

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 515**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/03** (2006.01)

**B23K 26/402** (2014.01)

**B23K 26/364** (2014.01)

**B23K 26/082** (2014.01)

**B23K 26/0622** (2014.01)

**B23K 103/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2015** E 15170960 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017** EP 2962800

54 Título: **Procedimiento para la formación de una línea de debilidad en un elemento de recubrimiento mediante la remoción de material usando rayos láser pulsados**

30 Prioridad:

**10.06.2014 DE 102014108133**

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

**05.12.2017**

73 Titular/es:

**JENOPTIK AUTOMATISIERUNGSTECHNIK GMBH  
(100.0%)  
Konrad-Zuse-Strasse 6  
07745 Jena, DE**

72 Inventor/es:

**LUTZE, WALTER;  
GRIEBEL, MARTIN y  
WEISSER, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 645 515 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 para la formación de una línea de debilidad en un elemento de recubrimiento mediante la remoción de material usando rayos láser pulsados

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para formar una línea de debilidad en un elemento de recubrimiento mediante la remoción de material a través de rayos láser, según se conoce en el género por el documento DE 10 2013 104 138 B3.

10 En los vehículos o medios de transporte en general, el uso de sistemas de airbag hoy en día es estándar. Para no perturbar la percepción estética de los pasajeros, los airbags se disponen de manera lo menos visible posible detrás de partes del revestimiento interior de los vehículos. El revestimiento interior, en lo sucesivo denominado como elemento de recubrimiento, normalmente consiste en piezas conformadas estables y planas, hechas de material plástico o de materiales compuestos. Debido a que los airbags en caso de activación se expulsan a través del elemento de recubrimiento, en el elemento de recubrimiento deben proveerse tapas para airbag. Las tapas para airbag frecuentemente están formadas por zonas especialmente construidas del elemento de recubrimiento, que a lo largo de los bordes de las tapas de airbag presentan sitios de fractura incorporados, por los que se asegura la rotura y apertura segura y definida del elemento de recubrimiento.

20 En las formas de realización de alta calidad de los elementos de recubrimiento, una capa estable, que define la forma, frecuentemente se provee con materiales de revestimiento, por los que la superficie orientada hacia la cabina de pasajeros del elemento de recubrimiento que se mejora de manera óptica y háptica. Estos materiales de revestimiento normalmente consisten en materiales de espuma, así como materiales flexibles y de pared delgada, tales como hojas de plástico, cuero sintético, géneros textiles, velos de microfibras o cuero natural. Para el despliegue seguro del airbag, los materiales de revestimiento en la zona de las tapas para airbag deben proveerse con sitios de fractura nominal. Al igual que en las capas estables que definen la forma, para esto se incorporan líneas de debilidad. Por razones ópticas, la incorporación de las mismas normalmente se efectúa en el lado posterior, no visible desde la cabina de pasajeros, del material de recubrimiento. Además de una resistencia a la rotura restante exactamente ajustable de la línea de debilidad, los máximos requerimientos de calidad para las superficies sólo se cumplen si la línea de debilidad en el lado visible al pasajero del material de recubrimiento no puede ser percibida de manera óptica ni háptica.

Para incorporar líneas de debilidad, se dispone de una serie de procedimientos.

35 Un procedimiento, en el que por medio de rayos láser se incorporan debilitaciones en un elemento de recubrimiento formado por capas (denominado allí como compuesto decorativo), se desvela en el documento de patente DE 10 2006 054 592 B3. Un compuesto decorativo normalmente está formado por un material decorativo en el lado visible y un material de soporte de la decoración, entre los que se dispone una o varias capas de un material de acolchado. La debilitación se incorpora en varias etapas de trabajo consecutivas. En una primera etapa de trabajo, se efectúa una debilitación previa no penetrante del soporte de decoración, de tal manera que en las zonas previamente debilitadas en por lo menos una segunda etapa de trabajo se efectúa una debilitación posterior, en forma de agujeros de perforación que penetran a través del soporte de decoración. Entre las zonas previamente debilitadas o los agujeros de perforación quedan sitios no debilitados, que en una segunda etapa de trabajo se debilitan posteriormente mediante por lo menos un agujero ciego. Sin embargo, el documento arriba mencionado no contiene información sobre la ejecución de los agujeros de perforación o para la adaptación de la profundidad de perforación a las variaciones de espesor de los materiales decorativos.

50 Otro procedimiento mediante rayos láser se describe en el documento DE 11 2006 000 443 T5. En dicho procedimiento se usan rayos láser pulsados para incorporar agujeros de perforación en elementos de recubrimiento (en ese caso, recubrimientos de airbag), por ejemplo, de salpicaderos o tableros de instrumentos. Un tablero de instrumentos está formado por lo menos por una capa de base y una capa de piel más delgada (lado visible) de material plástico. Los agujeros de perforación se forman desde el lado de la capa de base y pueden extenderse hasta la capa de piel. Mediante el uso de impulsos de láser con diferente duración de impulso, se forman depresiones principales profundas y depresiones auxiliares menos profundas. Pero tampoco en este documento se menciona el ajuste de la profundidad de perforación a las posibles variaciones de espesor de las capas.

60 Un procedimiento, en el que una línea de debilidad se produce mediante la perforación de un elemento de recubrimiento (denominado allí como pieza de revestimiento) con una capa decorativa de cuero por medio de un rayo láser pulsado, se desvela en el documento WO 2005/049261 A1. La perforación se compone de una pluralidad de diferentes agujeros de perforación, que se disponen a lo largo de la línea de debilidad y que están separados entre sí por puentes restantes.

65 Al igual que en el estado de la técnica al que se refiere el documento WO 2005/049261 A1 arriba mencionado, la formación de la línea de debilidad se realiza durante un solo movimiento relativo ejecutado por el rayo láser con respecto al material de revestimiento, en el que consecutivamente se completa un agujero de perforación tras otro. Mediante de la adaptación correspondiente desde la duración del impulso y de la potencia del láser, en combinación

con la velocidad del movimiento relativo, se ejerce una influencia sobre la profundidad de la perforación, es decir, se ajusta el espesor de pared restante del material de revestimiento.

Adicionalmente, se proponen medidas por las que se mantiene reducida la carga térmica a la que se somete el material de revestimiento durante el mecanizado láserico. Para esto, la formación de los agujeros de perforación dispuestos consecutivamente en la línea de debilidad se efectúa mediante impulsos de láser cortos o ultracortos y con las correspondientes pausas entre los diferentes impulsos de láser. De manera correspondiente al procedimiento descrito, se debe partir de la suposición de que las mencionadas pausas se logran mediante una reducción de la frecuencia de repetición de impulsos, de tal manera que las aportaciones de energía de los impulsos de láser que de otra manera inciden con una frecuencia mayor no pueden sumarse a lo largo del tiempo.

En comparación con los procedimientos anteriormente mencionados, con este procedimiento se puede producir una línea de debilidad con una resistencia a la rotura definida y con una amplitud de variación sustancialmente menor de la resistencia a la rotura. Debido a las pausas que se deben cumplir entre los impulsos de láser y la frecuencia de repetición de impulsos del láser reducida correspondientemente, se ralentiza el proceso de mecanizado.

Un procedimiento de desarrollo similar se desvela en el documento de patente DE 10 2007 013 108 B3. El elemento de recubrimiento que se va a perforar en este caso, presenta en el desarrollo de la línea de perforación que se va a zonas alternadas con un mayor y un menor espesor de material, en las que el láser pulsado se aplica respectivamente en un primer o un segundo régimen láserico, con el fin de producir los espesores de pared residuales deseados de los agujeros ciegos. La detección de las zonas de espesor del material se realiza en el primer régimen láserico mediante una secuencia definida y constante de impulsos de indicación de la radiación láserica, que se aplica al comienzo de cada agujero de perforación. En la zona de espesor reducido del material, la secuencia de impulsos de indicación es suficiente para formar un agujero ciego hasta la detección de la radiación láserica transmitente. En la zona de gran espesor del material, con la secuencia de impulsos de indicación no se puede lograr una perforación suficiente, de tal manera que después de transcurrir la secuencia de impulsos de indicación se cambia al segundo régimen láserico con una mayor potencia de láser para la formación del agujero ciego. Debido al principio en que se basa, este procedimiento no es apropiado para ajustar el valor del espesor de pared residual.

En el documento de patente antes mencionado DE 10 2013 104 138 B3 se describe un procedimiento para la incorporación de una línea de debilidad definida en un material de revestimiento mediante la remoción de material, en el que la conducción en forma de líneas de un rayo láser pulsado, como se conoce también de las publicaciones precedentes, es una repetición múltiple de un movimiento de exploración, en el que a lo largo de la línea se emite solamente un impulso de láser por cada sitio de incidencia. A este respecto, los parámetros del impulso de láser se seleccionan de tal manera que el mismo produce una aportación de energía que en el respectivo sitio de incidencia lleva a un calentamiento del material de revestimiento a una temperatura situada por encima de un umbral de ablación, aunque las temperaturas en las zonas limitantes con el respectivo sitio de incidencia del material de revestimiento se mantienen por debajo de una temperatura límite, que llevaría a cambios en la estructura del material de revestimiento.

La repetición múltiple del movimiento de exploración puede efectuarse hasta alcanzar un reducido espesor de pared residual, en la que un sensor detecta la radiación láserica transmitida entonces. Cuando se alcanza el espesor de pared residual mínimo admisible en un sitio de incidencia individual, durante el movimiento de exploración se produce una desconexión puntual local del rayo láser.

Para que por cada sitio de incidencia sólo incida un impulso de láser, la velocidad del movimiento de exploración y la frecuencia de repetición de los impulsos del rayo láser pulsado están armonizadas entre sí.

Alternativamente, el rayo láser puede conectarse y desconectarse ventajosamente de acuerdo con un régimen fijo durante el movimiento de exploración repetido, en lo que la línea de debilidad producida a lo largo de la línea presenta la forma de una línea de ranura-puente con una yuxtaposición alternada de ranuras y puentes.

