

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 158**

51 Int. Cl.:

**C23C 4/02** (2006.01)

**C23C 4/06** (2006.01)

**C23C 4/18** (2006.01)

**C23C 4/129** (2006.01)

**G01B 21/30** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2014** **PCT/EP2014/052855**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014** **WO14125045**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2014** **E 14705111 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** **EP 2956564**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una pieza de aeronave que incluye un sustrato y una pieza que incluye un sustrato cubierto con una capa de recubrimiento**

30 Prioridad:

**15.02.2013 FR 1351336**

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

**04.03.2020**

73 Titular/es:

**SAFRAN LANDING SYSTEMS (100.0%)**  
**7, rue Général Valérie André, Inovel Parc Sud**  
**78140 Vélizy-Villacoublay, FR**

72 Inventor/es:

**MONERIE-MOULIN, FRANCIS y**  
**GAYDU, RÉGIS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 746 158 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 fabricación de una pieza de aeronave que incluye un sustrato y una pieza que incluye un sustrato cubierto con una capa de recubrimiento

- 5 La invención está relacionada con un procedimiento de fabricación de piezas, tales como piezas de aeronáutica, que incluyen un sustrato al menos parcialmente recubierto con una capa de recubrimiento que protege este sustrato.

### Antecedentes de la invención

- 10 Son conocidos, por ejemplo, procedimientos de fabricación de piezas que incluyen la aplicación sobre un sustrato metálico, por intermedio de un baño metálico, de una capa de recubrimiento de cromo que a la vez sirve para proteger este sustrato y para conferirle una rugosidad funcional. Se pretende minimizar el uso del cromo, que es nocivo para la salud y el medio ambiente. Se presentan procedimientos de fabricación de piezas en los documentos de patente DE 102011103731 y FR 2971722.

### Objeto de la invención

- 15 Es un objeto de la presente invención proponer un procedimiento de fabricación de pieza que incluye un sustrato y una capa de recubrimiento formada sobre una superficie de este sustrato, permitiendo este procedimiento minimizar y preferiblemente suprimir la necesidad de cromo en el recubrimiento.

### Sumario de la invención

La invención se centra esencialmente en un procedimiento de fabricación de pieza conforme al objeto de la reivindicación 1. La invención concierne también a una pieza conforme a la reivindicación 13.

- 20 Con objeto de asegurarse de que el espesor de recubrimiento formado está realmente en el rango de espesor predeterminado, se realizan varias medidas unitarias, por inducción o por corriente de Foucault, que redundan en unos valores de espesores mínimos y máximos (oquedades de rugosidad) de la capa. El valor de espesor de la capa conservado para la puesta en práctica del procedimiento de la invención es una media de estas diferentes medidas unitarias, teniendo presente que ninguna de estas medidas unitarias debe sobrepasar un espesor de capa de 55  $\mu\text{m}$ .

- 25 Para la comprensión de la invención, la rugosidad Ra es la diferencia media aritmética entre el perfil de la superficie cuya rugosidad se mide y la línea mediana del perfil. Este valor de rugosidad Ra se obtiene mediante una serie de medidas a lo largo del perfil siguiendo un método que seguidamente se presenta.

- 30 Por procedimiento de proyección HVOF, se entiende un procedimiento de proyección de una mezcla pulverulenta que contiene gránulos con el concurso de gases de combustión procedentes de la combustión de un combustible con un comburente. La velocidad y la temperatura de estos gases son tales que los gránulos de la mezcla pulverulenta (en este punto, gránulos de carburo metálico) son lanzados sobre un sustrato con una energía suficiente para engancharse a ella y formar así una capa de recubrimiento del sustrato. Típicamente, en un procedimiento de proyección HVOF, los gases de combustión tienen velocidades supersónicas.

- 35 Sorprendentemente, combinando un pequeño espesor de capa (inferior a 50  $\mu\text{m}$  y preferiblemente superior a 30  $\mu\text{m}$ ), un pequeño tamaño de gránulos (dimensiones rigurosamente inferiores a 1  $\mu\text{m}$  y preferiblemente del orden de 450 nm a  $\pm 50$  nm como granulometría media. Siendo la granulometría media la granulometría de al menos el 50 % de la masa de gránulos) y un nivel de rugosidad Ra del sustrato inferior a 1,6  $\mu\text{m}$ , la invención confiere varias ventajas:

A reducción del riesgo de ruptura / desprendimiento de la capa formada sobre el sustrato;

B mantenimiento de un nivel de protección contra la corrosión;

- 40 C reducción del tiempo de proyección necesario para la realización de la capa y reducción de la masa de la capa así formada.

