

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 782**

51 Int. Cl.:

B23K 26/0622 (2014.01)

B23K 26/352 (2014.01)

B23K 26/082 (2014.01)

B23K 103/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2019** **PCT/IB2019/053117**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2020** **WO20212728**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2019** **E 19721851 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025** **EP 3956095**

54 Título: **Procedimiento de creación de un efecto de irisación en la superficie de un material, y dispositivos para su implementación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2025

73 Titular/es:

APERAM (100.00%)
12C rue Guillaume Kroll
1882 Luxembourg, LU

72 Inventor/es:

GUILLOTTE, ISMAËL;
LATOUCHE, BAPTISTE;
LOPES, MARCOS VINICIUS;
DAMASSE, JEAN-MICHEL y
DIET, FRANCIS

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 3 013 782 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de creación de un efecto de irisación en la superficie de un material, y dispositivos para su implementación

5

[0001] La presente invención se refiere a los tratamientos con láser de las superficies de las chapas de acero inoxidable u otros materiales, destinados a conferir a estas superficies un aspecto irisado.

[0002] El tratamiento irisado, también denominado «LIPPS» o «ripples», consiste en irradiar la superficie de un material con un rayo láser pulsado de baja duración de pulso (inferior a un nanosegundo). El diámetro de cada pulso en su lugar de impacto en el material que se va a tratar es normalmente del orden de 10 a algunos centenares de μm . Si la energía del haz incidente es suficientemente importante, esta irradiación induce la modificación de la estructura y/o la reorganización de la superficie del material que adoptará una estructura periódica. Sin embargo, si la energía del haz es demasiado elevada, puede tener lugar un fenómeno de ablación por vaporización/sublimación/onda de choque, preferentemente o de manera conjunta con la formación de la estructura superficial periódica. Se puede determinar fácilmente mediante experimentos la gama de cantidad de energía que se usará para un material dado, con el fin de obtener el efecto de irisación deseado con o sin alteración del estado de la superficie o del brillo.

[0003] Dicho tratamiento se lleva a cabo, especialmente, pero no exclusivamente, en aceros inoxidables de todos los tipos. El objeto de este tratamiento puede ser puramente estético, pero también permite modificar la humectabilidad de la superficie, y asimismo su resistencia al rozamiento y reducir la adherencia bacteriana. El tratamiento puede hacerse directamente en la superficie del objeto en el cual se encuentra la capa de pasivación del acero inoxidable sin necesidad de una activación/despasivación previa.

[0004] Otros materiales en los cuales se lleva a cabo este tratamiento son, en particular, metales diversos, polímeros como PVC, cerámicas y vidrio.

[0005] En adelante en el texto se primará el caso de los aceros inoxidables, entendiéndose que la invención es aplicable a todos los materiales metálicos o no metálicos que se conocen actualmente, o que se conocerán en el futuro, para poder presentar un aspecto irisado después de un tratamiento láser realizado tal como se indica, opcionalmente adaptando los parámetros de funcionamiento preciso de la instalación (potencia y frecuencia de los láseres, etc.) de los que se sabe que desempeñan un papel en la obtención del aspecto irisado resultante de la formación de una estructura superficial periódica.

[0006] Aun cuando el mecanismo exacto de formación de esta estructura superficial periódica todavía no se ha determinado, los ensayos y las caracterizaciones realizados por diferentes laboratorios muestran que, según el número de pases de láser y/o de la energía de pulso y/o de los parámetros de barrido, la estructura de la superficie puede presentar una de las cuatro estructuras siguientes, según la energía de irradiación total por unidad de superficie, estando estas estructuras clasificadas por orden de energía creciente y siendo sus denominaciones habituales para el experto en la materia, incluso si no es anglófono:

1) Estructura denominada «HSFL» (High Spatial Frequency LIPPS):

[0007] Esta estructura está compuesta por pequeñas ondículas que, en el caso de los aceros inoxidables, están orientadas en el sentido de la polarización del haz de láser incidente. La frecuencia espacial de estas ondículas es inferior a la longitud de onda del láser usado para el tratamiento.

2) Estructura denominada «LSFL» (Low Spatial Frequency LIPPS):

[0008] Esta estructura está compuesta por ondículas más grandes que las anteriores orientadas, en el caso de los aceros inoxidables, en el sentido perpendicular a la polarización del haz incidente. La frecuencia espacial de estas ondículas es ligeramente inferior, o superior, o igual a la longitud de onda del láser. Para el tratamiento de una superficie de acero inoxidable con un láser de longitud de onda 1.064 nm, la periodicidad de las ondículas es del orden de 1 μm . Aún es posible ver la estructura HSFL en los huecos de la estructura LSFL.

[0009] Se observará que para determinados materiales, las orientaciones respectivas de las estructuras HSFL y LSFL pueden estar invertidas con respecto a su orientación para los aceros inoxidables.

3) Estructura denominada «Grooves» o «Bumps»:

[0010] Esta estructura está compuesta por protuberancias de dimensiones micrométricas que cubren la integridad de la superficie tratada. Estas protuberancias se organizan según una estructura que se asemeja a un aspecto de «piel de serpiente».

4) Estructura en picos o «spikes»:

[0011] Esta estructura está compuesta por picos cuya altura va de algunos micrómetros a varias decenas de micrómetros. La distancia que separa los picos depende de los parámetros del tratamiento.

5 **[0012]** Se encontrarán más detalles sobre estas estructuras y sobre el mecanismo de sus apariciones especialmente en el artículo «Evolution of nano-ripples on stainless steel irradiated by picosecond laser pulses», Journal of Laser Applications 26, febrero 2014, de B. Liu y col., que sirve de base al preámbulo de las reivindicaciones independientes 1 y 11. En él se indica en particular que, para un mismo número de pulsos, un aumento de la fluencia de la irradiación lleva a obtener HSFL y no LSFL (como se acaba de decir), mientras que para una fluencia igual, un
10 número de pulsos más elevado conduce a la creación de LSFL más que de HSFL, hasta que el número de pulsos se vuelve demasiado elevado para que se observen ripples. La configuración exacta de la superficie después de irradiación procede así de un mecanismo donde intervienen a la vez el número de pulsos recibidos y la energía suministrada por cada uno de ellos, para un material dado. Este mecanismo es complejo, pero para un material dado, las condiciones de obtención fiables de una u otra de las configuraciones citadas anteriormente pueden ser
15 determinadas experimentalmente por el usuario.

[0013] En general, en los dos primeros casos, esta organización periódica de la superficie permite un fenómeno inducido, bien conocido por quienes realizan tratamientos de superficie por láser, que es la difracción de la luz por la creación de una red óptica cuando la muestra tratada se coloca debajo de una fuente luminosa. Entonces se pueden
20 observar, según las orientaciones y las posiciones del usuario y de la luz, los colores del arcoíris en la muestra. Es lo que se denomina un «aspecto irisado».

[0014] Este aspecto deja de existir cuando la superficie de la muestra presenta de forma pronunciada un aspecto según los casos tercero y cuarto citados anteriormente, ya que, en estos dos casos, la energía aportada por
25 la fuente de láser en la superficie de la muestra ha alcanzado un nivel demasiado elevado, al menos localmente, lo que conlleva deformaciones de la superficie que ya no permiten la obtención del aspecto irisado, ya que la estructuración de la superficie ha perdido su carácter periódico.

[0015] Esta irrisación no debe confundirse con las coloraciones de la superficie de los aceros inoxidables que
30 se obtienen, de manera voluntaria o involuntaria, por tratamientos con plasma u oxidaciones superficiales debidas a un paso por un horno o por el paso de un soplete. El aspecto irisado del que se trata en la presente invención no procede de una coloración del material propiamente dicha, sino de la aparición de colores en la superficie, en ciertas condiciones de observación. La ausencia de periodicidad de la estructura de superficie en los procedimientos de coloración propiamente dichos es una diferencia esencial entre la irrisación de las superficies de la que trata la presente
35 invención y la coloración de los aceros inoxidables por plasma, paso por el horno o paso de un soplete.

[0016] No obstante, es preciso remarcar que la observación o no de dicha irrisación es habitualmente muy direccional, es decir, que la observación de esta irrisación, y la intensidad de la irrisación observada, son altamente dependientes del ángulo según el cual se observa la superficie del material.

40 **[0017]** Un problema al que se enfrentan los profesionales que practican la irrisación de superficies es el siguiente.

[0018] Actualmente es posible obtener en laboratorio muestras homogéneas con un tratamiento irisado usando
45 bien únicamente un sistema que acopla un láser y un escáner, aplicando a la vez un eje rápido de avance del haz de láser (por medio de una rueda poligonal o un espejo galvanométrico) y un eje lento de avance del haz de láser (por medio de un espejo galvanométrico), o bien un sistema de escáner, acoplado con un brazo robotizado que realiza el desplazamiento del escáner a lo largo del eje lento con respecto al objeto para tratar.

50 **[0019]** El desplazamiento del escáner a lo largo del eje lento puede sustituirse por un desplazamiento del objeto para tratar, tal como una chapa, a lo largo del eje lento, frente a un láser que se mantiene fijo a lo largo del eje lento y se desplaza a lo largo del eje rápido. También se puede prever que el láser permanezca fijo con respecto a los dos ejes (lento y rápido), y que sea el objeto para tratar el que se desplace a lo largo de los dos ejes. Lo esencial es tener un movimiento relativo entre el objeto para tratar y el láser, sucesivamente a lo largo de los dos ejes.
55

[0020] El mecanismo de formación de las estructuras que se han descrito depende de la energía total transferida a la superficie del material y de la distribución espacial y temporal de esta energía. Así, la «intensidad» de la irrisación obtenida mediante las LSFL aumentará entre cada nuevo pase del láser en los pases ya tratados, hasta alcanzar un máximo, y después decrecerá cuando las LSFL se transformen progresivamente en "Bumps" bajo el efecto
60 de la aportación de energía suplementaria.