Debido a que por cada sitio de incidencia se detecta que se haya alcanzado un espesor de pared residual mínimo, se puede formar una línea de debilidad que independientemente de las variaciones de espesor del material presenta una resistencia a la rotura constante a lo largo de su longitud. Por lo tanto, la magnitud de la resistencia a la rotura no puede influenciarse a través del espesor de pared residual y, por ende, tiene que ajustarse mediante el número de sitios de incidencia o, respectivamente, de agujeros de perforación formados que penetran a través del material excepto por una pared residual, y por sus distancias de separación mutuas o longitudes de puente. Sin embargo, con este procedimiento no se pueden producir agujeros de perforación o ranuras con diferentes espesores de pared residual o, respectivamente, con espesores de pared residual que todavía no pueden detectarse, ya que la radiación de láser eventualmente transmitente todavía se ubica por debajo del valor de umbral del sensor. Por esta razón, el espesor de pared residual sólo se puede usar de manera muy limitada para ajustar la resistencia a la rotura deseada o el grado de debilitación, respectivamente, y para algunos materiales el procedimiento resultaba completamente inapropiado, ya que un espesor de pared residual mínimo a lo largo de toda la línea de debilidad entera no garantiza una invisibilidad permanente.

En un procedimiento o un recubrimiento de airbag, respectivamente, desvelado en el documento de patente EP 0 991 551 B1, una línea de debilidad se produce mediante la yuxtaposición de una pluralidad de agujeros de perforación producidos consecutivamente mediante un rayo láser pulsado. Los agujeros de perforación pueden formarse de manera mutuamente solapada o distanciados entre sí mediante puentes restantes. Los agujeros de perforación se completan en cuanto una transmisión de la radiación láserica es detectada por el material residual restante. Además de la perforación, también se pueden formar líneas de debilidad, secciones en la línea de debilidad o agujeros individuales, sin perforar completamente el material. La profundidad de esta debilitación no penetrante se puede estimar y ajustar basándose en el número de impulsos y/o la duración de los impulsos que se requieren para formar una perforación. No obstante, el mencionado documento no desvela información más precisa sobre el ajuste de la profundidad.

El objetivo de la presente invención consiste en mejorar un procedimiento de acuerdo con los documentos anteriormente mencionados DE 10 2013 104 138 B3 y EP 0 991 551 B1 de tal manera que con el mismo se puede producir una línea de debilidad en un elemento de recubrimiento que presente ranuras con un espesor de pared residual libremente seleccionable.

Este objetivo se logra a través de un procedimiento para la formación de una línea de debilidad mediante la remoción de material en un elemento de recubrimiento, que presenta un lado visible y un lado posterior opuesto al lado visible, de acuerdo con la reivindicación 1. Al igual que en el estado de la técnica, a este respecto se dirigen impulsos de láser, con una energía determinada por una amplitud de los impulsos y una duración de los impulsos, sobre el lado posterior, y los mismos se guían con una determinada velocidad de avance, y de manera varias veces repetida respectivamente en un ciclo de mecanizado, a lo largo de una línea imaginaria. A este respecto, la energía de los impulsos de láser se introduce en el elemento de recubrimiento. Se forma una línea de debilidad debido a una remoción de material en forma de por lo menos una ranura con una determinada longitud de ranura. Una pared residual existente por debajo de la por lo menos una ranura y colindante con el lado visible presenta un espesor de pared residual que disminuye en creciente medida con cada ciclo de mecanizado, hasta que llega a ser tan reducida que fracciones de energía de los impulsos de láser, que se transmiten a través de la pared residual, son detectadas por una disposición de sensores dispuestos en el lado visible.

Para la presente invención es esencial que a lo largo de la por lo menos una ranura se incorpore puntualmente a lo largo de la línea imaginaria en por lo menos un primer segmento con una primera longitud una mayor energía que en por lo menos un segundo segmento con una segunda longitud, de tal manera que respectivamente un primer espesor de segmento de pared residual de un primer segmento de pared residual de la pared residual a lo largo del por lo menos un primer segmento se reduzca más rápidamente que un segundo espesor de segmento de pared residual de un segundo segmento de pared residual de la pared residual a lo largo del por lo menos un segundo segmento, por lo que respectivamente el primer espesor de segmento de pared residual del primer segmento de pared residual a lo largo del por lo menos un primer segmento se detecta antes de que se pueda detectar el segundo espesor de segmento de pared residual para el segundo segmento de pared residual a lo largo del por lo menos un segundo segmento, y en base a ello se saquen conclusiones sobre el segundo espesor de segmento de pared residual del segundo segmento de pared residual a lo largo del por lo menos un segundo segmento, sin detectar el mismo.

De manera ventajosa, la introducción de energía por cada ranura se efectúa a lo largo de la longitud de la ranura del por lo menos un primer segmento por lo menos en el primero de los ciclos de mecanizado mediante por lo menos uno de los impulsos de láser. Éste presenta una longitud de impulso comparativamente corta y en otros ciclos de mecanizado adicionales a lo largo de la longitud de la ranura, la introducción de energía se efectúa a través de uno de los impulsos de láser que presenta una longitud de impulso comparativamente larga.

A este respecto, es ventajoso si la amplitud de impulso de los impulsos de láser se mantiene igual respectivamente a lo largo de uno de los ciclos de mecanizado.

Alternativamente, la introducción de energía por ranura y por ciclo de mecanizado se puede efectuar ventajosamente con respectivamente por lo menos uno de los impulsos de láser iguales, que presenta una modulación de amplitud a lo largo de su longitud de impulso, con una amplitud de impulso comparativamente mayor para la introducción de energía a lo largo de la longitud del por lo menos un primer segmento y una amplitud de impulso comparativamente menor para la introducción de energía a lo largo de la longitud del por lo menos un segundo segmento.

Asimismo, la introducción de energía por ranura y por ciclo de mecanizado se puede efectuar ventajosamente con una misma secuencia de impulsos de láser, en la que por lo menos uno de los impulsos de láser presenta una amplitud de impulso comparativamente mayor para la introducción de energía a lo largo de la longitud del por lo menos un primer segmento y varios de los impulsos de láser se suceden directamente, que presentan una amplitud de impulso comparativamente menor para la introducción de energía a lo largo de la longitud del por lo menos un segundo segmento.

También es ventajoso si la introducción de energía por ranura y por ciclo de mecanizado se efectúa con una misma secuencia de impulso de láser, en la que por lo menos uno de los impulsos de láser presenta una longitud de impulso comparativamente más larga para la introducción de energía a lo largo de la longitud del por lo menos un primer segmento y varios de los impulsos de láser inmediatamente consecutivos presentan una amplitud de impulso comparativamente menor para la introducción de energía a lo largo de la longitud del por lo menos un segundo

segmento. A este respecto, la amplitud de impulso de los impulsos de láser con la longitud de impulso comparativamente más larga no es mayor que la amplitud de impulso de los impulsos de láser con la longitud de impulso comparativamente más corta.

5 Es particularmente ventajoso, si la introducción de energía por ranura a lo largo de la longitud del por lo menos un primer segmento por lo menos en el primero de los ciclos de mecanizado se efectúa mediante por lo menos uno de los impulsos de láser y a lo largo de la longitud de la ranura en otros ciclos de mecanizado adicionales la introducción de energía se efectúa con respectivamente una misma secuencia de impulsos de láser, en lo que la secuencia de impulsos de láser comprende un número mayor de impulsos de láser que los impulsos de láser aplicados durante la introducción de energía por ranura en el por lo menos primer ciclo de mecanizado y la longitud de impulso y la amplitud de impulso de todos los impulsos de láser se mantiene constante por lo menos durante uno de los ciclos de mecanizado.

10 Después de los ciclos de mecanizado, que determinan el procedimiento, se puede efectuar un mecanizado adicional de los segundos segmentos.

La presente invención se explica más detalladamente a continuación en base a ejemplos de realización con referencia a las figuras adjuntas. En los dibujos correspondientes:

- 20 Las Fig. 1a - 1g muestran diagramas de potencia-tiempo de los impulsos de láser para la producción de una ranura de acuerdo con un primer ejemplo de realización del procedimiento, así como una línea de debilidad a modo de ejemplo producida con esto en vista de sección y en vista desde arriba.
- 25 Las Fig. 2a - 2g muestran diagramas de potencia-tiempo de los impulsos de láser para la producción de una ranura de acuerdo con un segundo ejemplo de realización del procedimiento, así como una línea de debilidad a modo de ejemplo producida con esto en vista de sección y en vista desde arriba.
- 30 Las Fig. 3a - 3g muestran diagramas de potencia-tiempo de los impulsos de láser para la producción de una ranura de acuerdo con un tercer ejemplo de realización del procedimiento, así como una línea de debilidad a modo de ejemplo producida con esto en vista de sección y en vista desde arriba.
- 35 Las Fig. 4a - 4g muestran diagramas de potencia-tiempo de los impulsos de láser para la producción de una ranura de acuerdo con un cuarto ejemplo de realización del procedimiento, así como una línea de debilidad a modo de ejemplo producida con esto en vista de sección y en vista desde arriba.
- 40 Las Fig. 5a - 5g muestran diagramas de potencia-tiempo de los impulsos de láser para la producción de una ranura de acuerdo con un quinto ejemplo de realización del procedimiento, así como una línea de debilidad a modo de ejemplo producida con esto en vista de sección y en vista desde arriba.
- 45 Las Fig. 6a - 6g muestran diagramas de potencia-tiempo de los impulsos de láser para la producción de una ranura de acuerdo con un sexto ejemplo de realización del procedimiento, así como una línea de debilidad a modo de ejemplo producida con esto en vista de sección y en vista desde arriba.
- 50 La Fig. 7 muestra un esquema de principio de un dispositivo para la realización del procedimiento.

A través del procedimiento, en un elemento de recubrimiento 1 se forma una línea de debilidad definida 2, a lo largo de la que el elemento de recubrimiento 1 presenta una resistencia a la rotura definida y, por lo tanto, puede ser desgarrada con una fuerza de rotura definida. Bajo un "elemento de recubrimiento 1" se ha de entender cualquier pieza de revestimiento interior de un vehículo, detrás del que se puede disponer un airbag, no importa si presenta una sola capa o varias capas.

