



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0621908-0 B1

(22) Data do Depósito: 31/07/2006

(45) Data de Concessão: 18/07/2017



(54) Título: FERRAMENTA E PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE MATERIAL COMPOSTO FORA DE UMA AUTOCLAVE

(51) Int.Cl.: B29C 70/38; B29C 70/34

(73) Titular(es): AIRBUS OPERATIONS, S.L.

(72) Inventor(es): ASUNCIÓN BUTRAGUEÑO MARTINEZ; JOSÉ SÁNCHEZ GÓMEZ; RAFAEL AVILA DOMINGUEZ

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"FERRAMENTA E PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE MATERIAL COMPOSTO FORA DE UMA AUTOCLAVE"**.

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção se refere a uma ferramenta e a um processo de fabricação de peças de materiais compostos e, mais particularmente, a uma ferramenta e a um processo de fabricação fora de uma autoclave, cujos resultados são comparáveis aos processos que incluem uma etapa de cura na autoclave.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Os materiais compostos são cada vez mais atraentes para uma grande variedade de utilizações em diversas indústrias, tal como a indústria aeronáutica, a indústria naval, a indústria automobilística ou a indústria desportiva, devido a sua alta resistência e a sua relação de resistência-peso.

[003] Os materiais compostos mais utilizados nas ditas indústrias são aqueles consistentes em fibras ou feixes de fibra embutidos em uma matriz de resina termoestável ou termoplástica, na forma de material pré-impregnado ou de "pré-peg".

[004] Uma peça de material composto é formada por uma pluralidade de camadas de material pré-impregnado. Cada camada de material pré-impregnado é formada por fibras ou feixes de fibras que podem ser entrecruzadas entre si formando diferentes estilos de tecido ou que podem ser orientadas em uma única direção formando cintas unidirecionais. Estas fibras ou feixes de fibras são impregnados com resinas (seja termoestáveis ou termoplásticas) que, em muitos casos, são parcialmente polimerizadas.

[005] Hoje em dia e principalmente na indústria aeroespacial, são grandemente utilizados materiais compostos de matriz orgânica e fibra contínua principalmente com base em resinas epoxídicas e de fibras

de carbono.

[006] Este tipo de peça teve seu nível de utilização ampliado, especialmente na indústria aeronáutica, até chegar à situação atual em que os materiais compostos de matriz epoxídica e de fibra de carbono podem ser considerados a opção mais empregada em uma grande diversidade de elementos estruturais. Esta situação obrigou e continua obrigando um desenvolvimento de processos de fabricação capazes de produzir elementos com a qualidade exigida de forma repetitiva e com um custo de fabricação adequado.

[007] Com relação à disposição de camadas de material pré-impregnado para a "construção" de uma peça de material composto, existem diversos métodos em função dos meios de que se dispõe para seu posicionamento e, em particular, o empilhamento manual e o empilhamento automático.

[008] No empilhamento manual, um operário coloca as diferentes camadas de material pré-impregnado com o tamanho e a orientação que são exigidos.

[009] No empilhamento automático, um sistema robotizado se encarrega de colocar as diferentes camadas de material pré-impregnado com a orientação e a posição exigidas e de cortá-las em um comprimento específico.

[010] Dentro do empilhamento automático há dois tipos fundamentais em função do material pré-impregnado do qual se parte e da largura a ser executada o empilhamento:

- ATL ("automatic lay-up" (amontoamento automático)): o sistema robotizado posiciona o material pré-impregnado na forma de tiras mais ou menos largas para cobrir as superfícies planas ou de curvatura simples.

- FP ("fiber placement" (assentamento de fibras)): o sistema robotizado posiciona conjuntos de tiras muito estreitas para cobrir su-

perfícies de dupla curvatura.

[011] O processo de fabricação de peças de materiais compostos a partir desta pluralidade de camadas (laminado) exige, em geral, uma compactação para se obter o volume de fibra desejado e eliminar vazios e o ar aprisionado do material composto e um processo de cura com o qual é conseguido o entrecruzamento das cadeias poliméricas da resina que impregna as fibras.

[012] Tradicionalmente, estas peças foram fabricadas mediante a aplicação de pressão e vácuo (como meio de compactação) e a aplicação de calor (como meio para se obter o entrecruzamento das cadeias poliméricas), particularmente em uma autoclave em cujo interior é criada a atmosfera controlada.

