

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 438 526**

51 Int. Cl.:

B24D 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2001** **E 01924281 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013** **EP 1278614**

54 Título: **Herramientas abrasivas aglomeradas vitrificadas**

30 Prioridad:

23.03.2000 US 191607 P

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

17.01.2014

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ABRASIVES, INC. (100.0%)
1 New Bond Street Box No. 15138
Worcester, MA 01615-0138, US**

72 Inventor/es:

**CARMAN, LEE A.;
HAVENS, IRVIN F. y
KING, WESLEY A.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 438 526 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

Herramientas abrasivas aglomeradas vitrificadas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- La invención se refiere a herramientas abrasivas aglomeradas vitrificadas fabricados con un aglomerante de baja temperatura y alta resistencia, que comprende óxido de fósforo y óxido de boro en cantidades suficientes para mejorar la eficiencia de una herramienta abrasiva que contiene un grano abrasivo de sol-gel de alúmina sinterizado. Como resultado de la selección del aglomerante, el grano abrasivo de sol-gel de alúmina sinterizado (u otro grano abrasivo térmicamente lábil) puede utilizarse eficazmente, sin pérdida de eficiencia de rectificación en la herramienta abrasiva.
- La invención incluye adicionalmente una composición aglomerante vitrificada adecuada para cochura a temperaturas relativamente bajas tales como 700-1100°C, que comprende al menos dos fases vítreas amorfas inmiscibles. Es sabido que las herramientas abrasivas que comprenden superabrasivo (diamante o nitruro de boro cúbico (CBN)), o grano abrasivo de sol-gel de alúmina sinterizado con o sin siembra, al que se hace referencia también como grano abrasivo microcristalino de alfa-alúmina (MCA), proporcionan eficiencia de rectificación excelente en una diversidad de materiales. La fabricación y características de estos granos MCA y la eficiencia de estos granos MCA en diversas aplicaciones se describen, por ejemplo, en las Patentes Núms. U.S.-A-4.623.364, 4-314.827, 4.744.802, 4.898.597 y 4.543.107.
- Las herramientas abrasivas vitrificadas o aglomeradas con vidrio que contienen grano MCA y grano superabrasivo son comercialmente útiles para rectificación de piezas metálicas de precisión y otros componentes industriales que requieren una eficiencia de rectificación consistente y mejorada. Para producir estos tipos de herramientas abrasivas con calidad consistente, deben evitarse las reacciones entre los componentes aglomerantes de vidrio y el grano abrasivo. La reactividad es un problema particular a las temperaturas típicas encontradas durante la cochura del aglomerante, v.g., 1100-1400°C. El control de estas reacciones minimiza el deterioro de la estructura microcristalina crítica del grano MCA, conservando la finura y eficiencia del grano.
- Para reducir el grado de reacción entre el grano MCA y el aglomerante vitificado, U.S.-A-4.543.107 da a conocer una composición aglomerante adecuada para cochura a una temperatura tan baja como aproximadamente 900°C. En un enfoque alternativo, U.S.-A-4.898.597 da a conocer una composición aglomerante que comprende al menos 40% de materiales fritos adecuados para cochura a una temperatura tan baja como aproximadamente 900°C. Sin embargo, en ciertas aplicaciones de rectificación estos aglomerantes de baja temperatura han demostrado una resistencia mecánica insuficiente para cumplir los objetivos comerciales impulsando el desarrollo de uniones más fuertes.
- Los aglomerantes vitificados caracterizados por resistencia mecánica mejorada han sido descritos para uso con granallas abrasivas convencionales de óxido de aluminio fundido o MCA (al que se hace referencia también como sol-gel de alfa-alúmina sinterizado) en la fabricación de ruedas rectificadoras que tienen propiedades mejoradas de retención de la forma. Tales aglomerantes se describen en los documentos US-A-5.203.886, US-A-5.401.284 y US-A-5.536.283. Estos aglomerantes vitificados pueden someterse a cochura a temperaturas relativamente bajas (v.g, aproximadamente 900-1100°C para evitar la reacción con el grano abrasivo de sol-gel de alfa-alúmina sinterizado de alta eficiencia. Las muelas fabricadas con estos aglomerantes y grano MCA han demostrado eficiencia excelente en el acabado de partes móviles de precisión, particularmente piezas de metales féreos. Otros aglomerantes vitificados adecuados para uso con grano abrasivo de MCA pueden someterse a cochura a temperaturas inferiores a aproximadamente 875°C. Estos aglomerantes se dan a conocer en US-A-5.863.308. Este documento se considera como la técnica anterior más próxima a la invención.
- Se ha descubierto ahora que por selección de componentes materiales apropiados, pueden fabricarse aglomerantes tenaces de alta resistencia y someterse a cochura a aproximadamente 700 a 1100°C, preferiblemente 750 a 950°C. En particular, por selección de contenidos apropiados de óxido de fósforo, óxido de boro, sílice, óxido de aluminio, óxidos alcalinos y óxidos alcalinotérreos, y por mantenimiento de las ratios correctas de óxidos, puede conseguirse un aglomerante de alta resistencia, tenaz (v.g. resistente a la propagación de grietas), de baja temperatura. Estos aglomerantes se caracterizan por un aumento de 25% o mayor en el módulo o valor de rotura con relación a aglomerantes comparativos de la técnica anterior. En ciertas realizaciones, aglomerantes que comprenden al menos dos fases vítreas amorfas inmiscibles pueden utilizarse con grano MCA para alcanzar una mayor resistencia mecánica. Si bien la selección apropiada de materias primas que tengan las ratios de óxido deseadas después de la cochura puede producir un vidrio con fases inmiscibles, se prefieren para este propósito vidrios fritos. Un vidrio frito es un vidrio formado por cochura inicial a temperaturas de al menos 1200°C, enfriamiento, trituración y tamizado para proporcionar un material pulverizado ("una frita"). La frita puede fundirse luego a una temperatura muy inferior a la temperatura de cochura inicial utilizada para fabricar el vidrio a partir de las materias primas, tales como sílice y arcillas.

Cuando se formula una herramienta abrasiva, tal como una muela abrasiva o piedra de afilar, el uso de estos aglomerantes vitrificados con grano superabrasivo o MCA proporciona herramientas abrasivas que tienen una eficiencia de rectificación mejorada con consumo de potencia reducido. Cuando se utilizan para rectificar o acabar una piza de trabajo, estas herramientas abrasivas producen acabados de superficie de la pieza de trabajo muy aceptables. Estas herramientas ofrecen mejoras con respecto a las herramientas sometidas a cochura a baja temperatura, vitrificadas y aglomeradas de grano superabrasivo o MCA conocidas previamente en la técnica.

La invención de acuerdo con la reivindicación 10 es una herramienta abrasiva que comprende al menos 1% en volumen, de grano abrasivo MCA y 3 a 30%, en volumen, de aglomerante vitrificado, en donde el aglomerante vitrificado comprende después de cochura de la herramienta abrasiva, 40 a 60% de SiO_2 , 10 a 18% de Al_2O_3 , 12 a 25% de óxidos alcalinos, 5 a 20% de B_2O_3 , y 1 a 8% de P_2O_5 , sobre una base de porcentaje molar, y en donde la herramienta abrasiva tiene al menos un aumento de 30% en módulo de rotura con relación a una herramienta abrasiva comparable fabricada con un aglomerante vitrificado que comprende menos de 1% molar de P_2O_5 . Los grados de dureza utilizados comúnmente de las herramientas abrasivas que contienen grano MCA (v.g., grados K y más duros en la escala de Norton Company) se caracterizan por tener un módulo de rotura de al menos 414 bar (6000 psi) cuando se fabrican de acuerdo con la invención.

