

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 302**

51 Int. Cl.:

**B24D 3/14** (2006.01)

**C09K 3/14** (2006.01)

**C09C 1/68** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2012 PCT/US2012/031673**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12135755**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2012 E 12765308 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 2691208**

54 Título: **Artículo abrasivo para operaciones de rectificación de alta velocidad**

30 Prioridad:

**31.03.2011 US 201161470064 P**

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

**21.10.2020**

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ABRASIVES, INC (50.0%)**  
**One New Bond Street**  
**Worcester MA 01615-0138, US y**  
**SAINT-GOBAIN ABRASIFS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SARANGI, NILANJAN;**  
**FIX, RENAUD;**  
**WOODS, STEPHEN;**  
**GAFFNEY, JIM;**  
**CAMPANIELLO, JOHN;**  
**BESSE, JOHN R. y**  
**FOX, STEPHEN E.**

74 Agente/Representante:

**MORENO NOGALES, Ángeles**

ES 2 788 302 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 rectificación de alta velocidad

5 CAMPO TÉCNICO

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

10 TÉCNICA ANTERIOR

15 Las herramientas abrasivas se forman, en general, para tener granos abrasivos contenidos dentro de un material de unión para aplicaciones de eliminación 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 sol gel con semillas (o incluso sin semillas), también conocido como grano abrasivo de alfa-alúmina microcristalina (MCA). El material de unión puede ser materiales orgánicos, como una resina, o un material inorgánico, tal como un 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 operaciones de rectificación.

20 Determinadas herramientas abrasivas unidas, particularmente 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 temperaturas tan elevadas necesarias para formar la herramienta abrasiva, el material de unión puede reaccionar con los granos abrasivos, particularmente 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 describe una composición de unión que comprende al menos un 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 inferiores a 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 6.702.867. Por ejemplo, el documento US 6.702.867 se refiere a una herramienta abrasiva unida-vitrificada en la que la porción de grano abrasivo comprende un grano abrasivo térmicamente sensible, tal como grano abrasivo o grano superabrasivo sinterizado de alfa-alúmina microcristalina de sol-gel, y en el que la unión vitrificada puede madurarse activándose a una temperatura de entre aproximadamente 700 y 1.100 °C. Aún así, la industria continúa exigiendo un rendimiento mejorado de dichos artículos abrasivos unidos.

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

SUMARIO

50 De acuerdo con un aspecto, un artículo abrasivo como el definido en la reivindicación 1 incluye un cuerpo abrasivo unido que tiene partículas abrasivas que comprenden alúmina microcristalina (MCA) contenida dentro de un material de unión vítrea monofásico, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende una relación de resistencia (MOR/MOE) de al menos 0,80 aproximadamente, y en el que el material de unión se forma a partir de al menos un 45 % en peso de óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y no más del 55 % en peso de óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y al menos un 0,5 % en peso y no más del 2,2 % en peso de compuestos alcalinotérreos (RO), para el peso total del material de unión.

En un aspecto, el artículo abrasivo puede incluir un cuerpo abrasivo unido que comprende un MOR de al menos 40 Mpa para un MOE de al menos 40 GPa aproximadamente.

60 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

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

65 La FIG. 1 incluye un diagrama de porcentaje de porosidad, porcentaje de abrasivo y porcentaje de unión para cuerpos abrasivos unidos de la técnica anterior y cuerpos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización del

presente documento.

La FIG. 2 incluye un gráfico de MOR frente a MOE para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización del presente documento.

5

La FIG. 3 incluye un gráfico del índice de eliminación de material frente a la profundidad de corte para un artículo abrasivo unido convencional en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización del presente documento.

10

La FIG. 4 incluye un gráfico del índice de eliminación de material frente a la profundidad de corte para un artículo abrasivo unido convencional y un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización.

La FIG. 5 incluye un gráfico de la potencia máxima frente al índice de eliminación de material para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización del presente documento.

15

La FIG. 6 incluye un gráfico de la potencia máxima frente al índice de eliminación de material para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización.

20

La FIG. 7 incluye un gráfico de la potencia máxima frente al índice de eliminación de material para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con un modo de realización.

La FIG. 8 incluye un gráfico de cambio en el radio frente a la profundidad de corte ( $Z_w$ ) que demuestra un factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización.

25

La FIG. 9 incluye una serie de fotografías que ilustran el factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización.

30

La FIG. 10 incluye una serie de fotografías que ilustran el factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización.

La FIG. 11 incluye una serie de fotografías que ilustran el factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización.

35

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

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

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

45

De acuerdo con un modo de realización, el procedimiento de formar un artículo abrasivo unido de un modo de realización puede iniciarse 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. Un material de óxido es el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). El material de unión se forma a partir de no más de aproximadamente el 55 % 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 54 % en peso, no mayor que aproximadamente el 53 % en peso, no mayor que aproximadamente el 52 % en peso, o incluso no mayor que aproximadamente el 51 % en peso. El material de unión se forma a partir de al menos un 45 % en peso, tal como al menos un 46 % aproximadamente en peso, en el orden de al menos un 47 % aproximadamente en peso, al menos un 48 % aproximadamente en peso, o incluso al menos un 49 % aproximadamente 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 mencionados anteriormente.

50

55

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 12 % 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 del 14 % en peso, al menos aproximadamente del 15 % en peso, o incluso al menos aproximadamente del 16 % en peso. En determinados casos, el material de unión puede incluir una cantidad de óxido de aluminio que no es mayor que aproximadamente el 23 % en peso, no mayor que aproximadamente el 21 % en peso, no mayor que aproximadamente el 20 % en peso, no mayor que aproximadamente el 19 % en peso, o incluso

65

no mayor que aproximadamente el 18 % 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 mencionados anteriormente.

5 En determinados casos, el material de unión puede formarse a partir de una relación 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 relación 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 relación entre óxido de silicio y óxido de aluminio no puede ser mayor que aproximadamente 3,2. En otros casos, la  
10 relación entre óxido de silicio y óxido de aluminio dentro del material de unión no puede ser mayor que aproximadamente 3,1, no mayor que aproximadamente 3,0, o incluso no mayor que aproximadamente 2,9. Aún así, el material de unión puede formarse, en determinados casos, de modo que la relación entre el porcentaje en peso de óxido de silicio y el porcentaje en peso de óxido de aluminio sea al menos de aproximadamente 2,2, tal como al menos  
15 de aproximadamente 2,3, tal como del orden de al menos aproximadamente 2,4, al menos de aproximadamente 2,5, al menos de aproximadamente 2,6, o incluso al menos de aproximadamente 2,7. 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 mencionados 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 ( $B_2O_3$ ). Por ejemplo, el material de unión puede incorporar no más de aproximadamente el 20 % en peso 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. Aún así, el material de unión puede formarse a partir de al menos aproximadamente el 11 % en peso, tal como al menos  
20 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 mencionados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede formarse 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 70 % 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 69 % en peso, tal como no mayor que aproximadamente el 68 % en peso, no mayor que aproximadamente el 67 % en peso, o  
30 incluso no mayor que aproximadamente el 66 % 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 del 55 % en peso, tal como al menos aproximadamente del 58 % en peso, al menos aproximadamente del 60 % en peso, al menos aproximadamente del 62 % en peso, al menos aproximadamente del 63 % en peso, al menos aproximadamente del 64 % en peso, o incluso al menos aproximadamente del 65 % en peso para el peso total del material de unión. Se  
35 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.

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  
40 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. Aún así, en un modo de realización, el material de unión puede incluir una cantidad de óxido de silicio no superior a una cantidad aproximadamente 5 veces mayor, tal como no superior a una cantidad aproximadamente 4 veces mayor, no superior a una cantidad  
45 aproximadamente 3,8 veces mayor, o incluso no superior a una cantidad aproximadamente 3,5 veces mayor. 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 mencionados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede formarse 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.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede formarse 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 del presente documento, el contenido total de compuestos de óxido alcalino no puede ser mayor que aproximadamente el 19 % en peso, no mayor que  
60 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. Aún 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 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. 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 mencionados anteriormente.

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

Además, el material de unión puede formarse de modo que el contenido individual de cualquiera de los compuestos de óxido alcalino no sea mayor que la mitad del contenido total (en porcentaje en peso) de compuestos de óxido alcalino dentro del material de unión. 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.

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 dentro del material de unión puede estar dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,9 y 1,5, tal como dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,9 y 1,3, o incluso dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,9 y aproximadamente 1,1.

El material de unión se forma a partir de una determinada cantidad de compuestos alcalinotérreos (RO), donde 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). El material de unión contiene no más del 2,2 % en peso de compuestos de óxido alcalinotérreo para el peso total del material de unión. En otros casos más, el material de unión puede contener menos compuestos de óxido alcalinotérreo, tal como en el orden de no más de aproximadamente el 2,0 % en peso, o no más de aproximadamente el 1,8 % en peso. El material de unión contiene un contenido de uno o más compuestos de óxido alcalinotérreo de al menos el 0,5 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 0,8 % en peso, al menos aproximadamente el 1,0 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 1,4 % en peso para el peso total del material de unión. Se apreciará que la cantidad de compuestos de óxido alcalinotérreo dentro del cuerpo de unión puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos mencionados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede formarse a partir de no más de aproximadamente 3 compuestos de óxido alcalinotérreo diferentes. De hecho, el material de unión puede contener no más de 2 compuestos de óxido alcalinotérreo diferentes. En un caso particular, el material de unión se puede formar a partir de 2 compuestos de óxido alcalinotérreo que consisten en óxido de calcio y óxido de magnesio.

En un modo de realización, el material de unión puede incluir una cantidad de óxido de calcio que es 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.

El material de unión puede formarse a partir de una combinación de compuestos de óxido alcalino y compuestos de óxido alcalinotérreo 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. 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 12 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 13 % en peso, tal como al menos aproximadamente el 14 % en peso, al menos aproximadamente el 15 % en peso, o incluso al menos aproximadamente el 16 % 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 mencionados anteriormente.

