

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 296**

51 Int. Cl.:

C01F 7/02 (2006.01)

C09K 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2011 E 11757157 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2523906**

64 Título: **Cuerpos de Al₂O₃ policristalinos basados en óxido de aluminio fundido**

30 Prioridad:

01.10.2010 DE 102010047095

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.09.2015

73 Titular/es:

**CENTER FOR ABRASIVES AND REFRACTORIES
RESEARCH & DEVELOPMENT C.A.R.R.D. GMBH
(100.0%)
Seebacher Allee 64
9524 Villach, AT**

72 Inventor/es:

SACHSE, SEBASTIAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 546 296 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

Cuerpos de Al_2O_3 policristalinos basados en óxido de aluminio fundido

La presente invención se refiere a cuerpos de Al_2O_3 policristalinos basados en óxido de aluminio fundido con las características del preámbulo de la reivindicación 1, a un procedimiento para su producción, así como a su uso.

5 Cuerpos de Al_2O_3 basados en óxido de aluminio fundido son conocidos por su uso como granos abrasivos para la producción de materiales abrasivos, así como materiales de partida para productos refractarios. La obtención de los cuerpos de Al_2O_3 tiene lugar mediante fundición de óxido de aluminio en el horno eléctrico de arco voltaico y subsiguiente tratamiento del producto obtenido a través de la masa fundida mediante desmenuzamiento y clasificación a un tamaño de grano que luego se pueda emplear para el uso deseado.

10 La producción de cuerpos de Al_2O_3 por fundición de óxido de aluminio en el horno eléctrico de arco voltaico puede tener lugar según diferentes procedimientos. En el denominado procedimiento de bloques, la materia prima que contiene óxido de aluminio se funde sucesivamente hasta que la cuba del horno se llena con masa fundida líquida. Entonces se interrumpe el proceso de fundición y se deja que el material fundido se enfríe lentamente, formándose bloques de corindón con un peso de hasta 20 t los cuales, después de un enfriamiento completo que dura unos días,
15 se desmenuza y se prepara para la granulación. Debido a la lenta refrigeración, en este procedimiento tiene lugar un fuerte crecimiento de los cristales de óxido de aluminio hasta un diámetro de unos pocos centímetros, de modo que después del desmenuzamiento, los cuerpos de Al_2O_3 preparados, cuyo diámetro está preferiblemente en el intervalo de micrómetros y milímetros, se presentan como una fracción de cristales primarios.

20 La mayoría de las veces, sin embargo, el corindón se produce mediante un procedimiento de colada en el que después de la fundición del material de partida, el corindón líquido se cuele de la cuba del horno, en donde, en función de la velocidad de colada, la cantidad de colada y de las cubas en las que se cuele, la masa fundida líquida puede ser enfriada con distinta rapidez, con lo cual se ve afectada la estructura cristalina del producto. Así, mediante un enfriamiento muy rápido de la masa fundida líquida, se obtienen cuerpos de Al_2O_3 de constitución microcristalina que presentan propiedades mecánicas y abrasivas particulares.

25 En el documento US 1.192.709 A se describe óxido de aluminio fundido eléctricamente, que está constituido por cristales de óxido de aluminio con un diámetro medio entre 10 μm y 300 μm y se obtiene mediante el vertido en coquillas estrechas. En este caso, el material solidifica formando placas delgadas compactas, que luego pueden ser procesadas para una granulación abrasiva.

30 En el documento US 1.524.134 A se describe la producción de un corindón finamente cristalino con alta porosidad, en el que el chorro de corindón líquido, durante el vertido, se enfría bruscamente con un chorro de agua o se vierte en una cubeta de agua. En este caso, resulta un material que tiene una alta porosidad, cuyos cristales de óxido de aluminio presentan un diámetro de aprox. 130 μm . El producto posee una porosidad de más de 35%, con un diámetro de los poros entre 250 μm y 6 mm. Este material no es adecuado como grano abrasivo para la gama de grueso o medio, pero se puede utilizar, después de un tratamiento correspondiente, como grano fino o como aditivo,
35 por ejemplo para revestimientos de suelos.

40 En el documento US 3.646.713 A se describe un procedimiento para producir material finamente cristalino, por ejemplo a base de óxido de aluminio, en el que el óxido de metal fundido se vierte sobre un rodillo giratorio, refrigerado por agua, que forma con un segundo rodillo una ranura estrecha en donde el material es absorbido y, con ello, se enfría adicionalmente y se compacta. El producto es denso y posee una estructura cristalina con un diámetro de los cristales de óxido de aluminio de entre 1 μm y 30 μm .

45 El documento US 6.613.114 B1 describe granos abrasivos de óxido de aluminio policristalino, que consisten en cristales con un diámetro inferior a 100 μm , cuya densidad es mayor que el 97% de la densidad teórica del óxido de aluminio y que presentan una dureza Knoop mayor que 2000. En la preparación de este material se vierte óxido de aluminio fundido con una velocidad de colada definida y la dispersión del chorro de colada en gotitas finas que solidifican rápidamente es sustentada mediante el uso de ultrasonidos. Con este procedimiento se consigue mantener granos abrasivos de óxido de aluminio densos con una estructura microcristalina.

50 En resumen, se puede señalar que mediante la colada y el enfriamiento brusco rápido de óxido de aluminio líquido según los procedimientos descritos en el estado conocido de la técnica se pueden obtener cuerpos de Al_2O_3 microcristalinos compactos y densos que son adecuados para su uso como grano abrasivo. Para ello, la masa fundida líquida se vierte sobre rodillos de enfriamiento, entre placas de enfriamiento o en coquillas, con el fin de lograr un enfriamiento rápido y la solidificación del material fundido líquido y, de esta forma, evitar el crecimiento de cristales.

5 En paralelo, también se ha intentado una y otra vez optimizar, mediante el soplado del chorro de colada por medio de aire comprimido o vapor, el enfriamiento rápido del óxido de aluminio fundido líquido, formándose sin embargo, por norma general, esferas huecas con un diámetro de hasta aprox. 5 mm y más, las cuales, debido a su alta porosidad y baja resistencia, no son adecuadas o sólo lo son de forma muy limitada para su empleo como grano abrasivo.

