

(19) **DANMARK**

(10) **DK 178292 B1**



(12) **PATENTSKRIFT**

Patent- og
Varemærkestyrelsen

-
- (51) Int.Cl.: *F 03 D 1/06 (2006.01)* *B 29 C 70/22 (2006.01)*
- (21) Ansøgningsnummer: **PA 2006 00994**
- (22) Indleveringsdato: **2006-07-18**
- (24) Løbedag: **2006-07-18**
- (41) Alm. tilgængelig: **2007-01-30**
- (45) Patentets meddelelse bkg. den: **2015-11-09**
- (30) Prioritet: **2005-07-29 US 11/192,689**
- (73) Patenthaver: **General Electric Company, 1 River Road, Schenectady, New York 12345, USA**
- (72) Opfinder: **Eric Morgan Jacobsen, 208 Burning Bush Road, Greenville, SC 29607, USA**
- (74) Fuldmægtig: **Zacco Denmark A/S, Arne Jacobsens Allé 15, 2300 København S, Danmark**
- (54) Benævnelse: **Metoder og apparat til at reducere last i et rotorblad**
- (56) Fremdragne publikationer:
US 3,883,267 A
WO 03/038239 A1
WO 2006/130454 A2
US 5,945,356 A
WO 96/06776 A1
US 4,273,601 A
US 4,022,547 A
GB 1 328 167 A
WO 03/078833 A1
WO 01/57354 A2
US 5,934,609 A
JP H-03-271566 A
US 3,713,753 A
DE 2049416 A1
- (57) Sammendrag:
Blad (24) indbefattende en flerhed af første fibre, hvor hver af flerheden af første fibre (34) er vinklet mellem omkring 50 og omkring 35° i forhold til en tværsakse (30) af bladet, og en flerhed af andre fibre (36), hvor hver af flerheden af andre fibre er vinklet mellem omkring 95° og omkring 125° i forhold til tværaksen af bladet.

Fortsættes ...

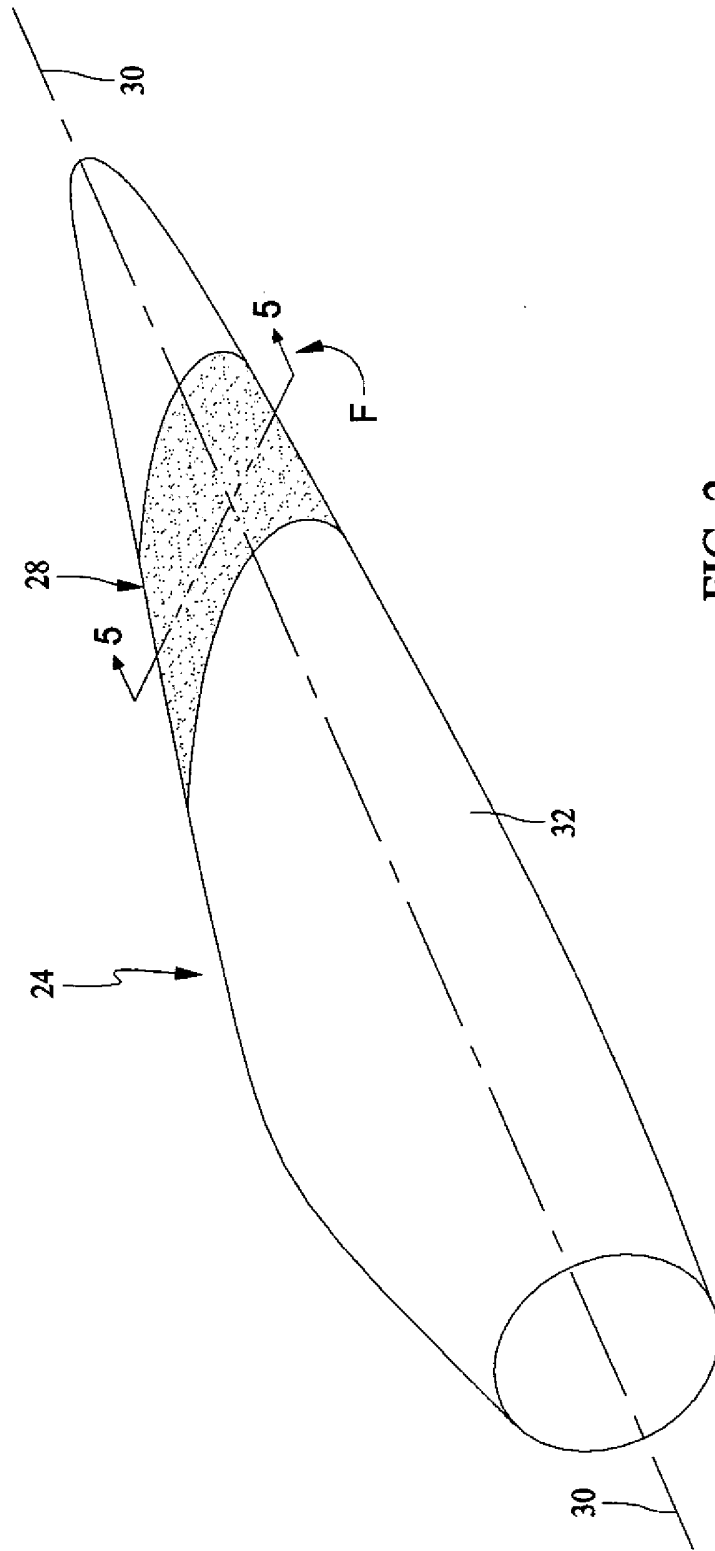


FIG. 2

Opfindelsen angår overordnet blade, som kan være anvendelige som vindturbinerotorblade, og rotor og vindturbiner, der benytter sådanne blade.

Vindturbiner har været genstand for forøget opmærksomhed som mulige miljøsikre og relativt billige alternative energikilder. Med sådan voksende interesse er der blevet gjort betydelig indsats for at udvikle vindturbiner, som er pålidelige og effektive.

Overordnet indbefatter en vindturbinerotor en rotor med flere blade. Rotoren er monteret på et hus eller en celle, der er placeret på toppen af et afstivningstårn eller et rørformet tårn. Vindturbiner, der anvendes til elnettet, (dvs. vindturbiner designet til at tilvejebringe elektrisk strøm til et elnet) kan have store rotor (f.eks. 30 m eller mere i diameter). Blade på disse rotor transformerer vindenergi til et rotationsmoment eller en rotationskraft, som driver en eller flere generatorer, overordnet, men ikke altid roterende koblet til rotoren via en gearkasse. Gearkassen optransformerer den iboende lave rotationshastighed af turbinerotor til generatoren for effektivt at konvertere mekanisk energi til elektrisk energi, der tilføres et elnet. Der eksisterer også gearløse direkte drevturbiner.

En diameter af vindturbinerotorer er nogle gange begrænset af lasterne påført rotoren af vinden. For eksempel kan store vindbelastninger under drift af rotoren få rotor over en forudbestemt diameter og/eller andre komponenter af vindturbinen til at fejle. Derudover kan store vindbelastninger, når rotoren ikke er i drift (dvs. ikke drejer), samt overordnet slid fra store vindlaste over tiden også få rotor over en forudbestemt diameter og/eller andre komponenter til at fejle. Passiv stigningsstyring af rotorblade (dvs. vridningsbøjning kobling eller twist-bend coupling; TBC) er blevet anvendt til at placere vindturbinerotorbladlaste, og derfor tillades større diameter af rotor. Navnlig reducerer vridning af sektioner af bladet en angrebsvinkel af sådanne sektioner i forhold til vinden for derved at reducere store tværgående belastninger, som bladet oplever. TBC kan imidlertid forøge en vægt og/eller en omkostning af vindturbinerotorblade, som kan overstige enhver driftsmæssig fordel fra en rotor af større diameter. Visse kendte rotorblade, der be-

nytter TBC, er f.eks. fremstillet ved anvendelse af kulfibre med en vinkel mellem omkring 5° og omkring 35° i forhold til en pitch-akse af bladet i en skal eller bjælke af bladet. Sådanne kendte blade, der indbefatter kulfiber, kan imidlertid kræve en forøget tykkelse af skallen eller bjælken for at tilvejebringe tilstrækkelig stivhed, således at bladet ikke bøjer og slår ind i et tårn af vindturbinen. Tilføjelsen af flere fibre vinklet mellem omkring 5° og omkring 35° i forhold til pitch-aksen for at forøge en tykkelse af skallen eller bjælken kan forøge en vægt af bladet og/eller en omkostning af bladet pga. det ekstra materiale, der skal anvendes til at forøge tykkelsen. Tilføjelsen af mere kulfiber, navnlig ved en vinkel i forhold til pitch-aksen, på sådanne blade kan yderligere forøge omkostninger af rotorbladet pga. de dyre kulfibre.

