

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2007.05.10	(73) Titular(es): ALOYS WOBLEN ARGESTRASSE 19 26607 AURICH DE
(30) Prioridade(s): 2006.05.11 DE 102006022279	(72) Inventor(es): ROLF ROHDEN DE
(43) Data de publicação do pedido: 2009.01.28	(74) Mandatário: MANUEL ANTÓNIO DURÃES DA CONCEIÇÃO ROCHA PT AV LIBERDADE, Nº. 69 1250-148 LISBOA
(45) Data e BPI da concessão: 2009.12.16 018/2010	

(54) Epígrafe: **PÁ DO ROTOR PARA UMA CENTRAL DE ENERGIA EÓLICA**

(57) Resumo:

RESUMO**"Pá do rotor para uma central de energia eólica"**

É providenciada uma pá do rotor para uma central de energia eólica, que tem pelo menos um primeiro e um segundo componente. O primeiro componente possui a ponta da pá do rotor e o segundo componente possui a raiz da pá do rotor. O primeiro e o segundo componentes são concebidos como partes separadas para, juntos, formarem a pá do rotor. O primeiro componente é composto por um primeiro material, e o segundo componente é composto por um segundo material.

DESCRIÇÃO**"Pá do rotor para uma central de energia eólica"**

A presente invenção refere-se a uma pá do rotor para uma central de energia eólica, em que a pá do rotor apresenta, pelo menos, um primeiro e um segundo componentes, em que o primeiro componente possui a ponta da pá do rotor e o segundo componente possui a raiz da pá do rotor.

Por exemplo DE 199 62 989 A1 já apresentou uma pá do rotor dividida. As partes desta conhecida pá do rotor são separadamente fabricadas e transportadas devido às suas dimensões desfavoráveis, para assim delimitar os requisitos da infra-estrutura, tanto no fabrico como no transporte.

Como outro estado geral da técnica, remete-se para os documentos DE 101 52 449 A1, DE 203 20 714 U1 e WO 03/078833 A1.

A presente invenção pretende otimizar uma pá do rotor para uma central de energia eólica.

Este objectivo é conseguido por uma pá do rotor segundo a reivindicação 1, através da utilização de um primeiro material para o primeiro componente e um segundo material para o segundo componente.

Deste modo, está prevista uma pá do rotor para uma central de energia eólica, que tem pelo menos um primeiro e um segundo componentes. O primeiro componente possui a ponta da pá do rotor e o segundo componente possui a raiz da pá do rotor. O primeiro e o segundo componentes são constituídos como partes separadas para, juntos, formarem a

pá do rotor. O primeiro componente possui um primeiro material e o segundo material possui um segundo material.

A invenção tem por base o conhecimento de que uma divisão da pá do rotor permite não só reduzir as dimensões das partes a manusear, mas também que uma selecção de materiais adequados e processos de produção relacionados influenciam positivamente o aspecto económico, o que se deve a vários factores. Com a redução das dimensões das partes individuais, reduzem-se também os requisitos que se colocam à infra-estrutura e logística no fabrico, manuseamento e transporte das pás do rotor, até à montagem na central de energia eólica. A infra-estrutura depende, porém, também do material a trabalhar, pois em função do material são necessárias operações de pré e pós-tratamento, antes e depois da moldagem pura. Trata-se aqui p. ex. do corte e rebarbamento no tratamento dos metais. Do tratamento de materiais sintéticos reforçados a fibra faz parte o cumprimento dos requisitos térmicos definidos, p. ex. em processo de têmpera, etc.

Apesar da tecnologia actual já descrever pás do rotor compostas por várias partes, cujas partes que dão forma à pá são fabricadas sempre no mesmo material em todo o comprimento das pás do rotor, a invenção propõe a utilização de diferentes materiais, que podem ser vantajosamente adequados à função principal do componente. Esta selecção objectiva de material remete-nos p. ex. para um material com um módulo eléctrico relativamente elevado para uma área sujeita a elevadas cargas, e para um material com baixo peso para partes das pás do rotor onde não se verificam estas cargas.

A tecnologia actual utilizaria um material leve com módulo eléctrico relativamente baixo, mesmo p. ex. onde é essencial assegurar uma elevada remoção da carga. Correspondentemente, é necessário colocar muito material; muito mais do que é necessário somente para manter a forma, para garantir uma remoção seguro da carga. Esta quantidade desvantajosa de material pode ser poupada com uma selecção, em conformidade com a invenção, de outro material com um módulo eléctrico mais elevado.

