

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 824 648**

51 Int. Cl.:

**B24D 3/18** (2006.01)

**C09K 3/14** (2006.01)

**C09C 1/68** (2006.01)

**B24D 5/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.11.2012 PCT/US2012/066273**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2013 WO13078324**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2012 E 12851081 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 2782712**

54 Título: **Artículo abrasivo para operaciones de molienda con tasa de extracción de material ultraalta**

30 Prioridad:

**23.11.2011 US 201161563373 P**

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

**12.05.2021**

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ABRASIVES, INC. (50.0%)**

**One New Bond Street**

**Worcester, MA 01615, US y**

**SAINT-GOBAIN ABRASIFS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SARANGI, NILANJAN;**

**CAMPANIELLO, JOHN;**

**GAFFNEY, JAMES M.;**

**FOX, STEPHEN E.;**

**BESSE, JOHN R.;**

**WOODS, STEPHEN y**

**FIX, RENAUD**

74 Agente/Representante:

**MORENO NOGALES, Ángeles**

ES 2 824 648 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

Artículo abrasivo para operaciones de molienda con tasa de extracción de material ultraalta

## 5 Campo de la divulgación

Lo siguiente está dirigido a artículos abrasivos y, en particular, a artículos abrasivos unidos adecuados para realizar operaciones de molienda de alta velocidad.

## 10 Descripción de la técnica relacionada

15 Las herramientas abrasivas se forman, en general, para tener granos abrasivos contenidos dentro de un material de unión para aplicaciones de extracción de material. En dichas herramientas abrasivas se pueden emplear granos superabrasivos (por ejemplo, diamante o nitruro de boro cúbico (CBN)) o grano abrasivo sinterizado de alúmina de gel de sol con semillas (o incluso sin semillas), también conocido como grano abrasivo de alfa-alúmina microcristalina (MCA). El material de unión puede ser materiales orgánicos, tales como resina, o un material inorgánico, tal como vidrio o material vitrificado. En particular, herramientas abrasivas unidas que usan un material de unión vitrificado y que contienen granos de MCA o granos superabrasivos son comercialmente útiles para la molienda.

20 Determinadas herramientas abrasivas unidas, en particular aquellas que utilizan un material de unión vitrificado, requieren procesos de formación a alta temperatura, a menudo del orden de 1100 °C o más, que pueden tener efectos nocivos sobre los granos abrasivos de MCA. De hecho, se ha reconocido que a dichas temperaturas necesarias para formar la herramienta abrasiva, el material de unión puede reaccionar con los granos abrasivos, en particular los granos de MCA, y dañar la integridad de los abrasivos, reduciendo la agudeza del grano y las propiedades de rendimiento. Como resultado, la industria ha migrado hacia la reducción de las temperaturas de formación necesarias para formar el material de unión para frenar la degradación a alta temperatura de los granos abrasivos durante el proceso de formación.

30 Por ejemplo, para reducir la cantidad de reacción entre los granos de MCA y una unión vitrificada, la patente de EE.UU. n.º 4.543.107 divulga una composición de unión adecuada para activarse a una temperatura tan baja como de aproximadamente 900 °C. En un enfoque alternativo, la patente de EE.UU. n.º 4.898.597 divulga una composición de unión que comprende al menos el 40 % de materiales fritos adecuados para activarse a una temperatura tan baja como de aproximadamente 900 °C. Otros artículos abrasivos unidos de este tipo que utilizan materiales de unión capaces de formarse a temperaturas por debajo de 1000 °C, incluyen la patente de EE.UU. n.º 5.203.886, la patente de EE.UU. n.º 5.401.284, la patente de EE.UU. n.º 5.536.283, y la patente de EE.UU. n.º 9 200 187. El documento US 2008/066387 A1 se refiere a las herramientas abrasivas unidas que comprenden una composición tridimensional de (a) granos abrasivos de 22-46 % en volumen unidos con un material de unión inorgánica de 4-20 % en volumen; y b) porosidad interconectada del 40 al 68 % en volumen; en el que la mayoría de los granos abrasivos están presentes como racimos de espacio irregulares dentro del compuesto. El documento EP 1 948 398 B1 divulga herramientas abrasivas unidas con una mezcla de aglomerado incluyendo grano abrasivo filamentosos de alúmina de gel de sol y grano abrasivo no filamentosos. La industria sigue exigiendo un mejor rendimiento de dichos artículos abrasivos unidos.

45 Los materiales de unión vítreos anteriores no son necesariamente adecuados para operaciones de molienda de alta velocidad. Típicamente, las operaciones de molienda de alta velocidad requieren artículos abrasivos unidos vítreos formados a temperaturas de sinterización superiores a 1100 °C, de modo que el artículo abrasivo pueda resistir las fuerzas aplicadas durante las operaciones de molienda de alta velocidad. La industria sigue exigiendo artículos abrasivos unidos mejorados.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

50 La presente divulgación se puede entender mejor, y sus numerosos rasgos característicos y ventajas pueden resultar evidentes para los expertos en la técnica, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La FIG. 1 incluye un gráfico de la potencia media (kW) frente a la tasa de extracción de material (mm<sup>3</sup>/s/mm) para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

55 La FIG. 2 incluye un gráfico de la proporción G (volumen de material extraído/volumen de desgaste de la rueda) frente a la tasa de extracción de material (mm<sup>3</sup>/s/mm) para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

60 La FIG. 3 incluye un gráfico del desgaste radial de la rueda ( $\Delta r_s$  in mm) frente a la tasa de extracción de material para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

La FIG. 4 incluye un gráfico del radio del borde (mm) frente a la tasa de extracción de material (mm<sup>3</sup>/s/mm) para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

65

Las FIGS. 5 y 6 incluyen ilustraciones de la pérdida de forma entre abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

5 La FIG. 7 incluye un gráfico de la tasa real de extracción de material frente a la tasa teórica de extracción de material para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

La FIG. 8 incluye un gráfico de rugosidad superficial (Ra) frente a la tasa de extracción de material para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo de acuerdo con un modo de realización.

10 La FIG. 9 incluye un gráfico de la tasa máxima de extracción de material ( $\text{in}^3/\text{min}/\text{in}$ ) para los artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización.

15 La FIG. 10 incluye un gráfico de la potencia de unidad media (Hp/in) frente a la tasa de extracción de material ( $\text{in}^3/\text{min}/\text{in}$ ) para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con un modo de realización.

El uso de los mismos símbolos de referencia en diferentes dibujos indica elementos similares o idénticos.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 Lo siguiente está dirigido a artículos abrasivos unidos, que pueden ser adecuados para la molienda y la conformación de piezas de trabajo. En particular, los artículos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento pueden incorporar partículas abrasivas dentro de un material de unión. Las aplicaciones adecuadas para el uso de los artículos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento incluyen operaciones de molienda que incluyen, por ejemplo, molienda sin centro, molienda cilíndrica, molienda de cigüeñal, diversas operaciones de molienda superficial, operaciones de molienda de cojinetes y engranajes, molienda de avance gradual y diversas aplicaciones en un taller de herramientas.

De acuerdo con un modo de realización, el procedimiento de formación de un artículo abrasivo unido de la presente invención se puede iniciar formando una mezcla de compuestos y componentes adecuados para formar un material de unión. La unión está formada por compuestos de material inorgánico, tales como los compuestos de óxido. Por ejemplo, un material de óxido adecuado puede incluir el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de no más de aproximadamente el 62 % en peso de óxido de silicio para el peso total del material de unión. En otros modos de realización, el contenido de óxido de silicio puede ser menor, tal como no mayor que aproximadamente el 60 % en peso, no mayor que aproximadamente el 59 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 58 % en peso. Aun así, en determinados modos de realización, el material de unión se puede formar a partir de al menos aproximadamente el 45 % en peso, del orden de al menos aproximadamente el 47 % en peso, al menos aproximadamente el 48 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 49 % en peso, al menos aproximadamente el 50 % en peso, al menos aproximadamente el 52 % en peso de óxido de silicio para el peso total del material de unión. Se apreciará que la cantidad de óxido de silicio puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

El material de unión también puede incorporar un determinado contenido de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Por ejemplo, el material de unión puede incluir al menos aproximadamente un 9 % en peso de óxido de aluminio para el peso total del material de unión. En otros modos de realización, la cantidad de óxido de aluminio puede ser al menos aproximadamente el 10 % en peso, al menos aproximadamente el 11 % en peso, o incluso aproximadamente el 12 % en peso. En determinados casos, el material de unión puede incluir una cantidad de óxido de aluminio que no es mayor que aproximadamente el 20 % en peso, no mayor que aproximadamente el 18 % en peso, no mayor que aproximadamente el 16 % en peso, o incluso mayor que aproximadamente el 15 % en peso para el peso total de la unión. Se apreciará que la cantidad de óxido de aluminio puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

En determinados casos, el material de unión se puede formar a partir de una proporción particular entre la cantidad de óxido de silicio medida en porcentaje en peso frente a la cantidad de óxido de aluminio medida en porcentaje en peso. Por ejemplo, la proporción entre sílice y alúmina se puede describir dividiendo el porcentaje en peso de óxido de silicio por el porcentaje en peso de óxido de aluminio dentro del material de unión. De acuerdo con un modo de realización, la proporción entre óxido de silicio y óxido de aluminio no puede ser mayor que aproximadamente 5. En otros casos, la proporción del óxido de silicio con el óxido de aluminio dentro del material de unión no puede ser mayor que aproximadamente 4,8, no mayor que aproximadamente 4,6, no mayor que aproximadamente 4,5. Aun así, el material de unión se puede formar de modo que la proporción del porcentaje en peso de óxido de silicio con el porcentaje en peso de óxido de aluminio sea al menos de aproximadamente 1,8, tal como al menos de aproximadamente 2, tal como al menos aproximadamente 2,2, o incluso al menos aproximadamente 2,5. Se apreciará que la cantidad total de óxido de aluminio y óxido de silicio puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

65 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de un determinado contenido de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Por ejemplo, el material de unión puede incorporar no más que aproximadamente el 20 % en peso

5 de óxido de boro para el peso total del material de unión. En otros casos, la cantidad de óxido de boro puede ser menor, tal como no mayor que aproximadamente el 19 % en peso, no mayor que aproximadamente el 18 % en peso, no mayor que aproximadamente el 17 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 16 % en peso. Aun así, el material de unión se puede formar a partir de al menos aproximadamente el 10 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 12 % en peso, al menos aproximadamente el 13 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 14 % en peso de óxido de boro para el peso total del material de unión. Se apreciará que la cantidad de óxido de boro puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

10 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar de modo que el contenido total (es decir, la suma) del porcentaje en peso de óxido de boro y el porcentaje en peso de óxido de silicio dentro del material de unión no pueda ser mayor que aproximadamente el 80 % en peso para el total peso del material de unión. En otros casos, el contenido total de óxido de silicio y óxido de boro no puede ser mayor que aproximadamente el 78 % en peso, tal como no mayor que aproximadamente el 76 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 74 % en peso. De acuerdo con un modo de realización particular, el contenido porcentual en peso total de óxido de silicio y óxido de boro puede ser al menos aproximadamente el 60 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 66 % en peso, al menos aproximadamente el 68 % en peso, o incluso al menos aproximadamente del 70 % en peso para el peso total del material de unión. Se apreciará que el porcentaje en peso total de óxido de silicio y de óxido de boro dentro del material de unión puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos mencionados anteriormente.

20 Además, en casos particulares, la cantidad de óxido de silicio puede ser mayor que la cantidad de óxido de boro dentro del material de unión, medido en porcentaje en peso. En particular, la cantidad de óxido de silicio puede ser al menos aproximadamente 1,5 veces mayor, al menos aproximadamente 1,7 veces mayor, al menos aproximadamente 1,8 veces mayor, al menos aproximadamente 1,9 veces mayor, al menos aproximadamente 2,0 veces mayor o incluso al menos aproximadamente 2,5 veces mayor que la cantidad de óxido de boro. Aun así, en un modo de realización, el material de unión puede incluir una cantidad de óxido de silicio que no sea superior a aproximadamente 5 veces mayor, tal como no superior a aproximadamente 4,5 veces mayor, no superior a aproximadamente 4 veces mayor que la cantidad de óxido de boro. Se apreciará que la diferencia en la cantidad de óxido de silicio en comparación con la cantidad de óxido de boro puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

30 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de al menos un compuesto de óxido alcalino ( $R_2O$ ), en el que R representa un metal seleccionado de elementos del Grupo IA en la Tabla Periódica de Elementos. Por ejemplo, el material de unión se puede formar a partir de un compuesto de óxido alcalino ( $R_2O$ ) del grupo de compuestos que incluyen óxido de litio ( $Li_2O$ ), óxido de sodio ( $Na_2O$ ), óxido de potasio ( $K_2O$ ) y óxido de cesio ( $Cs_2O$ ), y una combinación de los mismos.