- 45 También se señala que la invención permite prescindir de una etapa de rectificado que tradicionalmente se utiliza para ajustar la geometría de la capa de recubrimiento y su estado de superficie. De este modo, el procedimiento de la invención permite generar, desde la misma etapa de proyección, un espesor de capa directamente a la cota deseada más una leve sobrecota que debe retirarse por pulido, sin tener que ajustar esta dimensión por rectificado. Se señala que la etapa de acabado de la capa de recubrimiento por pulido permite quitar un espesor rigurosamente inferior a 20  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de 5 a 10  $\mu\text{m}$  (valor correspondiente a la sobrecota), mientras que un rectificado quita como mínimo 30  $\mu\text{m}$ , por lo que estas dos operaciones no son comparables en sus efectos.

A Sobre la reducción del riesgo de ruptura / desenganche de la capa por repetidas sollicitaciones mecánicas

- 50 Por efecto de repetidas sollicitaciones mecánicas del conjunto sustrato/capa, la capa de recubrimiento tiene tendencia a resquebrajarse en el sentido de su espesor y luego, poco a poco, a delaminarse y desengancharse en placas. Este fenómeno se conoce con el término de "spalling", que significa desconchadura. Este fenómeno de "spalling" se ve

favorecido por el aumento de espesor de capa y por el aumento de la tensión aplicada sobre la capa. En consecuencia y sorprendentemente, el procedimiento de la invención permite aumentar la resistencia de la capa a la tensión, aun cuando trae consigo una reducción de espesor de la capa.

5 Se comprueba que, disminuyendo el tamaño de los gránulos, se obtiene una microestructura más fina y más resistente al “spalling” que con gránulos de tamaños usuales que tienen granulometrías medias superiores a 5 µm.

Se comprueba que, reduciendo el espesor de la capa, también se reduce el fenómeno de spalling, ya que la capa tiene menos tendencia a resquebrajarse transversalmente, ya que el esfuerzo de cizallamiento acumulado transmitido a la intercara es menor.

10 De este modo, limitando el tamaño de los gránulos y el espesor de capa y ajustando la rugosidad del sustrato antes de la aplicación de la capa, la invención limita el riesgo de desconchadura.

Mientras que tradicionalmente el espesor de capa es superior a 75 µm, se comprueba que, disminuyendo su espesor por debajo de 50 µm, la invención permite limitar la corrosión del sustrato que se sigue del spalling.

B Sobre el mantenimiento e incluso la mejora del nivel de protección contra la corrosión

15 Tal como se ha indicado anteriormente, la capa de recubrimiento se obtiene calentando y proyectando la mezcla pulverulenta sobre el sustrato que ha de recubrirse. La mezcla pulverulenta se posa en el sustrato en forma de gotas en estado fundido o al menos reblandecido. Cada gota se aplasta / se aplana sobre el sustrato y configura en él una o varias partículas laminares. Estas partículas laminares son conocidas comúnmente por un experto en la materia con el término anglosajón de “splats”. Se comprueba que, limitando el tamaño medio de los gránulos de carburo presentes en la mezcla pulverulenta, se obtiene una microestructura más fina que incluye un mayor número de partículas laminares que proyectando gránulos de carburo de tamaños medios superiores.

20 De este modo, la capa realizada según el procedimiento de la invención, que tiene un espesor comprendido entre 30 y 50 µm y que contiene gránulos de carburo metálico de dimensiones inferiores a 450 nm, preferiblemente de granulometría media igual a 400 nm a +/- 50 nm, presenta un número medio de partículas laminares superpuestas al menos igual al de una capa de recubrimiento de 75 µm obtenida con gránulos de varios micrómetros.

25 A espesor de capa constante, aumentando el número medio de partículas laminares superpuestas, se reduce el riesgo de aparición de caminos a través de la capa y, consecuentemente, se mantiene un nivel de protección contra la corrosión al menos equivalente al observado para un espesor de capa superior realizado con gránulos de varios micrómetros.