10 Los materiales abrasivos se utilizan habitualmente para el tratamiento de superficies de metal, madera o material cerámico. Dependiendo de qué material se trate y del resultado que se haya de alcanzar, el abrasivo debe cumplir requisitos muy diferentes, lo cual se realiza mediante variación de los granos abrasivos empleados y la constitución del abrasivo. Así, por ejemplo, con una muela abrasiva, dependiendo de la finalidad de uso, se ajustan y se coordinan entre sí el tamaño de grano y el tipo de los granos abrasivos, así como el aglutinante y la composición y estructura de la muela abrasiva. En este caso, los granos abrasivos se utilizan habitualmente como cuerpos sólidos compactos y densos, cuyo comportamiento abrasivo se optimiza mediante un ajuste correspondiente de la muela abrasiva, con lo que son variados de manera correspondiente no sólo la cantidad y el tipo de aglutinante, sino también aditivos tales como, por ejemplo, coadyuvantes abrasivos o formadores de poros.

15 En calidad de formadores de poros se emplean sustancias que durante la calcinación de la muela, en el momento en el que la muela abrasiva ha alcanzado una resistencia suficiente, se queman y con ello dejan poros correspondientes a su tamaño. Formadores de poros son sustancias que son adecuadas para introducir de forma preestablecida poros en una muela, en donde las cavidades resultantes tienen la función de recoger virutas y facilitar el suministro de lubricante de refrigeración en la zona de contacto del abrasivo. El volumen de poros de una muela
20 abrasiva se determina a través de la porción de grano y de unión y se ajusta a la aplicación respectiva mediante la adición de los formadores de poros. En el caso ideal, en el proceso de rectificado, el lubricante de refrigeración debería pasar a emplearse en inmediata proximidad al grano abrasivo, lo cual no siempre puede realizarse de una manera ideal mediante la adición de formadores de poros en el sistema de unión.

25 Debido a la gran variedad de diferentes sectores de aplicación para materiales abrasivos, en la industria de materiales abrasivos se está constantemente en busca de nuevos tipos de granos abrasivos, optimizados para determinados sectores de aplicación, mediante cuyo empleo se pueden mejorar los correspondientes procesos pertinentes, así como los productos resultantes.

La misión de la presente invención consiste en proporcionar un nuevo tipo de grano abrasivo, el cual presente ventajas respecto al estado conocido de la técnica para ciertas aplicaciones de rectificado.

30 Este problema se resuelve mediante cuerpos de Al_2O_3 policristalinos sobre la base de óxido de aluminio fundido con las características de la reivindicación 1.

Misión de la presente invención es también proporcionar un procedimiento correspondiente para la producción de cuerpos de Al_2O_3 de este tipo.

Este problema se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 5.

35 Perfeccionamientos y ejecuciones del pensamiento de la invención son objeto de las respectivas reivindicaciones dependientes.

40 En el marco de los presentes trabajos se encontró que se pueden obtener cuerpos de Al_2O_3 policristalinos a base de óxido de aluminio fundido, con una porosidad cerrada definida entre 10% en vol. y 30% en vol., una proporción de óxido de α -aluminio de más de 98% en peso y una estructura a base de una pluralidad de cristales primarios de Al_2O_3 con un tamaño de cristal entre 20 μm y 100 μm , mediante fundición de óxido de aluminio en un horno eléctrico de arco voltaico, vertido de la masa fundida líquida de óxido de aluminio con un rendimiento de vertido constante de menos de 80 kg/min, inoculación de la corriente de colada de la masa fundida líquida con cristales de siembra a base de óxido de α - y/o γ -aluminio con un tamaño medio de grano de 50 μm a 90 μm , enfriamiento rápido de la masa fundida para obtener un cuerpo sólido de óxido de aluminio, y subsiguiente desmenuzamiento y clasificación
45 del cuerpo sólido de óxido de aluminio. Los cuerpos de Al_2O_3 policristalinos, así producidos, se distinguen por una macroporosidad cerrada con un volumen de poros de entre 10 y 30% en vol., en donde el diámetro medio de los poros se encuentra entre 10 μm y 100 μm y el diámetro máximo se encuentra en aprox. 120 μm .

En una forma de realización preferida de los cuerpos de Al_2O_3 , los cristales primarios presentan un tamaño entre 30 μm y 60 μm y la proporción de óxido de aluminio asciende preferiblemente a más de 99,5% en peso.

50 La forma de poro corresponde a la cavidad estructural entre los cristales individuales adyacentes y unidos firmemente entre sí, que preferiblemente tienen una forma pseudocúbica.

En el caso de una forma de realización ventajosa del procedimiento, el vertido de la masa fundida tiene lugar con un rendimiento de vertido constante de menos de 40 kg/min. La inoculación de la corriente de colada puede tener lugar mediante insuflado directo de los cristales de siembra de óxido de aluminio en la corriente de colada, en donde la

cantidad de los cristales de siembra oscila preferiblemente entre 5 y 20% en peso, basado en la cantidad de óxido de aluminio vertido.

El enfriamiento de la masa fundida puede tener lugar de diferentes maneras. Así, los presentes ensayos han demostrado que pueden emplearse con éxito los procedimientos conocidos para el enfriamiento brusco de masas fundidas de óxidos de metales tal como, por ejemplo, el enfriamiento de la masa fundida a través de rodillos enfriados, mediante vertido entre placas de enfriamiento de metal o mediante vertido sobre placas de enfriamiento.

De esta manera, los granos abrasivos se pueden obtener con una porosidad definida y una estructura cristalina definida.

Particularmente, en el caso de empleo en muelas abrasivas, que deben presentar una porosidad definida, el uso de los granos abrasivos de acuerdo con la invención conduce a mejoras con respecto al estado conocido de la técnica, dado que ahora se puede renunciar, al menos en parte, a la incorporación adicional de formadores de poros. En el caso de emplear los granos abrasivos de acuerdo con la invención, la porosidad de la muela abrasiva será configurada entonces, al menos en parte, por el grano abrasivo propiamente dicho, lo que conlleva la ventaja adicional de que el lubricante de refrigeración es llevado directamente a la zona de contacto del abrasivo. De esta forma, por un lado, se mejora la capacidad de corte de la muela abrasiva mediante la introducción de una porosidad adicional en el caso de utilizar el grano abrasivo de acuerdo con la invención, y se sustenta el rectificado libre durante el proceso de trabajo, por otro lado, además de ello, en virtud de la estructura microcristalina con una gran superficie hendida, se mejora la integración del grano abrasivo en la muela abrasiva, con lo que se pueden mejorar los rendimientos de rectificado.

A pesar de la alta macroporosidad, el grano abrasivo es extremadamente estable y se puede emplear también para aplicaciones de rectificado en las que se aplican altas presiones de compresión.

