



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0909453-9 B1



(22) Data do Depósito: 30/03/2009

(45) Data de Concessão: 22/04/2020

(54) Título: PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA E MÉTODOS PARA FABRICAR E PARA REPARAR UMA PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA

(51) Int.Cl.: F03D 1/06; B32B 27/08; B32B 7/12; B32B 7/14.

(30) Prioridade Unionista: 28/03/2008 GB 0805713.5.

(73) Titular(es): BLADE DYNAMICS LIMITED.

(72) Inventor(es): PAUL RUDLING.

(86) Pedido PCT: PCT GB2009000851 de 30/03/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/118545 de 01/10/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 27/09/2010

(57) Resumo: PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA E MÉTODOS PARA FABRICAR E PARA REPARAR UMA PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA Uma pá de hélice de turbina eólica é exposta, pelo menos 50% da superfície de qual está revestida com um filme termoplástico auto-adesivo. Um método para fabricar e reparar uma tal pá de hélice de turbina eólica também é exposto. Um filme termoplástico de duas camadas adequado para cobrir a superfície de uma pá de hélice de turbina eólica também é exposto. O filme inclui uma camada de superfície e uma camada inferior. A camada de superfície inclui 50% a 85% de fluoreto de polivinilideno (PVDF), em que até 30% do fluoreto de polivinilideno pode ser substituído por hexafluoropropileno (HFP); e 10% a 45% de metacrilato de polimetila (PMMA). A camada inferior inclui 10% a 45% de um polímero de fluoreto de polivinilideno (PVDF), em que até 30% do fluoreto de polivinilideno pode ser substituído por hexafluoropropileno (HFP); e 50% a 85% de PMMA. Opcionalmente, a camada e/ou superfície inferior inclui até 8% de estabilizadores/absorventes de UV; até 10% de agente de fosqueamento; e até 40% de um pigmento inorgânico. O filme tem um brilho inicial de menos que 30% quando medido com um refletômetro a um ângulo de 60 graus.

“PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA E MÉTODOS PARA FABRICAR E PARA REPARAR UMA PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção relaciona-se a uma pá de hélice de turbina eólica, e mais especificamente, a um revestimento de superfície melhorado para uma pá de hélice de turbina eólica.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] O revestimento na superfície de uma pá de hélice de turbina eólica é exposto a um ambiente severo de abrasão, UV, umidade, corrosão, tensões cíclicas, e flutuação de temperatura extrema e requer um material de alto desempenho. Revestimentos precisam manter desempenho por até 20 anos, pondo-os em um desempenho mais alto e especificação diferente que a maioria das aplicações civis/automotivas e adicionalmente elas precisam ser de um custo significativamente mais baixo que produtos tipicamente achados em aplicações aeroespaciais.

[003] Pás de hélice de turbina eólica são formadas normalmente de um composto de polímero reforçado com fibra de vidro. Elas podem ser formadas de compostos de fibra de vidro, poliéster, vinil éster ou carbono e madeira com fibra de vidro em uma matriz de epóxi. Compostos com base em epóxi são de uso porque eles entregam uma combinação de vantagens ambientais, de produção e custo sobre outros sistemas de resina. Longarinas portadoras de carga reforçadas com fibra de carbono podem ser introduzidas na pá de hélice como um meio efetivo em custo para reduzir peso e aumentar rigidez.

[004] Pás de hélice de turbina eólica têm topografias de superfície complexas para otimizar a eficiência aerodinâmica do rotor, manter o gerador dentro de seus limites de velocidade e torque, manter o rotor e torre dentro de seus limites de resistência e reduzir ruído e arrasto. Por conseguinte,

revestimentos de superfície que foram aplicados convencionalmente a pás de hélice de turbina eólica focalizaram em composições pintadas e revestimentos em molde. Tais revestimentos podem ser aplicados relativamente depressa.

[005] Pás de hélice de turbina eólica são revestidas tipicamente usando tanto uma camada de gel, ou são pintadas. Camada de gel é aplicada diretamente no molde durante fabricação da pá de hélice e é formulada de uma cadeia química compatível com o laminado de substrato, que é normalmente um poliéster, vinil éster ou uma resina de epóxi. Acabamentos pintados são alcançados normalmente usando variações de tinta de poliuretano de ligação cruzada, normalmente provido como dois componentes (com um poliol e, ou base de resina de poliéster e um agente de cura de isocianato alifático). Estes são misturados antes de aplicação e a reação química produz o polímero de poliuretano de ligação cruzada. Algumas pás de hélice usam uma combinação de ambas a camada de gel aplicada no molde e tinta aplicada à pá de hélice depois de desmoldagem. Isto dá vida de serviço adicional à superfície.

[006] Algumas pás de hélice de turbina eólica têm seus bordos de ataque aplicados com fita resistente a impacto, que é freqüentemente aplicada a pás de hélice mais velhas para consertá-las.

[007] As desvantagens de tecnologia atual são como segue.

[008] Com a denominada tecnologia "em molde" tal como camada de gel é muito difícil, se não impossível, alcançar uma superfície perfeita diretamente fora do molde. Praticamente, qualquer pequena variância em qualidade de mistura, viscosidade, umidade, condição de substrato e habilidade de operador pode conduzir a um grande número de defeitos de aparência fora do molde, mas também vários problemas de adesão quando em serviço. Na realidade, uma grande duração de tempo e trabalho (ao redor de um terço do trabalho requerido para produzir a pá de hélice) é gasta reparando defeitos na superfície destas pás de hélice antes de uso e preenchendo juntas

de fabricação do próprio molde resultando em um aumento de custo na pá de hélice. Estes problemas, e a probabilidade de um defeito na superfície só aumentam com tamanho de pá de hélice crescente.

