(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 675 907**

(51) Int. Cl.:

B23K 20/12 (2006.01)

C22C 29/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2011** **E 11188809 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018** **EP 2591874**

(54) Título: **Herramienta de soldadura por fricción y agitación fabricada a partir de carburo de tungsteno cementado con níquel y con un recubrimiento superficial de Al_2O_3**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2018

(73) Titular/es:

SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB (100.0%)
811 81 Sandviken, SE

(72) Inventor/es:

EDERYD, STEFAN y
NORDENSTRÖM, HENRIK

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 675 907 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

Herramienta de soldadura por fricción y agitación fabricada a partir de carburo de tungsteno cementado con níquel y con un recubrimiento superficial de Al_2O_3.

La presente invención se refiere a una herramienta de soldadura por fricción y agitación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 para soldar placas metálicas y especialmente placas de acero.

Antecedentes

La soldadura por fricción y agitación se ha utilizado en la industria durante muchos años, y especialmente en la soldadura de materiales metálicos, tales como aluminio, latón y bronce. Es un proceso de estado sólido que involucra la deformación plástica local a través del calor por fricción proporcionado por una sonda de soldadura por fricción y agitación que se mueve y rota forzada para moverse a lo largo de la unión que se debe soldar. El calor por fricción del contacto entre la sonda y el material metálico en la unión hace que el material metálico sea agitable, y la rotación y el movimiento de la herramienta a lo largo de la unión dan como resultado una soldadura de material agitado.

La soldadura por fricción y agitación es una técnica que tiene un potencial para producir grandes beneficios económicos en comparación con la soldadura por láser tradicional o soldadura por fusión que implica la solidificación rápida de material fundido. Las ventajas con la soldadura por fricción y agitación son el área limitada que se calienta y también que la soldadura resultante es a menudo lo suficientemente suave para eliminar una etapa posterior de pulido.

La soldadura por fricción y agitación de acero puede proporcionar una soldadura con menos poros, menos difusión de carbono y una resistencia más elevada en comparación con una soldadura por arco tradicional o soldadura de rayo láser.

La condición para la herramienta de soldadura por fricción y agitación durante un proceso de soldadura de acero es muy exigente. La soldadura por fricción y agitación implica ciclos térmicos a altas temperaturas. La temperatura en la soldadura es probablemente de aproximadamente 800-1000 ° C, y la resistencia mecánica de la sonda debe ser alta a esta temperatura alta. Si la resistencia mecánica a alta temperatura es insuficiente, la sonda sufrirá oxidación, desgaste y colapso o rotura.

El documento US2010/0258612A1 divulga una herramienta de soldadura por fricción y agitación para soldar acero fabricada a partir de metal duro parcialmente recubierto con una o más capas.

El documento JP2010 260065 A muestra una herramienta de soldadura por fricción y agitación fabricada a partir de carburo cementado y un aglutinante que comprende níquel, que se considera que representa el estado de la técnica.

Existe la necesidad de mejoras adicionales en el campo de las herramientas de soldadura por fricción y agitación. Una herramienta de soldadura por fricción y agitación no debe ser demasiado costosa, debe tener una vida útil larga y predecible y comprender una alta resistencia y resistencia al desgaste a altas temperaturas.

Sumario de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar una herramienta de soldadura por fricción y agitación con características mejoradas en comparación con las herramientas de soldadura por fricción y agitación conocidas.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una herramienta de soldadura por fricción y agitación con características mejoradas en comparación con las herramientas de soldadura por fricción y agitación conocidas.

Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar una herramienta de soldadura por fricción y agitación con alta resistencia al desgaste y alta resistencia a la oxidación.

La presente invención divulga una herramienta de soldadura por fricción y agitación de acuerdo con la reivindicación 1, un procedimiento para producir dicha herramienta según la reivindicación 11 y el uso de dicha herramienta de acuerdo con la reivindicación 12. Se describen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes.

La sonda de acuerdo con la invención tiene una alta dureza en caliente, alta resistencia mecánica y es resistente a la fatiga térmica.

La herramienta de soldadura por fricción y agitación según la invención está fabricada a partir de carburo cementado con granos de WC en una fase aglutinante en la que dicho carburo cementado comprende de 3% en peso a 10% en peso de Ni y en donde la herramienta de soldadura está completamente recubierta con un recubrimiento superficial que comprende Al_2O_3.

