

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 537**

51 Int. Cl.:

B24B 31/06 (2006.01)
B23P 9/00 (2006.01)
B24B 1/04 (2006.01)
C22C 1/10 (2006.01)
C22C 29/06 (2006.01)
C22C 29/08 (2006.01)
C22C 32/00 (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2012 E 12159307 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 2638992**

54 Título: **Procedimiento de endurecimiento de superficies**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.05.2020

73 Titular/es:
**HYPERION MATERIALS & TECHNOLOGIES
(SWEDEN) AB (100.0%)
Lerkrogsvägen 19
126 80 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:
**CARPENTER, MICHAEL;
KEOWN, EUGENE;
SMITH, JANE y
GEOGHEGAN, SARAH**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 759 537 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

Procedimiento de endurecimiento de superficies

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de endurecimiento de superficies de una pluralidad de cuerpos sinterizados que comprenden una fase dura y una fase de aglutinante, en el que dicho procedimiento comprende las etapas de colocar los cuerpos en un recipiente y, de este modo, formar un sistema definido por el recipiente y los cuerpos dentro en su interior, haciendo que los cuerpos se muevan y colisionen entre sí y con las paredes internas del recipiente.

Antecedentes

15 Los componentes hechos de un material sinterizado que comprende una fase dura y una fase de aglutinante se usan en un amplio rango de aplicaciones, por ejemplo, en componentes sometidos a desgaste extremo en condiciones abrasivas. En la industria petrolera, de gas y minería, es un material comúnmente usado en varios componentes importantes, desde brocas de perforación hasta piezas de desgaste generales. Las propiedades de los materiales más importantes de tales componentes son una combinación de alta dureza de superficie y alta tenacidad. Con preferencia, la superficie exterior muestra una alta dureza para combatir el desgaste por abrasión y el núcleo del cuerpo muestra alta tenacidad para resistir el daño por impacto.

25 El Carburo cementado es un ejemplo de tal material que comprende partículas de Carburo de tungsteno en una fase de aglutinante normalmente de cobalto y/o níquel. La fabricación comprende normalmente las etapas de mezcla y molienda húmeda de polvos de WC y Co en una suspensión, secado por pulverización de la suspensión y compresión de cuerpos del polvo secado por pulverización en una forma deseada. Los cuerpos comprimidos se sinterizan para formar cuerpos densos de Carburo cementado. Los cuerpos sinterizados, debido a tolerancias dimensionales, se pueden moler o mecanizar en sus dimensiones finales. El documento US 2007/0110607 describe un sistema de WC-Co que incluye Co que tiene elementos del grupo IVa, Va y VIa en un intento de mejorar la tenacidad y la resistencia al astillado y al desgaste.

La superficie de un cuerpo de Carburo cementado sinterizado se puede tratar por medio de un procedimiento de endurecimiento de superficies para mejorar la resistencia del cuerpo al desgaste. Tradicionalmente, este tratamiento de superficie se aplica, por ejemplo, por medio de tratamiento en tambor de vibración, en tambor centrífugo o por chorreado con granalla. Otro ejemplo de un procedimiento de tratamiento de superficies es en cascada, descrito en los documentos US 2005/0053511 y US 2010/0075122.

40 Estos tratamientos de endurecimiento de superficies conocidos se basan en el impacto mecánico o la deformación de la superficie exterior del cuerpo, de modo tal que se forma una zona de endurecimiento mecánico o endurecimiento de trabajo en y justo por debajo de la superficie. Durante la deformación, las dislocaciones se mueven en el material y se forman nuevas dislocaciones y las dislocaciones se bloquean entre sí, mientras se logra un incremento de la dureza.

Sumario

45 Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento de endurecimiento de superficies de cuerpos sinterizados que comprenden una fase dura y una fase de aglutinante, cuyo procedimiento es más eficaz en cuanto a tiempo y energía que la técnica anterior. Otro objeto consiste en proporcionar un procedimiento de endurecimiento de superficies que proporciona una zona superficial con un mayor nivel de dureza que la técnica anterior. Otro objeto más consiste en proporcionar un procedimiento de endurecimiento de superficies que proporciona un incremento de la dureza a una mayor profundidad por debajo de la superficie del cuerpo en comparación con la técnica anterior. Otro objeto más consiste en proporcionar una mayor tenacidad en comparación con la técnica anterior.

