



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) **NO**

(11) **170607**

(13) **B**

(51) Int Cl⁵ G 02 B 6/44, H 01 B 11/22

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr 854407
(22) Inng. dag 05.11.85
(24) Løpedag 05.11.85
(41) Alm. tilgj. 16.05.86
(44) Utlegningsdato 27.07.92

(86) Int. inng. dag og søknadsnummer
(85) Videreføringdag
(30) Prioritet 15.11.84, GB, 8428878

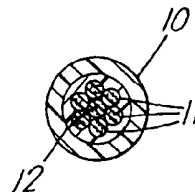
(71) Patentsøker British Telecommunications Plc, 81 Newgate Street, London EC1A 7AJ, England, GB
(72) Oppfinner Colin Anthony Gould, St Andrew, Ipswich, England, GB
(74) Fullmektig Bryn & Aarflot AS, Oslo

(54) **Benevnelse Fremgangsmåte for fremstilling av en undersjøisk optisk kabel**

(56) **Anførte publikasjoner EP patentsøknad, publ.nr 49156, DE off.skrift nr 3201981.**

(57) **Sammendrag**

En undersjøisk telekommunikasjonskabel omfatter en rekke optiske fibre i boringen av et orientert plast-strekkorgan. Kabelen kan ha en midlere tetthet på 0,9 til 4 g cm⁻³ og fortrinnsvis en nøytral oppdrift, hvorved mesteparten av kabelens vekt bæres av sjøen. Dette reduserer spenninger i kabelen under legging. Boringen i en undersjøisk kabel er fylt med et elastomert innstøpningsmedium av et faststoff som opptar rommet mellom fibrene. Dette gir en konstruksjon fri for hulrom som antar omgivelsestrykket. Strekkorganet kan lages av orientert polyetylen. Kabelen blir fortrinnsvis nedgravd på sjøbunnen under bruk.



Foreliggende oppfinnelse vedrører fremstilling av undersjøiske telekommunikasjonskabler i hvilke signalkanalene tilveiebringes ved hjelp av en rekke optiske fibre.

Den senere tids utvikling av den teknologi som vedrører telekommunikasjoner og optiske fibre, gjør det mulig å overføre signaler over lengre og lengre avstander uten regenerering eller forsterkning. På teknikkens nåværende utviklingstrinn (midten av 1984) er det mulig å oppnå avstander på opptil 140 km uten regenerering. Denne avstand er tilstrekkelig til trafikk mellom øyer, f.eks. fra sydvest-kysten av England til kanaløyene. Det forutsees at ytterligere forbedringer i teknologien vil øke avstanden. Oppnåelsen av praktiske avstander uten behov for regeneratører muliggjør fundamentale forandringer i undersjøisk kabelteknologi, og denne oppfinnelsen vedrører en fundamentalt ny struktur som er spesielt egnet for undersjøiske telekommunikasjonskabler.

Den nye fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen for fremstilling av en undersjøisk optisk kabel, defineres presist i de vedføyde patentkravene.

En undersjøisk telekommunikasjonskabel fremstilt ifølge oppfinnelsen omfatter en rekke optiske fibre inne i boringen i et rørformet strekkorgan laget av langsgående orientert termoplastisk polymer, f.eks. polyetylen, hvor fibrene er innstøpt eller innbakt i et innstøpningsmedium som fyller det rom i boringen som ikke opptas av fibrene. Innstøpningsmediet kan tjene en rekke funksjoner som beskrevet nedenfor.

Det er meningen at hele kabelen skal være på hovedsakelig det omgivende trykk, dvs. ved atmosfærisk trykk før den legges og ved hydrostatisk trykk når den er på sjøbunnen. Dette tillater bruk av en mindre massiv struktur, men det er nødvendig å unngå hulrom som ville falle sammen under det hydrostatiske trykk.