La soldadura puede realizarse en un material que sea plásticamente deformable, por ejemplo, aluminio, cobre, latón,

bronce, aceros y otros materiales metálicos y aleaciones.

La herramienta de soldadura por fricción y agitación de acuerdo con la presente invención puede tener cualquier forma deseable. La sonda por ejemplo puede estar truncada, atornillada con ranuras o comprender cualquier otro diseño adecuado para la aplicación.

El carburo cementado es un material que típicamente incluye granos de WC en una fase aglutinante. El carburo cementado puede producirse en un proceso que comprende la molienda, el secado por pulverización, el prensado y la sinterización. Los granos de WC en el carburo cementado a veces se llaman fase alfa. El tamaño de los granos de WC generalmente cambia durante el proceso de sinterización. El tamaño de grano al que se hace referencia en este documento es el tamaño de grano de los granos de WC después de la sinterización. El tamaño de grano de WC se mide con el procedimiento planimétrico de Jeffries (ASTM E112), que es un procedimiento basado en el recuento de la cantidad de granos dentro de un área conocida.

La fase aglutinante en el carburo cementado típico es la fase metálica que rodea los granos de WC y otras fases duras que pueden estar presentes, por ejemplo, fases duras como TiN, TiC o TiCN. Un contenido de Ni en la fase aglutinante es ventajoso ya que contribuye a una alta resistencia a la fatiga termomecánica del carburo cementado. El contenido de Ni también proporciona una resistencia a la oxidación mejorada del carburo cementado. El carburo cementado en la herramienta de soldadura por fricción y agitación de la presente invención comprende de 3 a 10% en peso de Ni, preferentemente de 4 a 5% en peso de Ni.

Un recubrimiento superficial contribuye a una resistencia a la oxidación mejorada del carburo cementado. El recubrimiento superficial de la presente invención comprende preferentemente una alfa-Al_2O_3 de grano fino

El recubrimiento superficial de la presente invención se puede aplicar para cubrir toda la superficie exterior de la herramienta. El recubrimiento superficial se aplica según la presente invención con una técnica de CVD.

En la presente invención, la superficie exterior de la herramienta de soldadura está completamente recubierta con dicho recubrimiento superficial. Una herramienta completamente recubierta es ventajosa ya que una herramienta de soldadura por fricción y agitación totalmente recubierta muestra una alta resistencia a la oxidación.

De acuerdo con la presente invención, el recubrimiento superficial se aplica con una técnica de CVD. Esto es ventajoso ya que toda la superficie exterior de la herramienta se puede recubrir simultáneamente, y que se puede aplicar un recubrimiento relativamente grueso sin ningún problema relacionado con altas tensiones de compresión.

En la presente invención, dicho recubrimiento superficial comprende un recubrimiento superficial exterior de Al_2O_3 y un recubrimiento superficial intermedio aplicado de manera que el carburo cementado no está en contacto directo con dicho recubrimiento de Al_2O_3. El recubrimiento intermedio tiene como objetivo promover el crecimiento de alfa-Al_2O_3 durante el proceso de CVD de Al_2O_3, y evitar que kappa-Al_2O_3 crezca durante dicho proceso de CVD. El recubrimiento intermedio puede ser, por ejemplo, TiN, TiCN, ZrC, TiC o mezclas de los mismos, pero de acuerdo con la presente invención, el recubrimiento intermedio es TiN. El espesor del recubrimiento superficial intermedio de TiN es preferentemente mayor que 0,3 µm y preferentemente menor que 6 µm.

En otra realización de la presente invención, dicho recubrimiento superficial de Al_2O_3 tiene un espesor promedio superior a 5, preferentemente de ≥ 6 µm. Este espesor es ventajoso ya que reduce el riesgo de grietas en el recubrimiento superficial de Al_2O_3 y aumenta la resistencia al desgaste. El espesor promedio del recubrimiento superficial de Al_2O_3 es preferentemente menor que 30 µm y más preferentemente menor que 20 µm.

