



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 526 221**

⑮ Int. Cl.:

**C04B 35/119** (2006.01)

**C04B 35/653** (2006.01)

⑫

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2010 E 10747292 (0)**

⑰ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 2462081**

④ Título: **Granos de alúmina-circonia fundidos**

⑩ Prioridad:

**05.08.2009 FR 0955513**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**08.01.2015**

⑬ Titular/es:

**SAINT-GOBAIN CENTRE DE RECHERCHES ET D'ETUDES EUROPÉEN (100.0%)  
18 avenue d'alsace-Les Miroirs  
92400 Courbevoie, FR**

⑭ Inventor/es:

**MARLIN, SAMUEL;  
LANGOHR, DAVID y  
PETIGNY, SYLVAIN**

⑮ Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 526 221 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

Granos de alúmina-circonia fundidos

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un grano cerámico fundido, especialmente para aplicaciones como granos abrasivos. La invención se refiere igualmente a una mezcla de dichos granos así como a una herramienta abrasiva que comprende una mezcla de granos de acuerdo con la invención.

10 **Técnica anterior**

Generalmente, se clasifican las herramientas abrasivas según el modo de conformación de los granos cerámicos que las constituyen: abrasivos libres (uso en proyección o en suspensión, sin soporte), abrasivos aplicados (soporte de tipo telas o papeles, donde los granos se disponen en varias capas) y abrasivos aglomerados (en forma de muelas circulares, barras, etc.). En estos últimos, los granos abrasivos se presionan con un ligante orgánico o vítreo (en este caso, un ligante constituido por óxidos, esencialmente silicatado). Estos granos deben presentar buenas propiedades mecánicas ante a la abrasión por sí mismos (especialmente tenacidad), y dar lugar a una buena cohesión mecánica con el ligante (solidez de la interfase). Se encuentran hoy en día diferentes familias de granos abrasivos que permiten cubrir una amplia gama de aplicaciones y de rendimientos: los granos de óxidos sintetizados por fusión ofrecen en particular un excelente compromiso de calidad/coste de fabricación.

Los granos abrasivos basados en alúmina usados habitualmente en la fabricación de muelas o de cintas abrasivas se agrupan en tres categorías principales según el tipo de aplicaciones y los regímenes de abrasión encontrados: granos fundidos basados en alúmina, granos fundidos basados en alúmina-circonia y granos basados en alúmina obtenidos por el procedimiento de sol-gel.

En la gama de los granos fundidos, los materiales basados en alúmina y circonia son conocidos desde el documento US-A-3.181.939. Estos granos están generalmente compuestos por 10 a 60 % de circonia y 0 a 10 % de un aditivo, siendo el resto alúmina. Como aditivo, se conoce el óxido de itrio, añadido hasta un 2 % según el documento US-A-4.457.767, o el óxido de titanio, añadido hasta un 10 % según la patente DE-C1-4306966. Estos aditivos mejoran la potencia abrasiva de los granos de alúmina-circonia. El documento US 5.525.135 divulga igualmente granos fundidos de alúmina-circonia-óxido de titanio.

35 Finalmente, el documento JP 59227726 divulga granos fundidos de alúmina-circonia-óxido de titanio-óxido de itrio, pudiendo añadirse el óxido de itrio en una cantidad comprendida entre 0,05 y 7 %, de preferencia entre 1 y 5 %, basándose en la suma de alúmina, circonia y titanio.

40 En el caso de mecanizado de aceros duros, los granos fundidos basados en alúmina presentan una baja tenacidad que se traduce en una disgregación excesiva del grano. Los granos fundidos basados en alúmina-circonia presentan una tenacidad muy alta asociada a una dureza menor. Permiten mecanizar eficazmente los aceros duros, pero tienden a desarrollar aplanamientos. Dan como resultado en general una elevación de las fuerzas aplicadas sobre la pieza esmerilada hasta, según las condiciones de uso, un daño térmico de esta pieza. Los granos basados en alúmina obtenidos por el procedimiento de sol-gel constituyen un buen compromiso. Presentan efectivamente una alta dureza, una tenacidad intermedia que les permite regenerar sus filos de corte y una microestructura fina que conduce a una microfracturación del grano que asegura una larga vida útil sobre aceros duros.