Det blir foretrukket at hver fiber blir innstøpt direkte i innstøpningsmediet, fortrinnsvis et elastomerisk fast stoff, f.eks. en silikonestomer. Det er hensiktsmessig å belegge overflaten av en optisk fiber med et beskyttende materiale, f.eks. et silikonestomér. Innstøpningsmediet oppfyller også funksjonen til disse belegg og materialene som brukes i beleg-

gene, er fortrinnsvis det samme som innstøpningsmediet. I tillegg bidrar innstøpningsmediet til å lokalisere fibrene i boringens sentrum.

Innstøpningsmediet oppfyller også en nødsfunksjon i det tilfelle hvor kablet blir skadet mens den er neddykket. Hvis skaden tillater sjøvann å trenge inn i boringen, så forhindrer innstøpningsmediet enhver betydelig inntrekking av vann, og spesielt forhindrer det vannet i å spre seg over lange avstander.

Den gjennomsnittlige densitet eller tetthet av hele kablet er en viktig parameter. Fortrinnsvis er den midlere tetthet i området 0,9 til 4 g cm⁻³, f.eks. 0,9 til 1,5 g cm⁻³.

Kabler som fremstilles ifølge foreliggende oppfinnelse, har således lav tetthet, f.eks. med hovedsakelig nøytral oppdrift, f.eks. midlere tettheter i området 0,9 til 1,2 g cm⁻³. Nylig er det utviklet midler for nedgraving av kabler på havbunnen, og en nedgravd kabel vil forbli på bunnen selv om den har positiv oppdrift. Når en kabel har hovedsakelig nøytral oppdrift, er det derfor ikke viktig om restoppdriften er positiv eller negativ.

Kabler med hovedsakelig nøytral oppdrift har bare en liten vekt i vann, noe som medfører at de møter belastninger som er betydelig mindre enn belastningene på konvensjonelle (massive) kabler. Bruddbelastninger så lave som 10 kp vil være egnet for visse anvendelser, f.eks. anvendelser på land, men bruddbelastninger på minst 100 kp, eller fortrinnsvis 500 kp, er nødvendig for de fleste undersjøiske anvendelser. På den annen side antas det at en bruddbelastning på 3000 kp vil være mer enn nok for nesten alle undersjøiske anvendelser, spesielt med ikke-massive kabler. Bruddbelastninger på 1000 kp ville være tilstrekkelig for de fleste undersjøiske anvendelser og 2000 kp ville være tilstrekkelig selv for de anvendelser hvor stor styrke er nødvendig.

Kablets strekkfasthet er hovedsakelig styrken av strekkorganet fordi kjerne-elementet, dvs. fibrene og innstøpningsmediet, gir neglisjerbare bidrag til strekkfastheten.

En kabel fremstilt i henhold til oppfinnelsen kan omfatte ekstra komponenter, dvs. komponenter i tillegg til de optiske fibre, strekkorganet og innstøpningsmediet. Eksempler på ekstra komponenter omfatter kjernefilamenter, kapper og metalltråder.

Hver av disse tre ekstrakomponenter vil bli beskrevet separat.

Kjernefilamenter blir ofte brukt i optiske fiberkabler for å forsterke den mekaniske stabiliteten til glassfiberpakken. En kabel inneholder vanligvis 6 optiske fibre, og disse er anordnet i kontakt med hverandre i et heksagonalt mønster. For å forsterke stabiliteten, spesielt under montering av kablen, blir de optiske fibre anordnet rundt et ytterligere filament som vanligvis kalles kjernefilamentet, eller hvis det er et metallfilament, kjernetråden. I kabler ifølge oppfinnelsen kan kjernefilamentet være av et plastmateriale, f.eks. polyetylen, eller fortrinnsvis av glass, for eksempel en syvende optisk fiber.

Kapper er slitasjebestandige ytre lag som har til hensikt å beskytte kablen, spesielt under legging og håndtering. Kappene er hensiktsmessig av slitasjebestandig termoplast som legges på ved hjelp av ekstrusjon på ferdige kabler. Bruken av en kappe reduserer feilhyppigheten fordi en skade som er begrenset til kappen, ikke har noen virkning på telekommunikasjonsytelsen.

