

(19) **DANMARK**

(10) **DK/EP 4038271 T3**



(12)

Oversættelse af europæisk patentskrift

Patent- og
Varemærkestyrelsen

-
- (51) Int.Cl.: **F 03 D 1/06 (2006.01)**
- (45) Oversættelsen bekendtgjort den: **2024-11-18**
- (80) Dato for Den Europæiske Patentmyndigheds bekendtgørelse om meddelelse af patentet: **2024-08-28**
- (86) Europæisk ansøgning nr.: **19783481.5**
- (86) Europæisk indleveringsdag: **2019-10-02**
- (87) Den europæiske ansøgnings publiceringsdag: **2022-08-10**
- (86) International ansøgning nr.: **EP2019076708**
- (87) Internationalt publikationsnr.: **WO2021063495**
- (84) Designerede stater: **AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
- (73) Patenthaver: **Nordex Energy SE & Co. KG, Langenhorner Chaussee 600, 22419 Hamburg, Tyskland**
- (72) Opfinder: **FESTNER, Gerald, Ausbau 7, 19288 Klein Krams, Tyskland**
TÖNISSEN, Nils, Kosegartenstr. 4, 18059 Rostock, Tyskland
Wackrow, Torsten, Wachtlerstraße 17, 18119 Rostock, Tyskland
- (74) Fuldmægtig i Danmark: **AWA Denmark A/S, Strandgade 56, 1401 København K, Danmark**
- (54) Benævnelse: **ROTORBLAD TIL VINDENERGIANLÆG OG FREMGANGSMÅDE TIL AT FORBINDE TO ROTORBLADSEGMENTER**
- (56) Fremdragne publikationer:
EP-A1- 3 657 012
CN-A- 102 606 419
DE-A1- 102014 008 558
JP-A- 2006 329 109
US-A1- 2014 127 028
US-A1- 2015 354 531

ROTORBLAD TIL VINDENERGIANLÆG OG FREMGANGSMÅDE TIL AT FORBINDE TO ROTORBLADSEGMENTER.

Beskrivelse

5

[0001] Opfindelsen vedrører et rotorblad til vindenergianlæg, som er dannet af to rotorbladsegmenter. Opfindelsen vedrører også en fremgangsmåde til at forbinde to rotorbladsegmenter.

[0002] Vindenergianlæg med vindenergianlægsrotorblade (herefter også kort: rotorblade) er yderst kendt fra den kendte teknik og anvendes til at omdanne vindenergi til elektrisk energi. Vindenergianlæg omfatter en række komponenter, som er forbundet med hinanden f.eks. ved hjælp af en flangeforbindelse. For eksempel omfatter rotorbladene en rotorbladstilslutning, i området ved roden af et rotorblad, med en flerhed af integrerede legebøsninger i laminatet, gennem hvilke rotorbladene er forbundet til vindenergianlægget gennem et ringleje, et såkaldt bladleje, eller med en komponent, der er forbundet med ringlejet, såsom en såkaldt Extender, ved hjælp af fastgørelsesskruer eller fastgørelsesskrue bolte. Legebøsningerne kan være en del af en flangeindsats til rotorbladtilslutningen. En sådan opbygning er f.eks. kendt fra den internationale ansøgning WO 2015/124568 A1.

[0003] Alternativt anvendes (flange-)forbindelser også til at forbinde rotorbladsegmenter, som, når de er arrangeret og sammenføjet i længderetningen, danner et rotorblad. Et sådant rotorblad betegnes som et delt eller segmenteret rotorblad. For eksempel er legebøsninger placeret i laminatet på en tilslutningsende eller delingsflange af rotorbladsegmenterne. Rotorbladsegmenterne kan forbindes direkte med hinanden ved hjælp af skruebolte eller via passende mellemstykker.

[0004] Delte rotorblade er særligt at foretrække af transportmæssige årsager og vinder stigende betydning, især på grund af den øgede samlede længde af rotorblade.

[0005] CN 102 606 419 A vedrører et segmenteret rotorblad til et vindenergianlæg.

[0006] US 2015/354531 A1 vedrører en bøsning til en bladrod på et rotorblad til en vindturbine, en bladrod, et rotorblad til vindturbine og en vindturbine.

[0007] US 2014/127028 A1 vedrører en rotor til et vindenergianlæg, hvor et vindturbine-

rotorblad og et nav er forbundet.

[0008] DE 10 2014 008558 A1 vedrører en rotorbladsforbindelse, særligt til vindenergianlæg med laminerede rotorblade på rotornavet ved anvendelsen af indsatsdele, som er placeret i rotorbladsroden.

5 **[0009]** JP 2006 329109 A vedrører et segmenteret rotorblad til et vindenergianlæg.

[0010] EP 3 657 012 A1 vedrører en centreringsstift til fremstilling af en flangeforbindelse mellem to komponenter i et vindenergianlæg.

[0011] En opgave, som ligger til grund for opfindelsen, er at angive et koncept for delte rotorblade, der sikrer en særligt fordelagtig forbindelse af rotorbladsegmenterne.

10 **[0012]** Ifølge ét første aspekt vises et vindenergianlægsrotorblad, som er dannet af to rotorbladsegmenter. Med andre ord er der tale om et segmenteret eller delt rotorblad. Det første rotorbladsegment omfatter ved en første tilslutningsende (også kaldet forbindelses- eller koblingsende) en flerhed af første lejebøsninger, der hver omfatter et første indvendigt gevind. Det andet rotorbladsegment omfatter ved en anden tilslutningsende,
15 som er tilknyttet den første tilslutningsende, en flerhed af anden lejebøsninger. Inden i hver af den anden lejebøsning er der anbragt et andet indvendigt gevind. Hvert af det andet indvendige gevind er aksialt forskydeligt i forhold til en længdeakse af den tilsvarende anden lejebøsning. I hvert par af første og anden lejebøsning, som er i linje med hinanden, er en forbindelsesbolt fastskruet i de to tilsvarende indvendige gevind, således,
20 at de to rotorbladsegmenter er mekanisk forbundet med hinanden ved tilslutningsenderne.

[0013] Det beskrevne vindenergianlægsrotorblad er dannet af to rotorbladsegmenter, som er aftageligt forbundne. Til dette formål er der tilvejebragt et tilsvarende antal forbindelsesbolte (også kaldet skruebolte) til de respektive første og anden lejebøsninger,
25 som sammenbolter de to tilslutningsender. Ved at tilvejebringe et bevægeligt indvendigt gevind i lejebøsningerne på det ene rotorbladsegment bliver den ene side af forbindelsen mellem de to rotorbladsegmenter til et såkaldt "løst leje". Dermed er den ene side af boltforbindelsen aksialt forskydeligt anbragt. Derved kan hver forbindelsesbolt påføres på det tilsvarende andet rotorbladsegment uden spænding og uden brug af værktøj med
30 passende hensyn til den nødvendige skruelængde. Denne anordning eller forbindelse muliggør en enkel og særligt montagevenlig sammenføjning af de to bladsegmenter. Sær-

ligt er en nem indføring af samtlige bolte ved monteringen af de to rotorbladsegmenter muliggjort. Montagen er især tænkt således, at forbindelsesboltene først skrues ind i én tilslutningsende, hvorefter de tilsvarende korresponderende lejebøsninger skubbes på det andet rotorbladsegments forbindelsesbolte. Ved hjælp af den aksiale forskydelighed af de anden indvendige gevind forenkles indføringen væsentligt for så store komponenter som rotorblade til vindenergianlæg. Samtlige forbindelsesbolte kan således monteres uden tvangskræfter. Også efterfølgende tilspænding (efterspænding) og vedligeholdelse af forbindelserne muliggøres særligt enkelt. Desuden muliggør det en montage fra enten bladets indvendige eller udvendige side. Derudover tilvejebringes et særligt let forbindelsessystem, som samlet set gør det muligt at holde bladbelastningerne lave.