[013] O tempo investido na fabricação da peça a partir do material pré-impregnado é a soma do tempo investido em cada um dos processos necessários: o empilhamento das sucessivas camadas de material pré-impregnado que formam a peça, a aplicação de vácuo (como um dos meios de compactação) e a cura da peça no interior de uma autoclave sob a ação de pressão (compactação) e calor (entrecruzamento de cadeias poliméricas). O tempo total é geralmente elevado e é tanto maior quanto maior for a complexidade e o número de camadas da pilha.

[014] Outro aspecto a ser considerado é o alto custo da fabricação de peças de materiais compostos e, em particular, o alto custo da energia exigida para a autoclave.

[015] Portanto, a indústria clama por constantes métodos inovadores que permitam a diminuição tanto do tempo como da energia necessária para a fabricação de peças de materiais compostos.

[016] A presente invenção é orientada para a satisfação desta demanda.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[017] Em um primeiro aspecto, a invenção provê uma ferramenta para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, que compreende os seguintes elementos:

- Uma mesa móvel que tem uma superfície superior com a forma da peça a ser fabricada.

- Um cabeçote deslocável da dita mesa dotado de meios automáticos para a colocação de cintas ou mechas de material composto na forma de pré-pegas, meios de compactação do material composto e meios de emissão de microondas para curar o material composto.

[018] Em um segundo aspecto, a invenção provê um processo para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, que compreende as seguintes etapas:

- Colocar material composto na forma de cintas ou mechas de pré-pegas sobre a mesa da ferramenta mencionada, compactando-o e curando-o parcialmente depois de sua colocação, até completar uma camada da peça.

- Repetir a etapa anterior até completar o empilhamento da peça.

- Curar a última camada da peça.

[019] Em um terceiro aspecto, a invenção provê um processo para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, que compreende as seguintes etapas:

- Colocar material composto na forma de cintas ou mechas de pré-pegas sobre a mesa da ferramenta mencionada, compactando-o depois de sua colocação, até completar uma camada da peça.

- Repetir a etapa anterior até completar a aplicação da peça.

- Curar a peça mediante a aplicação local de calor sobre sua superfície com um emissor de microondas.

[020] A efeito da presente invenção, o termo "material composto" se refere a qualquer material de matriz orgânica (epoxídica, de bismaleimida, de polimida, fenólica, viniléster ...) e fibras contínuas de reforço (de carbono, de cerâmica, de vidro, orgânica, de poliaramida, PBO ...).

[021] Outras características e vantagens da presente invenção se tornarão evidentes a partir da seguinte descrição detalhada de uma realização ilustrativa de seu objeto em relação às figuras anexas.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[022] A Figura 1 é uma vista esquemática do cabeçote da ferramenta objeto da presente invenção.

[023] As Figuras 2 e 3 mostram vistas esquemáticas em perspectiva da ferramenta objeto da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[024] Na realização preferida ilustrada nas figuras, a ferramenta 9 objeto da presente invenção compreende uma mesa de empilhamento 11 com uma superfície superior 13 que inclui uma zona com a forma da peça a ser fabricada e um cabeçote 15 sustentado em um pórtico 17. A mesa 11 inclui meios que permitem que a superfície superior 13 seja deslocada ao longo da mesma e que gire em torno de um eixo situado em sua parte central, e o pórtico 17 inclui meios para que o cabeçote 15 seja deslocado ao largo da mesa 11.

O cabeçote 15 incorpora:

- Meios automáticos para a colocação de cintas 19 de material composto na forma de pré-pegas, que incluem uma bobina de material pré-impregnado 31, uma unidade de lâminas guiadas 33, um rolo aquecido compactador 35 e uma bobina de papel separador 37.

- Meio de compactação das camadas de pré-pegas, incluindo um rolo de compactação 39 aquecido e/ou refrigerado e uma unidade de compactação por ultrassom 41.

- Meios de emissão de microondas 25.

[025] A ferramenta 9 é estruturada de maneira que, por um lado, possa situar o cabeçote 15 em diferentes alturas sobre a mesa 11 e, por outro lado, possa ativar todos ou parte dos meios mencionados. Assim, por exemplo, a ferramenta 9 pode ser configurada para que os meios automáticos de colocação de cintas 19, os meios de compactação e os meios de emissão de microondas 25 sejam ativados - o que sucederá normalmente durante o empilhamento da peça - ou a ferramenta pode ser configurada para que sejam apenas ativados os meios de emissão de microondas 25 - o que sucederá quando for desejado proceder a operações individuais de cura da peça.