Pilformede/swept rotorblade er også blevet anvendt til at reducere laster i vindturbinerotorblade. En vridningsstivhed af pilformede/swept rotorblade kan imidlertid modstå den ønskede vridning/bøjning af rotorbladet. Visse kendte pilformede/swept rotorblade er fremstillet med en reduceret bærelanttykkelse for at reducere vridningsstivheden af bladet og derved tillade, at bladet kan vride/bøje. Reduktion af tykkelsen af bærelanet af sådanne pilformede/swept rotorblade kan imidlertid kræve mere materiale for at tilvejebringe tilstrækkelig styrke og stivhed til at modstå forskydningsbelastninger, hvorved omkostninger og/eller vægten af bladet muligvis forøges yderligere pga. det ekstra materiale.

US 3,883,267 A viser et blad for en fluid dynamik maskine omfattende overlagte lag af komposit-fiber materiale. Fibrene kan være af kulstof eller Bor. I de indre lag kan fibrene kan være lagt med en vinkel til en pitchakse af bladet på mellem 50 og 60 grader sådan at fibrene i nabolag har samme numeriske vinkel men med modsat fortegn. Med hensyn til de ydre lag nævnes det at vinkelen skal være mellem 0 og 20 grader i forhold til aksens, sådan at fibrene i nabolag har samme numeriske vinkel men med modsat fortegn. For at imødegå bøjningskræfter specificeres det at de ydre lag skal have en vinkel på 0 grader.

I ét aspekt indbefatter et blad en flerhed af første fibre, hvor hver af flerheden af første fibre er vinklet mellem omkring 5° og om-

kring 25° i forhold til en pitch-akse af bladet, og en flerhed af andre fibre, hvor hver af flerheden af andre fibre er vinklet mellem omkring 95° og omkring 125° i forhold til pitch-aksen af bladet.

I et andet aspekt indbefatter en vindturbinerotor med et
5 nav og mindst ét blad, der strækker sig udad i forhold til navet. Bladet indbefatter en flerhed af første fibre, hvor hver af flerheden af første fibre er vinklet mellem omkring 5° og omkring 35° i forhold til en pitch-akse af bladet og en flerhed af andre fibre, hvor hver af flerheden af andre fibre er vinklet mellem omkring 95° og omkring 125° i forhold
10 til pitch-aksen af bladet.

I endnu et andet aspekt er der tilvejebragt en metode til at fremstille et blad ved anvendelse af en støbeform med en facon svarende til en forudbestemt facon af bladet. Metoden indbefatter at lægge en flerhed af første fibre i støbeformen, således at hver af flerheden af første
15 fibre er vinklet mellem omkring 5° og omkring 35° i forhold til en pitch-akse af den forudbestemte facon af bladet og at lægge en flerhed af andre fibre i støbeformen, således at hver af flerheden af andre fibre er vinklet mellem omkring 95° og omkring 125° i forhold til pitch-aksen af bladet.

20 I det følgende vil opfindelsen blive beskrevet i detaljer med henvisning til den medfølgende tegning, på hvilken

fig. 1 er et perspektivbillede af et eksempel på en udførelsesform for en vindturbinerotor,

25 fig. 2 er et perspektivbillede af et eksempel på en udførelsesform af et rotorblad til anvendelse med en vindturbinerotor vist i fig. 1,

fig. 3 er et skematisk billede af et afsnit af rotorbladet vist i fig. 2,

2, fig. 4 er et skematisk billede af et afsnit af rotorbladet vist i fig. 2,

30 fig. 5 er et tværsnit af én udførelsesform af et rotorblad vist i fig. 2 efter linjen 5-5,

fig. 6 er en grafisk repræsentation af én udførelsesform af et rotorblad vist i fig. 1,

fig. 7 er en grafisk repræsentation af en anden udførelsesform

af et rotorblad vist i fig. 1, og

fig. 8 er et flowchart-diagram, der illustrerer et eksempel på en udførelsesform for en metode til at fremstille rotorbladet vist i fig. 1.

5 Til hinanden svarende henvisningstal indikerer tilsvarende dele på tegningens billeder.

Som anvendt heri skal med udtrykket "blad" forstås hvad som helst, der tilvejebringer reaktiv kraft, når det er i bevægelse i forhold til et omgivende fluid. Som anvendt heri henviser udtrykket "pilformet"/swept til en vinkel af en elastisk akse i forhold til et pitch-akse af
10 bladet, hvor den "elastiske akse" henviser til en geometrisk sted af punkter, der definerer et vridningscenter eller bøjecenter ved hver spændvise sektion af bladet. Som anvendt heri skal med udtrykket "vindturbine" forstås hvad som helst, som genererer rotationsenergi ud fra vindenergi og navnlig konverterer kinetisk energi fra vind til meka-
15 nisk energi. Som anvendt heri skal udtrykket "vindgenerator" forstås som en vindturbine, som genererer elektrisk strøm fra rotationsenergi genereret fra vindenergi og navnlig konverterer mekanisk energi kon-
verteret fra kinetisk energi fra vind til elektrisk strøm. Som anvendt heri skal udtrykket "vindmølle" forstås som en vindturbine, som anvender
20 rotationsenergi genereret ud fra vindenergi og navnlig mekanisk energi konverteret fra kinetisk energi af vind til et forudbestemt formål, der adskiller sig fra at generere elektrisk strøm, såsom, men ikke begrænset til, at pumpe et fluid og/eller at male en substans.

Med henvisning til tegningen og navnlig fig. 1 er et eksempel på
25 en udførelsesform for en vindturbine i sin helhed betegnet med henvisningstal 10. Vindturbinen 10 beskrevet og illustreret heri indbefatter en vindgenerator (overordnet betegnet 12) til at generere elektrisk strøm ud fra vindenergi. I visse udførelsesformer kan vindturbine 10 imidlertid ud over eller som alternativ til vindgeneratoren 12 indbefatte enhver ty-
30 pe af vindturbine, såsom, men ikke begrænset til, en vindmølle (ikke vist). Vindturbinen 10 beskrevet og illustreret heri indbefatter derud over en horisontal akse-konfiguration. I visse udførelsesformer kan vindturbinen 10 ud over eller som alternativ til horisontal akse-konfiguration imidlertid indbefatte en vertikal akse-konfiguration (ikke

vist). Selvom kun én vindturbin er vist i fig. 1, kan en flerhed af vindturbiner 10 i visse udførelsesformer være grupperet sammen, nogle gange betegnet en "vindmøllepark".