Numa versão privilegiada da pá do rotor, o segundo componente está, por sua vez, dividido em pelo menos duas partes, que juntos formam o segundo componente. A divisão é mais vantajosa se for efectuada numa parte de suporte e uma caixa traseira das pás. Esta divisão facilita ainda mais o manuseamento de grandes componentes das pás do rotor e, principalmente, facilita um pouco o transporte sobre estrada, pois as pás do rotor têm a maior profundidade na área do segundo componente, podendo aí alcançar facilmente dimensões superiores a 6 m. Deste modo, cada curva apertada e cada ponte constitui um potencial obstáculo com problemas acrescidos, que podem ser reduzidos ou até evitados com a divisão deste segundo componente em duas partes.

Neste caso, é particularmente vantajoso utilizar materiais diferentes para as duas partes, que juntas formam o segundo componente.

Para facilitar ainda mais a solução de funções de transporte, a caixa traseira das pás pode ser, se necessário, novamente dividida em várias partes, para que deste modo as pás do rotor possam ser fabricadas e transportadas nas dimensões que quiser.

Para chegar a uma divisão particularmente vantajosa da pá do rotor nos dois componentes, o primeiro componente apresenta, preferencialmente, um comprimento de aprox. $5/6$ até $1/2$ do comprimento de toda a pá do rotor, enquanto o comprimento de segundo componente corresponde preferencialmente a $1/6$ até $1/2$ do comprimento das pás do rotor.

A caixa traseira das pás ou as suas partes podem ser, por exemplo, constituídas em alumínio. Este material é leve, fácil de moldar e tem um comportamento térmico semelhante ao do aço. Por isso, ao combinar uma caixa traseira em alumínio com uma parte de suporte em aço, espera-se obter uma pá com um fabrico relativamente económico com suficiente capacidade de moldagem. Além disso, também o módulo eléctrico de alumínio é, mais ou menos, menor num factor de 5 do que o de aço. Daqui resulta, entre outros, que as cargas, às quais o segundo componente é sujeito, não são recebidas pelo material mais suave da caixa traseira. As partes da caixa traseira podem ser dimensionadas de um modo correspondentemente mais económico.

Para simplificar a montagem da pá através da união das partes individuais e também para, mais tarde no funcionamento, facilitar uma verificação da pá e principalmente um controlo da transição entre o primeiro e o segundo componentes, a parte de suporte do segundo componente é preferencialmente constituída de modo a poder ser acedida. Isto significa, por um lado, que o interior tem espaço suficiente e o material continua a ter capacidade de carga, para que pelo menos não ocorram deformações (permanentes).

A ligação entre o primeiro e o segundo componentes da pá do rotor é estabelecida de um modo particularmente vantajoso com um encontro embotado, em que os elementos de ligação para unir a junta do encontro se encontram exclusivamente dentro da pá do rotor. Consegue-se assim um perfeito contorno exterior aerodinâmico da pá.

Neste sentido, a união é preferencialmente concebida, de modo que os elementos de ligação compreendam cavilhas transversais e elementos de tracção, e no segundo componente compreendam um flange L orientado para dentro da pá do rotor, sendo as cavilhas transversais recebidas em concavidades no primeiro componente. Numa versão privilegiada, estas concavidades são constituídos como orifícios de passagem. Para obter uma superfície da pá do rotor perfeitamente aerodinâmica, os orifícios são adequadamente cobertos. Isto pode acontecer por meio de coberturas pré-fabricadas, que permitem fechar o orifício por fora. Claro que esta tarefa pode também ser realizada no tratamento da superfície da pá do rotor, através da aplicação de uma massa de enchimento ou idêntico.

Numa versão alternativa da presente invenção, as concavidades são constituídas como orifícios cegos a partir do lado interior do primeiro componente, em que os elementos de tracção estão ligados às cavilhas transversais em função do tipo da versão das concavidades, que se estendem pelo flange L e se fixam aí.

Decisivo para a versão das concavidades é a espessura do material na área da concavidade. Para conseguir uma remoção segura da carga, as cavilhas transversais requerem uma superfície mínima de apoio definida, da qual resulta a necessária profundidade da concavidade. Se o material não

for mais espesso, obtém-se um furo de passagem, que tem depois de ser coberto na superfície da pá do rotor. Se o material for mais espesso, um orifício cego é suficiente, não requerendo um retoque da superfície da pá do rotor.

