



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

**(11) PI 0718731-9 B1**

**(22) Data do Depósito:** 14/12/2007

**(45) Data de Concessão:** 17/07/2018



**(54) Título:** ESTRUTURAS EM FORMA DE FAVO DE MEL, ARTIGO, ESTRUTURA AERODINÂMICA E PAINEL

**(51) Int.Cl.:** B32B 3/12; B32B 27/02; B32B 27/04; B32B 27/34; B31D 3/02; D21H 13/26; D21H 17/55

**(30) Prioridade Unionista:** 15/12/2006 US 11/639,457

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

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

**“ESTRUTURAS EM FORMA DE FAVO DE MEL, ARTIGO, ESTRUTURA  
AERODINÂMICA E PAINEL”**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] A presente invenção se refere a uma estrutura em forma de favo de mel de alto desempenho melhorada fabricada a partir de uma fibra de poli(tereftalamida de parafenileno) (PPD-T) contendo papel e um ligante de poliamida alifática e os artigos fabricados a partir da estrutura em forma de favo de mel.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

[002] As patentes US 5.137.768 (D2) de Lin; US 5.789.059 de Nomoto; e US 6.544.622 de Nomoto descreve estruturas em forma de favos de mel fabricadas a partir das folhas de materiais de para-aramida de alto módulo de Young ou de tensão, doravante denominado “módulo”. Estas estruturas em forma de favos de mel são altamente valorizadas por suas aplicações estruturais devido à sua alta rigidez e alta proporção de resistência-peso. Em geral, estas estruturas em forma de favos de mel são fabricadas a partir de papéis que compreendem floco, polpa e/ou outros materiais fibrosos de para-aramida, mais um ligante. O módulo da estrutura em forma de favo de mel final esta diretamente relacionado à proporção da fibra de para-aramida na composição do papel. Ao mesmo tempo, a proporção de fibra de para-aramida no papel está limitada a um certo grau porque o ligante também deve estar presente para fornecer uma resistência adequada ao papel para processar o papel em estrutura em forma de favo de mel. Especificamente, acredita-se que a adesão do ligante na fibra no papel é decisivamente importante na fabricação da estrutura em forma de favo de mel superior. Caso o ligante selecionado para o papel não seja bem aderido à fibra, o papel resultante não possuirá uma resistência adequada para sobreviver à fabricação das estruturas em forma de favos de mel, ou a estrutura em forma de favo de mel resultante não irá

funcionar como uma estrutura unificada. O simples aumento da quantidade de ligante fraco no papel não irá compensar adequadamente esta falta de adesão.

[003] Portanto, é necessário um ligante que possua adesão superior à fibra e forneça um papel que possua uma resistência adequada para o processamento. Tal ligante também fornece mais flexibilidade ao projetar uma estrutura em forma de favo de mel, em que ele pode fornecer uma rota para minimizar a quantidade total de ligante na composição do papel e, portanto, aumentar a quantidade de fibra de para-aramida na composição do papel e da estrutura em forma de favo de mel; ou caso seja utilizado um excesso de ligante, reduz ou elimina a necessidade de uma resina de matriz termoeestável na estrutura em forma de favo de mel.

#### **DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO**

[004] A presente invenção se refere a uma estrutura em forma de favo de mel que possui paredes celulares que compreendem papel possuindo um índice de tensão específico médio de 310 N.m/g (60 (lbs/in)/opsy) ou maior; o papel compreende de 3 a 30 partes em peso de ligante de poliamida alifática, e de 70 a 97 partes em peso de uma fibra de poli(tereftalamida de parafenileno) possuindo um módulo de 550 gramas por dtex (600 gramas por denier) ou maior, com base na quantidade total de ligante de poliamida alifática e de fibra PPD-T no papel; e espaços vazios no papel sendo preenchidos com a resina termoeestável.

[005] A presente invenção também se refere a uma estrutura em forma de favo de mel que possui paredes celulares que compreendem papel possuindo um índice de tensão específico médio de 310 N.m/g (60 (lbs/in)/opsy) ou maior; o papel compreende de 30 a 50 partes em peso de ligante de poliamida alifática, e de 50 a 70 partes em peso de uma fibra de poli(tereftalamida de parafenileno) possuindo um módulo de 550 gramas por dtex (600 gramas por denier) ou maior, com base na quantidade total de

ligante de poliamida alifática e de fibra PPD-T no papel; e espaços vazios no papel sendo preenchidos com excesso de ligante de poliamida alifática.

