



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 561**

51 Int. Cl.:
B23K 15/08 (2006.01)
B23K 26/08 (2006.01)
B23K 26/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02727723 .5**
96 Fecha de presentación : **14.05.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1387734**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.02.2004**

54 Título: **Modificación superficial.**

30 Prioridad: **18.05.2001 GB 0112234**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73 Titular/es: **THE WELDING INSTITUTE**
Granta Park
Great Abington, Cambridge CB1 6AL, GB

72 Inventor/es: **Dance, Bruce, Guy, Irvine**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 316 561 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).

ES 2 316 561 T3

DESCRIPCIÓN

Modificación superficial.

5 Esta invención se refiere a un método para trabajar sobre una pieza de trabajo, por ejemplo para modificar o preparar una topografía superficial de la pieza de trabajo o del material precursor para aumentar el grado de fricción mecánica o el grado de interconexión mecánica con respecto a otro material o cuerpo, o para crear orificios en la pieza de trabajo.

10 Se han usado diversos métodos para aumentar la rugosidad de la superficie de los materiales que se han alisado relativamente debido a mecanizado, pulido, formando contra un molde plano y demás. Estos métodos para crear rugosidad incluyen la deformación superficial por medios mecánicos tales como formación de surcos o protuberancias, o medios químicos tales como ataque químico.

15 Como alternativa, el material se ha añadido a la superficie del material precursor, por ejemplo mediante soldadura por arco con un cable de carga consumible. En un ejemplo se han depositado pequeñas gotas de metal sobre una superficie metálica, utilizando el proceso de arco metálico gaseoso de electrodo consumible (GMA) en el que la corriente se modula de manera que las gotas fundidas se separan del electrodo de cable de fusión de una manera discreta y regular. Estas gotas sirven como hoyuelos elevados sobre la superficie del material precursor por
20 lo demás relativamente lisa y se han usado para reducir la tendencia a deslizar entre el cuerpo precursor y otro cuerpo.

El documento EP-A-0626228 describe un método para modificar la superficie de una pieza de trabajo que tiene que unirse con otro miembro que comprende exponer una serie de localizaciones sobre la superficie de la pieza de trabajo
25 a un rayo de energía por lo que cada localización del material de la pieza de trabajo se funde y se separa lateralmente bajo la influencia del rayo de energía y después se permite que solidifique para formar una cavidad rodeada por un área de material solidificado que se eleva con respecto a la superficie adyacente de la pieza de trabajo y tiene un perfil re-entrante.

30 Este documento describe en combinación las características del preámbulo de la reivindicación 1.

De acuerdo con la invención, se proporciona un método para trabajar sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método provocar un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y el rayo de energía en una dirección transversal para exponer una serie de localizaciones sobre la pieza de trabajo al rayo energía; caracterizado porque, en cada
35 localización, se provoca que el rayo de energía se mueva en múltiples direcciones respecto a la pieza de trabajo de una manera predeterminada, por lo que en cada localización, el material de la pieza de trabajo se funde y se redistribuye sobre la pieza de trabajo mediante el rayo de energía para formar una cavidad o un orificio.

La técnica de formación de textura avanzada reivindicada en este documento difiere fundamentalmente del método conocido y aplicado anteriormente. En la forma avanzada, se provoca que el rayo de energía se mueva específicamente (se manipula) de una manera predeterminada en cada localización, en lugar de ser estático. El rayo de energía puede darse en pulsos para exponer cada localización, aunque preferiblemente es continuo. Los movimientos de “desviación secundaria” de alta frecuencia, típicamente relativamente pequeños del rayo en cada localización tienen el efecto de
40 alterar notablemente la redistribución del material fundido generado en cada localización. En general, el movimiento del rayo está predeterminado por una etapa inicial de selección del movimiento deseado.

La invención puede usarse para formar cavidades en la superficie de la pieza de trabajo o para crear orificios, que se extienden típicamente a través de la pieza de trabajo. La formación de un orificio puede realizarse con o sin un sustrato de refuerzo. Adicionalmente, cuando se forma una cavidad u orificio, preferiblemente la etapa de provocar
45 que el rayo se mueva de la manera predeterminada se realiza después de que la cavidad u orificio se hayan formado. Esto permite que la forma de la cavidad u orificio se determine con precisión. En muchos casos, puede usarse también una etapa de manipulación durante la formación de la cavidad/orificio cuando el diámetro de la cavidad/orificio supera el del rayo.

La desviación secundaria es preferiblemente a una frecuencia tal que al menos se realiza una repetición completa del patrón (o al menos en la dirección inversa) en cada localización, y preferiblemente en cada posición se realiza un número entero de repeticiones. Para 1000 orificios por segundo en acero, una frecuencia secundaria de aproximadamente 1000 Hz, 2000 Hz o 3000 Hz es apropiada. En este caso las cavidades serían de ~ 0,5 mm de profundidad y anchura con un espaciado de 0,7 mm. Las frecuencias secundarias mayores pueden requerirse con cavidades de menor
50 diámetro, y las propiedades del material influyen también en la frecuencia óptima.

La “desviación secundaria” usada puede tomar diversas formas, incluyendo circular, lineal, elipsoidal y/o movimientos con forma de figura geométrica sencilla. La desviación secundaria puede combinarse también con otras variaciones adecuadas de distribución de densidad de la energía del rayo temporal y espacial (por ejemplo, por pulsos de la corriente del rayo y/o variando la posición de enfoque del rayo) para conseguir el efecto deseado y permitir un control más ajustado sobre el proceso de formación de la cavidad u orificio.
55

ES 2 316 561 T3

En general, la duración de la interacción del rayo se controla cuidadosamente de manera que la desviación secundaria del rayo se aplica consistentemente en cada localización, es decir, los movimientos del rayo primario y secundario están en la fase correcta uno respecto al otro de manera que el efecto de creación de textura es reproducible y no varía de una manera no sistemática.

5

En el caso de formación de cavidades, las partes elevadas adecuadas u hoyuelos con perfiles de re-entrada pueden generarse sobre la superficie del material por lo demás comparativamente lisa a partir del material precursor fundiendo rápidamente regiones pequeñas localizadas mediante un rayo de energía (típicamente concentrado) tal como un rayo de electrones que incide sobre el material precursor. El rayo de alta densidad de energía se mueve rápidamente de un punto a otro para producir una serie de dichos hoyuelos elevados. Espaciando de forma próxima los hoyuelos puede producirse una línea o cadena semi-continua. Se observa que el material elevado proviene de la fusión y desplazamiento del material fundido, dejando así una pequeña cavidad en el material precursor. Puede perderse parte del material por vaporización bajo la alta densidad de energía del rayo aplicado.

10

Durante el uso, cuando una pieza de trabajo provista con cavidades se adhiere a otro miembro, tanto la cavidad como el hoyuelo elevado pueden contribuir a la interconexión mecánica.

15

La adhesión a las superficies con textura de materiales en fase de vapor también se modifica y potencia.

20

El perfil de re-entrada aumenta adicionalmente las fuerzas mecánicas requeridas para separar el material precursor de o deslizar el material precursor sobre otro miembro.

25

El perfil de re-entrada es beneficioso para retener, por ejemplo, un adhesivo, especialmente un adhesivo que por sí mismo no se une al material precursor o solo se une con una pequeña fuerza. Como alternativa, la fuerza de enlace entre un material no adherente, por ejemplo, un polímero de baja fricción, y la superficie del material precursor puede aumentarse sustancialmente mediante la naturaleza de interconexión del perfil de re-entrada.

30

Además, la superficie procesada se limpia y se libera sustancialmente de cualquier contaminación minoritaria por la acción del rayo, aumentando de esta manera la fuerza de enlace obtenida con cualquier operación de enlace adhesiva posterior.

Cuando una serie de hoyuelos estrechamente espaciados forman una cadena semi-continua, esta cadena tiene preferiblemente también un perfil de re-entrada.

35

Con el fin de aumentar la fuerza de enlace global de un adhesivo, se observa también que el adhesivo preferiblemente entra también en la cavidad así como en la superficie de re-entrada del hoyuelo para aumentar su fuerza de enlace de cizalla.