55 Estos objetos se logran por medio de un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferentes se divulgan en las reivindicaciones dependientes.

60 La presente invención se refiere a un procedimiento de endurecimiento de superficies de una pluralidad de cuerpos sinterizados que comprenden una fase dura y una fase de aglutinante. El procedimiento comprende las etapas de: colocación de los cuerpos en un recipiente y, así, formación de un sistema que comprende el recipiente y los cuerpos en su interior, haciendo que los cuerpos se muevan y colisionen entre sí y con las paredes internas del recipiente haciendo vibrar el recipiente a una frecuencia de resonancia de +/- 0,05 Hz de una frecuencia de resonancia mecánica del sistema.

65 Una ventaja con el procedimiento de acuerdo con la presente invención es el corto tiempo de tratamiento requerido

para lograr un efecto de endurecimiento de superficies. Otra ventaja consiste en que el procedimiento da como resultado un mayor incremento de la dureza y a una mayor profundidad que los procedimientos previamente conocidos. Por otra parte, la utilización de la frecuencia de resonancia del sistema da la ventaja de que el consumo de energía es bajo.

5 El cuerpo resultante del presente procedimiento puede tener cualquier forma, por ejemplo, la forma de un inserto de broca de perforación. El recipiente se dispone para encerrar los cuerpos por tratar. El recipiente comprende paredes y preferentemente una abertura dosificable a través de la cual se pueden cargar los cuerpos antes del
10 tratamiento y descargar después del tratamiento. El recipiente puede ser, por ejemplo, de una forma cilíndrica con una base cerrada y una tapa que se puede cerrar. La tapa que se puede cerrar se abre durante la carga de los cuerpos en el recipiente y se cierra durante el procedimiento de endurecimiento de superficies. El recipiente se puede equipar con un recubrimiento en sus paredes internas, hechas de un material que, por ejemplo, hace las colisiones entre los cuerpos y las paredes del recipiente más elásticas. Un recubrimiento se puede hacer, por ejemplo, de un material polimérico o de otro material apropiado, por ejemplo, material de acero.

15 El sistema definido por el recipiente y los cuerpos en su interior puede comprender cuerpos de diferente forma o tamaño y también puede comprender un medio que rodea los cuerpos durante el tratamiento, como un gas o un líquido.

20 Los cuerpos se pueden disponer de modo tal que se puedan mover libremente durante el tratamiento. Alternativamente, algunos cuerpos se pueden fijar a una pared del recipiente y algunos cuerpos se pueden mover libremente durante el tratamiento, donde los cuerpos fijos se pueden tratar sólo en áreas seleccionadas.

25 La cantidad apropiada de cuerpos en el recipiente durante un tratamiento ha de ser adaptada por el experto en la técnica. Un recipiente grande en un equipo más grande puede procesar de hecho una mayor cantidad de cuerpos en comparación con un recipiente pequeño en un equipo más pequeño. El equipo se diseña preferentemente para una carga específica y preferentemente no se sobrecarga. El volumen libre en el recipiente necesita ser suficientemente grande para dar espacio a los cuerpos para acelerarse antes de una colisión. Si están presentes muy pocos cuerpos en el recipiente durante el tratamiento, éste se vuelve menos eficaz en tiempo debido a que la
30 frecuencia de colisión se vuelve menor y el rendimiento es menor. Demasiados cuerpos en el recipiente darán como resultado un proceso menos eficaz debido a una longitud media corta de la trayectoria de aceleración. Si cada cuerpo sólo se puede acelerar una distancia muy corta, la energía de cada colisión será relativamente baja. Cuerpos más grandes necesitan un recipiente más grande. La carga de trabajo se optimiza preferentemente a la capacidad del sistema.