35 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de un contenido total de compuestos de óxido alcalino de no más de aproximadamente el 20 % en peso para el peso total del material de unión. Para otros artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización en el presente documento, el contenido total de compuestos de óxido alcalino no puede ser mayor que aproximadamente el 19 % en peso, no mayor que aproximadamente el 18 % en peso, no mayor que aproximadamente el 17 % en peso, no mayor que aproximadamente el 16 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 15 % en peso. Aun así, en un modo de realización, el contenido total de compuestos de óxido alcalino dentro del material de unión puede ser de al menos aproximadamente el 5 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 7 % en peso, al menos aproximadamente el 9 % en peso, al menos aproximadamente el 11 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 12 % en peso. Se apreciará que el material de unión puede incluir un contenido total de compuestos de óxido alcalino dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

50 De acuerdo con un modo de realización particular, el material de unión se puede formar a partir de no más de aproximadamente 4 compuestos de óxido alcalino individuales ( $R_2O$ ) como los indicados anteriormente. De hecho, determinados materiales de unión pueden incorporar no más de aproximadamente 3 compuestos de óxido alcalino dentro del material de unión. En otro modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de al menos 2 compuestos de óxido alcalino.

55 Además, de acuerdo con un modo de realización particular, la cantidad de óxido de sodio puede ser mayor que el contenido (porcentaje en peso) de óxido de litio u óxido de potasio. En casos más particulares, el contenido total de óxido de sodio medido en porcentaje en peso puede ser mayor que la suma de los contenidos de óxido de litio y óxido de potasio medidos en porcentaje en peso. Además, en un modo de realización, la cantidad de óxido de litio puede ser mayor que el contenido de óxido de potasio.

60 De acuerdo con un modo de realización, la cantidad total de compuestos de óxido alcalino medida en porcentaje en peso que forma el material de unión puede ser menor que la cantidad (medida en porcentaje en peso) de óxido de boro dentro del material de unión. De hecho, en determinados casos, el porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalino en comparación con el porcentaje en peso total de óxido de boro ( $R_2O/B_2O_3$ ) dentro del material de unión puede estar dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,5, tal como dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,3, o incluso dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,1.

5 El material de unión se puede formar a partir de una determinada cantidad de compuestos alcalinotérreos (RO), en la que R representa un elemento del Grupo IIA de la Tabla Periódica de Elementos. Por ejemplo, el material de unión puede incorporar compuestos de óxido alcalinotérreo tales como óxido de calcio (CaO), óxido de magnesio (MgO), óxido de bario (BaO) o incluso óxido de estroncio (SrO).

10 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de no más de aproximadamente el 3 % en peso de óxido de fósforo para el peso total del material de unión. En otros casos más, el material de la unión se puede formar a partir de compuestos de óxido alcalinotérreo inferiores, dichos como no mayores que el 2,8 %, no mayores que el 2,2 %, no mayores que el 1,8 %, no mayores que el 1,3 %, o incluso no mayores que el 1 %.

15 Aun así, de acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede contener un contenido de uno o más compuestos de óxido alcalinotérreo de al menos aproximadamente el 0,2 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 0,3 % en peso, al menos aproximadamente el 0,5 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 0,6 % en peso para el peso total del material de unión. Se apreciará que la cantidad de compuestos de óxido alcalinotérreo dentro del material de unión puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

20 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de no más de aproximadamente 3 compuestos de óxido alcalinotérreo diferentes. De hecho, el material de enlace no puede contener más de 2 compuestos diferentes de óxido alcalinotérreo, o incluso no más de 1 compuesto de óxido alcalinotérreo.

25 En un modo de realización, el material de unión puede incluir una cantidad de óxido de calcio que sea mayor que una cantidad de óxido de magnesio. Además, la cantidad de óxido de calcio dentro del material de unión puede ser mayor que el contenido de cualquiera de los otros compuestos de óxido alcalinotérreo presentes dentro del material de unión.

30 El material de unión se puede formar a partir de una combinación de compuestos de óxido alcalino ( $R_2O$ ) y compuestos de óxido alcalinotérreo (RO) de modo que el contenido total no sea mayor que aproximadamente el 20 % en peso para el peso total del material de unión. En otros modos de realización, el contenido total de compuestos de óxido alcalino y compuestos de óxido alcalinotérreo dentro del material de unión no puede ser mayor que aproximadamente el 19 % en peso, tal como no mayor que aproximadamente el 18 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 17 % en peso.

35 Sin embargo, en determinados modos de realización, el contenido total de compuestos de óxido alcalino y compuestos alcalinotérreos presentes dentro del material de unión puede ser de al menos aproximadamente el 7 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 8 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 10 % en peso, al menos aproximadamente el 11 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 12 % en peso. Se apreciará que el material de unión puede tener un contenido total de compuestos de óxido alcalino y de compuestos de óxido alcalinotérreo dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

40 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar de modo que el contenido de compuestos de óxido alcalino presentes dentro del material de unión sea mayor que el contenido total de compuestos de óxido alcalinotérreo. En un modo de realización particular, el material de unión se puede formar de modo que la proporción del contenido total (en porcentaje en peso) de compuestos de óxido alcalino en comparación con el porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalinotérreo ( $R_2O:RO$ ) esté dentro de un intervalo entre aproximadamente 5:1 y aproximadamente 18:1.

45 En otros modos de realización, la proporción del porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalino con el porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalinotérreo presentes dentro del material de unión puede estar dentro de un intervalo entre aproximadamente 6:1 y aproximadamente 17:1, tal como dentro de un intervalo entre aproximadamente 7:1 y aproximadamente 17:1, o incluso con un intervalo entre aproximadamente 8:1 y aproximadamente 17:1.

50 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de no más de aproximadamente el 3 % en peso de óxido de fósforo para el peso total del material de unión. En otros casos determinados, el material de unión puede contener no más de aproximadamente el 2,5 % en peso, tal como no más de aproximadamente el 2 % en peso, no más de aproximadamente el 1,5 % en peso, no más de aproximadamente el 1 % en peso, no más de aproximadamente el 0,8 % en peso, no más de aproximadamente el 0,5 % en peso, o incluso no más de aproximadamente el 0,2 % en peso de óxido de fósforo para el peso total del material de unión.

55 De hecho, en determinados casos, el material de unión puede estar esencialmente libre de óxido de fósforo. Contenidos adecuados de óxido de fósforo pueden facilitar determinadas características y propiedades de rendimiento de molienda, como se describe en el presente documento.

60 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de una composición que no comprenda más que aproximadamente el 1 % en peso de determinados compuestos de óxido, incluyendo, por ejemplo, compuestos de óxido tales como  $MnO_2$ ,  $ZrSiO_2$ ,  $CoAl_2O_4$ , y  $MgO$ . De hecho, en particular los modos de realización, el material de unión puede estar esencialmente libre de cualquier compuesto de óxido, incluyendo el  $MnO_2$ , el  $ZrSiO_2$ , el  $CoAl_2O_4$  y el  $MgO$ .

65 Además de los materiales de unión introducidos en la mezcla, el proceso de formación del artículo abrasivo unido puede incluir además la incorporación de un determinado tipo de partículas abrasivas. En algunos casos, el uso de mezcla para formar el artículo abrasivo puede incluir una combinación de diferentes tipos de material particulado abrasivo, incluyendo,

5 por ejemplo, una combinación de partículas abrasivas no aglomeradas y aglomerados abrasivos. Las partículas abrasivas no aglomeradas pueden ser material particulado distinto y separado de los aglomerados abrasivos. Las partículas abrasivas no aglomeradas pueden ser partículas abrasivas individuales que definen un material cristalino o policristalino. Los aglomerados abrasivos pueden ser un agregado de partículas abrasivas unidas y contenidas dentro de un aglomerante.

10 Las partículas abrasivas no aglomeradas pueden incluir óxido, carburo, nitruro, boruro y una combinación de los mismos. Las partículas abrasivas pueden ser un material superabrasivo. Un material de óxido ejemplar adecuado para su uso en las partículas abrasivas no aglomeradas es la alúmina. De acuerdo con un modo de realización particular, las partículas abrasivas no aglomeradas pueden consistir esencialmente en alúmina, y más en particular, consistir esencialmente en alúmina microcristalina. Las partículas abrasivas no aglomeradas pueden contener el mismo material que las partículas abrasivas contenidas en los aglomerados abrasivos.

15 Las partículas abrasivas no aglomeradas pueden tener un tamaño medio de partícula que no es mayor que aproximadamente 1050 micrones. En otros modos de realización, el tamaño de partícula promedio de las partículas abrasivas no aglomeradas puede ser menor, tal como del orden de no más de 800 micrones, no más de aproximadamente 600 micrones, no más de aproximadamente 400 micrones, no más de aproximadamente 250 micrones, no más de aproximadamente 225 micrones, no más de aproximadamente 200 micrones, no más de aproximadamente 175 micrones, no más de aproximadamente 150 micrones, o incluso no más de aproximadamente 100 micrones. Aun así, el tamaño medio de partícula de las partículas abrasivas no aglomeradas puede ser de al menos aproximadamente 1 micrón, tal como de al menos aproximadamente 5 micrones, al menos aproximadamente 10 micrómetro, al menos aproximadamente 20 micrones, al menos aproximadamente 30 micrones, o incluso al menos aproximadamente 50 micrones, al menos aproximadamente 60 micrones, al menos aproximadamente 70 micrones o incluso al menos aproximadamente 80 micrones. Se apreciará que el tamaño medio de partícula de las partículas abrasivas no aglomeradas puede estar en un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

20 En referencia adicional a partículas abrasivas no aglomeradas que utilizan alúmina microcristalina, se apreciará que la alúmina microcristalina puede estar formada con granos (es decir, cristalita) que tienen un tamaño medio de grano de tamaño submicrométrico. De hecho, el tamaño medio de grano de una alúmina microcristalina no puede ser mayor de aproximadamente 1 micrómetro, tal como no mayor que aproximadamente 0,5 micrones, no mayor que aproximadamente 0,2 micrones, no mayor que aproximadamente 0,1 micrones, o incluso no mayor que aproximadamente 0,08 micrones. Aun así, en un caso, el tamaño medio de grano puede ser al menos aproximadamente de 0,01 micrones.

25 En referencia a los aglomerados abrasivos, las partículas abrasivas no aglomeradas se pueden combinar con aglomerados abrasivos para formar el artículo abrasivo. Los aglomerados abrasivos comprenden partículas abrasivas contenidas en un aglutinante. Las partículas abrasivas de los aglomerados abrasivos pueden ser un óxido, carburo, nitruro, boruro y una combinación de los mismos. Las partículas abrasivas de los aglomerados abrasivos pueden ser un material superabrasivo. En un caso, las partículas abrasivas de los aglomerados abrasivos pueden incluir la alúmina, y pueden consistir esencialmente en alúmina, y más en particular, pueden consistir esencialmente en alúmina microcristalina.

30 Los aglomerados abrasivos se hacen formando una mezcla que incluye un material de aglutinante y partículas abrasivas. Dependiendo del material de aglutinante, la mezcla se puede tratar para formar los aglomerados abrasivos. Por ejemplo, en el caso de un material de aglutinante que comprenda un material inorgánico, tal como material a base de óxido (por ejemplo, material vítreo), otro tratamiento de la mezcla puede incluir el tratamiento térmico, y en particular el tratamiento en un horno rotatorio para crear los aglomerados abrasivos. Después del tratamiento, el material resultante se puede reducir según sea necesario para alcanzar un tamaño y forma particulares de aglomerado abrasivo.

35 Los aglomerados abrasivos contienen al menos el 70 % en volumen y no más del 90 % en volumen de partículas abrasivas de alúmina para el volumen total del aglomerado abrasivo.

40 Además, en un modo de realización, las partículas abrasivas de los aglomerados abrasivos pueden tener un tamaño medio de partícula de al menos de unos 10 micrones. En otros aglomerados de los modos de realización en el presente documento, el tamaño medio de partícula de las partículas abrasivas puede ser al menos unos 20 micrones, dichos como al menos unos 50 micrones. Aun así, las partículas abrasivas no pueden ser mayores que aproximadamente 250 micrones, no mayores que aproximadamente 200 micrones, o incluso no mayores que aproximadamente 180 micrones. Se apreciará que el tamaño medio de partícula de las partículas abrasivas dentro de los aglomerados abrasivos puede estar en un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

45 Las partículas abrasivas del aglomerado abrasivo pueden incluir la alúmina microcristalina que puede tener un tamaño medio de grano tal como se describe en los modos de realización en el presente documento.

50 Los aglomerados abrasivos pueden tener un tamaño particular. De hecho, los aglomerados abrasivos pueden tener un tamaño medio de aglomerado, que es una medición de la dimensión más larga del aglomerado, de al menos aproximadamente 50 micrones, tal como de al menos aproximadamente 80 micrones, de al menos aproximadamente 100 micrones, de al menos aproximadamente 150 micrones, de al menos aproximadamente 200 micrones, de al menos aproximadamente 250 micrones, de al menos aproximadamente 500 micrones, o incluso de al menos aproximadamente

600 micrones. Aun así, de acuerdo con un modo de realización en particular, los aglomerados abrasivos pueden tener un tamaño medio de aglomerado no mayor que aproximadamente 2 mm, tal como no mayor que aproximadamente 1 mm, o incluso no mayor que aproximadamente 0,8 mm. Se apreciará que el tamaño medio de aglomerado puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

Como se describe en el presente documento, los aglomerados abrasivos tienen partículas abrasivas contenidas en un aglutinante. De acuerdo con un modo de realización no limitante, el aglutinante puede ser un material inorgánico, un material orgánico y una combinación de los mismos. Algunos de los aglutinantes ejemplares son el material vitrificado, el material orgánico, el material cristalino y una combinación de los mismos. En un caso particular, el aglutinante puede ser un material vitrificado basado en óxido que tenga una composición particular que facilite la formación de un artículo abrasivo de acuerdo con los modos de realización en el presente documento.