50 Para la mecanización de aceros de baja dureza y dúctiles como los aceros inoxidables, los granos fundidos basados en alúmina-circonia son eficaces. Su alta tenacidad limita efectivamente su fracturación. Los granos basados en alúmina obtenidos por el procedimiento de sol-gel son en general menos eficaces que los granos fundidos basados en alúmina-circonia, a causa de su mucho menor tenacidad. Los granos fundidos basados en alúmina son los menos eficaces. Presentan efectivamente una baja tenacidad que conduce a una disgregación excesiva.

55 Es habitual medir y comparar los rendimientos abrasivos de diferentes granos mediante la relación de masa de acero mecanizada dividida entre la masa de granos abrasivos consumida en dicho mecanizado, denominada relación S. Aunque esta relación da bien el orden de magnitud de los rendimientos abrasivos de los granos, no tiene en cuenta sin embargo todos los mecanismos que intervienen en el mecanizado. Por ejemplo, un grano consumido rápidamente, debido a un desgaste rápido, y que desarrolla una alta retirada de material, puede conducir a una relación S elevada. A pesar de ello, este grano puede no ser suficientemente resistente para el mecanizado de un gran número de piezas. Puede conducir también a un daño térmico excesivo de las piezas mecanizadas por un fenómeno de azulamiento de las piezas resultante de una excesiva potencia de corte desarrollada pero necesaria para mantener el régimen de corte.

65 Existe por tanto la necesidad de una mezcla de granos abrasivos fundidos de alúmina-circonia que presenten una

relación S elevada, que permitan un mecanizado con una baja potencia desarrollada y que tengan una vida útil o "resistencia" elevada. Es un objetivo de la invención responder a esta necesidad.

### Sumario de la invención

Según la invención, se consigue este objetivo mediante un grano fundido que presenta el análisis químico siguiente, en porcentajes en peso:

ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub> :	38,0 a 46,0 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	resto hasta 100 %
SiO <sub>2</sub> :	0,20 a 0,60 %
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	0,45 a 0,70 %
TiO <sub>2</sub> :	1,00 a 2,00 %
otros elementos, expresados en forma de óxido:	< 1,00 %,

estando comprendida la relación Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> entre 0,80 y 2,00 y representando la fase cuadrática entre el 60 y el 90 % de la masa de circonia, estando el resto en forma monoclínica.

Como se verá con más detalle a continuación en la descripción, los inventores han descubierto que con la composición química anterior, y en particular en un intervalo muy estrecho de contenidos de óxido de itrio, es ventajosa una proporción limitada de circonia cuadrática. Esta enseñanza es por otra parte contraria a la del documento US 5.525.135 o JP59227726 que sugieren, o hasta recomiendan, una proporción máxima de circonia cuadrática para aumentar la eficacia del mecanizado.

Un grano según la invención puede presentar también una o varias de las características opcionales siguientes:

- De preferencia, la relación másica Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / SiO<sub>2</sub> es superior a 1,00, de preferencia superior a 1,10 y/o inferior a 1,80, de preferencia inferior a 1,50, de preferencia inferior a 1,40 y de aún más preferencia inferior a 1,30.
- De preferencia, la circonia cuadrática representa más de un 70 % y/o menos de un 85 % de la masa de circonia.
- De preferencia, el contenido de ZrO<sub>2</sub> es superior al 40 %.
- De preferencia, el contenido de sílice es superior al 0,3 %, de preferencia superior al 0,35 %.
- El contenido másico de óxido de titanio TiO<sub>2</sub> es superior al 1,30 % y/o inferior al 1,70 %.
- De preferencia, los demás elementos expresados en forma de óxido son inferiores al 0,50 %. En particular:

MgO: < 0,30 %, de preferencia < 0,10 %, de preferencia < 0,05 %, y/o

CaO: < 0,30 %, de preferencia < 0,20 %, de preferencia < 0,10 %, y/o

Na<sub>2</sub>O: < 0,10 %, de preferencia < 0,05 %.

