

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 904**

51 Int. Cl.:

**B23K 35/02** (2006.01) **C22C 19/05** (2006.01)

**B23K 35/40** (2006.01)

**B23K 35/368** (2006.01)

**B22F 1/02** (2006.01)

**B22F 3/10** (2006.01)

**C22C 26/00** (2006.01)

**C22C 32/00** (2006.01)

**B23K 35/24** (2006.01)

**B23K 31/00** (2006.01)

**B23K 3/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2014** **E 14186425 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 2857140**

54 Título: **Barra de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste y un recubrimiento resistente al desgaste**

30 Prioridad:

**02.10.2013 US 201361885704 P**

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

**30.09.2019**

73 Titular/es:

**OERLIKON METCO (US) INC. (100.0%)  
1101 Prospect Avenue  
Westbury, NY 11590, US**

72 Inventor/es:

**BELL, ANDREW**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 725 904 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**

Barra de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste y un recubrimiento resistente al desgaste

5 Campo técnico

La divulgación aquí en general, pero no exclusivamente, se relaciona con una barra de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte, un método para hacer una barra de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte, un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato, y un método para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato.

Antecedentes

15 El revestimiento duro es un proceso de aplicación de un material resistente al desgaste a una superficie para mejorar las propiedades de desgaste de la superficie o reparar la superficie. El revestimiento duro se usa actualmente en relación con herramientas industriales, de excavación y perforación, por ejemplo.

20 En general, existe una necesidad sentida desde hace mucho tiempo por materiales mejores, más duros y más resistentes al desgaste que puedan aplicarse con relativa facilidad.

Resumen

25 Un primer aspecto de la invención proporciona una barra de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte. La barra de soldadura fuerte comprende un material compuesto que comprende una pluralidad de partículas redondas unidas entre sí por un material de unión. Cada una de la pluralidad de partículas redondas comprende una capa exterior redonda que encapsula un elemento resistente al desgaste. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un recubrimiento metalúrgicamente unido al mismo, siendo el recubrimiento metalúrgicamente unible al material de unión.

30 En una realización, el material de unión comprende un material de unión metálico. El material de unión puede comprender una matriz monolítica del material de unión metálico.

35 En una realización, el material de unión penetra en la capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas.

40 En una realización, el recubrimiento puede estar unido metalúrgicamente al material de unión.

En una realización, el material de unión está unido metalúrgicamente a al menos uno de una superficie interior y una superficie exterior de la capa exterior redonda de cada uno de la pluralidad de partículas redondas.

45 En general, la capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas controla la separación y/o el empaquetamiento de los elementos resistentes al desgaste de la pluralidad de partículas redondas dentro del recubrimiento resistente al desgaste cuando se aplica. La capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas puede controlar la separación y/o el empaquetamiento de los elementos resistentes al desgaste de la pluralidad de partículas redondas dentro de la barra de soldadura fuerte. En consecuencia, el espesor de la capa exterior redonda se puede elegir para controlar el número de elementos resistentes al desgaste por unidad de volumen del recubrimiento resistente al desgaste. El espesor de la capa exterior redonda se puede elegir para controlar la uniformidad de distribución del elemento resistente al desgaste dentro del recubrimiento resistente al desgaste.

50 En una realización, para cada una de la pluralidad de partículas redondas, la capa exterior redonda tiene una densidad mayor que la del elemento resistente al desgaste. En consecuencia, la pluralidad de partículas redondas es menos flotante en el material de unión fundida durante el proceso de soldadura fuerte que una pluralidad de elementos resistentes al desgaste libres de los recubrimientos exteriores redondos. La distribución de los elementos en el recubrimiento resistente al desgaste puede ser, por consiguiente, mejor que si las capas exteriores redondas estuvieran ausentes.

55 En una realización, el material de unión metálico puede comprender un metal de soldadura fuerte. El metal de soldadura fuerte puede comprender una aleación de soldadura fuerte.

60 En una realización, la fracción de volumen de la pluralidad de partículas redondas dentro del material compuesto es al menos 0.05. La fracción de volumen de la pluralidad de partículas redondas dentro del material compuesto no puede ser más de 0.85.

- 5 En una realización, el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un tamaño de malla ISO 6106 de al menos 18. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas puede tener un tamaño de malla ISO 6106 de no más de 120. En una realización alternativa, el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas puede tener un tamaño de malla ISO 6106 de no más de 80.
- 10 En una realización, la capa exterior redonda comprende otro material compuesto. El otro material compuesto puede ser un cermet. El cermet puede ser un cermet policristalino.
- 15 En una realización, el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas comprende un material que tiene una dureza Vickers mayor que al menos uno de 20 GPa y 40 GPa. Los elementos resistentes al desgaste que tienen una dureza Vickers de más de 40 GPa son, en el contexto de este documento, materiales súper duros.
- 20 En una realización, cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un módulo de elasticidad superior a 200 GPa.
- 25 En una realización, la pluralidad de partículas redondas tiene una disposición de empaquetamiento cerrado.
- 30 En una realización, el material compuesto comprende otra pluralidad de partículas que ocupan una pluralidad de intersticios entre la pluralidad de partículas redondas. La otra pluralidad de partículas puede ser redonda. La otra pluralidad de partículas puede comprender una primera pluralidad de partículas que tienen un primer diámetro promedio y una segunda pluralidad de partículas que tienen un segundo diámetro promedio que es menor que el primer diámetro promedio. El segundo diámetro promedio puede ser inferior al 10% del primer diámetro promedio. La segunda pluralidad de partículas puede aumentar aún más la fracción de volumen de partículas dentro del recubrimiento resistente al desgaste cuando se forman, lo que puede mejorar la resistencia al desgaste del recubrimiento resistente al desgaste.
- 35 Un segundo aspecto de la invención proporciona un método para hacer una barra de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte. El método comprende el paso de formar una mezcla que comprende una pluralidad de partículas redondas, y un material de unión para unir la pluralidad de partículas redondas. Cada una de la pluralidad de partículas redondas comprende una capa exterior redonda que encapsula un elemento resistente al desgaste. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un recubrimiento metalúrgicamente unido al mismo, pudiendo unirse el recubrimiento metalúrgicamente al aglomerante de recubrimiento resistente al desgaste. El método comprende el paso de configurar la mezcla en forma de barra. El método comprende el paso de unir la pluralidad de partículas redondas con el material de unión calentando la mezcla configurada en forma de barra.
- 40 En una realización, el material de unión comprende un material de unión metálico. El paso de unir la pluralidad de partículas redondas puede comprender el paso de calentar la mezcla configurada como una forma de barra en la que el material de unión metálico se funde para formar una matriz monolítica de material de unión metálico.
- 45 Una realización comprende el paso en el que el material de unión metálico fundido de este modo penetra en la capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas.
- 50 Una realización comprende el paso de unir metalúrgicamente el material de unión a al menos una de una superficie interior y una superficie exterior de la capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas. El material de unión puede estar unido metalúrgicamente a la pluralidad de superficies internas y a la pluralidad de superficies externas de la otra capa redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas.
- 55 Una realización comprende el paso de recubrir el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas con el recubrimiento metalúrgicamente unible al material de unión metálico.
- 60 Una realización comprende el paso en el que el material de unión penetra en la capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas y forma un enlace metalúrgico con el recubrimiento.
- En una realización, para cada una de la pluralidad de partículas redondas, la capa exterior redonda tiene una densidad mayor que la del elemento resistente al desgaste.
- 65 En una realización, configurar la mezcla en forma de barra comprende formar un cilindro que comprende la mezcla.
- En una realización, formar la mezcla comprende incluir un aglutinante fugitivo en la mezcla. En el contexto de este documento, el aglutinante fugitivo comprende una sustancia aglutinante que se escapa de la mezcla durante el proceso de soldadura fuerte. El aglutinante fugitivo puede ser para unir temporalmente la mezcla durante el paso de

## ES 2 725 904 T3

configuración de la mezcla como una barra. Sin el aglutinante fugitivo, la mezcla puede no ser configurable en forma de barra.

5 En una realización, el material de unión metálico puede comprender un metal de soldadura fuerte. El metal de soldadura fuerte puede comprender una aleación de soldadura fuerte.

En una realización, la fracción de volumen de la pluralidad de partículas redondas dentro de la mezcla es al menos 0.05. La fracción de volumen de la pluralidad de partículas redondas dentro de la mezcla no puede ser más de 0.85.

10 En una realización, la capa exterior redonda comprende un material compuesto. El material compuesto puede ser un cermet. El cermet puede ser un cermet policristalino.

