



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314958**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

F 16 L 11/08

Patentstyret

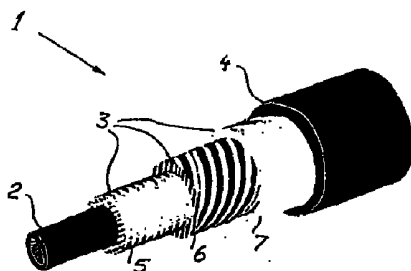
(21) Søknadsnr	19982945	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1998.06.24	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	1998.06.24	(30) Prioritet	Ingen
(41) Alm. tilgj.	1999.12.27		
(45) Meddelt dato	2003.06.16		
(71) Patenthaver	ABB Offshore Technology AS, Postboks 81, 1375 Billingstad, NO		
(72) Oppfinner	Arnt Frode Brevik, 1346 Gjøttum, NO		
	Ole Anton Grytå, 1370 Asker, NO		
(74) Fullmektig	Harald Neergaard - ABC-Patent, Siviling. Rolf Chr. B. Larsen AS, 0602 Oslo		

(54) Benevnelse **Fleksibelt, polymert, komposittrør slik som et fleksibelt stigerør**

(56) Anførte publikasjoner NO 175550, NO 301666, NO 177200, NO 176529, GB 2289107, GB 2165331, GB 1400399, GB 1526285

(57) Sammendrag

Fleksibelt, polymer, komposittrør (1) innrettet for transport av fluider slik som hydrokarboner, f.eks. olje og/eller gass, og tilstrekkelig fleksibelt til å kunne kveiles med en krumningsradius så kort som omkring 20 ganger sin ytre diameter. Det fleksible stigerøret (1) omfatter følgende strukturelle elementer: en innvendig foring (2) av termoplastisk materiale, en mellomliggende, armert, polymer flerlagskomponent (3), og en ytre termoplastisk kappe (4). Den innvendige foring (2) er kontinuerlig forbundet med den mellomliggende, flerlagskomponent.(3) som i sin tur er kontinuerlig forbundet med den ytre kappe (4). En fremgangsmåte for fremstilling av det fleksible rør (1) ved sammensveising eller klebing er også beskrevet.



Foreliggende oppfinnelse angår et fleksibelt kompositt-rør innrettet til å bli brukt for transport av fluider og særlig hydrokarboner (f.eks. olje og/eller gass), injeksjonsfluider (f.eks. metanol, vann, osv.). Røret kan også benyttes som et fleksibelt stigerør, tilpasset for transport av fluider fra/til en flytende produksjonsenhet til/fra et undervanns brønnhode osv.

Det fleksible kompositttrøret i henhold til foreliggende oppfinnelse er en innretning med høy ytelse utviklet for å betjene de ovennevnte formål ved høye temperaturer (opptil 200°C), høye trykk (opptil 700 bar), og for dynamiske bruksområder ved dypt vann (slik som fleksible stigerør).

Fleksible rørledninger eller stigerør er tidligere kjent i forbindelse med dynamiske stigerørsystemer. Ved slike tidligere kjente systemer er strekkelementene fremstilt av stål. Følgelig blir vekten av et konvensjonelt rør svært høy, også når dette er neddykket. Strekket ved toppen av røret blir ekstremt høyt ved store vanndybder, og følgelig har tidligere kjente stigerør av fleksibel type bare blitt benyttet ved relativt grunt vann. Konvensjonelle, fleksible stigerør har også et begrenset temperaturområde, typisk kan de benyttes opp til 130°C, de har en begrenset trykkbestandighet, og produksjonskostnadene er svært høye på grunn av en komplisert fabrikasjonsprosess.

Tidligere kjente dynamiske rør og stigerør er ikke svært fleksible og kan derfor ikke kveiles opp på tromler, noe som fører til kostbar og kompleks installasjon; og slike tidligere kjente fleksible stigerør kan ikke tåle stor deformasjon under drift, de aksepterer bare begrensede temperaturintervaller, f.eks. er titan bare brukbart opptil 110°C, opphengningskreftene blir svært store på grunn av den store vekten selv i neddykket tilstand, og dersom metall av korrosjonsmotstanddyktig type benyttes (noe som ofte er nødvendig) blir svært høye materialkostnader resultatet. Ved steder med dypt vann har fleksible løsninger ikke i det hele tatt vært tilgjengelige.

Av GB 2289107 er det kjent oppbygging av et fleksibelt rør med en indre foring og en ytre kappe av et termoplastisk materiale, med armerte lag mellom. Røret er et stivt kompo-

sittrør som kun vil gi minimal endring av form og størrelse ved indre og ytre, mekaniske og termiske belastninger. Røret består dessuten av distinkte lag som må sammenføres med egne limlag av plast såsom vinylester, epoksy eller en termoplast.

Formålet med foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et nytt, lett, fleksibelt stigerør med høy ytelse og egnet for transport av fluider, slik som hydrokarboner (olje og/-eller gass), samt injeksjonsmedier slik som metanol og vann.

De viktigste fordeler med fleksible kompositttrør er:

Det kan spoles (forlengelse under installasjon omkring 3-4%).

Det er et lett rør og følgelig blir opphengningskreftene ved toppen også lave.

Levetiden for konstruksjonen er satt til 20 år.

Røret tåler store nedbøyninger, også under drift.

Følgende trekk gjør at det fleksible komposittstigerør er unikt:

- Oppbygningen av komposittmaterialer i flere forskjellige sammensmeltede lag.
- Produksjonsprosessen skjer ved ekstrudering og sveising eller klebing av båndene.
- Kombinasjoner av materialer som utgjør matrisen tilfredsstiller kravene til temperatur, forsegling (diffusjonsevne), elektrisk isolasjon, trykk, vekt og forlengelse ved strekk.