40

Preferiblemente, la topografía superficial utiliza el material precursor existente para que no se deposite material adicional sobre el precursor. La técnica de cambiar la topografía superficial depende de utilizar la capacidad de fusión/vaporización de un rayo de energía o de una fuente de calor de alta energía que típicamente se enfoca en la región de la superficie de trabajo.

45

Preferiblemente, una parte del movimiento en la manera predeterminada provoca que un área adyacente a la localización se caliente. Dicha área puede estar rodeada por la localización particular o puede constituir otra localización. La localización adyacente puede calentarse antes o después de la formación de la cavidad u orificio, de manera que realiza una pre-formación o una post-formación con el tratamiento térmico, respectivamente. La superficie de la pieza de trabajo en la región adyacente puede calentarse por debajo o por encima de su punto de fusión.

50

La forma del movimiento predeterminado en la localización puede ser similar a la de la parte del movimiento predeterminado en la localización adyacente. Sin embargo, típicamente, estas tienen una forma diferente, por ejemplo, la parte del movimiento predeterminado puede tomar una forma de cuadrícula. En otro ejemplo el área que rodea una cavidad se calienta mediante un movimiento circular del rayo. Típicamente, la parte de calentamiento del movimiento predeterminado ocupa aproximadamente el 30% del tiempo gastado por el rayo en una localización.

55

El calentamiento de una localización adyacente es ventajoso puesto que puede usarse para controlar la velocidad de refrigeración del material y porque produce una adhesión mejorada del material fundido a la superficie de la pieza de trabajo. El precalentamiento permite también conseguir una mejor sincronización entre los movimientos en las direcciones atravesada y transversal.

60

Las localizaciones se espacian típicamente de manera que el material desplazado desde las localizaciones adyacentes está en contacto. La temporización de los movimientos del rayo se controla también preferiblemente de manera que el material desde las localizaciones adyacentes permanece fundido y coalesce durante dicho contacto. Esta coalescencia permite conseguir un amplio intervalo de formas y tamaños en las características de re-entrada puesto que estas características dependen de las fuerzas de tensión superficial dentro del material expulsado y la temperatura (velocidad de refrigeración). La desviación secundaria del rayo se usa por tanto para controlar la expulsión del material, mientras que los tratamientos pre/post-térmicos pueden emplearse para controlar la velocidad de refrigeración.

65

ES 2 316 561 T3

En el ejemplo preferido, el rayo de energía comprende un rayo de electrones. Típicamente, esto se generará de una manera convencional usando una pistola de electrones convencional, moviéndose el rayo a través de la pieza de trabajo bajo control por ordenador usando una técnica similar a la descrita en el documento US-A-5151571 incorporado a este documento como referencia. Típicamente, la energía y la velocidad del movimiento del rayo es tal que se forman más de 500 cavidades por segundo, preferiblemente hasta 580 o más cavidades por segundo. La velocidad relativa del movimiento entre el rayo y la pieza de trabajo es típicamente hasta 1 km/s mientras que el tiempo de tránsito entre las cavidades es típicamente de 1/100 del tiempo de permanencia en cada cavidad. El pico de densidad de energía del rayo de electrones está típicamente en el intervalo de $10^5 - 10^7$ W/mm².

Las cavidades se han realizado a un intervalo de velocidades y tamaños. La velocidad más lenta está bastante por debajo de 400/segundo y no hay límite superior práctico para la velocidad - por ejemplo puede conseguirse 10000/segundo en algunos materiales, y más de esto es ciertamente posible.

La forma del rayo puede ser importante y preferiblemente la corriente en el anillo del rayo es al menos la mitad que la corriente en la parte central, y más especialmente al menos igual a la corriente central. Se obtienen resultados satisfactorios cuando la corriente en el anillo es dos veces o incluso tres veces la corriente central, dependiendo del material precursor y del tipo de hoyuelo deseado.

En otras aplicaciones, pueden usarse otros rayos de energía, por ejemplo un láser. Con un láser, se requiere típicamente una energía neta ligeramente superior por cavidad en contraste con un rayo de electrones, debido a la menor eficacia de acoplamiento con la pieza de trabajo. Las duraciones de pulso láser actual reales pueden ser más cortas que con rayos de electrones, y correspondientemente el pico de densidad de energía puede ser ligeramente mayor. Pueden producirse cavidades de tamaño similar a una velocidad de 20 por segundo usando un láser de CO₂ con salida por pulsos media de 300 W dando aproximadamente 15 julios por cavidad.

Potencialmente puede producirse cualquier tamaño de cavidad u orificio, por ejemplo variando desde aquellas con diámetros/profundidades del orden de milímetros a menos de 10 micrómetros. El diámetro mínimo de cada cavidad/orificio se determina por el diámetro del rayo, mientras que los diámetros más grandes pueden conseguirse usando un diámetro de rayo mayor y una desviación secundaria apropiada. Típicamente, los orificios o cavidades tienen un diámetro máximo de sustancialmente 0,6 mm y una profundidad en el intervalo de 0,6 - 1 mm. En el caso preferido, el espaciado entre cavidades u orificios es de aproximadamente 1 mm.

Las dimensiones de cada cavidad u orificio indicadas anteriormente se reducirán mediante la intrusión del material refundido produciendo una característica de re-entrada.

En algunos casos, las cavidades u orificios pueden tener una forma sustancialmente similar y pueden disponerse después en una disposición cuadrada o empaquetada cerrada. Sin embargo, pueden producirse cavidades u orificios de tamaño variable, permitiendo formar otros patrones de cavidades.

En algunos casos, las texturas que contienen características de re-entrada y de no re-entrada pueden combinarse con la producción de orificios de paso en lugar de orificios ciegos. La distinción entre esto y la técnica conocida de perforación EB depende del proceso en su desplazamiento controlado de parte o todo el material fundido en lugar de su completa retirada como en la perforación EB clásica. El control e implementación de este proceso podría estar en la desviación del rayo secundaria, para controlar la temporización y extensión de la penetración del rayo a través del material. La expulsión parcial del material después de la penetración ocurriría usando un material de refuerzo volátil en el modo normal, seguido de una fusión controlada y desplazamiento del material periférico para dar el perfil de borde deseado.

Típicamente, la pieza de trabajo es cualquier metal u otro material que pueda fundirse o vaporizarse mediante el rayo de energía. Un ejemplo es el acero. Los no metales pueden procesarse también aunque no sean eléctricamente conductores. Por ejemplo, las características de re-entrada pueden producirse en cerámicos tales como cuarzo y alúmina, vidrios, polímeros y materiales compuestos. El mecanismo es el mismo, salvo en algunos polímeros, en los que se vaporiza mayor cantidad del material.

De acuerdo con un otro aspecto de la presente invención, un método para unir una pieza de trabajo a otro miembro comprende preparar una superficie de la pieza de trabajo usando un método de acuerdo con la invención para formar una o más cavidades en la superficie de la pieza de trabajo; y adherir otro miembro a la superficie preparada de la pieza de trabajo.

Este método es útil en numerosas aplicaciones. En particular, el otro miembro puede ser cualquier polímero u otro material que pueda introducirse satisfactoriamente por cualquier combinación de presión, calor o reacción química en las cavidades en un sustrato o pieza de trabajo elegido. Por ejemplo, el otro miembro puede comprender uno de nylon, PTFE, PMMA, aluminio y sus aleaciones, resinas fenólicas, y magnesio y sus aleaciones.

Los ejemplos de aplicaciones importantes de la invención incluyen adherir pastillas de freno a los refuerzos de pastilla de freno metálica; unir polímeros de baja fricción a metales resistentes a corrosión para fabricar dispositivos protésicos, por ejemplo articulaciones de cadera etc.; unir goma a acero u otros metales por ejemplo para la fabricación

ES 2 316 561 T3

de amortiguadores de absorción de impacto; y unir aluminio a acero o hierro colado, por ejemplo para la fabricación de discos de freno de peso ligero.

5 Algunos ejemplos de métodos de acuerdo con la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

Las Figuras 1a - 1h muestra etapas sucesivas en la formación de una cavidad con una característica de re-entrada.

