

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 536**

51 Int. Cl.:

B22F 1/00 (2012.01)

C22C 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2016 PCT/EP2016/052048**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2016 WO16124532**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2016 E 16702139 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2023 EP 3253512**

54 Título: **Composición de metal en polvo para fácil mecanización**

30 Prioridad:

03.02.2015 EP 15153617

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

22.06.2023

73 Titular/es:

HÖGANÄS AB (PUBL) (100.0%)

Bruksgatan 35

263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:

HU, BO

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 944 536 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

Composición de metal en polvo para fácil mecanización

5 Campo técnico de la invención

La invención se refiere a una composición de metal en polvo para la producción de partes de metal en polvo que contienen un nuevo agente potenciador de la capacidad de mecanización, así como a un método para producir partes de metal en polvo que tienen una capacidad de mecanización mejorada.

10

Antecedentes de la invención

Una de las principales ventajas de la fabricación pulvimetalúrgica es que es posible, mediante la compactación y sinterización, producir componentes en la conformación final o muy cercana a la final. Sin embargo, hay casos en los que se requiere una mecanización posterior. Por ejemplo, esto puede ser necesario debido a las altas exigencias de tolerancia o porque el componente final tiene una conformación que no se puede presionar directamente, sino que requiere mecanización después de la sinterización. Más específicamente, geometrías tales como agujeros transversales a la dirección de compactación, socavaduras y roscas requieren una mecanización posterior.

15

Con el desarrollo continuo de nuevos aceros sinterizados con mayor resistencia y dureza, la mecanización se ha convertido en un desafío en la fabricación pulvimetalúrgica de componentes. A menudo es un factor limitante al evaluar si la fabricación pulvimetalúrgica es el método más rentable para fabricar un componente.

20

Hoy en día, hay una serie de sustancias conocidas que se agregan a las mezclas en polvo a base de hierro para facilitar la mecanización de componentes después de la sinterización. El aditivo en polvo más común es MnS (sulfuro de manganeso), que se menciona, por ejemplo, en el documento EP 0 183 666, que describe cómo se mejora la capacidad de mecanización de un acero sinterizado mediante la mezcla de dicho polvo.

25

La Patente de los Estados Unidos No. 4 927 461 describe la adición de 0.01 % y 0.5 % en peso de BN hexagonal (nitruro de boro) a mezclas en polvo a base de hierro para mejorar la capacidad de mecanización después de la sinterización.

30

La Patente de los Estados Unidos No. 5 631 431 se refiere a un aditivo para mejorar la capacidad de mecanización de composiciones en polvo a base de hierro. De acuerdo con esta patente, el aditivo contiene partículas de fluoruro de calcio que se incluyen en una cantidad de 0.1 %-0.6 % en peso de la composición en polvo.

35

La solicitud de patente japonesa JP08-095649 describe un agente potenciador de la capacidad de mecanización. El agente comprende $Al_2O_3-SiO_2-CaO$ y tiene una estructura cristalina de anortita o gehlenita. La anortita es un tectosilicato, que pertenece al grupo de los feldespatos, que tiene una dureza de Mohs de 6 a 6.5 y la gehlenita es un sorosilicato que tiene una dureza de Mohs de 5-6.

40

La patente de Estados Unidos US 7.300,490 describe una mezcla en polvo para producir partes prensadas y sinterizadas que consisten en una combinación de polvo de sulfuro de manganeso (MnS) y polvo de fosfato de calcio o polvo de hidroxiapatita.

45

La publicación WO 2005/102567 divulga una combinación de nitruro de boro hexagonal y polvos de fluoruro de calcio utilizados como agente potenciador de la mecanización.

50

Los polvos que contienen boro tales como óxido de boro, ácido bórico o borato de amonio, en combinación con azufre, se describen en el documento US5,938,814.

Otras combinaciones de polvo para ser utilizadas como aditivos de mecanización se describen en el documento EP 1985393A1, la combinación contiene al menos una seleccionada de talco y esteatita y un ácido graso.

55

El talco como agente potenciador de la mecanización se menciona en el documento JP1-255604.

La solicitud EP1002883 describe una mezcla de combinación de metales en polvo para fabricar partes metálicas, especialmente insertos de asientos de válvulas. Las combinaciones descritas contienen 0.5 %-5 % de lubricantes sólidos para proporcionar baja fricción y desgaste por deslizamiento, así como una mejora en la capacidad de mecanización. En una de las realizaciones, se menciona la mica como lubricante sólido. Estos tipos de mezclas en polvo, utilizadas para la producción de componentes resistentes al desgaste y estables a altas temperaturas, siempre contienen grandes cantidades de elementos de aleación, normalmente por encima del 10 % en peso y fases duras, normalmente carburos.

60

El documento US4.274.875 enseña un proceso para la producción de artículos, similar al que se describe en el documento EP1002883, mediante pulvimetalurgia que incluye la etapa de agregar mica en polvo al polvo de metal

65

antes de la compactación y sinterización en cantidades entre 0.5 %-2 % en peso. Específicamente, se divulga que se puede utilizar cualquier tipo de mica.

5 Además, la solicitud de patente japonesa JP10317002 describe un polvo o un compacto sinterizado que tiene un coeficiente de fricción reducido. El polvo tiene una composición química de 1 %-10 % en peso de azufre, 3 %-25 % en peso de molibdeno y el resto es hierro. Además, se agregan un lubricante sólido y materiales de fase dura.

10 El documento WO2010/074627 divulga una composición en polvo a base de hierro que comprende, además de un polvo a base de hierro, una pequeña cantidad de aditivo potenciador de la capacidad de mecanización, dicho aditivo comprende al menos un silicato del grupo de filosilicatos. Ejemplos específicos del aditivo son moscovita, bentonita y caolinita.

15 El documento JP2010 031365 A divulga un polvo para la fabricación de productos moldeados para material sinterizado. El polvo se obtiene al agregar polvo de lubricante al polvo de fase madre.

El documento CN103898410 divulga una biela de motor de gasolina modificada con metal que comprende polvo de hierro, polvo de molibdeno, polvo de manganeso, polvo de cromo, polvo de carburo de silicio, polvo de carburo de titanio, polvo de nitruro de aluminio, polvo de titanato de bario y estearato de zinc.

