



Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0718347-0

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 0718347-0

(22) Data do Depósito: 12/12/2007

(43) Data da Publicação do Pedido: 10/07/2008

(51) Classificação Internacional: B29C 53/04; B29D 99/00; B29L 31/60.

(52) Classificação CPC: B29C 53/04; B29D 99/0089; B29C 2791/001; B29L 2031/608.

(30) Prioridade Unionista: US 11/640,046 de 15/12/2006.

(54) Título: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FAVOS DE MEL E FAVOS DE MEL

(73) Titular: E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY. Endereço: 1007 Market Street, Wilmington, Delaware, Wilmington, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US), 19898

(72) Inventor: GARY LEE HENDREN; MIKHAIL R. LEVIT; SUBHOTOSH KHAN.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 29/01/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 29/01/2019

Assinado digitalmente por:
Alexandre Gomes Ciancio

Diretor Substituto de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

“PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FAVOS DE MEL E FAVOS DE MEL”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a métodos de fabricação de favo de mel úteis em ambientes com alta temperatura e favo de mel fabricado por meio deles que foi formado de tal maneira que a face do favo de mel possui pelo menos dois pontos que estão localizados em diferentes planos tangenciais. Em uma realização preferida, a presente invenção refere-se a métodos de fabricação de favos de mel que possuem um formato curvo e favo de mel produzido por meio dele.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] A Patente Norte-Americana nº 5.096.526 descreve um processo de formação de uma estrutura moldada com um laminado termoplástico com alta temperatura de fusão e um núcleo de favo de mel e, particularmente, um processo de ligação de um laminado termoplástico a um núcleo de favo de mel e modelagem subsequente da estrutura sobre uma ferramenta de modelagem. O processo envolve o aquecimento do laminado até mais de 315°C para ligação das folhas de cobertura de laminado termoplástico ao núcleo de favo de mel sem adesivos e, em seguida, modelagem das folhas de cobertura com o núcleo de favo de mel.

[003] As Patentes Norte-Americanas nº 5.137.768, 6.544.622 e 5.789.059 descrevem favos de mel fabricados com folhas fabricadas com materiais de para-aramida com alto módulo. Estes favos de mel são altamente valorizados devido à sua alta rigidez, alta relação entre resistência e peso e resistência à temperatura. O alto módulo dos materiais de para-aramida pode criar um favo de mel muito rígido, o que é desejável em muitos casos, mas pode criar problemas ao tentar moldar esses favos de mel em formatos curvos. Quando o favo de mel for moldado sobre ou em uma forma que possui uma área de curvatura, uma face do favo de mel é colocada em tensão e a outra em

compressão. O lado em compressão geralmente sofre mais danos e esses danos são geralmente uma curva de paredes celulares; ou seja, um colapso ou dobra de paredes celulares na célula. Caso uma grande quantidade das células possua paredes celulares recurvadas, o favo de mel possui um sério defeito estrutural.

[004] O que é necessário, portanto, é um favo de mel que contenha materiais com alto módulo que também sejam capazes de suportar modelagem sem danificar uma quantidade excessiva de células de favo de mel.

Descrição Resumida da Invenção

[005] A presente invenção refere-se a um processo de fabricação de um favo de mel que compreende células que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em planos tangenciais diferentes, que compreende as etapas de:

a. ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas de adesivo, em que as folhas compreendem de 5 a 50 partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C e 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes;

b. puxar as folhas ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que possui células;

c. aquecimento do favo de mel para amolecer o material termoplástico;

d. dobra, modelagem ou formação do favo de mel em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura; e

e. resfriamento do favo de mel para reter a forma da área de

curvatura do molde ou forma.

[006] A presente invenção também se refere a um processo de fabricação de um favo de mel que compreende células que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em diferentes planos tangenciais, que compreende as etapas de:

- a. ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas de adesivo, em que as folhas compreendem de 5 a 50 partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C e 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes;
- b. puxar as folhas ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que possui células;
- c. impregnação do favo de mel com uma resina termoestável;
- d. aquecimento do favo de mel para curar a resina termoestável;
- e. corte do favo de mel em fatias;
- f. aquecimento das fatias de favo de mel até uma temperatura acima do ponto em que a resina termoestável e o material termoplástico amolecem;
- g. dobra, modelagem ou formação das fatias de favo de mel em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura; e
- h. resfriamento das fatias de favo de mel para reter substancialmente a forma da área de curvatura do molde ou forma.

[007] A presente invenção também se refere a um processo de fabricação de um favo de mel que compreende células que possuem

extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em planos tangenciais diferentes, que compreende as etapas de:

- a. ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas de adesivo, em que as folhas compreendem de 5 a 50 partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C e 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes;
- b. puxar as folhas ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que possui células;
- c. impregnação do favo de mel com uma resina termoestável;
- d. aquecimento do favo de mel até o estágio B ou cura parcial da resina termoestável;
- e. corte do favo de mel em fatias;
- f. aquecimento de uma fatia de favo de mel até uma temperatura acima do ponto em que a resina termoestável e o material termoplástico amolecem;
- g. dobrar, modelagem ou formação da fatia de favo de mel em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura;
- h. manutenção da fatia de favo de mel no molde ou sobre uma forma por um tempo e temperatura suficientes para cura da resina termoestável; e
- i. resfriamento do favo de mel para reter substancialmente a forma da área de curvatura do molde ou forma.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[008] As Figuras 1a e 1b são representações de vistas de um favo

de mel moldado hexagonal.

[009] A Figura 2 é uma representação de uma outra vista de um favo de mel moldado a partir de células hexagonais.

[0010] As Figuras 3a, 3b e 3c são uma representação de um processo simples de formação de um favo de mel curvo.

[0011] As Figuras 4a, 4b, 4c e 4d ilustram células hexagonais não danificadas e células hexagonais danificadas que possuem paredes de células re-entrantes.

[0012] As Figuras 5a, 5b, 5c e 5d ilustram células quadradas não danificadas e células quadradas danificadas que possuem paredes de células re-entrantes.

[0013] A Figura 6 é uma ilustração de um artigo moldado na forma de um painel fabricado com favo de mel e uma ou mais folhas de face.

[0014] A Figura 7 é uma vista de uma etapa de processo para aplicação de adesivo na fabricação de favo de mel.

[0015] A Figura 8 é uma vista de uma etapa de processo para empilhar folhas de papel que contém fibra na fabricação de favo de mel.

[0016] A Figura 9 é uma vista de uma etapa de processo para prensar a quente uma pilha de folhas de papel na fabricação de favo de mel.

[0017] A Figura 10 é uma vista de uma etapa de processo para expandir uma pilha de folhas de papel na fabricação de favo de mel.

[0018] As Figuras 11a e 11b são vistas de exemplos de etapas de processo para modelagem de favo de mel.

DESCRÍÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0019] O favo de mel compreende células que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em planos tangenciais diferentes. A Figura 1a

é uma ilustração de um favo de mel. A Figura 1b é uma vista ortogonal do favo de mel exibido na Figura 1a e a Figura 2 é uma vista tridimensional do favo de mel. É exibido um favo de mel (1) que possui células hexagonais (2). Cada célula é formada por uma série de paredes celulares (3) e as extremidades externas das paredes celulares (4) formam as faces (5) do favo de mel. Na verdade, as extremidades externas das paredes celulares formam uma série de pontos 6 que repousam em diferentes planos tangenciais sobre a face do favo de mel. São exibidas as células hexagonais; outras disposições geométricas, entretanto, são possíveis, em que células retangulares são a outra disposição possível mais comum.

[0020] O favo de mel contém uma série de pontos sobre a face do favo de mel localizados em diferentes planos tangenciais, o que indica que a face do favo de mel possui uma curvatura ou é dobrada de alguma forma. Em algumas realizações preferidas, a face do favo de mel é curvada em uma forma parabólica, forma de hipérbole ou alguma combinação de formas curvas. Em outras realizações preferidas, a face do favo de mel é curvada de forma hemisférica ou em forma de tigela. Em algumas realizações, o favo de mel pode possuir uma combinação de área sem curvatura e área com curvatura. Nessas realizações, a área de curvatura pode ser diferenciada da área sem curvatura por meio de inspeção. A área de curvatura possuirá uma face que, em pelo menos uma dimensão de superfície, contém uma série de pontos em planos tangenciais diferentes; a área sem curvatura possuirá uma face que contém uma série de pontos, todos em um plano. Em algumas realizações, a área com curvatura possui um raio de curvatura medido a partir do centro da espessura do favo de mel de dez vezes a espessura do favo de mel ou menos. Em algumas realizações, a área de curvatura possui um raio de curvatura medido a partir do centro da espessura do favo de mel que é de sete a duas vezes a espessura do favo de mel.

[0021] A formação do favo de mel curvo normalmente requer dobraria, modelagem ou formação do favo de mel sobre uma forma ou em um molde que possui uma área de curvatura ou entre seções macho e fêmea de um molde que possui uma área de curvatura. Para ilustração, a Figura 3 exibe favo de mel (10) que possui uma primeira face (11) e uma segunda face (12) que são formadas sobre uma forma curva (14) que possui uma superfície convexa; alternativamente, ela exibe o favo de mel (10) sendo moldado em um molde curvo (15) que possui uma superfície côncava. A primeira face (11) encontra-se em contato com a forma e, à medida que o favo de mel é deformado a partir de um plano reto até uma estrutura curva sobre a forma convexa, esta face é colocada em compressão. A face oposta (12), de forma similar, é colocada sob tensão. Alternativamente, a face (11) encontra-se em contato com o molde côncavo e, à medida que o favo de mel é deformado a partir de um plano reto até uma estrutura curva, esta face é colocada em tensão e a face (12) é colocada em compressão.