10 Las Figuras 2A - 2C ilustran tres disposiciones diferentes de cavidades;

La Figura 3 muestra un ejemplo de una distribución de densidad de energía del rayo de electrones;

La Figura 4 ilustra esquemáticamente el aparato para realizar el método;

15 La Figura 5 ilustra parte de un segundo ejemplo del aparato para realizar el método,

La Figura 6 ilustra el aparato de la Figura 5 con más detalle;

20 La Figura 7 ilustra un orificio de penetración asimétrico;

Las Figuras 8a - 8e ilustran las etapas sucesivas en la formación de un orificio de paso usando un sustrato de refuerzo;

25 Las Figuras 9a - 9e ilustran las etapas sucesivas en la formación de un orificio de paso sin un sustrato de refuerzo;

La Figura 10 ilustra la suma de los movimientos relativos del rayo;

La Figura 11a muestra un tratamiento pre-calentado circular de una localización;

30 La Figura 11b muestra un tratamiento pre-calentado de una cuadrícula de una localización adyacente;

La Figura 11c muestra un tratamiento post-calentado circular de una localización adyacente;

35 La Figura 11d muestra un tratamiento pre-calentado lineal de una región entre las localizaciones.

Las Figuras 1a - 1h ilustran etapas sucesivas en la formación de una cavidad con una característica de superficie de re-entrada. Al principio, un rayo de electrones o rayo láser 1 incide sobre un sustrato tal como una pieza de acero 2. Posteriormente (Figura 1b) una cavidad llena con vapor 3 comienza a formarse con el material fundido 4 desplazado lateralmente hacia afuera. Después de una exposición adicional, más material fundido 4 se desplaza y el rayo se desvía para formar una zona fundida extendida 5 en la superficie (Figura 1c). El rayo 1 se desvía adicionalmente (Figura 1d) desplazando de esta manera más material fundido 4 para formar una zona fundida extendida en la superficie.

45 La desviación puede tomar diversas formas como se muestra en las Figuras 1e y 1f. Típicamente, sigue una localización cerrada y puede repetirse un número de veces.

50 El rayo 1 se mueve después a una segunda localización y comienza a formar una segunda cavidad 3' (Figura 1g) desplazando de esta manera más material fundido 4'. Este material fundido adicional 4' solapa con el material previo en una zona adyacente 5 y después solidifica posteriormente en un perfil casi esférico bajo las fuerzas de tensión superficial como se indica en 6 en la Figura 1h formando de esta manera la característica de re-entrada 7.

55 En general, cada cavidad tendrá una configuración similar y una forma y las cavidades pueden disponerse como se muestra en las Figuras 2A (cuadrada) o 2B (empaquetada-cerrada). Sin embargo, no es esencial que las cavidades sean del mismo tamaño y, como se muestra en la Figura 2C, una variedad de tamaños diferentes permite conseguir una mayor densidad de patrón.

Los parámetros típicos para el rayo de electrones son los siguientes:

60 Para dar textura al acero, con un rayo de 140 kV de aceleración potencial y 42 mA de corriente de rayo, dando una energía de $\sim 5,8$ kw podría enfocarse a un diámetro de $\sim 0,4$ mm y podría realizar ~ 580 orificios/s en la pieza de trabajo. Los ejemplos de frecuencias de desviación adecuadas se han indicado anteriormente. En este caso, el pico de densidad de energía del rayo estaría en la región de $10^5 - 10^7$ W/mm². Cada orificio se haría con ~ 10 julios de energía, en $\sim 1,7$ ms. El tiempo de tránsito del rayo desde la posición de un orificio a la siguiente es típicamente 1/100 del tiempo de permanencia en la posición del orificio, es decir, en este caso ~ 17 μ s. Como el rayo puede desplazarse a 65 velocidades de ~ 1 km/s sobre la superficie de la pieza de trabajo, no es necesario desconectarlo o reducir la potencia mientras está en tránsito, puesto que no es probable la fusión de la superficie u otro daño a estas velocidades de exploración en cualquier caso.

ES 2 316 561 T3

En el acero, las cavidades producidas con 10 julios son de ~ 0,6 mm de profundidad por debajo de la superficie original. Estas dimensiones se reducen en cada cavidad por la intrusión de material re-fundido, dando las características de re-entrada. El espaciado de las cavidades típicamente sería de ~ 1 mm.

5 Pueden producirse cavidades similares con láser; típicamente se requiere una energía neta ligeramente superior por cavidad, debido a la menor eficacia de acoplamiento con el sustrato. Las duraciones de pulso láser real pueden ser más cortas que con el rayo de electrones, y correspondientemente el pico de densidad de energía puede ser ligeramente mayor. Pueden producirse cavidades de tamaño similar a una velocidad de 20 por segundo usando un enlace de CO₂ con salida de pulsos media de 300 W, dando ~ 15 julios por cavidad.

10 En el ejemplo preferido, la distribución de energía a través del rayo de electrones 1 tiene una forma similar a la mostrada en la Figura 3 que se basa en un rayo de electrones de 5 kw. De esta manera, hay un pico de densidad de energía relativamente alto en el centro con un diámetro de aproximadamente 0,6 mm pero una región de energía marginal significativa. La anchura del rayo a la mitad del máximo es de 0,25 - 0,3 mm.

15 En el caso de un rayo de electrones, podría usarse cualquiera de los diferentes tipos de pistolas de rayo de electrones para generar el rayo. En una pistola de electrones típica, se calienta un cátodo de metal refractario a ~2000°C al vacío de 10⁻⁵ a 10⁻⁶ mbar. Un potencial de 30-150 kv acelera el rayo a través de un ánodo hueco. En una pistola de tródo, la corriente del rayo se controla mediante un tercer “desplazamiento” o electrodo de “Welnhelt”. En una pistola de diodo, la corriente del rayo se controla mediante la temperatura del cátodo solo.

20 El rayo pasa a través de un sistema de lentes magnéticas etc. que puede incorporar una trampa magnética (un dispositivo que puede proteger que entre en la pistola material no deseado), y bobinas de desviación que pueden manipular el rayo a alta velocidad. El entorno de trabajo del rayo puede ser un vacío tan pequeño como 10⁻¹ mbar, típicamente 5 x 10⁻³ mbar. El nivel de vacío tiene un efecto sobre la calidad e intensidad del rayo.

25 Los cátodos pueden calentarse directamente o indirectamente. Los cátodos calentados directamente requieren la sustitución a intervalos de (por ejemplo) 10 - 100 horas, un funcionamiento que tarda (típicamente) ~ 15 minutos en realizarse. Los cátodos calentados indirectamente tienen una vida más larga, típicamente funcionan durante cientos de horas antes de requerir sustitución.

30 La calidad del rayo puede controlarse en tiempo real usando (por ejemplo) un dispositivo de sonda con ranura. Este tiene el potencial de unirse a los sistemas de control del rayo de electrones como un sistema automático.

35 En un ejemplo, la pieza de trabajo puede procesarse como una tira continua usando un sistema convencional de aire a vacío a aire que se ha construido satisfactoriamente para aplicaciones tales como la fabricación de cuchillas de sierra, en tiras bimetalicas etc.

40 Un enfoque alternativo es procesar carretes de tiras de material individual (Figura 4) de manera que el material en blanco 10, en un carrete 11, se carga hacia una cámara de vacío especialmente diseñada 12, junto con un carrete de captación vacío 13. Estos carretes 11, 13 necesariamente serán de un diámetro suficientemente grande si el material no se va a “ajustar”. Por ejemplo, el radio mínimo de mezcla pura para dar una tensión del 0,2% en un material de 7 mm de espesor es de 1750 mm. Un carrete con un radio de 2,5 m sería por tanto capaz de mantener hasta 6 toneladas de una tira de 80 mm de ancho - una longitud de 1,4 km. Con una pistola de 5 kw 14, es posible una velocidad de procesado de 1 m/min, lo que significa que dicho carrete tardaría aproximadamente 24 horas en procesarse. Sin embargo, si la velocidad de formación de textura aumenta proporcionalmente a la energía de la pistola con una pistola de 50 kw, procesando a 10 m/min, dicho carrete se procesaría en ~ 2 horas y media.