Aun cuando los cuerpos de Al_2O_3 policristalino, en virtud de su estructura, están predestinados especialmente para su empleo en muelas abrasivas, también son adecuados para su uso como materiales abrasivos sueltos, en materiales abrasivos sobre una base o para la producción de materiales refractarios.

En lo que sigue se explica con detalle la presente invención con ayuda de Ejemplos y Figuras seleccionados. En este caso, muestran

- la Figura 1, una imagen de contraste de un rectificado de un grano grueso,
- la Figura 2, una micrografía electrónica de barrido de granos abrasivos de acuerdo con la invención en un aumento de 150 veces,
- la Figura 3, una micrografía electrónica de barrido de un grano abrasivo según el estado conocido de la técnica, asimismo en un aumento de 150 veces,
- la Figura 4, una micrografía electrónica de barrido de una sección de un cuerpo sólido de óxido de aluminio vertido entre rodillos de enfriamiento y solidificado en un aumento de 200 veces,
- la Figura 5, un diagrama para un proceso de rectificado, en el que se representa la fuerza normal F_n frente al volumen de mecanización V'_w ,
- la Figura 6, un diagrama para un proceso de rectificado, en el que se representa la fuerza normal F_n frente al caudal de virutas Q'_w ,
- la Figura 7, un diagrama para un proceso de rectificado, en el que se representa el rendimiento del husillo P_c frente al caudal de virutas Q'_w y
- la Figura 8 un diagrama para un proceso de rectificado en la que se representa el cociente de la fuerza tangencial F_T y la fuerza normal F_n frente al volumen de mecanización V'_w .

La Figura 1 muestra una imagen de contraste de un rectificado de un cuerpo de Al_2O_3 policristalino relativamente grueso con un diámetro de aprox. 900 μm . En este caso, las zonas oscuras reproducen los poros, mientras que las zonas claras representan los cristales primarios de óxido de aluminio individuales. Con ayuda de este tipo de imágenes de contraste se puede determinar la porosidad del grano abrasivo a través de un análisis de las imágenes, relacionando las zonas oscuras con las zonas claras. Para el presente ejemplo se determinó una macroporosidad de 15 a 20% en vol.

La Figura 2 muestra una micrografía electrónica de barrido de granos abrasivos policristalinos basados en óxido de aluminio fundido en un aumento de 150 veces. En la figura se puede reconocer que los cristales primarios de óxido de aluminio presentan un tamaño de cristal por debajo de 100 μm , en donde la asociación del cristal está configurada como una especie de aglomerado de grano abrasivo con macroporos dispuestos entre los cristales

primarios. La forma de los macroporos está marcada por los planos cristalinos de los cristales primarios. A pesar de los macroporos, los cristales primarios forman entre sí una asociación relativamente compacta que muestra una alta resistencia de los granos.

5 En comparación con ello, en la Figura 3 se representa un grano abrasivo de corindón según el estado conocido de la técnica, en donde el corindón líquido no fue enfriado bruscamente, sino que solidifica lentamente. En el caso de este grano abrasivo se trata de un fragmento de un cristal primario grande que se ha formado durante el tratamiento del bloque de corindón solidificado para formar la granulación abrasiva. Comparando las Figuras 2 y 3 entre sí, que en cada caso muestran granos abrasivos de un tamaño equiparable, es de esperar, únicamente en base a la estructura diferente, un comportamiento abrasivo diferente. Mientras que el grano abrasivo compacto de acuerdo con el estado conocido de la técnica resiste en una operación de rectificado hasta una cierta presión y luego se destruye de forma incontrolada tan pronto como se rebasa por encima este límite, en el caso del grano abrasivo microcristalino de acuerdo con la invención, la fractura se producirá a lo largo de los límites del cristal, formándose entonces no sólo nuevos bordes de corte, sino también se liberan los poros, con lo que se favorece el proceso de rectificado en conjunto.

15 La Figura 4 muestra una micrografía electrónica de barrido de una plaquita de corindón enfriada bruscamente que se ha formado durante el vertido de una masa fundida líquida de óxido de aluminio entre rodillos metálicos refrigerados por agua. En esta representación se puede reconocer la forma cristalina pseudocúbica, típica de los cuerpos de Al_2O_3 de acuerdo con la invención, de los cristales primarios de óxido de aluminio, en donde el tamaño medio del cristal primario se encuentra entre 30 μm y 60 μm .

20 Las Figuras 5 a 8 se refieren a los ensayos de rectificado descritos en lo que sigue y se explican en cada caso en detalle en este contexto. Los ensayos de rectificado se llevaron a cabo por orden de la solicitante en el Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) de la Universidad Técnica de Braunschweig.

Ejemplo 1

Producción de una granulación abrasiva F60

25 Para la producción de una granulación abrasiva F60 se fundió arcilla en un horno eléctrico de arco voltaico a un voltaje de 100 V. La masa fundida líquida se vertió con una velocidad de colada de 30 kg/min en dos rodillos refrigerados por agua de rotación antagonista, en donde la masa fundida se vertió sobre la superficie exterior de un rodillo refrigerado desde su cara interior y se absorbió con el rodillo rotatorio en una ranura formada entre los dos rodillos de enfriamiento con una anchura de la ranura de aprox. 1 mm. Durante el proceso de colada se insuflaron en el chorro de colada aprox. 10% en peso, referido a la cantidad de colada, de gérmenes de cristalización de $\alpha-Al_2O_3$ con un diámetro medio de partícula de 50 μm . El material policristalino en forma de placa enfriado bruscamente, así obtenido, se desmenuzó para obtener cuerpos de Al_2O_3 policristalinos que después, mediante tamizado, se clasificaron en una granulación abrasiva F60 de grano según la FEPA con un tamaño medio de partícula de aprox. 260 μm .

35 Para los ensayos técnicos de rectificado descritos en lo que sigue, el grano abrasivo, obtenido de este modo, se designa con la designación tipo WFAMX.

Ejemplo 2

Ensayo de rectificado (rectificado plano/rectificado profundo)

40 Una granulación F60, obtenida según el Ejemplo 1, se utilizó para la producción de muelas abrasivas ligadas por vitrificación, que luego se emplearon para el rectificado plano/rectificado profundo con una pasada profunda y baja velocidad de corte en el material Inconel 718. Se enfrió con HYSOL RD al 5% (razón social Castrol), empleando 200 l de lubricante de refrigeración por minuto. Se comparó una muela estándar con un corindón fundido convencional (Alodur® WSK F60, Treibacher Schleifmittel GmbH) con una muela en la que el 50% del material estándar había sido reemplazado por WFAMX F60 (grano abrasivo de acuerdo con la invención), así como con una muela en la que el 100% del material estándar había sido reemplazado por WFAMX. Se midieron las fuerzas normales F_n [N] en función del volumen de mecanización V'_w [mm^3/mm].