Para tirar o máximo proveito económico desta pá, está prevista uma central de energia eólica com, pelo menos, uma pá do rotor deste tipo.

Passamos a descrever em pormenor e por meio das figuras anexas uma versão privilegiada da presente invenção. Nomeadamente:

A fig. 1 é uma vista explodida de uma pá do rotor em conformidade com a invenção;

A Fig. 2 é uma apresentação de uma pá do rotor em conformidade com a invenção no estado montado;

A Fig. 3 é uma apresentação simplificada da ligação entre o primeiro e o segundo componentes numa vista lateral;

A Fig. 4 é a ligação entre o primeiro e o segundo componentes numa vista lateral; e

A Fig. 5 é uma versão alternativa da ligação apresentada na Figura 3.

A apresentação explodida na Figura 1 mostra o primeiro componente 10, que inclui a ponta da pá do rotor 11. O segundo componente 20 é composto por duas partes, nomeadamente uma parte de suporte 22, que inclui também a raiz da pá do rotor 23 para fixar a pá do rotor no cubo do rotor não ilustrado, assim como, uma caixa traseira da pá 24. A parte de suporte 22 apresenta uma primeira superfície de união 22a e uma segunda superfície de união 22b. A

primeira superfície de união 22a serve para unir a parte de suporte 22 ao primeiro componente ou à superfície de união 10a do primeiro componente. A segunda superfície de união ou de contacto 22b serve para unir a parte de suporte 22 à caixa traseira da pá 24. Para isso, as respectivas superfícies de contacto, ou seja, por um lado a superfície de contacto ou de união 22a e, por outro lado, a superfície de contacto ou de união 10a, são adaptadas uma à outra de modo que a parte de suporte e o primeiro componente podem ser, essencialmente, fixados um ao outro, sem qualquer costura. O mesmo aplica-se às superfícies de união e de contacto 22b e 24a.

A Figura 2 mostra a pá do rotor 1 montada, em conformidade com a invenção. Neste sentido, o primeiro componente 10 e o segundo componente 20 composto pelas partes 22 e 24, compõem a pá do rotor, que na sua globalidade é referenciada por 1.

A selecção de diferentes materiais vai permitir responder às diferentes exigências que se colocam aos componentes e suas partes. Assim sendo, utiliza-se para o primeiro componente (ponta da pá) preferencialmente resina sintética reforçada com fibra, enquanto que na parte de suporte do segundo componente (raiz da pá) é utilizado o aço, e o alumínio é utilizado para a ou as partes da caixa traseira da pá. Isto permite oferecer à parte de suporte a necessária resistência através de processos de trabalho, há muito conhecidos e dominados com segurança, no processamento do aço. Uma vez que na segunda componente se trata daquela que envolve a raiz da pá do rotor e que forma também na pá do rotor composta a área interior junto do cubo, não são feitas muitas exigências à moldagem. Devido

ao módulo eléctrico relativamente elevado do aço, não é preciso mais nenhum material para descarregar as cargas que surgem na pá do rotor. O mesmo já não aconteceria com, por exemplo, o material sintético reforçado a fibra de vidro (GFK) como material para o segundo componente. Aqui teria de ser usado mais material do que é necessário para uma versão de forma estável, para obter a rigidez à flexão necessária à remoção da carga. Uma vez que, porém, o aço tem um módulo eléctrico umas 5 vezes superior ao GFK, este reforço e o dispêndio relacionado deixam de ser necessários.

O primeiro componente (ponta da pá), que forma a parte exterior da pá do rotor, tem, em contrapartida, de ser concebido com uma elevada capacidade de moldagem, uma vez que este componente determina predominantemente as características aerodinâmicas da pá do rotor. Conhecem-se há muitos anos processos de fabrico que utilizam resinas sintéticas reforçadas a fibra de vidro, de modo a conseguir fabricar, mesmo em série, componentes com uma elevada capacidade de moldagem e, simultaneamente, baixo peso, embora em contrapartida com custos de material mais elevados do que para o aço. Naturalmente que também se pode utilizar outro material com relativamente menos peso, como o alumínio, para o primeiro componente. O peso mais baixo do primeiro componente causa respectivamente menos cargas, que actuam sobre o segundo componente e sobre a central de energia eólica em geral. A título de exemplo, as cargas ciclicamente circulares são determinadas pelo efeito da gravitação.