45 Una ruta preferida, sin embargo, desde el punto de vista de integrar la técnica de formación de textura por electrones con la práctica de producción existente, sería dar textura a piezas de trabajo individuales tales como placas de refuerzo de pastillas de freno (PBP). Un ejemplo de aparato para conseguir esto se muestra en las Figuras 5 y 6. Se montan dos vertederos 20, 21 uno al lado del otro (sólo se muestra uno en la Figura 6) y dos apilamientos de PBP se suministran hacia abajo por los vertederos hacia la columna de la pistola de electrones 22 de manera que ambos se sitúan dentro de un campo de desviación. Las salidas de los vertederos 20, 21 se localizan en una cámara evacuada 23. Mientras un PBP se está retirando después del procesado, el otro se está procesando. Esto significa que la energía de rayo disponible puede utilizarse totalmente funcionando continuamente. Además, a diferencia de otras técnicas, esto permitiría fácilmente que a cada PBP se le diera textura selectivamente únicamente cuando se requiera. También sería posible ya dar textura a las áreas seleccionadas de los PBP convencionales con orificios.

50 En la práctica, los apilamientos de PBP podrían cargarse continuamente en cada vertedero de manera que las paredes laterales del vertedero actúan como un sellado al vacío eficaz. Para facilitar esto cada 100 partes de PBP o así podrían ser un maniquí en blanco, que se ajusta exactamente a las dimensiones del vertedero quizá con ayuda de una junta tórica para mantener un sellado al vacío. El aire que sale de los vertederos como se muestra en 25, 26 se proporciona para mantener el vacío, estando conectadas las salidas a una bomba de vacío (no mostrada).

65 Después de dar textura, los PBP pueden simplemente caer a una tolva 27 que podría vaciarse a intervalos regulares.

ES 2 316 561 T3

Una vez que se ha formado una pieza de trabajo con una superficie preparada, puede unirse después al otro miembro usando un adhesivo de una manera convencional. Como se ha explicado previamente, la superficie con textura potenciará considerablemente y reforzará la unión y de hecho permitirá que ciertos materiales se unan usando un adhesivo con el que previamente no podían unirse.

Los ejemplos descritos ilustran adicionalmente la formación de orificios ciegos o cavidades en la superficie de la pieza de trabajo. La invención puede usarse también para formar orificios de paso.

La Figura 7 ilustra la formación de un orificio de penetración asimétrico 30 en una pieza de trabajo 32.

La Figura 8 ilustra con más detalle la formación de un orificio de paso en una pieza de trabajo 34. Inicialmente, un rayo de electrones o láser 36 se enfoca sobre una superficie 38 de la pieza de trabajo 34 de manera que penetra el sustrato y empieza a entrar en el material de refuerzo (Figura 8a). Opcionalmente, el rayo 36 puede desviarse a una frecuencia muy alta para “conformar” el rayo para orificios no circulares o sin forma de rayo. A medida que el rayo 36 penetra en la pieza de trabajo 34, se forma una región de metal líquido/sustrato 40 a lo largo de los laterales del orificio.

Tan pronto como el rayo impacta sobre el sustrato de refuerzo 42 (típicamente fabricado de goma de silicio u otro material volátil), ocurrirá una pequeña explosión de gas que provocará que la mayor parte o casi todo el material fundido 40 se expulse dejando bordes afilados en el orificio (Figura 8b).

El rayo 36 se desvía entonces a una frecuencia menor (Figura 8c) para fundir la periferia del orificio y desplazar el material fundido nuevo/existente 44 de una manera controlada. El vapor adicional desde el sustrato de refuerzo 42 ayuda al flujo del metal/sustrato si fuera necesario.

Los orificios adyacentes pueden formarse de una manera similar (Figura 8d) para crear zonas fundidas solapadas 46 para producir una re-entrada curva u otros orificios conformados.

Como alternativa, pueden formarse zonas fundidas asimétricas 48 (Figura 8e) que pueden solaparse o no según sea necesario. La asimetría del orificio se genera mediante la desviación controlada del rayo.

La Figura 9 ilustra la formación de un orificio de paso sin usar una capa de refuerzo. De esta manera, en la Figura 9a un rayo 36 incide sobre una pieza de trabajo 34 para formar un orificio 50 con material fundido 40 a lo largo de sus lados. El rayo 36 se desviará a una frecuencia muy alta para “conformar” el orificio.

El rayo se desvía después a una frecuencia intermedia (Figura 9b) para extender, conformar y desplazar el material fundido 40 a una zona periférica 52.

Adicionalmente, los orificios de re-entrada simétricos no solapantes podrían formarse de una manera similar (Figura 9c) o como alternativa los orificios podrían localizarse cerca unos de otros para generar regiones fundidas solapadas 54, que definen las características de re-entrada. En una alternativa adicional (Figura 9e) pueden producirse los orificios asimétricos no solapantes.

En los ejemplos mostrados en las Figuras 8 y 9 la formación de orificios podría realizarse a velocidades de aproximadamente 1000 por segundo. La frecuencia de desviación inicial (Figuras 8a y 9a) típicamente estará en el intervalo de 100 kHz - 2 MHz mientras que la frecuencia de desviación de conformado del “perfil” posterior usada en las etapas mostradas en las Figuras 8b y 9b será del orden de 1 kHz - 100 kHz.

En algunos casos, el rayo de electrones o láser 1 puede usarse para precalentar las áreas antes de dar textura/perforar y típicamente desenfocándose. De esta manera, el rayo puede compartir el tiempo entre estas tareas permitiendo que ambas se realicen sustancialmente de forma simultánea.

La Figura 10 muestra cómo pueden formarse una serie de cavidades en una pieza de trabajo con la suma de un número de movimientos del rayo. La flecha 1000 denota el movimiento relativo de la pieza de trabajo con respecto a la pistola de electrones.

El rayo atraviesa la pieza de trabajo entre un número de localizaciones a lo largo de una trayectoria sustancialmente lineal. Esta dirección de atravesado o “desviación primaria” se muestra mediante las flechas 101. Este atravesado se repite durante toda la operación, como se indica por la flecha 102. La flecha curva 103 indica el movimiento orbital (desviación secundaria) del rayo que, cuando se aplica, provoca que las cavidades tengan la forma deseada.

Debe recordarse que el tiempo de desplazamiento entre las localizaciones es típicamente de aproximadamente 1/100 del tiempo gastado en cada localización y por tanto los movimientos indicados en 101 son mucho más rápidos que el movimiento relativo de la pieza de trabajo 100, o las desviaciones secundarias orbitales 103.

Suponiendo los tres movimientos mencionados anteriormente y con el control apropiado de sus frecuencias relativas, se genera un movimiento combinado del rayo respecto a la pieza de trabajo generalmente indicado como 104 en la Figura 10.

ES 2 316 561 T3

La Figura 11a-11d, muestra el uso de diversas desviaciones secundarias en tratamientos pre/post-térmicos. En la Figura 11a, se muestra un pre-calentamiento de bucle en el que antes de la formación de la cavidad, el rayo sigue en primer lugar un círculo 105, permaneciendo el círculo fuera de la circunferencia de la cavidad final. El rayo se mueve después hacia dos círculos 106, 107 de menor diámetro para formar realmente la cavidad.

La Figura 11b muestra un precalentamiento de cuadrícula donde parte de una localización adyacente (para la formación de posterior de cavidad) se pre-calienta en primer lugar con un movimiento en cuadrícula 108. La cavidad en la localización real se forma después usando una trayectoria de rayo circular en el punto 109. La parte restante de la localización adyacente se precalienta después con otro movimiento de cuadrícula en la etapa 110.

Como los movimientos de rayo son muy rápidos, las series de localizaciones en la siguiente línea a aquella que está experimentando actualmente la formación de una cavidad u orificio por lo tanto pueden tratarse por pre-calentamiento.

La alta velocidad del proceso da como resultado una pequeña pérdida de la temperatura de pre-calentamiento en el momento de formarse la cavidad/orificio respectiva después del tratamiento de pre-calentamiento.

La Figura 11c muestra un desviación secundaria adecuada para un tratamiento de post-calentamiento de bucle. Los círculos 111, 112 denotan movimientos del rayo para formar primero una cavidad, después de lo cual el rayo se desvía de manera que sigue una trayectoria circular 113 en otra localización donde anteriormente se había formado una cavidad.

La Figura 11d muestra otro ejemplo de un tratamiento de pre-calentamiento que es particularmente beneficioso para la formación de grandes aglomeraciones de material expulsado. El rayo se mueve en primer lugar en una línea 114 hacia una localización en la que se tiene que formar una cavidad. Esta línea se extiende para la mayor parte de la distancia desde las líneas de localizaciones adyacentes que definen la trayectoria de desviación previa del rayo primario. La superficie de la pieza de trabajo se funde en las proximidades de la línea.

