



\*PI04165144\*  
\*PI04165144\*

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

## CARTA PATENTE Nº PI 0416514-4

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0416514-4

(22) Data do Depósito: 12/10/2004

(43) Data da Publicação do Pedido: 02/06/2005

(51) Classificação Internacional: B32B 5/14; B32B 15/00; B32B 18/00; F01D 5/28; F01D 5/14; F23R 3/00

(30) Prioridade Unionista: 14/11/2003 EP 03 026281.0

(54) Título: SISTEMA DE CAMADAS DE ALTA TEMPERATURA PARA A DISSIPAÇÃO DE CALOR E PROCESSO PARA SUA FABRICAÇÃO

(73) Titular: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Sociedade Alemã. Endereço: Wittelsbacherplatz 2, München, Alemanha (DE).

(72) Inventor: ANDREAS HESELHAUS

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 19/05/2015, observadas as condições legais.

Expedida em: 19 de Maio de 2015.

Assinado digitalmente por:

**Júlio César Castelo Branco Reis Moreira**  
Diretor de Patentes



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE CAMADAS DE ALTA TEMPERATURA PARA A DISSIPACÃO DE CALOR E PROCESSO PARA SUA FABRICAÇÃO"**.

5 A presente invenção refere-se a um sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 e a um processo para a fabricação de um sistema de camadas de acordo com a reivindicação 27 ou 33.

A patente US-PS 3.825.364 mostra uma parede externa que é executada completamente porosa. Entre esta parede de suporte e um substrato existe um espaço vazio.

10 A patente US-PS 5.080.557 mostra uma estrutura de camadas constituída de um substrato, de uma camada intermediária porosa e de uma camada externa absolutamente vedada.

Em comparação à patente US-PS 5.080.557, a patente US-PS 4.318.666 mostra canais de resfriamento adicionais no substrato, sobre o qual é aplicada uma camada intermediária porosa, e uma camada externa vedada.

A patente JP 10-231 704 mostra um substrato com canais de resfriamento e uma camada intermediária porosa.

20 A patente WO03/006883, bem como, a patente US 6.412.541 mostram uma estrutura porosa dentro de uma parede de suporte, sendo que a parede, por sua vez, apresenta externamente um revestimento. A parede e o revestimento apresentam canais de resfriamento.

As estruturas da camada, todavia, apresentam um resfriamento ruim.

25 Por isso a tarefa da invenção é aperfeiçoar o resfriamento em uma estrutura de camadas.

A tarefa é solucionada por uma estrutura de camadas de acordo com a reivindicação 1, e por um processo para a fabricação de uma estrutura de camadas de acordo com a reivindicação 27 ou 33.

30 Nas reivindicações subordinadas estão listadas outras medidas vantajosas.

As medidas listadas nas reivindicações subordinadas podem ser

combinadas entre si de uma forma vantajosa.

Exemplos de execução da invenção estão esclarecidos nas figuras.

São mostrados:

5                    Figuras de 1 a 6 - sistemas de camadas em corte transversal, como exemplo,

Figuras de 7 a 17 - uma representação ampliada de uma camada porosa,

10                   Figuras de 18 a 24 - etapas do processo para a fabricação de um sistema de camadas de acordo com a invenção,

Figura 25 - uma turbina a gás e

Figura 26 - uma câmara de combustão.

A figura 1 mostra um primeiro exemplo de execução de um sistema de camadas 1 de acordo com a invenção.

15                   O sistema de camadas 1 é constituído de um substrato 4. O substrato 4 pode ser metálico e/ou cerâmico. Em particular, no caso do emprego para componentes de turbina de uma máquina de fluxo como turbina a gás 100 (figura 25, mas também possível turbina de avião) ou turbina a vapor, como por exemplo, pás de turbina 120, 130 (figura 25) ou revestimen-  
20                   tos da câmara de combustão 155 (figura 26), o substrato 4 é uma superliga baseada em ferro, níquel ou cobalto.

O sistema de camadas 1, com seu substrato 4, está adjacente a uma superfície 9, direta ou indiretamente a uma área 110, 111 (figura 25), que apresenta um meio quente. Esta área é, por exemplo, uma câmara de  
25                   combustão 110 ou um canal de gás quente 111 de uma turbina a gás 100 (figura 25). Sobre a superfície 9 podem existir, de forma conhecida, camadas de proteção (MCrAlX) contra oxidação e corrosão, e/ou camadas de isolamento térmico ( $ZrO_2$ ).

30                   Uma direção radial 11 passa perpendicular, ou quase perpendicular, à superfície 9 do substrato 4.

Apesar dessas medidas de proteção contra a entrada demasiada de calor, o substrato 4 ainda é resfriado adicionalmente em uma superfi-

cie 14, que fica oposta à superfície 9. O sistema de camadas 1 é, portanto, nesse caso, por exemplo, um componente oco (por exemplo, uma pá de turbina oca) com uma superfície interna 14. O substrato 4 é resfriado, pelo fato de que, um meio de resfriamento KM é aproximado através do componente oco, que dissipa o calor do substrato 4 na superfície 14.

Isso ocorre, de acordo com a invenção, através de uma camada porosa 10, que existe sobre a superfície 14 do substrato 4, a fim de poder transportar esse calor melhor para o meio de resfriamento.

Entre a camada porosa 10 e o substrato 4 pode existir, por exemplo, uma camada metálica de base de adesivo.

As execuções mencionadas para o sistema de camadas com o substrato 4 e com a camada 10, de modo análogo, também servem para o sistema de camadas com o substrato 4/camada intermediária e com a camada 10.

O meio de resfriamento KM pode passar pela superfície livre da camada porosa 10, ou pode fluir, pelo menos parcialmente através da camada porosa 10 (figuras 2, 3, 4).

As figuras 2, 3, 4 mostram como um meio de resfriamento KM pode fluir através dessa camada porosa 10.

Na figura 2, o meio de resfriamento flui em uma direção axial 17 (fluxo de um gás quente em 110, 111, perpendicularmente à direção radial 11) através de toda a camada porosa 10. No caso da câmara de combustão 110, o meio de resfriamento KM é conduzido em uma extremidade e flui de uma extremidade axial 161 para a outra extremidade 164 (figura 26). Nesse caso, a camada porosa 10 é constituída, por exemplo, de tubos, que se estendem na direção axial 17.

Outras disposições são possíveis.

O correspondente vale para o canal de gás quente 111.

Da mesma forma, a camada porosa 10 pode ser subdividida na direção axial 17 em diversos segmentos 15 (figura 3), sendo que o meio de resfriamento KM é conduzido, respectivamente, separado a um segmento 15 desses e atravessa esse segmento.

No caso da câmara de combustão 110 (figura 26), ao segmento 15 corresponde, por exemplo, o elemento de proteção ao calor 155 (figura 26).

5 Através dos segmentos 15 é impedido que o meio de resfriamento KM, em virtude da diferença de pressão no canal de gás quente 111, ou na câmara de combustão 110 atravesse a camada porosa 10 horizontalmente (na direção axial 17) e se aqueça demais. As paredes da câmara podem se formar devido ao enchimento de poros 25 (figura 7) na direção radial 11, mas também devido a uma disposição correspondente dos canais 26  
10 (figura 7) é obtida uma passagem perpendicular da camada porosa 10. Isto também mostra a patente WO03/006883, que é parte dessa publicação e da disposição de segmentos ou de câmaras e de sua passagem.

Também no caso da disposição de acordo com as figuras 2 e 3, podem estar previstos no substrato 4 canais de resfriamento, que possibilitam que, um meio de resfriamento KM da camada porosa 10 possa fluir através do substrato 4 (figura 4).  
15

Nesse caso, sobre a superfície 9 do substrato 4 ou de uma camada sobre o substrato 4 pode ser produzido um resfriamento de filme, pelo que o meio de resfriamento KM sai da superfície 9.

20 A figura 5 mostra um outro exemplo de execução de um sistema de camadas 1 de acordo com a invenção.

O sistema de camadas 1 é constituído de um substrato 4. O substrato 4 pode ser metálico e/ou cerâmico. Em particular, no caso do emprego para componentes de turbina de uma turbina a gás 100 (figura 25) ou de uma turbina a vapor, como por exemplo, pás de turbina 120, 130 (figura 25), ou revestimentos da câmara de combustão 155 (figura 26), o substrato  
25 4 é uma superliga baseada em ferro, níquel ou cobalto.

Sobre o substrato 4 existe, por exemplo, pelo menos, uma camada intermediária 7. A camada intermediária 7 pode ser metálica e/ou cerâmica. Sobre a superfície 8 da camada intermediária 7 está aplicada a camada porosa 10 externa. Também esta camada porosa 10 pode ser metálica e/ou cerâmica.  
30

Através do substrato 4 e da camada intermediária 7 passa, por exemplo, um canal de resfriamento 13, através do qual pode ser conduzido um meio de resfriamento (ar e/ou vapor ou outro). O meio de resfriamento, que entra através do canal de resfriamento 13 na camada porosa 10, pode  
5 fluir dentro da camada 10, ou também pode sair da superfície 16 da camada 10 externa. Quando o meio de resfriamento sai da superfície 16, ocorre um resfriamento de efusão.

Com referência à condução e ao fluxo do meio de resfriamento KM valem as execuções análogas às figuras 2, 3 e 4.

10 A camada intermediária 7 é, por exemplo, uma camada de proteção à oxidação ou uma camada de proteção à corrosão que apresenta, por exemplo, a composição MCrAlX, sendo que M representa, pelo menos, um elemento do grupo do ferro, cobalto ou níquel. X representa, pelo menos, um elemento do grupo do ítrio, e/ou das terras raras, ou um elemento  
15 ativo. Da mesma forma, a camada intermediária 7 pode ser uma camada de platina ou uma camada de MCrAlX enriquecida com platina.

A figura 6 mostra um outro exemplo de execução de um sistema de camadas 1 executado de acordo com a invenção. Em comparação com a figura 1 não existe nenhuma camada intermediária 7, mas a camada porosa  
20 10 externa está diretamente sobre a superfície 9 do substrato 4.

O material para a camada 10 é, por exemplo, de carboneto de silício (SiC), óxido de silício (SiO<sub>2</sub>), nitrito de silício (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) ou de materiais de fibras (CMC) ou de misturas deles.

A camada 10 pode ser executada em peça única com o substrato 4 ou com a camada intermediária 7, de tal modo que não existam quaisquer problemas entre a camada 10 e o substrato 4.  
25

A camada porosa 10 pode ser fabricada, por exemplo, junto com o substrato 4 em uma fundição ou por meio de outros processos metalúrgicos de fundição (crescimento epitaxial).

30 Isto produz uma ligação ideal entre o substrato 4 e a camada porosa 10 com referência à transmissão de calor e resistência mecânica entre o substrato 4 e a camada 10 ou camada intermediária 7.

A figura 7 mostra uma representação ampliada da camada 10 externa, que se estende em uma direção radial 11 (perpendicular ao substrato 4).

Nesse caso, a camada porosa 10 está adjacente à área 110, 111, isto é, ela está sobre a superfície 9 do substrato 4. As execuções seguintes com referência à execução da camada porosa 10 e a ligação ao substrato 4, todavia, referem-se também à disposição da camada porosa 10 sobre o substrato 4 de acordo com as figuras 1, 2, 3 e 4.

