



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **322237**

(13) **B1**

(51) Int Cl.

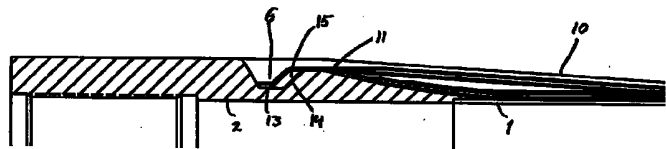
*F16L 9/147 (2006.01)*

*F16L 9/00 (2006.01)*

### Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20044086	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2004.09.27	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2004.09.27	(30)	Prioritet	Ingen
(41)	Alm.tilgj	2006.03.28			
(45)	Meddelt	2006.09.04			
(73)	Innehaver	Aker Kværner Subsea AS , Postboks 94, 1325 LYSAKER, NO			
(72)	Oppfinner	Bjørn Paulshus, Snekkerstuveien 56, 2020 SKEDSMOKORSET, NO Tor-Øystein Carlsen, Radarveien 58, 1152 OSLO, NO Turid Storhaug, Hausmannsgate 19B, 0182 OSLO, NO John Magne Johnsen, Fagerstrandveien 22, 1368 STABEKK, NO			
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS , Postboks 5074 Majorstua, 0301 OSLO, NO			
(54)	Benevnelse	<b>Komposittrør og fremgangsmåte for fremstilling av et komposittrør</b>			
(56)	Anførte publikasjoner	US-6719058, US-6863279			
(57)	Sammendrag				

Komposittrør som har minst et endestykke (2, 3) av metall med en fri ende og en rørdel (10) av ikke-metallisk materiale. Rørdelen (10) er forbundet til det minst ene endestykket (2, 3) motsatt av endestykkets (2, 3) frie ende ved hjelp av minst én omkretsmessig forløpende, aksielt virkende rille (6, 7), som den ikke-metalliske rørdelen (10) griper inn i. Den ikke-metalliske rørdelen (10) omfatter generelt aksielle fibre (11) som strekker seg ned i den minst ene rillen (6, 7). Rillen (6, 7) har en bunn (13) og en flanke (14), som befinner seg lengst bort fra endestykkets (2, 3) frie ende. Mellom flanken (14) og de aksielle fibre (11) er det anordnet et mellomsjikt (15). Det er også beskrevet en fremgangsmåte for å fremstille et slikt komposittrør.



---

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et rør, for eksempel et stigerør som er sammensatt av metall endestykker og midtparti som i hovedsak omfatter komposittmateriale, i samsvar med ingressen til det etterfølgende krav 1. Oppfinnelsen vedrører også en fremgangsmåte for fremstilling av et komposittrør i samsvar med ingressen til det etterfølgende krav 7.

Sammensatte stigerør av denne type er nærmere beskrevet i US patentsøknad publikasjon nr. US 2003/0106685 A1 og US 2003/0107186 A1, US patentene 6042152, 6050612.

Etter hvert som leting og produksjon av olje og gass beveger seg til dypere farvann blir stigerørens vekt, kostnad og pålitelighet av stadig større betydning.

Stigerør, eller "risere", brukes på oljeproduksjonsplattformer offshore til å føre olje eller gass fra sjøbunnen opp til en produksjonsplattform. Stigerørene kan være fleksible eller stive. Stive stigerør brukes også som lederør til boreoperasjoner der borekronen og borestrengen forløper ned gjennom stigerøret (drilling riser), samt til vedlikehold av oljebrønner (workover riser).

Et komposittstigerør, eller "composite riser", er et stivt stigerør som erstatter dagens stive stigerør bygget av stål. Hovedhensikten med sammensatte stigerør er å redusere vekt. Stigerør kan også være bygget av titan eller aluminium. De lages som rør med diameter fra ca 4,5" til 21" og hver seksjon har en lengde på 15 til 27 meter. I hver ende sitter det en mekanisk kobling med et tettesystem. Stigerøret bygges opp ved at en rekke seksjoner kobles sammen. Stigerør lages i trykk-klasser opp til 15000 psi (1000 bar) og lengder opp til 10000 fot (3000m).

Komposittstigerør har også høy spesifikk styrke og stivhet, er korrosjonsmotstandige, har høy termisk isolasjon, høy demping og utmerkede utmattingssegenskaper.

Et kompositt stigerør blir i prinsippet laget som et metallisk stigerør, men rørdelen mellom koblingene erstattes helt eller delvis av kompositt.