Na Figura 3 pode ver-se como se pode estabelecer uma ligação entre o primeiro componente 10 e o segundo

componente 20 ou a superfície de contacto 10a e a superfície de contacto 22b.

No primeiro componente 10 existem uns chamados orifícios cegos, ou seja concavidades, que não penetram completamente no material. Numa concavidade destas é colocada uma cavilha transversal 12. A esta cavilha transversal 12 é ligado um elemento de tracção 14, p. ex. um tirante roscado, cujo comprimento é dimensionado de modo a sobressair do primeiro componente 10 até o segundo componente 20 poder ser colocado por cima e permitir uma união roscada.

Pelo facto do segundo componente 20 possuir um flange L 26, que está orientado para dentro das pás do rotor, pode-se ver nesta Figura 3 que também a cavilha transversal 12 é colocada na concavidade a partir do interior da pá do rotor. Isto preserva o lado exterior da pá do rotor, mantendo-a perfeitamente aerodinâmica.

Como se pode ver ainda nesta Figura, os dois componentes 10, 20 da pá do rotor são ligados um ao outro, colocando uma porca 16 sobre a rosca do elemento de tracção 14, que sobressai do flange L 26 do segundo componente 20.

Para obter uma remoção de carga favorável para fora do flange L 26 para o segundo componente 20, podem estar previstas chapas arqueadas 28 em intervalos pré-definidos.

A Figura 4 mostra a ligação entre o primeiro componente 10 e o segundo componente 20 numa vista de cima. Aqui apresentam-se, por sua vez, as cavilhas transversais 12, que unem os elementos de tracção 14, que penetram pelo flange L 26 do segundo componente 20 e estão fixadas com porcas 16, para obter uma união firme entre os dois componentes 10, 20.

Esta Figura permite ainda deduzir a existência de uma chapa arqueada 28 entre cada dois elementos de tracção adjacentes, de modo que estas chapas arqueadas 28 estão distribuídas por todo o perímetro interior da pá do rotor, apoiando conseqüentemente uma remoção uniforme da carga.

A Fig. 5 mostra uma versão alternativa da ligação apresentada na Figura 3. A diferença entre as duas Figuras consiste essencialmente no facto de na Figura 5 serem apresentados orifícios de passagem no sítio dos orifícios cegos da Figura 3. As restantes partes são iguais e possuem as mesmas referências da Figura 3. Por isso, prescinde-se aqui de repetir a descrição, remetendo-se para a descrição relativamente à Figura 3.

As pás de rotor acima descritas são, preferencialmente, utilizadas como pás de rotor de uma central de energia eólica, apresentando esta central, de preferência, três destas pás de rotor.

Conforme outra versão da invenção, a caixa traseira da pá 24 e a ponta da pá do rotor apresentam diferentes dimensões. Devia, porém, certificar-se que as superfícies de união 10a da ponta da pá do rotor 24a e da caixa traseira da pá 24 permanecem iguais, mesmo com diferentes dimensões da ponta da pá do rotor e da caixa traseira, para que as respectivas ou diferentes pontas da pá do rotor e as caixas traseiras da pá possam ser fixadas à parte de suporte 22. Garante-se assim, que com base na parte de suporte 22, e com pontas da pá do rotor e caixas traseiras da pá do rotor 24 constituídas de forma diferente, é possível instalar modularmente uma pá do rotor numa central de energia eólica. A respectiva pá do rotor pode, assim, ser facilmente adaptada às condições de funcionamento

esperadas. Por conseguinte, podem ser fabricadas pás do rotor com comprimento e largura diferentes e com diferentes medidas geométricas, mantendo-se a parte de suporte 22 inalterada e em que apenas a ponta da pá do rotor e a caixa traseira da pá têm de ser respectivamente adaptadas.

Consegue-se, assim, uma produção económica da parte de suporte, pelo facto desta parte ser concebida de forma idêntica para uma série de pás do rotor diferentes.