A camada porosa 10 externa é constituída de muitos poros 25. O tamanho dos poros varia de aproximadamente 0,5 até vários milímetros ( $\geq 2$  mm). Um poro 25 é envolvido, respectivamente, por paredes dos poros 22. As paredes dos poros 22 dos poros 25 adjacentes individuais se encontram em uma superfície de corte da parede 19. Através da camada porosa 10 pode fluir um meio de resfriamento KM, pelo fato de que, ele é conduzido do interior do sistema de camadas (pá de turbina oca, lado interno da câmara de combustão) 1, mas não precisa, uma vez que a camada porosa 10 atua como camada de isolamento ao calor e, assim, já contribui para a descarga térmica do substrato. Entre os poros 25 podem existir canais 26 nas paredes dos poros 22, através dos quais pode fluir um meio de resfriamento KM. Uma linha de seta sinuosa mostra, como um meio de resfriamento pode fluir desde o substrato 4 através da camada porosa 10. Assim, o meio de resfriamento KM pode atravessar, por exemplo, a camada porosa 10 na direção radial 11. Se o meio de resfriamento KM atravessar a camada porosa 10 na direção axial 17, os canais 26 não são necessários.

Os poros 25 apresentam um diâmetro do poro ou largura do poro 28.

Nesse exemplo de execução os poros 25 apresentam, na seção transversal perpendicular à direção radial 11, uma seção transversal quase quadrada ou retangular.

A camada porosa 10 está disposta, por exemplo, de tal modo sobre o substrato 4 ou sobre uma camada intermediária 7 que, várias superfícies de corte da parede 19 representam uma superfície de contato 37 com

o substrato 4. Por conseguinte, o substrato 4 ou a camada intermediária 7 está adjacente às superfícies de corte da parede 19 e aos poros 25.

Os cantos das paredes dos poros 22, dos canais 26 ou das superfícies de corte da parede 19 são, pelo menos, arredondados, de tal modo que, partículas de sujeira que conseguem chegar com o meio de resfriamento na camada porosa 10, não podem se prender nos cantos.

O tamanho dos poros 28 é projetado, por exemplo, de tal tamanho que, partículas externas, que atravessam a camada 10 com o meio de resfriamento, não entopem a camada porosa 10, isto é, o tamanho dos poros 28 é maior que o tamanho das partículas externas. A camada porosa 10 apresenta, em particular, uma estrutura de colméia.

Uma passagem 20 entre uma parede do poro 22 ou superfície de corte da parede 19 e o substrato 4, ou a camada intermediária 7 é executada alargada, e com superfície o mais possível grande e com raios de arredondamento grandes, a fim de reduzir tensões térmicas e efeitos de flexão, e a fim de ampliar a superfície de contato 37 da camada 10 e substrato 4 ou camada intermediária 7, de tal modo que, é proporcionada uma boa ligação mecânica e uma transmissão de calor da camada porosa 10 para o substrato 4, ou para a camada intermediária 7.

Em particular, a superfície de contato 37 da camada 10 com o substrato 4 ou com a camada intermediária 7 é proporcionada pela superfície de corte da parede 19 (figura 12, estado da técnica). O tamanho da superfície de corte da parede 19 de acordo com a invenção é alargado em consequência disso, na passagem 20 em relação à seção transversal da superfície de corte da parede desses poros 25 acima da passagem 20 (figura 13).

Quando as paredes dos poros 22 formam a superfície de contato para o substrato 4 ou para a camada intermediária 7 (figura 14, estado da técnica), a seção transversal da passagem 20 é alargada de acordo com a invenção, em relação à espessura da parede do poro 22 acima da superfície de contato (figura 15).

O alargamento da passagem 20 é projetado de tal modo que,

resulta uma passagem inconstante (figura 16) (um ângulo  $\alpha$  definido), ou uma passagem constante (figura 17) (ângulos diferentes  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , ..) da parede do poro 22 em relação à superfície 9, 14.

A superfície 9 do substrato 4, que é coberta pela camada porosa 10, por conseguinte, é contatada na maior parte (> 10%, em particular, > 20% ou > 30%) com as superfícies de corte da parede 19 ou com as paredes dos poros 22.

A figura 9 mostra uma outra forma da seção transversal dos poros 25. A seção transversal do poro 25 é executada, por exemplo, em forma de triângulo. Outras formas da seção transversal são possíveis.

A figura 8 mostra um outro exemplo de execução de um sistema de camadas 1 de acordo com a invenção.

Ao longo da direção radial 11, as paredes dos poros 22 nas proximidades do substrato 4 ou da camada intermediária 7 são executadas mais espessas (espessura, diâmetro  $d$ ) do que nas proximidades da superfície 16 externa da camada porosa 10. Por conseguinte, também a largura dos poros 28 se altera na direção radial 11, a largura dos poros 28, por exemplo, na área próxima do substrato 4 é menor do que na área próxima da superfície 16 externa do substrato 4. Devido às paredes dos poros 22 mais espessas nas proximidades do substrato 4 ou da camada intermediária 7, é criada uma superfície de contato 37 maior entre a camada porosa 10 e o substrato 4 (> 10% da superfície, que está coberta pela camada porosa 10). Isto aumenta a ligação mecânica e a transmissão de calor da camada porosa 10 para o substrato 4 ou para a camada intermediária 7.

A passagem 20 entre uma parede do poro 22 e o substrato 4 ou a camada intermediária 7 é, por exemplo, do mesmo modo, alargada (figuras 13, 15, 16, 17).

A camada porosa 10 pode ser fabricada separada, de forma conhecida, e ser ligada, por exemplo, através de solda com o substrato 4.

A camada porosa 10, porém, também pode ser montada diretamente sobre o substrato 4.

As execuções seguintes valem para a disposição da camada 10

sobre o substrato 4 de acordo com as figuras de 1 a 4. Vista de modo geral, a passagem 20 das paredes dos poros 22 ou das superfícies de corte da parede 19 da camada 10 sobre o substrato 4 de suporte maciço representa um ponto fraco mecânico. Em particular, no caso de oscilações de temperatura repentinas, como as que não podem ser evitadas durante a operação de turbinas a gás ou a vapor, uma estrutura uniformemente fina, porosa assume a nova temperatura muito mais rápido do que o substrato 4 maciço. Com isso estão ligadas diversas dilatações térmicas dessas áreas, o que na área de passagem da camada 10 para o substrato 4, pode levar a tensões extremamente altas. Através da forma de grande superfície e mais maciça das paredes dos poros 22 nas passagens 20 não ocorrem mais tais efeitos, ou só ocorrem de forma bastante reduzida.

Uma seção transversal constante das paredes dos poros 22 ao longo da direção radial 11 iria reduzir também o grau de eficiência do resfriamento do condutor de calor. O calor todo introduzido precisa fluir do canal de gás quente 110, através do substrato 4 para a estrutura porosa 10, onde ele é fornecido de modo uniforme ao ar de resfriamento. Com isso, através das paredes dos poros 22 passa a maioria do calor na superfície 14 do substrato 4, e na superfície 16 livre menos. Se a seção transversal da parede do poro 22 permanecer constante, o gradiente de temperatura correspondente se altera na camada porosa 10 de modo análogo ao calor corrente, isto é, nas proximidades da superfície 9 ele é maior e em direção à superfície 16 livre é menor. Uma vez que, no ar de resfriamento, todavia, a transmissão de calor depende diretamente da diferença de temperatura em relação à estrutura porosa 10, então, ao todo só pode ser transmitida uma quantidade estreitamente limitada de ar de resfriamento.

Através das paredes dos poros 22 mais espessas na proximidade do substrato 4, a superfície da seção transversal para o condutor de calor é aumentada, de tal modo que o gradiente de temperatura se achata na direção radial 11. Com isso, é possível manter o gradiente de temperatura necessário para um resfriamento efetivo entre as paredes dos poros 22, e um meio de resfriamento conduzido através dos poros 25 em outras áreas

na camada porosa 10 em um nível mais alto possível.

A figura 10 mostra, partindo da figura 8 (mas também análoga às figuras 7, 9), um outro exemplo de execução de um sistema de camadas 1 de acordo com a invenção.

5                Sobre a camada porosa 10 é aplicada uma camada de proteção 12. Em particular, quando a camada porosa 10 é uma camada metálica, por exemplo, uma camada de MCrAlX, existe a necessidade de proteger a camada 10 ainda adicionalmente contra mais entrada de calor. No caso, a camada de proteção 12 é uma camada cerâmica de isolamento ao calor. A  
10              camada cerâmica de isolamento ao calor pode ser aplicada por meio de processos de revestimento conhecidos sobre a camada porosa 10.

Da mesma forma, a camada de proteção 12 pode apresentar furos (não representados) dos quais um meio de resfriamento pode sair (resfriamento de filme).

15              A camada de proteção 12 também pode representar uma camada de desgaste.

A figura 11 mostra um outro exemplo de execução de um sistema de camadas de acordo com a invenção, partindo da figura 8 (mas também análoga às figuras 7, 9).

20              Sobre as paredes dos poros 22 é aplicada uma camada de proteção 12. A camada de proteção 12 não representa nenhuma camada aplicada só externamente sobre a camada 10, mas cobre as superfícies externas e as superfícies internas dos poros 25. A camada de proteção 12 pode ser aplicada em uma parte externa da camada porosa 10, ou pode se  
25              tender também até o substrato 4.

Da mesma forma, eventualmente, existem ligações permeáveis ao gás que passam através da camada de proteção 12, de tal modo que um meio de resfriamento, além disso, também pode sair da camada porosa 10 em um canal de gás quente.

30              A camada porosa 10 de exemplos de execução pode ser produzida como a seguir.

Por exemplo, por meio da estereolitografia a laser, em uma pri-

meira camada 10', por exemplo, de partículas de material sintético, é produzida uma primeira forma negativa da camada porosa 10. Uma vez que a estrutura da camada porosa 10 está disponível, por exemplo, em um modelo de CAD, a camada 10 pode ser decomposta em um número correspondente de camadas. Uma primeira camada desse tipo é, então, produzida por meio da estereolitografia a laser, que exatamente ali, liga as partículas de material sintético entre si através de endurecimento, onde os poros 25 e os canais 26 existem entre os poros 25.

Então podem ser produzidas as outras camadas separadamente, e podem ser ligadas entre si, ou sobre a primeira camada tratada com laser, da mesma forma, são aplicadas novamente partículas de material sintético, que formam uma segunda camada sobre a primeira camada. A segunda camada é, então, da mesma forma, tratada com o laser, de forma visada, de tal modo que ali, onde o laser incide, as partículas de material sintético são ligadas entre si.

Assim, é montado camada por camada o modelo todo da forma negativa da estrutura porosa 10 por meio do modelo de CAD de material sintético. Outros materiais além do material sintético também são possíveis.

O negativo produzido dessa forma pode ser fundido ou preenchido com o material da camada porosa 10 e vedado. O material sintético é, então, retirado, por exemplo, por meio de queima ou de lixiviação.