- Los demás elementos expresados en forma de óxido sin impurezas. Se describe también una mezcla de granos que comprende, en porcentaje másico, más de un 80 %, de preferencia más de un 90 %, de preferencia más de un 95 %, de preferencia más de un 99 %, de preferencia casi un 100 % de granos abrasivos según la invención. De preferencia, la mezcla de granos según la invención respeta una distribución granulométrica de acuerdo con las de las mezclas o "gravillas" medidas según las normas estándar FEPA 42-GB-1984, R1993 y estándar FEPA 43-GB-1984, R1993.

La invención se refiere igualmente a una herramienta abrasiva, especialmente en forma de una muela o una cinta abrasiva, que comprende una mezcla de granos abrasivos ligados por un ligante o depositados en capas sobre un soporte, especialmente un soporte flexible, y mantenidos por el ligante, siendo esta herramienta notable porque los granos son de acuerdo con la invención.

De manera general, se describe el uso de granos según la invención para esmerilar.

### Definiciones

- Los contenidos de óxidos de un grano según la invención se refieren a los contenidos globales para cada uno de

los elementos químicos correspondientes, expresados en forma del óxido más estable según la convención habitual de la industria; se incluyen por tanto los subóxidos y eventualmente nitruros, oxinitruros, carburos, oxicarburos, carbonitruros o incluso las especies metálicas de los elementos anteriormente mencionados.

5 - Se entiende por "impurezas" los constituyentes inevitables introducidos necesariamente con las materias primas. En particular, los compuestos que forman parte del grupo de óxidos, nitruros, oxinitruros, carburos, oxicarburos, carbonitruros y especies metálicas de sodio y otros alcalinos, hierro, vanadio y cromo son impurezas. A modo de ejemplo, se pueden citar CaO, MgO o Na<sub>2</sub>O. El carbono residual forma parte de las impurezas de la composición de productos según la invención. En contraposición, el óxido de hafnio no se considera una impureza.

10 - Se entiende por "precursor" de un óxido un constituyente apto para proporcionar dicho óxido en la fabricación de un grano o de una mezcla de granos según la invención.

15 - En un producto obtenido por fusión, el HfO<sub>2</sub> no es químicamente disociable del ZrO<sub>2</sub>. En la composición química de dicho producto, ZrO<sub>2</sub>+HfO<sub>2</sub> designa por tanto el contenido total de estos dos óxidos. Sin embargo, según la presente invención, el HfO<sub>2</sub> no se añade voluntariamente a la carga de partida. El HfO<sub>2</sub> solo designa por tanto las trazas de óxido de hafnio, estando siempre naturalmente presente este óxido en las fuentes de circonia a contenidos generalmente inferiores al 2 %. Por razones de claridad, se puede designar por tanto indiferentemente el contenido de circonia y trazas de óxido de hafnio por ZrO<sub>2</sub>+HfO<sub>2</sub> o por ZrO<sub>2</sub>, o incluso por "contenido de circonia".

20 - Se entiende por "grano fundido", o más ampliamente "producto fundido", un grano (o producto) sólido obtenido por solidificación por enfriamiento de un material en fusión.

25 - Un "material en fusión" es una masa líquida que puede contener varias partículas sólidas, pero en una cantidad insuficiente para que puedan estructurar dicha masa. Para conservar su forma, un material en fusión debe estar contenido en un recipiente.

30 - En la presente descripción, a menos que se diga lo contrario, todas las composiciones de un grano se dan en porcentajes básicos, basados en la masa total de óxidos del grano.

35 Los granos fundidos según la invención pueden fabricarse según cualquier procedimiento convencional de fabricación de granos de alúmina-circonia. Un procedimiento convencional comprende clásicamente las etapas siguientes: mezclado de las materias primas, fusión en un horno de arco eléctrico, solidificación en remojo del líquido en fusión, trituración y opcionalmente clasificación según la granulometría necesaria.