Den foreliggende oppfinnelse kan bli brukt til alle typer stive eller fleksible stigerør som blir tilvirket av karbonfiber kompositt med endetermineringer av metall. Oppfinnelsen er imidlertid også egnet til andre typer rørlignende komponenter, der komposittmateriale skal sammenkobles med metalleder, for eksempel rakettdyser, deler innenfor luftfart og romfart, vindmølleblader etc.

Kompositten består av fiber som bare kan ta opp krefter i én retning.

Komposittmaterialene bygges derfor opp med lag vekselvis i aksial og tangentiell retning. Kompositten festes til stålet i et metallisk rillesystem som kalles metall mot kompositt grensesnitt (Metall to Composite Interface eller forkortet MCI).

Slik denne typen rør bygges opp i dag, så kobles et metallendestykke til hver ende av et tynt metallrør. Dette metallrøret har forholdsvis lav styrke og skal i første rekke tjene til å danne en barriere mellom fluidet som skal transporteres gjennom røret og komposittmaterialet utenfor. Deretter legges aksielle karbonfibre fra en respektiv rille i det ene metallendestykket til en respektiv rille i det andre metallendestykket. Dersom det er flere riller i hvert endestykke, blir aksielle karbonfibre først lagt mellom bunnen på rillene i de to endestykkene som befinner seg nærmest hverandre. Deretter vil det legges karbonfibre i omkretsretningen til disse rillene inntil rillene er fylt opp. Så vil man legge aksielle karbonfibre mellom de rillene i hvert endestykke som ligger lenger borte fra hverandre og deretter fylle rillene med karbonfibre som legges i omkretsretningen. Slik fortsetter man til alle rillene er fylt med komposittmateriale. Karbonfibre som legges aksielt kan før påføringen være fuktet i epoksy eller annen harpiks for å danne en såkalt prepreg. Karbonfibre som legges i omkretsretningen i rillene bevirker en fastlåsing av de aksielle karbonfibre, slik at disse ikke kan gli ut av rillene under produksjon.

Et slikt komposittrør tåler store aksielle krefter. Det er likevel et ønske om å øke den aksielle bruddstyrken til slike rør. Spesielt dersom man kan øke styrken uten i vesentlig grad å øke vekten og/eller veggtykkelsen til røret.

Eksempler på kjente komposittrør med metall-endestykker er vist i US 6719058 og US6863279. Disse to publikasjonene har samme oppfinner og i stor grad lik tekst.

I disse publikasjonene er det lagt et mellomsjikt mellom metall-endestykket og kompositten. Hensikten med dette mellomsjiktet er å gi lekkasjesikring av stigerøret. Det er ikke Man tok ikke sikte på eller hadde noe forventning om at dette elastomeriske mellomsjiktet skulle innebære noen vesentlig styrkeøkning.

Tykkelsen av det elastomeriske mellomsjiktet er angitt til ca. 2,3 mm over den metalliske føringen. Imidlertid er det også angitt at tykkelsen reduseres til 0,254 mm over sporene. Det oppgis også hvorfor tykkelsen skal reduseres i sporene. Grunnen til denne reduksjonen av mellomsjiktet i sporene er dette gjør det mulig for sporoverflaten og komposittmaterialet å bevege seg i forhold til hverandre.

En tykkelse på vel en kvart mm vil imidlertid ikke ha noen som helst effekt på å øke bruddstyrken.

Ved den foreliggende oppfinnelse oppnås en betydelig økning i bruddstyrken uten at det er nødvendig med noen vekt- eller dimensjonsøkning, ved at det mellom flanken og de aksielle fibre er anordnet et mellomsjikt med en tykkelse som bringer de aksielle fibre bort fra et eller flere områder nær flanken som har spesielt høye spenningskonsentrasjoner når røret står i strekk og at mellomsjiktet har en tykkelse på minst 2 mm.

Ved den foreliggende oppfinnelse tilveiebringes også en fremgangsmåte for fremstilling av et komposittrør kjennetegnet ved at det påføres et mellomsjikt ved flanken, hvilket mellomsjikt har en tykkelse som bringer de aksielle fibre bort fra et eller flere områder nær flanken som har spesielt høye spenningskonsentrasjoner når røret står i strekk, idet mellomsjiktet har en tykkelse på minst 2 mm, at det deretter legges aksielle fibre langs rillens bunn og langs mellomsjiktet og at det deretter vikles fibre i rørets omkretsretning utenpå de aksielle fibre.

Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også ved de ovennevnte trekk, muligheten for å redusere vekt og/eller veggtykkelse under bibehold av bruddstyrken.