Som vist i fig. 1 er vindgeneratoren 12 i visse udførelsesformer monteret på et tårn 14 (hvoraf kun et afsnit er vist i fig. 1); i visse udførelsesformer indbefatter vindturbinen 10 imidlertid ud over eller alternativt i forhold til en tårnmonteret vindgenerator 12 en vindgenerator (og/eller en anden type af vindturbin) tilstødende jord og/eller en overflade af vand. Højden af tårnet 14 kan vælges baseret på faktorer og forhold, der er kendte indenfor teknikken. Vindgeneratoren 12 indbefatter en krop (overordnet betegnet 16), der indimellem betegnes som en "celle" (Engelsk: "nacelle"), og en rotor (overordnet betegnet 18) monteret på kroppen 16 til rotation omkring en rotationsakse 20. Rotoren 18 indbefatter et nav 22 og en flerhed af blade 24 (indimellem betegnet "bæreplaner"), der strækker sig radiale udad fra navet 22 til at konvertere vindenergi til rotationsenergi. Rotoren 18 er beskrevet og illustreret heri som havende tre blade 24. Rotoren 18 kan imidlertid have et antal blade 24. Bladene 24 kan hver have enhver længde (hvad enten den er beskrevet heri eller ej). I visse udførelsesformer er et eller flere blade 24 f.eks. omkring 0,5 m lange, mens et eller flere blade 24 i visse udførelsesformer er omkring 50 m lange. Andre eksempler på længder af blade 24 indbefatter 10 m eller mindre, omkring 20 m, omkring 37 m og omkring 40 m. Endnu andre eksempler indbefatter blade, der er mellem 50 og 100 m lange. Uanset hvordan bladene 24 er illustreret i fig. 1, kan rotoren 18 derud over have blade af enhver facon, og den kan have blade af enhver type og/eller konfiguration, hvad enten en sådan facon, type og/eller konfiguration er beskrevet ovenfor eller heri. Et eksempel på en anden type, facon og/eller konfiguration af bladene 24 og rotoren 18 er en kanalrotor (ikke vist) med en turbine (ikke vist) indeholdt inden i en kanal (ikke vist). Et andet eksempel på en anden type, facon og/eller konfiguration af bladene 24 og rotoren 18 er en darrieus-vindturbin, der indimellem betegnes en "ægvisker"-turbine. Endnu et andet eksempel på en anden type, facon og/eller konfiguration af bladene 24 og rotoren 18 er en savonius-vindturbin. Endnu et andet eksem-

pel på en anden type, facon og/eller konfiguration af bladene 24 og rotoren 18 er en traditionel vindmølle til at pumpe vand, såsom men ikke begrænset til, 4 bladede rotorere med trævinger og/eller stofsejl. Vindturbinen 10 kan endvidere i visse udførelsesformer være en vindturbin, 5 hvor rotoren 18 overordnet vender opvinds for at høste vindenergi og/eller kan være en vindturbin, hvor rotoren 18 vender nedvinds for at høste energi. I enhver udførelsesform behøver rotoren 18 naturligvis ikke vende nøjagtig opvinds og/eller nedvinds, men kan vende overordnet ved enhver vinkel (der kan være variabel) i forhold til en retning af 10 vinden for at høste energien derfra.

Vindgeneratoren 12 indbefatter en elektrisk generator (ikke vist) monteret på legemet 16 og er operativt forbundet til rotoren 18 til at genere elektrisk strøm fra rotationsenergi generet af rotoren 18. Overordnet drift af den elektriske generator til at genere elektrisk strøm 15 fra rotationsenergien af rotoren 18 er kendt inden for teknikken og vil derfor ikke blive beskrevet i flere detaljer heri.

I visse udførelsesformer kan vindturbinen 10 indbefatte en eller flere styringsindretninger (ikke vist) monteret på kroppen 16 og operativt forbundet til nogle eller alle af komponenterne af vindgeneratoren 20 12 til overordnet at styre driften af vindgeneratoren 12 og/eller nogle eller alle komponenterne deraf (hvad enten sådanne komponenter er beskrevet og/eller illustreret heri eller ej). For eksempel kan styringsindretningen (-indretningerne) anvendes til overordnet systemovervågning og styring indbefattende f.eks. stignings- og hastighedsregulering, 25 højhastighedsaksel- og drejebremseanvendelse, dreje- og pumpemotor og fejløvervågning. Alternative fordelte eller centraliserede styringsarkitekturer kan anvendes i visse udførelsesformer. I visse udførelsesformer kan vindgeneratoren 12 indbefatte en bremse (ikke vist) monteret på kroppen 16 til at bremse rotationen af rotoren 18 for f.eks. at reducere 30 genereringen af elektrisk strøm fra den elektriske generator. I visse udførelsesformer kan vindgeneratoren 12 endvidere indbefatte et drejedrev (ikke vist) til at rotere vindgeneratoren 12 omkring en rotationsakse 26, til at ændre en drejning af rotoren 18 og navnlig til at ændre en retning, hvorimod rotoren 18 vender, til f.eks. at justere en vinkel mel-

lem retningen, hvorimod rotoren 18 vender, og en vindretning. I visse udførelsesformer kan vindgeneratoren 12 derud over indbefatte et anemometer (ikke vist) til at måle vindhastighed. Anemometeret kan i visse udførelsesformer være operativt forbundet med styringsindretningen 5 (-indretningerne) for at sende målinger til styringsindretningen til behandling deraf. I visse udførelsesformer indbefatter vindgeneratoren 12 en vindskovl (ikke vist) til at måle vindretningen. Vindskovlen kan i visse udførelsesformer være operativt forbundet med styringsindretningen (-indretningerne) og/eller drejedrevet til at ændre drejningen af rotoren 10 18. I visse udførelsesformer indbefatter vindgeneratoren 12 et variabelt bladstignings-drev (ikke vist) til at styre en stigning af rotorbladene 24. Det variable bladstigningsdrev kan være operativt forbundet med styringsindretningen (-indretningerne) for at blive styret deraf. I visse udførelsesformer er stigningerne af bladene 24 individuelt styret af bladstigningsdrevet. Overordnet drift af vindturbinen 10 og navnlig af vindgeneratoren 12 er kendt inden for teknikken og vil derfor ikke blive beskrevet i flere detaljer heri.

I visse udførelsesformer er et eller flere af bladene 24 bøjningsvridningskoblet til rotoren 18, således at bladet (bladene) 24 ændrer sit 20 (sine) aerodynamiske vridning, når det belastes. For eksempel indbefatter et blad 24, som vist i fig. 2, en vridning-bøjningskoblet (TBC-) sektion (overordnet betegnet 28). TBC-sektionen 28 kan omfatte hele, størstedelen af eller et mindre afsnit af den totale længde af bladet 24. Vindlaster, der virker på TBC-sektionen 28, skaber en momentkraft F , 25 der virker på TBC-sektionen 28, hvilken vrider TBC-sektionen 28 omkring en pitch-akse 30, der strækker sig langs længden af bladet 24. En sådan vridning omkring pitch-aksen 30 reducerer en angrebsvinkel af bladet 24 og navnlig af TBC-sektionen 28 i forhold til vinden for derved at reducere spidsbelastninger oplevet af TBC-sektionen 28 og/eller andre afsnit af bladet 24. TBC-sektionen 28 kan vride i enhver retning omkring pitch-aksen 30 afhængig af forløbet af retningen af vinden og orienteringen af bladet 24 i forhold dertil.

I visse udførelsesformer er bladet 24 fremstillet ved anvendelse af et eller flere laminerede fiberlag, såsom, men ikke begrænset til, ind-

befattende glas og/eller kulfibre, som danner en skal 32 af bladet 24. Som vist i fig. 3 indbefatter et afsnit af skallen 32, der danner TBC-sektionen 28, som vist i fig. 3 en flerhed af fibre (overordnet betegnet 34) vinklet mellem omkring 5° og 35° omkring pitch-aksen 30 af bladet 24 og en flerhed af fibre, overordnet betegnet 36, vinklet mellem omkring 95° og 125° , hvilket også kan betegnes som mellem omkring -85° og omkring -55° i forhold til pitch-aksen 30. Selv om fibrene 34 og 36 kan indbefatte enhver type fibre, indbefatter fibrene 34 og/eller 36 i visse udførelsesformer glas og/eller kulfibre. Fibrene 34 og 36 kan være indeholdt i separate lag af skallen 32, som er lamineret sammen og/eller kan være vævet sammen med hinanden til et lag af skallen 32.

I visse udførelsesformer overlapper nogle eller alle fibrene 34 og 36 endvidere hinanden, mens fibrene 34 og 36 i andre udførelsesformer ikke overlapper hinanden. I visse udførelsesformer, hvor fibrene 34 og 36 er indeholdt inden i separate lag af skallen 32, kan alle eller et afsnit af lagene f.eks. overlapse hinanden. Orienteringen af fibrene 34 og 36 i forhold til pitch-aksen 30 og hinanden letter vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen 30 under vindlast for derved at reducere belastning oplevet af TBC-sektionen 28 og/eller andre afsnit af bladet 24. Fibrene 34 og 36 vinklet i forhold til pitch-aksen 30 er derfor f.eks. vinklet i forhold til en bøjningsretning af bladet 24, således at elastisk forskydning af lagene indbefattende fibrene 34 og 36 bevirkes for derved at bevirke, at bladet 20 vrider.