La incorporación de la línea de debilidad 2 se efectúa mediante la remoción de material mediante un rayo láser pulsado 7. La línea de debilidad 2 se forma en un lado posterior 12 del elemento de recubrimiento 1 que posteriormente en el estado ya montado no es visible para el observador, quedando invisible al observador y no perceptible al tacto en un lado 11 expuesto a la vista del observador.

La línea de debilidad 2 puede estar formada por una ranura 21 individual o por una pluralidad de ranuras 21, que están separadas entre sí por respectivamente un puente 22. Es esencial para la presente invención es la producción de las ranuras 21.

## ES 2 645 515 T3

En principio, el rayo láser pulsado 7, emitido por un láser 6, se dirige sobre el lado posterior 12 del elemento de recubrimiento 1 y se guía a una determinada velocidad de avance varias veces a lo largo de una línea imaginaria 20, a lo largo de la que se debe formar la línea de debilidad 2.

5 Para alcanzar una alta velocidad de avance, el rayo láser pulsado 7 preferentemente se mueve sobre el elemento de recubrimiento 1 dispuesto de forma estacionaria, preferentemente mediante un escáner 9. A este respecto, el mecanizado se puede efectuar siempre en el mismo sentido direccional, o también en un sentido direccional alternado.

10 Los impulsos de láser 3 que forman el rayo láser pulsado 7 inciden a lo largo de la línea imaginaria 20 sobre el elemento de recubrimiento 1. El paso respectivamente único del rayo láser 7 a lo largo de la línea imaginaria 20 se ha de entender en lo sucesivo como un ciclo de mecanizado Z, de tal manera que el procedimiento comprende varios ciclos de mecanizado Z. Con cada ciclo de mecanizado Z, por el efecto de por lo menos uno de los impulsos de láser 3 y por ende mediante la introducción de su energía en el elemento de recubrimiento 1, se remueve material.

15 Debido a faltas de homogeneidad en el material del elemento de recubrimiento 1, por ejemplo, la remoción de material, a pesar de que los parámetros del procedimiento se mantienen constantes, puede producirse de manera diferentemente rápida en una ranura 21 en proceso de formación y entre diferentes ranuras 21. Debido a esto, a medida que aumenta el número de ciclos de mecanizado Z, las ranuras 21 no presentan una profundidad uniformemente mayor, y el espesor, en lo sucesivo denominado como espesor de pared residual, de una pared residual que queda debajo de las ranuras 21, tampoco se reduce de la misma manera con un espesor constante del elemento de recubrimiento 1 y un material homogéneo del elemento de recubrimiento 1. En base a una fracción de energía detectada o señal de sensor, respectivamente, se puede determinar el espesor de pared residual si se conocen los parámetros del material.

20 Si la línea imaginaria 20 se entiende como una yuxtaposición de puntos imaginarios, la idea de la presente invención se puede explicar por el hecho de que los puntos de la línea imaginaria 20, mediante los que se forma una ranura 21, considerados a lo largo del tiempo de mecanizado total de todos los ciclos de mecanizado Z del procedimiento, se someten a una energía comparativamente mayor o a una energía comparativamente menor. A lo largo de puntos individuales o de puntos inmediatamente adyacentes, que se someten a la energía comparativamente mayor, se forman primeros segmentos 4 de las ranuras 21. A lo largo de los puntos inmediatamente adyacentes, que se someten a la energía comparativamente menor, se forman segundo segmento 5 de las ranuras 21. Un. Puede describirse, por ejemplo, como la sección transversal más pequeña posible de un impulso de láser 3 que incide con una longitud de impulso mínima  $w$ .

30 Por lo tanto, cada ranura 21 presenta por lo menos un primer segmento 4, que se extiende respectivamente a lo largo de uno o varios puntos de la línea imaginaria 20, y por lo menos un segundo segmento 5. El o los segundos segmentos 5 comprenden todos los puntos de la línea imaginaria 20, en los que se introduce una energía comparativamente menor.

35 Por lo tanto, la pared residual de una ranura 21 se compone de primeros segmentos de pared residuales  $R_4$  con un primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$  debajo de los primeros segmentos 4 y los segundos segmentos de pared residual  $R_5$  con un segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  debajo de los segundo segmento 5. Los primeros y los segundos espesores de segmento de pared residual  $r_4$ ,  $r_5$  pueden variar respectivamente dentro o también entre las ranuras 21 después de cada ciclo de mecanizado Z. Sólo al final del procedimiento, el primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$  y el segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  son respectivamente iguales a lo largo de la línea de debilidad 2.

40 Una longitud de ranura  $l$  de la ranura 21 se compone del número de primeros segmentos 4 multiplicado por la primera longitud  $l_4$  de uno de los primeros segmentos 4 y el número de los segundo segmento 5 multiplicado por la segunda longitud  $l_5$  de uno de los segundo segmento 5.

45 En principio es suficiente si una ranura 21 sólo presenta un primer segmento 4 y si éste sólo es muy corto, prácticamente puntual.

50 Una disposición de sensor 8 dispuesta en el lado visible 11 del elemento de recubrimiento 1 a lo largo de la línea imaginaria 20 detecta las fracciones de energía transmitidas a través de los primeros segmentos de pared residual  $R_4$  por lo menos un impulso de láser 3, antes de que se puedan detectar las fracciones de energía transmitidas a través de los segundos segmentos de pared residual  $R_5$ . Conociendo la posición del rayo láser 7 para el momento de emitirse la señal del sensor, en la misma se puede asignar a un primer segmento de pared residual  $R_4$ . La introducción de energía a lo largo de los primeros segmentos 4 se detiene respectivamente, cuando se detecta el primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$  o cuando el mismo haya alcanzado un valor especificado. Esto se puede efectuar para diferentes primeros segmentos 4 en diferentes ciclos de mecanizado Z, ya que, según se ha mencionado previamente, o bien la remoción de material no se efectúa de manera homogénea o debe tener una magnitud suficiente, porque, por ejemplo, el elemento de recubrimiento 1 en el lado visible 11 es un elemento

estructurado.

El primer espesor de segmento de pared residual detectado  $r_4$  es por lo menos prácticamente igual para todos los primeros segmentos 4.

5 Conociendo los parámetros del proceso, basándose en el espesor de segmento de pared residual  $r_4$  detectado se puede deducir el segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  debajo de los segundo segmento 5 respectivamente colindantes. Para esto se aplica el conocimiento adquirido sobre el efecto de la introducción de energía. En particular si el elemento de recubrimiento 1 presenta un espesor constante, lo que por ejemplo puede estar dado por una superficie estructurada del lado visible 11, o si el elemento de recubrimiento 1 comprende capas de material no homogéneas, puede ser ventajoso si a lo largo de una ranura 21 existen varios primeros segmentos 4 distanciados entre sí, en los que entonces se pueda detectar el primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$ . El segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  de los segundos segmentos de pared residual  $R_5$  puede ajustarse entonces de manera más precisa, lo que es ventajoso en particular en el caso de fuertes variaciones del segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  a lo largo de la ranura 21 entera, luego de un número igual de ciclos de mecanizado Z.

20 La resistencia la ruptura de la línea de debilidad 2 puede ajustarse así mediante un segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  a las propiedades del elemento de recubrimiento 1 en la zona de las ranuras 21. En particular si el elemento de recubrimiento 1 en el lado visible 11 presenta una capa resistente a la rotura que es sólo poco transparente a los impulsos de láser 3, este procedimiento es muy ventajoso.

25 Debido a que con relación a la longitud de ranura  $l$  sólo en los primeros segmentos 4 con una corta primera longitud  $l_4$  se efectúa una remoción de material tan profunda que fracciones de energía de por lo menos un impulso de láser 3 se transmiten a través de los primeros segmentos de pared residual restantes  $R_4$ , para las segundas longitudes  $l_5$  más largas se tiene una libertad de decisión con respecto a una remoción adicional de material a lo largo de los segundos segmentos 5.

30 De esta manera se puede detener la remoción adicional de material, y el segundo espesor de segmento de pared residual restante  $r_5$  seguirá siendo entonces mayor que el primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$ . También es posible que en ciclos de mecanizado Z adicionales, posteriores al procedimiento, se efectúe una remoción adicional de material a lo largo de los segundos segmentos 5, sin que, o sólo hasta que, el segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  alcance el primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$  que entonces era constante.

35 Para el mecanizado adicional también se podrían modificar los parámetros del proceso, de tal manera que, por ejemplo, el segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  se aproxime más lentamente al primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$  que entonces permanecerá constante.

40 La ventaja del procedimiento consiste en particular que la resistencia a la rotura se puede influenciar comparativamente mejor mediante una variación del segundo espesor de segmento de pared residual  $r_4$  que si de acuerdo con el estado de la técnica la remoción de material su totalidad se efectúa a lo largo de una pluralidad de ciclos de mecanizado Z, hasta que el espesor de pared residual a lo largo de la longitud de ranura  $l$  entera se pueda detectar y por ende sea muy reducida, por lo que el mecanizado se detiene localmente cuando se haya detectado el espesor de pared residual.

50 Los ejemplos de realización del procedimiento difieren principalmente por diferentes números de impulsos de láser 3, impulsos de láser 3 con diferente longitud de impulso  $w$  y/o diferente amplitud de impulso  $A$  dentro de ciclos de mecanizado Z individuales y/o entre los ciclos de mecanizado Z que están involucrados en la formación de una ranura 21. La introducción de una mayor energía en el elemento de recubrimiento 1 a lo largo de los primeros segmentos 4 puede efectuarse así mediante diferentes regímenes de impulsos.

55 Antes de que en uno de los ciclos de mecanizado Z la ranura 21 entera se exponga la energía, en ciclos de mecanizado Z previos pueden exponerse a la energía solamente los primeros segmentos 4, lo que corresponde a un tratamiento previo en el tiempo.

También es posible que la mayor introducción de energía se efectúe a lo largo de los primeros segmentos 4 mediante modulación de la amplitud de impulsos y/o entre la longitud de impulsos.

60 Decisivo es que a lo largo de los primeros segmentos 4 durante los ciclos de mecanizado Z se introduzca una mayor cantidad de energía.