Oppfinnelsen skal nå forklares nærmere under henvisning til de medfølgende tegninger, der:

Figur 1 viser et komposittrør som er bygget opp i samsvar med kjent teknikk,

Figur 2 viser et komposittrør i samsvar med den foreliggende oppfinnelse,

Figur 3 viser en detalj av den kjente røret i figur 1,

Figur 4 viser en detalj av røret ifølge oppfinnelsen i figur 2,

Figur 5 viser spenningsfordelingen i et utsnitt av det kjente røret i figur 1 og

Figur 6 viser spenningsfordelingen i et utsnitt av røret ifølge oppfinnelsen i figur 2,

Det kjente røret i figur 1 omfatter et indre metallrør 1, som ved sin første ende er koblet til et metall-endestykke 2 og ved sin andre ende er koblet til et metall-endestykke 3. Hvert endestykke omfatter gjengepartier 4 h.h.v. 5, som muliggjør sammenkobling med gjengestykker for videre sammenkobling med andre rør, eller sammenkobling med utstyr. De viste gjengepartiene 4 og 5 er begge innvendige gjenger. Dette er gjort fordi røret (noe som også gjelder røret i figur 2) er laget for testformål. For rør som skal brukes i et stigerør vil det være et innvendig gjengeparti ved den ene enden og et utvendig gjengeparti ved den andre enden.

Hvert endestykke 2, 3 er utstyrt med minst én rille 6 h.h.v. 7. Nærmest det indre røret 1 har endestykkene 2, 3 et avsmalnende part 8 h.h.v. 9. Radielt utenfor det indre røret 1 er det bygget opp et ytre rør 10 som omfatter karbonfibre i en matrise av epoksy eller annen harpiks. Det ytre røret 10 har generelt langsgående karbonfibre 11 og karbonfibre 12 som ligger generelt i rørets 10 omkretsretning.

Det vises nå til figur 3, som viser en detalj av røret i figur 1 ved det første endestykke 2. Som man ser av figuren er det lagt langsgående karbonfibre 11 som strekker seg fra bunnen 13 av rillen 6, opp langs rillens 6 flanke 14 og videre nedover det indre røret 1. Disse karbonfibre strekker seg til bunnen av den motsvarende rillen 7 i det andre endestykket 3, hvor de er lagt på tilsvarende måte. For å fastlåse de langsgående karbonfibre 11 i rillen 6 er rillen deretter fylt opp med karbonfibre 12, som strekker seg i rørets omkretsretning. Disse omkretsfibre kan også hensiktsmessig være viklet ytterst på det ytre røret 10 langs hele dettes lengde. I tillegg kan det mellom metalledene, d.v.s. det indre røret 1 og endestykkene 2, 3 være anordnet en tynn membran, for eksempel av gummi. Denne fungerer som diffusjonssperre.

Figur 2 illustrerer et rør i henhold til den foreliggende oppfinnelse. Dette røret omfatter også et indre rør 1, to endestykker 2 og 3 med respektive riller 6 og 7. Det er også her lagt langsgående karbonfibre 11 og omkretsfibre 12 utenpå det indre røret 1 og delvis utenpå endestykkene 2 og 3. Det er kun én liten forskjell på dette røret og det kjente røret i figur 1, denne forskjellen er best synlig i figur 4, som viser et utsnitt av røret ved det første endestykket 2. Man ser her at de langsgående fibre 11 også her er lagt ned i bunnen av rillen 6. Imidlertid er de ikke lagt opp langs flanken 14. Ved flanken 14 er det i stedet lagt et mellomsjikt 15, som mest fordelaktig omfatter omkretsliggende karbonfibre i en matrise av epoksy eller annen harpiks. Derved vil de langsgående fibre 11 ligge i avstand fra flanken 14. Dette mellomsjiktet medfører at det blir tilsvarende mindre behov for omkretsliggende fibre 12 utenfor de langsgående fibre 11, slik at materialforbruket totalt sett blir uforandret. Tykkelsen på mellomsjiktet 15 var i dette tilfellet 10 mm. Hensiktsmessig tykkelse vil være avhengig av dimensjonen på rillene, slik at stor rilledimensjon vil kreve tykkere mellomsjikt. Hensiktsmessig tykkelse vil ventelig ligge i området mellom 2 mm og 25 mm, mest sannsynlig i området mellom 5 og 20 mm.