[026] De sua parte, a ferramenta 9 é estruturada de maneira que possa ser mudada a disposição dos meios mencionados para que possam atuar em ordem distinta.

[027] Nesse sentido, uma possível disposição seria aquela na qual a ordem de atuação seria a seguinte: em primeiro lugar, os meios automáticos de colocação de cintas, em segundo lugar, os meios de compactação, e, em terceiro lugar, os meios de emissão de microondas 25. Neste caso, os meios de emissão de microondas curam a camada que está sendo empilhada.

[028] Em uma disposição alternativa, a ordem de atuação seria a seguinte: em primeiro lugar, os meios de emissão de microondas 25, em segundo lugar, os meios automáticos de colocação de cintas e, em terceiro lugar, os meios de compactação. Neste caso, os meios de emissão de microondas curam a camada situada debaixo daquela que está sendo empilhada.

[029] Os préstimos dos diferentes componentes da ferramenta 9 e, em particular, da potência exigida do emissor de microondas 25 irão variar em função das características da peça a ser fabricada e, muito particularmente, de sua espessura. Por isso, o emissor de microondas

25 deve ser suficientemente flexível, tal como para trabalhar em diferentes potências, assim como para poder variar a potência emitida ao longo do processo de cura do material.

[030] A título meramente ilustrativo, são indicadas, a seguir, algumas características de uma realização preferida da ferramenta 9:

- Velocidade máxima de empilhamento (velocidade máxima na qual pode ser movido o cabeçote 15): 70 m/min.

- Potência do emissor de microondas 25 compreendida entre 0,1 kW e 10 kW.

- Frequência da unidade de compactação por ultrassom 41 compreendida entre 20 kHz e 40 kHz.

[031] Uma vantagem importante da presente invenção é a de que a ferramenta 9 pode ter um único painel de controle dos diferentes meios mencionados, o que simplifica seu manejo e controle.

[032] A seguir, será descrito o processo objeto da presente invenção, que tem por finalidade utilizar combinadamente diferentes técnicas para a fabricação de uma peça de material composto em um processo "fora de uma autoclave" e, em particular, as seguintes:

- FO ou ATL para o empilhamento do material composto.

- Ultrassom para se obter uma compactação adequada entre as diferentes camadas de material composto.

- Microondas para se conseguir o entrecruzamento das cadeias poliméricas do material composto.

[033] Em uma primeira realização, o processo objeto da presente invenção é executado da seguinte maneira.

[034] A fabricação da peça começa com a colocação de uma primeira camada de material. Nessa operação, por exemplo, com a utilização da ferramenta 9 descrita anteriormente, a pré-pegua situada na bobina 31 passa através de um sistema de lâminas 33 para o rolo compactador 35, que a posiciona sobre a superfície superior 13 da

mesa de empilhamento 13. O papel separador anexo à pré-pegas é enrolado na bobina 37. Depois, o rolo de compactação 39 e a unidade de ultrassom 41 realizam as operações de compactação sobre a cinta de pré-pegas 19 colocada sobre a mesa de empilhamento 11. Depois disso, o material é curado em um determinado grau utilizando o emissor de microondas 25. Essa operação é executada com o deslocamento conveniente do cabeçote 15 da ferramenta 9 até que todo o material correspondente a uma camada da peça seja parcialmente colocado, compactado e curado.

[035] Essa camada não pode ser totalmente curada, já que deve apresentar uma certa pegajosidade para que a seguinte camada seja colocada adequada sobre ela.

[036] A seguinte camada será colocada de maneira similar à primeira (ATL ou FP, rolo compactador, US) e o acionamento do emissor de microondas 25 ocasionará a cura parcial da segunda camada e também da primeira.

[037] A colocação de diferentes camadas ocasionará então ciclos de cura sucessivos das camadas anteriores até atingir o grau de cura exigido. Por fim, para se conseguir uma cura adequada da última camada é exigido que, depois de sua colocação, seja executado um ciclo de cura específica mediante o acionamento do emissor de microondas 25.

[038] Em um exemplo de execução do processo foi empilhada uma cinta de pré-pegas de 80 mm de largura no material com um cabeçote de ATL a uma velocidade de 2 m/min, a frequência da unidade de compactação foi de 20 kHz e a potência do emissor de microondas de 0,1 kW.

[039] Em uma segunda realização do processo objeto da presente invenção, a cura das diferentes camadas seria executada uma vez terminado o empilhamento.

