



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

(11) PI 0717913-8 B1

(22) Data do Depósito: 06/12/2007

(45) Data de Concessão: 19/06/2018



(54) Título: FERRAMENTA DE MOLDAR PARA A MOLDAGEM NOVA OU REMOLDAGEM DE COMPONENTES FEITOS DE MATERIAIS TERMICAMENTE INFLUENCIÁVEIS

(51) Int.Cl.: B29C 33/02; B29C 33/40; B29C 70/88

(30) Prioridade Unionista: 07/12/2006 DE 10 2006 058 198.9

(73) Titular(es): FACHHOCHSCHULE DORTMUND

(72) Inventor(es): HERBERT FUNKE; JENS BRANDES; JAN MEYER

"FERRAMENTA DE MOLDAR PARA A MOLDAGEM NOVA OU REMOLDAGEM DE COMPONENTES FEITOS DE MATERIAIS TERMICAMENTE INFLUENCIÁVEIS".

5 A presente invenção refere-se a uma ferramenta para moldar para a modelagem nova ou remodelagem de componentes feitos de materiais termicamente influenciáveis, de acordo com o conceito geral da reivindicação 1.

10 Materiais plásticos reforçados com fibras vêm ganhando cada vez mais importância em muitos setores da engenharia automotiva. Exemplos típicos de construções de material plástico reforçado com fibras longas são peças complementares de carros de passeio (p.ex. Spoiler), elementos de carroceria de superfície ampla, em trilhos e
15 veículos utilitários, cascos de barcos de pesca pequenos até iates de grande porte, assim como rotores de rodas eólicas. Na aeronáutica e em esportes de corrida (p.ex. na fórmula 1) existem estruturas em grande parte feitas de materiais plásticos reforçados com fibras longas,
20 devido às suas propriedades específicas de peso. Uma vantagem totalmente essencial do material plástico reforçado com fibra, além de suas excelentes propriedades mecânicas específicas ao peso, são a liberdade de configuração praticamente irrestrita assim como a
25 possibilidade de poder fabricar componentes em praticamente qualquer tamanho em quantidades pequenas a médias com custos relativamente muito pequenos de investimento.

30 Por essa razão, materiais plásticos reforçados com fibras são empregados até então preferivelmente em séries pequenas a médias assim como na construção de protótipos. Principalmente componentes de material plástico composto reforçado com fibras longas, que são fabricados preferivelmente com materiais duroplásticos, exigem
35 tempos de permanência longos, devido ao tempos de cura, o que acarreta longos tempos de ciclos e limita fortemente a capacidade de produção em larga escala de tais

componentes.

Para aumentar neste caso a eficácia econômica, moldes correspondentes feitos também em grande parte de material plástico reforçado com fibras exatamente para componentes grandes, são aquecidos. Um controle de temperatura seletivo no caso da fabricação de componentes, dá suporte mediante redução da viscosidade de resina, à embebição das fibras e acelera principalmente o endurecimento do material duroplástico. Além disso, através do controle de temperatura o grau de reticulação do duroplástico é aumentado, de tal forma que para componentes de alto valor qualitativo não é aplicável uma têmpera desse tipo. Essas têmpera é indicada, na verdade, em função do sistema empregado de material plástico para componentes utilizados na aeronáutica.

É comum o aquecimento de moldes para a fabricação de peças de trabalho, e no caso de moldes metálicos em geral é feito como aquecimento de fluidos ou como aquecimento com resistência elétrica. Nos dois casos a elevada condutividade térmica do molde metálico garante uma distribuição de temperatura homogênea da ferramenta de moldar.

Naturalmente, moldes metálicos são muito caros. Para componentes muito grandes os moldes metálicos não são econômicos, especialmente se esses componentes foram produzidos em quantidades muito pequenas. Por essa razão, componentes de material composto reforçado com fibras correspondentes, conforme acima relacionado, são produzidos frequentemente em moldes plásticos, que são muito mais interessantes em termos de custos do que os moldes metálicos, e ainda asseguram uma quantidade suficiente de desmoldagens. Em moldes plásticos é comum pelo menos 100 desmoldagens por molde, no caso da estrutura de molde correspondente podem ser atingidas mais de 1000 desmoldagens por molde. Moldes metálicos possibilitam, em contrapartida, múltiplas desmoldagens sem reprocessamento do molde, porém exigem também um

custo correspondentemente maior em termos de investimento.

O aquecimento de moldes plásticos correspondentes é problemático já que o material plástico apresenta uma condutividade térmica bem menor do que os metais, e além disso, especialmente no caso de distribuição de calor não uniforme do molde, ele está sujeito à deformação. Para componentes com elevadas exigências quanto à fidelidade ao molde e estabilidade dimensional, esse fato é problemático. Por esse motivo, moldes plásticos, que foram aquecidos com água, não podem dar bons resultados em amplas aplicações. Em geral, é necessário um compartimento para têmpera separado para indústrias processadoras de plástico, que produzem componentes correspondentes. Após a fabricação os moldes são colocados no compartimento para têmpera com os componentes para o endurecimento e têmpera.

É particularmente conhecido no caso de moldes metálicos, o fato de os moldes poderem ser aquecidos através de fluidos. Neste caso, os moldes são providos de um sistema de canal de fluidos de arranjo diferente, através do qual são transportados correspondentemente fluidos temperados. O sistema de canal aquece o molde, neste caso, em uma certa distância da superfície a ser aquecida. No caso de materiais de molde com boa condutividade térmica, isso porém representa um problema. No caso de materiais de molde com pouca condutividade térmica, como por exemplo em moldes plásticos a baixa condutividade térmica acarreta uma distribuição de temperatura não homogênea. Por essa razão, moldes plásticos a serem aquecidos correspondentemente são providos parcialmente de materiais de carga termicamente condutores como por exemplo pó de alumínio, para melhorar a condutividade térmica.

Apesar disso, uma estabilidade dimensional relativamente ruim, deformação dos moldes, uma distribuição de temperatura não homogênea e os custos relativamente altos

de fabricação no caso de moldes plásticos aquecidos por fluidos, são bem problemáticos. Tendo em vista às elevadas massas de tais moldes é necessário em cada processo de aquecimento uma aplicação relativamente alta de energia.

O aquecimento por resistência elétrica é uma alternativa. Neste caso, nos moldes plásticos são muitas vezes utilizados cartuchos aquecedores. Através da elevada condutividade térmica do material metálico dos moldes, em geral se obtém uma distribuição de temperatura suficientemente homogênea.

No caso de moldes plásticos, devido à condutividade de temperatura relativamente ruim é vantajoso um aquecimento de ação próxima à superfície a ser aquecida. Esta pode ser executada por tecidos de aquecimento correspondentes, que podem ser incorporados no material plástico próximo à superfície de molde. Para tanto, tecidos de aquecimento especialmente desenvolvidos são feitos em parte de fios para resistência elétrica ou de material reforçado com fibra condutor, como por exemplo fibras de carbono. Os fios para resistência ou fibras resistivas agem, neste caso, como elementos de aquecimento por resistência elétrica ôhmica. De fato, este tipo de aquecimento é um aquecimento de ação linear, no qual ao longo de cada fio para resistência elétrica ou cada fibra resistiva é produzido um aquecimento e desviado para a massa de molde circundante. No caso de uma distribuição extremamente fina e densa dos fios para resistência elétrica ou fibras resistivas esse aquecimento no entanto apresenta uma ação bidimensional do ponto de vista macroscópico.