Dette mellomsjiktet ved flanken 14 har vist seg å ha en betydelig effekt på rørets aksielle bruddstyrke. Et rør med innvendig diameter på 10'' (ca. 25 cm) bygget opp i henhold til figur 1 og et rør med samme dimensjon bygget opp i henhold til figur 2 ble

testet mot hverandre ved at rørene ble strukket i aksiell retning inntil brudd. Begge rørene hadde samme mengde langsgående karbonfibre og samme mengde omkretsliggende karbonfibre. Den eneste forskjellen var at noen av de omkretsliggende fibre var lagt ved flanken 14 i rillen 6 innenfor de langsgående fibre og tilsvarende i rillen 7, i stedet for utenfor de langsgående fibre.

Resultatet var som følger:

Rør bygget opp på konvensjonell måte i henhold til figur 1:

Brudd ved en kraft på 2215 kN.

Rør bygget opp i henhold til den foreliggende oppfinnelse med mellomstikt i henhold til figur 2:

Brudd ved en kraft på 3131 kN.

Begge rørene hadde tilnærmet lineært kraftforløp inntil brudd. Forskjellen i bruddstyrke ble imidlertid hele 41%.

Figur 5 viser et skjærspenningsdiagram ved hjelp av isobarer og illustrerer en typisk situasjon under strekk av et rør i henhold til den kjente oppbygningen vist i figur 1. Bunnen 13 og flanken 14 i rillen 6 ses i figuren. Man ser her at isobarene ligger svært tett i et område 16 i overgangen mellom bunnen 13 og flanken 14 og i et område 17 nær toppen av flanken 14. Dette betyr at det i disse områdene er høye spenningskonsentrasjoner. Dette skyldes store gradienter i kontakttrykket mellom stålet og komposittmaterialene der inngrepet mellom disse materialene starter. De langsgående fibre passerer gjennom disse områdene 16 og 17 (plasseringen av fibre 11 kan ses av en noe høyere spenningskonsentrasjon langs fiber 11) og utsettes derfor for svært høye spenninger.

Figur 6 viser et spenningsdiagram ved hjelp av isobarer i en typisk situasjon under strekk av et rør ifølge den foreliggende oppfinnelse, slik som vist i figur 2. Man ser også her bunnen 13 og flanken 14 i rillen 6. De langsgående fibrenes 11 plassering kan

skjelnes ved en noe høyere spenningskonsentrasjon i et område 18. Imidlertid ligger dette området 18 utenfor områdene 16 og 17, som har de desidert høyeste spenningskonsentrasjonene. Derved utsettes de langsgående fibre 11 ikke for disse høye spenningene. Etter hvert som strekket i røret øker vil områdene 16 og 17 også øke i intensitet og utbredelse. Imidlertid vil det gå betydelig lenger før disse spenningsområdene har nådd en utbredelse og intensitet som overbelaster de langsgående fibre 11.

Mellomsjiktet 15 kan bygges opp ved at det legges matter av harpiksfuktede fibermatter (såkalt prepreg) i rørets omkretsretning på flanken 14. På grunn av forhåndsfuktingen holdes mattene samlet, og de kleber seg til en viss grad til endestykket 2, 3. Påleggingen skjer mest hensiktsmessig under rotasjon av røret. Etter at mellomsjiktet 15 er bygget opp legges de langsgående fibre 12 på. I dette tilfellet kan røret roteres svært langsomt samtidig som fibermateren beveger seg raskt i lengderetningen. Alternativt kan de aksielle fibre legges på i form av prepregmatter. Deretter legges ytterligere fibre i omkretsretningen både i rillene 6 og 7 og på røret for øvrig mellom rillene 6 og 7.

I figurene og teksten er det vist og omtalt én rille i hvert endestykke. Det er selvsagt mulig å benytte flere riller. Inntil 6 riller i hvert endestykke er hittil blitt brukt. I så tilfelle vil man legge først fibre i den rillen som er lengst fra endestykkets frie ende. Deretter i den rillen som befinner seg nest lengst fra endestykkets frie ende osv. Selv om det er en stor fordel at det legges et mellomsjikt på alle rillenes flanker som er lengst bort fra endestykkets frie ende, så vil man også oppnå en økning i bruddstyrken selv om kun én eller få av flankene har et slikt mellomsjikt.

Det er i det ovennevnte omtalt bruk av karbonfibre til oppbygning av komposittrøret. Imidlertid vil man også erfare økning i bruddstyrken for rør som er bygget opp av andre typer fibre, slik som glassfibre og aramidfibre. Oppfinnelsen kan således også benyttes i de tilfeller der det er ønskelig eller hensiktsmessig å fremstille et rør eller en nærlignende del av eller med innslag av andre typer fibre.



P a t e n t k r a v

1.