De acuerdo con un modo de realización, el aglutinante se puede formar a partir de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), y en particular, puede contener no más de aproximadamente el 62 % en peso de óxido de silicio para el peso total del aglutinante. En otros modos de realización, el aglutinante se puede formar a partir de un contenido de óxido de silicio no mayor que aproximadamente el 60 % en peso, no mayor que aproximadamente el 59 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 58 % en peso. Aun así, en determinados modos de realización, el aglutinante se puede formar a partir de al menos aproximadamente el 45 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 50 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 52 % en peso de óxido de silicio para el peso total del aglutinante. Se apreciará que la cantidad de óxido de silicio puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

El aglutinante también puede incorporar un determinado contenido de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), tal como al menos aproximadamente el 9 % en peso, al menos aproximadamente el 10 % en peso, o incluso aproximadamente el 12 % en peso para el peso total del aglutinante. En algunos casos, el aglutinante puede incluir una cantidad de óxido de aluminio que no sea mayor que aproximadamente el 20 % en peso, no mayor que aproximadamente el 16 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 14 % de óxido de aluminio. Se apreciará que la cantidad de óxido de aluminio puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

En determinados casos, el aglutinante se puede formar a partir de una proporción particular entre la cantidad de óxido de silicio medida en porcentaje en peso frente a la cantidad de óxido de aluminio medida en porcentaje en peso. Por ejemplo, la proporción entre sílice y alúmina se puede describir dividiendo el porcentaje en peso de óxido de silicio por el porcentaje en peso de óxido de aluminio dentro del material de unión. De acuerdo con un modo de realización, la proporción entre óxido de silicio y óxido de aluminio no puede ser mayor que aproximadamente 5 o no mayor que aproximadamente 4,5. Aun así, el aglutinante puede ser de modo que la proporción del porcentaje en peso del óxido de silicio con el porcentaje en peso del óxido de aluminio es al menos aproximadamente 1,8, tal como al menos aproximadamente 2,2, o incluso al menos aproximadamente 2,5. Se apreciará que la cantidad total de óxido de aluminio y óxido de silicio puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de un determinado contenido de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Por ejemplo, el aglutinante se puede formar a partir de un óxido de boro no superior al mayor que el 20 % en peso, tal como no mayor que aproximadamente el 18 % en peso total del aglutinante. Aun así, el aglutinante se puede formar a partir de al menos aproximadamente el 10 % en peso o incluso al menos aproximadamente el 12 % en peso de óxido de boro para el peso total del aglutinante. Se apreciará que la cantidad de óxido de boro puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar de modo que el contenido total (es decir, la suma) del porcentaje en peso de óxido de boro y el porcentaje en peso de óxido de silicio dentro del material de unión no pueda ser mayor que aproximadamente el 80 % en peso para el peso total del material de unión. En otros casos, el contenido total de óxido de silicio y óxido de boro no puede ser mayor que aproximadamente el 78 % en peso, tal como no mayor que aproximadamente el 76 % en peso. De acuerdo con un modo de realización particular, el contenido porcentual en peso total de óxido de silicio y óxido de boro puede ser al menos aproximadamente el 55 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 58 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 62 % en peso para el peso total del aglutinante. Se apreciará que el porcentaje en peso total de óxido de silicio y de óxido de boro dentro del aglutinante puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

Además, en casos particulares, la cantidad de óxido de silicio puede ser mayor que la cantidad de óxido de boro dentro del aglutinante, como se mide en porcentaje en peso. En particular, la cantidad de óxido de silicio puede ser al menos aproximadamente 1,5 veces mayor, al menos aproximadamente 1,7 veces mayor, al menos aproximadamente 1,8 veces mayor, o incluso al menos aproximadamente 2,5 veces mayor que la cantidad de óxido de boro. Aun así, en un modo de realización, el aglutinante puede incluir una cantidad de óxido de silicio que sea menor que una cantidad aproximadamente 5 veces mayor, tal como no mayor que aproximadamente 4,5 veces mayor, o incluso no mayor que aproximadamente 4 veces mayor que la cantidad de óxido de boro. Se apreciará que la diferencia en la cantidad de óxido de silicio en comparación con la cantidad de óxido de boro puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el aglutinante se puede formar a partir de al menos un compuesto de óxido alcalino ( $R_2O$ ), en el que R representa un metal seleccionado de elementos del Grupo IA en la Tabla Periódica de Elementos. Por ejemplo, el aglutinante se puede formar a partir de un compuesto de óxido alcalino ( $R_2O$ ) del grupo de compuestos que incluyen óxido de litio ( $Li_2O$ ), óxido de sodio ( $Na_2O$ ), óxido de potasio ( $K_2O$ ) y óxido de cesio ( $Cs_2O$ ), y una combinación de los mismos.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión se puede formar a partir de un contenido total de compuestos de óxido alcalino de no más de aproximadamente el 20 % en peso para el peso total del aglutinante. Para otros aglomerados de acuerdo con los modos de realización del presente documento, el contenido total de compuestos de óxido alcalino no puede ser mayor que aproximadamente el 19 % en peso, no mayor que aproximadamente el 18 % en peso, no mayor que aproximadamente el 17 % en peso, no mayor que aproximadamente 16 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 15 % en peso. Aun así, en un modo de realización, el contenido total de compuestos de óxido alcalino dentro del aglutinante puede ser de al menos aproximadamente el 5 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 7 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 9 % en peso. Se apreciará que el aglutinante puede incluir un contenido total de compuestos de óxido alcalino dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización particular, el material de unión se puede formar a partir de no más de aproximadamente 4 compuestos de óxido alcalino individuales ( $R_2O$ ) como se indica anteriormente. De hecho, determinados aglutinantes pueden usar no más de aproximadamente 3 compuestos de óxido alcalino, tales como compuestos de óxido alcalino.

De acuerdo con un modo de realización particular, la cantidad de óxido de sodio presente en el aglutinante de los aglomerados puede ser mayor que el contenido (porcentaje en peso) de óxido de litio u óxido de potasio. En casos más particulares, el contenido total de óxido de sodio medido en porcentaje en peso puede ser mayor que la suma de los contenidos de óxido de litio y óxido de potasio medidos en porcentaje en peso. Además, en un modo de realización, la cantidad de óxido de litio puede ser mayor que el contenido de óxido de potasio.

De acuerdo con un modo de realización, la cantidad total de compuestos de óxido alcalino medida en porcentaje en peso que forma el aglutinante puede ser menor que la cantidad (medida en porcentaje en peso) de óxido de boro dentro del aglutinante. De hecho, en determinados casos, el porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalino en comparación con el porcentaje en peso total de óxido de boro ( $R_2O/B_2O_3$ ) dentro del aglutinante puede estar dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,5, tal como dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,3, o incluso dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,1.

El aglutinante de los aglomerados abrasivos se puede formar a partir de una determinada cantidad de compuestos alcalinotérreos (RO), en la que R representa un elemento del Grupo IIA de la Tabla Periódica de Elementos. Por ejemplo, el aglutinante puede incorporar compuestos de óxido alcalinotérreo tales como óxido de calcio ( $CaO$ ), óxido de magnesio ( $MgO$ ), óxido de bario ( $BaO$ ) o incluso óxido de estroncio ( $SrO$ ).

De acuerdo con un modo de realización, el aglutinante se puede formar a partir de no más de aproximadamente el 3 % en peso de compuestos de óxido alcalinotérreo para el peso total del aglutinante. En otros casos, el aglutinante se puede formar a partir de menos compuestos de óxido alcalinotérreo, tales como del orden de no mayor que aproximadamente el 2,8 % en peso, no mayor que aproximadamente el 2,2 % en peso, mayor que aproximadamente el 2 % en peso, mayor que aproximadamente el 1,8 % en peso, no mayor que aproximadamente el 1,3 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 1 % en peso. Aun así, de acuerdo con un modo de realización, el aglutinante puede contener un contenido total de uno o más compuestos de óxido alcalinotérreo de al menos aproximadamente el 0,2 % en peso o incluso al menos aproximadamente el 0,6 % en peso para el peso total del aglutinante. Se apreciará que la cantidad de compuestos de óxido alcalinotérreo dentro del aglutinante pueda estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el aglutinante de los aglomerados abrasivos se puede formar a partir de no más de 3 compuestos de óxido alcalinotérreo diferentes, tal como no más de 2 compuestos de óxido alcalinotérreo diferentes, o incluso no más de 1 compuesto de óxido alcalinotérreo.

En un modo de realización, el aglutinante puede incluir una cantidad de óxido de calcio que sea mayor que una cantidad de óxido de magnesio. Además, la cantidad de óxido de calcio dentro del material de unión puede ser mayor que el contenido de cualquiera de los otros compuestos de óxido alcalinotérreo presentes dentro del aglutinante.

El material de unión se puede formar a partir de una combinación de compuestos de óxido alcalino ( $R_2O$ ) y compuestos de óxido alcalinotérreo (RO) de modo que el contenido total no sea mayor que aproximadamente el 20 % en peso para el peso total del aglutinante. En otros modos de realización, el contenido total de compuestos de óxido alcalino y compuestos de óxido alcalinotérreo dentro del aglutinante no puede ser mayor que aproximadamente el 19 % en peso, tal como no mayor que aproximadamente el 18 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 17 % en peso. Sin embargo,

5 en determinados modos de realización, el contenido total de compuestos de óxido alcalino y compuestos alcalinotérreos presentes dentro del material de unión puede ser de al menos aproximadamente el 7 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 8 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 9 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 10 % en peso. Se apreciará que el material de unión puede tener un contenido total de compuestos de óxido alcalino y de compuestos de óxido alcalinotérreo dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

10 De acuerdo con un modo de realización, el aglutinante de los aglomerados abrasivos se puede formar de modo que el contenido de compuestos de óxido alcalino presentes dentro del material de unión sea mayor que el contenido total de compuestos de óxido alcalinotérreo. En un modo de realización particular, el aglutinante se puede formar de modo que la proporción del contenido total (en porcentaje en peso) de compuestos de óxido alcalino en comparación con el porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalinotérreo ( $R_2O:RO$ ) esté dentro de un intervalo entre aproximadamente 5:1 y aproximadamente 25:1. En otros modos de realización, la proporción del porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalino con el porcentaje en peso total de compuestos de óxido alcalinotérreo presentes dentro del aglutinante puede estar dentro de un intervalo entre aproximadamente 6:1 y aproximadamente 23:1, tal como dentro de un intervalo entre aproximadamente 7:1 y aproximadamente 22:1, o incluso con un intervalo entre aproximadamente 8:1 y aproximadamente 20:1.

20 De acuerdo con un modo de realización, el aglutinante se puede formar a partir de no más de aproximadamente el 3 % en peso de óxido de fósforo para el peso total del aglutinante. En otros casos determinados, el aglutinante puede contener no más que aproximadamente el 2,5 % en peso, tal como no más que aproximadamente el 2 % en peso, no más que aproximadamente el 1,5 % en peso, no más que aproximadamente el 1 % en peso, no más que aproximadamente el 0,8 % en peso, no más que aproximadamente el 0,5 % en peso, o incluso no más que aproximadamente el 0,2 % en peso de óxido de fósforo para el peso total del aglutinante. De hecho, en determinados casos, el aglutinante puede estar esencialmente libre de óxido de fósforo. Contenidos adecuados de óxido de fósforo pueden facilitar determinadas características y propiedades de rendimiento de molienda, como se describe en el presente documento.

30 Los aglomerados abrasivos contienen una cantidad particular de aglutinante para facilitar la formación de un cuerpo abrasivo unido de acuerdo con los modos de realización en el presente documento. La cantidad de aglutinante no es mayor que aproximadamente el 4 % en volumen, o incluso no mayor que aproximadamente el 3 % en volumen. Aun así, de acuerdo con un modo de realización en particular, los aglomerados abrasivos se forman para incluir al menos el 1 % en volumen, o incluso al menos aproximadamente el 1,3 % en volumen de aglutinante para el volumen total del aglomerado abrasivo. Se apreciará que el contenido de partículas abrasivas dentro del cuerpo abrasivo unido puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

35 Los aglomerados abrasivos contienen una porosidad particular como se define en la reivindicación 1 para facilitar la formación de un cuerpo abrasivo unido de acuerdo con los modos de realización en el presente documento. Los aglomerados abrasivos se pueden formar para tener una forma particular. Por ejemplo, determinados aglomerados abrasivos pueden tener una proporción de aspecto, que es una medida de la longitud (es decir, la dimensión más larga) hasta el ancho (la dimensión más corta medida perpendicular a la longitud) no mayor que aproximadamente 3:1. En otros casos, la proporción de aspecto de los aglomerados abrasivos no puede ser mayor que 2:1, no mayor que 1,7:1, no mayor que 1,5:1, o incluso no mayor que 1,3:1. En un modo de realización en particular, el artículo abrasivo incluye aglomerados abrasivos que son partículas sustancialmente equidistantes.

45 Adicionalmente, el cuerpo abrasivo unido se puede formar a partir de una mezcla que incluya un aditivo, incluyendo el ejemplo de formar, uno o más materiales inorgánicos, incluyendo, por ejemplo, óxidos, y en particular puede incluir fases cristalinas o amorfas de circonio, silice, titania y una combinación de los mismos.