[0021] Esto implica que existe un óptimo de energía para transferir a la superficie del material, óptimo para el cual el efecto de la irrisación es el más intenso, y que es preciso determinar este óptimo y formarlo en el conjunto de la superficie en cuestión.
65

[0022] Sin embargo, los objetos tratados son en general de pequeño tamaño y/o están hechos con productividades bajas.

[0023] La limitación en tamaño de los objetos se debe principalmente a la limitación de las dimensiones de los campos ópticos de los conjuntos formados por el láser, el escáner y el sistema de enfoque, tal que este último puede ser, por ejemplo, una lente, o un espejo convergente. De hecho, la obtención de un tratamiento homogéneo necesita un control perfecto del tratamiento en todos los puntos de la superficie. Ahora bien, con independencia de cuáles sean los sistemas de enfoque usados, poseen un campo óptico en el cual tienen un efecto estable en una zona óptima. Sin embargo, cuando se sale de esta zona óptima, el sistema induce distorsiones y/o atenuaciones de la potencia del haz de láser. Estas se traducen en un tratamiento no homogéneo entre la zona óptima del campo óptico y las zonas que están situadas más allá de esta zona óptima.

[0024] Así, para tratar grandes superficies de chapas de acero inoxidable se necesitarían sistemas de enfoque de gran campo, que ocuparían mucho espacio y podrían prepararse solo bajo demanda. Además, sería preciso poder usarlos junto con láseres de duración de pulso ultracorta de alta potencia, que todavía no están disponibles ampliamente en el mercado.

[0025] Para remediar este doble inconveniente, las soluciones conocidas consisten en usar sistemas de enfoque clásicos y láseres actualmente disponibles en el mercado, y:

- colocar lado con lado varios dispositivos que incluyan estos sistemas de enfoque y láseres en el caso de un tratamiento en línea de una banda en desplazamiento;
- o bien formar el tratamiento en varias veces (según una sucesión de bandas distribuidas en la superficie para un sistema discontinuo);
- o bien combinar estas dos soluciones.

[0026] Sin embargo, esta solución exige tener una gestión especialmente cuidadosa de las zonas de unión entre los campos ópticos de dos dispositivos sucesivos, que, si se realizan mal, pueden causar un fenómeno denominado «stitching» por los expertos en la materia, y que se describirá a continuación.

[0027] Este mecanismo impide recurrir a una superposición muy significativa de los campos para unir dos campos de tratamiento láser consecutivos.

[0028] De hecho, si existe una superposición muy significativa de los campos, que fuera del orden de magnitud de la resolución del ojo humano, esto implica que la zona de superposición recibe el doble de la cantidad de energía transferida en el resto de la superficie. Esta duplicación de la energía inyectada durante el tratamiento induce un cambio local de la estructura, y con ello del aspecto de superficie, con respecto a las zonas que han recibido solo la cantidad de energía nominal del tratamiento, y este cambio es perceptible a simple vista. Este fenómeno recibe el nombre comúnmente de «stitching», porque puede hacer visible la zona de unión de los dos campos.

[0029] Por el contrario, una separación de los campos de tratamiento láser, que permitiría evitar de forma segura este fenómeno de duplicación local del tratamiento y el «stitching» que se derivaría, supondría la formación, entre los dos campos, de una zona no tratada, o que sería, en cualquier caso, menos tratada que la normal. Esta zona sería también perceptible a simple vista.

[0030] Por tanto, sería preciso formar una unión casi perfecta entre los campos consecutivos de tratamiento láser.

[0031] Por otra parte, la realización de este tipo de tratamiento de alta productividad implica trabajar a altas velocidades de barrido de escáner (que pueden llegar al menos hasta el km/s). Los sistemas de barrido usados para este tipo de tratamiento son, lo más normalmente, escáneres que poseen al menos una rueda poligonal. A altas frecuencias de láser y altas velocidades de barrido, estos sistemas presentan en general problemas de sincronización entre la electrónica del láser y la del escáner. Estas desviaciones de sincronización inducen un desfase de la posición del primer pulso de la línea con respecto a su posición pretendida, y por tanto de toda la línea. Aunque esta desviación sea previsible y calculable (ya que procede de la diferencia de las frecuencias de gestión de los dos aparatos), se experimenta en la mayor parte de los sistemas actuales, y puede representar una desviación de algunas decenas de micrómetros entre los inicios de las líneas de tratamiento (líneas que se deben al movimiento de la rueda poligonal). Esta desviación es función de la velocidad de rotación del polígono y de la frecuencia propia del láser, y la experiencia revela que una superposición de los campos con dicha desviación es ya suficiente para que la zona en que se haya duplicado el tratamiento pueda influir en el aspecto irisado de la chapa.

[0032] Algunos sistemas en desarrollo poseen un medio interno para corregir parcialmente este desfase, por la acción de un espejo deflector suplementario, denominado «galvo», que funciona a la manera de un galvanómetro, situado corriente arriba del polígono. Por ejemplo, la firma RAYLASE presentó el concepto de dicho sistema en el congreso SLT 2018 en Stuttgart los días 5 y 6 de junio de 2018: «New Generation of High-Speed Polygon-Driven 2D

Deflection Units and Controller for High-Power and High-Rep. Rate Applications» (presentación de E. Wagner, M. Weber y L. Bellini).

[0033] Sin embargo, la mejora no reside solo en una calidad suficiente para que los efectos indeseables de un desfase de los campos desaparezcan de forma asegurada. De hecho, se incurre en el riesgo de que las partes inicial y final de cada línea no sean tratadas con la misma aportación de energía que el resto de la línea. También se precisa que las líneas correspondientes de dos campos vecinos estén rigurosamente alineadas.

[0034] Para resolver este déficit local de tratamiento, se puede pensar en aumentar la aportación de energía en el resto de la línea, pero entonces se corre el riesgo de superar la aportación de energía máxima adaptada a la creación de las LSFL, con lo que se reduciría o incluso se suprimiría la irisación. Para el conjunto de los otros sistemas, esta falta de sincronización implica una necesidad de una superposición «virtual» del orden de al menos dos veces la dispersión de las posiciones de los inicios de líneas entre los diferentes campos ópticos. Así, esta superposición se traduce en una banda heterogénea donde no hay zonas no tratadas entre los campos, pero donde puede existir una superposición de dos veces esta dispersión por lugares.

[0035] Si los bordes de cada campo se definen como «rectos» y si, por tanto, la longitud de cada línea de cada campo es constantemente la misma, como da por hecho a priori el experto en la materia, la zona de superposición se presenta entonces como una fina banda rectilínea que recorre la pieza a lo largo de la dirección de desplazamiento relativo de la pieza y de los dispositivos de escáner por láser, de anchura sustancialmente igual a la anchura de las líneas de tratamiento, y por tanto sustancialmente igual al doble del diámetro del pulso, donde el aspecto del tratamiento no es idéntico al resto de la superficie. Asimismo, si los bordes del campo de tratamiento están definidos por un motivo periódico, la zona de superposición reproduce este motivo y es de todos modos perceptible a simple vista.

[0036] El objeto de la invención es proponer un procedimiento de tratamiento con láser de pulsos ultracortos de una superficie de un producto, tal como una chapa de acero inoxidable pero no de forma limitativa, que permitan hacer invisible a simple vista la zona de unión de varios campos ópticos sucesivos que estarían dispuestos de forma que, tomados en conjunto, permitan tratar una mayor parte de la superficie (normalmente su totalidad), lo que no podría hacer un campo óptico único. Este procedimiento debería tener una buena productividad para ser aplicable de forma económicamente viable a escala al tratamiento de productos de gran superficie.

[0037] Para este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de creación de un efecto visual de irisación en la superficie de una pieza, según el cual se envían en dicha superficie haces de láser, de duración de pulso inferior a un nanosegundo, en los campos ópticos juxtapuestos de los sistemas de enfoque de al menos dos dispositivos fijos, o en el campo de al menos un dispositivo móvil, comprendiendo cada uno del o de dichos dispositivos una fuente de láser, un escáner y dicho sistema de enfoque, de forma que se confiera a dicha superficie en la anchura de dicho pulso una estructura en forma de ondículas, y se realice un barrido por el o dichos escáneres de dicha superficie por dichos haces de láser según una serie de líneas sucesivas en una dirección de avance relativo de la pieza y del o de los escáneres y una serie de líneas que se sitúan en la prolongación una con respecto a la otra según una dirección perpendicular a dicha dirección de avance relativo, y que pertenecen cada una al campo óptico del o de los dispositivos, teniendo cada línea una anchura igual al diámetro de dicho pulso, caracterizado porque dichos campos ópticos de dos dispositivos fijos vecinos o los campos ópticos que corresponden a dos posiciones sucesivas de dicho dispositivo móvil se superponen en una zona de superposición de una anchura comprendida entre dos veces el diámetro del pulso del haz de láser y 2 cm, de manera que dos líneas que se sitúan en la prolongación una con respecto a la otra se superponen en una unión, y porque, entre dos series de líneas sucesivas en una dirección de avance relativo de la pieza y del o de los escáneres, dichas zonas de unión están dispuestas de forma aleatoria o de forma periódica organizadas según un motivo aleatorio con una periodicidad igual a al menos diez veces el valor máximo del desfase entre las uniones presentes en dos líneas sucesivas a lo largo de dicha dirección de avance relativo en el interior de dicha zona de superposición de los campos ópticos.