En otra realización de la presente invención, dicho carburo cementado comprende de 3% en peso de Co a 10% de Co, preferentemente de 4 a 5% en peso de Co. Este contenido de Co aumenta la tenacidad y la resistencia mecánica del carburo cementado. Esto es ventajoso para la resistencia a la fatiga termomecánica y tiene una influencia sobre la conductividad térmica.

En otra realización de la presente invención, la fase aglutinante comprende Co y Ni con una relación de Co/Ni de 0,3 -3, preferentemente 0,75-1,25, mucho más preferentemente aproximadamente 1 y con un contenido total preferente de Co y Ni de aproximadamente 10% en peso en el carburo cementado.

En otra realización de la presente invención, dicha fase aglutinante comprende 0,8-1,2% en peso de Cr y/o Mo. El contenido de Cr y/o Mo mejora la resistencia a la oxidación de la fase aglutinante. El punto Curie de un material de carburo cementado con contenido de Cr es menor que un carburo cementado WC-Co puro. Un contenido de Cr es beneficioso debido a un menor riesgo de transformaciones de fase y cambios de volumen de la fase aglutinante.

En otra realización de la presente invención, dicha fase aglutinante comprende 0,01-0,4% en peso de Fe. El contenido de Fe mejora la resistencia a la oxidación de la fase aglutinante.

En otra realización de la presente invención, la herramienta de soldadura por fricción y agitación comprende 85-95% en peso de granos de WC. Este contenido mejorado de WC es ventajoso ya que se aumenta la conductividad térmica del material y se reduce la tendencia a formar grietas térmicas. Además, la resistencia al choque térmico del

carburo cementado aumenta, así como la resistencia mecánica. La conductividad térmica aumenta con un menor contenido de fase aglutinante.

En otra realización de la presente invención, el tamaño medio de grano de WC en el carburo cementado es 2-25 µm, preferentemente superior a 3 µm, más preferentemente 5 µm a 8,5 µm. La conductividad térmica aumenta con el aumento del tamaño del grano. El tamaño de grano de los granos de WC en la microestructura (fase alfa) se mide con el procedimiento planimétrico de Jeffries (ASTM E112). Una ventaja con tales granos de WC bastos es que dicho carburo cementado tiene una alta resistencia mecánica y alta resistencia al desgaste. Los granos gruesos también proporcionan una superficie rugosa del carburo cementado después de la sinterización, lo que puede ser ventajoso en un proceso de soldadura por fricción y agitación.

En otra realización de la presente invención, dicha herramienta comprende dos sondas en las que cada sonda está destinada para el contacto con el material a soldar durante un proceso de soldadura por fricción y agitación, en el que dichas sondas están dispuestas opuestas entre sí, de modo que cuando la primera sonda está activa en un proceso de soldadura de fricción y agitación, la segunda sonda está inactiva.

En otra realización de la presente invención, se realiza un proceso de soldadura por fricción y agitación con una herramienta de soldadura por fricción y agitación descrita en una atmósfera de soldadura que comprende N_2 o Ar. Esto es ventajoso para evitar la descarburación y la oxidación del material de trabajo. Las herramientas recubiertas con Al_2O_3 no se nitrifican en un entorno de N_2 y, por lo tanto, N_2 es un posible gas protector además del Ar utilizado convencionalmente.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora con más detalle con referencia al dibujo.

La figura 1 muestra un ejemplo de una herramienta de soldadura por fricción y agitación, con dos sondas opuestas en la misma herramienta, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

Ahora se hará referencia al dibujo en el que varios elementos de la presente invención recibirán designaciones numéricas. Debe entenderse que la siguiente descripción es solo ilustrativa y que el alcance de la invención se establece mediante las reivindicaciones adjuntas.

La figura 1 muestra una herramienta de soldadura por fricción y agitación 1 de acuerdo con una realización de la presente invención. La herramienta 1 comprende un cuerpo 2 y en cada extremo de la herramienta hay un reborde 4 y una sonda 3. La herramienta de soldadura por fricción y agitación 1 está fabricada a partir de carburo cementado y todas las superficies externas de la herramienta 1, es decir, el cuerpo 2, los rebordes 4 y las sondas 3 están recubiertos con un recubrimiento superficial de Al_2O_3.