[040] Desse modo, se for utilizada a ferramenta 9, as diferentes camadas que formaram a peça serão empilhadas da mesma maneira descrita anteriormente e serão compactadas uma a uma com o rolo aquecedor 39 e a unidade de compactação por ultrassom 41.

[041] Uma vez empilhadas todas as camadas de material composto com o tamanho e a orientação adequados, se procederá à cura, sendo utilizado o emissor de microondas 25, conferindo as passagens necessárias com o cabeçote 15 até conseguir a polimerização desejada das cadeias poliméricas.

[042] Na realização preferida recém descrita podem ser introduzidas aquelas modificações compreendidas dentro do alcance definido pela invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta (9) para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, compreendendo:

a) uma mesa de empilhamento (11) que tem uma superfície superior (13) deslocável, com a forma da peça a ser fabricada;

b) um cabeçote (15) deslocável sobre a dita mesa de empilhamento (11), sendo dotado dos seguintes meios:

b1) meios automáticos para a colocação de cintas (19) ou mechas de material composto na forma de pré-pegas; caracterizado por,

b2) meios de compactação para compactar o material composto, sendo que os ditos meios de compactação incluem um rolo (39) e uma unidade de ultrassom (41) e a velocidade máxima de empilhamento é de 70 m/min e a frequência da unidade de compactação por ultrassom (41) está compreendida entre 20 kHz e 40 kHz;

b3) meio de emissão de microondas (25) para curar o material composto, sendo que a potência do emissor de micro-ondas (25) está compreendida entre 0,1 kW e 10 kW.

2. Ferramenta (9) para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de ser estruturada de modo que os deslocamentos do cabeçote (15) e da superfície superior (13) da mesa de empilhamento (11) permitam o empilhamento da peça desejada.

3. Ferramenta (9) para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de ser estruturada de maneira que a superfície superior (13) possa girar em torno de um eixo situado no centro da mesma e seja deslocada ao longo da mesa de empilhamento (11), e o cabeçote (15) possa ser deslocado ao largo da mesa de empilhamento (11).

4. Ferramenta (9) para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de o cabeçote ser estruturado de maneira que possa ser configurado com qualquer estado operacional dos meios mencionados.

5. Ferramenta (9) para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de o cabeçote ser estruturado de maneira que possa ser modificada a ordem de atuação dos meios mencionados.

6. Ferramenta (9) para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de o cabeçote ser estruturado de maneira que a distância entre os meios mencionados possa ser modificada.

7. Processo para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, compreendendo as seguintes etapas:

a) colocar material composto na forma de cintas ou mechas de pré-pegas sobre uma ferramenta com a forma da peça a ser fabricada, compactando-o e curando-o parcialmente depois de sua colocação, até completar uma camada da peça, caracterizado pelo fato de que um rolo de compactação (39) e uma unidade de compactação por ultrassom (41) realizam a operação de compactação e um emissor de micro-ondas (25) realiza a cura parcial por meio da aplicação local de calor após o posicionamento do material composto;

b) repetir a etapa a) até completar o empilhamento da peça;

c) curar, até o grau de cura exigido, a última camada da peça,

sendo que a velocidade máxima de empilhamento é de 70 m/min, a potência do emissor de micro-ondas está compreendida entre

0,1 kW e 10 kW e a frequência da unidade de compactação por ultrassom (41) está compreendida entre 20 kHz e 40kHz.

8. Processo para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, compreendendo as seguintes etapas:

a) colocar material composto na forma de cintas ou mechas de pré-pegas sobre uma ferramenta com a forma da peça, compactando-o depois de sua colocação, até completar uma camada da peça, caracterizado pelo fato de que um rolo de compactação (39) e uma unidade de compactação por ultrassom (41) realizam a operação de compactação;

b) repetir a etapa a) até completar o empilhamento da peça;

c) curar a peça mediante a aplicação local de calor sobre sua superfície com um emissor de micro-ondas;

sendo que a velocidade máxima de empilhamento é de 70 m/min, a potência do emissor de micro-ondas está compreendida entre 0,1 kW e 10 kW e a frequência da unidade de compactação por ultrassom (41) está compreendida entre 20 kHz e 40kHz.

9. Processo para a fabricação de peças de material composto fora de uma autoclave, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que para 80 mm de largura de pré-pegas a velocidade de empilhamento é de 2m/min, a frequência da unidade de compactação é de 20 kHz e a potência da unidade de micro-ondas é de 0,1 kW.