[0014] Ved det beskrevne rotorblad til vindenergianlæg muliggøres en særligt momentstiv forbindelse mellem de to bladsegmenter. Der tilvejebringes optagelse og videreledning af særligt høje træk- og trykkræfter fra eller til det rodvendte segment til det spidsvendte segment. Desuden muliggør den beskrevne forbindelsesanordning en kraftoverførsel udelukkende gennem forbindelsesbolten fra ét bladsegment til det andet bladsegment. En sådan kraftstrøm betegnes også som "In-Line". Med andre ord bliver bladsegmenterne løsagtigt sammenføjet uden kraftomdirigeringer, som ved excentriske boltesamlinger eller træk- eller bøjningsbelastede mellemstykker. En sådan kraftstrøm muliggør en meget god udnyttelse af materialet og bidrager til en lav tendens til åbning af forbindelsen samt en lav bøjningsbelastning af boltesamlingerne, særligt i modsætning til flangeforbindelser. Desuden sikres en jævn afstand mellem lejebøsningerne og dermed tilslutningsenderne over hele forbindelsens omkreds.

[0015] Rotorbladet til vindenergianlægget er opdelt i mindst to rotorbladsegmenter, som er arrangeret i længderetningen. To eller flere delingssteder er også mulige, hvorved de yderligere segmenter kan være mekanisk koblet i overensstemmelse med det beskrevne forbindelsessystem.

[0016] De første og anden lejebøsninger er eksempelvis elementer, som er lamineret ind i tilslutningsenderne på bladsegmenterne. Det er også muligt, at begge lejebøsninger dannes ved at opdele en samlet bøsning. I så fald fremstilles rotorbladet først som en helhed, dvs. med en samlet skal, og adskilles derefter ved en delingslinje, f.eks. ved skæring eller savning. Adskillelsen sker i området for de samlede bøsninger, så der dannes to bøjnings-

halvdele pr. samlet bøsning, én til hvert af de to bladsegmenter, der er dannet ved deling. Disse bøsningshalvdele svarer til de nævnte første og anden legebøsninger. Legebøsningerne har typisk en gennemgående boring eller åbning, hvor tværsnit, konturer, vægtykkelse eller andet delvist ændrer sig eller varierer langs bøsningernes længdeakse. Dette betyder, at bøsningerne omfatter forskellige sektioner langs længden.

[0017] Ifølge en udførelsesform er hvert første indvendige gevind fastgjort i forhold til den tilsvarende første bøsning. Med andre ord er det første indvendige gevind hverken forskydeligt eller bevægeligt og fungerer således som et fastgjort leje. Eksempelvis er det første indvendige gevind integreret som en del af bøsningen i ét stykke. Dette bidrager til de ovennævnte fordele og funktioner, hvor især fastskriving af boltene under monteringen i kombination med det frie leje på det andet bladsegment er gjort lettere.

[0018] Ifølge en udførelsesform er hvert første indvendige gevind aksialt forskydeligt i forhold til en længdeakse af den tilsvarende første bøsning. Som et alternativ til ovennævnte udførelsesform kan de første indvendige gevind være aksialt forskydelige og dermed muliggøre mere frirum og aksial bevægelse under monteringen af de to rotorbladsegmenter.

[0019] Ifølge en udførelsesform er aksial forskydelighed af hvert af det andet indvendige gevind begrænset. Tilsvarende er forskydeligheden af hvert første indvendige gevind begrænset, hvis disse ligeledes er udført som bevægelige. Begrænsningen udføres eksempelvis ved hjælp af to modsatrettede aksiale anslag. Dette bidrager til en enkel og sikker montering af boltene i de indvendige gevind og dermed til en stabil forbindelse mellem de to rotorbladsegmenter.

[0020] Ifølge en udførelsesform omfatter hver af den anden bøsning en aksialt forskydelig gevindindsats med det andet indvendige gevind. Der er således tale om en bevægelig gevindindsats eller gevindindlæg. Den bevægelige gevindindsats er eksempelvis placeret i bøsningsåbningen før bøsningerne lamineres ind i det tilsvarende rotorbladsegment. Gevindindsatsen muliggør, at der kan skabes et frit leje. Gevindindsatsen er placeret indvendigt i bøsningen, dvs. i gennemgående boring eller en tilsvarende udhuling.

[0021] Ifølge en udførelsesform er den ydre facon af hver gevindindsats tilpasset den indvendige facon af den tilsvarende anden bøsning på en sådan måde, at hver gevindindsats er sikret mod vridning i den tilsvarende anden bøsning via formpasning. Gevindindsatser-

ne, og dermed de andre indvendige gevind, kan dermed ikke drejes omkring længdeakserne i de andre bøsninger. Dette sikrer eksempelvis, at boltene kan skrues korrekt ind i gevindindsatsen.

5 **[0022]** Ifølge en udførelsesform omfatter den ydre facon af hver gevindindsats en polygonform, herunder med afrundede kanter. En sådan udformning bidrager til enkel fremstilling af gevindindsatsen og til en lavere kærvvirkning på den tilsvarende komponent, nemlig bøsningen.

[0023] Ifølge en udformning omfatter hver forbindelsesbolt et værktøjsangrebspunkt, herunder en sekskant. Værktøjsangrebspunktet udgør et middel eller en anordning på
10 forbindelsesbolten, der muliggør anvendelsen af et værktøj, som f.eks. en skruenøgle eller en tang, for at dreje forbindelsesbolten.

[0024] Ifølge en udførelsesform er der anbragt en flerhed af trykstykker mellem de to tilslutningsender af de to rotorbladsegmenter, hvor hvert trykstykke er udformet som en bøsning og monteret på en tilsvarende forbindelsesbolt. Med andre ord er trykstykkerne
15 monteret eller skubbet på forbindelsesboltene mellem de to tilslutningsender. I den forbundne tilstand af de to rotorbladsegmenter er trykstykkerne klemmt fast mellem tilslutningsenderne gennem sammenspændingen af forbindelsesboltene. Tilslutningsenderne er således i kontakt med trykstykkerne. Trykstykkerne er koaksialt monteret omkring forbindelsesboltene.

20 **[0025]** De trykstykker, der i driftsmæssigt monteret tilstand er placeret side om side, er eksempelvis separate stykker, dvs. monteret uafhængigt af hinanden. Alternativt kan to eller flere sådanne trykstykker, som er anbragt ved siden af hinanden, være forbundet med hinanden. Eksempelvis kan to eller flere sådanne trykstykker danne en stiv enhed, der monteres som ét samlet stykke på de tilsvarende bolte. Alternativt kan alle trykstykker
25 på én side, dvs. sugesiden eller tryksiden, være forbundet. Trykstykkerne kan også alle være forbundet med hinanden således, at kun én samlet enhed behøver at blive monteret.

[0026] Trykstykkerne er udformet således, at de kun påvirkes af eller overfører trykkræfter. Trykstykkerne optager ingen trækkræfter eller bøjende momenter som følge af kraftomdirigering. Forspændingskraften i boltene er tilstrækkelig stor til, at trykstykket altid er
30 belastet i tryk. For eksempel, når rotorbladene bøjes på grund af påvirkende vindbelast-

ninger, sker der ingen bevægelse af trykstykkerne i forhold til tilslutningsenderne, som f.eks. glidning (dvs. langs en retning vinkelret på længdeaksen af bøsningerne), da disse står fast i forbindelse med tilslutningsenderne.

5 **[0027]** Trykstykkerne kan også være i formssluttende indgreb med segmenternes tilslutningsender.

[0028] Dette medfører, at trækkræfterne i al væsentlighed udelukkende overføres gennem boltene. Dette er fordelagtigt, da der kan anvendes meget lange trækstænger som bolte, som er gunstige for kræfter, momenter og spændinger. Derved afbrydes overførslen af trækkræfterne ikke eller omdirigeres gennem andre elementer som skruehoveder eller mellemstykker. Desuden muliggøres en stor gevindafstand mellem de første og andet indvendige gevind, hvilket igen har en gunstig effekt på de overførte trækkræfter. Trykstykkerne selv skal derfor bære eller overføre færre belastninger, hvilket har en positiv effekt på trykstykkernes levetid.