20 La mecanización de componentes prensados y sinterizados es muy compleja y es influenciada por parámetros tales como el tipo de sistema de aleación del componente, la cantidad de elementos de aleación, condiciones de sinterización tales como temperatura, atmósfera y tasa de enfriamiento, densidad sinterizada del componente, tamaño y conformación del componente. También es obvio que el tipo de operación de mecanización y la velocidad de mecanización son parámetros que tienen una gran importancia en el resultado de la operación de mecanización. La diversidad de agentes potenciadores de la mecanización propuestos que se agregan a las composiciones pulvimetalúrgicas refleja la naturaleza compleja de la tecnología de mecanización PM.

Resumen de la invención

30 La presente invención divulga un nuevo aditivo que contiene un titanato específico, para mejorar la capacidad de mecanización de los aceros sinterizados. Específicamente, el nuevo aditivo facilita operaciones de mecanización tales como el taladrado de aceros sinterizados, en la perforación particular de componentes sinterizados que contienen hierro, cobre y carbono tal como bielas, tapas de cojinetes principales y componentes de sincronización variable de válvulas (VVT) Otras operaciones de mecanización, tales como torneado, fresado, ranurado, escariado, roscado, etc., también se facilitan por el nuevo agente potenciador de la capacidad de mecanización. Cuando el nuevo aditivo se agrega a los aceros aleados previamente, aleados por difusión, endurecidos sinterizados y aceros inoxidable se puede lograr excelente desempeño en la mejora de la capacidad de mecanización. Además, el nuevo aditivo se puede utilizar en los componentes que van a ser mecanizados por varios tipos de materiales de herramientas tales como acero de alta velocidad, carburos de tungsteno, cermets, cerámica y nitruro de boro cúbico y la herramienta también puede estar recubierta.

Objetos de la invención

45 Un objeto de la presente invención es proporcionar un nuevo aditivo en una composición de metal en polvo para mejorar la capacidad de mecanización.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar dicho aditivo para ser utilizado en varias operaciones de mecanización de diferentes tipos de aceros sinterizados.

50 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una nueva sustancia potenciadora de la capacidad de mecanización que tiene un impacto nulo o insignificante sobre las propiedades mecánicas del componente prensado y sinterizado.

55 Un objeto adicional de la invención es proporcionar una composición pulvimetalúrgica que contiene el nuevo aditivo potenciador de la capacidad de mecanización, así como un método para preparar una parte compactada a partir de esta composición.

60 Otro objeto de la invención es proporcionar un componente sinterizado que tiene capacidad de mecanización mejorada, en particular un componente sinterizado que contiene hierro-cobre-carbono.

Ahora se ha descubierto que al incluir un agente potenciador de la capacidad de mecanización que comprende un compuesto de titanato definido en forma de polvo para la composición en polvo a base de hierro, se logra una mejora sorprendentemente grande de la capacidad de mecanización de los componentes sinterizados, elaborados de la composición en polvo a base de hierro. Adicionalmente, el efecto positivo sobre la capacidad de mecanización se obtiene incluso a cantidades agregadas muy bajas, por lo que se minimizará el impacto negativo sobre la

compresibilidad al agregar sustancias adicionales. También se ha mostrado que es aceptable la influencia sobre las propiedades mecánicas del titanato agregado.

5 De acuerdo con la presente invención, al menos uno de los objetos anteriores, así como otros objetos evidentes a partir de la discusión a continuación, se logra mediante los diferentes aspectos de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

10 Las Figuras 1 y 2 presentan el desgaste del filo de corte de las herramientas de mecanización antes y después de la mecanización de las muestras sinterizadas.

La Figura 3 muestra muestras sinterizadas sometidas a ensayo de corrosión.

15 Descripción detallada de la invención

La invención se establece en el conjunto de reivindicaciones adjunto. La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la invención comprende un aditivo potenciador de la capacidad de mecanización.

20 El aditivo o agente potenciador de la capacidad de mecanización comprende un compuesto de titanato definido en forma de polvo. El titanato en forma de polvo tiene preferiblemente una conformación que se distingue del titanato fibroso, que tiene la misma composición química, en la que una relación de aspecto promedio de las partículas del compuesto de titanato es a lo sumo 5. La relación de aspecto se define como la relación de la dimensión grande con una de las dimensiones pequeñas, comúnmente se define como una relación de longitud promedio con el diámetro promedio, es decir, la longitud promedio dividida por el diámetro promedio. La relación de aspecto se puede determinar de acuerdo con un análisis de imagen bajo microscopio. El titanato en forma fibrosa, es decir, con relación de aspecto mayor de 5, puede ser difícil de mezclar con otra composición en polvo a base de Fe para obtener una mezcla homogénea.

30 El compuesto de titanato es un grupo de cerámica sintética con la fórmula química MxO_nTiO_2 donde M = un metal alcalino tal como Li, Na, K o un metal alcalinotérreo tal como Mg, Ca, Ba, o combinaciones de los mismos, de tal manera que x puede ser 1 o 2 y n es un número de 1 y superior, por debajo de 20, preferiblemente por debajo de 10 y no necesariamente tiene que ser un entero. Ejemplos de compuestos de titanato que se pueden incluir en el aditivo potenciador de la capacidad de mecanización o constituirlo de acuerdo con la invención, son titanato de litio, titanato de sodio, titanato de potasio, titanato de potasio y litio, titanato de potasio y magnesio y titanato de bario o mezclas de los mismos; preferiblemente el compuesto de titanato se elige del grupo de titanato de potasio y titanato de potasio y magnesio o mezclas de los mismos.

35 El aditivo potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención se puede incluir o mezclar con otros aditivos para potenciar la mecanización conocidos, tales como sulfuro de manganeso, nitruro de boro hexagonal, otras sustancias que contienen boro, fluoruro de calcio, mica tal como moscovita, talco, enstatita, bentonita, caolinita etc.

40 La cantidad de aditivo potenciador de la capacidad de mecanización en la composición en polvo a base de hierro, y por lo tanto en el componente sinterizado, está entre 0.1 % y 0.3 % en peso. Las cantidades agregadas de titanato o aditivo potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la presente invención en la composición en polvo a base de hierro, de particular interés están por encima del 0.12 % y hasta el 0.3 % en peso tal como entre 0.15 % y 0.3 % en peso.

