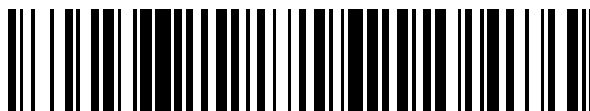


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 226**

51 Int. Cl.:

B23K 26/342	(2014.01)	B23P 6/00	(2006.01)
B22F 5/00	(2006.01)	F01D 25/24	(2006.01)
F01D 25/00	(2006.01)	B23K 101/00	(2006.01)
B23K 26/32	(2014.01)	B23K 103/08	(2006.01)
B23K 26/144	(2014.01)		
B22F 7/06	(2006.01)		
C21D 9/50	(2006.01)		
C22C 19/05	(2006.01)		
F01D 9/04	(2006.01)		
F01D 5/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.09.2014 PCT/US2014/055742**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15065606**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2014 E 14857589 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 3062954**

54 Título: **Reprocesamiento por soldadura por deposición láser de polvo para piezas fundidas de níquel soldables sin fusión del metal base pertenecientes a motores de turbina de gas**

30 Prioridad:

30.10.2013 US 201361897623 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2019

73 Titular/es:

**UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
(100.0%)
10 Farm Springs Road
Farmington, CT 06032, US**

72 Inventor/es:

LIN, WANGEN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 710 226 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

Reprocesamiento por soldadura por deposición láser de polvo para piezas fundidas de níquel soldables sin fusión del metal base pertenecientes a motores de turbina de gas

Antecedentes

5 La presente descripción se refiere a un método de reprocesamiento por soldadura y, más en particular, a un reprocesamiento por soldadura de un componente de motor de turbina de gas. La presente descripción define más en particular un método de reprocesamiento de un componente y un componente fundido para un motor de turbina de gas según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 10 (véase, por ejemplo, el documento US 4 726 104). Un motor de turbina de gas utiliza diversos componentes complejos, relativamente grandes, que se funden a partir de una aleación de níquel de alta temperatura. Un ejemplo de un componente de este tipo es la armazón central de turbina (*Mid Turbine Frame* (MTF)). La MTF incluye una pluralidad de álabes huecos dispuestos en una estructura anillo-álabe-anillo en la que los anillos definen límites interiores y exteriores de un recorrido de gas de combustión primario mientras los álabes están dispuestos a través del recorrido de gas. Frecuentemente se extienden barras de unión a través de los álabes huecos para interconectar un anillo de bancada de motor y un compartimento de cojinete.

Los componentes de fundición tales como los álabes huecos de MTF pueden tener como resultado defectos que se sueldan a modo de reprocesamiento como parte del proceso de fabricación normal. Diversos métodos de reprocesamiento con una aleación de relleno equivalente a la de la aleación base soldable sin fusión del metal base del componente de origen, aunque son eficaces, son relativamente lentos y caros. En un ejemplo de reprocesamiento, un defecto de 13 mm (media pulgada) de tamaño requiere más de diez horas de reprocesamiento.

Algunos métodos alternativos de reprocesamiento utilizan una aleación de relleno alternativa que es más soldable para facilitar un reprocesamiento por soldadura relativamente más rápido, pero tal estrategia puede enfrentarse al problema del agrietamiento en la aleación del sustrato. La aleación de relleno puede no ser totalmente compatible con las propiedades de material de la aleación del sustrato tales como la resistencia a la oxidación o no ser compatible con revestimientos y puede acortar la vida útil del componente. Además, la eliminación de defectos de fundición puede complicarse por la formación de un agujero pasante a partir de los mismos.

El documento US 4,726,104 describe una máscara particularmente útil en la reparación de soldaduras de paletas y álabes de turbinas de gas enfriadas por aire.

El documento US 2002/010890 A1 describe una combinación del proceso de pulverización de precisión con un tratamiento por láser en vuelo para producir componentes electrónicos de escritura directa.

El documento JP H07 048667 describe un objetivo de deposición catódica que tiene una gran resistencia de unión.

Compendio

Desde un primer aspecto, la invención proporciona un método de reprocesamiento o reparación de un componente según se reivindica en la reivindicación 1.

35 Una realización más de la presente descripción incluye, en donde la primera capa de las múltiples capas que forman el perímetro completo se forma antes de cualesquiera otras capas.

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, formar una rugosidad de superficie deseada en el respaldo.

ES 2 710 226 T3

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde la rugosidad de superficie deseada en el respaldo es aproximadamente igual a la pared de la cavidad o es suficiente para no causar una absorción de energía láser notablemente diferente entre el respaldo y la pared de la cavidad.

5 Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde cada punto en una capa está situado entre dos puntos de una capa anterior,

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde la rugosidad de superficie deseada en el respaldo es de al menos aproximadamente 0,003 mm (125 micropulgadas).

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde el espesor del respaldo está entre aproximadamente 0,254 y 0,508 mm (0,010 - 0,020 pulgadas).

10 Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde la aleación de relleno es un material en polvo soldable por fusión.

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde la aleación base soldable sin fusión del metal base es una aleación de base níquel gamma prima alta.

15 Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, sellar por completo el respaldo a lo largo de la pared de la cavidad y el respaldo.

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde la rugosidad de superficie deseada en el respaldo es aproximadamente igual a la pared de la cavidad o es suficiente para no causar una absorción de energía láser notablemente diferente entre el respaldo y la pared de la cavidad.

20 Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde cada punto en una capa está situado entre dos puntos de una capa anterior.

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde la rugosidad de superficie deseada en el respaldo es de al menos aproximadamente 0,003 mm (125 micropulgadas).

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde el espesor del respaldo está entre aproximadamente 0,254 y 0,508 mm (0,010 - 0,020 pulgadas).

25 Desde un aspecto más, la invención proporciona un componente fundido para un motor de turbina de gas según se reivindica en la reivindicación 10.

Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye en donde la aleación base soldable sin fusión del metal base es una aleación de base níquel gamma prima alta.

30 Una realización más de cualquiera de las realizaciones anteriores de la presente descripción incluye, en donde cada punto en una capa está situado entre dos puntos de una capa anterior.

35 Las características y los elementos anteriores pueden combinarse en diversas combinaciones sin exclusividad, a no ser que se indique expresamente lo contrario. Estas características y estos elementos, así como el funcionamiento de los mismos, se harán más patentes a la luz de la descripción siguiente y los dibujos adjuntos. Debería entenderse, sin embargo, que la descripción siguiente y los dibujos están destinados a ser de carácter ejemplar y no restrictivos.

Breve descripción de los dibujos

A partir de la descripción detallada siguiente de la realización no restrictiva descrita se harán patentes para los expertos en la técnica diversas características. Los dibujos adjuntos a la descripción detallada pueden describirse brevemente como sigue:

- 5 la Figura 1 es una sección transversal esquemática de un ejemplo de arquitectura de motor de turbina de gas;
- la Figura 2 es un despiece de un módulo de armazón central de turbina;
- la Figura 3 es una vista en perspectiva de un singlete de álabe de armazón central de turbina como un ejemplo de pieza de trabajo que tiene un defecto de fundición;
- la Figura 4 es una vista en sección transversal ampliada de un defecto de fundición en un componente fundido;
- 10 la Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método para reprocesar un componente fundido según una realización no restrictiva descrita; aleación base soldable sin fusión del metal base;
- la Figura 6 es una vista en sección transversal ampliada de una etapa para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido;
- la Figura 7 es una vista de arriba abajo de una cavidad formada para eliminar el defecto de fundición;
- 15 la Figura 8 es una vista en sección transversal ampliada de una etapa para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido según otra realización no restrictiva descrita;
- la Figura 9 es una vista en sección transversal ampliada que ilustra una etapa de formación de una aleación de relleno en la cavidad para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido;
- la Figura 10 es una vista de arriba abajo de una cavidad que ilustra una capa de múltiples puntos de deposición
- 20 láser de polvo de una aleación de relleno que se está formando en la cavidad;
- la Figura 11 es una vista en sección transversal ampliada de una etapa de aplicación de aleación de relleno para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido;
- la Figura 12 es una vista en sección transversal ampliada de una tapa de aleación base soldable sin fusión del metal base una etapa para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido; aleación base soldable sin fusión
- 25 del metal base
- la Figura 13 es una vista en sección transversal ampliada de una etapa de armonización para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido;
- la Figura 14 es una vista en sección transversal ampliada de una etapa de revestimiento para reprocesar un defecto de fundición en el componente fundido;
- 30 la Figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra un método para reprocesar un componente fundido según otra realización no restrictiva descrita; y
- la Figura 16 es una vista de arriba abajo de una cavidad formada para eliminar el defecto de fundición.