Metalltråder kan være tilveiebragt i tilfeller hvor det er nødvendig å lokalisere en kabel på havbunnen. Det finnes lokaliseringssystemer der undersjøiske elektromagnetiske detektorer reagerer på elektriske signaler i ledende deler av kablen. Når det er nødvendig blir egnede signaler tilført metalltrådene. Når f.eks. kabler ifølge oppfinnelsen blir brukt over avstander større enn 140 km, kan det også være ønskelig å innbefatte energiserte elementer, f.eks. regeneratorene og/eller forsterkere, i systemet. Metalltrådene som er nevnt ovenfor, er egnet for tilførsel av elektrisk kraft når det er nødvendig.

Metalltrådene er hensiktsmessig plassert mellom strekkorganet og kappen. Selv om formålet med metalltrådene er å tilveiebringe en bane for elektriske lokaliseringssignaler eller elektrisk kraft, har de ytterligere virkninger, f.eks. forsterkning av strekkfastheten og økning av den midlere tetthet. Det skal understrekes at eventuelle tråder som kan tåle strekk, bør legges rett og ikke spiralsnodd som vanlig i kabelteknologien. Spiralsnoingen kan forårsake uakseptabel vridning i kablen, (og konvensjonell teknologi bruker kompliserte torsjonsmessig balanserte konstruksjoner for å unngå dette). Rette tråder forårsaker ikke vridning, men de kan gi bare små bidrag til styrken.

Overraskende har det vist seg at en undersjøisk kabel fremstilt ifølge oppfinnelsen tilveiebringer den nødvendige styrke, trykkmotstand og kan holde vann ute med en enkel konstruksjon. DE OLS 3201981 beskriver en varmebestandig kabel med et forskjellig og komplisert rørformet organ. Fibrene som befinner seg i rørets boring, er innhyllet i f.eks. en silikongummi, britisk allment tilgjengelig patentsøknad nr. 2099179 beskriver kabler med metallforsterkning. Kabelen omfatter glassfibre som hver har minst ett belegg og som er snodd sammen med den ønskede stigning. Fibrene er f.eks. innstøpt i en silikonharpiks. Britisk patentskrift nr. 1461540 beskriver en kabel med et ikke-orientert rør som omfatter et fiberaktig element i sin vegg. Fibrene befinner seg i rørets boring.

Oppfinnelsen vil nå bli beskrevet ved hjelp av et eksempel under henvisning til de vedføyde skjematisk-tegninger (som ikke er i skala), hvor:

Figur 1 er et snitt på tvers gjennom en kabel ifølge oppfinnelsen;

Figur 2 er et snitt på tvers gjennom en modifisert versjon av kabelen;

Figur 3 er et snitt på langs gjennom den kabel som er vist på figur 2;

Figur 4 illustrerer fremstillingen av et kommunikasjonsfilament; og

Figur 5 illustrerer en foretrukket preparering av kabelen under anvendelse av en pultrusjons-teknikk.

Kabelen som er vist på figur 1, omfatter et rørformet strekkorgan 10 med en ytre diameter i området 1 til 2 cm. Det rørformede strekkorgan 10 er laget av langsgående orientert polyetylen.

Boringen i røret 10 er fylt med et kjerneorgan omfattende 6 glassfibre 11 som omgir et kjernefilament 12, som fortrinnsvis er en syvende glassfiber. Boringen inneholder også et innstøpningsmedium, f.eks. en silikonelastomer, som fullstendig fyller rommet mellom fibrene 11 og kjernefilamentet 12. Hver av glassfibrene har typisk en diameter på 125 mikrometer og hver

utgjør en bane for overføring av optiske telekommunikasjons-signaler.

Det er vanlig å belegge hver enkelt optisk fiber med silikoneelastomerer, og disse silikoneelastomerer er godt egnet for bruk som innstøpningsmedium.