Los óxidos alcalinos del aglomerante se seleccionan del grupo constituido por óxido de sodio, óxido de litio y óxido de potasio.

La herramienta abrasiva comprende preferiblemente 5 a 25% en volumen de aglomerante vitrificado y 10 a 56% en volumen de grano abrasivo MCA, y puede comprender aproximadamente 0,1 a aproximadamente 60% en volumen de componentes adicionales seleccionados del grupo constituido por granos abrasivos secundarios, cargas y adyuvantes. El aglomerante vitrificado después de la cochura puede comprender óxidos alcalinotérreos, y la ratio molar de SiO_2 a los contenidos combinados de Na_2O , óxidos alcalinos distintos de Na_2O y óxidos alcalinotérreos es al menos 1,2:1,0.

La invención de acuerdo con la reivindicación 1 es adicionalmente una herramienta abrasiva que comprende al menos 1%, en volumen de grano abrasivo MCA y 3 a 30% en volumen de un aglomerante vitrificado, en donde del aglomerante vitrificado durante la cochura de la herramienta abrasiva a aproximadamente 700 a 1100°C, comprende al menos dos fases inmiscibles, y en donde la herramienta abrasiva tiene al menos un aumento de 30% en módulo de rotura con relación a una herramienta abrasiva comparable que tiene un enlace vitrificado monofásico.

El aglomerante vitrificado que tiene al menos dos fases inmiscibles comprende preferiblemente un máximo de 12% molar de Al_2O_3 .

Cualquier aglomerante puede comprender adicionalmente flúor, TiO_2 , ZnO , ZrO_2 , CaO , MgO , CoO , MnO_2 , BaO , Bi_2O_3 , y Fe_2O_3 , y combinaciones de los mismos.

La invención incluye también un método de acuerdo con la reivindicación 17, para fabricación de una herramienta abrasiva que comprende los pasos de:

a) mezclar aproximadamente 70 a 95% en peso de grano abrasivo seleccionado del grupo constituido por grano MCA, grano de carburo de silicio, grano de diamante, y grano de nitruro de boro cúbico, y mixturas de los mismos, y aproximadamente 5 a 30% en peso de una mixtura aglomerante, en la que el aglomerante vitrificado comprende después de cochura de la herramienta abrasiva, 40 a 60% de SiO_2 , 10 a 18% de Al_2O_3 , 12 a 25% de óxidos alcalinos, 5 a 20% de B_2O_3 , y 1 a 8% de P_2O_5 , basado en porcentajes molares;

b) moldear la mixtura en una composición cruda; y

c) someter a cochura la composición cruda a una temperatura comprendida en el intervalo de 700 a 1100°C para formar la herramienta abrasiva;

y en donde la herramienta abrasiva tiene al menos un 30% de aumento en módulo de rotura con relación a una herramienta abrasiva comparable fabricada con un aglomerante vitrificado que comprende menos de 1% molar de P_2O_5 .

El método es particularmente útil para grano abrasivo seleccionado del grupo constituido por grano MCA, grano de carburo de silicio (SiC), grano de diamante, grano de nitruro de boro cúbico, y mixturas de los mismos. El paso de cochura de este método puede llevarse a cabo en una atmósfera oxidante.

La invención incluye adicionalmente una herramienta de acabado microabrasiva, tal como una piedra de afilar o una piedra abrasiva, y muelas abrasivas fabricadas con grano MCA y que tiene eficiencia de rectificación mejorada, particularmente en la producción de un acabado de superficie lisa en piezas móviles de precisión.

Las herramientas abrasivas aglomeradas y vitrificadas de la presente invención comprenden grano abrasivo MCA. El grano MCA o sol-gel de alúmina se produce preferiblemente por un proceso sol-gel con o sin siembra. Como se

utiliza en esta memoria, la expresión "granallas de sol-gel de alúmina" son granallas de alúmina producidas por un proceso que comprende peptizar un sol de un monohidrato de óxido de aluminio a fin de formar un gel, secar y someter a coadura el gel para sinterizarlo, seguido por rotura, cribado y tamizado del gel sinterizado para formar granos policristalinos hechos de microcristales de alfa-alúmina (v.g., al menos aproximadamente 95% de alúmina).

- 5 Además de los microcristales de alfa-alúmina, el sol inicial puede incluir adicionalmente hasta 15% en peso de espinela, mullita, dióxido de manganeso, dióxido de titanio, óxido de magnesio, óxidos de metales de las tierras raras, polvo de circonia o un precursor de circonia (que puede añadirse en mayores cantidades, v.g. 40% en peso o más), u otros aditivos compatibles o precursores de los mismos. Estos aditivos se incluyen a menudo para modificar propiedades tales como tenacidad a la fractura, dureza, friabilidad, mecánica de fractura, o comportamiento durante de secado.

Muchas modificaciones del grano de sol-gel de alfa-alúmina han sido publicadas. Todos los granos comprendidos dentro de esta clase son adecuados para uso en esta memoria y el término grano MCA se define de tal modo que incluye cualquier grano que comprenda al menos 60% de microcristales de alfa-alúmina que tienen al menos 95% de la densidad teórica y una dureza Vickers (500 gramos) de al menos 18 GPa a 500 gramos. Los microcristales pueden comprender típicamente en tamaño desde aproximadamente 0,2 hasta aproximadamente 1,0 micrómetros para el grano con siembra y desde mayor que 0,2 hasta aproximadamente 5,0 micrómetros para el grano sin siembra. El grano de sol-gel de alfa-alúmina sinterizado puede contener laminillas de un material distinto de alfa-alúmina dispersadas entre los microcristales de alfa-alúmina. Generalmente, las partículas de alfa-alúmina y las laminillas son de tamaño submicrométrico cuando se fabrican de esta forma.

20 La preparación de granos sinterizados de sol-gel de alfa-alúmina se describe en detalle en otro lugar. Detalles de tales preparaciones pueden encontrarse, por ejemplo, en las Patentes Núms. U.S.-A-4.623.364, U.S.-A-4.314.827, y U.S.-A-5.863.308. Detalles adicionales de las preparaciones de grano abrasivo MCA y tipos de grano abrasivo MCA útiles en la presente invención pueden encontrarse en una cualquiera de las numerosas otras patentes y publicaciones que citan la tecnología básica dada a conocer en las Patentes U.S.-A-4.623.364 y U.S.-A-4.314.827.

25 Las herramientas abrasivas de la invención comprenden al menos 1% en volumen de grano abrasivo MCA y 3 a 30% en volumen de aglomerante vitrificado. Las herramientas incluyen típicamente 35 a 65% en volumen de porosidad y, opcionalmente, 0,1 a 60% en volumen de uno o más granos abrasivos secundarios, cargas y/o aditivos. Las herramientas abrasivas comprenden preferiblemente 3 a 56% en volumen de grano abrasivo MCA. La cantidad de grano abrasivo utilizada en la herramienta y el porcentaje de abrasivo secundario pueden variar ampliamente. Las composiciones de las herramientas abrasivas de la invención contienen preferiblemente un contenido total de grano abrasivo de aproximadamente 34 a aproximadamente 56% en volumen, de modo más preferible desde aproximadamente 40 a aproximadamente 54% en volumen, y de modo muy preferible desde aproximadamente 44 a aproximadamente 52% en volumen de grano.