Do mesmo modo, é possível montar, por meio da estereolitografia, um modelo da camada porosa 10 (figuras 7, 8), de tal modo que, através da retirada do molde do modelo surge um molde de fundição 46 (figura 23) e, então, em seguida, através da fundição do molde de fundição 46 se forma a camada porosa 10. O molde de fundição 46 é constituído de corpos de volume 43, dos poros 25 preenchidos e eventualmente de almas 40, que correspondem aos canais 26 preenchidos.

Outros processos para a produção da camada porosa 10 são possíveis.

Em particular, a camada porosa 10 pode ser produzida por camadas (da figura 18 até figuras 22, 24).

Em uma primeira etapa do processo (figura 18), as superfícies de corte da parede 19 são aplicadas sobre o substrato 4, que junto com o substrato 4 formam a superfície de contato 37. Com isso, é formada uma primeira parte 10' da camada 10.

5                Uma vista de cima sobre o componente 1 de acordo com a figura 18 (figura 19) mostra que, o substrato 4 é revestido, apenas parcialmente com o material da camada 10. Nos pontos 23, nos quais devem ser formados poros 25, o substrato 4 está descoberto.

10              Em uma outra etapa do processo é aplicado um outro material sobre um sistema de camadas 1 de acordo com a figura 18 (figura 20). Os pontos 23 podem ser preenchidos, por exemplo, com um outro material diferente do material das camadas 10', 10", a fim de evitar o enchimento. Esse outro material para os pontos 23 pode ser submetido à lixiviação ou queimado, ao passo que o material das paredes dos poros 22 não pode ser retirado dessa forma.

15              Os pontos 23 descobertos de acordo com a etapa de tratamento de acordo com a figura 18 são, então, fechados, de tal modo que, se formaram os primeiros poros 25, que estão adjacentes ao substrato 4. A área da camada 10' foi completada em torno de uma outra área da camada 10".

20              Uma vista de cima (figura 21) sobre um sistema de camadas 1 de acordo com a figura 20 mostra furos em uma tal superfície que depois de uma outra aplicação de camada produzem poros 25. São indicados de forma tracejada os poros 25, que nesse meio tempo foram fechados. Esse procedimento é continuado em etapas (figura 22) até que resulte uma camada porosa 10, por exemplo, de acordo com a figura 4.

25              A figura 24 mostra, esquematicamente, como pode ser produzida uma camada porosa 10, isto é, através de compressão da estrutura porosa. Nesse caso, de modo similar como no caso da estereolitografia, a estrutura é montada de camadas individuais sucessivas, só que, nesse caso, 30              nenhum laser funde partículas de material sintético entre si, mas uma pasta de compressão muito fina, que contém material da camada 10, como por exemplo, tinta, é comprimida camada por camada sobre a camada seguinte

49. Esse processo possibilita que, o material da camada porosa possa ser empregado diretamente para a compressão. Nesse caso, o material como pó fino é misturado com um aglutinante.

Se a camada porosa 10 estiver comprimida pronta, então o aglutinante é evaporado em um forno e, então, o material da camada porosa 10 é sinterizado entre si. O emprego de um núcleo de material sintético ou a fabricação de um molde de fundição, nesse caso, deixa de existir.

A figura 25 mostra uma turbina a gás 100 em um corte parcial longitudinal.

10 A turbina a gás 100 apresenta no interior um rotor 103 apoiado girando em torno de um eixo de rotação 102, que também é designado como rotor da turbina. Ao longo do rotor 103 seguem, um após outro, uma carcaça de aspiração 104, um compressor 105, uma câmara de combustão 110 de forma toroidal, em particular, uma câmara de combustão anular 106, com  
15 vários queimadores 107 dispostos coaxialmente, uma turbina 108 e a carcaça de gás de exaustão 109. A câmara de combustão anular 106 se comunica com um canal de gás quente 111, por exemplo, de forma anular. Ali, por exemplo, quatro estágios de turbina 112 ligados sucessivamente formam a turbina 108. Cada estágio de turbina 112 é formado de dois anéis de pás.  
20 Visto na direção de fluxo de um meio de trabalho 113, no canal de gás quente 111 de uma série de pás condutoras 115 segue uma série 125 formada de pás móveis 120.

As pás condutoras 130, nesse caso, estão fixadas no estator 143, ao passo que as pás móveis 120 de uma série 125 estão colocadas no  
25 rotor 103 por meio de um disco de turbina 133. No rotor 103 está acoplado um gerador ou uma máquina de trabalho (não representado).

Durante a operação da turbina a gás 100, pelo compressor 105 é aspirado e comprimido ar 135 através da carcaça de aspiração 104. O ar comprimido preparado na extremidade do compressor 105 no lado da turbi-  
30 na é conduzido aos queimadores 107, e ali é misturado com um combustível. A mistura, então, sob a formação do meio de trabalho 113 é queimada na câmara de combustão 110. A partir dali, o meio de trabalho 113 flui ao

longo do canal de gás quente 111, passando nas pás condutoras 130 e nas pás móveis 120. Nas pás móveis 120 o meio de trabalho 113 se expande transmitindo impulso, de tal modo que as pás móveis 120 acionam o rotor 103 e este, a máquina de trabalho acoplada nele.

5 Durante a operação da turbina a gás 100, os componentes expostos ao meio de trabalho 113 quente estão sujeitos a solicitações térmicas. As pás condutoras 130 e as pás móveis 120 do primeiro estágio da turbina 112, vistas na direção de fluxo do meio de trabalho 113, são as mais solicitadas termicamente, ao lado das pedras de proteção ao calor que re-  
10 vestem a câmara de combustão anular 106. A fim de resistir às temperaturas que dominam ali, essas pedras são resfriadas por meio de um meio de resfriamento. Do mesmo modo, as pás 120, 130 podem apresentar revestimentos contra corrosão (MCrAlX; M = Fe, Co, Ni, X = Y, terras raras) e calor (camada amortecedora de calor, por exemplo,  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ - $ZrO_2$ ).

15 No interior das pás da turbina 120, 130 pode ser colocada uma camada porosa 10, por exemplo, de acordo com as figuras de 1 a 4.

Do mesmo modo, a camada porosa 10 pode limitar as pás 120, 130 no canal de gás quente 111.

A pá condutora 130 apresenta uma base da pá condutora (não representada aqui) voltada para a carcaça interna 138 da turbina 108, e uma  
20 cabeça da pá condutora que fica oposta à base da pá condutora. A cabeça da pá condutora está voltada para o rotor 103, e está fixada em um anel de fixação 140 do estator 143.

A câmara de combustão 110 na figura 26 é conformada, por exemplo, como a chamada câmara de combustão anular, na qual uma infinidade de queimadores 102 dispostos em torno do eixo da turbina 103 na di-  
25 reção da circunferência desembocam em um espaço comum da câmara de combustão. Para isso, a câmara de combustão 110 em sua totalidade é executada como estrutura de forma anular, que está posicionada em torno do  
30 eixo da turbina 103.

Para a obtenção de um grau de eficiência relativamente alto, a câmara de combustão 110 é projetada para uma temperatura relativamente

alta do meio de trabalho M de aproximadamente 1000°C até 1600°C. A fim de possibilitar, também no caso desses parâmetros de operação desfavoráveis para os materiais, um período de operação relativamente longo, a parede da câmara de combustão 153 em seu lado voltado para o meio de trabalho M, está equipada com um revestimento interno formado de elementos de proteção ao calor 155. Cada elemento de chapa quente 155, no lado do meio de trabalho, está equipado com uma camada de proteção particularmente resistente ao calor, ou de material resistente à alta temperatura. Em virtude das altas temperaturas no interior da câmara de combustão 110, além disso, para os elementos de proteção ao calor 155, ou para seus elementos de retenção está previsto um sistema de resfriamento.

No interior dos elementos de retenção, então, é aplicada uma camada porosa 10, por exemplo, de acordo com as figuras de 1 a 4. Da mesma forma, a camada porosa 10 também pode ser disposta na direção externa da câmara de combustão 111.

A câmara de combustão 110 é projetada, em particular, para uma detecção de perdas dos elementos de chapa quente 155. Para isso, entre a parede da câmara de combustão 153 e os elementos de proteção ao calor 155 está posicionado um número de sensores de temperatura 158.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de camadas (1) constituído de, pelo menos, um substrato (4) e de uma camada porosa (10), pelo menos, parcialmente sobre o substrato (4), sendo que, um poro (25) da camada porosa (10) está limitado, respectivamente, por paredes dos poros (22), que (22) está adjacente em parte a uma superfície (9, 14) do substrato (4), caracterizado pelo fato de que, as paredes dos poros (22), que estão adjacentes à superfície (9, 14), na área da superfície (9, 14) do substrato (4) apresentam uma superfície da seção transversal aumentada em comparação com as paredes dos poros (22), que não estão adjacentes à área da superfície (9, 14), de tal modo que, resulta uma ligação mecânica aperfeiçoada das paredes dos poros (22) no substrato (4).

2. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, o sistema de camadas (1) com seu substrato (4), está adjacente, com sua superfície (9), a uma área (110, 111), que apresenta um meio quente, e de que, a camada porosa (10) é executada sobre a superfície (14) do substrato (4) oposta à superfície (9).

3. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, o sistema de camadas (1) com a superfície (9) de seu substrato (4) está exposto a um meio quente, que existe em uma área (110, 111), e de que, a camada porosa (10) é executada sobre a superfície (9) do substrato (4).

4. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que, as zonas de contato entre a camada (10) e o substrato (4) na superfície (9, 14) são formadas, respectivamente, por uma superfície de corte da parede (19) e de que, o tamanho da superfície de corte da parede (19) está ampliado na superfície (9, 14) oposta às superfícies de corte da parede (19), que não estão adjacentes à área da superfície (9, 14), de tal modo que, resulta uma ligação mecânica aperfeiçoada da superfície de corte da parede (19) no substrato (4).

5. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 4, caracterizado pelo fato de que, uma superfície de contato das paredes dos

poros (22) e/ou das superfícies de corte da parede (19) com o substrato (4) perfaz, pelo menos, 10% da superfície (9, 14) do substrato (4), que é coberta pela camada porosa (10).

5 6. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 5, caracterizado pelo fato de que, a espessura das paredes dos poros (22), em particular, em uma direção radial (11), que passa perpendicular à superfície do substrato (4) é diferente.

10 7. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que, a espessura das paredes dos poros (22) apresenta um gradiente ao longo da direção radial (11).

8. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que, a espessura das paredes dos poros (22), nas proximidades do substrato (4), é maior.

15 9. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que, a espessura das paredes dos poros (22), partindo do substrato (4), na direção da superfície (16) externa da camada porosa (10) é executada maior.

20 10. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que, uma direção radial (11), partindo do substrato (4), se estende na direção da superfície (16) externa do sistema de camadas (1), e que os tamanhos dos poros (28) dos poros (25) apresentam um gradiente ao longo da direção radial (11).

25 11. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que, o tamanho dos poros (28) nas proximidades do substrato (4) é menor que nas proximidades da superfície (16) externa da camada porosa (10).

30 12. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, os cantos das paredes dos poros (22) ou de canais (26) estão arredondados nas paredes dos poros (22), pelo menos, parcialmente.

13. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) apresenta uma estrutura

de colméia.

14. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) apresenta uma estrutura que pode ser atravessada, pelo menos, parcialmente por um meio de resfriamento.

15. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, pelo menos, na área da superfície (16) externa da camada (10), a camada porosa (10) apresenta, pelo menos, uma camada de proteção (12).

16. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 15, caracterizado pelo fato de que, dentro da camada porosa (10), pelo menos, na área da superfície (16) externa está aplicada, pelo menos, uma camada de proteção (12).

17. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 15, caracterizado pelo fato de que, pelo menos, uma camada de proteção (12) está aplicada sobre a superfície (16) da camada porosa (10).

18. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 15, 16 ou 17, caracterizado pelo fato de que, pelo menos uma, camada de proteção (12) é metálica ou cerâmica.

19. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 15, 16, 17 ou 18, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) é metálica, e que a camada de proteção (12) é cerâmica.

20. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, o sistema de camadas (1) é um componente de turbina a gás ou a vapor, em particular, uma pá de turbina (120, 130) ou um revestimento da câmara de combustão (155).

21. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 20, caracterizado pelo fato de que, o substrato (4) é metálico, em particular, uma superliga baseada em ferro, níquel ou cobalto.

22. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) é executada de cerâmica.

23. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) é metálica, em particular, apresenta a composição de uma composição de MCrAlX, sendo que M representa, pelo menos, um elemento do grupo de ferro, cobalto ou níquel, bem como, X é ítrio, e/ou pelo menos, um elemento das terras raras.

24. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, 22 ou 23, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) é executada em peça única com o substrato (4).

25. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, o sistema de camadas (1) apresenta canais de resfriamento (13, 26) no substrato (4) e/ou nas paredes dos poros (22).

26. Sistema de camadas de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, os poros (25) da camada (10) apresentam um tamanho (28), que é maior do que o tamanho de partículas estranhas em um meio, que atravessa a camada (10).

27. Processo para a fabricação de um sistema de camadas (1) com uma camada porosa (10), em particular, como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) é fabricada em camadas, em várias etapas parciais.

28. Processo de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que, a superfície externa da camada porosa (10) é ligada, em particular, por meio de solda com o substrato (4).

29. Processo de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que, é empregada a estereolitografia, em particular, a estereolitografia a laser, a fim de fabricar a camada porosa (10).

30. Processo de acordo com a reivindicação 27 ou 29, caracterizado pelo fato de que, sobre o substrato (4) é aplicado, em camadas (10', 10'', 10''') material sintético ou similar como forma negativa, e por meio de um laser (20) é endurecido, de tal modo que resultam os poros (25) da camada porosa (10), que são, então, preenchidos com o material da camada (10), em particular, são injetados, de tal modo que, se forma a camada porosa (10).

31. Processo de acordo com a reivindicação 27 ou 29, caracterizado pelo fato de que, é fabricado um modelo da camada porosa (10), em particular, de material sintético, do qual é elaborado um molde de fundição para a camada porosa (10) através de moldagem, e de que, a camada porosa (10) é fabricada com esse molde de fundição.

32. Processo de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que, pasta de impressão em camadas, que contém o material da camada (10) é aplicada sobre o substrato (4), de tal modo que, resultam a camada porosa (10) e os poros (25).

33. Processo para a fabricação de um sistema de camadas como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a camada porosa (10) é fabricada junto com o substrato (4).

34. Processo de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que, o substrato (4) é fabricado junto com a camada porosa (10) por meio de fusão metalúrgica, em particular, é fundido.