Stigerørskonseptet er basert på følgende konstruksjon:

En sammensatt rørkonstruksjon basert på en innvendig foring, minst to armerte lag, og en ytre foring; som nærmere beskrevet i kravene.

Ytterligere fordeler er:

- Strekelementene kan skjøtes, enten ved at de overlappes og limes når det gjelder termoherdende materialer, eller ved overlapping og sveising for termoplastiske materialer.
- Matrisematerialet kan utblandes (blendes) og følgelig kan det endres fra de indre lag i røret til de ytre lag; slik at hvert lag er kompatibelt med sine tilstøtende lag.
- Endringen av matrisematerialet nevnt ovenfor, kan også gjennomføres slik at hvert lag fremstilles av et materiale

som er nettopp så kostbesparende som kravene til hvert enkelt lag tillater.

- Optimale materialkvaliteter kan benyttes for hvert lag, da hvert enkelt lag kan konstrueres for å tåle de lokalt tilstedeværende tilstander, f.eks. når det angår temperatur og trykk.

Røret i henhold til foreliggende oppfinnelse er basert på en sammensmeltet rørkonstruksjon bygget opp på en innvendig foring, armerte lag, samt en utvendig foring og er definert i de nedenfor fremsatte anordningskrav. Oppfinnelsen vedrører også en fremgangsmåte for fremstilling av et fleksibelt rør i henhold til det nedenfor fremsatte fremgangsmåtekrav.

De ulike lagene har forskjellige oppgaver og kan kombineres på en rekke måter. Tykkelse, orientering, antall lag, mellomlag, matrisemateriale som velges, samt fibermaterialene som benyttes, er alt sammen parametre som kan manipuleres.

Konseptet er grunnlagt på et rør, slik som et stigerør, som kan kveiles på en trommel. To grunnleggende ulike produksjonskonsepter kan benyttes. For det første kan hele stigerøret fremstilles i ett stykke og for det andre kan stigerøret fremstilles i diskrete lengder som deretter monteres sammen.

En mer detaljert beskrivelse av et rør i henhold til foreliggende oppfinnelse er gitt nedenfor, omfattende enkelte mulige modifikasjoner og foretrukne utførelser.

Et fleksibelt, polymert, komposittstigerør kan være utført med en innvendig diameter som strekker seg fra ca. 15 til 30 cm (6-12 tommer) for transport av fluider slik som hydrokarboner (olje og gass), metanol, vann og andre gasser og væsker. Stigerøret er tilstrekkelig fleksibelt til å bli kveilet på en trommel med en navradius på 4500-8500 mm. Et stigerør med diameter 20 cm (8 tommer) kan typisk kveiles opp på en trommel med en navradius på 5500 mm.

Stigerøret består av tre hovedelementer, en innvendig foring av termoplastisk materiale forbundet med et armert polymert element (kompositt) samt en utvendig foring av termoplastisk materiale, som i sin tur er forbundet med det armerte, polymere element.

Funksjonene og beskrivelsen av de forskjellige lagene blir som følger:

Den innvendige foring virker som en barriere mot strømmen av olje/gass under trykk. Foringen beskytter de armerte lagene så de ikke blir utsatt for slitasje, abrasjon, kjemikalier, varme osv. Foringen må tåle temperaturer i området fra 100-200°C. Foringsmaterialene omfatter, men er ikke begrenset til følgende: Polyamider (PA), polyvinylidenfluorid (PVDF), fluor-etylen-propylen (FEP) og andre fluor-baserte polymerer, samt polyeter eterketon (PEEK). Typiske tykkelser er 6-12 mm.

De armerte lag må tåle alle mekaniske og termiske belastninger som stigerøret utsettes for. De armerte lagene er fremstilt av polymere matrisekompositter som limes eller sveises til den innvendige foring. Termoplastiske matrisekompositter sveises til den innvendige foring ved hjelp av laser eller andre varmeanordninger. Termoherdende matrisekompositter limes til den innvendige foring med epoksy eller andre limtyper.

De armerte lag bygges opp av flere enkle laminater bestående av ensrettede, kontinuerlige fibre av karbon, glass eller aramid, som er innleiret i termoplastiske eller termoherdende harpikser. Typiske termoplastiske harpikser er følgende: Polyamider (PA, PPA), polysulfoner (PSU), polyeterimid (PEI) samt polyetersulfon (PES). Et typisk termoherdende harpiks er epoksy.

Når termoplastiske harpikser benyttes blir hvert enkelt laminat sveiset til de øvrige lag ved hjelp av laser eller andre varmeinnretninger. Når termoherdende harpikser benyttes blir hvert enkelt laminat klebet til de øvrige lag ved hjelp av selve harpiksen.

De armerte lagene kan ha en orientering hva vinkelretningen angår mellom ± 35 og $\pm 70^\circ$ relatert til stigerørets lengderetning. Typisk blir det innvendige armeringslag gitt en slagvinkel på $\pm 60^\circ$, mens det ytre armeringslag gis en slagretning på $\pm 45^\circ$. Typisk tykkelse er 20-40 mm.

Den utvendige foring beskytter det armerte lag mot slitasje, abrasjon, kjemikalier, varme osv. Materialer i den utvendige foring omfatter følgende stoffer: Polyetylen (PE),

polyamider (PA), og hovedsakelig de samme materialer som i matrisen i de armerte ytre lag. Typisk tykkelse er 4-8 mm.