No caso desses aquecimentos por resistência elétrica, os elementos de aquecimento que atuam como fios ou fibras são incorporados por camadas eletricamente isolantes. Essas camadas eletricamente isolantes, por exemplo no caso de moldes GFK, podem ser feitas de resina epóxi e fibras de vidro, que conhecidamente dispõem de um

isolamento elétrico excelente mas ao mesmo tempo de uma condutividade térmica relativamente ruim. As camadas isolantes apresentam, neste caso, em geral uma porcentagem em seção transversal e em massa na estrutura do molde como os fios de aquecimento ou fibras de aquecimento. Isso, por um lado, produz um aumento de temperatura na camada limite entre fio de aquecimento ou fibra de aquecimento assim como, devido às propriedades mecânicas e térmicas diferentes de fios de aquecimento ou fibras de aquecimento, a tensões próprias. Neste caso, isso também implica em um risco de deformação dos moldes. Conforme já mencionado anteriormente, também podem ser utilizadas como fibras eletricamente condutoras, as fibras de carbono (também chamadas de fibras-C ou fibras-Carbono). Fibras-C apresentam, em comparação com a maioria dos metais, uma condutividade elétrica pequena no sentido da fibra e dispõem em comparação a materiais plásticos de uma condutividade térmica no sentido da fibra. Por isso, elas são indicadas especialmente como fibras resistivas ôhmicas. Uma outra particularidade é o pequeno coeficiente de dilatação térmica das fibras de carbono, que é indicado conforme o tipo de fibra com valores de aprox. $\alpha_{term.} \sim 0,1 \cdot 10^{-6} / K$. Laminados de fibra de carbono (os assim chamados CFK, laminado de fibra de carbono são superestruturas em camadas de fibras de carbono, que são incorporadas em uma ferramenta de moldar, que muitas vezes é feita de material plástico), podem ser estruturados, portanto, no sentido correspondente da fibra, de tal forma que praticamente não seja possível detectar uma dilatação térmica dos laminados em extensas faixas de temperatura. Moldes plásticos ou componentes plásticos aquecidos com fibras de carbono ou são ainda estruturados de tal forma que são incorporadas fibras individuais, telas fibrosas ou tecidos ou um não-tecido de carbono fino com fibras curtas em moldes plásticos entre outras camadas eletricamente isolantes. O que existe em comum a esses

componentes ou moldes é uma nítida separação de função entre as fibras de carbono que servem como aquecimento por resistência e outras camadas de laminado, que formam basicamente a estrutura de suporte do molde e além disso, se encarregam em geral do isolamento elétrico das fibras de carbono condutoras de corrente.

A partir da publicação DE 10 2004 042 422 A1 é conhecida uma ferramenta de moldar aquecível, na qual com fibras de carbono, incorporadas em uma matriz plástica é empregado um elemento de aquecimento por resistência elétrica, no qual devido ao arranjo do elemento de aquecimento por resistência, relativamente bem distante da superfície do componente a ser produzido, são necessárias potências de aquecimento absorvidas elevadas para temperar de modo suficiente o componente. Também, devido ao circuito em série dos elementos com fibras de carbono individuais, a confiabilidade de serviço elétrica não é assegurada devido a possíveis curtos-circuitos e, portanto devido a um aquecimento que ocorre pontualmente.

A estrutura da camada de aquecimento é feita até então no caso de fibras individuais ou telas fibrosas em geral de forma que fibras individuais ou várias ou telas fibrosas são depositadas sobre a superfície a ser aquecida como filamentos. Os filamentos individuais são então conectados em séries sendo que cada dois filamentos justapostos são conectados formando um total de 4 filamentos em série. Um dimensionamento correspondente e acoplamento foram descritos por exemplo pela empresa R&G Flüssigkunststoffe de Waldenbuch no catálogo "Sistema de Aquecimento para formas de resina sintética". O documento da empresa mostra com base em um exemplo, como são conectados em série 8 filamentos no total, sendo cada um deles composto de 4 fibras de carbono justapostas.

Nesse procedimento ocorrem desvantagens importantes especialmente se os filamentos forem conectados em série, já que entre dois filamentos de fibras que se encontram ocorrem diferenças maiores de potencial. Isso vai

acarretando sempre curtos-circuitos no molde, que podem ser provocados por filamentos de carbono de filamentos fibrosos que se juntam. Esse problema ocorre especialmente em caso de um arranjo em forma de meandro dos elementos de aquecimento. Ele pode ser evitado na verdade através de uma distância de segurança suficientemente grande entre filamentos de fibras de carbono que se juntam. Neste caso, porém, surgem "zonas não aquecidas" ao mesmo tempo mais extensas, o que por sua vez acarreta uma distribuição de temperatura não homogênea.

Uma outra desvantagem reside nas diferentes propriedades mecânicas e térmicas das camadas de laminado, que formam o isolamento elétrico da camada de aquecimento, e, além disso, formam basicamente a estrutura de suporte do molde. Essas são na sua maioria compostas de material plástico reforçado com fibras (GFK). Devido à dilatação térmica diversa do GFK e CFK (material plástico reforçado com fibras de carbono) no caso de diferenças de temperatura correspondentes ocorrem tensões térmicas e deformações consideráveis. Em geral elas só podem ser superadas mediante elevadas espessuras de parede da estrutura do molde, mas não devem ser totalmente evitadas. Executar moldes plásticos, neste caso, no modo "sanduíche", é uma iniciativa também conhecida, através da qual a deformação é reduzida, porém não pode ser totalmente evitada com base nos pressupostos acima indicados.

São conhecidos a partir das publicações FR 2 691 400 A1 e EP 0 218 038 A1 ferramentas para moldar, nas quais arranjos formados unidirecionalmente de fibras de carbono atuando como elementos de aquecimento, são colocados próximos à superfície em uma matriz plástica e servem para aquecer peças de trabalho a serem fabricadas.

É por essa razão tarefa da presente invenção evitar os problemas relatados no caso do aquecimento de ferramentas para moldar, e possibilitar através de uma estrutura

adequada das camadas da ferramenta de moldar, que o aquecimento de ferramentas para moldar possa ser realizado de modo seguro e com economia de energia.

5 A solução da tarefa, de acordo com a invenção, resulta das características caracterizantes da reivindicação 1 em ação conjunta com as características do conceito geral. Outros arranjos vantajosos da invenção constam nas reivindicações dependentes.

10 A invenção refere-se a uma ferramenta para modelagem nova ou remodelagem de componentes feitos de materiais termicamente influenciáveis, preferivelmente feitos de material plástico e especialmente de materiais de compostos de fibras, em que a ferramenta para moldar apresenta uma estrutura de composto de fibras e um
15 elemento de aquecimento por resistência elétrica, sendo que na estrutura de composto de fibra da ferramenta para moldar, próximo à superfície modelante da ferramenta para moldar são incorporadas fibras de carbono ou filamentos de carbono em uma matriz plástica. Uma ferramenta para
20 moldar de acordo com o gênero, desse tipo, é aperfeiçoada pelo fato de as fibras de carbono ou filamentos de carbono determinarem basicamente as propriedades mecânicas na matriz plástica, próximo à superfície modelante, principalmente a resistência, rigidez e/ou a
25 dilatação térmica da ferramenta para moldar, e pelo fato de o elemento de aquecimento por resistência ser conectado de tal forma que pelo menos segmentos do elemento de aquecimento por resistência elétrica individuais formem entre si um circuito em paralelo.
30 A particularidade da invenção reside na integração da camada de aquecimento e da estrutura da superfície de molde. Neste, é fundamental que a camada de fibra de carbono seja utilizada ao mesmo tempo como elemento de aquecimento por resistência e que forme o componente
35 essencial da seção transversal da superfície de molde. Neste caso, a porcentagem de espessura das camadas de fibra de carbono em comparação com outras camadas não é