Komposittrør som har minst et endestykke (2, 3) av metall med en fri ende og en rørdel (10) av ikke-metallisk materiale der rørdelen (10) er forbundet til det minst ene endestykket (2, 3) motsatt av endestykkets frie ende ved hjelp av minst én omkretsmessig forløpende, aksielt virkende rille (6), som den ikke-metalliske rørdelen (10) griper inn i, idet den ikke metalliske rørdelen (10) omfatter generelt aksielle fibre (11) som strekker seg ned i den minst ene rillen (6), hvilken rille (6) har en bunn (13) og en flanke (14), hvilken flanke (14) befinner seg lengst bort fra endestykkets (2, 3) frie ende, karakterisert ved at det mellom flanken (14) og de aksielle fibre (11) er anordnet et mellomsjikt (15) med en tykkelse som bringer de aksielle fibre (11) bort fra et eller flere områder nær flanken (14) som har spesielt høye spenningskonsentrasjoner når røret står i strekk og at mellomsjiktet (15) har en tykkelse på minst 2 mm

2.

Komposittrør ifølge krav 1, karakterisert ved at mellomsjiktet (15) har en tykkelse på mellom 2 og 25 mm, fortrinnsvis mellom 5 og 20 mm.

3.

Komposittrør ifølge krav 1 eller 2, karakterisert ved at mellomsjiktet (15) omfatter et mykere materiale enn endestykket (2, 3).

4.

Komposittrør ifølge krav 2 eller 3, karakterisert ved at mellomsjiktet (15) omfatter fibre som strekker seg generelt i rørets omkretsretning.

5.

Komposittrør ifølge ett av de foregående krav, karakterisert ved at de aksielle fibre (11) og eventuelt også mellomsjiktet (15), omfatter karbonfibre og at fibre eventuelt er fuktet i en matrise av epoksy eller annen harpiks.

6.

Komposittrør ifølge ett av de foregående krav, karakterisert ved at det utenfor de aksielle fibrene (11) befinner seg fibre (12) som strekker seg generelt i rørets omkretsretning, hvilke fibre (12) bevirker en fastlåsing av de aksielle fibrene (11) i den minst ene rillen (6).

7.

Fremgangsmåte for fremstilling av et komposittrør som har minst et endestykke (2,3) av metall med en fri ende og en rørdel (10) av ikke-metallisk materiale der rørdelen (10) er forbundet til det minst ene endestykket (2, 3) motsatt av endestykkets frie ende ved hjelp av minst én omkretsmessig forløpende, aksielt virkende rille (6), som den ikke-metalliske rørdelen (10) griper inn, i hvilken rille (6) har en bunn (13) og en flanke (14), hvilken flanke (14) befinner seg lengst bort fra endestykkets (2, 3) frie ende, karakterisert ved at det påføres et mellomsjikt (15) ved flanken (14), hvilket mellomsjikt (15) har en tykkelse som bringer de aksielle fibrene (11) bort fra et eller flere områder nær flanken (15) som har spesielt høye spenningskonsentrasjoner når røret står i strekk, idet mellomsjiktet (15) har en tykkelse på minst 2 mm, at det deretter legges aksielle fibre (11) langs rillens (6) bunn (13) og langs mellomsjiktet (15) og at det deretter vikles fibre (12) i rørets omkretsretning utenpå de aksielle fibrene (11).

8.

Fremgangsmåte ifølge krav 7, karakterisert ved at mellomsjiktet (15) tilveiebringes ved å vikle fibre langs flankens omkrets.

9.

Fremgangsmåte ifølge krav 7 eller 8, karakterisert ved at fibrene er karbonfibre som før pålegging er fuktet i en matrise av epoksy eller annen harpiks.