15 En una realización, el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un tamaño de malla ISO 6106 de al menos 18. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un tamaño de malla ISO 6106 de y no más de 80. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un tamaño de malla ISO 6106 y no más de 120.

20 En una realización, el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas comprende un material que tiene una dureza Vickers mayor que al menos uno de 20 GPa y 40 GPa.

En una realización, cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un módulo elástico superior a 200 GPa.

25 En una realización, el paso de configurar la mezcla como una forma de barra comprende al menos uno de los pasos de extrusión de la mezcla, y el uso de moldeo por inyección de metal.

En una realización, el paso de configurar la mezcla como una forma de barra comprende el paso de disponer la mezcla en un molde configurado para formar la barra de soldadura fuerte. La mezcla puede mezclarse antes de ser dispuesta en el molde, o mientras está en el molde.

30 En una realización, formar la mezcla comprende incluir en la mezcla otra pluralidad de partículas que ocupa una pluralidad de intersticios entre la pluralidad de partículas redondas. La otra pluralidad de partículas puede ser redonda. La otra pluralidad de partículas puede comprender una primera pluralidad de partículas que tienen un primer diámetro promedio y una segunda pluralidad de partículas que tienen un segundo diámetro promedio que es menor que el primer diámetro promedio. El segundo diámetro promedio puede ser inferior al 10% del primer diámetro promedio. La segunda pluralidad de partículas puede aumentar adicionalmente un volumen de fracción de partículas.

35 Un tercer aspecto de la invención proporciona un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato. El recubrimiento resistente al desgaste comprende un material compuesto que comprende una pluralidad de partículas redondas unidas entre sí por un material de unión. Cada una de la pluralidad de partículas redondas comprende una capa exterior redonda que encapsula un elemento resistente al desgaste. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un recubrimiento metalúrgicamente unido al mismo, siendo el recubrimiento metalúrgicamente unible al material de unión.

40 En una realización, el material de unión comprende un material de unión metálico. El material de unión metálico puede comprender un metal de soldadura fuerte. El metal de soldadura fuerte puede comprender una aleación de soldadura fuerte.

45 En una realización, la pluralidad de partículas redondas tiene una disposición de empaquetamiento cerrado. Otra pluralidad de partículas puede ocupar una pluralidad de intersticios entre la pluralidad de partículas redondas.

Un cuarto aspecto de la invención proporciona un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato, donde el recubrimiento resistente al desgaste comprende:

50 un material compuesto que comprende una pluralidad de partículas redondas unidas entre sí por un material de unión, en el que cada una de la pluralidad de partículas redondas comprende una capa exterior redonda que encapsula un elemento resistente al desgaste, el material de unión penetra en la capa exterior redonda y está unido metalúrgicamente a un recubrimiento unido metalúrgicamente al elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas, en el que el material de unión está unido metalúrgicamente a al menos una de una superficie interior y una superficie exterior de la capa exterior redonda de cada uno de la pluralidad de partículas redondas.

55 En una realización, el material de unión comprende un material de unión metálico. El material de unión puede comprender una matriz monolítica del material de unión metálico.

60

Un quinto aspecto de la invención proporciona un método para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato. El método comprende el paso de calentar una barra de soldadura fuerte de acuerdo con la divulgación anterior para formar una masa fundida de barra de soldadura. El método comprende hacer que la barra de soldadura fuerte fluya sobre una superficie del sustrato.

5 Una realización comprende el paso en el que el material de unión penetra en la capa exterior redonda de la pluralidad de partículas redondas y forma una unión metalúrgica con un recubrimiento.

10 En una realización, el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene un recubrimiento metalúrgicamente unido al mismo, siendo el recubrimiento metalúrgicamente unible al aglomerante de recubrimiento resistente al desgaste.

15 Cualquiera de las diversas características de cada una de las divulgaciones anteriores, y de las diversas características de las realizaciones descritas a continuación, se pueden combinar según sea adecuado y deseado.

Breve descripción de las figuras

20 Las realizaciones se describirán ahora a modo de ejemplo solamente con referencia a las figuras adjuntas en las que:

La Figura 1 muestra una realización de una barra de soldadura fuerte.

25 La Figura 2 muestra esquemáticamente un detalle de un material compuesto que constituye la barra de soldadura fuerte de la figura 1.

La Figura 3 muestra un corte transversal de una partícula representativa de una pluralidad de partículas redondas dentro del material compuesto de la figura 2.

30 La Figura 4 es una Micrografía Electrónica de Barrido Retrodispersado de un encapsulante.

La Figura 5 es una Micrografía Electrónica de Barrido Retrodispersado de una fractura a través de una de la pluralidad de partículas redondas.

35 La Figura 6 muestra una pluralidad de partículas redondas.

Las Figuras 7-9 muestran diagramas esquemáticos donde los intersticios de una pluralidad de partículas redondas están ocupados con otra pluralidad de partículas.

40 La Figura 10 muestra un diagrama de flujo para un método para hacer la barra de soldadura fuerte.

La Figura 11 muestra un ejemplo de un molde configurado para formar la barra de soldadura fuerte.

45 La Figura 12 muestra una micrografía del material compuesto de la barra de soldadura fuerte de la figura 1 que puede formarse por el método.

La Figura 13 muestra una micrografía de una muestra de otra realización de una barra de soldadura fuerte.

Descripción de realizaciones

50 La figura 1 muestra una realización de una barra de soldadura en general indicada por el número 10. La barra 10 de soldadura fuerte es para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte. La Figura 2 muestra esquemáticamente un detalle de un material 12 compuesto que constituye la barra 10 de soldadura fuerte. El material 12 compuesto tiene una pluralidad de partículas 24 redondas distribuidas en un material 16 de unión en la forma de un material de unión metálico. Cada una de la pluralidad 24 de partículas redondas comprende una capa 28 exterior redonda que encapsula un elemento 26 resistente al desgaste.

55 En un ejemplo de un proceso de soldadura fuerte, una superficie de un sustrato de acero se limpia opcionalmente mediante la aplicación de un molino. Alternativamente, se puede usar un agente de limpieza químico, o generalmente cualquier proceso de limpieza adecuado. Una llama, por ejemplo una llama de oxiacetileno, puede entonces aplicarse opcionalmente al sustrato para precalentarlo. Una punta 11 de la barra 10 de soldadura fuerte se coloca entonces sobre la superficie precalentada y dentro de la llama. Posteriormente, la punta de la barra 10 de soldadura fuerte se calienta y el material 16 aglutinante se vuelve fluido. La masa fundida de barra de soldadura fuerte que comprende el fluido y las partículas en su interior fluyen sobre la superficie del sustrato. El fluido se solidifica al enfriarse para formar un recubrimiento resistente al desgaste que comprende la pluralidad de partículas redondas distribuidas y unidas por el material de unión metálico. A través de la difusión, el recubrimiento resistente al desgaste se une atómicamente a la superficie del sustrato. En general, puede usarse cualquier proceso de

soldadura fuerte adecuado, por ejemplo, se pueden emplear alternativamente técnicas de gas inerte de tungsteno (TIG).

5 El sustrato puede ser generalmente cualquier sustrato adecuado, cuyos ejemplos incluyen una broca de perforación utilizada por la minería u otra industria, otro equipo de pozo, los dientes de un cubo para una excavadora, un cincel y una cuchilla.

10 Para la barra 10 de soldadura fuerte de la figura 1, pero no necesariamente para todas las realizaciones de una barra de soldadura fuerte, la capa 28 exterior redonda tiene una densidad mayor que la del elemento 26 resistente al desgaste. La densidad promedio de la pluralidad de partículas 24 redondas es mayor que el promedio de los elementos 26 resistentes al desgaste. Si los elementos resistentes al desgaste fueran desnudos o individuales, entonces pueden flotar hacia arriba a través del material de unión fundido durante el proceso de soldadura fuerte, lo que resulta en una concentración desigual de elementos resistentes al desgaste en el recubrimiento resistente al desgaste, que generalmente es indeseable. En la presente realización, el material de unión penetra en las capas exteriores redondas, reduciendo la flotabilidad de la pluralidad de partículas redondas.

15 En esta realización, la capa exterior redonda es un material compuesto en forma de un cermet, con una densidad teórica generalmente en el intervalo de 15-19 g.cm<sup>-3</sup>. El cermet comprende cobalto. El cobalto tiene una densidad de alrededor de 8.9 g.cm<sup>-3</sup>. El elemento resistente al desgaste es un diamante, que tiene una densidad de alrededor de 3.5 g.cm<sup>-3</sup>.

