República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 102015013429-0 B1**

**(22) Data do Depósito:** 09/06/2015

**(45) Data de Concessão:** 05/10/2021

**(54) Título:** MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE ENFRAQUECIMENTO POR MEIO DE DESGASTE DE MATERIAL EM UM ELEMENTO DE COBERTURA

**(51) Int.Cl.:** B23K 26/06; B23K 26/08; B60R 21/2165.

**(30) Prioridade Unionista:** 10/06/2014 DE 10 2014 108 133.1.

**(73) Titular(es):** JENOPTIK AUTOMATISIERUNGSTECHNIK GMBH.

**(72) Inventor(es):** WALTER LUTZE; MARTIN GRIEBEL; JÜRGEN WEISSER.

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE ENFRAQUECIMENTO POR MEIO DE DESGASTE DE MATERIAL EM UM ELEMENTO DE COBERTURA A invenção se refere a um método para a produção de uma linha de enfraquecimento (2) em um elemento de cobertura (1) compreendendo pelo menos uma fenda (21). Essa fenda é produzida por um grande número de ciclos de processamento, nos quais um raio laser (7) pulsado é conduzido respectivamente ao longo de uma linha imaginária através do elemento de cobertura (1), de tal modo que a energia dos pulsos de laser é introduzida no elemento de cobertura (1). As fendas (21) são produzidas em dois segmentos, sendo que, nos primeiros segmentos (4) relativamente curtos é introduzida pontualmente mais energia através dos ciclos de processamento, do que nos segundos segmentos (5) relativamente longos. A parede restante abaixo da fenda (21) se reduz com cada ciclo de processamento, até que a primeira espessura do segmento de parede restante (r4) no primeiro segmento (4) seja tão pequeno que as partes de energia transmitem através do primeiro segmento de parede restante (R4) e são detectadas por uma disposição de sensor (8). Com isso a primeira espessura de parede restante (r4) é registrada, e disso possa ser concluído sobre a segunda espessura do segmento de parede (...).

MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE ENFRAQUECIMENTO POR MEIO DE DESGASTE DE MATERIAL EM UM ELEMENTO DE COBERTURA

[001] A invenção se refere a um método para a produção de uma linha de enfraquecimento em um elemento de cobertura por meio de desgaste de material por meio de laser, como o método genérico que é conhecido do documento de patente DE 10 2013 104 138 B3.

[002] No caso de veículos ou meios de transporte em geral hoje em dia o uso de sistemas de airbag é padrão. A fim de não atrapalhar o sentido estético dos passageiros, os airbags são dispostos do modo mais invisível possível atrás de partes do revestimento interno dos veículos. O revestimento interno, a seguir elemento de cobertura, em geral, é constituído de partes moldadas estáveis e planas de material sintético ou de materiais de composto. Uma vez que no caso de liberação os airbags são ejetados através do elemento de cobertura, precisam estar disponíveis abas de airbag no elemento de cobertura. Frequentemente as abas de airbag são formadas por áreas do elemento de cobertura construídas especialmente, as quais apresentam pontos de ruptura teórica, colocados ao longo das bordas das abas de airbag, através das quais é garantido um rompimento definido do elemento de cobertura.

[003] No caso de execuções de alta qualidade de elementos de cobertura, uma camada estável, de modelagem muitas vezes é equipada com materiais de revestimento, através dos quais a superfície do elemento de cobertura, direcionada para o compartimento de passageiros experimenta uma apreciação visual e tátil. Esses materiais de

revestimento em geral são material de espuma, bem como materiais flexíveis e de parede fina, como películas de material sintético, couro artificial, malhas têxteis, mantas de microfibra ou couro natural. Para o desdobramento seguro do airbag, os materiais de revestimento também precisam ser providos de pontos de ruptura teórica na área das abas de airbag. Exatamente como no caso das camadas moldadas estáveis para isso são introduzidas linhas de enfraquecimento. Por motivos ópticos a introdução em geral ocorre pelo lado posterior do material de revestimento, não visível a partir do compartimento de passageiros. Ao lado de uma resistência ao rompimento da linha de enfraquecimento que permanece exatamente ajustável, os mais altos padrões de qualidade à superfície somente são cumpridos então quando a linha de enfraquecimento não é perceptível de modo óptico e tátil no lado frontal do material de revestimento voltado para o passageiro.

[004] Para a introdução das linhas de enfraquecimento está à disposição uma série de métodos.

[005] Um método, no qual por meio de lasers são introduzidos enfraquecimentos em um elemento de cobertura (ali composto decorativo) constituído de camadas é publicado no documento de patente DE 10 2006 054 592 B3. Um composto decorativo normalmente é constituído de um material decorativo no lado frontal e de um material de suporte de decoração, entre os quais estão dispostas uma ou várias camadas de um estofamento. O enfraquecimento é introduzido em vários ciclos de trabalho. Em um primeiro ciclo de trabalho ocorre um pré-enfraquecimento não penetrante do suporte de decoração, de tal modo que nas áreas pré-enfraquecidas, em

pelo menos um segundo ciclo de trabalho ocorre um pós-enfraquecimento em forma de furos de perfuração que penetram no suporte de decoração. Entre as áreas pré-enfraquecidas ou entre os furos de perfuração permanecem almas não enfraquecidas, que são reenfraquecidas em um segundo ciclo de trabalho com pelo menos um furo cego. Especificações para a execução dos furos de perfuração, ou para a adaptação da profundidade de perfuração às oscilações de espessura dos materiais de decoração não podem ser retirados da publicação mencionada acima.

[006] Um outro método a laser é descrito na publicação DE 11 2006 000 443 T5. Neste caso, com um raio laser pulsado são introduzidos furos de perfuração em elementos de cobertura (ali coberturas de airbag), por exemplo, de painéis de instrumentos. Um painel de instrumentos é montado pelo menos, a partir de uma camada de base e de uma camada pelicular (lado frontal) de material sintético. Os furos de perfuração são introduzidos pelo lado da camada de base, e podem se estender até a camada pelicular. Devido ao uso de pulsos de laser de diferente duração de pulso são formadas cavidades principais profundas e cavidades auxiliares menos profundas. Nessa publicação não é mencionada a adaptação da profundidade de perfuração às possíveis oscilações de espessura das camadas.

[007] Um método no qual uma linha de enfraquecimento é produzida por meio de perfuração de um elemento de cobertura (ali parte de revestimento) com uma camada decorativa de couro por meio de um laser pulsado, é publicado no documento de divulgação WO 2005/049261 A1. A perfuração é composta de uma infinidade de furos de

perfuração individuais, que estão dispostos ao longo da linha de enfraquecimento, separados um do outro por almas remanescentes.

[008] Como também no caso dos documentos apreciados no estado da técnica do documento WO 2005/049261 A1 mencionado acima, a introdução da linha de enfraquecimento ocorre durante um movimento relativo do laser executado uma só vez em relação ao material de revestimento, sendo que, sucessivamente um furo de perfuração é terminado após o outro. Por meio de adaptação correspondente da duração de pulso e da potência do laser no contexto com a velocidade do movimento relativo é exercida influência sobre a profundidade da perfuração ou é ajustada a espessura da parede restante remanescente do material de revestimento.

[009] Além disso, são sugeridas medidas, através das quais a carga de calor do material de revestimento é mantida baixa durante o processamento a laser. Para isso a produção dos furos de perfuração dispostos um após o outro na linha de enfraquecimento ocorre com pulsos de laser curtos ou ultracurtos e com pausas correspondentes entre os pulsos de laser individuais. Correspondendo ao método apresentado é preciso partir do fato de que, essas pausas são obtidas através de uma redução da frequência de pulsos, de tal modo que as introduções de energia dos pulsos de laser que ocorrem em geral com frequência mais alta não podem se adicionar através do tempo.

[010] Em relação aos procedimentos anteriormente citados, com esse método pode ser produzida uma linha de enfraquecimento com resistência ao rompimento definido e claramente menor amplitude de oscilação da

resistência ao rompimento. Através das pausas a serem mantidas entre os pulsos de laser e a frequência de pulsos do laser reduzida para isso é retardado o processo de acabamento.

[011] Um método de execução similar é publicado no documento de patente DE 10 2007 013 108 B3. O elemento de cobertura a ser perfurado aqui, no decurso da linha de perfuração a ser produzida apresenta áreas alternativas com alta e com baixa espessura de material, nas quais o laser pulsado é operado respectivamente em um primeiro ou em um segundo regime de laser, a fim de produzir as desejadas espessuras de parede restante dos furos cegos. O reconhecimento das áreas de espessura de material ocorre no primeiro regime de laser por meio de uma sequência de pulso de indicação definida e constante da irradiação a laser, que é aplicada no início de cada um dos furos de perfuração. Na área da espessura de material baixa, a sequência de pulso de indicação é suficiente a fim de produzir um furo cego até a detecção transmissora da irradiação a laser. Na área da alta espessura de material, com a sequência de pulso de indicação não pode ser obtida uma perfuração suficiente, de tal modo que depois do término da sequência de pulso de indicação para a produção do furo cego no segundo regime de laser é comutado com uma potência de laser mais alta. Condicionado pelo princípio esse método não é apropriado para a finalidade de ajustar a espessura de parede restante.