DOCUMENTOS REFERIDOS NA DESCRIÇÃO

A lista de documentos referidos pelo autor do presente pedido de patente foi elaborada apenas para informação do leitor, não sendo parte integrante do documento de patente europeia. Não obstante o cuidado na sua elaboração, o IEP não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

Documentos de patente referidos na descrição

- DE 19962989 A1 [0002]
- DE 10152449 A1 [0003]
- DE 20320714 U1 [0003]
- WO 03078833 A1 [0003]

Lisboa, 21/01/2010

REIVINDICAÇÕES

1. Pá do rotor para uma central de energia eólica, com pelo menos um primeiro e um segundo componentes, possuindo o primeiro componente a ponta da pá do rotor e possuindo o segundo componente a raiz da pá do rotor, sendo o primeiro e o segundo componentes partes separadas, que juntos formam a pá do rotor, em que o primeiro componente (10) apresenta um primeiro material e o segundo componente (20) apresenta um segundo material,

em que o segundo componente (20) apresenta pelo menos uma primeira e uma segunda parte (22, 24), que são concebidas como partes separadas e, juntas, formam o segundo componente (20),

em que a primeira parte representa uma parte de suporte (22) e a segunda parte representa uma caixa traseira da pá (24), **caracterizada pelo facto**

da primeira parte (22) possuir um segundo material e a segunda parte possuir um terceiro material, e **pelo facto**

de estar prevista resina sintética reforçada a fibra como primeiro material, de estar previsto aço como segundo material para a parte de suporte (22) do segundo componente (20) e de estar previsto alumínio como terceiro material para a ou as partes da caixa traseira da pá (24).

2. Pá do rotor segundo a reivindicação 1, **caracterizada** por uma divisão da caixa traseira da pá (24) em várias partes.

3. Pá do rotor segundo as reivindicações 1 a 2, **caracterizada pelo facto** do comprimento do primeiro

componente (10) corresponder a $5/6$ até $1/2$ do comprimento de toda a pá do rotor e do comprimento do segundo componente (20) corresponder a $1/6$ até $1/2$ de toda a pá do rotor (1).

4. Pá do rotor segundo uma das reivindicações anteriores, **caracterizada pelo facto** de, pelo menos, a parte de suporte (22) do segundo componente (20) ser concebida de modo a poder ser acedida.

5. Pá do rotor segundo umas das reivindicações anteriores, **caracterizada por** uma ligação do primeiro e segundo componentes (10, 20) da pá do rotor (1) a um encontro embotado, em que os elementos de ligação para ligação da junta de encontro se encontram exclusivamente dentro da pá do rotor (1).

6. Pá do rotor segundo a reivindicação 5, **caracterizada pelo facto** dos elementos de ligação possuírem cavilhas transversais (12), elementos de tracção (14) e um flange L (26) orientado para dentro da pá do rotor (26) no segundo componente (20), em que as cavilhas transversais (12) são recebidas em concavidades no primeiro componente (10), e em que os elementos de tracção (14) estão ligados às cavilhas transversais (12), que se estendem por entre o flange L (26) e são aí fixados.

7. Pá do rotor segundo a reivindicação 6, **caracterizada pelo facto** das concavidades no componente (10), para recepção das cavilhas transversais (12), serem

constituídas como orifícios cegos a partir do lado interior do primeiro componente (10).

8. Pá do rotor para uma central de energia eólica segundo uma das reivindicações de 1 a 7,

com um primeiro componente, que possui a ponta da pá do rotor,

com um segundo componente, que possui a raiz da pá do rotor,

em que o primeiro e o segundo componentes são concebidos como partes separadas e formam, juntos, a pá do rotor ,

em que o segundo componente apresenta, pelo menos, uma primeira parte de suporte (22) e, pelo menos, uma segunda parte que representa uma caixa traseira da pá (24),

em que a pá do rotor é modularmente constituída e em que as pontas da pá do rotor podem ser fixadas com diferentes dimensões na parte de suporte (22) e/ou a caixa traseira da pá (24) pode ser fixada com diferentes dimensões na parte de suporte (22).

9. Pá do rotor segundo a reivindicação 8, em que as pontas da pá do rotor (10) apresentam, com diferentes constituições geométricas, uma superfície de contacto previamente definida (10a), em que as caixas traseiras da pá do rotor (24) também apresentam, mesmo com dimensões diferentes, uma superfície de contacto previamente definida (24a).

10. Pá do rotor segundo a reivindicação 7 ou 8, em que a superfície de união (10a) da ponta da pá do rotor (10)

está adaptada a uma primeira superfície de união (22a) da parte de suporte (22), e em que a superfície de contacto (24a) da caixa traseira da pá (24) está adaptada a uma segunda superfície de união (22b) da parte de suporte (22).