[0038] Entre la realización del barrido según dos líneas sucesivas en dicha dirección de avance relativo de la pieza y del o de los escáneres, se modifica la polarización del haz de láser de forma que se crean ondículas de orientaciones diferentes en dichas dos líneas sucesivas y de orientación común dos a dos en la dirección perpendicular a la dirección de avance relativo.

[0039] La polarización del haz de láser puede modificarse según un motivo periódico, tal que dicho motivo periódico se extiende en M líneas consecutivas a lo largo de la dirección de avance relativo de la pieza y de los escáneres, siendo M igual a al menos 2, preferentemente a al menos 3.

[0040] Dos líneas sucesivas a lo largo de la dirección de avance relativo de la pieza y de los escáneres pueden tener ángulos de polarización que difieren en al menos 20°.

[0041] Las polarizaciones de dos líneas de dos campos vecinos situadas en la prolongación una con respecto a la otra pueden ser idénticas.

[0042] Se puede formar dicho desplazamiento relativo de dicha superficie de dicha pieza y de los dispositivos que emiten dichos haces de láser colocando dicha pieza en un soporte móvil.

5 **[0043]** Se puede formar dicho desplazamiento relativo de dicha superficie de dicha pieza y de los dispositivos que emiten dicho o dichos haces de láser colocando el o los dispositivos que emiten dichos haces de láser en un soporte móvil.

[0044] Dicha pieza puede ser una chapa.

10

[0045] Dicha superficie de dicha pieza puede ser tridimensional, en cuyo caso se mide la distancia entre el sistema de enfoque y la superficie de la pieza, y se controla el sistema de enfoque, para que garantice que el diámetro del pulso y la fluencia del haz de láser sean sustancialmente los mismos con independencia de la distancia efectiva entre el sistema de enfoque y la pieza.

15

[0046] Dicha superficie de dicha pieza puede ser tridimensional, en cuyo caso se mide la distancia entre el sistema de enfoque y la superficie de la pieza, y se controla la posición relativa de dicho dispositivo y de dicha superficie para que la distancia entre dicho sistema de enfoque y dicha superficie siga siendo idéntica durante la implementación del procedimiento.

20

[0047] Dicha pieza puede ser de acero inoxidable.

[0048] La invención tiene también por objeto un dispositivo para la impartición de un aspecto irisado a la superficie de una pieza mediante la formación de ondículas en dicha superficie por el pulso de un haz de láser, estando
25 dicho dispositivo formado por al menos dos dispositivos unitarios fijos yuxtapuestos o al menos un dispositivo unitario móvil, que incluyen cada uno una fuente de láser que genera un haz de láser de duración de pulso inferior a 1 ns, un sistema óptico de conformación del haz, un escáner que permite que el pulso del haz, después de su paso en un sistema de enfoque, barra en forma de líneas un campo óptico en la superficie de la pieza, dichos campos ópticos de
30 dos dispositivos unitarios yuxtapuestos se superponen en una anchura comprendida entre dos veces el diámetro del pulso del haz de láser y 2 cm, que contiene las uniones de dos líneas realizadas cada una por un dispositivo unitario, y medios para crear un movimiento relativo según una dirección dada entre dicho dispositivo y dicha pieza de manera que realice el tratamiento en al menos una parte de la superficie de dicha pieza, caracterizado porque dichos escáneres de dichos dispositivos unitarios permiten disponer dichas uniones para que formen, tomadas en conjunto, un motivo aleatorio, o de forma periódica organizada según un motivo aleatorio con una periodicidad igual a al menos diez veces
35 el valor máximo del desfase entre las uniones presentes en dos líneas sucesivas a lo largo de dicha dirección de avance relativo en el interior de dicha zona de superposición de los campos ópticos.

[0049] Los sistemas ópticos de dichos dispositivos unitarios incluyen, según la invención, un sistema óptico de polarización que confiere una polarización determinada a dicho haz, y medios para hacer variar esta polarización para
40 que, en dicha superficie, dos líneas vecinas a lo largo de la dirección se realicen con pulsos de polarizaciones diferentes.

[0050] Dichos dispositivos unitarios pueden permitir formar dos líneas vecinas con pulsos cuyas polarizaciones difieren al menos 20°.

45

[0051] Dichos dispositivos unitarios pueden incluir medios de medición de la distancia entre el sistema de enfoque y la superficie de la pieza conectados a medios de control del sistema de enfoque para que este mantenga un diámetro de pulso y una fluencia constantes en dicha superficie, con independencia de cuál sea dicha distancia.

50 **[0052]** Dichos dispositivos unitarios pueden incluir medios de medición de la distancia entre el sistema de enfoque y la superficie de la pieza, conectados con medios de control de la posición relativa de dicho dispositivo y de dicha superficie del sistema de enfoque que permiten mantener constante la distancia entre dicho sistema de enfoque y dicha superficie.

55 **[0053]** Dichos medios para crear un movimiento relativo según una dirección dada entre dicho dispositivo y dicha pieza pueden comprender un soporte móvil para la pieza.

[0054] Dichos medios para crear un movimiento relativo entre dicho dispositivo y dicha pieza pueden comprender un soporte móvil para dichos dispositivos unitarios.

60

[0055] Como se habrá entendido, la invención tiene como objeto hacer invisibles o casi invisibles las uniones entre dos líneas de la superficie que están enfrentadas, y realizadas por al menos dos dispositivos de láser de barrido fijos yuxtapuestos, cuyos láseres escáneres respectivos se desplazan los dos a lo largo de un eje denominado «eje lento», y los campos de dichos dispositivos se superponen ligeramente para evitar el riesgo de ausencia de
65 tratamiento, o de subtratamiento, de estas zonas de unión. Para este fin, se disponen de manera aleatoria los puntos

de unión de dichas líneas enfrentadas entre sí y formadas cada una por un dispositivo de láser de barrido (es decir, que los ejes rápidos respectivos de los dispositivos están en la prolongación uno del otro), si se consideran dos conjuntos de líneas que son sucesivos en el sentido de desplazamiento relativo de la pieza y de los dispositivos de láser de barrido, denominado «eje rápido», que es sustancialmente perpendicular al eje lento.

[0056] Opcionalmente, se pueden sustituir los al menos dos dispositivos fijos yuxtapuestos por un único dispositivo móvil de láser de barrido, que se desplaza a lo largo del eje rápido para formar sucesivamente líneas enfrentadas entre sí en los campos ópticos que corresponden a dos posiciones sucesivas del dispositivo móvil, lo que es técnicamente equivalente al uso simultáneo de varios de dichos dispositivos fijos yuxtapuestos pero aumenta el tiempo del tratamiento.

[0057] En otras palabras, los puntos de unión de las líneas enfrentadas entre sí generadas por dos dispositivos de láser de barrido inmediatamente vecinos (o un dispositivo de láser de barrido que, entre tanto, se ha desplazado) no están situados en una línea recta orientada sustancialmente a lo largo del eje lento, y por tanto sustancialmente perpendicular a la dirección de barrido (eje rápido) de los dispositivos de láser. Forman una línea quebrada de manera aleatoria, o de una forma periódica pero organizada según un motivo aleatorio que se repite periódicamente (lo que excluye un motivo periódico regular como una senoide), que permanece contenida en el interior de la zona de superposición de los campos de los dos dispositivos de láser de barrido, y cuya orientación general es sustancialmente perpendicular a dicha dirección de barrido. Las uniones entre los campos ópticos de dos conjuntos de líneas sucesivos, según esta orientación general, no forman, por tanto, tomadas en conjunto, un motivo lineal, y este motivo es menos perceptible a simple vista que si constituyera una línea sustancialmente recta. Este motivo no es ya, preferentemente, un motivo periódico de periodo corto, con el riesgo de que fuera también perceptible a simple vista. Si el motivo es periódico, es preferible que la longitud del periodo no sea inferior a diez veces el valor máximo del desfase entre las uniones presentes en dos líneas sucesivas.

[0058] La anchura de la zona donde están presentes dichas uniones no debe ser superior, preferentemente, a 2 cm. Si esta anchura es demasiado reducida (inferior a dos veces el diámetro del pulso), se incurre en el riesgo de tener una línea quebrada demasiado cercana a una línea recta, de manera que se descarte el riesgo de una visibilidad de las uniones. Si se tiene una anchura demasiado elevada, se reduce el campo óptico útil de los dispositivos, y se deteriora así la productividad de la instalación.

[0059] Naturalmente, si para tratar el conjunto de la superficie de la pieza se necesitan más de dos dispositivos de láser de barrido, la invención se aplica, poco a poco, a todos los pares de dispositivos vecinos.

[0060] Este procedimiento y el dispositivo asociado pueden usarse también ventajosamente junto con un procedimiento y un dispositivo asociados destinados a suprimir, o al menos a atenuar muy intensamente, los problemas relacionados con la direccionalidad excesiva de la visión de la irización de la superficie de un acero inoxidable tratado por un dispositivo que comprende un láser de barrido. Según este procedimiento, se impone una polarización diferente de la luz emitida por el láser para la formación de las LIPPS de dos líneas dispuestas consecutivamente a lo largo de la dirección de desplazamiento relativo de la pieza y de los dispositivos de láser de barrido. Se aconseja usar tres polarizaciones diferentes al menos, aplicadas a una serie de al menos tres líneas consecutivas, para obtener el efecto buscado.