Figurene 2 og 3 viser en modifikasjon der kabelen på figur 1 er omgitt av en slitasjebestandig kappe 15. To rette tråder 13 og 14 er anordnet mellom kappen 15 og strekkorganet 10. Skulle det bli nødvendig å lokalisere kabelen på sjøbunnen, blir et lokaliseringssignal tilført trådene 13 og/eller 14 fra én ende, dvs. signalet blir tilført fra land. Selv om kabelen er brutt på ett sted, kan begge deler lokaliseres ved å tilføre lokaliseringssignaler fra hver ende. Trådene 13 og 14 kan også brukes til å tilføre elektrisk kraft til kabelen om det skulle være ønskelig.

Når kabler fremstilt ifølge oppfinnelsen blir lagt, blir det foretrukket å plassere dem i grøfter som pløyes på havbunnen.

En egnet fremgangsmåte til fremstilling av undersjøiske kabler ifølge oppfinnelsen, vil nå bli beskrevet. Denne fremgangsmåten omfatter to separate trinn. I det første trinn blir de (separate) optiske fibre innført i innstøpningsmediet for å danne et kommunikasjonsfilament som består av fibre og innstøpningsmediet. I det annet trinn blir strekkorganet pultrudert omkring kommunikasjonsfilamentet. Det annet trinn omfatter mer spesielt tre deltrinn:

- (i) konvensjonell krysshode-ekstrusjon av et rør omkring filamentet. Filamentet blir lagt løst inne i en vid boring for å ta hensyn til sammentrekning når røret strekkes for orientering.
- (ii) orientering av strekkorganet ved hjelp av strekking som beskrevet i alment tilgjengelig britisk patentsøknad nr. 2060469B. Dimensjonen av røret er valgt for å tillate et lite ringformet rom selv etter strekking, hvorved kommunikasjonsfilamentet ikke påvirkes ved ekstrusjon eller orientering.
- (iii) innføring av en elastomér forblanding i det ringformede rom hvor den blir herdet og tverrbindes for å danne et innstøpningsmedium som fyller det ringformede rom.

Fremstillingen av kommunikasjonsfilamentet vil bli beskrevet nærmere under henvisning til figur 4, og dets innføring i strekkorganet under henvisning til figur 5.

I dette eksemplet var innstøpningsblandingen "SYLGARD", en kommersielt tilgjengelig silikonelastomér som er sterkt utbredt til å belegge optiske fibre. Det er tilgjengelig som en forblending som er et viskøst fluidum som danner tverrbindinger under påvirkning av varme til å danne en fast elastomér. Kommunikasjonsfilamentet utgjøres av syv kommersielt tilgjengelige glassfibre med en diameter på 125 mikrometer, og hver har sin egen "SYLGARD"-kappe som kleber til dens overflate. Disse kappene blir påført når fiberen lages. Fargede kapper er tilgjengelige hvis fargekodede kabler er nødvendig. Diameteren av den belagte fiber er 250 mikrometer. Syv fibre er anordnet med sine kapper i kontakt i det arrangement som er vist på figur 2. Diameteren av de sammensatte syv fibre er omkring 750 mikrometer.

Figur 4 illustrerer innstøpningen av en sammensetning 40 av syv glassfibre for å danne et kommunikasjonsfilament. Sammensetningen 40 lages ved å spole av syv fibre fra syv ruller under konstante strekkbetingelser, idet denne del av prosessen ikke er vist på tegningen. Sammensetningen 40 passerer inn i et vertikalt sylindrisk bad 41 som inneholder den viskøse forblending 42 av det elastomere faststoff, et konstant nivå blir opprettholdt ved hjelp av egnede midler som ikke er vist. En dyse 43 er anordnet ved bunnen av badet 41. Dysen 43 har en diameter på 1 mm. Væske-forblendingen 42 fyller mellomrommene mellom de belagte fibre, og den (forblendingen) blir trukket ut gjennom dysen ved hjelp av sammensetningens bevegelse. Fordi forblendingen er viskøs, blir den av dysen 43 formet til et filament med diameter 1 mm. Filamentet som avgis fra dysen 43 blir oppvarmet ved hjelp av en oppvarmningsanordning 44 som får forblendingen til å herdne til en faststoff-elastomér. Fordi herdningen er hurtig sammenlignet med strømningshastigheten, er resultatet et fast elastomér filament med ytre diameter 1 mm og med syv glassfibre innstøpt. Der er et ytre lag omkring 125 mikrometer tykt uten glassfibre. Glassfibrene er parallelle med filamentaksen og befinner seg i en sentral kjerne hvis dia-