C Sobre la reducción del tiempo de proyección y de la masa de la capa formada

30 Adicionalmente, limitando el espesor de la capa, la invención permite aligerar la masa de la pieza sin comprometer su resistencia a la corrosión.

35 Por todas estas razones, el procedimiento según la invención resulta particularmente adecuado para la producción de una barra de unidad de tren de aterrizaje de aeronave que debe ser ligera (para permitir un economía en el consumo de la aeronave), resistente a variaciones de cargas mecánicas, resistente a variaciones considerables de temperatura, resistente a la corrosión, al propio tiempo que limita el riesgo de aparición de “spalling” causante de contaminaciones del fluido hidráulico por partículas procedentes del recubrimiento y de pérdidas de estanqueidad.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá mejor a la vista de la descripción que sigue de una forma de realización particular con referencia a las figuras que se acompañan, de las cuales:

40 la figura 1 muestra una pieza realizada con el procedimiento de la invención, en el caso concreto que nos ocupa se trata de una barra de unidad de tren de aterrizaje con una porción de superficie cilíndrica que está cubierta con una capa de recubrimiento anular que sirve de protección contra la corrosión y de superficie de deslizamiento de junta;

la figura 2 es una vista en sección transversal ampliada de una porción de la barra de unidad de tren de aterrizaje de la figura 1, mostrando el sustrato y la capa de recubrimiento; y

45 la figura 3 es un diagrama lógico que ilustra las etapas del procedimiento según la invención.

### Descripción detallada de la invención

50 Tal como se ha indicado anteriormente, el procedimiento de fabricación según la invención es utilizado preferiblemente para producir una barra de unidad de tren de aterrizaje 1. Esta barra de unidad de tren de aterrizaje está realizada generalmente a partir de una pieza en bruto forjada con posterior mecanizado para presentar al menos una porción cilíndrica recta. Esta porción cilíndrica recta Sub es recubierta con una capa de recubrimiento anular Rec destinada a recibir a roce unas juntas J para permitir el deslizamiento de la barra 1 con respecto a un báculo F de la unidad de tren

de aterrizaje. Esta capa de recubrimiento Rec debe permitir a la vez una protección contra la corrosión de la barra 1 y una estanqueidad entre la barra 1 y el báculo F para limitar el riesgo de fugas de fluido hidráulico.

Se señala que el sustrato Sub es una aleación metálica de tipo acero o titanio.

Como se ve en la figura 3, el procedimiento de fabricación de la pieza 1 comprende:

- 5       - la preparación A (Prepa Sub) de una superficie S que ha de cubrirse del sustrato Sub de manera que su rugosidad Ra esté comprendida entre 0,6 y 1,6  $\mu\text{m}$  y preferiblemente comprendida entre 0,8 y 1,6  $\mu\text{m}$ ;
- la medición B (Med Ra1) para asegurarse de que la superficie preparada tiene realmente la rugosidad Ra1 requerida; seguidamente
- 10       - la formación C (Proy), sobre la superficie S preparada del sustrato, de la capa de recubrimiento Rec, formándose esta capa de recubrimiento Rec por proyección Proy, de tipo HVOF, de una mezcla pulverulenta contenedora de gránulos G de carburo metálico, teniendo estos gránulos G unas dimensiones rigurosamente inferiores a 1  $\mu\text{m}$  y siendo el espesor Esp. min de la capa de recubrimiento Rec así formada inferior a 50  $\mu\text{m}$  y superior a 30  $\mu\text{m}$ ; seguidamente
- 15       - el acabado por pulido D (Acab Rec) de al menos una superficie S2 de dicha capa de recubrimiento Rec en orden a asegurar que su rugosidad Ra sea inferior a 1,6  $\mu\text{m}$  (la rugosidad Ra de la capa de recubrimiento Rec se denota por Ra2).

La etapa de preparación A de la superficie S del sustrato Sub se realiza por chorreo de arena.