35 El abrasivo MCA proporciona con preferencia desde aproximadamente 1 a aproximadamente 100% en volumen del grano abrasivo total de la herramienta, de modo más preferible desde aproximadamente 10 a 80% en volumen, y de modo muy preferible 30 a aproximadamente 70% en volumen del % en volumen total de grano abrasivo en la herramienta.

40 Cuando se utilizan granos abrasivos secundarios, tales granos abrasivos proporcionan con preferencia desde aproximadamente 0,1 a aproximadamente 97% en volumen del grano abrasivo total de la herramienta, y de modo más preferiblemente, desde aproximadamente 30 a aproximadamente 70% en volumen. Los granos abrasivos secundarios que pueden utilizarse incluyen, pero sin carácter limitante, óxido de alúmina, carburo de silicio, hidruro de boro cúbico, diamante, pedernal, y granos de granate, y combinaciones de los mismos.

45 Las composiciones de las herramientas abrasivas contienen opcionalmente porosidad. Las composiciones de las herramientas abrasivas de la invención contienen con preferencia desde aproximadamente 0,1 a aproximadamente 68% en volumen de porosidad, conteniendo de modo más preferible desde aproximadamente 28 a aproximadamente 56% en volumen, y de modo muy preferible desde aproximadamente 30 a aproximadamente 53% en volumen. La porosidad está formada a la vez por el espaciamiento natural proporcionado por la densidad de empaquetamiento natural de los materiales y por medios convencionales inductores de poros, que incluyen, pero sin carácter limitante, perlas de vidrio huecas, cáscaras de nuez trituradas, cuentas de material plástico o compuestos orgánicos, partículas alveolares de vidrio y alúmina en burbujas, granos alargados, fibras y combinaciones de los mismos.

Las herramientas abrasivas de la presente invención están consolidadas con un aglomerante vitrificado. El aglomerante vitrificado utilizado contribuye significativamente a la eficiencia mejorada de rectificación de las herramientas abrasivas de la presente invención.

55 La composición de la muela abrasiva contiene con preferencia desde aproximadamente 3 a aproximadamente 25% en volumen de aglomerante, conteniendo de modo más preferible desde aproximadamente 4 a aproximadamente

20% en volumen de aglomerante, y conteniendo de modo muy preferible desde aproximadamente 5 a aproximadamente 18,5% en volumen de aglomerante.

Las materias primas para el aglomerante pueden incluir arcilla, caolín, silicato de sodio, alúmina, carbonato de litio, bórax pentahidratado, bórax decahidratado o ácido bórico, y sosa sometida a cochura, pedernal, wollastonita, feldespato, fosfato de sodio, fosfato de calcio, y diversos otros materiales que se han utilizado en la fabricación de aglomerantes vitrificados. Preferiblemente se utilizan fritas en combinación con las materias primas o en lugar de las materias primas. Estos materiales aglomerados en combinación contienen preferiblemente los óxidos siguientes: SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , P_2O_5 , Li_2O , K_2O y B_2O_3 . Frecuentemente están presentes óxidos alcalinotérreos, tales como CaO , MgO y BaO , junto con ZnO , ZrO , F , CoO , MnO_2 , TiO_2 , y Bi_2O_3 .

10 Agglomerantes que contienen P_2O_5 y B_2O_3

El aglomerante después de la cochura contiene menos de aproximadamente 55% molar de SiO_2 , con preferencia desde aproximadamente 40 a aproximadamente 50% molar de SiO_2 ; menos de aproximadamente 12% molar de Al_2O_3 , con preferencia desde aproximadamente 6 a aproximadamente 11% molar de Al_2O_3 , más de aproximadamente 2,5% molar de Li_2O , con preferencia desde aproximadamente 3,5 a aproximadamente 8,0% molar de Li_2O ; más de aproximadamente 8% molar de B_2O_3 , con preferencia desde aproximadamente 10 a aproximadamente 25% molar de B_2O_3 , y aproximadamente 1 a 8% molar de P_2O_5 , con preferencia 2 a 6% molar de P_2O_5 . En la mayoría de los aglomerantes de la invención, los óxidos alcalinos incluyen, sobre una base de % molar de aglomerante, desde aproximadamente 4 a aproximadamente 16% molar de Na_2O , y de modo más preferible desde aproximadamente 5 a aproximadamente 10% molar de Na_2O ; y aproximadamente 2,5 a 6,0% molar de K_2O . El óxido de cobalto (CoO) y otras fuentes coloreadas no son necesarios para la invención, pero pueden incluirse donde sea deseable un aglomerante coloreado. Otros óxidos, tales como Fe_2O_3 y TiO_2 , y óxidos alcalinotérreos que incluyen CaO , MgO y BaO , existen como impurezas en las materias primas y pueden estar presentes en o añadirse al aglomerante de la invención.

Los ácidos alcalinotérreos pueden utilizarse en el aglomerante de la invención de tal modo que el aglomerante vitrificado después de la cochura comprende una ratio molar de SiO_2 a los contenidos combinados de óxidos alcalinotérreos y óxidos alcalinos de al menos 1,2:1,0, cuando el aglomerante comprende un máximo de 60% molar de SiO_2 . Cantidades mayores de estos óxidos combinados, con relación al SiO_2 , pueden hacer que el aglomerante de la invención sea demasiado blando para muchas operaciones de rectificación.

El óxido de fósforo, en combinación con óxido de boro y ratios controladas de óxidos alcalinos, tiene aplicación en aglomerantes que han demostrado ser particularmente útiles en la fabricación de piedras microabrasivas vitrificadas y piedras de afilar de grano abrasivo MCA para operaciones de acabado de precisión.

En una realización preferida, las herramientas abrasivas para superacabado comprenden grano abrasivo MCA en un tamaño de granalla microabrasivo, y un aglomerante vitrificado que comprende 40-55% en peso (46-59% molar) de SiO_2 , 15-25% en peso (10-18% molar) de Al_2O_3 , 11-21% en peso (12-25% molar) en total de óxido de metal alcalino monovalente (R_2O) y óxido de metal alcalinotérreo divalente (RO), 5-15% en peso (5-15% molar) de B_2O_3 y 3-15% en peso (1-8% molar) de P_2O_5 , en cantidades seleccionadas para dar un total de 100% en peso (o 100% molar).

Estos aglomerantes vitrificados que contienen P_2O_5 ofrecen las ventajas siguientes. Dado que P_2O_5 sirve para ayudar a la fusión del aglomerante vitrificado, se hace posible someter a cochura la herramienta de superacabado a una temperatura relativamente baja de, v.g., 900°C a 1000°C, a fin de evitar el efecto adverso sobre la eficiencia de rectificación del grano MCA. Otros componentes que favorecen la fusión de los aglomerantes vitrificados incluyen B_2O_3 y óxidos de metal alcalino monovalente (R_2O) pero estos componentes tienden a rebajar drásticamente la viscosidad de la masa fundida del aglomerante, y, por consiguiente, son un problema en términos de estabilidad del aglomerante vitrificado durante la fabricación de la herramienta abrasiva. Estos componentes pueden promover reacción química entre el aglomerante vitrificado y el grano abrasivo MCA, que puede impedir que se expresen las propiedades de la estructura cristalina fina del grano MCA. En contraste, P_2O_5 causa poco cambio en la viscosidad en fusión del aglomerante, y permite que se expresen las propiedades de la estructura cristalina fina del grano MCA. Si bien los óxidos de metal alcalinotérreo divalente (RO) tienen el mismo efecto, éste no es tan notable como el de P_2O_5 , B_2O_3 y los óxidos de metal alcalino monovalente (R_2O). El componente P_2O_5 tiene una afinidad química satisfactoria para los componentes de Al_2O_3 tales como los compuestos de fosfato de aluminio.