50 En algunos casos, el aditivo puede incluir uno o más agentes formadores de poros. Algunos agentes de formación de poros adecuados pueden incluir materiales orgánicos, materiales naturales, materiales polímeros, materiales inorgánicos y una combinación de los mismos. De acuerdo con un modo de realización, el cuerpo se puede formar a partir de uno o más agentes formadores de poros tales como alúmina en burbuja, mullita de burbujas, esferas de vidrio huecas, esferas cerámicas huecas, esferas de polímero huecas, polímeros, compuestos orgánicos, materiales fibrosos, naftaleno, paradichlorobenceno (PDB), conchas, madera y una combinación de los mismos. En casos más particulares, el cuerpo abrasivo unido se puede formar a partir de una combinación de al menos dos agentes formadores de poros diferentes, en la que el cuerpo se forma a partir de una combinación de material en burbuja y un agente formador de poros de base orgánica. El agente formador de poros de base orgánica puede ser la cáscara de nuez.

60 En algunos modos de realización, el cuerpo abrasivo unido se puede formar a partir de un agente formador de poros en una cantidad de al menos aproximadamente el 1 % para el peso total de la mezcla. En otros casos, el contenido de agente formador de poros que constituye la mezcla de la cual se forma el cuerpo abrasivo unido puede ser al menos aproximadamente el 2 % en peso, dicho al menos aproximadamente el 3 % en peso, al menos aproximadamente el 4 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 5 % en peso. Sin embargo, el contenido total del agente formador de poros usado para formar el cuerpo abrasivo unido no puede ser mayor que aproximadamente el 15 % en peso, no mayor que aproximadamente el 12 % en peso, no mayor que aproximadamente el 10 % en peso, no mayor que aproximadamente el 9 % en peso para el peso total de la mezcla. Se apreciará que las cantidades anteriores pueden representar la cantidad

de alúmina en burbuja dentro de la mezcla usada para formar el cuerpo abrasivo unido. Se apreciará además que el contenido total del agente formador de poros dentro de la mezcla para formar el cuerpo abrasivo unido puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

5 Después de que la mezcla se forme adecuadamente, la mezcla se puede conformar. Los procesos de conformación adecuados pueden incluir la fundición, el moldeo, la presión, la extrusión y una combinación de los mismos. En casos particulares, la conformación incluye operaciones de prensado y/u operaciones de moldeo y una combinación de las mismas. Por ejemplo, en un modo de realización, la mezcla se puede conformar presionando en frío la mezcla dentro de un molde para formar un cuerpo verde

10 Después de formar adecuadamente la pieza prensada, el cuerpo verde se puede activar a una temperatura particular para facilitar la formación de un artículo abrasivo que tenga un material de unión adecuado. Especialmente, para los modos de realización en el presente documento que utilizan un material de unión de fase vítrea, la operación de activación se puede llevar a cabo a una temperatura de activación que sea inferior a aproximadamente 1000 °C. En modos de realización particulares, la temperatura de activación puede ser inferior a aproximadamente 980 °C, tal como inferior a aproximadamente 950 °C y, en particular, dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente 800 °C y 950 °C. Se apreciará que se pueden utilizar temperaturas de activación en particular bajas con los componentes de unión indicados anteriormente de modo que se evitan temperaturas excesivamente altas y, por tanto, se limita la degradación de las partículas abrasivas durante el proceso de formación.

20 De acuerdo con un modo de realización particular, el cuerpo abrasivo unido comprende un material de unión que tiene un material de fase vítrea. En casos particulares, el material de unión es un material vítrea monofásico.

25 El cuerpo abrasivo unido formado finalmente puede tener un contenido particular de material de unión, partículas abrasivas y porosidad que pueden facilitar un rendimiento mejor. Por ejemplo, el cuerpo del artículo abrasivo unido puede tener una porosidad de al menos aproximadamente el 42 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. En otros modos de realización, la cantidad de porosidad puede ser mayor, tal como de al menos aproximadamente el 43 % en volumen, tal como de al menos aproximadamente el 44 % en volumen, de al menos aproximadamente el 45 % en volumen, de al menos aproximadamente el 46 % en volumen, de al menos aproximadamente el 48 % en volumen, de al menos aproximadamente el 50 % en volumen, o incluso de al menos aproximadamente el 52 % en volumen, para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. De acuerdo con un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener una porosidad que no sea mayor que aproximadamente el 70 % en volumen, tal como no mayor que aproximadamente el 65 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 63 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 60 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 58 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. Se apreciará que el cuerpo abrasivo unido puede tener una porosidad dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

40 Además, en casos particulares, el cuerpo abrasivo unido puede tener una porción de la porosidad que sea la porosidad interconectada, en la que la porosidad interconectada es la que se define como una red interconectada de canales que se extienden a través del cuerpo y se abren a la superficie externa del cuerpo abrasivo unido. De acuerdo con un modo de realización, al menos aproximadamente el 5 % del volumen total de porosidad es porosidad interconectada. En otros casos, el contenido de la porosidad interconectada puede ser mayor, tal como de al menos de aproximadamente el 10 %, de al menos aproximadamente el 20 %, de al menos aproximadamente el 30 %, de al menos aproximadamente el 40 %, o incluso de al menos aproximadamente el 50 % de la porosidad total. Aun así, en modos de realización particulares, la cantidad de porosidad interconectada puede no ser mayor que aproximadamente el 95 %, tal como no mayor que aproximadamente el 90 %, o no mayor que aproximadamente el 85 % del volumen total de porosidad. Se apreciará que el cuerpo abrasivo unido puede tener un contenido de porosidad interconectada dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

50 En un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede contener un contenido menor (% en volumen) de material de unión en comparación con el contenido de porosidad y partículas abrasivas. Por ejemplo, el cuerpo abrasivo unido puede tener no más de aproximadamente el 15 % en volumen de material de unión para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. En otros casos, el cuerpo abrasivo unido se puede formar de modo que no contiene más que el 12 % en volumen, no más que el 10 % en volumen, o incluso no más que el 9 % en volumen, no más que el 8 % en volumen, no más que el 7 % en volumen, o incluso no más que el 6,5 % en volumen de material de unión para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. En un caso particular, el cuerpo abrasivo unido puede tener al menos aproximadamente el 1 % en volumen, tal como al menos aproximadamente el 2 % en volumen, del orden de al menos aproximadamente el 3 % en volumen, o incluso al menos aproximadamente el 4 % en volumen de material de unión para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. Se apreciará que el cuerpo abrasivo unido puede tener un contenido de material de unión dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

60 El cuerpo abrasivo unido puede contener un contenido particular de material de partículas abrasivas que puede facilitar un rendimiento mejorado. El material de partículas abrasivas puede incluir partículas abrasivas no aglomeradas, aglomerados abrasivos y materiales abrasivos secundarios y rellenos.

65

De acuerdo con un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener un contenido total de material de partículas abrasivas de al menos aproximadamente el 35 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. En algunos otros casos, el contenido total de material de partículas abrasivas puede ser mayor, tal como al menos aproximadamente el 37 % en volumen, al menos aproximadamente el 39 % en volumen, al menos aproximadamente el 40 % en volumen, al menos aproximadamente el 42 % en volumen, o incluso al menos aproximadamente el 44 % en volumen. De acuerdo con otro modo de realización particular, el cuerpo abrasivo unido se puede formar de modo que no sea mayor que aproximadamente el 55 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 54 % en volumen, no mayor que el 52 % en volumen, no mayor que el 50 % en volumen, no mayor que el 48 % en volumen, o incluso no mayor que el 46 % en volumen de material de partículas abrasivas en el volumen total del cuerpo abrasivo unido. Se apreciará que el contenido de material particulado abrasivo dentro del cuerpo abrasivo unido puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

En un caso particular, el contenido (% en volumen) de los aglomerados abrasivos puede ser mayor que un contenido (% en volumen) de partículas abrasivas no aglomeradas. Por ejemplo, el cuerpo puede estar formado por completo por aglomerados abrasivos y no contener partículas abrasivas no aglomeradas. De forma alternativa, la cantidad (% en volumen) de aglomerados abrasivos puede ser inferior a un contenido (% en volumen) de partículas abrasivas no aglomeradas. Aun así, en otro modo de realización en particular, la cantidad (% en volumen) de aglomerados abrasivos puede ser sustancialmente igual (dentro de un 5 %) al contenido (% en volumen) de partículas abrasivas no aglomeradas.

En determinados cuerpos abrasivos unidos ejemplares, la cantidad de aglomerados abrasivos y partículas abrasivas no aglomeradas se puede describir mediante una proporción de partículas abrasivas ( $AP_p:AP_{agg}$ ) dentro de un intervalo entre 3:1 y aproximadamente 1:3, en el que el  $AP_p$  representa una cantidad (% en volumen) de partículas abrasivas presentes en el cuerpo y  $AP_{agg}$  representa una cantidad (% en volumen) de aglomerados abrasivos presentes en el cuerpo. En otros casos, la proporción de partículas abrasivas ( $AP_p:AP_{agg}$ ) puede estar dentro de un intervalo entre aproximadamente 2,8:1 y aproximadamente 1:2,8, tal como dentro de un intervalo entre aproximadamente 2,6:1 y aproximadamente 1:2,6, dentro un intervalo entre 2,4:1 y aproximadamente 1:2,4, dentro de un intervalo entre aproximadamente 2,2:1 y aproximadamente 1:2,2, dentro de un intervalo entre aproximadamente 2:1 y aproximadamente 1:2, dentro de un intervalo entre aproximadamente 1,8:1 y aproximadamente 1:1,8, dentro de un intervalo entre aproximadamente 1,6:1 y aproximadamente 1:1,6, o incluso dentro de un intervalo entre aproximadamente 1,4:1 y aproximadamente 1:1,4.

De acuerdo con un modo de realización en particular, el cuerpo puede tener un contenido de aglomerados abrasivos de al menos aproximadamente el 10 % en volumen para el volumen total del cuerpo. En otros modos de realización, la cantidad de porosidad puede ser mayor, tal como de al menos aproximadamente el 15 % en volumen, tal como de al menos aproximadamente el 20 % en volumen, al menos aproximadamente el 25 % en volumen, al menos aproximadamente el 30 % en volumen, o incluso al menos aproximadamente el 32 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. Sin embargo, en un caso particular, los aglomerados abrasivos pueden estar presentes en una cantidad no mayor que el 80 % en volumen, tal como no mayor que aproximadamente el 70 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 65 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 60 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 55 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 50 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 45 % en volumen, o incluso no mayor que aproximadamente el 42 % en volumen. Se apreciará que el contenido de aglomerados abrasivos dentro del cuerpo abrasivo unido puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

En un modo de realización, el cuerpo puede tener un contenido de partículas abrasivas no aglomeradas de al menos aproximadamente el 10 % en volumen para el volumen total del cuerpo. Aun así, el contenido de partículas abrasivas no aglomeradas puede ser mayor, tal como al menos aproximadamente el 15 % en volumen, al menos aproximadamente el 20 % en volumen, al menos aproximadamente el 25 % en volumen, al menos aproximadamente el 30 % en volumen o incluso al menos aproximadamente el 32 % en volumen para el volumen total del cuerpo. Sin embargo, en un caso particular, las partículas abrasivas no aglomeradas pueden estar presentes en una cantidad no mayor que aproximadamente el 80 % en volumen, tal como no mayor que aproximadamente el 70 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 65 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 60 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 55 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 50 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 45 % en volumen, o incluso no mayor que aproximadamente el 42 % en volumen. Se apreciará que el contenido de partículas abrasivas no aglomeradas dentro del cuerpo abrasivo unido puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos indicados anteriormente.

Se entenderá razonablemente que el contenido total de las fases del componente (por ejemplo, material de partículas abrasivas, porosidad, unión, rellenos, etc.) del cuerpo abrasivo unido asciende al 100 % y no lo supera.

En particular, el contenido de fase de los artículos abrasivos unidos convencionales está limitado, tienen típicamente una porosidad máxima dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 40 % en volumen y el 51 % en volumen, un contenido de partículas abrasivas de entre aproximadamente el 42 % en volumen y el 50 % en volumen, y un contenido de unión de entre aproximadamente el 10 y el 20 % en volumen. Los artículos abrasivos unidos convencionales tienen típicamente un contenido de porosidad máximo del 50 % en volumen o menos porque las aplicaciones de molienda requieren un cuerpo abrasivo unido que tenga la resistencia suficiente para tratar con las fuerzas excesivas encontradas

durante el moliente de alta velocidad, y los cuerpos abrasivos unidos altamente porosos no han sido capaces anteriormente de resistir dichas fuerzas.

Típicamente, se considera que las aplicaciones de moliente de alta velocidad se realizan a velocidades de funcionamiento de 60 m/s o más. Como se usa en el presente documento, las operaciones de moliente de la tasa de extracción de material ultraalta (UHMRR) son operaciones de moliente realizadas a una tasa de extracción de material de al menos de aproximadamente 1,6 in.<sup>3</sup>/min./in. [17,3 mm<sup>3</sup>/s/mm] sin evidencia de daños (por ejemplo, quemaduras) en la pieza trabajada. En base a la divulgación, resultarán evidentes otros parámetros de moliente usados en las operaciones de moliente UHMRR.

En particular, los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento pueden tener características particulares a diferencia de los artículos abrasivos unidos a alta velocidad convencionales. En particular, los artículos abrasivos unidos en el presente documento pueden tener una combinación particular de fases que faciliten un rendimiento mejor, en particular en el ámbito de las operaciones de moliente UHMRR.

