



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

(21) PI 0718733-5 A2



(22) Data de Depósito: 14/12/2007
(43) Data da Publicação: 03/12/2013
(RPI 2239)

(51) Int.Cl.:
D21H 13/00
D21H 27/00
B31D 3/02

(54) Título: 'FAVO DE MEL, ARTIGO, ESTRUTURA AERODINÂMICA E PAINEL' **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 15/12/2006 US 11/639,467

(73) Titular(es): E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY

(72) Inventor(es): GARY LEE HENDREN, MIKHAIL R. LEVIT,
Subhotosh Khan

(74) Procurador(es): ARTUR FRANCISCO SCHAAL

(86) Pedido Internacional: PCT US2007025719 de
14/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/076405de
26/06/2008

“FAVO DE MEL, ARTIGO, ESTRUTURA AERODINÂMICA E PAINEL”

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um favo de mel de alto desempenho cuja espessura é substancialmente insensível às mudanças de
5 temperaturas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

O favo de mel de alto módulo é utilizado em diversas aplicações onde a estabilidade dimensional com as mudanças de temperatura é importante, tal como em aviões. Tradicionalmente, tal favo de mel foi fabricado
10 a partir do papel fabricado com a fibra de para-aramida de alto módulo e dos ligantes de fibrídeos de meta-aramida. Devido à natureza destes materiais de aramida, os favos de mel fabricados a partir dos mesmos são muito dimensionalmente estáveis. Potencialmente, os papéis fabricados com os ligantes termoplásticos, quando fabricados em favo de mel, podem fornecer
15 uma modelagem mais fácil do favo de mel durante seu processamento no painel em sanduíche final de configuração desejada. Entretanto, os favos de mel fabricados com ligantes termoplásticos podem sofrer mudanças dimensionais excessivas com as mudanças de temperatura. Portanto, é necessária uma composição de papel utilizando um ligante termoplástico, que
20 quando fabricado em favo de mel resulta em um favo de mel que é substancialmente insensível de modo dimensional à temperatura durante um amplo intervalo de temperatura.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um favo de mel que possui
25 paredes celulares fornecidas com uma resina estrutural ou matriz, os planos das paredes celulares sendo paralelos à dimensão Z do favo de mel, as paredes celulares do favo de mel compreendem de 5 a 35 partes em peso do material termoplástico possuindo um ponto de fusão de 120° C a 350° C e um

coeficiente de expansão térmica de 180 ppm/°C ou menor; e de 65 a 95 partes em peso de uma fibra de alto módulo possuindo um módulo de 525 gramas por denier (480 gramas por dtex) ou maior e possuindo um coeficiente axial de expansão térmica de 2 ppm/°C ou menor, com base na quantidade total da fibra de alto módulo e termoplástica nas paredes celulares do favo de mel; em que o favo de mel possui um coeficiente de expansão térmica na dimensão Z de 10 ppm/°C ou menor, conforme medido pela norma ASTM E831. A presente invenção também se refere aos artigos fabricados a partir do favo de mel, incluindo os painéis e as estruturas aerodinâmicas.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

As Figuras 1a e 1b são representações de vistas de um favo de mel em formato hexagonal.

A Figura 2 é uma representação de outra vista de um favo de mel em formato celular hexagonal.

A Figura 3 é uma ilustração de um favo de mel fornecido com folhas de face(s).

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um favo de mel fabricado a partir de um papel que compreende a fibra de alto módulo e o material termoplástico cuja espessura, ou dimensão "Z", é substancialmente insensível às mudanças de temperatura.

A Figura 1a é uma ilustração de um favo de mel da presente invenção. A Figura 1b é uma vista ortogonal do favo de mel mostrado na Figura 1a e a Figura 2 é uma vista tridimensional do favo de mel. É mostrado um favo de mel 1 que possui células hexagonais 2. A dimensão "Z" ou a espessura do favo de mel é mostrada na Figura 2. As células hexagonais são mostradas; entretanto, outras disposições geométricas são possíveis com células quadradas e de núcleo flexível sendo a outra possível disposição mais comum.

Tais tipos celulares são bem conhecidos no estado da técnica e pode ser feita a referência ao *Honeycomb Technology* de T. Bitzer (Chapman & Hall, editores, 1997) para informação adicional sobre possíveis tipos celulares geométricos.

O favo de mel é fornecido com uma resina estrutural ou da matriz, tipicamente, uma resina termorígida que impregna, satura ou reveste completamente as paredes celulares do favo de mel. A resina é então reticulada ou curada ainda para obter as propriedades finais (rigidez e resistência) do favo de mel. Em algumas realizações, estas resinas estruturais incluem as resinas epóxi, resinas fenólicas, resinas acrílicas, resinas de poliimida e suas misturas.

O favo de mel da presente invenção possui um coeficiente de expansão térmica (CTE) na dimensão Z de 10 ppm/ °C ou menor conforme medido pela norma ASTM E 831, de preferência, 5 ppm/ °C ou menor. Tal estabilidade dimensional é crítica para tais aplicações como as aplicações do espaço exterior onde o material (caso estiver em rotação) estará no ciclo entre dois extremos de temperatura criando um enfraquecimento significativo da estrutura conforme ela expande e contrai. Outras aplicações incluem as extremidades das estruturas da asa onde o favo de mel é exposto às mudanças de temperatura extremas entre a decolagem/ pouso e o vôo (acima de cerca de 8.000 metros). É desejado que tais materiais não possuam uma mudança dimensional com a temperatura, ou que o CTE esteja o mais próximo de zero possível. Portanto, conforme utilizado no presente, uma limitação do CTE positiva significa que a dimensão do material não aumenta ou expande mais do que a quantidade; uma limitação CTE negativa significa que a dimensão não diminui ou contrai mais do que a quantidade.