Alle løsningene nevnt nedenfor inngår i foreliggende oppfinnelse:

Et stigerør med en matrise av et termoplastisk komposittmateriale som det armerte polymere element. Den fiberforsterkede termoplastiske matrise gjør det mulig å forbinde termoplasten både til den innvendige og den utvendige foring. Det forsterkende polymerelement blir bygget opp av flere ensrettede lag som er sveiset til hverandre. Lagene består av en termoplastisk matrise, typisk PPA, PSU, PEI eller PES, som blir forsterket med ensrettede aramidfibre. Fiberretningen er typisk $\pm 52^\circ$ relatert til stigerørets lengderetning.

Et stigerør hvor det armerte polymerelement er bygget opp av enkelte lag med matriser basert på ulike fiberforsterkede termoplaster. Matrisene endres gradvis eller trinnvis fra det innerste lag til det ytterste lag. Typisk blir (fra innsiden) 50% av den totale tykkelse fremstilt med PSU, og 50% med PA eller PPA. Armeringen kan være av én type (karbon, glass eller aramid) gjennom hele veggtykkelsen, eller den kan forandres sammen med endringen i matrise-materialet. På denne måten tilpasses egenskapene til harpiksen (og/eller fibre) til kravene som stilles lokalt (temperatur, motstand, mekanisk belastning osv.) gjennom hele rørveggen.

Derved angår oppfinnelsen et stigerør hvor det forsterkende polymerelement er bygget opp av lag av en termoplastisk matrise som er armert som basis, og hvor denne blir utblandet gradvis eller i trinn fra sitt innerste lag til sitt ytterste lag ved innblanding av én eller flere andre polymere. En typisk harpiks er PS som typisk kan blandes ut med PSU.

Et stigerør med en utblandet matrise som angitt ovenfor, men med en innvendig foring som er fremstilt av grunnpolymeren og med en ytre foring bygget opp med grunnpolymeren i utblandet tilstand.

Et stigerør har ulike matriser i sin fiberforsterkede termoplastiske del, men har mellomliggende lag av et termoplastisk polymer. Hensikten med disse lagene er at de skal

fungere som sprekke-stoppere, og at de skal isolere de øvrige lagene.

Oppfinnelsen angår også et stigerør som beskrevet ovenfor, men forsynt med en komposittmatrise av termoherdende slag slik som et armert polymert element. Det armerte polymere element blir bygget opp av flere lag som limes til hverandre. Lagene består av en termoherdende matrise av epoksy, armert eller forsterket med glassfibre, aramidfibre, karbonfibre eller andre fibertyper.

Oppfinnelsen angår også et stigerør som beskrevet ovenfor, men med to typiske fiberorienteringer. De innerste armeringslag, som typisk kan strekke seg over 70% av tykkelsen, har orienteringsretningen på $\pm 60^\circ$, mens de ytre armeringslag (30%) har en vinkel på $\pm 45^\circ$ relatert til rørets akse. De innerste forsterkende lag kan typisk være karbonfibre, mens de ytre forsterkende lag typisk kan være glassfibre.

For å få en enda bedre forståelse av foreliggende oppfinnelse vises til foretrukne utførelser beskrevet nedenfor med henvisning til de ledsagende tegninger, hvor:

- Fig. 1 viser et eksempel på konstruksjon av et fleksibelt stigerør. Bare den del av røret er vist hvor hvert lag er delvis fjernet for å vise lagene under på en illustrerende måte,
- fig. 2 viser en annen utførelse av et fleksibelt stigerør i henhold til foreliggende oppfinnelse, hvor minst enkelte av strekkelementene er adskilt av et mellomliggende lag som ikke omfatter noen strekkelementer, noe som bedrer bøye-egenskapene til røret,
- fig. 3 viser i perspektiv hvordan et av strekklagene (sektor III til lag 5, f.eks.) i røret i fig. 2, kan være bygget opp, og
- fig. 4 viser hvordan et stigerør i henhold til foreliggende oppfinnelse kan fremstilles.

Det skal bemerkes at de samme referansetall benyttes for samme deler på alle figurer hvor dette er funnet hensiktsmessig, at ulike figurer eller endog detaljer på en enkelt figur ikke nødvendigvis blir vist i samme målestokk, og at enkelte praktiske detaljer når det gjelder form og implementering kan

være utelatt for å unngå at figurene blir overlesset. Således er eksemplene som er vist i tegningene, bare eksempler på oppfinnelsen som kan modifiseres på mange ytterligere måter.

I fig. 1 er det vist en endedel av et langt stigerør hvor hvert lag tildels er fjernet for å vise konstruksjonen av lagene derunder.

Følgelig er stigerøret 1 bygget opp av følgende lag, regnet innenfra: En innvendig, hul foring 2, ulike strekk-opptagende lag 3 som er fiberarmert og omfatter tre under-lag 5, 6, 7, samt en ytre beskyttende foring 4.

Den innvendige foring 2 virker som en barriere mot strømmen av olje/gass under trykk. Den innvendige foring beskytter også de tilstøtende armerte under-lag 5 slik at dette ikke eksponeres direkte for slitasje, abrasjon, kjemikalier, varme og lignende. Foringen 2 må tåle temperaturer mellom 100-200°C. Materialet i den innvendige foring kan være valgt fra følgende gruppe av materialer: Polyamider (PA), polyvinylidenfluorid (PVDF), fluor-etylenpropylen (FEP) og andre fluor-baserte polymerer, og/eller polyeter-eterketon (PEEK). Typisk tykkelse på den indre foring er 6-12 mm).