decisiva, mas sim o fato de as camadas de fibra de carbono abrangerem as propriedades mecânicas, especialmente a resistência, a rigidez e também a dilatação térmica da construção de camada da estrutura de composto de fibra. Com auxílio da invenção, a massa de ferramentas para moldar correspondentes pode ser bastante reduzida, o que reduz sensivelmente a capacidade térmica da ferramenta para moldar na sua totalidade e, conseqüentemente, a aplicação de energia durante o aquecimento da ferramenta para moldar. Devido à estrutura, de acordo com a invenção, e a uma seleção de material coordenada, é possível evitar a distorção térmica dos moldes em uma ampla faixa de temperatura. Através da invenção, encontrou-se uma solução favorável em termos de custos para poder aquecer eletricamente ferramentas para moldar em praticamente qualquer tamanho de forma homogênea e com gasto de energia relativamente pequeno. O ponto central da invenção é a integração de camada de aquecimento e camada de cobertura de suporte na qual é utilizada a condutividade elétrica de fibras de carbono para utilizar a camada de cobertura de suporte do molde diretamente como aquecimento por resistência. Em contrapartida, aos testes até então realizados, para utilizar a condutividade elétrica de fibras de carbono como aquecimento por resistência, foi feita uma conexão elétrica dos moldes na forma de um circuito em paralelo de tal forma que fossem descartados curtos-circuitos tal como ocorrem em circuitos em série habituais, devido a diferenças de potencial de filamentos de aquecimento que se juntam. Desse modo, também é possível dispensar tanto quanto possível outras camadas isolantes com exceção da camada de cobertura de moldes. Através do circuito em paralelo do elemento de aquecimento por resistência elétrica, a resistência do elemento de aquecimento por resistência elétrica é sensivelmente reduzida e, portanto, possível o aquecimento da ferramenta para moldar com tensões mínimas a serem aplicadas.

Enquanto que em camadas de aquecimento a base de fibras de carbono foram utilizados preferivelmente tecidos de fibra de carbono unidirecionais ou telas de fibra de carbono, aqui, neste caso, são utilizados preferivelmente tecidos de fibra de carbono bidirecionais. A aplicação de tecidos multiaxiais ou telas também é possível. No presente caso, fibras de carbono que corem em sentido transversal, possibilitam uma compensação de potencial em sentido ortogonal com relação ao fluxo de corrente da camada de aquecimento. Desse modo, defeitos ou interrupções em fibras de carbono individuais também podem ser superados. Neste caso, as fibras de carbono em contato elétrico direto podem passar preferivelmente em sentido paralelo em sentido longitudinal da ferramenta para moldar, e fibras de carbono adicionais, que passam em sentido transversal ou oblíquo a ela, assumirem indiretamente a função de condutoras por meio do contato de camada, e desse modo, poderem por um lado ocasionar uma compensação de potencial elétrico em sentido transversal à direção do fluxo de corrente principal, e por outro lado, possibilitarem preferivelmente uma estrutura de laminado quasiisotrópica, que permite pela utilização de fibras de carbono, uma estrutura de camadas de cobertura com dilatação térmica extremamente pequena. Em um outro arranjo, também é possível que o arranjo que forma o elemento de aquecimento por resistência elétrica, composto por fibras de carbono ou filamentos de carbono possam ser configurados parcial ou totalmente como fibras individuais ou filamentos individuais e/ou como unidades na forma de telas, tecidos, não-tecidos ou como filamentos paralelos entre si. Neste caso, segmentos individuais da superfície no lado do componente da ferramenta para moldar podem ser formados em toda a superfície ou apenas por segmentos com unidades desse tipo, que são em seguida conectadas entre si novamente na forma de um circuito em paralelo. Neste caso, é vantagem o fato de além da adaptação do molde e formação de unidades

superfícies, que resultam por exemplo necessariamente no caso de seções transversais de moldes. Assim, a espessura total das camadas de fibra de carbono teria que aumentar continuamente até a extremidade afunilante, por exemplo,
5 no caso de um molde trapezoidal alongado com afunilamento aparente, se fosse atingida uma potência de aquecimento de superfície constante através de toda a superfície de molde.

Também é possível que entre unidades individuais do
10 arranjo que forma o elemento de aquecimento por resistência elétrica, composto de fibras de carbono ou filamentos de carbono, sejam projetadas áreas eletricamente não condutoras. Áreas não condutoras desse tipo podem servir para o estabelecimento seletivo de
15 temperaturas no componente, uma vez que nas áreas não condutoras desse tipo, também não é feita uma têmpera ativa do componente, e possibilitando assim obter gradientes de temperatura de forma seletiva dentro do componente durante sua têmpera. Neste caso também é
20 possível inserir as áreas eletricamente não condutoras dentro de um plano ou em sentido perpendicular entre planos sobrepostos entre si a fim de separar os elementos de aquecimento por resistência que ficam justapostos entre si ou sobrepostos entre si.

25 Com relação ao comportamento mecânico da ferramenta para moldar é especialmente importante que o arranjo que forma o elemento de aquecimento por resistência elétrica, composto de fibras de carbono ou filamentos de carbono ou de unidades formadas a partir deles, apresenta na matriz
30 plástica uma elevada rigidez. Neste caso, uma vez que as outras camadas podem ser ao mesmo tempo executadas como menos rígidas, a rigidez total da ferramenta para moldar é quase que totalmente determinada por camadas de fibra de carbono. Além disso, podem ser evitadas assim tensões
35 térmicas entre diferentes materiais em camadas da ferramenta para moldar projetadas igualmente rígidas, reduzindo assim a deformação da ferramenta para moldar

desse tipo, na topografia respectiva do componente, obtém-se também um aquecimento o mais planar possível do componente que no caso de elemento de aquecimento por resistência conectado em série, normalmente em forma de meandro, só pode ser atingido de forma muito dispendiosa. Neste caso, é especialmente vantajoso o fato de fibras de carbono ou filamentos de carbono serem incorporados na matriz plástica diretamente contíguos à superfície no lado do componente da ferramenta para moldar. O aquecimento integrado assim obtido da ferramenta para moldar gera a potência de aquecimento diretamente na superfície de molde no lado do componente. O aquecimento, neste caso, atua diretamente ali onde o calor é necessário. Isso abrevia as vias de fluxo térmico, diminui temperaturas excessivas na área em redor das fibras de carbono e ocasiona uma implementação extremamente econômica em termos da energia de aquecimento elétrica.

Em um outro arranjo é possível que o arranjo que forma o elemento de aquecimento por resistência elétrica, composto de fibras de carbono ou filamentos de carbono ou unidades formadas a partir deles, sejam projetados basicamente como quasiisotrópicos. Desse modo, consegue-se que estejam presentes as mesmas condições tanto com relação aos valores de resistência mecânica como também em relação à ação térmica das fibras de carbono ou filamentos de carbono ou das unidades formadas a partir deles, e, conseqüentemente, uma têmpera do componente uniforme em todas as áreas do componente a ser produzido.

Uma outra forma de concretização é configurada de tal forma que ou são aplicadas camadas de fibras de carbono adicionais ou a quantidade e/ou espessura das camadas de fibras de carbono é reduzida. A característica fundamental neste caso é que devido ao comportamento ôhmico do molde a potência de aquecimento de superfícies é parcialmente alterada. Desse modo, também podem ser compensadas diferentes potências de aquecimento de

durante o aquecimento, sendo que a estabilidade dimensional do componente a ser produzido pode ser bastante aumentado.

Com relação às tensões que ocorrem durante a têmpera da
5 ferramenta para moldar como também deformações, é importante que a dilatação térmica da camada que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica, composta de fibras de carbono ou filamentos de carbono ou de unidades formadas a partir deles, seja bem baixa na
10 matriz plástica. Aqui, inclusive no caso de grandes alterações de temperatura da ferramenta para moldar, ocorre simultaneamente apenas uma pequena alteração de massa do componente a ser produzido, sendo que a produção é simplificada e melhorada. Além disso, os tempos de
15 ciclo podem ser reduzidos em caso de utilização da ferramenta para moldar mediante um resfriamento ativo que pode ser obtido de maneira simples, em que na estruturação da ferramenta para moldar em modo "sanduíche" o núcleo do molde sanduíche é percorrido por
20 canais, através dos quais são conduzidos ar de refrigeração ou outros agentes refrigerantes gasosos ou líquidos. Neste caso, também é possível conduzir agentes correspondentes para compensar gradientes de temperatura durante a fase de aquecimento no circuito fechado através
25 do molde. De maneira simples, pode ser construído um molde correspondentemente apto para drenagem por exemplo com materiais de núcleo de molde fendidos.