35 Una resonancia mecánica, también denominada vibración natural o auto-oscilación, es un fenómeno general de un sistema vibratorio, donde la amplitud de la vibración se vuelve significativamente amplificada a una frecuencia de resonancia. A la frecuencia de resonancia, incluso una fuerza motriz débil aplicada al sistema puede proporcionar una gran amplitud y, así, una alta aceleración del sistema. El nivel de amplificación depende de la
40 frecuencia y alcanza un máximo cuando la frecuencia está cerca o es igual a la frecuencia natural de los sistemas no sostenidos. Sin embargo, se evitan normalmente las resonancias mecánicas, dado que, con la resonancia, se puede transferir mucha energía por la fuerza motriz al sistema vibratorio, donde se producen normalmente daños o una perturbación en la operación.

45 En el procedimiento de acuerdo con la presente invención, la resonancia mecánica se utiliza, por otro lado, para poner el sistema en un modo de vibración de energía muy eficaz. El sistema es forzado a que vibre a una frecuencia de o cerca de su frecuencia de resonancia. Esto es ventajoso porque los cuerpos dentro del recipiente son influenciados por las vibraciones de modo que se muevan y colisionen entre sí con alta energía y alta aceleración. Con la frase "utilizando la frecuencia de resonancia mecánica del sistema", se entiende que el sistema vibra a una
50 frecuencia cercana a la frecuencia de resonancia mecánica del sistema. Con una frecuencia cercana a la frecuencia de resonancia, se entiende dentro de +/- 0,05 Hz.

55 Para enfatizar esto, el recipiente se conecta preferentemente con al menos un resorte y al menos un miembro de control. Esto es ventajoso porque las vibraciones se pueden aislar en el sistema definido por el recipiente y, así, el procedimiento se puede mantener relativamente estable y controlado. El recipiente también se equipa preferentemente con un sensor para medir de modo continuo la aceleración y controlar que se alcance la frecuencia de resonancia. En una realización de la presente invención, se halla la frecuencia de resonancia por aumento o
60 disminución continua de la frecuencia y medición de la aceleración, donde se halla la frecuencia de resonancia mecánica para el sistema de vibración. En otra realización de la presente invención, la frecuencia de resonancia se predefine, por ejemplo, en base a experimentos previos y el peso total de los cuerpos cargados en el recipiente.

65 El procedimiento de endurecimiento de superficies de acuerdo con la presente invención se puede llevar a cabo en un aparato mezclador acústico resonante. Los mezcladores acústicos son conocidos de la técnica, véase, por ejemplo, el documento WO 2008/088321 y la patente US 7,188,993. Estos mezcladores usan energía del sonido de baja frecuencia, alta intensidad para el mezclado.