[009] Pintura como um processo, em particular pulverização, é um processo muito desperdiçador e requer muita habilidade de operador a fim de assegurar um revestimento consistente. Além disso, superfícies pintadas tendem a faltar resistência coesiva e durabilidade. Sistemas de revestimento de poliuretano usados para pás de hélice de turbina eólica são com base em solvente, e quando estes são pulverizados, uma grande quantidade de solvente orgânico perigoso (tipicamente 50% por peso) é liberada na atmosfera. Pulverização de poliuretanos também é uma operação potencialmente perigosa ambos para trabalhadores e o ambiente devido ao componente de isocianato no agente de cura que é um agente sensibilizador e grande cuidado tem que ser tomado para prevenir vapores de isocianato serem inalados pelos operadores envolvidos na operação de pulverização.

[0010] Verificou-se que revestimentos do tipo de tinta para pás de hélice de turbina tendem a ser insuficientemente duráveis para proteger as pás de hélice de turbina eólica. Além disso, tratamentos de pintura fazem pouco para alisar a superfície de qualquer irregularidade resultando de defeitos em molde. Portanto, tratamentos de pintura requerem preparação extensa da superfície de pá de hélice antes que um revestimento de superfície pintado possa ser aplicado. Se a tinta for aplicada finamente demais, então imperfeições na superfície da pá de hélice podem conduzir a defeitos secundários na tinta, que pode reduzir dramaticamente a vida esperada da pá de hélice.

[0011] Além disso, é achado que, embora poliuretanos alifáticos sejam as tintas de mais alto desempenho disponíveis para cobrir turbinas eólicas, é freqüentemente necessário reparar um tal revestimento depois de

pouco mais de cinco anos em serviço (dependendo de condições operacionais). Isto é extremamente caro e acrescenta custo adicional à vida de serviço da pá de hélice como a vida útil necessária de uma pá de hélice de turbina eólica é 20 anos.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[0012] De acordo com a presente invenção, é provida uma pá de hélice de turbina eólica, pelo menos 50% da superfície de qual está revestida com um filme termoplástico auto-adesivo.

[0013] Aplicando um filme termoplástico auto-adesivo à pá de hélice, a necessidade para uma camada de gel ou tinta é eliminada. É estimado que o filme termoplástico levará um tempo semelhante para aplicar como a camada de gel e/ou tinta. Porém, não requer nenhum tratamento adicional uma vez que foi aplicado, por esse meio reduzindo significativamente o trabalho envolvido em acabar a pá de hélice. A fim de economizar custos é preferido que nenhum revestimento adicional (tinta ou outra forma) seja aplicado ao filme termoplástico. Além disso, menos trabalho preparatório precisa ser executado antes que o filme seja aplicado, tal como alisar a superfície da pá de hélice. O filme serve um propósito dual de proteger a pá de hélice e também pode ser usado para cobrir em cima de qualquer imperfeição secundária, tais como poros, na superfície da pá de hélice. Também, a espessura do filme é controlada precisamente com antecedência de sua aplicação à pá de hélice, assegurando que uma superfície com uma espessura uniforme seja produzida. Técnicas de fabricação de filme permitem a composição do filme ser controlada precisamente e até mesmo variar pela espessura do filme. A possibilidade de ter desempenho de desgaste por intempéries variável ou pobre através da vida da pá de hélice devido a variabilidade em processos de produção/aplicação de revestimento é, portanto, quase completamente eliminada.

[0014] Algumas vantagens seriam alcançadas pelo filme sendo aplicado a uma proporção significativa da pá de hélice de turbina eólica com técnicas convencionais sendo usadas para cobrir o resto da pá de hélice. Porém, preferivelmente, substancialmente toda da pá de hélice é revestida com o filme. O filme termoplástico pode ser poliuretano alifático, vinil, acrílico ou termoplásticos fluorados, tais como fluoreto de polivinilideno (PVDF); tetrafluoroetileno (TFE); Hexafluoropropileno (HFP); PVDF + copolímero de HFP; THV (PVDF, HFP, TFE); fluoreto de polivinila (PVF); FEP (TFE, HFP); perfluoroalquoxi ou PFA (TFE, PFVE); clorotrifluoroetileno (CTFE); CTFE + VF2 (difluoroetileno)/HFP, ou uma combinação de dois ou mais de quaisquer destes. Polímeros fluorados são particularmente preferidos como eles são repelentes à água e sujeira.

[0015] O filme termoplástico é preferivelmente um laminado termoplástico auto-suportado. Quer dizer, o filme é pré-formado como uma folha que tem integridade estrutural por si mesma antes que seja aplicada à pá de hélice. A integridade do filme facilita a aplicação do filme à pá de hélice e reduz a probabilidade do filme ser danificado durante o processo de aplicação de filme.

[0016] É preferido que a superfície superior do filme exposta à atmosfera uma vez aplicada à pá de hélice seja resistente a desgaste e elástica. Por conseguinte, pelo menos a superfície do filme é preferivelmente formada de um termoplástico de alta densidade. O termoplástico debaixo da superfície pode ser de uma densidade mais baixa para economizar custo.

[0017] O filme termoplástico pode ser uma camada única, mas é preferivelmente formado de uma estrutura de duas camadas tendo uma camada externa (ou superfície) com propriedades intensificadas resistente a UV, erosão, repelente a sujeira e resistente a intempérie (referida anteriormente como "resistente à intempérie") comparadas à camada interna.

Isto permite material resistente a intempérie que pode ser relativamente caro, ser concentrado para a superfície externa do filme onde é mais efetivo. Com a estrutura de duas camadas, a camada interna preferivelmente tem propriedades de adesão intensificadas comparadas à camada externa. Quando um polímero fluorado é usado no filme termoplástico, isto pode reduzir as propriedades adesivas do filme e assim é preferido que qualquer polímero fluorado seja concentrado mais na camada de superfície do que na camada interna. Isto facilita a adesão do filme à pá de hélice.