65 En particular la introducción de una diferentes distribución de energía a lo largo de la longitud de ranura  $l$  se describe a continuación con referencia a diferentes ejemplos de realización para el procedimiento.

En las Fig. 1a-1g, para varios ciclos de mecanizado Z de un primer ejemplo de realización del procedimiento se

muestra respectivamente un diagrama de potencia-tiempo (Fig. 1a-1d), para la suma de todos los ciclos de mecanizado Z un diagrama de potencia-tiempo (Fig. 1e), así como una vista de sección (Fig. 1f) y una vista desde arriba (Fig. 1g) sobre una línea de debilidad 2 producida mediante el procedimiento de acuerdo con el primer ejemplo de realización, formada por ranuras 21 y puentes 22. Por motivos de simplicidad, en los diagramas de potencia-tiempo sólo se representa el o los impulsos de láser 3 que participen en la formación de una sola ranura 21. En un primer ciclo de mecanizado  $Z_1$ , Fig. 1a, con referencia al comienzo del primer ciclo de mecanizado  $Z_1$ , comenzando con un primer punto de tiempo  $t_1$ , se dirige un primer impulso de láser 3 con una longitud de impulso  $w_1$  comparativamente corta sobre la línea imaginaria 20. Dentro del segundo ciclo de mecanizado  $Z_2$ , la Fig. 1b, con referencia al comienzo del segundo ciclo de mecanizado  $Z_2$ , comenzando en un mismo primer punto de tiempo  $t_1$ , un segundo impulso de láser 3 se dirige con una longitud de impulso  $w_1$  comparativamente más corta sobre el elemento de recubrimiento 1, por lo que se superponen las introducciones de energía efectuadas por el primer y el segundo impulso de láser 3.

Comenzando con el tercer ciclo de mecanizado  $Z_3$ , hasta un enésimo ciclo de mecanizado  $Z_n$ , en el que se detectan las fracciones de energía del enésimo impulso de láser 3, se dirigen impulsos de láser 3 adicionales, respectivamente referidos al comienzo del correspondiente ciclo de mecanizado Z, comenzando con un mismo primer punto de tiempo  $t_1$ , sobre la línea imaginaria 20. Los impulsos de láser 3 adicionales presentan una longitud de impulso  $w_2$  comparativamente más larga, que es tan larga que a una velocidad de avance predeterminada, respectivamente referido al correspondiente comienzo de ciclo de mecanizado, terminan en segundos puntos de tiempo  $t_2$  iguales, en los que los impulsos de láser adicionales 3 se guían a lo largo de la longitud de ranura l.

Debido a que la velocidad de avance es constante, los impulsos de láser 3 inciden en puntos de tiempo iguales, referido respectivamente al comienzo de un ciclo de mecanizado Z, sobre elementos de trayecto iguales a lo largo de la línea imaginaria 20.

Una suma de los impulsos de láser 3 sobre todos los n ciclos de mecanizado Z de muestra una introducción de energía en el lapso de tiempo entre el primer punto de tiempo  $t_1$  y el segundo punto de tiempo  $t_2$ , respectivamente referido al comienzo de los ciclos de mecanizado Z.

La relación de la longitud de impulso comparativamente larga  $w_2$  con respecto a la longitud de impulso comparativamente corta  $w_1$  determina en este caso la relación de la longitud de ranura l con respecto a la primera longitud  $l_4$  del primer segmento 4. La corta longitud de impulso  $w_1$  se ha ajustado de acuerdo con la velocidad de avance y las propiedades de transmisión del material adyacente al lado visible 11 del elemento de recubrimiento 1, de tal manera que en la detección de fracciones de energía transmitida se alcanza un primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$ .

En las Fig. 1f y 1g se representa una línea de debilidad 2 en proceso de formación a modo de ejemplo en un elemento de recubrimiento 1, que consiste en una sola capa.

Un segundo ejemplo de realización se muestra en analogía al primer ejemplo de realización en las Fig. 2a- 2g. Este ejemplo difiere del primer ejemplo de realización en que en lugar de solamente un impulso de láser 3 con una longitud de impulso  $w_1$  comparativamente corta, se emplean dos de tales impulsos de láser 3 en los primeros dos ciclos de mecanizado Z por cada ranura 21. Las ventajas que esto presenta ya se han mencionado anteriormente.

En las Fig. 2f y 2g se representa una línea de debilidad 2 en proceso de formación a modo de ejemplo en un elemento de recubrimiento 1, que está formado por tres capas. El primer espesor de segmento de pared residual  $r_4$  se detecta en este ejemplo en un punto de tiempo en el que el segundo espesor de segmento de pared residual  $r_5$  todavía es mayor que el espesor de la capa adyacente al lado visible 11.

Los dos ejemplos de realización arriba descritos pueden variarse, en particular si se efectúa sólo uno o más de dos ciclos de mecanizado Z con los impulsos de láser 3 de longitud de impulso  $w_1$  comparativamente corta.

También la potencia P de los impulsos de láser 3, que se representa sobre la amplitud de impulso A y que en este ejemplo sea considerado como constante para los impulsos de láser 3 a lo largo de un tiempo de mecanizado t, podría ser diferente para los diferentes ciclos de mecanizado Z.

De acuerdo con un tercer ejemplo de realización, en analogía con los ejemplos de realización anteriores, representados en las Fig. 3a-3g, el mecanizado de una ranura 21 se efectúa en todos los ciclos de mecanizado Z respectivamente con sólo un mismo impulso de láser 3, que está modulado en su amplitud a lo largo de su longitud de impulso w. Esto crea una ventaja cronológica, ya que la remoción de material se puede efectuar en tiempo real sin pérdida de tiempo. El impulso de láser 3 comienza en cada ciclo de mecanizado Z en un mismo punto de tiempo  $t_1$ , referido al comienzo del respectivo ciclo de mecanizado Z. En lugar de como se representa en este ejemplo, el impulso de láser 3 también puede presentar solamente uno o también más de dos picos de amplitud. La pausa de impulso entre dos impulsos de láser 3 consecutivos puede usarse aquí para la inversión del movimiento de avance del rayo láser pulsado 7, lo que resulta en una elevada eficiencia energética del láser 6 respectivamente empleado.

De acuerdo con un cuarto ejemplo de realización, en analogía a los ejemplos de realización precedentes, según se representa en las Fig. 4a-4g, el mecanizado de una ranura 21 en todos los ciclos de mecanizado Z se efectúa respectivamente con una misma secuencia de impulsos de láser 3, que presentan una misma longitud de impulso  $w$ . Dos por dos impulsos de láser 3 adyacentes presentan una gran amplitud de impulso  $A_1$  en comparación con los demás impulsos de láser 3 con una pequeña amplitud de impulso  $A_2$ . La secuencia de impulso de láser 3 comienza en cada ciclo de mecanizado Z en un mismo primer punto de tiempo  $t_1$ , referido al respectivo ciclo de mecanizado Z.

La longitud de impulso  $w$  preferentemente se coordina de tal manera con la velocidad de avance y la frecuencia de repetición de impulso que no se forman perforaciones individuales, sino que se forma una ranura 21. Un quinto ejemplo de realización, en analogía a los ejemplos de realización previos y representado en las Fig. 5a-5g, difiere del cuarto ejemplo de realización en que dos por dos impulsos de láser 3 adyacentes presentan una larga longitud de impulso  $w_2$ , en comparación con los otros impulsos de láser 3 con una longitud de impulso corta  $w_1$ . La menor introducción de energía a lo largo del segundo segmento 5 se produce en este caso mediante las pausas entre los impulsos de láser 3 de longitud de impulso comparativamente corta  $w_1$ , y preferentemente sólo son tan cortas que la introducción de energía todavía resulta en la formación de una ranura 21 y no en agujeros de perforación separados entre sí.

Una forma de realización muy simple del procedimiento que describe con referencia a un sexto ejemplo de realización, que se representa en analogía a los ejemplos de realización precedentes en las Fig. 6a-6g.

En este ejemplo se usan en los primeros dos ciclos de mecanizado Z secuencias más cortas iguales de impulsos de láser 3 con un menor número de impulsos de láser 3, comparado con el que luego se usa en los ciclos de mecanizado Z siguientes en una secuencia más larga. Los impulsos de láser 3 son constantes por lo menos en su longitud de impulso  $w$  a lo largo de todo el procedimiento y por lo menos a lo largo de sus amplitudes de impulso  $A$  dentro de cada ciclo de mecanizado Z. La secuencia de impulsos de láser 3 comienza en cada ciclo de mecanizado Z en un mismo punto de tiempo  $t_1$ , referido al comienzo del respectivo ciclo de mecanizado Z. Las secuencias más largas de impulsos de láser 3 son tan largas que a una velocidad de avance predeterminada terminan respectivamente en segundos puntos de tiempo iguales  $t_2$ , referido al respectivo comienzo del ciclo de mecanizado, en los que los impulsos de láser 3 se guían a lo largo de la longitud de ranura  $l$ .

El procedimiento de acuerdo con el cuarto, quinto y sexto ejemplo de realización también se puede modificar de tal manera que las ranuras 21 se forman mediante una secuencia de agujeros de perforación estrechamente adyacentes entre sí, que se solapan mutuamente, se yuxtaponen de forma inmediatamente adyacente entre sí, o que están separados entre sí por lo menos parcialmente por restos de material a lo largo de la profundidad de la ranura 21.

En la Fig. 7 se muestra un esquema de principio para un dispositivo con el que se puede realizar el procedimiento. El mismo presenta un láser 6 que dirige un rayo láser 7 a través de un dispositivo de movimiento, en este caso un escáner 9, sobre el lado posterior 12 del elemento de recubrimiento 1 dispuesto de forma estacionaria. El rayo láser pulsado 7 de esta manera se dirige varias veces a lo largo de una línea imaginaria 20 (no mostrada en la Fig. 7), a lo largo de la que se va a producir la línea de debilidad 2. A lo largo de la línea imaginaria 20, debajo del elemento de recubrimiento 1, se encuentra posicionada una disposición de sensor 8. La disposición de sensor 8, al igual que el láser 6, está conectada a una unidad de mando y de cálculo 10.