[012] No documento de patente DE 10 2013 104 138 B3 mencionado anteriormente é descrito um método para a introdução de uma linha de enfraquecimento definida em um material de revestimento por meio de desgaste de material, no

qual a execução de formato linear de um raio laser pulsado, como o que é conhecido das publicações mencionadas anteriormente, é uma repetição múltipla de um movimento de digitalização, no qual ao longo da linha respectivamente por local de impacto somente um pulso de laser é fornecido. Neste caso, os parâmetros do pulso de laser são escolhidos de tal modo que esse pulso causa uma introdução de energia, que no respectivo local de impacto leva a um aquecimento do material de revestimento a uma temperatura acima de um limiar de ablação, contudo em áreas adjacentes ao respectivo local de impacto do material de revestimento, a temperatura é mantida abaixo de uma temperatura limite, que iria levar a alterações na estrutura do material de revestimento.

[013] A repetição múltipla de um movimento de digitalização pode ocorrer até o alcance de uma espessura de parede restante pequena, na qual um sensor detecta então a irradiação a laser transmissora. No alcance da espessura de parede restante mínima permitida em um local de impacto individual, durante o movimento de digitalização ocorre um desligamento localmente resolvido do raio laser.

[014] Para que por local de impacto ocorra somente um pulso de laser, a velocidade do movimento de digitalização e a frequência repetida de pulso do raio laser pulsado estão sincronizadas uma à outra.

[015] De modo alternativo, durante o movimento de digitalização repetido o raio laser pode ser ligado e desligado, de modo vantajoso, correspondente a um regime fixo, sendo que, a linha de enfraquecimento introduzida ao longo da linha apresenta a forma de uma linha de alma e fenda com um encadeamento alternado de fendas e almas.

[016] Pelo fato de que por local de impacto é registrado o alcance de uma espessura de parede restante mínima, e ocorre um desligamento localmente resolvido correspondente, pode ser produzida uma linha de enfraquecimento, que independente de oscilações da espessura de material apresente uma resistência ao rompimento constante através de seu comprimento. O valor da resistência ao rompimento neste caso, consequentemente não pode ser influenciado através da espessura de parede restante remanescente, e consequentemente precisa ser ajustado através do número dos locais de impacto ou dos furos de perfuração surgidos, que penetram o material até uma parede restante e seus intervalos ou comprimentos de alma. Os furos de perfuração ou fendas com diferentes espessuras de parede restante, ou com espessuras de parede restante que ainda não foram detectadas, uma vez que uma irradiação a laser transmissora eventualmente ainda está abaixo do valor limite do sensor, não podem ser produzidos com esse método. Com isso, a espessura de parede restante pode ser usada somente de forma muito limitada para o ajuste de uma resistência ao rompimento desejada ou do grau de enfraquecimento, e para alguns materiais o método é totalmente inapropriado, uma vez que uma espessura de parede restante mínima não garante uma invisibilidade permanente ao longo da linha de enfraquecimento toda.

[017] No caso de um método ou de uma cobertura de airbag publicado no documento de patente EP 0 991 551 B1, uma linha de enfraquecimento é gerada por um encadeamento de uma infinidade de furos de perfuração produzidos um após o outro por meio de um raio laser pulsado. Os furos de

perfuração podem ser introduzidos se sobrepondo um ao outro ou distanciados um do outro por almas remanescentes. Os furos de perfuração são terminados assim que uma transmissão da irradiação a laser é registrada pelo material restante remanescente. Ao lado da perfuração também podem ser produzidas linhas de enfraquecimento, seções na linha de enfraquecimento ou furos individuais, sem perfurar completamente o material. A profundidade desse enfraquecimento não perfurante pode ser estimada e ajustada com auxílio do número de pulsos e/ou da duração de pulso, a qual é necessária para a produção de uma perfuração. Especificações mais exatas para o ajuste da profundidade não são publicados no documento.

[018] À invenção cabe a tarefa de aperfeiçoar um método de acordo com os documentos de patente mencionados anteriormente DE 10 2013 104 138 B3 e EP 0 991 551 B1, de tal modo que com ele possa ser produzida uma linha de enfraquecimento em um elemento de cobertura, que apresenta fendas com uma espessura de parede restante que pode ser selecionada livremente.

[019] Essa tarefa é solucionada para um método para a produção de uma linha de enfraquecimento por meio de desgaste de material em um elemento de cobertura, apresentando um lado frontal e um lado posterior que fica oposto ao lado frontal. Igual ao estado da técnica, neste caso, os pulsos de laser são direcionados com uma energia definida por uma amplitude de pulso e um comprimento de pulso sobre o lado posterior, e com uma velocidade de avanço repetida muitas vezes respectivamente em um ciclo de processamento, é conduzida ao longo de uma linha imaginária.

Neste caso, a energia dos pulsos de laser é introduzida no elemento de cobertura. Em consequência do desgaste de material surge uma linha de enfraquecimento em forma de uma fenda com um comprimento de fenda. Uma parede restante existente abaixo da, pelo menos uma fenda, e adjacente ao lado frontal apresenta uma espessura de parede restante que se reduz de forma crescente com cada ciclo de processamento até que ela se torne tão pequena que as partes de energia da energia dos pulsos de laser, as quais transmitem através da parede restante sejam detectadas por uma disposição de sensor.

[020] É essencial à invenção o fato de que ao longo da pelo menos uma fenda, pontualmente ao longo da linha imaginária em pelo menos um primeiro segmento, com um primeiro comprimento é introduzida uma energia maior do que em pelo menos um segundo segmento com um segundo comprimento, de tal modo que respectivamente uma primeira espessura do segmento de parede restante de um primeiro segmento de parede restante, da parede restante diminui ao longo do pelo menos um primeiro segmento mais rápido do que uma segunda espessura do segmento de parede restante de um segundo segmento de parede restante da parede restante, ao longo do pelo menos um segundo segmento, pelo que, respectivamente a primeira espessura do segmento de parede restante do primeiro segmento de parede restante é registrada ao longo do pelo menos um primeiro segmento, antes que a segunda espessura do segmento de parede restante para o segundo segmento de parede restante possa ser registrada ao longo do pelo menos segundo segmento, e disso sejam tiradas conclusões sobre a segunda espessura do segmento de parede

restante do segundo segmento de parede restante ao longo do pelo menos um segundo segmento, sem registrá-la.

[021] De forma vantajosa, a introdução de energia por fenda ocorre ao longo do primeiro comprimento do pelo menos um primeiro segmento, pelo menos, no primeiro dos ciclos de processamento através de pelo menos um dos pulsos de laser. Esse pulso apresenta um comprimento de pulso relativamente curto, e ao longo do comprimento de fenda da fenda, em outro dos ciclos de processamento ocorre a introdução de energia através de um dos pulsos de laser, que apresenta um comprimento de pulso relativamente longo.

[022] Neste caso, é de vantagem se a amplitude de pulso dos pulsos de laser for igual pelo menos, através de um dos ciclos de processamento respectivamente.

[023] De modo alternativo, a introdução de energia por fenda e por ciclo de processamento pode ocorrer respectivamente com pelo menos um dos pulsos de laser iguais, o qual é modulado na amplitude através de seu comprimento de pulso com uma amplitude de pulso relativamente grande para a introdução de energia ao longo do primeiro comprimento do pelo menos um primeiro segmento, e com uma amplitude de pulso relativamente pequena para a introdução de energia ao longo do segundo comprimento do pelo menos um segundo segmento.

[024] Também a introdução de energia por fenda e por ciclo de processamento pode ocorrer com uma sequência igual aos pulsos de laser, na qual pelo menos um dos pulsos de laser apresenta uma amplitude de pulso relativamente grande para a introdução de energia ao longo do primeiro comprimento do pelo menos um primeiro segmento, e vários dos pulsos de laser seguem diretamente uns aos outros, e

apresentam uma amplitude de pulso relativamente menor para a introdução de energia ao longo do comprimento do pelo menos um segundo segmento.

[025] Também é de vantagem se a introdução de energia por fenda e por ciclo de processamento ocorrer com uma sequência igual aos pulsos de laser, na qual pelo menos um dos pulsos de laser apresenta um comprimento de pulso relativamente mais longo para a introdução de energia ao longo do comprimento do pelo menos um primeiro segmento, e vários dos pulsos de laser seguem diretamente uns aos outros, e apresentam uma amplitude de pulso relativamente menor para a introdução de energia ao longo do comprimento do pelo menos um segundo segmento. A amplitude de pulso dos pulsos de laser com o comprimento de pulso relativamente mais longo, neste caso, não é maior do que a amplitude de pulso dos pulsos de laser com o comprimento de pulso relativamente mais curto.

[026] É particularmente vantajoso se a introdução de energia por fenda ao longo do primeiro comprimento do pelo menos um primeiro segmento, pelo menos, no primeiro dos ciclos de processamento ocorrer através de pelo menos um dos pulsos de laser, e ao longo do comprimento de fenda da fenda em outros dos ciclos de processamento, a introdução de energia ocorrer respectivamente com uma sequência igual aos pulsos de laser, sendo que, a sequência dos pulsos de laser compreende um número maior de pulsos de laser do que os pulsos de laser que estão envolvidos na introdução de energia por fenda no pelo menos primeiro dos ciclos de processamento, e o comprimento de pulso e a amplitude de pulso de todos os pulsos de laser são constantes através de um dos ciclos de processamento.

[027] Em seguida aos ciclos de processamento, que definem o método, pode ocorrer um processamento adicional dos segundos segmentos.