O CTE do favo de mel pode ser medido diretamente no favo de mel utilizando um analisador termomecânico TA Instruments. O tamanho do espécime preferido é de 6 mm x 6 mm x 25 mm (direção da medida) para um

favo de mel do tamanho da célula de 3 mm. Estas medidas também podem ser fabricadas nos favos de mel estabilizados (isto é, favos de mel fornecidos com uma ou mais folhas de face) onde as propriedades das folhas de face são subtraídas das propriedades compósitas.

5 As paredes celulares do favo de mel são formadas, de preferência, a partir de um papel que compreende uma fibra de alto módulo e um material termoplástico. Em algumas realizações, o termo papel é empregado em seu significado normal e se refere a uma folha não tecida preparada utilizando os processos e equipamentos de fabricação de papel por
10 deposição úmida convencional. Entretanto, a definição do papel em algumas realizações inclui, em geral, qualquer folha não tecida que requer um material ligante e possui propriedades suficientes para fornecer uma estrutura em favo de mel adequada.

 A espessura do papel utilizado na presente invenção é
15 dependente do uso final ou das propriedades desejadas do favo de mel e, em algumas realizações, é tipicamente de 1 a 5 mils (25 a 130 μm) de espessura. Em algumas realizações, o peso de base do papel é de 0,5 a 6 onças por jardas quadradas (15 a 200 gramas por metro quadrado).

 O papel utilizado no favo de mel da presente invenção
20 compreende de 5 a 35 partes em peso do material termoplástico possuindo um ponto de fusão de 120° C a 350° C e um coeficiente de expansão térmica inferior a 180 ppm/ °C; e de 65 a 95 partes em peso de uma fibra de alto módulo possuindo um módulo de 525 gpd (480 gramas por dtex) ou maior e um CTE axial de 2 ppm/°C ou menor, com base na quantidade total da fibra de alto
25 módulo e do material termoplástico no papel. Em algumas realizações preferidas, o termoplástico possui um CTE inferior a 100 ppm/ °C e, em algumas realizações preferidas, a fibra de alto módulo possui um CTE axial de (-1) ppm/ °C ou menor. Em algumas realizações, a fibra de alto módulo está

presente no papel em uma quantidade de cerca de 80 a 95 partes em peso, e em algumas realizações, o material termoplástico está presente no papel em uma quantidade de 5 a 20 partes em peso. Em algumas realizações, pelo menos 50% em peso da fibra de alto módulo na composição do papel está na forma de floco.

O papel também pode incluir partículas inorgânicas e as partículas representativas incluem a mica, vermiculita e similares; a adição destas partículas pode proporcionar propriedades tais como a resistência ao fogo aprimorada, condutividade térmica, estabilidade dimensional e similares ao papel e ao favo de mel final.

O papel utilizado na presente invenção pode ser formado no equipamento de qualquer escala, de telas de laboratório até maquinaria de fabricação de papel de tamanho comercial, incluindo tais máquinas utilizadas comumente como a Fourdrinier ou máquinas de papel de fio inclinado. Um processo típico envolve a fabricação de uma dispersão de material fibroso de alto módulo, tal como um floco e/ou polpa e um material ligante em um líquido aquoso, drenando o líquido da dispersão para gerar uma composição úmida e secando a composição de papel úmido. A dispersão pode ser fabricada pela dispersão das fibras e, então, pela adição do material ligante ou pela dispersão do material ligante e então pela adição das fibras. A dispersão final também pode ser fabricada pela combinação de uma dispersão das fibras com uma dispersão do material ligante; a dispersão pode incluir, opcionalmente, outros aditivos, tais como os materiais inorgânicos. Se o material ligante for uma fibra, a fibra pode ser adicionada na dispersão ao primeiro fabricar uma mistura com as fibras de alto módulo, ou a fibra pode ser adicionada separadamente na dispersão. A concentração das 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 ligante na dispersão pode ser de até 35% em peso com base no peso total dos

sólidos. Em um processo típico, o líquido aquoso da dispersão é, em geral, a água, mas pode incluir diversos outros materiais, tais como os materiais de ajuste do pH, auxiliares de formação, tensoativos, anti-espumantes e similares. O líquido aquoso é geralmente drenado da dispersão pela condução da dispersão sobre uma tela ou outro suporte perfurado, retendo os sólidos dispersos e, então, passando o líquido para gerar uma composição de papel úmido. A composição úmida, uma vez formada no suporte, é geralmente drenada a água em vácuo ou por outras forças de pressão e, ainda, seca pela evaporação do líquido remanescente.

Em uma realização preferida, o material fibroso de alto módulo e um ligante termoplástico, tal como uma mistura de fibras curtas ou fibras curtas e as partículas ligantes, podem ser transformados em calda para formar uma mistura que é convertida em papel em uma tela de fio ou correia. É feita referência às patentes e pedidos de patente US 3.756.908 de Gross; US 4.698.267 e US 4.729.921 de Tokarsky; US 5.026.456 de Hesler et al.; US 5.223.094 de Kirayoglu et al.; US 5.314.742 de Kirayoglu et al.; US 6.458.244 e US 6.551.456 de Wang et al.; e US 6.929.848 e 2003-0082974 de Samuels et al., para os processos ilustrativos para a formação de papéis de diversos tipos de material fibroso e ligantes.

Uma vez que o papel de aramida é formado, ele é, de preferência, calandrado a quente. Isto pode aumentar a densidade e a resistência do papel. Geralmente uma ou mais camadas de papel são calandradas na junção entre os rolos de metal-metal, metal-compósito ou compósito-compósito. Alternativamente, uma ou mais camadas de papel podem ser comprimidas em uma prensa plana em uma pressão, temperatura e tempo que são ótimas para uma composição particular e uma aplicação final. A calandragem do papel, deste modo, também diminui a porosidade do papel formado e, em algumas realizações preferidas, o papel utilizado no favo de mel

é o papel calandrado. O tratamento a quente do papel, tais como os aquecedores radiantes ou rolos não juntos, como uma etapa independente antes, após ou ao invés da calandragem ou da compressão, pode ser conduzido caso o reforço ou alguma outra modificação na propriedade seja desejada, sem, ou em a adição à, densificação.