La referencia en el presente documento a las capacidades de moliente del cuerpo abrasivo unido se puede referir a operaciones de moliente tales como moliente sin centro, moliente cilíndrica, moliente de cigüeñal, diversas operaciones de moliente superficial, operaciones de moliente de cojinetes y engranajes, moliente de avance gradual y diversos procesos de moliente de un taller de herramientas. Además, las piezas de trabajo adecuadas para las operaciones de moliente pueden incluir materiales inorgánicos u orgánicos. En casos particulares, la pieza de trabajo puede incluir un metal, aleación de metal, plástico o material natural. En un modo de realización, la pieza de trabajo puede incluir un metal ferroso, un metal no ferroso, una aleación de metal, una superaleación de metal y una combinación de los mismos. En otro modo de realización, la pieza de trabajo puede incluir un material orgánico, que incluya, por ejemplo, un material polimérico. En otros casos, la pieza de trabajo puede ser un material natural, que incluya, por ejemplo, madera.

En casos particulares, se ha observado que el cuerpo abrasivo unido es capaz de moler piezas de trabajo a tasas de extracción de material ultraaltas. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede llevar a cabo una operación de moliente a una tasa de extracción de material de al menos aproximadamente 1,60 in.<sup>3</sup>/min./in. [17,3 mm<sup>3</sup>/s/mm], tal como 1,7 in.<sup>3</sup>/min./in. [18,4 mm<sup>3</sup>/s/mm], al menos aproximadamente 1,8 in.<sup>3</sup>/min./in. [19,4 mm<sup>3</sup>/s/mm], al menos aproximadamente 1,9 in.<sup>3</sup>/min./in. [20,5 mm<sup>3</sup>/s/mm], o incluso al menos 2,0 in.<sup>3</sup>/min./in. [21,6 mm<sup>3</sup>/s/mm] funcionamiento. Sin embargo, la tasa de extracción de material para determinados cuerpos abrasivos unidos no puede ser mayor que aproximadamente 5,0 in.<sup>3</sup>/min./in. [54 mm<sup>3</sup>/s/mm], tal como no mayor que 4,5 in.<sup>3</sup>/min./in. [48,6 mm<sup>3</sup>/s/mm] durante una operación de moliente con tasa de extracción de material ultraalta (UHMRR). Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden moler una pieza de trabajo a las tasas de extracción de material dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

Se ha observado que el cuerpo abrasivo unido es capaz de moler piezas de trabajo a tasas de extracción de material ultraaltas y con un desgaste limitado. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener una tasa relativa de desgaste de no más del 90 % en el que la tasa relativa de desgaste se calcula como el cambio en el radio de la rueda después de realizar una operación de moliente UHMRR de acuerdo con un modo de realización. En otros modos de realización, la tasa relativa de desgaste del cuerpo abrasivo unido puede ser menor, tal como no mayor que aproximadamente el 85 %, no mayor que aproximadamente el 80 %, no mayor que alrededor el 70%, no mayor que aproximadamente el 60 %, o no mayor que aproximadamente el 40 % durante una operación de moliente UHMRR. Aun así, en un caso particular, los cuerpos abrasivos unidos en el presente documento pueden tener una tasa relativa de desgaste de al menos aproximadamente el 5 %, o incluso al menos aproximadamente el 10 % durante una operación de moliente UHMRR. Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden tener una tasa de desgaste dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

Además, el cuerpo abrasivo unido puede ser capaz de moler piezas de trabajo a tasas de extracción de material ultraaltas y con una energía específica de moliente. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener una energía de moliente específica, medida como la pendiente de una curva de potencia frente a la tasa de extracción de material, de no más de 11 Hp/in<sup>3</sup> min (30 J/mm<sup>3</sup>) durante una operación de moliente con tasa de extracción de material ultraalta (UHMRR). En otros casos, los artículos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento pueden tener una energía de moliente específica no mayor que aproximadamente 10,9 Hp/in<sup>3</sup> min (29,4 J/mm<sup>3</sup>), no mayor que aproximadamente 10,8 Hp/in<sup>3</sup> min (29,1 J/mm<sup>3</sup>), o incluso no mayor que aproximadamente 10,7 Hp/in<sup>3</sup> min (28,8 J/mm<sup>3</sup>) durante una operación de moliente con tasa de extracción de material ultraalta (UHMRR). Aun así, de acuerdo con un modo de realización, la energía de moliente específica puede ser al menos aproximadamente de 5 Hp/in<sup>3</sup> min (13,5 J/mm<sup>3</sup>), o incluso al menos aproximadamente de 7 Hp/in<sup>3</sup> min (18,9 J/mm<sup>3</sup>) durante una operación de moliente con tasa de material ultraalta (UHMRR). Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden tener una energía de moliente específica durante operaciones de moliente UHMRR, dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

Además, el cuerpo abrasivo unido se puede configurar para llevar a cabo operaciones de moliente con tasa de extracción de material ultraalta con mayor eficiencia. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener una potencia de umbral específica, que es una medida (o extrapolación) de la potencia utilizada a una tasa de extracción de material de 0, en base a la pendiente de una curva del gráfico de la tasa de extracción de material frente a la potencia.

De acuerdo con un modo de realización, la potencia de umbral específica no puede ser mayor que aproximadamente 1,2 Hp/in, tal como no mayor que aproximadamente 1,1 Hp/in, no mayor que aproximadamente 1,0 Hp/in, o incluso no mayor que aproximadamente 0,9 Hp/in. Aun así, de acuerdo con un modo de realización, la potencia de umbral específica puede ser al menos aproximadamente 0,1 Hp/in, o incluso no mayor que 0,3 Hp/in. Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden tener una potencia de umbral específica dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimo y máximo indicados anteriormente.

Durante determinadas operaciones de molienda, se ha observado que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden realizar una operación de molienda UHMRR a una profundidad de corte (DOC) media particular. Por ejemplo, la profundidad de corte alcanzada por el cuerpo abrasivo unido puede ser al menos de aproximadamente 0,003 pulgadas (0,0762 milímetros). En otros casos, el cuerpo abrasivo unido es capaz de alcanzar una profundidad de corte durante operaciones de molienda de alta velocidad de al menos aproximadamente 0,007 pulgadas (0,117 milímetros), tal como de al menos aproximadamente 0,01 pulgadas (0,254 milímetros), o incluso de al menos aproximadamente 0,015 pulgadas (0,381 milímetros). Aun así, la profundidad de corte media para determinadas operaciones de molienda UHMRR que utilizan los cuerpos abrasivos unidos en el presente documento no puede ser mayor que aproximadamente 0,05 pulgadas (1,27 milímetros), ni mayor que aproximadamente 0,03 pulgadas (0,762 milímetros). Se apreciará que la profundidad de corte puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

En otros modos de realización, se ha observado que el cuerpo abrasivo unido puede moler una pieza de trabajo a una potencia máxima que no exceda aproximadamente 10 Hp (7,5 kW), durante las operaciones de molienda UHMRR. En otros modos de realización, la potencia máxima durante las operaciones de molienda de alta velocidad no puede ser mayor que aproximadamente 9 Hp (6,8 kW), tal como no mayor que aproximadamente 8 Hp (6,0 kW), o incluso no mayor que aproximadamente 7,5 Hp (5,6 kW).

Los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento se pueden usar en una operación de molienda UHMRR a una velocidad no mayor que 55 m/s. En otros casos, la velocidad de funcionamiento del cuerpo abrasivo unido durante una operación de molienda UHMRR puede ser mayor, tal como no mayor que aproximadamente 50 m/s, no mayor que aproximadamente 45 m/s, o incluso no mayor que aproximadamente 40 m/s. En algunos casos, el cuerpo abrasivo unido puede ser capaz de moler una pieza de trabajo en una operación de molienda UHMRR a una velocidad de al menos aproximadamente 5 m/s, tal como al menos aproximadamente 10 m/s, al menos aproximadamente 20 m/s, o incluso al menos unos 30 m/s. Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento pueden llevar a cabo una operación de molienda UHMRR en una pieza de trabajo a una velocidad dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

Los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento se pueden configurar para llevar a cabo una operación de molienda UHMRR que tenga una proporción G, que es una medida del material extraído de la pieza de trabajo dividida por el volumen del material perdido de la pieza de trabajo, de al menos aproximadamente 0,1, tal como al menos aproximadamente 0,13, al menos aproximadamente 0,16, o incluso al menos aproximadamente 0,2.

La referencia en el presente documento a las capacidades de molienda del cuerpo abrasivo unido se puede referir a operaciones de molienda tales como molienda sin centro, molienda cilíndrica, molienda de cigüeñal, diversas operaciones de molienda superficial, operaciones de molienda de cojinetes y engranajes, molienda de avance gradual y diversos procesos de molienda de un taller de herramientas. Además, las piezas de trabajo adecuadas para las operaciones de molienda pueden incluir materiales inorgánicos u orgánicos. En casos particulares, la pieza de trabajo puede incluir un metal, aleación de metal, plástico o material natural. En un modo de realización, la pieza de trabajo puede incluir un metal ferroso, un metal no ferroso, aleación de metal, superaleación de metal y una combinación de los mismos. En otro modo de realización, la pieza de trabajo puede incluir un material orgánico, que incluye, por ejemplo, un material polimérico. En otros casos, la pieza de trabajo puede ser un material natural, que incluye, por ejemplo, madera.

Se apreciará que, en los presentes modos de realización, se puedan utilizar diversos tipos de partículas abrasivas no aglomeradas. Por ejemplo, el cuerpo abrasivo unido puede incluir una partícula abrasiva no aglomerada que incluya un material abrasivo que incluya un carburo, un óxido, un nitruro, un boruro, un oxicarburo, un oxinitruro y una combinación de los mismos. En un caso particular, el cuerpo abrasivo unido puede incluir partículas abrasivas no aglomeradas, incluyendo carburo de silicio. Las partículas abrasivas no aglomeradas pueden ser material superabrasivo, tal como nitruro de boro cúbico o diamante.

De acuerdo con otro modo de realización, las partículas abrasivas no aglomeradas pueden ser partículas abrasivas conformadas. Las partículas abrasivas conformadas pueden tener una disposición bien definida y regular (es decir, no aleatoria) de bordes y lados, definiendo por tanto una forma identificable. Por ejemplo, una partícula abrasiva conformada puede tener una forma poligonal como se ve en un plano definido por dos dimensiones de longitud, ancho y altura. Algunas formas poligonales ejemplares pueden ser triangulares, cuadrilaterales (por ejemplo, rectangulares, cuadradas, trapezoidales, paralelogramo), un pentágono, un hexágono, un heptágono, un octágono, un nonágono, un decágono y similares. Además, la partícula abrasiva conformada puede tener una forma tridimensional definida por una forma poliédrica, tal como una forma prismática o similar. Además, las partículas abrasivas conformadas pueden tener bordes

y/o superficies curvas, de modo que las partículas abrasivas conformadas pueden tener formas convexas, cóncavas, elipsoidales.

5 Las partículas abrasivas conformadas pueden tener forma de cualquier carácter alfanumérico, por ejemplo, 1, 2, 3, etc., A, B, C, etc. Además, las partículas abrasivas conformadas pueden tener forma de un carácter seleccionado del alfabeto griego, el alfabeto latino moderno, el alfabeto latino antiguo, el alfabeto ruso, cualquier otro alfabeto (por ejemplo, los caracteres kanji) y cualquier combinación de la misma.

10 La partícula abrasiva conformada puede tener un cuerpo que defina una longitud (1), una altura (h) y un ancho (w), en el que la longitud es mayor o igual que la altura, y la altura es mayor o igual que el ancho. Además, en un aspecto particular, el cuerpo puede incluir una proporción de aspecto primario definida por la proporción de la longitud: altura de al menos aproximadamente 1:1. El cuerpo también puede incluir una probabilidad de orientación vertical de al menos aproximadamente el 50 %.

15 En otro aspecto, la partícula abrasiva conformada puede tener un cuerpo con una longitud (1), un ancho (w) y una altura (h), en el que la longitud, el ancho y la altura pueden corresponder a un eje longitudinal, un eje lateral y un eje vertical, respectivamente, y el eje longitudinal, el eje lateral y el eje vertical pueden definir tres planos perpendiculares. En este aspecto, el cuerpo puede incluir una geometría asimétrica con respecto a cualquiera de los tres planos perpendiculares.

20 En otro aspecto, la partícula abrasiva conformada puede incluir un cuerpo con una geometría tridimensional compleja que incluya una simetría de tres pliegues en tres planos perpendiculares definidos por un eje longitudinal, un eje lateral y un eje vertical. Además, el cuerpo puede incluir una apertura que se extienda por todo el interior del cuerpo a lo largo de uno del eje longitudinal, del eje lateral o del eje vertical.

25 En otro aspecto más, la partícula abrasiva conformada puede incluir un cuerpo con una geometría compleja tridimensional definida por una longitud (1), un ancho (w) y una altura (h). El cuerpo también puede incluir un centro de masa y un punto medio geométrico. El centro de masa se puede desplazar desde el punto medio geométrico por una distancia (Dh) de al menos aproximadamente 0,05(h) a lo largo de un eje vertical del cuerpo que defina la altura.