[0022] O ato de colocação de uma face do favo de mel em compressão pode colocar em colapso paredes celulares na face do favo de mel. A Figura 4 ilustra uma célula hexagonal não danificada (20) que contém seis paredes celulares (21). Devido à compressão, a célula hexagonal pode entrar em colapso; a célula hexagonal danificada (22) é exibida com paredes em colapso ou recurvadas (23). O ângulo em que as paredes em colapso formam a célula é denominado ângulo de re-entrância. A célula hexagonal (24) ilustra adicionalmente, utilizando uma linha sólida (25), a posição original das paredes celulares e ilustra, utilizando uma linha tracejada (27), uma representação de um ângulo de re-entrância de 180 graus. A linha pontilhada (28) representa um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus. O colapso de uma parede celular pode não ser tão distinto quanto representado na Figura 4. A parede celular pode ser invertida de maneira a formar uma curva na célula, conforme exibido pela

célula hexagonal (22). Neste caso, o ângulo de re-entrância é calculado com base em tangentes às paredes recurvas. A Figura 4 exibe a célula de favo de mel (30) que possui uma parede celular recurva (31) com tangentes (32) e (33) desenhadas de forma a demonstrar como é medido o ângulo de re-entrância (34). Na figura exibida, o ângulo de re-entrância é de mais de 180 graus. A partir das ilustrações, pode-se apreciar facilmente que qualquer colapso substancial de duas paredes celulares adjacentes para o centro da célula resultará geralmente em um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus.

[0023] A Figura 5 ilustra uma célula quadrada não danificada (40) que contém quatro paredes celulares (41). Devido à compressão, a célula quadrada pode entrar em colapso; a célula quadrada danificada (42) é exibida com paredes em colapso ou recurvas (43). A célula quadrada (44) ilustra adicionalmente, utilizando uma linha sólida (45), a posição original das paredes celulares e ilustra, utilizando uma linha tracejada (47), uma representação de um ângulo de re-entrância de 180 graus. Para uma célula quadrada, a linha tracejada (47) pode ser desenhada através da parede celular (41) em qualquer ponto. A linha pontilhada (48) representa um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus. O colapso de uma parede celular pode não ser tão distinto quanto representado na Figura 5. A parede celular pode inverter-se de tal maneira que forme uma curva na célula conforme exibido pela célula hexagonal (42). Neste caso, o ângulo de re-entrância é calculado com base em tangentes das paredes recurvas. A Figura 5 exibe uma célula de favo de mel (50) que possui uma parede celular recurva (51) com tangentes (52) e (53) desenhadas para exibir como é medido o ângulo de re-entrância (54). Na figura exibida, o ângulo de re-entrância é de mais de 180 graus. A partir das ilustrações, pode-se apreciar facilmente que qualquer colapso substancial de duas paredes celulares adjacentes para o centro da célula geralmente resultará em um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus. O número de células que possuem um ângulo de re-entrância de mais

de 180 graus pode ser determinado por meio de inspeção ou, no caso de células excessivamente pequenas, outros métodos óticos.

[0024] O favo de mel pode ser moldado em uma forma curva ou dobrada sem colapso substancial das células que são colocadas em compressão na área de curvatura. De fato, após a formação, menos de 25% das células do favo de mel na área de curvatura possuem um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus. Em uma realização preferida, menos de 15% das células de favo de mel na área de curvatura possuem um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus. Considera-se que a combinação de uma fibra de alto módulo e uma parte suficiente de material termoplástico nas paredes celulares fornece uma estrutura mais flexível que pode变形 sem colapso substancial das células, fornecendo ao mesmo tempo uma estrutura de favo de mel final que possui alta rigidez e estabilidade sob altas temperaturas.

[0025] As paredes celulares do favo de mel são preferencialmente formadas a partir de um papel que compreende uma fibra de alto módulo e um material termoplástico. Da forma empregada no presente, o termo “papel” é empregado no seu significado normal e pode ser preparado utilizando equipamento e processos convencionais de fabricação de papel.

[0026] O papel utilizado na presente invenção pode ser formado em equipamento de qualquer escala a partir de telas de laboratório para maquinaria de fabricação de papel de tamanho comercial, tal como máquinas de papel Fourdrinier ou de fio inclinado. Um processo típico envolve a fabricação de uma dispersão de material fibroso de alto módulo tal como floco e/ou polpa e um material aglutinante em um líquido aquoso, drenagem do líquido da dispersão para gerar uma composição úmida e secagem da composição de papel úmido. A dispersão pode ser elaborada por meio de dispersão das fibras e, em seguida, adição do material aglutinante ou dispersão do material aglutinante e adição das fibras em seguida. A dispersão pode também ser elaborada por meio de

combinação de uma dispersão de fibras com uma dispersão do material aglutinante. Caso o material aglutinante seja uma fibra, a fibra aglutinante pode ser adicionada à dispersão por meio da elaboração, em primeiro lugar, de uma mistura com fibras de alto módulo, ou a fibra aglutinante pode ser adicionada separadamente à dispersão. A concentração de fibras na dispersão pode variar de 0,01 a 1,0% em peso com base no peso total da dispersão. A concentração de um material aglutinante na dispersão pode ser de até 50% em peso com base no peso total de sólidos.

[0027] Em um processo típico, o líquido aquoso da dispersão geralmente é água, mas pode incluir diversos outros materiais tais como materiais de ajuste de pH, auxiliares de formação, tensoativos, desespumantes e similares. O líquido aquoso normalmente é drenado da dispersão conduzindo-se a dispersão sobre uma peneira ou outro suporte perfurado que retém os sólidos dispersos e passagem em seguida do líquido para gerar uma composição de papel úmido. A composição úmida, uma vez formada sobre o suporte, normalmente é desidratada adicionalmente a vácuo e/ou sob outras forças de pressão e adicionalmente seca por meio de evaporação do líquido remanescente.

[0028] Em uma realização preferida, material fibroso de alto módulo e um aglutinante termoplástico, tal como uma mistura de fibras curtas ou fibras curtas e partículas aglutinantes, podem ser juntos transformados em calda para formar uma mistura que é convertida em papel sobre uma peneira de fios ou correia. Faz-se referência às Patentes e Pedidos de Patente Norte-Americanos nº 3.756.908 de Gross; 4.698.267 e 4.729.921 de Tokarsky; 5.026.456 de Hesler et al; 5.223.094 de Kirayoglu et al; 5.314.742 de Kirayoglu et al; 6.458.244 e 6.551.456 de Wang et al; e 6.929.848 e 2003-0082974 de Samuels et al, para processos ilustrativos de formação de papéis a partir de diversos tipos de material fibroso e aglutinantes.

[0029] Após a formação do papel, ele é preferencialmente calandrado a quente, em que a alta temperatura e pressão dos rolos aumentam a resistência de ligação do papel. Esta etapa aumenta a densidade e a resistência do papel. Geralmente, uma ou mais camadas do papel são calandradas no espaço entre rolos metálicos, de metal e composto ou compostos. Alternativamente, uma ou mais camadas do papel podem ser comprimidas em uma prensa de placa sob pressão, temperatura e tempo que são ideais para uma composição específica e aplicação final. A calandragem de papel desta forma também reduz a porosidade do papel. A espessura do papel utilizado na presente invenção depende do uso final ou das propriedades desejadas do favo de mel e, em algumas realizações, é tipicamente de 1 a 5 mils de espessura. Em algumas realizações, o peso base do papel é de 0,5 a 6 onças por jarda quadrada. Além disso, o tratamento a quente do papel, tal como tratamento por calor irradiante, como uma etapa independente antes, depois ou no lugar da calandragem ou compressão, pode ser conduzido caso a resistência ou alguma outra modificação de propriedade seja desejada sem a densificação ou além dela.

[0030] O favo de mel compreende fibras de alto módulo que possuem um módulo de tensão ou de Young de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais. Alto módulo da fibra fornece a rigidez necessária da estrutura final de favo de mel e painel correspondente. Na realização preferida, o módulo de Young da fibra é de 900 gramas por denier (820 gramas por dtex) ou mais. Na realização preferida, a tenacidade da fibra é de pelo menos 21 gramas por denier (19 gramas por dtex) e o seu alongamento é de pelo menos 2%, de forma a melhor sobreviver ao processamento de modelagem e fornecer nível mais alto de propriedades mecânicas à estrutura final.

[0031] Em uma realização preferida, a fibra de alto módulo é fibra resistente ao calor. Por “fibra resistente ao calor”, indica-se que a fibra retém

preferencialmente 90% do seu peso de fibra quando aquecida em ar a 500°C sob velocidade de 20°C por minuto. Essa fibra normalmente é resistente a chamas, o que indica que a fibra ou um tecido fabricado a partir da fibra possui um Índice de Limitação de Oxigênio (LOI) tal que a fibra ou tecido não suportará uma chama no ar, em que a faixa de LOI preferida é de cerca de 26 e superior.

[0032] As fibras de alto módulo podem apresentar-se na forma de flocos ou polpa, ou uma de suas misturas. Por “foco”, indica-se fibras que possuem um comprimento de 2 a 25 milímetros, preferencialmente de 3 a 7 milímetros, e um diâmetro de 3 a 20 micrômetros, preferencialmente de 5 a 14 micrômetros. Caso o comprimento do foco seja de menos de três milímetros, o seu impacto sobre a resistência do papel não é suficientemente alto e, caso seja de mais de 25 milímetros, é quase impossível formar uma teia uniforme por meio de um método de deposição úmida. Caso o diâmetro do foco seja de menos de cinco micrômetros, pode ser difícil produzi-lo com uniformidade e capacidade de reprodução suficientes e, caso seja de mais de vinte micrômetros, é virtualmente impossível formar papel uniforme com peso base baixo a médio. Os flocos geralmente são elaborados por meio de corte de filamentos fiados contínuos em pedaços com comprimento específico.