Descripción detallada

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un motor 20 de turbina de gas. El motor 20 de turbina de gas se describe en la presente memoria como un turboventilador de doble conjunto rotor que en general incluye una sección 22 de ventilador, una sección 24 de compresor, una sección 26 de cámara de combustión y una sección 28 de turbina. La sección 22 de ventilador impulsa aire a lo largo de una trayectoria de flujo de derivación y al interior de la sección 24 de compresor. La sección 24 de compresor impulsa aire a lo largo de una trayectoria de flujo primario para la compresión y la comunicación a la sección 26 de cámara de combustión, que entonces expande y dirige el aire a través de la sección 28 de turbina. Aunque está representado como un turboventilador en la realización no restrictiva descrita, debería entenderse que los conceptos descritos en la presente memoria no están limitados al uso con turboventiladores dado que las enseñanzas pueden aplicarse a otros tipos de motores de turbina tales como turborreactores, turboejes, turboventiladores de tres conjuntos rotores (más ventilador) con un conjunto rotor intermedio así como turbinas de gas industriales.

El motor 20 incluye en general un conjunto rotor bajo 30 y un conjunto rotor alto 32 montados para una rotación alrededor de un eje longitudinal central A de motor en relación con un conjunto 36 de carcasa de motor a través de varias estructuras 38 de cojinete. El conjunto rotor bajo 30 incluye en general un árbol interior 40 que interconecta un ventilador 42, un compresor 44 de baja presión (LPC (*low pressure compressor*)) y una turbina 46 de baja presión (LPT (*low pressure turbine*)). El árbol interior 40 acciona el ventilador 42 directamente o a través de una arquitectura 48 de engranajes para accionar el ventilador 42 a una velocidad menor que el conjunto rotor bajo 30. Una transmisión de reducción ejemplar es una transmisión epicíclica, concretamente un sistema de engranaje planetario o de rueda en estrella.

El conjunto rotor alto 32 incluye un árbol exterior 50 que interconecta un compresor 52 de alta presión (HPC (*high pressure compressor*)) y una turbina 54 de alta presión (HPT (*high pressure turbine*)). Entre el HPC 52 y la HPT 54 está dispuesta una cámara 56 de combustión. El árbol interior 40 y el árbol exterior 50 son concéntricos y rotan alrededor de un eje longitudinal central A de motor que es colineal con sus ejes longitudinales.

El flujo de aire primario se comprime mediante el LPC 44 y luego el HPC 52, se mezcla con el combustible y se quema en la cámara 56 de combustión, luego se expande mediante la HPT 54 y la LPT 46. La LPT 46 y la HPT 54 accionan en rotación el conjunto rotor bajo 30 y el conjunto rotor alto 32 respectivo en respuesta a la expansión. Los árboles principales 40, 50 de motor están soportados en una pluralidad de puntos por estructuras 38 de cojinete dentro del conjunto 36 de carcasa de motor.

El conjunto 36 de carcasa de motor puede incluir una pluralidad de módulos, tales como un módulo 72 de armazón central de turbina (MTF) (Figura 2). Debería entenderse que pueden utilizarse módulos adicionales o alternativos para formar el conjunto 36 de carcasa de motor.

Con referencia a la Figura 2, el módulo 72 de MTF incluye en general una carcasa exterior 80 de turbina, una armazón central 82 de turbina (MTF) que define una pluralidad de álabes huecos 84, una pluralidad de barras 86 de unión, múltiples tuercas 88 de barra de unión, una carcasa interior 90, una junta hermética 92 de HPT, una pantalla térmica 94, una junta hermética 96 de LPT, múltiples pasadores 98 de centrado y un conjunto 100 de enchufe de animiscopio. El módulo 72 de MTF soporta un compartimento 38 a través del cual están soportados con posibilidad de rotación los árboles interior y exterior 40, 50. Debería apreciarse que dentro de la MTF 82 pueden estar previstos adicionalmente o como alternativa diversos otros componentes, por ejemplo sólo, la junta hermética 96 de LPT puede denominarse como alternativa junta hermética intermedia en otras arquitecturas de motor.

Cada una de las barras 86 de unión se monta en la carcasa interior 90 y se extiende a través de un álabe 84 respectivo para ser fijada a la carcasa exterior 80 de turbina con las múltiples tuercas 88 de barra de unión. Es decir, cada barra 86 de unión está típicamente envainada en un álabe 84 a través del cual pasa la barra 86 de unión. Los otros álabes 84 pueden proporcionar como alternativa o adicionalmente otros caminos de servicio. Los múltiples pasadores 98 de centrado están distribuidos de manera circunferencial entre los álabes 84 para acoplarse a unos salientes 102 en la MTF 82 para situar la MTF 82 con respecto a la carcasa interior 90 y la carcasa exterior 80 de turbina. Debería entenderse que pueden utilizarse como alternativa o adicionalmente diversas disposiciones de unión.

Con referencia a la Figura 3, la MTF 82 en una realización no restrictiva descrita se fabrica a partir de múltiples singletes fundidos 110 (mostrado uno). Los múltiples singletes 110 están soldados entre sí para definir una configuración anillo-álabe-anillo en la que una plataforma interior 112 está separada de una plataforma exterior 114 mediante múltiples álabes 84. Como alternativa, la MTF 82 puede fundirse como un componente unitario. La MTF 82 está fabricada en este ejemplo a partir de una aleación de base níquel gamma prima alta tal como una superaleación de base níquel fundido policristalina MAR-M 247. Debería apreciarse que la superaleación de base níquel fundido policristalina MAR-M 247 se utiliza en este ejemplo como la aleación base soldable sin fusión del metal base con la MTF 82 como pieza de trabajo, pero también se beneficiarán de esto otras aleaciones base soldables sin fusión del metal base y otras piezas de trabajo fundidas.

En algunos componentes, incluso con una fabricación normal aceptable, el proceso de fundición puede tener como resultado la formación de defectos de fundición (ilustrados esquemáticamente mediante el área D; también mostrada en la Figura 4). Cada defecto de fundición tiene típicamente un tamaño de menos de aproximadamente 25 mm (1 pulgada). Debería apreciarse que de esto se beneficiarán diversos tamaños y ubicaciones de defectos de fundición. Además, de acuerdo con el método descrito pueden repararse o reprocesarse diversas aleaciones de base níquel fundido.

Con referencia a la Figura 5, una realización no restrictiva descrita de un método 200 de reprocesamiento incluye inicialmente la eliminación del defecto D de fundición (Figura 4) por ejemplo a través de mecanizado, rectificado u otra operación (etapa 202; Figuras 6 y 7). La eliminación del defecto D de fundición forma una cavidad C. La eliminación del defecto D de fundición puede realizarse para formar una pared W alrededor de la periferia de la cavidad C en un ángulo inclinado α específico. En un ejemplo, el ángulo inclinado puede ser de aproximadamente 30 a 75 grados. Debería apreciarse que la cavidad C puede definir una periferia circular, una periferia rectilínea (Figura 8) u otra periferia.