10

[0029] Ifølge en udformning har hvert trykstykke mindst én åbning, så værktøjsangrebspunktet kan tilgås gennem åbningen. Åbningen kan også betegnes som et friområde eller et vindue og giver adgang til at betjene en tilsvarende bolt.

15

[0030] Ifølge en udførelsesform er de vægge, der afgrænser åbningen i hvert trykstykke, forsynet med en eller flere affasninger. Dette letter tilgængeligheden ved at forstørre friområdet.

20 **[0031]** Ifølge en udformning har de første indvendige gevind enten højre- eller venstregevind, og de anden indvendige gevind har det modsatte. Derved kan bolten ved rotation skrues samtidig ind i de indvendige gevind i bøsningerne på begge tilslutningsender.

[0032] Der beskrives en bøsning til et vindenergianlægsrotorblad ifølge det første aspekt. Inden i bøsningen er der placeret et indvendigt gevind, hvor det andet indvendige gevind kan bevæges aksialt langs længdeaksen af den anden bøsning.

25

[0033] Bøsningen muliggør de ovennævnte fordele og funktioner og det ovenfor nævnte gælder tilsvarende.

[0034] Der beskrives også et trykstykke til et vindenergianlægsrotorblad i henhold til ovennævnte første aspekt. Trykstykket er udformet som en bøsning, hvorigennem en forbindelsesbolt kan føres.

30

[0035] Ifølge et andet aspekt beskrives en fremgangsmåde til at forbinde to rotorblad-

segmenter af et vindmøllerotorblad. Det første rotorbladsegment omfatter ved en første tilslutningsende en flerhed af første lejbøsninger, der hver især omfatter et første indvendigt gevind. Det andet rotorbladsegment omfatter ved en anden tilslutningsende, som er forbundet med den første tilslutningsende, en flerhed af anden lejbøsninger, der hver især omfatter et andet indvendigt gevind, hvor hvert andet indvendigt gevind kan bevæges aksialt langs længdeaksen af den tilsvarende anden lejbøsning. Fremgangsmåden omfatter følgende trin:

at delvis skrue en forbindelsesbolt ind i hvert af det andet indvendige gevind af den anden tilslutningsende på en sådan måde, at hver forbindelsesbolt rager ud med en forudbestemt længde fra den anden tilslutningsende,

at føre den første tilslutningsende af det første rotorbladsegment tættere på den anden tilslutningsende af det andet rotorbladsegment,

at delvist skrue den respektive forbindelsesbolt ind i et første indvendigt gevind på den første tilslutningsende,

at skubbe de to rotorbladsegmenter sammen, og

at fastskrue hver forbindelsesbolt på en sådan måde, at en forudbestemt afstand mellem et defineret referencepunkt på forbindelsesbolten og en af de to tilslutningsender er opnået.

[0036] Fremgangsmåden muliggør i det væsentlige de førnævnte fordele og funktioner.

[0037] For at overholde den forudbestemte længde i trin for den delvise fastskruring i det andet indvendige gevind, bliver længden af den udragende bolt sammenlignet med en ønsket værdi. Ved fastskruring af en bolt kan montageforløbet kontinuerligt overvåges ved at betragte referencepunktet, som bevæger sig mellem tilslutningsenderne som følge af fastskruringen.

[0038] På grund af den aksiale bevægelighed af det andet indvendige gevind kan hver delvist fastskruede forbindelsesbolt flyttes individuelt under monteringen.

[0039] Ifølge en udførelsesform påføres hver forbindelsesbolt et trykstykke efter trin med delvis fastskruring af forbindelsesbolten i det andet indvendige gevind. I trin for fastskruring opnås den forudbestemte afstand ved brug af et værktøjsangrebspunkt på trykstykkekerne som referencepunkt.

[0040] Yderligere fordele, karakteristika og videreudviklinger fremgår af det følgende ud-

førelseseksempel, der forklares i forbindelse med figurerne. Lignende, ensartede eller ensartet fungerende elementer er i figurerne angivet med de samme referencetegn. Af hensyn til overskuelighed er ikke alle beskrevne elementer markeret med tilhørende reference tegn i alle figurer, hvis ikke det er nødvendigt.

5 **[0041]** I figurerne vises:

Figur 1 viser en skematisk fremstilling af et vindenergianlæg,

Figur 2 viser en skematisk fremstilling af et delt rotorblad med to rotorbladsegmenter,

Figur 3 viser et skematisk principsnit af en boltforbindelse mellem to rotorblad-
10 segmenter af et rotorblad i henhold til den kendte teknik,

Figur 4 viser et skematisk tværsnit af rotorbladet med boltforbindelser i henhold til en udførelsesform af opfindelsen, og

Figur 5 viser et perspektivisk billede af en enkelt boltforbindelse mellem to rotorbladsegmenter i henhold til udførelseseksemplet af opfindelsen,

15 Figur 6 viser et skematisk tværsnit af boltforbindelsen i henhold til Figur 5,

Figureerne 7 til 9 viser detaljevisninger af boltforbindelsen i henhold til Figurerne 5 og 6,

Figur 10 viser et skematisk flowdiagram for en fremgangsmåde til fremstilling af det delte rotorblad i henhold til en udførelsesform af opfindelsen,

20 Figurerne 11a og 11b viser en starttilstand ved montering af det delte rotorblad.

Figurerne 12a til 12g og 13 viser forskellige monteringsstadier ved forbindelse af to rotorbladsegmenter med boltforbindelser i henhold til Figurerne 4 til 9.

[0042] Figur 1 viser en skematisk fremstilling af en vindmølle 100. Vindmøllen 100 har et
25 tårn 102, som er fastgjort til en undergrund ved hjælp af et fundament 104. I den modsatte ende af tårnet 102 er der en gondol 106, der er drejeligt monteret. Gondolen 106 har for eksempel en generator, der er koblet til en rotor 108 via en rotoraksel (ikke vist). Rotoren 108 har et eller flere rotorblade 110, der er placeret på et rotornav 112.

[0043] Rotoren 108 sættes i rotation af en luftstrøm, for eksempel vind, under drift. Den-
30 ne rotationsbevægelse overføres via rotorakslen og eventuelt et gear til generatoren. Generatoren omdanner den kinetiske energi fra rotoren 108 til elektrisk energi.

[0044] Figur 2 viser et rotorblad 110 til vindmøllen. Rotorbladet 110 har formen af et konventionelt rotorblad og har et rotorbladrodsområde 114, som vender mod rotornavet 112. Rotorbladrodsområdet 114 har typisk et næsten cirkulært tværsnit. Der tilsluttes et overgangsområde 116 og et profilområde 118 af rotorbladet 110. Rotorbladet 110 har en trykflade 122 og en modsatliggende sugeflade 124 i forhold til en længderetning 120. Rotorbladet 110 er i det væsentlige hult indvendigt.

[0045] I rotorbladrodsområdet 114 er der en rotorbladtilslutning 126 med en flangeforbindelse 128, ved hvilken rotorbladet 110 er mekanisk forbundet med et pitchleje eller en Extender.

[0046] Rotorbladet 110 har et delingspunkt 130, hvor et rotorbladsegment på bladrodssiden 132 og et rotorbladsegment på bladspidsen 134 er forbundet med hinanden. Begge segmenter 132, 134 har hver en rotorbladsegmenttilslutning 136, 138 (også kaldet tilslutningsender). Rotorbladet 110 er derfor et delt rotorblad, som beskrevet indledningsvis. Hver tilslutningsende 136, 138 har en række legebøsninger, der er arrangeret i overensstemmelse med profilen og har indvendige gevind til modtagelse af skruebolte, også kaldet leje- eller forbindelsesbolte. En tilslutningsende er for eksempel realiseret som en flangeskal, som indsættes i en produktionsform til fremstilling af rotorbladet 110. Det er dog også muligt, at der ikke er en flangeskal, og at legebøsningerne er direkte indlejret og lamineret i rotorbladets halvskaller. Legebøsningerne kan for eksempel være stålbøsninger. I det følgende vil forbindelsen mellem de to rotorbladsegmenter 132, 134 blive beskrevet nærmere, hvor detaljer bliver forklaret ved hjælp af en enkelt boltforbindelse som eksempel.