20 El material de unión puede ser, por ejemplo, generalmente cualquier metal de soldadura fuerte adecuado, incluyendo cobre, estaño, plata, níquel cobalto, cadmio, manganeso, zinc, cobalto o una aleación de los mismos. El material de unión también puede comprender cromo que endurece la aleación formada. El aglutinante de recubrimiento resistente al desgaste también puede contener polvo de silicio y/o boro para ayudar a las características de flujo y deposición. En la presente realización, el material de unión comprende níquel, cromo, boro y silicio. El níquel puede constituir 88% - 95% en peso, el cromo puede constituir 0% - 12%, el boro puede constituir 0% - 1% y el silicio puede constituir 0% - 1%.

25 La figura 3 muestra un corte transversal de una partícula 24 representativa de la pluralidad de partículas redondas, donde el elemento resistente al desgaste está indicado por el número 26 y la capa exterior redonda ("encapsulante") está indicada por el número 28. El elemento 26 resistente al desgaste es en esta realización un material súper duro, que se entiende convencionalmente como un material que tiene una dureza Vickers superior a 40 GPa. Los ejemplos de materiales súper duros que pueden usarse incluyen, entre otros, diamante sintético, diamante natural y nitruro de boro cúbico. Sin embargo, realizaciones alternativas no tienen elementos que comprenden material superduro. El elemento en esta realización tiene una resistencia de indentación superior a 20 GPa y un módulo de elasticidad superior a 200 GPa. El elemento puede ser cristalino o policristalino. Otros ejemplos de materiales de elementos adecuados resistentes al desgaste incluyen diamante policristalino reaccionado con silicio, diamante policristalino exento de catalizador, alúmina, zirconia parcialmente estabilizada, carburo de silicio y nitruro de silicio. Generalmente, pero no necesariamente, se pueden usar elementos resistentes al desgaste con una dureza Vickers superior a 20 GPa. El elemento 26, en esta, pero no en todas las realizaciones, es un diamante sintético. El elemento tiene típicamente una densidad relativamente baja de menos de 6 Mgm<sup>-3</sup>.

30 En esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, la capa 28 exterior redonda comprende un cermet policristalino en la forma de partículas de carburo de tungsteno sinterizadas con partículas de cobalto. Un cermet es generalmente un material compuesto, compuesto de partículas cerámicas (por ejemplo, un óxido, boruro o carburo) unidas entre sí con un material metálico (cuyos ejemplos incluyen níquel, molibdeno y cobalto). El encapsulante 28 difiere del elemento 26 resistente al desgaste en que en esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, es de una dureza inferior. El encapsulante es en esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, policristalino y antes de su fabricación en la barra de soldadura fuerte puede estar presente en diferentes formas, tal como tener granos adyacentes sin reaccionar y sin unir, hasta sinterizados completamente con una porosidad baja a no medible. Alternativamente, la capa 28 exterior redonda puede comprender un material compuesto de matriz metálica, por ejemplo, tungsteno o molibdeno policristalinos en un aglutinante metálico como cobalto, níquel o hierro.

35 La figura 4 es una Micrografía Electrónica de Barrido Retrodispersado del encapsulante 28. En esta micrografía, el material policristalino, en este caso el carburo 44 de tungsteno tiene granos adyacentes sinterizados y unidos. Un material auxiliar de sinterización, en este caso, el cobalto 46 se ha ablandado en parte por calentamiento durante la formación de la pluralidad de partículas redondas para formar el encapsulante o pella y, al hacerlo, se ha "puenteado" y se ha unido a sí mismo y al material 44 policristalino. En este ejemplo particular, la estructura no está completamente densificada y los huecos o agujeros 48 están presentes dentro de la estructura. Una estructura semiporosa, con poros pequeños y fuerzas capilares altas puede ser ventajosa en términos de unión metalúrgica durante el proceso de soldadura fuerte. Los niveles de densidad del material utilizado para formar los granos dentro del encapsulante son más altos que el elemento súper duro (> 6 Mgm<sup>-3</sup>). La densidad general y la dureza del encapsulante dependen del material utilizado y del grado de sinterización. Independientemente del grado de sinterización, el encapsulante aumenta significativamente la densidad de la pluralidad de partículas redondas. En el caso de que se requiera sinterización, los metales se pueden usar en forma de polvo como ayuda para la

sinterización. Los ejemplos de los materiales utilizados dentro del material policristalino incluyen, pero no se limitan a, tungsteno y carburo de tungsteno. Los ejemplos de los auxiliares de sinterización que se pueden usar incluyen, entre otros, cobalto, níquel y hierro. Los métodos utilizados para encapsular los elementos con el encapsulante generalmente, pero no necesariamente promueven altos grados de esfericidad, incluso cuando los elementos no son redondos o no son de naturaleza esférica, por ejemplo, cuboides, aciculares o elípticos. La mayoría de las pellas utilizadas (> 50%) contienen un elemento. La mayoría (> 50%) de los elementos se encapsulará dentro del encapsulante, por lo que habrá una minoría de ejemplos (<50%) donde el encapsulante no encapsula el elemento en absoluto.

En los ejemplos de las figuras 1 y 2, pero no necesariamente en todos los ejemplos, el elemento 26 está unido metalúrgicamente a un recubrimiento intermedio del elemento 26 y el material 28 de encapsulación. El recubrimiento se puede depositar utilizando diferentes técnicas, que incluyen pero no se limitan a la deposición química de vapor, deposición física de vapor y metalización. Tales técnicas proporcionan un recubrimiento que generalmente es del orden de una a unas pocas micras de espesor; por ejemplo 1-2 micras. Los ejemplos de materiales de recubrimiento incluyen, pero no se limitan a, titanio y silicio, donde el elemento 26 es un diamante.

La figura 5 es una Micrografía Electrónica de Barrido Retrodispersado de una fractura a través de la partícula 24. El recubrimiento 30 intermedio revelado de los elementos 26 y los materiales de encapsulación es, en esto, pero no necesariamente en todas las realizaciones, un recubrimiento metálico que comprende titanio. En la micrografía de la figura 5, el titanio 30 que originalmente estaba completamente rodeado y unido al elemento 26 se ha eliminado parcialmente en la fractura. La superficie o bolsa de fractura opuesta (no mostrada) contiene restos del titanio, que indican una unión metalúrgica equivalente entre el titanio y el elemento, y el titanio y el encapsulante. El volumen del recubrimiento es mucho menor (en general, pero no necesariamente menor que 1/100) de aquel del elemento 26. El efecto del recubrimiento 30 no en esta realización, pero no necesariamente en todas las realizaciones, contribuye significativamente a la densidad global del elemento 26. El recubrimiento 30 puede proporcionar una unión más fuerte entre el elemento 26 y el material de encapsulación 28, juntos con protección térmica y química del elemento 26 durante la fabricación de la barra de soldadura fuerte.

La figura 6 muestra una pluralidad de partículas redondas. Una mayoría de la pluralidad de partículas 24 redondas en esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, tienen un diámetro de entre 70% y 130% de un diámetro medio de la pluralidad de partículas redondas. En otras realizaciones, la mayoría de la pluralidad de partículas redondas puede tener cada una un diámetro de entre 80% y 120% de un diámetro medio de la pluralidad de partículas redondas. En otras realizaciones más, la mayoría de la pluralidad de partículas redondas puede tener cada una un diámetro de entre el 90% y el 110% de un diámetro medio de la pluralidad de partículas redondas. En todavía otras realizaciones, la mayoría de la pluralidad de partículas redondas puede tener cada una un diámetro de entre el 95% y el 105% de un diámetro medio de la pluralidad de partículas redondas. Los solicitantes opinan que cuanto más estrecha sea la distribución de los diámetros, menos defectos tendrá una estructura empacada cerrada de la pluralidad de partículas redondas y mejor será el rendimiento del recubrimiento resistente al desgaste. Sin embargo, un material o polvo a granel (en lo sucesivo denominado "polvo") que comprende una pluralidad de partículas redondas que tienen una distribución estrecha de diámetros puede ser relativamente más caro de producir.

La figura 7 muestra un diagrama esquemático donde los intersticios de una pluralidad de partículas 25 redondas en una barra de soldadura fuerte o un recubrimiento resistente al desgaste, están ocupados con otra pluralidad de partículas, como 32. Cada una de la otra pluralidad de partículas tiene un elemento 34 de material súper duro encapsulado por un encapsulante 36, como se describe aquí con respecto a la pluralidad de partículas.

La figura 8 muestra un diagrama esquemático donde los intersticios de una pluralidad de partículas redondas, como 25, en una barra de soldadura fuerte (o un recubrimiento resistente al desgaste formado usando la barra de soldadura fuerte) están ocupados por la otra pluralidad de partículas, tal como 38, que no tienen un encapsulante. En este caso, pero no necesariamente en todos los casos, la otra pluralidad de partículas es más dura que el encapsulante.