[028] A seguir a invenção deve ser esclarecida em mais detalhes com auxílio de exemplos de execução. Nos desenhos correspondentes mostram:

[029] Fig. 1a - 1g diagramas de tempo e potência para os pulsos de laser para a produção de uma fenda de acordo com um primeiro exemplo de execução do método, bem como uma linha de enfraquecimento exemplar produzida com ele no corte transversal e em vista de cima,

[030] Fig. 2a - 2g diagramas de tempo e potência para os pulsos de laser para a produção de uma fenda de acordo com um segundo exemplo de execução do método, bem como uma linha de enfraquecimento exemplar produzida com ele no corte transversal e em vista de cima,

[031] Fig. 3a - 3g diagramas de tempo e potência para os pulsos de laser para a produção de uma fenda de acordo com um terceiro exemplo de execução do método, bem como uma linha de enfraquecimento exemplar produzida com ele no corte transversal e em vista de cima,

[032] Fig. 4a - 4g diagramas de tempo e potência para os pulsos de laser para a produção de uma fenda de acordo com um quarto exemplo de execução do método, bem como uma linha de enfraquecimento exemplar produzida com ele no corte transversal e em vista de cima,

[033] Fig. 5a - 5g diagramas de tempo e potência para os pulsos de laser para a produção de uma fenda de acordo com um quinto exemplo de execução do método, bem como uma linha de enfraquecimento exemplar produzida com ele

no corte transversal e em vista de cima,

[034] Fig. 6a - 6g diagramas de tempo e potência para os pulsos de laser para a produção de uma fenda de acordo com um sexto exemplo de execução do método, bem como uma linha de enfraquecimento exemplar produzida com ele no corte transversal e em vista de cima,

[035] Fig. 7 um esboço básico para um dispositivo para a realização do método.

[036] Com o método é produzida uma linha de enfraquecimento 2 definida em um elemento de cobertura 1, ao longo da qual o elemento de cobertura 1 apresenta uma resistência ao rompimento definida, e consequentemente pode ser rompido com uma força de rompimento definida. Como o elemento de cobertura 1 deve ser entendida qualquer parte de revestimento interno de um veículo, atrás da qual pode ser colocado um airbag, independente se de uma camada ou de várias camadas.

[037] A introdução da linha de enfraquecimento 2 ocorre por meio de desgaste de material por meio de um raio laser 7 pulsado. A linha de enfraquecimento 2 é introduzida em um lado posterior 12 do elemento de cobertura 1, afastado de um observador no estado de montagem posterior, sendo que, ela é invisível e não é palpável em um lado frontal 11 voltado, então para o observador.

[038] A linha de enfraquecimento 2 pode ser formada de uma fenda 21 individual ou de uma infinidade de fendas 21, que são separadas umas das outras respectivamente por uma alma 22. Essencial à invenção é a produção das fendas 21.

[039] Em princípio, o raio laser 7 pulsado,

partindo de um laser 6, é direcionado para o lado posterior 12 do elemento de cobertura 1, e é conduzido relativamente com uma velocidade de avanço muitas vezes ao longo de uma linha imaginária 20, ao longo da qual a linha de enfraquecimento deve ser introduzida.

[040] A fim de alcançar uma alta velocidade de avanço, o raio laser 7 pulsado é movimentado preferencialmente através do elemento de cobertura 1 disposto estacionário, de preferência, com um digitalizador 9. O processamento neste caso, sempre pode ocorrer no mesmo sentido ou também no sentido de direção alternado.

[041] Neste caso, os pulsos de laser 3 que formam o raio laser 7 pulsado incidem sobre o elemento de cobertura 1 ao longo da linha imaginária 20. A condução respectivamente única do raio laser 7 ao longo da linha imaginária 20 deve ser entendida a seguir como um ciclo de processamento Z, de tal modo que o método compreende vários ciclos de processamento Z. Com cada ciclo de processamento Z, devido ao efeito de pelo menos um dos pulsos de laser 3, e com isso através da introdução de sua energia no elemento de cobertura 1 é desgastado material.

[042] Devido a não homogeneidade no material do elemento de cobertura 1, por exemplo, o desgaste do material pode ocorrer rapidamente de modo diferente, apesar dos mesmos parâmetros de procedimento dentro de uma fenda 21 que se forma, e entre as fendas 21. Deste modo com número crescente dos ciclos de processamento Z, as fendas 21 se tornam mais profundas de maneira não uniforme, e a espessura, a seguir espessura de parede restante de uma parede restante remanescente abaixo das fendas 21, também com uma espessura

constante do elemento de cobertura 1 e material homogêneo do elemento de cobertura 1 não se reduz de modo igual. A partir da parte de energia ou sinal de sensor detectado pode ser determinada a espessura de parede restante no conhecimento dos parâmetros do material. Se a linha imaginária 20 for entendida como um encadeamento de pontos imaginários, o pensamento da invenção pode ser esclarecido de tal modo que os pontos da linha imaginária 20, através dos quais é formada uma fenda 21, observados através do tempo de processamento total de todos os ciclos de processamento Z do método são admitidos com uma energia relativamente mais alta ou com uma energia relativamente menor. Ao longo de pontos individuais ou diretamente adjacentes, que são admitidos com a energia relativamente mais alta são formados os primeiros segmentos 4 das fendas 21. Ao longo dos pontos diretamente adjacentes, que são admitidos com a energia relativamente menor são formados os segundos segmentos 5 das fendas 21. Um ponto pode ser esclarecido, por exemplo, por meio da seção transversal menor possível de um pulso de laser 3 que ocorre com um comprimento de pulso w mínimo.

[043] Por conseguinte cada fenda 21 apresenta pelo menos um primeiro segmento 4, que se estende respectivamente através de um ou de vários pontos da linha imaginária 20, e pelo menos um segundo segmento 5. O segundo ou os segundos segmentos 5 compreendem todos os pontos da linha imaginária 20, nos quais ocorre uma introdução de energia relativamente menor.

[044] Consequentemente a parede restante de uma fenda 21 compõe-se de primeiros segmentos de parede restante $R_4$ com uma primeira espessura do segmento de

parede restante $r_4$ abaixo dos primeiros segmentos, e de segundos segmentos de parede restante $R_5$ com uma segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ abaixo dos segundos segmentos 5. As primeiras e as segundas espessuras do segmento de parede restante r4, $r_5$ podem oscilar respectivamente dentro ou também entre as fendas 21 depois de cada ciclo de processamento Z. Só no fim do procedimento a primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ e a segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ são respectivamente iguais através da linha de enfraquecimento 2.

[045] Um comprimento de fenda l da fenda 21 compõe-se do número dos primeiros segmentos 4 multiplicado com o primeiro comprimento $l_4$, de um dos primeiros segmentos 4, e do número dos segundos segmentos 5 multiplicado com o segundo comprimento $l_5$, de um dos segundos segmentos 5.

[046] Em princípio é suficiente, se uma fenda apresentar somente um primeiro segmento 4, e esse segmento for muito curto, quase puntiforme.

[047] Uma disposição de sensor 8 disposta por parte do lado frontal 11 do elemento de cobertura 1, ao longo da linha imaginária 20, detecta através dos primeiros segmentos de parede restante $R_4$ partes de energia transmissora pelo menos de um pulso de laser 3, antes que possam ser detectadas partes de energia transmissora através dos segundos segmentos de parede restante $R_5$. A partir do conhecimento da posição do raio laser 7 no instante do fornecimento do sinal do sensor, esse sinal pode ser coordenado a um primeiro segmento de parede restante $R_4$. A introdução de energia ao longo dos primeiros segmentos 4 é respectivamente parada, quando a primeira espessura do

segmento de parede restante $r_4$ foi registrada, ou quando ela tiver alcançado uma dimensão predeterminada. Isso pode ocorrer para diversos primeiros segmentos 4 em diversos ciclos de processamento Z, uma vez que como já foi esclarecido, ou o desgaste de material ocorre de forma não homogênea, ou precisa ser de tamanho diferente, porque, por exemplo, o elemento de cobertura 1 está estrutura em seu lado frontal 11.

[048] A primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ registrada é pelo menos quase igual para todos os primeiros segmentos 4.

[049] No conhecimento dos parâmetros do processo, a partir da primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ registrada pode-se concluir sobre a segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ abaixo dos segundos segmentos 5 respectivamente adjacentes. Para isso é utilizado o conhecimento obtido sobre o efeito da introdução de energia. Em particular, quando o elemento de cobertura 1 não apresenta uma espessura constante, o que pode ser dado através de uma superfície estruturada do lado frontal 11, ou quando o elemento de cobertura 1 compreende camadas de material não homogêneas pode ser vantajoso se, ao longo de uma fenda 21 estiverem disponíveis vários segmentos 4 distanciados um do outro, nos quais então pode ser registrada a primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$. A segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ dos segundos segmentos de parede restante $R_5$ então pode ser ajustada de modo mais exato, o que é de grande vantagem em particular, no caso de fortes oscilações da segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ através

de toda a fenda 21, de acordo com um número igual de ciclos de processamento Z.

[050] A resistência ao rompimento da linha de enfraquecimento 2 pode ser ajustada através de uma segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ adaptada às propriedades do elemento de cobertura 1 na área da fenda 21. Em particular, se o elemento de cobertura 1 no lado frontal 11 apresentar uma camada resistente ao rompimento somente pouco transparente para os pulsos de laser 3, o método é de muita vantagem.