O favo de mel compreende as fibras de alto módulo; conforme utilizado no presente, as fibras de alto módulo são aquelas que possuem um módulo de Young ou de tensão de 525 gramas por denier (480 gramas por dtex) ou maior. O módulo elevado da fibra fornece a rigidez necessária da estrutura de favo de mel final e do painel correspondente. Em uma realização preferida, o módulo de Young da fibra é de 900 gramas por denier (820 gramas por dtex) ou maior. Em uma realização preferida, a tenacidade da fibra é de pelo menos 21 gramas por denier (19 gramas por dtex) e sua elongação é de pelo menos 2% de modo a fornecer maior nível das propriedades mecânicas para a estrutura de favo de mel final. O CTE final da fibra de alto módulo é de 2 ppm/ °C ou menor e, em uma realização preferida, é (-1) ppm/ °C ou menor.

Em uma realização preferida, a fibra de alto módulo é a fibra resistente ao calor. Por “fibra resistente ao calor” entende-se que a fibra retém, de preferência, 90% de seu peso da fibra quando aquecido ao ar a 500° C em uma velocidade de 20° C por minuto. Tal fibra é normalmente resistente à chama, significando que a fibra ou um tecido fabricado a partir da mesma possui um Índice de Oxigênio Limitante (LOI), tal que a fibra ou o tecido não irá suportar uma chama ao ar, o intervalo de LOI preferido sendo de cerca de 26 e maior.

As fibras de alto módulo pode estar na forma de um floco ou uma polpa ou uma de suas misturas, entretanto, em muitas realizações, o floco é a forma da fibra preferida. Por “floco” entende-se as fibras que possuem um comprimento de 2 a 25 milímetros, de preferência, de 3 a 7 milímetros e um

diâmetro de 3 a 20 micrômetros, de preferência, de 5 a 14 micrômetros. O floco é, em geral, fabricado pelo corte de filamentos fiados contínuos em pedaços de comprimentos específicos. Se o comprimento do floco for inferior a 2 milímetros, ele é geralmente muito curto para fornecer um papel com resistências adequadas; se o comprimento do floco for superior a 25 milímetros, é muito difícil de formar redes de deposição a úmido uniformes. Um floco que possui um diâmetro inferior a 5 μm e, em especial, inferior a 3 μm , é difícil de produzir com uniformidade seccional transversal e reprodutibilidade adequada; se o diâmetro do floco for maior de que 20 μm , é muito difícil formar os papéis uniformes de pesos de base de leve a médio.

O termo "polpa", conforme utilizado no presente, significa as partículas de material de alto módulo possuindo uma haste e fibrilas que se prolongam geralmente a partir da mesma, em que a haste é geralmente colunar e de cerca de 10 a 50 micrômetros de diâmetro e as fibrilas são membros tipo cabelo, finos, geralmente ligados à haste medindo apenas uma fração de um micrômetro ou de apenas poucos micrômetros de diâmetro e de cerca de 10 a 100 micrômetros de comprimento.

Em algumas realizações, as fibras de alto módulo úteis na presente invenção incluem a fibra fabricada a partir do polímero de para-aramida, polibenzazol, polipiridazol, poliésteres de cristal líquido, carbono ou suas misturas. Em uma realização preferida, a fibra de alto módulo é fabricada a partir do polímero de aramida, especialmente o polímero de para-aramida. Em uma realização especialmente preferida, a fibra de alto módulo é a poli(tereftalamida de *para*-fenileno).

Conforme empregado no presente, o termo aramida significa uma poliamida em que pelo menos 85% das ligações de amida (-CONH-) estão ligadas diretamente a dois anéis aromáticos. Por "*para*-aramida" entende-se dois anéis ou radicais que são *para* orientados com relação entre si ao longo

da cadeia molecular. Os aditivos podem ser utilizados com a aramida. Na verdade, foi descoberto que até 10% em peso, de outro material polimérico pode ser misturado com a aramida ou que os copolímeros podem ser utilizados possuindo 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 a poli(tereftalamida de para-fenileno). Os métodos para a fabricação das fibras de para-aramida úteis na presente invenção são geralmente descritos, por exemplo, nas patentes US 3.869.430; US 3.869.429 e US 3.767.756. Tais fibras de poliamida aromáticas e diversas formas destas fibras estão disponíveis pela E. I. DuPont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware com o nome comercial de fibras de Kevlar® e pela Teijin, Ltd., com o nome comercial de Twaron®.

As fibras de polibenzazol disponíveis comercialmente e úteis na presente invenção incluem as fibras de Zylon® PBO-AS (poli-(*p*-fenileno-2,6-benzobisoxazol)), fibra de Zylon® PBO-HM (poli-(*p*-fenileno-2,6-benzobisoxazol)), disponível pela Toyobo, Japão. As fibras de carbono disponíveis comercialmente e úteis na presente invenção incluem as fibras de Tenax® disponíveis pela Toho Tenax America, Inc. As fibras de poliéster de cristal líquido disponíveis comercialmente úteis na presente invenção incluem a fibra de Vectran® HS disponível pela Swicofil AG Textile Services.