El rayo sigue entonces una trayectoria circular 115 para realizar la formación de la cavidad. Cuando esto se realiza a una velocidad adecuada el material expulsado de la línea formada previamente de cavidades permanece fundido. El material expulsado de los grupos de cavidades coalesce por lo tanto debido a fuerzas de tensión superficial para crear grandes características en los intersticios entre las cavidades.

Algunas condiciones ejemplares adicionales para formar cavidades usando un rayo de electrones se muestran en la siguiente tabla.

Parámetro	Ejemplo 1	Ejemplo 2
Material	Acero inoxidable 316 L	Aleación de aluminio AA3004
Tipo de Textura	Profundidad media	Profundidad
Características de re-entrada	Sí	Sí
Bloqueo de fase de desviación primaria-secundaria	Sí	No
Tensión de aceleración (kv)	130	120
Corriente del rayo (mA)	20	29

ES 2 316 561 T3

5	Diámetro del rayo - 90% de corriente (mm)	0,3	0,6
	Presión (mbar)	0,001 aprox.	0,001 aprox.
10	Distancia de trabajo - desde el hueco de la pieza del polo de la lente (mm)	334	400
15	Anchura patrón de desviación primaria (mm)	40	41
20	Número de cavidades por repetición primaria	60	24
25	Frecuencia de repetición de desviación primaria (Hz)	40	36
30	Tipo de patrón de desviación secundaria	Triple círculo	Un sólo círculo
35	Tamaño de patrón de desviación secundaria (mm)	0,33	0,5
40	Frecuencia de repetición de desviación secundaria (Hz)	2400	5100
45	Velocidad de suministro de trabajo (mm/min)	2200	3930
	Velocidad de formación de la cavidad (/segundo)	2400	864
50	Entrada de energía (Julios/Cavidad)	1,03	4,03
55	Velocidad de recubrimiento del área (mm ² /segundo)	1467	2686

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para trabajar sobre una pieza de trabajo, comprendiendo el método provocar un movimiento relativo entre la pieza de trabajo (2) y un rayo de energía (1) en una dirección atravesada para exponer al rayo de energía una serie de localizaciones sobre la pieza de trabajo; **caracterizado** porque en cada localización, se hace que el rayo de energía (1) se mueva en múltiples direcciones respecto a la pieza de trabajo de una manera predeterminada, con lo que en cada localización, el material de la pieza de trabajo se funde y se redistribuye sobre la pieza de trabajo mediante el rayo de energía para formar una cavidad u orificio (3).
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente seleccionar inicialmente la manera del movimiento del rayo de energía (1) de manera que se provoca que el rayo se mueva de una manera predeterminada controlada.
- 15 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que cuando se forma un orificio (3) en cada localización, el orificio tiene una forma asimétrica con respecto a la dirección nominal del rayo de energía.
- 20 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando se forma un orificio (3) en cada localización, la pieza de trabajo (20) se localiza sobre un sustrato de refuerzo, pasando el rayo de energía a través del orificio en la pieza de trabajo e impactando sobre el sustrato de refuerzo.
- 25 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que, cuando se forma un orificio (3) en cada localización, el movimiento del rayo (1) en la manera predeterminada se realiza antes o después de que el orificio se haya formado.
- 30 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el movimiento predeterminado comprende una desviación secundaria tal como un movimiento circular, lineal, elipsoidal y/o con forma de figura geométrica sencilla.
- 35 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el rayo de energía (1) se desvía a una primera frecuencia para crear un orificio o cavidad (3) y después a una segunda frecuencia diferente.
- 40 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la manipulación del rayo incluye una o más de una modulación temporal o espacial de la distribución de la densidad del rayo de energía.
- 45 9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente fundir y desplazar el material solidificado para obtener un perfil de borde deseado.
- 50 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en cada localización, el material de la pieza de trabajo se funde y se espacia lateralmente bajo la influencia del rayo de energía (1) y después se permite que solidifique para formar una cavidad u orificio (3) rodeado por un área de material solidificado que se eleva con respecto a la superficie de la pieza de trabajo adyacente.
- 55 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cavidades u orificios (3) se forman en la pieza de trabajo a una velocidad de al menos 500 por segundo.
- 60 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que las cavidades u orificios (3) se forman en la pieza de trabajo a una velocidad de al menos 580 por segundo.
- 65 13. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el rayo de energía (1) se mueve entre localizaciones a una velocidad de aproximadamente 1 km/s.
14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tiempo de tránsito entre las localizaciones es de aproximadamente 1/100 del tiempo de permanencia en cada localización.
15. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cavidades u orificios (3) tienen un diámetro máximo de aproximadamente 0,6 mm.
16. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cavidades u orificios (3) tienen profundidades en el intervalo de 0,6 - 1 mm.
17. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cavidades u orificios (3) están separados por un espaciado de aproximadamente 1 mm.
18. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el pico de densidad del rayo de energía está en el intervalo de 10^5 - 10^7 W/mm².

ES 2 316 561 T3

19. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que las cavidades u orificios (3) tienen un diámetro máximo de menos de aproximadamente 10 micrómetros.
- 5 20. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que las cavidades u orificios (3) tienen un diámetro máximo de menos de aproximadamente 2 mm.
21. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cavidades u orificios (3) son todos de sustancialmente el mismo tamaño.
- 10 22. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las cavidades u orificios (3) se disponen en una serie cuadrada o empaquetada-cerrada.
23. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada orificio o cavidad (3) tiene un perfil de re-entrada (7).
- 15 24. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el rayo de energía (1) comprende un rayo de electrones o un rayo láser.
25. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente en el rayo de energía (1) se distribuye a través del diámetro del rayo de manera que la corriente en un anillo del rayo de energía que rodea una región central del rayo de energía, teniendo la región central una dimensión lateral sustancialmente igual a un tercio del diámetro del rayo, es al menos la mitad de la corriente en la región central.
26. Un método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que la corriente en el anillo es al menos igual a la corriente en la región central.
- 25 27. Un método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que la corriente en el anillo es dos o tres veces la corriente en la región central.
- 30 28. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una parte del movimiento predeterminado provoca que se caliente un área adyacente a la localización.
29. Un método de acuerdo con la reivindicación 28, en el que el área adyacente rodea la localización.
- 35 30. Un método de acuerdo con la reivindicación 28, en el que el área adyacente constituye otra localización.
31. Un método de acuerdo con la reivindicación 30, en el que la otra localización se calienta antes de que la cavidad u orificio se forme en la otra localización.
- 40 32. Un método de acuerdo con la reivindicación 30, en el que la otra localización se calienta después de que la cavidad u orificio se forme en la otra localización.
33. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 28 a 32, en el que dicha parte del movimiento predeterminado es de una forma diferente al movimiento predeterminado en dicha localización.
- 45 34. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 28 a 33, en el que dicha parte del movimiento predeterminado tiene forma de cuadrícula.
35. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las localizaciones están espaciadas de manera que el material desplazado de las localizaciones adyacentes está en contacto.
- 50 36. Un método de acuerdo con la reivindicación 35, en el que el periodo de tiempo entre la formación de las localizaciones adyacentes es tal que el material desplazado de las localizaciones adyacentes permanece fundido y coalesce.
- 55 37. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente variar el enfoque del rayo durante la formación de la cavidad u orificio.
38. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza de trabajo (2) comprende un metal.
- 60 39. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza de trabajo (2) comprende una placa de refuerzo de pastilla de freno.
- 65 40. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el rayo de energía (2) se aplica continuamente.

ES 2 316 561 T3

41. Un método para unir una pieza de trabajo (2) a otro miembro, comprendiendo el método modificar la superficie de la pieza de trabajo usando un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores para formar una o más cavidades en la superficie de la pieza de trabajo; y adherir el otro miembro a la superficie preparada de la pieza de trabajo.

5

42. Un método de acuerdo con la reivindicación 41, en el que el otro miembro comprende un polímero.

43. Un método de acuerdo con la reivindicación 41, en el que el otro miembro está hecho de uno de nylon, PTFE (politetrafluoroetileno), PMMA (polimetilmetacrilato), poliuretano, aluminio y sus aleaciones, resinas fenólicas y magnesio y sus aleaciones.