En otra realización no restrictiva descrita, la eliminación de un defecto de fundición puede tener como resultado un agujero pasante CH (Figura 8). De nuevo, un ángulo inclinado de la pared W que rodea la cavidad C puede definir un ángulo inclinado y está típicamente entre aproximadamente 30 y 75 grados.

Un respaldo P tal como una chapa metálica cierra el agujero pasante CH (Figura 8). El espesor del respaldo es típicamente de 0,254 a 0,508 mm (0,010 a 0,020 pulgadas) y puede tener aproximadamente un espesor de aproximadamente sólo 0,08 mm (0,003 pulgadas) y estar acoplado mecánicamente de manera temporal a la pieza de trabajo por ejemplo mediante una abrazadera. El respaldo P se retira después del reprocesamiento.

Después, se utiliza un sistema 300 de deposición láser de polvo (ilustrado esquemáticamente; Figura 9) para depositar una aleación F de relleno de un polvo de aleación como puntos discretos S de deposición láser de polvo en la cavidad C (Figura 10). El polvo metálico puede ser una aleación con una composición de igual resistencia que

el metal base o una composición de menor resistencia que el metal base que incluye, pero no se limita a, Hastelloy X, PWA 795, MERL 72, Alloy 625 y otras.

Los procesos de deposición láser de polvo son métodos con los que se inyecta polvo metálico en el haz convergente de un láser de alta potencia en condiciones atmosféricas controladas. El haz de láser convergente funde la superficie del material objetivo y genera un pequeño conjunto fundido de material base. El polvo suministrado a este mismo punto S es absorbido en el conjunto de masa fundida, generando así un punto S que puede, por ejemplo, variar desde aproximadamente 0,127 mm hasta 1 mm (0,005 a 0,040 pulgadas) de espesor y desde 0,5 mm hasta 4,1 mm (0,020 a 0,160 pulgadas) de diámetro. Un tamaño típico de punto láser es aproximadamente 0,4 mm (0,016 pulgadas) de espesor y 1,2 mm (0,050 pulgadas) de diámetro. El uso del método descrito en la presente memoria facilita la deposición de metal sobre metal base soldable sin fusión del metal base sin agrietamiento debido a la mínima energía láser utilizada. En una realización no restrictiva descrita el sistema 300 de deposición láser de polvo está montado en un efector terminal automatizado adaptado para dirigir el haz de láser convergente y la inyección de polvo metálico en una orientación conocida en relación con la superficie de la pieza de trabajo. Debería apreciarse que el efector terminal automatizado, la pieza de trabajo, o ambos pueden inclinarse o ajustarse de otro modo durante el proceso para obtener un ángulo de incidencia del láser deseado de manera que la energía láser pueda ser absorbida eficazmente.

Debería señalarse también que el ángulo ilustrado en la Figura 6 y la Figura 8 es el ángulo inclinado de la pared y no debería confundirse con el ángulo de incidencia del láser. El ángulo inclinado de la pared puede determinarse sobre la base de los siguientes dos criterios. En primer lugar, el ángulo de incidencia del láser debe ser de 30 grados o más. El ángulo de incidencia del láser se define como el ángulo entre el haz de láser y la superficie localizada con la que el haz de láser interactúa. Cuando el cabezal láser está situado directamente encima del respaldo P con el movimiento del cabezal láser paralelo al fondo plano del respaldo P como está ilustrado en la Figura 6 o la Figura 8, el ángulo de incidencia del láser es de 90 grados con respecto al fondo plano del respaldo P y el ángulo de incidencia del láser en la pared de la cavidad es exactamente el mismo que el ángulo inclinado ilustrado en la Figura 6 o la Figura 8. Si el cabezal láser está inclinado de tal manera que el haz de láser no esté exactamente a 90 grados con respecto al fondo plano del respaldo P, el ángulo de incidencia del láser será diferente del ángulo ilustrado en la Figura 6 o la Figura 8. Si el ángulo de incidencia del láser es menor de 30 grados, puede reflejarse demasiada energía láser y tener como resultado una falta de fusión debido a que el metal no absorbe suficiente energía. En segundo lugar, si el ángulo inclinado ilustrado en la Figura 6 o la Figura 8 es mayor de 75 grados, el ángulo de incidencia del láser será mayor de 30 grados, lo que es aceptable para lograr depósitos de soldadura por láser libres de defectos. Sin embargo, la apertura de la cavidad puede no ser económicamente práctica desde un punto de vista del coste del tratamiento de reprocesamiento. Debería señalarse que el ángulo de incidencia del láser en el área del fondo plano del respaldo P está típicamente cerca de 90 grados y es aceptable.

La cavidad C se llena con una multitud de capas de una multitud de puntos S de deposición láser de polvo aplicados con el sistema 300 de deposición láser de polvo por lo general a temperatura ambiente. En un ejemplo, cada punto S de polvo láser cubre los puntos S de deposición láser de polvo adyacentes en aproximadamente un 50 %. Es decir, los múltiples puntos S de deposición láser de polvo de cada capa forman una matriz de puntos S de deposición láser de polvo solapados. Los puntos S de deposición láser de polvo más exteriores están situados al menos parcialmente sobre la pared W. Es decir, el ángulo inclinado de la pared W permite que cada capa se solape al menos parcialmente a la pared W y permite que el láser del sistema 300 de deposición láser de polvo acceda directamente al interior de la cavidad C. Debería apreciarse que el ángulo inclinado puede ajustarse al menos parcialmente ajustando el ángulo de incidencia del haz de láser en la pieza de trabajo. En una realización no

restrictiva descrita el sistema 300 de deposición láser de polvo está montado en un efector terminal automatizado adaptado para dirigir el haz de láser convergente y la inyección de polvo metálico en una orientación conocida en relación con la superficie de la pieza de trabajo. Debería apreciarse que el efector terminal automatizado, la pieza de trabajo, o ambos pueden inclinarse o ajustarse de otro modo durante el proceso para obtener un ángulo de incidencia del láser deseado, pero, incluso si se cambia el ángulo durante el proceso, se requiere un ángulo mayor de aproximadamente 30 grados para que la energía láser sea absorbida eficazmente.

Se aplican progresivamente capas adicionales de puntos S de deposición láser de polvo para llenar al menos parcialmente la cavidad C (Figura 11). Es decir, aunque cada punto S es en general equivalente, típicamente se aplica un mayor número de puntos de deposición láser de polvo en cada capa para llenar la cavidad C. Cuando se aplica cada capa subsiguiente de puntos S de deposición láser de polvo, la altura del cabezal láser puede también ajustarse para asegurarse de que la distancia del láser a la capa se mantenga en general constante de manera que la potencia del láser y la cantidad de polvo por punto S se mantengan en general constantes.

La deposición de puntos láser discretos en lugar de un haz de láser continuo, y la colocación de cada punto láser facilita el llenado de la cavidad C que puede tener una forma irregular sin necesidad de programar el movimiento del haz de láser para seguir la forma de la cavidad y evita la posibilidad de un agrietamiento a partir de la deposición de soldadura.