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 puede formarse de modo que la relación 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 15:1. En otros modos de realización, la relación entre el porcentaje en peso total de compuestos

de óxido alcalino y 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 14:1, tal como dentro de un intervalo entre aproximadamente 7:1 y aproximadamente 12:1, o incluso con un intervalo entre aproximadamente 8:1 y aproximadamente 10:1.

5 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede formarse 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 2,0 % en peso, no más de aproximadamente el 1,5 % en peso, no más de aproximadamente el 1,0 % 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. 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 rectificación, como se describe en el presente documento.

15 De acuerdo con un modo de realización, el material de unión puede formarse a partir de una composición que no comprenda más que aproximadamente el 1 % en peso de determinados compuestos de óxido, que incluyen, por ejemplo, compuestos de óxido tales como  $MnO_2$ ,  $ZrSiO_2$ ,  $CoAl_2O_4$ , y  $MgO$ . De hecho, en modos de realización particulares, el material de unión puede estar esencialmente libre de los compuestos de óxido identificados anteriormente.

20 Además de los materiales de unión introducidos en la mezcla, el proceso de formación del artículo abrasivo unido puede incluir además la incorporación de cierto tipo de partículas abrasivas. De acuerdo con un modo de realización, las partículas abrasivas pueden incluir alúmina microcristalina (MCA). De hecho, en determinados casos, las partículas abrasivas pueden consistir esencialmente en alúmina microcristalina.

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

35 40 En referencia adicional a partículas abrasivas que utilizan alúmina microcristalina, se apreciará que la alúmina microcristalina puede estar formada con granos que tienen un tamaño de grano promedio de orden submicrométrico. De hecho, el tamaño de grano promedio de una alúmina microcristalina no puede ser mayor de aproximadamente 1 micrómetro, tal como no mayor de aproximadamente 0,5 micrómetros, no mayor de aproximadamente 0,2 micrómetros, no mayor de aproximadamente 0,1 micrómetros, no mayor de aproximadamente 0,08 micrómetros, no mayor de aproximadamente 0,05 micrómetros, o incluso no mayor de aproximadamente 0,02 micrómetros.

45 Además, la formación de la mezcla, que incluye partículas abrasivas y material de unión, puede incluir además la adición de otros componentes, tales como materiales de relleno, formadores de poros y materiales adecuados para formar el artículo abrasivo unido finalmente formado. Algunos ejemplos adecuados de materiales para la formación de poros pueden incluir, pero no se limitan a, alúmina de burbujas, mullita de burbujas, esferas huecas, incluidas esferas de vidrio huecas, esferas cerámicas huecas o esferas poliméricas huecas, materiales poliméricos o plásticos, compuestos orgánicos, materiales fibrosos, incluidos hilos y/o fibras de vidrio, cerámica o polímeros. Otros materiales adecuados de formación de poros pueden incluir naftaleno, PDB, conchas, madera y similares. En otro modo de realización más, el material de relleno puede incluir uno o más materiales inorgánicos, que incluyen, por ejemplo, óxidos y, en particular, puede incluir fases cristalinas o amorfas de circonia, sílice, titanía y una combinación de los mismos.

50 Después de que la mezcla se forme adecuadamente, la mezcla se puede conformar. Procesos de conformación adecuados pueden incluir 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 una pieza prensada.

55 Después de formar adecuadamente la pieza prensada, la pieza prensada se puede sinterizar a una temperatura particular para facilitar la formación de un artículo abrasivo que tenga un material de unión de fase vítrea. Cabe destacar que la operación de sinterización se puede llevar a cabo a una temperatura de sinterización inferior a aproximadamente 1000 °C. En modos de realización particulares, la temperatura de sinterización 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 sinterización particularmente bajas con los componentes de unión mencionados anteriormente de modo que se eviten temperaturas excesivamente altas y, por lo tanto, se limite la degradación de las partículas abrasivas durante el proceso de formación.

El cuerpo abrasivo unido comprende un material de unión que tiene un material en fase vítrea. En particular, el material de unión es un material vítreo monofásico.

El cuerpo abrasivo unido finalmente formado puede tener un contenido particular de material de unión, partículas abrasivas y porosidad. Cabe destacar que 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, al menos aproximadamente el 45 % en volumen, al menos aproximadamente el 46 % en volumen, al menos aproximadamente el 48 % en volumen o incluso al menos aproximadamente el 50 % 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 62 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 60 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 56 % en volumen, no mayor que aproximadamente el 52 % en volumen, o incluso no mayor que aproximadamente 50 % en volumen. Se apreciará que el cuerpo abrasivo unido puede tener una porosidad dentro de un intervalo entre cualquiera de los porcentajes mínimos y máximos mencionados anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener al menos aproximadamente un 35 % en volumen de partículas abrasivas para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. En otros modos de realización, el contenido total de partículas abrasivas puede ser mayor, tal como de al menos aproximadamente el 37 % en volumen, o incluso de al menos aproximadamente el 39 % en volumen. De acuerdo con un modo de realización particular, el cuerpo abrasivo unido puede formarse de modo que no tenga más de aproximadamente el 50 % en volumen de partículas abrasivas, tal como no más de aproximadamente el 48 % en volumen, o incluso no más de aproximadamente el 46 % en volumen para el total volumen del cuerpo abrasivo unido. 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 mencionados anteriormente.

En casos particulares, el cuerpo abrasivo unido se forma de modo que contenga 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 puede formarse de modo que contenga no más de aproximadamente el 14 % en volumen, no más de aproximadamente el 13 % en volumen, o incluso no más de aproximadamente el 12 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. En un caso particular, el cuerpo abrasivo unido puede formarse de modo que contenga al menos aproximadamente el 7 % en volumen, tal como al menos aproximadamente el 8 % en volumen, del orden de al menos aproximadamente el 9 % en volumen, o incluso al menos aproximadamente el 10 % en volumen de material de unión para el volumen total del cuerpo abrasivo unido.

La FIG. 1 incluye un diagrama de fases presentes dentro de un artículo abrasivo unido particular de acuerdo con un modo de realización. La FIG. 1 incluye un porcentaje en volumen de unión, un porcentaje en volumen de partículas abrasivas y un porcentaje en volumen de porosidad. La región sombreada 101 representa un artículo abrasivo unido convencional adecuado para aplicaciones de rectificación de alta velocidad, mientras que la región sombreada 103 representa el contenido de fase de un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización en el presente documento, que también es adecuado para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Por lo general se considera que las aplicaciones de rectificación de alta velocidad realizan operaciones de rectificación a velocidades de funcionamiento de 60 m/s o más.

Notablemente, el contenido de fase de los artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales (es decir, la región sombreada 101) es significativamente diferente del contenido de fase de un artículo abrasivo unido de un modo de realización. En particular, los artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales 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 aproximadamente el 42 % en volumen al 50 % en volumen, y un contenido de unión de aproximadamente el 9 al 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 rectificación de alta velocidad requieren un cuerpo abrasivo unido que tenga la resistencia suficiente para lidiar con las fuerzas excesivas encontradas durante la rectificación de alta velocidad, y los cuerpos abrasivos unidos altamente porosos no han sido capaces anteriormente de resistir dichas fuerzas.

De acuerdo con un modo de realización, un artículo abrasivo unido puede tener una porosidad considerablemente mayor que los artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales. Por ejemplo, un artículo abrasivo unido de

5 un modo de realización puede tener un contenido de porosidad dentro de un intervalo entre aproximadamente el 51 % en volumen y aproximadamente el 58 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido. Además, como se ilustra en la FIG. 1, un artículo abrasivo unido de un modo de realización puede tener un contenido de partículas abrasivas dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 40 % en volumen y aproximadamente el 42 % en volumen, y un contenido de unión particularmente bajo dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 2 % en volumen y aproximadamente el 9 % en volumen para el volumen total del artículo abrasivo unido.

10 En particular, los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento pueden tener características particulares a diferencia de los cuerpos abrasivos unidos convencionales. En particular, los artículos abrasivos unidos en el presente documento pueden tener un contenido particular de porosidad, de partículas abrasivas y de unión, al tiempo que demuestran características mecánicas particulares que los hacen adecuados para aplicaciones particulares, tales como aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede tener un módulo de ruptura (MOR) particular, que puede corresponder a un módulo de elasticidad (MOE) particular. Por ejemplo, el cuerpo abrasivo unido puede tener un MOR de al menos 45 MPa para un MOE de al menos aproximadamente 40 GPa. En un modo de realización, el MOR puede ser de al menos aproximadamente 46 MPa, tal como al menos aproximadamente 47 MPa, al menos aproximadamente 48 MPa, al menos aproximadamente 49 MPa, o incluso al menos aproximadamente 50 MPa para un MOE de 40 GPa. Aún así, el cuerpo abrasivo unido puede tener un MOR que no sea mayor que aproximadamente 70 MPa, tal como no mayor que aproximadamente 65 MPa, o no mayor que aproximadamente 60 MPa para un MOE de 40 GPa. Se apreciará que el MOR puede estar dentro de un intervalo comprendido entre cualquiera de los valores mínimos y máximos proporcionados anteriormente.

25 En otro modo de realización, para determinados cuerpos abrasivos unidos que tienen un MOE de 45 GPa, el MOR puede ser de al menos aproximadamente 45 MPa. De hecho, para determinados cuerpos abrasivos unidos que tienen un MOE de 45 GPa, el MOR puede ser de al menos aproximadamente 46 MPa, tal como al menos aproximadamente 47 MPa, al menos aproximadamente 48 MPa, al menos aproximadamente 49 MPa, o incluso al menos aproximadamente 50 MPa. Aún así, el MOR puede no ser mayor que aproximadamente 70 MPa, no mayor que aproximadamente 65 MPa, o no mayor que aproximadamente 60 MPa para un MOE de 45 GPa. Se apreciará que el MOR puede estar dentro de un intervalo comprendido entre cualquiera de los valores mínimos y máximos proporcionados anteriormente.