I visse udførelsesformer er fibrene 34 vinklet mellem omkring 15° og omkring 25° i forhold til pitch-aksen 30 og bladet 24, og fibrene 36 er vinklet mellem omkring 105° og omkring 115° (hvilket også kan betegnes som mellem -65°) i forhold til pitch-aksen 30. Som vist i fig. 3 og som eksempel er fibrene 34 vinklede omkring 20° i forhold til pitch-aksen 30 og bladet 24, og fibrene 36 er vinklet omkring 110° (hvilket også kan betegnes som omkring -70°) i forhold til pitch-aksen 30. Selv om TBC-sektionen 28 kan vride omkring pitch-aksen 30 med ethvert interval og enhver vinkel, vrider TBC-sektionen 28 i visse udførelsesformer mellem omkring 2° og omkring 15° omkring pitch-aksen 30 fra sin ubelastede orientering i forhold til pitch-aksen 30 under vindbelastning.

ger.

For yderligere at lette vridning af TBC-sektionen 28 omkring pitch-aksen 30 kan nogle eller alle fibre 34 i visse udførelsesformer være kraftigere/tungere end nogle eller alle fibre 36. I visse udførelsesformer kan den overordnede vægt af fibre 34 inden i bladet 24 f.eks. være tungere end en overordnet vægt af fibre 36 inden i bladet 24 pga. f.eks. en højere koncentration af fibre 34, en større størrelse af hvert af fibre 34 og/eller en tykkelse af et lag (hvad enten vævet sammen med fibre 36 eller dannende et separat lag) af fibre 34. Den tungere vægt af fibre 34 kan yderligere lette vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen 30 under vindlast for derved at reducere belastninger oplevet af TBC-sektionen og/eller andre afsnit af bladet 24. Fordi fibre 34 er mere tæt vinklede i forhold til pitch-aksen 30, kan fibre 34 f.eks. opleve mere bøjningsspænding og derfor udøve en højere belastning end fibre 36. Da fibre 36 oplever mindre bøjningsspænding end fibre 34, kan fibre 36 være lettere og derved tilvejebringe mindre modstand mod vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen 30.

Skallen 32 af bladet 24 kan også være fremstillet ved anvendelse af andet lamineret fiber eller andre (f.eks. plastiske eller metalliske) lag ud over fibre 34 og 36 for at tilvejebringe yderligere struktur til skallen 32. For eksempel indbefatter skallen 32 i visse udførelsesformer som vist i fig. 4 ud over fibre 34 og 36 (indeholdt inden i et eller flere laminerede lag og vist i fig. 3) et eller flere fiberlag (overordnet betegnet 38) med fibre (overordnet betegnet 40), der strækker sig omtrent parallelt med pitch-aksen 30, for at lette forøgelse af en flapvis stivhed af bladet 24. Fibrene 34 og 36 indbefatter lag deraf (hvad enten de er separate eller indeholder både fibre 34 og 36 eller ej), og ethvert andet lag af skallen 32 kan have enhver konfiguration, således at hvert lag kan være anbragt hvor som helst på bladet 24 indbefattende hvor som helst inden i en lamineret stak af lag, der danner skallen 32. I visse udførelsesformer indbefatter skallen 32 som vist i fig. 5 f.eks. lag 38 indskudt mellem to lag 42 og 43 af fibre 34 og 36 (fig. 3) og to lag 44 og 45 af fibre 34 og 36. Som det kan ses af fig. 5, er laget 38 i visse udførelsesformer smallere end en kordelængde L af bladet 24.

Som vist i fig. 4 kan noget eller hele laget 38 imidlertid også strække sig overordnet ens med kordelængden L af bladet 24. Igen med henvisning til fig. 5 kan bladet 24 også indbefatte en anden struktur, f.eks. kernemateriale 47, der kan være indskudt mellem lagene 42 og 43 og lagene 44 og 45, og/eller en eller flere tappe (ikke vist) til overordnet at understøtte og/eller at styrke bladet 24. En sådan anden struktur kan f.eks. understøtte skallen 32 indad mod f.eks. at bule ud under vindlast.

For yderligere at lette vridning af TBC-sektionen 28 omkring pitch-aksen 30 indbefatter skallen 32 i visse udførelsesformer ikke mere end omkring 10 vægt% af en flerhed af fibre (indbefattende resin bundet dertil) vinklet mellem omkring 40° og omkring 50° (og/eller mellem omkring 130° og omkring 140° , der også kan benævnes mellem omkring -40° og omkring -50°) i forhold til pitch-aksen 30 mellem omkring en 25% og omkring en 95% spændvis længde af bladet 24 (hvad enten sådanne fibre er indeholdt inden i et andet lag, f.eks. et lag indeholdende fibrene 34 og/eller 36, eller sit eget separate lag eller ej). For eksempel kan fibre vinklet mellem omkring 40° og omkring 50° og fibre vinklet mellem omkring 130° og 140° modstå vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen 30, fordi resinforskydning mellem fibrene overordnet er symmetrisk. Når fibrene vinklet mellem omkring 40° og omkring 50° endvidere overordnet er af samme vægt som fibrene vinklet mellem omkring 130° og omkring 140° , deler fibrene overordnet samme last for derved yderligere at modstå vridning af bladet 24.

Selv om TBC-sektionen 28 er beskrevet og illustreret heri som en passiv TBC-sektion, kan bladet 24 i visse udførelsesformer indbefatte aktive indretninger til styring af vridning af TBC-sektionen 28 omkring pitch-aksen 30. For eksempel indbefatter bladet 24 i visse udførelsesformer en eller flere indre dæmpere (ikke vist) for at svække vridning af TBC-sektionen 28, en eller flere begrænsere (ikke vist) for at begrænse vridning af TBC-sektionen 28 og/eller en eller flere indre aktuatorer (ikke vist) for aktivt at vride TBC-sektionen 28 omkring pitch-aksen 30.

Selv om bladet (bladene) 24 som beskrevet ovenfor kan være af enhver egnet type, facon og/eller konfiguration, er et eller flere blade 24 i visse udførelsesformer et "lige" blad, som ikke indbefatter nogen

pilform/sweep, som vist i fig. 6. Som diskuteret ovenfor letter orienteringen af fibre 34 og 36 (fig. 3) i forhold til pitch-aksen 30 og hinanden vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen under vindlast for derved at reducere lasterne oplevet af TBC-sektionen 28 og/eller andre afsnit af bladet 24. Selv om orienteringen af fibre 34 og 36 kan lette vridning af TBC-sektionen 28 omkring pitch-aksen 30 gennem ethvert interval af vinkler, producerer orienteringen af fibre 34 og 36 i visse udførelsesformer, hvor bladet 24 er et lige blad, vridning af TBC-sektionen 28 mellem omkring 2° og omkring 5° omkring pitch-aksen 30 under vindbelastning.