En lo que sigue se registran los parámetros del proceso así como las diferentes composiciones de las muelas:

Proceso de rectificado

rectificado plano (rectificado profundo)

Muela abrasiva:

ligada por vitrificación (dureza H)

Patrón 1: 100% de WSK F60

Patrón 2: 100% de WFAMX F60

Patrón 3: 50% de WSK F60 / 50% de WFAMX

50

Material:	Inconel 718
Lubricante de refrigeración:	200 l/min de HYSOL RD al 5% (Castrol)
Pasada (a_e):	2,0 mm
Pasada total (a_p):	15 mm
Caudal de virutas (Q'_w):	20 mm ³ /mm s
Velocidad de corte (V_c):	25 m/s
Pasada de repasado (a_{ed}):	0,015 mm
Grado de recubrimiento (U_d):	3
Número de ciclos de repasado (n):	10

10 El diagrama reproducido en la Figura 5 muestra la evolución de la fuerza normal F_n con un volumen de mecanización V'_w creciente por tres muelas diferentes en comparación directa. Mientras que en el patrón 1 (comparación), en el que se empleó 100% de grano abrasivo estándar WSK, se puede observar un aumento constante de la fuerza normal, en el patrón 2, en el que el grano estándar WSK fue reemplazado por 100% de WFAMX, se puede reconocer una ligera caída de la fuerza normal con un volumen de mecanización V'_w creciente, en donde la fuerza normal F_n con un volumen de mecanización V'_w de 600 [mm³/mm] cae a un valor por debajo del valor crítico de 1000 [N]. Generalmente, fuerzas de rectificado bajas están ligadas a una capacidad de corte elevada y a un rectificado frío, con lo que, debido a las temperaturas más bajas que se constituyen durante el proceso de rectificado, se reduce el riesgo de deterioro de la pieza de trabajo por decoloraciones inducidas por la temperatura, lo cual es de gran importancia para el usuario en el caso de un rectificado de precisión, ya que las piezas de trabajo dañadas por la temperatura deben ser desechadas irreparablemente como chatarra.

20 El patrón 3, en el que se utilizó una mezcla de 50% del material estándar WSK con 50% del grano abrasivo WFAMX de acuerdo con la invención, muestra un perfil de fuerza particularmente favorable de la fuerza normal F_n . Las fuerzas que se constituyen en el proceso son claramente inferiores a las de los patrones 1 y 2, encontrándose la propia fuerza normal F_n , con un volumen de mecanización V'_w de 600 [mm³/mm] todavía por debajo de 900 [N]. En este caso, se reduce fuertemente el riesgo de una calcinación de la muela a una tasa constante de eliminación, lo cual conlleva enormes beneficios para el usuario.

Ejemplo 3

Ensayo de rectificado - rectificado plano/rectificado profundo (límite de rendimiento)

30 Como en el Ejemplo 2 se utilizó una granulación abrasiva F60 obtenida según el Ejemplo 1 para la producción de muelas abrasivas ligadas por vitrificación, que luego se emplearon para el rectificado plano/rectificado profundo en el material Inconel 718. Se comparó una muela estándar con un corindón fundido convencional (Alodur® WSK F60, Treibacher Schleifmittel GmbH) con una muela en la que el 100% del material estándar había sido reemplazado por WFAMX F60. Se midieron las fuerzas normales F_n [N] con un volumen de mecanización V'_w predeterminado de 100 [mm³/mm] en función del caudal de virutas Q'_w [mm³/mm·s]. El ensayo se llevó a cabo en este caso hasta el límite de rendimiento de las respectivas muelas abrasivas. El límite de rendimiento se ha alcanzado al aparecer la calcinación de la muela y se anuncia mediante ruidos de rectificado más intensos (las denominadas "vibraciones").

En lo que sigue se registran los parámetros del proceso así como las diferentes composiciones de las muelas:

Proceso de rectificado	rectificado plano (rectificado profundo)
Muela abrasiva:	ligada por vitrificación (dureza H) Patrón 1: 100% de WSK F60 Patrón 2: 100% de WFAMX F60
Material:	Inconel 718
Lubricante de refrigeración:	200 l/min de HYSOL RD al 5% (Castrol)
Pasada (a_e):	1,0 mm
Pasada total (a_p):	15 mm
Volumen de mecanización (V'_w):	100 mm ³ /mm
Velocidad de corte (V_c):	25 m/s
Pasada de repasado (a_{ed}):	0,015 mm
Grado de recubrimiento (U_d):	3

Número de ciclos de repasado (n): 10

Los resultados medidos durante el ensayo de rectificado se representan gráficamente en la Figura 5. A diferencia del ensayo precedente (Ejemplo 2), en este caso las muelas abrasivas (patrón 1, patrón 2) se sometieron a ensayo hasta su límite de rendimiento, en donde en el caso de un volumen de mecanización V'_w predeterminado de 100 [mm³/mm] se registró el curso de la fuerza normal F_n con un caudal de virutas Q'_w creciente. Mientras que la muela comparativa con 100% de grano estándar WSK (patrón 1), ya a un caudal de virutas Q'_w de 30 [mm³/mm·s] desarrolla altas fuerzas normales que son superiores a 1000 [N], el disco con 100% de WFAMX (patrón 2) muestra, ciertamente a un caudal de virutas Q'_w bajo, un valor relativamente alto para la fuerza normal F_n , pero luego - casi después de una breve fase de puesta en marcha - disminuye al aumentar el caudal de virutas Q'_w y, con un caudal de virutas Q'_w de 42,5 [mm³/mm·s] se encuentra incluso por debajo de 900 [N], de modo que con una muela abrasiva de este tipo, incluso a alta carga, es bajo el peligro de una calcinación de la muela.

Ejemplo 4

Ensayo de rectificado - rectificado plano/rectificado profundo (límite de rendimiento)

Para muelas idénticas a las del Ejemplo 3, en cada caso con 100% de WSK F60 o bien WFMAX F60 se determinó, bajo las mismas condiciones, el rendimiento del husillo P_c [kW] a un volumen de mecanización V'_w predeterminado de 100 [mm³/mm] en función del caudal de virutas Q'_w [mm³/mm·s].