45 Cantidades más bajas pueden no dar el efecto destinado sobre la capacidad de mecanización y cantidades más altas pueden tener una influencia negativa sobre las propiedades mecánicas.

50 El tamaño de partícula, X95, medido de acuerdo con la SS-ISO 13320-1, del titanato contenido en un aditivo potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención está por debajo de 20 μm , tal como por debajo de 15 μm , o por debajo de 10 μm . Alternativamente, o además, el tamaño medio de partícula, X50, puede estar por debajo de 20 μm , más preferiblemente por debajo de 15 μm , más preferiblemente por debajo de 10 μm , tal como 8 μm o por debajo de 5 μm . Sin embargo, el tamaño de partícula es mayor de 0.1 μm , preferiblemente mayor de 0.5 μm , es decir, al menos el 95 % en peso de las partículas puede ser mayor de 0.5 μm . Si el tamaño de partícula está por debajo de 0.5 μm , puede ser difícil mezclar el aditivo con otras composiciones en polvo a base de Fe para obtener una mezcla en polvo homogénea. Un tamaño de partícula demasiado fino también influirá negativamente en las propiedades de sinterización. Un tamaño de partícula por encima de 50 μm puede influir negativamente en la capacidad de mecanización y las propiedades mecánicas.

55 Por lo tanto, un ejemplo una distribución de tamaño de partícula preferida de los titanatos, contenidos en el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la presente invención, es X95 por debajo de 20 μm , X50 por debajo de 10 μm y al menos el 95 % en peso por encima de 0.5 μm .

Composición en polvo a base de hierro

El aditivo potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención se puede utilizar en esencialmente cualesquier composiciones en polvo ferrosas. Por lo tanto, el polvo a base de hierro, contenido en la composición en polvo a base de hierro, puede ser un polvo de hierro puro tal como polvo de hierro atomizado, polvo de hierro reducido y similares. También se pueden utilizar los polvos aleados previamente tales como polvo de acero de baja aleación y polvo de acero inoxidable que incluye elementos de aleación tales como Ni, Mo, Cr, Si, V, Co, Mn, Cu, así como polvo de acero parcialmente aleado donde los elementos de aleación están unidos por difusión a la superficie del polvo a base de hierro. La composición en polvo a base de hierro también puede contener elementos de aleación en forma de polvo, es decir, un polvo o polvos que contienen elemento(s) de aleación que están presentes en la composición en polvo a base de hierro como partículas discretas.

El aditivo potenciador de la capacidad de mecanización está presente en la composición en forma de polvo. Las partículas de polvo aditivo se pueden mezclar con la composición en polvo a base de hierro como partículas en polvo libre o estar unidas a las partículas de polvo a base de hierro, por ejemplo, por medio de un agente aglutinante.

La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la invención también puede incluir otros aditivos tales como grafito, aglutinantes y lubricantes y otros agentes potenciadores de la capacidad de mecanización convencionales. Se puede agregar lubricante en 0.05 %-2 % en peso, preferiblemente 0.1 %-1 % en peso. Se puede agregar grafito en 0.05 %-2 % en peso, preferiblemente 0.1 %-1 % en peso.

Proceso

La fabricación pulvimetalúrgica de componentes de acuerdo con la invención se puede realizar de manera convencional, es decir, mediante el siguiente proceso: polvo a base de hierro, por ejemplo, el polvo de hierro o acero, se puede mezclar con cualesquier elementos de aleación deseados, tales como níquel, cobre, molibdeno y opcionalmente carbono, así como el aditivo potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención. Los elementos de aleación también se pueden agregar como aleados previamente o aleados por difusión al polvo a base de hierro o como una combinación entre elementos de aleación mezclados, polvo aleado por difusión o polvo aleado previamente. Esta mezcla en polvo se puede mezclar con un lubricante convencional, por ejemplo, estearato de zinc o cera de amida, antes de la compactación. Las partículas más finas en la mezcla se pueden unir al polvo a base de hierro por medio de una sustancia aglutinante para minimizar la segregación y mejorar la fluidez de la mezcla en polvo. Después de esto, la mezcla en polvo se puede compactar en una herramienta de prensa produciendo lo que se conoce como un cuerpo en crudo de geometría cercana a la final. La compactación generalmente toma lugar a una presión de 400-1200 MPa. Después de la compactación, el compacto se puede sinterizar a una temperatura de 700-1350 °C y se le da su fuerza final, dureza, elongación, etc. Opcionalmente, la parte sinterizada se puede tratar térmicamente para lograr las microestructuras deseadas.

Ejemplos

La presente invención se ilustrará en los siguientes ejemplos no limitantes:

Agentes potenciadores de la capacidad de mecanización

Las sustancias de acuerdo con la siguiente tabla (tabla 1) se utilizaron como ejemplos de los agentes potenciadores de la capacidad de mecanización.

Tabla 1, composición química de los agentes potenciadores de la capacidad de mecanización utilizados

Agente potenciador de la capacidad de mecanización	ID	% en peso de TiO ₂	% en peso de BaO	% en peso de CaO	% en peso de K ₂ O	% en peso de Na ₂ O	% en peso de MgO	% en peso de Li ₂ O ₂	% en peso de otros óxidos	Relación en moles de TiO ₂ /MxO **
Titanato de litio	LT	85.9						5.6	8.5	5.7
Titanato de potasio y litio	PLT	79.9			15.0			1.3	3.8	4.9
Titanato de potasio	PT	76.3			20.8				2.9	4.3
Titanato de potasio y magnesio	PMT	66.6			20.3		10.9		2.2	1.7
Titanato de sodio	ST	81.0				14.4			4.6	4.4

Titanato de bario	BT	33.9	65.1					1.0	1.0
Titanato de calcio	CT	58.3		40.9				0.8	1.0

* otros óxidos incluyen SiO₂, Al₂O₃, ZrO₂, Fe₂O₃

** la relación se muestra como el número 'n' en la fórmula del titanato, MxO^{*}nTiO₂

5 La Tabla 2 muestra la distribución típica del tamaño de partícula, medida de acuerdo con SS-ISO 13320-1, para las sustancias enumeradas en la tabla 1. Dado que el tamaño de partícula X95 no está por debajo de 20 µm, se consideran polvos de referencia.