Selv om bladet (bladene) 24 som beskrevet ovenfor kan være af enhver egnet type, facon og/eller konfiguration, er et eller flere blade 24 i visse udførelsesformer et "pilformet"/swept blad, som er pilformet/swept i forhold til en elastisk akse E (i et rotationsplan af rotoren 18 vist i fig. 1), hvorpå et eksempel er vist i fig. 7. Selv om bladet 24 er vist i fig. 7 som overordnet indbefattende en fremadgående og en bagudgående pilform/sweep, indbefatter bladet 24 i visse udførelsesformer kun en bagudgående eller kun en fremadgående pilform/sweep. Det særlige blad 24 vist i fig. 7 er specifikt kun ment som et eksempel. Bladet 24 kan være af enhver anden type, konfiguration, vinkel og/eller facon af pilformen/sweep, hvad enten det er beskrevet og/eller illustreret heri eller ej. Afhængig af typen, konfigurationen og/eller faconen af pilformen/sweep kan pilformen/sweep af bladet 24 lette vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen 30 under vindlast. Selv om pilformen/sweep af bladet 24 kan lette vridning af TBC-sektionen 28 omkring pitch-aksen 30 gennem ethvert interval af vinkler, producerer pilformen/sweep af bladet 24 i visse udførelsesformer, hvor bladet 24 er et pilformet/swept blad, vridning af TBC-sektionen 28 mellem 2° og omkring 5° omkring pitch-aksen 30 under vindbelastning. Orienteringen af fibre 34 og 36 (fig. 3) i forhold til pitch-aksen 30 og/eller hinanden letter som beskrevet ovenfor også vridning af bladet 24 omkring pitch-aksen 30 under vindlast. Selv om orienteringen af fibre 34 og 36 kan lette vridning af TBC-sektionen 38 omkring pitch-aksen 30 gennem ethvert interval af vinkler, producerer orienteringen af fibre 34 og 36 i visse udførelses-

former, hvor bladet 24 er et pilformet/swept blad, vridning af TBC-sektionen 28 mellem omkring 2° og omkring 5° omkring pitch-aksen 30 under vindbelastning.

I visse udførelsesformer kan orienteringen af fibre 34 og 36 i forhold til pitch-aksen 30 mindske en vridningsstivhed af bladet 24. Visse pilformede/swept blade 24 kan overordnet have en vridningsstivhed, som modstår vridning omkring pitch-aksen 30. For at reducere vridningsstivheden kan visse kendte rotorblade være fremstillet med en reduceret bladtykkelse. Reduktion af tykkelsen af bladet 24 for at reducere vridningsstivheden af bladet 24 kan imidlertid få bladet 24 til at blive beskadiget og/eller at fejle under vindlaster, der virker på bladet 24 overordnet vinkelret på pitch-aksen 30 ("forskydningslaster"). Orienteringen af fibre 34 og 36 i forhold til pitch-aksen 30 kan tilsvarende lette reduktion af vridningsstivheden af bladet 24 uden at reducere tykkelsen af bladet 24. Selv om orienteringen af fibre 34 og 36 kan lette reduktion af vridningsstivheden af bladet 24, således at TBC-sektionen 28 vrider omkring pitch-aksen 30 gennem ethvert interval af vinkler, reducerer orienteringen af fibre 34 og 36 i visse udførelsesformer, hvor bladet 24 er et pilformet/swept blad, vridningsstivheden af bladet 24, således at den reducerede vridningsstivhed af bladet 24 producerer vridninger af TBC-sektionen 28 mellem omkring 2° og omkring 5° omkring pitch-aksen 30 under vindbelastning. I visse udførelsesformer, hvor bladet 24 er et pilformet/swept blad, kan den yderligere produktion af vridning fra pilformen/sweep af bladet 24, orienteringen af fibre 34 og 36 i forhold til pitch-aksen 30 og/eller hinanden og den reducerede vridningsstivhed af bladet 24 under orienteringen af fibre 34 og 36 tilsvarende producere vridning af TBC-sektionen 28 mellem omkring 2° og omkring 15° omkring pitch-aksen 30 under vindbelastning.

Fig. 8 er et flowchart-diagram, der illustrerer et eksempel på en udførelsesform af en fremgangsmåde 100 til at fremstille rotorbladet 24 (fig. 1 til 6). Metoden 100 indbefatter at lægge 102 fibre 34 (fig. 3) i en støbeform (ikke vist) med en facon, der svarer til en forudbestemt facon af bladet 24, således at fibre 34 hver er vinklet mellem omkring 5° og omkring 35° i forhold til pitch-aksen 30 (fig. 3) og at lægge 104 fibre

36 i støbeformen, således at fibrene 36 hver af vinklet mellem omkring 95° og omkring 125° i forhold til pitch-aksen 30. I visse udførelsesformer indbefatter metoden 100 også at lægge 106 en flerhed af fibre 40 (fig. 4) i støbeformen, således at fibrene 40 hver er vinklet mindre end 5 omkring 5° i forhold til pitch-aksen 30, og at laminere 108 fibrene 34 og 36 med fibrene 40 (og/eller andre lag/strukturer) for at danne skallen 32 af bladet 24.

Visse udførelsesformer indbefatter at lægge 102 fibrene 34 og at lægge 104 fibrene 36, at fastgøre 110 fibrene 34 til fibrene 36 og at 10 lægge 112 de fastgjorte fibre 34 og 36 i støbeforme. I visse udførelsesformer indbefatter at fastgøre 110 fibrene 34 til fibrene 36 endvidere at væve fibrene 34 med fibrene 36.

At lægge 102 fibrene 34 indbefatter i visse udførelsesformer at lægge fibrene 34 i støbeforme, således at fibrene 34 hver er vinklet 15 mellem omkring 15° og omkring 25° i forhold til pitch-aksen 30. At lægge 104 fibrene 36 indbefatter i visse udførelsesformer at lægge fibre 36 i støbeformen, således at fibrene 36 hver er vinklet mellem omkring 105° og omkring 115° i forhold til pitch-aksen 30.

Metoderne og bladene beskrevet og/eller illustreret heri kan lette 20 omkostningseffektiv, pålidelig og sikker reduktion af belastning inden i et rotorblad. Fibre orienteret inden i en skal af rotorblade som beskrevet eller illustreret heri kan f.eks. lette vridning af bladet omkring en pitch-akse deraf under vindbelastninger. Sådan vridning kan lette en reduktion af laster inden i bladet pga. en ændring i en angrebsvinkel af 25 bladet i forhold til en vindretning. Orienteringen af en fiber som og illustreret heri kan lette sådan vridning samt lette tilvejebringelse af bladet med en styrke, som tillader, at bladet kan vride som sådan uden at blive beskadiget og/eller at fejle. Orienteringen af fibre som beskrevet og illustreret heri kan f.eks. lette forøgelse af en flapvis stivhed af bladet 30 for at styrke bladet imod f.eks. forskydningslaster. Orienteringen af fibre som beskrevet og illustreret heri kan tilsvarende lette tilvejebringelse af en forudbestemt vridning uden at forøge en tykkelse af skallen af bladet for derved muligvis at mindske og bevare omkostningerne og vægten af bladet. Når glasfibre anvendes i stedet for dyrere fibre såsom, men ikke

begrænset til, kulfibre kan styrken tilvejebragt af orienteringen af fibre-
ne beskrevet og illustreret heri endvidere muligvis mindske eller bevare
omkostningerne og vinklen af bladet. I pilformede/swept blade kan fi-
berorienteringen beskrevet og illustreret heri endvidere reducere en
5 vridningsstivhed af bladet uden at mindske en tykkelse af bladet, som
kan føre til beskadigelse og/eller fejl under vingebelastninger.

Udførelsesformer for metoder og blade ifølge den foreliggende
opfindelse er beskrevet og illustreret heri med hensyn til en vindturbin
og navnlig en vindgenerator. Udførelsesformer (hvad enten beskrevet
10 og/eller illustreret heri eller ej) af metoderne og bladene ifølge den fore-
liggende opfindelse er imidlertid ikke begrænset til vindgeneratorer eller
vindturbiner generelt. Udførelsesformer (hvad enten beskrevet og/eller
illustreret heri eller ej) af metoderne eller bladene ifølge den foreliggen-
de opfindelse kan snarere anvendes til hvad som helst med et eller flere
15 blade.

Eksempler på udførelsesformer for den foreliggende opfindelse
er beskrevet og/eller illustreret heri i detaljer. Udførelsesformerne er ik-
ke begrænset til de specifikke udførelsesformer beskrevet heri, men
snarere kan komponenter og trin af hver udførelsesform benyttes uaf-
20 hængigt og separat fra andre komponenter og trin beskrevet heri. Hver
udførelsesforms komponenter og trin kan også anvendes i kombination
med andre udførelsesformers (hvad enten de er beskrevet og/eller illu-
streret heri) komponenter og/eller trin.