35 Un MOR puede medirse usando una prueba de flexión estándar de 3 puntos en una muestra con un tamaño de 4"x1"x0,5" (10,16 cm x 2,54 cm x 1,27 cm), donde la carga se aplica a través del plano de 1"x0,5" (2,54 cm x 1,27 cm), generalmente de conformidad con ASTM D790, con la excepción del tamaño de la muestra. La carga de rotura se puede registrar y calcular de nuevo con respecto al MOR usando ecuaciones estándar. El MOE puede calcularse a través de la medición de la frecuencia natural de los compuestos usando un instrumento GrindoSonic o un equipo similar, según las prácticas estándar en la industria de las muelas abrasivas.

40 El cuerpo abrasivo unido tiene una relación de resistencia, que es una medida del MOR dividido por el MOE. En casos particulares, la relación de resistencia (MOR/MOE) de un cuerpo abrasivo unido particular es de al menos aproximadamente 0,8. En otros casos, la relación de resistencia puede ser de al menos aproximadamente 0,9, tal como al menos aproximadamente 1,0, al menos aproximadamente 1,05, al menos aproximadamente 1,10. Aún así, la relación de resistencia puede no ser mayor que aproximadamente 3,00, tal como no mayor que aproximadamente 2,50, no mayor que aproximadamente 2,00, no mayor que aproximadamente 1,70, no mayor que aproximadamente 1,50, no mayor que aproximadamente 1,40, o no mayor que aproximadamente 1,30. Se apreciará que la relación de resistencia de los cuerpos abrasivos unidos puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos mencionados anteriormente.

50 De acuerdo con un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede ser adecuado para su uso en operaciones de rectificación particulares. Por ejemplo, se ha descubierto que los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento son adecuados en operaciones de rectificación que requieren una alta velocidad de funcionamiento. De hecho, los cuerpos abrasivos unidos pueden utilizarse a velocidades particularmente altas sin dañar la pieza de trabajo y proporcionar un rendimiento de rectificación adecuado o mejorado. De acuerdo con un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido es capaz de rectificar una pieza de trabajo que comprende metal a una velocidad de al menos aproximadamente 60 m/s. En otros casos, la velocidad de funcionamiento del cuerpo abrasivo unido puede ser mayor, tal como de al menos aproximadamente 65 m/s, al menos aproximadamente 70 m/s, o incluso al menos aproximadamente 80 m/s. En determinados casos, el cuerpo abrasivo unido puede ser capaz de rectificar una pieza de trabajo a velocidades que no sean mayores que aproximadamente 150 m/s, tal como no mayores que aproximadamente 125 m/s. Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden rectificar una pieza de trabajo a velocidades de funcionamiento dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

65 La referencia en el presente documento a las capacidades de rectificación del cuerpo abrasivo unido puede relacionarse con operaciones de rectificación tales como rectificación sin centro, rectificación cilíndrica, rectificación de cigüeñal, diversas operaciones de rectificación de superficie, operaciones de rectificación de cojinetes y engranajes,

rectificación de avance gradual y diversos procesos de rectificación de un taller de herramientas. Además, las piezas de trabajo adecuadas para las operaciones de rectificación 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, 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.

En casos particulares, se ha observado que el cuerpo abrasivo unido es capaz de rectificar piezas de trabajo a una alta velocidad de funcionamiento e índices de eliminación particularmente altos. Por ejemplo, en un modo de realización, el cuerpo abrasivo unido puede llevar a cabo una operación de rectificación a un índice de eliminación de material de al menos aproximadamente  $0,4 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $258 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ). En otros modos de realización, el índice de eliminación de material puede ser de al menos aproximadamente  $0,45 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $290 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ), tal como al menos aproximadamente  $0,5 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $322 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ), al menos aproximadamente  $0,55 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $354 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ), o incluso al menos aproximadamente  $0,6 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $387 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ). Aún así, el índice de eliminación de material para determinados cuerpos abrasivos unidos puede no ser mayor que aproximadamente  $1,5 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $967 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ), tal como no mayor que aproximadamente  $1,2 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $774 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ), no mayor que aproximadamente  $1,0 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $645 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ), o incluso no mayor que aproximadamente  $0,9 \text{ in}^3/\text{min}/\text{in}$  ( $580 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{mm}$ ). Se apreciará que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden rectificar una pieza de trabajo en los índices de eliminación de material dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos indicados anteriormente.

Durante determinadas operaciones de rectificación, se ha observado que los cuerpos abrasivos unidos de la presente solicitud pueden rectificar a altas velocidades a una profundidad de corte (DOC) o ( $Z_w$ ) particular. Por ejemplo, la profundidad de corte lograda 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 rectificación de alta velocidad de al menos aproximadamente 0,004 pulgadas (0,102 milímetros), tal como al menos aproximadamente 0,0045 pulgadas (0,114 milímetros), al menos aproximadamente 0,005 pulgadas (0,127 milímetros), o incluso al menos aproximadamente 0,006 pulgadas (0,152 milímetros). Se apreciará que la profundidad de corte para operaciones de rectificación de alta velocidad que utilizan los cuerpos abrasivos unidos en el presente documento no puede ser mayor que aproximadamente 0,01 pulgadas (0,254 milímetros), ni mayor que aproximadamente 0,009 pulgadas (0,229 milímetros). Se apreciará que la profundidad de corte puede estar dentro de un intervalo entre cualquiera de los valores mínimos y máximos mencionados anteriormente.

En otros modos de realización, se ha observado que el cuerpo abrasivo unido puede rectificar una pieza de trabajo a una potencia máxima no superior a aproximadamente 10 Hp (7,5 kW), mientras se utilizan los parámetros de rectificación mencionados anteriormente. En otros modos de realización, la potencia máxima durante las operaciones de rectificación 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).

De acuerdo con otro modo de realización, durante las operaciones de rectificación de alta velocidad, se ha observado que los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento tienen una capacidad superior de mantenimiento de esquinas, particularmente en comparación con los artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales. De hecho, el cuerpo abrasivo unido puede tener un factor de mantenimiento de esquinas de no más de aproximadamente 0,07 pulgadas (0,18 cm) a una profundidad de corte ( $Z_w$ ) de al menos aproximadamente 1,8, que corresponde a 0,00255 pulgadas/s, rad (0,01 cm/s, rad). Como se usa en el presente documento, cabe destacar que una profundidad de corte de 1,0 corresponde a 0,00142 pulgadas/s, rad (0,04 mm/s, rad), y una profundidad de corte ( $Z_w$ ) de 1,4 corresponde a 0,00198 pulgadas/s, rad (0,05 mm/s, rad). Se apreciará que el factor de mantenimiento de esquinas es una medida de un cambio en el radio en pulgadas después de realizar 5 rectificaciones en una pieza de trabajo de 4330V, que es una aleación de acero de alta resistencia endurecida y templada NiCrMoV a una profundidad de corte particular. En otros determinados modos de realización, el artículo abrasivo unido demuestra un factor de mantenimiento de esquinas que no es mayor que aproximadamente 0,06 pulgadas (0,15 mm), tal como no mayor que aproximadamente 0,05 pulgadas (0,13 mm), no mayor que aproximadamente 0,04 pulgadas (0,01 mm), para una profundidad de corte de al menos aproximadamente 1,80.

## Ejemplos

### Ejemplo 1

La FIG. 2 incluye un gráfico del Módulo de Ruptura (MOR) frente al Módulo de Elasticidad (MOE) para artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización del presente documento y artículos abrasivos unidos convencionales. El gráfico 201 representa el MOR y el MOE para una serie de artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento. Cada una de las muestras de la serie está hecha con una composición de unión proporcionada en la siguiente Tabla 1 (en porcentaje de peso). Las muestras tienen un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 42 % en volumen y aproximadamente el 56 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de

un intervalo comprendido entre aproximadamente el 42 % en volumen y aproximadamente el 52 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 6 % en volumen y aproximadamente el 14 % en volumen. Cada una de las muestras se presan en frío para formar barras y se sinterizan a una temperatura de sinterización de entre aproximadamente 900 y 1250 °C

5

Tabla 1

SiO <sub>2</sub>	48-52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15-20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Traza (<1,0 %)
TiO <sub>2</sub>	Traza
CaO	1-1,5
MgO	Traza
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

10 El gráfico 203 representa los valores MOR y MOE de muestras de artículos abrasivos unidos convencionales, adecuados para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Las muestras convencionales representan artículos abrasivos unidos comercialmente disponibles como grados K, L y M en VS, VH y VBE, productos abrasivos unidos vítreos de Saint-Gobain Corporation. Las muestras tenían un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 42 % en volumen y aproximadamente el 56 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 42 % en volumen y aproximadamente el 2 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 6 % en volumen y aproximadamente el 14 % en volumen.

15 Las pruebas de MOR y MOE se completaron usando las pruebas descritas anteriormente. Cada una de las muestras se formó a un tamaño de aproximadamente 4"x1" x0,5" (10,16 cm x 2,54 cm x 1,27 cm), y MOR se mide usando una prueba de flexión estándar de 3 puntos donde la carga se aplica a través del plano de 1"x0,5" (2,54 cm x 1,27 cm), generalmente de conformidad con ASTM D790, con la excepción del tamaño de la muestra. La carga de rotura se registra y calcula de nuevo con respecto al MOR usando ecuaciones estándar. El MOE se calcula a través de la medición de la frecuencia natural de los compuestos usando un instrumento GrindoSonic.

20 Como se ilustra en la FIG. 2, las muestras que representan los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento (es decir, el gráfico 201) demuestran valores MOR más altos para un valor MOE dado en comparación con las muestras que representan los artículos abrasivos unidos convencionales (es decir, el gráfico 203). Las muestras que representan los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento tienen una relación de resistencia (pendiente de la línea del gráfico 201: MOR/MOE) de aproximadamente 1,17. Las muestras que representan los artículos abrasivos unidos convencionales tienen una relación de resistencia (pendiente de la línea del gráfico 203: MOR/MOE) de aproximadamente 0,63. Los datos de la FIG. 2 demuestran que las muestras que representan los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento tienen valores MOR mejorados para valores MOE particulares en comparación con los artículos abrasivos unidos convencionales.