Preferiblemente, el coeficiente de expansión térmica del aglomerante vitrificado se ajusta tan estrechamente como sea posible al de las granallas abrasivas. Generalmente, cuando la diferencia entre los coeficientes de expansión térmica de las granallas abrasivas y del aglomerante vitrificado es $\pm 2 \times 10^{-6}$ o mayor, se producen grietas en el aglomerante y promueven un desprendimiento prematuro del grano abrasivo. El coeficiente de expansión térmica para el grano abrasivo de alúmina es aproximadamente $8,0 \times 10^{-6}$. El componente B_2O_3 actúa para rebajar el coeficiente de expansión térmica, y se utiliza principalmente para favorecer la fusión de los aglomerantes vitrificados que emplean granos superabrasivos con un coeficiente de expansión térmica bajo. Los óxidos de metal alcalino monovalente (R_2O) actúan para aumentar el coeficiente de expansión térmica. Por consiguiente, cuando se añade B_2O_3 o un óxido de metal alcalino monovalente R_2O para favorecer la fusión del aglomerante vitrificado, la cantidad

relativa puede impedir que el coeficiente de expansión térmica se ajuste al de los granos abrasivos, dando como resultado agrietamiento del aglomerante y desprendimiento acelerado de los granos abrasivos. En contraste, si bien P_2O_5 tiene el efecto de aumentar el coeficiente de expansión térmica, el aumento no es tan notable como en el caso de un óxido de metal alcalino monovalente (R_2O).

- 5 La adición de P_2O_5 al aglomerante vitrificado hace posible que la cochura se realice a una temperatura de 700°C a 1100°C, con preferencia 850°C a 1050°C, y muy preferiblemente 900°C a 1000°C, si bien el mismo sufre una unión química eficaz con las granallas abrasivas de alúmina sinterizada cristalina fina y puede ajustar estrechamente el coeficiente de expansión térmica de las granallas abrasivas a fin de impedir la pérdida prematura de los granos abrasivos de la herramienta durante la rectificación, haciendo así posible una herramienta abrasiva de superacabado con propiedades de rectificación satisfactorias y una vida útil larga como resultado de la finura y acción de rectificación mejoradas proporcionadas por las granallas abrasivas de alúmina cristalina fina sinterizada. Puede obtenerse una eficiencia particularmente excelente por inclusión de P_2O_5 a 3-15% en peso (1-8% molar) del aglomerante. El componente P_2O_5 exhibe su máxima eficiencia a 6-12% en peso (2,5-6,5% molar).

- 15 Cuando el contenido de SiO_2 es menor que 40% en peso, la resistencia del aglomerante se reduce, y cuando aquél es mayor que 55% en peso, la temperatura de fusión aumenta, de tal modo que se requiere una temperatura de cochura más alta. Cuando el contenido de Al_2O_3 es menor que 15% en peso, se produce un problema en términos de estabilidad del aglomerante, y para más de 25% en peso, la temperatura de fusión del aglomerante aumenta, con lo que se requiere una temperatura de cochura mayor. Cuando el contenido de R_2O (donde R es un metal alcalino) + RO (donde R es un metal alcalinotérreo) es menor que 11% en peso, la temperatura de fusión del aglomerante aumenta de tal modo que se requiere una temperatura de cochura mayor, y cuando aquél es mayor que 21% en peso, se produce un problema en términos de estabilidad del aglomerante. Cuando el contenido de B_2O_3 es menor que 5% en peso, la temperatura de fusión del aglomerante aumenta con lo que se requiere una temperatura de cochura mayor, y cuando aquél es mayor que 15% en peso, se produce un problema en términos de estabilidad del aglomerante.

25 Aglomerantes de Fases Inmiscibles

- Los aglomerantes vítreos de fases separadas de la invención pueden prepararse a partir de cualquier composición vítrea susceptible de separación de fases en las condiciones útiles para fabricación de herramientas abrasivas que comprenden grano abrasivo MCA u otro grano térmica y/o químicamente lábil. La separación de fases ocurre cuando un vidrio monofásico se separa en dos fases vítreas, cada una de las cuales tiene una composición química y propiedades materiales distintas. Cuando el vidrio se encuentra en estado líquido, las fases líquidas son inmiscibles. En el caso de las herramientas abrasivas, la separación de fases amorfas en fases inmiscibles hace posible obtener un aglomerante vítreo tenaz y de alta resistencia a una temperatura de procesamiento relativamente baja. Por un control cuidadoso de las ratios de óxidos en el vidrio y la selección de las fritas, la mayor parte, o fase matriz del aglomerante vítreo madurará para dar un vidrio de mayor temperatura, capaz de impartir resistencia y tenacidad a la herramienta abrasiva. La parte menor, o fase discontinua, madurará para dar un vidrio de temperatura más baja, capaz de fluir, mojar y consolidar los granos abrasivos en el intervalo de temperatura relativamente bajo de 700 a 1100°C.

- Una realización preferida del aglomerante vitrificado de fases separadas combina fosfatos, v.g., óxido de fósforo derivado de materias primas fosfato de sodio o calcio, para rebajar la temperatura de cochura con componentes silicato a fin de aportar resistencia mecánica. Los componentes silicato se proporcionan preferiblemente como un sistema de vidrio de borosilicato alcalino, v.g., $Na_2O-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$, o $Na_2O-B_2O_3-SiO_2$. La cantidad de óxido de aluminio tiene que controlarse, dado que un exceso (v.g., más de 12% molar en un sistema aglomerante vitrificado típico) tenderá a impedir la separación en fases inmiscibles. Cantidades mayores de boro con relación a álcali mejoran la separación de fases. Se prefieren ratios de óxido de boro a óxido alcalino de 5,25:1 a 1:1, dependiendo la ratio precisa de la cantidad de óxido de aluminio presente y de si se están utilizando otros modificadores. La adición de otros modificadores, tales como CaO, MgO, óxidos y fluoruros alcalinos, en cantidades hasta aproximadamente 2% molar, mejorará típicamente la separación, en particular cuando se utiliza con materiales fosforados. Óxidos tales como óxido de litio pueden emplearse en sustitución del óxido de sodio, particularmente cuando se utiliza una frita.

- 50 Sin quedar ligados por ninguna teoría particular, se cree que los aglomerantes de fases separadas constituyen una mejora con respecto a los aglomerantes similares que carecen de fases separadas por varias razones. Los aglomerantes vítreos de fases inmiscibles dan lugar a un comportamiento aglomerante más fuerte a temperaturas de procesamiento más bajas, o proporcionan una resistencia incrementada de la herramienta abrasiva después de procesamiento a las temperaturas convencionales de cochura del aglomerante. Una tenacidad incrementada de la herramienta abrasiva se debe a embotado o desviación del extremo de la grieta a medida que ésta se propaga a través de los campos de estrés residual resultantes de un sistema sólido multifásico. Se mejora el control con respecto a la reacción entre el grano abrasivo y el aglomerante como resultado de las temperaturas de cochura más bajas y la separación de más componentes reactivos del grano (v.g., óxidos alcalinos) en la fase deseada.

Puede esperarse una eficiencia de rectificación mejorada como resultado de que ciertas fases vítreas de temperatura más baja sufren transición vítrea durante la rectificación. Esto debería aumentar la capacidad calorífica eficaz de la herramienta abrasiva, actuando con ello para eliminar el calor de rectificación del grano abrasivo circundante y la pieza de trabajo.

