



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 318714

(13) B1

(51) Int Cl⁷

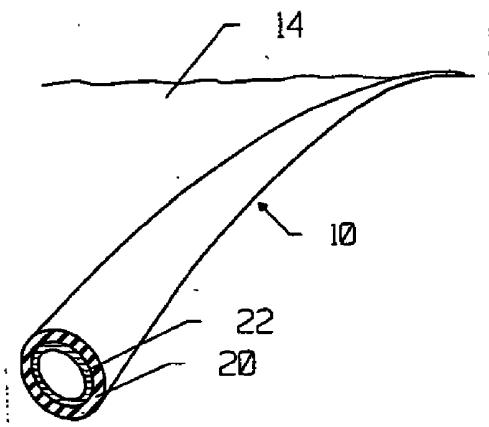
F 16 L 9/14, 59/00

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19970887	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1995.08.29 PCT/US95/11023
(22)	Inng.dag	1997.02.27	(85)	Videreføringsdag	1997.02.27
(24)	Løpedag	1995.08.29	(30)	Prioritet	1994.08.29, US, 297059 1995.02.24, US, 394184
(41)	Alm.tilgj	1997.04.17			
(45)	Meddelt	2005.05.02			
(73)	Innehaver	Glen R. Sumner, 8306 Leafy Lane, Houston, TX 77055, US			
(72)	Oppfinner	Glen R. Sumner, 8306 Leafy Lane, Houston, TX 77055, US			
(74)	Fullmekting	Zacco Norway AS, Postboks 765 Sentrum, 0106 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Rørledning til havs med vanntett, termisk isolasjon
(56)	Anførte publikasjoner	DE 2913611 EP 521582 GB 822714 GB 2247507 US 4289172
(57)	Sammendrag	

En forbedret, kostnadseffektiv isolert rørledning (10)
eller enhet av rørledninger egnet for bruk på dypt
vann er isolert med en bituminøs blanding (20).



Foreliggende oppfinnelse vedrører isolerte rørledninger, isolasjonsmaterialer for rørledning som benytter en bituminøs komponent og særlig en mer kostnadseffektiv, isolert offshorerørledning, nærmere bestemt vedrører oppfinnelsen en isolert rørledning som angitt i innledningen til det selvstendige patentkrav 1.

5

Ved lave temperaturer kan strømningen gjennom rørledninger hemmes av høy viskositet og voksdannelse i flytende produkter, slik som olje, og av hydratdannelse i produkter slik som naturgass. Disse problemer kan reduseres ved å bruke termisk isolerte rørledninger, men isolerte rørledninger er kostbare på land og enda mer kostbare til havs. For 10 offshorerørledninger har det vanligvis vært mer kostnadseffektivt å redusere behovet for isolering ved å injisere ulike kjemikalier inn i produktet. I det senere blir mer og mer olje og gass imidlertid produsert ved dypere, kaldere vann, fra undervanns produksjons- 15 systemer hvor bruken av viskositetsreduserende kjemikalier krever en for formålet bestemt ledning for å transportere disse til brønnhodet. Dette, kombinert med det faktum at kostnaden ved isolering av rørledninger vanligvis øker med dybden, betyr at isolerte rørledninger er mest kostbare hvor alternativene er minst attraktive.

Ulike materialer har blitt benyttet for å isolere landrørledninger, innbefattende ekspandert kork, polymerskum, kalsiumsilikat og annet. Isolering av rørledninger til havs er 20 noe mer komplisert på grunn av at de fleste isolerende materialer kan bli mettet i vann når de dykkes ned. Enkelte isolerende materialer innbefatter vanntette strukturer med lukket celle, men alle har en eller annen dybdegrunne ved hvilken cellestrukturen vil klappe sammen, og de fleste vil svikte på noen få hundre fot vanndybde. Videre har de 25 fleste vanlige isolerende materialer liten motstand mot støt, abrasjon eller knusing, og må derfor bli mantlet eller innkapslet. Dersom vanndybden overskridet de hydrostatiske trykkbegrensningene for materialet, så må føringen også isolere isolasjonsmaterialet fra den hydrostatiske vannhøyde.