10

44. Un método de acuerdo con la reivindicación 41, en el que el otro miembro comprende una pastilla de freno.

45. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material en cada localización está fundido y desplazado para mejorar la adhesión entre la pieza de trabajo y un segundo material.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

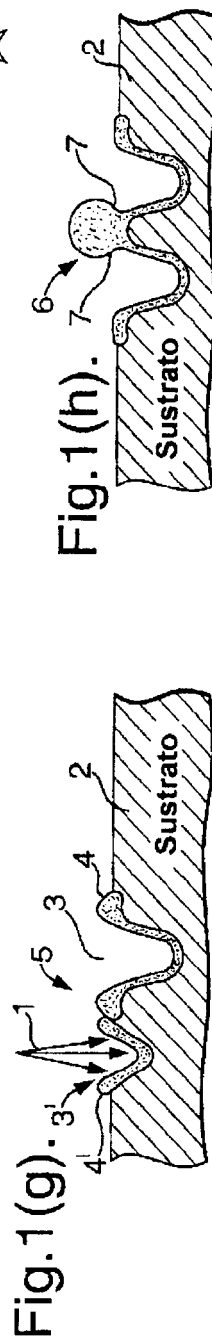
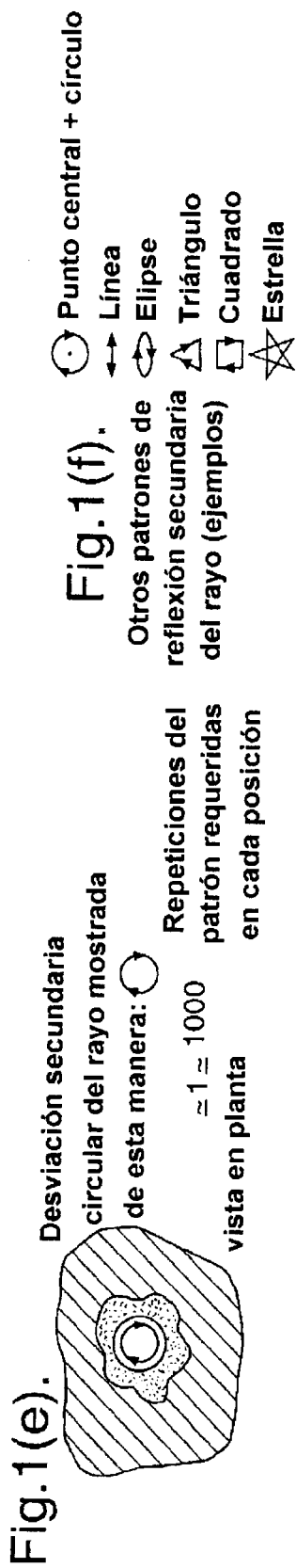
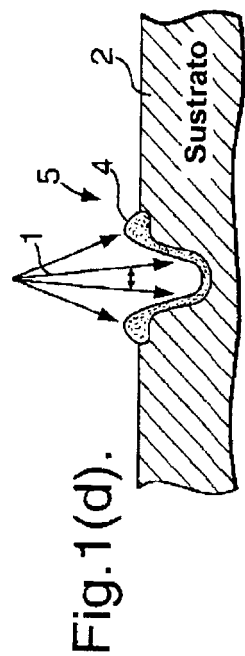
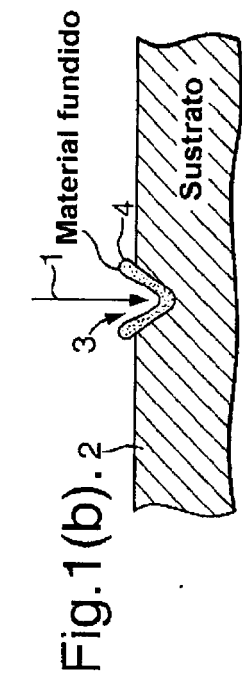


Fig. 1(e). Desviación secundaria circular del rayo mostrada de esta manera: $\approx 1 \approx 1000$ vista en planta

Fig. 1(f). Otros patrones de reflexión secundaria del rayo (ejemplos)

- Punto central + círculo
- Línea
- Elipse
- Triángulo
- Cuadrado
- Estrella

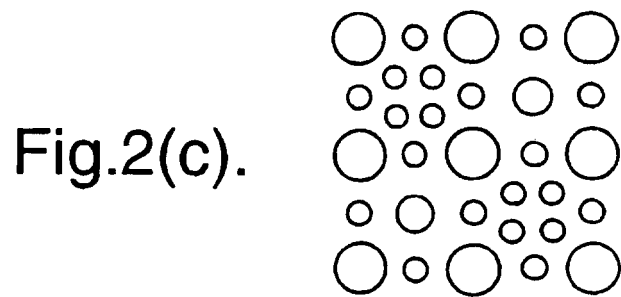
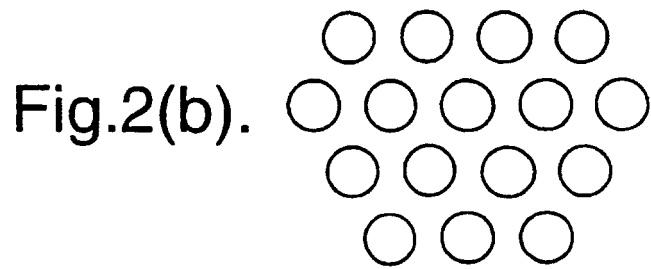
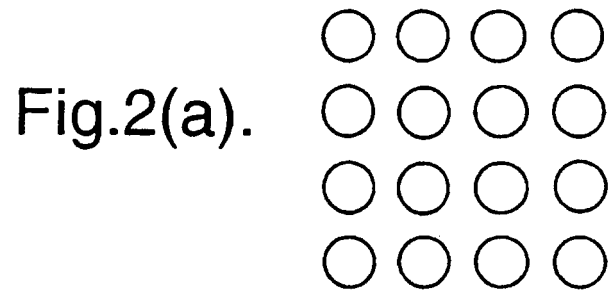


Fig.3.

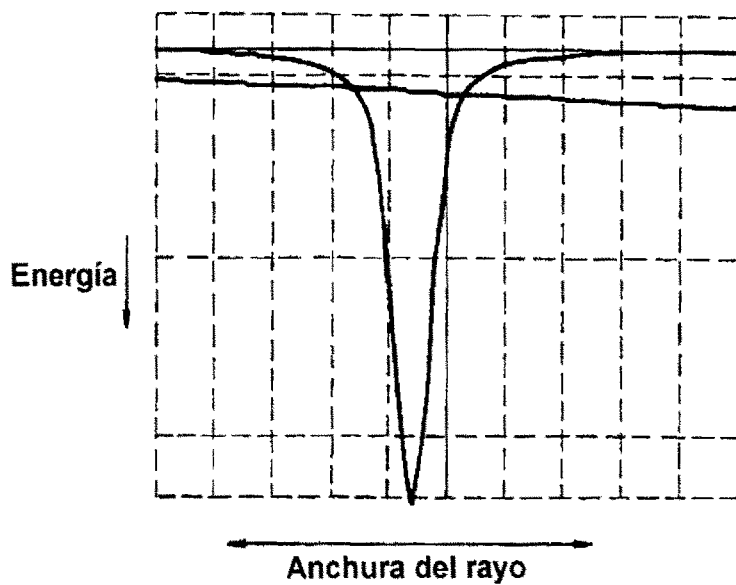


Fig.4.