Tabla 2, distribución típica del tamaño de partícula de las sustancias de acuerdo con la tabla 1

	X10	X50	X90	X95
Tamaño µm	1.6	4.5	22.3	38.0

10 Ejemplo 1

15 Se prepararon cinco composiciones en polvo a base de hierro al mezclar el polvo de hierro atomizado puro ASC100.29 disponible de Höganäs AB, Suecia, 2 % en peso de un polvo de cobre Cu165 disponible de ACuPowder, EE. UU., 0.85 % en peso de un polvo de grafito Gr1651 disponible de Asbury Graphite, EE. UU., y 0.75 % en peso de un lubricante, Acrawax C, disponible de Lonza, EE. UU. La mezcla No. 1 se utilizó como referencia y no contenía ninguna sustancia potenciadora de la capacidad de mecanización mientras que las mezclas No. 2-5 contenían 0.15 % en peso de un agente potenciador de la capacidad de mecanización.

20 Las mezclas se compactaron en muestras de Resistencia a la Ruptura Transversal (TRS) de acuerdo con SS-ISO 3325 a una densidad en crudo de 6.8 g/cm³, seguido de sinterización a 1120 °C en una atmósfera de nitrógeno al 90 %/hidrógeno al 10 % durante un período de tiempo de 30 minutos. Después de enfriar a temperatura ambiente, las muestras se probaron para determinar la resistencia a la ruptura transversal de acuerdo con SS-ISO 3325, la dureza (HRB) de acuerdo con SS-EN ISO 6506. También se midió el cambio dimensional (DC) entre la matriz de compactación y las muestras sinterizadas.

Tabla 3, resultados de las pruebas mecánicas

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	DC [%]	HRB	TRS (MPa)
1	-	0.28	76	990
2	LT al 0.15 %	0.27	74	993
3	PT al 0.15 %	0.30	75	986
4	PMT al 0.15 %	0.28	73	972
5	ST al 0.15%	0.32	75	980

30 Como es evidente a partir de la tabla 3, la adición de los diversos agentes potenciadores de la capacidad de mecanización agregados a un contenido de 0.15 % en peso, no tiene una influencia significativa sobre las propiedades mecánicas y sinterizadas.

35 Además, las mezclas se compactaron en muestras en crudo en una conformación de anillos, altura = 20 mm, diámetro interior = 35 mm, diámetro exterior = 55 mm, mediante prensado uniaxial a una densidad en crudo de 6.9 g/cm³ seguido de sinterización a 1120 °C en una atmósfera de nitrógeno al 90 %/hidrógeno al 10 % durante un período de tiempo de 30 minutos. Después de enfriar a temperatura ambiente, las muestras se probaron para la capacidad de mecanización.

40 Las pruebas de capacidad de mecanización se realizaron utilizando brocas de acero de alta velocidad (sin recubrimiento) lisas de 1/8 pulgadas para perforar orificios ciegos con una profundidad de 18 mm en condiciones húmedas, es decir, con refrigerante. Los diversos agentes que mejoran la capacidad de mecanización se evaluaron con respecto a la distancia de corte total antes de la falla del taladro, por ejemplo, herramienta de corte excesivamente gastada o rota. La Tabla 4 muestra los resultados de las pruebas de capacidad de mecanización.

45 Tabla 4, resultados de la prueba de capacidad de mecanización

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Velocidad de corte [metro/minutos]	Alimentación [mm/revolución]	Distancia de corte [mm]
1	-	200	0.2	126
2	LT al 0.15 %	200	0.2	1656

ES 2 944 536 T3

3	PT al 0.15 %	200	0.2	2232
4	PMT al 0.15 %	200	0.2	1994
5	ST al 0.15%	200	0.2	1530

La Tabla 4 muestra claramente que todos los agentes potenciadores de la capacidad de mecanización de referencia probados proporcionan una gran mejora en la capacidad de mecanización del material sinterizado en comparación con el material sin el agente potenciador.

5

Ejemplo 2

El siguiente ejemplo ilustra el impacto del tamaño de partícula del agente potenciador de la capacidad de mecanización titanato de potasio sobre la capacidad de mecanización. Se prepararon composiciones en polvo a base de hierro similares como se describe en el ejemplo 1 con la excepción de que se utilizó titanato de potasio que tenía varias distribuciones de tamaño de partícula. Se prepararon muestras sinterizadas de acuerdo con el ejemplo 1 y se realizaron pruebas de perforación similares a aquellas descritas en el ejemplo 1. La siguiente tabla 5 muestra los parámetros y resultados de la mecanización.

10

15

Tabla 5, parámetros y resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Velocidad de corte [metro/minutos]	Alimentación [mm/revolución]	Distancia de corte [mm]
6	-	400	0.1	54
7	PT al 0.15 %, X95 = 9 µm	400	0.1	3240*
8	PT al 0.15 %, X95 = 13 µm	400	0.1	3240*
9	PT al 0.15 %, X95 = 16 µm	400	0.1	3240*
10	PT al 0.15 %, X95 = 38 µm	400	0.1	954

* la prueba se terminó sin que la herramienta se rompiera

Para la mezcla de la invención No. 7-9, no se obtuvo falla de la herramienta de corte incluso después de un corte de 3240 mm, para la mezcla comparativa No. 10 se obtuvo falla de la herramienta de corte después de una distancia de corte de 954 mm, lo que aún es una gran mejora en comparación con el resultado obtenido de la mezcla comparativa No. 6 que no tiene adición de agente potenciador de la capacidad de mecanización. La figura 1 presenta el desgaste del filo de corte de la broca antes y después de la mecanización. La figura revela que el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención mitiga el desgaste del filo de corte a un nivel sorprendentemente alto. Solo se puede detectar un desgaste menor después de una distancia de corte de 3240 mm en comparación con el desgaste excesivo del filo de corte que resultó en la rotura de la herramienta después de una distancia de corte de solo 54 mm cuando no se utiliza un agente potenciador de la capacidad de mecanización.