Para adaptarse a los diferentes tamaños de cavidad por llenar, el operador de la máquina láser sólo tiene que cambiar el número de puntos láser depositados. Por ejemplo, un comando para que la máquina láser llene una matriz de 14 por 14 puntos (un total de 196 puntos) llenará una cavidad aproximadamente el doble de grande que la cavidad llenada con una matriz de 10 por 10 puntos (un total de 100 puntos). Para adaptarse a las diferentes geometrías de la cavidad, el operador de la máquina láser necesita sólo cambiar el número de puntos láser en cada dirección. Por ejemplo, la matriz de 10 por 15 puntos llenará una cavidad rectangular con el lado largo aproximadamente del doble de longitud que el lado corto. Debería señalarse que la forma de una cavidad es típicamente irregular, no exactamente cuadrada o rectangular. La deposición de un patrón rectangular puede tener como resultado puntos adicionales depositados. Esto es aceptable dado que siempre es posible difuminar la deposición de metal adicional en la terminación de la deposición. El método aquí descrito es muy importante dado que las geometrías de los defectos de fundición son siempre irregulares. La programación de un haz de láser para seguir una forma irregular cada vez elevaría el coste del proceso de reprocesamiento tanto que se volvería antieconómico.

En una realización no restrictiva descrita, cada punto láser está colocado entre dos puntos de la capa anterior. Con esta manera de colocación de puntos láser, puede lograrse una altura de acumulación uniforme y puede evitarse adicionalmente la posible falta de fusión entre dos puntos láser.

En una realización no restrictiva descrita específica, una cavidad C de una pieza de trabajo de MTF 82 fabricada en una aleación base B soldable sin fusión del metal base de superaleación de base níquel fundido policristalina MAR-M 247 se llena con una aleación F de relleno de PWA 795. Es decir, la aleación base soldable sin fusión del metal base de la pieza de trabajo es de un material mientras que la aleación F de relleno es de un material diferente.

Una vez que se ha llenado o se ha llenado al menos parcialmente la cavidad C con múltiples capas de los múltiples puntos S de deposición láser de polvo, la aleación F de relleno puede someterse a un procesamiento (etapa 208) posterior a la soldadura. Los ejemplos de procesamiento posterior a la soldadura incluyen, pero no están limitados a, un tratamiento térmico de solubilización más un tratamiento térmico de estabilización, un tratamiento térmico para

relajar esfuerzos residuales, un prensado isostático en caliente, una relajación de esfuerzos residuales mediante métodos mecánicos y/u otros.

Si una aplicación requiere usar en la superficie una aleación de igual resistencia que el metal base para satisfacer una propiedad de material requerida, opcionalmente puede aplicarse al menos parcialmente dentro de la cavidad C y sobre la aleación F de relleno (etapa 206; Figura 12) una capa opcional de aleación base BC soldable sin fusión del metal base. Es decir, la aleación base B soldable sin fusión del metal base de la pieza de trabajo se utiliza para cubrir o tapar la cavidad C que está llena principalmente de la aleación F de relleno. En este ejemplo, la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base es MAR-M 247 que se deposita por electroerosión para llenar completamente la cavidad C. En este ejemplo, la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base puede tener un espesor de aproximadamente 0,25 mm (0,010 pulgadas). Debería apreciarse que la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base no es siempre necesaria.

La deposición por electroerosión puede denominarse también “endurecimiento por descargas eléctricas”, “temple por electroerosión” o “aleación por electroerosión”. Debería apreciarse que pueden utilizarse otras técnicas dado que, ya que sólo se aplica una tapa relativamente delgada de aleación base BC soldable sin fusión del metal base, aún se utiliza fácilmente una técnica relativamente lenta. Es decir, una técnica que de otro modo podría ser demasiado lenta y cara para llenar toda la cavidad C, se utiliza fácilmente para formar la tapa delgada de aleación base B soldable sin fusión del metal base.

Después, la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base BC puede adaptarse a la pieza de trabajo para formar un perfil deseado (etapa 210; Figura 13). Es decir, la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base tiene como resultado una superficie continua de la aleación base B común soldable sin fusión del metal base sobre la cavidad C.

Finalmente, dado que la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base proporciona la superficie contigua, la pieza de trabajo se reviste fácilmente con un revestimiento T (Figura 14). Es decir, la tapa de aleación base BC soldable sin fusión del metal base es totalmente compatible con una barrera de oxidación, térmica u otro revestimiento T adaptado a la aleación base BC soldable sin fusión del metal base de tal manera que se obtiene todo el beneficio de esto.

Con referencia a la Figura 15, en otra realización no restrictiva descrita, la eliminación del defecto de fundición puede tener como resultado el agujero pasante CH (Figura 8) en el que se realiza un método (400) de unión periférica entre las etapas 202 y 204 (Figura 5) para minimizar o evitar toda separación localizada entre el respaldo P y la pared W durante la deposición de puntos láser debido a la contracción de la soldadura. (Figura 8).

El respaldo P puede ser de un material de níquel puro o de una aleación de base níquel. El espesor del respaldo P en esta realización no restrictiva descrita está entre aproximadamente 0,254 y 0,508 mm (0,010 - 0,020 pulgadas). Más específicamente, para un tamaño de abertura de los defectos de aproximadamente 6,35 mm (0,25 pulgadas) y menores, puede preferirse un respaldo P de aproximadamente 0,254 mm (0,010 pulgadas) de espesor, mientras que para defectos de aproximadamente 12,7 mm (0,5 pulgadas) o mayores, puede preferirse un respaldo P de aproximadamente 0,508 mm (0,020 pulgadas) para, por ejemplo, facilitar el control térmico. Como alternativa, debería apreciarse que el respaldo P puede tener un espesor mayor de 0,508 mm (0,020 pulgadas) siempre que se mantenga un contacto íntimo con la pieza fundida en la periferia del defecto.

El respaldo P se procesa posteriormente para proporcionar una rugosidad de superficie deseada por ejemplo a través de chorro de arena, lijado u otra preparación de superficie para proporcionar una superficie reflectante

apropiada para el láser (etapa 402; Figura 15). Un fin de proporcionar una rugosidad de superficie deseada es evitar que el respaldo P absorba menos energía del haz de láser debido a una reflexión del haz de láser que pueda tener como resultado una falta de fusión entre el respaldo P y la pared W. En esta realización no restrictiva descrita la rugosidad de superficie del respaldo P es de al menos aproximadamente 0,003 mm (125 micropulgadas). Una

5 rugosidad de superficie de aproximadamente 0,003 mm (125 micropulgadas) es típicamente aproximadamente igual a la rugosidad de superficie de la pared W a partir de la eliminación del defecto de fundición (etapa 202; Figura 5) o es suficiente para no causar una absorción de energía láser notablemente diferente entre el respaldo y la pared de la cavidad.

Posteriormente a la eliminación del defecto de fundición (etapa 202; Figura 5), el respaldo P con la superficie preparada se acopla mecánicamente de manera temporal a la pieza de trabajo (etapa 404; Figura 15). El ángulo inclinado de la pared W que rodea la cavidad C puede definir un ángulo inclinado dentro de aproximadamente 30 a 75 grados mientras el respaldo P cierra el agujero pasante CH (Figura 8).

Después, el sistema 300 de deposición láser de polvo (ilustrado esquemáticamente; Figura 9) se utiliza para depositar la aleación F de relleno de un polvo de aleación como puntos discretos S de deposición láser de polvo situados alrededor de la periferia de la cavidad C para unir el respaldo P a la pared W (etapa 406; Figura 15). Los puntos discretos S de deposición láser de polvo están centrados cada uno a lo largo de la superficie I de contacto entre el respaldo P con la pared W con el solapamiento de punto deseado. Es decir, los puntos discretos S de deposición láser de polvo se forman para definir en primer lugar una periferia completa alrededor de la cavidad C (Figura 16). Debería apreciarse que la periferia, aunque se ha ilustrado con una geometría concreta, puede tener

20 diversas geometrías.

La unión completa en la periferia alrededor de la cavidad C asegura un contacto íntimo entre el respaldo P y la pared W para minimizar o eliminar toda separación localizada entre el respaldo P y la pared W durante la deposición subsiguiente de puntos láser debido a la deformación térmica y facilitar un reprocesamiento libre de grietas de la soldadura.