meter er omkring 750 mikrometer. (Ekstra lag med "SYLGARD" kan påføres, f.eks. ved å gjenta den beskrevne belegningsprosess. På denne måten kan filamenter med diameter opptil 2 mm eller større, om nødvendig fremstilles.)

Fibre blir vanligvis levert i minste lengder på 2,2 km, mens spleising muliggjør større lengder, så lange som nødvendig, av filament som skal fremstilles. Filamentet kan testes før det innsettes i en kabel.

Som vist på figur 5 blir kommunikasjonsfilamentet 50 ført gjennom sentrum av en konvensjonell krysshode-ekstruder 51 som frembringer et polyetylen-rør 52 omkring filamentet. Ekstrudatet er vann, eller alternativt luft, avkjølt ved hjelp av kjølere 53 til omkring 100°C, og så passerer det inn i en forvarmnings-ovn 54 hvor temperaturen på ekstrudatet og filamentet blir hevet til fra 108°C til 112°C over en periode på omkring 2 minutter (den nøyaktige temperatur er avhengig av ekstrudatets nøyaktige sammensetning). Ved enden av forvarmnings-ovnen 54 passerer ekstrudatet gjennom en trekkdyse 55. Temperaturen på trekkdysen var 100°C i det foreliggende eksempel, men igjen er den valgte temperatur som må reguleres omhyggelig, avhengig av ekstrudatets sammensetning. Røret 52 blir trukket ut av trekkdysen 55 (derved uttrykket pultrusjon av pull = trekke og ekstrusjon) ved hjelp av en trekkeanordning 56 som løper med åtte til seksten ganger ekstrusjonshastigheten, slik at røret 52 blir orientert ved strekning i forholdet 1:8 til 1:16.

Trekking ved slike forhold etterlater typisk et lite ringformet gap mellom kommunikasjonsfilamentet 50 og veggen i røret 52. Det er nødvendig å fylle dette gapet med "SYLGARD". Dette blir oppnådd ved hjelp av et kapilarrør 57 som strekker seg så langt som trekkdysen 55 og blir matet ved en konstant hastighet fra en trykkbeholder 58. "SYLGARD"-forblandingen blir innført i det ringformede hulrom via kapilarrøret 57. Restvarmen i røret 52 kan anvendes til å herde forblandingen og oppnå tverrbinding med faststoff-elastoméren i filamentet for derved å fylle det ringformede hulrom. Etter trekking har det rørformede organ en diameter i området 10 til 20 mm.

Følgende punkter omkring prosessene bør bemerkes:

- (i) foreningen av syv glassfibre til ett filament forenkler videre behandling.
- (ii) krysshode-ekstrusjon omkring et enkelt filament er velkjent i plastteknologien. Det faktum at filamentet blir innført i en vid boring, forenkler prosessen.
- (iii) orienteringsprosessen er beskrevet i allment tilgjengelig britisk patentsøknad nr. 2060469B. Dannelsen av et lite gap selv etter pultrusjonen forenkler behandlingen.
- (iv) innføringen av en forblanding er en enkel måte å fylle det gap som er tilbake etter orienteringen.

Ved å bruke de teknikker som er beskrevet ovenfor, ble det fremstilt undersjøiske kabler ved å bruke tre polyméer, nemlig:

- (a) en etylen-homopolymer av middels molekylvekt levert av British Petroleum under kode 006-60.
- (b) en etylen-kopolymer med veiet middel-molekylvekt 150 000 og tallmiddel-molekylvekt 22 000. Denne ble levert av British Petroleum under kode 002-47.
- (c) En propylen-homopolymer med en smelteindeks 0,8 levert av Imperial Chemical Industries under kode GSE 108.