[051] Pelo fato de que na relação do comprimento de fenda l somente nos primeiros segmentos 4 de um primeiro comprimento $l_4$ curto ocorre um desgaste de material tão profundo que, partes da energia pelo menos de um pulso de laser 3 são transmitidos através dos primeiros segmentos de parede restante $R_4$ remanescentes, para os segundos comprimentos $l_5$ mais longos é dada uma liberdade de decisão sobre um outro desgaste de material ao longo dos segundos segmentos 5.

[052] Assim, o outro desgaste de material pode ser parado, a segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ remanescentes então permanece maior do que a primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$. Mas também pode ocorrer em ciclos de processamento Z adicionais em seguida ao processo um outro desgaste de material ao longo dos segundos segmentos 5 sem que ou até que a segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ alcance então a primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ que permanece constante.

[053] Para o processamento adicional, então

também os parâmetros do processo poderiam ser alterados, de tal modo que, por exemplo, a segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ se aproxime mais lentamente da primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ que então permanece constante.

[054] A vantagem do método consiste especialmente no fato de que a resistência ao rompimento pode ser influenciada relativamente melhor através de uma variação da segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ do que quando, de acordo com o estado da técnica o desgaste de material no total ocorre através de uma infinidade de ciclos de processamento Z até que a espessura de parede restante seja registrada ao longo do comprimento de fenda l total e, com isso, seja muito pequeno, sendo que, o processamento é parado localmente quando a espessura de parede restante foi registrada.

[055] Os exemplos de execução do método diferenciam-se em essência, por números diferentes de pulsos de laser 3, de pulsos de laser 3 com comprimento de pulso w e/ou amplitude de pulso A diferentes dentro de ciclos de processamento Z individuais e/ou entre os ciclos de processamento Z que são participantes na formação de uma fenda 21. A introdução de uma energia maior no elemento de cobertura 1 ao longo do primeiro segmento 4 assim pode ocorrer através de diversos regimes de pulso.

[056] Antes que a fenda 21 toda seja admitida com energia em um dos ciclos de processamento Z, nos ciclos de processamento Z precedentes somente os primeiros segmentos 4 podem ser admitidos com energia, o que corresponde e um processamento prévio temporal.

[057] Mas também a introdução de energia maior ao longo dos primeiros segmentos 4 pode ocorrer por meio de modulação de amplitudes de pulso e/ou de comprimentos de pulso.

[058] É decisivo que ao longo dos primeiros segmentos 4 mais energia seja introduzida através de ciclos de processamento Z.

[059] Em particular, a introdução de distribuição de energia diferente através do comprimento de fenda l deve ser esclarecida a seguir com auxílio de diversos exemplos de execução para o método.

[060] Nas figuras de 1a até 1g, para vários ciclos de processamento Z de um primeiro exemplo de execução do método são mostrados respectivamente um diagrama de tempo e potência (fig. 1a – 1d), para a soma de todos os ciclos de processamento Z, um diagrama de tempo e potência (fig. 1e) bem como um corte transversal (fig. 1f) e uma vista de cima (fig. 1g), sobre uma linha de enfraquecimento 2 produzida com o método de acordo com o primeiro exemplo de execução, constituído de fendas 21 e almas 22. Em razão da simplicidade nos diagramas de tempo e potência estão representados somente o pulso ou os pulsos de laser 3 que são participantes na formação de uma única fenda 21.

[061] Em um primeiro ciclo de processamento $Z_1$, fig. 1a é referido ao início do primeiro ciclo de processamento $Z_1$, começando com um primeiro instante $t_1$, um primeiro pulso de laser 3 com um comprimento de pulso $w_1$ relativamente curto é direcionado para a linha imaginária 20. Dentro do segundo ciclo de processamento $Z_2$, fig. 1b é referido ao início do segundo ciclo de processamento $Z_2$,

começando com um mesmo primeiro instante $t_1$, um segundo pulso de laser 3 com um mesmo comprimento de pulso $w_1$ relativamente curto é direcionado para o elemento de cobertura 1, com o que as introduções de energia se sobrepõem devido ao primeiro e ao segundo pulso de laser 3.

[062] Começando com o terceiro ciclo de processamento $Z_3$, até um enésimo ciclo de processamento $Z_n$, no qual partes de energia do enésimo pulso de laser 3 são detectadas, outros pulsos de laser 3 respectivamente relativos ao início do referido ciclo de processamento Z são orientados para a linha imaginária 20, iniciando em um mesmo primeiro instante $t_1$. Os outros pulsos de laser 3 apresentam um comprimento de pulso $w_2$ relativamente longo, o qual é tão longo que em uma velocidade de avanço predeterminada respectivamente relativa ao respectivo início do ciclo de processamento eles terminam nos mesmos segundos instantes $t_2$ nos quais os outros pulsos de laser 3 foram conduzidos através do comprimento de fenda l.

[063] Uma vez que a velocidade de avanço é constante, os pulsos de laser 3 incidem nos mesmos instantes respectivamente relativos ao início de um ciclo de processamento Z, sobre os mesmos elementos de encaixe ao longo da linha imaginária 20.

[064] Uma soma dos pulsos de laser 3 sobre todos os n ciclos de processamento Z mostra uma introdução de energia no período de tempo entre o primeiro instante $t_1$ e o segundo instante $t_2$ respectivamente relativos ao início dos ciclos de processamento Z.

[065] A relação do comprimento de pulso $w_2$ relativamente longo, para o comprimento de pulso $w_1$

relativamente curto define neste caso, a relação do comprimento de fenda l para o primeiro comprimento $l_4$ do primeiro segmento 4. O comprimento de pulso $w_1$ curto foi escolhido em concordância com a velocidade de avanço e as propriedades de transmissão do material adjacente ao lado frontal 11 do elemento de cobertura 1, de tal modo que no caso da detecção de partes de energia transmissoras é obtida uma almejada primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ mínima.

[066] Nas figuras 1f e 1g está representada uma linha de enfraquecimento 2 surgindo de modo exemplar em um elemento de cobertura 1, constituída de somente uma camada.

[067] Um segundo exemplo de execução é mostrado em analogia ao primeiro exemplo de execução nas figuras de 2a a 2g. Diferencia-se em relação ao primeiro exemplo de execução o fato de que ao invés de somente um pulso de laser 3 com um comprimento de pulso $w_1$ relativamente curto, dois pulsos de laser 3 desse tipo vêm a atuar nos dois primeiros ciclos de processamento Z por fenda 21. As vantagens para isso já foram mencionadas.

[068] Nas figuras 2f e 2g está representada uma linha de enfraquecimento 2 surgindo de modo exemplar em um elemento de cobertura 1, constituída de três camadas. Neste caso, a primeira espessura do segmento de parede restante $r_4$ é detectada neste caso, de modo exemplar em um instante, no qual a segunda espessura do segmento de parede restante $r_5$ ainda é maior do que a espessura da camada adjacente ao lado frontal 11.

[069] Os dois exemplos de execução mencionados anteriormente podem ser variados, em particular, pelo fato de

que somente um ou mais que dois ciclos de processamento Z são realizados com os pulsos de laser 3 de comprimento de pulso $w_1$ relativamente curto.

[070] Também a potência P dos pulsos de laser 3 que está representada através da amplitude de pulso A, e que neste caso, foi adotada como constante através de um tempo de processamento t, poderia ser diferente para os ciclos de processamento Z individuais.

[071] De acordo com um terceiro exemplo de execução, mostrado em analogia aos exemplos de execução representados anteriormente nas figuras de 3a - 3g, o processamento de uma fenda 21 ocorre em todos os ciclos de processamento Z, respectivamente com somente um mesmo pulso de laser 3, que é modulado na amplitude através de seu comprimento de pulso w. Isso cria uma vantagem temporal, uma vez que o desgaste de material pode ocorrer em tempo real sem perda de tempo. O pulso de laser 3 inicia em cada ciclo de processamento Z em um mesmo primeiro instante $t_1$ igual relativo ao início do respectivo ciclo de processamento Z. Ao invés de como representado aqui, o pulso de laser 3 neste caso, pode ser usado para o inverso do movimento de avanço do raio laser 7 pulsado, o que leva a uma alta eficiência de energia de um laser 6 empregado.

[072] De acordo com um quarto exemplo de execução, mostrado em analogia aos exemplos de execução representados anteriormente nas figuras de 4a - 4g, o processamento de uma fenda 21 ocorre em todos os ciclos de processamento Z, respectivamente com uma mesma sequência de pulsos de laser 3, que apresentam um mesmo comprimento de pulso w. Duas vezes dois pulsos de laser 3 adjacentes

apresentam uma grande amplitude de pulso $A_1$ em comparação com os outros pulsos de laser 3 com uma pequena amplitude de pulso $A_2$. A sequência de pulsos de laser 3 inicia em cada ciclo de processamento Z em um mesmo primeiro instante $t_1$ igual relativo ao início do respectivo ciclo de processamento Z.