- 20       La etapa de formación C de la capa de recubrimiento se realiza proyectando una mezcla pulverulenta por HVOF. Esta mezcla pulverulenta contiene gránulos de carburo metálico embebidos en un aglutinante, en el caso concreto que nos ocupa, carburo de tungsteno WC embebidos en cobalto Co y cromo Cr. El cobalto Co sirve de aglutinante y el cromo Cr sirve de protección contra la oxidación. Esta mezcla pulverulenta se materializa en forma de aglomerados / agregados de granulometría máxima inferior a 50  $\mu\text{m}$  y preferiblemente de granulometría media comprendida entre 10  $\mu\text{m}$  y 30  $\mu\text{m}$  (más del 50 % de la masa de la mezcla pulverulenta se compone de agregados de granulometría comprendida entre 10 y 30  $\mu\text{m}$ ). Los aglomerados se realizan generalmente por sinterización para crear entrecruzamientos entre el carburo y el material aglutinante. Esta sinterización se realiza generalmente con un horno para fundir el aglutinante sin descarburar los gránulos de carburo metálico.
- 25       Idóneamente, los gránulos de carburo metálico WC presentes en esta mezcla pulverulenta están calibrados para tener unas dimensiones rigurosamente inferiores a 450 nm. Idóneamente, la granulometría media de los gránulos es de 400 nm a  $\pm 50$  nm.

- 30       Tras la formación de la capa de recubrimiento Rec de espesor deseado, se realiza la operación de pulido D (Acab Rec) por esmerilado a mano en torno. Esta etapa permite desenganchar los gránulos mal enganchados y garantizar el nivel de rugosidad Ra2 inferior a 1,6  $\mu\text{m}$ . En el pulido, la capa se reduce como máximo en 10  $\mu\text{m}$ . De este modo, el espesor mínimo Esp. min de la capa Rec tras el pulido es superior a 20  $\mu\text{m}$ .

- 35       La capa de recubrimiento anular así formada contiene gránulos de carburo(s) metálico(s), de tamaños exclusivamente inferiores a 1  $\mu\text{m}$  y un aglutinante cobalto, cromo. Se señala que la presente invención puede ser llevada a la práctica con otros tipos de composiciones químicas que contengan al menos un carburo metálico y al menos un aglutinante. Entre ejemplos de composiciones posibles, se puede tener WCCo que puede materializarse en forma de una mezcla del 83 % de WC y del 17 % de Co o en forma de una mezcla del 88 % de WC y del 12 % de Co o WCCrC Ni.

- 40       Es de señalar que tradicionalmente se requiere una etapa de rectificado de la capa para obtener una geometría de capa y un estado de superficie de capa dados.

Ahora bien, el rectificado de una capa anular formada sobre una porción cilíndrica recta impone prever un considerable espesor de capa para garantizar que, después del rectificado, se mantiene sobre el sustrato un espesor mínimo de capa.

- 45       Suprimiendo la etapa de rectificado de la capa anular, el procedimiento según la invención permite obtener directamente el espesor deseado de capa, sin tener que rectificar la pieza, eliminando así el riesgo de aparición de defectos de rectificado (el rectificado de una capa anular cilíndrica conduce con frecuencia, debido a incertidumbres de posicionamiento de la pieza sobre la rectificadora, a la aparición de zonas de capa demasiado delgadas, difícilmente detectables y susceptibles de favorecer una corrosión prematura del sustrato). La invención permite suprimir este riesgo de tener una capa localmente demasiado delgada no detectable.

- 50       Como se ve en la figura 3, con anterioridad a la formación de la capa de recubrimiento Rec sobre el sustrato Sub, se realiza una medición B (Med Ra1) de la rugosidad Ra1 de la superficie S del sustrato Sub. Si esta rugosidad medida Ra1 está comprendida entre unos umbrales predeterminados mínimo y máximo, entonces se faculta la formación de la capa de recubrimiento Rec. En cambio, si esta rugosidad medida de la superficie S del sustrato es inferior al mínimo umbral predeterminado o superior al máximo umbral predeterminado, entonces se continúa la preparación de la

superficie S hasta que presente una rugosidad comprendida entre los umbrales mínimo y máximo predeterminados.

El mínimo umbral es de 0,6 µm o preferiblemente de 0,8 µm y el máximo umbral de rugosidad es de 1,6 µm. El mínimo umbral está fijado para permitir un buen enganche de los gránulos G proyectados sobre la superficie S.