[0061] La invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, proporcionada en referencia a las figuras adjuntas siguientes:

- La figura 1 que muestra la superficie de una chapa donde se ha realizado un tratamiento láser de irización según la invención por medio de dos dispositivos de láser contiguos, que forman líneas situadas en la prolongación una con respecto a la otra a lo largo de los ejes rápidos de los dispositivos, y con zonas de superposición entre dos líneas dispuestas según la variante preferida de la invención, en concreto, según una línea quebrada aleatoria cuya orientación general es la del eje lento, y no según una línea recta que correspondería sustancialmente al eje lento, o según una línea quebrada periódica orientada en general a lo largo del eje lento;

- La figura 2 que muestra el esquema de principio de un dispositivo según la invención, que permite la implementación del procedimiento según la invención en el campo óptico de un dispositivo de tratamiento láser, y que permite también hacer la observación de la irización de la superficie de la chapa independiente del ángulo de observación según una variante preferida de la invención;

- La figura 3 que muestra la superficie de una chapa resultante de la implementación de la variante preferida del procedimiento según la invención, que mejora el procedimiento usado en el caso de la figura 1.

[0062] Por tanto, el objeto de la invención es formar un tratamiento cuyos defectos no fueran detectados fácilmente por el ojo humano, que identifica rápidamente lo que es lineal, y también lo que es periódico según un periodo breve. En este caso, si se considera que el tratamiento óptimo de la superficie de la chapa 1 necesita N pases sucesivos de un láser sobre una misma línea que corresponde al eje rápido de un campo óptico dado para inyectar una cantidad de energía necesaria y suficiente para obtener las ondulaciones deseadas, el desfase aleatorio, con respecto al eje lento, de las N líneas superpuestas es idéntico de un pase del láser al otro.

[0063] La figura 1 representa esquemáticamente dicha configuración, aplicada en una chapa 1. En ella se aprecia que, para series de dos pases (bandas de barrido) del escáner 13 que corresponden a dos campos de escáneres 13 vecinos situados en la prolongación uno del otro y que se superponen ligeramente para evitar la presencia de zonas no tratadas en la superficie de la chapa 1, los puntos de unión 2 de los campos ópticos respectivos de las dos series 3, 4 de líneas realizadas respectivamente por uno de los dos escáneres están desfasados de una forma no lineal, sino aleatoria, entre dos líneas 5, 6, o dos series de N líneas superpuestas, dispuestas sucesivamente a lo largo del eje lento 7 que es la dirección relativa de progresión de la chapa 1 y de los escáneres de láser 13. En otras palabras, las uniones 2 respectivas de dos líneas enfrentadas entre sí y que pertenecen cada una a una serie 3, 4 no forman, tomadas en conjunto, una recta o un motivo periódico de periodo corto, sino una línea quebrada aleatoriamente que es menos fácil de discernir que una línea recta o una línea quebrada donde los desfases de las uniones 2 fueran periódicos con un periodo corto.

[0064] Debe observarse que entre dos líneas sucesivas 5, 6 realizadas en el mismo campo óptico y, por tanto, desfasadas en la dirección de progresión 7 (en otras palabras, el eje lento) de los escáneres de láser 13, o en la dirección de progresión de la chapa 1 si está se mueve a lo largo del eje lento mientras que los escáneres 13 son fijos, este problema no se plantea en general con la misma intensidad, salvo si la superposición entre las líneas de dos series 3, 4 que se suceden a lo largo del eje lento 7 es francamente deficiente.

[0065] De hecho, lo que hay que considerar es el desplazamiento relativo relativamente lento de la chapa 1 y de los escáneres 13, y que muestra la flecha 7 que define el eje lento.

[0066] En realidad, como se ha dicho, las diferentes líneas 5, 6 de cada grupo 3, 4 tienen anchuras sustancialmente iguales al diámetro del pulso, es decir, de 30-40 μm aproximadamente, en general. Para asegurarse de que, en la superficie de la chapa, no subsisten zonas no tratadas entre dos líneas 5, 6 sucesivas de un mismo grupo 3, 4 a lo largo del eje lento 7, es posible regular el galvo del escáner y/o el dispositivo de desplazamiento de la chapa para que dos líneas 5, 6 sucesivas a lo largo del eje lento 7 se superpongan.

[0067] En otras palabras, las líneas 5, 6 de un mismo grupo 3, 4 se forman después de un desfase de las posiciones relativas de los pulsos de cada escáner 13 y de la chapa 1 que es ligeramente inferior al diámetro de los pulsos. Por tanto, puede haber un doble tratamiento de la superficie de la chapa 1 en las zonas de superposición de las líneas 5, 6, pero como el desfase de las líneas 5, 6 a lo largo del eje lento 7 puede controlarse con una buena precisión, claramente mejor que la precisión de la superposición de campos ópticos vecinos a lo largo del eje rápido, la anchura de estas zonas, si existen, es en cualquier forma suficientemente baja (algunos μm) para que el doble tratamiento no se traduzca visualmente en una perturbación del efecto irisado con respecto a lo que se obtiene en el resto de la superficie de la chapa 1. También se puede elegir, deliberadamente, no prever superposición entre dos líneas 5, 6 sucesivas a lo largo del eje lento 7, sino pretender un desfase muy reducido, del orden de algunos μm , en cualquier caso, suficientemente reducido para que no provoque la existencia de líneas no tratadas que serían perceptibles a simple vista a lo largo de la dirección perpendicular al eje lento 7.

[0068] Debe entenderse que, en la figura 1, cada serie de líneas 3, 4 situadas en la prolongación una con respecto a la otra y que se reúnen en una unión 2 está constituida en sí misma por la superposición de N líneas superpuestas, con, por ejemplo, $N = 3$. El número de líneas superpuestas para un campo óptico dado depende de la cantidad de energía que es necesario aportar a la superficie de la chapa 1 para obtener la configuración en ondículas deseada, responsable de la irrisación de la superficie. Cuanto más elevada es esta cantidad, más alto es el número de líneas, para una misma energía aportada por cada pase del láser.

[0069] En la medida de lo posible, esta configuración presenta una estructura del tipo LSFL, para la que se ha visto que era la más capaz de suministrar esta irrisación en condiciones que son, sin embargo, dependientes del ángulo de visión. Por lo tanto, la energía aportada según una línea dada debe estar contenida entre un límite inferior por debajo del cual no habría ondículas suficientemente pronunciadas, y un límite superior por encima del cual aumenta demasiado la probabilidad de una presencia excesiva de Bumps. Estos límites son, naturalmente, muy dependientes de múltiples factores, especialmente el material exacto de la chapa 1, su estado de superficie, la energía aportada por los pulsos durante cada uno de los pases del láser sobre una zona dada, etc. Experimentos de rutina permiten al experto en la materia definir estos límites según el material del que dispone y del material que se va a tratar.

[0070] Aun cuando esta primera aproximación permita reducir sustancialmente la visibilidad de la superposición de dos campos sucesivos, según el material usado y/o del efecto pretendido, como las superposiciones entre campos (las uniones 2) no están dispuestas según una línea recta correspondiente al eje lento 7, sino según una línea quebrada de forma aleatoria donde solo la orientación general corresponde sustancialmente al eje lento 7, que sigue los desfases entre las superposiciones, puede revelarse, sin embargo, como insuficiente para obtener una superficie suficientemente homogénea. En este caso, es posible usar la misma aproximación, pero cambiando el desfase entre los diferentes pases del láser. Esto permite aumentar aún más el carácter aleatorio del motivo de colocación de las superposiciones con respecto al caso anterior. En otras palabras, la línea quebrada que une las superposiciones sucesivas y constituye dicho motivo presenta un carácter no periódico o aleatorio todavía menos evidente. Sin

embargo, es necesario asimismo velar para que los campos de tratamiento yuxtapuestos tengan los mismos desfases que el primero en cada pase, ya que hay que evitar la acumulación local de pases de láser para tener un tratamiento aparentemente homogéneo, al igual que lo ideal es que todos los puntos de la superficie reciban la misma cantidad de energía según la misma distribución, el mismo número de pulsos y de pases.

[0071] El uso de un motivo de superposición de los bordes de campos aleatorios permite así distribuir los puntos de heterogeneidad, sin que estos formen una línea recta o una línea quebrada de período corto, que sería demasiado perceptible a simple vista. Cuando el motivo que dibujan es idéntico para todos los pases de láser a lo largo del eje rápido que han formado una línea dada, estos puntos de superposición son localizaciones donde la heterogeneidad es alta, ya que la discontinuidad de la línea está marcada en cada pase.

[0072] Como se ha dicho, es aceptable una cierta periodicidad del motivo de las uniones 2 de los bordes de campo si se realiza en una longitud suficiente a lo largo del eje lento 7, en concreto, al menos igual a diez veces el valor máximo del desfase entre las uniones 2 presentes en dos líneas sucesivas 5, 6 a lo largo del eje lento 7.

[0073] La realización del tratamiento en forma de líneas orientadas a lo largo del eje rápido permite aprovechar la alta frecuencia de repetición de los láseres de duración de pulso ultracorta para aumentar la productividad del tratamiento. Así, en un solo barrido de la línea por el escáner a lo largo del eje rápido, la línea pudo ser irradiada N veces si la distancia entre dos pulsos de dos campos vecinos es igual al diámetro del pulso dividido por N. Esto permite así borrar el efecto que podrían tener pequeñas fluctuaciones de potencia sobre la homogeneidad de la superficie. Así, para obtener N irradiaciones sucesivas de un mismo punto de la superficie de la chapa 1, no es forzosamente necesario hacer pasar N veces un haz de láser 9 sobre dicho punto, y puede bastar un único pase del haz de láser 9.

[0074] Este modo de acción tiene, sin embargo, el inconveniente de formar zonas de heterogeneidades en los extremos de las líneas en distancias equivalentes al diámetro de un pulso (algunas decenas de micrómetros).

[0075] Como se ha dicho, el efecto de irisación obtenido por tratamiento con un láser 8 de pulsos ultracortos está relacionado con la formación espontánea en la superficie de la chapa 1 de una estructura periódica que tiene un comportamiento análogo a una red óptica sobre la luz que se refleja en la superficie. Como se ha expuesto anteriormente, el mecanismo de formación de esta estructura en ondículas distribuidas periódicamente en la superficie tratada no ha sido aún establecido por la comunidad científica.