**Lista de caracteres de referencia:**

- 1 Elemento de recubrimiento
- 11 Lado visible (del elemento de recubrimiento 1)
- 12 Lado posterior (del elemento de recubrimiento 1)
- 2 Línea de debilidad
- 20 Línea imaginaria
- 21 Ranura
- 22 Puente
- 3 Impulso de láser
- 4 Primer segmento (de una ranura 21)
- 5 Segundo segmento (de una ranura 21)
- 6 Láser
- 7 Rayo láser
- 8 Disposición de sensor
- 9 Escáner
- 10 Unidad de mando y de cálculo
- l Longitud de ranura
- l<sub>4</sub> Primera longitud (del primer segmento 4)

## ES 2 645 515 T3

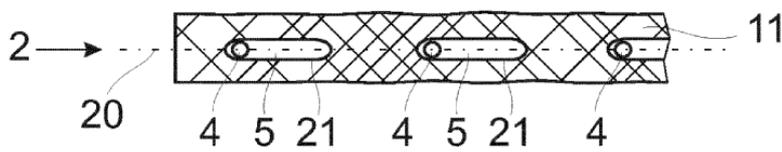
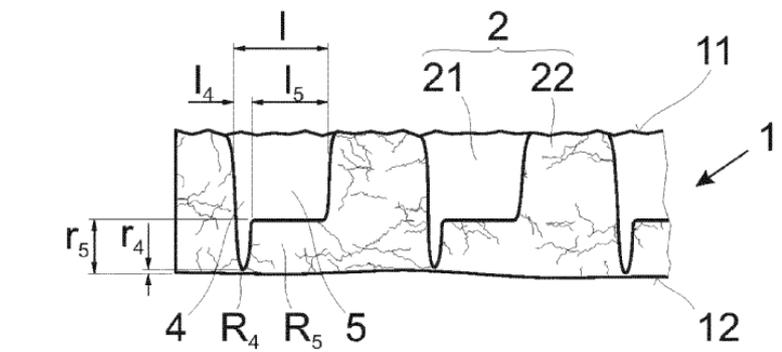
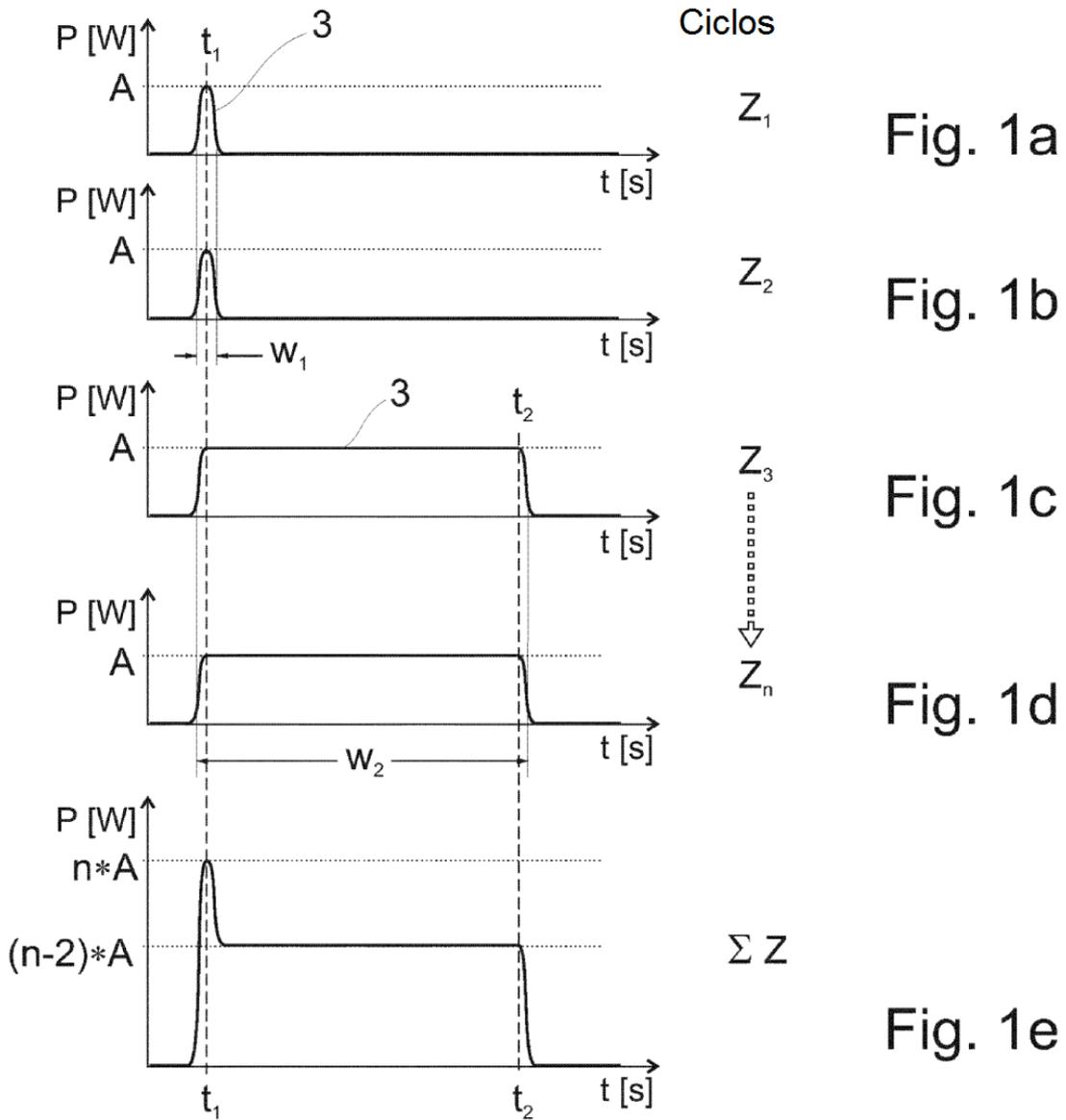
	$l_5$	Segunda longitud (del segundo segmento 5)
	$R_4$	Primer segmento de pared residual (a lo largo del primer segmento 4)
	$R_5$	Segundo segmento de pared residual (a lo largo del segundo segmento 5)
	$r_4$	Primer espesor de segmento de pared residual (del primer segmento de pared residual $R_4$ )
5	$r_5$	Segundo espesor de segmento de pared residual (del segundo segmento de pared residual $R_5$ )
	P	Potencia
	A	Amplitud de impulso
	$A_1$	Amplitud de impulso (comparativamente) grande
	$A_2$	Amplitud de impulso (comparativamente) pequeña
10	w	Longitud de impulso
	$w_1$	Longitud de impulso corta
	$w_2$	Longitud de impulso larga
	Z	Ciclo de mecanizado
	$Z_1$	Primer ciclo de mecanizado
15	$Z_2$	Segundo ciclo de mecanizado
	$Z_3$	Tercer ciclo de mecanizado
	$Z_n$	Enésimo ciclo de mecanizado
	t	Tiempo de mecanizado (a lo largo de un ciclo de mecanizado Z)
	$t_1$	Primer punto de tiempo
20	$t_2$	Segundo punto de tiempo