5 El máximo umbral está fijado para limitar la degradación de la superficie S2 del recubrimiento Rec debido a defectos de rugosidad R1 de la superficie S del sustrato Sub. Como la capa de recubrimiento Rec es fina (menos de 50 µm) y los gránulos tienen una granulometría pequeña (menos de 1 µm) con relación a los valores de rugosidad Ra perseguidos (menos de 1,6 µm), la rugosidad de la superficie S2 obtenida tras la proyección HVOF es sensiblemente idéntica a la rugosidad de la superficie R1 de la superficie S. Esto explica el interés de fijar el máximo umbral de rugosidad R1 de S en 1,6 µm, que es el umbral de rugosidad que interesa para la superficie S2 del recubrimiento Rec.

10 Un simple pulido de la superficie S2 del recubrimiento permite obtener la rugosidad pretendida de 1,6 µm.

De este modo, la barra de unidad de tren de aterrizaje de aeronave obtenida con el procedimiento de la invención presenta una zona cilíndrica de recubrimiento Rec de dureza Vickers superior a 950 Hv, lo cual es suficiente para limitar el desgaste al roce de la junta J.

15 Por otro lado, limitando el espesor de la capa a 50 µm y preferiblemente entre 30 y 50 µm, se tiene como promedio una superposición de al menos 20 gránulos embebidos de 1 µm. Con tal superposición, se obtiene una protección contra la corrosión compatible con una exposición de la pieza a al menos 500 horas en niebla salina.

Sobre el modo de medición de la rugosidad Ra

Recuérdese que la rugosidad Ra de una superficie es una diferencia media aritmética del perfil de esta superficie con respecto a una línea mediana X0 del perfil de longitud L. El valor Ra viene dado por la fórmula:

20 
$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx$$

donde:

L representa la longitud de base del perfil medido;

n representa el número de medidas del perfil efectuadas sobre la longitud de perfil L; y

25 y(x) es la distancia entre la línea mediana X0 del perfil y el perfil en el lugar del perfil de abscisa x (variando x de 0 a L).

La línea mediana X0 es una recta que tiene la dirección general del perfil en la longitud de perfil cuya rugosidad se mide. Como se ve en la figura 2, esta línea X0 divide el perfil de manera tal que, en la longitud de base L, la suma de los cuadrados de las diferencias entre el perfil y esta línea sea mínima ("línea de los mínimos cuadrados"). Dicho de otro modo, esta línea X0 está posicionada de tal manera que, en la longitud L, por el plano de corte transversal del perfil, la suma de las áreas comprendidas entre la línea mediana X0 y el perfil es igual a uno y otro lado de la línea X0.

30 Este valor de Ra también se puede aproximar con la siguiente fórmula:

$$Ra \approx \frac{|y1| + \dots + |yn|}{n}$$

donde:

35 yn es la distancia entre la línea mediana X0 del perfil y el perfil medida en una n-ésima medida. Oscilando el número de medidas de 1 a n en la longitud L del perfil medido. Para llevar a la práctica la invención, se puede utilizar uno u otro de los modos de medición de la rugosidad Ra, aunque se prefiere este último modo, ya que no precisa de una medición continua del perfil.

En la figura 2, que representa una vista en sección del perfil Psub del sustrato Sub, se han representado unos valores medidos y1 e yn de diferencia de perfil P con respecto a la línea mediana X0, así como los valores Ymin e Ymax.

40 Ymin corresponde a la máxima diferencia observada entre la línea de oquedad Ca del perfil P y X0.

Ymax corresponde a la máxima diferencia observada entre la línea de saliente Cb del perfil de sustrato y X0.

Rz, altura máxima del perfil igual a Ymin + Ymax.

X1 es la línea mediana del perfil del recubrimiento Rec.

45 Tal como se ha indicado anteriormente y sorprendentemente, ajustando la rugosidad del sustrato y reduciendo el espesor de la capa, se observa que la capa resiste mejor al "spalling" de lo que lo haría una capa de espesor superior.

Merced a todas estas características, el procedimiento de la invención permite obtener una pieza acabada más ligera, menos costosa y más resistente, al propio tiempo que conserva intactas las características necesarias para una buena estanqueidad entre la pieza 1 y las juntas J.