O favo de mel da presente invenção possui de 5 a 35 partes em peso do material termoplástico possuindo um ponto de fusão de 120° C a 350° C e um CTE de 180 ppm/° C ou menor, e em algumas realizações preferidas, de 100 ppm/° C ou menor. Termoplástico significa que possui sua definição de polímero tradicional; estes materiais fluem como um líquido viscoso quando aquecidos e solidificam quando resfriados, e o faz de forma reversível diversas vezes nas etapas de aquecimento e resfriamento subseqüentes. 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 os papéis possam ser fabricados com o material termoplástico possuindo um ponto de fusão inferior a 120° C, este papel pode estar suscetível ao fluxo de fusão indesejável, adesão e outros problemas após a fabricação do papel. Por exemplo, durante a fabricação do favo de mel, após o adesivo de linha de nó ser aplicado ao papel, em geral, calor é aplicado para remover o solvente do adesivo. Em outra etapa, as folhas de papel são prensadas juntas para aderir as folhas nas linhas de nó. Durante estas etapas, se o papel possuir material termoplástico de ponto de fusão baixo, aquele material pode fluir e aderir de modo indesejável as folhas de papel no equipamento de fabricação e/ou nas outras folhas. Portanto, de preferência, os materiais termoplásticos utilizados nos papéis podem fundir ou fluir durante a formação e a calandragem do papel, mas não fundem ou fluem de modo apreciável durante a fabricação do favo de mel. Os materiais termoplásticos que possuem um ponto de fusão acima 350° C são indesejáveis porque requerem tais temperaturas elevadas para amolecer e os outros componentes no papel podem começar a degradar durante a fabricação do papel. Nas outras realizações onde mais de um tipo de material termoplástico está presente, então, pelo menos 30% do material termoplástico deve possuir um ponto de fusão não acima de 350° C.

O CTE para um polímero, fibra ou favo de mel é medido por um analisador termomecânico conforme especificado no método de teste ASTM E831. As amostras de polímero podem ser testadas diretamente. As amostras de fibra são freqüentemente testadas como compósitos unidirecionais. As fibras são alinhadas em uma única direção e, então, impregnadas com uma resina termorígida, tal como uma resina epóxi. O coeficiente de expansão térmica é então medida na direção axial. As amostras de favo de mel são testadas na direção Z. O teste deve ser realizado em paredes celulares

múltiplas, pela conexão de uma célula ou pelo teste na extremidade de uma célula.

O material termoplástico liga a fibra de alto módulo no papel utilizado no favo de mel. O material termoplástico pode estar na forma de flocos, partículas, polpa, fibrídeos, pequenos flocos ou suas misturas. Em algumas realizações, estes materiais podem formar partículas do tipo filme distintas no papel possuindo uma espessura de cerca de 0,1 a 5 μm e uma dimensão mínima perpendicular àquela espessura de pelo menos 30 μm . Em uma realização preferida, a dimensão máxima da partícula perpendicular à espessura é de no máximo 1,5 mm.

O material termoplástico útil na presente invenção inclui o material termoplástico selecionado a partir do grupo que consiste em poliéster, poliolefina, poliamida, polietercetona, polieteretercetona, poliamida-imida, poliéter-imida, polifenileno sulfeto, poliéster de cristal líquido e suas misturas. Em algumas realizações preferidas, o material termoplástico inclui os polímeros e/ou copolímeros de polipropileno ou poliéster.

O termo "fibrídeos", conforme utilizado no presente, significa um produto de polímero muito finamente dividido de partículas pequenas, membranosas, essencialmente bidimensionais possuindo um comprimento e uma largura na ordem de 100 a 1.000 micrômetros e uma espessura apenas na ordem de 0,1 a 1 micrômetro. Os fibrídeos são, tipicamente, fabricados ao jorrar uma solução polimérica em um banho de coagulação de líquido que é imiscível com o solvente da solução. A corrente de solução polimérica é submetida às forças de cisalhamento estrênuas e à turbulência a medida que o polímero é coagulado.

Em algumas realizações, o poliéster termoplástico preferido utilizado no papel da presente invenção é polímero de tereftalato de polietileno (PET) ou o naftalato de polietileno (PEN). Estes polímeros podem incluir uma

variedade de comonômeros, incluindo o dietileno glicol, ciclo-hexanodimetanol, poli(etileno glicol), ácido glutárico, ácido azeláico, ácido sebácico, ácido isoftálico e similares. Em adição a estes comonômeros, os agentes de ramificação como o ácido trimésico, ácido piromelítico, trimetilolpropano e trimetiloletano, e o pentaeritritol podem ser utilizados. O PET pode ser obtido pelas técnicas de polimerização conhecidas do ácido tereftálico ou seus ésteres de alquila inferiores (por exemplo, tereftalato de dimetila) e etileno glicol ou as misturas dos mesmos. O PEN pode ser obtido pelas técnicas de polimerização conhecidas do ácido de 2,6-naftaleno dicarboxílico e do etileno glicol.

Em outras realizações, os poliésteres termoplásticos preferidos utilizados são os poliésteres cristalinos líquidos. Por “poliéster cristalino líquido” (LCP) no presente, indica-se um polímero de poliéster que é anisotrópico quando testado utilizando o teste TOT ou qualquer variação razoável do mesmo, conforme descrito na patente US 4.118.372, que é inclusa no presente como referência. Uma forma preferida de LCP é “todo aromático”, isto é, todos os grupos na cadeia principal do polímero são aromáticos (exceto para os grupos de ligação, tal como os grupos éster), mas os grupos laterais que não são aromáticos podem estar presentes. O LCP útil como material termoplástico na presente invenção possui um ponto de fusão de até 350° C. Um LCP preferido da presente invenção inclui os graus correspondentes de Zenite[®] disponíveis pela DuPont Co e Vectra[®] LCP, disponível pela Ticona Co.

Outros materiais, particularmente aqueles freqüentemente encontrados ou fabricados para a utilização nas composições termoplásticas também podem estar presentes no material termoplástico. Estes materiais devem ser, de preferência, quimicamente inertes e, de modo razoável, termicamente estáveis nas condições ambientais operantes do favo de mel. Tais materiais podem incluir, por exemplo, uma ou mais cargas, agentes de

reforço, pigmentos e agentes nucleantes. Outros polímeros também podem estar presentes, formando, deste modo, as misturas de polímeros. Em algumas realizações, outros polímeros estão presentes e é preferido que eles sejam inferiores a 25% em peso da composição. Em outra realização preferida, outros polímeros não estão presentes no material termoplástico exceto por uma pequena quantidade total (menos de 5% em peso) dos polímeros, tais como aqueles que funcionam como lubrificantes e auxiliares do processamento.