[006] Uma realização inclui os artigos que compreendem as estruturas em forma de favos de mel mencionadas acima, com tais artigos incluindo um painel ou uma estrutura aerodinâmica.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

[007] As Figuras 1a e 1b são representações de vistas de uma estrutura em forma de favo de mel em formato hexagonal.

[008] A Figura 2 é uma representação de outra vista de uma estrutura em forma de favo de mel em formato hexagonal.

[009] A Figura 3 é uma ilustração de uma estrutura em forma de favo de mel fornecida com face(s).

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

[010] A presente invenção se refere a uma estrutura em forma de favo de mel fabricada a partir de um papel que compreende a fibra de poli(tereftalamida de parafenileno) (PPD-T) e o ligante de poliamida alifática. Acredita-se que o papel PPD-T fabricado com o ligante de poliamida alifática possua uma resistência superior por quantidade de ligante, ou índice de tensão específica superior, quando comparado aos outros ligantes termoplásticos.

[011] A Figura 1a é uma ilustração de uma estrutura em forma de favo de mel. A Figura 1b é uma vista ortogonal da estrutura em forma de favo de mel mostrada na Figura 1a e na Figura 2 é uma vista tridimensional da estrutura em forma de favo de mel. É mostrada uma estrutura em forma de favo de mel (1) que possui células hexagonais (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.

[012] Em algumas realizações, a estrutura em forma de favo de mel é fabricada a partir de um papel contendo de 3 a 30 partes em peso de ligante de poliamida alifática. Nestas realizações, também está presente na estrutura em forma de favo de mel uma resina termoestável que impregna, satura e/ou reveste completamente as paredes celulares da estrutura em forma de favo de mel. Isto preenche os espaços vazios no papel com resina termoestável e, de preferência, preenche uma quantidade substancial de espaços vazios no papel. Deve ser reconhecido que o preenchimento completo de todos os espaços vazios é um resultado desejado, mas difícil de obter. Portanto, é desejado que um número adequado de espaços vazios no papel, nas paredes celulares, seja preenchido para fornecer a quantidade desejada de rigidez ou integridade mecânica na estrutura em forma de favo de mel final. A resina é então reticulada ou curada para realizar as propriedades finais (rigidez e resistência) da estrutura em forma de favo de mel. Em algumas realizações, estas resinas estruturais incluem as resinas epóxi, resinas fenólicas, resinas acrílicas, resinas de poliimida e suas misturas.

[013] Em algumas realizações, a estrutura em forma de favo de mel é fabricada a partir de um papel contendo de 30 a 50 partes em peso de ligante de poliamida alifática. Acredita-se que este papel possua um excesso de ligante de poliamida alifática; isto é, há mais ligante presente no papel do que é necessário para simplesmente unir as fibras. Nesta realização, a impregnação subsequente, saturação e/ou revestimento da estrutura em forma de favo de mel pela resina termoestável não é necessária ou a quantidade de resina termoestável pode ser substancialmente reduzida. A aplicação de calor na estrutura em forma de favo de mel rico em ligante alifático permite que uma porção do ligante flua e preencha os espaços vazios no papel. Como antes,

deve ser reconhecido que o preenchimento completo de todos os espaços vazios é um resultado desejado, mas difícil de obter. Portanto, é desejado que um número adequado de espaços vazios no papel nas paredes celulares seja preenchido com a poliamida alifática para fornecer a quantidade desejada de rigidez ou integridade mecânica na estrutura em forma de favo de mel final.

[014] As paredes celulares da estrutura em forma de favo de mel são formadas a partir de um papel que compreende a fibra de PPD-T e um ligante de poliamida alifática. Em algumas realizações, o termo papel é empregado em seu significado normal e se refere a uma folha não tecida preparada utilizando processos e equipamentos de fabricação de papel por 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.

[015] Em algumas realizações, onde a estrutura em forma de favo de mel possuirá uma resina de matriz termoe estável adicional, o papel utilizado na estrutura em forma de favo de mel compreende de 3 a 30 partes em peso do ligante de poliamida alifática, e de 70 a 97 partes em peso de uma fibra de PPD-T, com base na quantidade total de ligante de poliamida alifática e fibra PPD-T no papel. Em algumas realizações preferidas, o papel compreende de 3 a 20 partes em peso do ligante alifático e de 80 a 97 partes em peso da fibra PPD-T.

[016] Em algumas outras realizações, onde a estrutura em forma de favo de mel não irá requerer necessariamente a utilização de uma resina de matriz termoe estável adicional, o papel utilizado na estrutura em forma de favo de mel compreende de 30 a 50 partes em peso do ligante de poliamida alifática, e de 50 a 70 partes em peso da fibra PPD-T, com base na quantidade total do ligante de poliamida alifática e de fibra PPD-T no papel. Em algumas

realizações preferidas, o papel compreende de 40 a 50 partes em peso do ligante alifático e de 50 a 60 partes em peso da fibra PPD-T.