- 5 En la fabricación de las herramientas abrasivas que contienen estas uniones, se añaden preferiblemente aglomerantes orgánicos a los componentes aglomerantes pulverizados, fritos o crudos, como adyuvantes de moldeo o de procesamiento. Estos aglomerantes pueden incluir dextrinas y otros tipos de cola, un componente líquido, tal como agua o etilenglicol, modificadores de la viscosidad o del pH y adyuvantes de mezcladura. El uso de aglomerantes mejora la uniformidad de la muela y la calidad estructural de la muela previamente sometida a cochura o prensada en crudo y de la muela sometida a cochura. Dado que los aglomerantes se queman durante la cochura, los mismos no llegan a formar parte de la unión o herramienta abrasiva acabada.

- 15 Las muelas abrasivas pueden someterse a cochura a las temperaturas relativamente bajas indicadas en esta memoria por métodos conocidos por los expertos en la técnica. Las condiciones de cochura vienen determinadas fundamentalmente por el aglomerante y los abrasivos reales utilizados. El aglomerante se somete a cochura a 700 hasta 1100°C, preferiblemente 750 a 950°C, a fin de proporcionar las propiedades mecánicas necesarias para la rectificación de metales y otras piezas de trabajo. El cuerpo consolidado vitrificado puede impregnarse también después de la cochura de manera convencional con un adyuvante de rectificación, tal como azufre o cera, o con un vehículo, tal como resina epoxi, a fin de aportar un adyuvante de rectificación a los poros de la muela.

- 20 Para grano microabrasivo utilizado en herramientas abrasivas para, v.g., operaciones de superacabado, el tamaño de partícula de las granallas abrasivas utilizadas es por lo general aproximadamente 2 a 6 micrómetros (grado 280-6000 JIS), pero es más común un tamaño de partícula fino de 18 micrómetros (1000 JIS) o menor. La dureza de unión de la herramienta abrasiva es de +100 a -60 en términos de dureza Rockwell, siendo +100 más duro y -60 más blando.

- 25 Las dimensiones y forma de la herramienta de superacabado están determinadas generalmente por la pieza de trabajo y la estructura mecánica. Las dimensiones mínimas son aproximadamente 2 x 2 x 15 mm y las dimensiones máximas aproximadamente 25 x 50 x 120 mm, pero son también posible dimensiones mayores y menores que éstas. La forma es en la mayoría de los casos rectangular (es decir, una piedra abrasiva o una piedra de afilar) pero algunas veces se proporcionan extremos redondeados.

- 30 Las herramientas de superacabado comprenden generalmente 32%-46%, en volumen, de grano abrasivo, 5%-20%, en volumen, de aglomerante vitrificado y 40-55% en volumen de porosidad.

Los ejemplos que siguen se proporcionan a modo de ilustración de la invención, y no a modo de limitación.

Ejemplo 1

- 35 Un grano abrasivo de alúmina sinterizada cristalina fina (MCA), obtenido de Saint-Gobain Industrial Ceramics, Inc., Worcester, MA (nombre comercial: grano abrasivo Norton SG, tamaño de granalla: 5 micrómetros (JIS #3000) y grano abrasivo de alúmina blanca fundida disponible comercialmente (de la misma fuente, nombre comercial: WA, tamaño de granalla: 5 micrómetros (JIS #3000) se utilizaron en una ratio igual en peso (50:50), y se utilizó el aglomerante vitrificado de cochura a baja temperatura descrito en la Publicación de Patente Japonesa No. 8-90422 para los aglomerantes modificados (1) a (3) con las composiciones químicas indicadas en la Tabla 1, a fin de fabricar las herramientas rectificadoras de superacabado (1) a (3) como se muestra en la Tabla 2. Para comparación se utilizó una herramienta rectificadora de superacabado que comprendía 100% de las granallas abrasivas de alúmina blanca fundida más comunes utilizadas comercialmente (producto comercial A). La estructura para las herramientas rectificadoras de superacabado era un volumen de granalla abrasiva de 37%, un volumen de aglomerante vitrificado de 9% y un volumen de poros de 54%, y la dureza de la herramienta rectificadora de superacabado vitrificada estaba comprendida en el intervalo de -30 a -40 en la escala H de dureza Rockwell (escala 45 1/8", carga 60 kgf).

Tabla 1

Componentes químicos del aglomerante de test, % p

Test	No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	RO	R ₂ O	B ₂ O ₃	Total
Aglomerante (1)		48,0	17,0	2,0	15,0	19,0	100,0
Aglomerante (2)		51,0	21,0	1,0	18,0	9,0	100,0
Aglomerante (3)		51,0	21,0	1,0	8,0	20,0	100,0

Se seleccionaron estos aglomerantes debido a que representan los aglomerantes de cochura a temperatura más baja entre los aglomerantes públicamente conocidos, y son adecuados para maduración a 900°C.

Tabla 2

Mixturas de herramientas de rectificación de test

Herramienta de rectificación de test	No.	Granallas abrasivas		Aglomerante de Test No.
		WA	SG	
Herramienta de rectificación de test	(1)	50	50	Aglomerante (1)
Herramienta de rectificación de test	(2)	50	50	Aglomerante (2)
Herramienta de rectificación de test	(3)	50	50	Aglomerante (3)
Producto comercial(A)		100		

5

Procedimiento de mezcla de las herramientas de rectificación de test y condiciones de rectificación

Se obtuvieron herramientas de rectificación sometidas a cochura por agitación y mezcla de 5 partes en peso de una solución acuosa de dextrina al 30% y cada aglomerante vitrificado con 100 partes en peso de cada una de las granallas abrasivas, WA y WA+ Norton SG®, de una manera tal que los porcentajes en volumen de los componentes de la herramienta eran, respectivamente, un volumen de granalla abrasiva de 37%, un volumen de aglomerante vitrificado de 9% y un volumen de poros de 54%, basado en la densidad relativa a granel de la herramienta rectificadora. A continuación, se moldearon herramientas rectificadoras rectangulares a dimensiones de 60 x 12 x 25 mm.

10

Después de moldear las herramientas de rectificación de test (1) a (3), las herramientas de rectificación se secaron y se sometieron luego a cochura durante un periodo prescrito de 30 horas, con 2 horas a la temperatura máxima de 900°C. Estas herramientas de rectificación se sometieron a medida de la dureza Rockwell y se cortaron luego a las dimensiones prescritas, después de lo cual se utilizaron en un test de rectificación. Para comparación, se testó también una herramienta rectificadora de superacabado con 100% de grano abrasivo de alúmina blanca fundida disponible comercialmente.

15

El test de rectificación empleó un disco de superacabado (producto de Seibu Jido Kiki) y un aceite mineral insoluble en agua como fluido de rectificación, una pieza de trabajo SUJ-2 (58/62 x HRC) y dimensiones de la herramienta de rectificación de 10 mm de longitud, 5 mm de anchura y 20 mm de profundidad, teniendo la superficie operativa de la herramienta de rectificación una anchura de 10 mm en la dirección de la circunferencia, una anchura de 5 mm en la dirección del eje y 20 mm en la dirección de abrasión, y siendo las dimensiones de trabajo un diámetro de 50 mm y una anchura de 5 mm, efectuándose la rectificación en profundidad sobre la circunferencia exterior. La rugosidad superficial de LA diana de rectificación antes del test era 1,3 µmRz. Las condiciones de superacabado eran una frecuencia de vibración de la herramienta de rectificación de 29,75 Hz (1785 cpm), una tasa de rotación de trabajo de 197 revoluciones por minuto, una amplitud de la herramienta de 2 mm, y un ángulo de inclinación máximo de 20°, con 1 minuto en cada una de estas condiciones.