[0018] É preferido que a camada externa seja formada de um termoplástico de alta densidade. Isto ajuda a prover a pá de hélice acabada com resistência de impacto pontual e uma alta resistência de desgaste de intempérie. Também foi observado que prover uma camada com um grau de resistência flexível ajuda a prover um revestimento liso pela superfície da pá de hélice. Por "alta densidade" é compreendido que o termoplástico tem uma densidade de pelo menos $1,1 \text{ g/cm}^3$, como medido de acordo com ISO 1183. É preferido que a densidade de superfície seja de $1,3$ a 3 g/cm^3 e mais preferivelmente de $1,7$ a $1,9 \text{ g/cm}^3$. Foi achado que o termoplástico de alta densidade permite a provisão de filmes altamente duráveis, relativamente finos sem acrescentar muito peso à pá de hélice. Acima de 3 g/cm^3 foi achado que o filme fica mais difícil de operar e aplicar. Polímeros de alta densidade não são geralmente adequados para aplicação por métodos de pintura.

[0019] Também é preferido que o filme termoplástico seja formado por extrusão. Quando o filme inclui uma estrutura de duas camadas, as camadas podem ser formadas por coextrusão. Para facilidade de fabricação, o filme também pode ser extrusado com um adesivo sobre uma superfície. Extrusão é particularmente preferida como permite a provisão de um filme orientado axialmente. O grau de orientação axial que pode ser provido por extrusão do filme ajuda a prover o filme termoplástico com durabilidade

aumentada.

[0020] É preferido que o filme termoplástico, em particular a camada externa (se uma estrutura de duas camadas for usada), exiba uma taxa de fluxo em fusão (ASTM D1238, 230°C, 2,16 kg) de 20 g/10 min ou menos. Preferivelmente, a taxa de fluxo em fusão está entre 1 g/10 min e 15 g/10 min, e preferivelmente cerca de 8 g/10 min. Termoplásticos de alta taxa de fluxo em fusão, tais como ceras, não são adequados para uso na presente invenção. Tais termoplásticos não provêem uma superfície de uso que seja suficientemente durável para uso em uma pá de hélice de turbina eólica.

[0021] O filme termoplástico preferivelmente tem uma dureza Shore D (2 mm de espessura; ASTM D2240) de pelo menos 20. Mais preferivelmente, a dureza é de 40 a 100, e mais preferivelmente cerca de 60. A dureza da camada de superfície ajuda a proteger a superfície da pá de hélice contra qualquer impacto ou danos pontuais, por exemplo, durante transporte depois de fabricação.

[0022] Um modo de alcançar as propriedades resistentes a intempérie intensificadas e da camada externa e propriedades de adesão intensificadas da camada interna é para as camadas interna e externa serem feitas de fluoreto de polivinilideno (PVDF) e metacrilato de polimetila (PMMA) com a camada externa tendo mais PVDF do que PMMA e a camada interna tendo mais PMMA do que PVDF.

[0023] As duas camadas podem ser fabricadas separadamente e fundidas ou aderidas juntas. Porém, preferivelmente, as duas camadas são coextrusadas. Isto é particularmente adequado para uma composição de PVDF e PMMA como elas são muito adequadas para coextrusão.

[0024] O filme termoplástico preferivelmente contém pigmentação, e/ou enchimentos para dar ao filme a cor desejada. Como a maioria das pás de hélice de turbina eólica são exigidas serem brancas, esta pigmentação é

normalmente alcançada pela adição de superfície adequada revestida com dióxido de titânio de grau de rutilo. A opacidade do filme pode ser medida observando suas propriedades de transmissão de radiação. Em particular, a extensão à qual luz visível é transmitida pode ser medida. Opacidade de 0% indica que o filme está completamente claro e que toda a luz é transmitida. Opacidade de 100% indica que o filme é completamente opaco e que nenhuma luz é transmitida.

[0025] O filme preferivelmente também contém quantidades de um absorvente de UV presente em níveis de 0,1% a 5% com base no peso de filme. O propósito do absorvente de UV é prevenir a passagem de radiação de UV prejudicial pelo filme e na camada adesiva. O absorvente de UV pode ser usado isoladamente ou pode ser uma combinação de dois tipos diferentes de absorvente de UV para obter resultados ótimos. Exemplos de uma tal combinação seriam uma benzofenona e um estabilizador de luz de amina impedida que pode atuar junto de uma maneira sinérgica. Outro absorvente de UV adequado para o filme termoplástico é nano dióxido de titânio contendo partículas de óxido inorgânicas modificadas em superfície. Isto pode ser extremamente efetivo em um tal filme e tem o benefício adicional que é estável completo no polímero e não pode sofrer de efeitos de "migração". Tais efeitos de migração podem ser volatilização durante fabricação de filme que causa efeitos de descolagem na matriz de extrusão, ou efeitos de migração em serviço, que pode conduzir a desempenho de desgaste de intempérie reduzido ou até mesmo descolagem do filme. Tal nano dióxido de titânio estaria presente no filme entre 0,1% e 8% do peso de filme (excluindo o adesivo).

[0026] Todas as porcentagens recitadas para a composição do material de filme são porcentagens por peso para o filme excluindo a camada adesiva.

[0027] Para uma pá de hélice de turbina eólica, é desejável que

as pás de hélice não tenham um alto brilho e/ou alta refletância como isto causa um incômodo inaceitável no produto acabado quando as pás de hélice estão em serviço. Portanto, preferivelmente, este efeito é minimizado tratando em superfície o filme, por exemplo, aplicando um rolo frio ao filme quando é extrusado e/ou por um agente de fosqueamento incorporado no filme. Um agente de fosqueamento adequado seria uma resina acrílica estável à luz de tamanho controlado de partícula.