[017] O papel possui um índice de tensão específico médio de 310 Nm/g ou 60 (libras por polegada)/(onças por jardas quadradas) ou maior. O índice de tensão específico é uma medida da força de tensão do papel, medido em uma unidade de largura do papel e normalizada para o peso de base e porcentagem do ligante. O índice de tensão específico médio é a média do índice de tensão específico conforme medido na direção da máquina (MD) do papel e o índice de tensão específico conforme medido na direção cruzada (XD) do papel. Em algumas realizações, o papel possui um índice de tensão específico médio de 390 N.m/g (75 (lbs/in)/opsy) ou maior.

[018] A espessura do papel utilizado na presente invenção é dependente do uso final ou das propriedades desejadas da estrutura em forma de favo de mel e em algumas realizações, é tipicamente de 25 a 130  $\mu\text{m}$  (1 a 5 mils) de espessura. Em algumas realizações, o peso de base do papel é de 15 a 200 gramas por metro quadrado (0,5 a 6 onças por jarda quadrada). À medida que o peso de base no papel aumenta, um técnico no assunto entende que a porcentagem do ligante necessário no papel para uma resistência adequada também aumenta; portanto, se o ligante possui adesão superior à fibra, menos ligante é necessário por unidade de área ou unidade de peso do papel.

[019] O papel também pode incluir as 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 à estrutura em forma de favo de mel final.

[020] O papel utilizado na presente invenção pode ser formado no equipamento em 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 PPD-T, tal como um floco e/ou polpa e um material ligante de poliamida alifática 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. Caso o material ligante de poliamida alifática for uma fibra, a fibra pode ser adicionada à dispersão ao primeiro fabricar uma mistura com fibras PPD-T, ou a fibra ligante pode ser adicionada separadamente na dispersão. A concentração de todas as 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 50% 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 e/ou por outras forças de pressão e, ainda, seca pela evaporação do líquido remanescente.

[021] Em uma realização preferida, o material fibroso de PPD-T e um ligante de poliamida alifática, tal como uma mistura de fibras curtas ou



fibras curtas e partículas ligantes, pode ser transformado 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.

[022] 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. O papel de calandragem, deste modo, também diminui a porosidade do papel formado e, em algumas realizações preferidas, o papel utilizado na estrutura em forma de 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.

[023] O papel pode possuir uma porosidade Gurley de 2 segundos ou maior. Em algumas realizações, os papéis possuem uma porosidade Gurley de 2 a cerca de 20 segundos e, em algumas realizações preferidas, os papéis possuem uma porosidade Gurley de cerca de 5 a 10 segundos. Para aquelas realizações que incluem a impregnação, saturação e/ou revestimento por uma resina termoestável, acredita-se que o papel com

uma porosidade inferior a 2 segundos possibilita uma impregnação não controlada do papel, enquanto que papéis que possuem uma porosidade de mais de 20 segundos não são tão desejáveis porque, em alguns casos, a baixa porosidade irá retardar a impregnação da resina estrutural do papel a ponto de tornar não muito prática a taxa do processo de imersão/impregnação da estrutura em forma de favo de mel.

[024] A estrutura em forma de favo de mel compreende fibras PPD-T possuindo um módulo de Young ou de tensão elevado possuindo um módulo de tensão ou de Young de 550 gramas por dtex (600 gramas por denier) ou maior. O módulo elevado da fibra de PPD-T fornece a rigidez necessária da estrutura de favo de mel final e dos artigos correspondentes. 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.

[025] As fibras de módulo elevado podem estar na forma de um floco ou uma polpa ou uma mistura das mesmas. 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, fabricação 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 comprimento adequado; 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 micrometros e, em especial, inferior a 3 milímetros, é difícil de produzir com uniformidade seccional transversal e

reprodutibilidade adequada; se for maior de que 20 micrômetros, é muito difícil formar os papéis uniformes de pesos de base de leve a médio.

[026] O termo “polpa”, conforme utilizado no presente, significa partículas de material de PPD-T 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.

[027] A presente invenção utiliza um papel fabricado com a fibra de para-aramida de poli(tereftalamida de *parafenileno*), que também é referida no presente como PPD-T. 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 tanto quando 10%, em peso, de outro material polimérico pode ser misturado com a aramida ou que os copolímeros podem ser utilizados possuindo tanto quanto 10% de outra diamina substituída pela diamina da aramida ou tanto quanto 10% de outro cloreto diácido substituído pelo cloreto diácido da aramida. Os métodos para fabricação das fibras de poli(tereftalamida de *parafenileno*) úteis na presente invenção são geralmente descritas, 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®.