La figura 9 muestra un diagrama esquemático donde los intersticios de una pluralidad de partículas redondas, como 25, en una barra de soldadura fuerte (o un recubrimiento resistente al desgaste formado usando la barra de soldadura fuerte) están ocupados por la otra pluralidad de partículas que comprenden una primera pluralidad de partículas, como la partícula 40, que tiene un primer diámetro promedio y una segunda pluralidad de partículas, como la partícula 42, que tiene un segundo diámetro promedio que es menor que el primer diámetro promedio. El segundo diámetro promedio es en esta, pero no en todas las realizaciones, menos del 10% del primer diámetro promedio. La inclusión de la segunda pluralidad de partículas puede resultar en un mejor cierre de los intersticios. En un ejemplo, la pluralidad de partículas redondas tiene un diámetro promedio de 0.333 mm, la primera pluralidad de partículas (partículas intersticiales primarias) tiene un diámetro promedio de 0.098 mm y la segunda pluralidad de partículas (partículas intersticiales secundarias) tiene un diámetro promedio de 0.008 mm. La otra pluralidad de partículas puede comprender una tercera pluralidad de partículas (partículas intersticiales terciarias) que pueden tener un diámetro promedio que es menor que el segundo diámetro promedio, por ejemplo, 0.001 mm.

La otra pluralidad de partículas puede construirse a partir de diferentes materiales tales como diamante, carburo de tungsteno, tungsteno, alúmina, carburo de silicio y nitruro de silicio o en general cualquier material adecuado. Su tamaño y distribución pueden seleccionarse para maximizar la densidad de empaque y el comportamiento de desgaste cuando se depositan dentro del consumible de revestimiento duro. En esta realización, son carburo de tungsteno.

En las figuras 7 a 9, la pluralidad de partículas redondas tiene una disposición de empaquetamiento cerrado. Debido a que las partículas son redondas, son capaces de adoptar una disposición de empaquetamiento cerrado que puede ser más densa que otras disposiciones de embalaje. En consecuencia, el número de elementos por unidad de volumen puede ser mayor que para barras de soldadura fuerte y recubrimientos resistentes al desgaste que tienen partículas que no están en una disposición de empaquetamiento cerrado. El aumento del número de elementos por unidad de volumen generalmente mejora la resistencia al desgaste de los recubrimientos. El empaquetamiento cerrado puede mejorar la acción capilar que mueve el material de soldadura fuerte a través de la pluralidad de partículas redondas durante la unión en la que el material de soldadura fuerte se infiltra en los intersticios entre la pluralidad de partículas redondas. En consecuencia, el empaquetamiento cerrado puede proporcionar una integridad estructural relativamente alta al unir relativamente mejor la pluralidad de partículas redondas y evitar en gran medida los defectos que pueden encontrarse en los sistemas de material soldado fuerte debido a distancias entre partículas que son demasiado grandes. Las disposiciones de empaquetamiento cerrado perfecto -generalmente una disposición cúbica centrada en la cara, pero en algunas realizaciones, una disposición de empaquetamiento cerrado hexagonal- se puede lograr cuando la pluralidad de partículas redondas son esferas perfectas idénticas. La disposición de empaquetamiento cerrado de la pluralidad de partículas redondas generalmente tendrá, pero no necesariamente, defectos, porque la pluralidad de partículas redondas generalmente se desviará de las esferas perfectas y tendrá varios tamaños. No obstante, los beneficios proporcionados por una disposición defectuosa de empaquetamiento cerrado de la pluralidad de partículas redondas pueden acercarse a los de una disposición de empaquetamiento cerrado perfecto.

En las realizaciones de las figuras 1 y 2, por ejemplo, la fracción de volumen de la pluralidad de partículas redondas es de al menos 0.05 y no más de 0.85. El elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas tiene en la presente realización un tamaño de malla ISO 6106 de al menos 18 y no más de 120. En otra realización (de lo contrario idéntica a la de las figuras 1 y 2, por ejemplo), el elemento resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas redondas puede tener un tamaño de malla ISO 6106 de al menos 18 y no más de 80.

ISO indica la International Standards Organization, y los documentos que describen el estándar 6106 están disponibles públicamente.

La figura 10 muestra un diagrama de flujo para un método 100 para hacer la barra 10 de soldadura fuerte. En un paso 102 del método, se forma una mezcla, donde la mezcla comprende la pluralidad de partículas 24 redondas y el material 16 aglutinante para unir la pluralidad de partículas redondas. Cada una de la pluralidad de partículas 24 redondas comprende una capa 28 exterior redonda que encapsula un elemento 26 resistente al desgaste. El método 100 comprende el paso 104 de configurar la mezcla como una forma de barra. El método comprende el paso 106 de unir la pluralidad de partículas 24 redondas con el material 16 aglutinante al calentar la mezcla configurada como una forma de barra.

En esta realización, configurar la mezcla en forma de barra comprende formar un cilindro que comprende la mezcla. El cilindro que comprende la mezcla es sólido, sin embargo, puede ser hueco en una realización alternativa.

La mezcla puede configurarse como una barra utilizando un proceso de extrusión, o utilizando moldeo por inyección de metal, por ejemplo. Esto puede permitir una capacidad de producción relativamente alta, menores costes de moldeo y permitir la fabricación de formas complejas. En general, cualquier proceso adecuado puede usarse para formar un cilindro que comprende la mezcla.

En la presente realización, sin embargo, la mezcla se dispone en un molde configurado para formar la barra de soldadura fuerte. La Figura 11 muestra un ejemplo de un molde 50 configurado para formar la barra 10 de soldadura fuerte. En esta realización, el molde 50 es un bloque 52 de grafito con al menos una abertura 54 formada en el mismo para recibir la mezcla. La al menos una abertura está configurada para formar un cilindro. El molde puede estar formado alternativamente de arena, materiales con base en cerámica o, en general, cualquier material adecuado. En otra adaptación, una forma de V o U simple puede construirse utilizando placas de acero. Alternativamente, el molde puede comprender una placa única que tiene una cara orientada hacia arriba en la que se forman ranuras para recibir la mezcla. El molde puede comprender lámina metálica estampada para formar al menos un rebaje alargado. El molde que tiene la mezcla dispuesta allí está en esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, y luego se coloca en un horno para el paso de calentamiento de la mezcla configurada como una barra. Los tipos de horno pueden incluir, por ejemplo, hornos de tipo impulsor y por lotes. El horno puede tener una atmósfera desprotegida, neutra o protectora que comprende hidrógeno, por ejemplo.

El material de unión que comprende el material de unión metálico se funde por calentamiento. En esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, el molde se calienta hasta después de que el material de unión se haya fundido por completo. El tiempo de calentamiento y la temperatura del horno se seleccionan para el material de unión. Por ejemplo, para la presente realización en la que se utiliza un material de unión de aleación de níquel, los moldes pueden mantenerse en un horno que tenga una temperatura interna de entre 900 - 1200 grados centígrados durante cinco a 60 minutos, por ejemplo. El material de unión totalmente fundido es diferente al material de unión parcialmente fundido y al material de unión simplemente ablandado. Para el material de unión parcialmente fundido, solo se puede fundir una porción (por ejemplo, los bordes o la capa exterior) de la mayoría de la pluralidad de partículas de material de unión. El material de unión completamente fundido penetra en una pluralidad de intersticios entre la pluralidad de partículas redondas y, al enfriarse, forma una matriz en la forma de matriz monolítica que se une a la pluralidad de partículas redondas. El relleno de intersticios por el material de unión mejora la resistencia del material compuesto resultante y, en consecuencia, la robustez de la barra. El material de unión también puede, como en esta realización, formar un enlace metalúrgico con cualquier partícula intersticial que pueda incluirse.