[0076] Sin embargo, se ha demostrado (véase, por ejemplo, el documento «Control Parameters In Pattern Formation Upon Femtosecond Laser Ablation», Olga Varlamova y col., Applied Surface Science 253 (2007) pp. 7932-7936), que la orientación de las ondículas estaba relacionada principalmente con la polarización del haz de láser que irradiaba la superficie. Así, en un acero inoxidable, las HSFL tienen una orientación paralela a la polarización del haz incidente mientras que las LSFL que se forman a continuación, cuando se ha aportado una mayor cantidad de energía en la superficie de la chapa, tienen una orientación perpendicular a la polarización del haz incidente. En otros materiales se puede observar el efecto inverso, pero esto no pone en riesgo la aplicabilidad de la invención a estos materiales.

[0077] En el caso de un tratamiento láser por líneas, se desprende así que una superficie tratada sin modificación de la polarización del haz de láser 9 en el curso de sus diferentes pasos sobre una línea dada de dicha superficie presenta, al final del tratamiento, una estructura constituida por líneas/ondículas orientadas, todas ellas, en la misma dirección. Esto induce que el efecto de "red óptica" de la superficie también esté orientado.

[0078] De hecho, la irisación aparece como máxima si la observación se lleva a cabo en una dirección transversal a la orientación de las ondículas y disminuye a medida que el ángulo de orientación de la observación se alinea con la estructura de la superficie. Así, en una observación de la superficie en la alineación de las ondículas no aparece ningún color. Esto puede constituir un inconveniente para el producto final, ya que obliga a elegir bien la orientación de las ondículas a partir del tratamiento para tener un producto donde la irisación aparezca en las condiciones de observación deseadas. Además, el producto final solo aparece completamente coloreado a lo largo de una única dirección principal de observación, para una fuente luminosa dada.

[0079] La variante óptima de la invención, objeto de las figuras 2 y 3, permite suprimir este inconveniente. Si dos campos sucesivos, que forman conjuntamente una misma línea en toda la anchura de la chapa 1 (la dirección perpendicular al eje lento 7), poseen la misma polarización según esta línea, el efecto visual de un doble tratamiento de la zona de unión entre estos dos campos tiende a ser mucho menos marcado que si los dos campos tienen polarizaciones diferentes, con una diferencia de ángulo de polarización, diferencia que está comprendida preferentemente entre 20 y 90°.

[0080] Por otra parte, al tener, según la variante preferida de la invención, polarizaciones suficientemente diferentes con seguridad entre dos líneas sucesivas a lo largo de la dirección relativa de avance 7 de la pieza y de los dispositivos de láser de barrido, se suprime la direccionalidad de la observación de la irisación. La conjugación de los fenómenos que se han descrito hace que la irisación de la chapa 1 tratada parezca mucho más uniforme, en todas las

direcciones de observación, que en el caso en que no se tiene esta alternancia de polarización entre líneas vecinas.

[0081] El tratamiento se realiza "en líneas", con una distancia que separa los centros de los pulsos ligeramente inferior al diámetro del pulso en la dirección de barrido rápido, para que ciertamente no queden zonas no tratadas por el pulso. La solución según la variante preferida de la invención consiste en alternar líneas para las cuales se modifica la orientación de las ondículas, de una línea a otra, por la acción de un polarizador o de cualquier otro tipo de dispositivo óptico polarizador, colocado en el camino óptico del haz de láser 9.

[0082] Así, o bien el campo de tratamiento se obtiene con un sistema automático que permita modificar la polarización del haz incidente entre cada línea, o bien el campo de tratamiento se obtiene en un número de veces M igual a al menos dos, y preferentemente a al menos tres, con M correspondiente, por tanto, al número de orientaciones diferentes que procuran a las ondículas las polarizaciones periódicamente sucesivas del pulso del haz de láser que las forma.

[0083] La figura 2 representa esquemáticamente una arquitectura típica de una parte de un dispositivo unitario que permite la implementación del procedimiento según la invención, comprendido en la versión preferida que se acaba de exponer, para tratar una parte de una chapa 1 de acero inoxidable en un campo dado. Naturalmente, este dispositivo está controlado por medios automatizados, que permiten sincronizar los movimientos relativos del soporte 15 de la chapa 1 y del haz de láser 9, así como ajustar los parámetros del haz de láser 9 y su enfoque según las necesidades. La programación de estos medios automatizados solo depende de las competencias habituales del experto en la materia.

[0084] El dispositivo unitario de la figura 2 comprende en primer lugar una fuente de láser 8 de un tipo conocido clásicamente para la creación de irizaciones de superficies metálicas, por tanto, normalmente una fuente 8 que genera un haz de láser 9 pulsado de baja duración de pulso (inferior a un nanosegundo), siendo el diámetro de cada pulso normalmente del orden de 30 a 40 μm . La energía inyectada en la superficie del acero inoxidable por el pulso se debe determinar experimentalmente, de manera que genere en la superficie de la chapa 1 ondículas LIPPS, preferentemente de tipo LSFL y evite la formación de bumps, y posteriormente de picos, y la frecuencia y la potencia del haz de láser 9 deben elegirse en consecuencia según los criterios conocidos por el experto en la materia a este efecto y teniendo en cuenta las características precisas de los otros elementos del dispositivo y del material que se va a tratar. El haz de láser 9 generado por la fuente 8 pasa a continuación por un sistema óptico 10 de conformación del haz 9, que, además de sus componentes clásicos 11 que permiten ajustar la forma y las dimensiones del haz 9, incluye, según la invención, un elemento óptico polarizador 12 que permite conferir al haz 9 una polarización elegida por el operador o los automatismos que manejan el dispositivo.

[0085] El haz de láser 9 pasa a continuación a un dispositivo de barrido (por ejemplo, un escáner) 13 que, como es sabido, permite que el haz 9 barra la superficie de la chapa 1 según una trayectoria rectilínea (el eje rápido) en un campo de tratamiento. En salida del escáner 13, todavía de manera clásica, se encuentra un sistema de enfoque 14, tal como una lente de enfoque, en virtud del cual el haz de láser 9 se enfoca en dirección a la chapa 1.

[0086] En el ejemplo representado, la chapa 1 es llevada por un soporte móvil 15 que permite desplazar la chapa 1 en un plano, a lo largo de la dirección 7 (eje lento), u, opcionalmente, en las tres dimensiones del espacio, con respecto al dispositivo de generación, de polarización y de barrido del haz de láser 9, para que este pueda tratar la superficie de la chapa 1 según una nueva línea del campo de tratamiento del dispositivo representado.

[0087] Antes de este tratamiento de dicha nueva línea, según una variante de la invención cuyo resultado se ilustra en la figura 3, en el dispositivo óptico de polarización 12 del haz de láser 9 se modificó su ajuste, de forma que se confirió al haz de láser 9 una polarización diferente a la que tenía durante el tratamiento de la línea anterior. Pueden obtenerse al menos dos ángulos de polarización diferentes, y preferentemente al menos tres, mediante el dispositivo óptico de polarización 10, y se alternan, preferentemente pero no de forma obligatoria, de manera periódica en cada cambio de línea. No es indispensable una periodicidad del motivo de polarización, sino que basta, como se ha dicho, que los ángulos de polarización de dos líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' vecinas a lo largo del eje lento 7 sean diferentes, preferentemente en al menos 20° y como máximo en 90°. No obstante, se prefiere una periodicidad del motivo, por ejemplo, como se representa, con ángulos de polarización que se repiten cada tres líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18', dado que una programación periódica del cambio de polarización es más sencilla que una programación aleatoria, en particular ya que dos líneas 16, 16' o 17, 17' o 18, 18' que pertenecen a dos campos diferentes y situadas en la prolongación una con respecto a la otra a lo largo del eje rápido y que se reúnen en una unión 2 deben tener la misma orientación de ondículas.

[0088] Sería aceptable una sucesión de polarizaciones aleatorias en el interior de un campo óptico dado, respetando preferentemente, no obstante, el mínimo de desviación angular señalado anteriormente de 20° a 90°.

[0089] Según la invención, el conjunto del dispositivo de tratamiento de la chapa 1 incluye una pluralidad de dispositivos unitarios como el que acaba de describirse, colocados enfrente de la chapa 1, y que se yuxtaponen de manera que los campos de tratamiento respectivos de dos dispositivos unitarios vecinos, es decir, los campos ópticos

de los sistemas de enfoque 14 de sus escáneres 13 respectivos, se superpongan ligeramente. Esta superposición es, normalmente, del orden de dos veces el tamaño del pulso, más una incertidumbre de posición que está relacionada con el periodo de alimentación del láser 8 en pulsos y con la velocidad de barrido del haz de láser 9 a lo largo del eje rápido. Se debe verificar experimentalmente que esta superposición es suficiente para asegurar que no subsisten en la chapa 1 zonas no tratadas al final de la operación. Además, las líneas 16, 16' o 17, 17' o 18, 18' generadas por cada uno de estos campos deben estar en continuidad unas con otras en dos campos vecinos, y los ajustes de los dispositivos unitarios han de ser idénticos para dos campos vecinos, en particular en términos de forma, dimensión, potencia y ángulo de polarización en un instante de sus haces de láser 9 respectivos, para que el tratamiento sea homogéneo en el conjunto de una línea de la anchura de la chapa 1, y que la alternancia de los ángulos de polarización del haz de láser 9 entre dos líneas consecutivas 16, 17, 18, 16', 17', 18' a lo largo del eje lento 7 sea idéntica en toda la anchura de la chapa 1.