- 5 El cuerpo sinterizado se puede hacer, por ejemplo, de un cermet o un carburo cementado. Por ejemplo, un cermet a base de TiCN puede comprender el 3-30 % en peso de una fase de aglutinante compuesta principalmente por Co y/o Ni, también puede incluir Mo y siendo el equilibrio sustancialmente una fase dura e impurezas inevitables. En el cermet a base de TiCN, la fase dura está compuesta principalmente por carburo de titanio, nitruro y/o carbonitruro, pero también puede incluir (Ti,Ta)(C,N), (Ti,W)(C,N), (Ti,Ta)(C,N) y/o (Ti,Ta, W)(C,N).
- 10 En un aspecto, los cuerpos sinterizados se hacen de carburo cementado. El material de carburo cementado puede comprender, por ejemplo, el 3-20 % en peso de fase de aglutinante de Co y/o Ni y la restante fase dura, de granos de WC. El tamaño de grano de los granos de WC puede ser cualquiera. En un aspecto, el tamaño medio de WC es preferentemente de 1-8 μm medido usando el procedimiento de interceptación lineal. En un aspecto, el tamaño de grano medio de WC está preferentemente por debajo de 1 μm medido usando el procedimiento de interceptación lineal. El carburo cementado también puede comprender constituyentes duros seleccionados de boruros, carburos, nitruros o carbonitruros de metales de los grupos 4, 5 o 6 de la tabla periódica, con preferencia, tungsteno, titanio, tantalio, niobio, cromo y vanadio. El tamaño del grano de los constituyentes duros puede tener un tamaño medio de menos de 1 μm y hasta 8 μm , según el grado de aplicación.
- 15 En una realización de la presente invención, el recipiente vibra con vibraciones uniaxiales.
- 20 En una realización de la presente invención, los movimientos de los cuerpos se originan a partir de las vibraciones uniaxiales. Esto es diferente de tratamiento en tambor rotativo tradicional y el tratamiento en cascada, donde los cuerpos obtienen sus movimientos de un movimiento radial.
- 25 En una realización de la presente invención, las vibraciones son vibraciones acústicas. Se utilizan ondas acústicas para poner el sistema en condición resonante. Las frecuencias acústicas se consideran dentro del intervalo de 20-20000 Hz. En otra realización de la presente invención, las vibraciones tienen una frecuencia de 20-80 Hz, con preferencia, de 50-70 Hz. En una realización de la presente invención, el recipiente vibra con vibraciones que tienen una aceleración de 10-100 G, con preferencia, de 30-50 G, con máxima preferencia, de 40 G, donde 1G = 9,81 m/s². La aceleración aplicada afecta los cuerpos y establece la intensidad de la colisión. Una aceleración demasiado alta afectará los cuerpos en forma negativa debido a un mayor riesgo de daño en la superficie y grietas y desgaste de la superficie. Una aceleración demasiado baja llevará a un procedimiento de endurecimiento de superficies menos eficaz con respecto a la profundidad por debajo de la superficie y el nivel de dureza alcanzada de endurecimiento del trabajo. Con una aceleración establecida a valores relativamente bajos, el procedimiento de acuerdo con la presente invención logrará un resultado de endurecimiento de superficies similar a un procedimiento de endurecimiento estándar como, por ejemplo, tratamiento en tambor. De modo alternativo, la aceleración se puede fijar a mayores valores, donde el procedimiento de acuerdo con la presente invención puede lograr un resultado de endurecimiento de superficies similar a un procedimiento de endurecimiento estándar, pero en un tiempo más reducido.
- 30 La cantidad de energía aplicada necesaria para alcanzar un efecto suficiente depende del sistema y la amortiguación interna como pérdidas debidas a colisiones no elásticas dentro del recipiente y cualquier amortiguación externa como pérdidas en resortes o elementos de amortiguación unidos al exterior del recipiente.
- 35 En una realización de la presente invención, el volumen de cada cuerpo es de más de 100 mm³. En otra realización de la presente invención, el peso de cada cuerpo es de más de 0,01 kg. Un valor demasiado bajo de la masa y el volumen dará como resultado una aceleración insuficiente de los cuerpos, con lo cual el endurecimiento del trabajo será menos pronunciado.
- 40 En una realización de la presente invención, el procedimiento se usa para el endurecimiento de superficies de cuerpos de carburo cementados para aplicaciones en petróleo, gas o minería.
- 45 En un aspecto, los cuerpos son insertos de brocas de perforación. Las brocas de perforación se usan comúnmente en las perforaciones de rocas u otros materiales muy duros y quebradizos.
- 50 En algunos aspectos, un cuerpo sinterizado comprende una fase dura y una fase de aglutinante tratadas por medio del procedimiento divulgado anteriormente.
- 55 En un aspecto, el cuerpo sinterizado muestra una dureza de una primera zona superficial que es de más del 4 % mayor que una dureza de una zona a granel, en el que la primera zona superficial se extiende desde la superficie del cuerpo y 1 mm por debajo de la superficie en el cuerpo y la zona a granel se extiende desde 5 mm por debajo de la superficie y en el cuerpo, dentro de dicha primera zona superficial. Una ventaja con ello es una mayor resistencia al desgaste.
- 60 En un aspecto, el cuerpo sinterizado muestra una dureza de una segunda zona superficial que es más del 1,5% mayor que la dureza de una zona a granel, en el que la segunda zona superficial se extiende desde la superficie
- 65

del cuerpo y 5 mm por debajo de la superficie en el cuerpo y la zona a granel se extiende en el cuerpo, dentro de dicha segunda zona superficial. Una ventaja con ello es una mayor resistencia al desgaste.

5 Otros objetos, ventajas y nuevas características de la invención se volverán obvios a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se considera junto con los dibujos acompañantes y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

10 Ahora se describirán las realizaciones de la invención con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La Figura 1 es un dibujo de un inserto de broca de perforación

La Figura 2 es un gráfico de la dureza en función de la profundidad de acuerdo con el Ejemplo 5.