[028] O papel utilizado na estrutura em forma de favo de mel possui o ligante de poliamida alifática. Tais ligantes são termoplásticos, e termoplástico significa que possui sua definição de polímero tradicional; estes materiais fluem do modo de um líquido viscoso quando aquecidos e solidificados quando resfriado, e o faz de forma reversível diversas vezes nas etapas de aquecimento e resfriamento subsequentes. Em algumas realizações, o ligante de poliamida alifática possui um ponto de fusão de 120° C a 350° C. Em outras realizações preferidas, o ponto de fusão da poliamida alifática é de 180° a 300° C. Em algumas outras realizações preferidas, o ponto de fusão da poliamida alifática é de 220° a 250° C. Embora os papéis possam ser fabricado com o ligante de poliamida alifática que possui um ponto de fusão inferior a 120° C, este papel pode ser suscetível ao fluxo de fusão indesejável, adesão e outros problemas após a fabricação do papel. Por exemplo, durante a fabricação da estrutura em forma de 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 às folhas nas linhas de nó. Durante estas etapas, se o papel possuir um ligante de poliamida alifática de baixo ponto de fusão, aquele material pode fluir e se aderir de modo indesejável às folhas de papel para a fabricação do equipamento e/ou das outras folhas. Portanto, de preferência, os ligantes de poliamida alifática 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 da estrutura em forma de favo de mel. Os ligantes de poliamida alifáticas que possuem um ponto de fusão acima de 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 ligante de

poliamida alifática está presente, então, pelo menos 30% do ligante de poliamida alifática deve possuir um ponto de fusão não acima de 350° C.

[029] O ligante de poliamida alifática liga à fibra de PPD-T no papel utilizado na estrutura em forma de favo de mel. Em algumas realizações preferidas, o ligante de poliamida alifática está na forma de fibras ligantes ou floco; entretanto, o ligante de poliamida alifática pode estar na forma de flocos, partículas, polpa, fibrídeos ou as misturas de qualquer um destes. Quando incorporados nos papéis, em algumas realizações, estes materiais podem formar partículas do tipo filme distintas possuindo uma espessura do filme de cerca de 0,1 a 5 µm e uma dimensão mínima perpendicular àquela espessura de pelo menos 30 µm. Por “distintas” entende-se que as partículas formam ilhas de partículas do tipo filme em um mar de fibras PPD-T, e embora possa haver alguma sobreposição das partículas do tipo filme, elas não formam um filme contínuo de ligante de poliamida alifática no plano do papel. Isto é útil quando a estrutura em forma de favo de mel deve ser impregnada ou imersa em uma resina termoestável ou matriz, em que ela permite um movimento relativamente completo de quaisquer resinas da matriz que são utilizadas para impregnar as paredes celulares da estrutura em forma de favo de mel do papel. A presença e a quantidade de tais partículas no papel e a estrutura em forma de favo de mel podem ser determinadas pelos métodos ópticos, tais como por inspeção de uma amostra de papel ou estrutura em forma de favo de mel adequadamente preparada e vista sob força adequada para medir o tamanho das partículas e a contagem do número médio de partículas em uma unidade de amostra.

[030] Nas realizações em que o excesso de ligante de poliamida alifática deve ser a resina da matriz, a poliamida alifática ocupa um domínio maior no papel e é menos provável que as partículas do tipo filme distintas sejam formadas. Este maior domínio da poliamida alifática no papel está então

disponível para fluir quando aquecido e pode preencher de modo uniforme os espaços vazios e as superfícies de revestimento do papel.

[031] 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 à medida que o polímero é coagulado. Os métodos exemplares de preparação dos fibrídeos são descritos na patente US 2.999.788.

[032] O ligante de poliamida alifática útil na presente invenção inclui qualquer tipo de fibra contendo polímero ou copolímero de náilon. Os náilons são poliamidas sintéticas de cadeia longa que possuem grupos amida recorrentes (-NH-CO-) como uma parte integral da cadeia polimérica e dois exemplos comuns de náilons são o náilon 66, que é a adipamida de polihexametilenodiamina, e o náilon 6, que é a policaprolactama. Outros náilons podem incluir o náilon 11, que é fabricado a partir do ácido 11-amino-undecanoico; e o náilon 610, que é fabricado a partir do produto de condensação do ácido hexametilenodiamina e sebácico. Em algumas realizações preferidas, a poliamida alifática é o náilon 610, náilon 6, náilon 66 ou suas misturas.