[0028] A espessura do filme termoplástico (excluindo o adesivo) é preferivelmente menos que 300 μm , e preferivelmente entre 50 e 150 μm de espessura. Foi achado que filmes destas espessuras são suficientemente duráveis.

[0029] Ao aplicar o filme à pá de hélice, cuidado deve ser tomado para evitar bolhas de ar de serem aprisionadas entre o filme e a pá de hélice. O filme pode, portanto, ser poroso tal que seja permeável a ar e impermeável à água como isto ajuda a prevenir a formação de bolhas de ar durante o processo de fabricação.

[0030] O adesivo é preferivelmente um adesivo sensível à pressão tal como uma borracha, acrílico, acrílico modificado (agente de pegajosidade modificado) ou adesivo de silicone. É preferido que o adesivo não requeira ativação térmica e possa ser aplicado a temperaturas entre 5 e 35°C. Adesivos fotoativados (incluindo iniciadores) podem ser usados, que podem ser curados através de exposição à radiação depois que o filme foi aplicado.

[0031] A invenção também se estende a um método para fabricar uma pá de hélice de turbina eólica incluindo moldar o corpo de pá de hélice e aderir um filme termoplástico a pelo menos 50% da superfície do corpo.

[0032] A invenção também se estende a um método para reparar uma pá de hélice de turbina eólica aderindo um filme termoplástico a pelo menos 50% da superfície do corpo. Qualquer etapa exposta aqui relativa à

fabricação de uma pá de hélice de turbina eólica se aplica igualmente ao reparo de uma pá de hélice de turbina eólica.

[0033] Pás de hélice de turbina eólica podem ser desgastadas por exposição à intempérie ou por impacto com detritos transportados por vento e pode ser necessário reparar a pá de hélice. É possível ao executar o reparo prover uma pá de hélice convencional com um filme termoplástico. Alternativamente, a etapa de reparo pode envolver reparar uma pá de hélice de acordo com a presente invenção removendo um filme termoplástico prévio e substituindo-o com um novo filme termoplástico conforme os filmes da presente invenção.

[0034] O filme é preferivelmente aplicado ao corpo de pá de hélice em várias tiras correndo entre os bordos de ataque e de fuga da pá de hélice. O filme também pode ser aplicado preferivelmente de uma maneira com as tiras orientadas tal que a complexidade da curvatura na qual o filme é aplicado possa ser reduzida notadamente.

[0035] A borda de uma tira pode sobrepor com a borda de uma tira adjacente. Alternativamente, as bordas de tiras adjacentes não se sobrepõem e a união é revestida com uma tira adicional de filme termoplástico, pintada com adesivo acrílico ou de epóxi, pintada com uma tinta de PVDF ou soldada a quente juntas. É preferido que qualquer pintura de superfície seja restringida à área imediata de uma costura ou união entre as tiras do filme.

[0036] Considerações semelhantes podem se aplicar aos bordos de ataque e de fuga onde as tiras adjacentes podem tanto se sobrepor ou a união pode ser revestida com uma tira adicional de filme termoplástico se estendendo ao longo da borda.

[0037] Surpreendentemente, verificou-se que aplicar o filme termoplástico em tiras não interfere com o desempenho da pá de hélice de turbina acabada. Foi especulado que as costuras e sobreposições poderiam

resultar em irregularidades de superfície e aumentar arrasto e/ou ruído. O filme termoplástico da presente invenção é suficientemente fino e o laminar auto-suportado do filme é suficientemente elástico, que estas desvantagens não são observadas. Em lugar disso, o filme serve para aumentar a durabilidade da pá de hélice de turbina e prover uma superfície de pá de hélice lisa e eficiente.

[0038] O método preferivelmente também inclui a etapa de aquecer o filme termoplástico pouco antes quando/ou durante sua aplicação ao corpo de pá de hélice. Isto é preferivelmente feito soprando ar quente sobre o filme. Isto aumenta a flexibilidade do filme permitindo-o ser aplicado mais facilmente à superfície da pá de hélice. Devido a natureza auto-adesiva do filme, preferivelmente nenhum aquecimento do filme é requerido, uma vez que o filme tenha sido aplicado à superfície de pá de hélice.

[0039] O filme pode ser aplicado "seco" à superfície de pá de hélice ou "úmido" utilizando água ou outro fluido adequado para habilitar o filme ser posicionado mais facilmente sem estriar ou aprisionar ar.

[0040] O filme pode ser provido em várias seções, cada uma sendo formada especialmente para se ajustar sobre uma seção apropriada da pá de hélice. Preferivelmente, porém, o filme é aplicado de um rolo. Neste caso, o filme pode ser aparado antes de sua aplicação ao corpo de pá de hélice. Isto é particularmente útil, por exemplo, ao redor da raiz da pá de hélice que tem uma forma complexa.

[0041] O filme termoplástico pode ser aplicado a uma moldagem de comprimento completo da pá de hélice. Porém, também é possível que a pá de hélice seja composta de uma pluralidade de módulos como exposto em nosso pedido anterior GB 0717690.2. Neste caso, o filme termoplástico pode ser tanto aplicado aos módulos individuais antes que eles sejam montados na pá de hélice acabada, ou os módulos podem ser montados antes que o filme seja aplicado.