40 Las propiedades de las mezclas de granos de alúmina-circonia fundidos están ligadas a las propiedades térmicas del líquido en fusión, que dependen a su vez de los parámetros de procedimiento, pero también en gran medida de la geometría del horno así como de su entorno (recogida de humos, materiales, etc.). Los valores de los parámetros del procedimiento se determinan por tanto en función del horno empleado, de las materias primas usadas, etc. de manera que se obtenga una mezcla de granos de acuerdo con la invención al final de estas etapas. Los parámetros pueden tomar por ejemplo los valores del procedimiento usado para los ejemplos siguientes.

### Ejemplos

45 Se dan los ejemplos no limitantes siguientes con el objetivo de ilustrar la invención.

Se elaboraron los productos dados en los ejemplos a partir de las materias primas siguientes:

50 - polvo de alúmina comercializado con la denominación AR75 por la compañía ALCAN, que presenta un contenido de sodio inferior al 0,4 %;

- polvo de circonia de contenido medio de circonia + hafnio superior al 85 %, que contiene un 5 % de media de sílice, un contenido de alúmina inferior al 10 % y un contenido de otros elementos inferior al 0,7 %;

55 - polvo de óxido de itrio comercializado con el nombre "Yttrium Oxyde 99,99 LY" por la compañía Altichem, de contenido de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 99,99 % y que presenta un diámetro mediano comprendido entre 3 y 6 micrómetros;

60 - polvo de titanio "Rutile sand" comercializado por Europe Minerals, que presenta un contenido de TiO<sub>2</sub> > 95 % y un diámetro mediano del orden de 125 micrómetros;

- coque de petróleo comercializado por Solutia Incorporated, de tamaño comprendido entre 1 y 4 mm.

Se prepararon los granos según el procedimiento clásico siguiente bien conocido por el especialista en la materia:

65 a') mezclado de las materias primas con adición de al menos un 0,5 % (hasta 3 %) de coque de petróleo, según el

estado del horno,

5 b') fusión en un horno de arco eléctrico monofásico de tipo Héroult de electrodos de grafito, con una cuba de horno de 0,8 m de diámetro, una tensión de 105-150V, una intensidad de 1500 a 2500 A y una energía eléctrica específica proporcionada de 2,1 a 2,8 kWh/kg de carga,

10 c') enfriamiento rápido del material en fusión mediante un dispositivo de colada entre placas finas metálicas tal como el presentado en la patente US-A-3.993.119, de manera que se obtenga una placa enteramente sólida constitutiva de una masa sólida,

15 d') trituración de dicha masa sólida enfriada en la etapa c) de manera que se obtenga una mezcla de granos,

e') selección por tamizado de los granos comprendidos entre 500 y 600  $\mu\text{m}$ .

15 Con el fin de evaluar el rendimiento y la vida útil de las mezclas de granos, se realizaron muelas de 12,7 cm de diámetro que contenían 1 g de granos de cada ejemplo.

20 Se mecanizaron a continuación las superficies de placas de acero inoxidable 304, de dimensiones 20,3 cm x 7,6 cm x 5,1 cm con estas muelas, con un movimiento de vaivén a velocidad constante manteniendo una profundidad de corte constante de 12,7  $\mu\text{m}$  y una velocidad de rotación de la muela de 3600 rpm. Se registró la potencia máxima desarrollada por la muela durante el mecanizado,  $P_{\text{máx}}$ .

25 Después del desgaste completo de la muela, se midió la masa de acero mecanizada (es decir, la masa de acero retirada por la operación de amoladura) "Ma" y la masa de muela consumida "Mm". La relación S es igual a la relación Ma/Mm.

30 Se determina la eficacia de corte midiendo la potencia máxima desarrollada por la muela en el ensayo de mecanizado,  $P_{\text{máx}}$ , y la vida útil de la muela  $t_{\text{máx}}$ , estando considerada como acabada la vida de la muela cuando todos los granos de la muela se han consumido.

35 La tabla 1 proporciona la composición química y la proporción de circonia cuadrática de diferentes mezclas de granos ensayados. La tabla 2 proporciona los resultados obtenidos con estas mezclas.