[0047] Figur 3 viser en skematisk snitvisning af to sammenkoblede rotorbladsegmenter 132, 134 i henhold til den kendte teknik, hvor en enkelt boltforbindelse er vist. Den første tilslutningsende 136 af det første rotorbladsegment 132 har en række første legebøsninger 140, som beskrevet indledningsvis. Den anden tilslutningsende 138 af det andet rotorbladsegment 134 har en række anden legebøsninger 142. I hver af de parvist justerede første og anden legebøsninger 140, 142 er en forbindelsesbolt 146 skruet ind, der mekanisk forbinder de to tilslutningsender 136, 138 og dermed de to rotorbladsegmenter 132, 134.

[0048] Derudover er der indsat et trykstykke 144 mellem de to tilslutningsender 136, 138

for hver boltforbindelse 148.

[0049] Figur 4 viser et rotorblad 110 med et første rotorbladsegment 132 og et andet rotorbladsegment 134 i henhold til en udførelsesform af opfindelsen i området ved delingspunktet 130 i et perspektivisk billede. Der kan ses en række boltforbindelser 148 på sugefladen 124 og trykfladen 122, hvor der anvendes trykstykker 144. Hver boltforbindelse 148 er skåret, så det kan ses, at en forbindelsesbolt 146 er udført som en gennemgående bolt, der forbinder begge tilslutningsender 136, 138.

[0050] Figurerne 5 til 9 viser en enkelt boltforbindelse 148 af rotorbladet 110 i detaljer.

[0051] Figur 5 viser en første og en anden lejbøsning 140 og 142, hvor en forbindelsesbolt 146 er skruet ind, idet der mellem lejbøsningerne 140 og 142 er placeret et trykstykke 144. Trykstykket 144 er udformet som en slags bøsning og er placeret på forbindelsesbolten 146. Hver forbindelsesbolt 146 har et værktøjsangrebspunkt 150 (her en sekskant i en passende, typisk nøglestørrelse), som er tilgængeligt gennem en åbning 152 i trykstykket 144.

[0052] Figur 6 viser boltforbindelsen 148 i en perspektivisk, skematisk snitvisning. Lejbøsningerne 140 og 142 har hver en gennemgående åbning 154, hvori forbindelsesbolten 146 er indsat mindst delvist. For at skrue sammen med forbindelsesbolten 146 har de første lejbøsninger 140 et første indvendigt gevind 156, mens de andre lejbøsninger 142 har et andet indvendigt gevind 158. De første indvendige gevind 156 er udført som højre gevind, og de andre indvendige gevind 158 som venstre gevind. Forbindelsesbolten 146 har på sine modstående ender 160, 162 tilsvarende udvendige gevind 164, 166. De første indvendige gevind 156 er fastgjort på stedet og er i dette eksempel i enhed med de første lejbøsninger 140. De andre indvendige gevind 158 kan bevæge sig aksialt, som senere vil blive beskrevet. Lejbøsningen 142, der har det andet indvendige gevind 158, er placeret i det første rotorbladsegment 132. Dette kan være placeret enten ved rotorbladspidsen eller ved rotorbladsroden.

[0053] Figur 7 viser trykstykket 144 i detaljer. Trykstykket har flere affasninger 168 ved væggene 170, der afgrænser åbningen 152. Dette optimerer åbningen 152 med hensyn til plads og dermed adgangen for et værktøj til at komme ind til værktøjets angrebspunkt 150.

[0054] Figur 8 viser detaljer om det andet indvendige gevind 158. Det andet indvendige

gevind 158 er en del af en gevindindsats 172, der er placeret i et tilsvarende afsnit 174 af den gennemgående åbning 154 i den anden lejbøsning 142. Gevindindsatsen 172 er aksialt bevægelig i forhold til en længdeakse 176 af den anden lejbøsning 142 i afsnit 174 (se dobbelt pil). Den aksiale bevægelighed er begrænset på begge sider langs længdeaksen 176, for eksempel ved hjælp af et ydre anslagselement 178, der vender mod den anden tilslutningsende 138, og et indre anslagselement (ikke vist i figur 8), der vender væk fra den anden tilslutningsende 138.

[0055] Figur 9 viser faconen på gevindindsatsen 172, hvor den ydre facon svarer til en polygonform P3G med afrundede kanter. Afsnittet 174, som også kan kaldes en udskæring, er med sin indre facon tilpasset den ydre facon af gevindindsatsen 172, således at der dannes en formtilpasning, så gevindindsatsen 172 kan føres i den anden lejbøsning 142 uden at kunne dreje.

[0056] Den beskrevne boltforbindelse 148, som er til stede i et stort antal i det delte rotorblad 110, muliggør de ovenfor nævnte fordele og funktioner.

[0057] I det følgende vil en fremgangsmåde til at forbinde de to rotorbladsegmenter 132 og 134 af det delte rotorblad 110 i henhold til en udførelsesform af opfindelsen blive beskrevet med reference til figurerne 10 til 13. Figur 10 viser et skematisk flowdiagram over metoden, mens figurerne 11 til 13 viser forskellige monteringsstadier.

[0058] Først befinder et rotorbladsegment (her det andet rotorbladsegment 134) sig i en udgangssituation (se figur 11a). I denne situation ligger gevindindsatsen 172 fra den anden lejbøsning 142 et sted mellem et indre anslagselement 177 og et ydre anslagselement 178 (se figur 11b).

[0059] I et første trin S1 (se figurerne 12a og 12b) bliver forbindelsesboltene 146 delvist skruet ind i de anden indvendige gevind 158 i det andet rotorbladsegment 134, hvorved gevindindsatsen 172 presses mod den anden, indre anslagselement 177. Forbindelsesboltene 146 kan have en markering, der angiver, hvor langt den skal skrues ind. Hver forbindelsesbolt 146 stikker ud med en forudbestemt længde 180 fra den anden tilslutningsende 138. Alternativt kan forbindelsesboltene 146 trækkes ud af den anden tilslutningsende 138, indtil gevindindsatsen 172 hviler mod det ydre anslagselement 178 for at kontrollere den forudbestemte længde 180. Den forudbestemte længde 180 sammenlignes med en angivet målværdi for at sikre korrekt montering. Dette er afgørende for senere at opnå

tilstrækkelig gevindoverdækning mellem de to indvendige gevind 156, 158. Tildelingen af den rigtige boltende 160, 162 henholdsvis det rigtige udvendige gevind 164, 166 følger af de forskellige gevind (højre- eller venstregevind) for hvert rotorbladsegment 132, 134.

5 **[0060]** I et næste trin S2 (se figur 12c) skubbes trykstykkerne 144 på forbindelsesboltene 146, hvorefter forbindelsesboltene 146 skubbes indad. Dette kan ses ved, at gevindindsatserne 172 bevæges mod det indre anslagsselement 177.

[0061] I et næste trin S3 (se figur 12d) bringes det første rotorbladsegment 132, eller den første tilslutningsende 136, tættere på den anden tilslutningsende 138, så det næsten berører forbindelsesboltene 146. Gevindindsatserne 172 er blevet skubbet ind i de anden
10 bøsninger 142 i det andet rotorbladsegment 134 ind til det indre anslagsselement 177. Derefter trækkes forbindelsesboltene 146 én ad gangen ud af de anden bøsninger 142 og ind i den tilsvarende første bøsning 140, der flugter med den anden bøsning 142.

[0062] I et næste trin S4 (se figurerne 12e og 12f) bevæges det første rotorbladsegment 132 mod det andet rotorbladsegment 134, indtil forbindelsesboltene 146 er skruet ind i
15 de første indvendige gevind 156 i de første bøsninger 140 til en forudbestemt værdi.