La capa exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas redondas puede comprender generalmente una estructura porosa o esquelética, en la que las superficies internas definen vacíos y/o pasajes internos. El material de unión penetra en la estructura porosa o esquelética, y puede llenar los vacíos y/o pasajes internos, para formar una red dentro de la capa exterior redonda de al menos la mayoría de la pluralidad de partículas redondas. Esto da como resultado un fuerte acoplamiento mecánico a la pluralidad de partículas redondas. La Figura 12 muestra una micrografía de un material compuesto de la barra 10 que puede formarse mediante el método 100. La capa 28 exterior redonda comprende una concha 29 exterior penetrada por el material de unión y una concha 31 interna que no es penetrada por el material de unión. En realizaciones alternativas, el material de unión en la barra de soldadura fuerte penetra en el recubrimiento 30 intermedio de los elementos 26 y el material 28 de encapsulación. En el recubrimiento resistente al desgaste cuando se forma, el material de unión puede, como en la presente realización, penetrar en el recubrimiento 30 intermedio de los elementos 26 y el material de encapsulación. El material de unión está unido metalúrgicamente con el recubrimiento 30 intermedio del elemento 26 y el material de encapsulación. En consecuencia, los elementos resistentes al desgaste, en esta realización diamantes, se unen metalúrgicamente al material de unión por medio del recubrimiento 30 intermedio. Esto generalmente puede mejorar la unión de los elementos resistentes al desgaste, especialmente cuando están expuestos por el desgaste y la mera unión mecánica puede ser insuficiente para su retención en el recubrimiento. Esto puede mejorar el rendimiento y la vida útil del recubrimiento resistente al desgaste.

El material de unión solidificado está, en esta, pero no necesariamente en todas las realizaciones, también metalúrgicamente unido a la pluralidad de partículas redondas (que pueden comprender metal), en las superficies externas de la pluralidad de partículas redondas, y en las superficies internas de la pluralidad de partículas redondas. Esto puede aumentar aún más la resistencia de la barra y el recubrimiento final resistente al desgaste.

Los enlaces metalúrgicos divulgados aquí pueden comprender átomos difusos y/o interacciones atómicas. Bajo tales condiciones, las partes de componentes pueden ser "hmedecidas" hacia y por el material de unión.

Las barras para las cuales el material de unión no se fundió por completo generalmente pueden ser demasiado frágiles para su manejo, transporte y uso, debido a que el material de unión todavía puede ser un polvo o polvo similar.

Los diversos enlaces metalúrgicos formados pueden dar como resultado algunas de las siguientes ventajas:

- La pluralidad de partículas redondas, y cualquier partícula intersticial, en la barra de soldadura fuerte se humedecen antes de la formación del recubrimiento resistente al desgaste, lo que puede facilitar la formación del recubrimiento resistente al desgaste y mejorar el recubrimiento resistente al desgaste cuando se forma;
- La barra de soldadura fuerte puede ser más fuerte y/o más rígida, lo que puede hacer que las barras de soldadura fuerte sean más robustas para el transporte y la manipulación; y
- La masa fundida puede ser uniforme y formar un recubrimiento superior porque el material de unión y los elementos de desgaste no están segregados en la barra.

En otras realizaciones, sin embargo, el material de unión simplemente se reblandece por calentamiento para proporcionar un efecto de unión.

Si bien es posible incluir todos los ingredientes para una barra en el molde en un estado seco, las diferencias de densidad y forma tenderán a segregarlos. La segregación puede mejorarse mezclando a fondo utilizando un aglutinante fugitivo. Antes de cargar el molde, el aglutinante fugitivo, las partículas del material 16 aglutinante, la pluralidad de partículas redondas y la otra pluralidad de partículas en aquellas realizaciones que las utilizan, se combinan y mezclan para proporcionar una distribución uniforme de la pluralidad de partículas redondas, partículas de material de unión y la otra pluralidad de partículas dentro de la mezcla resultante. El aglutinante fugitivo, las partículas del material 16 aglutinante, la pluralidad de partículas redondas y la otra pluralidad opcional de partículas

pueden mezclarse en un mezclador industrial de cuchillas, volcarse en un mezclador rotatorio o mezclarse generalmente usando cualquier método adecuado. Los ejemplos de aglutinantes fugitivos incluyen, pero no se limitan a, aceite mineral, polietilén glicol, resina (un ejemplo de los cuales incluye, pero no se limita a RESINOX (marca registrada) fabricada por OXYCHEM), y materiales con base en metilcelulosa. El aglutinante fugitivo puede ser al menos uno de descomposición, combustión o evaporación cuando se calienta durante el calentamiento de la mezcla para escapar de la mezcla. Los aglutinantes pueden permitir que se construya una forma de barra utilizando moldeo por inyección de metal o extrusión. También se pueden agregar agentes de flujo a la mezcla. Estos pueden ser agentes de flujo propio y/o de flujo químico. Los ejemplos de agentes de flujo propio, incluyen el silicio y el boro, mientras que los materiales de flujo químico pueden basarse en boratos. A la mezcla se le puede agregar un agente de flujo y desoxidación en forma de carbono con 2% de silicio manganeso (ECKEM CHEMICALS o CHEM ALLOY).

#### Aplicaciones

La barra 10 de soldadura fuerte se puede usar para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre cualquier sustrato adecuado. Ahora se describen algunas aplicaciones sugeridas, sin embargo, se apreciará que existen muchas aplicaciones del recubrimiento resistente al desgaste.

Los estabilizadores se utilizan en la exploración y producción de petróleo y gas. Su función es proporcionar estabilidad a la broca y mantener el control dimensional del agujero. Las secciones grandes del estabilizador están en contacto directo con las paredes del agujero o la carcasa de acero. A través de la rotación de la sarta de perforación y la perforación progresiva, los elementos de protección y los revestimientos duros son propensos al desgaste, lo que eventualmente puede resultar en reparaciones, al final de la vida útil o en diámetros dimensionalmente inaceptables. Los estabilizadores que tienen recubrimientos resistentes al desgaste aplicados a los mismos descritos aquí pueden reducir o eliminar estos problemas.

Las brocas rotativas de doble y triple cono se fabrican con salientes o "dientes" que se mecanizan a partir de acero parental. Una broca que tenga un recubrimiento resistente al desgaste descrito aquí aplicado a la misma puede tener mayor vida útil y exhibir un desgaste reducido de "dientes", lo que puede aumentar el rendimiento y la productividad de la perforación.

Durante la excavación mecánica y el retiro de roca, se puede ver un desgaste significativo en los dientes y cubos de la excavadora. Los dientes y cubos de las excavadoras que tienen un recubrimiento resistente al desgaste descrito aquí pueden tener una vida útil prolongada y, por consiguiente, pueden reducirse los costes de reemplazo.

El diámetro exterior de una broca de diamante policristalino está sujeto a desgaste por deslizamiento. Una broca policristalina que tiene un recubrimiento resistente al desgaste descrito aquí aplicado a ella puede tener una vida útil más prolongada.

Durante la vida útil de una broca de diamante policristalino, el cuerpo y las cuchillas de la broca que soportan la estructura de corte pueden estar sujetos a un desgaste que limita la vida. Los cuerpos y las cuchillas que tienen un recubrimiento resistente al desgaste descrito aquí aplicado a los mismos pueden reducir el desgaste erosivo, lo que puede aumentar la vida útil de la herramienta y reducir los costes.

Los picos se utilizan durante la excavación mecánica de la roca y el desbastar la superficie de las carreteras. Un pico se fabrica generalmente en dos piezas; cuerpo e inserto. El cuerpo es convencionalmente de acero y el inserto comúnmente carburo cementado. En algunas circunstancias se utilizan insertos que contienen diamantes. La vida del cuerpo generalmente está limitada por el desgaste excesivo o "lavado". Un cuerpo que tenga un recubrimiento resistente al desgaste como se describe aquí y que se encuentre cerca del inserto puede tener una vida útil prolongada y reducir el tiempo de inactividad requerido para reemplazar los picos desgastados.

Los dientes de la trituradora se pueden usar en diversas aplicaciones, incluyendo la extracción mecánica de petróleo de la arena que contiene petróleo. Los dientes de la trituradora pueden colocarse alrededor de un tambor giratorio e interactuar mecánicamente con la roca, la arena y el aceite. El desgaste puede ser grande. Los dientes de la trituradora que tienen un recubrimiento resistente al desgaste como se describe aquí aplicado a ellos pueden tener una vida útil prolongada.

En el contexto de la perforación de gas y petróleo, un motor de lodo pulverizado impulsa la rotación y el torque de la broca. El motor puede contener rodamientos tanto radiales como axiales que están en contacto deslizante con rodamientos opuestos o elementos rodantes. Un rodamiento que tenga un recubrimiento resistente al desgaste, tal como se describe aquí, aplicado al mismo, puede aumentar significativamente la vida útil del rodamiento, reducir la longitud del rodamiento y ofrecer la capacidad de más juegos de rodamientos que promuevan mayores pesos en las brocas y una mejor productividad al perforar petróleo y gas.