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la formación de una línea de debilidad (2) mediante la remoción de material en un elemento de recubrimiento (1), que presenta un lado visible (11) y un lado posterior (12) opuesto al lado visible (11), en el que impulsos de láser (3), con una energía determinada por una amplitud de impulso y una longitud de impulso, se dirigen sobre el lado posterior (12) y a una velocidad de avance, varias veces repetidos en cada ciclo de mecanizado (Z), introducen a lo largo de una línea imaginaria (20) energía en el elemento de recubrimiento (1), con lo que debido a la remoción de material se forma la línea de debilidad (2) con por lo menos una ranura (21) que presenta una longitud de ranura (l) y un espesor de pared residual de una pared residual adyacente al lado visible (11) por debajo de la por lo menos una ranura (21), que se reduce con cada ciclo de mecanizado (Z), se reduce hasta tal punto que las fracciones de energía de la energía de los impulsos de láser (3), que se transmiten a través de la pared residual, son detectadas por una disposición de sensor (8), con lo que se detecta el espesor de pared residual, **caracterizado por que** a lo largo de la por lo menos una ranura (21), de forma puntual a lo largo de la línea imaginaria (20), en por lo menos un primer segmento (4) con una primera longitud (l<sub>4</sub>) se introduce una mayor energía que en por lo menos un segundo segmento (5) con una segunda longitud (l<sub>5</sub>), de tal manera que en cada caso un primer espesor de segmento de pared residual (r<sub>4</sub>) de un primer segmento de pared residual (R<sub>4</sub>) de la pared residual a lo largo del por lo menos un primer segmento (4) se reduce más rápidamente que un segundo espesor de segmento de pared residual (r<sub>5</sub>) de un segundo segmento de pared residual (R<sub>5</sub>) de la pared residual a lo largo del por lo menos un segundo segmento (5), por lo que se detecta en cada caso el primer espesor de segmento de pared residual (r<sub>4</sub>) del primer segmento de pared residual (R<sub>4</sub>) a lo largo del por lo menos un primer segmento (4), antes de que se detecte el segundo espesor de segmento de pared residual (r<sub>5</sub>) para el segundo segmento de pared residual (R<sub>5</sub>) a lo largo del por lo menos segundo segmento (5), de lo que se sacan conclusiones sobre el segundo espesor de segmento de pared residual (r<sub>5</sub>) del segundo segmento de pared residual (R<sub>5</sub>) a lo largo del por lo menos un segundo segmento (5), sin que se detecte el mismo.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la introducción de energía por ranura (21) a lo largo de la primera longitud (l<sub>4</sub>) del por lo menos un primer segmento (4) por lo menos en el primero de los ciclos de mecanizado (Z) se efectúa mediante por lo menos uno de los impulsos de láser (3), que presenta una longitud de impulso (w<sub>1</sub>) comparativamente corta y a lo largo de la longitud de ranura (l) de la ranura (21) en otros de los ciclos de mecanizado (Z) adicionales la introducción de energía se efectúa por medio de uno de los impulsos de láser (3), que presenta una longitud de impulso (w<sub>2</sub>) comparativamente larga.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la amplitud de impulso (A) de los impulsos de láser (3) es igual por lo menos en cada caso a lo largo de uno de los ciclos de mecanizado (Z).
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la introducción de energía por ranura (21) y por ciclo de mecanizado (Z) se efectúa en cada caso con por lo menos uno mismo de los impulsos de láser (3), que a lo largo de su longitud de impulso (w) está modulado en su amplitud, con una amplitud de impulso (A<sub>1</sub>) comparativamente grande para la introducción de energía a lo largo de la primera longitud (l<sub>4</sub>) del por lo menos un primer segmento (4) y una amplitud de impulso (A<sub>2</sub>) comparativamente pequeña para la introducción de energía a lo largo de una segunda longitud (l<sub>5</sub>) del por lo menos un segundo segmento (5).
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la introducción de energía por ranura (21) y por ciclo de mecanizado (Z) se efectúa con una misma secuencia de impulsos de láser (3), en la que por lo menos uno de los impulsos de láser (3) presenta una amplitud de impulso (A<sub>1</sub>) comparativamente grande para la introducción de energía a lo largo de la primera longitud (l<sub>4</sub>) del por lo menos un primer segmento (4) y varios de los impulsos de láser (3) se suceden inmediatamente entre sí y presentan una amplitud de impulso (A<sub>2</sub>) comparativamente pequeña para la introducción de energía a lo largo de la segunda longitud (l<sub>5</sub>) del por lo menos un segundo segmento (5).
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la introducción de energía por ranura (21) y por ciclo de mecanizado (Z) se efectúa con una misma secuencia de impulso de láser (3), en la que por lo menos uno de los impulsos de láser (3) presenta una longitud de impulso (w<sub>2</sub>) comparativamente larga para la introducción de energía a lo largo de la primera longitud (l<sub>4</sub>) del por lo menos un primer segmento (4) y varios de los impulsos de láser (3) de manera inmediatamente sucesiva presentan una amplitud de impulso (A<sub>2</sub>) comparativamente pequeña para la introducción de energía a lo largo de la segunda longitud (l<sub>5</sub>) del por lo menos un segundo segmento (5) y la amplitud de impulso (A) de los impulsos de láser (3) con la longitud de impulso (w<sub>2</sub>) comparativamente larga no es mayor que la amplitud de impulso (A) de los impulsos de láser (3) con la longitud de impulso (w<sub>1</sub>) comparativamente corta.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la introducción de energía por ranura (21) a lo largo de la primera longitud (l<sub>4</sub>) del por lo menos un primer segmento (4) por lo menos en el primero de los ciclos de mecanizado (Z) se efectúa por medio de por lo menos uno de los impulsos de láser (3) y a lo largo de la longitud de ranura (l) de la ranura (21) en ciclos de mecanizado (Z) adicionales la introducción de energía se efectúa en cada caso con una misma secuencia de los impulsos de láser (3), en donde la secuencia de impulso de láser (3) comprende un mayor número de impulsos de láser (3) que los impulsos de láser (3) que participan en la introducción

de energía por ranura (21) en el por lo menos primero de los ciclos de mecanizado (Z) y la longitud de impulso (w) y la amplitud de impulso (A) de todos los impulsos de láser (3) son constantes por lo menos a lo largo de uno de los ciclos de mecanizado (Z).

- 5 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** después de los ciclos de mecanizado (Z) se efectúa un mecanizado adicional de los segundos segmentos (5).



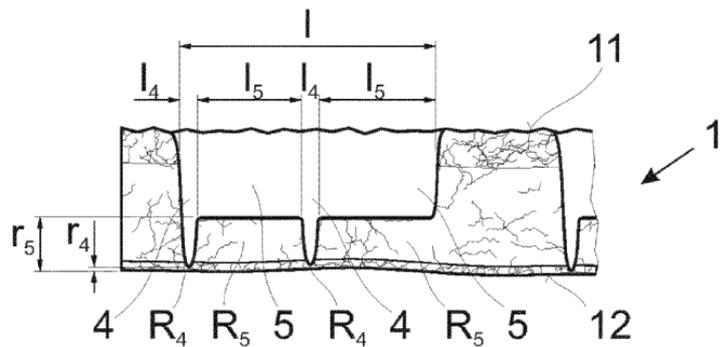
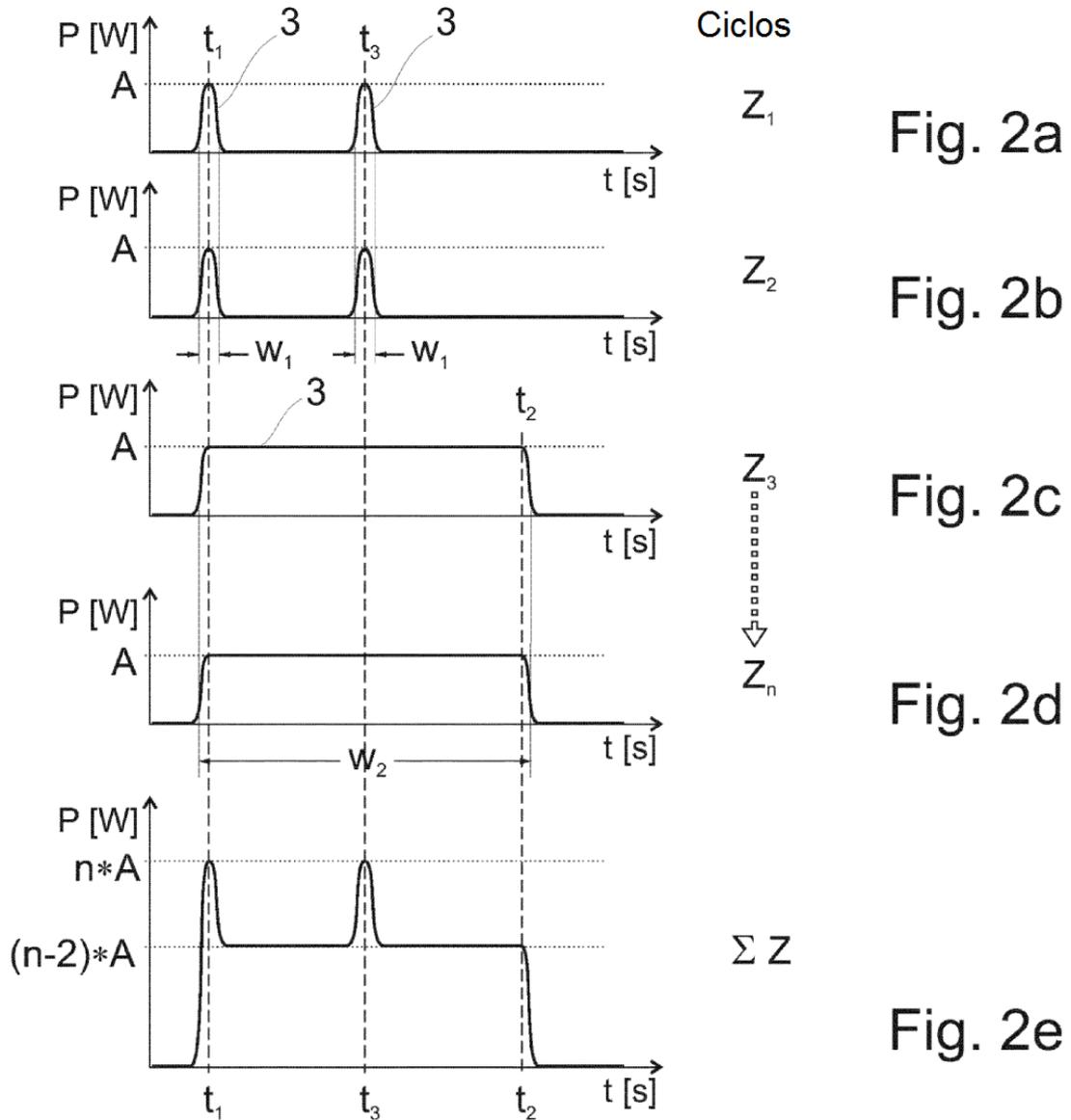