[0090] Los medios de control de estos dispositivos unitarios son, lo más normalmente, medios comunes a todos los dispositivos unitarios, para que actúen en perfecta sincronización unos con otros. Asimismo, controlan, preferentemente, los desplazamientos del soporte 15 de la chapa 1, también para una mejor sincronización de los desplazamientos respectivos de la chapa 1 y de los haces de láseres 9 de los dispositivos unitarios.

Naturalmente, se podría sustituir el soporte móvil 15 por un soporte fijo, y asegurar el desplazamiento relativo de la chapa 1 y de los haces de láseres 9 de los dispositivos unitarios de tratamiento colocando estos en un soporte móvil. Además, las dos variantes pueden combinarse, porque el dispositivo según la invención incluiría a la vez un soporte móvil 15 para la chapa 1 y otro soporte móvil para los dispositivos unitarios de tratamiento, de modo que los dos soportes pueden ser accionados, uno u otro o los dos simultáneamente, por el dispositivo de control, según los deseos del usuario. Sea el caso en que hay un único dispositivo de tratamiento que se desplaza a lo largo del eje rápido una vez que ha tratado una parte de la chapa 1. En este caso, se guarda en la memoria el motivo de las uniones 2 realizadas cuando el dispositivo ha tratado una parte de la chapa 1, y se realiza este mismo motivo en el o en los campos tratados después del o de los desplazamientos del dispositivo a lo largo del eje rápido.

[0091] Además, el desplazamiento relativo de la chapa 1 y de los haces de láseres 9 de los dispositivos unitarios a lo largo del eje lento 7 puede realizarse con la ayuda de medios ópticos integrados en los dispositivos unitarios de tratamiento y que actúan sobre los emplazamientos de los ejes rápidos de los desplazamientos de los haces de láseres 9 de estos dispositivos unitarios. Estos medios ópticos se sustituyen, o se añaden, a los medios mecánicos de desplazamiento del soporte móvil 15 de la chapa 1 y/o del soporte móvil de los láseres 8 de los dispositivos unitarios de tratamiento.

[0092] Dichos medios puramente ópticos podrían bastar para tratar piezas de bajas dimensiones, pero con un alto riesgo de que no sean suficientes para tratar piezas de dimensiones relativamente grandes con una precisión suficiente. No obstante, se pueden combinar medios ópticos y medios mecánicos colocando los medios mecánicos en una posición dada, y después realizando el desplazamiento relativo del haz de láser 9 a lo largo del eje lento 7 por los medios ópticos, en una distancia «d» suficientemente corta para que la precisión del desplazamiento relativo sea suficiente, y después desplazando los medios mecánicos una distancia igual a «d» para seguir a continuación con el tratamiento de la chapa 1 usando los medios ópticos para formar de nuevo el desplazamiento relativo de los haces de láseres 9 y de la chapa 1 a lo largo del eje lento.

[0093] En la variante preferida de la invención, el número M corresponde así al número de orientaciones diferentes que se quiere dar a las ondículas asegurando un interlineado M veces mayor que un tratamiento clásico y desfasando las líneas un interlineado clásico entre cada realización del campo. La figura 3 muestra un ejemplo del aspecto de dicha realización con M = 3.

[0094] La chapa 1 presenta en su superficie una sucesión periódica de líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' obtenidas con la ayuda de dos dispositivos según la invención que han permitido la creación de este motivo periódico de tres tipos de tales líneas en dos campos ópticos 19, 20 contiguos, siendo las líneas 16, 17, 18 de un campo dado en la prolongación de líneas 16', 17', 18' similares a las obtenidas en el campo óptico vecino.

[0095] Las líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' del motivo se distinguen unas de otras por los efectos de las polarizaciones diferentes que el dispositivo de polarización 12 ha aplicado al haz de láser 9 en el momento de su formación.

[0096] Como se puede ver en la parte de la figura 3 que representa una fracción aumentada de la superficie de la chapa 1, en el ejemplo representado que no es limitativo, la polarización conferida al haz de láser 9 durante la generación de la primera línea 16, 16' del motivo conduce a una orientación de las ondículas en la dirección perpendicular a la dirección relativa de avance 7 (eje lento) de la chapa 1 con respecto al dispositivo de tratamiento láser. Posteriormente, para generar la segunda línea 17, 17' del motivo, se modificó la polarización del haz de láser 9 de forma que se obtuvo una orientación de las ondículas a 45° con respecto a la orientación de las ondículas de la primera línea 16, 16'. Finalmente, para generar la tercera línea 18, 18' del motivo, se modificó la polarización del haz de láser 9 de forma que se obtuvo una orientación de las ondículas a 45° con respecto a la orientación de las ondículas

de la segunda línea 17, 17', y por tanto a 90° con respecto a la orientación de las ondículas de la primera línea 16, 16': las ondículas de la tercera línea 18, 18' están por tanto orientadas en paralelo a la dirección relativa de avance 7 de la chapa 1 con respecto al dispositivo de tratamiento láser.

- 5 **[0097]** En la zona de unión de dos líneas 16, 16', 17, 17', 18, 18', situadas en la prolongación una con respecto a la otra, se inyecta así en la superficie de la chapa 1 una energía superior a la que se inyecta en el resto de la superficie, como en la variante de base de la invención descrita anteriormente. Este hecho está marcado por la existencia de zonas 2 que se han sometido a un sobretratamiento y están situadas en la unión de los campos vecinos, y cuya situación precisa en el interior de la zona de superposición de los campos es aleatoria según la invención. No obstante, el hecho de que en estas zonas de unión 2, las líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' de cada campo óptico que se reúnen se hayan obtenido con la misma polarización del haz de láser 9 atenúa todavía más claramente la alteración del efecto visual de irisación de la superficie de la chapa 1 que se constata en la ausencia de polarización controlada del haz de láser 9. La ausencia de continuidad de la orientación de las ondículas de un campo óptico al otro tendería a aumentar la visibilidad de la zona de unión de los campos en una línea dada, creando una zona de heterogeneidad en la superficie. Es preciso simplemente vigilar para que las líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' de los dos campos vecinos que se han obtenido con polarizaciones idénticas estén claramente en la prolongación unas de otras, si bien esta precaución sobre la colinealidad de las líneas 16, 16', 17, 17', 18, 18' de campos vecinos debió tomarse también en la realización de la versión de base del procedimiento según la invención, véase la figura 1, y el material usado para este fin también puede usarse en el marco de esta variante de la invención. Basta con asegurarse de que los cambios de polarización de los haces de láser 7 de los dispositivos relativos a cada campo se realizan con los mismos valores para las líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' de los campos que se reúnen.

- [0098]** El uso de M = 2 orientaciones de polarización diferentes, desfasadas, por ejemplo, 90°, permite ya tener un efecto de irisación visible según la mayor parte de las direcciones de observación. Sin embargo, la intensidad resultante de la irisación varía todavía bastante sustancialmente durante la observación según un ángulo de 45°, y se puede interpretar que el problema de la ausencia de direccionalidad del efecto de irisación no estaría siempre resuelto de forma totalmente satisfactoria. Esto ya no es visible en cuanto M es superior a 2, preferentemente si los ángulos son desviados más de 20° entre dos líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' sucesivas.

- 30 **[0099]** Así, al llevar a cabo un tratamiento con al menos tres ángulos de polarización distintos distribuidos entre 0 y 90° y que presentan, preferentemente, diferencias de polarización de al menos 20° entre dos líneas 16, 17, 18, 16', 17', 18' sucesivas a lo largo del eje lento 7, la experiencia demuestra que la irisación de la superficie es visible según todas las direcciones con una intensidad similar. Se puede usar un número M de orientaciones superior a 3, pero entonces es preciso vigilar que los ángulos de polarización de dos líneas vecinas sean suficientemente diferentes unos de otros para obtener la ausencia de direccionalidad del efecto irisado buscada.

- [0100]** Sin embargo, resulta evidente que la distribución de la estructura de la superficie según diferentes orientaciones induce una disminución de la intensidad total de la irisación en comparación con una superficie tratada según una sola dirección de polarización y observada según el ángulo óptimo (el ángulo transversal a la estructura). Por tanto, habría que encontrar un compromiso entre la intensidad del efecto visual de irisación percibido por el observador y el carácter omnidireccional de este efecto de irisación. No obstante, tres direcciones de polarización (y, por tanto, una periodicidad de tres líneas de estas direcciones, como se representa en la figura 3) representa ya, al menos en los casos más habituales, este buen compromiso.

- 45 **[0101]** Finalmente, para obtener un efecto lo más homogéneo posible, se recomienda alternar las orientaciones, de forma preferentemente periódica, en las distancias más cortas posible. Para M orientaciones diferentes se preferirá alternar periódicamente una sola línea de cada orientación, de anchura igual o, preferentemente (para asegurar un tratamiento del conjunto de la superficie de la chapa), ligeramente inferior al diámetro del pulso.

- 50 **[0102]** Se pueden tratar chapas 1 cuya planicidad no fuera perfecta incluyendo en el dispositivo de tratamiento medios de medición de la distancia entre el sistema de enfoque 14 y la chapa 1, y acoplándolos a los medios de control del sistema de enfoque 14, para que este garantice que el diámetro del pulso y la fluencia del haz de láser 9 sean sustancialmente los mismos con independencia de cuál sea la distancia efectiva entre el sistema de enfoque 14 y la chapa 1. Como variante, dichos medios de medición de la distancia entre el sistema de enfoque 14 y la chapa 1 pueden ser complementados con medios de desplazamiento relativo del dispositivo según la invención y de la chapa 1, que permiten mantener constante la distancia entre el sistema de enfoque 14 y la superficie de la chapa 1 durante todo el tiempo del tratamiento de la chapa 1.