En lo que sigue se registran los parámetros del proceso así como las diferentes composiciones de las muelas:

	Proceso de rectificado	rectificado plano (rectificado profundo)
20	Muela abrasiva:	ligada por vitrificación (dureza H) Patrón 1: 100% de WSK F60 Patrón 2: 100% de WFAMX F60
	Material:	Inconel 718
	Lubricante de refrigeración:	200 l/min de HYSOL RD al 5% (Castrol)
25	Pasada (a_e):	1,0 mm
	Pasada total (a_p):	15 mm
	Volumen de mecanización (V'_w):	100 mm ³ /mm
	Velocidad de corte (V_c):	25 m/s
30	Pasada de repasado (a_{ed}):	0,015 mm
	Grado de recubrimiento (U_d):	3
	Número de ciclos de repasado (n):	10

El diagrama reproducido en la Figura 7, en el que se reproduce la absorción de energía del husillo P_c con un caudal de virutas Q'_w creciente para las muelas conforme al patrón 1 y al patrón 2, confirma la tendencia ya indicada en el Ejemplo 4. Así, el rendimiento del husillo P_c para la muela estándar con 100% de WSK aumenta continuamente y, con un caudal de virutas Q'_w de 42,5 [mm³/mm·s], alcanza un valor superior a 13 [kW], mientras que el husillo en la muela con 100% de WFAMX (grano abrasivo de acuerdo con la invención) en las mismas condiciones, con un caudal de virutas de 42,5 [mm³/mm·s], muestra una absorción de energía de menos de 11 [kW].

Una baja absorción de energía del husillo indica una alta capacidad de corte del disco y un rectificado frío y, por lo tanto, una baja propensión del proceso a la calcinación de la muela.

Ejemplo 5

Ensayo de rectificado - rectificado plano/rectificado profundo

Como en el Ejemplo 2, se utilizó una granulación abrasiva F60 obtenida según el Ejemplo 1 para la producción de muelas abrasivas ligadas por vitrificación, que luego se utilizaron para el rectificado plano/rectificado profundo en el material Inconel 718. Se comparó una muela estándar con 100% de un corindón fundido convencional (Alodur® WSK F60, Treibacher Schleifmittel GmbH) con una muela en la que el 50% del material estándar había sido reemplazado por WFAMX F60. Se midieron los cocientes μ de las fuerzas tangenciales F_T y de las fuerzas normales F_n [N] en función del caudal de virutas N'_w [mm³/mm].

En lo que sigue se registran los parámetros del proceso así como las diferentes composiciones de las muelas:

	Proceso de rectificado	rectificado plano (rectificado profundo)
--	-------------------------------	--

	Muela abrasiva:	ligada por vitrificación (dureza H) Patrón 1: 100% de WSK F60 Patrón 2: 100% de WFAMX F60
	Material:	Inconel 718
5	Lubricante de refrigeración:	200 l/min de HYSOL RD al 5% (Castrol)
	Pasada (a_e):	1,0 mm
	Pasada total (a_p):	15 mm
	Caudal de virutas (Q'_w):	20 mm ³ /mm·s
	Velocidad de corte (V_c):	25 m/s
10	Pasada de repasado (a_{ed}):	0,015 mm
	Grado de recubrimiento (U_d):	3
	Número de ciclos de repasado (n):	10

15 En el diagrama mostrado en la Figura 8 se registró el cociente μ de la fuerza tangencial F_T y la fuerza normal F_n con un volumen de mecanización V_w creciente. Cuanto mayor sea este valor, tanto mejor se habrá de evaluar, por norma general, el comportamiento abrasivo de la muela, ya que un alto cociente μ apunta a una baja fuerza normal F_n . En el presente caso se puede comprobar que para el patrón 3 (50% de WSK + 50% de WFAMX) se alcanza un alto valor constante, que adicionalmente se ve afectado positivamente por una fuerza tangencial F_T relativamente alta, lo cual permite esperar junto a la elevada capacidad de corte y el rectificado frío, una buena conservación del perfil de la muela abrasiva.

20 Aun cuando los Ejemplos 1 a 5 se refieren exclusivamente al rectificado plano/rectificado profundo (rectificado de precisión) de Inconel 718, no se ha de ver en ello limitación alguna en ningún caso. Se eligió esta serie de experimentos, ya que en ellos se puede demostrar de manera particularmente bien las ventajas de los cuerpos de Al_2O_3 de acuerdo con la invención a base de óxido de aluminio fundido como granos abrasivos. Inconel es un material altamente sensible de turbinas que ha sido procesado con altas tasas de eliminación, de modo que las series de ensayo tienen un alto poder de afirmación positiva en relación con la utilidad general de los cuerpos de Al_2O_3 de acuerdo con la invención como granos abrasivos.

25 Debido a su constitución y a su estructura cristalina con una alta resistencia simultánea, los cuerpos de Al_2O_3 policristalinos de acuerdo con la invención pueden emplearse ventajosamente también para otras operaciones de rectificado como materiales abrasivos ligados o sueltos, así como en materiales abrasivos sobre un soporte.