Fig. 2f

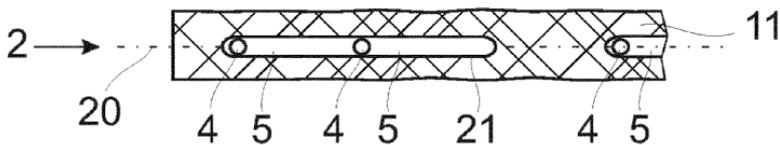


Fig. 2g

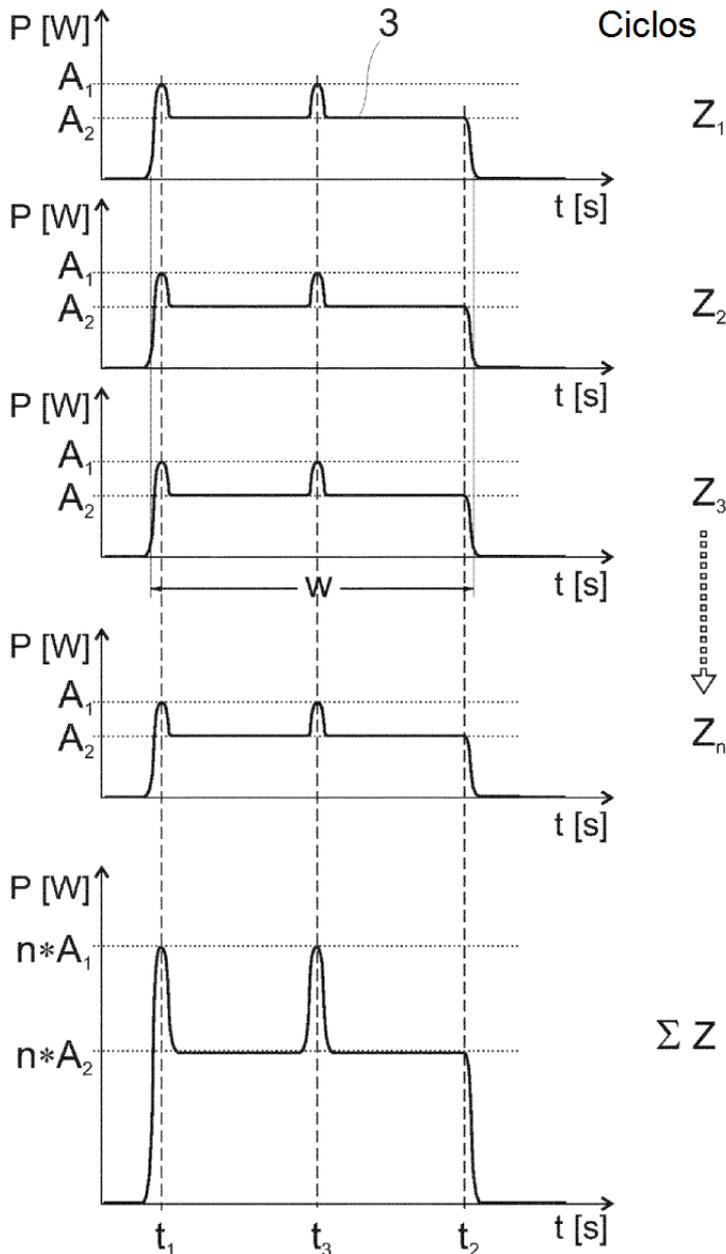


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

Fig. 3d

Fig. 3e

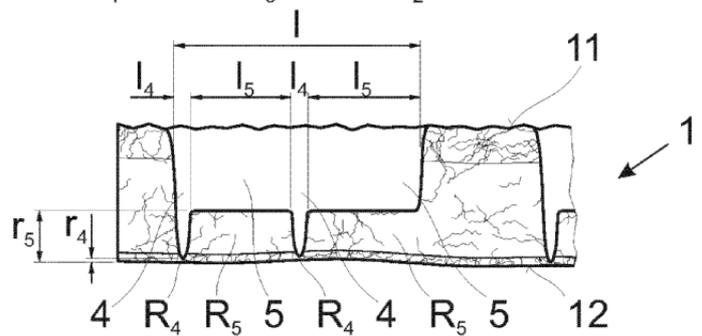


Fig. 3f

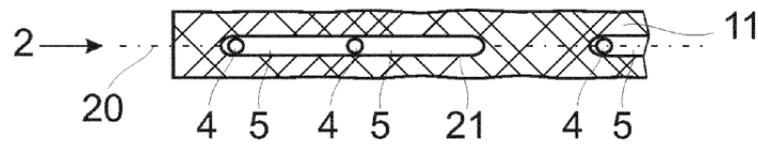


Fig. 3g

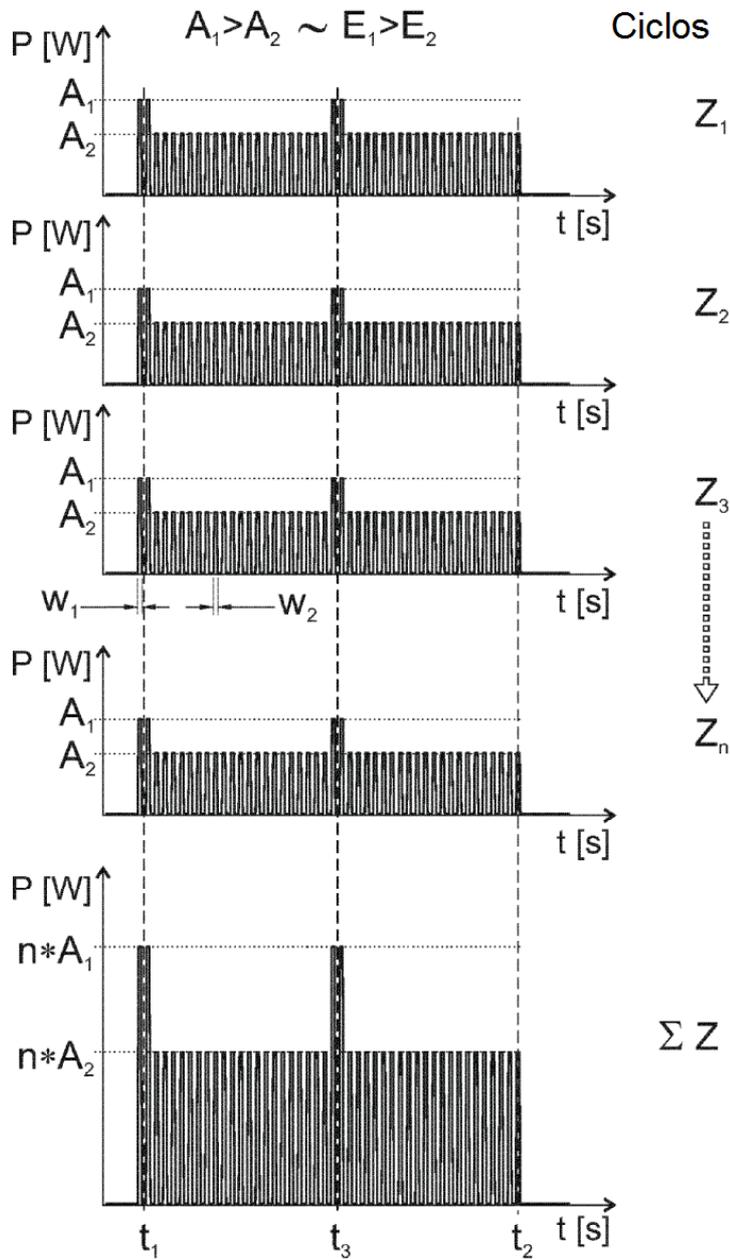


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 4c

Fig. 4d

Fig. 4e

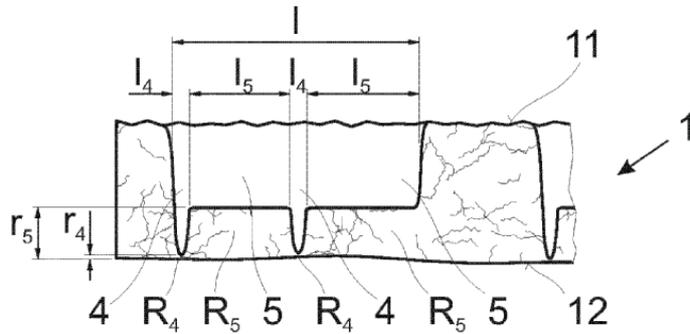