- [0103]** También se puede contemplar la aplicación del procedimiento a materiales distintos de chapas planas (por ejemplo, a chapas conformadas, barras, tubos, piezas que incluyen superficies tridimensionales en general), adaptando en consecuencia los medios de desplazamiento relativo de los láseres y de la pieza para tratar, y/o los controles de los medios de enfoque si se deben manejar diferencias de distancia entre el emisor de láser y la superficie. En el caso de piezas que presentan superficies sustancialmente cilíndricas (barras y tubos de sección circular, por ejemplo), una forma de proceder consistiría en colocar los dispositivos láser en un soporte fijo y en prever, para la pieza, un soporte que permita ponerlos en rotación para hacer desplazarse la superficie de la pieza en los campos

ópticos de los láseres.

[0104] Se recuerda finalmente que, si los aceros inoxidable son materiales a los cuales puede aplicarse la invención de forma privilegiada, otros materiales, metálicos o no metálicos, en los cuales puede obtenerse el efecto
5 de irización de la superficie por medio de un tratamiento láser, también se ven afectados por la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de creación de un efecto visual de irización en la superficie de una pieza (1), según el cual se envían en dicha superficie haces de láser (9), de duración de pulso inferior a un nanosegundo,

caracterizado porque los haces de láser (9) se envían en los campos ópticos yuxtapuestos de los sistemas de enfoque (14) de al menos dos dispositivos fijos, o en el campo de al menos un dispositivo móvil, comprendiendo cada uno del o de dichos dispositivos una fuente de láser (8), un escáner (13) y dicho sistema de enfoque (14), de manera que se confiera a dicha superficie en la anchura de dicho pulso una estructura en forma de ondículas, y se realice un barrido por el o dichos escáneres (13) de dicha superficie por dichos haces de láser (9) según una serie de líneas (5, 6; 16, 17, 18, 16', 17', 18') sucesivas en una dirección de avance relativo (7) de la pieza (1) y del o de los escáneres (13) y una serie de líneas que se sitúan en la prolongación una con respecto a la otra según una dirección perpendicular a dicha dirección (7) de avance relativo, y que pertenecen cada una al campo óptico del o de los dispositivos, teniendo cada línea (5, 6; 16, 17, 18, 16', 17', 18') una anchura igual al diámetro de dicho pulso, tal que dichos campos ópticos de dos dispositivos fijos vecinos o los campos ópticos que corresponden a dos posiciones sucesivas de dicho dispositivo móvil se superponen en una zona de superposición de una anchura comprendida entre dos veces el diámetro del pulso del haz de láser (9) y 2 cm, de manera que dos líneas que se sitúan en la prolongación una con respecto a la otra se superponen en una unión (2), y **porque**, entre dos series de líneas (5, 6; 16, 17, 18, 16', 17', 18') sucesivas en una dirección de avance relativo (7) de la pieza (1) y del o de los escáneres (13), dichas zonas de unión (2) están dispuestas de forma aleatoria o de forma periódica organizadas según un motivo aleatorio con una periodicidad igual a al menos diez veces el valor máximo del desfase entre las uniones (2) presentes en dos líneas sucesivas (5, 6; 16, 16', 17, 17', 18, 18') a lo largo de dicha dirección de avance relativo (7) en el interior de dicha zona de superposición de los campos ópticos, y **porque**, entre la realización del barrido según dos líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') sucesivas en dicha dirección de avance relativo (7) de la pieza (1) y del o de los escáneres (13), se modifica la polarización del haz de láser (9) de forma que se crean ondículas de orientaciones diferentes en dichas dos líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') sucesivas y de orientación común dos a dos en la dirección perpendicular a la dirección de avance relativo (7).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la polarización del haz de láser (9) se modifica según un motivo periódico, tal que dicho motivo periódico se extiende en M líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') consecutivas a lo largo de la dirección de avance relativo (7) de la pieza y de los escáneres, siendo M igual a al menos 2, preferentemente a al menos 3.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** dos líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') sucesivas a lo largo de la dirección de avance relativo (7) de la pieza (1) y de los escáneres (13) tienen ángulos de polarización que difieren en al menos 20°.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las polarizaciones de dos líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') de dos campos vecinos situadas en la prolongación una con respecto a la otra son idénticas.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** se realiza dicho desplazamiento relativo de dicha superficie de dicha pieza (1) y de los dispositivos que emiten dichos haces de láser (9) colocando dicha pieza (1) en un soporte móvil (15).

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se realiza dicho desplazamiento relativo de dicha superficie de dicha pieza (1) y de los dispositivos que emiten dicho o dichos haces de láser (9) colocando el o los dispositivos que emiten dichos haces de láser (9) en un soporte móvil.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dicha pieza (1) es una chapa.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dicha superficie de dicha pieza (1) es tridimensional, **porque** se mide la distancia entre el sistema de enfoque (14) y la superficie de la pieza (1), y **porque** se controla el sistema de enfoque (14), para que este garantice que el diámetro del pulso y la fluencia del haz de láser (9) sean sustancialmente los mismos sea cual sea la distancia efectiva entre el sistema de enfoque (14) y la pieza (1).

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dicha superficie de dicha pieza (1) es tridimensional, **porque** se mide la distancia entre el sistema de enfoque (14) y la superficie de la pieza (1), y **porque** se controla la posición relativa de dicho dispositivo y de dicha superficie para que la distancia entre dicho sistema de enfoque (14) y dicha superficie siga siendo idéntica durante la implementación del procedimiento.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** dicha pieza (1) es de acero inoxidable.

11. Dispositivo para la impartición de un aspecto irisado a la superficie de una pieza (1) mediante la formación de ondículas en dicha superficie por el pulso de un haz de láser (9), **caracterizado porque** dicho dispositivo está formado por al menos dos dispositivos unitarios fijos yuxtapuestos o al menos un dispositivo unitario móvil, que
- 5 incluyen cada uno una fuente de láser (8) que genera un haz de láser (9) de duración de pulso inferior a 1 ns, un sistema óptico (10) de conformación del haz (9), un escáner (13) que permite que el pulso del haz (9), después de su paso en un sistema de enfoque (14), barra en forma de líneas (5, 6; 16, 17, 18, 16', 17', 18') un campo óptico en la superficie de la pieza (1), tal que dichos campos ópticos de dos dispositivos unitarios yuxtapuestos se superponen en una anchura comprendida entre dos veces el diámetro del pulso del haz de láser (9) y 2 cm, que contiene las uniones
- 10 (2) de dos líneas (5, 6; 16, 17, 18, 16', 17', 18') realizadas cada una por un dispositivo unitario, y medios para crear un movimiento relativo según una dirección (7) dada entre dicho dispositivo y dicha pieza (1) de manera que realice el tratamiento en al menos una parte de la superficie de dicha pieza (1), el o los dispositivos unitarios comprenden medios de control automatizados que permiten sincronizar los movimientos relativos de un soporte (15) de la pieza (1) y del haz de láser (9) y ajustar los parámetros del haz de láser (9) y el enfoque del haz de láser (9), estando dichos escáneres
- 15 (13) de dichos dispositivos unitarios configurados para disponer dichas uniones (2) para que formen, tomadas en conjunto, un motivo aleatorio, o de forma periódica organizada según un motivo aleatorio con una periodicidad igual a al menos diez veces el valor máximo del desfase entre las uniones (2) presentes en dos líneas sucesivas (5, 6; 16, 17, 18, 16', 17', 18') a lo largo de dicha dirección de avance relativo (7) en el interior de dicha zona de superposición de los campos ópticos, y **porque** los sistemas ópticos (10) de dichos dispositivos unitarios incluyen un sistema óptico
- 20 de polarización (12) que confiere una polarización determinada a dicho haz (9), y medios para hacer variar esta polarización para que, en dicha superficie, dos líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') vecinas a lo largo de la dirección (7) se formen con pulsos de polarizaciones diferentes.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado porque** dichos dispositivos unitarios permiten
- 25 formar dos líneas (16, 17, 18, 16', 17', 18') vecinas con pulsos cuyas polarizaciones difieren al menos 20°.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** dichos dispositivos unitarios incluyen medios de medición de la distancia entre el sistema de enfoque (14) y la superficie de la pieza (1) conectados a los medios de control del sistema de enfoque (14) para que este mantenga un diámetro de pulso y una
- 30 fluencia constantes en dicha superficie, sea cual sea dicha distancia.
14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** dichos dispositivos unitarios incluyen medios de medición de la distancia entre el sistema de enfoque (14) y la superficie de la pieza (1), y **porque** estos medios de medición están conectados a los medios de control de la posición relativa de dicho
- 35 dispositivo y de dicha superficie que permiten mantener constante la distancia entre dicho sistema de enfoque (14) y dicha superficie.
15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado porque** dichos medios para crear un movimiento relativo según una dirección (7) dada entre dicho dispositivo y dicha pieza (1) comprenden un
- 40 soporte móvil (15) para la pieza (1).
16. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, **caracterizado porque** dichos medios para crear un movimiento relativo entre dicho dispositivo y dicha pieza (1) comprenden un soporte móvil para dichos dispositivos unitarios.
- 45