30 En otro aspecto, la partícula abrasiva conformada puede incluir un cuerpo que defina una longitud (1), un ancho (w) y una altura (h). El cuerpo puede incluir una superficie base y una superficie superior. Además, la superficie base comprende una forma en sección transversal diferente a la forma en sección transversal de la superficie superior.

35 En otro aspecto, la partícula abrasiva conformada puede incluir un cuerpo que tenga una parte inferior en general plana y una parte superior con forma cúpula que se extiende en general desde la parte inferior plana.

40 En otro aspecto, la partícula abrasiva conformada puede incluir un cuerpo que comprenda una longitud (1), un ancho (w) y una altura (h). La longitud, el ancho y la altura pueden corresponder a un eje longitudinal, un eje lateral y un eje vertical, respectivamente. Además, el cuerpo puede incluir un giro a lo largo de un eje longitudinal que defina la longitud del cuerpo de modo que se hace rotar una superficie base con respecto a una superficie superior para establecer un ángulo de giro.

45 En otro aspecto, la partícula abrasiva conformada puede incluir un cuerpo con una primera cara de extremo y una segunda cara de extremo a, al menos tres caras laterales adyacentes que se extienden entre la primera cara de extremo y la segunda cara de extremo, y una estructura de borde establecida entre cada par de caras laterales adyacentes.

En otro aspecto, la partícula abrasiva en forma puede incluir un cuerpo que tenga una porción central y al menos tres brazos radiales que se extiendan hacia fuera de la porción central a lo largo de toda la longitud de la porción central.

50 Ejemplos

Ejemplo 1

55 Se obtienen cuatro muestras de cuerpos abrasivos unidos. La muestra S1 se forma de acuerdo con modos de realización en el presente documento, con porosidad de aproximadamente el 52 % en volumen a aproximadamente el 58 % en volumen, un contenido de material particulado abrasivo dentro de un intervalo entre el 34 % en volumen y el 40 % en volumen, incluyendo un contenido de aglomerados abrasivos entre el 34 % en volumen y el 40 % en volumen y un contenido de partículas abrasivas no aglomeradas de alúmina microcristalina entre aproximadamente el 0 % en volumen y aproximadamente el 5 % en volumen. Los aglomerados abrasivos contienen aproximadamente el 70 % en volumen al 90 % en volumen de partículas abrasivas de alúmina, 1 % en volumen al 4 % en volumen de aglutinante, y el resto es porosidad. La composición de aglutinante vítreo de los aglomerados abrasivos se proporciona en la Tabla 1 a continuación. El cuerpo abrasivo unido de la Muestra S1 tiene un contenido de material unido vítreo entre aproximadamente el 3 % en volumen y el 8 % en volumen. La composición del material unido se proporciona en la Tabla 2 a continuación. La muestra S1 incluye además un contenido de alúmina

65 en burbuja dentro de un intervalo de aproximadamente el 4 % en volumen y el 6 % en volumen.

## ES 2 824 648 T3

La muestra S1 se forma a partir de una mezcla que se prensa inicialmente en frío para formar las ruedas y activarlas a una temperatura de aproximadamente 900 °C a 1250 °C. con un material de unión vítreo.

Tabla 1- Composición de aglutinante vítreo de los aglomerados abrasivos

Óxido	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% en peso	52-58	12-14	<1	<1	<1	7,5-10	<1	2-3	12-18

Tabla 2 - Composición de unión vítreo de la rueda abrasiva unida

SiO <sub>2</sub>	48-52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15-20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rastro
	(<1.0 %)
TiO <sub>2</sub>	Rastro
CaO	1-1,5
MgO	Rastro
Li <sub>2</sub> O	2-5
Na <sub>2</sub> O	5-10
K <sub>2</sub> O	2-5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-17

Se obtienen dos muestras convencionales CS1 y CS2 de Saint-Gobain Abrasives, Inc. y están disponibles comercialmente como ruedas abrasivas unidas Vortex [Estructuras D28, D29, respectivamente]. Las muestras CS1 y CS2 tienen la misma estructura que la muestra S1, incluyendo de aproximadamente el 52 % en volumen al 58 % en volumen de porosidad, un contenido de aglomerado abrasivo entre el 34 % en volumen y el 40 % en volumen, y un contenido de unión vítreo de entre aproximadamente el 3 % en volumen y el 8 % en volumen. Los aglomerados abrasivos contienen de aproximadamente el 70 % en volumen al 90 % en volumen de partículas abrasivas de alúmina, del 1 % en volumen al 4 % en volumen de aglutinante, y el resto es porosidad. La composición de aglutinante vítreo de los aglomerados abrasivos se proporciona en la Tabla 3. La composición del material de unión se proporciona en la Tabla 4 a continuación. Las muestras CS1 y CS2 no tienen material de aluminio en burbuja ni partículas abrasivas no aglomeradas.

Tabla 3: Composición de aglutinante de aglomerados de la muestra CS2

Óxido	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% en peso	52-58	12-14	<1	<1	<1	7,5-10	<1	2-3	12-18

Tabla 4: Composición de unión de la muestra CS2

Óxido	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% en peso	52-58	12-14	<1	<1	<1	7,5-10	<1	2-3	12-18

Cada una de las muestras se usa en un test de molienda de avance gradual UHMRR de acuerdo con los siguientes parámetros. La velocidad de la tabla varió entre 100, 300, 500, 700, 900, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200 y 3600 mm/min. La profundidad media del corte fue de 0,5 mm y, para una profundidad fija de corte, la velocidad de la tabla se incrementó progresivamente. El ancho de las ranuras formadas se fija en 10 mm. La tasa de extracción de material varió entre 0,83 y 30 mm<sup>3</sup>/s/mm en una pieza de trabajo de Inconel. La velocidad de la rueda fue de aproximadamente 35 m/s. También se utilizó un refrigerante de emulsión 3 % (Oel-Held). Los cuerpos abrasivos se rectificaron de acuerdo con las siguientes condiciones.

<b>Condiciones de rectificación:</b>	
Tipo:	Rectificador rotatorio Norton RPC 1312-2
Memoria descriptiva de rodillo:	#11 No Continuo
Configuración de la rectificación:	Rectificar
Diámetro (en):	3,5
Rectificar Comp (  entrada/pasada):	20,0
Proporción de la velocidad del rectificador	0,8

La FIG. 1 incluye un gráfico de la potencia media (kW) frente a la tasa de extracción de material ( $\text{mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ ). Como se ilustra, la potencia extraída para cada una de las muestras (S1, CS1 y CS2) es relativamente la misma.

5 La FIG. 2 es un gráfico de la proporción G (volumen de material extraído/volumen de desgaste de la rueda) frente a la tasa de extracción de material ( $\text{mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ ). En particular, a las tasas de extracción de material ultraaltas, en particular las que exceden los  $20 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , la muestra S1 demuestra una proporción G mejorada en comparación con las muestras convencionales. De hecho, por ejemplo, a una tasa de extracción de material de aproximadamente  $23 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , las muestras CS1 y CS2 tienen una proporción G de aproximadamente 0,1, mientras que la muestra S1 tiene una proporción G de aproximadamente 0,28, respectivamente. La diferencia porcentual en la proporción G entre la muestra S1 y las muestras convencionales CS1 y CS2 es superior a una diferencia del 100 %. La muestra S1 tiene una proporción G que es al menos dos veces mejor y casi 3 veces mejor que las muestras convencionales (CS1 y CS2) con tasas de extracción de material altas.

15 La FIG. 3 es un gráfico del desgaste de la rueda radial ( $\Delta r_s$  en mm) frente a la tasa de extracción de material ( $\text{mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ ). En particular, a las tasas de extracción de material altas, en particular las que exceden los  $20 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , la muestra S1 demuestra un desgaste de las ruedas notablemente limitado en comparación con las ruedas CS1 y CS2 del estado de la técnica. En particular, como se ilustra, a una tasa de extracción de material de aproximadamente  $23 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , las muestras CS1 y CS2 tienen un desgaste de casi tres veces el desgaste de la muestra S1. A una tasa de extracción de material de aproximadamente  $27 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , las muestras CS1 y CS2 tienen un desgaste de casi tres veces el desgaste de la muestra S1. Y, a una tasa de extracción de material de aproximadamente  $30 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , las muestras CS1 y CS2 tienen una tasa de desgaste de casi el triple del desgaste de la muestra S1. La muestra S1 demuestra un desgaste limitado a tasas de extracción de material ultraaltas en comparación con las muestras convencionales (CS 1 y CS2).

25 La FIG. 4 es un gráfico del radio del borde (mm) frente a la tasa de extracción de material ( $\text{mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ ). El radio del borde es una medida del redondeo del borde de la rueda de molienda, que se mide por medio del comparador óptico. En particular, a las tasas de extracción de material altas, en particular las que exceden  $20 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , la muestra S1 demuestra un redondeo de esquina inesperadamente bajo (radio del borde bajo) en comparación con las ruedas CS1 y CS2. En consecuencia, como se ilustra en la FIG. 4, a una tasa de extracción de material de aproximadamente  $23 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ . Las muestras CS1 y CS2 tienen un radio del borde casi dos veces el radio de la muestra S1. Además, a tasas de extracción de material más altas de aproximadamente  $27 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$  y  $30 \text{ mm}^3/\text{s}/\text{mm}$ , la suavización de las esquinas de las muestras CS1 y CS2 aumenta drásticamente, mientras que el redondeo de las esquinas de la muestra S1 es limitado y, en todos los casos, menos de la mitad del radio medido para las muestras CS1 y CS2. La muestra S1 demuestra una mejor retención de esquinas a tasas de extracción de material ultraaltas en comparación con las muestras convencionales (CS1 y CS2).

Las FIG. 5 y 6 son ilustraciones de la pérdida de forma entre una muestra convencional representativa de la muestra CS1 o CS2 y una muestra de acuerdo con los modos de realización en el presente documento, representativa de la muestra S1. Como se ilustra claramente, después de realizar un procedimiento de molienda UHMRR de acuerdo con las condiciones como en el ejemplo anterior, la muestra representativa de los modos de realización en el presente documento (S1) tiene un desgaste limitado (véase la FIG. 6). Sin embargo, la muestra convencional, que se ilustra en la FIG. 5, está considerablemente ranurado y demuestra una importante pérdida de forma.

45 La FIG. 7 incluye un gráfico de la tasa real de extracción de material frente a la tasa teórica de extracción de material para las muestras S1, CS1 y CS2. Como se ilustra, la muestra S1 demuestra una tasa real de extracción de material significativamente por encima de las capacidades reales de la tasa de extracción de material de las muestras CS1 y CS2 convencionales.

50 La FIG. 8 incluye un gráfico de la rugosidad superficial ( $R_a$ ) frente a la tasa de extracción de material para cada una de las muestras. Como se ilustra, la muestra S1 demostró una capacidad igual o mejor para moler la pieza trabajada a una rugosidad superficial adecuada en comparación con las muestras CS1 y CS2 convencionales.

Ejemplo 2

Se llevaron a cabo estudios de molienda comparativos adicionales para comparar las capacidades de molienda de alta velocidad de extracción de los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento con artículos abrasivos unidos de molienda de alta velocidad convencionales.

5 Se obtuvieron cinco muestras de cuerpos abrasivos unidos. Las muestras S3, S4 y S5 se forman como modos de realización de acuerdo con los modos de realización en el presente documento y tienen la estructura del ejemplo S1 del ejemplo 1 anterior.

10 Se obtienen dos muestras convencionales CS3 y CS4 de Saint-Gobain Abrasives, Inc. La muestra CS3 está disponible en el mercado como una rueda Vortex abrasiva unida y es la misma que la muestra CS1 del ejemplo 1.

15 La muestra CS4 está disponible en el mercado como producto Quantum de avance gradual con una estructura de aproximadamente el 40 % en volumen al 50 % en volumen de porosidad, un contenido de partículas abrasivas de alúmina microcristalina entre el 3 % en volumen y el 15 % en volumen, y un contenido de unión vítreo entre el 4 % en volumen y el 7 % en volumen. La composición del material unido se proporciona en la Tabla 5 a continuación. La muestra CS4 tiene material de alúmina en burbuja del 1 al 5 % en volumen y no tiene aglomerados abrasivos.

Tabla 5: Composición de unión de la muestra convencional CS4

SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	Na2O	K2O	Li2O	B2O3
50-60	10-17	<1	<1	<1	<1	'5-10	1-12	1-5	10-15

20 Cada una de las muestras se somete a un test de acuerdo con una condición similar de un test de molienda UHMRR, como se detalla anteriormente en el ejemplo 1.

25 La FIG. 9 es un gráfico de la tasa de extracción de material (en <sup>3</sup>/min/in) para cada una de las muestras antes de que la pieza trabajada se muestre quemada. Como se ilustra, las CS4 y CS3 demuestran tasas máximas de extracción de material significativamente inferiores antes de dañar la pieza de trabajo. De hecho, la muestra S3 demuestra una mejora del 10 % en la tasa máxima de extracción de material sobre la muestra CS3 y mejor que el 20 % en la tasa máxima de extracción de material en comparación con la muestra CS4. Además, la muestra S4 demuestra una mejora de casi un 20 % en la tasa máxima de extracción de material sobre la muestra CS3 y mejor que el 35 % en la tasa máxima de extracción de material en comparación con la muestra CS4. La muestra S5 muestra una mejora en la tasa máxima de extracción de material mayor que el 30 % con respecto a la muestra CS3 y mayor que el 40 % en la tasa máxima de extracción de material con respecto a la muestra CS4. Las muestras S3-S5 demuestran un funcionamiento mejor de las tasas de extracción de material ultraaltas en comparación con las muestras (CS3 y CS4) convencionales.