#### Fabricación de la pluralidad de partículas redondas

Ahora se describirá un método de ejemplo para la fabricación de ejemplos de la pluralidad de partículas redondas. En general, se puede usar cualquier método adecuado para la fabricación de partículas redondas. Se mezcló 50/50 en peso una mezcla de polvo de carburo de tungsteno que tiene un tamaño de tamiz Fisher inferior a 1 µm y polvo de cobalto que tiene un tamaño de tamiz Fisher inferior a 1.2 µm. Alternativamente o adicionalmente al cobalto, cualquier polvo metálico adecuado, por ejemplo, un polvo que comprende al menos uno de níquel, cobre y aleaciones de los mismos. Los diamantes de la malla MBS955 Si2 40/50 se revuelven en la mezcla de polvo de carburo de tungsteno y polvo de cobalto con un agente aglutinante en forma de metil celulosa mientras se atomizan simultáneamente cantidades controladas de agua sobre los mismos. Cada diamante está recubierto para formar la pluralidad de partículas redondas en un estado verde. La pluralidad de partículas redondas en el estado verde puede entonces calentarse en un horno Borel bajo una atmósfera protectora de hidrógeno. La pluralidad de partículas redondas en estado verde puede calentarse alrededor de la temperatura ambiente a 500°C durante una hora aproximadamente. La pluralidad de partículas redondas se mantiene a 500°C durante aproximadamente 30 min. Luego, la temperatura se eleva a 850°C durante aproximadamente 180 minutos. Se deja enfriar la pluralidad sinterizada de partículas redondas.

Ahora que se han descrito las realizaciones, se apreciará que algunas realizaciones pueden tener algunas de las siguientes ventajas:

- Una barra de soldadura fuerte puede ser conveniente para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato.
- Los elementos resistentes al desgaste pueden tener una densidad relativamente baja. En consecuencia, en la técnica anterior, los elementos resistentes al desgaste pueden estar mal distribuidos en el recubrimiento resistente al desgaste y pueden estar muy próximos entre sí, o incluso tocarse, lo que puede debilitar la estructura debido a que se puede reducir la infiltración de la soldadura fuerte. Los recubrimientos finos sobre un material súper duro pueden no superar por completo estas diferencias de densidad o evitar el contacto entre partes. La encapsulación de las fases súper duras (y la penetración de la capa exterior redonda por el material de unión) puede mejorar estos problemas.
- La naturaleza redonda del encapsulante y/o con una cuidadosa selección de tamaños y formas de intersticios que ocupan partículas promueve un alto empaquetamiento y optimiza aún más la resistencia al desgaste.
- La estructura del encapsulante puede ser una estructura abierta o cerrada. Una topografía semiporosa abierta puede proporcionar una gran área de superficie y fuertes fuerzas capilares para la reacción e infiltración.
- Durante el enfriamiento y solidificación del material de soldadura fuerte, los elementos encapsulados resistentes al desgaste pueden colocarse bajo compresión por el encapsulante, proporcionando una retención mejorada y mejores propiedades de desgaste.
- La infiltración de metal líquido del encapsulante durante el proceso de soldadura fuerte y la posterior solidificación puede proporcionar una tensión de compresión mejorada mecánicamente que mantiene y une los elementos superduros. Esta ventaja no es disfrutada por elementos superduros no encapsulados.
- Los elementos resistentes al desgaste descritos aquí tienen una dureza y resistencia al desgaste significativamente mayores en comparación con las matrices de metal con base en carburo de tungsteno formadas por materiales de revestimiento duro convencionales.
- Los elementos resistentes al desgaste se pueden unir metalúrgicamente al aglutinante resistente al desgaste por medio del recubrimiento 30 intermedio. Esto puede mejorar la unión de los elementos resistentes al desgaste y el rendimiento y la vida útil del recubrimiento resistente al desgaste.

Se pueden realizar variaciones y/o modificaciones a las realizaciones descritas sin apartarse del espíritu o ámbito de la invención. Por ejemplo, aunque el sustrato divulgado anteriormente es acero, se apreciará que se pueden usar realizaciones en otros materiales de sustrato, por ejemplo, otro metal como el aluminio, un carburo cementado, o en general cualquier material de sustrato adecuado. Las presentes realizaciones, por lo tanto, deben considerarse en todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas.

La técnica anterior, si la hay, descrita aquí no debe tomarse como una admisión de que la técnica anterior forma parte del conocimiento general común en cualquier jurisdicción.

En las reivindicaciones que siguen y en la descripción anterior de la invención, excepto cuando el contexto requiera lo contrario debido a un lenguaje expreso o una implicación necesaria, la palabra "comprende" o variaciones tales como "comprende" o "que comprende" se usa en un sentido inclusivo, es decir, para especificar la presencia de las características establecidas, pero no para excluir la presencia o adición de características adicionales en diversas realizaciones de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Una barra (10) de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte, donde la barra (10) de soldadura fuerte comprende un material (12) compuesto que comprende una pluralidad de partículas (24) redondas unidas entre sí por un material (16) de unión, donde cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas comprende una capa (28) exterior redonda que encapsula un elemento (26) de resistencia al desgaste, en la que el elemento (26) de resistencia al desgaste de una cada de la pluralidad de partículas (24) redondas tiene un recubrimiento (30) metalúrgicamente unido al mismo, siendo el recubrimiento (30) intermedio de los elementos (26) y el material (28) de encapsulación y siendo unible metalúrgicamente al material (16) de unión.
2. Una barra (10) de soldadura fuerte como se reivindicó en la reivindicación 1, en la que el material (16) de unión comprende una matriz monolítica de material de unión metálico.
3. Una barra (10) de soldadura fuerte como se reivindicó en la reivindicación 1 o reivindicación 2, en la que el material (16) de unión penetra en la capa (28) exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas.
4. Una barra (10) de soldadura fuerte como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en la que el material (16) de unión está unido metalúrgicamente a al menos una de una superficie interior y una superficie exterior de la capa (28) exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas.
5. Un método (100) para fabricar una barra (10) de soldadura fuerte para formar un recubrimiento resistente al desgaste en un sustrato mediante un proceso de soldadura fuerte, donde el método se caracteriza por los pasos de:
- formar (102) una mezcla que comprende una pluralidad de partículas (24) redondas, y un material (16) de unión para unir la pluralidad de partículas (24) redondas, en el que cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas comprende una capa (28) exterior redonda que encapsula un elemento (26) de resistencia al desgaste, en el que el elemento (26) de resistencia al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas tiene un recubrimiento (30) metalúrgicamente unido al mismo, siendo el recubrimiento (30) metalúrgicamente unible al material (16) de unión;
- configurar (104) la mezcla como forma de barra; y
- unir (106) la pluralidad de partículas (24) redondas con el material (16) de unión calentando la mezcla configurada como una forma de barra.
6. Un método (100) como se reivindicó en la reivindicación 5, en el que el material (16) de unión comprende un material de unión metálica y el paso de unión (106) de la pluralidad de partículas (24) redondas comprende el paso de calentar la mezcla configurada como una forma de barra, en el que el material de unión metálica se funde para formar una matriz monolítica de material de unión metálica.
7. Un método (100) como se reivindicó en la reivindicación 6, caracterizado por el material de unión metálica fundido para penetrar la capa (28) exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas.
8. Un método (100) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por el paso de unir metalúrgicamente el material (16) de unión a al menos una de una superficie interior y una superficie exterior de la capa (28) exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas.
9. Un método (100) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el paso de formar (102) la mezcla comprende incluir un aglutinante fugitivo en la mezcla, siendo retirado el aglutinante fugitivo de la mezcla mediante calentamiento.
10. Un método (100) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que el paso de configurar (104) la mezcla como una forma de barra comprende al menos uno de los pasos de: extruir la mezcla, usando moldeo por inyección de metal.
11. Un método (100) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que el paso de configurar (104) la mezcla como una forma de barra comprende el paso de disponer la mezcla en un molde (50) configurado para formar la barra (10) de soldadura fuerte.
12. Un método para formar un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato, siendo el método caracterizado por los pasos de:
- calentar una barra (10) de soldadura fuerte definida por cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 para formar una barra de soldadura fuerte fundida; y hacer fluir la barra de soldadura fuerte fundida sobre una superficie del sustrato.

13. Un método como se reivindicó en la reivindicación 12, caracterizado por el material (16) de unión que penetra en la capa (28) exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas y que forma un enlace metalúrgico con el recubrimiento (30).

5

14. Un recubrimiento resistente al desgaste sobre un sustrato, donde el recubrimiento resistente al desgaste se caracteriza por:

10 un material (12) compuesto que comprende una pluralidad de partículas (24) redondas unidas por un material (16) de unión, en el que cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas comprende una capa (28) exterior redonda que encapsula un elemento (26) resistente al desgaste, el material (16) de unión penetra en la capa (28) exterior redonda y está unido metalúrgicamente a un recubrimiento (30) unido metalúrgicamente al elemento (26) resistente al desgaste de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas, en el que el material (16) de unión está unido metalúrgicamente a al menos una de una superficie interior y una superficie exterior de la capa (28) exterior redonda de cada una de la pluralidad de partículas (24) redondas.