Alle kablene hadde nær nøytral oppdrift i sjøvann.

Ved å bruke stoffet (b) ble en kabel med følgende parametre oppnådd:

Ytre diameter	15 mm.
Boringsdiameter	1 mm
Bruddbelastning	ca. 2000 kg
Elastisitetsmodul ved 1% strekk	8 G pa.

Om ønsket kan kabelen være omgitt av en slitasjebestandig kappe og elektrisk ledende organer kan være innbefattet.

Man vil forstå at trekkforholdet for det ytre rør ikke er begrenset til det område fra 1:8 til 1:16 som er beskrevet ovenfor. Ved omhyggelig å kontrollere pultrusjonen ved et høyere trekkforhold, kan spesielt det ytre rør trekkes stramt og trykke sammen elastoméren i filamentet svakt, for derved å eliminere

gap og unngå behovet for ytterligere innføring av forblending i slike tilfeller.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte for fremstilling av en undersjøisk optisk kabel av den type som omfatter et rørformet strekkorgan (10, 52) dannet av en langsgående orientert termoplastpolymer, hvilket strekkorgan i sin boring inneholder en rekke optiske fibrer (11, 12) som strekker seg i langsgående retning, og som er innstøpt i et innstøpningsmedium som fyller helt det innvendige rom i det rørformede strekkorganet som ikke opptas av de optiske fibrene,

k a r a k t e r i s e r t v e d de følgende trinn:

- (a) et rør (52) av termoplastisk materiale ekstruderes omkring et enkelt filament (50) som består av en rekke optiske fibrer (11, 12) innstøpt i et innstøpningsmateriale, idet rørets boring er større enn filamentet,
- (b) det ekstruderte røret orienteres ved å trekke det ut av en trekkdyse, hvilket medfører strekking av røret for å øke dets strekkfasthet og redusere størrelsen av boringen mens det samtidig tilveiebringes et lite, ringformet gap mellom rørets innvendige vegg og filamentets innstøpningsmedium, og
- (c) en flytende forblending for innstøpningsmaterialet innføres i rørets boring ved eller nær strekksonen, og forblendingen herdes på stedet for å fylle det nevnte ringformede gap som er tilveiebrakt ved trinn (b).

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at det rørformede strekkorganet orienteres ved at det strekkes i et forhold som ligger i området 1:8 til 1:16.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d at en kledning av slitasjebestandig termoplastisk materiale påføres omkring kablet ved ekstrudering.

Fig. 1.

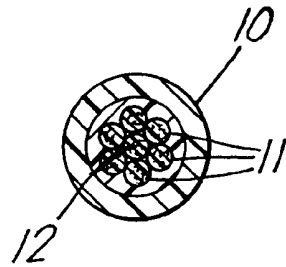


Fig. 2.