Uma realização da presente invenção é um artigo que compreende um favo de mel fabricado a partir de um papel que compreende uma fibra de alto módulo e um material termoplástico, em que o material termoplástico possui um ponto de fusão de 120° C a 350° C e um CTE de 180 ppm/ °C; e de preferência, 100 ppm/ °C ou menor, e em que o favo de mel possui um coeficiente de expansão térmica na dimensão Z de 10 ppm/ °C ou menor, de preferência, 5 ppm/ °C ou menor, conforme medido pela norma ASTM E 831. Quando utilizado em artigos, o favo de mel pode funcionar, caso desejado, como um componente estrutural. Em algumas realizações preferidas, o favo de mel é utilizado pelo menos em parte em uma estrutura aerodinâmica. Em algumas realizações, o favo de mel possui utilização como um componente estrutural em satélites. Devido às propriedades estruturais leves do favo de mel, uma utilização preferida são as estruturas aerodinâmicas, em que os pesos mais leves possibilitam economias de combustível ou força requerida para propelir um objeto através do ar.

Outra realização da presente invenção é um painel que compreende um favo de mel fabricado a partir de um papel que compreende uma fibra de alto módulo e o material termoplástico, em que o material termoplástico está pelo menos parcialmente presente no papel na forma de partículas do tipo filme distinta. Uma ou mais faces das folhas podem estar ligadas à face do favo de mel da presente invenção para formar um painel. As faces das folhas

fornecem integridade à estrutura e auxiliam a concretizar as propriedades mecânicas do núcleo do favo de mel. Do mesmo modo, as faces das folhas podem selar as células do favo de mel para evitar que o material das células, ou das faces das folhas, possam ajudar a manter o material nas células. A

5 Figura 3 mostra o favo de mel 5 possuindo uma face da folha 6 ligada a uma face pela utilização de um adesivo. Uma segunda face da folha 7 está ligada à face oposta do favo de mel e o favo de mel, com as duas faces das folhas opostas ligadas, forma um painel. As camadas adicionais do material 8 podem ser ligadas a um lado do painel conforme desejado. Em algumas realizações

10 preferidas, as folhas da face aplicadas em ambos os lados do favo de mel contém duas camadas do material. Em algumas realizações preferidas, a folha da face compreende um tecido ou um tecido unidirecional transversal. Em algumas realizações, o tecido unidirecional transversal é um transversal 0/90. Caso desejado, a folha da face pode possuir uma superfície decorativa, tal

15 como estampagem ou outro tratamento para formar uma superfície externa que é agradável ao olhar. Os tecidos contendo fibra de vidro e/ou fibra de carbono são úteis como materiais de face da folha.

Em algumas realizações, o favo de mel pode ser fabricado pelos métodos, tais como aqueles descritos nas patentes US 5.137.768; US

20 5.789.059; US 6.544.622; US 3.519.510 e US 5.514.444. Estes métodos para a fabricação do favo de mel requerem, em geral, a aplicação ou impressão de um número de linhas de adesivo (linhas de nó) em um certo comprimento e pilha em uma superfície do papel alto módulo, seguido pela secagem do adesivo. Tipicamente, a resina adesiva é selecionada a partir das resinas epóxi, resinas

25 fenólicas, resinas acrílicas, resinas de poliimida e outras resinas, entretanto, é preferido que uma resina termorígida seja utilizada.

Após a aplicação das linhas de nó, o papel alto módulo é cortado em um intervalo pré-determinado para formar uma pluralidade de folhas. As

folhas cortadas são dobradas uma em cima das outras, tal que cada uma das folhas é mudada para a outra por metade de uma pilha ou uma metade do intervalo do adesivo aplicado. As folhas de papel contendo fibra de alto módulo dobrada são então unidas ao longo das linhas de nó pela aplicação de pressão e calor. As folhas unidas são então separadas ou expandidas nas direções perpendiculares para o plano das folhas para formar um favo de mel que possui células. Conseqüentemente, as células do favo de mel formadas são compostas de um conjunto plano de células colunares ocas separadas pelas paredes celulares fabricadas de faces de papel que foram unidas ao longo de uma série de linhas e que foram expandidas.

Em algumas realizações, o favo de mel é então tipicamente impregnado com uma resina estrutural após ser expandido. Tipicamente, isto é realizado pela imersão do favo de mel expandido em um banho de resina termorígida, entretanto, outras resinas ou meios, tais como sprays podem ser empregados para revestir e impregnar totalmente e/ou saturar o favo de mel expandido. Após o favo de mel ser completamente impregnado com resina, a mesma é então curada pelo aquecimento do favo de mel saturado para reticular a resina. Em geral, esta temperatura está no intervalo de 150° C a 180° C para muitas resinas termorígidas.

O favo de mel, antes ou após a impregnação e a cura da resina, pode ser cortado em pedaços. Deste modo, as seções finas múltiplas ou fatias de favo de mel podem ser obtidas a partir de um bloco grande de favo de mel. O favo de mel é, em geral, cortado perpendicular ao plano das extremidades celulares, tal que a natureza celular do favo de mel é preservada.

O favo de mel pode ainda compreender partículas inorgânicas e, dependendo do formato da partícula, da composição do papel particular e/ou outras razões, estas partículas podem ser incorporadas no papel durante a fabricação do papel (por exemplo, flocos de mica, vermiculite e similares) ou

podem ser incorporadas na matriz ou na resina estrutural (por exemplo, pó de sílica, óxidos metálicos e similares).

MÉTODOS DE TESTE

O coeficiente de expansão térmica para um polímero e o favo de mel é medido pela norma ASTM E831. O coeficiente da expansão térmica para uma fibra pode ser medido diretamente ou a partir de uma estrutura compósita segundo a norma ASTM E381.

Os pontos de fusão são medido pelo método de teste da norma ASTM D3418. Os pontos de fusão são obtidos como o máximo da fusão endotérmica e são medidos no segundo calor em uma velocidade de aquecimento de 10° C/ min. Se mais de um ponto de fusão estiver presente, o ponto de fusão do polímero é obtido como o maior dos pontos de fusão.