Dersom rørledningen legges i seksjoner, er det en praktisk nødvendighet å prefabrikere 30 hver enkelt rørledningsseksjon som en selvstendig trykktank. Fordi trykkmotstandige doble rør er for stive å kveile, har flere trommellagte rørledninger blitt installert med fleksible belegg av faste elastomerer eller elastomerer fylt og forlenget med andre lett- 35 vektige materialer. Eksempler innbefatter neopren og EPDM-gummi, EPDM og polyuretanelastomerer fylt med glass mikrosfærer eller kuler og ebonitt fylt med kork. Med mindre isolasjonskravet er minimalt, er den totale kostnaden av rørledninger isolert på denne måte enda høyere enn et som benytter en trykkmotstandig føring for å beskytte mindre kostbare isolasjonsmaterialer.

Delvis på grunn av denne utgift benytter rørledningskontraktører stadig økende "the controlled depth low method" for å legge bunten med mange små rørledninger som transporterer olje fra undervanns brønnhoder til nærliggende plattformer. Med denne metode blir mange små rørledninger fremstilt på land, inne i et stort føringsrør som illustrert i fig. 8. Føringsrøret 33 er dimensjonert til å virke som en flottør for rørledningene 32. Teknikker for å endre ballast blir benyttet for å holde den totale densitet av bunten svært nær vannets densitet slik at den kan sveve mellom lektene i hver ende, mens den trekkes til stedet til havs. Når den er ankommet på bestemmellesstedet, tilsettes ballast for å få den til å synke til sjøbunnen. Ballasten må være tilstrekkelig tung til å få bunten til å være stabil på sjøbunnen i nærvær av herskende vannstrømmer. Rørledninger har likeledes blitt trukket langs bunnen, men her også er vekten tett styrt for å redusere motstanden. Om isolasjon er nødvendig eller ønskelig, så er det ønskelig at ballasten har lav termisk ledningsevne. Tidligere har geleaktige petroleumsprodukter blitt benyttet. En velling av bentonitt, vann og flyveaskecenosfærer har også blitt benyttet.

Den termiske motstand somgis av maling og korrosjonsbelegg er liten på grunn av det faktum at korrosjonsbelegg er generelt tynt. Bituminøse belegg ble en gang vanlig benyttet for korrosjonsbelegning av offshoreørledninger. "Coat and wrap" belegg omfatter to eller tre lag med kraftpapir, filt eller glassfiberduk, som blir hyllet på røret ettersom de blir impregnert med varm asfalt eller kulltjærebitumen som er forlenget med findelte mineralfyllere slik som flyveaske, talkum, findelt silika eller kalsiumkarbonat. Disse belegg er 23 til 6,4 mm tykke. Belegg i form av "rørledningsmastiks" er tykkere lag av asfaltbetong ekstrudert på røret. Rørledningsmastiks omfatter kalsiumkarbonat, sand, grus, glassfiber og asfalt og er 12,7 til 19 mm tykt. I begge typer belegg reduserer fyllerne kostnaden og bygger viskositet, men den effektive termiske ledningsevne for disse fyllere er fem til ti ganger den for ren bitumen, og de øker derfor betydelig ledningsevnen til forbindelsen. Den termiske ledningsevne for mastiksbeleggene er for eksempel 3,5 til 4 ganger den for rent bitumen. Den termiske ledningsevne for "coat and wrap" belegg er noe lavere avhengig av dukomhyllingen, men de er så tynne at de gir mindre isolerende verdi enn naturlig opptrædende fenomen med "selvnedgraving" av rørledningen på grunn av erosjon og strømninger. Fordi stofflagene er atskilt med svært tynne lag av bitumen, vil porøse stoffer slik som filt til slutt absorbere vann.