Uma outra melhoria da eficiência econômica da aplicação de ferramentas para moldar, de acordo com a invenção, é
30 possível uma vez que a aplicação de energia para o aquecimento da ferramenta para moldar com base nas espessuras pequenas de camada feitas do material da camada que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica também é pequena. A têmpera e
35 resfriamento da massa da ferramenta para moldar pode ser feita com base nas pequenas espessuras de camada de forma bem mais rápida e com pouca aplicação de energia, de

forma que os tempos de ciclo para a fabricação de componentes correspondentes possam ser reduzidos.

Além disso é vantajoso que a resistência elétrica das fibras de carbono conectadas paralelamente entre si ou
5 filamentos de carbono ou unidades formadas a partir deles seja bem pequena através do circuito em paralelo. Desse modo, é possível que pequenas tensões, especialmente tensões de baixa voltagem possam ser utilizadas para o aquecimento no elemento de aquecimento por resistência
10 elétrica e desse modo ser assegurada a funcionalidade elétrica assim como a aplicação de energia.

Com relação à formação da superfície do componente a ser produzido, é vantajoso se a superfície no lado do componente da ferramenta para moldar for formada por uma
15 camada de cobertura de molde, que cobre a camada que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica no lado do componente, preferivelmente no lado da camada fina. Uma camada de cobertura de molde fina desse tipo possibilita superfícies lisas do componente e
20 evita danificações da camada que contém as fibras de carbono. Através das espessuras de camada correspondentemente pequenas, assim como das boas propriedades de condutividade térmica dessa camada de cobertura de molde são evitados problemas eventuais de
25 condução de temperatura entre a camada com o elemento de aquecimento por resistência e o componente.

Com relação à estabilidade mecânica da ferramenta para moldar é vantajoso se no lado afastado do componente da camada que apresenta o elemento de aquecimento por
30 resistência elétrica for aplicada uma camada de reforço. Uma camada de reforço desse tipo, que pode ser formada por exemplo na forma de uma camada de construção leve estável feita de uma estrutura tipo sanduíche, possibilita uma resistência mecânica adicional na
35 estrutura da ferramenta para moldar sem que o peso da ferramenta para moldar seja aumentado excessivamente. No caso de uma estrutura tipo sanduíche, a camada de

aquecimento pode produzir preferivelmente ao mesmo tempo uma das duas camadas de cobertura, que são necessárias para a estabelecimento de uma estrutura tipo sanduíche. É possível também por exemplo que a camada de reforço seja

5 formada de modo a ser eletricamente isolante.

Com relação à estruturação das camadas da ferramenta para moldar, pode ser vantajoso se camadas intermediárias adicionais forem dispostas entre a camada de composto de fibra que contém o elemento de aquecimento por

10 resistência elétrica, a camada de cobertura de molde e/ou a camada de reforço, que são projetadas por exemplo para serem eletricamente isolantes ou apresentam uma função ligante para as camadas contíguas da estrutura de composto de fibra. Camadas intermediárias desse tipo que

15 podem ser formadas de preferivelmente tecido fino de fibra de vidro na estrutura de composto de fibra, otimizam as propriedades de toda a estrutura de camadas.

Além disso, é possível que como outra camada de cobertura de moldes disposta no lado afastado do componente da

20 camada de reforço possa ser prevista uma camada com fibras de vidro, que são incorporadas em uma matriz plástica. Desse modo, é possível evitar uma deformação das camadas da ferramenta para moldar durante a têmpera já que essa outra camada de cobertura de molde pode ser

25 estruturada na parte mecânica de forma semelhante à camada de composto de fibra que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica, sendo uma camada de reforço disposta ali no meio circundada nos dois lados por camadas mecanicamente equivalentes. Neste caso, é

30 possível que as fibras de carbono da camada de cobertura de moldes afastada do componente sejam eletricamente isoladas em relação às fibras de carbono da camada de composto de fibra, voltada para o componente, que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica.

35 Com relação às propriedades equivalentes mecânicas e elétricas da camada de composto de fibra que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica é

vantajoso quando o alinhamento de fibras de carbono ou filamentos de carbono ou de unidades feitas de fibras de carbono ou de filamentos de carbono é mudado e/ou virado para outras fibras de carbono ou filamentos de carbono ou as unidades da mesma camada de composto de fibra. Desse modo, as fibras ou unidades poderiam ser alinhada de tal forma que cargas mecânicas e também a formação de temperatura sejam realizadas o mais uniformemente possível dentro da camada de composto de fibra que contém o elemento de aquecimento por resistência elétrica, sendo portanto transferidas correspondentemente e de forma uniforme ao componente.

Além disso, é vantajoso se a camada de cobertura de molde e as camadas intermediárias apresentam apenas rigidez pequena e as propriedades mecânicas da estrutura de composto de fibra total interferem apenas em pequena escala. Desse modo, não ocorrem tensões importantes durante a têmpera da ferramenta para moldar entre as camadas individuais de forma que sejam minimizadas deformações da ferramenta para moldar.

Com relação ao estabelecimento de contato elétrico do elemento de aquecimento por resistência elétrica é vantajoso se o arranjo que forma o elemento de aquecimento por resistência elétrica, composto de fibras de carbono ou filamentos de carbono ou de unidades formadas a partir deles forem colocados em contato elétrico no lado final das fibras ou das unidades e forem conectados entre si como circuito em paralelo. Através do estabelecimento do contato situado externamente é possível obter uma boa acessabilidade do elemento de aquecimento por resistência, sendo os trabalhos de conexão para o circuito em paralelo realizados de forma simples.

Com relação à têmpera do componente mostrou-se vantajoso especialmente para a aplicação de energia necessária quando durante o aquecimento da ferramenta para moldar para a modelagem de um componente a ferramenta para

moldar é revestida, tornando-a termicamente isolante pelo menos por segmentos. Através do revestimento termicamente isolante o calor gerado pode ser mantido especialmente bem dentro da ferramenta para moldar e, dependendo da

5 existência de material de amortecimento, do tipo e espessura do material de amortecimento assim como da colocação do material de amortecimento, o material de amortecimento pode ser utilizado para o controle local de temperatura durante o aquecimento do componente dentro da

10 ferramenta para moldar. É possível por exemplo isolar a ferramenta para moldar apenas localmente e, portanto, produzir temperaturas localmente mais elevadas que influenciam o endurecimento do componente de modo diferente do que em áreas não ou pouco isoladas. Isso

15 permite uma outra intervenção do processo de produção do componente dentro da ferramenta para moldar.

É especialmente vantajoso quando os materiais da ferramenta para moldar são dimensionados com base em temperaturas desse tipo, de forma que as camadas da

20 estrutura de composto de fibra que formam a ferramenta para moldar suportam facilmente uma temperatura durante a produção do componente de até 300° C, preferivelmente de até 140° C, sem prejudicar as propriedades de resistência. Em um outro arranjo com relação à

25 estabilidade de temperatura, também é possível utilizar materiais de matriz para a formação da estrutura de composto de fibra ou peças dela.

Além disso, é possível que os elementos de aquecimento elétricos sejam segmentados na direção de fluxo de

30 corrente e segmentos individuais possam ser total ou parcialmente curto-circuitados por componentes eletrônicos adicionais para interferir no fluxo de corrente e na potência de aquecimento no segmento correspondente. Desse modo, pode ser aplicada ali de modo

35 totalmente controlado energia térmica nos componente a serem processados, nos quais a energia térmica é necessária, em contrapartida em outras áreas não é

produzida energia térmica ou é produzida uma energia térmica muito pequena nos elementos de aquecimento elétricos. Neste caso pode ser vantajoso quando os elementos elétricos de aquecimento são segmentados na

5 direção de fluxo de corrente e os segmentos individuais de um elemento de aquecimento formam um circuito em série. Desse modo, pode-se fazer com que os elementos de aquecimento elétricos segmentados possam ser operados na sua totalidade com tensão pequena, devido ao circuito em

10 série inclusive em caso de dimensões grandes da ferramenta para moldar, e portanto, seja obtido um aquecimento simples da ferramenta para moldar tanto eletricamente como também em termos de normas de segurança.