En la herramienta de soldadura por fricción y agitación 1, dos sondas 3 están dispuestas opuestas entre sí, de modo que cuando la primera sonda 3 está activa en un proceso de soldadura por fricción y agitación, la segunda sonda 3 opuesta está inactiva. Durante un proceso de soldadura por fricción y agitación, una de las sondas 3 está situada entre las dos placas a soldar, y su reborde 4 está situado justo encima de la unión. Solo hay una sonda 3 a la vez que está activa durante el proceso de soldadura por fricción y agitación. La otra sonda 3 puede usarse, por ejemplo, cuando la primera se ha desgastado.

Los siguientes ejemplos dan algunos antecedentes y están destinados a ilustrar la invención.

Ejemplo 1 - Prueba de resistencia química

Las muestras A, B, C y D se evaluaron con respecto a su resistencia química en una prueba de fundición donde las muestras se fundieron parcialmente en acero de bajo contenido de carbono.

Cada una de las muestras A, B, C y D comprende un sustrato fabricado a partir de de carburo cementado que comprende 90% en peso de WC con un tamaño de grano de 5 µm (medido de acuerdo con el procedimiento planimétrico de Jeffries, ASTM E112) y 10% de un fase aglutinante, de la cual el 4,7% en peso es Co, el 4,3% en peso es Ni y el 1% en peso es Cr. Las muestras A, B y C fueron recubiertas con CVD antes de la prueba de fundición. La muestra A se recubrió con un recubrimiento intermedio de TiN de 3,3 µm de espesor y un recubrimiento superficial externo de Al_2O_3 de 10 µm de espesor, la muestra B se recubrió con un recubrimiento superficial de TiCN de 4 µm de espesor y la muestra C con un recubrimiento superficial de TiN de 4 µm de espesor. Las muestras recubiertas A, B y C y la muestra no recubierta D se fundieron en un acero de bajo contenido de carbono.

El punto de fusión del acero es 1565 ° C. Cada muestra se empapó parcialmente en el acero fundido durante diez minutos, después de lo cual el acero se enfrió por sí solo a temperatura ambiente en el aire. Después de la prueba de fundición, se realizó un corte pasante en cada muestra parcialmente fundida y los cortes pasantes se estudiaron en un microscopio electrónico de barrido (SEM). Las muestras B, C y D se disolvieron en esta prueba de fundición,

mientras que la muestra A1 no mostró signos de disolución y, por lo tanto, una buena resistencia química. Un resumen del resultado se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Muestra	Recubrimiento	Espesores de recubrimiento	Resistencia química
A	TiN + Al_2O_3 (invención)	3,3 µm + 10 µm	Buena
B	TiCN (comparativo)	4 µm	Pobre*
C	TiN (comparativo)	4 µm	Pobre *
D	Sin recubrimiento (comparativo)	-	Pobre *
* Disolución excesiva del carburo cementado.			

Ejemplo 2 - Prueba de oxidación

Las muestras E, F y G se prepararon y evaluaron con respecto a su resistencia a la oxidación en una prueba de oxidación donde las muestras se trataron térmicamente en un horno al aire.

Cada una de las muestras E, F y G comprende un sustrato fabricado a partir de de carburo cementado que comprende 90% en peso de WC con un tamaño de grano de 5 µm (medido según el procedimiento planimétrico de Jeffries ASTM E112) y 10% de una fase aglutinante de los cuales 4,7% en peso es Co, 4,3% en peso es Ni y 1% en peso es Cr. Las muestras E, F y G fueron recubiertas con CVD antes de la prueba de oxidación. La muestra E se recubrió con un recubrimiento intermedio de 2 µm de espesor de TiN y un recubrimiento superficial de Al_2O_3 de 6 µm de espesor, la muestra E se recubrió con un recubrimiento superficial de TiAlN de 4 µm de espesor y la muestra G con un recubrimiento superficial de TiN de 4 µm de espesor. Las muestras recubiertas E, F y G se probaron en una prueba de oxidación.

Esta prueba de oxidación comprende tratar dichas muestras en un horno a 950 ° C durante 12 horas al aire. Las muestras se enfriaron a temperatura ambiente en el aire y se evaluaron en función de su aspecto después de la prueba. Si la muestra no mostró ningún signo de oxidación, la resistencia a la oxidación se consideró buena. Si la muestra se oxidó o se agrietó en la superficie o se agrietó en toda la muestra, la resistencia a la oxidación se consideró pobre.