20

25

30 Tabla 3

Resultados del test

	Dureza Rockwell	Volumen de rectificación	Durabilidad de la herramienta de rectificación	Ratio de rectificación	*Rugosidad superficial
Herramienta de rectificación de test (1)	-33	70	80	56	96
Herramienta de rectificación de test (2)	-37	98	105	103	100
Herramienta de rectificación de test (3)	-34	98	101	99	99
Producto comercial (A)	-38	100	100	100	100

* Nota: un valor más pequeño para la rugosidad superficial indica mejor acabado de la superficie.

Como se muestra por los resultados de la Tabla 3, en donde se muestra como referencia el producto comercial (A), la herramienta de rectificación de test (1) exhibía una eficiencia menor que el producto comercial, y el aglomerante de test (2) y el aglomerante de test (3) tenían volumen de corte inferior pero durabilidad ligeramente mejor. En cambio, a pesar de emplear grano abrasivo MCA, los ejemplos comparativos no exhibían prácticamente una eficiencia superior, y especialmente propiedades de rectificación, comparados con la herramienta de rectificación del producto comercial (A), que empleaba granallas abrasivas de alúmina blanca fundida.

Ejemplos Experimentales

Se utilizaron los aglomerantes (11) a (16) con las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 4 para fabricar las herramientas de rectificación de test (11) a (18) enumeradas en la Tabla 5 de igual manera que las herramientas de rectificación de test (1) a (3) de los Ejemplos Comparativos, y se sometieron éstas a un test de rectificación de igual manera que los Ejemplos Comparativos. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 4

Componentes químicos de los aglomerantes de test, % en peso (% molar)

Test No.	SiO ₂ % peso (molar)	Al ₂ O ₃ %	RO+R ₂ O %	B ₂ O ₃ %	P ₂ O ₅ %	Total
Aglomerante (11)	51,0 (56,0)	21,0 (13,5)	19,0 (20,0- 23,5)	9,0 (8,5)	0,0 (0)	100,0 (100,0)
Aglomerante (12)	50,0	20,5	19,0	7,5	3,0 (1,0)	100,0
Aglomerante (13)	49,5	20,5	17,0	7,0	6,0	100,0
Aglomerante (14)	48,5	20,0	16,0	6,5	9,0	100,0
Aglomerante (15)	48,0	19,0	16,0	5,0	12,0	100,0
Aglomerante (16)	46,0 (55,0)	18,0 (12,7)	16,0 (18,4- 21,0)	5,0 (5,1)	15,0 (7,6)	100,0 (100,0)

Tabla 5

Mixturas de las herramientas de rectificación de test

Herramienta de test No.	Granallas abrasivas		Aglomerante de Test No.
	WA	SG	
Herramienta de test (11)	100		Aglomerante (11)
Herramienta de test (12)	50	50	Aglomerante (11)
Herramienta de test (13)	50	50	Aglomerante (12)
Herramienta de test (14)	50	50	Aglomerante (13)
Herramienta de test (15)	50	50	Aglomerante (14)
Herramienta de test (16)	100		Aglomerante (14)
Herramienta de test (17)	50	50	Aglomerante (15)
Herramienta de test (18)	50	50	Aglomerante (16)
Producto comercial (A)	100		

Tabla 6

Propiedades de las herramientas de rectificación de test

	Dureza Rockwell	Volumen de rectifi- cación	Durabilidad de la herramienta de rectificación	Ratio de Rectificación (Ratio G)	*Rugosidad superficial
--	--------------------	----------------------------------	--	--	---------------------------

Herramienta de test (11)	-38	95	97	92	99
Herramienta de test (12)	-37	98	105	103	101
Herramienta de test (13)	-37	106	128	136	102
Herramienta de test (14)	-39	110	183	201	104
Herramienta de test (15)	-38	115	248	286	104
Herramienta de test (16)	-36	103	115	119	102
Herramienta de test (17)	-37	117	239	280	104
Herramienta de test (18)	-36	110	163	180	103
Producto comercial (A)	-38	100	100	100	100

* Nota: un valor menor para la rugosidad superficial indica mejor acabado de la superficie.

Los valores de dureza Rockwell de todas las herramientas de rectificación de test estaban comprendidos en el intervalo de -30 a -40. No se encontró quemado alguno en ninguna de las piezas de trabajo. Aquellas herramientas de rectificación con volúmenes de rectificación mayores que el producto comercial (A) tenían rugosidad superficial ligeramente inferior comparadas con el producto comercial (A). Esto se debe a que un mayor volumen de rectificación tiende a dar como resultado una rugosidad superficial más deficiente. Sin embargo, estos valores estaban dentro del intervalo aceptable.

La Tabla 6 muestra que la herramienta de rectificación de test (11) que contenía 100% en peso de granallas abrasivas de alúmina blanca fundida y no contenía cantidad alguna de P_2O_5 en el aglomerante vitrificado exhibía una eficiencia menor con respecto al producto comercial (A) como referencia. La eficiencia mejoraba generalmente cuando se utilizó grano abrasivo MCA. Las herramientas de rectificación que contenían P_2O_5 en los aglomerantes vitrificados exhibían también mejor eficiencia. En particular, las herramientas de rectificación de test (14), (15) y (17), que incluían grano abrasivo MCA y contenían P_2O_5 a 6-12% en peso en el aglomerante vitrificado, tenían volúmenes de rectificación mejorados en un 10% o más, y ratios de rectificación dos veces mayores o más, obteniéndose la eficiencia máxima con 9-12% en peso de P_2O_5 en el aglomerante vitrificado. La herramienta de rectificación de test (18) que tenía 15% en peso de P_2O_5 en el aglomerante vitrificado exhibía 1,8 veces la eficiencia del producto comercial (A), pero su eficiencia era menor que la de la herramienta de rectificación de test (17).

En lo que respecta a la herramienta de rectificación de test (15) que incluía grano abrasivo MCA y la herramienta de rectificación de test (16) que no contenía grano abrasivo MCA, la herramienta de rectificación de test (15) que incluía grano abrasivo MCA exhibía más de dos veces la ratio G que la herramienta de rectificación de test (16), que no contenía grano abrasivo MCA. Así pues, el grano abrasivo MCA y un aglomerante vitrificado que contenía P_2O_5 producían mejor eficiencia.

Ejemplo 2

Se prepararon muestras de barras de test para ensayar las propiedades de resistencia mecánica de aglomerantes experimentales para herramientas abrasivas fabricadas de acuerdo con la invención. Las materias primas para fabricación de las composiciones aglomerantes experimentales sometidas a cochura que se indican en la Tabla 7 se seleccionaron a partir de arcilla caolínica, cenizas de sosa, silicato de sodio, carbonato de litio, $(Ca, Mg)O$, bórax, ácido bórico, criolita, feldespato, fosfato de sodio, fosfato de calcio, dióxido de titanio, y una frita de vidrio pulverizado. La frita de vidrio pulverizado tenía la composición:

Composición de la frita (%) en peso

<u>Óxido</u>	<u>Frita</u>
SiO_2	54,1
Na_2O	7,7
B_2O_3	38,2

La mezcla aglomerante se produjo por mezcla en seco de cantidades pequeñas (aproximadamente 100 g) de las materias primas en una mezcladora de laboratorio para fabricar una pre-mezcla de aglomerante pulverizada. Los tests de cochura preliminares sobre pastillas fabricadas a partir de estas mezclas de aglomerante confirmaron que los aglomerantes experimentales maduraban para dar un aglomerante vítreo a 900°C.