Når elementer af udførelsesformerne ifølge den foreliggende
25 opfindelse introduceres, skal artiklerne "en", "et", "den", "det" og
"nævnte" forstås som, at der er et eller flere af elementerne. Udtrykket
"omfatter", "indbefatter" og "har" skal forstås som inklusive med den
betydning, at der kan være yderligere elementer end de oplistede ele-
menter. Anvendelsen af udtrykket "afsnit" i forhold til noget er endvide-
30 re beregnet til at betegne noget af eller hele den pågældende ting.

Mens opfindelsen er blevet beskrevet med henblik på forskellige
specifikke udførelsesformer, vil fagmanden anerkende, at udførelses-
former (hvad enten beskrevet og/eller illustreret heri eller ej) ifølge den
foreliggende opfindelse kan praktiseres med modifikation inden for ån-

den og bredden af kravene.

Henvisningstalliste

10	Vindturbine
12	Vindgenerator
14	Tårn
16	Krop
18	Rotor
20	Rotationsakse
22	Nav
24	Rotorblade
26	Rotationsakse
28	TBC(vridning-bøjningskobling)-sektion
30	Pitch-akse
32	Skal
34	Fibre
36	Fibre
38	Lag
40	Fibre
42	Lag
43	Lag
44	Lag
45	Lag
47	Kernemateriale
100	Metode
102	At lægge fibrene 34 i støbeformen, således at fibrene 34 er vinklet mellem omkring 5° og omkring 35° i forhold til pitch-aksen
104	At lægge fibrene 36 i støbeformen, således at fibrene 36 er vinklet mellem omkring 95° og omkring 125° i forhold til pitch-aksen
106	At lægge fibrene 40 i støbeformen, således at fibrene 40 er vinklet mindre end omkring 5° i forhold til pitch-aksen
108	At laminere fibrene 34 og 36 og fibrene 40
110	At fastgøre eller væve fibrene 34 til fibrene 36
112	At lægge fastgjorte fibre i støbeformen

P A T E N T K R A V

1. Blad (24) omfattende en skal (32) dannet af et eller flere laminerede fiberlag, hvor det ene eller flere laminerede fiberlag omfatter:
 - 5 en flerhed af første fibre (34), hvor hver af flerheden af første fibre er vinklet mellem 5° og 35° i forhold til en pitch-akse (30) af bladet; og
 - en flerhed af andre fibre (36), hvor hver af flerheden af andre fibre er vinklet mellem 95° og 125° i forhold til pitch-aksen (30) af bladet,
10 k e n d e t e g n e t ved at flerheden af de første fibre (34) er kraftigere end flerheden af andre fibre (36),
og hvor flerheden af de første fibre (34) og flerheden af andre
15 fibre (36) er orienteret for at lette vridning af bladet (24) omkring pitch-aksen (30) under vindlast.
2. Blad (24) ifølge krav 1, hvor hver af flerheden af første fibre (34) er vinklet mellem 15° og 25° i forhold til pitch-aksen (30) af bladet, og hver af flerheden af andre fibre (36) er vinklet mellem 105° og 115° i forhold til pitch-aksen af bladet.
20
3. Blad (24) ifølge et af de foregående krav, hvor flerheden af de første fibre (34) omfatter mindst én af glasfibre eller kulfibre.
25
4. Blad (24) ifølge et af de foregående krav, hvor flerheden af de andre fibre (36) omfatter mindst én af glasfibre og kulfibre.
5. Blad (24) ifølge et af de foregående krav, hvor bladet er konfigureret sådan at orienteringen af flerheden af første fibre (34) og flerheden af andre fibre (36) i forhold til pitch-aksen 30 og/eller hinanden producerer vridning af bladet mellem 2° og 15° omkring pitch-aksen (30) under vindbelastning.
30

6. Blad (24) ifølge et af de foregående krav, hvor bladet omfatter et swept blad.

7. Blad (24) ifølge et af de foregående krav, hvor bladet omfatter et vindturbinerotorblad.

8. Blad (24) ifølge et af de foregående krav, hvor bladet i et af de laminerede fiberlag omfatter en tredje flerhed af fibre og resin bundet til nævnte flerhed af fibre mellem 25% og 95% spændvis længde af bladet, hvor den tredje flerhede af fibre er vinklet mellem 40° og 50° i forhold til pitch-aksen (30) af bladet.

9. Blad (24) ifølge krav 8, hvor den tredje flerhed af fibre højst omfatter 10 vægt% af en skal af bladet (24).

10. Blad (24) ifølge et af de foregående krav hvor flerheden af de første fibre (34) er kraftigere end flerheden af andre fibre (36) ved at flerheden af de første fibre (34) er tungere end flerheden af andre fibre (36).

11. Blad (24) ifølge et af de foregående krav hvor flerheden af de første fibre (34) er kraftigere end flerheden af andre fibre (36) ved at den overordnede vægt af flerheden af de første fibre (34) er tungere end den overordnede vægt af flerheden af andre fibre (36), ved enten en højere koncentration af fibre (34), en større størrelse af hvert af fibrene (34) og/eller en tykkelse af et lag, hvad enten vævet sammen med fibrene (36) eller dannende et separat lag, af fibrene (34), end af af fibrene (36).

12. Blad (24) ifølge et af de foregående krav hvor flerheden af første fibre (34) og flerheden af andre fibre (36) kan være indeholdt i separate lag af skallen (32) og/eller kan være vævet sammen med hinanden i et lag af skallen (32).

13. Vindturbine (10), omfatte en rotor (18) med et nav (22) og mindst ét blad (24), der strækker sig udad fra navet, hvor bladet omfatter en skal (32) dannet af et eller flere laminerede fiberlag, og hvor det ene eller flere laminerede fiberlag omfatter:

en flerhed af første fibre (34), hvor hver af flerheden af første fibre er vinklet mellem 5° og 35° i forhold til en pitch-akse (30) af bladet; og

en flerhed af andre fibre (36), hvor hver af flerheden af andre fibre er vinklet mellem 95° og 125° i forhold til pitch-aksen af bladet,

k e n d e t e g n e t ved at

flerheden af de første fibre (34) er kraftigere end flerheden af andre fibre (36),

og hvor flerheden af de første fibre (34) og flerheden af andre fibre (36) er orienteret for at lette vridning af bladet (24) omkring pitch-aksen under vindlast.

14. Vindturbine (10), ifølge krav 13, hvor flerheden af de første fibre (34) er kraftigere end flerheden af andre fibre (36) ved at flerheden af de første fibre (34) er tungere end flerheden af andre fibre (36).

15. Vindturbine (10), ifølge krav 13 eller 14, hvor flerheden af de første fibre (34) er kraftigere end flerheden af andre fibre (36) ved at den overordnede vægt af flerheden af de første fibre (34) er tungere end den overordnede vægt af flerheden af andre fibre (36), ved enten en højere koncentration af fibre (34), en større størrelse af hvert af fibre (34) og/eller en tykkelse af et lag, hvad enten vævet sammen med fibre (36) eller dannende et separat lag, af fibre (34), end af af fibre (36).

30

16. Vindturbine (10), ifølge et af kravene 13-15 hvor flerheden af de første fibre (34) og flerheden af andre fibre (36) kan være indeholdt i separate lag af skallen (32) og/eller kan være vævet sammen med hinanden i et lag af skallen (32).