15

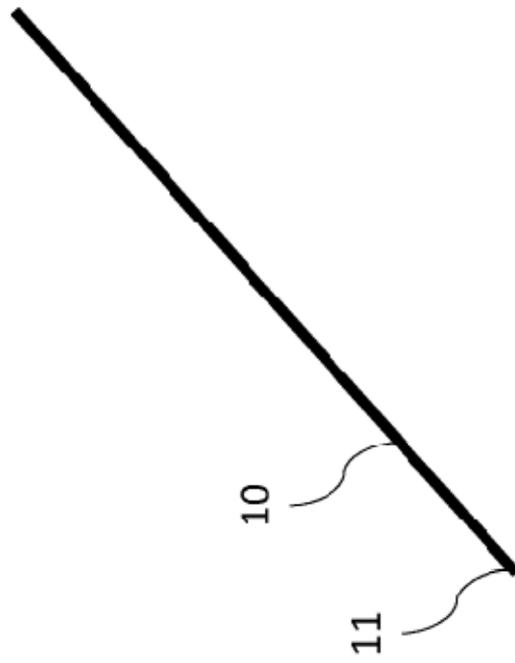


Figure 1

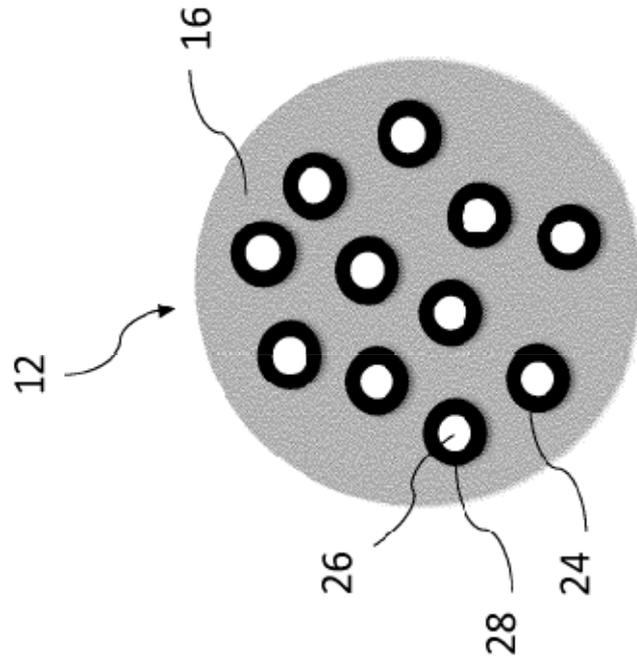


Figure 2

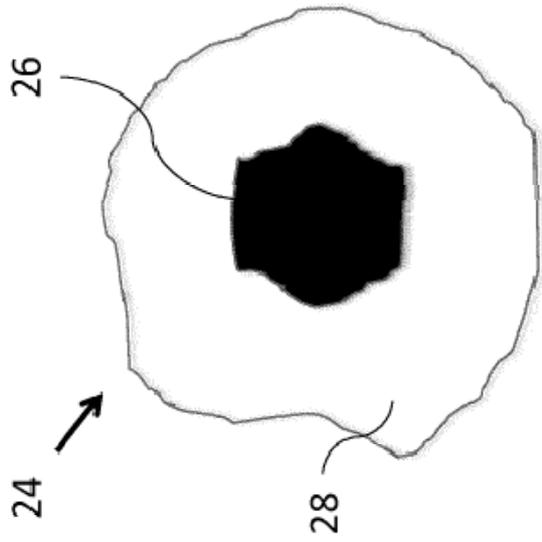


Figura 3

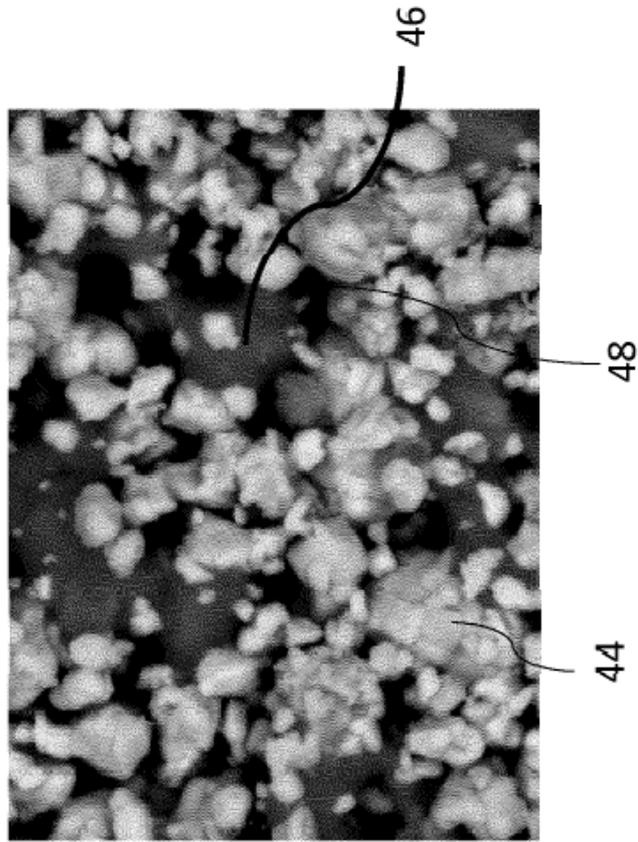


Figura 4

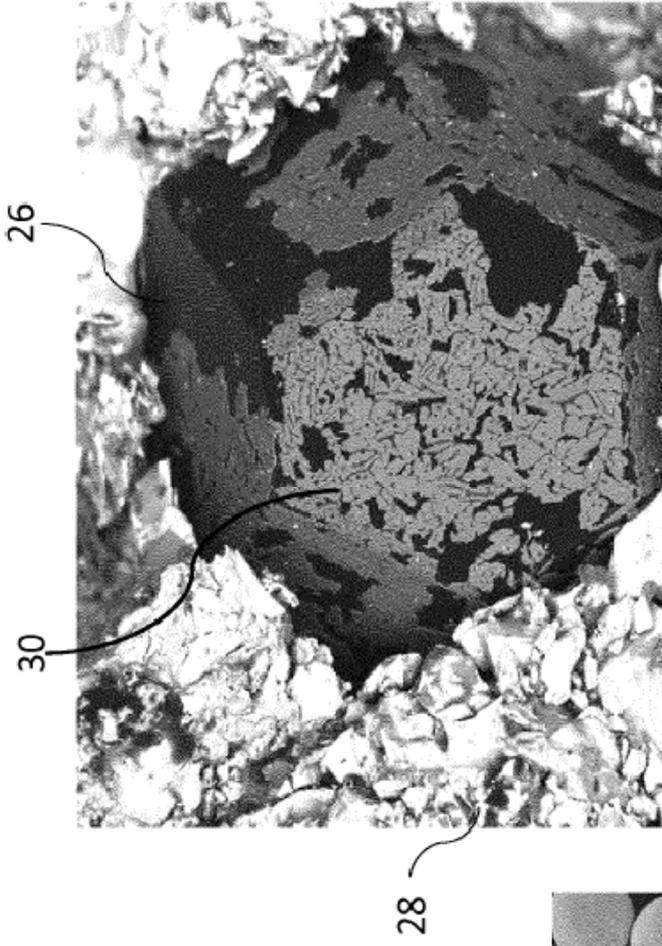


Figura 5

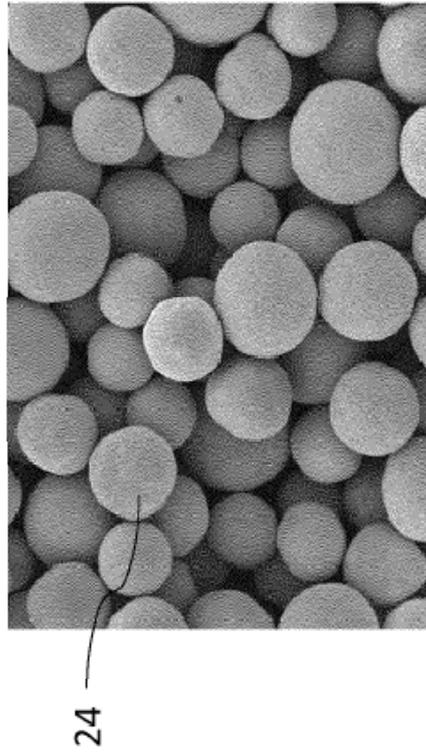


Figura 6