15

Descripción detallada

A continuación, el Ejemplo 1 divulga muestras antes de cualquier tratamiento de endurecimiento de superficies, el Ejemplo 2 describe un ejemplo de un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención y los Ejemplos 3 y 4 describen un tratamiento en tambor y un tratamiento en tambor con alta energía conocidos en la técnica. El Ejemplo 5 divulga los resultados de los ensayos de dureza en función de las profundidades para las muestras tratadas de acuerdo con la invención en comparación con el tratamiento de la técnica anterior y el Ejemplo 6 divulga los resultados de los ensayos de tenacidad. El Ejemplo 7 divulga un ensayo de aplastamiento realizado en muestras tratadas de acuerdo con la invención en comparación con muestras tratadas de acuerdo con tratamientos de la técnica anterior. El Ejemplo 8 divulga el cambio en coercividad debido a tratamientos de acuerdo con la presente invención.

20

25

Ejemplo 1 (Técnica anterior)

30 Se prepararon muestras de carburo cementado que comprenden la fase dura de WC y la fase de aglutinante de Co. Los polvos de WC y Co se trituraron por vía húmeda, se secaron por pulverización y se comprimieron en cuerpos de la forma de brocas de perforación. Los cuerpos comprimidos se sinterizaron por GPS al vacío a una temperatura de 1410 °C en muestras densas de carburo cementado. Cada cuerpo tenía la forma de una broca 1 como se muestra en la Figura 1, con un cuerpo cilíndrico con un extremo esférico 2 y un extremo plano 3. El tamaño de un cuerpo es de 15 mm de alto y 12 mm de diámetro o ancho. El peso de una muestra es de aproximadamente 25 g. Las muestras se molieron en forma descentrada usando un equipo de molienda descentrada de tipo Lidköping.

35

Las muestras se caracterizan y las composiciones y propiedades se muestran en la Tabla 1.

40

El tamaño del grano se mide en un corte pulido con un procedimiento de interceptación medio de acuerdo con la norma ISO 4499 y los valores presentados en la Tabla 1 son valores medios.

La dureza se mide con un indentador Vickers en una superficie pulida de acuerdo con la norma ISO 3878 usando una carga de 30 kg.

45

La porosidad se mide de acuerdo con la norma ISO 4505, que es un procedimiento a base de estudios en microscopio óptico de las muestras. Buenos niveles de porosidad son iguales o inferiores a A02maxB00C00 usando la escala ISO4505.

50

Tabla 1. Composición y propiedades de muestras ensayadas

Tipo	A	B	C
Co (% en peso)	11	10	6
WC	Equilibrio	Equilibrio	Equilibrio
Tamaño de grano de WC (µm)	2	3	3
Dureza (HV30)	1250	1150	1270
Porosidad	A02maxB00C00	A02maxB00C00	A02maxB00C00

55

60

Ejemplo 2 (Invención)

Las muestras de tipo A, B y C se trataron por medio de un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención. Las muestras se trataron en un equipo destinado a mezclar líquidos, polvos o suspensiones,

65

denominado Resodyn LabRam. Esta máquina se construye para una carga de 500 g como máximo. El recipiente objeto para el polvo o el líquido se cargó con 10 cuerpos de 25 g cada uno. Se usó una función “auto” para alcanzar la frecuencia de resonancia dentro del intervalo de 58 - 68 Hz, quedando en una frecuencia de aproximadamente 60 Hz. El tiempo de tratamiento fue variado tal como se divulga más abajo. La energía se ajustó de modo tal que se lograra una aceleración máxima de 20 G, 40 G o 60 G, en el que 1G = 9,82 m/s².

Ejemplo 3 (Tratamiento en tambor)

Las muestras de tipo A se trataron en tambor en una máquina de tambor vibratorio estándar. La máquina de tambor es una máquina vibradora que comprende un bol que se monta en la parte superior de un generador de vibraciones. La máquina de tambor es un Sweco modelo X FMD-3-LR que se puede cargar con 70 kg como máximo. La cantidad de cuerpos tratados durante este ejemplo era de aproximadamente 2000 cuerpos. La frecuencia era de 25 Hz, la aceleración 2G y el tiempo de tratamiento en tambor era de 2 horas.