[0063] I et næste trin S5 (ikke vist) skubbes de to rotorbladsegmenter 132, 134 sammen mod anslag, hvorved tilslutningsenderne 136, 138 hviler mod trykstykkerne 144, og gevindindsatsen 172 igen hviler mod det indre anslagsselement 177. På grund af den aksiale bevægelighed af de anden indvendige gevind 158 ved hjælp af gevindindsatserne 172
20 ("løsleje") er de nødvendige aksiale (og også radiale) spil til indfletning og montering til stede. Især er den indvendige diameter på bøsningen større end den udvendige diameter på gevindindsatsen.

[0064] I et næste trin S6 (se figur 12g) skrues forbindelsesboltene 146 fast. Her skubbes de to tilslutningsender 136, 138 tættere sammen, hvormed gevindindsatsen 172 også
25 rammer de ydre anslagsselementer 178. Skruningen udføres ved hjælp af et passende værktøj, som placeres ved de respektive værktøjsangrebepunkter 150. Under fastskruningen bruges hvert værktøjsangrebepunkt 150 som referencepunkt 182 til at overvåge monteringsfremskridtet. Dette "vandrer" afhængigt af monteringsstilstand inden for det respektive trykstykke 144, hvilket kan overvåges gennem åbningen 152.

30 **[0065]** Figurerne 12g og 13 viser den endelige monteringsstilstand. Her bør der være en forudbestemt afstand 184 mellem den første tilslutningsende 136 og hvert reference-

punkt 182.

[0066] Det skal bemærkes, at de ovenstående beskrivelser også gælder for et delt rotorblad med to eller flere delingssteder 130. I så fald ville det delte rotorblad have tre eller flere rotorbladsegmenter.

5

[0067]

100

Vindenergianlæg

102

10 Tårn

104

Fundament

106

Gondol

15 108

Rotor

110

Rotorblad

112

20 Rotornav

114

Rotorbladets rodområde

116

Overgangsområde

25 118

Profilområde

120

Længderetning

122

30 Trykside

124

Sugsiden

126

Rotorbladets tilslutningsende

35 128

Flangetilslutning

130

Samling

	132	
		første rotorbladsegment
	134	
		andet rotorbladsegment
5	136	
		første tilslutningsende
	138	
		anden tilslutningsende
	140	
10		første legebøsning
	142	
		anden legebøsning
	144	
		Trykstykke
15	146	
		Forbindelsesbolt
	148	
		Boltforbindelse
	150	
20		Værktøjsangrebspunkt
	152	
		Åbning
	154	
		Gennemgående åbning
25	156	
		første indvendige gevind
	158	
		andet indvendige gevind
	160	
30		første ende
	162	
		anden ende
	164	
		første udvendige gevind
35	166	
		andet udvendige gevind
	168	
		Affasning
	170	

	Væg	
172		
	Gevindindsats	
174		
5	Afsnit af den anden legebøsning	
176		
	Længdeakse	
177		
	indre anslagselement	
10	178	
	ydre anslagselement	
	180	
	forudbestemt længde	
	182	
15	Referencepunkt	
	184	
	forudbestemt afstand	
	S1 til S6	
	Trin	
20		

Krav

1. Rotorblad (110) til et vindenergianlæg, som er dannet af to rotorbladsegmenter (132, 134), hvor

5 det første rotorbladsegment (132) ved en første tilslutningsende (136) omfatter en flerhed af første lejebøsninger (140), som hver især omfatter et første indvendigt gevind (156),

det andet rotorbladsegment (134) ved en anden tilslutningsende (138), som er forbundet til den første tilslutningsende (136), omfatter en flerhed af anden lejebøsninger (142), hvor der inden i hver er anbragt et andet indvendigt gevind (158), hvor hvert af
10 det andet indvendige gevind (158) er aksialt forskydeligt i forhold til en længdeakse (176) af den tilsvarende anden lejebøsning (142), og en forbindelsesbolt (146) er skruet ind i de to tilsvarende indvendige gevind (156, 158) i hvert par af justerede første og anden lejebøsninger (140, 142) således, at de to rotorbladsegmenter (132, 134) er mekanisk forbundet ved tilslutningsenderne (136, 138).

15

2. Rotorblad til vindenergianlæg ifølge krav 1, hvor hvert første indvendige gevind (156) er fastgjort i forhold til den tilsvarende første lejebøsning (140).

3. Rotorblad til vindenergianlæg ifølge krav 1, hvor hvert første indvendige gevind (156)
20 er aksialt forskydeligt i forhold til en længdeakse (176) af den tilsvarende første lejebøsning (140).

4. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge et af de foregående krav, hvor en aksial forskydelighed af hvert af det andet indvendige gevind (158) er begrænset.

25

5. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge et af de foregående krav, hvor hver anden lejebøsning (142) omfatter en aksialt forskydelig gevindindsats (172) med det andet indvendige gevind (158).

30 6. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge krav 5, hvor en ydre facon af hver gevindindsats (172) er tilpasset en indre facon af den tilsvarende anden lejebøsning (142) på en

sådan måde, at hver gevindindsats (172) er sikret mod vridning i den tilsvarende anden legebøsning (142) gennem formtilpasning.

7. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge krav 6, hvor den ydre facon af hver gevind-
5 indsats (172) omfatter en polygonfacon, herunder med afrundede kanter.

8. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge et af de foregående krav, hvor hver forbindelsesbolt (146) omfatter et værktøjsangrebspunkt (150), herunder en sekskant.

10 9. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge et af de foregående krav, hvor en flerhed af trykstykker (144) er anbragt mellem de to tilslutningsender (136, 138) af de to rotorbladsegmenter (132, 134), hvor hvert trykstykke (144) er udformet som en bøsning og er monteret på en tilsvarende forbindelsesbolt (146).

15 10. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge kravene 8 og 9, hvor hvert trykstykke (144) omfatter mindst én åbning (152), så værktøjsangrebspunktet (150) er tilgængeligt gennem åbningen (152).

11. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge krav 10, hvor åbningen (152) er forsynet
20 med begrænsende vægge (170) af hvert trykstykke (144) med en eller flere affasninger (168).

12. Rotorblad til vindenergianlæg (110) ifølge et af de foregående krav, hvor de første indvendige gevind (156) har enten højre- eller venstregevind, og de anden indvendige
25 gevind (158) har det andet.

13. Fremgangsmåde til at forbinde to rotorbladsegmenter (132, 134) af et rotorblad til vindenergianlæg (110), hvor det første rotorbladsegment (132) ved en første tilslutningsende (136) omfatter en flerhed af første legebøsninger (140), som hver især omfatter et
30 første indvendigt gevind (156), og det andet rotorbladsegment (134) ved en anden tilslutningsende (138), som er forbundet til den første tilslutningsende (136), omfatter en fler-

hed af anden lejevøsninger (142), som hver især omfatter et andet indvendigt gevind (158), hvor hvert af det andet indvendige gevind (158) er aksialt forskydeligt i forhold til en længdeakse (176) af den tilsvarende anden lejevøsning (142), hvor fremgangsmåden omfatter følgende trin:

- 5 delvis skruning af en forbindelsesbolt (146) ind i hvert af det andet indvendige gevind (158) af den anden tilslutningsende (138) på en sådan måde, at hver forbindelsesbolt (146) rager ud med en forudbestemt længde (180) fra den anden tilslutningsende (138),
- at føre den første tilslutningsende (136) af det første rotorbladsegment
- 10 (132) tæt på den anden tilslutningsende (138) af det andet rotorbladsegment (134),
- at delvist skrue den respektive forbindelsesbolt (146) ind i et første indvendige gevind (156) på den første tilslutningsende (136),
- at skubbe de to rotorbladsegmenter (132, 134) sammen, og
- 15 at fastskrue hver forbindelsesbolt (146) på en sådan måde, at en forudbestemt afstand (184) mellem et defineret referencepunkt (182) på forbindelsesbolten (146), og en af de to tilslutningsender (136, 138) er opnået.