El resultado se resume en la Tabla 2.

Tabla 2

Muestra	Recubrimiento	Espesores de recubrimiento	Resistencia a la oxidación
E	TiN +Al_2O_3 (invención)	2 µm TiN + 6 µm Al_2O_3	Buena
F	TiAlN (comparativo)	4 µm	Pobre*
G	TiN (comparativo)	4 µm	Pobre *
* Oxidación excesiva del carburo cementado.			

Ejemplo 3 - Prueba de soldadura por fricción y agitación

Se realizaron pruebas de soldadura por fricción y agitación con tres sondas diferentes, sondas H, I y J. Todas las sondas se hicieron de carburo cementado y tenían un reborde cilíndrico con un pasador cónico, un diámetro de pasador de aproximadamente 5 mm y un diámetro de reborde de 16 mm. Las pruebas de soldadura se realizaron en una unión entre dos placas de Al, Cu o acero con bajo contenido de carbono de 4 mm de espesor (C: 0,2%, Si: 0,3%, P: 0,04%, S: 0,05%, Fe: Resto, con una dureza 30 HRC). Las pruebas se realizaron con una velocidad de soldadura de 150 mm/minuto, una fuerza de descenso máxima de 230 kN, una velocidad de rotación de 300 rpm y un ángulo de inclinación de 1,5 °.

La sonda H es un carburo cementado no recubierto de la llamada calidad C10C. La calidad C10C es un carburo cementado con una fase aglutinante, el carburo cementado comprende 4,7% en peso de Co, 4,3% en peso de Ni y 1% en peso de Cr, 90% en peso de WC, tamaño de grano de WC de 5 µm. La sonda H se probó en soldadura por fricción y agitación en Al, Cu y acero con bajo contenido de carbono (con la composición presentada anteriormente). La prueba de soldadura por fricción y agitación de la sonda H se realizó durante 12 metros. El resultado de la prueba de soldadura por fricción y agitación en Al y Cu, respectivamente, fue que las sondas no mostraron ningún daño después de la prueba completada. El resultado de la prueba de soldadura por fricción y agitación en dicho acero de

bajo contenido de carbono fue que la parte superior de la sonda había desaparecido después de la prueba completada.

La sonda I es un carburo cementado no revestido de la llamada calidad S6. La calidad S6 es un carburo cementado con una fase aglutinante, el carburo cementado comprende 12% en peso de (Ta, Nb, Ti) C, 11% en peso de Co y 77% en peso de WC, tamaño de grano de WC de 2 µm. La sonda I se probó en soldadura por fricción y agitación en Al, Cu y acero con bajo contenido de carbono (con la composición presentada anteriormente). La prueba de soldadura por fricción y agitación de la sonda H se realizó durante 4 metros. El resultado de la prueba de soldadura por fricción y agitación en dicho acero de bajo contenido de carbono fue que la parte superior de la sonda había desaparecido después de la prueba y se observaron grietas en la herramienta.

La sonda J es un carburo cementado de la denominada calidad C10C completamente recubierto con un recubrimiento superficial que comprende un recubrimiento intermedio de TiN y un recubrimiento externo de Al_2O_3. El recubrimiento de TiN tiene un espesor de 0,3 µm y el recubrimiento de Al_2O_3 tiene un espesor de 15 µm. La calidad C10C es un carburo cementado con una fase aglutinante, el carburo cementado comprende 4,7% en peso de Co, 4,3% en peso de Ni y 1% en peso de Cr, 90% en peso de WC, tamaño de grano de WC de 5 µm. La sonda J se probó en soldadura por fricción y agitación en acero de bajo contenido de carbono (con la composición presentada anteriormente). La prueba de soldadura por fricción y agitación de la sonda J se realizó durante 40 metros. El resultado de la prueba de soldadura por fricción y agitación en dicho acero de bajo contenido decarbono fue que la herramienta no mostró daños en el recubrimiento y no se observaron grietas.