20

25

Ejemplo 3

El siguiente ejemplo ilustra el efecto del agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención en comparación con dichos agentes conocidos. En las composiciones en polvo a base de hierro comparativas, se utilizaron agentes potenciadores de la capacidad de mecanización conocidos: en la mezcla No. 12, un polvo de fluoruro de calcio que tiene una distribución de tamaño de partícula de X95 = 9 µm y en la mezcla No 13 un polvo de sulfuro de manganeso, MnS, que tiene una distribución de tamaño de partícula de X95 = 10 µm. La mezclas No. 14-16, 16a y 16b contenían el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención como se describe en el ejemplo 2, mezcla No. 7. Las composiciones en polvo a base de hierro y las muestras de prueba se prepararon de acuerdo con la descripción en el ejemplo 1. La prueba de capacidad de mecanización se realizó de acuerdo con el ejemplo 1 con la excepción de que se utilizaron brocas de acero de alta velocidad recubiertas con TiN, las brocas tenían un diámetro de 1/8 pulgadas y los orificios se perforaron en condición seca, es decir, sin refrigerante, a una profundidad de 10 mm.

30

35

40

La siguiente tabla 6 muestra el aditivo potenciador de la capacidad de mecanización y los resultados de las pruebas.

45

Tabla 6, parámetros y resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización, los ejemplos 15, 16 y 16a son ejemplos de la invención.

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Velocidad de corte [metro/minutos]	Alimentación [mm/revolución]	Distancia de corte [mm]
------------	--	------------------------------------	------------------------------	-------------------------

ES 2 944 536 T3

11	-	200	0.2	400
12	Fluoruro de calcio al 0.3 %	200	0.2	2130
13	MnS al 0.5%	200	0.2	3600*
14	PT al 0.05%	200	0.2	850
15	PT al 0.10%	200	0.2	2160
16	PT al 0.15%	200	0.2	3600*
16a	PT al 0.30%	200	0.2	3600*
16b	PT al 0.50%	200	0.2	3600*

* la prueba se terminó sin que la herramienta se rompiera

La prueba de capacidad de mecanización de las muestras realizada con la mezcla No. 13 y 16, 16a y 16b se detuvieron después de una distancia de corte de 3600 mm sin fallas en la herramienta. Los resultados muestran que cuando se agregó el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención en una cantidad menor del 0.15 % en peso, el rendimiento en la mejora de la capacidad de mecanización fue limitado e inconsistente. Sin embargo, incluso en cantidades tan bajas como 0.05 %, se obtienen algunas mejoras en comparación con cuando no se utiliza ningún agente potenciador de la capacidad de mecanización.

Antes de la compactación, se determinó el Flujo de Hall de acuerdo con ISO 4490-2008 para las mezclas de acuerdo con la siguiente tabla 6a. Las muestras de resistencia a la ruptura transversal (TRS) de acuerdo con SS-ISO 3325 se prepararon de la misma manera que se describe en el ejemplo 1. La resistencia en crudo de acuerdo con ISO 3995-1 985 se determinó en algunas de las muestras de TRS en crudo sin sinterizar y las muestras de TRS restantes se sometieron a un proceso de sinterización y después de eso se probaron para la resistencia a la ruptura transversal como se describe en el ejemplo 1. También se determinaron los cambios dimensionales entre la matriz de compactación y las muestras sinterizadas.

La Tabla 6a presenta los resultados de la prueba de flujo de Hall, la prueba de resistencia en crudo sobre muestras no sinterizadas, la determinación del cambio dimensional entre la matriz y las muestras sinterizadas y la prueba de resistencia a la ruptura transversal de las muestras sinterizadas.

Tabla 6a, Flujo, Resistencia en Crudo (GS), Cambio Dimensional (DC) y Resistencia a la Ruptura Transversal (TRS). Los ejemplos 16 y 16a son ejemplos de la invención.

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Flujo [s/50 g]	GS [MPa]	DC [%]	TRS [MPa]
11	-	29.5	12	0.30	1020
16	PT al 0.15 %	30.2	12	0.32	1000
16a	PT al 0.30 %	31.3	11	0.35	958
16b	PT al 0.50 %	38.0	8	0.48	855
16c	PT al 0.75 %	Sin flujo	6	0.52	800

Como es evidente a partir de la tabla 6a, con las adiciones de titanato en un contenido de 0.5 % o más, las propiedades del material, tales como el flujo de la mezcla en polvo, la resistencia en crudo de las muestras compactadas, el cambio dimensional y la resistencia a la ruptura transversal se ven significativamente afectadas.

Ejemplo 4

El siguiente ejemplo ilustra el efecto del agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención en comparación con dichos agentes conocidos cuando se cortan muestras endurecidas por sinterización que contienen más del 90 % de microestructura martensítica. Las composiciones en polvo a base de hierro se prepararon al mezclar un polvo de hierro aleado previamente Astaloy MoNi (Fe + Mo al 1.2 % + Ni al 1.35 % + Mn al 0.4 %) disponible de North American Höganäs, EE. UU., 2 % en peso de un polvo de cobre Cu165 disponible de ACuPowder, EE. UU., 0.9 % en peso de un polvo de grafito Gr1651 disponible en Asbury Graphite, EE. UU., y 0.6 % en peso de un lubricante, Introlube E disponible de Höganäs AB, Suecia. La mezcla No. 17 se utilizó como referencia y no contenía ningún agente potenciador de la capacidad de mecanización, mientras que la mezcla No. 18 contenía un 0.5 % en peso de un agente potenciador de la capacidad de mecanización conocido, sulfuro de manganeso, MnS, descrito en el ejemplo 3. La mezcla No. 19 contenía un 0.15 % en peso del agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención como se describe en el ejemplo 3

Las mezclas se compactaron en muestras en crudo en una conformación de anillos de acuerdo con la descripción del ejemplo 1. Las muestras en crudo luego se sinterizaron de acuerdo con la descripción en el ejemplo 1, excepto que se utilizó una tasa de enfriamiento de 2 grados Celsius por segundo para enfriar las muestras a temperatura ambiente. Después de ser templadas a 204 °C durante una hora en aire, las muestras se utilizaron para las pruebas de capacidad de mecanización.