Den innvendige diameter til den innvendige foring kan være fra 150-305 mm (6-12 tommer) og det komplette stigerør 1 er tilstrekkelig fleksibelt til å bli kveilet på en trommel med en navradius på 4,5-8,5 meter. Et stigerør med diameter 203 mm (8 tommer) vil typisk kunne kveiles på en spole med navradius på 5,5 meter.

Det armerte lag 3 må tåle alle mekaniske og termiske belastninger som stigerøret utsettes for. De armerte lag 3 omfatter under-lag 5, 6, 7, og er bygget opp av polymere matrisekompositter som klebes eller sveises til den indre foring eller til hverandre. Hva termoplastiske kompositter angår, blir de sveiset ved hjelp av en laser eller en annen varmeinnretning. Hva termoherdende matrisekompositter angår, klebes de ved hjelp av epoksy eller andre limtyper.

De armerte lag blir bygget opp av minst to separate laminater som omfatter ensrettede, kontinuerlige eller skjøtete fibre av karbon, glass og/eller aramid, innleiret i en harpiks av termoplastisk eller termoherdende type. Typiske termoplastiske harpikser er følgende: Polyamid (PA, PPA),

polysulfon (PSU), polyeterimid (PEI) og polyetersulfon (PES). En typisk termoherdende harpiks er epoksy.

Når termoplastiske harpikser benyttes, blir hvert enkelt laminat sveiset til neste lag ved hjelp av en laser eller en annen varmeinnretning. Når termoherdende harpikser benyttes, blir hvert enkelt laminat limt til neste lag ved hjelp av selve resinet.

Det armerte lag kan fortrinnsvis være orientert i vinkler mellom $\pm 35^\circ$ og $\pm 70^\circ$ relatert til lengderetningen på stigerøret. Typisk kan de indre armerte lag være lagt ved $\pm 60^\circ$ og de ytre lag vekselvis ved $\pm 45^\circ$, også her relatert til rørets akse. Typisk tykkelse på disse lag er 20-40 mm.

Den ytre foring 4 beskytter det armerte lag mot utvendig eksponering fra slitasje, abrasjon, kjemikalier, varme og lignende. De ytre foringsmaterialer kan velges fra følgende gruppematerialer: Polyetylen (PE), polyamider (PA), og som matrisemateriale hovedsakelig de samme materialer som i de armerte ytre lag. Typisk tykkelse ca. 4-8 mm.

Det skal allerede her nevnes at hvert lag i røret er konstruert slik at det er nettopp så robust at det kan tåle de påkjenninger det utsettes for ved sin egen posisjon inne i røret. Dermed har det innvendige foringsrør egenskaper som tåler påkjenningene og strekket som nettopp dette laget utsettes for. Følgelig må det innvendige foringsrør tåle høye temperaturer, enkelte av de armerte lag må tåle høye trykk fra rørets innside, andre av de armerte lag må tåle høye strekk i lengderetning, og de ulike armerte lag må også samarbeide for å unngå torsjonsmessig krumninger og snoinger av rørlinjen når store endringer opptrer, f.eks. i lengdestrekket på røret. Endelig må den utvendige foring 4 være slik konstruert at den tåler de tilstander i omgivelsen, f.eks. temperaturene, omgivelsenes sammensetning, samt groing som finner sted i havet.

Det må også nevnes at matrisematerialet enten kan endres gradvis eller trinnvis fra de indre lag til de ytre lag. Imidlertid må endringene alltid skje slik at hvert lag blir kompatibelt med de tilstøtende lag på begge sider. Det må også poengteres at en slik endring eller utblanding av materialene kan gjøres i henhold til rent økonomiske betraktning-

er, det vil si slik at hvert lag bygges opp av de minst kostbare materialer som kan benyttes for de rådende forhold akkurat på dette stedet inne i røret.

Fig. 2 viser et lignende riss av enden til et fleksibelt rør i henhold til foreliggende oppfinnelse, som vist i fig.

1. Utførelsen i henhold til fig. 2 er slik at den indre foring 2 er fremstilt av en kappe, 6 mm tykk av PEEK, det tilstøtende armerte lag 5 omfatter flere laminerte under-lag med kryssende orientering av fibre idet slagretningen endres for hvert under-lag. Dette er klarere vist i fig. 3. Dette første armeringslag 5 har en total tykkelse på 14 mm, de forsterkende fibre er karbonfibre som er integrert i en PES-matrise, og lagene har omtrent en slagvinkel som veksler mellom $+60^\circ$ og -60° .

Det neste laget 6 kan på lignende måte omfatte flere fiberforsterkede under-lag. Den totale tykkelsen til lag 6 er f.eks. 6 mm, og her er de forsterkende fibre glassfibre med en slagvinkel som veksler mellom $+45^\circ$ og -45° , mens matrise-materialet er PSU.

Endelig kan den utvendige foring være en 4 mm tykk kappe laget av homogent PA.