15 Além disso é possível que camadas individuais condutoras de energia dos elementos de aquecimento elétricos, sobrepostas entre si, sejam isoladas entre si, em sentido perpendicular à superfície maior através de camadas isolantes finas, de forma que uma divisão de

20 segmentos individual seja viável mediante empilhamento de elementos de aquecimento de camada fina pela técnica multilayer. Neste caso, obtém-se uma aplicação de energia térmica diferente que pode ser feita com a configuração segmentada dos elementos de aquecimento, através de um

25 empilhamento de elementos de aquecimento disposto basicamente em sentido perpendicular em relação à superfície da ferramenta para moldar, que são respectivamente empilhados através de camadas finas isolantes ficando sobrepostos entre si, separados

30 eletricamente uns dos outros.

Em um outro arranjo, através de elementos de aquecimento elétricos adicionais finos e colocados em pontos delimitados, é possível alterar o fluxo de corrente na ferramenta para moldar no local, tornado possível uma

35 alteração parcial da potência de aquecimento dentro da superfície da ferramenta para moldar. Através de todas as medidas anteriormente mencionadas pode-se fazer com que

seja possível uma alteração pontual da aplicação de energia térmica na superfície da ferramenta para moldar, que é vantajosa por exemplo para a modelagem original do componente nesse ponto local.

- 5 Uma forma de concretização especialmente preferida da ferramenta para moldar, de acordo com a invenção, de acordo com a reivindicação 1, mostra o desenho, onde:
A figura 1 mostra a estrutura de uma ferramenta para moldar simples, aquecível, de acordo com a invenção, na
10 forma de um retângulo, mostrado no exemplo de uma seção transversal ilustrada explodida;
A figura 2 mostra corrente, potência de aquecimento e potência de aquecimento de superfície do molde com tensão de aquecimento pré-estabelecida da ferramenta para
15 moldar, conforme figura 1; e
A figura 3 mostra curvas de temperatura durante o aquecimento da ferramenta para moldar, de acordo com a figura 1 com diferentes isolamentos com uma potência de aquecimento de superfície de 200 W/m^2 .
20 Como exemplo, aparece indicada na figura 1 a estrutura de uma ferramenta para moldar simples aquecível na forma de um retângulo, no qual a ferramenta para moldar pode ser produzida com a seguinte estrutura em camadas:
1ª camada: camada de cobertura de moldes (espessura de
25 camada $s_1 \approx 0,4 \text{ mm}$)
2ª camada: tecido de fibra de vidro 105 g/m^2 (espessura de camada $s_2 \approx 0,1 \text{ mm}$)
3ª camada: tecido de fibra de carbono biaxial 193 g/m^2 (espessura de camada $s_3 \approx 0,27 \text{ mm}$) orientação de fibras 0°
30 $/90^\circ$
4ª camada: tecido de fibra de carbono biaxial 193 g/m^2 (espessura de camada $s_4 \approx 0,27 \text{ mm}$), orientação de fibras $\pm 45^\circ$
5ª camada: tecido de fibra de vidro 105 g/m^2 (espessura
35 de camada $s_5 \approx 0,1 \text{ mm}$)
6ª camada: núcleo de molde alveolar em poliamida ECA 3.2-48 (espessura de camada $s_6 \approx 12,7 \text{ mm}$)

7ª camada: tecido de fibra de carbono biaxial 193 g/m² (espessura de camada $s_7 \approx 0,27\text{mm}$), orientação de fibras $\pm 45^\circ$,

8ª camada: tecido de fibra de carbono biaxial 193 g/m² (espessura de camada $s_8 \approx 0,27\text{mm}$), orientação de fibras $0^\circ/90^\circ$

Naturalmente que a estrutura em camadas apresentada mostra apenas um exemplo dentre muitas das estruturas em camadas possíveis, e que no âmbito da invenção, pode ser alterada de múltiplas formas.

Se observarmos toda a seção transversal mostrada na figura 1 da ferramenta para moldar como estrutura tipo sanduíche, veremos que as camadas de 1 a 5 formam a primeira camada tipo sanduíche. A 6ª camada é o núcleo de molde tipo sanduíche e as camadas 7 e 8 formam a segunda camada tipo sanduíche.

As camadas reforçadas com tecido foram embebidas com uma resina de laminagem endurecida a frio, que apresenta, após a têmpera correspondente, uma termoestabilidade de até 140°C .

A camada de cobertura de molde da espessura s_1 é composta, por exemplo, de uma resina de camada de cobertura de molde com uma termoestabilidade de 140°C . Em comparação com as camadas reforçadas com fibra essa camada é relativamente espessa. Devido à pequena rigidez em relação às camadas do tecido de fibra de carbono ela interfere porém nas propriedades mecânicas de toda a estrutura de molde de modo irrelevante. A camada de cobertura de molde pode ser polida e assegura uma elevada quantidade de desmoldagens, devido à superfície não porosa, e com baixo desgaste de molde.

A camada de tecido de fibra de vidro das espessuras s_2 e s_5 pode ser necessária do ponto de vista de engenharia de produção, e deve proporcionar uma boa aderência entre a camada de cobertura de molde s_1 e as camadas do tecido de fibra de carbono s_3 e s_4 . Essas camadas também dispõem de uma rigidez pequena em relação às camadas subseqüentes do

tecido de fibra de carbono e interferem em uma escala mínima nas propriedades mecânicas de toda a estrutura de molde.

As camadas do tecido de fibra de carbono s_3 e s_4 formam tanto a camada de aquecimento por resistência elétrica como também o componente estrutural essencial da camada de cobertura tipo sanduíche. Devido à elevada rigidez em comparação com as outras camadas elas determinam em grande extensão as propriedades mecânicas e a dilatação térmica da primeira camada de cobertura tipo sanduíche.

A camada de tecido de fibra de vidro s_5 pode ser necessária do ponto de vista de engenharia de produção e assegura uma boa aderência entre as camadas do tecido de fibra de carbono e o núcleo de molde tipo sanduíche s_6 .

As camadas do tecido de fibra de carbono s_7 e s_8 formam como estrutura de laminado quasiisotrópica a segunda camada de cobertura tipo sanduíche.

Como a dilatação térmica de ambas as camadas de cobertura tipo sanduíche é determinada basicamente pelas fibras de carbono, sua dilatação térmica e, portanto a possível distorção térmica são mínimas na presença de diferentes temperaturas.

No caso da estrutura descrita da ferramenta para moldar são úteis basicamente as seguintes considerações e propriedades:

- Componente essencial do molde é uma camada feita de tecido de fibra de carbono em uma matriz plástica, que tanto assume a função de suporte da parte posterior do molde como também serve diretamente como camada de aquecimento na forma de um aquecimento por resistência elétrica mediante alimentação por corrente das fibras de carbono. O tecido de fibra de carbono na matriz plástica deve ser neste caso estruturado o mais quasiisotrópico possível. Através da integração de aquecimento de molde e a parte posterior do molde de suporte o gasto de material para a ferramenta para moldar pode ser bastante reduzido. Ao mesmo tempo, a quantidade de calor

necessária para o aquecimento do molde. Além disso, é possível evitar tensões térmicas entre diferentes materiais.