La prueba de capacidad de mecanización se realizó en una operación de torneado. Se utilizaron insertos de nitruro de boro cúbico (cBN) para cortar las muestras en condición seca, es decir, sin refrigerante, hasta que se observó el desgaste excesivo de la herramienta (más de 200 μm). La siguiente tabla 7 muestra los parámetros y los resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización.

Tabla 7, parámetros y resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Velocidad de corte [metro/minutos]	Alimentación [mm/revolución]	Distancia de corte [m]	Desgaste de herramienta (μm)
17	-	183	0.3	754	rota
18	MnS al 0.5 %	183	0.3	1036	rota
19	PT al 0.15 %	183	0.3	4898	54*

*la prueba se terminó con un desgaste menor de la herramienta anti-cráter

La figura 2 presenta el estado de desgaste de la herramienta después de la mecanización de las muestras que contienen el agente potenciador de la capacidad de mecanización. La tabla y la figura revelan que el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención mitiga el desgaste de la herramienta a un nivel sorprendentemente alto. Solo se puede detectar un desgaste de cráter menor después de una distancia de corte de 4898 m, en comparación con la herramienta rota observada después de una distancia de corte de 754 m cuando no se utilizó un agente potenciador de la capacidad de mecanización y se observaron las herramientas rotas después de una distancia de corte de 1036 m cuando se utilizó el agente potenciador de la capacidad de mecanización conocido MnS. Por lo tanto, se demuestra que el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención puede proporcionar una gran mejora de la capacidad de mecanización para aceros endurecidos por sinterización.

Ejemplo 5

El siguiente ejemplo ilustra el efecto del agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención en comparación con dichos agentes conocidos cuando se cortan muestras de acero inoxidable. Las composiciones en polvo a base de hierro se prepararon al mezclar un polvo de acero inoxidable 304L (Fe + Cr al 18.5 % + Ni al 11 % + Si al 0.9 %) disponible de North American Höganäs, EE. UU., y 1.0 % en peso de un lubricante Acrawax C disponible de Lonza, EE. UU. La mezcla No. 20 se utilizó como referencia y no contenía ningún agente potenciador de la capacidad de mecanización, mientras que la mezcla No. 21 contenía 0.5 % en peso de un agente potenciador de la capacidad de mecanización conocido, sulfuro de manganeso, MnS, descrito en el ejemplo 3. La mezcla No. 22 contenía 0.15 % en peso del agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención como se describe en el ejemplo 3.

Las mezclas se compactaron en muestras en crudo en una conformación de anillos de acuerdo con la descripción en el ejemplo 1 a una densidad en crudo de 6.5 g/cm^3 seguidas por sinterización a 1315 $^{\circ}\text{C}$ en una atmósfera de hidrógeno al 100 % durante un período de tiempo de 45 minutos. Después de enfriar a temperatura ambiente, las muestras se utilizaron para pruebas de capacidad de mecanización.

La prueba de capacidad de mecanización se realizó en una operación de torneado. Se utilizaron insertos de carburo de tungsteno recubiertos para cortar las muestras en condición húmeda, es decir, con refrigerante, hasta que se observó el desgaste excesivo de la herramienta (más de 200 μm). La siguiente tabla 8 muestra los parámetros y resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización.

Tabla 8, parámetros y resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Velocidad de corte [metro/minutos]	Alimentación [mm/revolución]	Distancia de corte [m]	Desgaste de herramienta (μm)
20	-	274	0.2	5087	373
21	MnS al 0.5 %	274	0.2	5087	204
22	PT al 0.15 %	274	0.2	5087	65

Para la mezcla No. 22 solo se obtuvo un menor desgaste inicial de la herramienta después de un corte de 5087 mm mientras que para las mezclas No. 20 y 21 se obtuvo un desgaste excesivo de la herramienta después del corte a la misma distancia. Los resultados muestran que el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención facilita la operación de mecanización mucho mejor que el agente potenciador de la capacidad de mecanización conocido MnS, aunque el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención se agregó en menor cantidad. También se puede notar que en un contenido tan pequeño como 0.15 %, el

agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención tiene un efecto superior sobre la mejora de la capacidad de mecanización de los aceros inoxidables.

Ejemplo 6

Este ejemplo muestra el impacto del agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención sobre la corrosión de muestras sinterizadas. Se prepararon composiciones en polvo a base de hierro, como se describe en el ejemplo 1. Una composición no contenía agente potenciador de la capacidad de mecanización, otra composición contenía 0.5 % en peso de MnS y una tercera composición contenía 0.15 % de titanato de potasio que tenía X95 = 9 µm. Se prepararon muestras en crudo y sinterizadas en la conformación de anillos como se describe en el ejemplo 1. Después de esto, las muestras sinterizadas se colocaron en una cámara de humedad a 45 °C y una humedad relativa del 95 %. Las muestras se examinaron visualmente al comienzo de la prueba, después de un día y después de cuatro días.

La Figura 3 muestra que casi no se pudo detectar corrosión después de cuatro días para la muestra que contenía el nuevo agente potenciador de la capacidad de mecanización, en contraste con la muestra que contenía MnS que exhibía una corrosión severa. Cuando se comparan con las muestras sin ningún agente potenciador de la capacidad de mecanización agregado, se puede incluso concluir que el agente potenciador de la capacidad de mecanización de acuerdo con la invención tiene algún efecto protector contra la corrosión.

Ejemplo 7

El ejemplo 7 ilustra que cuando el titanato como el agente potenciador de la capacidad de mecanización no contiene ningún metal alcalino, es decir, consiste en un titanato de metal alcalinotérreo, la capacidad de mecanización solo se ve afectada en un grado limitado.

Se prepararon cuatro composiciones en polvo a base de hierro al mezclar el polvo de hierro atomizado puro ASC100.29 disponible de Höganäs AB, Suecia, 2 % en peso de un polvo de cobre Cu165 disponible de ACuPowder, EE. UU., 0.85 % en peso de un polvo de grafito Gr1651 disponible de Asbury Graphite, EE. UU., y 0.75 % en peso de un lubricante, Acrawax C, disponible de Lonza, EE. UU. La mezcla No. 23 se utilizó como referencia y no contenía ninguna sustancia potenciadora de la capacidad de mecanización mientras que las mezclas No. 24-26 contenían 0.15 % en peso de un agente potenciador de la capacidad de mecanización. El tamaño de partícula de la sustancia PT fue X95 = 9 µm, para la sustancia BT el tamaño de partícula fue X95 = 7 µm, y para la sustancia CT el tamaño de partícula fue X95 = 10 µm.