5 Es de señalar que los gránulos de carburo utilizados pueden ser en otro tipo de carburo metálico distinto al carburo de tungsteno, y los materiales aglutinantes pueden ser en otros materiales distintos al cromo y al cobalto.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de una pieza (1) que incluye un sustrato metálico (Sub) al menos parcialmente cubierto con una capa de recubrimiento (Rec), comprendiendo el procedimiento:
  - la preparación (A) de una superficie que ha de cubrirse del sustrato (Sub) para obtener una superficie preparada de rugosidad Ra comprendida entre 0,6 y 1,6  $\mu\text{m}$ ;
  - la formación (C), sobre la superficie preparada del sustrato, de la capa de recubrimiento (Rec), formándose esta capa de recubrimiento (Rec) por proyección, según un procedimiento de proyección de tipo HVOF, de una mezcla pulverulenta contenedora de gránulos (G) de carburo metálico, teniendo estos gránulos (G) unas dimensiones rigurosamente inferiores a 450 nm y siendo el espesor (Esp. min) de la capa de recubrimiento (Rec) así formada inferior a 50  $\mu\text{m}$ ; seguidamente
  - el acabado por pulido (D) de al menos una superficie de dicha capa de recubrimiento (Rec) en orden a asegurar que su rugosidad Ra sea inferior a 1,6  $\mu\text{m}$ .
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha preparación (A) de superficie que ha de cubrirse está prevista para obtener una superficie preparada de rugosidad Ra comprendida entre 0,8 y 1,6  $\mu\text{m}$ .
3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la preparación (A) de la superficie de sustrato (Sub) que ha de cubrirse se realiza por chorreo de arena.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la capa de recubrimiento formada tiene un espesor comprendido entre 30  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$ .
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la pieza es una barra de unidad de tren de aterrizaje de aeronave, siendo la capa de recubrimiento anular y cubriendo una porción cilíndrica recta de la pieza.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, con anterioridad a la formación de la capa de recubrimiento (Rec) sobre el sustrato (Sub), se realiza una medición (B) de la rugosidad (Ra1) de la superficie (S) del sustrato (Sub) y, si esta rugosidad medida está comprendida entre unos umbrales mínimo y máximo predeterminados, entonces se faculta la formación de la capa de recubrimiento, si esta rugosidad medida de la superficie del sustrato es inferior al mínimo umbral predeterminado o superior al máximo umbral predeterminado, entonces se continúa la preparación de la superficie hasta que presente una rugosidad (Ra1) medida comprendida entre los umbrales mínimo y máximo predeterminados.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la aleación metálica del sustrato (Sub) es una aleación acero o una aleación titanio.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la operación de pulido (D) se realiza por esmerilado a mano en torno con el concurso de un abrasivo.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla pulverulenta se constituye a partir de un carburo metálico y de un aglutinante de este carburo.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el carburo metálico es WC y el aglutinante comprende Co y Cr.
11. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que la mezcla pulverulenta se materializa en forma de aglomerados de granulometría máxima inferior a 50  $\mu\text{m}$ .
12. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que al menos el 50 % de la masa de la mezcla pulverulenta se constituye a partir de aglomerados de granulometría comprendida entre 10  $\mu\text{m}$  y 30  $\mu\text{m}$ .
13. Pieza (1) que incluye un sustrato metálico (Sub) al menos parcialmente cubierto con una capa de recubrimiento (Rec), comprendiendo la pieza:
  - una superficie preparada de sustrato (Sub) de rugosidad Ra comprendida entre 0,6 y 1,6  $\mu\text{m}$ ;
  - una capa de recubrimiento (Rec) formada sobre la superficie preparada del sustrato, formándose esta capa de recubrimiento (Rec) por proyección, de tipo HVOF, de una mezcla pulverulenta contenedora de gránulos (G) de carburo metálico, teniendo estos gránulos (G) unas dimensiones rigurosamente inferiores a 450 nm y siendo el espesor (Esp. min) de la capa de recubrimiento (Rec) así formada inferior a 50  $\mu\text{m}$ ; seguidamente
  - al menos una superficie de dicha capa de recubrimiento (Rec) que tiene una rugosidad Ra inferior a 1,6  $\mu\text{m}$ .