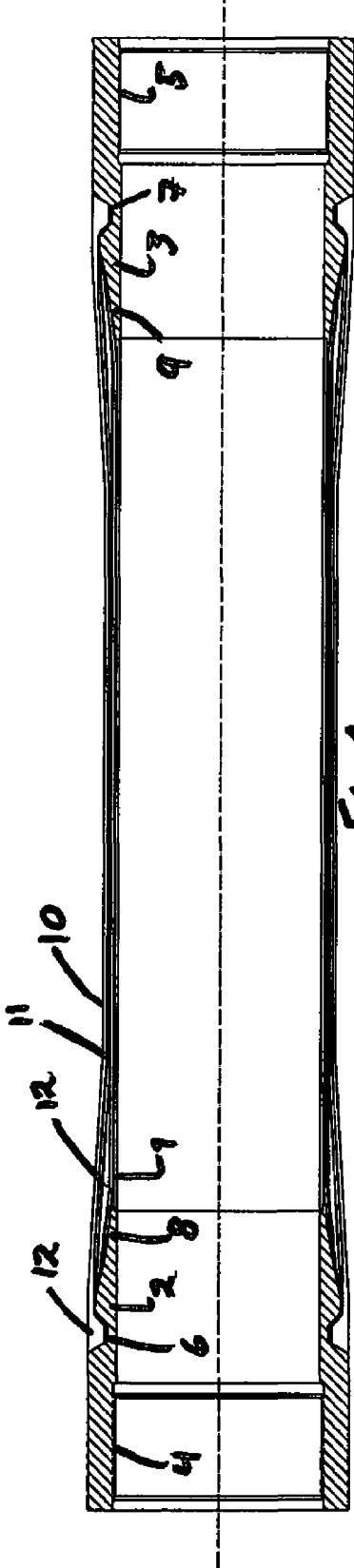


Fig. 1

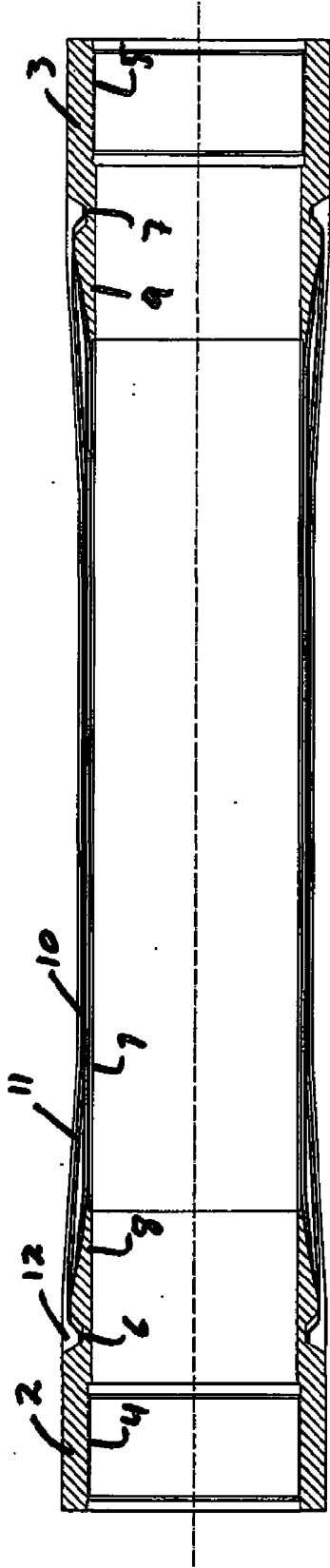


Fig. 2