Las composiciones en porcentajes molares para los aglomerantes experimentales sometidos a cochura se muestran en la Tabla 7 a continuación:

Tabla 7

Composiciones en Porcentajes Molares de los Aglomerantes Experimentales Después de la Cochura

<u>Aglomerantes</u>	<u>SiO₂</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>B₂O₃</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>F</u>	<u>NaO₂</u>	<u>K₂O</u>	<u>Li₂O</u>
<u>Experimentales</u>								
Aglomerante 2	41,55	11,97	15,00	4,90	0,00	12,97	2,98	4,98
Aglomerante 3	45,48	11,99	14,99	0,00	0,00	10,99	2,99	7,99
Aglomerante 12	40,09	11,59	14,48	4,76	4,78	8,12	2,99	7,79
Aglomerante 21	42,00	11,57	14,44	2,26	4,77	9,13	5,39	4,90
Aglomerante 24	44,48	11,99	10,99	4,99	0,00	10,99	2,99	7,99
<u>Aglomerantes Comparativos</u>								
Aglomerante 9	41,34	12,00	15,00	5,00	0,00	16,02	2,99	1,99
Aglomerante 11	43,60	11,54	14,49	0,04	4,75	4,73	7,74	7,73
Aglomerante 13	46,38	11,58	6,78	4,60	4,72	4,86	7,77	7,78
Aglomerante 15	41,47	12,01	15,00	4,99	0,00	4,93	8,00	8,00
Aglomerante 20	46,21	11,78	10,76	2,47	2,47	15,85	2,97	1,97

Estos aglomerantes experimentales y comparativos contenían también aproximadamente 1,38-1,51% molar de TiO₂, 2,38-2,58% molar de CaO, y 1,38-1,54% molar de MgO, para dar un total de 100% molar.

- 5 Los aglomerantes se combinaron con un grano abrasivo MCA, obtenido de Norton Company (granalla Norton SG® 80, grano abrasivo MCA). El grano y un componente aglomerante orgánico líquido se mezclaron en un pequeño mezclador de laboratorio. Se añadió luego la premezcla de aglomerante y se mezcló con el grano.

- 10 La mezcla se pasó a través de un tamiz para romper cualesquiera grumos y se prensó luego en barras con dimensiones de 10,16 cm x 2,54 cm x 1,77 cm (4" x 1" x ½") en un montaje de molde de barras con 3 cavidades. Se calcularon las pérdidas por calcinación y se consideró la densidad relativa del vidrio para cada aglomerante a fin de ajustar los porcentajes en peso de los componentes del aglomerante utilizados en cada muestra de test para producir herramientas abrasivas experimentales que tenían aproximadamente la misma dureza después de la cochura (es decir, un grado K de dureza en la escala de Norton Company). Las barras de test comprendían aproximadamente 9% en volumen de componente aglomerante vítreo, 48% en volumen de grano abrasivo MCA, y 43% en volumen de porosidad.

- 15 Las barras se sometieron a cochura en un horno eléctrico en las condiciones de cochura siguientes: aumento de temperatura a 25°C/hora desde la temperatura ambiente hasta 350°C; mantenimiento durante 2 horas; aumento a 25°C/hora hasta la temperatura pico de 900°C; mantenimiento durante 8 horas a dicha temperatura pico; y enfriamiento a la temperatura ambiente.

- 20 Las barras se testaron en cuanto a módulo de rotura en una máquina de ensayos mecánicos Instron Modelo 47727 con una plantilla de flexión de cuatro puntos con una abertura de soporte de 7,62 cm (3"), una abertura de carga de 2,54 cm (1"), y a una tasa de carga de 0,13 cm (0,050") por minuto de velocidad de la cruceta. Los datos de penetración del chorreado con arena se generaron testando las barras en una máquina de clasificación por chorro de arena de Norton Co. (cámara #2) a 1 bar (15 psi) durante 10 segundos. El módulo de elasticidad se determinó utilizando un aparato de ensayos Grindo-Sonic MK3S. Los resultados (valor medio de 6 muestras) se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9

Resistencia y Dureza de las Barras de Test

Aglomerante Experimental	Densidad Después de la Cochura, g/cc	Módulo de Elasticidad GPa	Módulo de rotura (psi)	Penetración del chorro de arena, mm
Aglomerante 2	2,080	41,55	6575	2,59
Aglomerante 3	2,082	43,53	6641	3,60
Aglomerante 12	2,091	45,59	6874	2,32
Aglomerante 21	2,077	43,10	6533	2,46

Aglomerante	24	2,073	43,40	<u>6581</u>	2,40
				6641 med.	
Aglomerante Comparativo					
Aglomerante	9	2,068	39,96	5175	2,90
Aglomerante	11	2,081	44,20	5115	2,59
Aglomerante	13	2,089	38,39	3799	3,71
Aglomerante	15	2,085	44,50	5816	2,22
Aglomerante	20	2,067	35,20	<u>4515</u>	3,52
				4884 med,	

5 Los resultados del test indican que todos los aglomerantes experimentales habían madurado durante la cochura a una temperatura de 900°C para crear un aglomerante con resistencia y propiedades mecánicas suficientes para ser útiles en herramientas abrasivas adecuadas para operaciones de rectificación.

10 La temperatura de cochura relativamente baja y la química de óxidos de los aglomerantes, tanto experimentales como comparativos, se seleccionaron respecto a compatibilidad con grano abrasivo MCA y eran apropiadas para conservación de la eficiencia de rectificación excelente del grano abrasivo MCA. Sin embargo, con relación a los aglomerantes comparativos, los aglomerantes experimentales proporcionaban también un aumento inesperado en cohesión, como se demostraba por el módulo de rotura (MOR) y otros indicadores de resistencia (SBP y MOE).

15 El MOR máximo se obtuvo cuando estaban presentes a la vez óxido de boro y óxido de fósforo. Una cantidad insuficiente de boro (6,78%) en el aglomerante 13, incluso en presencia de fósforo (4,60) y flúor (4,72%), causaba una disminución en el MOR. En el aglomerante 24, las cantidades combinadas de boro (10,99%) y fósforo (4,99%) eran suficientes para proporcionar más de 6000 psi de MOR. Al contrario que el fósforo, la adición de flúor (4,75%) no tenía el mismo efecto beneficioso en combinación con el boro (14,49%) en el aglomerante 11.

20 Cada uno de los ejemplos comparativos tenía un MOR inferior a 414 bar (6000 psi), demostrando una resistencia mecánica insuficiente en el aglomerante vítreo para uso en herramientas abrasivas que comprenden grano abrasivo MCA. La diferencia media en MOR entre las muestras experimentales y las muestras comparativas representa aproximadamente una mejora de 35% en resistencia.

25 Un exceso de alúmina (a saber, 12% molar o mayor), y un desequilibrio de los óxidos de potasio y litio uno con respecto al otro, o con óxido de sodio, daba como resultado un MOR insatisfactorio y cohesión insuficiente para uso en las herramientas abrasivas de la invención. Los aglomerantes comparativos 9 y 15 ilustran los efectos de un exceso de alúmina, y los aglomerantes comparativos 9, 11 y 15 ilustran los efectos de un desequilibrio del contenido de óxidos alcalinos.

Ejemplo 3

30 Se prepara una muestra de barra de test (A) como se describe para el Aglomerante 12 en el Ejemplo 2, excepto que la muestra A comprende 47% de SiO₂, 10% de Al₂O₃, 4% de Na₂O, 2,5% de Li₂O, 2,5% de K₂O, 25% de B₂O₃, y 5% de P₂O₅, sobre una base de porcentaje molar. Se examina la barra de test A para evaluar si se crean al menos dos fases amorfas inmiscibles durante la cochura de los aglomerantes vítreos.