Terminologien som benyttes for å beskrive de vanligste typer bitumen blir brukt uensartet. "Asfalt" gjaldt opprinnelig naturlige avsetninger av petroleumbitumen og sand. Mesteparten av asfalten som brukes i dag er laget av raffinert petroleumsbitumen, som er i

- hovedsak ren hydrokarbon. Den ble opprinnelig kalt "straight run asphalt", men dette blir av og til forkortet til "asphalt". I nesten alle kommersielle anvendelser blir mineralfyllere gjenintrodusert for å redusere kostnaden og klebrigheten og for å øke dimensjonsstabiliteten ved varm temperatur. Dermed kan ordet asfalt referere til ren petroleumsbitumen, eller til bitumen og andre jordstoffer. Fordi ren bitumen vanligvis kun blir brukt som en komponent i andre asfaltprodukter, er dens termiske ledningsevne ikke tabulert i de fleste generelle ingeniørhåndbøker. Verdier for disse produkter varierer i stort omfang, men blir felles opplistet ganske enkelt som asfalt. Mange håndbøker innenfor oljeutnyttelse og produksjonsindustrien, for eksempel, publiserer termisk ledningsevne for asfalt som den blir funnet i oljebønner, omfattende hydrokarboner og andre mineraler. Rørledningsindustrien rapporterer gitt termisk ledningsevne for asfalt og kulltjærerørbelegg. Faktisk er den termiske ledningsevne for ren bitumen blant de laveste av alle faste materialer.
- Ulike polymere modifiserere er også kjent for å utvide temperaturområdene over hvilket bitumen forblir dimensionelt stabilt. Noen gjør dette ved kjemisk reaksjon med, eller i nærvær av bitumen, mens andre oppfører seg som en andre kontinuerlig fase som danner et nettverk, eller har en affinitet til den bituminøse komponent. US-patent nr. 5306750, for eksempel, viste at epoksidinnholdende polymerer kan fås til å reagere for å bedre motstanden mot deformasjon. Noen av de som har blitt vist å bedre dimensjonsstabiliteten ved å danne et kontinuerlig fasanettverk inne i bitumenet innbefatter styren-butadien (SBR) gummi, styren-butadien-styren (SBS) gummi, styrenetyl/butylstyren (SEBS) gummi, etylenvinylacetat, andre blokk-koppolymerer, polyolefiner, neoprenlateks og andre elastomere materialer. Enkelte av disse kan senke skjørhetstemperaturen og heve smeltetemperaturen. Virkningen av fyllere er å heve viskositten ved alle temperaturer, selv over smeltepunktet for bitumen. Svært mye oppfylt bitumen oppfører seg som en mastiks, selv når bitumenet i seg selv er en smeltet væske. Kombinasjonen av fyllere og polymere modifiserere kan øke mykgjøringspunktet forbi hva fyllere alene eller polymere modifiserere alene kan oppnå.
- Enkelte polymere modifiserere er findele partikler slik som skorpegummi eller polyolefiner. Disse materialer kan oppføre seg mer likt fyllere enn som en andre kontinuerlig fase og til forskjell fra mineralfyllere, øke deres elastomere egenskaper også fleksibiliteten for asfalt ved lav temperatur. Enkelte av disse polymerer smelter, men oppfører seg som en emulsjon snarere enn en kontinuerlig fase når de blandes med smeltet bitumen. Mineralfyllere blir vanligvis benyttet for å redusere kostnaden og øke dimensjonsstabi-

teten for bitumen om eller ikke den inneholder kjemiske eller polymere modifiserere som reagerer eller danner et nettverk med bitumenet.

Svovel og svartkarbon er også kjent å øke mykgjøringspunktet for bitumen.