1/6

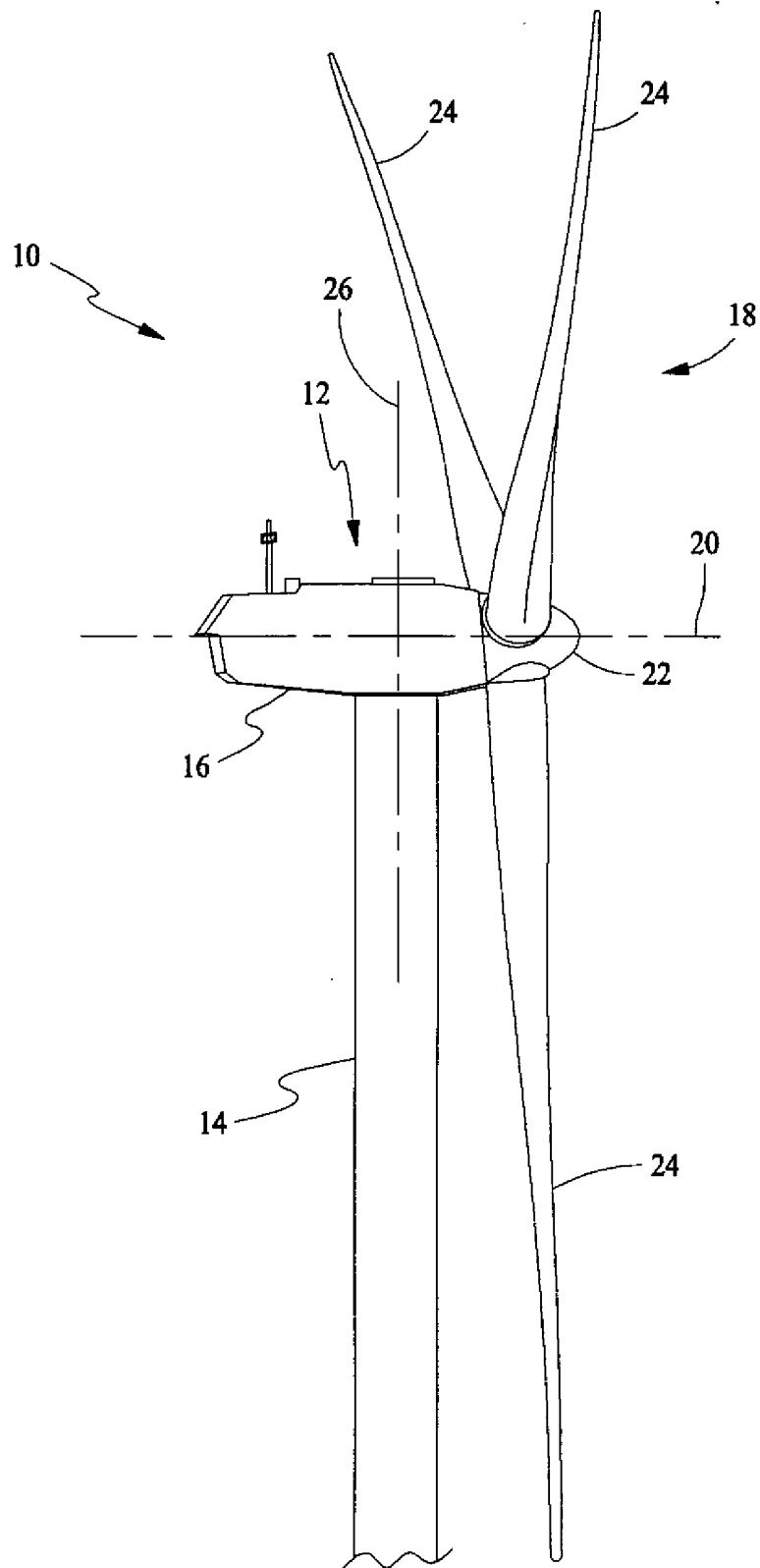


FIG. 1

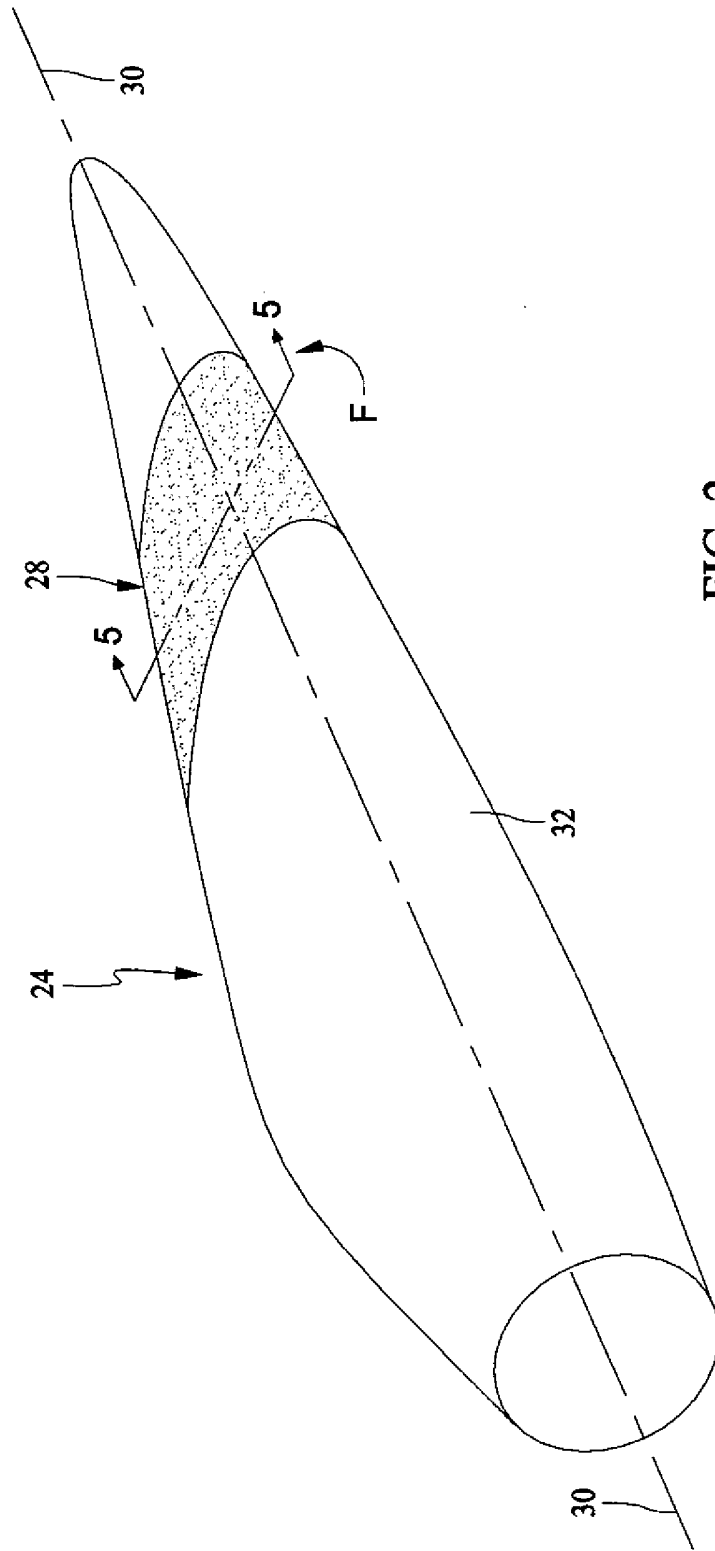


FIG. 2

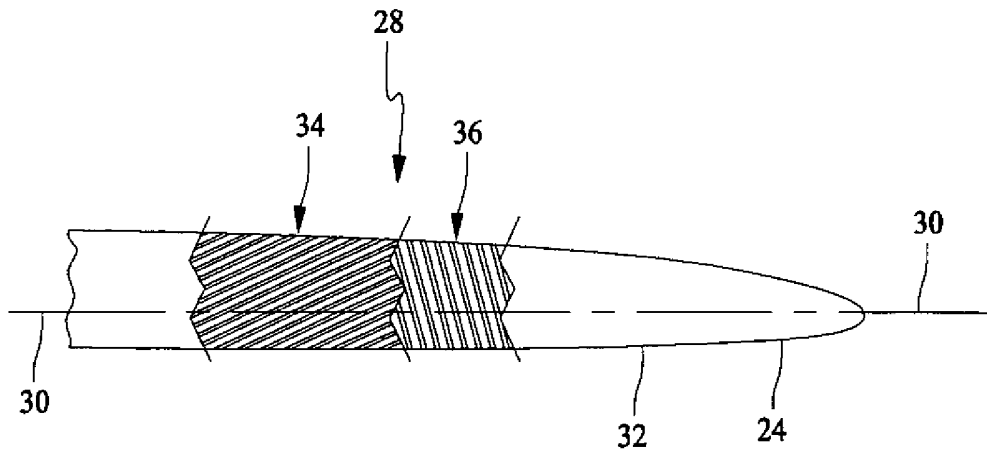


FIG. 3

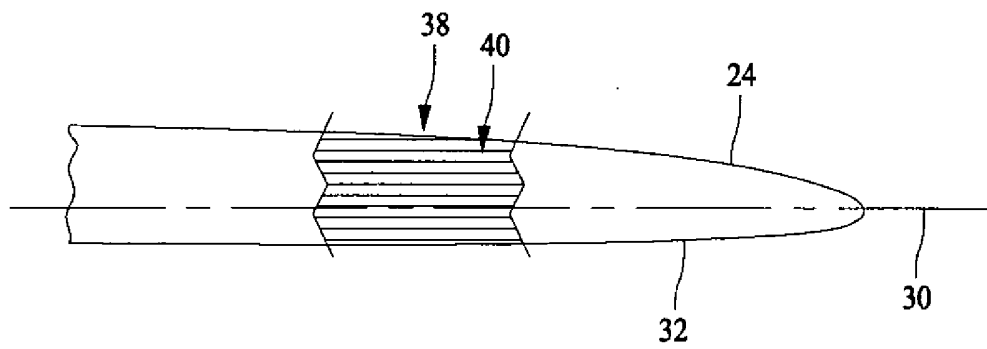


FIG. 4