Se examinan secciones de las barras de test por escaneo al microscopio electrónico con un aumento de 10.000X. Se observan al menos dos fases vítreas separadas en la barra de test A que contiene el aglomerante de la invención. Se observan fases vítreas simples en los Aglomerantes Comparativos.

35 Así, una herramienta abrasiva producida con un vidrio de borosilicato alcalino que comprende al menos 1% molar de P₂O₅, un mínimo de 8% molar de B₂O₃, una ratio de al menos 2:1 de boro a óxido alcalino, y menos de 12% molar de Al₂O₃, contiene fases vítreas separadas cuando se somete a cochura a 900°C con grano MCA.

Debe entenderse que diversas otras modificaciones serán evidentes para los expertos en la técnica y pueden ser realizadas fácilmente por los mismos sin desviarse del alcance de la presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta abrasiva que tiene un módulo de rotura de al menos 414 bar (6000 psi), que comprende al menos 1% en volumen de grano abrasivo de alfa-alúmina microcristalina (MCA) y 3 a 30% en volumen de un aglomerante vitrificado, en donde el aglomerante vitrificado tiene dos fases vítreas, en donde el aglomerante vitrificado comprende una cantidad mayor de un vidrio de borosilicato alcalino y contiene un mínimo de 8% molar de B_2O_3 , menos de 12% molar de Al_2O_3 y 1 a 8% molar de P_2O_5 .
2. La herramienta abrasiva de la reivindicación 1, en donde el aglomerante vitrificado se prepara a partir de componentes aglomerantes que comprenden una frita de vidrio.
3. La herramienta abrasiva de la reivindicación 1, en donde la herramienta comprende 4 a 15% en volumen de aglomerante vitrificado y 10 a 56% en volumen de grano abrasivo MCA.
4. La herramienta abrasiva de la reivindicación 3, en donde la herramienta comprende además aproximadamente 0,1 a 60% en volumen de componentes adicionales seleccionados del grupo constituido por granos abrasivos secundarios, cargas y adyuvantes.
5. La herramienta abrasiva de la reivindicación 3, en donde el grano abrasivo MCA se selecciona del grupo constituido esencialmente por grano de alfa-alúmina microcristalino fabricado por un proceso sol-gel con siembra, grano de alfa-alúmina microcristalino fabricado por un proceso sol-gel sin siembra, modificaciones de los mismos con óxidos de metales de las tierras raras, y combinaciones de los mismos.
6. La herramienta abrasiva de la reivindicación 1, en donde el aglomerante vitrificado comprende una ratio molar de B_2O_3 a óxidos alcalinos de 5,25:1 a 1:1.
7. La herramienta abrasiva de la reivindicación 6, en donde los óxidos alcalinos se seleccionan del grupo constituido por Na_2O , Li_2O , y K_2O y combinaciones de los mismos.
8. La herramienta abrasiva de la reivindicación 7, en donde el aglomerante vitrificado después de la cochura comprende adicionalmente un máximo de 2% molar de un componente seleccionado del grupo constituido por componentes que contienen flúor, ZnO , ZrO_2 , CaO , MgO y combinaciones de los mismos.
9. La herramienta abrasiva de la reivindicación 1, en donde el aglomerante vitrificado comprende óxidos alcalinos en una ratio de 1:1:1 a 2:1:1 de sodio:lítio:potasio.
10. Una herramienta abrasiva que tiene un módulo de rotura de al menos 414 bar (6000 psi), que comprende al menos 1%, en volumen, de grano abrasivo MCA y 3 a 30% en volumen de aglomerante vitrificado, en donde el aglomerante vitrificado comprende después de la cochura de la herramienta abrasiva, 40 a 60% de SiO_2 , 10 a 18% de Al_2O_3 , 12 a 25% de óxidos alcalinos, 5 a 20% de B_2O_3 , y 1 a 8% de P_2O_5 , sobre una base de porcentaje molar, de tal modo que la herramienta abrasiva tiene al menos un aumento del 30% en módulo de rotura con relación a una herramienta abrasiva fabricada con un aglomerante vitrificado comparable que contiene menos de 1% de P_2O_5 , sobre una base de porcentaje molar.
11. La herramienta abrasiva de la reivindicación 10, en donde los óxidos alcalinos se seleccionan del grupo constituido por Na_2O , Li_2O , y K_2O y combinaciones de los mismos.
12. La herramienta abrasiva de la reivindicación 10, en donde la herramienta comprende 4 a 25% en volumen de aglomerante vitrificado y 10 a 56% en volumen de grano abrasivo MCA.
13. La herramienta abrasiva de la reivindicación 10, en donde la herramienta comprende además aproximadamente 0,1 a aproximadamente 60% en volumen de componentes adicionales seleccionados del grupo constituido por granos abrasivos secundarios, cargas y adyuvantes.
14. La herramienta abrasiva de la reivindicación 11, en donde el aglomerante vitrificado después de la cochura comprende adicionalmente al menos un óxido seleccionado del grupo constituido por TiO_2 , ZnO , ZrO_2 , CaO , MgO , CoO , MnO_2 , BaO , Bi_2O_3 y Fe_2O_3 , y combinaciones de los mismos, preferiblemente en una cantidad no mayor que 2% molar de dichos óxidos.
15. La herramienta abrasiva de la reivindicación 10, en donde el aglomerante vitrificado después de la cochura comprende óxidos alcalinotérreos y la ratio molar de SiO_2 a los contenidos combinados de óxidos alcalinos y óxidos alcalinotérreos es al menos 1,5:1,0.
16. La herramienta abrasiva de la reivindicación 10, en donde el aglomerante vitrificado comprende óxidos alcalinos en una ratio de 1:1:1 a 2:1:1 de sodio:lítio:potasio.

17. Un método para fabricación de una herramienta abrasiva que tiene un módulo de rotura de al menos 414 bar (6000 psi), que comprende los pasos de:

5 a) mezclar aproximadamente 70 a 95% en peso de grano abrasivo seleccionado del grupo constituido por grano MCA, grano de carburo de silicio, grano de diamante, y grano de nitruro de boro cúbico, y mixturas de los mismos, y aproximadamente 5 a 30% en peso de mixtura de aglomerantes, comprendiendo la mixtura de aglomerantes, después de la cochura de la herramienta abrasiva, 40 a 60% de SiO_2 , 10 a 18% de Al_2O_3 , 12 a 25% de óxidos alcalinos, 5 a 20% de B_2O_3 , y 1 a 8% de P_2O_5 , sobre una base de porcentaje molar;

b) moldear la mixtura en una composición cruda; y

10 c) someter a cochura la composición cruda a una temperatura comprendida en el intervalo de 700 a 1100°C para formar la herramienta abrasiva;

y en donde la herramienta abrasiva se caracteriza por al menos un aumento de 30% en el módulo de rotura con relación a una herramienta abrasiva comparable fabricada con un aglomerante vitrificado que comprende menos de 1% molar de P_2O_5 .

15 18. El método de la reivindicación 17, en donde la composición cruda se somete a cochura a una temperatura menor que aproximadamente 950°C.

19. El método de la reivindicación 17, en donde la herramienta abrasiva se selecciona del grupo constituido por muelas abrasivas, piedras abrasivas, y piedras de afilar abrasivas.

20. El método de la reivindicación 17, en donde el paso de cochura se lleva a cabo en una atmósfera oxidante.

20 21. El método de la reivindicación 19, en donde la herramienta abrasiva es una herramienta microabrasiva de superacabado.