[0042] De acordo com um terceiro aspecto da invenção, é provido um filme termoplástico de duas camadas incluindo uma camada superior e uma camada inferior, em que:

a camada superior incluindo:

(a) 50% a 85% de fluoreto de polivinilideno (PVDF), em que até 30% do PVDF pode ser substituído por hexafluoropropileno (HFP);

(b) 10% a 45% de metacrilato de polimetila (PMMA);

(c) opcionalmente até 8% de estabilizadores e/ou absorventes de UV;

(d) opcionalmente até 10% de agente de fosqueamento; e

(e) opcionalmente até 40% de um pigmento inorgânico;

a camada inferior incluindo:

(f) um polímero de 10% a 45% de (PVDF), em que até 30% do PVDF pode ser substituído por hexafluoropropileno (HFP);

(g) 50% a 85% de PMMA;

(h) opcionalmente até 8% de estabilizadores/absorventes de UV;

(i) opcionalmente até 10% de agente de fosqueamento; e

(j) opcionalmente até 40% de um pigmento inorgânico;

em que o filme tem um brilho inicial de menos que 30% quando medido com um refletômetro a um ângulo de 60° com respeito à superfície de filme.

[0043] Preferivelmente, os componentes (a) e (f) são copolímeros de PVDF e hexafluoropropileno nas quantidades recitadas. Quer dizer, os componentes são copolímeros contendo monômeros de cada um dos polímeros nomeados.

[0044] Preferivelmente, a camada superior tem uma espessura entre 40 e 240 μm , mais preferivelmente 60 e 200 μm e a camada inferior tem

uma espessura entre 2 e 60 μm , mais preferivelmente entre 10 e 40 μm , e preferivelmente entre 2 e 20 μm . Em uma concretização preferida, a camada superior está entre 60 e 240 μm e a camada inferior está entre 2 e 10 μm .

[0045] Preferivelmente, os estabilizadores de UV estão com base em materiais de nano dióxido de titânio 'ultrafino' contendo partículas de óxido inorgânicas modificadas em superfície.

[0046] Preferivelmente, o PVDF contém até 30% de HFP ou é um copolímero de 70% de PVDF e 30% de HFP.

[0047] Preferivelmente, o filme ademais inclui adesivo na camada inferior.

[0048] Preferivelmente, o filme tem uma opacidade de 60% ou maior, mais preferivelmente 80% ou maior. É vantajoso para o filme ser opaco como ele transmite muito pouca luz e, portanto, reflete, espalha, ou absorve a maioria dela. Isto ajuda a fazer a pá de hélice de turbina eólica menos evidente.

[0049] Deveria ser entendido que quaisquer das características preferidas do método anterior ou fabricação de reparo podem ser aplicadas em combinação com quaisquer das características preferidas da pá de hélice referida acima. Além disso, qualquer característica exposta em relação ao filme da presente invenção pode ser aplicada em combinação com quaisquer das características preferidas da pá de hélice.

[0050] Em um quarto aspecto, a presente invenção também abrange o uso dos filmes acima descritos para uso como um revestimento de uma pá de hélice de turbina eólica. É preferido que o filme seja arranjado de forma que a camada superior corresponda à camada de superfície da pá de hélice e seja exposto à atmosfera em uso.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0051] Um exemplo de uma pá de hélice de turbina eólica conforme a presente invenção será descrito agora com referência aos

desenhos acompanhantes, em que:

- Figura 1 é uma vista de cima esquemática de uma pá de hélice inteira;
- Figura 2 é uma seção transversal de um primeiro exemplo de uma união entre tiras adjacentes;
- Figura 3 é uma seção transversal para um segundo exemplo de uma união entre tiras adjacentes;
- Figuras 4A-E mostram várias configurações diferentes de tiras que poderiam ser usadas;
- Figuras 5A-E mostram configurações semelhantes às daquelas das Figuras 4A-E, mas incluem uma tira de proteção de borda;
- Figura 6 é uma seção transversal que se refere a um exemplo de um filme e à pá de hélice subjacente; e
- Figura 7 é uma seção transversal por um segundo exemplo de um filme e a pá de hélice subjacente.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[0052] Uma pá de hélice de turbina eólica é mostrada na Figura 1. O corpo básico da pá de hélice pode ser formado conforme técnicas convencionais nas quais moldagens de comprimento completo de cada metade são feitas e as duas metades são unidas juntas em uma construção como concha. Alternativamente, as pás de hélice podem ter uma construção modular como descrito em nosso pedido anterior GB número 0717690.2.

[0053] A presente invenção está relacionada só ao revestimento de superfície. Como pode ser visto da Figura 1, a pá de hélice está revestida com várias tiras 1 de auto-adesivo de material termoplástico 6 e adesivo 4. Cada tira se estende do bordo de ataque 2 ao bordo de fuga 3. O lado oposto da pá de hélice corresponde a isto. Nestes bordos de ataque e de fuga 2, 3 a tira em um lado pode se sobrepor ligeiramente com a tira no lado oposto ou

uma tira fina adicional pode ser provida ao longo da borda para cobrir a união entre tiras de uma maneira semelhante àquela descrita na referência às Figuras 2 e 3 abaixo.

[0054] Como pode ser visto da Figura 1, cada tira se sobrepõe com uma tira adjacente. A união entre as duas é mostrada em mais detalhe na Figura 3. Adesivo 4 é provido na superfície inferior de cada tira e aderirá à superfície de pá de hélice subjacente 5. A uma porção de sobreposição a tira 1 adere à superfície do filme termoplástico adjacente 6, como mostrado. Uma alternativa é mostrada na Figura 2 na qual tiras adjacentes 1, 1 contatam uma a outra e uma tira adicional 7 com adesivo 8 do mesmo material ou semelhante corre ao longo da união. A espessura do material é tal que a porção de sobreposição ou as tiras finas adicionais não tenham um efeito significativo no desempenho da pá de hélice. Como uma alternativa, a união mostrada na Figura 3 pode ser pintada, por exemplo, com uma tinta de PVDF e, realmente, esta é a preferência atual.