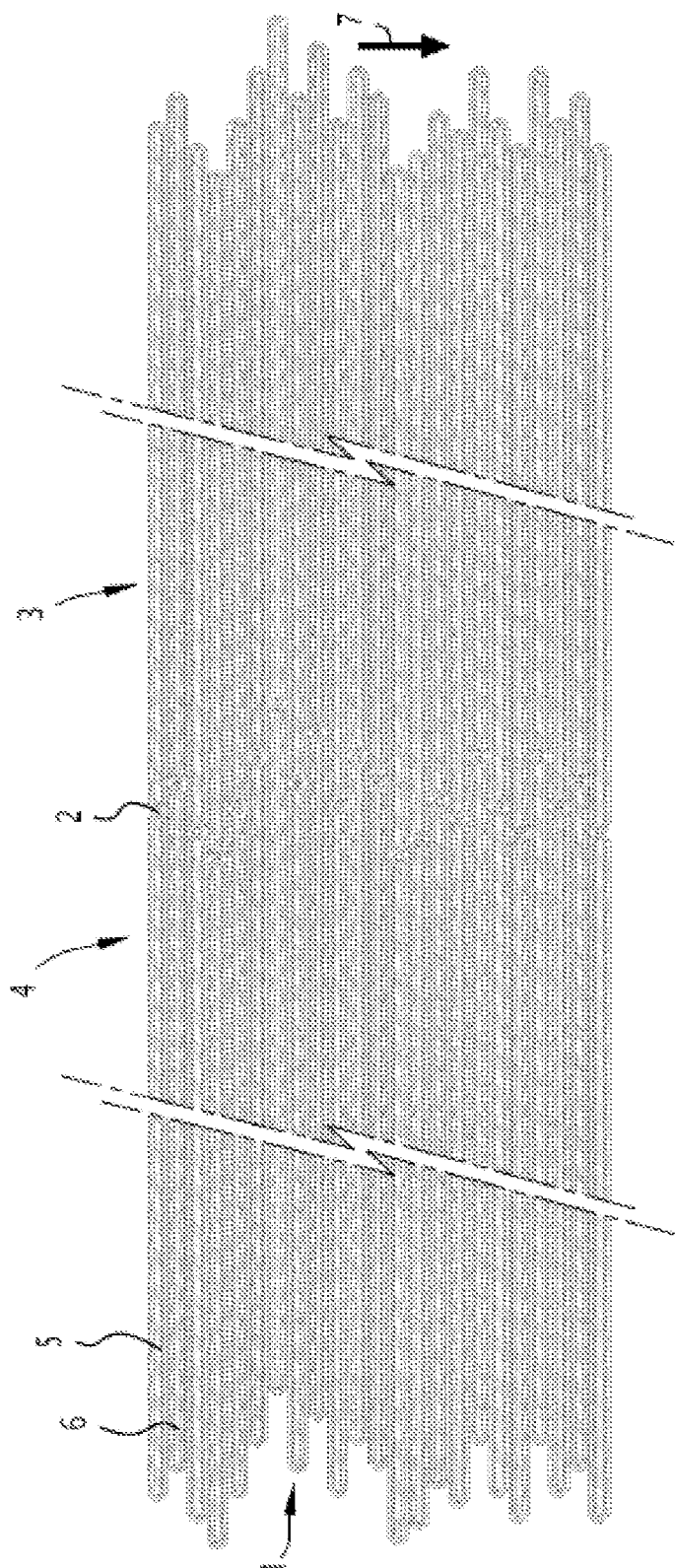


FIG. 1

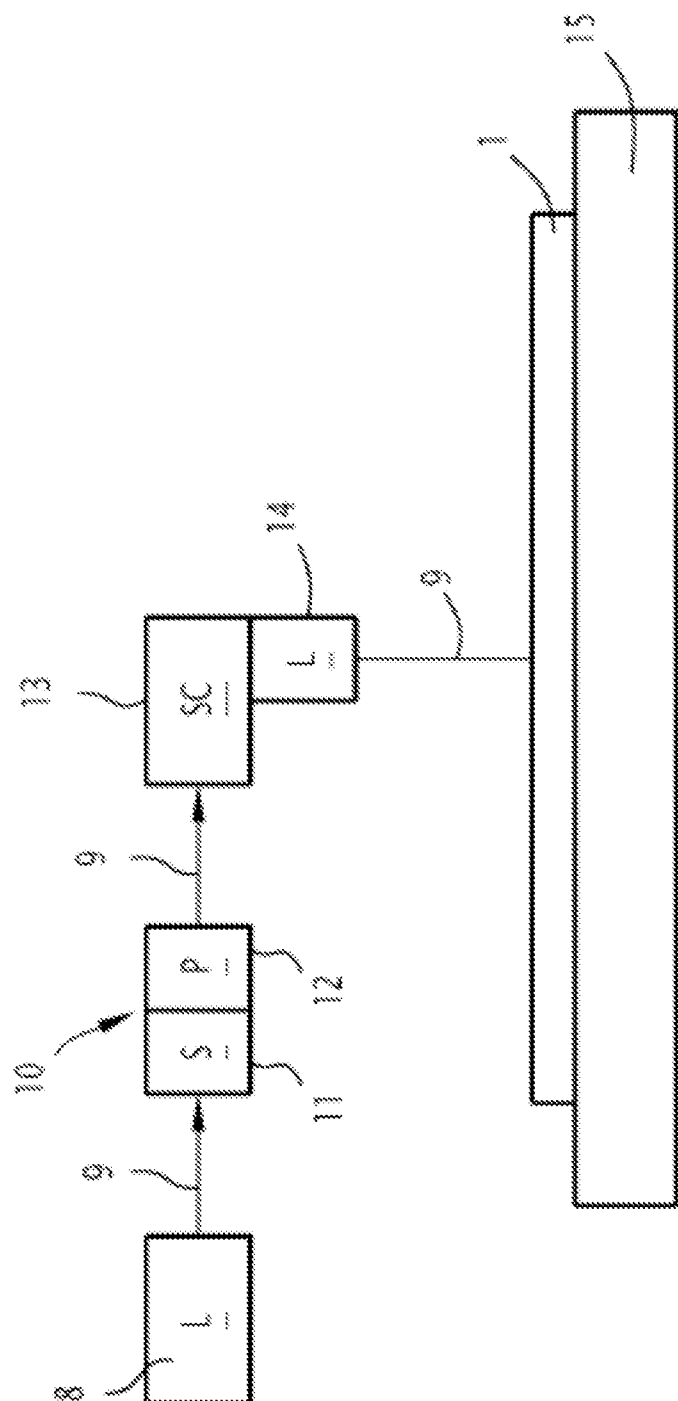


FIG.2

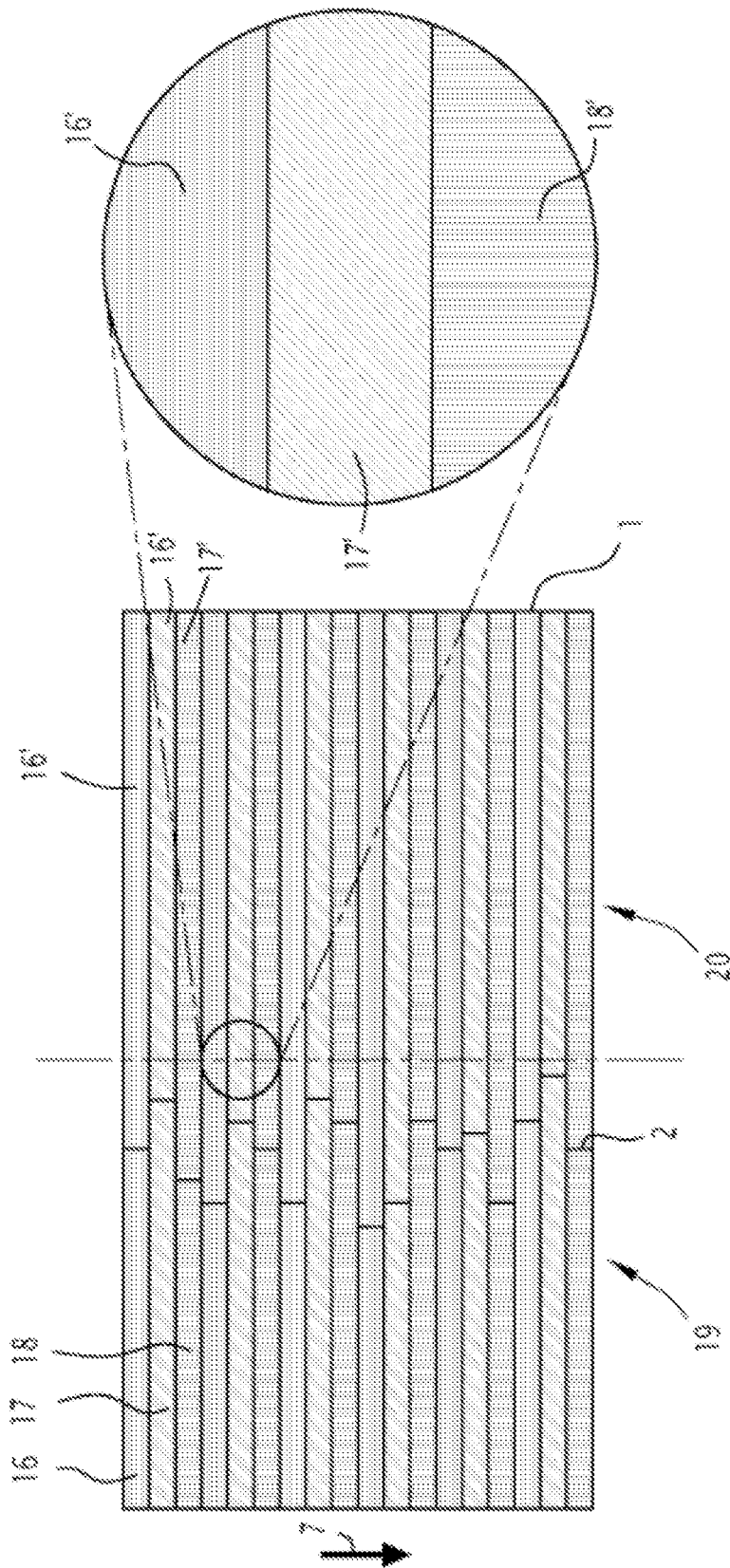


FIG.3