35 La FIG. 10 incluye un gráfico de la potencia de unidad media (Hp/in) frente a la tasa de extracción de material (in<sup>3</sup>/min/in) para cada una de las muestras. Como se ilustra claramente, las muestras S3, S4 y S5 demuestran una potencia inferior extraída en cada una de las tasas de extracción de material en comparación con las muestras CS3 y CS4. Además, las muestras S3-S5 tienen una energía de molienda inferior específica, que es una medida de la pendiente de las líneas de los gráficos respectivos, en comparación con las muestras CS3 y CS4. Además, como se ha demostrado de nuevo, las muestras S3-S5 fueron capaces de moler a tasas de extracción de material más altas antes de cesar la operación de molienda en comparación con CS3 y CS4.

Máquina: Blohm	Material: 4340,000
Tipo de refrigerante: E812	Dureza: 40 RC
Velocidad de la rueda[sfpm]: 5000	
Velocidad de la tabla[ipm]: Var.	
Herramienta de rectificación: Rodillo del diám.	
Proporción de la velocidad del rectificador: 0,8	
Rectificar comp[in/rev]: 40,000000	
Rectificar velocidad [in/min]:	
Premolienda: 0,0100	

45 Los modos de realización anteriores están dirigidos a productos abrasivos y, en particular, a productos abrasivos unidos, que representan una desviación del estado de la técnica. Los productos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento utilizan una combinación de características que facilitan un rendimiento de molienda mejorado. Como se describe en la presente solicitud, los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento utilizan una combinación de características no limitantes que incluyen una cantidad y tipo particulares de material abrasivo, incluyendo los aglomerados abrasivos y los abrasivos no aglomerados, una cantidad y un tipo  
50 particulares de material de unión, tipo de material aglomerado, tipo de aglomerados con determinados materiales y

5 características, determinados formadores de poros y una cantidad de porosidad. Además del descubrimiento de que dichos productos se podrían formar de forma eficaz, a pesar de estar fuera del ámbito conocido de los productos abrasivos convencionales en lo que respecta a su grado y estructura, también se ha descubierto que dichos productos demostraron un rendimiento de molienda mejor. En particular, se descubrió que los abrasivos unidos de los modos de realización presentes son capaces de realizar operaciones de molienda eficientes a las tasas de extracción de materiales ultraaltas. De hecho, de forma bastante sorprendente, los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización en el presente documento demostraron la capacidad de funcionar a tasas de extracción de material ultraaltas, mientras también demostraron un desgaste mejor, energía de molienda, y un acabado de superficie adecuado en comparación con las  
10 ruedas de molienda de alta velocidad del estado de la técnica.

En lo anterior, la referencia a modos de realización específicos y las conexiones de determinados componentes es ilustrativa. Se apreciará que la referencia a componentes que están acoplados o conectados está destinada a divulgar una conexión directa entre dichos componentes o una conexión indirecta a través de uno o más componentes intermedios, como se apreciará para llevar a cabo los procedimientos que se analizan en el presente documento.

## REIVINDICACIONES

1. Un artículo abrasivo para realizar operaciones de molienda con tasa de extracción de material ultraalta, que comprende:
- 5 un cuerpo abrasivo unido que incluye:
- un material de unión vítreo que contiene un material inorgánico;
- 10 material de partículas abrasivas contenido en el material de unión vítreo,
- en el que el material de partículas abrasivas incluye aglomerados abrasivos que comprenden al menos el 70 % en volumen y no más del 90 % en volumen de partículas abrasivas de alúmina, del 1 % en volumen al 4 % en volumen de aglutinante y siendo lo restante la porosidad, para el volumen total de aglomerados abrasivos;
- 15 una porosidad de al menos aproximadamente el 42 % del volumen total del cuerpo abrasivo unido;
- el cuerpo abrasivo unido con una tasa de desgaste no mayor que el 90 % durante una operación de molienda con tasa de extracción de material ultraalta (UHMR).
- 20 2. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que el material de partículas abrasivas comprende además partículas abrasivas no aglomeradas y en el que el cuerpo comprende una proporción de partículas abrasivas ( $AP_p:AP_{agg}$ ) dentro de un intervalo entre 3:1 y 1:3,  $AP_p$  representa la cantidad (% en volumen) de las partículas abrasivas no aglomeradas presentes en el cuerpo y  $AP_{agg}$  representan la cantidad (% en volumen) de aglomerados abrasivos presentes en el cuerpo.
- 25 3. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que el material de unión está presente en una cantidad no superior al 15 % en volumen para el volumen total del cuerpo.
- 30 4. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que el material particulado abrasivo comprende alúmina microcristalina con un tamaño medio de grano no mayor que 1 micrón.
5. El artículo abrasivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende una porosidad de al menos el 52 % en volumen y no mayor que el 70 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido.
- 35 6. El artículo abrasivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material de unión se forma a partir de no más de aproximadamente el 20 % en peso de óxido de boro ( $B_2O_3$ ) para el peso total del material de unión.
- 40 7. El artículo abrasivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material de unión comprende una proporción entre el porcentaje en peso de óxido de silicio ( $SiO_2$ ) y el porcentaje en peso de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) ( $SiO_2:Al_2O_3$ ) de no más de aproximadamente 5.
8. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende un contenido del material de unión vítreo de al menos el 3 % en volumen y no mayor que el 8 % en volumen.
- 45 9. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende un contenido de aglomerados abrasivos de al menos el 32 % en volumen y no mayor que el 42 % en volumen.
- 50 10. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que los aglomerados abrasivos comprenden un aglutinante vítreo, y en el que el aglutinante vítreo incluye un contenido de óxido de boro ( $B_2O_3$ ) de al menos el 12 % en peso y no mayor que el 18 % en peso.
- 55 11. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que los aglomerados abrasivos comprenden un aglutinante vítreo, y en el que el aglutinante vítreo incluye un contenido de óxido de silicio ( $SiO_2$ ) de al menos el 52 % en peso y no mayor que el 58 % en peso para un peso total del aglutinante vítreo, un contenido de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) de al menos el 12 % en peso y no mayor que el 14 % en peso para el peso total del aglutinante vítreo.
- 60 12. El artículo abrasivo de la reivindicación 1, en el que los aglomerados abrasivos comprenden un aglomerado vítreo, y en el que el aglutinante vítreo incluye un contenido total de compuestos de óxido alcalino de al menos el 9 % en peso y no mayor que el 15 % en peso para un peso total del aglutinante vítreo.