[073] O comprimento de pulso w está sincronizado com a velocidade de avanço e com a frequência de repetição do pulso preferencialmente um ao outro, de tal modo que não surgem quaisquer perfurações, mas se forma uma fenda 21. Um quinto exemplo de execução, mostrado em analogia aos exemplos de execução representados anteriormente nas figuras de 5a - 5g se diferencia do quarto exemplo de execução pelo fato de que duas vezes dois pulsos de laser 3 adjacentes apresentam um comprimento de pulso $w_2$ longo em comparação com os outros pulsos de laser 3, com um comprimento de pulso $w_1$ curto. A mínima introdução de energia ao longo do segundo segmento 5, neste caso, é produzida através das pausas entre os pulsos de laser 3 do comprimento de pulso $w_1$ relativamente curto, sendo que, esses pulsos de preferência são tão curtos que a introdução de energia sempre leva a uma fenda 21 e não a furos de perfuração separados um do outro.

[074] Uma forma de execução muito simples do método será esclarecida com auxílio de um sexto exemplo de execução, o qual é mostrado em analogia aos exemplos de execução representados anteriormente nas figuras de 6a - 6g.

[075] Neste caso, nos dois primeiros ciclos de processamento Z são usadas iguais sequências mais curtas de pulsos de laser 3 com um número de pulsos de laser 3 menor do que os que são usados nos ciclos de processamento Z seguintes

em uma sequência mais longa. Os pulsos de laser 3 são constantes, pelo menos, em seu comprimento de pulso w através de todo o método, e pelo menos, através de suas amplitudes de pulso A são constantes dentro de cada um dos ciclos de processamento Z. A sequência de pulsos de laser 3 inicia em cada ciclo de processamento Z em um mesmo primeiro instante $t_1$ igual relativo ao início do respectivo ciclo de processamento Z. As sequências mais longas de pulsos de laser 3 são tão longas que no caso de uma velocidade de avanço predeterminada, respectivamente relativo ao respectivo início do ciclo de processamento terminam nos mesmos segundos instantes $t_2$ nas quais os pulsos de laser 3 foram conduzidos através do comprimento de fenda l.

[076] O método de acordo com o quarto, quinto e sexto exemplo de execução também pode ser modificado, de tal modo que as fendas 21 são formadas por uma sequência de furos de perfuração situados bem juntos um do outro, os quais se sobrepõem, limitam diretamente um ao outro ou são separados um do outro através da profundidade da fenda 21, pelo menos, parcialmente por meio de restos de material.

[077] Na fig. 7 é mostrado um esboço básico para um dispositivo, com o qual o método pode ser realizado. Ele apresenta um laser 6, o qual dirige um raio laser 7 pulsado por meio de um dispositivo de movimento, neste caso, um digitalizador 9, para o lado posterior 12 do elemento de cobertura 1 disposto fixamente. O raio laser 7 pulsado é conduzido múltiplas vezes ao longo de uma linha imaginária 20 (não mostrada na fig. 7), ao longo da qual pode ser produzida a linha de enfraquecimento 2. Ao longo da linha imaginária 20, abaixo do elemento de cobertura 1 está posicionada uma

disposição de sensor 8. A disposição de sensor 8 está ligada, da mesma forma que o laser 6, com uma unidade de controle e de cálculo 10.

LISTA DOS NÚMEROS DE REFERÊNCIA

1 elemento de cobertura

11 lado frontal (do elemento de cobertura 1)

12 lado posterior (do elemento de cobertura 1)

2 linha de enfraquecimento

20 linha imaginária

21 fenda

22 alma

3 pulso de laser

4 primeiro segmento (de uma fenda 21)

5 segundo segmento (de uma fenda 21)

6 laser

7 raio laser

8 disposição de sensor

9 digitalizador

10 unidade de controle e de cálculo

l comprimento de fenda

$l_4$ primeiro comprimento (do primeiro segmento 4)

$l_5$ segundo comprimento (do segundo segmento 5)

$R_4$ primeiro segmento de parede restante (ao longo do primeiro segmento 4)

$R_5$ segundo segmento de parede restante (ao longo do segundo segmento 5)

$r_4$ primeira espessura do segmento de parede restante (do primeiro segmento de parede restante $R_4$)

$r_5$ segunda espessura do segmento de parede restante (do segundo segmento de parede restante $R_5$)

P potência

A amplitude de pulso

$A_1$ amplitude de pulso (relativamente) grande

$A_2$ amplitude de pulso (relativamente) pequena

w comprimento de pulso

$w_1$ comprimento de pulso curto

$w_2$ comprimento de pulso longo

Z ciclo de processamento

$Z_1$ primeiro ciclo de processamento

$Z_2$ segundo ciclo de processamento

$Z_3$ terceiro ciclo de processamento

$Z_n$ enésimo ciclo de processamento

t tempo de processamento (através de um ciclo de processamento Z)

$t_1$ primeiro instante

$t_2$ segundo instante

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UMA LINHA DE ENFRAQUECIMENTO (2) POR MEIO DE DESGASTE DE MATERIAL EM UM ELEMENTO DE COBERTURA (1), apresentando um lado frontal (11) e um lado posterior (12) que fica oposto ao lado frontal (11), no qual pulsos de laser (3) são direcionados com uma energia definida por uma amplitude de pulso e um comprimento de pulso sobre o lado posterior (12), e com uma velocidade de avanço repetida muitas vezes respectivamente em um ciclo de processamento (Z) introduzem a energia no elemento de cobertura (1) ao longo de uma linha imaginária (20), com o que, em consequência do desgaste de material, a linha de enfraquecimento (2) é formada por pelo menos uma fenda (21) com um comprimento de fenda (I), e uma espessura de parede restante de uma parede restante adjacente ao lado de vista (11) abaixo da pelo menos uma fenda (21) que se reduz com cada ciclo de processamento (Z) se torna tão pequena que as partes de energia da energia dos pulsos de laser (3), as quais transmitem através da parede restante são detectadas por uma disposição de sensor (8), com a qual a espessura de parede restante é registrada, caracterizado por, ao longo da pelo menos uma fenda (21), pontualmente ao longo da linha imaginária (20), em pelo menos um primeiro segmento (4), com um primeiro comprimento ($l_4$) ser introduzida uma energia maior do que em pelo menos um segundo segmento (5) com um segundo comprimento ($l_5$), de tal modo que respectivamente uma primeira espessura do segmento de parede restante ($r_4$) de um primeiro segmento de parede restante ($R_4$) da parede restante diminui ao longo do pelo menos um primeiro segmento (4), mais rápido do que uma segunda espessura do segmento de parede

restante ($r_5$) de um segundo segmento de parede restante ($R_5$) da parede restante, ao longo do pelo menos um segundo segmento (5), pelo que, respectivamente a primeira espessura do segmento de parede restante ($r_4$) do primeiro segmento de parede restante ($R_4$) é registrada ao longo do pelo menos um primeiro segmento (4), antes que a segunda espessura do segmento de parede restante ($r_5$) para o segundo segmento de parede restante ($R_5$) possa ser registrada ao longo do pelo menos segundo segmento (5), e disso sejam tiradas conclusões sobre a segunda espessura do segmento de parede restante ($r_5$) do segundo segmento de parede restante ($R_5$) ao longo do pelo menos um segundo segmento (5), sem registrá-la.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela introdução de energia por fenda (21) ocorrer ao longo do primeiro comprimento ($l_4$) do pelo menos um primeiro segmento (4), pelo menos, no primeiro dos ciclos de processamento (Z) através de pelo menos um dos pulsos de laser (3), que apresenta um comprimento de pulso ($w_1$) relativamente curto, e ao longo do comprimento de fenda (l) da fenda (21), em outro dos ciclos de processamento (Z) ocorre a introdução de energia através de um dos pulsos de laser (3), que apresenta um comprimento de pulso ($w_2$) relativamente longo.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela amplitude de pulso (A) dos pulsos de laser (3) ser igual pelo menos, através de um dos ciclos de processamento (Z) respectivamente.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela introdução de energia por fenda (21) e por ciclo de processamento (Z) ocorrer respectivamente com pelo

menos um dos pulsos de laser (3) iguais, o qual é modulado na amplitude através de seu comprimento de pulso (w) com uma amplitude de pulso ($A_1$) relativamente grande para a introdução de energia ao longo do primeiro comprimento ($l_4$) do pelo menos um primeiro segmento (4), e com uma amplitude de pulso ($A_2$) relativamente pequena para a introdução de energia ao longo do segundo comprimento ($l_5$) do pelo menos um segundo segmento (5).