Las mezclas se compactaron en muestras en crudo en una conformación de anillos, altura = 20 mm, diámetro interior = 35 mm, diámetro exterior = 55 mm, mediante prensado uniaxial a una densidad en crudo de 6.9 g/cm³ seguido por sinterización a 1120 °C en una atmósfera de nitrógeno al 90 %/hidrógeno al 10 % durante un período de tiempo de 30 minutos. Después de enfriar a temperatura ambiente, se probaron las muestras para determinar la capacidad de mecanización. Las pruebas de capacidad de mecanización se realizaron utilizando brocas de acero de alta velocidad (sin recubrimiento) lisas de 1/8 pulgadas para perforar orificios ciegos con una profundidad de 18 mm en condiciones húmedas, es decir, con refrigerante. Los agentes potenciadores de la capacidad de mecanización se evaluaron con respecto a la distancia de corte total antes de la falla del taladro, por ejemplo, herramienta de corte excesivamente desgastado o roto. La Tabla 9 muestra los resultados de las pruebas de capacidad de mecanización.

Tabla 9, parámetros y resultados de mecanización de la prueba de capacidad de mecanización

Mezcla No.	Agente potenciador de la capacidad de mecanización	Velocidad de corte [metro/minutos]	Alimentación [mm/revolución]	Distancia de corte [m]
23	-	300	0.13	54
24	PT al 0.15 %	300	0.13	1296*
25	BT al 0.15 %	300	0.13	198
26	CT al 0.15 %	300	0.13	90

*la prueba se terminó sin que la herramienta se rompiera

La Tabla 9 muestra que se obtuvo una mejora limitada para la mezcla 26 en comparación con la mejora significativa de la capacidad de mecanización observada para la muestra de acuerdo con la invención, la mezcla No. 24. La mezcla No. 25 muestra algunas mejoras.

REIVINDICACIONES

1. Una composición en polvo a base de hierro que comprende una cantidad menor de un aditivo potenciador de la capacidad de mecanización, dicho aditivo comprende al menos un compuesto de titanato sintético en forma de polvo, el compuesto de titanato está de acuerdo con la siguiente fórmula; MxO^*nTiO_2 , en el que x puede ser 1 o 2 y n es un número de al menos 1 y por debajo de 20, preferiblemente por debajo de 10. M es un metal alcalino tal como Li, Na, K o un metal alcalinotérreo tal como Mg, Ca, Ba o combinaciones de los mismos;
- 5 en la que el contenido de aditivo potenciador de la capacidad de mecanización está entre 0.1 y 0.3 % en peso; en la que el tamaño de partícula del compuesto de titanato expresado como X95, medido de acuerdo con SS-ISO 13320-1, está por debajo de 20 μm , tal como por debajo de 15 μm o por debajo de 10 μm .
- 10
2. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el compuesto de titanato sintético contiene al menos un metal alcalino.
- 15
3. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el compuesto de titanato sintético se elige del grupo de titanato de litio, titanato de sodio, titanato de potasio, titanato de potasio y litio, titanato de potasio y magnesio, titanato de bario o mezclas de los mismos.
- 20
4. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el compuesto de titanato sintético se elige del grupo de titanato de litio, titanato de sodio, titanato de potasio, titanato de potasio y litio, titanato de potasio y magnesio o mezclas de los mismos.
- 25
5. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el compuesto de titanato sintético se elige del grupo de titanato de potasio y titanato de potasio y magnesio o mezclas de los mismos.
- 30
6. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la relación de aspecto de las partículas del compuesto de titanato es a lo sumo 5.
- 35
7. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el contenido del compuesto de titanato está por encima de 0.12 % y hasta el 0.3 % en peso.
- 40
8. Uso de al menos un compuesto de titanato sintético comprendido en un aditivo potenciador de la capacidad de mecanización en una composición en polvo a base de hierro en la que al menos un compuesto de titanato sintético está en la forma de polvo y el compuesto de titanato está de acuerdo con la siguiente fórmula; MxO^*nTiO_2 , en la que x puede ser 1 o 2 y n es un número desde al menos 1 y por debajo de 20, preferiblemente por debajo de 10. M es un metal alcalino tal como Li, Na, K o un metal alcalinotérreo tal como Mg, Ca, Ba, o combinaciones de los mismos, en el que el contenido de aditivo potenciador de la capacidad de mecanización está entre 0.1 y 0.3 % en peso; en el que el tamaño de partícula del compuesto de titanato expresado como X95, medido de acuerdo con SS-ISO 13320-1, está por debajo de 20 μm , tal como por debajo de 15 μm . o por debajo de 10 μm .
- 45
9. Método de preparación de una composición en polvo a base de hierro, que comprende:
- 45 - proporcionar un polvo a base de hierro; y
- mezclar el polvo a base de hierro con un aditivo potenciador de la capacidad de mecanización y otros materiales en polvo opcionales, el aditivo potenciador de la capacidad de mecanización comprende al menos un compuesto de titanato
- 50 en el que al menos un compuesto de titanato sintético está en forma de polvo y el compuesto de titanato está de acuerdo con la siguiente fórmula; MxO^*nTiO_2 , en la que x puede ser 1 o 2 y n es un número de al menos 1 y por debajo de 20, preferiblemente por debajo de 10. M es un metal alcalino tal como Li, Na, K o un metal alcalinotérreo tal como Mg, Ca, Ba o combinaciones de los mismos y en el que el contenido de aditivo potenciador de la capacidad de mecanización está entre 0.1 y 0.3 % en peso; en el que el tamaño de partícula del compuesto de titanato expresado como X95, medido de acuerdo con SS-ISO 13320-1, está por debajo de 20 μm , tal como por debajo de 15 μm o por debajo de 10 μm .
- 55
10. Método para producir una parte sinterizada a base de hierro que tiene capacidad de mecanización mejorada, que comprende:
- 60 - preparar una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7;
- compactar la composición en polvo a base de hierro a una presión de compactación de 400-1200 MPa;
- sinterizar la parte compactada a una temperatura de 700-1350 °C y opcionalmente tratar térmicamente la parte sinterizada.
- 65
11. Un componente sinterizado elaborado a partir de una composición en polvo a base de hierro que contiene un agente potenciador de la capacidad de mecanización en el que dicho agente potenciador de la capacidad de mecanización contiene al menos un compuesto de titanato sintético en el que al menos un compuesto de titanato