25 El método reduce el tiempo de reparación típico de varias horas a solamente unos minutos. Esto reduce el coste total para fundir componentes de aleación de base níquel gamma prima alta tales como la superaleación de base níquel fundido policristalina MAR-M 247 y la reparación y nueva fabricación de otras piezas fundidas de aleación de níquel.

El uso de los términos “un” y “una” y “el” y “la” y referencias similares en el contexto de la descripción (especialmente en el contexto de las reivindicaciones siguientes) debe interpretarse que incluye tanto el singular como el plural, a no ser que se indique lo contrario en la presente memoria o que lo contradiga específicamente el contexto. El calificativo “aproximadamente” utilizado en conexión con una cantidad incluye el valor indicado y tiene el significado dictado por el contexto (por ejemplo, incluye el grado de error asociado con la medición de la cantidad concreta). Todos los intervalos descritos en la presente memoria incluyen los puntos finales, y los puntos finales pueden

35 combinarse independientemente entre sí. Debería apreciarse que los términos posicionales relativos tales como “adelante”, “atrás”, “superior”, “inferior”, “encima”, “debajo” y similares son con referencia a la posición de funcionamiento normal del vehículo y no deberían considerarse restrictivos de otra manera.

Aunque las diferentes realizaciones no restrictivas tienen componentes específicos ilustrados, las realizaciones de esta invención no están limitadas a esas combinaciones concretas. Es posible utilizar algunos de los componentes o características de cualquiera de las realizaciones no restrictivas en combinación con características o componentes

40 de cualquiera de las otras realizaciones no restrictivas.

Debería apreciarse que los números de referencia iguales identifican elementos correspondientes o similares en los diversos dibujos. Debería apreciarse también que aunque en la realización ilustrada se describe una disposición concreta de componentes, se beneficiarán de esto otras disposiciones.

5 Aunque se muestran, describen y reivindican secuencias concretas de etapas, debería entenderse que las etapas pueden realizarse en cualquier orden, separarse o combinarse a no ser que se indique lo contrario y seguirán beneficiándose de la presente descripción.

10 La descripción anterior es ejemplar, más que estar definida por las limitaciones que presenta. En la presente memoria se describen diversas realizaciones no restrictivas, pero el técnico medio en la materia reconocerá que a la luz de las enseñanzas anteriores diversas modificaciones y variaciones estarán incluidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, debe entenderse que dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la descripción puede practicarse de otro modo que el específicamente descrito. Por este motivo las reivindicaciones adjuntas deberían estudiarse para determinar el alcance y el contenido reales. realizaciones no restrictivas en combinación con características o componentes de cualquiera de las otras realizaciones no restrictivas.

15 Debería apreciarse que los números de referencia iguales identifican elementos correspondientes o similares en los diversos dibujos. Debería apreciarse también que aunque en la realización ilustrada se describe una disposición concreta de componentes, se beneficiarán de esto otras disposiciones.

Aunque se muestran, describen y reivindican secuencias concretas de etapas, debería entenderse que las etapas pueden realizarse en cualquier orden, separarse o combinarse a no ser que se indique lo contrario y seguirán beneficiándose de la presente descripción.

20 La descripción anterior es ejemplar, más que estar definida por las limitaciones que presenta. En la presente memoria se describen diversas realizaciones no restrictivas, pero el técnico medio en la materia reconocerá que a la luz de las enseñanzas anteriores diversas modificaciones y variaciones estarán incluidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, debe entenderse que dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la descripción puede practicarse de otro modo que el específicamente descrito. Por este motivo las reivindicaciones
25 adjuntas deberían estudiarse para determinar el alcance y el contenido reales.

REIVINDICACIONES

1. Un método (200) para reprocesar un componente, que comprende:
- eliminar un defecto (D) de un componente fabricado en una aleación base (B) soldable sin fusión del metal base para formar una cavidad (C) que tiene como resultado un agujero pasante (CH);
- 5 sellar el agujero pasante (CH) con un respaldo (P); y
- llenar al menos parcialmente la cavidad (C) con una aleación (F) de relleno,
- caracterizado por que el llenado al menos parcial de la cavidad (C) con la aleación (F) de relleno comprende llenar al menos parcialmente la cavidad (C) con múltiples capas de múltiples puntos (S) de deposición láser de polvo, cada uno de los puntos (S) de deposición láser de polvo formado por la aleación (F) de relleno,
- 10 incluyendo una primera capa de las múltiples capas un perímetro de los múltiples puntos (S) de deposición láser de polvo que está solapado a una pared (W) de la cavidad (C) y al respaldo (P),
- formando la primera capa de las múltiples capas un perímetro completo alrededor de una superficie de contacto entre el respaldo (P) y la pared (W).
2. El método (200) según la reivindicación 1, en donde la aleación (F) de relleno es un material en polvo soldable por
- 15 fusión.
3. El método (200) según la reivindicación 2, en donde la aleación base (B) soldable sin fusión del metal base es una aleación de base níquel gamma prima alta.
4. El método (200) según cualquier reivindicación precedente, en donde el perímetro completo se forma antes de cualquier otra capa.
- 20 5. El método (200) según cualquier reivindicación precedente, que además comprende formar una rugosidad de superficie deseada en el respaldo (P).
6. El método (200) según cualquier reivindicación precedente, que además comprende sellar por completo el respaldo (P) a lo largo de la pared (W) de la cavidad (C) y el respaldo (P).
7. El método (200) según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en donde la rugosidad de superficie deseada en el
- 25 respaldo (P) proporciona una absorción de energía láser aproximadamente igual entre el respaldo (P) y la pared (W).
8. El método (200) según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde la rugosidad de superficie deseada en el respaldo (P) es de al menos 0,003 mm (125 micropulgadas).
9. El método (200) según cualquier reivindicación precedente, en donde el respaldo (P) está entre 0,254 y 0,508 mm (0,010 - 0,020 pulgadas).
- 30 10. Un componente fundido para un motor (20) de turbina de gas que comprende un componente fundido fabricado en una aleación base (B) soldable sin fusión del metal base con una cavidad (C) que tiene como resultado un agujero pasante (CH) que tiene una pared (W),
- caracterizado por un llenado al menos parcial de la cavidad (C) con múltiples capas de múltiples puntos (S) de deposición láser de polvo, cada uno de los puntos (S) de deposición láser de polvo formado por una aleación (F) de
- 35 relleno,

incluyendo al menos una capa de las múltiples capas un perímetro de los múltiples puntos (S) de deposición láser de polvo que está solapado a una pared (W) de la cavidad (C) y a un respaldo removible (P),

y formando la primera capa de las múltiples capas un perímetro completo alrededor de una superficie de contacto entre el respaldo removible (P) y la pared (W).

- 5 11. El componente fundido según la reivindicación 10, en donde la aleación base (B) soldable sin fusión del metal base es una aleación de base níquel gamma prima alta.
12. El método (200) o componente fundido según cualquier reivindicación precedente, en donde cada punto (s) en una capa está situado entre dos puntos (s) de una capa anterior.

