm	623	686	634	624	727	888
Diámetro máximo medio de los conglomerados	nm	121	130	129	121	138	155
Diámetro mínimo medio de los conglomerados	nm	74	80	81	75	85	96
Diámetro medio de las partículas primarias	nm	10	9,6	11	10	10	11
Contenido de C	ppm	<10	<10	20	260	<10	100
Contenido de Cl	ppm	100	20	40	90	150	30
Viscosidad relativa a 2,7 s <sup>-1</sup>	%	72	69	73	70	89	100
Periodo de tiempo relativo para la incorporación	%	61	64	65	63	71	100

(\*): Aerosil® 300, de Degussa AG.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena, en forma de conglomerados de partículas primarias con una superficie específica según BET de  $300 \pm 25 \text{ m}^2/\text{g}$ , caracterizado porque,
- 10 los conglomerados tienen
- un área media de superficie de  $4.800 \text{ a } 6.000 \text{ nm}^2$ ,
  - un diámetro medio del círculo equivalente (ECD = Equivalent Circle Diameter) de  $60 \text{ a } 80 \text{ nm}$  y
  - 10 - un perímetro medio de  $580 \text{ a } 750 \text{ nm}$ .
- 15 2. Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los conglomerados tienen
- una superficie media de  $5.000 \text{ a } 5.700 \text{ nm}^2$ ,
  - un diámetro medio del círculo equivalente de  $65 \text{ a } 75 \text{ nm}$  y
  - un perímetro medio de  $600 \text{ a } 720 \text{ nm}$ .
- 20 3. Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque el diámetro máximo de los conglomerados está situado entre  $100 \text{ y } 140 \text{ nm}$  y el diámetro mínimo de los conglomerados está situado entre  $60 \text{ y } 90 \text{ nm}$ .
- 25 4. Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena de acuerdo con las reivindicaciones 1 hasta 3, caracterizado porque el contenido de cloruro es menor que  $250 \text{ ppm}$ .
- 30 5. Polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena de acuerdo con las reivindicaciones 1 hasta 4, caracterizado porque el contenido de carbono es menor que  $500 \text{ ppm}$ .
- 35 6. Procedimiento para la producción del polvo de dióxido de silicio de acuerdo con las reivindicaciones 1 hasta 5, caracterizado porque
- una mezcla de compuestos de silicio se evapora por separado o conjuntamente, los vapores se transfieren a una cámara de mezcladura por medio de un gas portador, se mezclan con
  - $\text{SiCl}_4$  como primer componente en una proporción de  $60 \text{ a } 100 \%$  en peso, referida a la mezcla, y con
  - 40 - un segundo componente escogido entre el conjunto que se compone de  $\text{H}_3\text{SiCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SiCl}_2$ ,  $\text{HSiCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$ ,  $(n\text{-C}_3\text{H}_7)\text{SiCl}_3$ , en una proporción de  $0 \text{ a } 40 \%$  en peso,
  - y por separado de esto, se transfieren un gas combustible y un aire primario, que puede estar enriquecido eventualmente con oxígeno y/o calentado previamente, a la cámara de mezcladura,
  - 45 - la mezcla a base del vapor de los compuestos de silicio, del gas combustible y del aire primario se inflama en un quemador y la llama quema hacia dentro en una cámara de reacción,
  - se introduce un aire secundario, que rodea a la llama, en la cámara de reacción, estando situada la relación del aire secundario al aire primario en un intervalo de  $0,05 \text{ a } 4$ ,
  - 50 - a continuación, se separa el material sólido con respecto de las sustancias gaseosas, y seguidamente se trata el material sólido con vapor de agua,
- 55 realizándose que
- la cantidad total del oxígeno es suficiente por lo menos para la combustión total del gas combustible y de los compuestos de silicio y
  - 60 - la cantidad de las sustancias de partida que se componen de los compuestos de silicio, del gas combustible, del aire primario y del aire secundario, se escoge de tal manera que resulte una temperatura de la llama adiabática  $T_{\text{ad}}$  de  $1.390 \text{ a } 1.450^\circ\text{C}$ , con

$T_{\text{ad}}$  = temperatura de las sustancias de partida + la suma de las entalpías de reacción de las reacciones

parciales / la capacidad térmica de las sustancias, que abandonan la cámara de reacción, que comprende dióxido de silicio, agua, cloruro de hidrógeno, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, y eventualmente el gas portador, cuando éste no es aire o nitrógeno,

5                   siendo puesta como base la capacidad térmica específica de estas sustancias a 1.000°C.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6,  
caracterizado porque  
la temperatura de las sustancias de partida es de 90°C ± 40°C.

10                   8. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 6 o 7,  
caracterizado porque  
la velocidad de salida de la mezcla de reacción desde la cámara de mezclado en el recinto de reacción es de 10 a  
80 m/s.

15                   9. Utilización del polvo de dióxido de silicio producido por vía pirógena de acuerdo con las reivindicaciones 1 hasta 5  
como un material de carga en un caucho, en un caucho de silicona y en materiales sintéticos, para el ajuste de la  
reología en pinturas y barnices, como un poliéster, como un soporte para catalizadores y para la producción de  
dispersiones.