Foreliggende oppfinnelse er rettet mot en vannsikker isolerende blanding, kostnadseffektive isolerte rørledninger og isolerende laminatblandinger omfattende et egnet subst-
rat hvortil blandingen blir påført. Slike blandinger oppviser mange av de samme egen-
skaper som gummi eller isolerende materialer av plast kjent innen faget for å isolere
rørledninger til havs, og likevel er de mye mindre kostbare. Det isolerende materialet
omfatter to hovedkarakteristikker: (1) det er stort sett basert på et bituminøst materiale
slik som kultjære eller asfalt, og (2) additiver, fyllere eller modifiserere for bitumenet
for ikke vesentlig å heve den termiske ledningsevne sammenlignet med ren bitumen.
Innretninger for å øke den dimensjonelle stabilitet for den bituminøse blandingen eller for
å hindre bevegelsen av rørledningen gjennom den, kan også tilveiebringes. Dette kan
være en mekanisk begrensning, eller en modifiserer til selve bitumenet. For formålet av
denne beskrivelse betraktes en modifiserer til å være enhver additiv til bitumenet som
ikke er i seg selv et bitumen, innbefattende materialer som reagerer med bitumenet, ma-
terialer som danner et kontinuerlig fasenettverk med bitumenet, eller fyllere som er for
det meste inert, men mer dimensjonelt stabil enn selve bitumenet over driftstemperatur-
området for rørledningen. Det skal bemerkes at bitumen har vært kjennetegnet som et
kolloidal system ved omgivelsestemperaturen, der asfaltiniteten er den dispergerte fase.
Betegnelsen "fyller" eller "forlenger" som benyttet her innbefatter partikkelformet stoff
forskjellig fra de naturlige hydrokarbonkomponenter. Fylleren kan være polymere
elastomere eller celleformede materialer, partikler eller fibere. Fylleren kan være et
åpencellet eller svakt porøst materiale, slik som vulkanske aggregater, vermiculitt eller
diatoméjord, som har porositet som er fin nok til at smeltet bituminøst bindemiddel ikke
fullstendig fyller hulrommene når fylleren blandes inn i den, den kan være et lukketcel-
let materiale, slik som perlitt, flyveaske-cenosfærer, glassmikrosfærer, den kan være
celleformede plantematerialer slik som treflis eller bagasse, eller den kan være rørfor-
mede materialer slik som strå, siv, bambus eller biter av plastrør.

Oppfinnelsen vedrører således en isolert rørledning av den innledningsvis nevnte art
som er kjennetegnet ved trekkene angitt i karakteristikken til det selvstendige patentkrav

35 1.

Fordelaktige utførelser av oppfinnelsen er angitt i de uselvstendige patentkravene.

Oppfinnelsen skal nå beskrives under henvisning til tegningene, der:

- Fig. 1 viser en isolert rørledning som ligger på sjøbunnen, hvis ende er vist som et tverrsnitt bestående av et rør og et isolerende belegg.
- Fig. 2 viser et tverrsnitt av en rørledning der et isolerende belegg er laminert mellom røret og en hylse som er større enn rørledningen, hvilken hylse er mekanisk forbundet til rørledningen for å hindre røret i å bevege seg i forhold til hylsen.
- Fig. 3 viser et tverrsnitt av en rørledning hvor det isolerende lag er laminert mellom rørledningen og en hylse som er mindre enn den indre diameter av rørledningen.
- Fig. 4 og 5 viser snittriss av en rørledning hvor bæringer er innleiret inne i en isolerende blanding for å forbinde de kjøligere lag av den isolerende blanding til røret for å hindre røret i å bevege seg gjennom den isolerende blanding.
- Fig. 6 og 7 viser et snittriss av en rørledning der en isolerende blanding nær inntil røret virker til å forbinde de kjøligere ytre lag av en forskjellig isolerende blanding.
- Fig. 8 viser et snittriss av en rørledning der et oppsett av rektangulære bæringer er innleiret inne i en isolerende blanding for å hindre røret i å bevege seg gjennom det varme stratum.
- Fig. 9 viser et snittriss av flere strømningsledningsbunter inne i et flytende rør vanligvis av arrangementer benyttet ved tauemetoden ved kontrollert dybde ved installering av mange rørledninger.
- Fig. 10 viser et tverrsnitt av en rørledning der det bituminøse belegg er fylt med rørformede materialer som blir lagt parallelt med rørets akse.
- Fig. 11 og 12 viser en feltskjøt på en rørledning som er isolert med et lag av et porøst materiale under et tykt, bituminøst belegg.
- Den foreliggende oppfinnelse er rettet mot en kostnadseffektiv rørledning til havs isolert med en blanding omfattende et bituminøst bindemiddelmateriale. En slik blanding opprettholder lav termisk ledningsevne når den er neddykket, og kan være noe fleksibel og