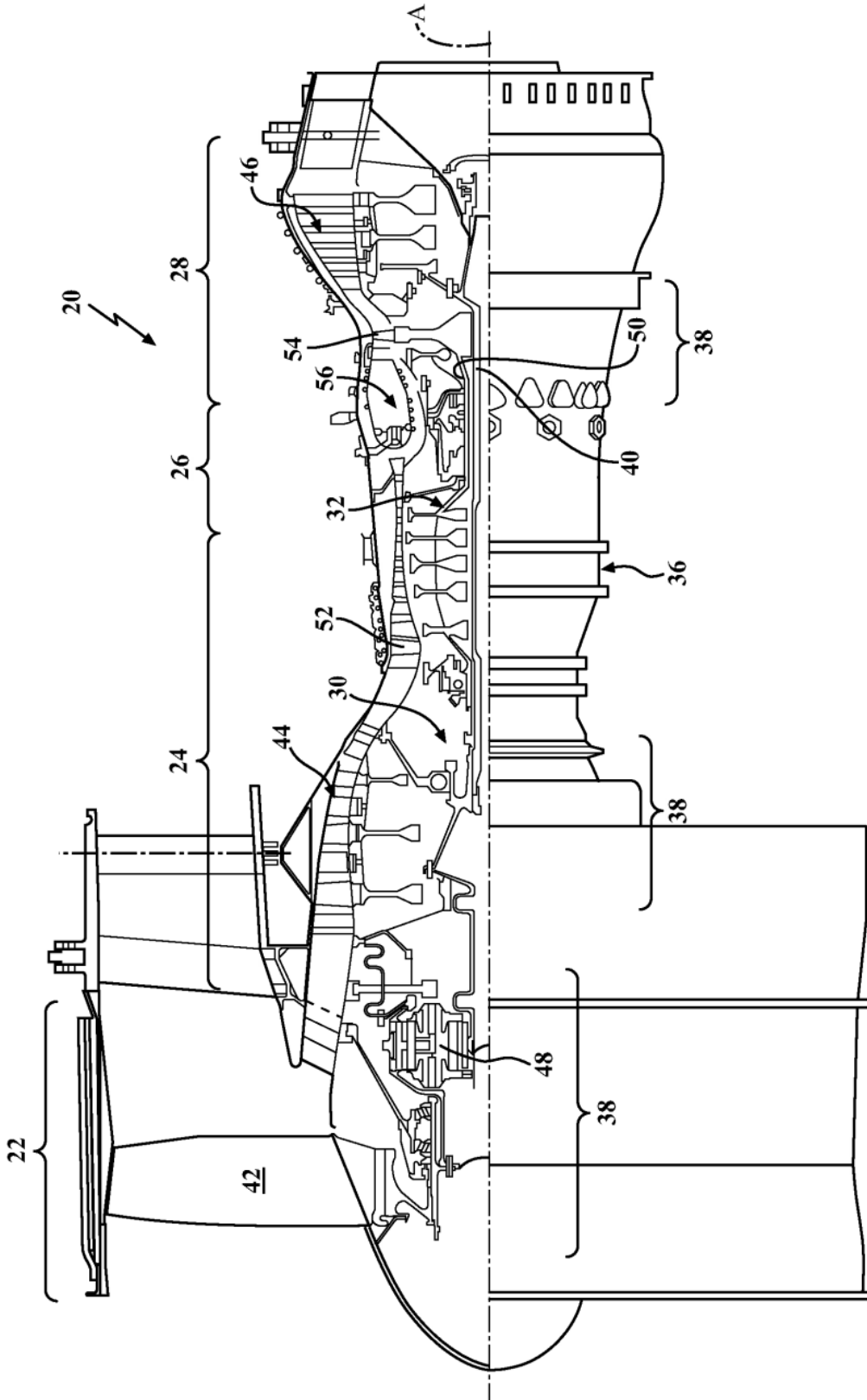


FIG. 1

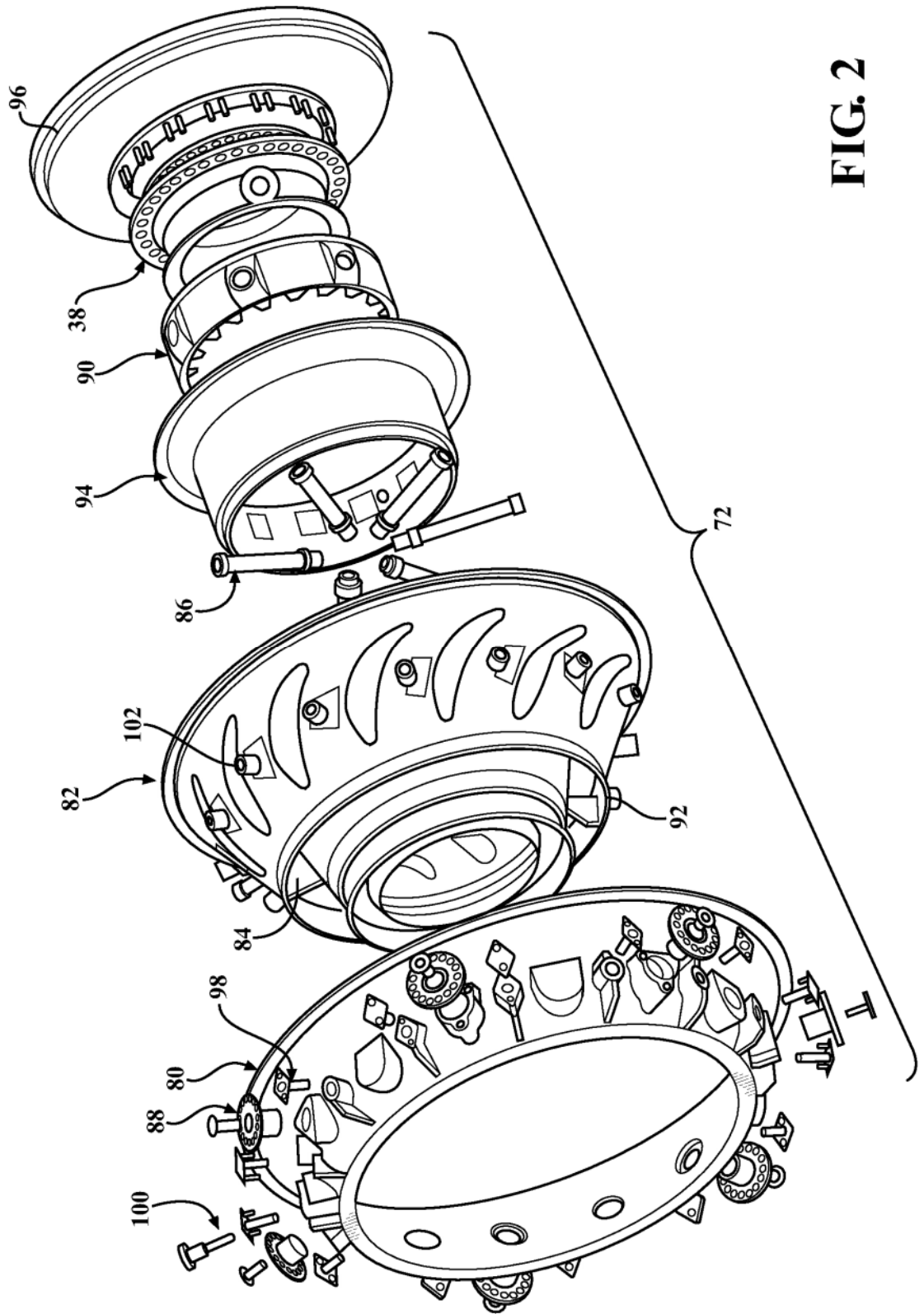


FIG. 2

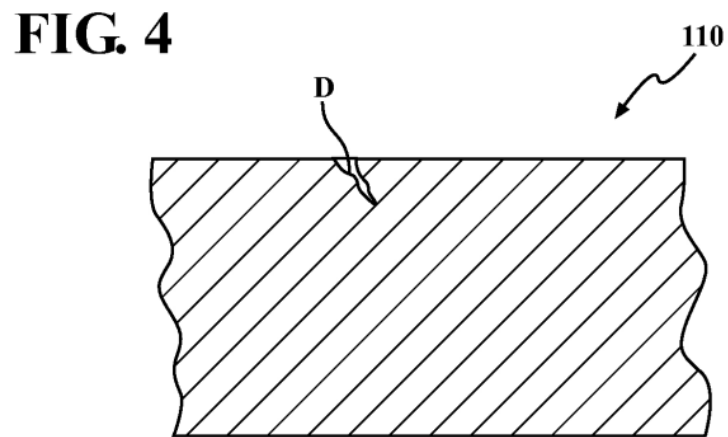
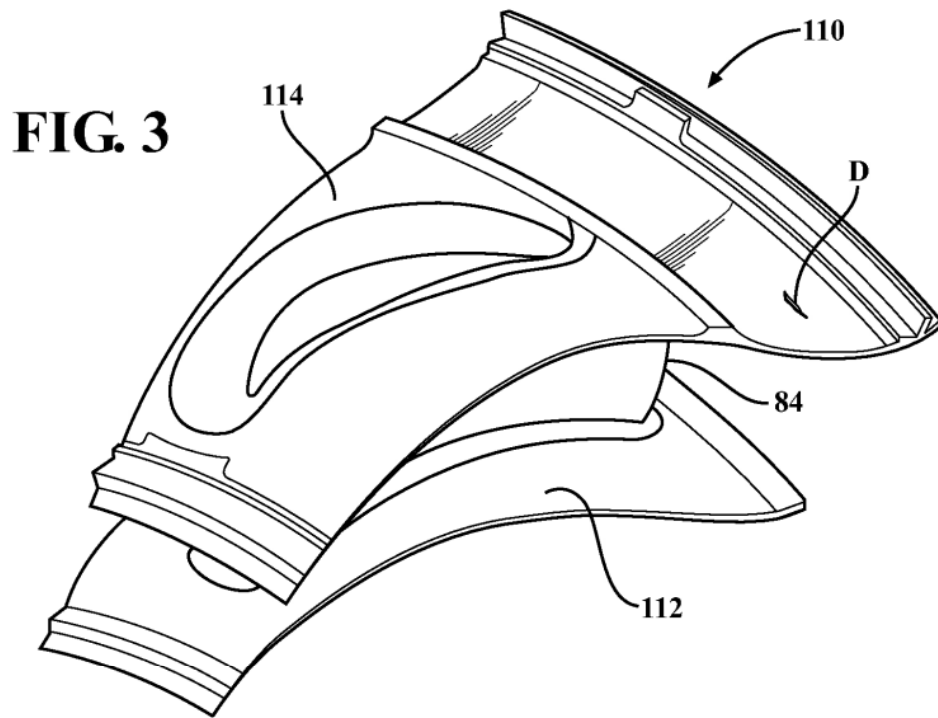