30 Asimismo son muy adecuados para su empleo en productos refractarios especiales.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cuerpos de Al_2O_3 policristalinos a base de óxido de aluminio fundido, con una proporción de óxido de α -aluminio de más de 98% en peso y una pluralidad de cristales primarios de Al_2O_3 con un tamaño de cristalitos entre 20 μm y 100 μm , caracterizados por que los cuerpos de Al_2O_3 presentan una macroporosidad cerrada con un volumen de poros entre 10% en vol. y 30% en vol., encontrándose el diámetro medio de los poros entre 10 μm y 100 μm y el diámetro máximo de los poros en el intervalo de aprox. 120 μm .
2. Cuerpos de Al_2O_3 según la reivindicación 1, caracterizados por que los cristales primarios presentan un tamaño entre 30 μm y 60 μm .
- 10 3. Cuerpos de Al_2O_3 según la reivindicación 1 ó 2, caracterizados por que la porción de óxido de α -aluminio asciende a más de 99,5% en peso.
4. Cuerpos de Al_2O_3 según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizados por que los cristales primarios presentan una forma cristalina pseudocúbica.
- 15 5. Procedimiento para la producción de cuerpos de Al_2O_3 a base de óxido de aluminio fundido eléctricamente, con las etapas
 - a) fundición de óxido de aluminio en un horno eléctrico de arco voltaico,
 - b) vertido de la masa fundida líquida de óxido de aluminio con un rendimiento de vertido constante de menos de 80 kg/min,
 - c) inoculación de la corriente de colada de la masa fundida líquida con cristales de siembra a base de óxido de α - y/o γ -aluminio con un tamaño medio de grano d_{50} de 50 μm a 90 μm ,
 - 20 d) enfriamiento de la masa fundida líquida para obtener un cuerpo sólido de óxido de aluminio, y
 - e) desmenuzamiento del cuerpo sólido de óxido de aluminio, con el fin de obtener cuerpos de Al_2O_3 policristalinos según una de las reivindicaciones 1 a 4.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el vertido de la masa fundida tiene lugar con un rendimiento de vertido constante menor que 40 kg/min.
- 25 7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por que la inoculación de la corriente de colada tiene lugar mediante insuflado directo de los cristales de siembra de óxido de aluminio en la corriente de colada.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que la cantidad de los cristales de siembra oscila entre 5% en peso y 20% en peso, referido a la cantidad de óxido de aluminio fundido.
- 30 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que el enfriamiento de la masa fundida tiene lugar a través de rodillos refrigerados por agua, mediante vertido de la masa fundida entre placas de refrigeración de metal o mediante vertido de la masa fundida sobre placas de refrigeración.
10. Uso de los cuerpos de Al_2O_3 policristalinos según una de las reivindicaciones 1 a 4, para la producción de materiales abrasivos y/o materiales refractarios