Ejemplo 4 (Tratamiento en tambor de alta energía)

Las muestras de tipo A se trataron en una máquina de tambor de alta energía de tipo Vibro Benz. Esta es una máquina de tambor modificada en la que se hacen vibrar las muestras y se mueven en un movimiento en espiral. Este procedimiento también se puede denominar procedimiento en cascada. La máquina se puede cargar con 70 kg como máximo. La cantidad de cuerpos tratados durante este ejemplo era de aproximadamente 2000 cuerpos. La frecuencia era de 26 Hz, la aceleración 4G y el tiempo de tratamiento en tambor de alta energía era de 2 horas.

El tratamiento en tambor de alta energía implica la colocación de partes en un barril. El barril, que se sella con una tapa, se hace rotar en un carrusel que sostiene cuatro barriles. Mientras que el carrusel gira en una dirección, los barriles van en la otra dirección. Esto crea una poderosa fuerza centrífuga que resulta en un tratamiento de la superficie de las partes.

Ejemplo 5 (Dureza vs. Profundidad)

El procedimiento de endurecimiento de superficies de acuerdo con la presente invención se comparó con el procedimiento de endurecimiento de superficies en tambor bien conocido y con muestras no tratadas respecto del aumento de la dureza y el incremento de la profundidad de dureza.

Las muestras de tipo A se trataron en tambor como se divulgó anteriormente y de acuerdo con la invención con 40G y en comparación con una muestra no tratada. Las muestras se cortaron y se pulieron y la dureza se midió en función de la profundidad de la superficie tratada con ensayos de dureza Vickers con una carga de 3 kg. Los resultados se presentan en la Tabla 2 y se muestran en la Figura 2.

Tabla 2. Dureza (HV3) en función del tratamiento y la profundidad

Distancia desde la superficie	0,5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm
Sin tratamiento	1313	1313	1313	1313	1313	1313	1313
Tratamiento en tambor (técnica anterior) 2 G, 2 horas	1339	1326	1317	1314	1313	1313	1313
Invención 40G, 75 min	1398	1372	1351	1352	1350	1335	1326

Como se muestra en la Tabla 2, las muestras tratadas con un endurecimiento de superficies de acuerdo con una realización de la presente invención muestran tanto un mayor nivel de dureza como una mayor profundidad de la dureza. Es notable que el tiempo de tratamiento sea de 2 horas para el tratamiento en tambor en comparación con 1 hora de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención.

Ejemplo 6 (Tenacidad)

El procedimiento de endurecimiento de superficies de acuerdo con la presente invención se comparó con el procedimiento de endurecimiento de superficies en tambor bien conocido y con muestras no tratadas con respecto al incremento de la tenacidad. La muestra de tipo A se trató por endurecimiento de superficies y se midió la tenacidad. La tenacidad se estudió en base a los largos de las grietas en las esquinas de indentados de Vickers hechos con una carga de 100 kg, llamada “longitud media de la grieta de Palmquist”, y los resultados se presentan en la Tabla 3.

En la zona superficial, no se detectaron grietas en un microscopio óptico a x500, mientras que, en la zona central, a x500, la longitud de la grieta era normalmente de 77 μm en un material no sometido a un tratamiento de la superficie.

Tabla 3. Longitud de la grieta de Palmquist (μm)

Tratamiento de la superficie	Longitud de la grieta de Palmquist (μm) cerca de la superficie tratada	Longitud de la grieta de Palmquist (μm) en el núcleo
Superficie no tratada, como base	77	77
Tratamiento en tambor (técnica anterior)	33	77
Invencción 40G, 75 minutos	0	77

Ejemplo 7 (Ensayo de aplastamiento)

Se llevó a cabo un llamado “ensayo de aplastamiento” tomando una muestra y colocándola entre dos yunques y aplicando una carga continuamente en aumento hasta la rotura. La carga en la rotura se registra luego como la máxima fuerza de compresión que puede resistir la muestra antes de fallar. Los ensayos se realizaron en muestras de tipo A con la geometría como se reveló con anterioridad y los resultados se presentan como fuerza de compresión como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Carga a la rotura