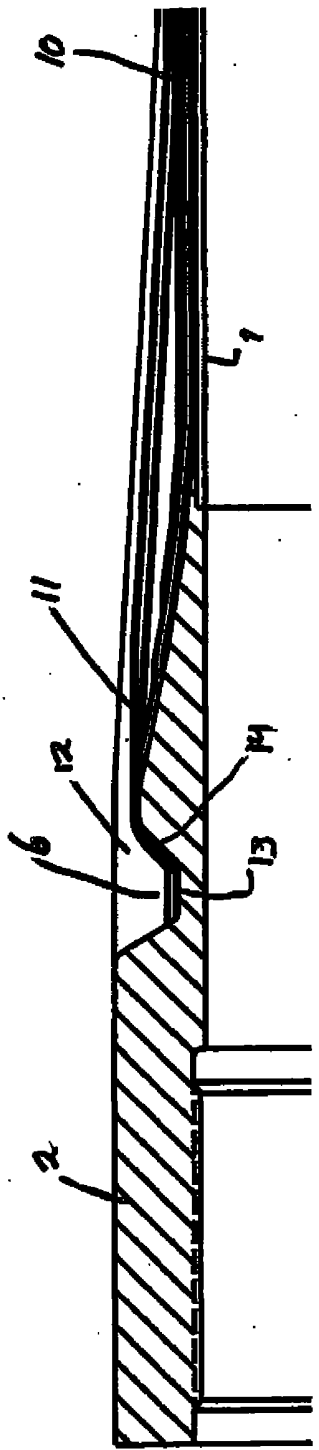


Fig. 3

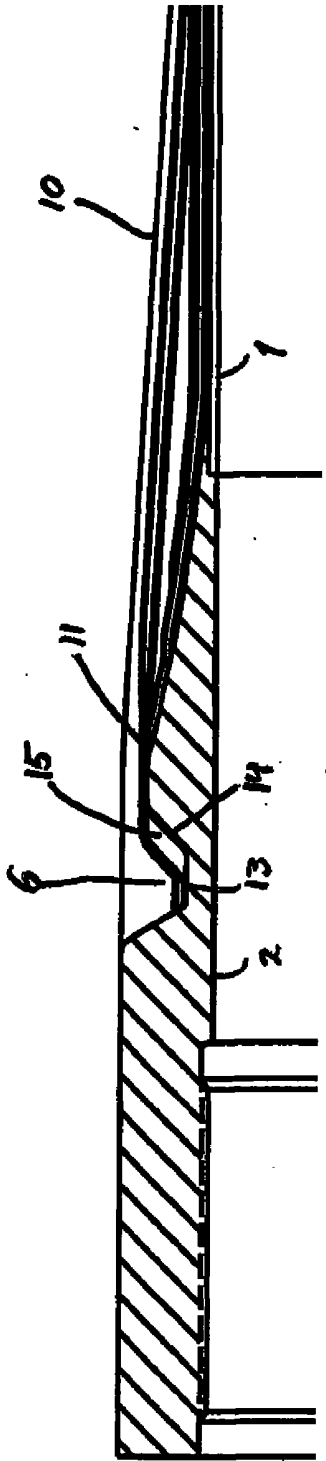


Fig. 4

Fig. 5