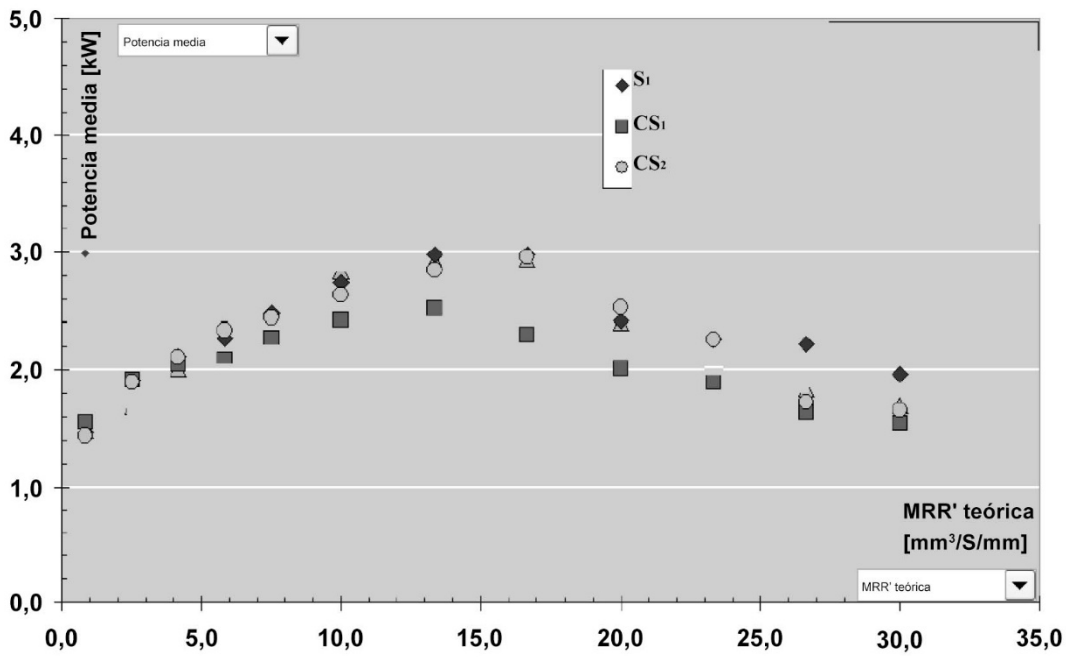


FIG. 1

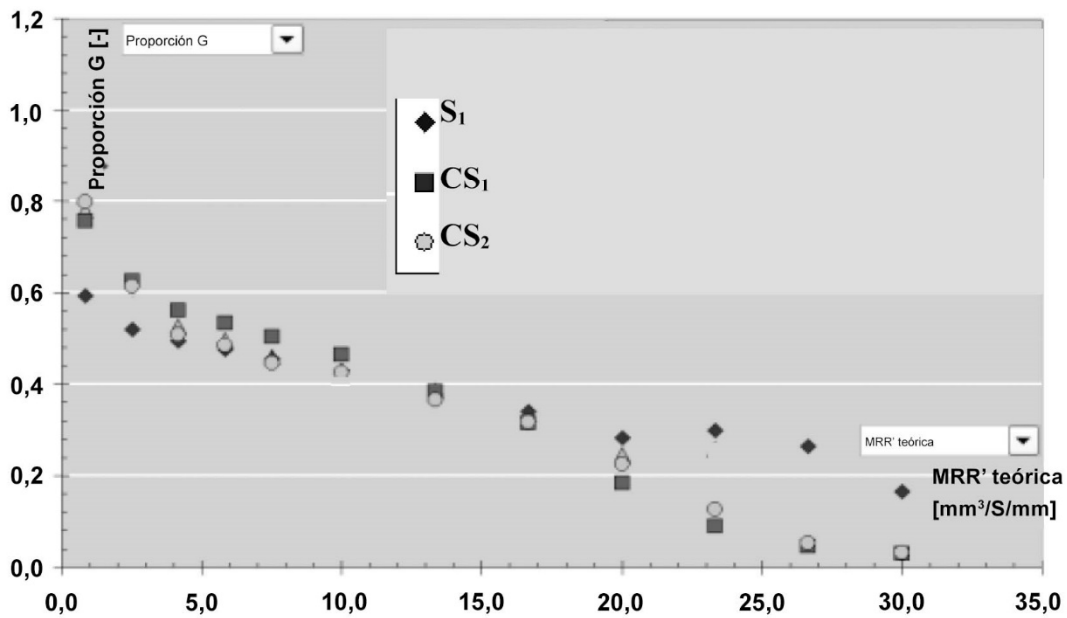


FIG. 2

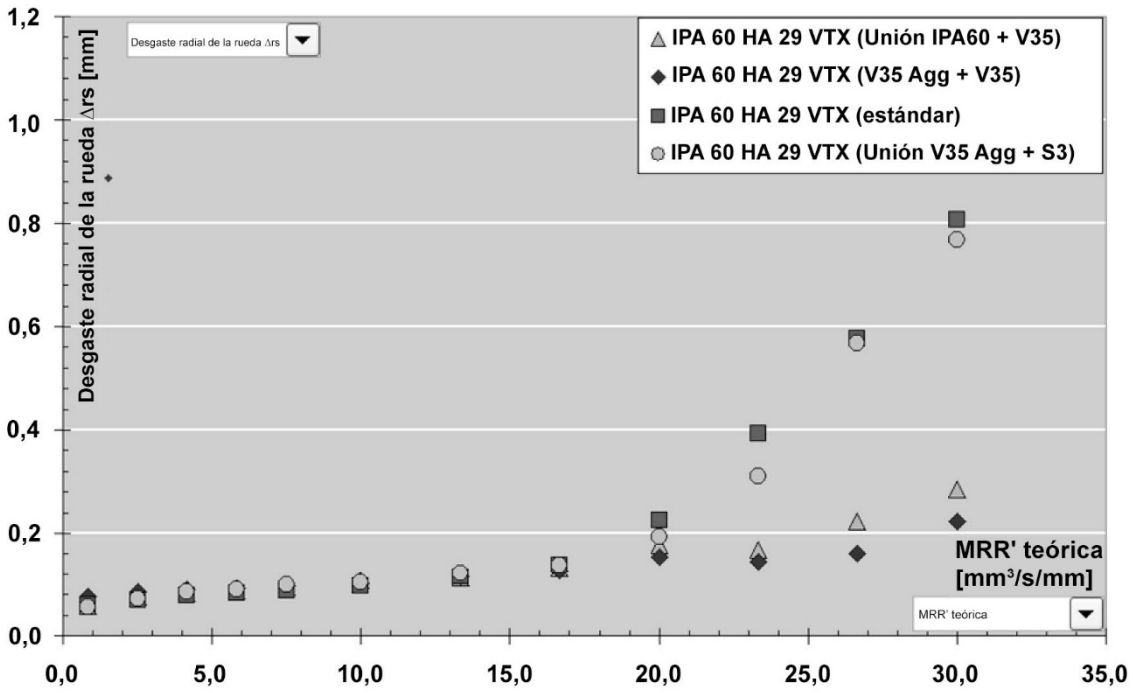


FIG. 3

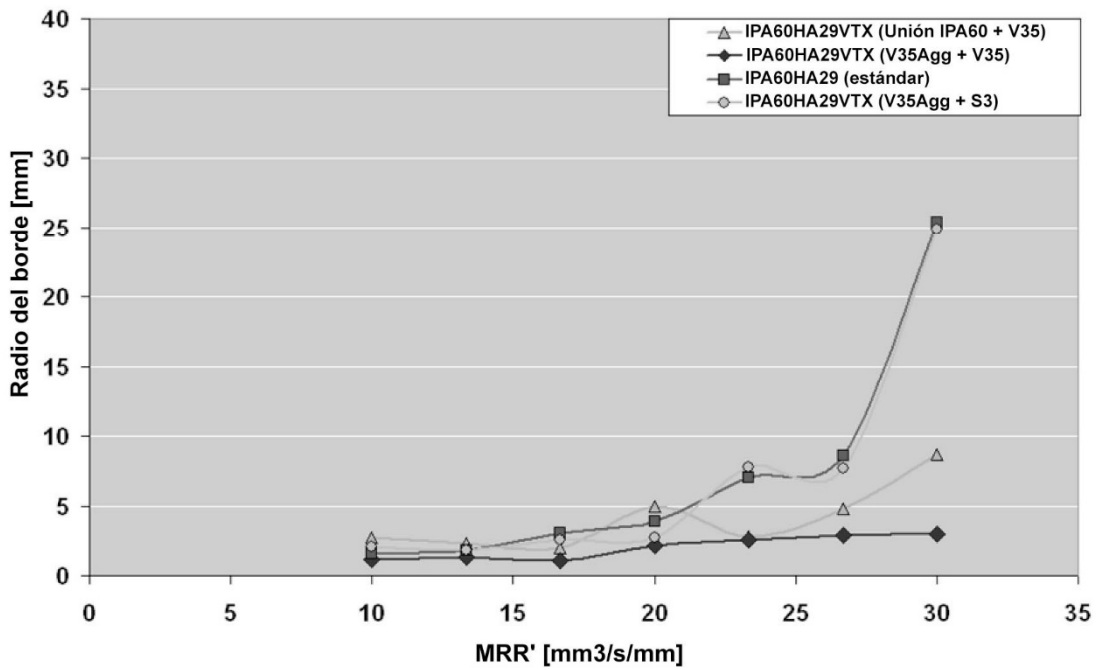
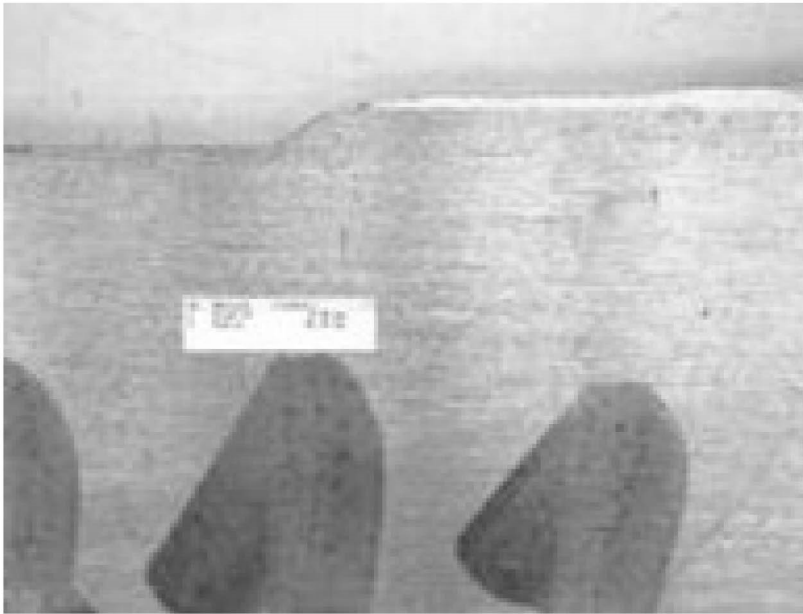


FIG. 4



**FIG. 5**



**FIG. 6**

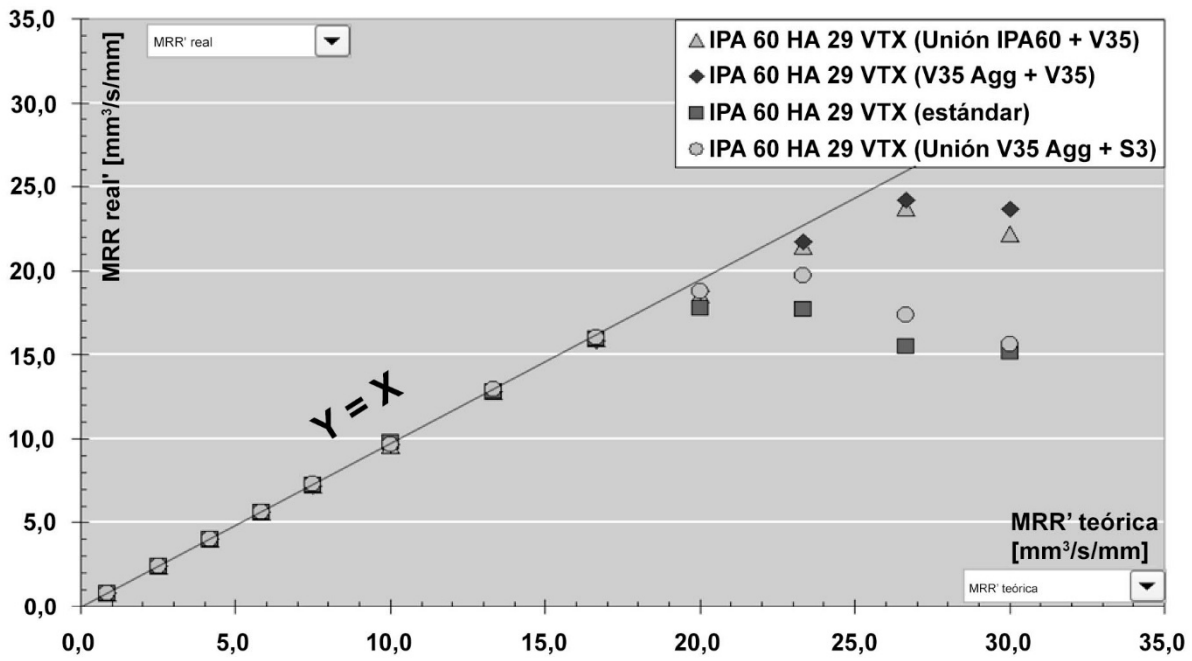


FIG. 7

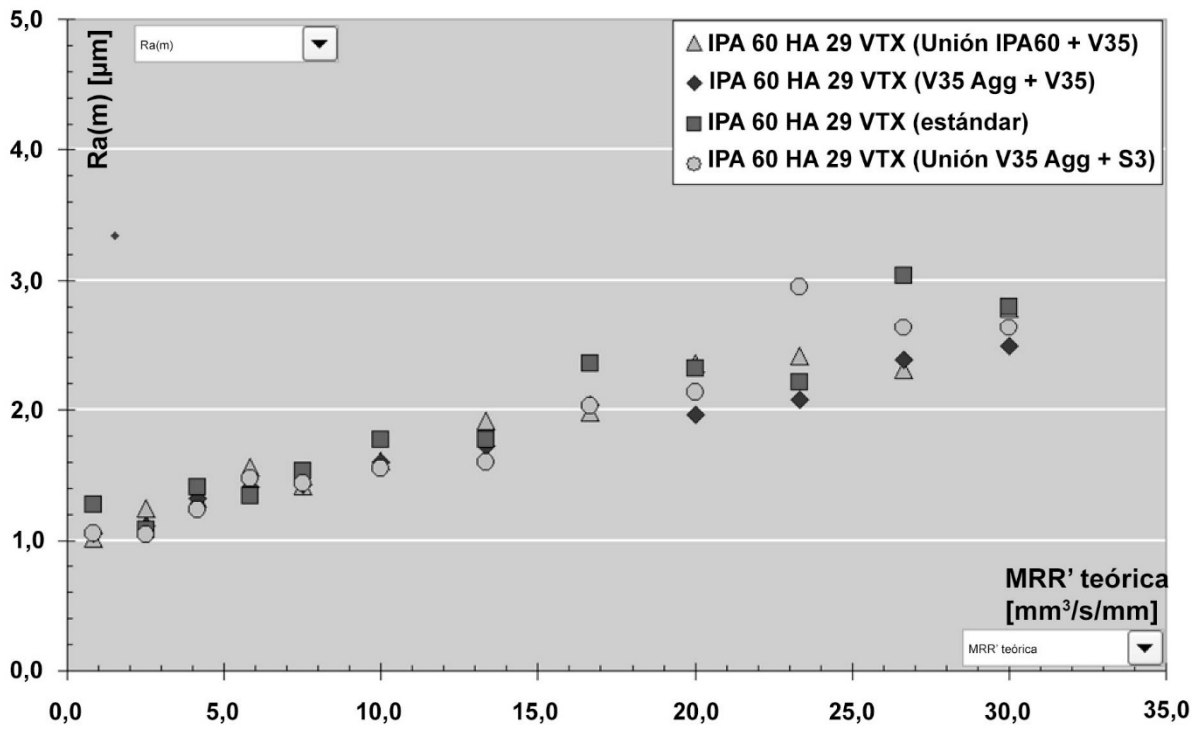
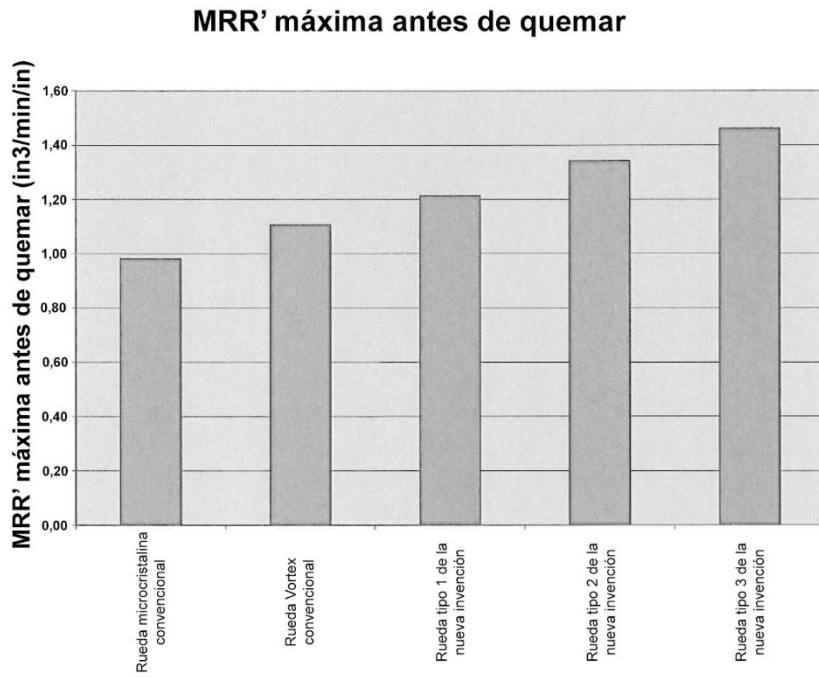
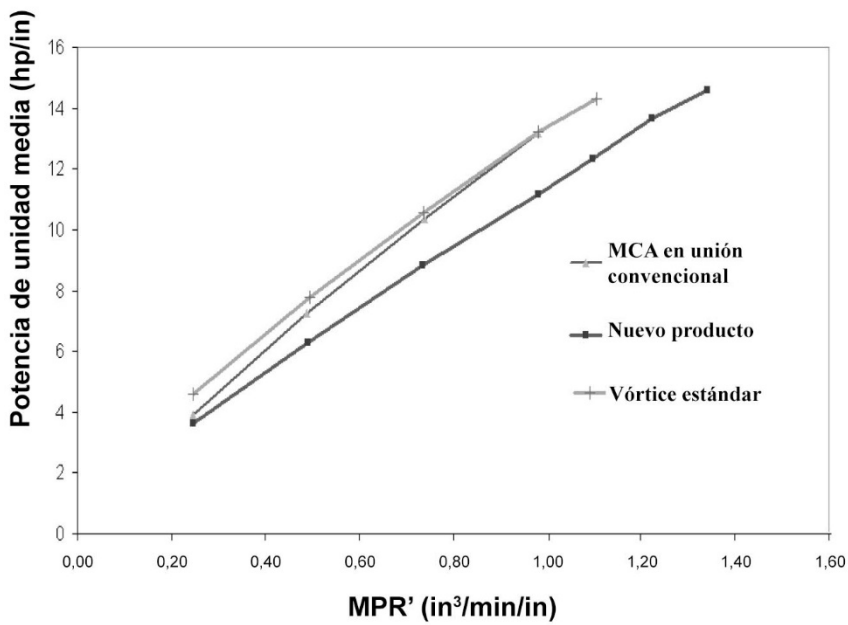


FIG. 8



**FIG. 9**

**P' frente a MRR'**



**FIG. 10**