[0055] As tiras 1 são providas em um rolo. As tiras podem ter um material de apoio cobrindo o adesivo que é descascado fora antes que a tira seja aplicada à superfície de pá de hélice. Porém, nenhum material de apoio é necessário se a superfície de topo do filme 1 for de um material que não adere ao adesivo. Uma quantidade apropriada é desenrolada e, se necessário, aparada à forma correta. Ar quente é então soprado sobre a tira para fazê-la flexível e a tira é então aplicada à superfície de pá de hélice. A tira é aderida inicialmente em um local perto de uma dos bordos 2, 3 e são aderidas progressivamente pela pá de hélice com o operador sendo cuidadoso para assegurar que nenhum ar seja aprisionado quando o filme é aderido progressivamente.

[0056] Figuras 4A-E mostram várias configurações das tiras que podem ser aplicadas a uma pá de hélice. As pás de hélice podem ter a mesma

configuração de tiras em ambos os lados, ou elas podem ser diferentes. As tiras podem correr pela pá de hélice (Figura 4A), ao longo da pá de hélice (Figura 4B) ou diagonalmente (Figura 4C). Alternativamente, a extremidade de raiz da pá de hélice, que tem a curvatura maior, pode ser provida com uma configuração diferente de tiras do resto da pá de hélice. Na Figura 4D, a extremidade de raiz da pá de hélice está revestida com várias tiras triangulares que convergem adjacentes à extremidade de raiz. Estas tiras oferecem o maior grau de conformidade com a curvatura de pá de hélice e este exemplo será muito útil para um material relativamente inflexível. Porém, no exemplo da Figura 4D, as tiras tanto precisam ser providas pré-cortadas, ou se elas forem tiradas de um rolo, requerem uma quantidade considerável de aparagem e este exemplo será mais difícil de produzir na prática. Como um compromisso, o exemplo de Figura 4E provê conformidade razoavelmente boa nas regiões curvadas, mas as tiras podem ser usadas de um rolo com aparagem relativamente pequena.

[0057] Os exemplos das Figuras 5A a 5E são semelhantes àqueles mostrados nas representações da Figura 4 correspondente. A única diferença é que o bordo de ataque é provido com uma tira protetora 1A. Isto se estende a ambos os lados da pá de hélice e, portanto, provê boa resistência à intempérie no bordo de ataque onde é mais requerida.

[0058] A preferência atual é para a configuração mostrada na Figura 5A, como esta tem uma tira de resistência à intempérie 1A no bordo de ataque, e também o arranjo transversal de tiras 1 assegura que as costuras entre tiras adjacentes se achem substancialmente na direção de viagem da pá de hélice, por esse meio minimizando qualquer turbulência.

[0059] A natureza do filme termoplástico e adesivo será descrita agora em maior detalhe com referência às Figuras 6 e 7. Figura 6 é uma seção transversal pela superfície de pá de hélice e um primeiro filme consistindo em

camada de adesivo 4 e um filme termoplástico 6 que tem uma única camada. Figura 7 é semelhante, exceto que o filme termoplástico 6 se separou em camadas superior 9 e inferior 10.

[0060] Em todos os casos, o filme termoplástico 6 está preferivelmente entre 50 e 300 μm de espessura.

[0061] Para a única camada da Figura 4, o filme termoplástico preferivelmente consiste em 45,9% de fluoreto de polivinilideno, 25,5% de PMMA, 1,5% de estabilizadores e absorventes de UV, 1,5% de agente de fosqueamento e 25,6% de pigmento inorgânico.

[0062] Para a camada dupla da Figura 5, a camada superior preferivelmente consiste em 52,8% de fluoreto de polivinilideno (15% de qual é HFP), 22% de PMMA, 1,5% de estabilizadores e absorventes de UV, 1,5% de agente de fosqueamento e 22,2% de pigmento inorgânico para dar cor e opacidade suficientes. A camada inferior preferivelmente consiste em 22% de fluoreto de polivinilideno (15% de qual é HFP), 52,8% de PMMA, 1,5% de estabilizadores e absorventes de UV, 1,5% de agente de fosqueamento e 22,2% de pigmento inorgânico para dar cor e opacidade suficientes.

[0063] Para a camada dupla da Figura 5, a camada superior é de uma espessura entre 5 e 295 μm e a camada inferior é de uma espessura entre 5 e 295 μm . Com a camada superior preferivelmente estando entre 40 e 240 μm e a camada inferior preferivelmente estando entre 10 e 60 μm .

[0064] O filme pode ser extrusado (no caso do exemplo da Figura 4) ou coextrusado (no caso do exemplo da Figura 5) usando uma extrusora que é bem conhecida, por exemplo, o tipo de coextrusora usada para fabricar janelas de UPVC. O material extrusado pode então ser sujeito a um segundo tratamento de superfície tal como um rolo frio para produzir a falta desejada de refletividade da superfície superior. O filme pode então também preferivelmente atravessar um segundo processo para cobrir adesivo sobre a superfície inferior antes que o filme seja enrolado a um rolo pronto para transporte.

REIVINDICAÇÕES

1. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, em que pelo menos 50% da superfície de qual está revestida com um filme de termoplástico auto-adesivo (6), para prover uma superfície (5) de pá de hélice lisa, em que o filme (6) é aplicado em um número de tiras (1) correndo pela pá de hélice entre os bordos de ataque (2) e de fuga (3) da pá de hélice, caracterizado pelo filme termoplástico (6) compreender uma estrutura de duas camadas tendo uma camada externa (9) com propriedades resistentes a intempérie intensificadas comparadas a uma camada interna (10).

2. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo filme (6) ser aplicado em um número de tiras (1) arranjadas para reduzir a complexidade de curvatura de cada tira (1).

3. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizada pela borda de uma tira (1) sobrepor com a borda de uma tira adjacente (1).

4. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizada pelas bordas de tira adjacente (1) não sobrepor e a união ser revestida com uma tira adicional (7) de filme termoplástico (6).

5. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizada pelas bordas de tiras adjacentes (1) não sobrepor e a união ser pintada com uma tinta de PVDF.

6. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo filme termoplástico (6) incluir pelo menos um dentre um poliuretano alifático, uma vinila, um termoplástico acrílico ou um fluorado.

7. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada por toda a pá de hélice

estar revestida com o revestimento de filme (6).

8. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela camada interna (10) ter propriedades de adesão intensificadas comparadas à camada externa (9).

9. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelas camadas interna (10) e externa (9) incluírem fluoreto de polivinilideno (PVDF) e metacrilato de polimetila (PMMA) com a camada externa (9) tendo mais PVDF do que PMMA e a camada interna (10) tendo mais PMMA do que PVDF.

10. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 9, caracterizada pelas camadas (9, 10) serem coextrusadas.

11. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo filme termoplástico (6) ter um brilho inicial de menos que 30% quando medido com um refletômetro a um ângulo de 60° com respeito à superfície de filme (6).

12. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizada pelo filme termoplástico (6) ter menos que 300 µm de espessura, e preferivelmente de 50 a 150 µm de espessura.

13. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizada pelo filme termoplástico ser poroso tal que seja permeável a ar e impermeável à água.

14. PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizada pelo auto-adesivo ser um adesivo com base em acrílico ou silicone.

15. MÉTODO PARA FABRICAR UMA PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, incluindo moldar o corpo de pá de hélice e aderir um filme

termoplástico (6) a pelo menos 50% da superfície do corpo para prover uma superfície (5) de pá de hélice lisa, em que o filme (6) é aplicado em um número de tiras (1) correndo entre os bordos de ataque (2) e de fuga (3) da pá de hélice; caracterizado pelo filme termoplástico (6) compreender uma estrutura de duas camadas tendo uma camada externa (9) com propriedades resistentes a intempéries intensificadas comparadas a uma camada interna (10).

16. MÉTODO PARA REPARAR UMA PÁ DE HÉLICE DE TURBINA EÓLICA, incluindo aderir um filme termoplástico (6) a pelo menos 50% da superfície (5) de um corpo de pá de hélice usado para prover uma superfície (5) de pá de hélice lisa, e que o filme (6) é aplicado em várias tiras (1) correndo entre os bordos de ataque (2) e de fuga (3) da pá de hélice, caracterizado pelo filme termoplástico (6) compreender uma estrutura de duas camadas tendo uma camada externa (9) com propriedades resistentes a intempérie intensificadas comparadas a uma camada interna (10).

17. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 16, caracterizado pelo filme (6) ser aplicado em várias tiras (1) arranjadas para reduzir a complexidade de curvatura de cada tira (1).

18. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pela borda de uma tira (1) se sobrepor com a borda de uma tira adjacente.

19. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pelas bordas de tira adjacente (1) não se sobreponem e a união ser revestida com uma tira adicional (7) de filme termoplástico (6).

20. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pelas bordas de tiras adjacentes (1) não se sobreponem e a união ser pintada com uma tinta de PVDF.

21. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 15 a 20, caracterizado pelo filme termoplástico (6) ser aquecido antes e/ou durante sua aplicação ao corpo de pá de hélice.

22. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 21, caracterizado por ser para produzir uma pá de hélice conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 14.