- O tecido de fibra de carbono o mais homogêneo
- 5 Possível na matriz plástica forma uma seção de aquecimento individual que é conectada em paralelo preferivelmente no sentido longitudinal do molde. Portanto, o elemento de aquecimento é composto de uma camada de laminado fina. A seção transversal corresponde,
- 10 no caso da conexão, em sentido longitudinal do molde, aproximadamente ao produto da largura "B" do molde e espessura "s" do tecido de fibra de carbono. O comprimento "L" do elemento de aquecimento corresponde, no presente caso, aproximadamente ao comprimento total da
- 15 ferramenta para moldar.
- Uma camada de cobertura de molde com elevado teor de resina, que assegura uma superfície não porosa do molde e boa eficiência de separação na produção do componente, é neste caso necessária. Essa camada de cobertura de molde,

20 na medida que ela for necessária, deve ser fina e interferir nas propriedades térmicas e mecânicas da camada do tecido de fibra de carbono na matriz plástica numa escala mínima.
 - A camada aquecida do tecido de fibra de carbono na

25 matriz plástica forma, eventualmente, em conexão com a camada de cobertura de molde citada, a superfície de molde propriamente dita, que na sua totalidade é de parede fina e, portanto, flexível. Para reforçar a ferramenta para moldar ser construída como tipo

30 sanduíche. O material de núcleo da camada de reforço neste caso pode ser eletricamente isolante, quando um fluxo de corrente deve ser interrompido em relação à segunda camada de cobertura. Se o fluxo de corrente em relação à segunda camada de cobertura for desejado,

35 também poderá ser utilizado um material de núcleo eletricamente condutor da camada de reforço.
 - A segunda camada de cobertura de molde é,

preferivelmente, composta também de um tecido de fibra de carbono quasiisotrópico em uma matriz plástica. Portanto, a dilatação de temperatura da ferramenta para moldar é determinada basicamente por dois laminados de cobertura
5 quasiisotrópicos. Como essas superestruturas de laminado apresentam, conhecidamente, apenas dilatações térmicas extremamente pequenas em uma ampla faixa de temperatura, tanto dilatação térmica como também distorção térmica do molde são extremamente pequenas apesar de diferentes
10 temperaturas nas camadas de cobertura. Quando duas camadas de cobertura apresentam dilatações térmica apenas muito pequenas, a deformação por flexão do molde permanece extremamente pequena através de interferências de temperatura. Mínimas deformações por flexão
15 condicionadas pela temperatura podem também ser reduzidas mediante aumento da espessura de núcleo sem acréscimo de peso considerável do molde.

- Outras camadas podem ser intercaladas em qualquer ponto, se, por exemplo, for desejado um isolamento
20 elétrico de camadas individuais ou se do ponto de vista de engenharia de processamento parecer conveniente uma aderência suficiente de camadas individuais. Neste caso, devemos destacar o fato de camadas adicionais serem executadas de tal forma que elas não interfiram ou
25 interfiram apenas minimamente nas propriedades mecânicas e especialmente na dilatação térmica da camada de aquecimento. Neste caso, seria possível principalmente a aplicação de núcleos alveolares em alumínio ou núcleos alveolares em fibra de carbono.

30 Com relação ao dimensionamento da potência de aquecimento da ferramenta para moldar, de acordo com a figura 1 é importante o seguinte:

O presente molde aquecível é retângulo a título de exemplo com um comprimento aquecido $L = 1.370$ mm e uma
35 largura de $B = 557$ mm. Somente a camada s_3 no presente caso foi colocada em contato elétrico diretamente. Para tanto, foram distorcidos fios de urdidura feitos de

fibras de carbono em um terminal de luva e soldados com cinta massa incorporada. Esses fios de urdidura correm em sentido longitudinal do molde e formam, portanto, um

5 Fios de trama que correm em sentido transversal a eles, dessa camada de tecido também feita de fibras de carbono, nesse arranjo, a princípio não são condutores elétricos, porém podem servir para a compensação de potencial, caso, por exemplo, sejam danificados fios de urdidura
10 individuais.

Para a resistência elétrica da camada s_3 se aplica no presente caso:

$$R_3 = \frac{R_{esp., \text{ fios}} \cdot L}{n}$$

15 Sendo neste caso,

R_3 : resistência elétrica da 3ª camada

$R_{esp., \text{ fios}}$: resistência específica de fios individuais de urdidura

L : comprimento da zona de aquecimento

20 N : quantidade dos fios de urdidura conectados em paralelo
Testes mostraram que outras camadas de fibra de carbono, que são aplicadas diretamente sobre a camada de fibra em contato elétrico, possuem praticamente a mesma condutividade da camada em contato direto. No caso de
25 fios que correm em sentido oblíquo deve ser considerado o número de fibras por largura correspondentemente alterado assim como o comprimento resultante. No presente caso, a 4ª camada colocada em sentido diagonal apresenta no total a mesma condutividade da 3ª camada de tecido.

30 Devido a resistências de contato adicionais é medido um valor um pouco mais elevado do que aquele que resulta do cálculo teórico. A resistência medida ficou neste caso em aproximadamente 12% acima do valor anteriormente calculado.

35 A figura 2 representa a corrente, a potência de aquecimento e a potência de aquecimento de superfície do molde, tal como resultam com tensão de aquecimento pré-

estabelecida. Como a resistência ôhmica do aquecimento de moldes na faixa de temperatura até 100° C se altera muito pouco, a corrente cresce linearmente com a tensão de aquecimento, enquanto a potência de aquecimento aumenta pelo quadrado da tensão.

Neste caso, é fundamental que a resistência ôhmica no caso de estrutura correspondente, seja extremamente pequena, de tal forma que possam ser aquecidos moldes maiores com baixa tensão.

Em diferentes superestruturas de teste, foi possível verificar que a resistência ôhmica teoricamente calculada para diferentes superestruturas da camada de aquecimento estava em conformidade com os valores medidos.

A temperatura, que é obtida no caso de aquecimento de molde correspondente na superfície de molde, depende basicamente dos seguintes parâmetros:

- Potência de aquecimento de superfície em W/m^2
- Temperatura ambiente
- Fluxo de calor no molde
- Meios contíguos ao molde, que interferem na transmissão de calor ao ambiente.

Neste caso, observou-se claramente que a temperatura possível é determinada muito menos pela potência de aquecimento de superfície do que pelo isolamento.

Verificou-se como especialmente vantajoso para a operação da ferramenta para moldar quando é realizado um isolamento térmico da ferramenta para moldar.

No caso das placas de aquecimento simples anteriormente descritas, obteve-se sob temperatura ambiente (cerca de 25° C) uma temperatura de superfície de 82° C. A figura 3 mostra as curvas de temperatura das placas de aquecimento com isolamentos diferentes com uma potência de aquecimento de superfície de 200 W/m^2 . É ilustrada a diferença de temperatura com relação à temperatura ambiente.

Na figura 3, a influência do isolamento torna-se bem clara. Enquanto sem isolamento foi detectado meramente um

aumento de temperatura de 12,9 K na superfície de molde, com mesma potência de aquecimento de superfície é detectado um aumento de temperatura de 33,6 K com um não-tecido duplo colocado. Em uma placa calorífuga assentada sobre a superfície, o aumento de temperatura com mesma potência de superfície foi de 57,3 K.

Esse aumento de temperatura ficou ainda mais evidente quando o molde é totalmente isolado. Em um outro teste, a potência de aquecimento foi reduzida à metade para 100 W/m², o molde de aquecimento foi isolado no lado inferior e superior com uma placa calorífuga de 40 mm de espessura. Neste caso, foram medidas na superfície de molde temperaturas que ficaram 70K acima da temperatura ambiente.

Essas medições mostram que um isolamento simples pode reduzir bastante a necessidade de potência de aquecimento. As taxas de aquecimento em todos os casos ficaram bem acima das taxas de aquecimento necessárias, que não devem exceder 10 K / hora no caso de componente feitos de resinas epóxi reforçadas com fibras.

Essas pesquisas mostram que é necessário dar especial atenção ao isolamento. Parece ser principalmente possível no caso de potência de aquecimento pré-estabelecida, poder interferir seletivamente, inclusive apenas parcialmente na curva de temperatura mediante inserção ou retirada de material isolante. Isso se mostra interessante por exemplo no caso de geometrias de molde complicadas, nas quais, as vezes, só é possível um constante aquecimento de superfície sobre toda a geometria do molde, com bastante dificuldade.