FIG 1

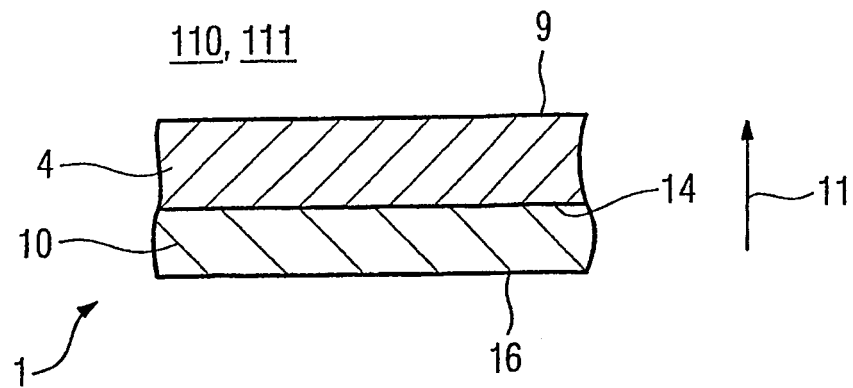


FIG 2

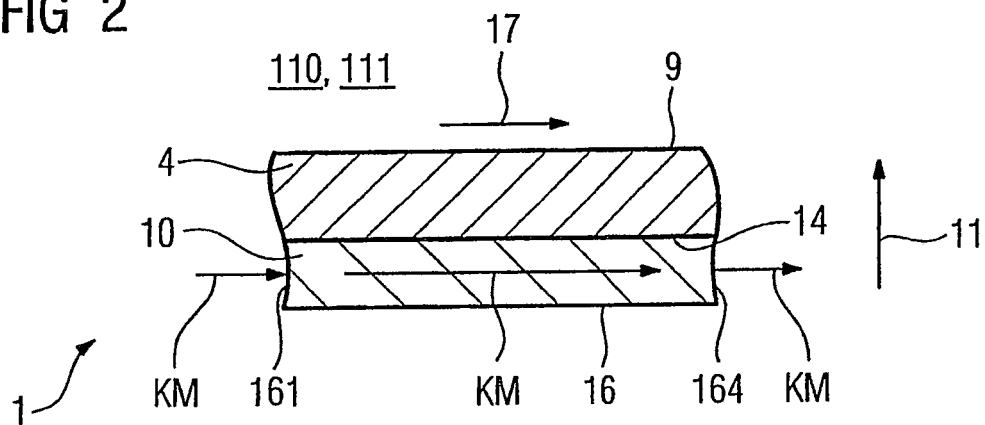


FIG 3

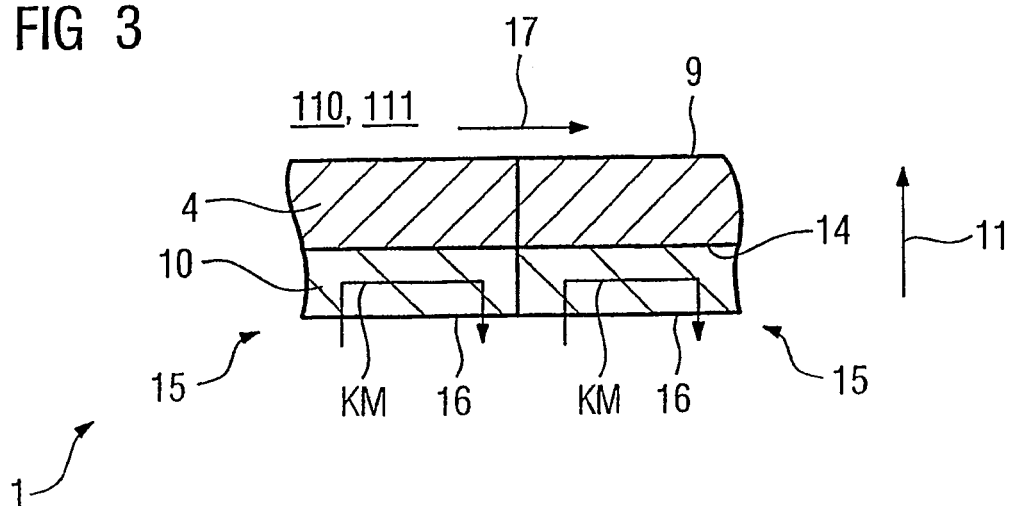


FIG 4

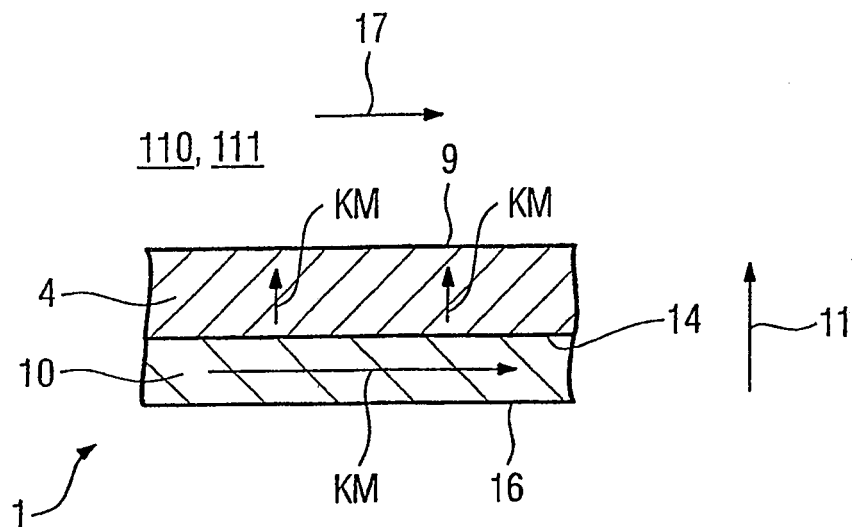


FIG 5

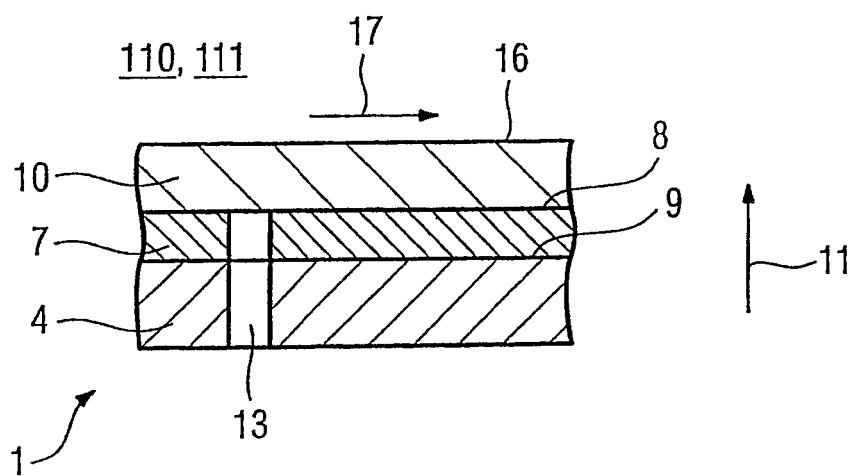


FIG 6

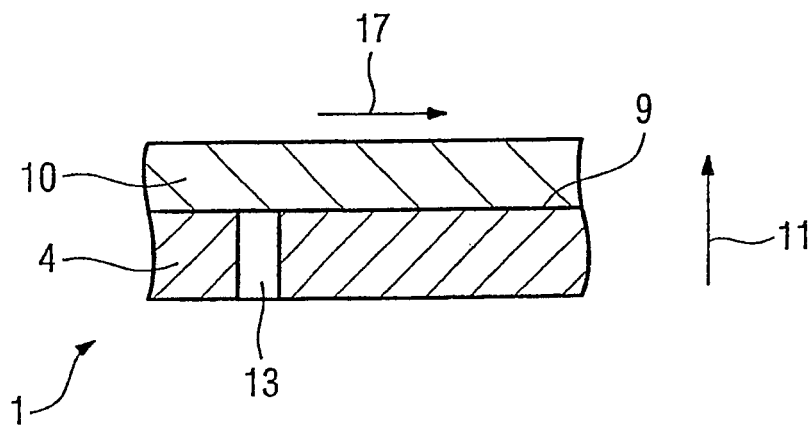


FIG 7

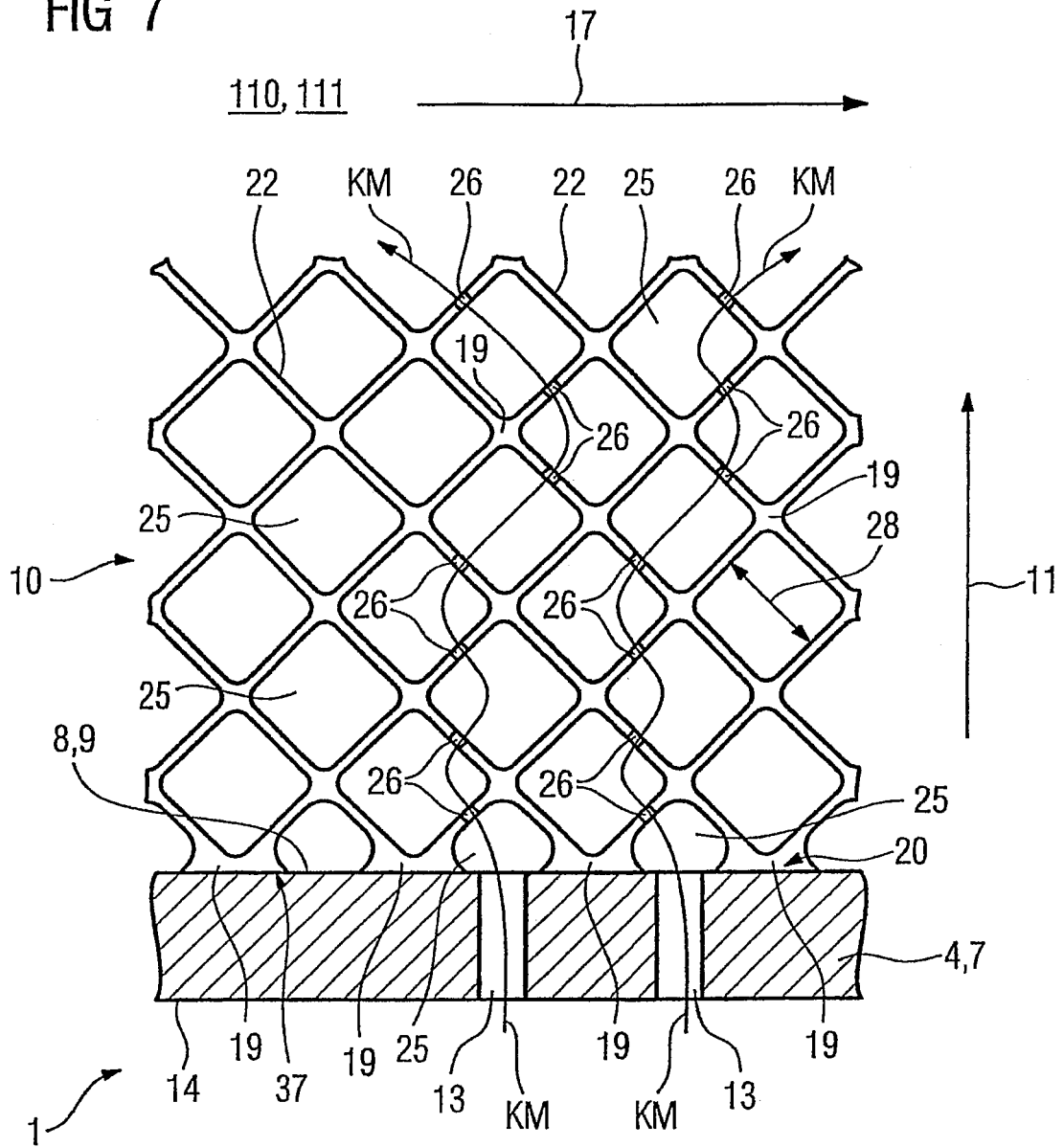


FIG 8