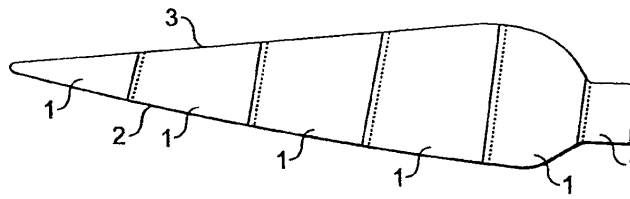


FIG. 1

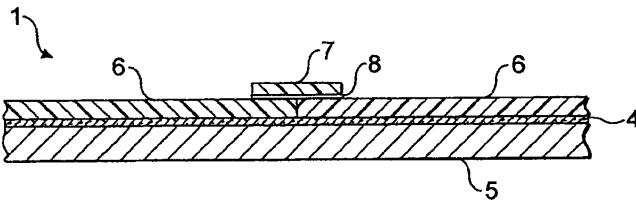


FIG. 2

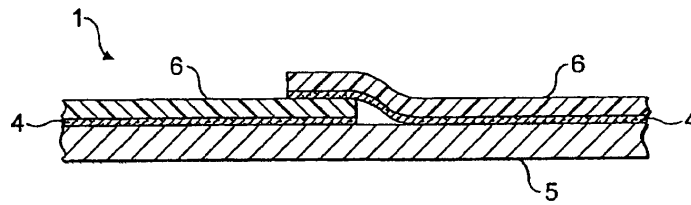


FIG. 3

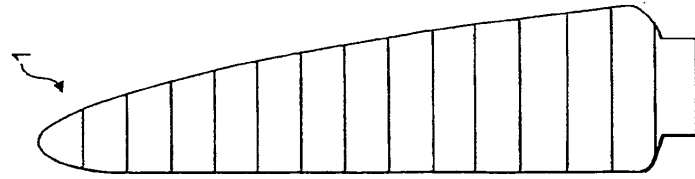


FIG. 4A

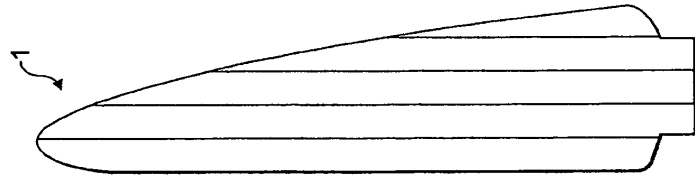


FIG. 4B

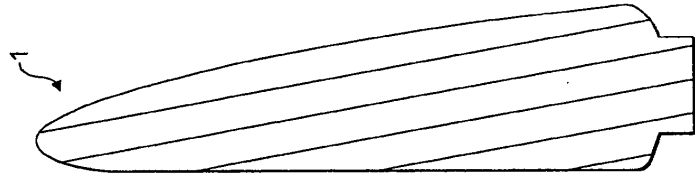


FIG. 4C

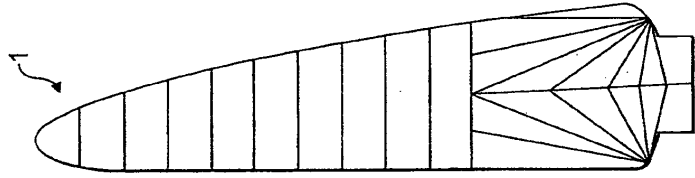


FIG. 4D

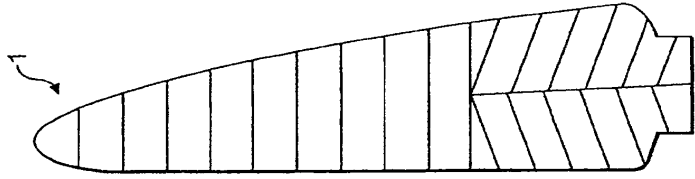


FIG. 4E

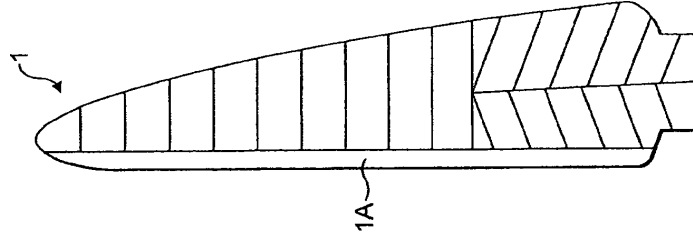


FIG. 5E

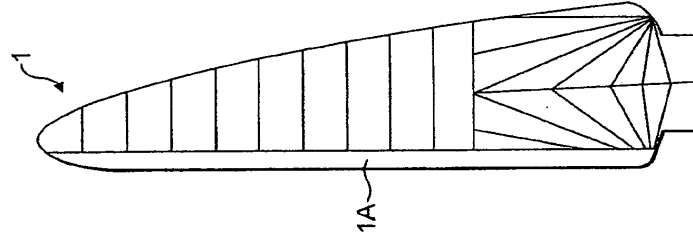


FIG. 5D

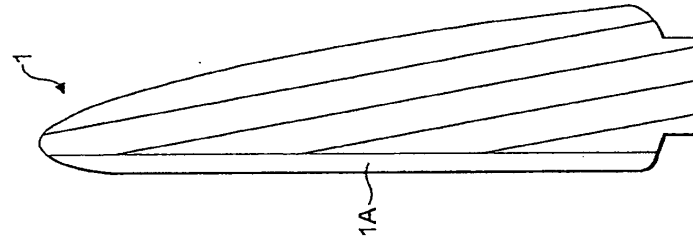


FIG. 5C

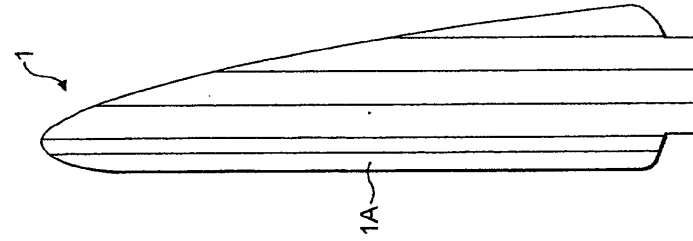


FIG. 5B

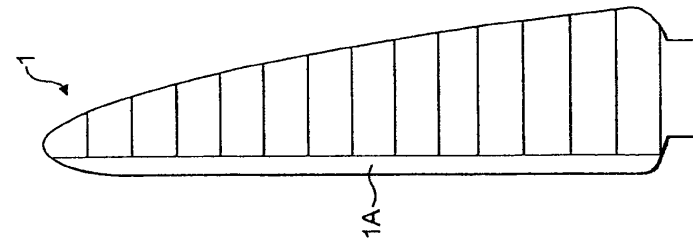


FIG. 5A

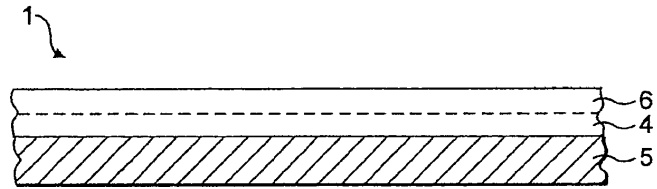


FIG. 6

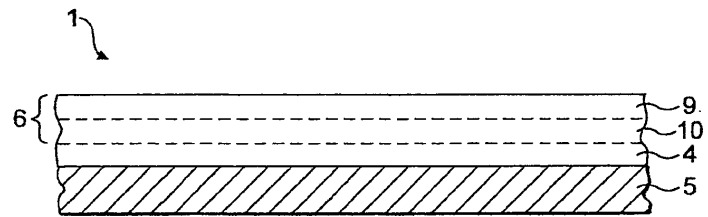


FIG. 7