Fig. 4f

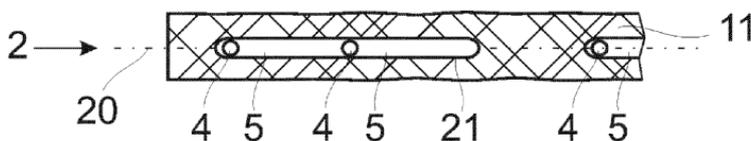


Fig. 4g

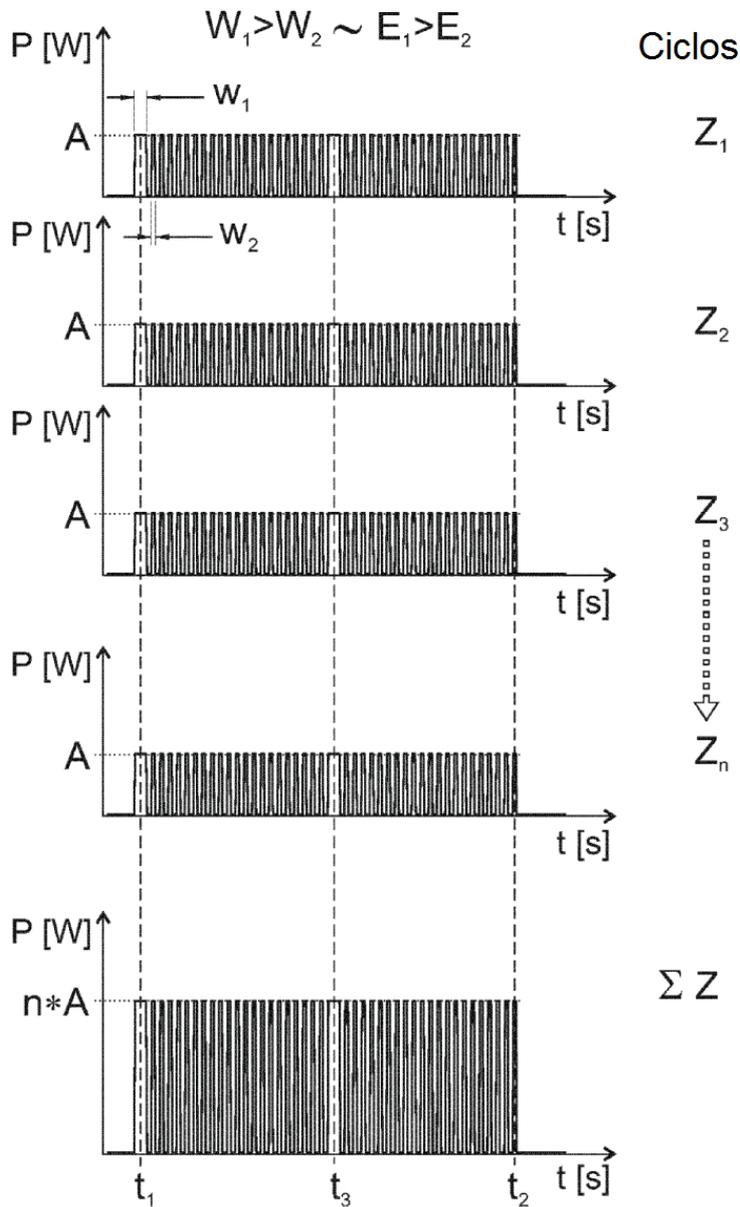


Fig. 5a

Fig. 5b

Fig. 5c

Fig. 5d

Fig. 5e

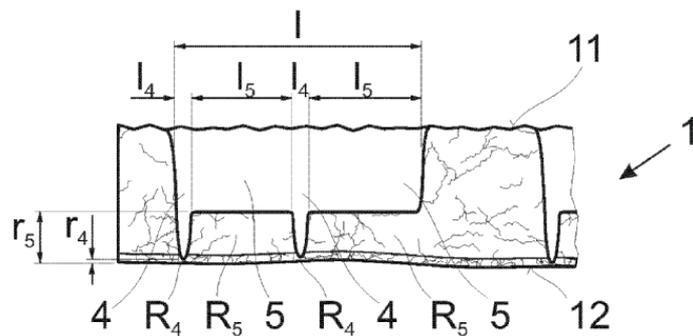


Fig. 5f

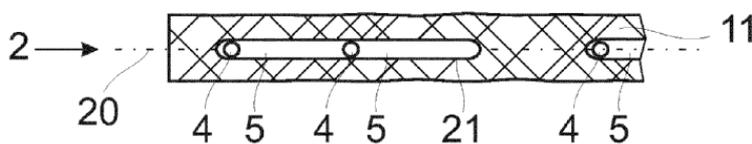


Fig. 5g

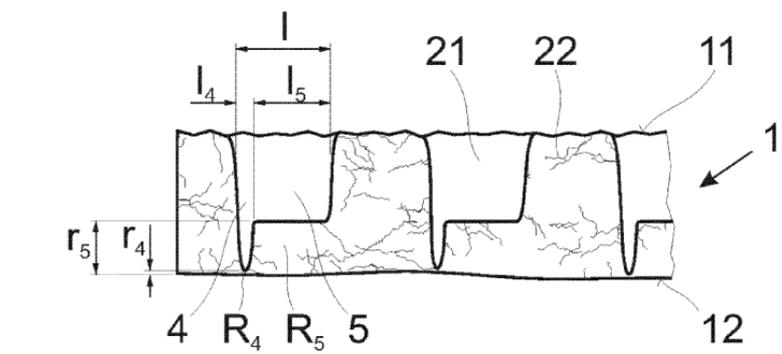
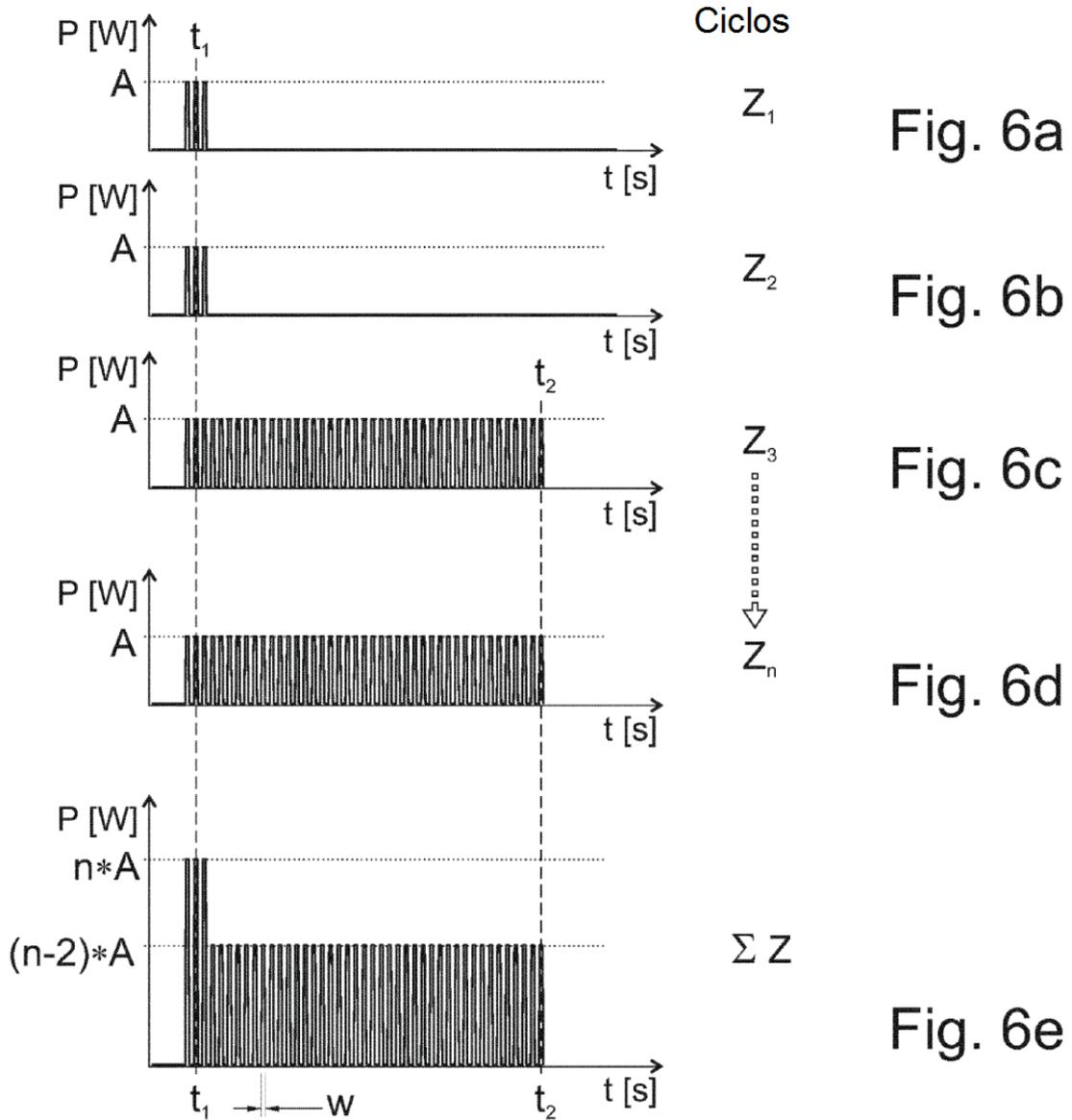


Fig. 6f

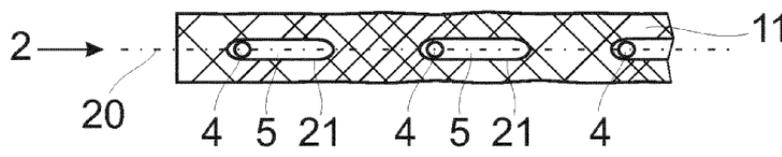


Fig. 6g

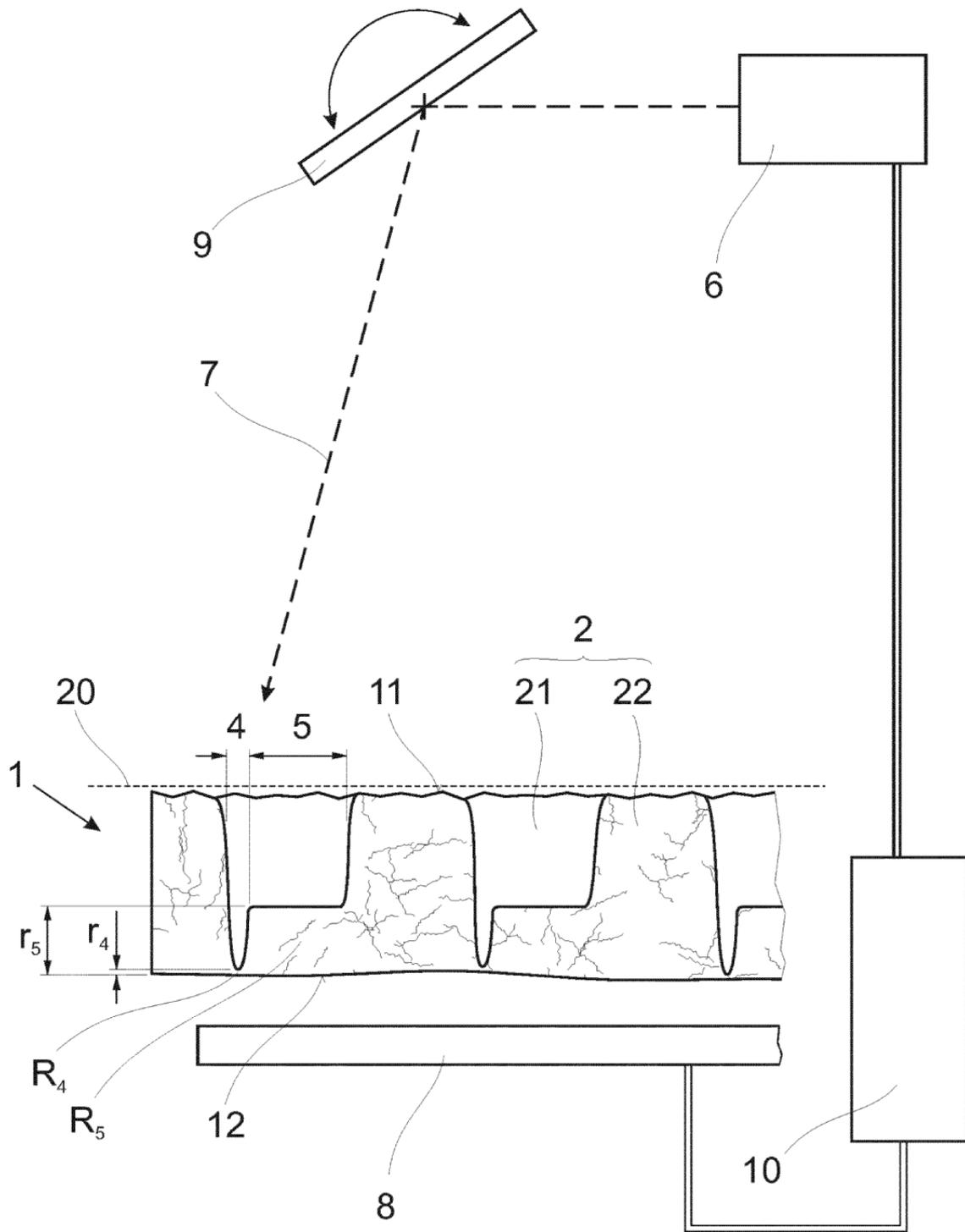


Fig.7