Tratamiento de la superficie	Fuerza de compresión (kN)
Superficie no tratada, como base	83,32
Tratamiento en tambor (técnica anterior)	115,38
Tratamiento en tambor de alta energía (técnica anterior)	124,26
Invencción 40 G, 75 minutos	134,72
Invencción 60 G, 75 minutos	141,55

Ejemplo 8 (Coercitividad)

La coercitividad (H_c) se mide con un equipo de Foerster calibrado apropiadamente, usando muestras de referencia de carburo cementado. La coercitividad se incrementa por el tratamiento de la superficie de acuerdo con la invención, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Coercitividad, (kA/m) del cuerpo que no es tratado y el cuerpo tratado de acuerdo con la invención

Tipo	A	B	C
No tratado	8,2	6,0	6,8
Invencción 40 G, 75 minutos	9,2	7,0	7,6

Como se muestra en la Tabla 6, el nivel de coercitividad se incrementa con el tiempo de tratamiento y con la aceleración durante el tratamiento.

Tabla 6. Coercitividad (kA/m) en función del tiempo de tratamiento y la aceleración para la muestra de tipo A

Tiempo de tratamiento	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min
Invencción 20 G	8,44	8,55	8,63	8,66	8,68
Invencción 40 G	8,66	8,84	8,97	9,09	9,21
Invencción 60 G	9,00	9,32	9,39	9,48	9,56

Una ventaja con las mediciones de la coercitividad consiste en que se pueden llevar a cabo en cuerpos sin la necesidad de ninguna etapa de destrucción, en comparación con las mediciones de la dureza, que requiere un corte. Las mediciones de coercitividad se pueden llevar a cabo, de este modo, como una etapa cuantitativa durante, por ejemplo, una línea de producción para controlar que el tratamiento de endurecimiento de superficies haya sido suficiente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de endurecimiento de superficies de una pluralidad de cuerpos sinterizados que comprenden una fase dura y una fase de aglutinante, en el que dicho procedimiento comprende las etapas de:
- 10 colocar los cuerpos en un recipiente formando, de este modo, un sistema que comprende el recipiente y los cuerpos en su interior,
 hacer que los cuerpos se muevan y colisionen entre sí y con las paredes internas del recipiente haciendo vibrar el recipiente a una frecuencia de resonancia de +/- 0,05 Hz de una frecuencia de resonancia mecánica del sistema.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha fase dura es de WC y dicha fase de aglutinante es de Co y/o Ni.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el recipiente se hace vibrar con vibraciones uniaxiales.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los movimientos de los cuerpos se originan a partir de las vibraciones.
5. Procedimiento de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las vibraciones son vibraciones acústicas.
- 25 6. Procedimiento de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el recipiente se hace vibrar con vibraciones que tienen una frecuencia de 20-80 Hz.
- 30 7. Procedimiento de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el recipiente se hace vibrar con vibraciones que tienen una aceleración de 10-100 G, donde 1G = 9.8 m/s².
8. Procedimiento de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el volumen de un cuerpo es de más de 100 mm³.
- 35 9. Procedimiento de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el peso de un cuerpo es de más de 0,01 kg.
10. Procedimiento de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los cuerpos son cuerpos de carburo cementado sinterizados para aplicaciones en petróleo, gas o minería.
- 40 11. Procedimiento de acuerdo la reivindicación 10, en el que los cuerpos son insertos de brocas de perforación (1).