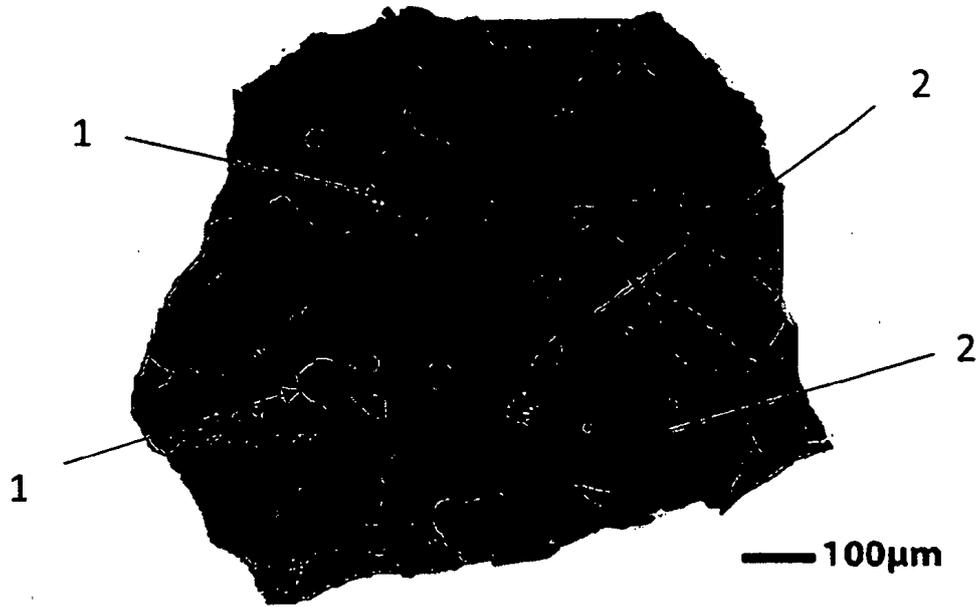


FIG. 1

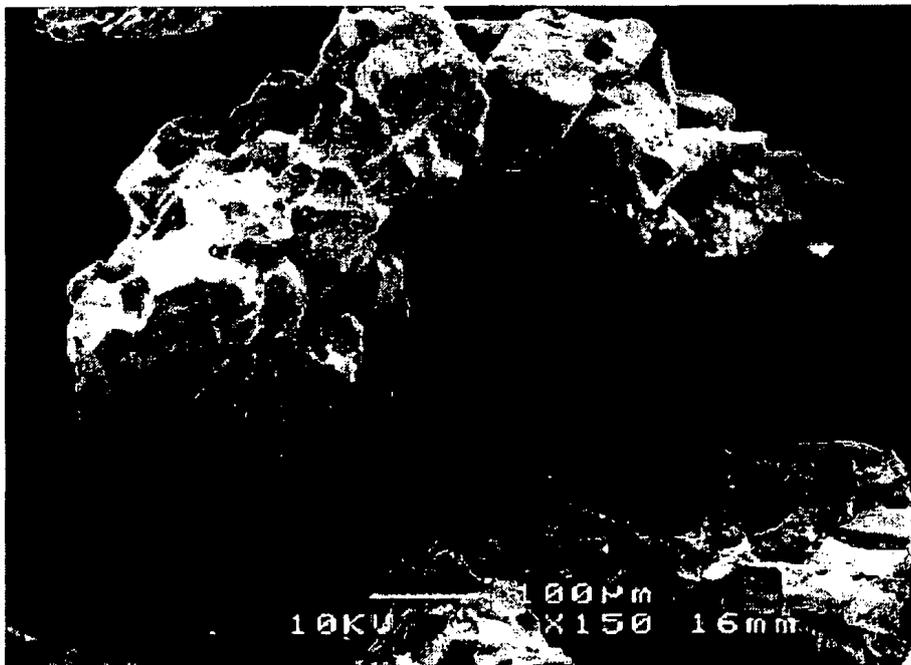


FIG. 2

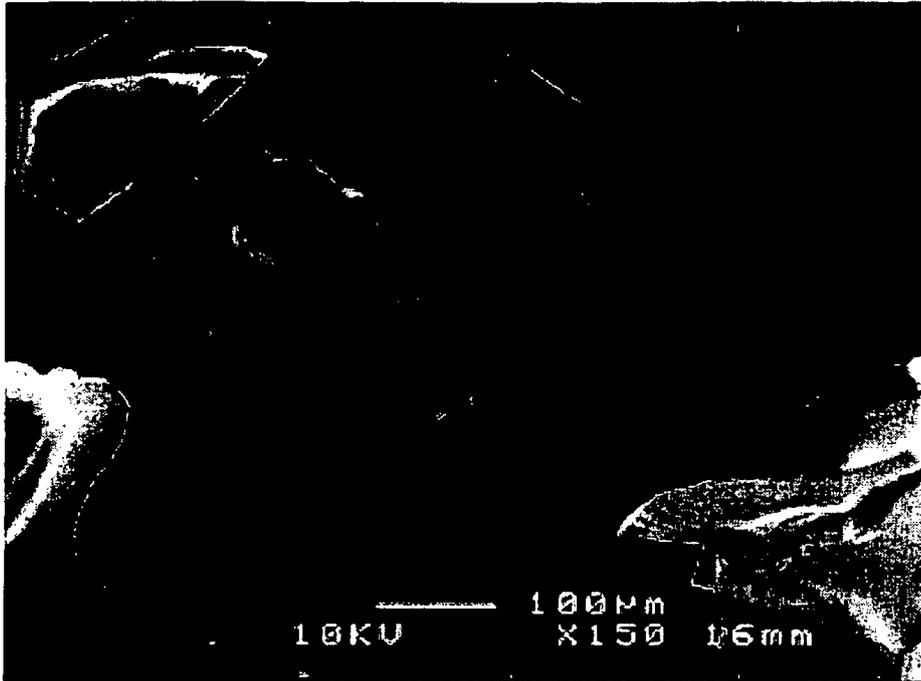


FIG. 3

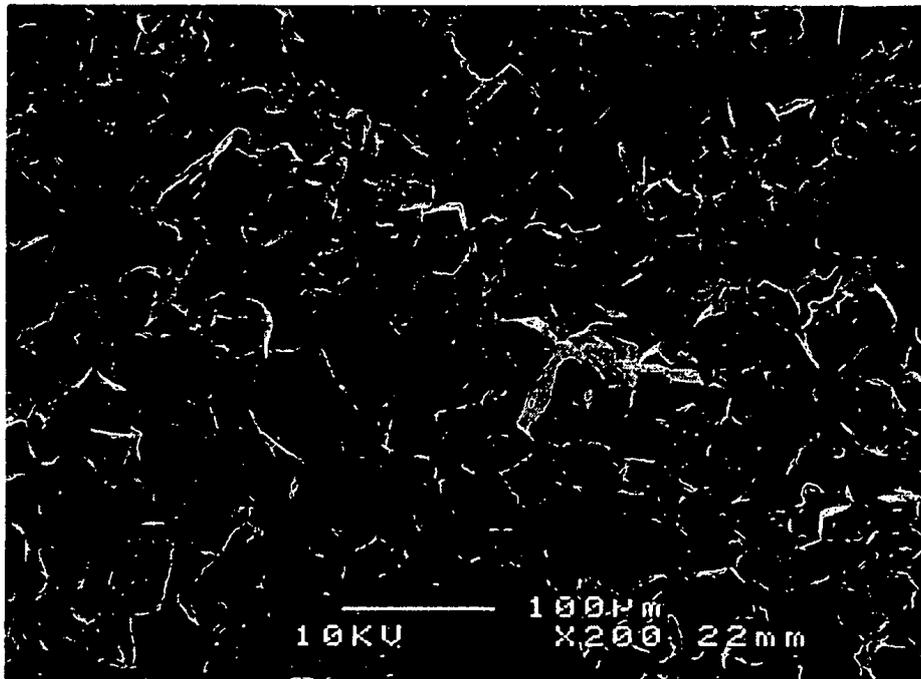


FIG. 4