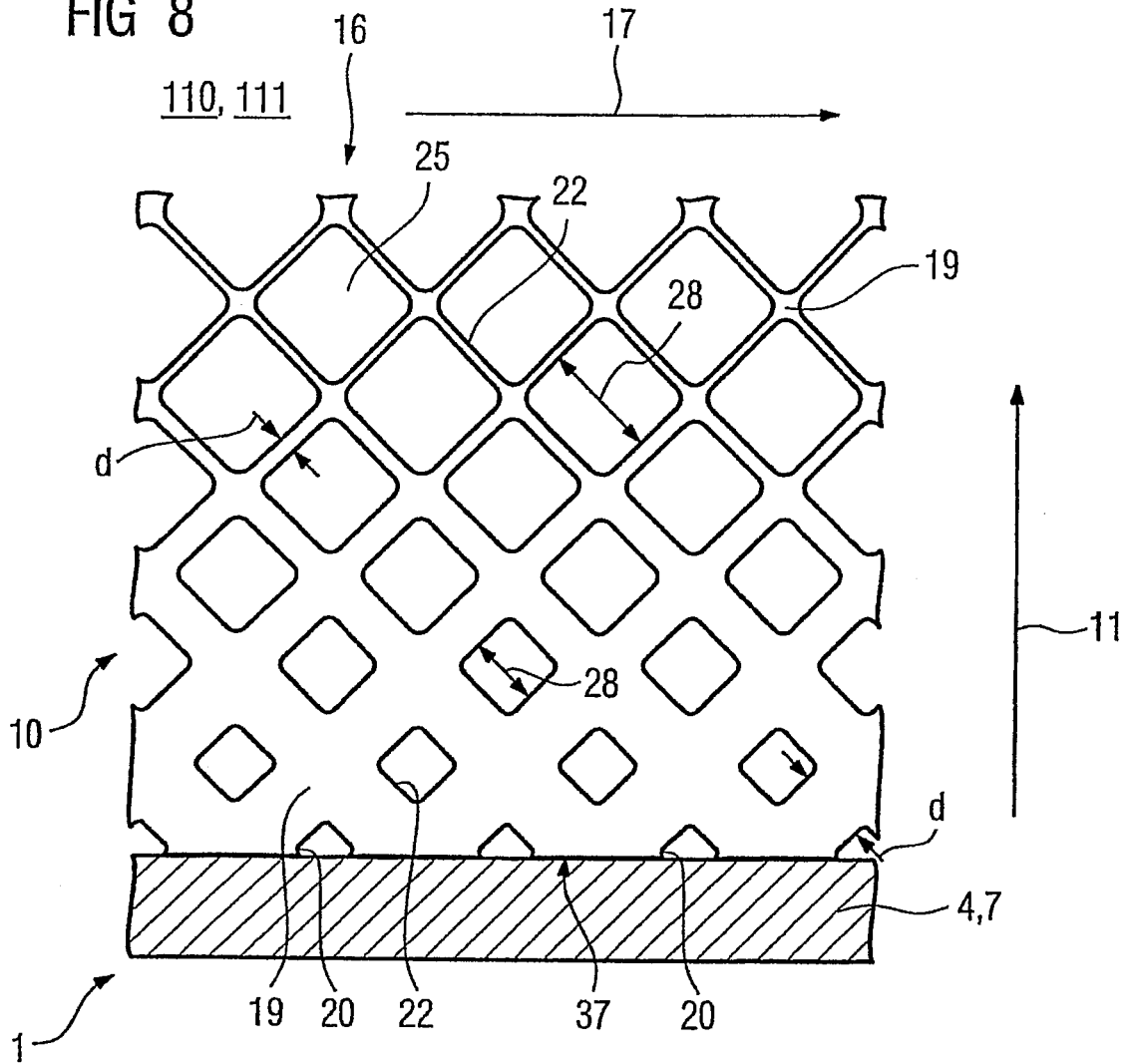


FIG 9

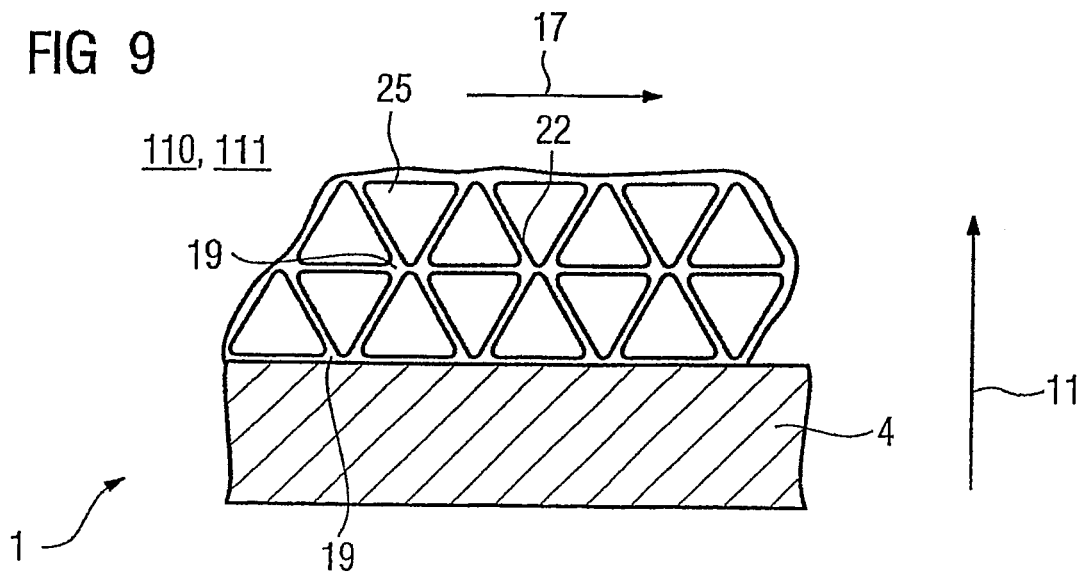


FIG 10

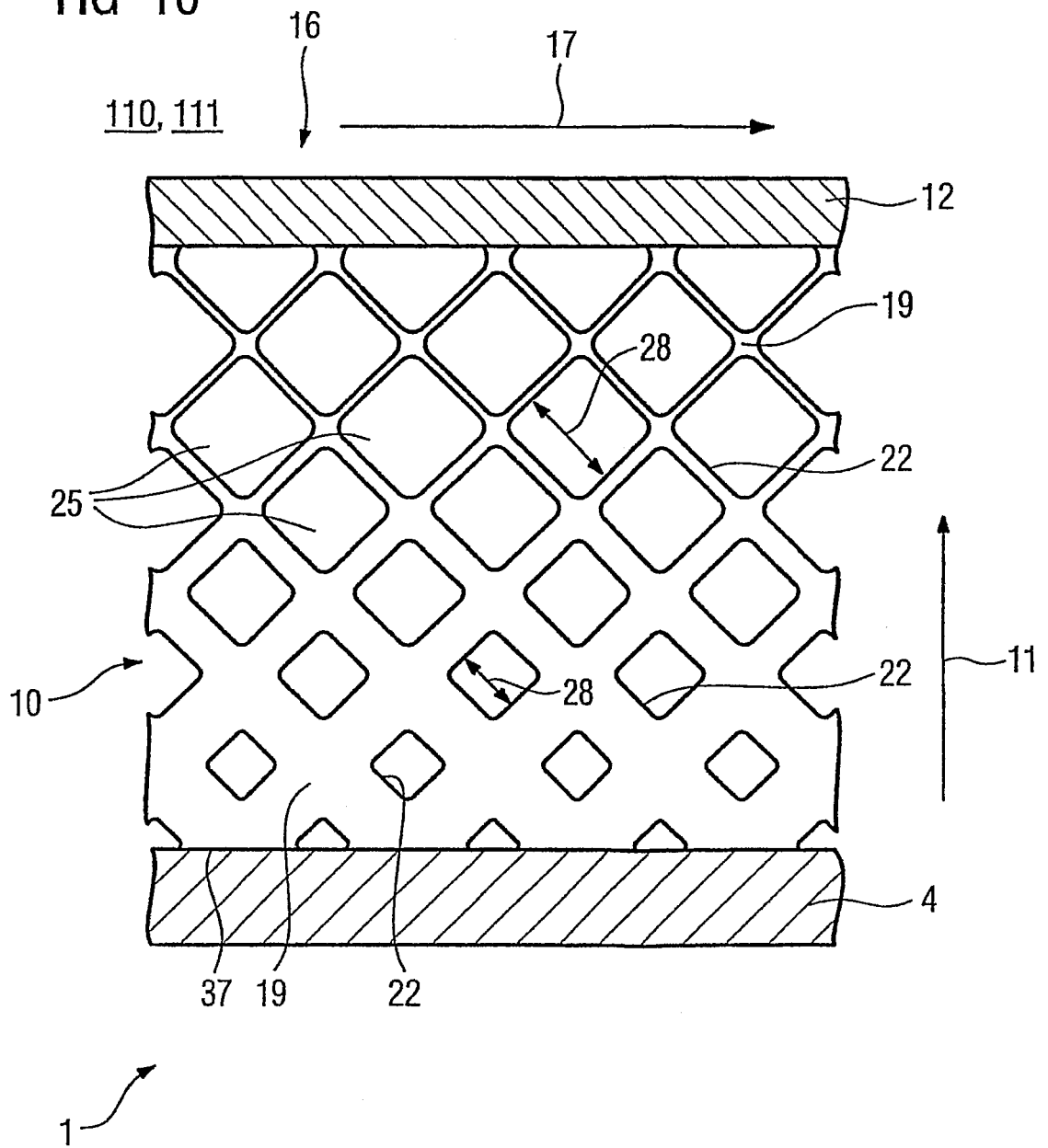
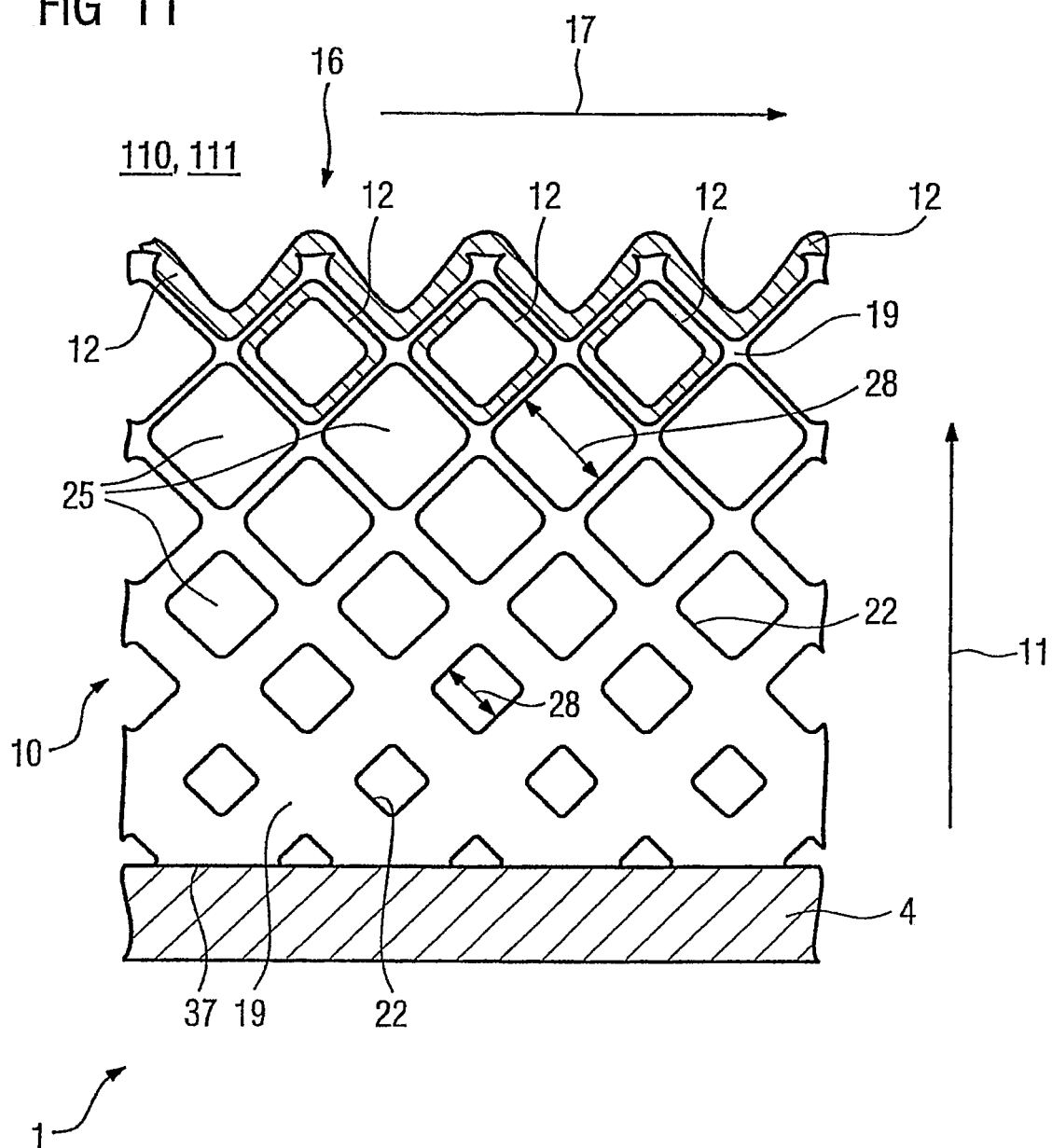
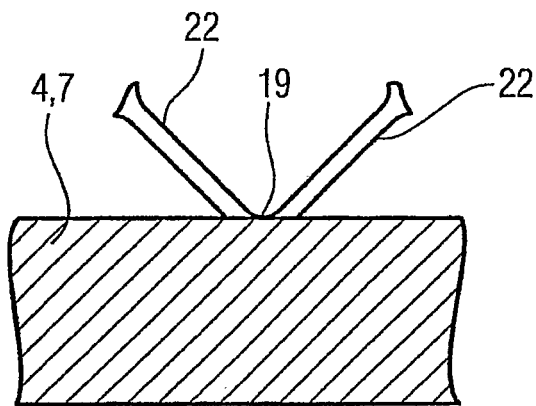


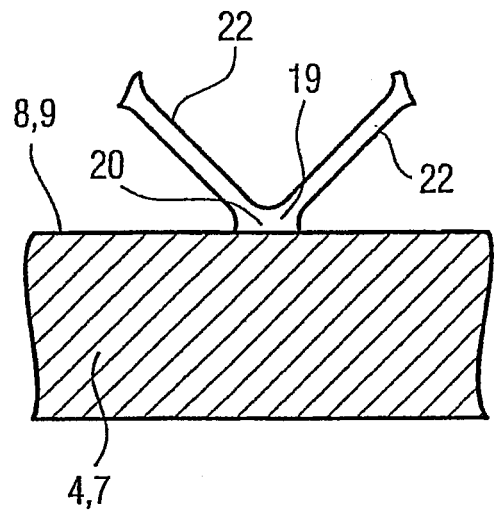
FIG 11



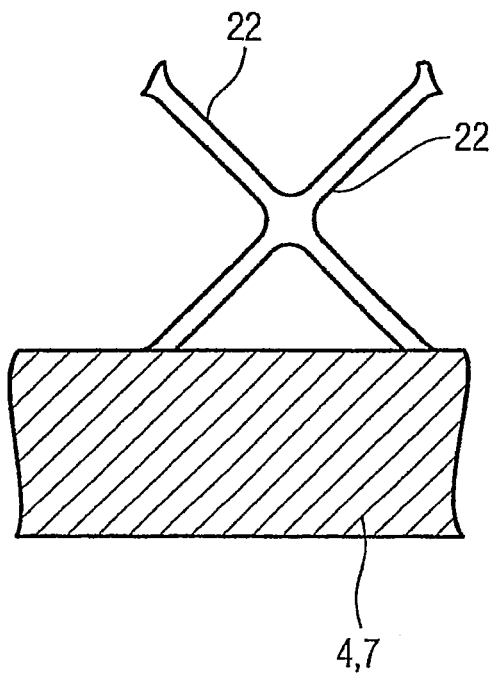
**FIG 12**  
(Estado da Técnica)