Et typisk stigerør ifølge oppfinnelsen er vist i fig. 2 som avbilder et stigerør som er fleksibelt og har en innvendig diameter på 20 cm (8 tommer). Dette stigerør kan kveiles på en trommel med radius 5,5 meter. Stigerøret er kontinuerlig uten skjøter. Stigerøret er dessuten konstruert for å tåle et innvendig trykk på 700 bar. Det er bygget opp av en innvendig foring fremstilt av PEEK (polyeter-eterketon), som er et termoplastisk materiale som tåler høye temperaturer og har stor kjemisk motstandsevne og er delvis krystallinsk. Tykkelsen av den innvendige foring er 6 mm. Et komposittlag av PSU (polysulfon) er forsterket av karbonfibre og er bygget opp av flere lag (typisk 14 lag) med tape eller omvikling som følger samme retning og er viklet omkring den innvendige foring. Lagene blir viklet med $\pm 60^\circ$ (det vil si første lag med $+60^\circ$, neste lag med -60° , osv.) langs hele stigerørets lengde. Dette forsterkede element er 14 mm tykt. Det ytre armerte element 6 omfatter ett eller flere lag PES (polyeter-sulfon) forsterket med glassfibre. Dette elementet er 6 mm

tykt. Det forsterkede lag i dette element blir viklet med slagvinkel $\pm 45^\circ$ langs stigerøret. Den utvendige foring er 4 mm tykk og er fremstilt av PA (polyamid).

Hvert ensrettet lag blir sveiset til det neste ved hjelp av laser eller andre varmeinnretninger, se fig. 3. Detaljer innenfor hvert av de fiberforsterkede lag 5 og 6 er vist klarere i fig. 3. Fig. 3 kan angå det forsterkede lag 5 og/eller de forsterkede lag 6,7, som alle er bygget opp på beslektet måte da de kan omfatte flere under-lag vist i fig. 3 med referansetall 10-15. I laget 5 er den totale tykkelse f.eks. 14 mm, og de forsterkende fibre er karbonfibre innleiret i et matrisemateriale av PES. Slagvinkelen for fibrene kan veksle fra ett under-lag til det neste, f.eks. fra $+60^\circ$ i lag 10 til -60° i lag 11, alt i relasjon til lengdeaksen til røret. Det skal også nevnes at en modifikasjon kan innføres idet enkelte av under-lagene kan være uten forsterkende fibre. Dette er gjort for å få et mer fleksibelt rør, da under-lag uten fibre vil tillate noe forskyvning mellom tilstøtende fiberforsterkede lag. For å tillate en slik skjærkraftforskyvning mellom to tilstøtende fiberforsterkede lag under bøyning, kan et termoplastisk lag uten noen fiberforsterkning introduseres. Videre er det en ytterligere mulighet å la de ytre under-lag på én eller begge sider av lagene 5, være uten fiberforsterkninger.

Endelig skal det nevnes at matrisematerialet, hvor PES er nevnt som et eksempel, gradvis kan blandes ut med annet matrisemateriale, slik som PSU, slik at innholdet av PES i matrisematerialet er høyere i under-lag 10 enn i under-lag 15, mens innholdet av PSU motsatt vil være mye høyere i under-lag 15 enn i under-lag 11. Med en slik utblandet løsning foretrekkes det at de ytre lagene, 10 og 15 i det viste eksempel, ikke er utblandet, slik at de f.eks. består fullstendig av PES, henholdsvis PSU.

Den samme forklaring som er gitt ovenfor for lagene 5, kan også benyttes for det neste lag 6. Her er det imidlertid foretrukket at de forsterkende fibre er glassfibre, at slagvinkelen endres fra $+45^\circ$ i ett lag til -45° i det neste, at PSU er det viktigste eller grunnleggende matrisematerial, og at den fullstendige tykkelse til laget 6 er omkring 6 mm.

Endelig blir den ytre foring 4 vist som et 4 mm tykt lag av PA. Her kan også materialet bli blandet ut slik at den ytre overflate omfatter bare PA eller har et svært betydelig innhold av PA, mens den innvendige overflate til den utvendige foring 4 kan ha et høyere innhold av PSU, eller eventuelt bestå av bare PSU for derved å gjøre den ytre foring mer kompatibel med den utvendige overflate til det armerte lag 7.

Det må også nevnes at minst ett av lagene eller underlagene har en fiberforsterkning med en slagvinkel på 90° eller nær 90° for å kunne motstå et innvendig overtrykk.

I fig. 4 er det prinsipielt vist hvordan et rør i henhold til foreliggende oppfinnelse kan produseres. Den innvendige foring er bygget opp omkring en mandrel 20 i en produksjonsline, matrisematerialet kan ekstruderes fra dyser (ikke vist på figuren), mens armeringsfibrene 21 kan påføres som fiberbånd ved hjelp av en trinse 22 innstilt ved den ønskede slagvinkel. Oppvarming kan tilføres etter behov i en varmesone 23, f.eks. ved hjelp av en laserstråle 24.

Det må også nevnes at et slikt rør kan fremstilles i svært store lengder, f.eks. mer enn 2 km. Når slike lange rør produseres kan armeringsfibrene skjøtes, f.eks. ved å overlappe fiberbåndene og skjøte dem med et adhesiv når det gjelder termoherdende materialer, og ved sveising av båndene når materialene som benyttes er termoplastiske. Imidlertid kan slike rør også fremstilles i kortere seksjoner som deretter kan skjøtes ved brukerstedet ved hjelp av stive skjøteledd som fortrinnsvis er av en type som kan overføre strekk og andre påkjenninger i lengderetning til neste rørlengde.

De ulike lagene har ulike oppgaver og kan kombineres på svært mange måter eller kombinasjoner. Tykkelse, orientering, antall lag, mellomliggende lag, matrisematerialene og fiber-materialene er alt sammen parametre som kan manipuleres.

Konseptet er basert på et stigerør som kan kveiles på en trommel. To grunnleggende forskjellige produksjonskonsepter kan benyttes. Det første er å produsere hele stigerøret i ett stykke og det andre er å produsere diskrete lengder av stigerøret og deretter montere disse sammen.