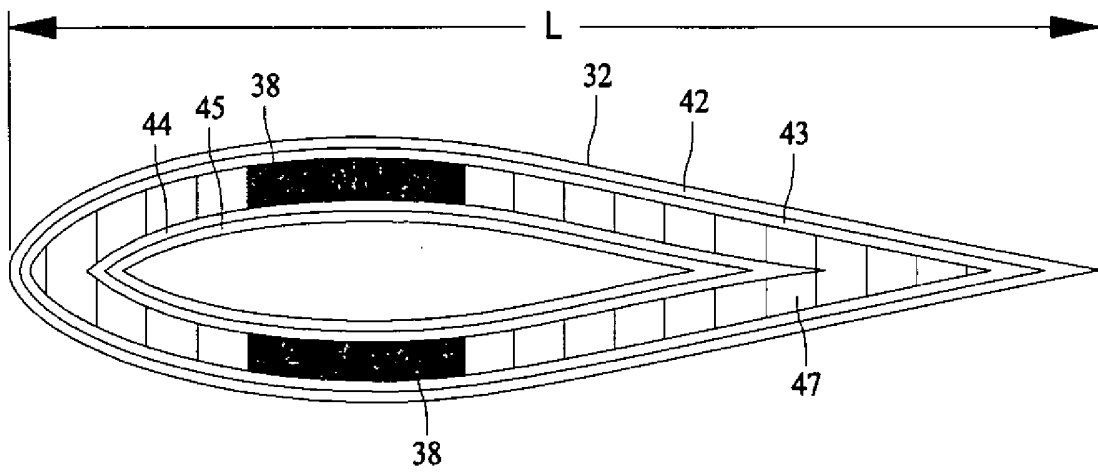


FIG. 5

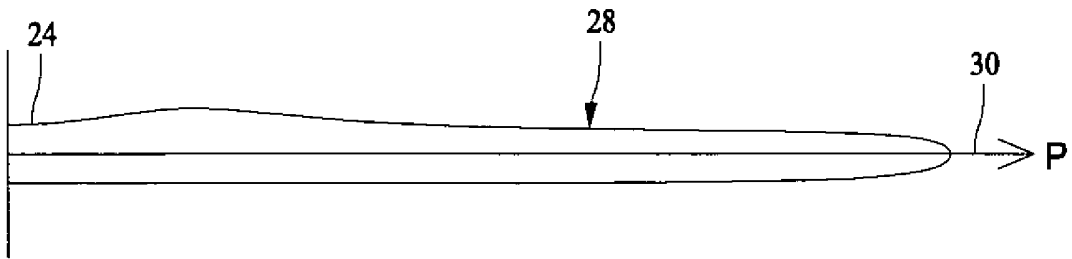


FIG. 6

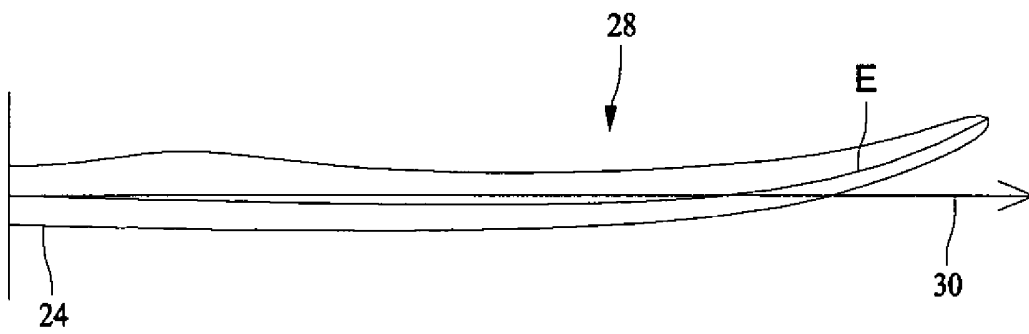


FIG. 7

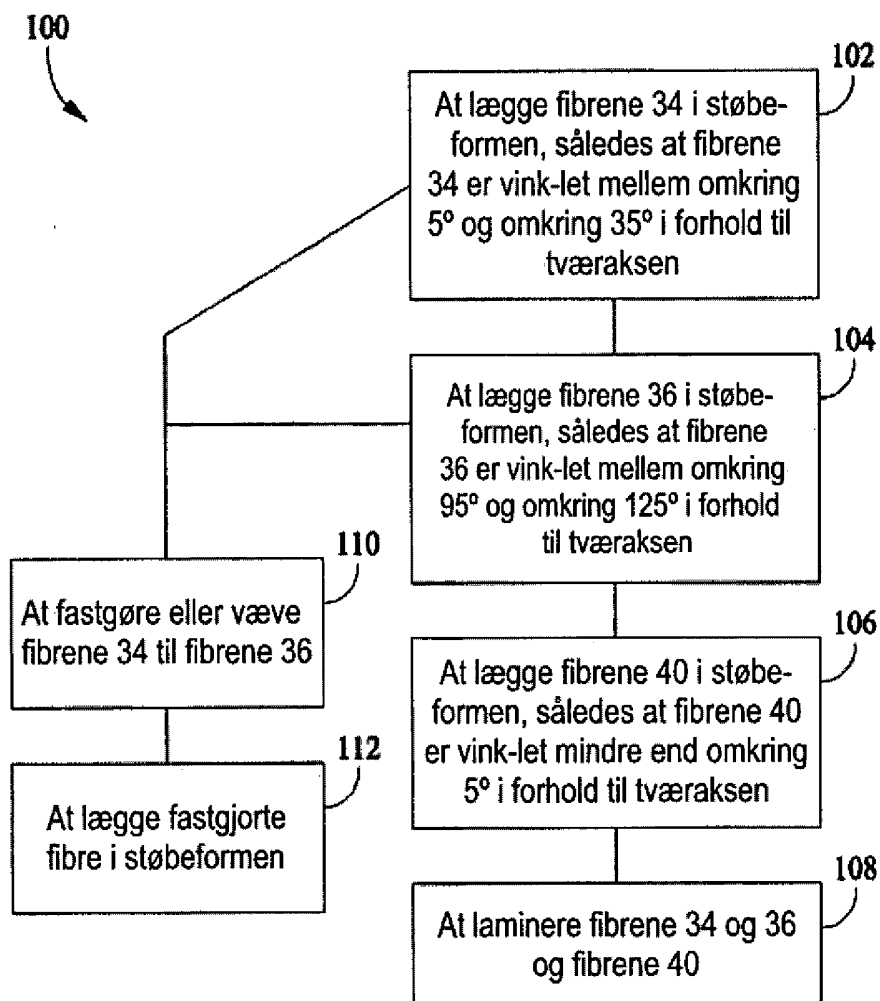


FIG. 8