FIG. 5

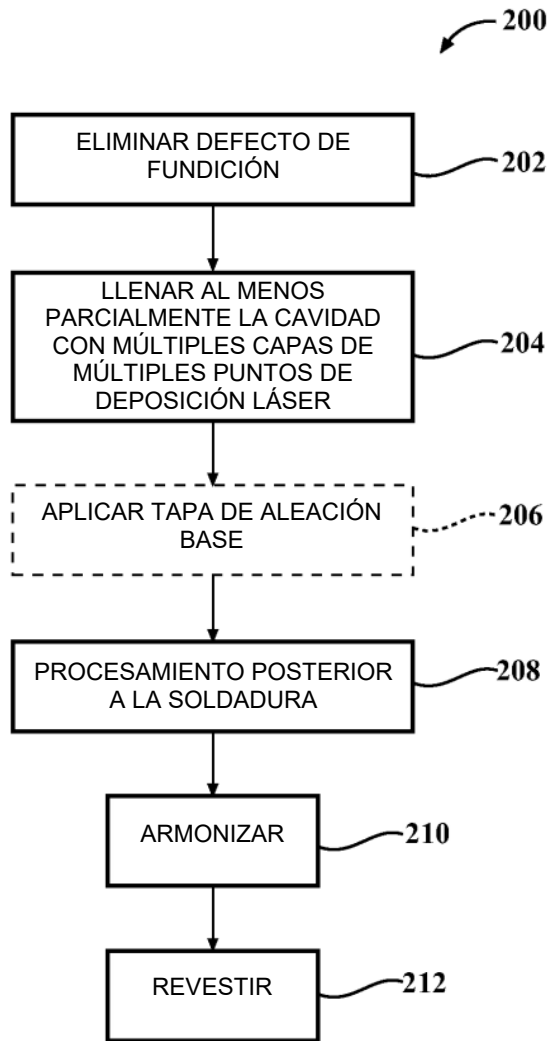


FIG. 6

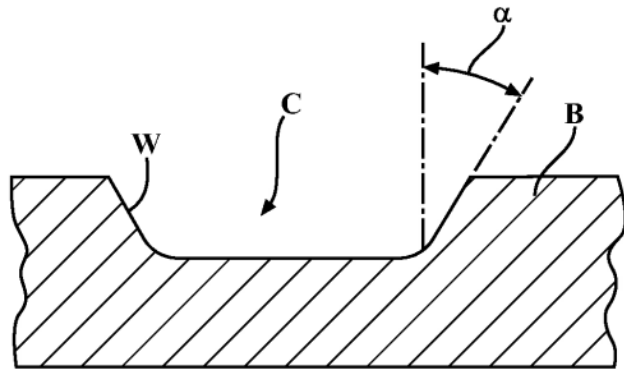


FIG. 7

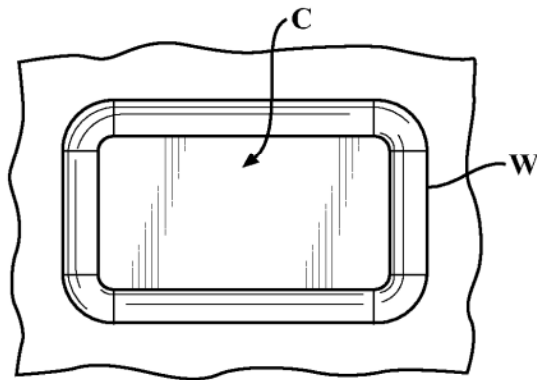


FIG. 8

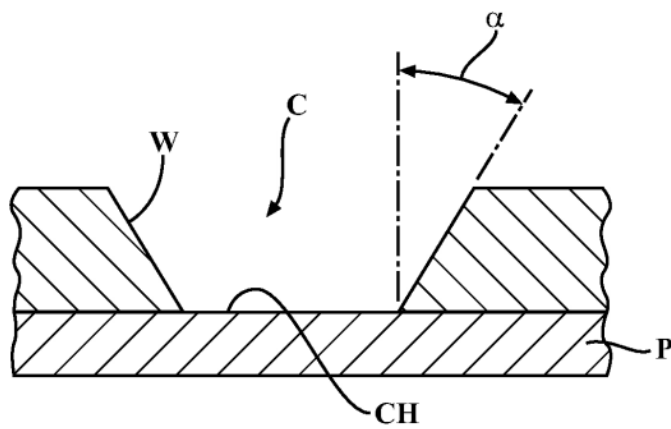


FIG. 9

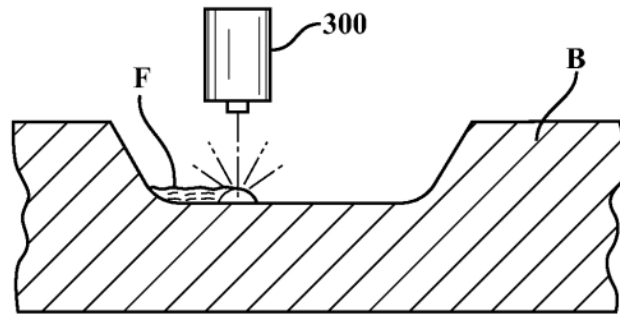


FIG. 10

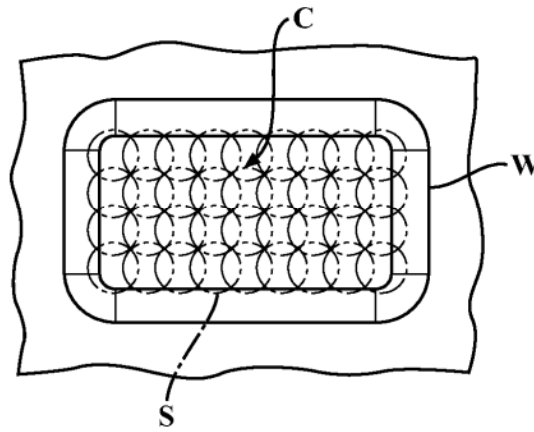