Det fleksible stigerøret kan modifiseres på mange måter uten å forlate oppfinnelsens idé. Således kan antall ulike

lag variere. Materiale som benyttes i fibrene kan utskiftes fra ett lag til det neste, men kan også utskiftes langs rørlengden. Det kan benyttes armerte lag med en meget høyere slagvinkel, nær 90° , hvilke lag kan være konstruert for å ta opp det meste av det innvendige overtrykk. Slaglengden til fibrene eller enkelte av fibrene kan også være mindre enn 45° , helt ned til 0° , det vil si parallelt med røraksen.

Lagene som ikke har noen forsterkende fibre kan omfatte et fullstendig under-lag, slik som 5,6 eller 7, eller de kan omfatte ett eller flere utvalgte av disse under-lagene, slik som 10-15 innenfor ett lag.

Endringen av matrisematerialet kan finne sted plutselig eller gradvis, forutsatt at tilstøtende lag er kompatible med hverandre, slik at en sterk sammenbinding kan fås. Dermed kan et termoplastisk lag anbringes mellom to termoherdende lag eller omvendt.

Hele røret kan bli beskyttet av en utvendig konvensjonell beskyttelseskappe (ikke vist) og kan leveres som et kontinuerlig rør eller som seksjoner innrettet til å bli sammenskjøtet, og i så fall eventuelt med strekk-skjøter.

P a t e n t k r a v

1. Et fleksibelt, polymert, komposittrør (1) innrettet for transport av fluider, slik som hydrokarboner, f.eks. olje og/eller gass, k a r a k t e r i s e r t v e d at det fleksible stigerør (1) omfatter følgende strukturelle elementer:
- en innvendig foring (2) av termoplastisk materiale,
 - en mellomliggende, forsterket, polymer komponent med flere lag (3), og
 - en utvendig termoplastisk foring (4);
- idet den innvendige foring (2) er kontinuerlig forbundet med den mellomliggende flerlagskomponent (3) som igjen er kontinuerlig forbundet med den ytre foring (4), hvilket rør (1) er fleksibelt nok til å bli kveilet med krumningsradius så liten som omkring 20 ganger rørets ytre diameter.
2. Fleksibelt rør ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den armerte, polymere komponent (3) omfatter minst to distinkte elementer (5,6,7),
- et første armert polymert element (5) som omfatter en fiberforsterket polymer, og
 - et andre forsterket polymert element (6) som også omfatter et fiberforsterkende element;
- hvor minst én av de følgende parametre
- fibermaterialet,
 - det polymere materialet,
 - konstruksjonsdetaljer som som dimensjoner og slaglengde for fibre,
- avviker betydelig mellom de minst to elementer (5,6,7).

3. Fleksibelt rør ifølge krav 1 eller 2,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det inne minst ett av
de forsterkede elementer (5,6,7) og/eller mellom de minst to
elementer (5,6,7) er anbragt minst ett lag som inneholder
5 bare polymert materiale; slik at en innvendig skjærkraft
under bøyning vil resultere i en mindre glidning i form av en
innbyrdes forskyvning mellom tilstøtende fiberforsterkede
lag.
- 10 4. Fleksibelt rør ifølge et av kravene 1-3,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den innvendige foring
(2) er fremstilt av minst ett polymert materiale som er
tilstrekkelig motstandsdyktig overfor slitasje, abrasjon,
kjemikalier og varme til å tåle å bli eksponert av de
15 hydrokarboner som transporteres ved rådende trykk og
temperatur, og er i stand til å bli fast forbundet med den
innvendige, forsterkede komponent (5).
- 20 5. Fleksibelt rør ifølge et av kravene 1-4,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den ytre foring (4)
innbefatter minst ett polymert materiale innrettet til å
beskytte de tilstøtende forsterkede lag mot eksponering for
slitasje, abrasjon, kjemikalier og varme; fortrinnsvis be-
stående av polyetylen, polyamid og i alt vesentlig omfattende
25 et materiale som er kompatibelt med matrisematerialet i det
ytterste forsterkede element (6,7).
- 30 6. Fleksibelt rør ifølge et av kravene 1-5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at minst ett av de
mellomliggende elementer (5,6,7) har et matrisemateriale som
endres gradvis eller trinnvis fra ett polymert materiale til
et annet polymert materiale.
- 35 7. Fleksibelt rør ifølge et av kravene 1-6,
k a r a k t e r i s e r t v e d at de forsterkede
elementer (5,6,7) har ulike forsterkende fibre, som hele
tiden er compatible med det omgivende matrisematerialet.

8. Fleksibelt rør ifølge krav 6,
k a r a k t e r i s e r t v e d at matrisematerialet i de
forsterkede komponenter (5,6,7) gradvis eller trinnvis endres
fra PSU nær inntil den innvendige foring (2) til PA eller PPA
5 nær inntil den utvendige foring (4).
9. Fleksibelt rør ifølge et av kravene 1-8,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den indre foring (2)
er fremstilt av en første hovedpolymer, mens den utvendige
10 foring (4) er bygget opp av hovedpolymeren blandet ut med én
eller flere andre polymere.
10. Fleksibelt rør ifølge et av kravene 1-10, og hvor røret
(1) er kontinuerlig uten noen skjøter, og er konstruert for å
15 tåle høye innvendige trykk,
k a r a k t e r i s e r t v e d at
- den innvendige foring (2) er fremstilt av polyeter-
eterketon (PEEK),
- det innvendige fiberforsterkede element (5) omfatter en
20 kompositt av forsterket polysulfon med forsterkninger av
karbonfibre, hvilket element omfatter:
- flere lag ensrettede bånd eller omvikling viklet rundt
den innvendige foring (2) idet slagvinkelen til de påførte
fibre veksler mellom +60° og -60° (typisk 14 vekslende lag),
25 - det utvendige, forsterkede element (6) omfatter glass-
fibre forsterket med polyetersulfon (PES), hvor glassfiber-
forsterkningen er viklet vekselvis med +45° og -45° mens
- den utvendige foring (4) er fremstilt av polyamid (PA).
- 30 11. Fremgangsmåte for fremstilling av et fleksibelt rør (1)
innrettet for transport av fluider slik som hydrokarboner,
f.eks. olje og/eller gass, og fleksible nok til å bli kveilet
med en krumningsradius så liten som omkring 20 ganger rørets
ytre diameter,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den innvendige foring
(2) blir ekstrudert som en kjerne omkring en sentralt anbragt
mandrel (20) mens hvert forsterket lag eller under-lag
(5,6,7;10-15) blir bygget opp av separate fiberbånd viklet
5 med en forutbestemt slaglengde omkring kjernen; idet hvert
lag blir sveiset eller smeltet til tilstøtende lag ved hjelp
av en varmeanordning slik som en laser (24).