**FIG 13**



**FIG 14**  
(Estado da Técnica)



**FIG 15**

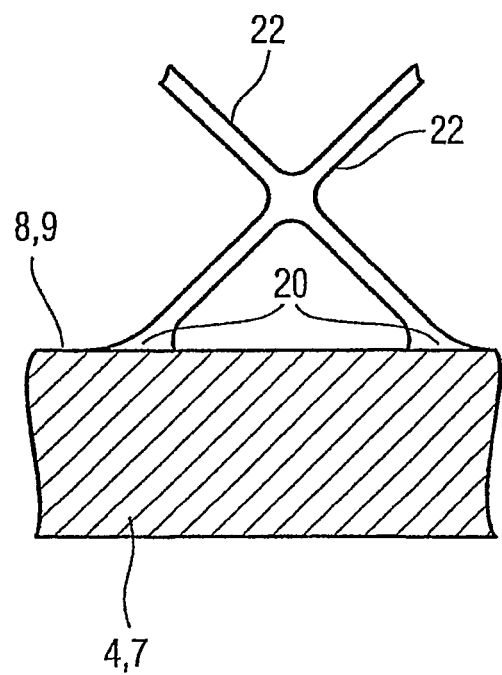


FIG 16

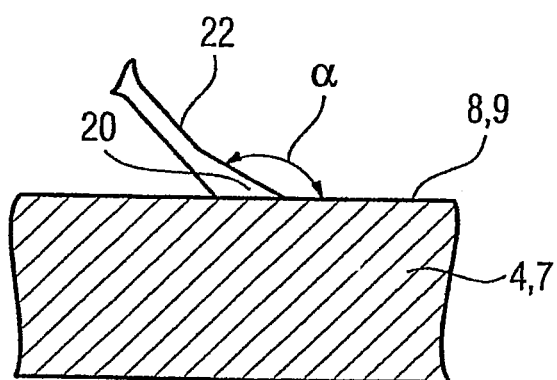


FIG 17

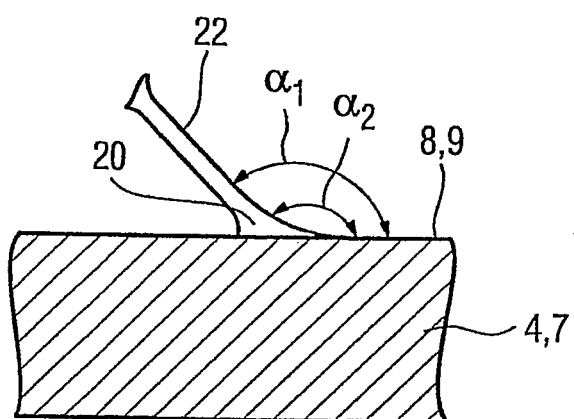


FIG 18

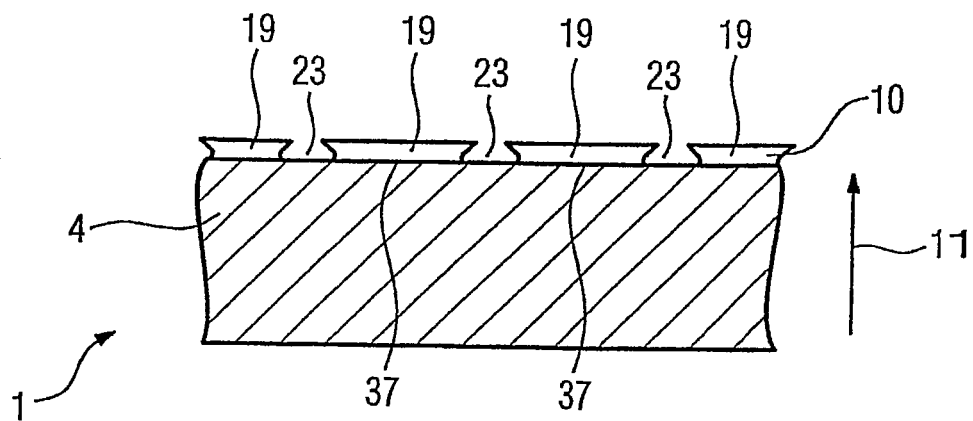


FIG 19

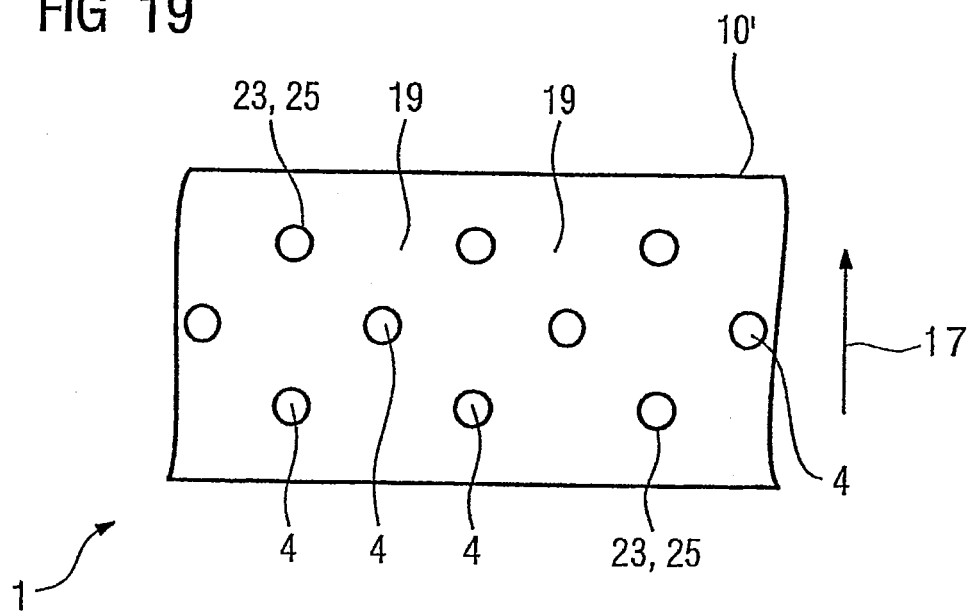


FIG 20

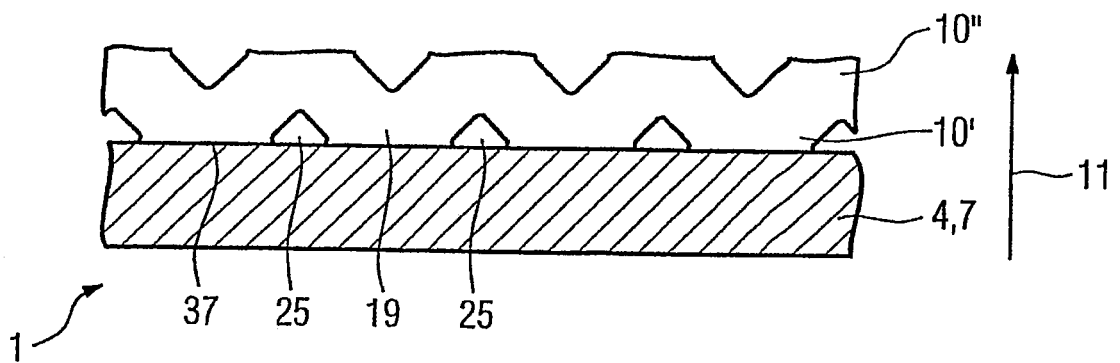


FIG 21

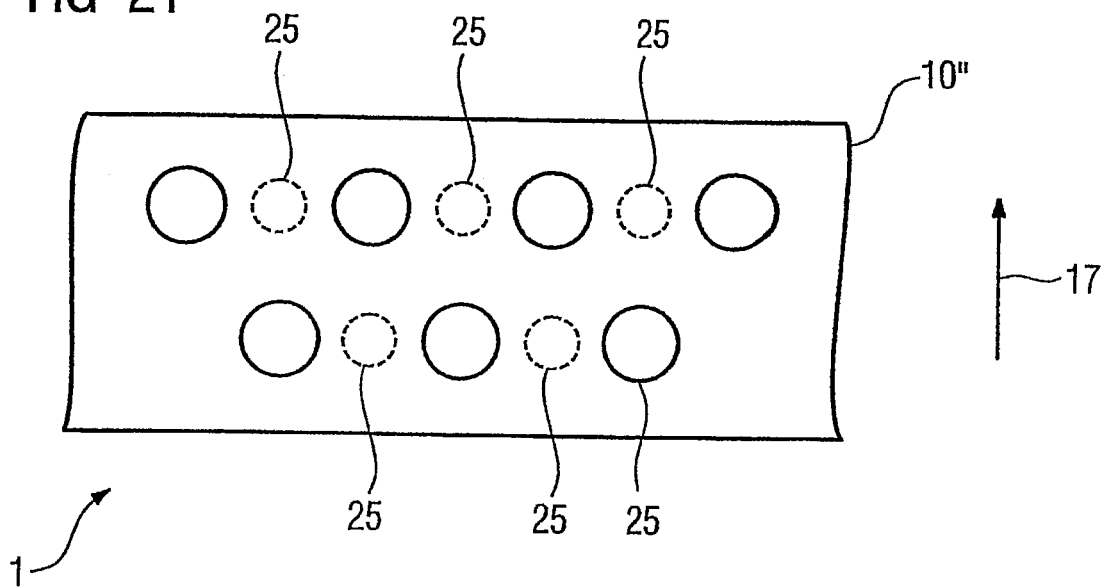


FIG 22

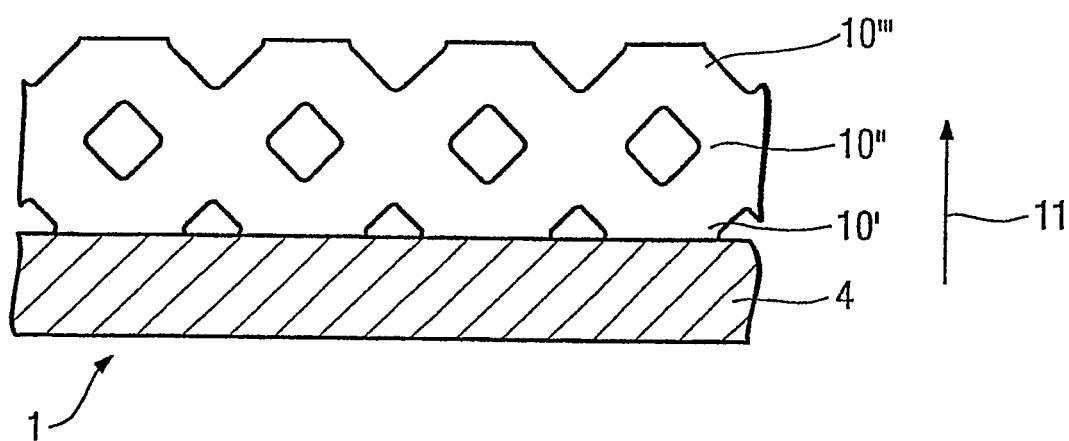


FIG 23

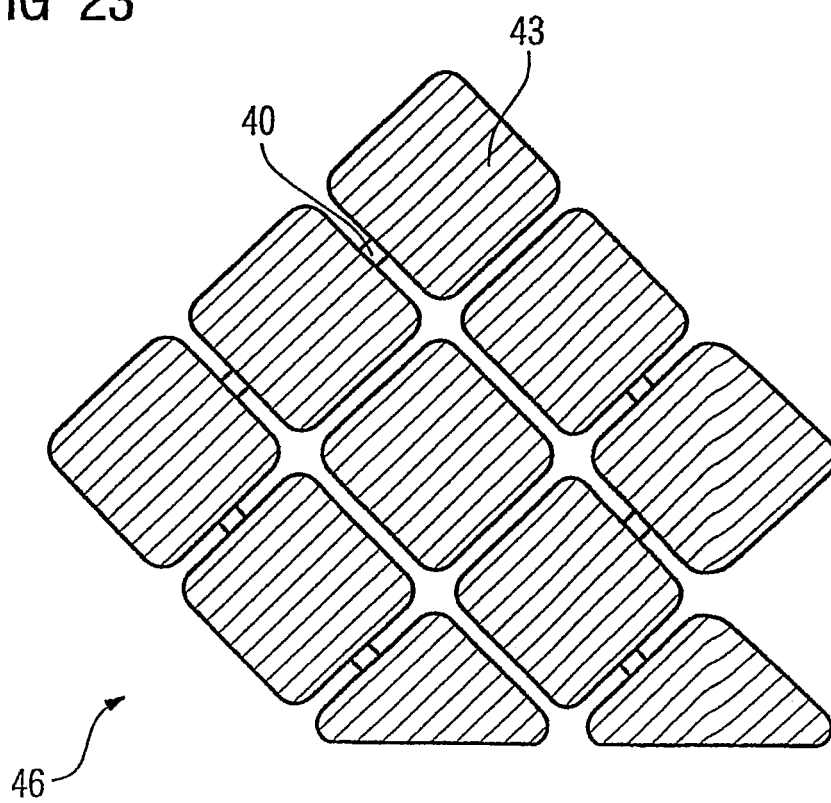


FIG 24

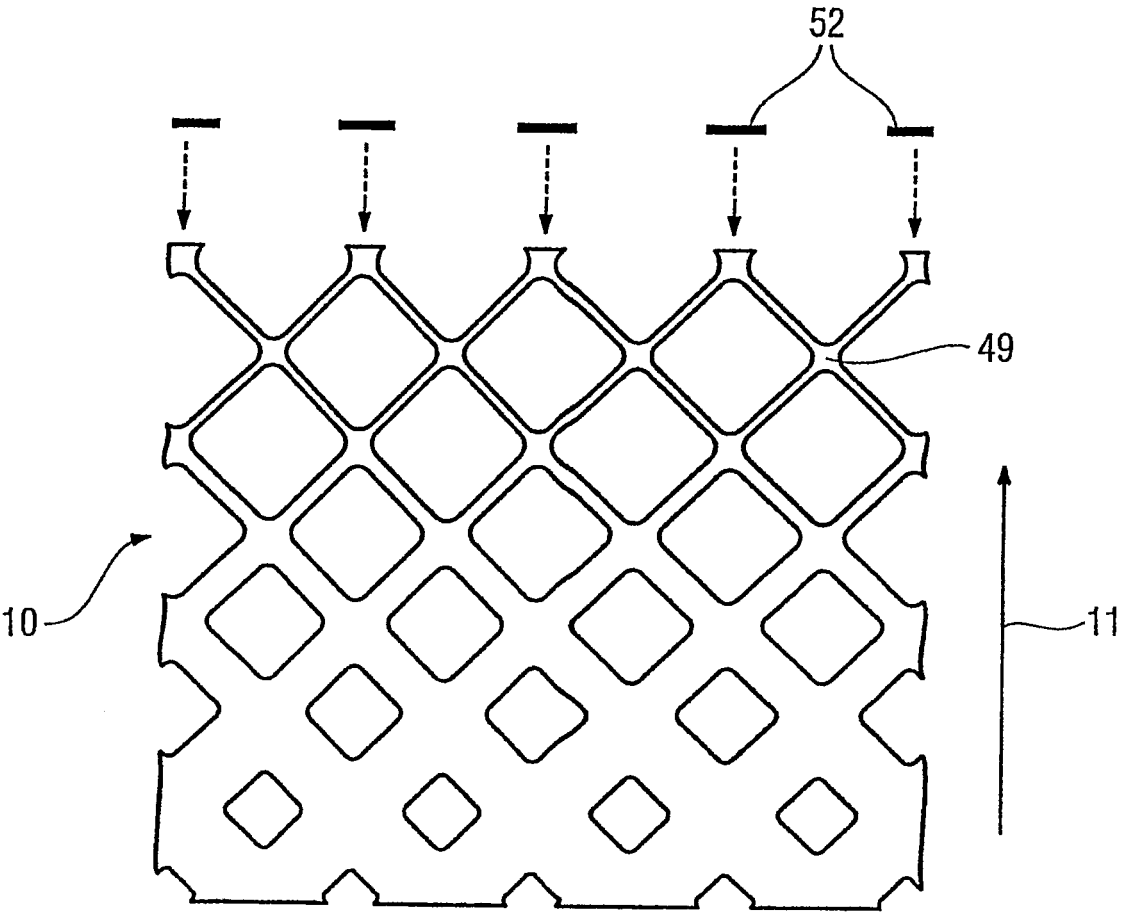


FIG 25

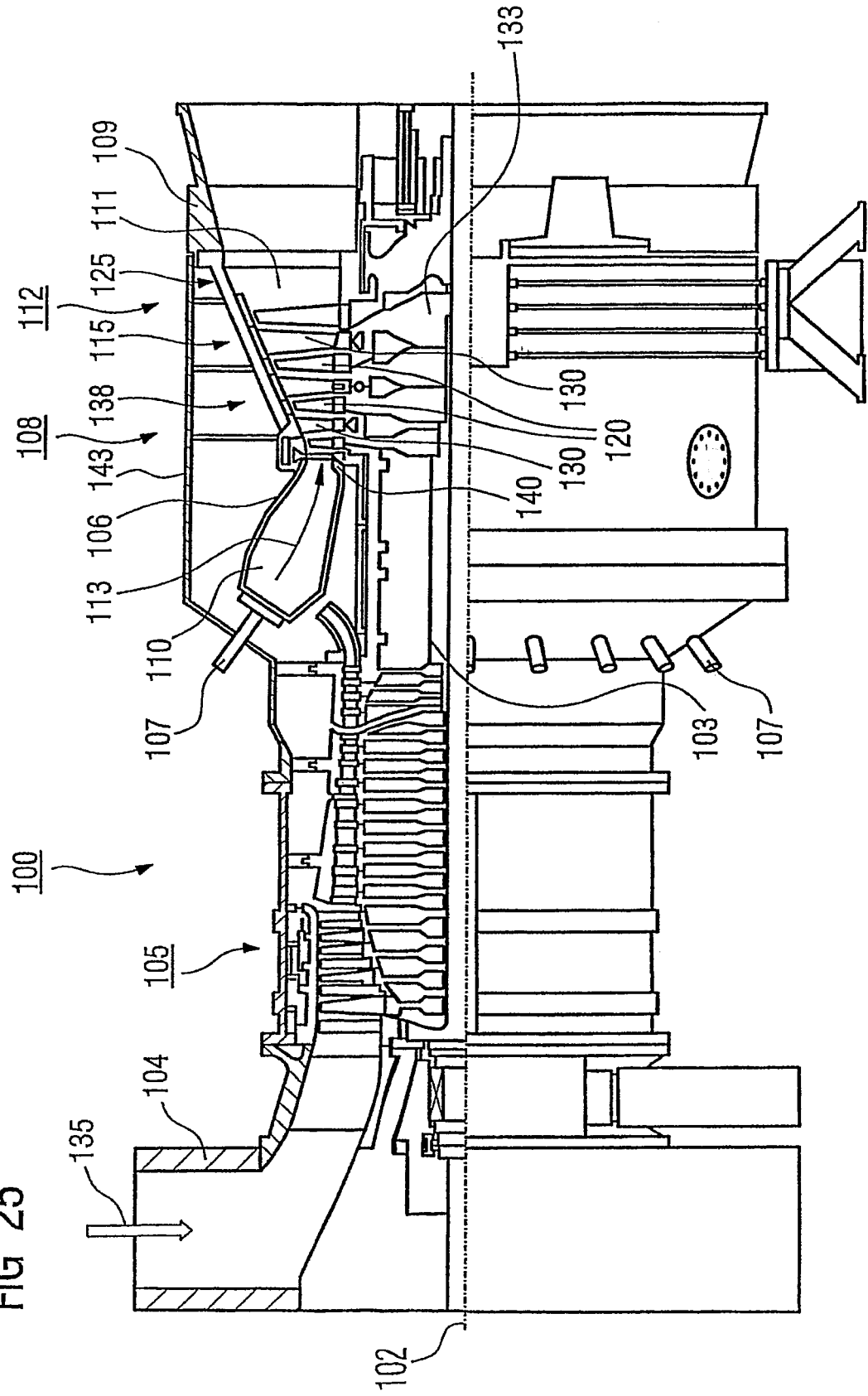
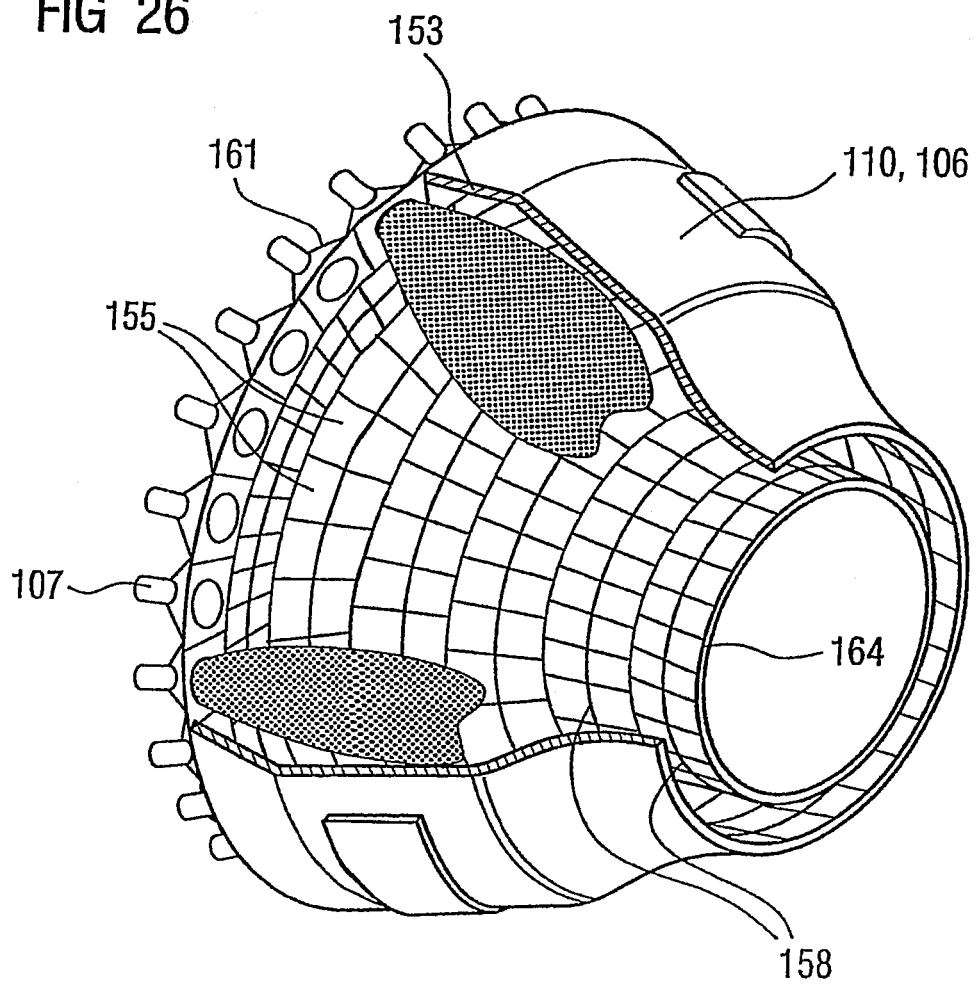


FIG 26



## RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA DE CAMADAS DE ALTA TEMPERATURA PARA A DISSIPACÃO DE CALOR E PROCESSO PARA SUA FABRICAÇÃO"**.

- 5                   A presente invenção refere-se a sistemas de camadas de acordo com o estado da técnica que apresentam um resfriamento não eficiente contra um gás exterior quente. O sistema de camadas (1) executado de acordo com a invenção apresenta uma camada porosa (10) externa, sendo que, as paredes dos poros (22) dos poros (25) apresentam uma espessura
- 10 diferente das paredes dos poros (22). Com isso, o resfriamento pode ser aperfeiçoado mediante proteção contra entrada de calor muito alta para o sistema de camadas (1).