45

50

55

60

65

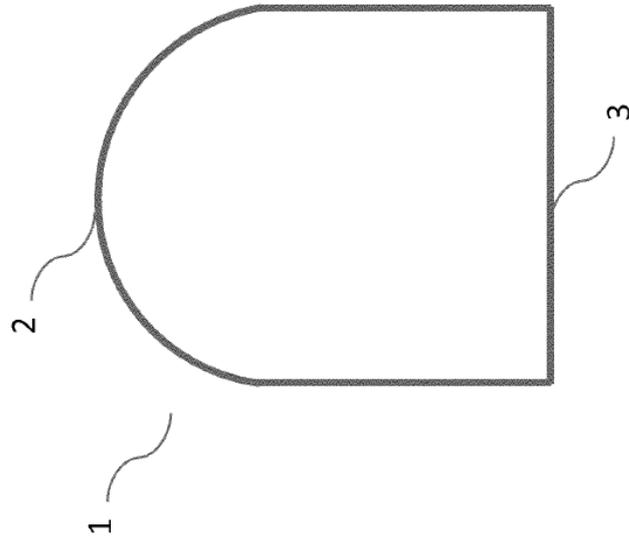


Figura 1

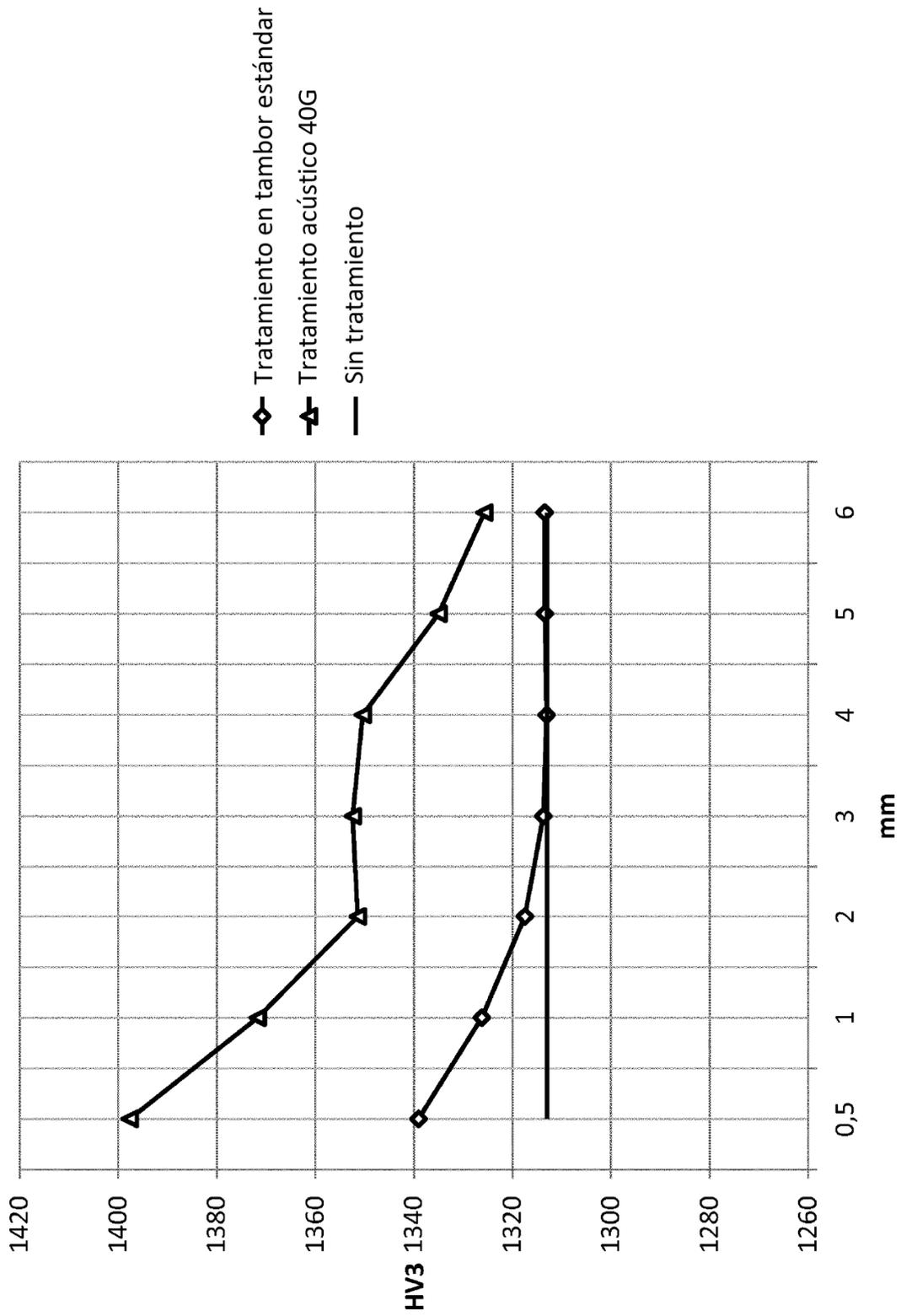


Figura 2