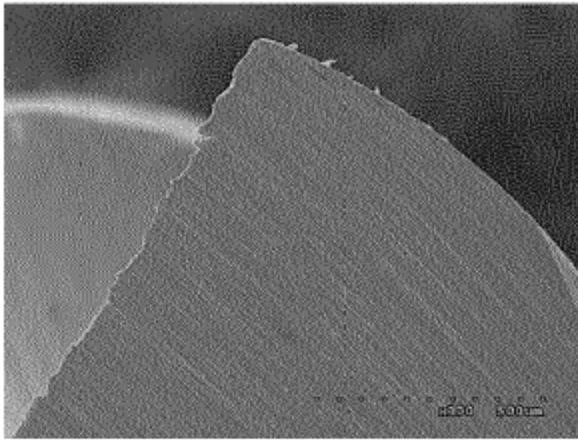
5 sintético está en forma de polvo y el compuesto de titanato está de acuerdo con la siguiente fórmula; $MxO \cdot nTiO_2$, en la que x puede ser 1 o 2 y n es un número desde 1 y superior y en el que el contenido de aditivo potenciador de la capacidad de mecanización está entre el 0.1 y el 0.3 % en peso; en el que el tamaño de partícula del compuesto de titanato expresado como X95, medido de acuerdo con SS-ISO 13320-1 está por debajo de 20 μm , tal como por debajo de 15 μm o por debajo de 10 μm .

10 12. Un componente sinterizado de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho compuesto de titanato se elige del grupo de titanato de litio, titanato de sodio, titanato de potasio, titanato de potasio y litio, titanato de potasio y magnesio, titanato de bario o mezclas de los mismos.

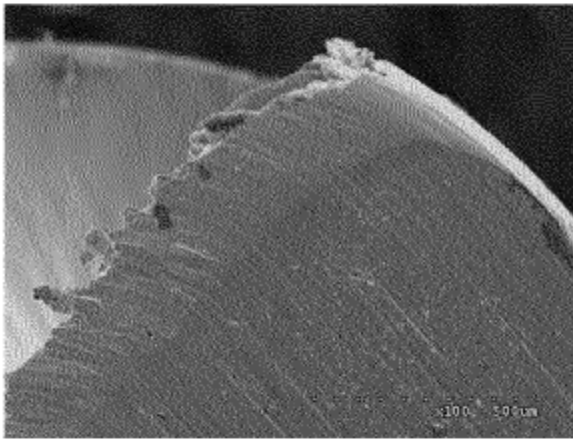
13. Un componente sinterizado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en el que el componente sinterizado contiene además hierro, cobre y carbono.

15 14. Un componente sinterizado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en el que dicho componente sinterizado se elige del grupo de bielas, tapas de cojinetes principales y componentes de sincronización variable de válvulas (VVT).

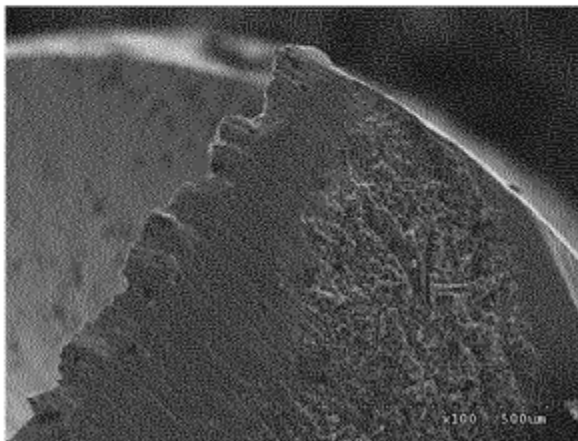
Figura 1



Nuevo filo de corte
antes de uso

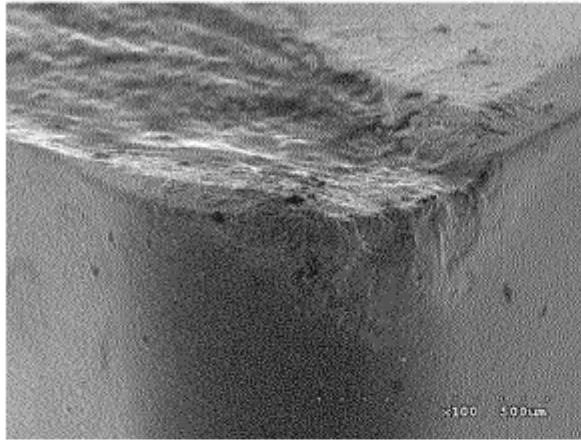


Desgaste de filo después
del corte de la Mezcla No. 6
para 54 mm

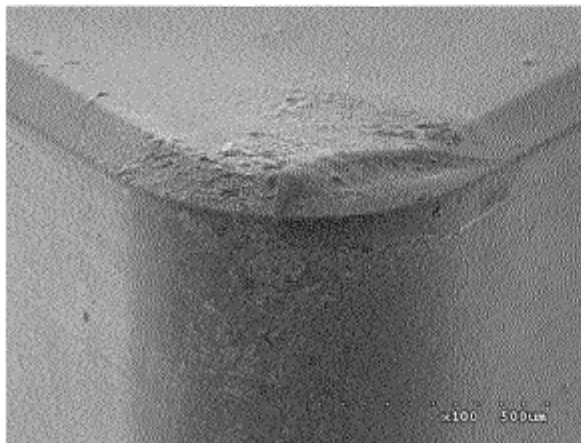


Desgaste de filo después
del corte de la Mezcla No. 7
para 3240 mm

Figura 2



Herramienta rota después del corte de la Mezcla No 18 para 1036 m



Desgaste de cráter menor después del corte de la Mezcla No. 19 para 4898 m

Figura 3