[0033] O termo “polpa”, da forma utilizada no presente, indica partículas de material que possuem uma haste e fibrilas que se estendem de forma geral a partir dela, em que a haste geralmente possui forma de coluna e cerca de dez a cinquenta micrômetros de diâmetro e as fibrilas são membros finos similares a pêlos geralmente fixados à haste, medindo apenas uma fração de micrômetro ou alguns micrômetros de diâmetro e cerca de dez a cem micrômetros de comprimento.

[0034] Em algumas realizações, as fibras de alto módulo úteis na presente invenção incluem fibras fabricadas com para-aramida, polibenzazol, polímero de polipiridazol ou suas misturas. Em algumas realizações, as fibras de

alto módulo úteis na presente invenção incluem fibra de carbono. Em uma realização preferida, a fibra de alto módulo é fabricada com polímero de aramida, especialmente polímero de para-aramida. Em uma realização especialmente preferida, a fibra de alto módulo é poli(parafenileno tereftalamida).

[0035] Da forma empregada no presente, o termo aramida indica uma poliamida em que pelo menos 85% das ligações amida (-CONH-) são ligadas diretamente a dois anéis aromáticos. “Para-aramida” indica que os dois anéis ou radicais possuem orientação para entre si ao longo da cadeia molecular. Podem ser utilizados aditivos com a aramida. De fato, descobriu-se que até 10% em peso de outro material polimérico podem ser misturados com a aramida ou que podem ser utilizados copolímeros que contêm até 10% de outra diamina substituída pela diamina da aramida ou até 10% de outro cloreto diácido substituído pelo cloreto diácido da aramida. Em algumas realizações, a para-aramida preferida é poli(parafenileno tereftalamida). Métodos de fabricação de fibras de para-aramida úteis na presente invenção são geralmente descritos, por exemplo, nas Patentes Norte-Americanas nº 3.869.430, 3.869.429 e 3.767.756. Essas fibras orgânicas de poliamida aromática e várias formas dessas fibras são disponíveis por meio da E. I. Du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware, com a marca comercial fibras Kevlar®, e por meio da Teijin, Ltd., com a marca comercial Twaron®.

[0036] Fibras de polibenzazol disponíveis comercialmente úteis na presente invenção incluem fibra Zylon® PBO-AS (poli(p-fenileno-2,6-benzobisoxazol)) e fibra Zylon® PBO-HM (poli(p-fenileno-2,6-bensobisoxazol)), disponível por meio da Toyobo, Japão. Fibras de carbono disponíveis comercialmente úteis na presente invenção incluem fibras Tenax®, disponíveis por meio da Toho Tenax America, Inc.

[0037] O favo de mel contém de cinco a cinquenta partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C. Em

algumas realizações preferidas, o material termoplástico está presente em uma quantidade que é de 20 a 40 partes em peso. Termoplástico é compreendido como possuindo a sua definição de polímero tradicional; ou seja, esses materiais fluem na forma de um líquido viscoso quando aquecidos e solidificam-se quando resfriados, fazendo-o de forma reversível por diversas vezes mediante aquecimentos e resfriamentos subsequentes.

[0038] Em algumas outras realizações preferidas, o ponto de fusão do termoplástico é de 180°C a 300°C. Em algumas outras realizações preferidas, o ponto de fusão do termoplástico é de 220°C a 250°C. Embora possam ser fabricados papéis com material termoplástico que possui um ponto de fusão de menos de 120°C, esse papel pode ser suscetível a fluxo de fusão indesejável, adesão e outros problemas após a fabricação do papel. Durante a fabricação de favos de mel, por exemplo, após a aplicação de adesivo de linha de nó ao papel, geralmente aplica-se calor para remover o solvente do adesivo. Em uma outra etapa, as folhas de papel são prensadas juntas para adesão das folhas nas linhas de nó. Durante qualquer dessas etapas, caso o papel contenha um material termoplástico com baixo ponto de fusão, esse material pode fluir e aderir de forma indesejável as folhas de papel a equipamento de fabricação e/ou outras folhas. Preferencialmente, portanto, os materiais termoplásticos utilizados nos papéis podem fundir-se ou fluir durante a formação e calandragem do papel, mas não se fundem nem fluem de forma apreciável durante a fabricação do favo de mel. Materiais termoplásticos que possuem um ponto de fusão de mais de 350°C são indesejados, pois eles necessitam de temperaturas tão altas para amolecimento que outros componentes no papel podem começar a degradar-se durante a fabricação do papel. Nessas realizações em que está presente mais de um tipo de material termoplástico, pelo menos 30% do material termoplástico deverão possuir ponto de fusão de não mais de 350°C.

[0039] Em algumas realizações, a temperatura de transição em

vidro (T_g) do termoplástico é de cerca de 100°C a 250°C. Termoplásticos que possuem T_g de menos de 100°C podem, em alguns casos, prejudicar a expansão eficiente das células de favo de mel durante a fabricação; termoplásticos que possuem T_g de mais de 250°C podem, em alguns casos, afetar a modelagem final do favo de mel.

[0040] O material termoplástico útil na presente invenção pode apresentar-se na forma de fibras, fibras bicomponentes, flocos de polímero, partículas de polímero, fibrilas, polpa ou suas misturas. Fibras aglutinantes são tipicamente fabricadas com um material termoplástico que flui sob uma temperatura que é mais baixa (ou seja, possui um ponto de amolecimento mais baixo) que o ponto de amolecimento de qualquer das outras fibras na mistura de fibras. Fibras bicomponentes de núcleo e cobertura são preferidas como fibras aglutinantes, especialmente fibras aglutinantes bicomponentes que contêm um núcleo de homopolímero de poliéster e uma cobertura de copoliéster que é um material aglutinante, tal como comumente disponível por meio da Unitika Co., Japão (tal como vendida sob a marca comercial MELTY®). Tipos úteis de fibras aglutinantes podem incluir as fabricadas com polipropileno, polímeros ou copolímeros de poliéster, em que as fibras contêm apenas aquele polímero ou copolímero, ou na forma de uma fibra bicomponente em configuração lado a lado ou de cobertura e núcleo. Em algumas realizações, um aglutinante em pó preferido é um aglutinante termoplástico em pó tal como pó adesivo de copoliéster Griltex EMS 6E. O termo “fibrilas”, da forma utilizada no presente, indica um produto de polímero muito finalmente dividido com partículas pequenas, em forma de filme e essencialmente bidimensionais que possuem um comprimento e largura da ordem de 100 a 1000 micrômetros e uma espessura apenas da ordem de 0,1 a 1 micrômetro. As fibrilas são tipicamente fabricadas por meio de colocação em fluxo de uma solução de polímero em um banho de coagulação de líquido que é imiscível com o solvente da solução. O fluxo de

solução de polímero é submetido a forças de corte vigorosas e turbulência à medida que o polímero é coagulado.

[0041] Em algumas realizações, os materiais termoplásticos preferidos utilizados no papel são polímeros de tereftalato de polietileno (PET) e/ou naftalato de polietileno (PEN). Estes polímeros podem incluir uma série de comonômeros, que incluem dietileno glicol, ciclo-hexanodimetanol, poli(etileno glicol), ácido glutárico, ácido azelaico, ácido sebácico, ácido isoftálico e similares. Além desses comonômeros, podem ser utilizados agentes ramificadores tais como ácido trimésico, ácido piromelítico, trimetilolpropano, trimetiloletano e pentaeritritol. O PET pode ser obtido por meio de métodos de polimerização conhecidos a partir de ácido tereftálico ou seus ésteres alquila inferiores (tais como tereftalato de dimetila) e etileno glicol ou suas misturas ou combinações. PEN pode ser obtido por meio de métodos conhecidos de polimerização a partir de ácido 2,6-naftaleno dicarboxílico e etileno glicol. Uma fibra de PEN útil é vendida com o nome comercial Teonex® pela Teijin, Ltd.

[0042] Em outras realizações, os materiais termoplásticos preferidos utilizados são poliésteres cristalinos líquidos. Por “poliéster cristalino líquido” (LCP) no presente, indica-se um polímero de poliéster que seja anisotrópico quando testado utilizando o teste TOT ou qualquer de suas variações razoáveis, conforme descrito na Patente Norte-Americana nº 4.118.372, que é incluída no presente como referência. Uma forma de LCP preferida é “toda aromática”, ou seja, todos os grupos da cadeia principal de polímero são aromáticos (exceto pelos grupos de ligação, tais como grupos éster), mas grupos laterais que não são aromáticos podem estar presentes. Preferencialmente, o ponto de fusão do LCP é de até cerca de 350°C. No caso de uma fibra bicomponente com núcleo e cobertura, na qual o polímero de cobertura é o aglutinante ou componente com baixa fusão, esse polímero de cobertura deverá possuir um ponto de fusão menor ou igual a cerca de 350°C,

enquanto o componente de núcleo pode ser um polímero que possui um ponto de fusão mais alto. Os pontos de fusão são medidos por meio do Método ASTM D3418. Os pontos de fusão são tomados como sendo a endoterma de fusão máximo e são medidos sobre o segundo calor em uma velocidade de aquecimento de 10°C/min. Caso mais de um ponto de fusão esteja presente, o ponto de fusão do polímero é considerado o mais alto dos pontos de fusão. Um LCP preferido para a presente invenção inclui graus correspondentes de Zenite® disponíveis por meio da Du Pont Co. e Vectra® LCP disponível por meio da Ticona Co.