O módulo da fibra, resistência e alongação são medidos utilizando a norma ASTM D885. A densidade do papel é calculada utilizando a espessura do papel, conforme medido pela norma ASTM D374 e o peso de base conforme medido pela norma ASTM D646. O denier da fibra é medido utilizando a norma ASTM D1907.

EXEMPLOS

Este é um exemplo de um favo de mel que possui um baixo coeficiente de expansão térmica. Os *pellets* cortados em tiras de LCP são refinados em um refinador de disco giratório único Sprout- Waldron tipo C-2976-A de 30,5 cm de diâmetro em uma passagem com a fenda entre as placas sendo de cerca de 25 µm e uma velocidade de alimentação de cerca de 60 g/min e a adição contínua de água na quantidade de cerca de 4 Kg de água por 1 kg de *pellets*. O LCP possui a composição descrita no Exemplo 5 da patente US 5.110.896, derivado da hidroquinona/ 4,4'-bifenol/ ácido tereftálico/ ácido 2,6-naftalenodicarboxílico/ ácido 4-hidroxibenzóico na proporção molar de 50/50/70/30/350. Nenhuma transição vítrea pode ser observada para este

LCP e seu ponto de fusão é de cerca de 342° C. O coeficiente de expansão térmica no plano do LCP comprimido é de 35 ppm/ °C. A polpa de LCP resultante é refinada adicionalmente em um micropulverizador Bantam®, Model CF, para passar através de um filtro de malha 30. Um papel de aramida/ termoplástico contendo 70 partes em peso de floco de para-aramida e 30 partes em peso da polpa LCP; é formado no equipamento de formação de papel convencional. O floco de para-aramida é a fibra de poli(tereftalamida de para-fenileno) comercializada pela E. I. DuPont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware (DuPont) com o nome comercial de fibras de Kevlar® 49 e possui uma densidade linear do filamento nominal de 1,5 denier por filamento (1,7 dtex por filamento) e um comprimento de corte nominal de 6,7 mm. Esta fibra possui um módulo de tensão de cerca de 930 g/denier (850 g/dtex), uma resistência à tensão de cerca de 24 g/denier (22 g/dtex), uma elongação de cerca de 2,5% e um coeficiente axial de expansão térmica de -4 ppm/ °C. O papel é calandrado sob 1.200 N/cm de pressão linear a 335° C. Isto produz um papel de aramida/ termoplástico com uma densidade de 0,75 g/cm³.

Um favo de mel é então formado a partir do papel calandrado. As linhas de nó da resina do adesivo são aplicadas à superfície do papel em uma largura de 2,00 mm e uma pilha de 5 mm. O adesivo é uma solução de 50% de sólidos que compreende 70 partes em peso de uma resina epóxi identificada como Epon 826 comercializada pela Shell Chemical Co.; 30 partes em peso de uma resina epóxi modificada por elastômero identificada como Heloxy WC 8006 comercializada pela Wilmington Chemical Corp, Wilmington, DE, EUA; 54 partes em peso de um agente de cura de resina de bisfenol A –formaldeído identificado como UCAR BRWE 5400 comercializado pela Union Carbide Corp.; 0,6 partes em peso de 2-metilimidazol como um catalisador de cura, em um solvente de glicol éter identificado como Dowanol PM comercializado pela The Dow Chemical Company; 7 partes em peso de uma resina de poliéter

identificada como Eponol 55-B-40 comercializado pela Miller-Stephenson Chemical Co.; e 1,5 partes em peso de sílica coloidal pirogenada identificada como Cab-O-Sil comercializada pela Cabot Corp. O adesivo é parcialmente curado no papel em um forno a 130° C por 6,5 minutos.

5 A folha com as linhas de nó adesivas é cortada em comprimentos de 500 mm. 40 folhas são empilhadas uma em cima da outra, tal que cada uma das folhas é mudada para a outra por meia pilha ou metade do intervalo das linhas de nó adesivas aplicadas. A mudança ocorre alternadamente para um lado ou o outro, tal que a pilha final é uniformemente vertical.

10 As folhas empilhadas são então prensadas a quente no ponto de amolecimento do adesivo, ocasionando a fusão das linhas de nó adesivas; uma vez que o calor é removido, o adesivo então endurece para ligar as folhas entre si. Para o adesivo da linha de nó acima, a prensa a quente opera a 140° C por 30 minutos e então a 177° C por 40 minutos em uma pressão de 3,5 kg/ cm².

15 As folhas de aramida ligadas são então expandidas na direção contra a direção do empilhamento para formar células que possuem uma secção transversal equilateral. Cada uma das folhas é estendida entre si, tal que as folhas são dobradas ao longo das extremidades das linhas de nó ligadas e as porções não ligadas são estendidas na direção da força de tensão
20 para separar as folhas entre si. Uma estrutura é utilizada para expandir e manter o favo de mel no formato expandido.

O favo de mel expandido é então colocado em um banho contendo uma resina fenólica com base em solvente Plyophen 23900 da Durez Corporation. A resina fenólica é utilizada em uma forma líquida, em que a
25 resina é dissolvida ou dispensada em 2-propanol, água e etanol. A resina se adere e cobre a superfície interna das paredes celulares e também pode preencher e penetrar nos poros do papel

Após impregnar com resina, o favo de mel é retirado do banho e é

seco em uma fornalha secante por ar quente a 140° C por 30 minutos e a 177° C por 40 minutos para remover o solvente e endurecer a resina fenólica. A etapa de impregnação no banho de resina e a etapa de secagem na fornalha de secagem são repetidas duas vezes para atingir o teor total da resina termorigida no favo de mel de cerca de 33% em peso. A estrutura que segura o favo de mel é então removida. Uma amostra do favo de mel que possui um tamanho de 6 mm x 6 mm x 25 mm, quando testada de acordo com a norma ASTM E831 utilizando um Analisador Termomecânico Que-400 da TA Instruments (New Castle, Delaware (EUA)), não irá mostrar um CTE de cerca de 3 ppm/ °C.