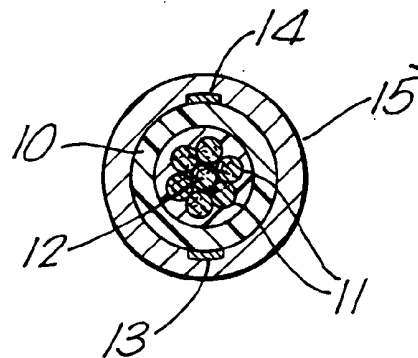
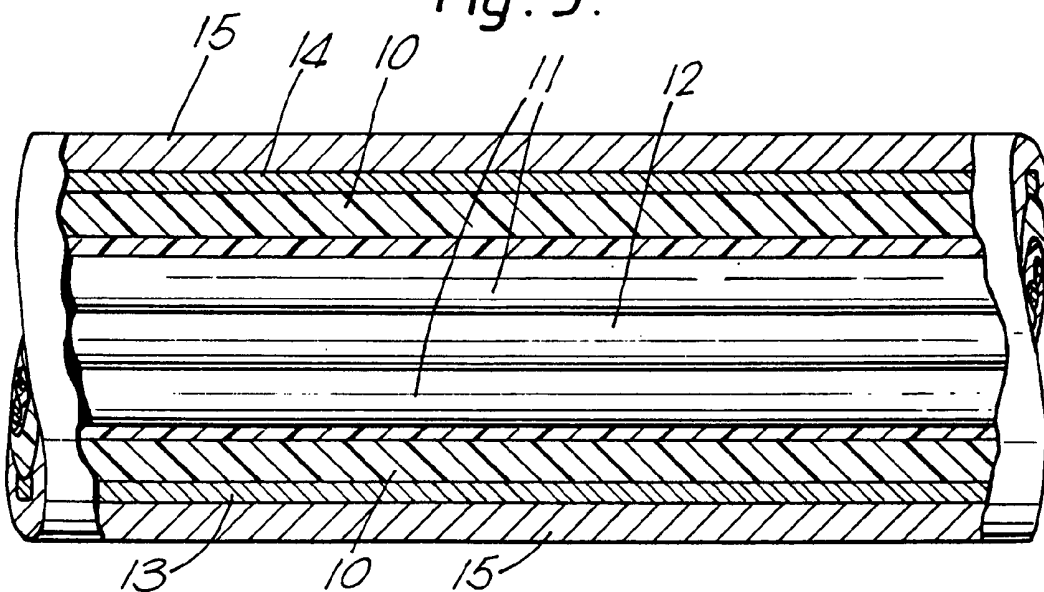


Fig. 3.



170607

Fig. 4.

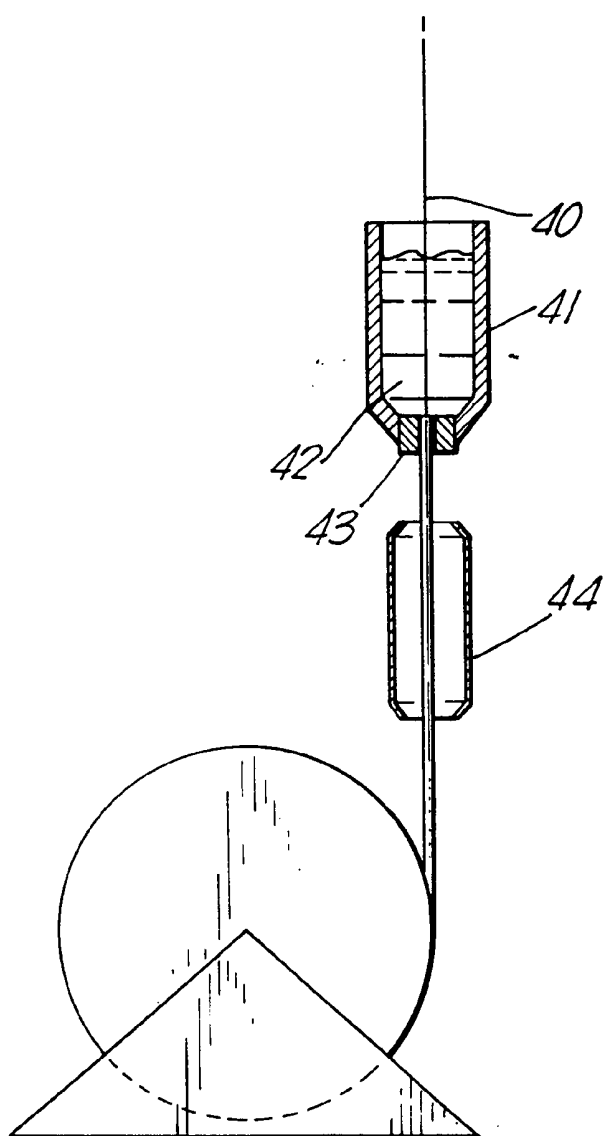


Fig. 5.