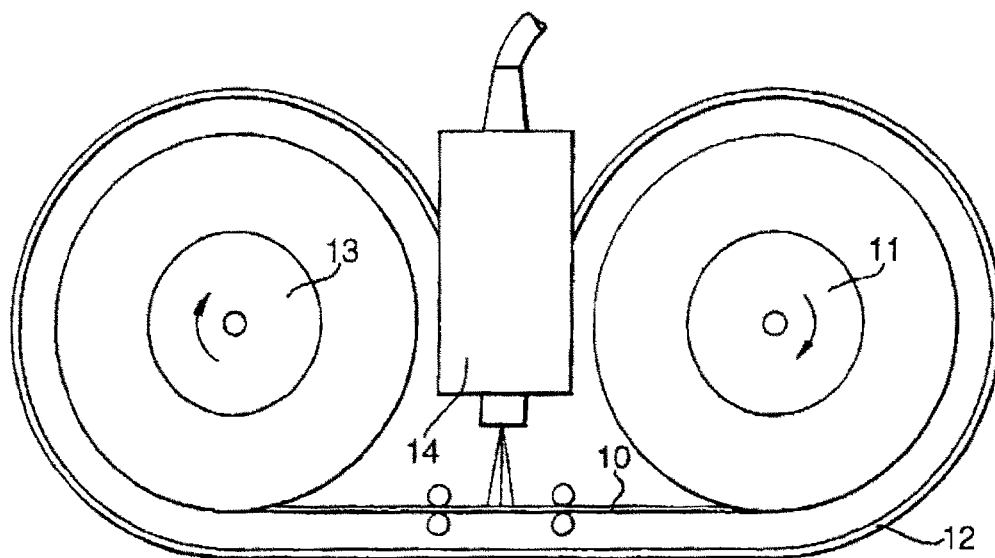


Fig.5.

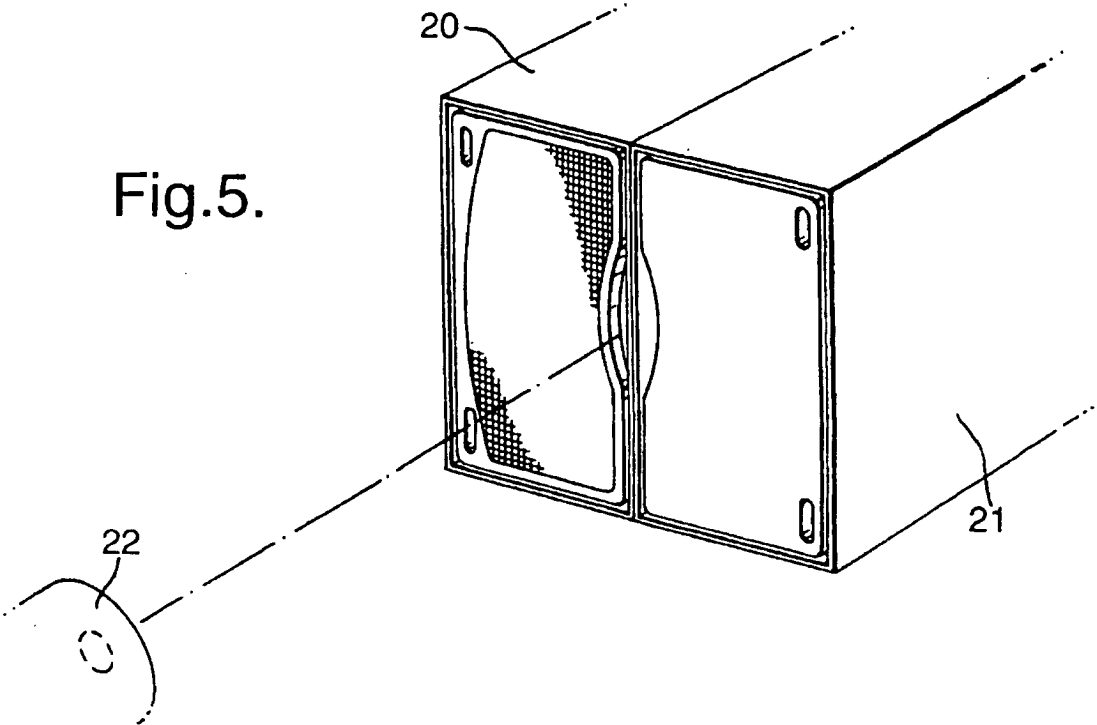


Fig.6.

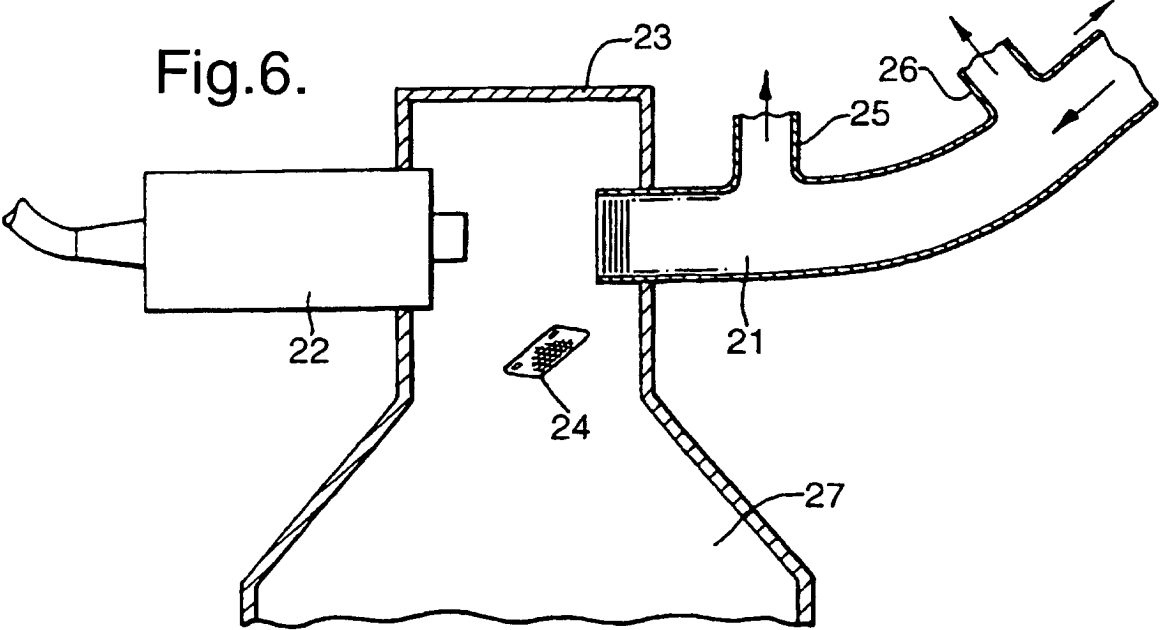
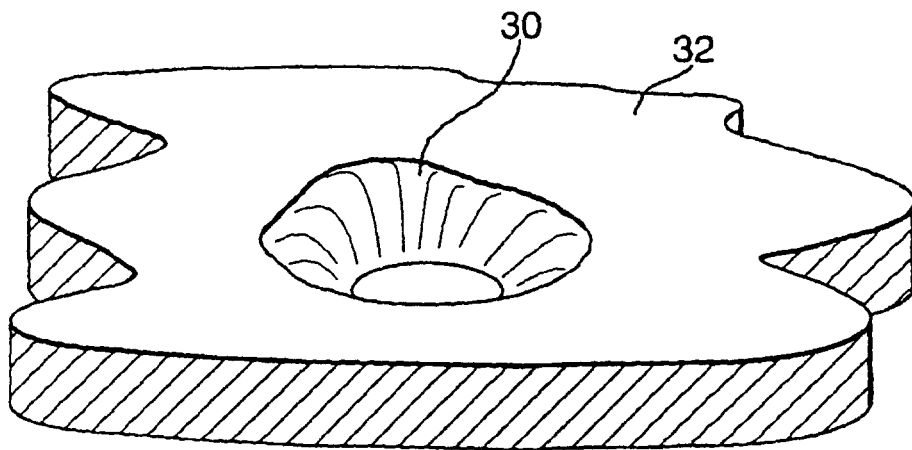
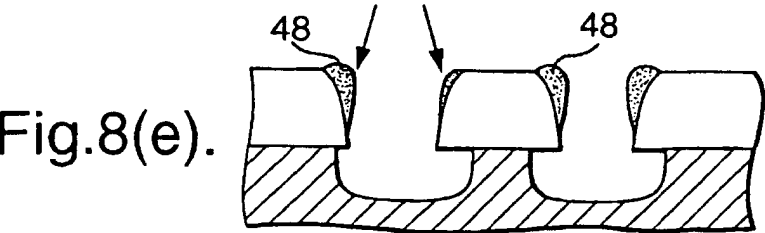
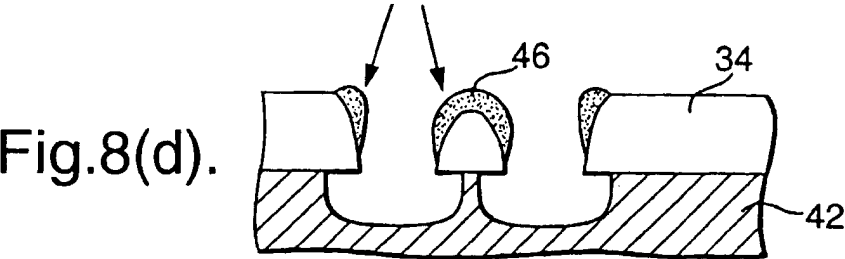
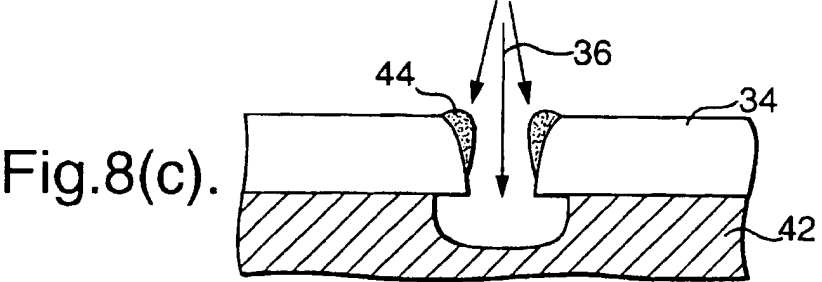
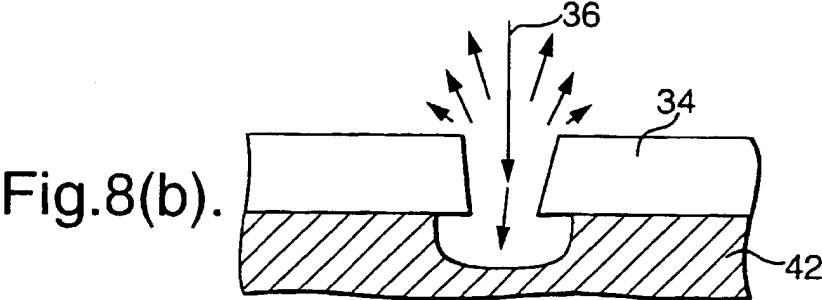
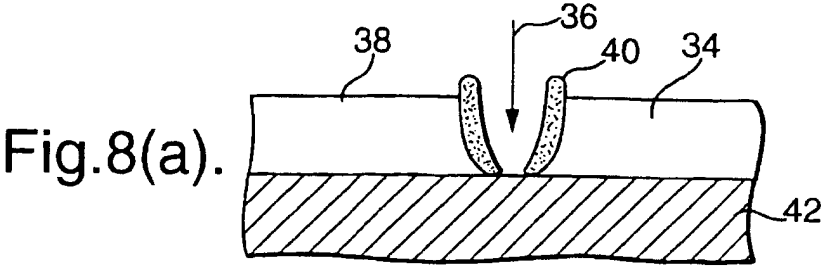