[033] Outros materiais, particularmente aqueles freqüentemente encontrados ou fabricados para a utilização nas composições termoplásticas também podem estar presentes no ligante de poliamida alifática. Estes materiais devem ser, de preferência, quimicamente inertes e, de modo razoável, termicamente estáveis nas condições ambientais operantes da

estrutura em forma de 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% da composição. Em outra realização preferida, outros polímeros não estão presentes no ligante de poliamida alifática para uma pequena quantidade total (menos de 5% em peso) dos polímeros, tais como aqueles que funcionam como lubrificantes e auxiliares do processamento.

[034] Uma realização da presente invenção é um artigo que compreende uma estrutura em forma de favo de mel fabricada a partir de um papel que compreende a fibra PPD-T e o ligante de poliamida alifática. Em algumas realizações, o ligante de poliamida alifática está pelo menos parcialmente presente no papel na forma de partículas do tipo filme distintas. Quando utilizado em artigos, a estrutura em forma de favo de mel pode funcionar, caso desejado, como um componente estrutural. Em algumas realizações preferidas, a estrutura em forma de favo de mel é utilizada pelo menos em parte em uma estrutura aerodinâmica. Em algumas realizações, a estrutura em forma de favo de mel possui utilização como um componente estrutural em coisas como latas de armazenamento superiores e carenagem asa a corpo em aviões comerciais. Devido às propriedades estruturais leves da estrutura em forma de 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.

[035] Outra realização da presente invenção é um painel que compreende uma estrutura em forma de favo de mel fabricada a partir de um papel que compreende a fibra PPD-T e o ligante de poliamida alifática. Uma ou mais faces podem estar ligadas à face da estrutura em forma de favo de mel

para formar um painel. As faces fornecem integridade à estrutura e auxiliam a concretizar as propriedades mecânicas do núcleo da estrutura em forma de favo de mel. Do mesmo modo, as faces podem selar as células da estrutura em forma de favo de mel para evitar que o material das células, ou as faces, possam ajudar a manter o material nas células. A Figura 3 mostra a estrutura em forma de favo de mel (5) possuindo uma face (6) ligada a uma face pela utilização de um adesivo. Uma segunda face (7) está ligada à face oposta da estrutura em forma de favo de mel e a estrutura em forma de favo de mel, com as duas faces opostas ligadas, forma um painel. As camadas adicionais do material (8) podem ser ligadas a um lado do painel conforme desejado. Em algumas realizações preferidas, as folhas da face aplicadas em ambos os lados da estrutura em forma de favo de mel contêm 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 como estampagem ou outro tratamento para formar uma superfície externa que é agradável ao olhar. Os tecidos contendo fibra de vidro e/ou carbono e/ou outras fibras PPD-T e de alta resistência são úteis como materiais de face.

[036] Em algumas realizações, a estrutura em forma de favo de mel pode ser fabricada pelos métodos, tais como aqueles descritos nas patentes US 5.137.768; US 5.789.059; US 6.544.622; US 3.519.510 e US 5.514.444. Estes métodos para a fabricação da estrutura em forma de favo de mel requerem, em geral, a aplicação ou impressão de um número de linhas de adesivo (linhas de nó) em certo comprimento e pilha em uma superfície do papel PPD-T, seguido pela secagem do adesivo. Tipicamente, a resina adesiva é selecionada a partir das resinas epóxi, resinas fenólicas, resinas acrílicas,



resinas de poliimida e outras resinas, entretanto, é preferido que uma resina termoe estável seja utilizada.

[037] Após a aplicação das linhas de nó, o papel PPD-T 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 PPD-T dobradas são então unidas ao longo das linhas de nó pela aplicação de pressão e calor. As folhas unidas são então puxadas ou expandidas nas direções perpendiculares para o plano das folhas para formar uma estrutura em forma de favo de mel que possui células. Consequentemente, as células da estrutura em forma de 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.

[038] Caso desejado, a estrutura em forma de favo de mel é então impregnada com uma resina estrutural após ser expandida. Tipicamente, isto é realizado pela imersão da estrutura em forma de favo de mel expandida em um banho de resina termoe estável, entretanto, outras resinas ou meios, tais como sprays podem ser empregados para revestir e impregnar totalmente e/ou saturar as paredes celulares da estrutura em forma de favo de mel expandida. Após a estrutura em forma de favo de mel ser completamente impregnada com resina, a mesma é então curada pelo aquecimento da estrutura em forma de favo de mel saturada para reticular a resina. Em geral, esta temperatura está no intervalo de 150° C a 180° C para muitas resinas termoe estáveis.