Com relação às possibilidades de aplicação de ferramenta para moldar, de acordo com a invenção, pode-se declara o seguinte:

As possibilidades de aplicação dos moldes plásticos aquecíveis descritos anteriormente se situam preferivelmente em áreas, nas quais são produzidos em quantidades pequenas a médias componentes monobloco de

superfície grande com geometria simples, e devem ser aquecidos durante e após a modelagem no molde. Neste caso, os moldes podem assegurar temperaturas de até 100° C com os sistemas de fibra-material plástico até então

5 pesquisados. A resistência ao calor, neste caso, é limitada pelos sistemas de resina sintética empregados. Através de sistemas de resina resistentes ao calor é possível obter resistências ao calor de até bem acima de 200° C, sem que haja a necessidade de efetuar alterações

10 de processo consideráveis no caso da fabricação dos moldes. Através de materiais de matriz cerâmicos também poderiam ser construídos e aquecidos moldes com resistência ao calor bem superiores de forma análoga.

Componentes potenciais, que poderiam ser fabricados em

15 moldes correspondentes de modo bem mais econômico em relação ao até então praticado, são especialmente componentes de composto de fibra de superfície grande tais como elementos de asas sustentadoras, de casco ou de estabilizadores na construção de aviões, painéis para

20 diferentes sistemas de transporte ou para técnica medicinal, cascos de barcos ou pás de hélice de energia eólica. Mas também podem ser produzidos componentes plásticos sem reforço de fibra a princípio em moldes plásticos aquecíveis correspondentes.

25 Assim, poderiam ser construídos grandes moldes de repuxo profundo da maneira descrita, como por exemplo moldes sinterizados de rotação.

Outras áreas de aplicação também são possíveis, Assim sendo, a aplicação desse modo construtivo não ser

30 restringe unicamente a moldes. Por exemplo, também podem ser executados analogamente componentes aquecíveis, como por exemplo para descongelamento de avião ou containeres aquecíveis eletricamente operados sob pequena tensão, jacuzzis, ou similares.

REINVINDICAÇÕES

1. Ferramenta para moldar para a modelagem nova ou remodelagem de componentes feitos de materiais termicamente influenciáveis, preferivelmente de materiais plásticos e particularmente de compósitos de fibra, em que a ferramenta para moldar apresenta uma estrutura de compósito de fibra e um elemento elétrico de aquecimento por resistência, sendo que na estrutura do compósito de fibra da ferramenta para moldar são incorporadas fibras de carbono ou filamentos de carbono em uma matriz de material plástico, próximo à superfície modelante da ferramenta para moldar, caracterizada pelo fato de as fibras de carbono ou filamentos de carbono na matriz de material plástico, próximo à superfície modelante, determinarem basicamente as propriedades mecânicas, especialmente a resistência, a estabilidade e/ou a dilatação térmica da ferramenta para moldar, e de o elemento elétrico de aquecimento por resistência ser interconectado de tal forma que pelo menos segmentos individuais do elemento elétrico de aquecimento por resistência formam entre si uma conexão elétrica paralela, sendo que o arranjo que forma o elemento de aquecimento por resistência elétrica é projetado na forma de tecidos ou tecidos intercalados feitos de fibras de carbono ou filamentos de carbono.
2. Ferramenta para moldar, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de o arranjo que forma o elemento elétrico de aquecimento por resistência, feito por fibras de carbono ou filamentos de carbono, poder ser projetado parcial ou totalmente como fibras individuais ou filamentos individuais e/ou como unidades na forma de tecidos intercalados, tecidos, não-tecidos ou como cordões paralelos entre si.
3. Ferramenta para moldar, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 ou 2, caracterizada pelo fato de as fibras de carbono ou filamentos de carbono serem incorporados na matriz de material plástico diretamente

adjacente à superfície no lado do componente da matriz para moldar.

4. Ferramenta para moldar, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores de 1 a 3, caracterizada pelo
- 5 fato de o arranjo que forma o elemento elétrico de aquecimento por resistência, composto de fibras de carbono ou filamentos de carbono, ou unidades formadas a partir deles, ser projetado basicamente quasiisotrópico.