11. Central eólica com, pelo menos, uma pá do rotor segundo uma das reivindicações anteriores.

Lisboa, 21/01/2010

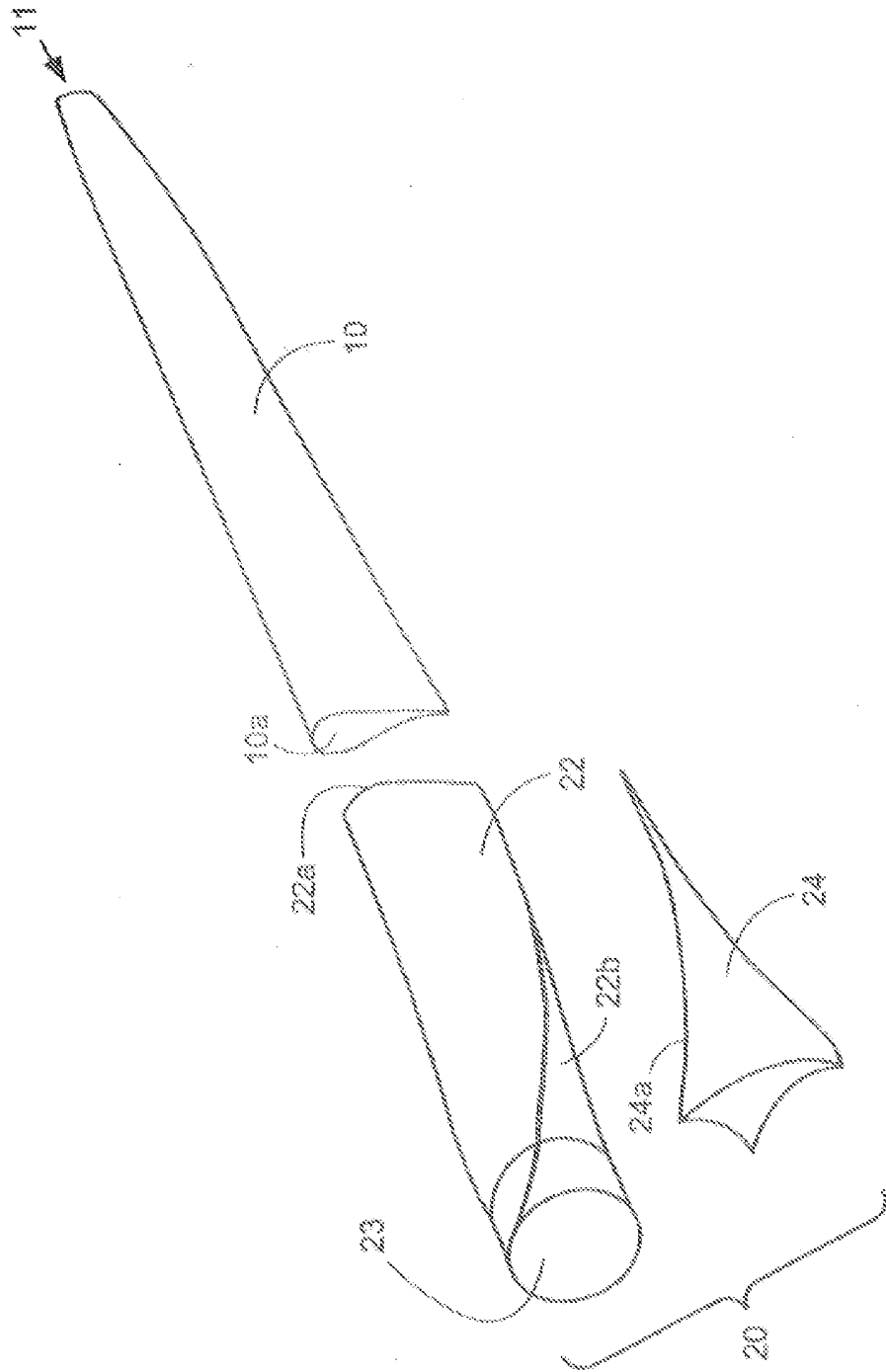


Fig. 1

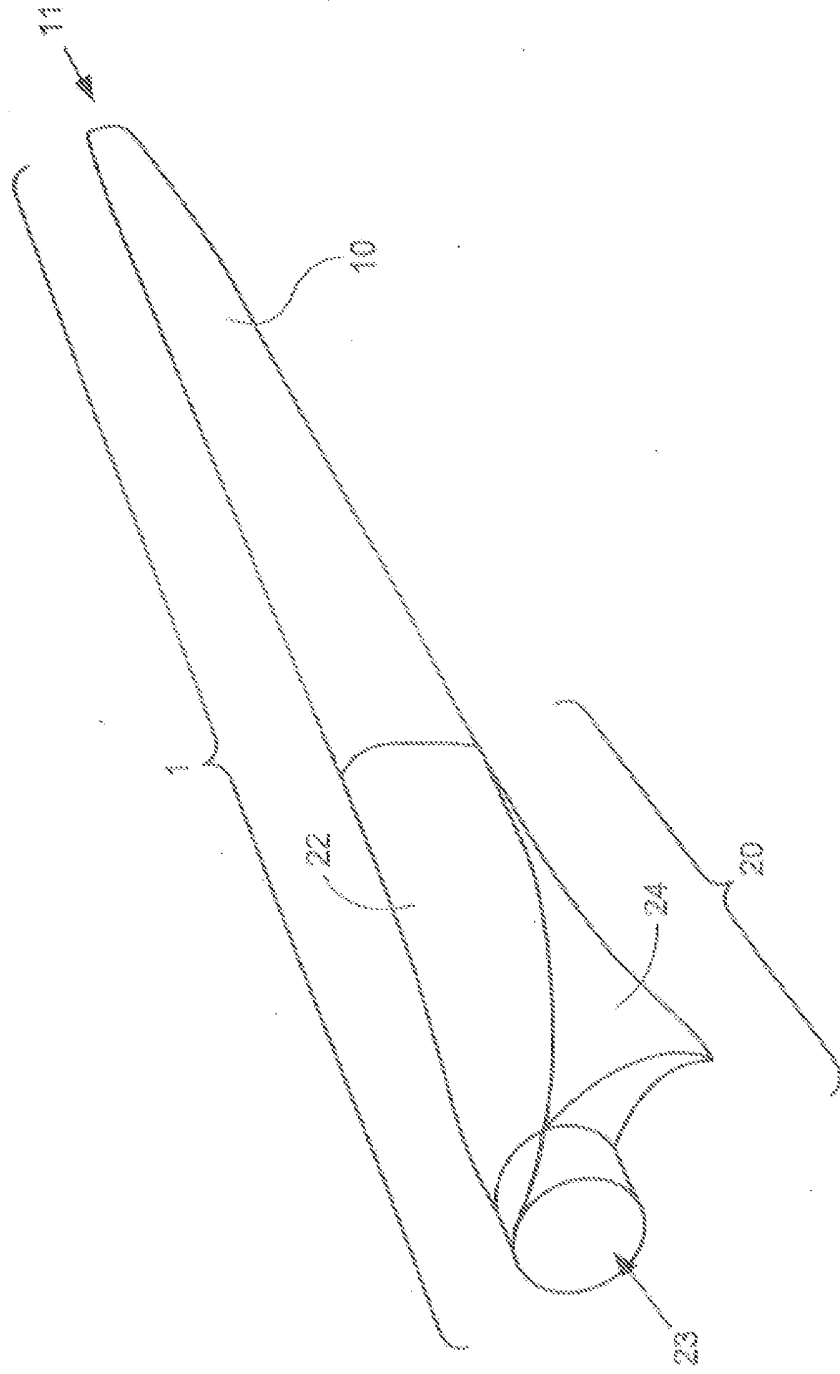


FIG.2

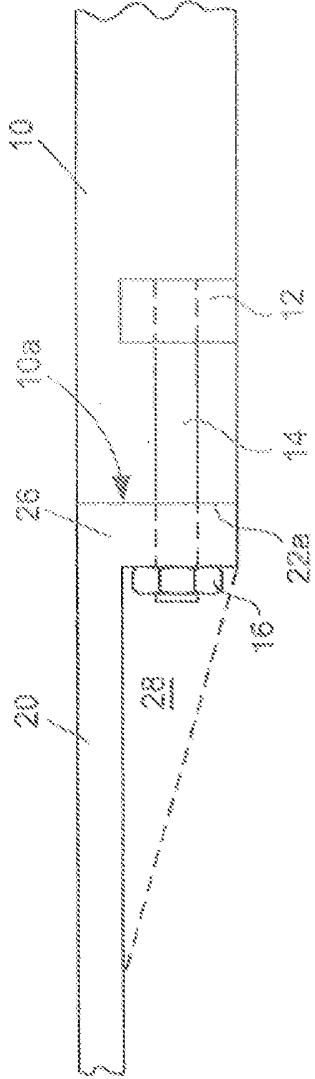