[039] Em algumas realizações, o ligante de poliamida alifática pode fornecer a funcionalidade da resina estrutural sem impregnação adicional. Nestas realizações, o papel é aquecido ou calandrado antes da aplicação das

linhas de nó para ocasionar a impregnação total do ligante de poliamida alifática e a saturação dos espaços vazios no papel. Em adição, ele pode revestir a superfície do papel.

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

[041] A estrutura em forma de 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**

[042] O índice de tensão específico do papel na presente invenção é definido como o índice de tensão do papel de acordo com a norma ASTM D828 dividida pela fração em peso do ligante de poliamida alifática na composição do papel por tal equação:

$$\text{Índice de tensão específico} = 100 * (\text{Índice de Tensão}) / X$$

- em que X é uma fração em peso do ligante termoplástico na composição do papel em porcentagem.

[043] A porosidade Gurley para os papéis é determinada pela medida da resistência do ar em segundos por 100 mililitros de deslocamento do cilindro para cerca de 6,4 cm<sup>2</sup> de área circular de um papel utilizando uma pressão diferencial de 1,22 kPa de acordo com TAPPI T460.

[044] O denier da fibra é medido utilizando a norma ASTM D1907. O módulo da fibra, tenacidade 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 pela norma ASTM D646.

### **EXEMPLO 1**

[045] Um papel de aramida/ termoplástico possuindo uma composição de 52% em peso de floco de para-aramida, 18% em peso de polpa de para-aramida, 10% em peso de floco de poliamida alifática e 20% em peso de fibrídeos de poliamida alifáticas é formado no equipamento de formação do papel de deposição a úmido convencional com um seção de secagem que consiste em cilindros aquecidos (latas) possuindo uma temperatura de cerca de 150° C. Portanto, o papel contém 70% em peso de fibra PPD-T e 30% em peso de ligante de poliamida alifática.

[046] O floco de para-aramida é a fibra de poli(tereftalamida de parafenileno) 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 850 g/dtex (930 g/denier), uma resistência à tensão de cerca de 22 g/dtex (24 g/denier) e uma alongação de cerca de 2,5%. A polpa de para-aramida é a polpa de poli(tereftalamida de parafenileno) também comercializada pela DuPont com o nome comercial de Kevlar®. O floco de poliamida alifática é o náilon 6,6 de densidade linear de 1,8 denier por filamento (2 dtex por filamento) e comprimento de corte nominal de 6,0 mm comercializado pela William Barnet and Son, LLC. Os fibrídeos de poliamida alifáticas são obtidos a parti do processo descrito na patente US 2.999.788, exemplo 189. A espessura média de um fibrídeo é de cerca de 1

µm, a dimensão mínima no plano membranoso do fibrídeo é de cerca de 40 µm e a dimensão máxima no plano é de cerca de 1,3 mm.

[047] Após a formação, o papel é calandrado na fenda dos dois rolos de calandra metálicos operando em uma temperatura de 260° C com uma pressão linear na fenda de 1.200 N/cm. O papel final possui um peso de base de 31 g/m<sup>2</sup>, uma espessura de 1,5 mils (38 µm) e uma porosidade Gurley de 5 segundos. Um valor médio de seu índice de tensão específico entre a máquina e a direção cruzada da folha é de 70 (lb/pol)/(opsy) = 360 N\*m/g.

[048] Uma estrutura em forma de favo de mel é então formada a partir do papel calandrado da seguinte maneira. As linhas de nó da resina do adesivo são aplicadas à superfície do papel com a largura das linhas do adesivo sendo de 1,78 mm. A pilha, ou a distância linear entre o começo de uma linha e a próxima linha, é de 5,33 mm. A resina adesiva 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 seco no papel em um forno a 130° C por 6,5 minutos. Não é observada nenhuma remoção notável do adesivo no papel.

[049] A folha com as linhas de nó adesivas é cortada em paralelo às linhas de nó para formar 50 folhas menores. As folhas de corte são empilhadas uma em cima das outras, 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. A pilha das folhas é então prensada a quente a 345 kPa em uma primeira temperatura de 140° C por 30 minutos e então em uma temperatura de 177° C por 40 minutos, ocasionando o amaciamento das linhas de nó adesivas; uma vez que o calor é removido, o adesivo endurece para ligar as folhas entre si. Utilizando uma estrutura de expansão, as folhas de aramida ligadas são então expandidas na direção contra a direção do empilhamento para formar células que possuem uma secção transversal eqüilateral. 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 para separar as folhas entre si.