35 Por consiguiente, los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento son adecuados para operaciones de rectificación de alta velocidad como se demuestra mediante los valores MOR superiores para valores MOE particulares en comparación con los artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales. Además, debido a que el MOR es mayor para un MOE particular en las muestras que representan los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento, tales características facilitan un consumo de energía mejorado para la velocidad de funcionamiento, así como una capacidad de mantenimiento de esquinas mejorada a una mayor velocidad de funcionamiento.

45 Ejemplo 2

Se llevaron a cabo estudios de rectificación comparativos adicionales para comparar las capacidades de rectificación de alta velocidad de los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento con artículos abrasivos unidos de rectificación de alta velocidad convencionales. La FIG. 3 incluye un gráfico del índice de eliminación de material frente a la profundidad de corte para un artículo abrasivo unido convencional en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización del presente documento. Se realizaron tres pruebas a varias profundidades de corte (DOC), incluyendo 0,003 pulgadas (0,08 mm), 0,0045 pulgadas (0,11 mm) y 0,006 pulgadas (0,15 mm). Los parámetros de las pruebas se incluyen en la siguiente Tabla 3.

50

Tabla 3

<p><u>Reavivar la muela</u></p>	<p>La reavivación se realiza en una relación de reavivación de 2. Muela de 10" (25,4 cm) que gira a una velocidad de 1000 rpm (2616 F/min) y reavivador de perfil de 4" (10,16 cm) que gira a una velocidad de 5000 rpm (5233 F/min). Velocidad de alimentación de 0,005 in/min (0,13 mm/min) para una profundidad de penetración de 0,020" (0,51 mm) (eliminación de 0,0075" (0,19 mm) en la pared).</p>
<p><u>Seleccionar Q'(velocidad de alimentación) para la prueba</u></p>	<p>En la primera parte de la prueba, el rendimiento de la muela se mide variando la Q' o velocidad de alimentación y hallando la Q', en menos de 0,5 in<sup>3</sup>/min/in (322 mm<sup>3</sup>/min/mm), en la cual la muela muestra una quemadura "visual" de una longitud de rectificación de 12" o 24" (30,48 cm o 60,96 cm). El umbral Q' de quemadura/no quemadura debe identificarse en aproximadamente de 3 a 5 rectificaciones.</p>
<p><u>Cargar y rectificar previamente 2 piezas de prueba</u></p>	<p>7. Usar un lado de la muela con un ángulo de 22 grados en el lateral, rectificar previamente dos piezas de prueba de 6" (15,24 cm), en serie, a un DOC de 0.006" (0.15 mm) para una longitud de rectificación de 12 a una velocidad de alimentación de 25 in/min (63,5 cm/min) (Q'=15).</p>
<p><u>Reavivar la muela</u></p>	<p>Reavivar con herramienta de preforma de diamante</p>
<p><u>Rectificar 2 piezas de prueba de acero inoxidable 8620 en 1 o 2 pasadas (1 pasada = 12" (30,48 cm) o 2 pasadas = 24" (60,96 cm)</u></p>	<p>Usar un lado de la muela con un ángulo de 22 grados en el lateral, rectificar dos piezas de prueba de 6" (15,24 cm), en serie, a un DOC de 0.006" (0.15 mm) para una longitud de rectificación de 12 a una velocidad de alimentación que representa la Q' deseada para la prueba.</p>
<p><u>Inspeccionar piezas de prueba para detectar quemaduras visuales</u></p>	
<p><u>Registrar potencia máxima</u></p>	
<p><u>Medir y registrar Ra, Wt, HRC y verificar signos de distorsión de barra o balanceo</u></p>	
<p><u>Repetir la prueba hasta que se determine que la eliminación máxima de material, antes de la observación visual de quemaduras, se aproxime más a 0,05 Q' indicada en in<sup>3</sup> min/in.</u></p>	

Q'	Velocidad de alimentación
Q'= 0,15	25 in/min (63,5 cm/min)
Q'= 0,30	50 in/min (254 cm/min)
Q'= 0,35	58 in/min (254 cm/min)
Q'= 0,40	67 in/min (254 cm/min)
Q'= 0,45	75 in/min (63,5 cm/min)
Q'= 0,50	83 in/min (254 cm/min)
Q'= 0,55	92 in/min (254 cm/min)
Q'= 0,60	100 in/min (254 cm/min)
Para DOC de 0,006" (0,15 mm)	

Los gráficos 301, 302 y 303 (301-303) representan muestras de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento. Cada una de las muestras 301-303 tenía un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 52 % en volumen y aproximadamente el 56 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 40 % en volumen y aproximadamente el 44 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 3 % en volumen y aproximadamente el 8 % en volumen. La composición de la unión es la misma que la proporcionada en la anterior Tabla 1.

Las muestras 305, 306 y 307 (305-307) representan artículos abrasivos unidos convencionales adecuados para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Las muestras convencionales 305-307 son artículos abrasivos unidos disponibles comercialmente como producto NQM90J10VH de Saint-Gobain Corporation. Cada una de las muestras 305-307 tenía un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 50 % en volumen y aproximadamente el 52 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 42 % en volumen y aproximadamente el 44 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 6 % en volumen y aproximadamente el 10 % en volumen.

Como se ilustra en la FIG. 3, las muestras 301-303 fueron capaces de conseguir índices de eliminación de material significativamente mayores en cada una de las profundidades de corte probadas en comparación con las muestras convencionales 305-307 para la operación de rectificación de alta velocidad (es decir, realizada a una velocidad de funcionamiento de 60 m/s). En cada prueba, las muestras 301-303 y 305-307 se usaron para realizar la rectificación hasta que la pieza de trabajo mostró quemaduras o la muestra no pudo rectificarse. En cada prueba, las muestras 301-303 lograron índices de eliminación de material notablemente mayores en comparación con las muestras convencionales 305-307. Además, de hecho, a una profundidad de corte de 0,0045 pulgadas (0,11 mm), el índice de eliminación de material de la muestra 302 fue más de 3 veces mayor que el índice de eliminación de material conseguido por la muestra convencional 306. Además, a la profundidad del valor de corte de 0,006 pulgadas (0,15 mm), la muestra 303 demostró un índice de eliminación de material comparable al índice de eliminación de material de la muestra 302, y mayor que 10 veces el índice de eliminación de material de la muestra convencional 307. Dichos resultados muestran una mejora notable en la eficacia de rectificación y las capacidades de rectificación de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento con respecto a los artículos abrasivos unidos convencionales de última generación.

### Ejemplo 3

Se llevaron a cabo estudios de rectificación comparativos adicionales para comparar las capacidades de rectificación de alta velocidad de los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento con artículos abrasivos unidos de rectificación de alta velocidad convencionales. La FIG.4 incluye un gráfico del índice de eliminación de material frente a la profundidad de corte para un artículo abrasivo unido convencional y un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización. La misma prueba que la presentada en el Ejemplo 2 (véase la Tabla 3 anterior) se realiza a una profundidad de corte (DOC) particular de 0,003 pulgadas (0,08 mm) para medir el índice umbral de eliminación de material antes de que la pieza de trabajo presente quemaduras. Debe observarse que para esta prueba, la velocidad de funcionamiento fue de 80 m/s.

El gráfico 401 representa una muestra de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento. La muestra 401 tenía una estructura similar a las muestras 301-303 presentadas en el Ejemplo 3 anterior. La muestra 403 representa un artículo abrasivo unido convencional adecuado para aplicaciones de rectificación de alta velocidad, disponible comercialmente como producto NQM90J10VH de Saint-Gobain Corporation.

Como se ilustra en la FIG. 4, la muestra 401 logró un índice de eliminación de material significativamente mayor en comparación con la muestra convencional 403. Además, de hecho, a una profundidad de corte de 0,003 pulgadas (0,08 mm), el índice de eliminación de material de la muestra 401 fue más de 10 veces mayor que el índice de eliminación de material conseguido por la muestra convencional 403. Dichos resultados muestran una mejora notable en la eficacia de rectificación y las capacidades de rectificación de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento con respecto a los artículos abrasivos unidos convencionales de última generación.

### Ejemplo 4

Se realizó otra prueba de rectificación comparativa para comparar el consumo máximo de energía durante las operaciones de rectificación de alta velocidad para artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento y artículos abrasivos unidos de rectificación de alta velocidad convencionales. Las FIGS. 5-7 incluyen gráficos que ilustran los resultados de la prueba.

La FIG. 5 incluye un gráfico de la potencia máxima frente al índice de eliminación de material para artículos abrasivos

unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización del presente documento. Se realizó una prueba en varias muestras a una profundidad de corte (DOC) de 0,003 pulgadas (0,08 mm) y una velocidad de funcionamiento de 60 m/s, usando los mismos parámetros que se proporcionan en la anterior Tabla 3. En la prueba, todas las muestras 501-502 y 504-506 se usaron para rectificar la pieza de trabajo hasta que la pieza de trabajo mostró quemaduras o la muestra no pudo rectificarse.

Los gráficos 501 y 502 (501-502) representan muestras de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento. Las muestras 501-502 tenía un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 52 % en volumen y aproximadamente el 56 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 40 % en volumen y aproximadamente el 44 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 3 % en volumen y aproximadamente el 8 % en volumen. La composición de la unión es la misma que la proporcionada en la anterior Tabla 1.

Las muestras 504, 505 y 506 (504-506) representan artículos abrasivos unidos convencionales adecuados para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Las muestras convencionales 504-506 son artículos abrasivos unidos disponibles comercialmente como producto NQM90J10VH de Saint-Gobain Corporation. Cada una de las muestras 504-506 tenía un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 50 % en volumen y aproximadamente el 52 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 42 % en volumen y aproximadamente el 44 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 6 % en volumen y aproximadamente el 10 % en volumen.