40 Se calcula el porcentaje de mejora de la relación S por la fórmula siguiente:  $100 \times (\text{relación S del producto del ejemplo considerado} - \text{relación S del producto del ejemplo de referencia}) / \text{relación S del producto del ejemplo de referencia}$ , siendo el ejemplo de referencia el ejemplo comparativo 1\* o el ejemplo comparativo 2\*. Se busca un valor positivo y elevado del porcentaje de mejora de la relación S.

45 Se calcula el porcentaje de reducción de la potencia máxima desarrollada por la muela en el ensayo,  $P_{\text{máx}}$ , por la fórmula siguiente:

$100 \times (P_{\text{máx}} \text{ con el producto del ejemplo de referencia} - P_{\text{máx}} \text{ con el producto del ejemplo considerado}) / P_{\text{máx}} \text{ del producto del ejemplo de referencia}$ ,

45 siendo el ejemplo de referencia el ejemplo comparativo 1\* o el ejemplo comparativo 2\*.

50 Se busca un valor positivo y elevado del porcentaje de reducción de la potencia máxima desarrollada por la muela en el ensayo  $P_{\text{máx}}$ .

55 El porcentaje de mejora de la vida útil de la muela  $t_{\text{máx}}$  se calcula por la fórmula siguiente:

$100 \times (t_{\text{máx}} \text{ del producto del ejemplo considerado} - t_{\text{máx}} \text{ del producto del ejemplo de referencia}) / t_{\text{máx}} \text{ del producto del ejemplo de referencia}$ ,

55 siendo el ejemplo de referencia el ejemplo comparativo 1\* o el ejemplo comparativo 2\*.

Se busca un valor positivo y elevado del porcentaje de mejora de la vida útil de la muela,  $t_{\text{máx}}$ .

60 El porcentaje mísico de circonia cuadrática en la circonia se determina de la manera siguiente: se envuelven los granos para ensayar en una resina de manera que constituyan una pastilla. Se adquiere un diagrama de difracción de rayos X con la ayuda de un difractómetro D5000 con anticátodo de cobre de la compañía Bruker sobre una sección pulida de la pastilla que presenta más de 600 granos. Se realiza la adquisición en un campo angular  $2\theta$  comprendido entre 25 y 37°, con un paso de 0,02° y un tiempo de 4 segundos por paso. Se usa una ranura de recepción de 0,6 mm, manteniéndose la muestra en rotación sobre sí misma con el fin de limitar los efectos de las orientaciones preferidas. Se multiplica el tiempo de adquisición por 5 para una mejor estadística de recuento.

Se mide el porcentaje másico de circonia monoclinica a partir de la relación de áreas de los picos (111) y (111) de la circonia monoclinica y del pico (111) de la circonia estabilizada según la fórmula siguiente, después de tratamiento de desconvolución con la ayuda del software TOPAS P, siendo la función de desconvolución una pseudo-voigt:

5

$$\% \text{ de circonia monoclinica} = \frac{100 \cdot \rho_{\text{mono}} \cdot 1,311 \text{ área}_{\text{mono}}}{\rho_{\text{mono}} \cdot 1,311 \text{ área}_{\text{mono}} + \rho_{\text{estab}} \cdot \text{área}_{\text{estab}}}$$

siendo  $\rho_{\text{mono}}$  la densidad de la circonia monoclinica, igual a 5,8 g/cm<sup>3</sup>, y siendo  $\rho_{\text{estab}}$  la densidad de la circonia estabilizada, igual a 6,1 g/cm<sup>3</sup>.

10 El porcentaje másico de circonia estabilizada se da por la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de circonia estabilizada} = 100 - \% \text{ de circonia monoclinica}$$

En los granos según la invención ensayados, la circonia estabilizada está enteramente en la forma cristalográfica cuadrática, siendo el resto circonia en la forma cristalográfica monoclinica.

15

Los porcentajes de circonia cuadrática se expresan con relación a la circonia total cristalizada.

Las tablas 1 y 2 siguientes resumen los resultados obtenidos.

20 El ejemplo comparativo 1\* es un grano cuya composición es cercana a la del ejemplo 5 del documento JP5922772, y el ejemplo comparativo 2\* es un grano según el documento US 4.457.767.