14. Fremgangsmåde ifølge krav 13, hvor der efter trinnet for delvis skruning af forbindel-
- 20 sesbolten (146) ind i hvert af det andet indvendige gevind (158) påføres et trykstykke (144) på hver forbindelsesbolt (146), og hvor den forudbestemte afstand (184) i trinnet for fastskruning opnås ved hjælp af et værktøjsangrebepunkt (150) af trykstykkerne (144) som referencepunkt (182).

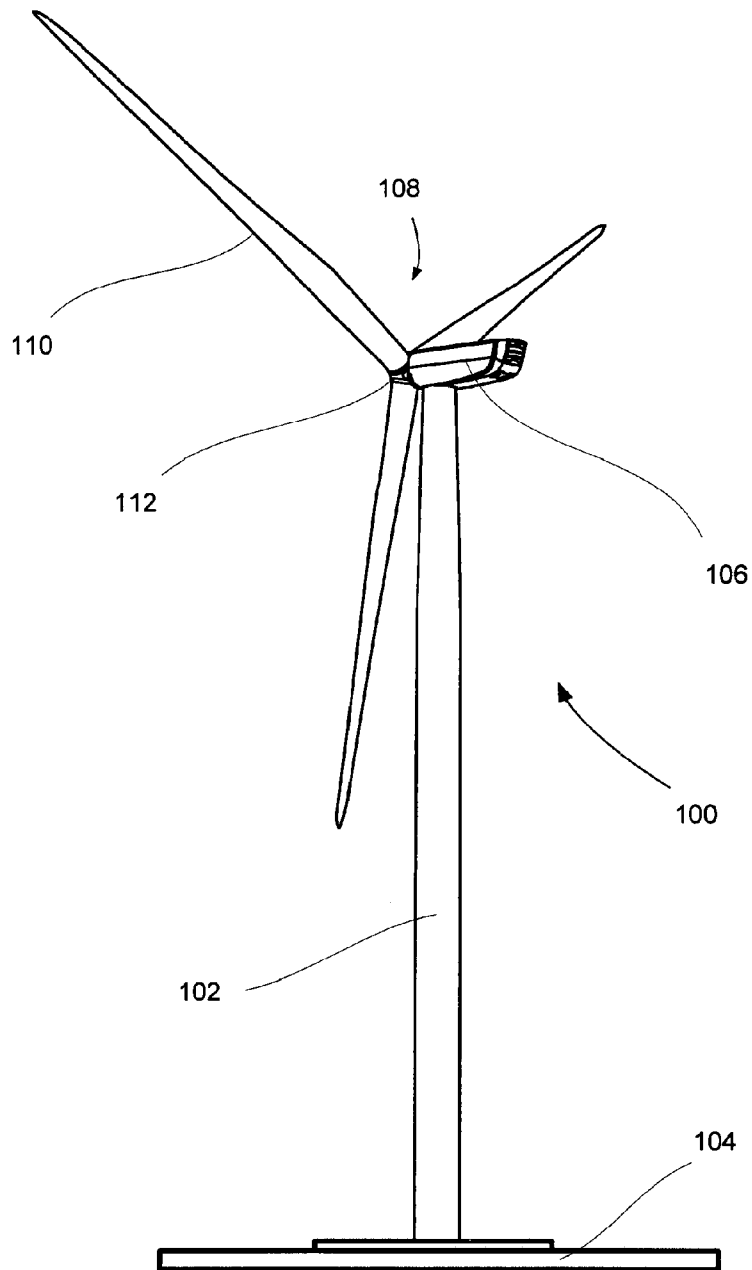
Fig. 1

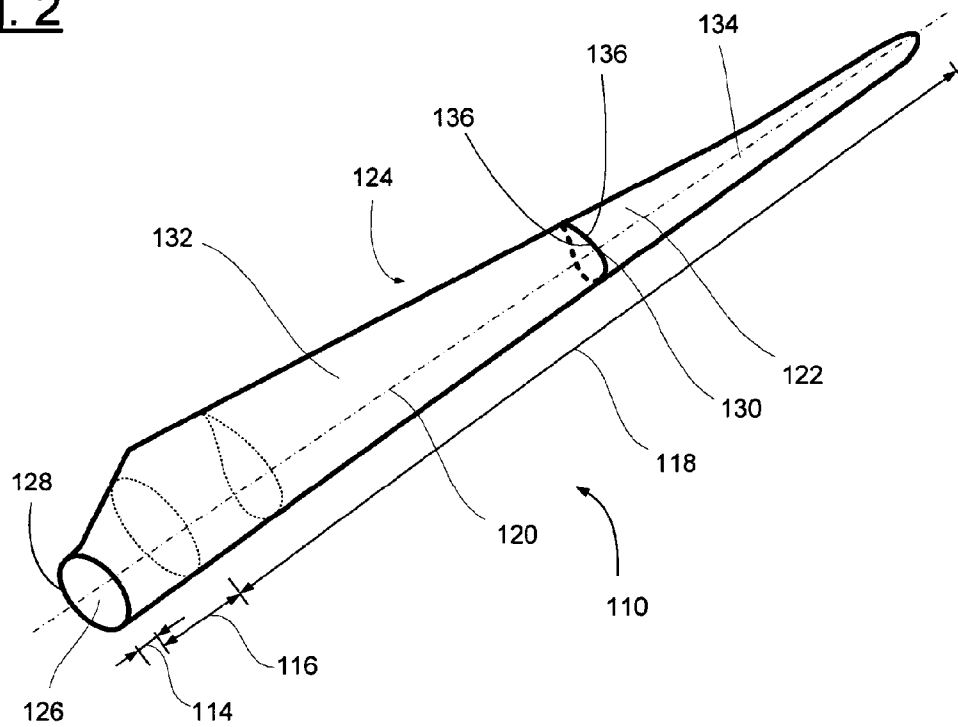
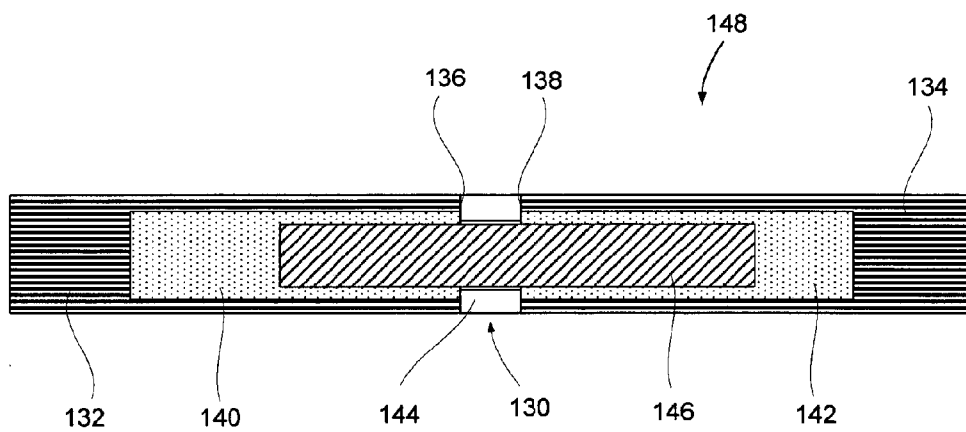
Fig. 2Fig. 3