er dermed anvendelig for å isolere undervanns rørledninger. Hovedulemoen med bituminøse materialer for isolering av rørledninger er den brede variasjon i mekaniske egenskaper med temperaturen som opptrer ved temperaturer i omgivelsesområdet. De fleste offshorerørledninger som har blitt isolert opp til i dag, har blitt isolert for å holde produktet varmt. Typiske temperaturer for produsert råolje eller gass vil være i området 49 °C til 93 °C, skjønt brønnhodetemperaturer kan overskride 150 °C. Ved disse temperaturer vil noen bituminøse substanser være smeltet, og de fleste vil være utsatt for vesentlig kryping, eller om ikke vil de sannsynligvis være sprø ved omgivelsestemperaturen.

Dersom en varm, neddykket rørledning ble belagt med et tykt belegg av en bituminøs substans, ville senteret være mye mykere enn utsiden. Over tid ville rørledningen under sin egen vekt synke inn i den myke del, som til slutt avdekket bunnen av rørledningen. Å forhindre dette er sakens kjerne ifølge den foreliggende oppfinnelse. Dette kan bli redusert ved raffinering eller foredling av denne blanding, som vil bli beskrevet senere, eller med mer direkte mekaniske midler. Det mest direkte mekaniske middel er å lamine belegget mellom rørledningen og en hylse som er mekanisk forbundet til rørledningen. Fig. 2 og fig. 3 viser en hylse forbundet med ringer plassert i avstand langs lengden av røret. Den mekaniske forbindelse kan være ethvert mekanisk avstandsstykke som kan bære de nødvendige belastninger, innbefattende være en langsgående opphøyet spiralstrimmel eller spiralbånd. Fordi den isolerende blanding er vannfast under høye hydrostatiske trykk, behøver hylsen ikke å være forseglet og behøver ikke å være uavhengig sammenklappbart motstandig som den ville være med isolerende materialer som ikke har høy trykkstyrke. Av denne årsak kan hylsen tilvirkes av tynt, billig materiale. Videre behøver det ikke være kontinuerlig over rørledningens feltskjøt, som dermed eliminerer en av de mest vanskelige problemer med innkapslede isolasjonsdesigner. Den mest interessante og effektive hylse er besnærende enkel. Den er det kjølige ytre stratum av den isolerende blanding i seg selv. Den mekaniske forbindelse innleires i belegget og forbinder dette laget til røret. Dette er illustrert i fig. 4, hvor de mekaniske forbindelser er ringer plassert i avstand langs lengden av rørledningen. Sjøvannstemperaturen vil vanligvis være under 27 °C, og temperaturer så høye vil kun opptre nær overflaten. Det er mulig å formulere rent bitumen som ikke vil krype mye ved denne temperatur. Dersom et mer dimensjonsstabilitt materiale innleires i den isolerende blanding ved punkter langs lengden av en varm rørledning, vil det reagere mot de kjølige lag for å holde røret fra å bevege seg. Det primære krav for denne innretning av mekanisk kobling av det kjølige lag til røret er at det må være en god nok isolator til at den ikke overfører for mye varme til de kjøligere lag av den isolerende blanding. En av fordelene med dette arrangement er det faktum at de mekaniske bæringer kan i helhet innkapsles i den vannfaste bituminøse isolerende blanding, og behøver derfor ikke å være vannfast. I fig. 8