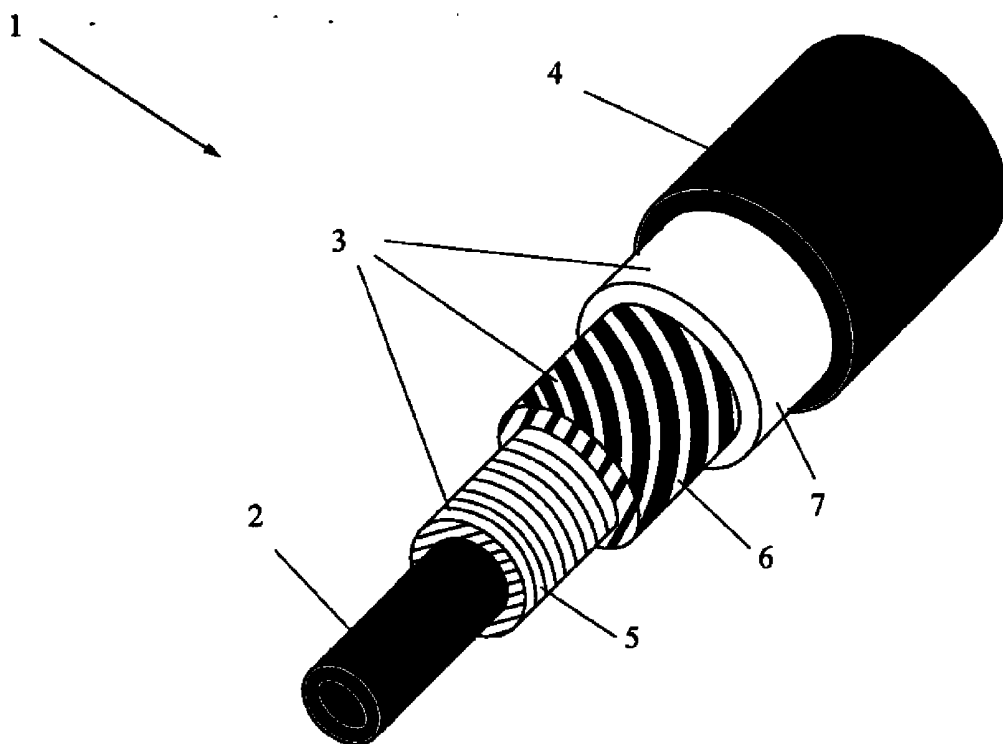


Fig.1

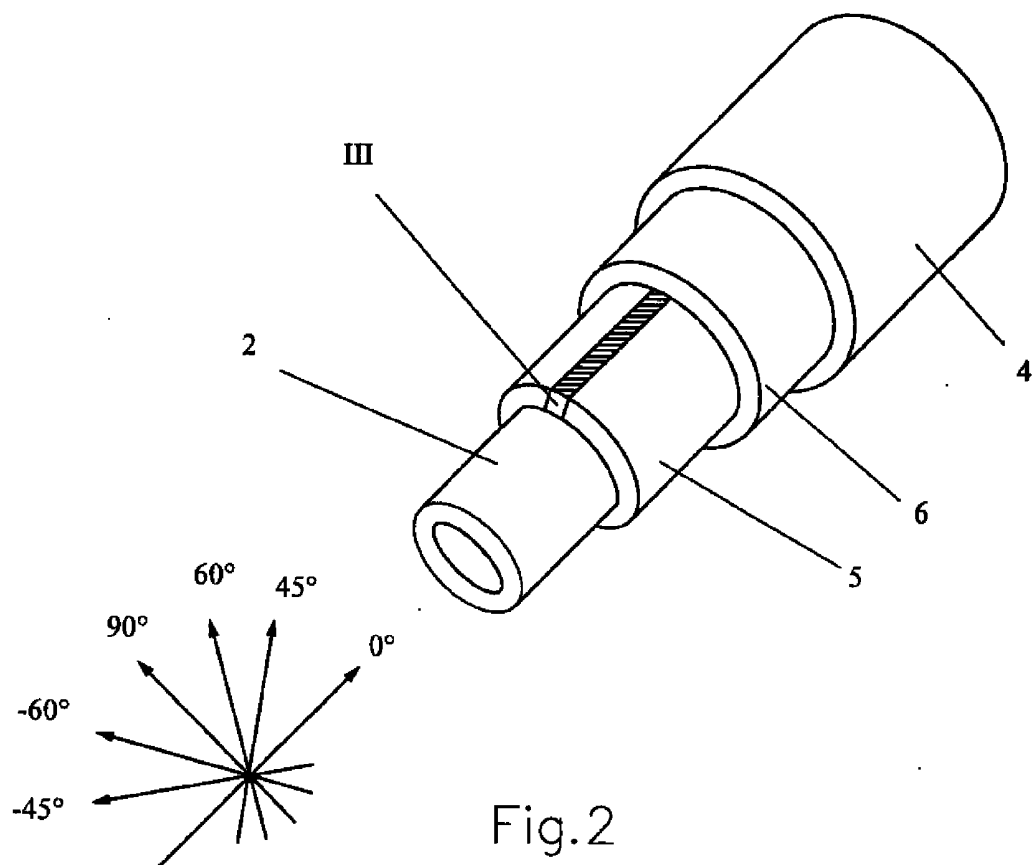


Fig.2