REIVINDICAÇÕES

1. FAVO DE MEL, que possui paredes celulares fornecidas com uma resina estrutural ou matriz, os planos das paredes celulares sendo paralelos à dimensão Z do favo de mel, as paredes celulares do favo de mel
5 compreendem:

(a) de 5 a 35 partes em peso do material termoplástico possuindo um ponto de fusão de 120° C a 350° C e um coeficiente de expansão térmica inferior a 180 ppm/° C ou menor; e

(b) de 65 a 95 partes em peso de uma fibra de alto módulo
10 possuindo um módulo de 525 gramas por denier (480 gramas por dtex) ou maior e possuindo um coeficiente axial de expansão térmica de 2 ppm/ °C ou menor, com base na quantidade total da fibra de alto módulo e termoplástica nas paredes celulares do favo de mel;

- em que o favo de mel possui um coeficiente de expansão
15 térmica na dimensão Z de 10 ppm/ °C ou menor.

2. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que o material termoplástico está presente em uma quantidade de 5 a 20 partes em peso.

3. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que a
20 fibra de alto módulo está presente em uma quantidade de cerca de 80 a 95 partes em peso.

4. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que o material termoplástico possui um coeficiente de expansão térmica de 100 ppm/ °C ou menor.

5. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que a
25 fibra de alto módulo possui um coeficiente de expansão térmica de (-1) ppm/ °C ou menor.

6. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que o

favo de mel possui um coeficiente de expansão térmica na dimensão Z de 5 ppm/ °C ou menor.

7. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que o termoplástico é selecionado a partir do grupo que consiste em poliéster, poliolefina, poliamida, polietercetona, polieteretercetona, poliamida-imida, poliéter-imida, polifenileno sulfeto, poliéster de cristal líquido e suas misturas.

8. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que o material termoplástico inclui um aditivo inorgânico.

9. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos 50% em peso da fibra de alto módulo está na forma de floco.

10. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 9, em que o floco possui um comprimento de corte de 2 mm a 25 mm.

11. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que a fibra de alto módulo compreende uma fibra de poli(tereftalamida de para-fenileno).

12. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que a fibra de alto módulo é selecionada a partir do grupo do polímero de para-aramida, polibenzazol, polipiridazol, poliésteres de cristal líquido, carbono ou suas misturas.

13. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, em que a resina estrutural ou da matriz é uma resina termoestável.

14. FAVO DE MEL, de acordo com a reivindicação 1, que compreende partículas inorgânicas.

15. ARTIGO, que compreende o favo de mel conforme descrito na reivindicação 1.

16. ESTRUTURA AERODINÂMICA, que compreende o favo de mel conforme descrito na reivindicação 1.

17. PAINEL, que compreende o favo de mel conforme descrito

na reivindicação 1.