kunne den mekaniske forbindelse 7 derfor være trestrimler eller parkett. Den geometrisk enkleste forbindelse er illustrert i fig. 6 og 7 og er ganske enkelt et lag 7 av et annet isolerende materiale som har tilstrekkelig trykkfasthet og strukturell stabilitet, slik som luftet sement, bagasse og sement, eller andre tradisjonelle isolerende materialer. Til forsiktig fra en rørledning hvor et bituminøst belegg tjener kun til å vannbeskytte et isolerende lag, er belegget ifølge denne oppfinnelse formulert og anvendt for å bidra vesentlig til den termiske motstand i kompositen. For rørledninger som virker på land kan denne distinksjon synes å være akademisk, ettersom konvensjonelle rørisoleringer er langt bedre isolatorer enn bitumen, men disse konvensjonelle materialer har ikke trykkfasthet til å motstå dypvannstrykk, selv om de blir holdt tørre. Dette er imidlertid et annet viktig trekk ved dette arrangementet som ikke hurtig fremgår. Når røret legges offshore, er tiden en svært viktig del, så isolering blir påført før røret blir sendt til arbeidsstedet, bortsett fra på en kort stubb som er etterlatt for skjøting av rørene. Etter at rørene er sveiset sammen må feltskjøten bli isolert. Mange produsenter isolerer rørledningen med polyuretanskum som blir holdt tørt med en tynn polyetylenkappe. Dette blir vanligvis benyttet for rørledninger på land som ofte nedgraves, og selv under trykket i grunnvannet lekker ofte feltskjøtene. Et vedvarende problem skyldes det at det er vanskelig å forsegle enden av det mantede skum, ettersom det ikke er lett å tette mot polyetylen som ikke er massivt støttet opp. De fleste andre polymerer er mer permeable eller mer kostbare. Bitumen er svært ugjennomtrengelig for vann og koster mindre, så et mye tykkere lag koster det samme, øker den termiske motstand og er mye lettere å forsegle fordi det hester lett til seg selv og mange andre materialer. Det er hurtig og enkelt å forme et hulrom inn i hvilket varm bitumen kan helles ved å omhylle platemetall rundt skjøten, som vist i fig. 11 og 12. Bitumenet smelter til det utvendige lag på hovedisoleringen, etterlater en kontinuerlig, isolerende, vannfast kappe og bitumenet i feltskjøten virker også som en barriere mot utstedelsen av vann fra isolasjonen på en rørskjøt til isolasjonen på en annen rørskjøt. For å innse dette er det nyttig å liste opp alle de egenskaper og trekk ved bitumen som er viktige i dette henseende, innbefattende en 1) svært lav permeabilitet, 2) lav kostnad, 3) kan bli helt, 4) herder hurtig, 5) adhererer sømløst til seg selv, 6) binder seg til rørledningen eller korrosjonsbelegget, 7) har lav termisk ledningsevne, 8) er sterkt nok til ikke lett å bli punktureret, men fleksibelt nok til ikke å sprekke opp, 9) er ikke toksisk, 10) er tilgjengelig overalt. Disse egenskaper har aldri alle til sammen blitt utnyttet samtidig på denne måte. Dette kan gjøres med materialer forskjellig fra bitumen, men de er mer kostbare.

35

Dersom formålet med isoleringen er å holde innholdet i rørledningen kaldere enn omgivelsen, så trengs ingen selvstendig innretning for å hindre røret i å bevege seg gjennom