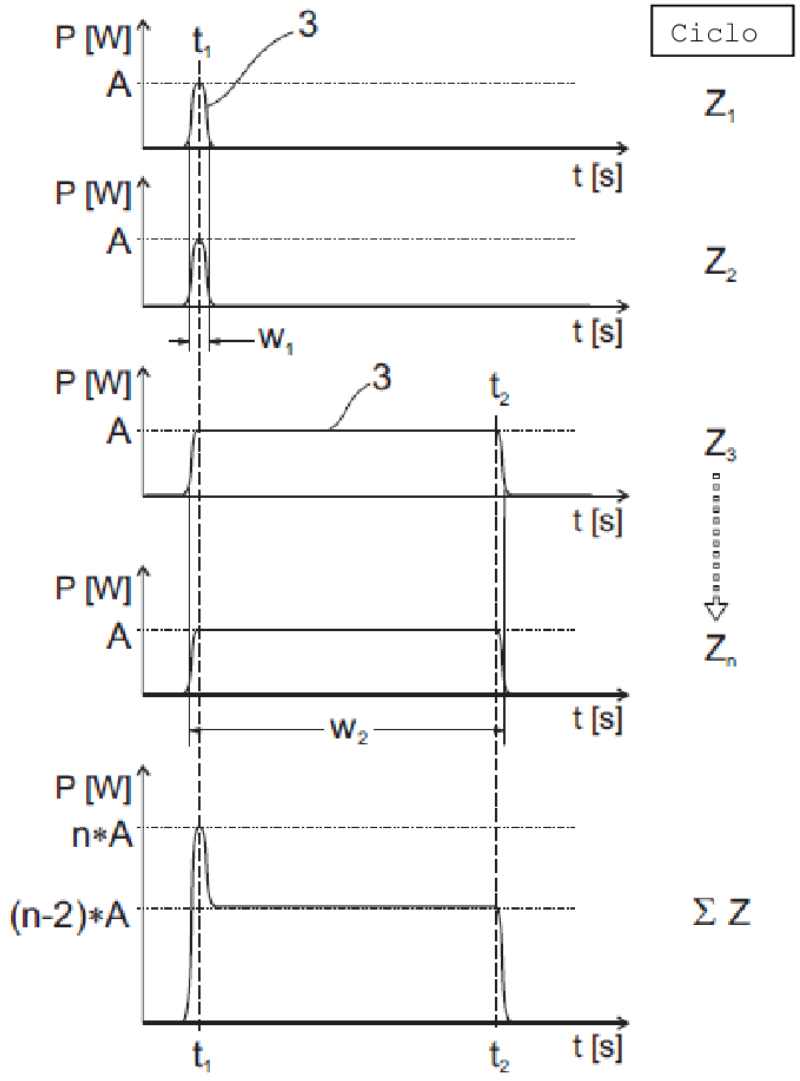
5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela introdução de energia por fenda (21) e por ciclo de processamento (Z) ocorrer com uma sequência igual aos pulsos de laser (3), na qual pelo menos um dos pulsos de laser (3) apresenta uma amplitude de pulso ($A_1$) relativamente grande para a introdução de energia ao longo do primeiro comprimento ($l_4$) do pelo menos um primeiro segmento (4), e vários dos pulsos de laser (3) seguem diretamente uns aos outros, e apresentam uma amplitude de pulso ($A_2$) relativamente pequena para a introdução de energia ao longo do segundo comprimento ($l_5$) do pelo menos um segundo segmento (5).

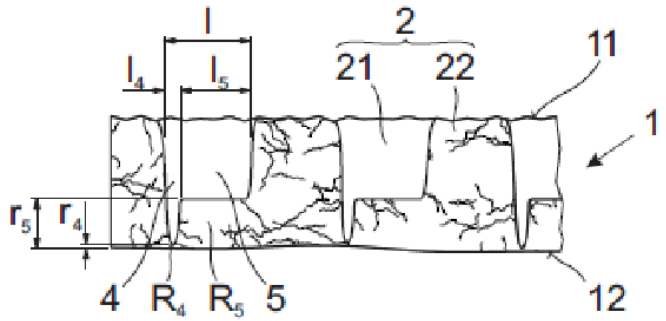
6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela introdução de energia por fenda (21) e por ciclo de processamento (Z) ocorrer com uma sequência igual aos pulsos de laser (3), na qual pelo menos um dos pulsos de laser (3) apresenta um comprimento de pulso ($w_2$) relativamente longo para a introdução de energia ao longo do primeiro comprimento ($l_4$) do pelo menos um primeiro segmento (4), e vários dos pulsos de laser (3) seguem diretamente uns aos outros, e apresentam uma amplitude de pulso ($A_2$) relativamente pequena para a introdução de energia ao longo

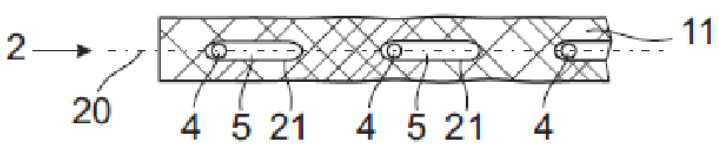
do segundo comprimento ($l_5$) do pelo menos um segundo segmento (5), e a amplitude de pulso (A) dos pulsos de laser (3) com o comprimento de pulso ($w_2$) relativamente longo não é maior do que a amplitude de pulso (A) dos pulsos de laser (3) com o comprimento de pulso ($w_1$) relativamente curto.

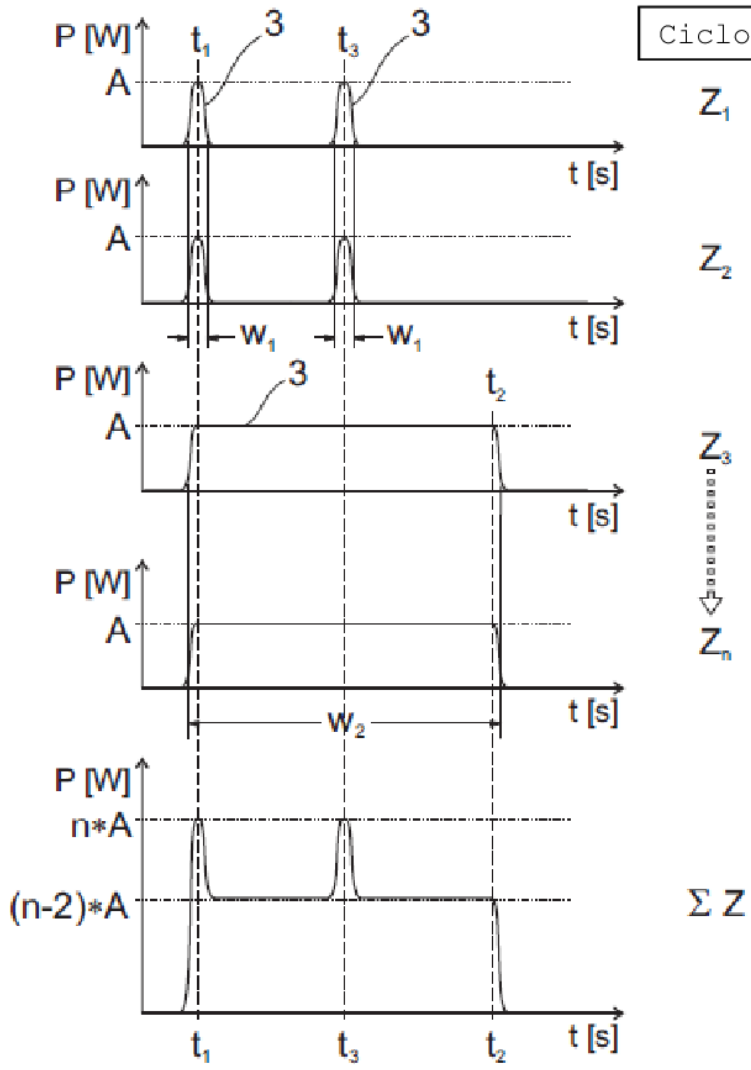
7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela introdução de energia por fenda (21) ao longo do primeiro comprimento ($l_4$) do pelo menos um primeiro segmento (4), pelo menos, no primeiro dos ciclos de processamento (Z) ocorrer através de pelo menos um dos pulsos de laser (3), e ao longo do comprimento de fenda (l) da fenda (21) em outros dos ciclos de processamento (Z), a introdução de energia ocorrer respectivamente com uma sequência igual aos pulsos de laser (3), sendo que, a sequência dos pulsos de laser (3) compreende um número maior de pulsos de laser (3) do que os pulsos de laser (3) que estão envolvidos na introdução de energia por fenda (21) no pelo menos, primeiro dos ciclos de processamento (Z), e o comprimento de pulso (w) e a amplitude de pulso (A) de todos os pulsos de laser (3) são constantes através de um dos ciclos de processamento (Z).

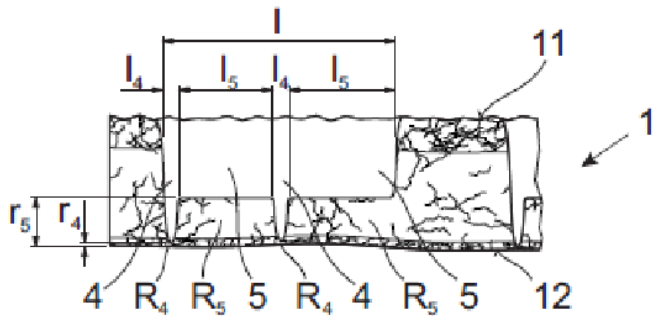
8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, em seguida aos ciclos de processamento (Z) ocorrer um processamento adicional do segundo segmento (5).