Fig. 5

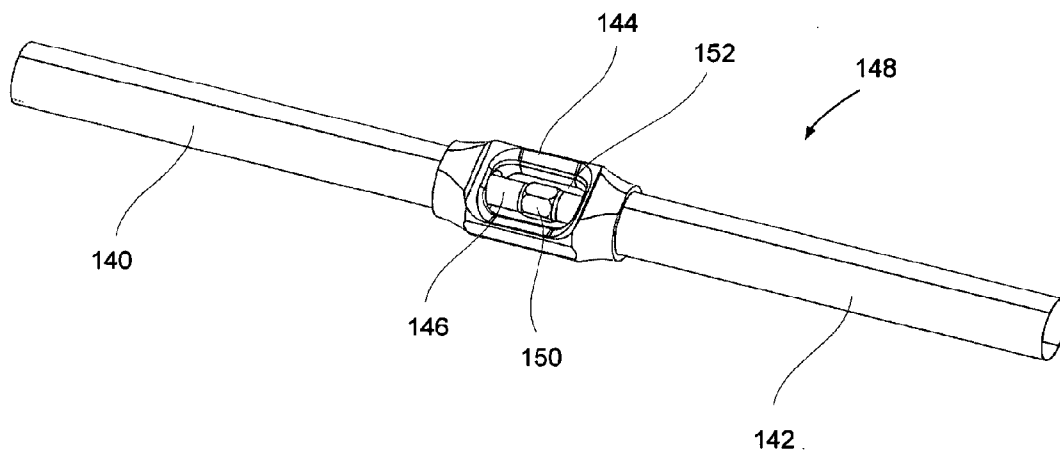


Fig. 6

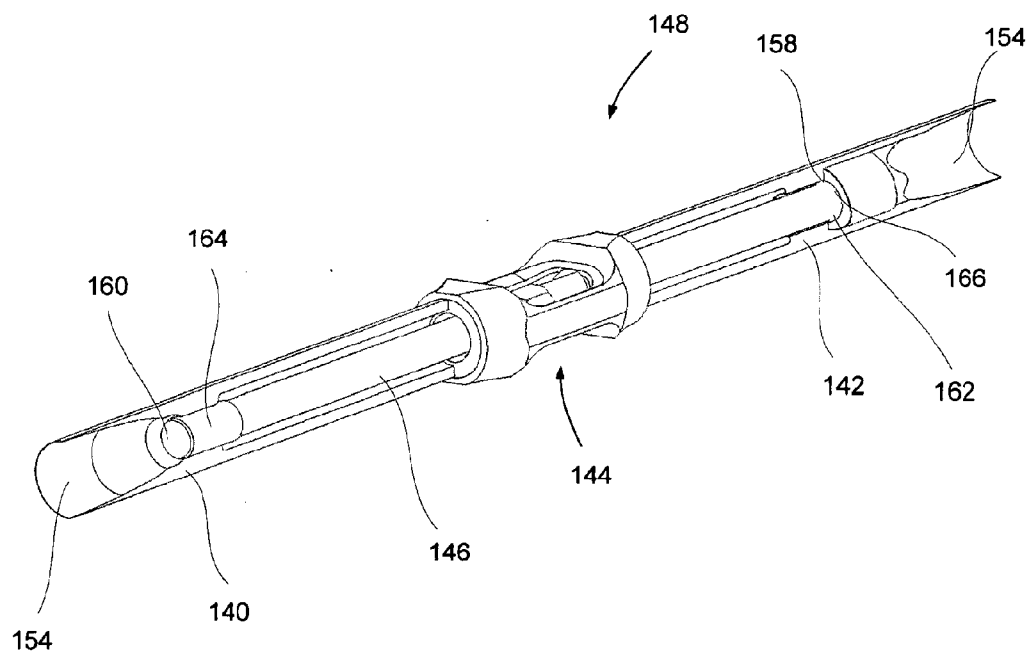


Fig. 7

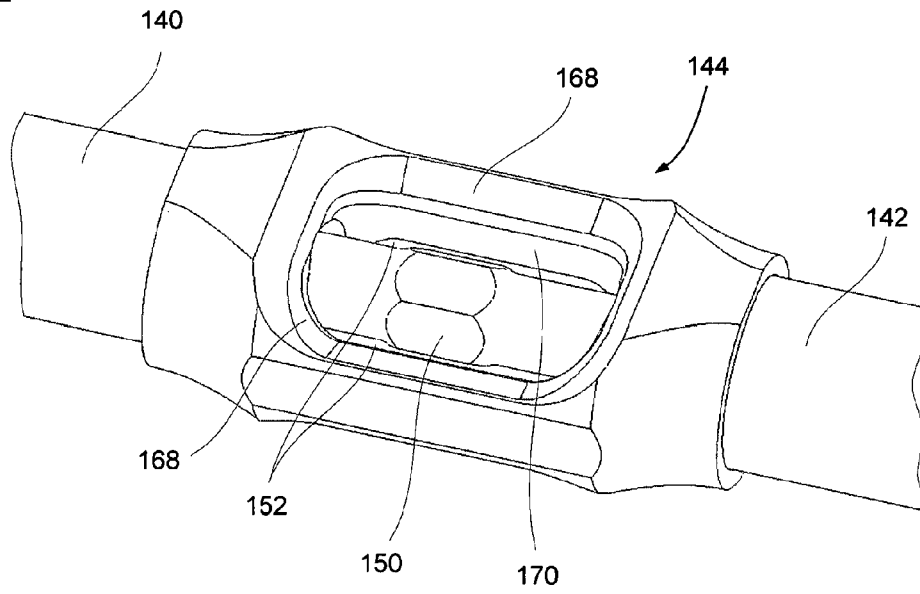


Fig. 8

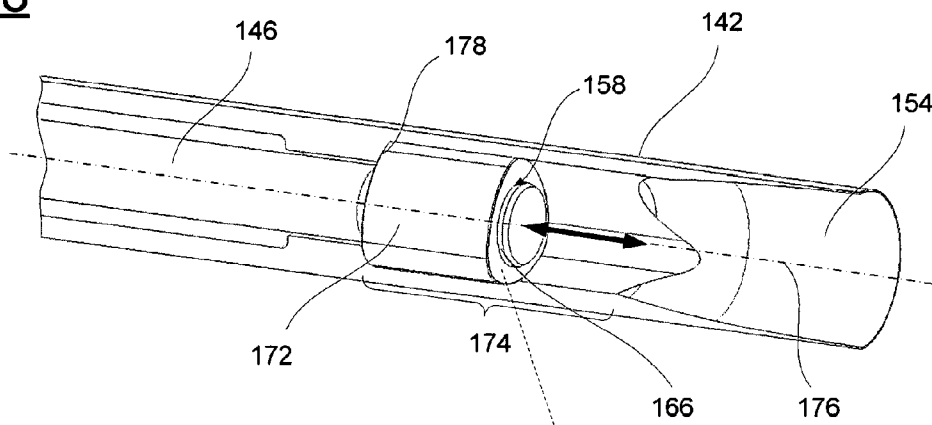


Fig. 9

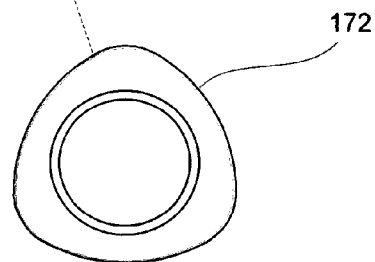


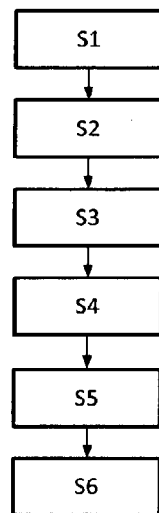
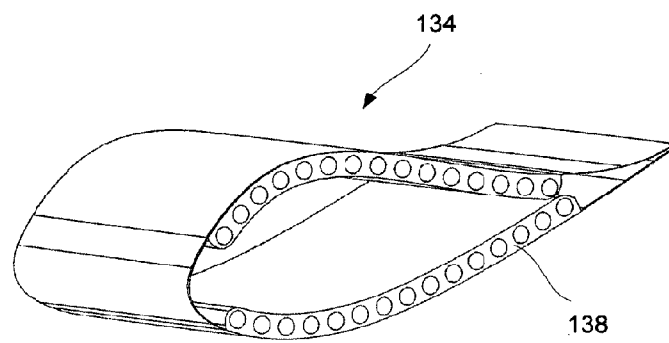
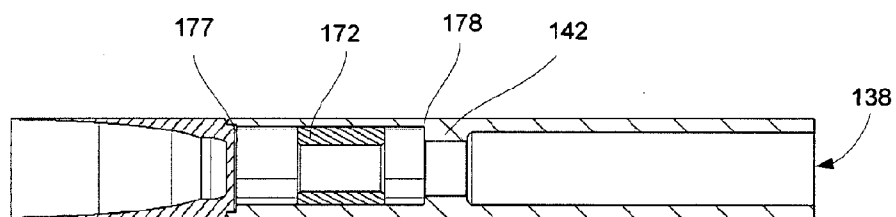
Fig. 10Fig. 11aFig. 11b