det isolerende belegg, og fyllere ville tjene kun til å redusere kostnaden eller den termiske ledningsevne for det bituminøse materialet. Det kan også være tilfellet at noe relativ bevegelse mellom røret og den isolerende blanding er tolererbar eller til og med ønskelig. Dette er fordi jorden i seg selv virker som en isolator. Varmetapet gjennom bunnen av et rør dekket med et eksentrisk isoleringslag, som har nesten ingen isolering på bunnen kan være lavere enn hva som måtte forventes basert på erfaring med isolerende virkninger ved fullstendig nedgraving. En forholdsvis komplisert termisk analyse kan vise at en uforholdsmessig stor andel av det stabile varmetap på et helt nedgravd rør skjer fra toppen. Dette er fordi varmeflukslinjene i stabil tilstand utgår i en radiell retning fra røret inn i bakken, og deretter gjennom en bue tilbake til overflaten. Forskjellen i varmebanen fra bunnen og toppen er mye mer enn akkurat forskjellen i nedgravningsdybde. Derfor kan den isolerende blanding mer effektivt benyttes dersom det er noe eksentrisitet, og denne eksentrisitet kan være resultatet når røret synker. Dette konsept kan forlenges for å tillate deformering ved visse punkter langs lengden av rørledningene som hviler på ujevne bunner hvor belastningen vil være ujevnt fordelt. Det skal også påpekes at fordi densiteten til bitumen er svært nær den for vann, er det svært liten tendens til at den deformerer under sin egen vekt dersom rørledningen er neddykket. Fordi spørsmål reist i den foranstående omtale ikke er umiddelbart åpenbar, kan intuisjon føre en til å tro at en bituminøs blanding må være hardere, eller kunne understøtte større belastning enn hva som faktisk er nødvendig.

Det følgende avsnitt diskuterer måter på å forbedre dimensjonsstabiliteten til bitumen ved å tilsette fyllere eller modifiseringsmidler til bitumen. Disse kan øke kostnaden og skal derfor bli formulert basert på det virkelige behov, som i forbindelse med den foranstående omtale kan være mindre enn forventet. Det kan, for eksempel, være mer økonomisk i enkelte tilfeller å benytte mer bitumen med færre, mindre kostbare eller ingen modifiseringsmidler eller fyllere og ganske enkelt regne med noe relativ bevegelse mellom det og bitumen. For formålet med denne beskrivelse er betegnelsen bitumen ment å innbefatte alle faste eller halvfaste hydrokarboner i asfaltitt, naturlig forekommende asfalt, asfalt avledd fra kulltjære, eller asfalt som er raffinert fra petroleum, eller "straight run asphalt". Betegnelsen bituminøst materiale er ment å innbefatte materialer som er stort sett basert på bitumen fra en eller flere kilder eller typer. Betegnelsen "bituminøs blanding" betyr bitumen eller en blanding av bitumen og modifiseringsmidler. Partikkelformede modifiseringsmidler kan utgjøre enhver fraksjon av den bituminøse blanding, så lenge som bindemidlet hvori disse partikler er dispergert, er stort sett basert på bitumen. Ettersom kjemiske modifiseringsmidler for bitumen er generelt mye mer kostbare, og høyere, eller svært lite lavere i termisk ledningsevne, vil økonomi drive mot høye

konsentrasjoner av bitumen. Bindemidlet vil, for eksempel, vanligvis være mer enn halve bitumen i volum, og vanligvis betraktelig mer enn halve bitumenet. Mengden fyller vil avhenge delvis av applikasjonsmetoden og arbeidsdybden.