[050] A estrutura em forma de favo de mel expandida é então colocada em um banho de impregnação contendo uma solução de resina fenólica Plyophen 23900 da Durez Corporation. Após impregnar com resina, a estrutura em forma de favo de mel é retirada do banho e é seca em uma fornalha secante utilizando ar quente. A estrutura em forma de favo de mel é aquecida da temperatura ambiente para 82° C desta maneira e então esta temperatura é mantida por 15 minutos. A temperatura é então aumentada a 121° C e esta temperatura é mantida por mais 15 minutos, seguido pelo aumento da temperatura a 182° C e a manutenção desta temperatura por 60 minutos. Após isto, os processos de impregnação e secagem são repetidos mais uma vez. A estrutura em forma de favo de mel final possui uma densidade aparente de cerca de 40 kg/m<sup>3</sup>.

**EXEMPLO 2**

[051] Um papel de aramida/ termoplástico possuindo uma composição de 50% em peso de floco de para-aramida e 50% em peso de floco de poliamida alifática é formado no equipamento de formação do papel de deposição a úmido convencional com uma seção de secagem que consiste em um secador de ar que opera em uma temperatura do ar de cerca de 260° C. Portanto, o papel contém 50% em peso de fibra PPD-T e 50% em peso de ligante de poliamida alifática. O floco de para-aramida e o floco de poliamida alifática são o mesmo que no Exemplo 1. Após a formação, o papel é calandrado como no Exemplo 1.

[052] O papel final possui um peso de base de 85 g/m<sup>2</sup> e espessura de 4,0 mils (102 µm). Um valor médio de seu índice de tensão específico entre a direção da máquina e a cruzada da folha é de 75 (lb/pol)/(opsy) = 390 N\*m/g.

[053] As linhas de nó do mesmo adesivo do Exemplo 1 são aplicadas na superfície do papel como naquele exemplo, exceto que as linhas são aplicadas em uma largura de 2,67 mm e uma pilha de 8,0 mm. As etapas do Exemplo 1 são repetidas para expandir a estrutura em forma de favo de mel. Nenhuma resina termoestável é aplicada. A estrutura em forma de favo de mel final possui uma densidade aparente de cerca de 52 Kg/m<sup>3</sup>.

**REIVINDICAÇÕES**

1. ESTRUTURA EM FORMA DE FAVO DE MEL, caracterizada pelo fato de que possui paredes celulares que compreendem papel possuindo um índice de tensão específico médio de 310 N.m/g (60 (lbs/in)/opsy) ou maior;

- o papel compreende de 3 a 30 partes em peso de ligante de poliamida alifática e de 70 a 97 partes em peso de uma fibra de poli(tereftalamida de parafenileno) (PPD-T), com base na quantidade total de ligante de poliamida alifática e de fibra PPD-T no papel, e em que dita fibra possui um módulo de Young ou de tensão de 550 gramas por dtex (600 gramas por denier) ou maior; e

- espaços vazios no papel sendo preenchidos com resina termoestável.

2. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o papel possui um índice de tensão específico médio de 390 N.m/g (75 (lbs/in)/opsy) ou maior.

3. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a fibra PPD-T está presente em uma quantidade de 80 a 97 partes em peso.

4. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o ligante de poliamida alifática está presente em uma quantidade de 3 a 20 partes em peso.

5. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a poliamida alifática compreende náilon 610, náilon 6, náilon 66 ou suas misturas.

6. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o papel sem resina termoestável possui uma porosidade Gurley de 2 a 20 segundos.

7. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o ligante de poliamida alifática possui um ponto de fusão de 120° C a 350° C.

8. ARTIGO, caracterizado pelo fato de que compreende a estrutura em forma de favo de mel conforme definida na reivindicação 1.

9. ESTRUTURA AERODINÂMICA, caracterizada pelo fato de que compreende a estrutura em forma de favo de mel conforme definida na reivindicação 1.

10. PAINEL, caracterizado pelo fato de que compreende a estrutura em forma de favo de mel conforme definida na reivindicação 1 e uma face da folha ligada a uma face da estrutura em forma de favo de mel.

11. ESTRUTURA EM FORMA DE FAVO DE MEL, caracterizada pelo fato de que possui paredes celulares que compreendem papel possuindo um índice de tensão específico médio de 310 N.m/g (60 (lbs/in)/opsy) ou maior;

- o papel compreende de 30 a 50 partes em peso de ligante de poliamida alifática e de 50 a 70 partes em peso de uma fibra PPD-T, com base na quantidade total de ligante de poliamida alifática e de fibra PPD-T no papel, e em que dita fibra possui um módulo de Young ou de tensão de 550 gramas por dtex (600 gramas por denier) ou maior; e

- espaços vazios no papel sendo preenchidos com o ligante de poliamida alifática.