[0043] Outros materiais, particularmente os frequentemente encontrados ou fabricados para uso em composições termoplásticas, podem também estar presentes no material termoplástico. Esses materiais deverão preferencialmente ser quimicamente inertes e razoavelmente estáveis termicamente sob o ambiente de operação do favo de mel. Esses materiais podem incluir, por exemplo, um ou mais dentre cargas, agentes de reforço, pigmentos e agentes nucleantes. Outros polímeros podem também estar presentes, de maneira a formar misturas de polímeros. Em algumas realizações, outros polímeros estão presentes e prefere-se que eles representem menos de 25% em peso da composição. Em uma outra realização preferida, outros polímeros não estão presentes no material termoplástico, exceto por uma pequena quantidade total (menos de 5% em peso) de polímeros tais como os que funcionam como lubrificantes e auxiliares de processamento.

[0044] O favo de mel é útil como componente estrutural em muitos artigos, incluindo cestos de armazenagem superiores e carenagens entre asa e corpo em aviões comerciais. Devido às propriedades estruturais de baixo peso do favo de mel, um uso preferido encontra-se em estruturas aerodinâmicas, em que pesos mais baixos permitem economia de combustível ou a potência necessária para impulsionar um objeto através do ar.

[0045] Uma ou mais folhas podem ser fixadas à face do favo de mel para formar um painel. As folhas fornecem integridade ao painel final na sua resistência à compressão, dobra e outras tensões. Além disso, as folhas podem vedar as células do favo de mel para evitar material das células ou as folhas podem ajudar a reter material nas células. A Figura 6 exibe o favo de mel (60) que possui uma folha (61) fixada a uma face utilizando um adesivo. Uma segunda folha (62) é fixada à face oposta do favo de mel e o favo de mel com as duas faces opostas fixadas forma um painel. Podem ser fixadas camadas adicionais de material (63) a qualquer dos lados do painel, conforme o desejado. Em algumas realizações preferidas, as folhas aplicadas aos dois lados do favo de mel contêm duas camadas de material. Em algumas realizações preferidas, a folha compreende um material tecido ou um tecido unidirecional pregueado. Em algumas realizações, o tecido unidirecional pregueado é uma prega 0/90. Se desejado, a folha pode possuir uma superfície decorativa, tal como gravação ou outro tratamento para formar uma superfície externa que seja agradável para os olhos. Tecidos que contêm fibra de vidro, fibra de carbono e/ou outras fibras com alta resistência e alto módulo são úteis como material de folha.

[0046] Um processo de fabricação de favos de mel que compreendem células que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura, em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em diferentes planos tangenciais, compreende as etapas de:

- a. ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas de adesivo, em que as folhas compreendem de cinco a cinquenta partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C e 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes;

- b. puxão das folhas ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que possui células;
- c. aquecimento do favo de mel para amolecer o material termoplástico;
- d. dobra, modelagem ou formação do favo de mel em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura; e
- e. resfriamento do favo de mel para reter a forma da área de curvatura do molde ou forma.

[0047] As Figuras 7 a 9 ilustram uma realização da etapa de ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas que são espaçadas entre si. Para células hexagonais típicas, a distância entre a extremidade traseira de uma linha de nó aplicada e a extremidade frontal da linha de nó aplicada seguinte sobre qualquer folha é igual a três vezes um comprimento de parede celular. Na Figura 7, o adesivo (112) é aplicado ao longo de uma série de linhas em uma certa largura e uma inclinação para uma correia do papel que contém fibra com alto módulo (101) por meio de qualquer método de aplicação ou método de impressão. O adesivo pode ser uma resina selecionada a partir de resinas epóxi, resinas fenólicas, resinas acrílicas, resinas de poli-imida e outras resinas, mas prefere-se o uso de uma resina termoestável. Na figura, um papel que contém fibra com alto módulo similar a correia (101) de uma bobina (113) é alimentado para o espaço de pelo menos um conjunto de rolos que compreende um rolo de aplicação (114) e um rolo de pressão (115). Através das ranhuras fornecidas no rolo de aplicação (114), o adesivo (112) contido em um tanque de adesivo (116) é aplicado ou revestido ao longo de uma série de linhas a uma superfície do papel (101) e seco em seguida.

[0048] Na Figura 8, o papel que contém fibra com alto módulo similar a correia (101) é cortado em um intervalo previamente determinado em uma série de folhas (111). As folhas cortadas são empilhadas umas sobre a

outras, de tal forma que cada uma das folhas seja alternada para a outra por meio lance ou metade do intervalo do adesivo aplicado (112). Para um exemplo típico, quatrocentas folhas cortadas podem ser empilhadas verticalmente, conforme exibido por uma seta (117), para formar um bloco, em uma relação de posição tal que cada uma das folhas é alternada em metade do intervalo das linhas do adesivo revestido.

[0049] Na Figura 9, todas as folhas de papel que contêm fibra com alto módulo empilhadas (111) são ligadas entre si por meio de pressão e calor. Em uma realização preferida, diversas folhas de papel que contêm fibras com alto módulo empilhadas são prensadas a quente em seguida no ponto de amolecimento do adesivo (112). Permite-se então que o adesivo endureça para unir as folhas entre si.

[0050] As Figuras 10a e 10b ilustram a etapa de puxão das folhas ligadas entre si em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que contém células. Esta pode também ser denominada etapa de expansão. As folhas de papel que contêm fibras com alto módulo empilhadas e ligadas (111) são expandidas na direção contrária à direção de empilhamento por uma tensão ou força de tensão aplicada na direção exibida pelas setas (117). Cada uma das folhas (111) é expandida ou estendida dessa forma entre si, de forma que as folhas sejam dobradas ao longo das extremidades das partes ligadas e as partes não ligadas sejam estendidas na direção contrária à direção de empilhamento, para separar as folhas entre si. Consequentemente, são formadas células de favo de mel compostas de um conjunto plano de células de coluna ocas (119) separadas por paredes celulares (118) elaboradas com folhas (111) que foram ligadas entre si ao longo de uma série de linhas de nós adesivos (115) e foram expandidas.

[0051] A etapa seguinte deste processo de fabricação do favo de mel é o aquecimento do favo de mel para amolecer o material termoplástico nas

paredes celulares do favo de mel. Isso pode ser feito por qualquer meio disponível de fornecimento de uma fonte de calor, tal como aquecimento irradiante, fornos aquecidos a ar forçado, fornos dielétricos e similares; em algumas realizações preferidas, entretanto, prefere-se aquecimento irradiante. O aquecimento é conduzido sob temperatura e por tempo suficientes para amolecer o material termoplástico nas paredes celulares; geralmente, a temperatura será próxima ou acima do ponto de fusão do material termoplástico e o tempo necessário será ditado pela massa de material presente. Em algumas realizações, a temperatura de aquecimento preferida é de +/- 10°C da temperatura de fusão termoplástica. Se desejado, a fonte de calor e o molde ou forma podem ser combinados de forma que o favo de mel possa ser aquecido e formado sem manipulação interveniente do favo de mel aquecido.

[0052] O favo de mel é moldado em seguida por meio de dobra, modelagem ou formação do favo de mel aquecido em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura. Conforme ilustrado na Figura 11a, aplica-se calor ao favo de mel (120) disposto sobre uma forma de modelagem (121) que possui a forma do artigo desejado. O favo de mel é pressionado em seguida sobre a forma por qualquer meio disponível para que o favo de mel assuma a superfície dobrada ou curva (125) da forma. Em algumas realizações, conforme exibido na Figura 11b, a forma será uma ferramenta de modelagem (131) que possui metades macho (132) e fêmea (133) que são prensadas juntas para moldar e formar o favo de mel curvo (125) entre elas; adaptando o favo de mel à forma desejada representada pela ferramenta de modelagem. A ferramenta de modelagem ou forma pode ter sua temperatura controlada, fornecendo-se aquecimento ou resfriamento adicional ao favo de mel.

[0053] O favo de mel aquecido e moldado é resfriado em seguida abaixo da temperatura de amolecimento do termoplástico para definir e reter a forma da área de curvatura do molde ou forma. Esse resfriamento pode ser

realizado por meio de resfriamento passivo, tal como convecção livre; ou de resfriamento ativo, tal como por meio de resfriamento do molde com algum agente de resfriamento tal como ar, água ou outro fluido. Geralmente, o resfriamento será realizado enquanto o favo de mel é retido no molde ou disposto sobre uma forma. Se desejado, o favo de mel pode ser removido do molde ou forma e resfriado separadamente. Caso o favo de mel seja removido do molde sem resfriamento, pode-se necessitar tomar medidas para garantir que o favo de mel retenha uma representação adequada da forma desejada da área de curvatura. Em uma realização preferida, após a etapa de resfriamento, menos de cerca de 25% das células de favo de mel na área de curvatura do favo de mel possuem um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus. O processo pode compreender ainda a etapa de impregnação do favo de mel com uma resina, preferencialmente uma resina termoestável.

[0054] O uso de uma quantidade substancial de material termoplástico nas paredes celulares do favo de mel permite a formação dessas formas curvas ou dobradas sem dano excessivo nem colapso das células de favo de mel sobre o lado do favo de mel que é colocado em compressão durante a modelagem.

[0055] Um outro processo de fabricação de um favo de mel que compreende células que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em planos tangenciais diferentes, compreende as etapas de:

a. ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas de adesivo, em que as folhas compreendem de cinco a cinquenta partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C e 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total

de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes;

- b. puxão das folhas ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que possui células;
- c. impregnação do favo de mel com uma resina termoestável;
- d. aquecimento do favo de mel para curar a resina termoestável;
- e. corte do favo de mel em fatias;
- f. aquecimento das fatias de favo de mel até uma temperatura acima do ponto em que a resina termoestável e o material termoplástico amolecem;
- g. dobra, modelagem ou formação das fatias de favo de mel em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura; e
- h. resfriamento das fatias de favo de mel para reter substancialmente a forma da área de curvatura do molde ou forma.