18. PAINEL, de acordo com a reivindicação 17, que compreende ainda uma folha de face ligada a uma face do favo de mel.

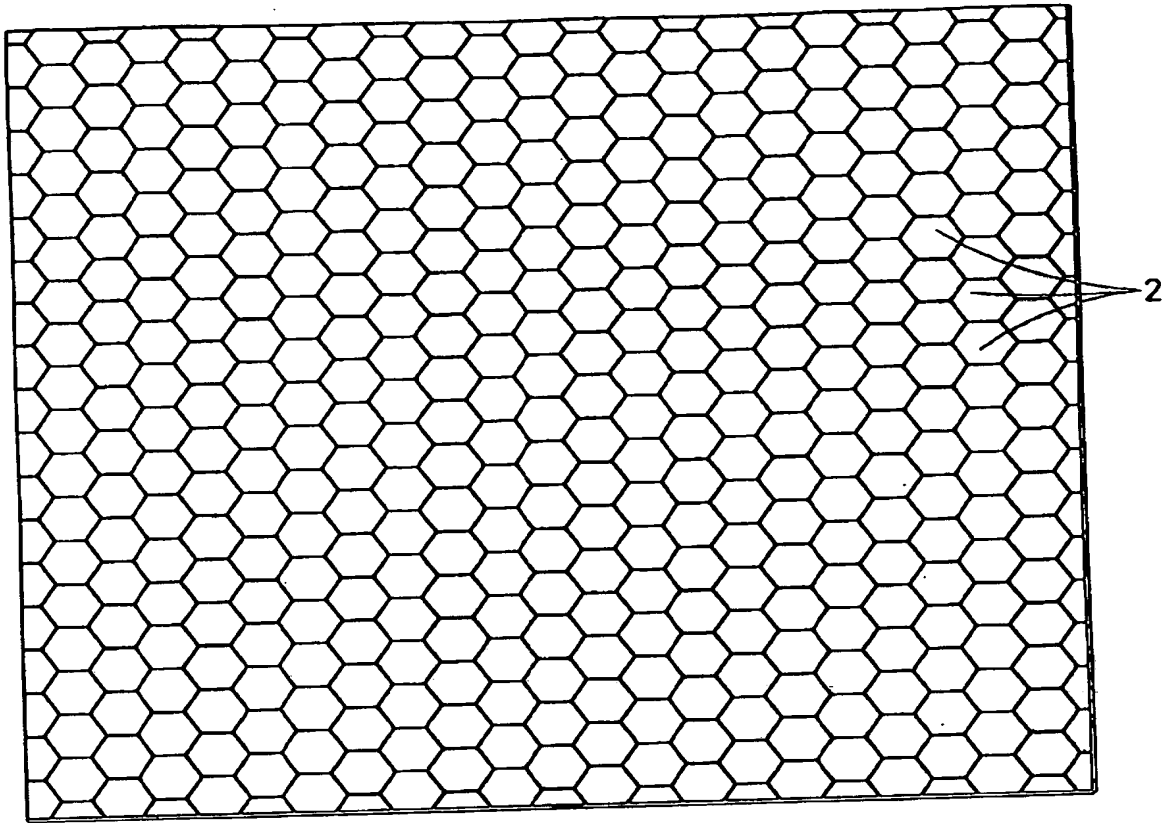


Fig. 1A

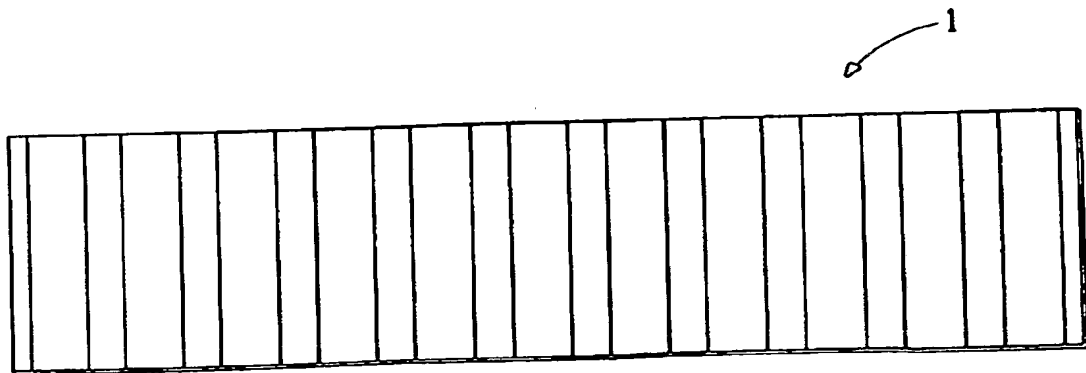


Fig. 1B

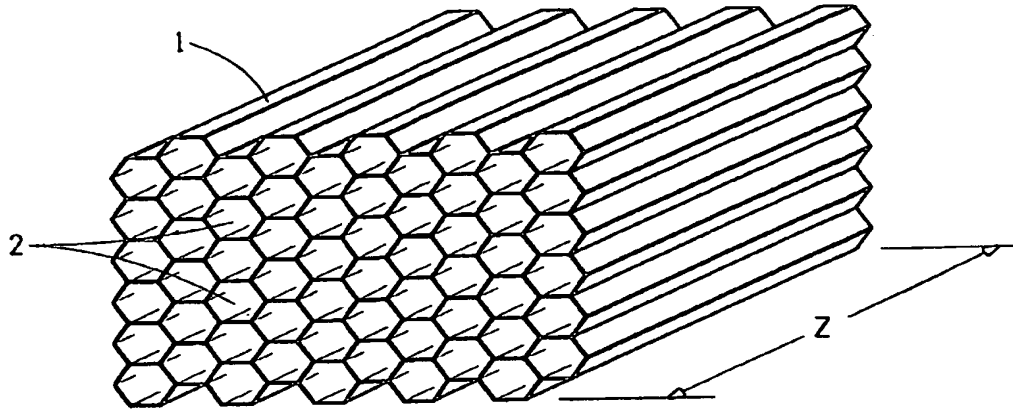


Fig. 2

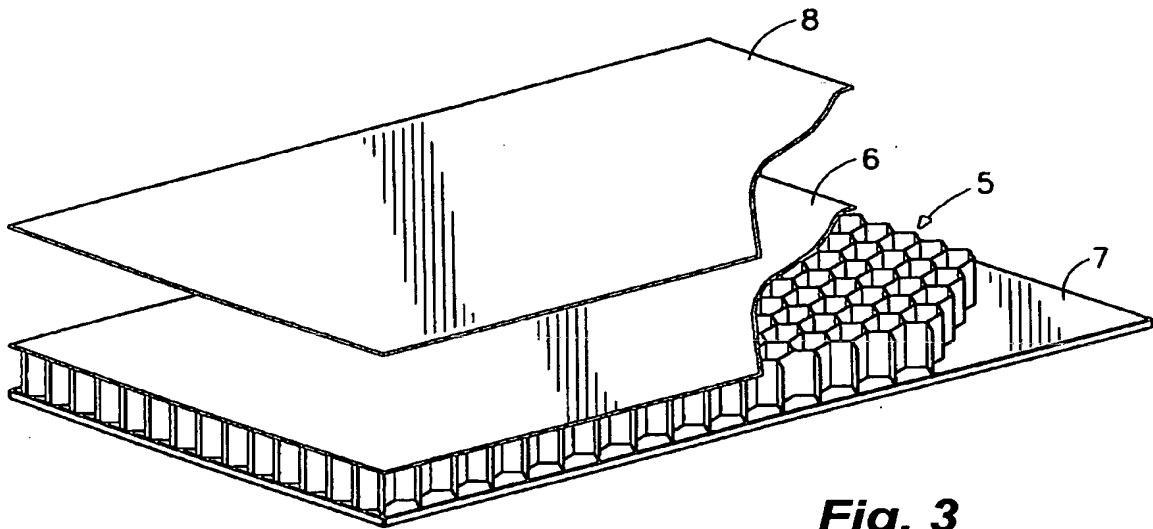


Fig. 3

RESUMO**“FAVO DE MEL, ARTIGO, ESTRUTURA AERODINÂMICA E PAINEL”**

A presente invenção se refere a um favo de mel e aos artigos fabricados a partir do mesmo, os artigos possuem paredes celulares fornecidos com uma resina estrutural ou matriz, os planos das paredes celulares sendo paralelos à dimensão Z do favo de mel, as paredes celulares do favo de mel compreendem de 5 a 35 partes em peso do material termoplástico possuindo um ponto de fusão de 120° C a 350° C e um coeficiente de expansão térmica de 180 ppm/° C ou menor; e de 65 a 95 partes em peso de uma fibra de alto módulo possuindo um módulo de 525 gramas por denier (480 gramas por dtex) ou maior e possuindo um coeficiente axial de expansão térmica de 2 ppm/°C ou menor, com base na quantidade total da fibra de alto módulo e termoplástica nas paredes celulares do favo de mel; em que o favo de mel possui um coeficiente de expansão térmica na dimensão Z de 10 ppm/ °C ou menor, conforme medido pela norma ASTM E831.