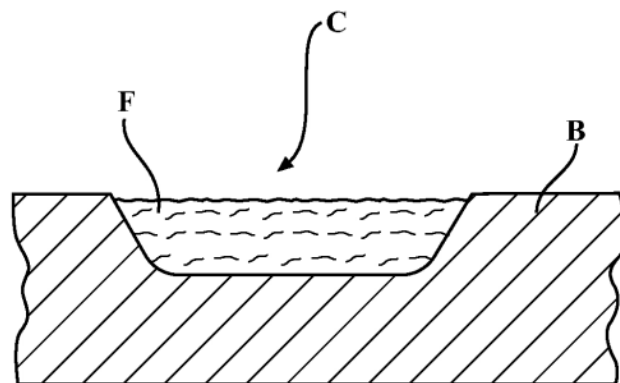
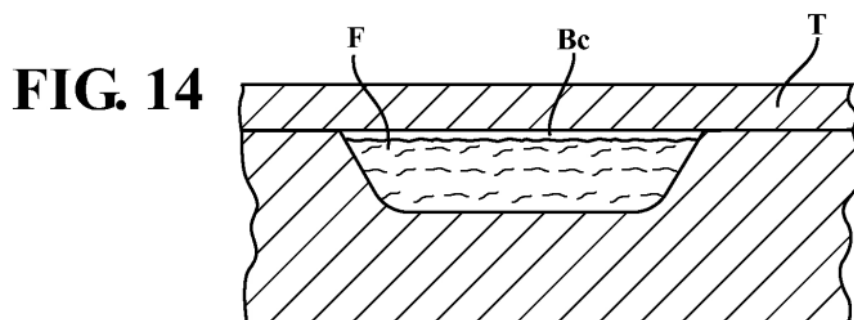
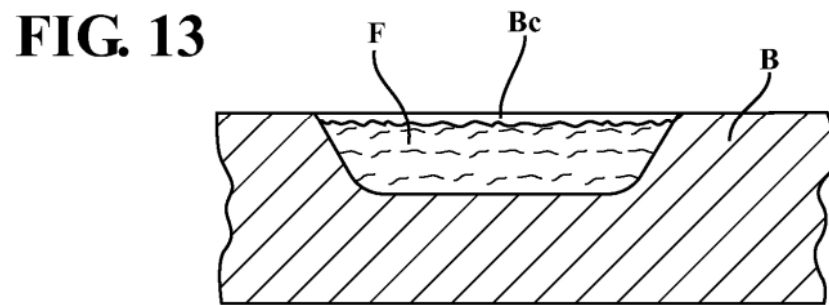
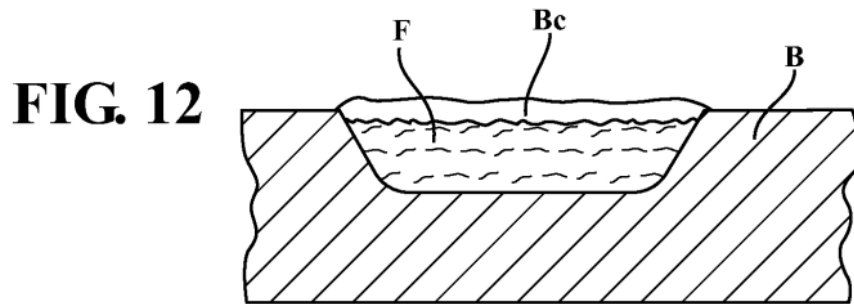


FIG. 11





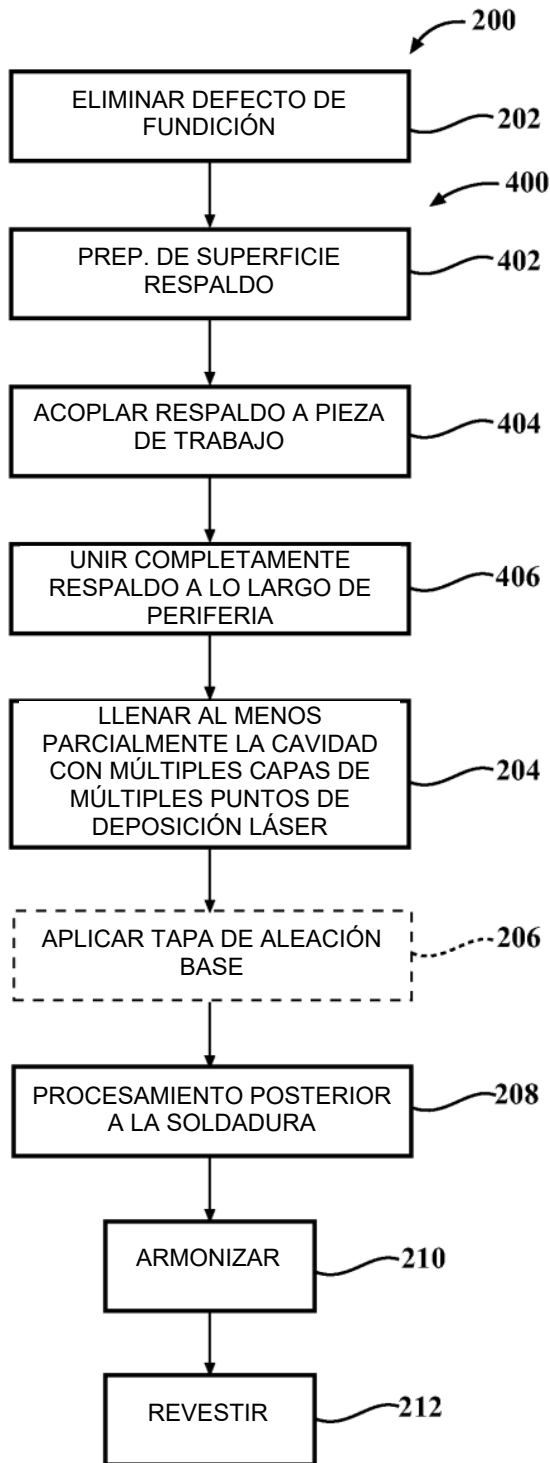


FIG. 15

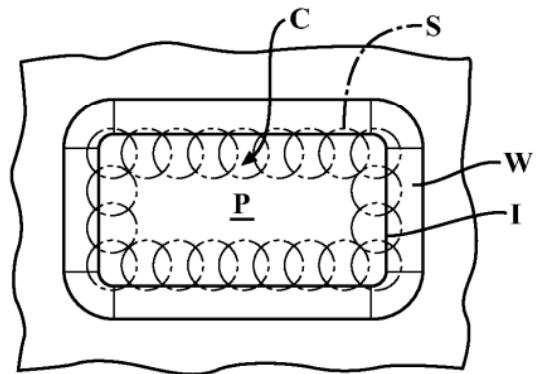


FIG. 16