[0056] Nesta realização de um processo de formação de favos de mel, o favo de mel é impregnado com uma resina termoestável após a sua expansão. Tipicamente, isso é realizado mergulhando-se o favo de mel expandido em um banho de resina termoestável, mas poderão ser empregados outros meios tais como pulverização para revestir e impregnar totalmente o favo de mel expandido. Em algumas realizações, as resinas termoestáveis úteis como impregnantes incluem resinas epóxi, resinas fenólicas, resinas acrílicas, resinas de poli-imidas e suas misturas.

[0057] Após a impregnação total do favo de mel com resina termoestável, a resina é curada em seguida por meio de aquecimento do favo de mel saturado para retícula da resina termoestável. Geralmente, essa temperatura encontra-se na faixa de 150°C a 180°C. A cura da resina termoestável fornece rigidez ao favo de mel. O favo de mel curado é cortado em fatias em seguida. Desta forma, podem ser obtidas diversas seções finas ou

fatias de favo de mel a partir de um bloco grande de favo de mel. O favo de mel é fatiado perpendicularmente ao plano das extremidades celulares, de forma que a natureza celular do favo de mel seja preservada.

[0058] As fatias são aquecidas em seguida, moldadas ou formadas e depois resfriadas como no processo anterior. Embora o favo de mel contenha uma resina termoestável curada, a adição de calor não apenas amolece o material termoplástico nas paredes celulares, mas pode também plastificar a resina termoestável nas paredes. O amolecimento e a plastificação do material de parede celular assiste a formação de formas curvas ou dobradas sem danos excessivos nem colapso das células do favo de mel no lado do favo de mel que é colocado em compressão durante a modelagem. Se desejado, as fatias podem ser mergulhadas em água quente; de forma similar, as fatias podem ser mergulhadas em água antes do aquecimento e modelagem ou formação. Em alguns sistemas de resina, isso plastificará adicionalmente algumas resinas, tais como algumas resinas fenólicas, para modelagem ainda melhor. Em uma realização preferida, após a etapa de resfriamento, menos de cerca de 25% das células de favo de mel na área de curvatura do favo de mel possuem um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus.

[0059] Um outro processo de fabricação de favos de mel que compreendem células que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel, em que a face é definida por uma série de pontos e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos estão localizados em planos tangenciais diferentes, compreende as etapas de:

a. ligação de uma série de folhas ao longo de linhas paralelas de adesivo, em que as folhas compreendem de cinco a cinquenta partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C e 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total

de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes;

- b. puxão das folhas ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas para formar um favo de mel que possui células;
- c. impregnação do favo de mel com uma resina termoestável;
- d. aquecimento do favo de mel até o estágio B ou para cura parcial da resina termoestável;
- e. corte do favo de mel em fatias;
- f. aquecimento das fatias de favo de mel até uma temperatura acima do ponto em que a resina termoestável e o material termoplástico amolecem;
- g. dobra, modelagem ou formação do favo de mel em um molde ou sobre uma forma que possui uma área de curvatura;
- h. manutenção da fatia de favo de mel no molde ou sobre uma forma por um tempo e temperatura suficientes para cura da resina termoestável; e
- i. resfriamento do favo de mel para reter substancialmente a forma da área de curvatura do molde ou forma.

[0060] Neste processo, o favo de mel expandido é novamente impregnado com uma resina termoestável, mas nesta realização a resina termoestável é apenas parcialmente curada ou, conforme definido na técnica, passa por “estágio B”. “Estágio B” normalmente é utilizado para designar um estágio intermediário na reação de certos polímeros termoestáveis, em que o material pode ser ainda amolecido quando aquecido ou inchado em contato com certos líquidos, mas não pode ser completamente fundido nem dissolvido; resinas que passaram por estágio B geralmente permitem algum grau de capacidade de formação ou modelagem em certas configurações específicas.

[0061] De forma similar ao processo anterior, o favo de mel em estágio B é cortado em fatias em seguida, de forma a preservar a natureza

celular do favo de mel. As fatias são aquecidas e moldadas ou formadas em seguida e depois resfriadas como no processo anterior; neste processo, entretanto, o aquecimento serve ao propósito de amolecimento do material termoplástico ao mesmo tempo em que também cura a resina termoestável. Conforme anteriormente, a adição de calor amolece adequadamente o material termoplástico para fornecer algum alongamento das paredes durante a modelagem para permitir a formação dessas formas dobradas ou curvas sem danos excessivos nem colapso das células de favo de mel na área de curvatura no lado do favo de mel que é colocado em compressão durante a modelagem. Em uma realização preferida, após a etapa de resfriamento, menos de cerca de 25% das células de favo de mel na área de curvatura do favo de mel possuem um ângulo de re-entrância de mais de 180 graus.

MÉTODOS DE TESTE

[0062] O denier da fibra é medido utilizando ASTM D1907. O módulo da fibra é medido utilizando ASTM D885. A densidade do papel é calculada utilizando a espessura de papel medida por meio de ASTM D374 e o peso base medido de acordo com ASTM D646. A temperatura de transição em vidro (Tg) e a temperatura de ponto de fusão (Tm) são medidas utilizando ASTM D3418.

EXEMPLO 1

[0063] Um papel de aramida e termoplástico composto de fibra de filamentos picados Teijin Twaron® 1080, polpa Teijin Twaron® 1094 e fibra de poliéster termoplástico Toray Tectoron® é formado sobre equipamento convencional de formação de papel. A composição do papel é de 52% em peso de fibra Twaron 1080, 18% em peso de polpa Twaron 1094 e 30% em peso de fibra Tectoron®. A fibra Twaron 1080 possui uma densidade linear de filamento nominal de 1,5 denier por filamento (1,7 dtex por filamento) e comprimento de corte de 6 mm. A fibra termoplástica Tectoron® possui uma densidade linear de

filamento nominal de 2 denier por filamento (2,2 dtex por filamento) e comprimento de corte de 6 mm. O papel é previamente aquecido e previamente prensado a 245°C e, sob pressão de 2 MPa, é calandrado em seguida sob 1200 N/cm de pressão linear a 260°C. Isso produz um papel de aramida e termoplástico com densidade de cerca de 0,75 g/cm³.

[0064] É formado em seguida um favo de mel com o papel calandrado. Linhas de nós de adesivo são aplicadas à superfície do papel em uma largura de 2 mm e nível de 5 mm. O adesivo é uma solução de sólidos a 50% que compreende 70 partes em peso de uma resina epóxi identificada como Epon 826, vendida pela Shell Chemical Co.; 30 partes em peso de uma resina epóxi modificada por elastômero identificada como Heloxy WC 8006, vendida pela Wilmington Chemical Corp., Wilmington DE, Estados Unidos; 54 partes em peso de um agente de cura de resina de bisfenol A e formaldeído identificado como UCAR BRWE 5400 vendido pela Union Carbide Corp.; 0,6 partes em peso de 2-metilimidazol como um catalisador de cura, em um solvente glicol éter identificado como Dowanol PM vendido pela The Dow Chemical Company; 7 partes em peso de uma resina de poliéster identificada como Eponol 55-B-40 vendida pela Miller-Stephenson Chemical Co.; e 1,5 partes em peso de sílica defumada identificada como Cab-O-Sil vendida pela Cabot Corp. O adesivo é parcialmente curado sobre o papel em um forno a 130°C por 6,5 minutos.

[0065] A folha com as linhas de nós adesivos é cortada em comprimentos de 500 mm. Quarenta folhas são empilhadas uma sobre a outra, de tal forma que cada uma das folhas seja espaçada da outra por meio grau ou metade do intervalo das linhas de nós adesivos aplicadas. O grau ocorre alternadamente para um lado ou para o outro, de tal forma que a pilha final seja uniformemente vertical.

[0066] A quantidade de pilhas empilhadas é prensada a quente em seguida entre as placas no ponto de amolecimento do adesivo, causando a fusão

das linhas de nós adesivos; após a remoção do calor, o adesivo endurece para unir as folhas entre si. Para o adesivo de linha de nó acima, a prensa quente opera a 140°C por trinta minutos e, em seguida, 177°C por quarenta minutos sob pressão de 3,5 kg por centímetro quadrado.

[0067] As folhas de aramida ligadas são expandidas em seguida na direção contrária à direção de empilhamento para formar células que possuem uma seção cruzada equilátera. Cada uma das folhas é estendida entre si, de tal forma que as folhas sejam dobradas ao longo das extremidades das linhas de nó ligadas e as partes não ligadas sejam estendidas na direção da força de tensão para separar as folhas entre si. É utilizado um quadro para expansão e sustentação do favo de mel no formato expandido.

[0068] O favo de mel expandido é colocado em seguida em um banho que contém resina fenólica com base em solvente PLYOPHEN 23900 da Durez Corporation. A resina fenólica é utilizada em uma forma líquida em que a resina é dissolvida em etanol. A resina adere-se à superfície interna das paredes celulares e a cobre, podendo também penetrar nos poros do papel e preenchê-los. Após impregnação com resina, o favo de mel é retirado do banho e seco em uma fornalha de secagem com ar quente em primeiro lugar a 82°C por quinze minutos e, em seguida, a 121°C por quinze minutos, depois a 182°C por sessenta minutos para remover o solvente e curar a resina fenólica. O quadro que sustenta o favo de mel é removido em seguida. A etapa de impregnação no banho de resina e a etapa de secagem na fornalha de secagem são repetidas por cinco vezes, de tal forma que as paredes celulares do favo de mel sejam revestidas por um total de 730 gramas da resina de reforço e com ela impregnadas.