Fig. 12a

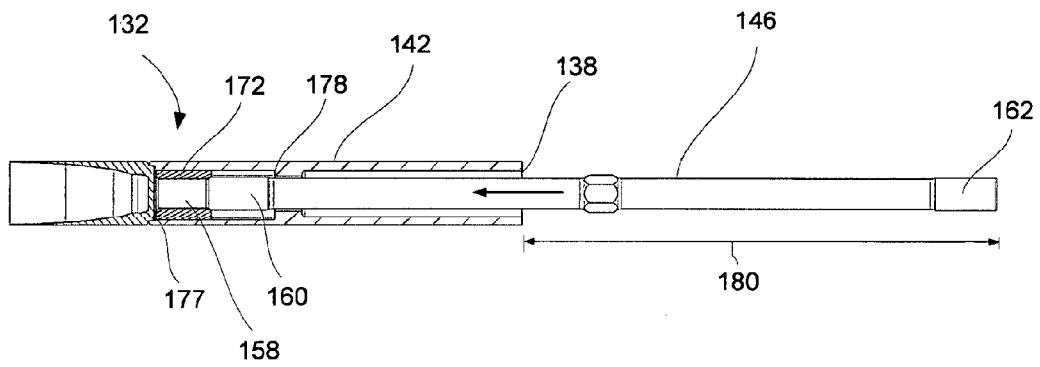


Fig. 12b

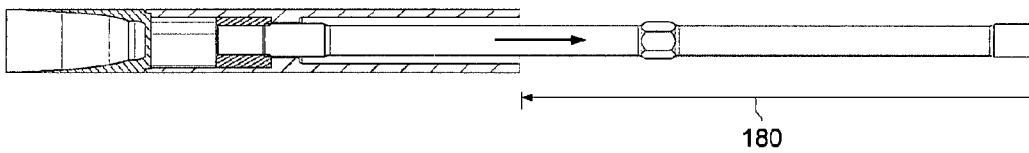


Fig. 12c

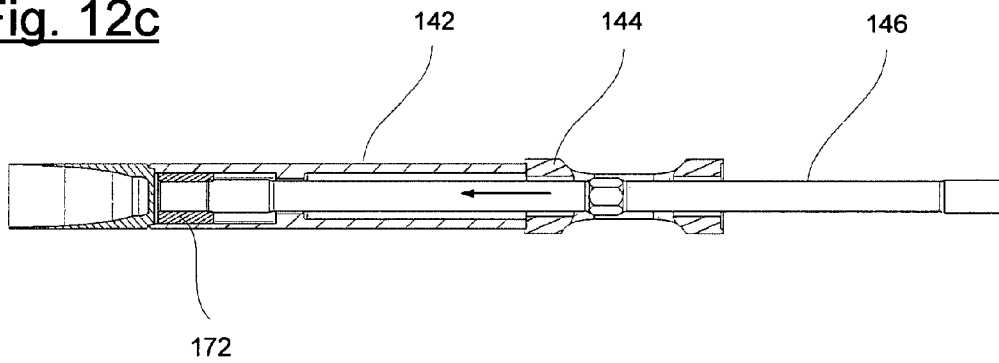


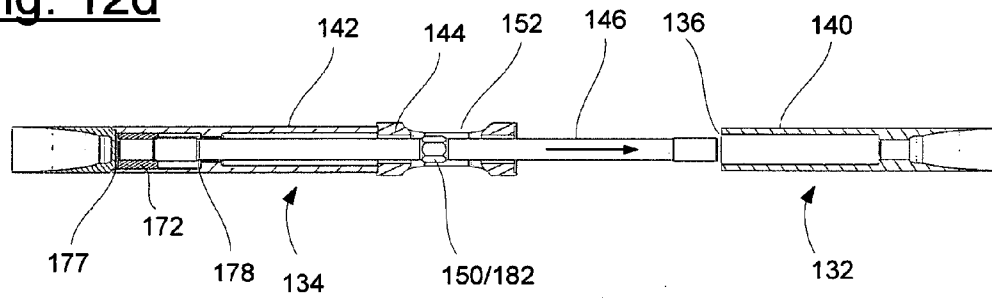
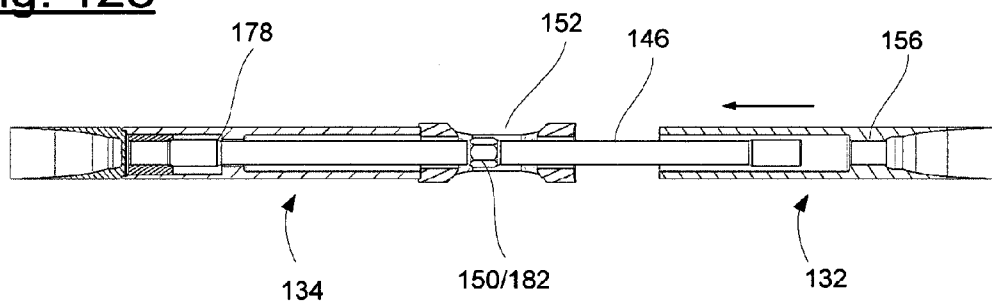
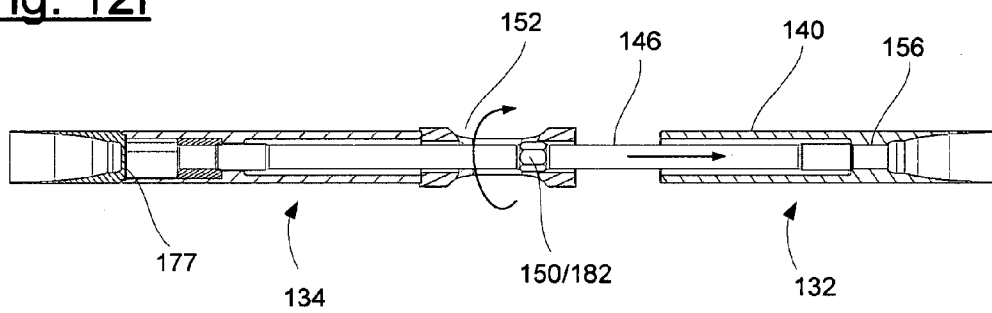
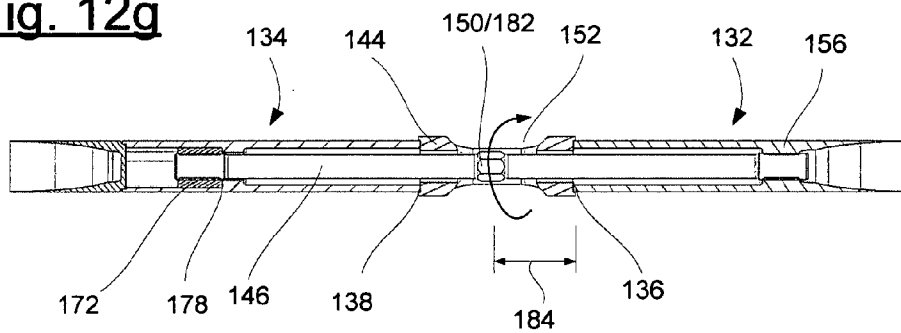
Fig. 12d**Fig. 12e****Fig. 12f****Fig. 12g**

Fig. 13