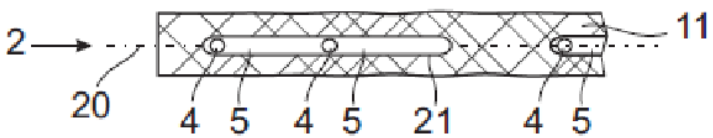

Ciclo
P [W]
A
t1
3
t [s]
Z1
Fig. 1a
P [W]
A
t [s]
w1
Z2
Fig. 1b
P [W]
A
3
t2
t [s]
Z3
Fig. 1c
P [W]
A
t [s]
Zn
Fig. 1d
w2
P [W]
n*A
(n-2)*A
t1
t2
t [s]
Σ Z
Fig. 1e

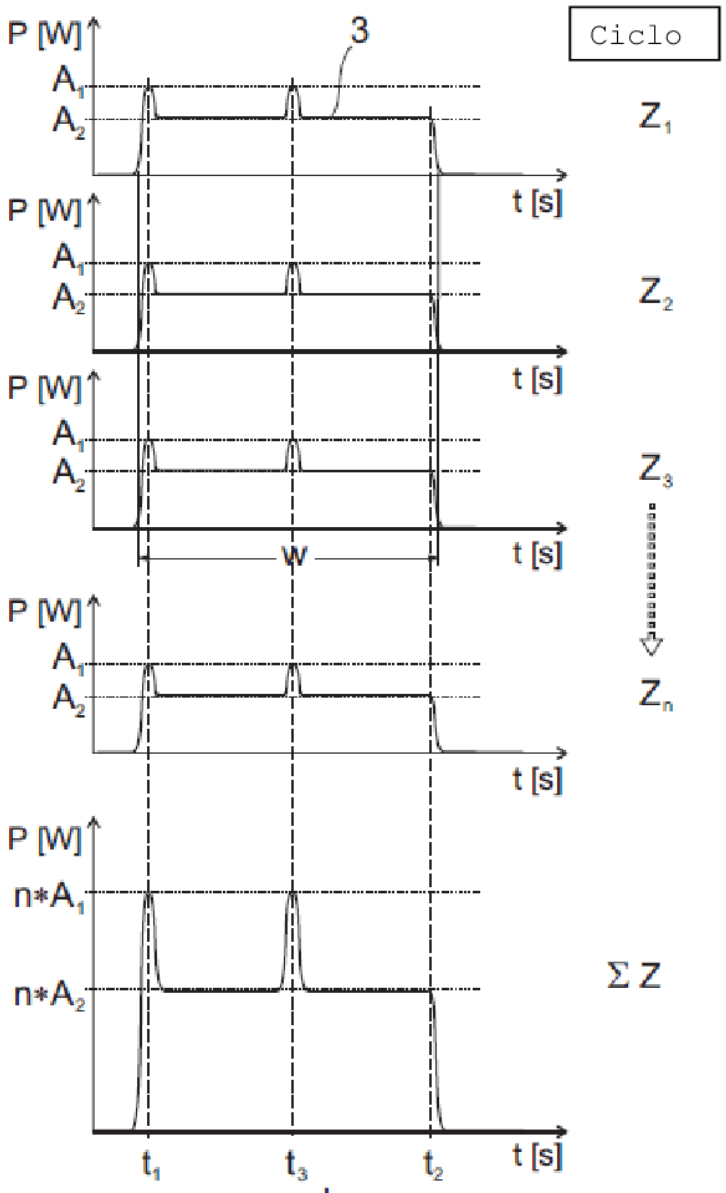

l
2
l4
l5
21
22
11
1
r5
r4
4
R4
R5
5
12
Fig. 1f


2
11
20
4
5
21
4
5
21
4
Fig. 1g


Ciclo
P [W]
A
t [s]
t1
t3
3
Z1
Fig. 2a
Z2
Fig. 2b
w1
t2
Z3
Fig. 2c
Zn
Fig. 2d
w2
n*A
(n-2)*A
Σ Z
Fig. 2e


l
l4
l5
11
1
r5
r4
4
R4
R5
5
12
Fig. 2f


2
20
11
21
Fig. 2g


Ciclo
P [W]
3
A1
A2
t [s]
Z1
Fig. 3a
Z2
Fig. 3b
Z3
Fig. 3c
w
Zn
Fig. 3d
n*A1
n*A2
Σ Z
Fig. 3e
t1
t3
t2
l
l4
l5
11
1
r5
r4
4
R4
R5
5
12
Fig. 3f
2
20
21
Fig. 3g