Como se ilustra en la FIG. 5, las muestras 501-502 consiguen índices de eliminación de material significativamente mayores a una profundidad de corte de 0,003 pulgadas (0,08 mm) al tiempo que tienen un consumo máximo de energía comparable o menor en comparación con las muestras convencionales 504-506 para la operación de rectificación de alta velocidad (es decir, realizada a una velocidad de funcionamiento de 60 m/s). En cada prueba, las muestras 501-502 lograron índices de eliminación de material notablemente mayores en comparación con las muestras convencionales 504-506. Además, de hecho, el consumo máximo de energía de la muestra 501 fue significativamente menor que el consumo máximo de energía de las muestras convencionales 504 y 505, y comparable al consumo máximo de energía de la muestra convencional 506. Del mismo modo, el consumo máximo de energía de la muestra 502 fue comparable al consumo máximo de energía de las muestras convencionales 504 y 505, al tiempo que se logró un índice de eliminación de material de casi 2 veces el índice de eliminación de material de las muestras convencionales 504 y 505. Dichos resultados muestran una mejora notable en la eficacia de rectificación y las capacidades de rectificación de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento con respecto a los artículos abrasivos unidos convencionales de última generación.

La FIG. 6 incluye un gráfico de la potencia máxima frente al índice de eliminación de material para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con los modos de realización del presente documento. Se realizó una prueba en varias muestras a una profundidad de corte (DOC) de 0,0045 pulgadas (0,11 mm) y una velocidad de funcionamiento de 60 m/s, usando los mismos parámetros que se proporcionan en la anterior Tabla 3. En la prueba, todas las muestras 601-602 y 604 se usaron para rectificar la pieza de trabajo hasta que la pieza de trabajo mostró quemaduras o la muestra no pudo rectificarse.

Los gráficos 601 y 602 (601-602) representan muestras de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento. Las muestras 601 y 602 tienen la misma estructura que las muestras 501 y 502 mencionadas anteriormente. La muestra 604 representa un artículo abrasivo unido convencional adecuado para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. La muestra convencional 604 es un artículo abrasivo unido igual que el producto abrasivo unido disponible comercialmente 504 descrito anteriormente.

Como se ilustra en la FIG. 6, las muestras 601-602 consiguen índices de eliminación de material significativamente mayores a una profundidad de corte de 0,0045 pulgadas (0,11 mm) al tiempo que tienen un consumo máximo de energía similar o menor en comparación con la muestra convencional 604. De hecho, el consumo máximo de energía de la muestra 601 fue comparable al consumo máximo de energía de la muestra convencional 604, al tiempo que el índice de eliminación de material de la muestra 601 fue casi 2 veces mayor que el índice de eliminación de material de la muestra 604. Además, el consumo máximo de energía de la muestra 602 fue menor que el consumo máximo de energía de la muestra convencional 604, y mostró un índice de eliminación de material de 2 veces el índice de eliminación de material de la muestra convencional 604. Dichos resultados muestran una mejora significativa en la eficacia de rectificación y las capacidades de rectificación de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento con respecto a los artículos abrasivos unidos convencionales de última generación.

La FIG. 7 incluye un gráfico de la potencia máxima frente al índice de eliminación de material para artículos abrasivos unidos convencionales y artículos abrasivos unidos de acuerdo con un modo de realización. Se realizó una prueba en varias muestras a una profundidad de corte (DOC) de 0,003 pulgadas (0,08 mm) y una velocidad de funcionamiento de 80 m/s, usando los mismos parámetros que se proporcionan en la anterior Tabla 3. En la prueba, todas las muestras

701 y 702-703 se usaron para rectificar la pieza de trabajo hasta que la pieza de trabajo mostró quemaduras o la muestra no pudo rectificarse.

5 El gráfico 701 representa una muestra de un artículo abrasivo unido formado de acuerdo con un modo de realización del presente documento. La muestra 701 tenía la misma estructura que la muestra 501 indicada anteriormente. Las muestras 702-703 representan artículos abrasivos unidos convencionales adecuados para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Las muestras convencionales 702-703 son artículos abrasivos unidos que son los mismos que las muestras disponibles comercialmente 504-506 descritas anteriormente.

10 Como se ilustra en la FIG. 7, la muestra 701 consiguió índices de eliminación de material significativamente mayores a una profundidad de corte de 0,003 pulgadas (0,08 mm) al tiempo que tenía un consumo máximo de energía adecuado en comparación con las muestras convencionales 702-703. De hecho, el consumo máximo de energía de la muestra 701 fue menor que el consumo máximo de energía de la muestra convencional 703, mientras que el índice de eliminación de material fue aproximadamente 5 veces mayor. Además, el consumo máximo de energía de la muestra 701 fue ligeramente mayor que el consumo máximo de energía de la muestra convencional 702, pero la muestra 701 logró un índice de eliminación de material de más de 12 veces el índice de eliminación de material de la muestra convencional 702. Dichos resultados muestran una mejora significativa en la eficacia de rectificación y las capacidades de rectificación de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento con respecto a los artículos abrasivos unidos convencionales de última generación.

20 **Ejemplo 5**

Se realizó una prueba de rectificación comparativa para comparar la capacidad de mantenimiento de esquinas de un artículo abrasivo unido de los modos de realización del presente documento con artículos abrasivos unidos convencionales durante operaciones de rectificación de alta velocidad. Las FIGS. 8-11 proporcionan gráficos y cifras del resultado de la prueba.

30 La FIG. 8 incluye un gráfico de cambio en el radio frente a la profundidad de corte (Zw) que demuestra un factor de mantenimiento de esquinas para dos artículos abrasivos unidos convencionales y un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización. El factor de mantenimiento de esquinas es una medida del cambio en el radio para una profundidad de corte dada, y generalmente es una indicación de la capacidad del artículo abrasivo unido para mantener su forma en condiciones de rectificación severas de operaciones de rectificación de alta velocidad. El cambio en el radio de cada muestra se midió con respecto a tres valores diferentes de profundidad de corte (es decir, 1,00, 1,40 y 1,80) como se ilustra en los gráficos de la FIG. 8. Los parámetros de la prueba se proporcionan en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4

<b>Condiciones de la prueba</b>			
	<b>Fecha de la prueba:</b>		
	<b>Máquina:</b>	Bryant	
	<b>Refrigerante:</b>	E 812	
	<b>Velocidad de Muela [rpm]:</b>	5400	
	<b>Velocidad de Muela [sfpm]:</b>	9915 (Constante)	
	<b>Tipo de reavivación:</b>	Tipo de reavivación	Rotativo
	<b>Comp Reavivación [in]:</b>	Radio 0,015" (0,38 mm) Cara 0,015" (0,38 mm)	
	<b>Avance Reavivación [in/s]:</b>	0,0020	
	<b>Velocidad Reavivador [rpm]:</b>	3787	
<b>Prueba:</b>			
<b>Material:</b>	4330V	<b>Velocidad de trabajo [rpm]:</b>	232
<b>Lote n.º:</b>	287	<b>Sin chispas en [s]:</b>	0,2
<b>Dureza:</b>	28-32 RC		
<b>Ancho de pieza [in]:</b>	0,35 (0,89 cm)	<b>Diámetro Exterior Aprox Rueda [in]:</b>	7,000 (17,78 cm)

<b>Ancho Rectificación [in]:</b>	<b>0,10</b>	<b>Diámetro Exterior Aprox Pieza Trabajo [in]:</b>	<b>3,745 (9,51 cm)</b>
<b>Fn (lbs/V):</b>	<b>30,00</b>	<b>Escala completa [V]:</b>	<b>10,0</b>
<b>Ft (lbs/V):</b>	<b>30,00</b>	<b>Escala completa [V]:</b>	<b>10,0</b>
<b>Potencia [hp/V]:</b>	<b>2,14</b>	<b>Escala completa [V]:</b>	<b>10,0</b>

- El gráfico 801 representa una muestra de los artículos abrasivos unidos formados de acuerdo con los modos de realización del presente documento. La muestra 801 tenía un intervalo de porosidad comprendido entre aproximadamente el 40 % en volumen y aproximadamente el 43 % en volumen, un intervalo de contenido de partículas abrasivas (es decir, partículas de alúmina microcristalina) dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 46 % en volumen y aproximadamente el 50 % en volumen, y un intervalo de contenido de material de unión dentro de un intervalo comprendido entre aproximadamente el 9 % en volumen y aproximadamente el 11 % en volumen. La composición de la unión de la muestra 801 fue la misma que la indicada anteriormente en la Tabla 1.
- Las muestras 802 y 803 representan artículos abrasivos unidos convencionales adecuados para aplicaciones de rectificación de alta velocidad. Las muestras convencionales 802 y 803 representan artículos abrasivos unidos convencionales disponibles como productos VS y VH, respectivamente. Los productos VS y VH están disponibles comercialmente en Saint-Gobain Corporation.
- Como se ilustra en la FIG. 8, la muestra 801 tiene un factor de mantenimiento de esquinas significativamente mejorado, que se mide por el cambio total en el radio (pulgadas) a una profundidad de corte particular. En particular, la gráfica 801 demostró un factor de mantenimiento de esquinas (es decir, un cambio total en el radio) de menos de 0,05 pulgadas (1,27 mm) para todos los valores de profundidad de corte. Además, el factor de mantenimiento de esquinas de la muestra 801 fue mediblemente mejor que el factor de mantenimiento de esquinas de cualquiera de los otros artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales (es decir, las muestras 802 y 803). De hecho, a una profundidad de corte de 1,40, la muestra 801 mostró un factor de mantenimiento de esquinas que era más de 2 veces menor que la muestra convencional 803, por lo que tenía un cambio en el radio que era menos de la mitad del cambio en el radio de la muestra 803. Además, a una profundidad de corte de 1,80, la muestra 801 mostró un factor de mantenimiento de esquinas que era aproximadamente 2 veces menor que el factor de mantenimiento de esquinas de la muestra convencional 802 y más de 6 veces menor que el factor de mantenimiento de esquinas de la muestra convencional 803. Dichos resultados muestran una mejora notable en el factor de mantenimiento de esquinas, la robustez y la resistencia a la deformación de los artículos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento en comparación con artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales.
- Las FIGS. 9-11 incluyen una serie de ilustraciones que proporcionan imágenes de la capacidad de mantenimiento de esquinas de un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización frente a dos artículos abrasivos unidos de alta velocidad convencionales. Cabe destacar que las FIGS. 9-11 proporcionan evidencia adicional de la capacidad mejorada de mantenimiento de esquinas y de la robustez de los artículos abrasivos de los modos de realización del presente documento en comparación con los artículos abrasivos unidos convencionales.
- La FIG. 9 incluye una serie de fotografías que ilustran el factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización. La muestra 901 es una pieza de trabajo de acero de aleación 4330V que se rectificó mediante un artículo abrasivo unido convencional, disponible comercialmente como una muela abrasiva unida VH de Saint-Gobain Corporation. La muestra 902 representa una pieza de trabajo rectificada mediante un artículo abrasivo unido convencional, disponible comercialmente como una muela abrasiva unida VS de Saint-Gobain Corporation. La muestra 903 representa una pieza de trabajo rectificada mediante un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización que tiene la misma estructura que la muestra 501 indicada anteriormente. En todas las muestras anteriores, la rectificación de las piezas de trabajo se realiza bajo las condiciones proporcionadas en la Tabla 4.
- Como se ilustra en la FIG. 9, la muestra 903 es capaz de rectificar la pieza de trabajo para que tenga los bordes más uniformes en comparación con las muestras 901 y 902. Las imágenes admiten los datos de rectificación demostrados por las pruebas anteriores.
- La FIG. 10 incluye una serie de fotografías que ilustran el factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización. La muestra 1001 es una pieza de trabajo de acero de aleación 4330V que se rectificó en las condiciones indicadas en la siguiente Tabla 6, mediante un artículo abrasivo unido convencional, disponible comercialmente como una muela abrasiva unida VH de Saint-Gobain Corporation. La muestra 1002 representa una pieza de trabajo rectificada mediante un artículo abrasivo unido convencional, disponible comercialmente como una muela abrasiva unida VS de Saint-Gobain Corporation. La muestra 1003 representa una pieza de trabajo rectificada mediante un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización que tiene la misma estructura que la muestra 501. En todas las muestras anteriores, la rectificación de las piezas de trabajo se realiza bajo las condiciones proporcionadas en la Tabla 4.