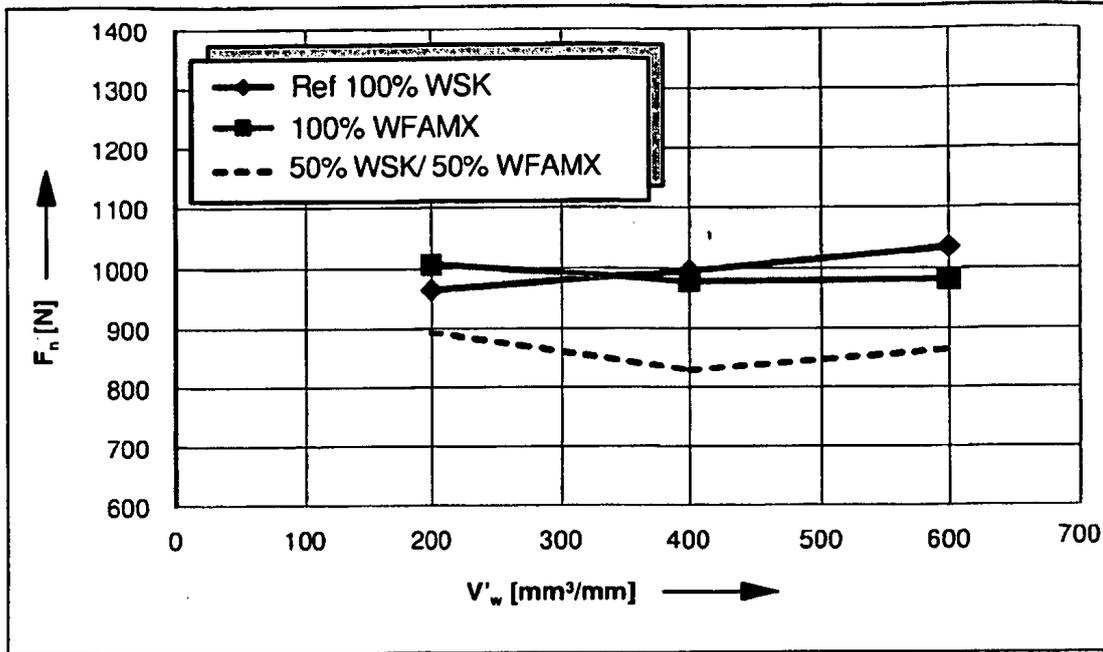


FIG. 5

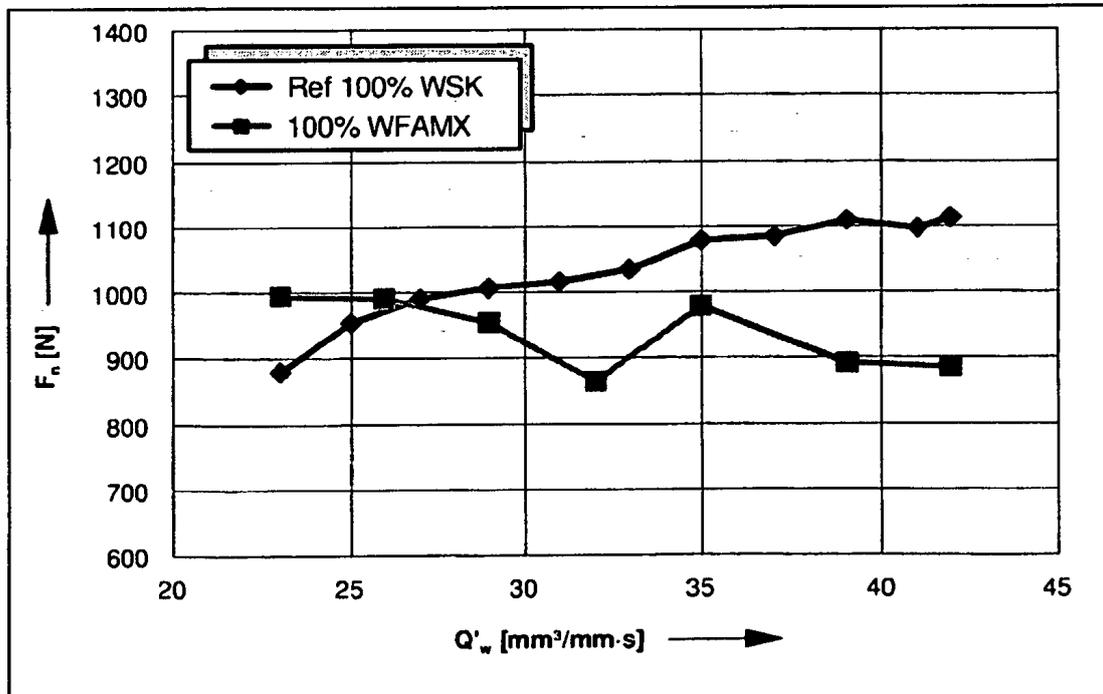


FIG. 6

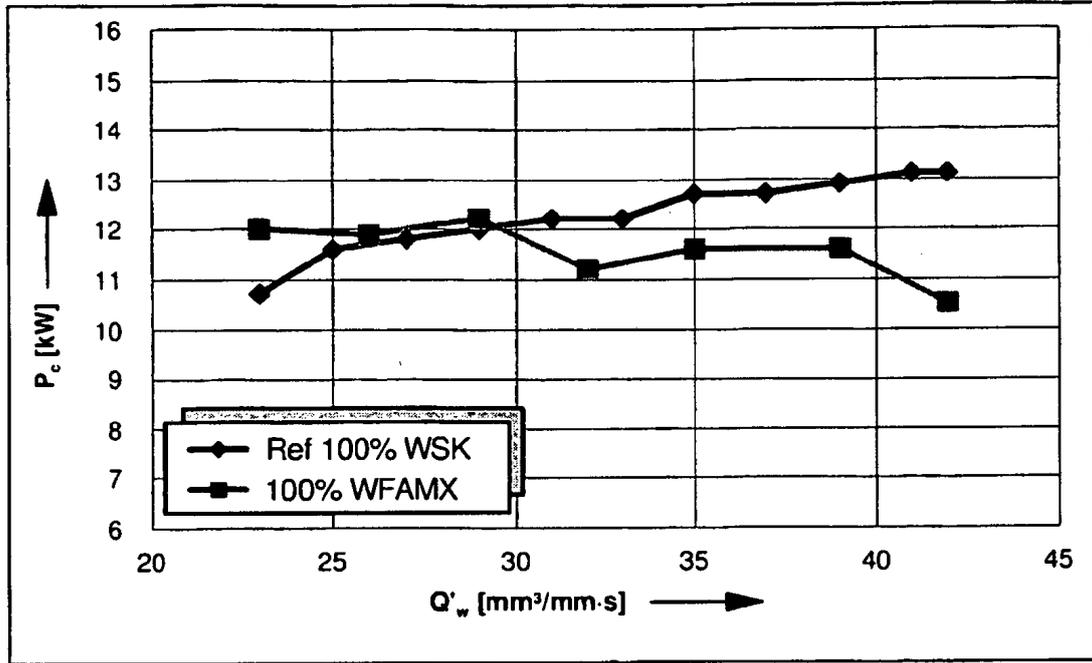


FIG. 7

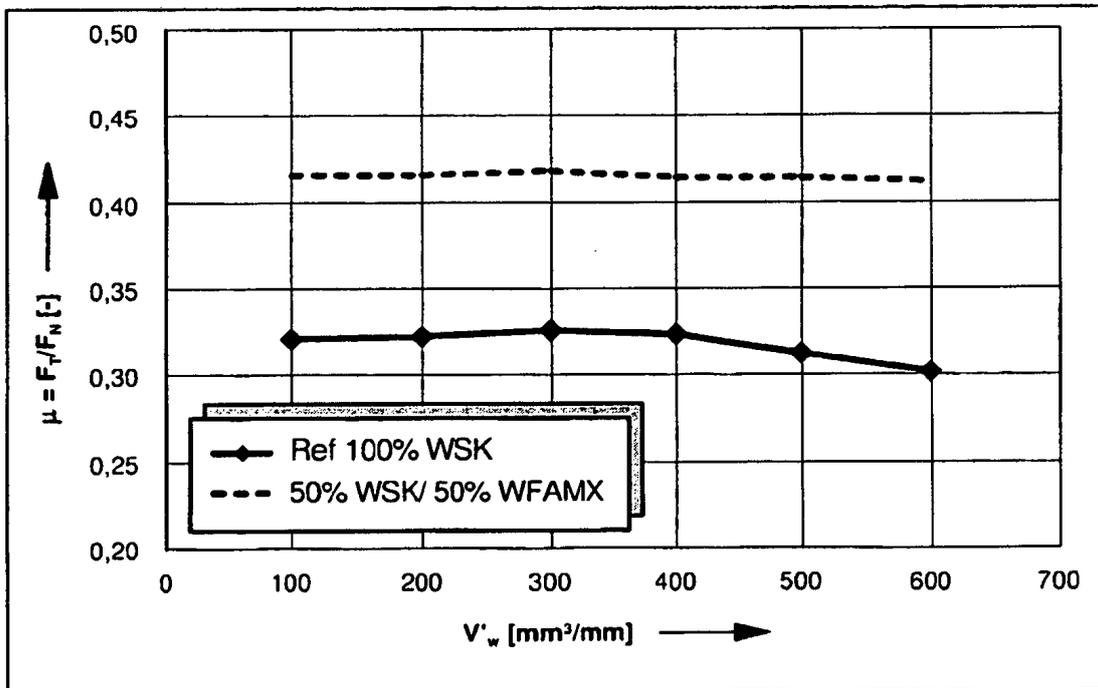


FIG. 8