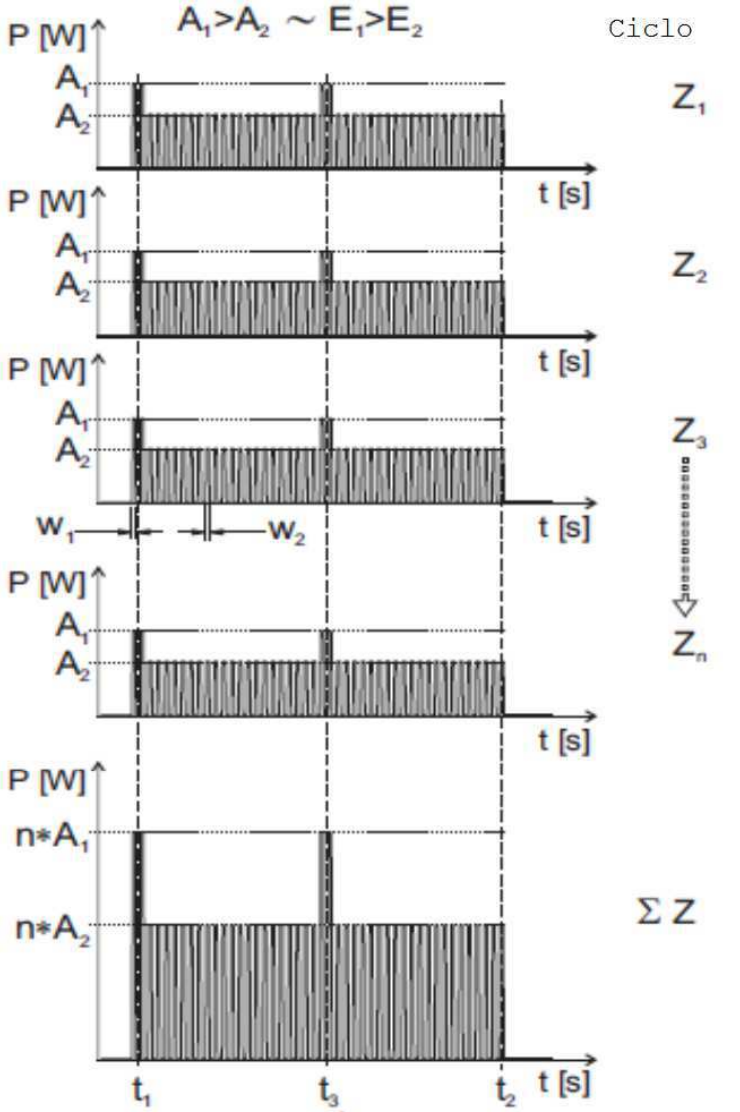



Fig. 4a

Fig. 4b

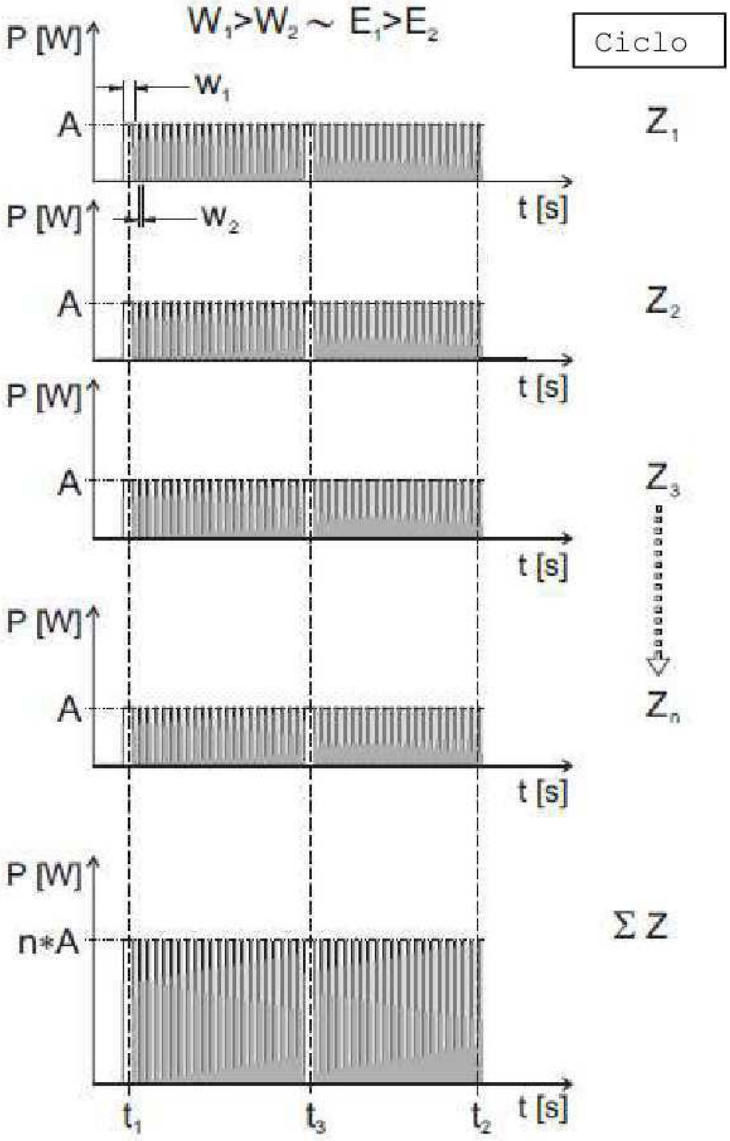
Fig. 4c

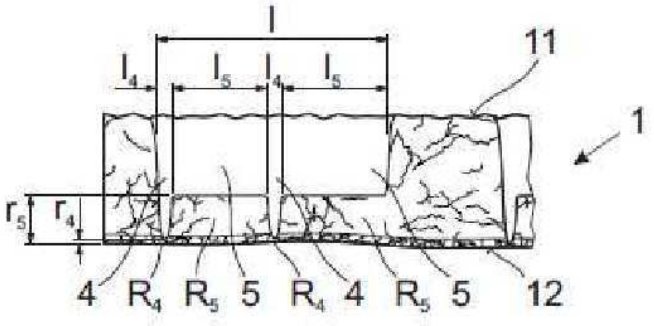
Fig. 4d

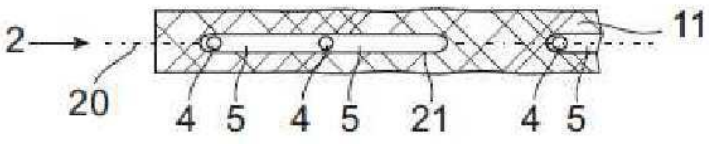
Fig. 4e

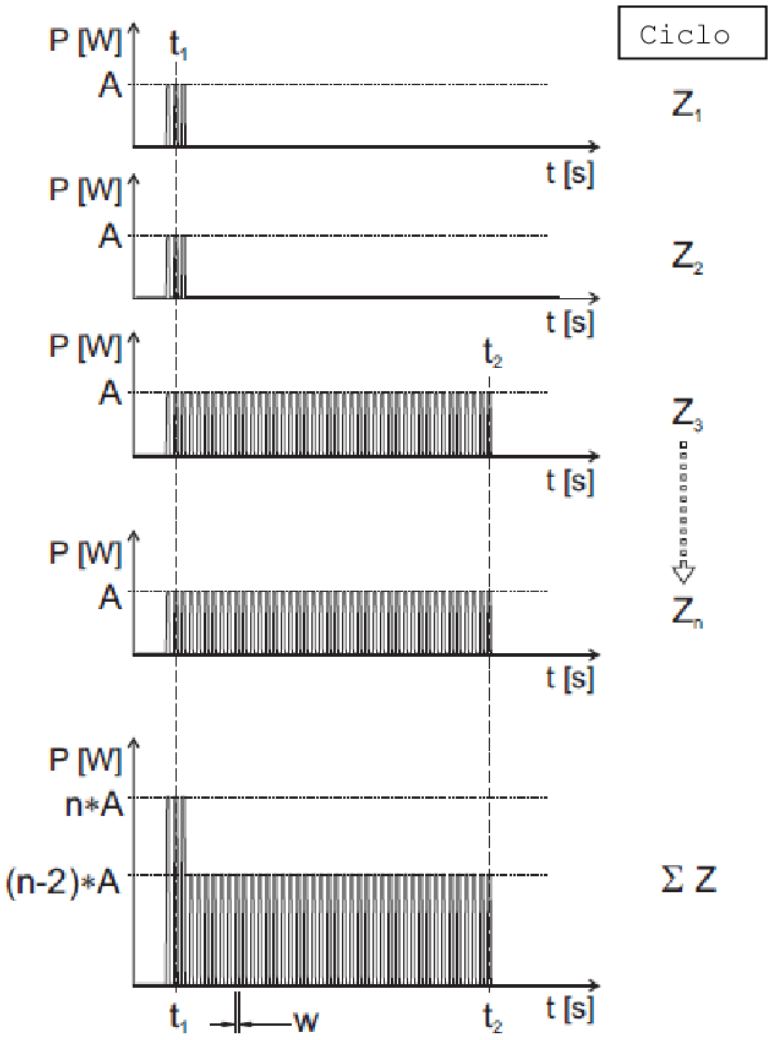
Fig. 4f

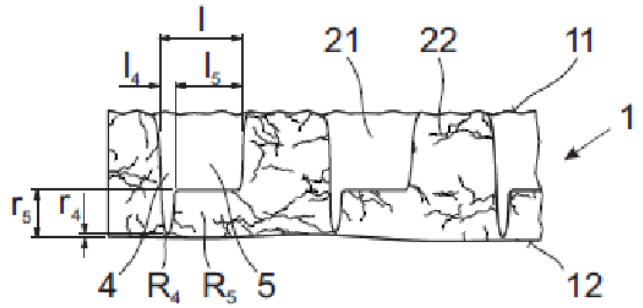
Fig. 4g

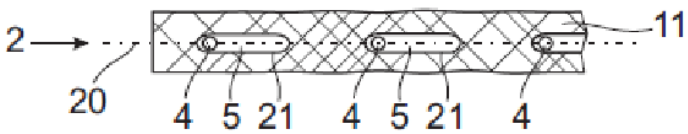

W1>W2 ~ E1>E2
Ciclo
P [W]
w1
A
t [s]
Z1
Fig. 5a
w2
Z2
Fig. 5b
Z3
Fig. 5c
Zn
Fig. 5d
n*A
Σ Z
Fig. 5e
t1
t3
t2


l
l4
l5
11
1
r5
r4
4
R4
R5
5
12
Fig. 5f


2
11
20
21
Fig. 5g


Ciclo
P [W]
A
t1
t [s]
Z1
Fig. 6a
P [W]
A
t [s]
Z2
Fig. 6b
P [W]
A
t2
t [s]
Z3
Fig. 6c
P [W]
A
t [s]
Zn
Fig. 6d
P [W]
n*A
(n-2)*A
t1
w
t2
t [s]
Σ Z
Fig. 6e


l
l4
l5
21
22
11
1
r5
r4
4
R4
R5
5
12
Fig. 6f


2
11
20
4
5
21
4
5
21
4
Fig. 6g

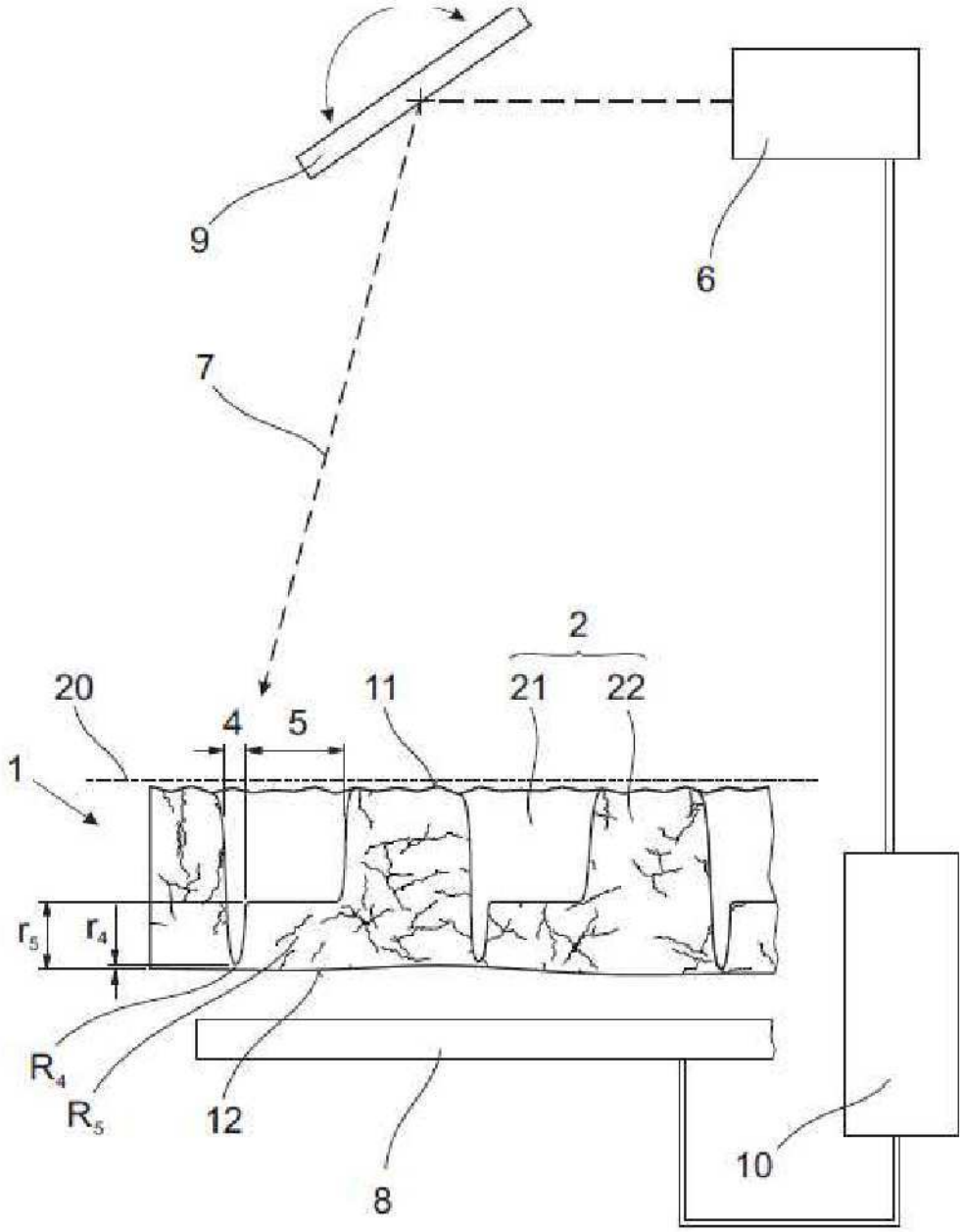



Fig.7