Como se ilustra en la FIG. 10, la muestra 1003 muestra los bordes más uniformes en comparación con las muestras 1001 y 1002. De hecho, las esquinas de la muestra 1001 son significativamente peores que los bordes de la muestra 1003, lo que demuestra la capacidad limitada del artículo abrasivo unido convencional de formar adecuadamente los bordes en las condiciones de rectificación observadas en la Tabla 4. Del mismo modo, las esquinas de la muestra 1002 son notablemente peores que los bordes de la muestra 1003, lo que demuestra la capacidad limitada del artículo abrasivo unido convencional para formar adecuadamente los bordes en las condiciones de rectificación observadas en la Tabla 4 en comparación con el artículo abrasivo unido usado para formar la muestra 1003. Las imágenes de la FIG. 10 admiten los datos de rectificación superiores generados en los ejemplos anteriores.

La FIG. 11 incluye una serie de fotografías que ilustran el factor de mantenimiento de esquinas para artículos abrasivos unidos convencionales en comparación con un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización. La muestra 1101 es una pieza de trabajo de acero de aleación 4330V que se rectificó en las condiciones indicadas en la Tabla 4, mediante un artículo abrasivo unido convencional, disponible comercialmente como una muela abrasiva unida VH de Saint-Gobain Corporation. La muestra 1102 representa una pieza de trabajo rectificada mediante un artículo abrasivo unido convencional, disponible comercialmente como una muela abrasiva unida VS de Saint-Gobain Corporation. La muestra 1103 representa una pieza de trabajo rectificada mediante un artículo abrasivo unido de acuerdo con un modo de realización que tiene la misma estructura que la muestra 501 indicada anteriormente. En todas las muestras anteriores, la rectificación de las piezas de trabajo se realiza bajo las condiciones proporcionadas en la Tabla 4.

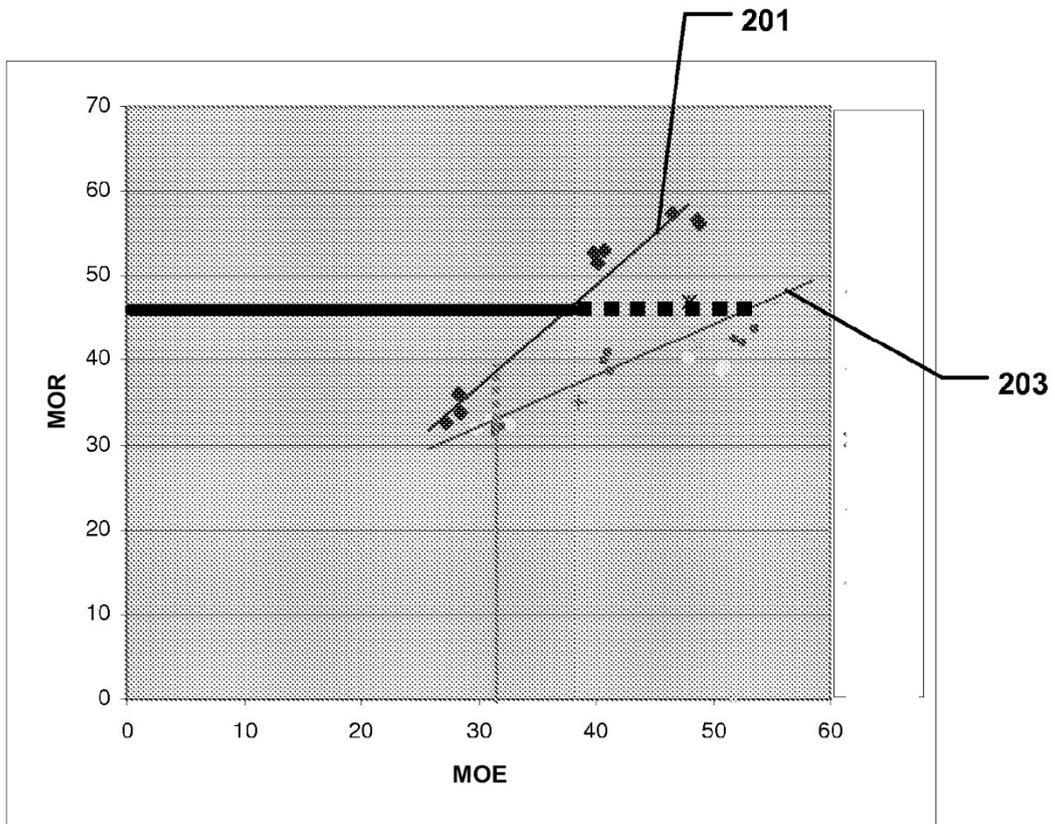
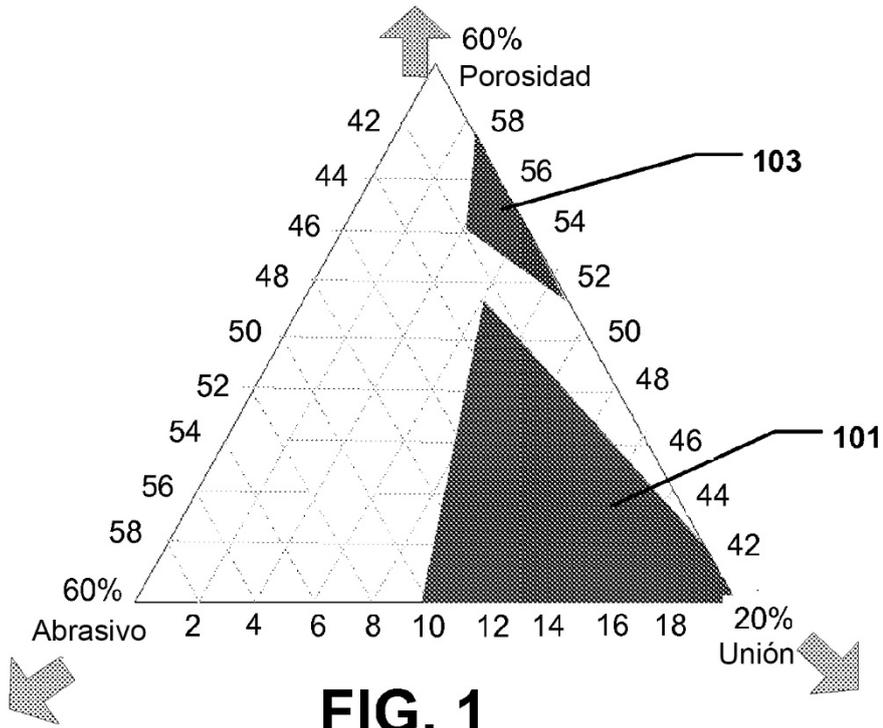
Como se ilustra en la FIG. 11, la muestra 1103 muestra los bordes más uniformes y bien definidos en comparación con las muestras 1101 y 1102. De hecho, las esquinas de la muestra 1101 son significativamente peores que los bordes de la muestra 1103, lo que demuestra la capacidad limitada del artículo abrasivo unido convencional de formar adecuadamente los bordes en las condiciones de rectificación observadas en la Tabla 4. Del mismo modo, las esquinas de la muestra 1102 son notablemente peores que los bordes de la muestra 1103, lo que demuestra la capacidad limitada del artículo abrasivo unido convencional de formar adecuadamente los bordes en las condiciones de rectificación observadas en la Tabla 4, particularmente en comparación con los bordes de la muestra 1103. Las imágenes de la FIG. 11 admiten los datos de rectificación superiores generados en los ejemplos anteriores.