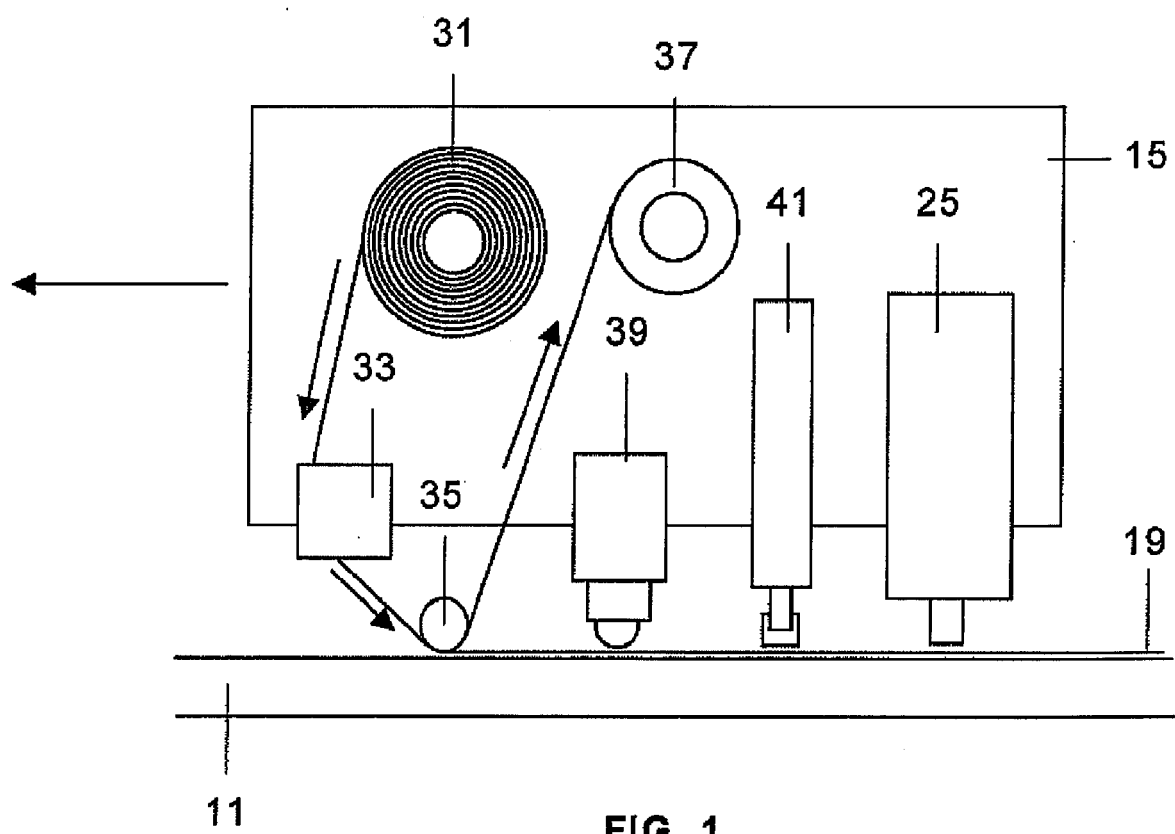


FIG. 1

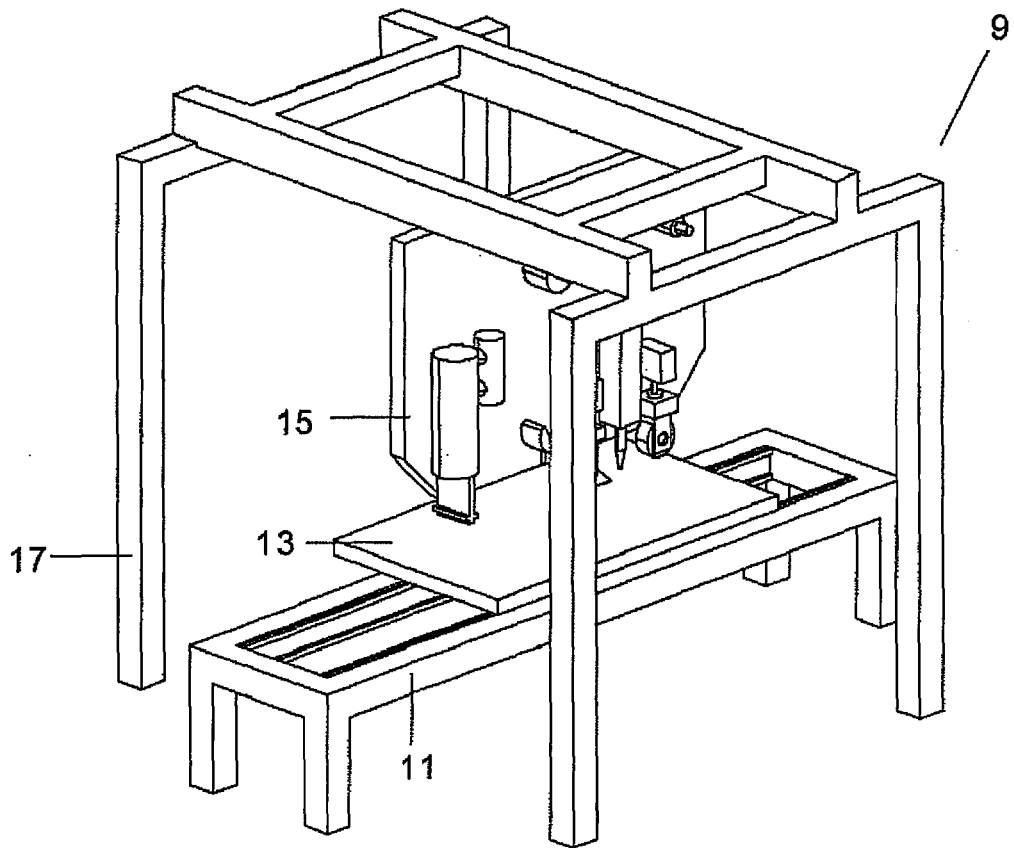