Fig.7.





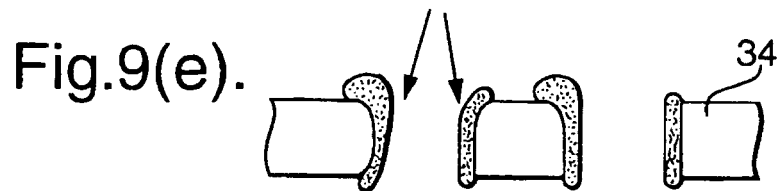
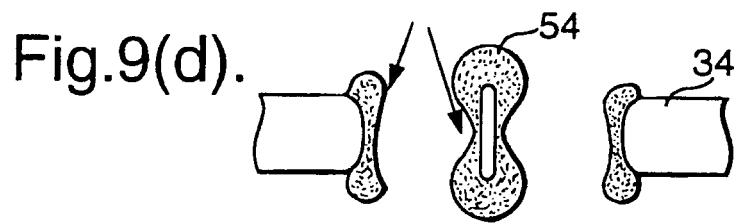
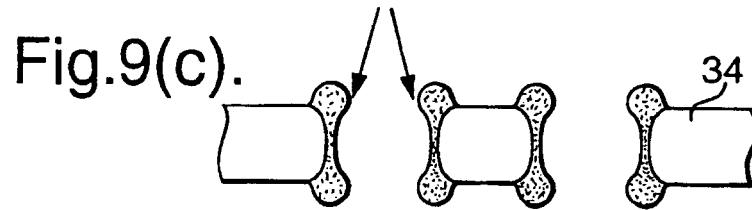
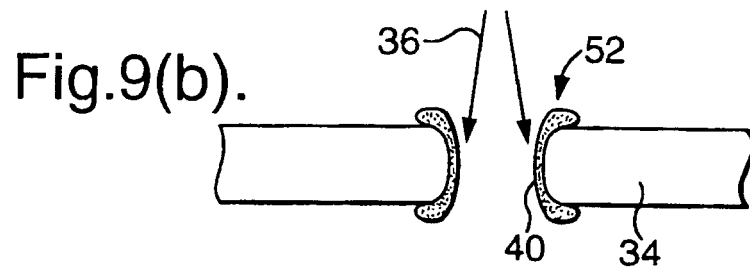
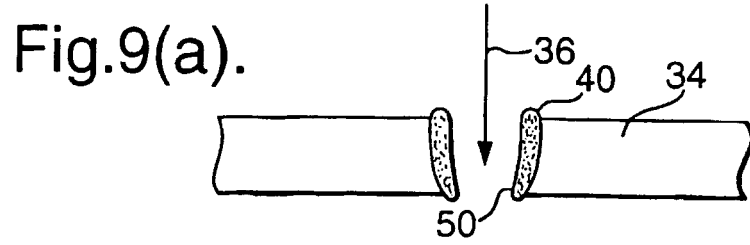


Fig.10.

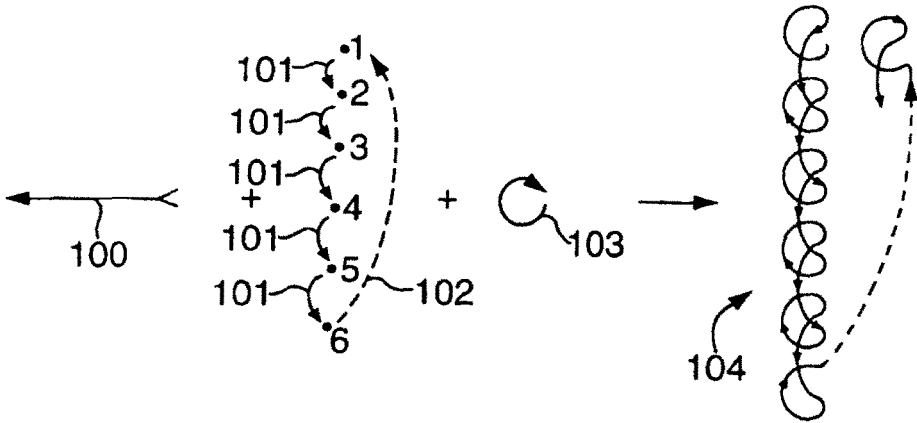


Fig.11(a).

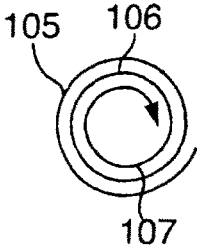


Fig.11(b).

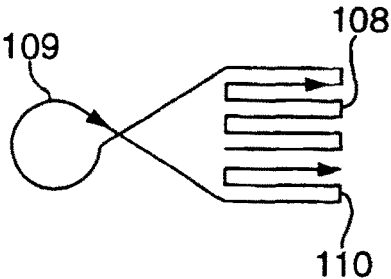


Fig.11(c).

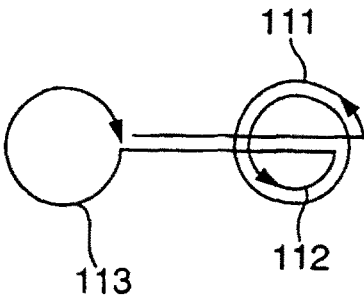


Fig.11(d).