El resultado de la prueba de soldadura por fricción y agitación se resume en la Tabla 3 y muestra que la sonda J, fabricada a partir de un carburo cementado de la llamada calidad C10C recubierta con una capa externa de Al_2O_3, tiene un alto desempeño. Esto implica que la sonda J tiene una resistencia a la oxidación suficientemente alta, alta resistencia química, alta resistencia y dureza en caliente durante la prueba de soldadura por fricción y agitación en acero. La ausencia de grietas en la sonda después de la prueba también muestra una alta resistencia contra la fatiga mecánica térmica.

Tabla 3

Sonda	Material de la sonda	Material soldado	Distancia de soldadura	Desempeño de la soldadura
H	Carburo cementado no recubierto de calidad C10C	Cu	12 metros	Sin daños en la sonda
		Al	12 metros	Sin daños en la sonda
		Acero de bajo contenido de carbono	12 metros	Desapareció la porción superior de la sonda
I	Carburo cementado no recubierto de calidad S6	Acero de bajo contenido de carbono	4 metros	Desapareció la porción superior de la sonda
J	Carburo cementado recubierto con Al_2O_3 de calidad C10C (invención)	Acero de bajo contenido de carbono	40 metros	Sin daños en la sonda

Aunque se describe con referencia a una realización preferida de la presente invención, para un experto en la técnica será evidente que se pueden realizar diversos cambios y/o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en el las reivindicaciones adjuntas. En general, la invención solo está concebida para estar limitada por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) fabricada a partir de un carburo cementado que comprende granos de WC en una fase aglutinante, en la que dicho carburo cementado comprende de 3% en peso a 10% en peso de Ni, **caracterizada porque** la superficie externa de dicha herramienta de soldadura está completamente recubierta con un recubrimiento superficial que comprende Al_2O_3 y dicho recubrimiento superficial comprende un recubrimiento superficial exterior de Al_2O_3 y un recubrimiento superficial intermedio de TiN.

2. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el recubrimiento superficial de Al_2O_3 tiene un espesor promedio que superior a 5 µm.

3. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende al menos desde 3% en peso hasta 10% en peso de Co.

4. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende Co y Ni con una relación de Co/Ni de 0,3 a 3 en base al peso.

5. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende 0,8-1,2% en peso de Cr y/o Mo.

6. Herramienta de soldadura por agitación por fricción (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende 0,01 a 0,4% en peso de Fe.

7. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende 85-95% en peso de granos de WC.

8. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende granos de WC con un tamaño medio de grano de WC de 2-25 µm.

9. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho carburo cementado comprende, además de WC hasta 5% en peso de otros carburos cúbicos.

10. Herramienta de soldadura por fricción y agitación (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha herramienta (1) comprende dos sondas (3) en la que cada sonda (3) está destinada al contacto con el material a soldar durante un proceso de soldadura por fricción y agitación, en el que dichas sondas (3) están dispuestas opuestas entre sí, de modo que cuando la primera sonda (3) está activa en un proceso de soldadura por fricción y agitación, la segunda sonda (3) está inactiva.

11. Procedimiento de producción de una herramienta de soldadura por fricción y agitación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho recubrimiento superficial se aplica con CVD.

12. Uso de una herramienta de soldadura por fricción y agitación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en un proceso de soldadura por fricción y agitación, en el que dicho proceso se realiza en una atmósfera de soldadura de N_2 o Ar.

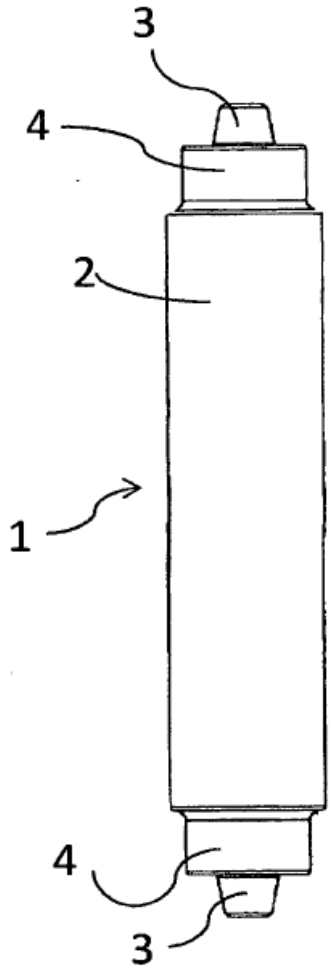

Fig. 1