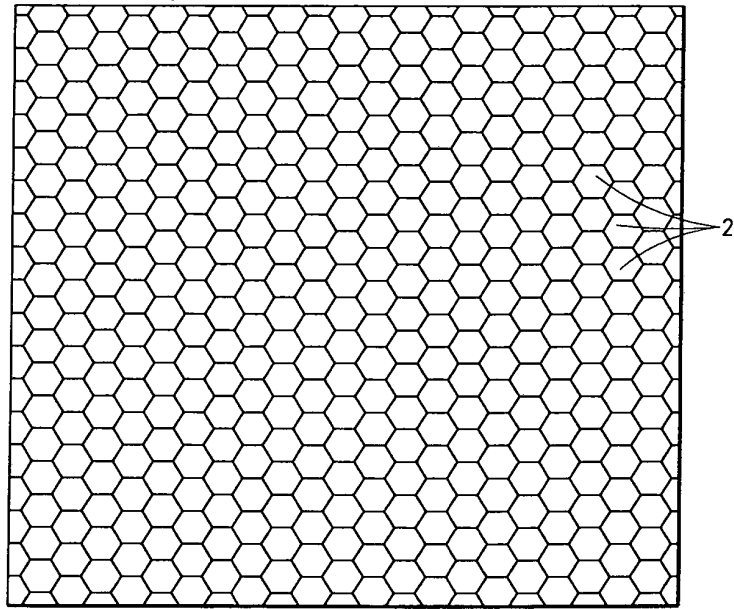
12. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que o papel possui um índice de tensão específico médio de 390 N.m/g (75 (lbs/in)/opsy) ou maior.

13. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que o ligante de poliamida alifática está presente em uma quantidade de 40 a 50 partes em peso.

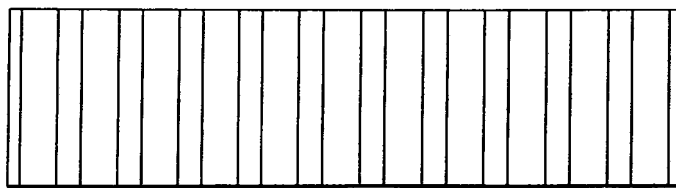


14. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que a poliamida alifática compreende o náilon 610, náilon 6, náilon 66 ou suas misturas.

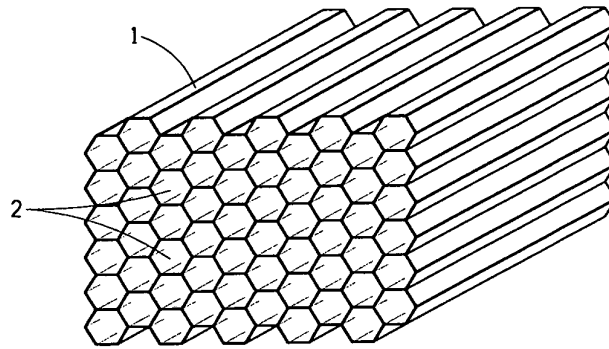
15. ESTRUTURA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que o ligante de poliamida alifática possui um ponto de fusão de 120° C a 350° C.



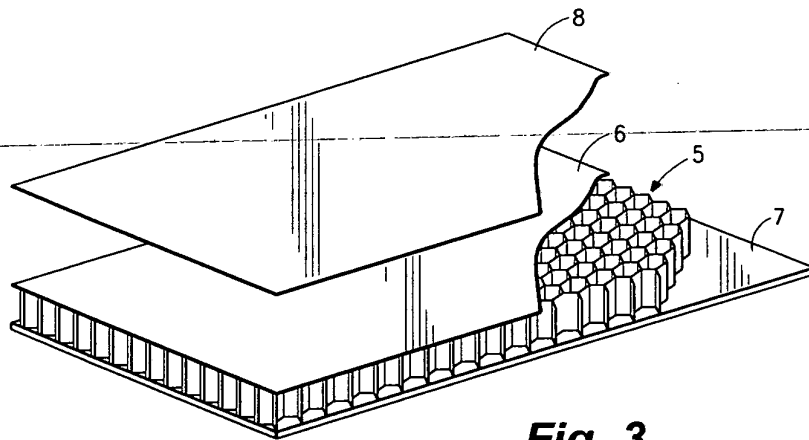
**Fig. 1A**



**Fig. 1B**



**Fig. 2**



**Fig. 3**