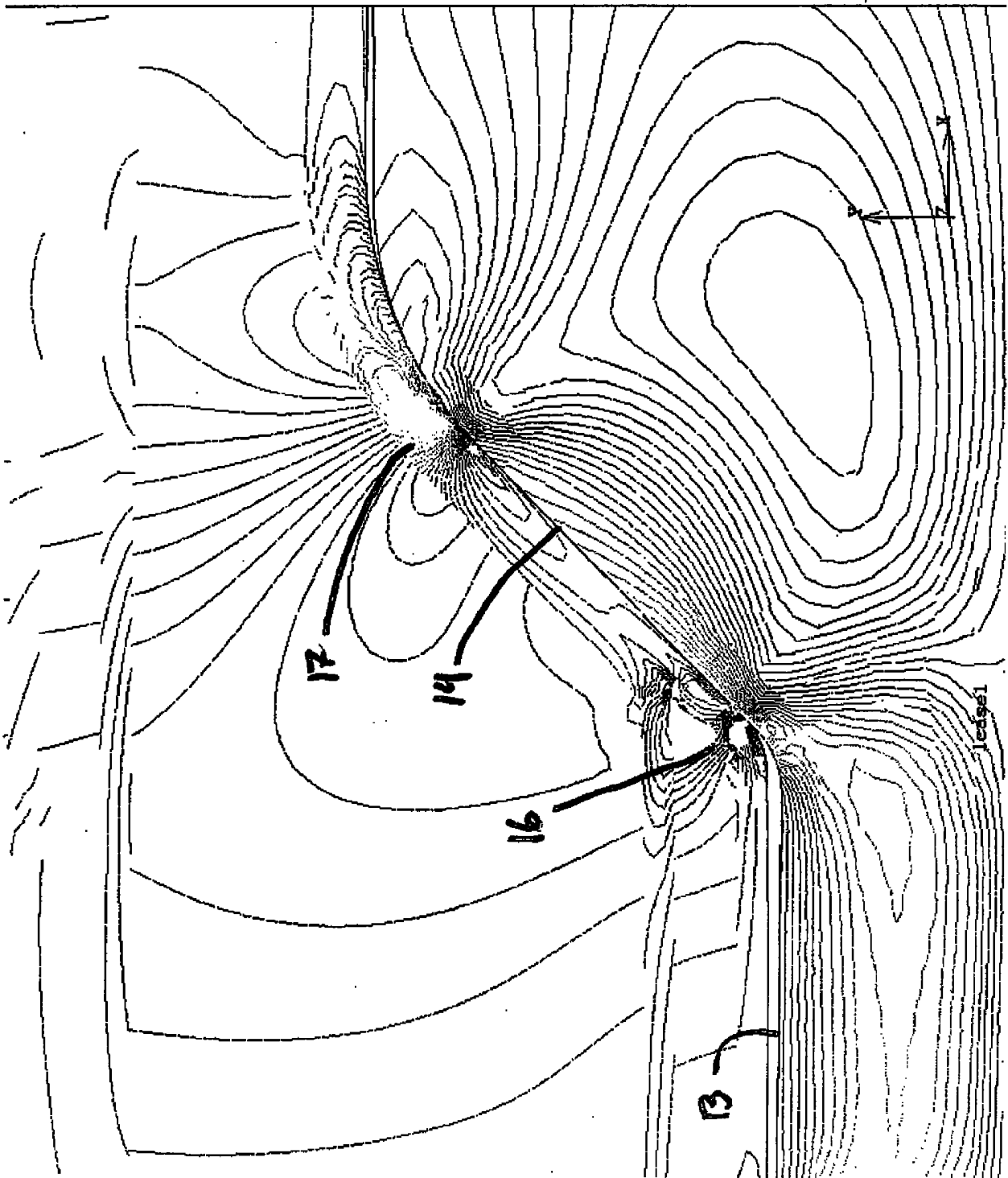
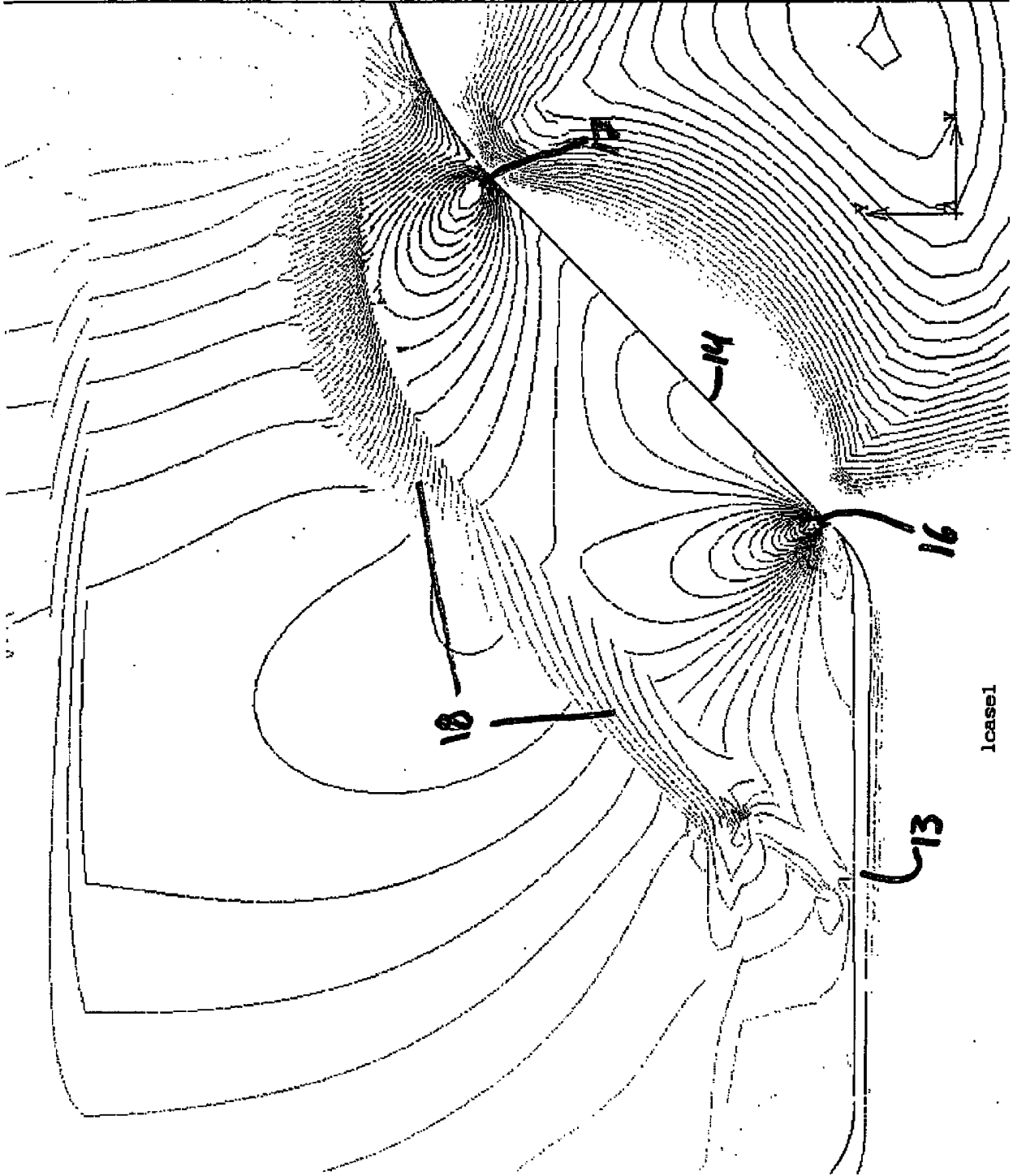


Fig. 6



1 case 1