[0069] Para formar o favo de mel curvo que possui um raio de dobra de dez vezes a espessura do núcleo, o favo de mel é enbebido em água até encharcar para plastificar a matriz fenólica. O núcleo é colocado em um molde metálico com baixa massa térmica que possui a área de curvatura desejada com

as células centrais em contato direto com a superfície do molde. Uma tela de fios carregados em mola é aplicada sobre o núcleo para manter o núcleo no lugar sobre o molde. O molde e o núcleo são introduzidos em um forno de convecção a ar quente previamente aquecido a 270°C. Quando o molde atingir 260°C, ele é mantido no forno por cinco minutos. O molde é removido e aplica-se resfriamento a ar forçado por trinta minutos para devolver o núcleo para a temperatura ambiente. O molde é aberto e o núcleo moldado é removido. O núcleo é inspecionado em busca de células que entraram em colapso com ângulos de re-entrância de mais de 180°C na área de curvatura. A contagem total de células que entraram em colapso sobre qualquer face na área de curvatura é de menos de 25% do número total de células na área de curvatura.

EXEMPLO 2

[0070] É fabricado um papel como no Exemplo 1. O papel é impresso com linhas de nós adesivos, transformado em folhas, empilhado e ligado como no Exemplo 1.

[0071] As folhas de aramida ligadas são expandidas em seguida na direção contrária à direção de empilhamento para formar células que possuem uma seção cruzada equilátera. Cada uma das folhas estende-se entre as outras, de forma que as folhas sejam dobradas ao longo das extremidades das linhas de nós ligadas e as partes não ligadas são estendidas na direção da força de tensão para separar as folhas entre si. É utilizado um quadro para expandir e sustentar o favo de mel na forma expandida.

[0072] O favo de mel expandido é colocado em seguida em um banho que contém resina fenólica com base em solvente PLYOPHEN 23900 da Durez Corporation. A resina fenólica é utilizada em uma forma líquida em que a resina é dissolvida em etanol. A resina adere-se à superfície interna das paredes celulares e a cobre, podendo também penetrar nos poros do papel e preenchê-los. Após impregnação com resina, o favo de mel é retirado do banho e seco em

uma fornalha de secagem com ar quente em primeiro lugar a 82°C por quinze minutos e, em seguida, a 121°C por quinze minutos para remover o solvente e curar parcialmente a resina fenólica ou colocá-la em estágio B. Este núcleo de favo de mel expandido é mais flexível que o do Exemplo 1. O quadro que sustenta o favo de mel é removido em seguida.

[0073] Para formar o favo de mel curvo que possui um raio de dobra de dez vezes a espessura do núcleo, o núcleo é colocado em um molde metálico com baixa massa térmica que possui uma área de curvatura com as células centrais em contato direto com a superfície do molde. Uma tela de fios carregados em mola é aplicada sobre o núcleo para manter o núcleo no lugar sobre o molde. O molde e o núcleo são introduzidos em um forno de convecção a ar quente previamente aquecido a 190°C. Quando o molde atingir 182°C, ele é mantido no forno por sessenta minutos. O molde é removido e aplica-se resfriamento a ar forçado por trinta minutos para devolver o núcleo para a temperatura ambiente. O molde é aberto e o núcleo moldado é removido. O núcleo é inspecionado em busca de células que entraram em colapso com ângulos de re-entrância de mais de 180°C. A contagem total de células que entraram em colapso sobre qualquer face na área de curvatura é de menos de 25% do número total de células na área de curvatura.

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM FAVO DE MEL (1, 10, 60, 120), caracterizado por compreender células (2, 30, 50) formadas a partir de um papel, e que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel (5), em que a face (5) é definida por uma série de pontos (6) e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos (6) estão localizados em planos tangenciais diferentes, que compreende as etapas a seguir:

(a) ligação de uma série de folhas de papel (111) ao longo de linhas paralelas de adesivo (112), em que as folhas (111) compreendem:

(i) 5 a 50 partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C, selecionado a partir do grupo que consiste de poliéster, poliolefina, poliamida, poliéter cetona, poliéter éter cetona, poliamida-imida, poliéter-imida, sulfeto de polifenileno e suas misturas; e

(ii) 50 a 95 partes em peso de fibra que possui um módulo de tensão ou de Young de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes (3);

(b) puxar as folhas (111) ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas (111) para formar um favo de mel (1, 10, 60, 120) que possui células (2, 30, 50);

(c) aquecimento do favo de mel (1, 10, 60, 120) para amolecer o material termoplástico;

(d) dobrar, modelagem ou formação do favo de mel (1, 10, 60, 120) em um molde (15) ou sobre uma forma (14) que possui uma área de curvatura; e

(e) resfriamento do favo de mel (1, 10, 60, 120) para reter a forma da área de curvatura do molde (15) ou forma (14).

2. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pela fibra de alto módulo estar presente em uma quantidade de 60 a 80 partes em peso.

3. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo material termoplástico estar presente em uma quantidade de 20 a 40 partes em peso.

4. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente a etapa de impregnação do favo de mel (1, 10, 60, 120) com uma resina.

5. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela fibra de alto módulo compreender poli(parafenileno tereftalamida).

6. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela fibra de alto módulo ser selecionada a partir do grupo que consiste de fibra de aramida, fibra de carbono, fibra de polibenzazol, fibra de polipiridazol e suas misturas.

7. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo material termoplástico compreender poliéster.

8. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender células (2, 30, 50) que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel (5), em que a face (5) é definida por uma série de pontos (6) e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos (6) estão localizados em diferentes planos tangenciais, que compreende as etapas de:

(a) ligação de uma série de folhas (111) ao longo de linhas paralelas de adesivo (112), em que as folhas (111) compreendem:

(i) 5 a 50 partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C; e

(ii) 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui

um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes (3);

- (b) puxar as folhas (111) ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas (111) para formar um favo de mel (1, 10, 60, 120) que possui células (2, 30, 50);
- (c) impregnação do favo de mel (1, 10, 60, 120) com uma resina termoestável;
- (d) aquecimento do favo de mel (1, 10, 60, 120) para curar a resina termoestável;
- (e) corte do favo de mel (1, 10, 60, 120) em fatias;
- (f) aquecimento das fatias de favo de mel (1, 10, 60, 120) até uma temperatura acima do ponto em que a resina termoestável e o material termoplástico amolecem;
- (g) dobra, modelagem ou formação das fatias de favo de mel (1, 10, 60, 120) em um molde (15) ou sobre uma forma (14) que possui uma área de curvatura; e
- (h) resfriamento das fatias de favo de mel (1, 10, 60, 120) para reter substancialmente a forma da área de curvatura do molde (15) ou forma (14).

9. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela fibra de alto módulo estar presente em uma quantidade de 60 a 80 partes em peso.

10. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo material termoplástico estar presente em uma quantidade de 20 a 40 partes em peso.

11. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela fibra de alto módulo ser selecionada a partir do grupo que

consiste de fibra de aramida, fibra de carbono, fibra de polibenzazol, fibra de polipiridazol e suas misturas.

12. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender células (2, 30, 50) que possuem extremidades que formam uma face do favo de mel (5), em que a face (5) é definida por uma série de pontos (6) e possui uma área de curvatura em que pelo menos dois dos pontos (6) estão localizados em planos tangenciais diferentes, que compreende as etapas de:

(a) ligação de uma série de folhas (111) ao longo de linhas paralelas de adesivo (112), em que as folhas (111) compreendem:

(i) 5 a 50 partes em peso de material termoplástico que possui um ponto de fusão de 120°C a 350°C, selecionado a partir do grupo que consiste de poliéster, poliolefina, poliamida, poliéter cetona, poliéter éter cetona, poliamida-imida, poliéter-imida, sulfeto de polifenileno e suas misturas; e

(ii) 50 a 95 partes em peso de fibra com alto módulo que possui um módulo de 600 gramas por denier (550 gramas por dtex) ou mais, com base na quantidade total de material termoplástico e fibra com alto módulo nas paredes (3);

(b) puxar as folhas (111) ligadas em direções perpendiculares ao plano das folhas (111) para formar um favo de mel (1, 10, 60, 120) que possui células (2, 30, 50);

(c) impregnação do favo de mel (1, 10, 60, 120) com uma resina termoestável;

(d) aquecimento do favo de mel (1, 10, 60, 120) até o estágio B ou cura parcial da resina termoestável;

(e) corte do favo de mel (1, 10, 60, 120) em fatias;

(f) aquecimento de uma fatia de favo de mel (1, 10, 60, 120) até uma temperatura acima do ponto em que a resina termoestável e o material

termoplástico amolecem;

(g) dobra, modelagem ou formação da fatia de favo de mel (1, 10, 60, 120) em um molde (15) ou sobre uma forma (14) que possui uma área de curvatura;

(h) manutenção da fatia de favo de mel (1, 10, 60, 120) no molde (15) ou sobre uma forma (14) por um tempo e temperatura suficientes para cura da resina termoestável; e

(i) resfriamento da fatia de favo de mel (1, 10, 60, 120) para reter substancialmente a forma da área de curvatura do molde (15) ou forma (14).

13. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pela fibra de alto módulo estar presente em uma quantidade de 60 a 80 partes em peso.

14. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo material termoplástico estar presente em uma quantidade de 20 a 40 partes em peso.

15. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pela fibra de alto módulo ser selecionada a partir do grupo que consiste de fibra de aramida, fibra de carbono, fibra de polibenzazol, fibra de polipiridazol e suas misturas.

16. FAVO DE MEL (1, 10, 60, 120), fabricado por meio do processo, conforme definido na reivindicação 1, caracterizado por, após a etapa de resfriamento, menos de 25% das células de favo de mel (2, 30, 50) na área de curvatura possuírem um ângulo de re-entrância (34, 54) de mais de 180 graus.

17. FAVO DE MEL (1, 10, 60, 120), fabricado por meio do processo, conforme definido na reivindicação 8, caracterizado por, após a etapa de resfriamento, menos de 25% das células de favo de mel (2, 30, 50) na área

de curvatura possuir um ângulo de re-entrância (34, 54) de mais de 180 graus.