Tabla 1

Ejemplo	ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	CaO (%)	Otros (%)	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>	Zirconia cuadrática (%)
1*	42,7	Resto hasta 100%	0,1	1,16	0,85	<0,05	<0,05	0,06	0,12	8,5	100
2*	38,5	Resto hasta 100%	0,30	0,12	0,80	<0,05	0,08	0,07	0,07	2,66	87
3	40,6	Resto hasta 100%	0,50	1,53	0,67	<0,05	<0,05	0,04	0,25	1,34	76
4	41,7	Resto hasta 100%	0,39	1,54	0,57	<0,05	<0,05	0,05	0,23	1,46	85
5	42,5	Resto hasta 100%	0,40	1,56	0,54	<0,05	<0,05	0,05	0,24	1,35	87
6	38,4	Resto hasta 100 %	0,57	1,49	0,57	<0,05	<0,05	0,06	0,28	1,00	74
7	42	Resto hasta 100 %	0,58	1,48	0,53	<0,05	<0,05	0,04	0,15	0,91	65
8	42,2	Resto hasta 100 %	0,58	1,51	0,57	<0,05	<0,45	0,06	0,20	0,98	67
9**	37,7	Resto hasta 100 %	0,66	1,51	0,57	<0,05	<0,05	0,04	0,27	0,86	72
10**	39,5	Resto hasta 100 %	0,18	1,11	0,43	<0,05	<0,05	0,05	0,24	2,39	91
11	38,1	Resto hasta 100 %	0,6	1,54	0,59	<0,05	<0,05	0,06	0,30	0,98	64
12**	40,9	Resto hasta 100 %	0,53	0,71	0,4	<0,05	<0,05	0,05	0,25	0,75	57
13**	42,6	Resto hasta 100 %	0,52	3,21	0,3	<0,05	<0,05	0,04	0,26	0,58	78
14**	39,7	Resto hasta 100 %	0,53	0,68	0,42	<0,05	<0,05	0,05	0,1	0,79	55
15	41,3	Resto hasta 100 %	0,59	1,59	0,5	<0,05	<0,05	0,05	0,29	0,85	71
16	43,4	Resto hasta 100 %	0,44	1,62	0,53	<0,05	<0,05	0,04	0,26	1,20	79
17	45,3	Resto hasta 100 %	0,38	1,61	0,49	<0,05	<0,05	0,04	0,27	1,29	74

\*\* : Ejemplos no de la invención

\* : Ejemplos comparativos (no de la invención)

Tabla 2

Ejemplo	Relación S		P <sub>máx</sub>		t <sub>máx</sub>	
	% de mejora / ejemplo 1*	% de mejora/ ejemplo 2*	% de reducción/ ejemplo 1*	% de reducción/ ejemplo 2*	% de mejora/ ejemplo 1*	% de mejora/ ejemplo 2*
1*	-	-	-	-	-	-
2*	-	-	-	-	-	-
3	34	39	12	13	24	26
4	18	22	6	7	19	20
5	28	33	21	22	25	27
6	14	19	6	7	23	25
7	15	19	17	18	20	22
8	16	21	23	24	17	19
9**	2	6	2	3	7	9
10**	6	9	3	4	10	12
11	10	15	15	16	17	19
12**	-3	1	-16	-14	-4	-3
13**	7	13	19	20	0	1
14**	6	10	-5	-3	8	10
15	27	32	17	18	15	17
16	29	35	20	21	18	20
17	31	36	20	21	24	25

Los inventores consideran que existe un buen compromiso entre la relación S, la potencia máxima desarrollada por la muela en el ensayo de mecanizado, P<sub>máx</sub>, y la vida útil de la muela t<sub>máx</sub> cuando:

- 5 - la relación S mejora al menos un 10 % con relación a los productos de los ejemplos de referencia, y  
- la potencia máxima desarrollada, P<sub>máx</sub>, se reduce al menos un 5 % con relación a los productos de los ejemplos de referencia, y
- 10 - la vida útil de la muela, t<sub>máx</sub>, mejora al menos un 6 % con relación a los productos de los ejemplos de referencia.
- De preferencia, la relación S mejora al menos un 15 %, de preferencia al menos un 20 %, de preferencia al menos un 25 %, hasta al menos un 30 % y/o la potencia máxima desarrollada, P<sub>máx</sub>, se reduce al menos un 10 %, de preferencia al menos un 15 %, hasta al menos un 20 % y/o la vida útil de la muela, t<sub>máx</sub>, mejora al menos un 10 %, de preferencia al menos un 15 % hasta al menos un 20 %.
- 15 El ejemplo 10 muestra que un contenido de circonia cuadrática del 91 % de la masa de circonia no permite respetar el compromiso buscado.
- 20 Los ejemplos 12 y 14 muestran que un contenido de circonia cuadrática de 57 y 55 % de la masa de circonia, respectivamente, no es suficiente para respetar el compromiso buscado.
- El ejemplo 11 muestra que un contenido de circonia cuadrática de 64 % de la masa de circonia permite respetar dicho compromiso.
- 25 El ejemplo 9 muestra que un contenido de sílice del 0,06 % es demasiado alto y no permite respetar dicho compromiso. El ejemplo 10 muestra que un contenido de sílice inferior al 0,20 % no permite respetar dicho compromiso.
- 30 El ejemplo 13 muestra que, a pesar de los contenidos de circonia cuadrática y sílice adaptados, no se respeta el compromiso si el contenido de óxido de itrio es inferior al 0,45 % y si el contenido de TiO<sub>2</sub> es superior al 2 %.
- Los ejemplos 10, 12 y 14 muestran que una relación Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> inferior a 0,80 y superior a 2,00 no permite el respeto del compromiso.

El ejemplo 17 es el ejemplo preferido entre todos.

Como aparece claramente ahora, la invención proporciona una mezcla de granos abrasivos fundidos de alúmina-circonia que presenta un rendimiento abrasivo, una resistencia y una eficacia de corte excepcionales.

Por supuesto, la presente invención no está limitada sin embargo a los modos de realización descritos y representados proporcionados a modo de ejemplos ilustrativos y no limitantes.

## REIVINDICACIONES

1. Grano fundido que presenta el análisis químico siguiente, en porcentajes en peso,

ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub> :	38,0 a 46,0 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	resto hasta 100 %
SiO <sub>2</sub> :	0,20 a 0,60 %
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	0,45 a 0,70 %
TiO <sub>2</sub> :	1,00 a 2,00 %

otros elementos, expresados en forma de óxido: < 1,00 %,

- 5 estando comprendida la relación Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> entre 0,80 y 2,00, y representando la fase cuadrática entre 60 y 90 % de la masa de circonia, estando el resto en forma monoclinica.
- 10 2. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la relación mísica Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / SiO<sub>2</sub> es superior a 1,00 e inferior a 1,80.
- 15 3. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el contenido de ZrO<sub>2</sub> es superior al 40,0 %.
- 20 4. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el contenido de sílice es superior al 0,35 %.
- 25 5. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la relación Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / SiO<sub>2</sub> es superior a 1,10 e inferior a 1,30.
- 30 6. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el contenido mísico de óxido de titanio TiO<sub>2</sub> es superior al 1,30 % e inferior al 1,70 %.
- 35 7. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la circonia cuadrática representa más de un 70 % y menos de un 85 % de la masa de circonia.
- 40 8. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los demás óxidos son inferiores al 0,50 %.
- 45 9. Grano según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:
- MgO: < 0,30 %, y/o
- CaO: < 0,30 %, y/o
- Na<sub>2</sub>O: < 0,10 %.
10. Grano según la reivindicación precedente, en el que:
- MgO: < 0,10 %, y/o
- CaO: < 0,20 %, y/o
- Na<sub>2</sub>O: < 0,05 %.
11. Herramienta abrasiva que comprende una mezcla de granos según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, estando ligados dichos granos por un ligante o depositados en capas sobre un soporte flexible, y mantenidos por un ligante.
12. Herramienta según la reivindicación precedente en forma de una muela o cinta abrasiva.