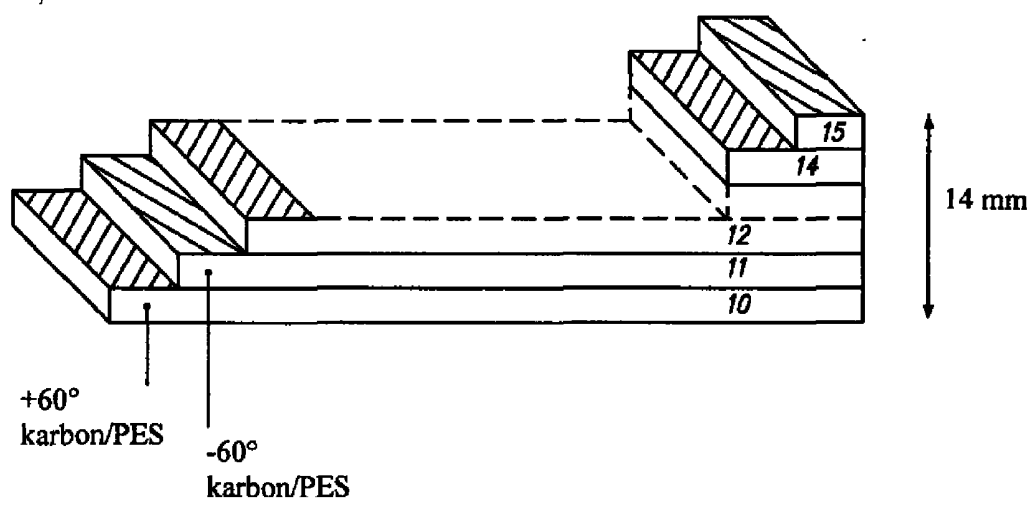


Fig.3

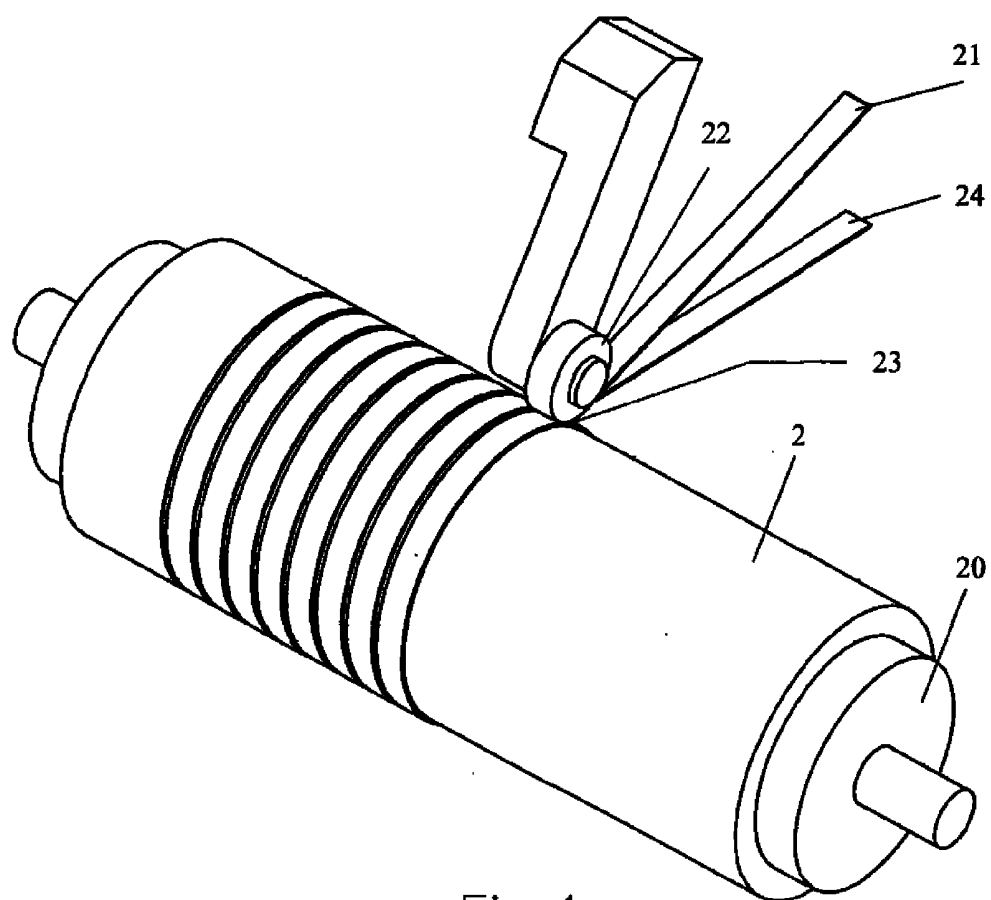


Fig.4