18. FAVO DE MEL (1, 10, 60, 120), fabricado por meio do processo, conforme definido na reivindicação 12, caracterizado por, após a etapa de resfriamento, menos de 25% das células de favo de mel (2, 30, 50) na área de curvatura possuir um ângulo de re-entrância (34, 54) de mais de 180 graus.

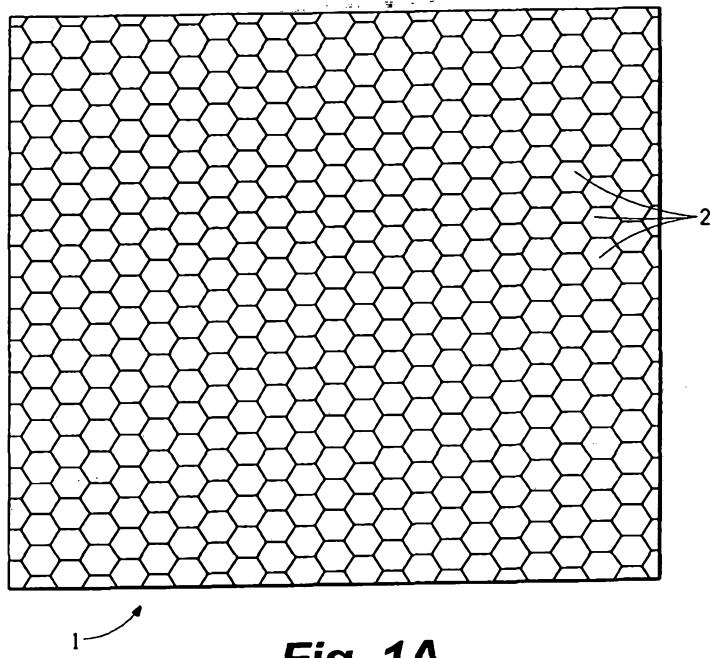


Fig. 1A

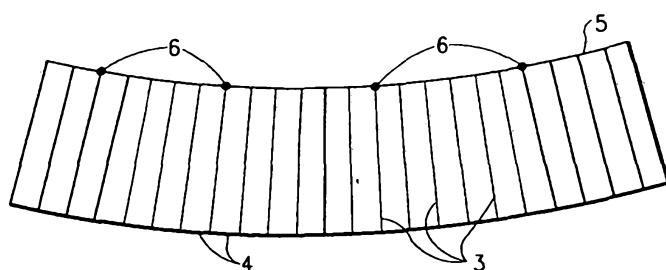


Fig. 1B

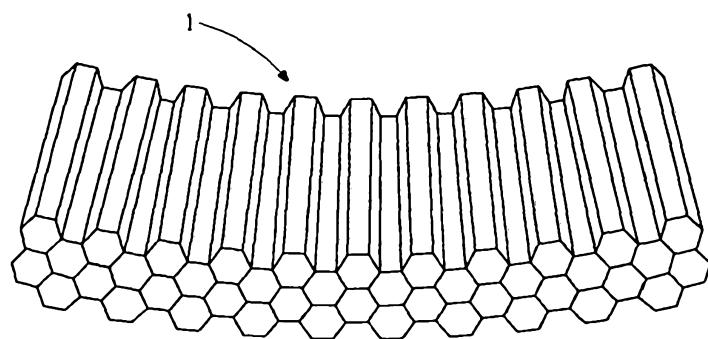


Fig. 2

Fig. 3A

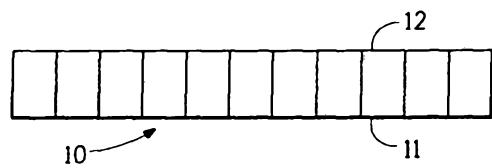


Fig. 3B

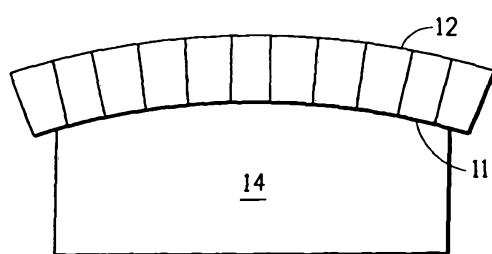
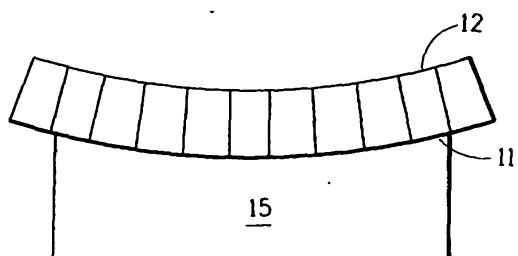
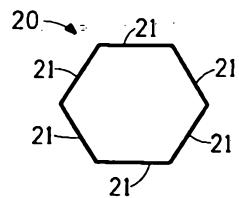
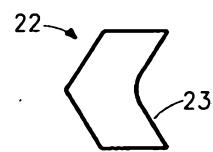
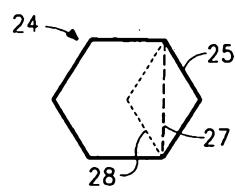
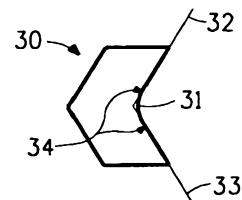
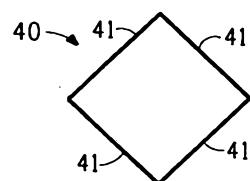
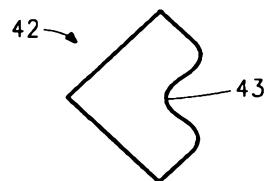
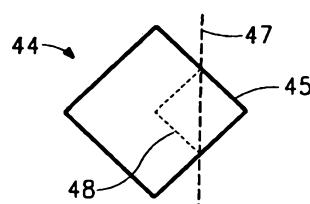
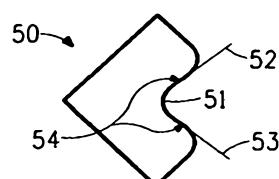