Fig. 3

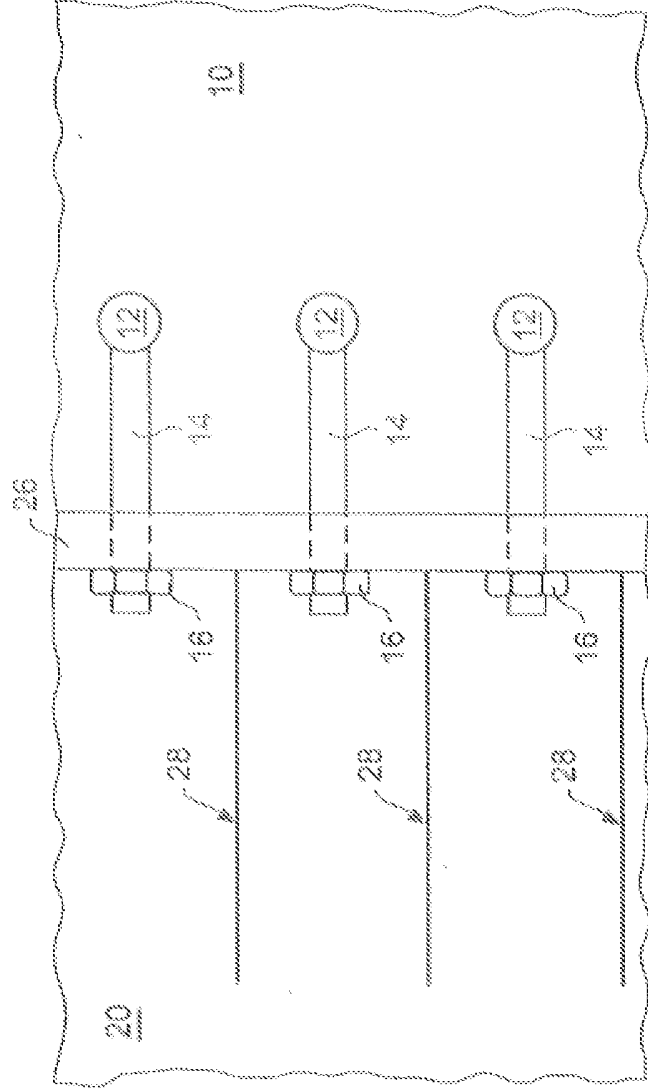


Fig. 4

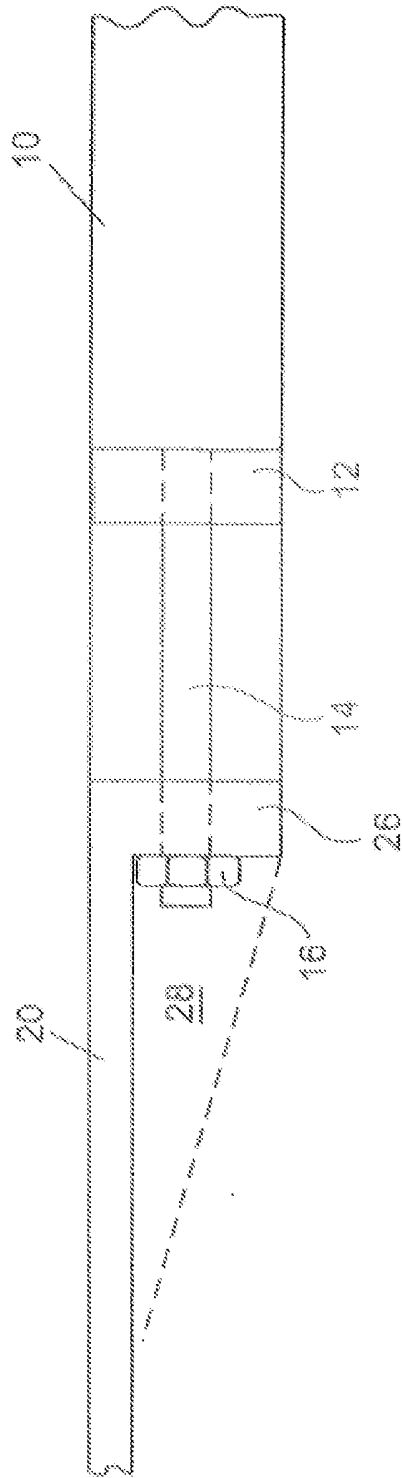


Fig.5