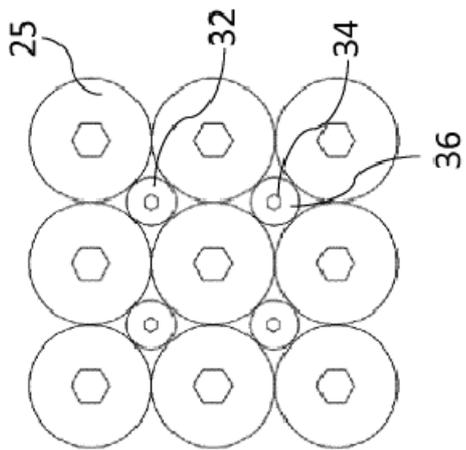


Figure 7

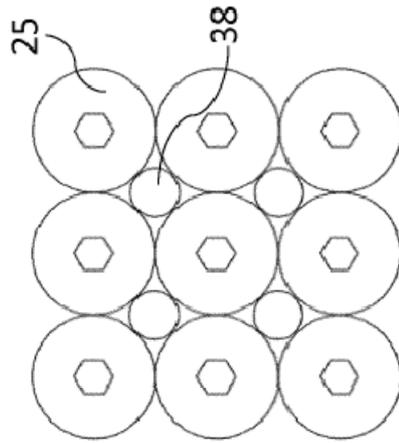


Figure 8

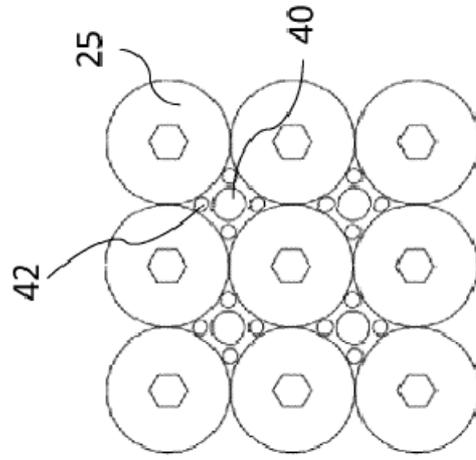
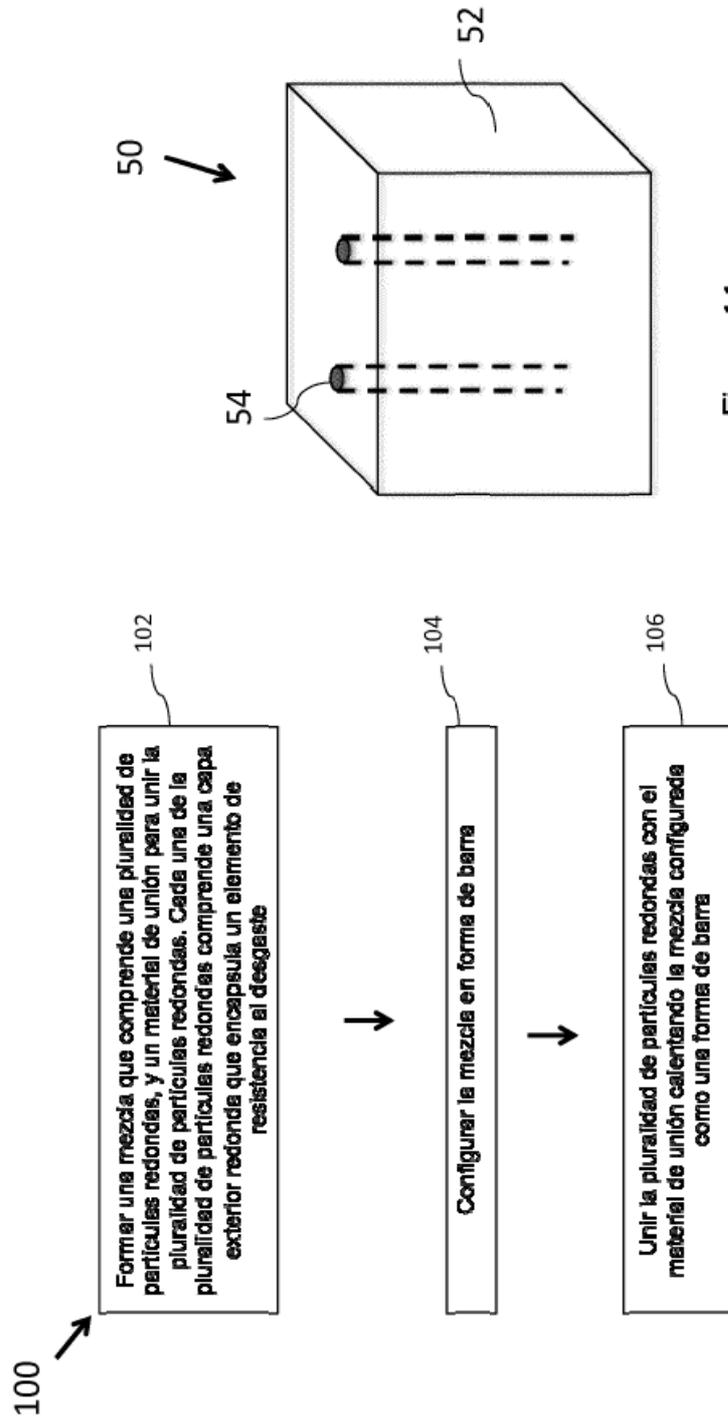


Figure 9



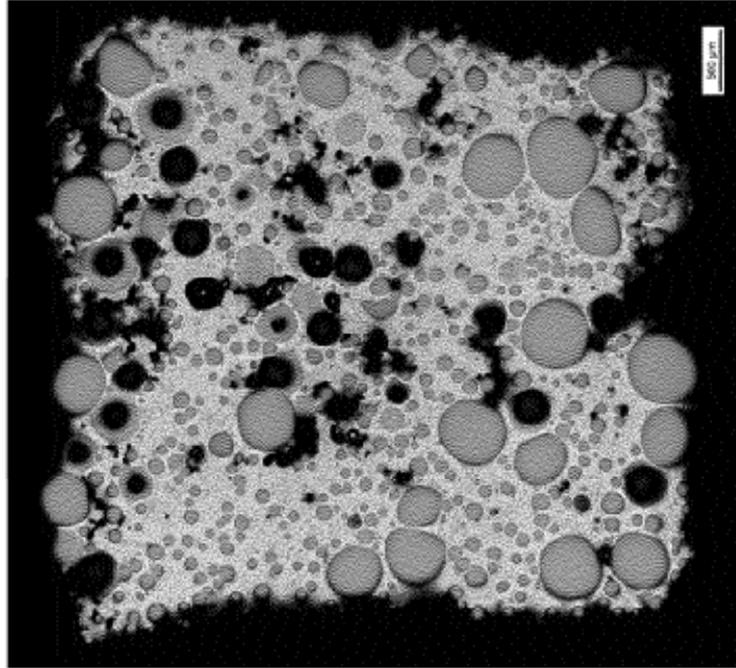


Figura 13

12 ↙

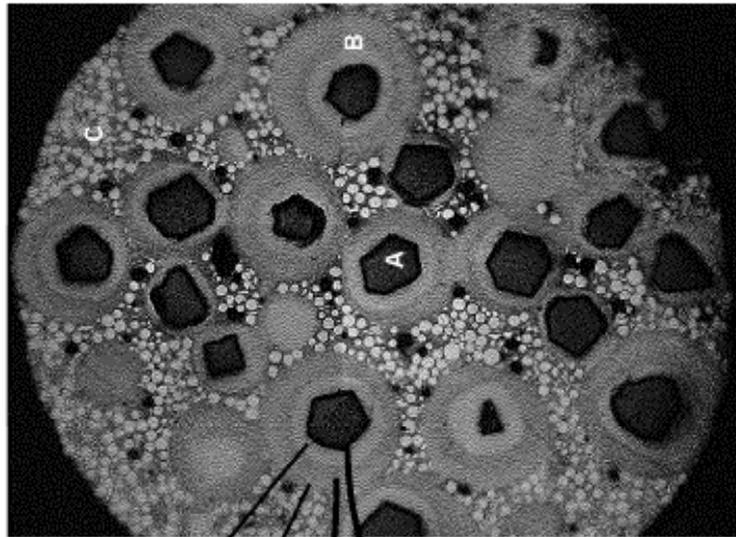


Figura 12