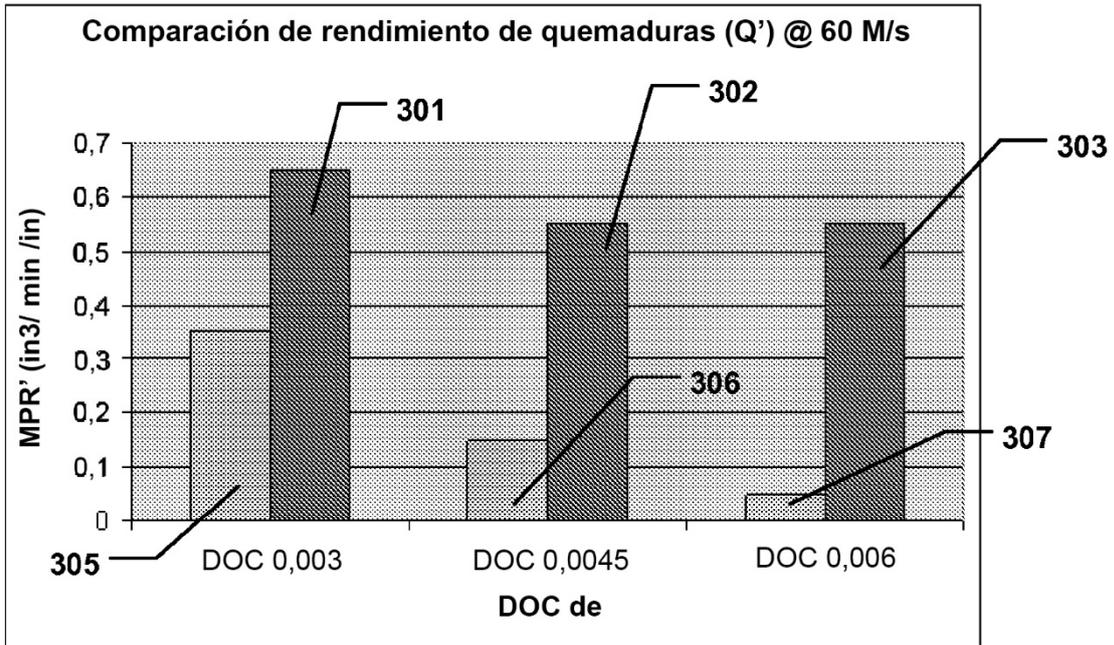
Los modos de realización anteriores están dirigidos a productos abrasivos y, en particular, a productos abrasivos unidos, que representan una desviación del estado de la técnica. Los productos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento utilizan una combinación de características que facilitan un rendimiento de rectificación mejorado. Como se describe en la presente solicitud, los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento utilizan una cantidad y tipo particulares de partículas abrasivas, una cantidad y tipo particulares de material de unión, y tienen una cantidad de porosidad particular. Además del descubrimiento de que dichos productos podrían formarse de manera 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 rectificación mejorado. En particular, se ha descubierto que los abrasivos unidos de los presentes modos de realización son capaces de funcionar a velocidades más altas durante las operaciones de rectificación a pesar de tener una porosidad significativamente mayor que las muelas abrasivas de alta velocidad convencionales. De hecho, de manera bastante sorprendente, los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento han mostrado la capacidad de funcionar a velocidades de muela superiores a 60 m/s, al tiempo que han mostrado índices de eliminación de material mejorados, una capacidad de mantenimiento de esquinas mejorada y un acabado de superficie adecuado en comparación con las muelas abrasivas de alta velocidad de última generación.

Además, se ha descubierto que los abrasivos unidos de los presentes modos de realización son capaces de tener marcadas diferencias en determinadas características mecánicas frente a las muelas convencionales de última generación. Los cuerpos abrasivos unidos de los presentes modos de realización han demostrado una diferencia significativa en la relación de MOR y MOE, lo que facilita un rendimiento mejorado en diversas aplicaciones de rectificación, a pesar de tener un grado significativamente mayor de porosidad con respecto a las muelas de alta velocidad convencionales. Sorprendentemente, se ha descubierto que al utilizar la combinación de características asociadas a los cuerpos abrasivos unidos de los modos de realización del presente documento, se podría lograr un cuerpo abrasivo unido significativamente más rígido (MOR) para un MOE dado, en comparación con las muelas abrasivas de alta velocidad convencionales de estructura y grado similar.

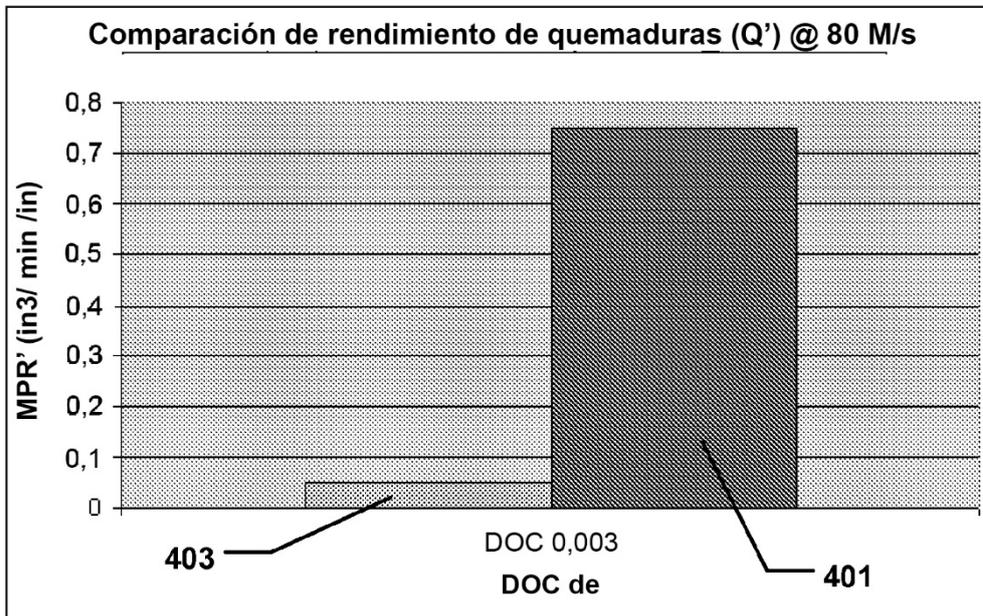
## REIVINDICACIONES

1. Un artículo abrasivo, que comprende:
  - 5 un cuerpo abrasivo unido que tiene partículas abrasivas que comprenden alúmina microcristalina (MCA) contenida dentro de un material de unión vítrea monofásico, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende una relación de resistencia (MOR/MOE) de al menos 0,80 aproximadamente, y caracterizado por que el material de unión se forma a partir de al menos un 45 % en peso de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y no más del 55 % en peso de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y al menos un 0,5 % en peso y no más del 2,2 % en peso de compuestos alcalinotérreos (RO), para el peso total del material de unión.
  - 10
  - 15
  - 20
  - 25
  - 30
  - 35
  - 40
  - 45
  - 50
  - 55
  - 60
2. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende un MOR de al menos 40 MPa para un MOE de al menos aproximadamente 40 GPa.
3. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido se sinteriza a una temperatura no mayor que aproximadamente 1000 °C.
4. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende no más de aproximadamente el 15 % en volumen de material de unión del volumen total del cuerpo abrasivo unido.
5. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el material de unión se forma a partir de no más de aproximadamente el 3,0 % en peso de óxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).
6. El artículo abrasivo según 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 ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) para el peso total del material de unión.
7. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el material de unión se forma a partir de no más de aproximadamente el 18 % en peso de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) para el peso total del material de unión.
8. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el material de unión comprende una relación entre el porcentaje en peso de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y el porcentaje en peso de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ( $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ ) de no más de aproximadamente 3,2.
9. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el material de unión se forma a partir de no más de aproximadamente 3 compuestos de óxido alcalinotérreo (RO) diferentes seleccionados del grupo de óxido de calcio (CaO), óxido de magnesio (MgO), óxido de bario (BaO), óxido de estroncio (SrO).
10. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende una relación de resistencia (MOR/MOE) de al menos 1,0.
11. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende un contenido de porosidad de al menos el 42 % en volumen y no mayor que el 56 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido.
12. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende un contenido de partículas abrasivas de al menos el 39 % en volumen y no mayor que el 50 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido.
13. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el cuerpo abrasivo unido comprende un contenido de material de unión de al menos el 7 % en volumen y no mayor que el 14 % en volumen para el volumen total del cuerpo abrasivo unido.
14. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el material de unión vítreo monofásico comprende un contenido de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) en una cantidad de al menos el 13 % en peso y no mayor que el 17 % en peso para un peso total del material de unión.
15. El artículo abrasivo según la reivindicación 1, en el que el material de unión vítreo monofásico comprende un contenido de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) en una cantidad de porcentaje en peso de al menos aproximadamente 1,5 veces mayor que la cantidad de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) y no más de aproximadamente 5 veces mayor que la cantidad de óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ).