FIG. 2

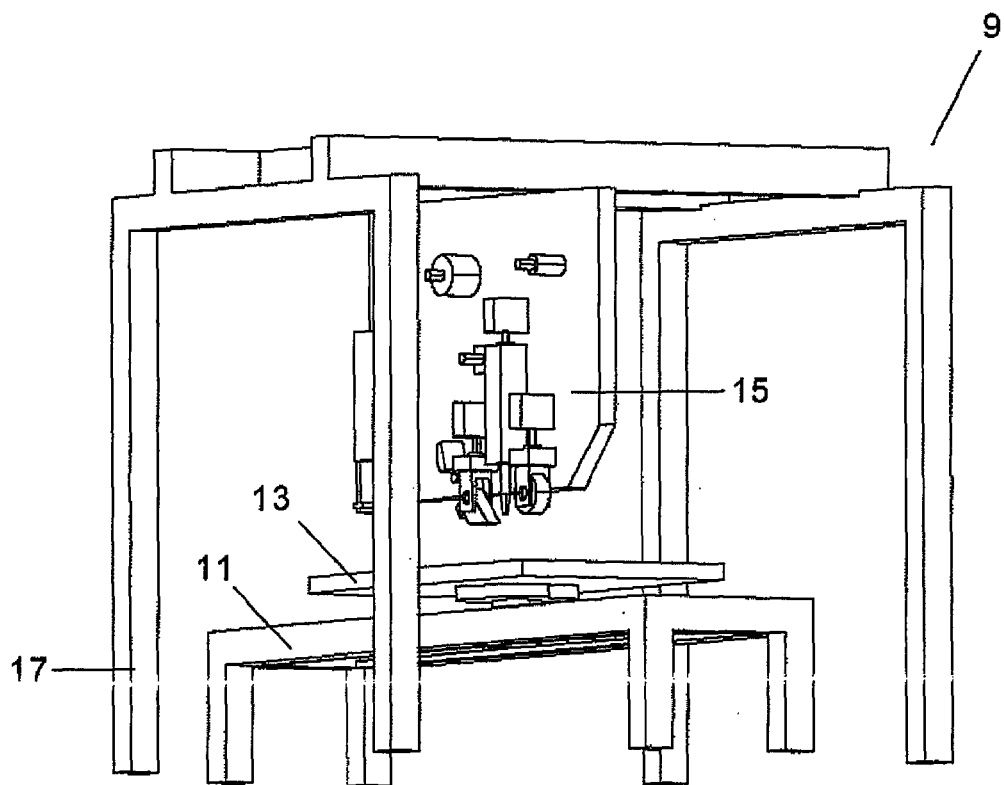


FIG. 3