Fig. 3C



**Fig. 4A****Fig. 4B****Fig. 4C****Fig. 4D****Fig. 5A****Fig. 5B****Fig. 5C****Fig. 5D**

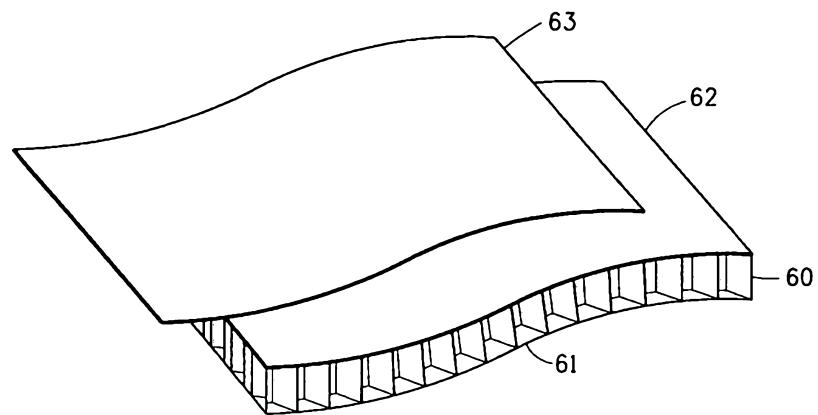


Fig. 6

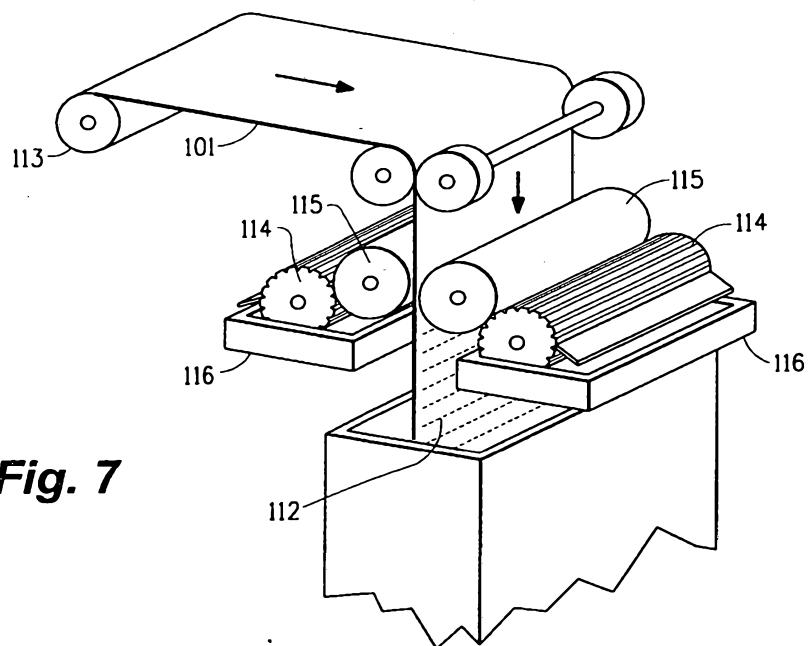


Fig. 7

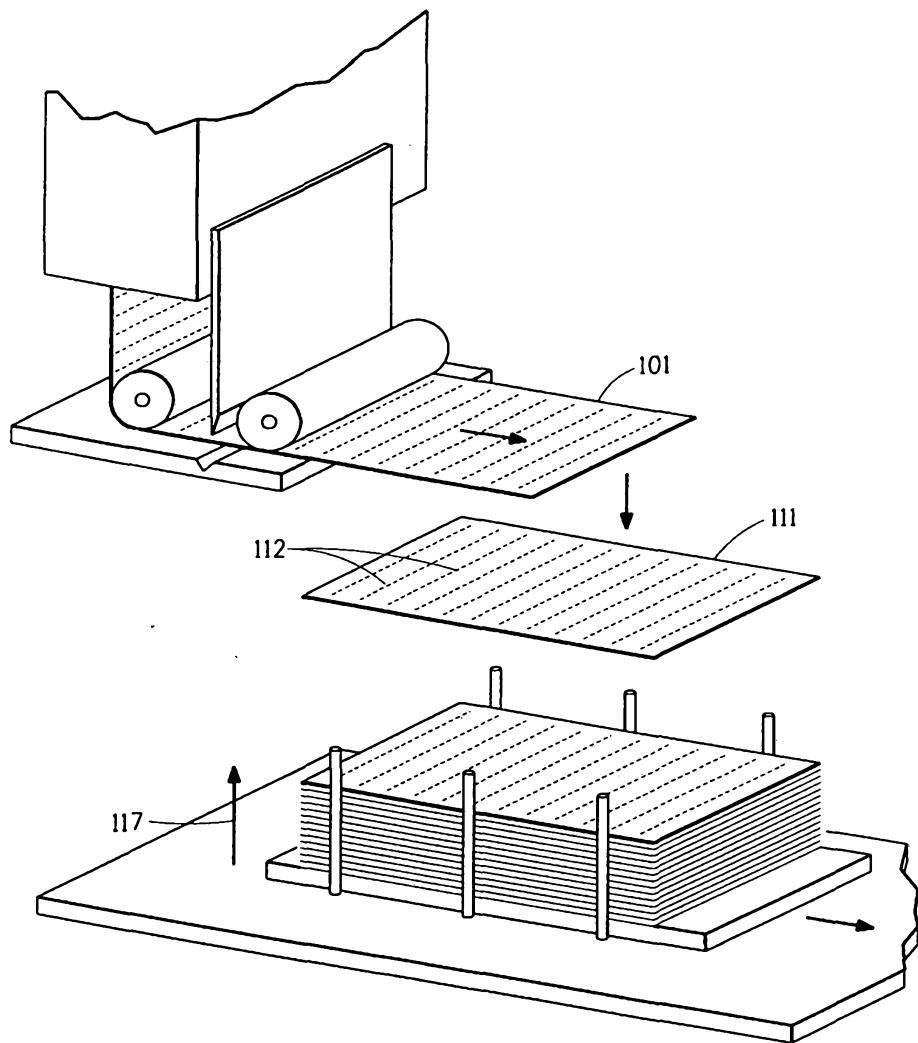


Fig. 8

Fig. 9

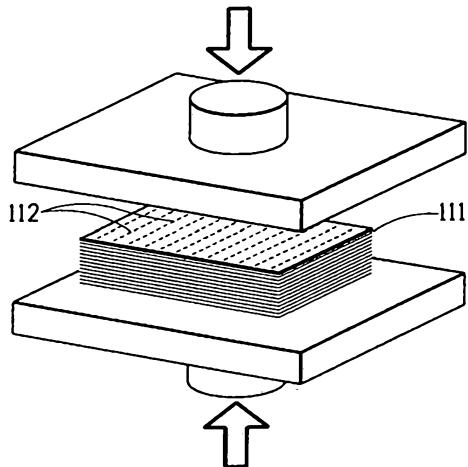


Fig. 10A

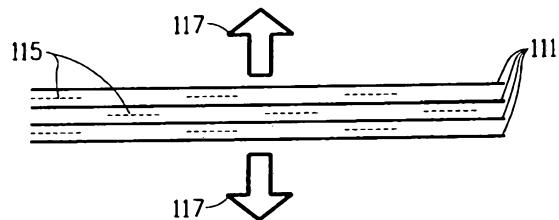
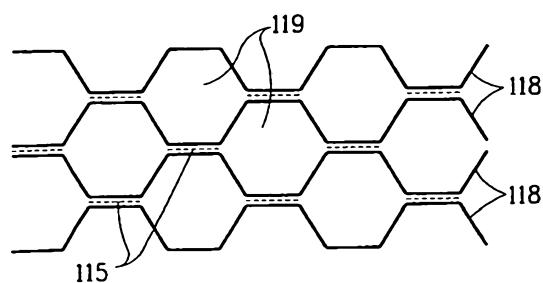


Fig. 10B



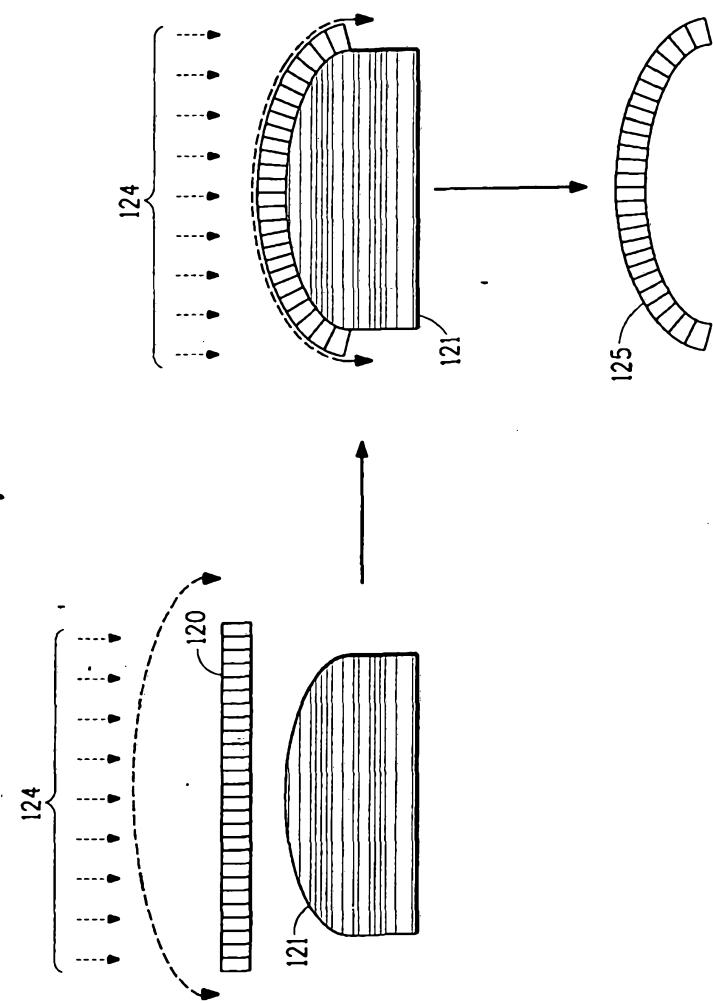


Fig. 11A

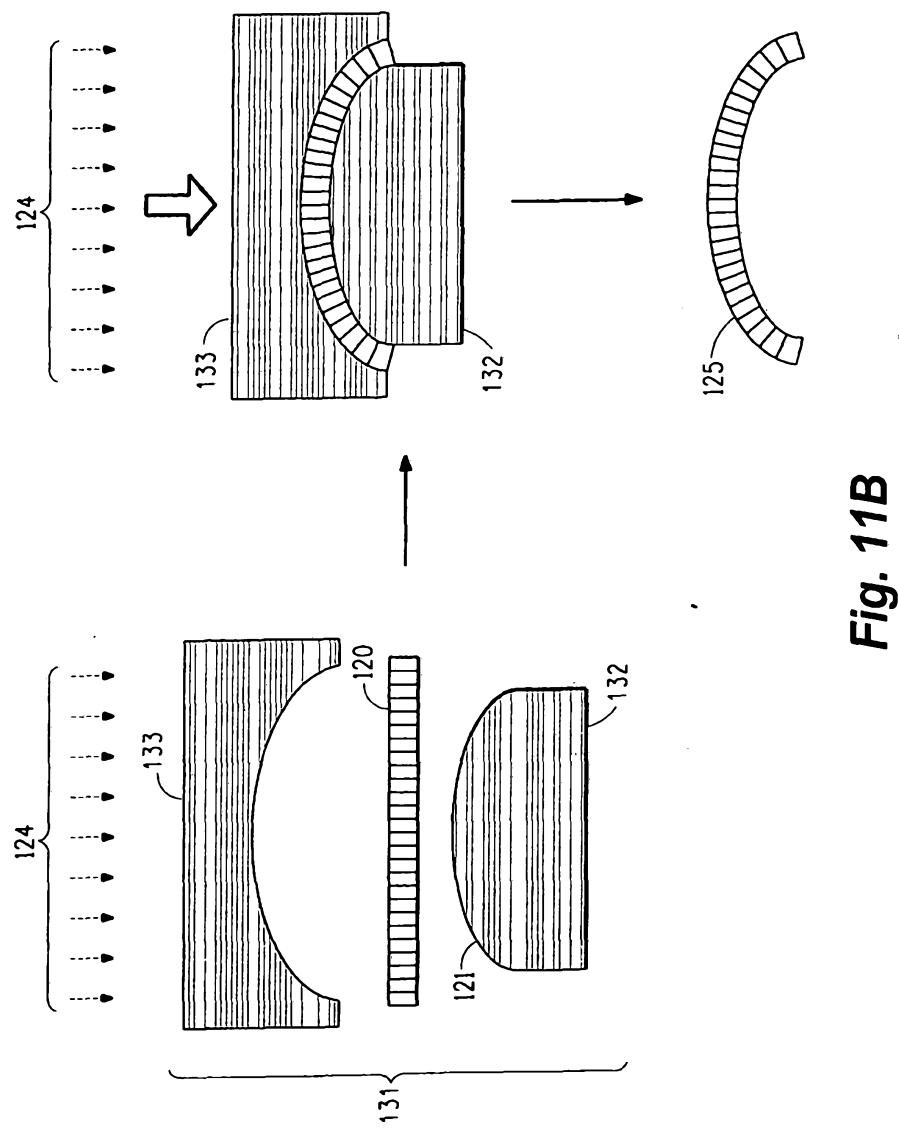


Fig. 11B