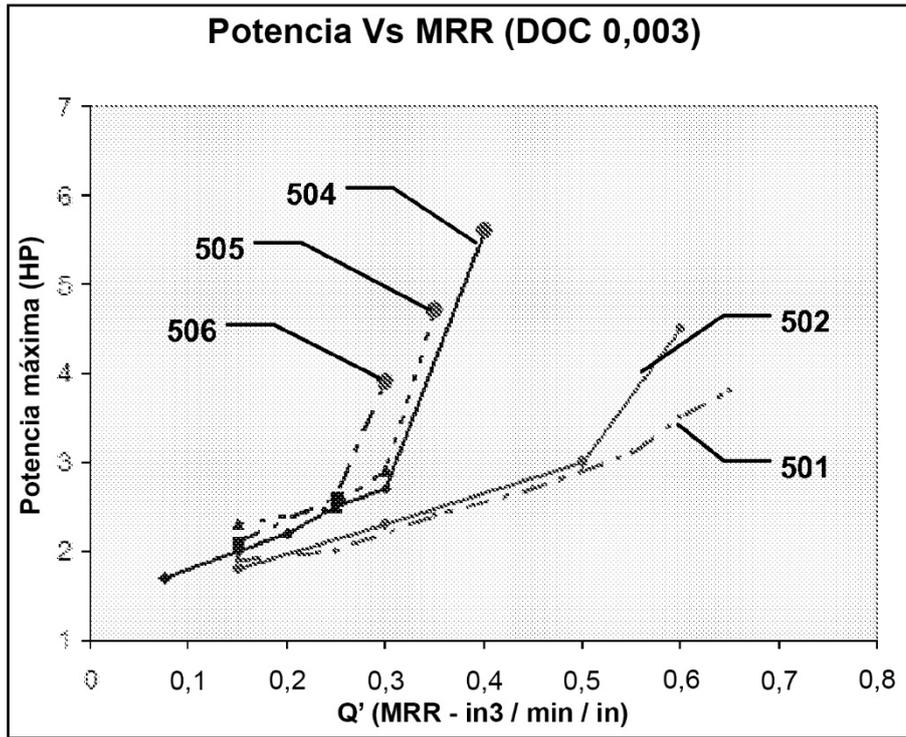




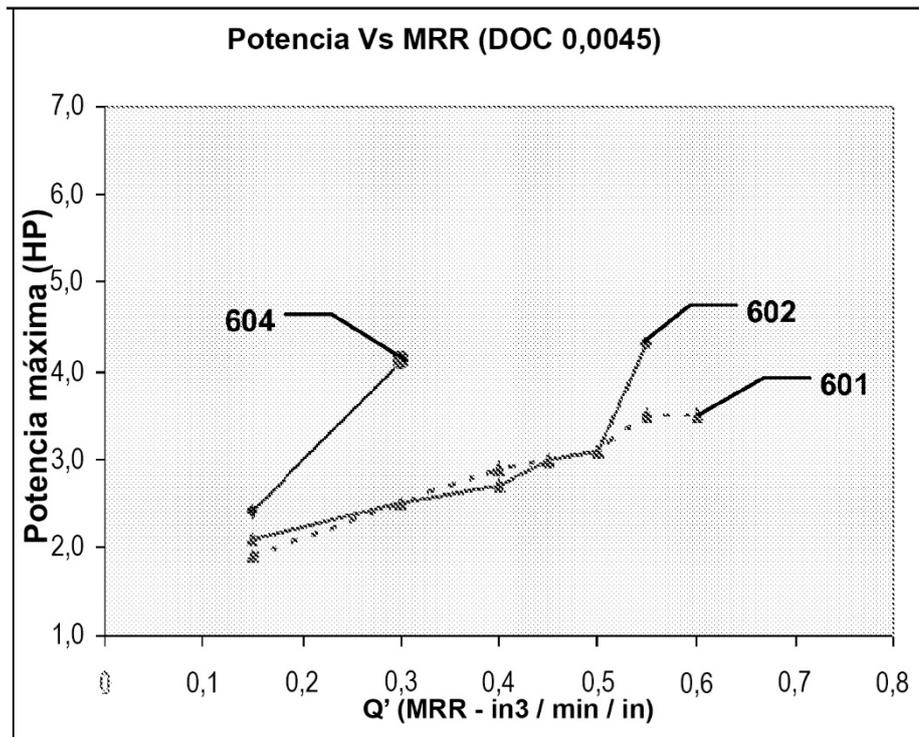
**FIG. 3**



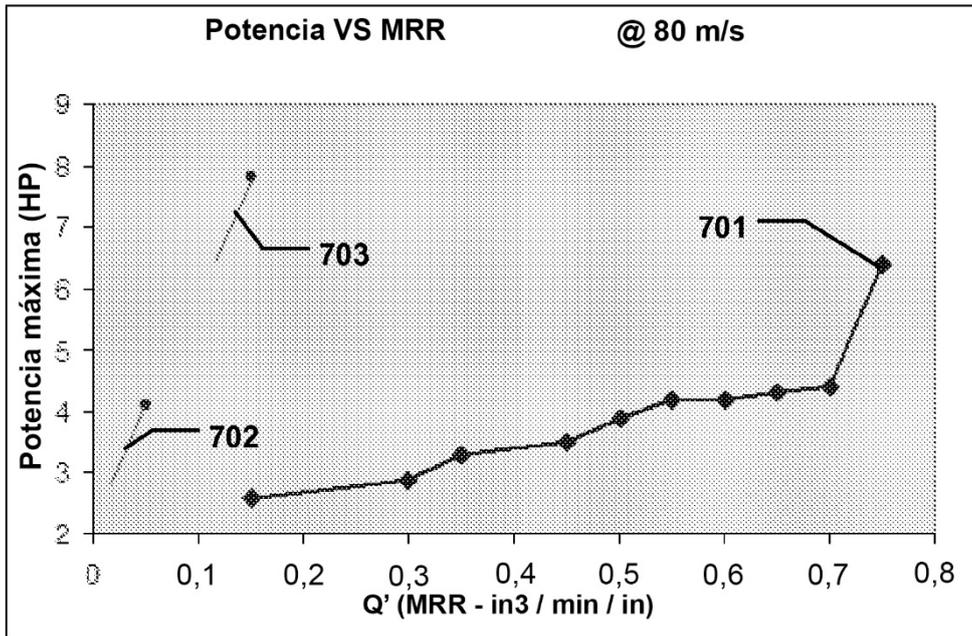
**FIG. 4**



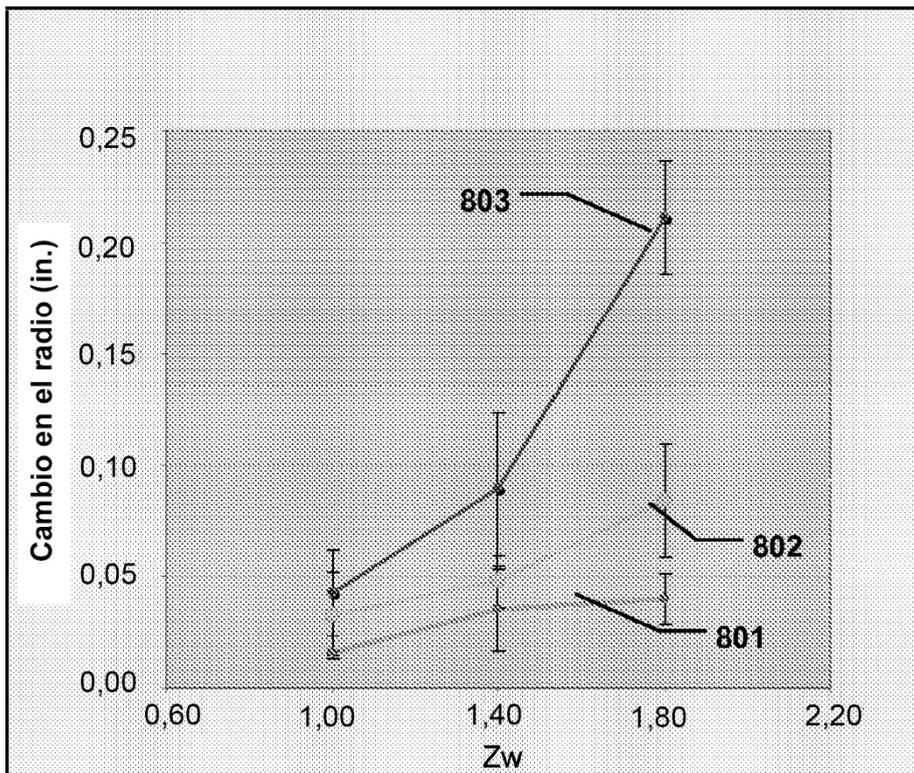
**FIG. 5**



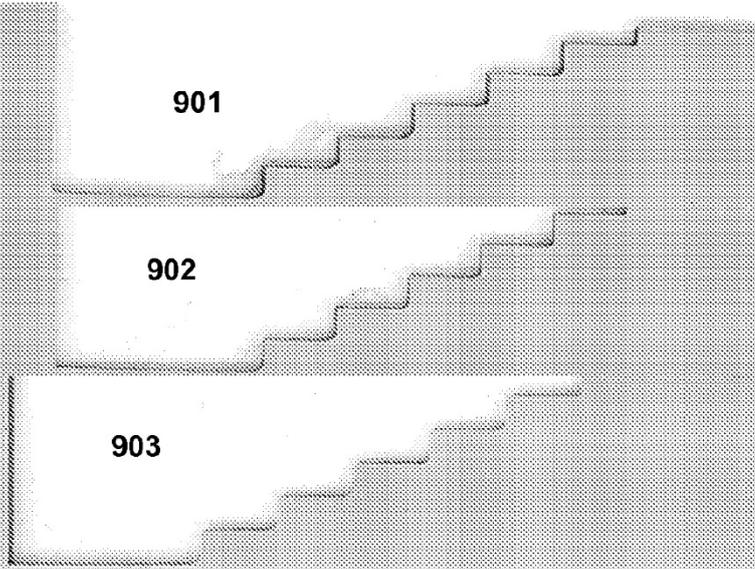
**FIG. 6**



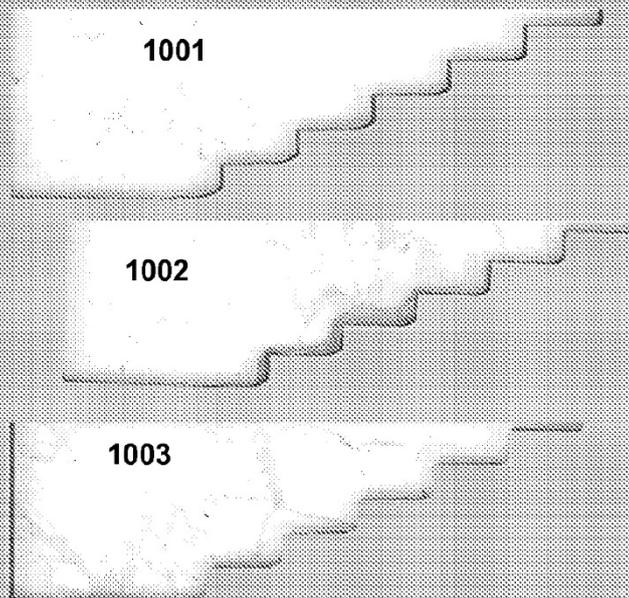
**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG. 10**