1/3

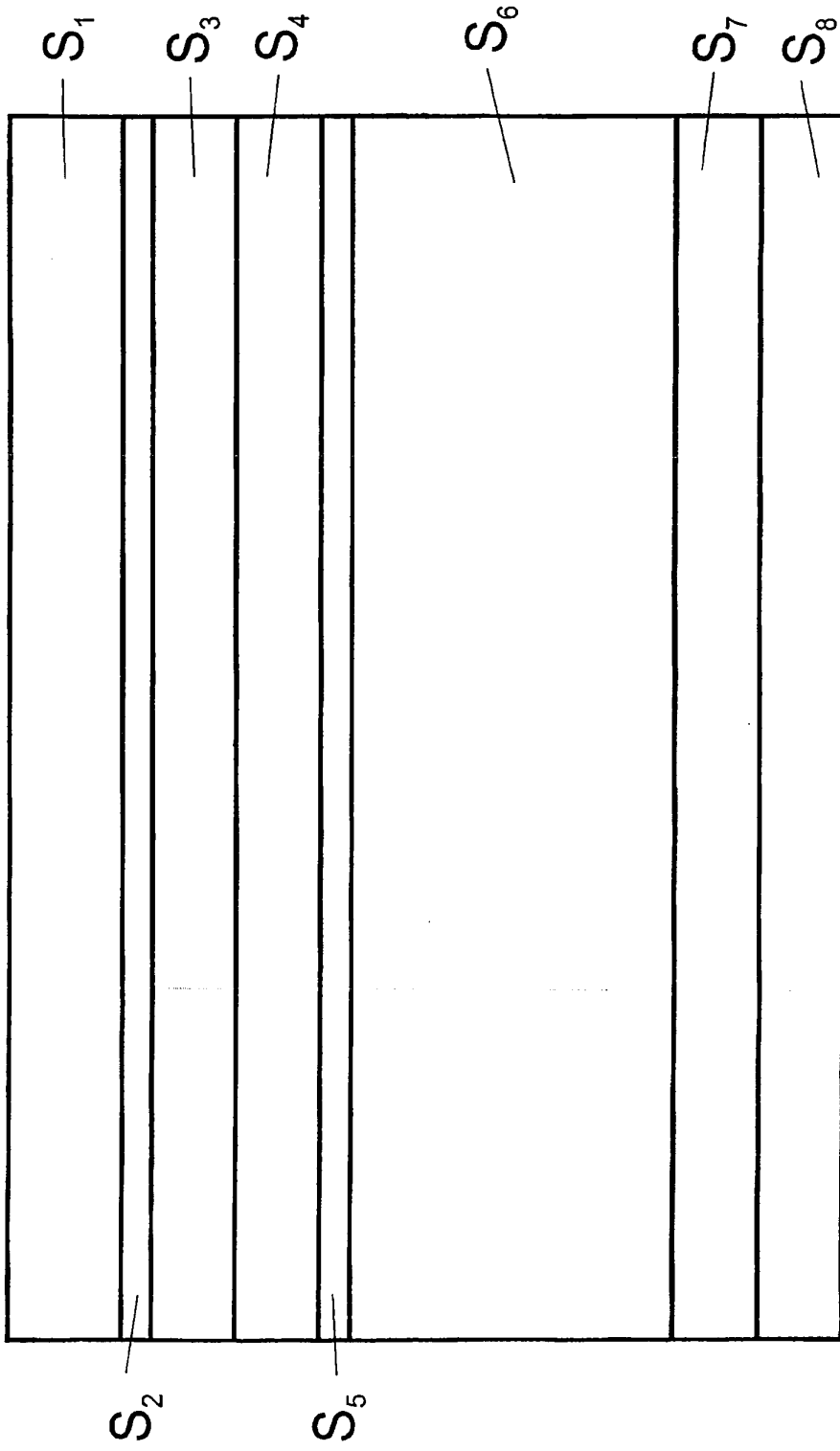


FIG.1

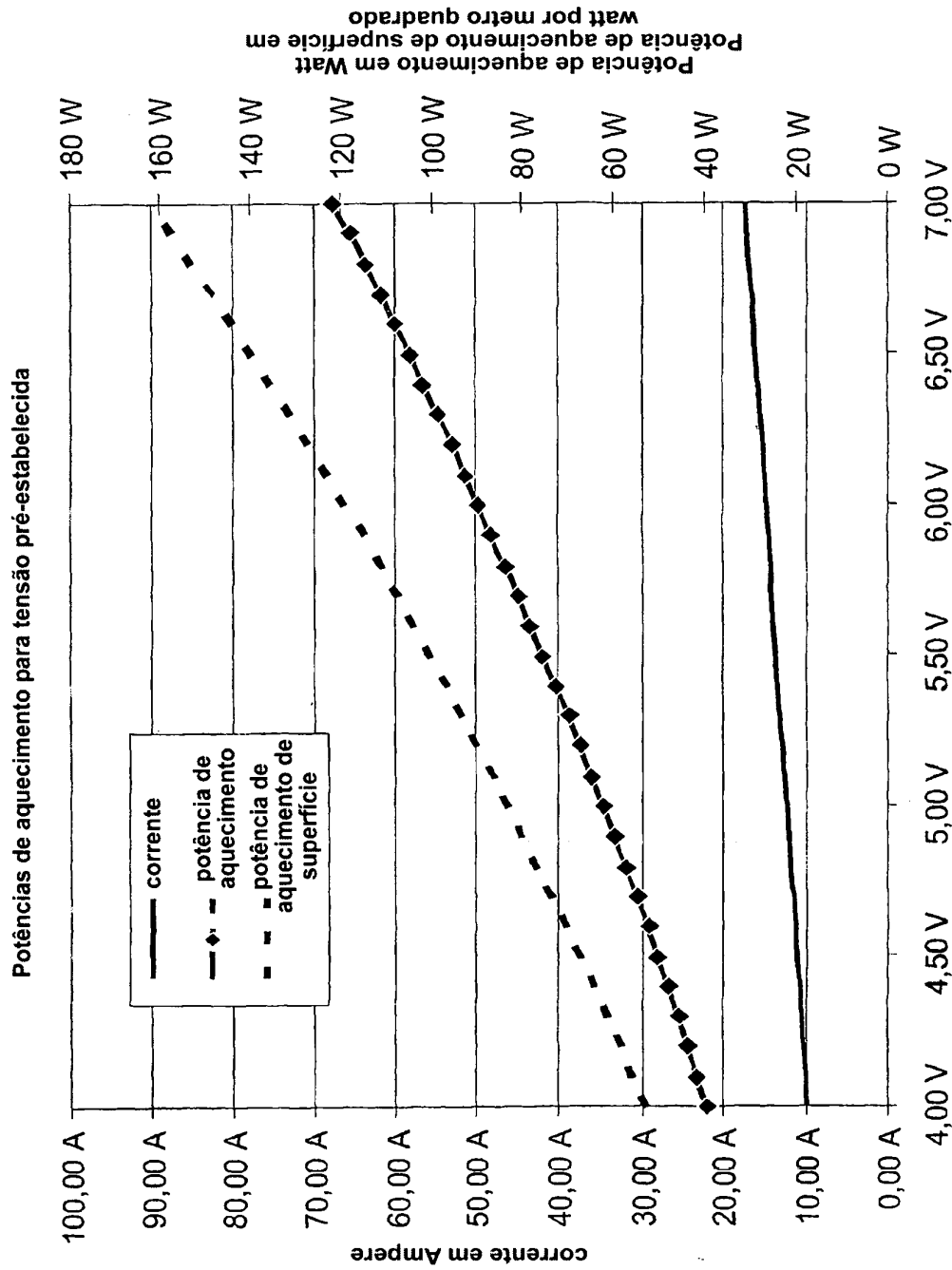


FIG.2

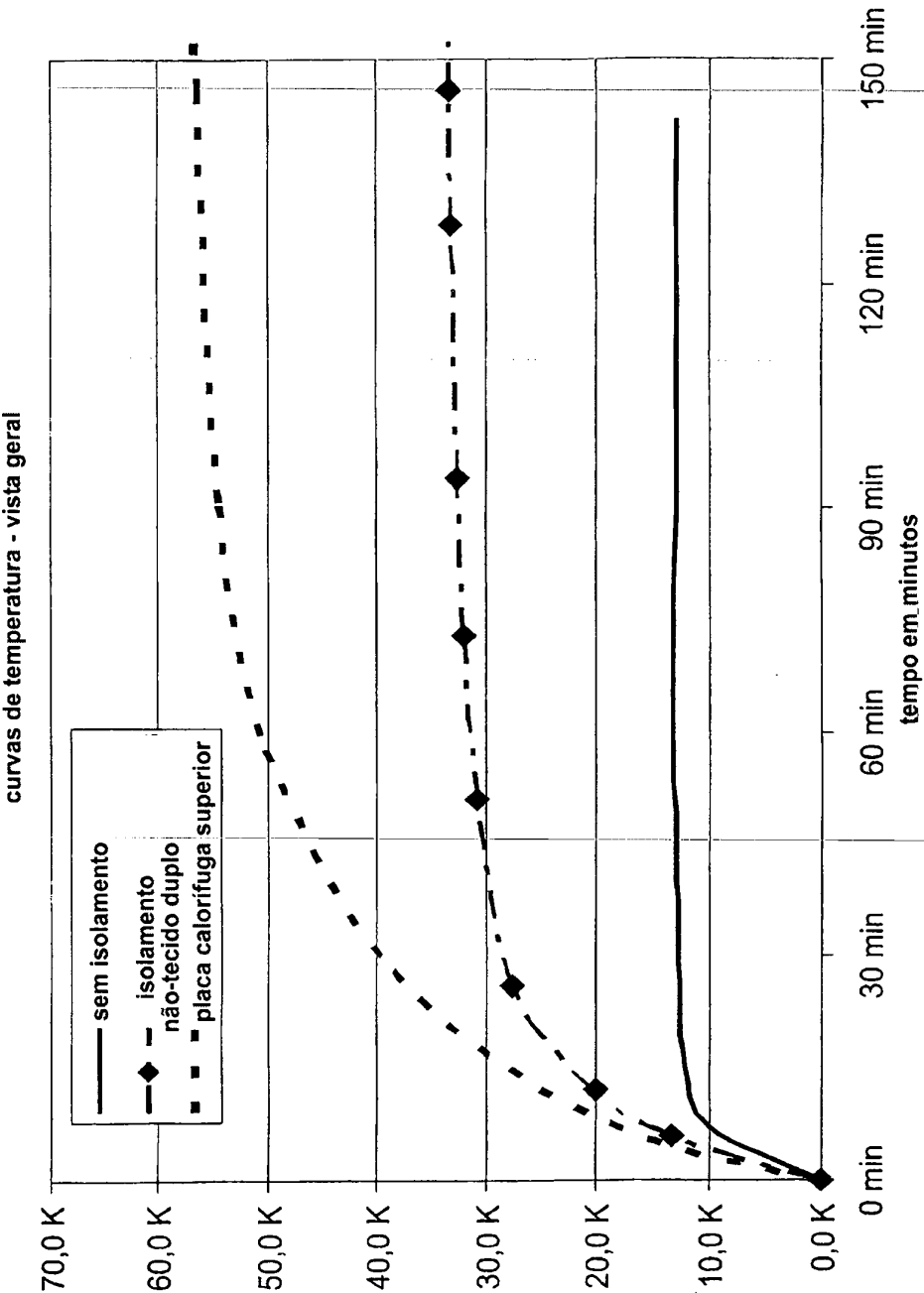


FIG.3