- 5 Den meste kommersiell asfalt som benyttes i store mengder er utvunnet fra petroleum. Det er billig, men mykt ved moderate temperaturer. Ulike teknikker for å redusere kryping eller mykning har blitt benyttet i andre applikasjoner. Å blåse luft gjennom asfalt medfører oksidering som øker mykgjøringspunktet, men også eliminerer temperaturen hvorved asfalt blir sprø. Asfaltitter er naturlig forekommende bitumen som har oksidert gjennom naturlig aldring i hver. Asfaltitter inneholder varierende mengder urenheter, men enkelte typer er for det meste rent hydrokarbon med kun svært små mengder urenheter. De har høye mykningstemperaturer, men kan være mindre sprø ved lav temperatur enn oksidert petroleumsasfalt. Asfaltitter kan blandes med asfalt for å opprettholde dimensjonell stabilitet uten skjørhet over et bredere temperaturområde, men den mest 10 uttalte virkning av oksidering eller værutsettelse er å heve både mykningstemperaturen så vel som temperaturen hvorved bitumen blir sprø. Oksidering og værutsettelse fører ikke til store endringer i den termiske ledningsevne, og kan derfor benyttes til å justere 15 egenskapene til bitumenet for å passe driftstemperaturen for rørledningen.
- 20 Med rørledninger som er i drift ved temperaturer svært forskjellig fra omgivelsen, kan det være ønskelig å benytte flere lag av ulike formuleringer som har mekaniske egenskaper som er forskjellige ved den samme temperatur, men lik ved den temperatur hvorved de vil være i virksomhet. I et slikt arrangement kunne et lag som er formulert slik at det ikke er sprøtt ved omgivelsestemperaturen, men som ville være mykt ved rørledningens driftstemperatur, anvendes over en formulering som ville være skjør ved omgivelsestemperaturen. Dette tilfellet er illustrert i fig. 6 og 7, der det mekanisk stabile lag 4 25 som er nær rørledningen er noe forskjellig fra ytre stratum, men hvor begge strata er bituminøse materialer.
- 30 Det har nå blitt oppdaget at når fyllere som innfanger hulrom, eller gassfylte rom blir tilsatt et bituminøst bindemiddel, kan sammenklappingsmotstanden for fylleren forsøkes, og at fyllerne i seg selv tilsetter vekt og reduserer kryping, mens det samtidig reduserer den termiske ledningsevne. Fyllere med åpne celler så vel som lukkede celler kan ha denne virkning. Materialer hvis cellestruktur er avledd fra plantestoff slik som tre, cellulose, jute, bagasse, kombinerer lav kostnad og lav termisk ledningsevne. Til tross for 35 det faktum at bitumen mykner ved høye temperaturer, blir fyllere med fin porositet ikke nødvendigvis mettet når blandet inn i det smeltede bitumen og er overraskende mot-

- standig mot å bli mettet med bituminøst materiale eller med vann når blandingen utsettes for hydrostatisk trykk. Vann trenger gjennom dersom fyllerbelastningen er høy. Dette er en funksjon av partikelavstand, det hydrostatiske trykk og tykkelsen på laget. Den termiske ledningsevne til bitumen er temmelig lav sammenlignet med de fleste ikke-porøse faststoffer, eller halvfaste materialer, slik at selv dersom det bituminøse materialet trenger gjennom fylleren i det varme stratum, er det fortsatt nok temperaturgradient til å begrense denne penetrering til det varme stratum, og fordelen med å redusere siging eller kryping påvirkes ikke. I korthet kan porøse fyllere redusere krypingen i bituminøse substanser, og de bituminøse substanser kan effektivt sperre vannabsorpsjon i porøse fyllere i lange tidsperioder under hydrostatisk trykk. For rørledninger som blir isolert for å holde innholdet kjølig, eller ved kun svakt hevet temperatur, kan virkningen av fyllere kombinert med teknikker for å heve eller senke mykgjøringspunktet eliminere ethvert behov for selvstendige midler for å hindre kryping eller deformasjon.
- Vannbestandige materialer med lukkede celler kan benyttes i høyere konsentrasjoner og dypere farvann. En fyller satt sammen av hule sfærer har de fordeler at forholdet mellom overflateareal og volum er begrenset, og at den sfæriske form er svært motstandig mot sammenklapping. For rørledninger i dypt vann vil fylleren med fordel være av et trykk-motstandig materiale med lukkede celler, og for svært dype farvann kan sfærisk fyller slik som flyveaske-cenosfærer maksimere sammenklappingsmotstanden. Den termiske ledningsevne for blandingen vil avhenge av forholdet mellom fyller og bindemiddel. Den termiske ledningsevne for fylleren vil fortrinnsvis være mindre enn den termiske ledningsevne for det bituminøse materialet slik at det vil senke den termiske ledningsevne for blandingen. Det følger at den termiske ledningsevne for blandingen vil være lavere når andelen av fyller er høyere, og den maksimale mengde fyller avhenger av geometrien til fylleren. I dypere farvann kan imidlertid celleformede fyllere med ledningsevne lavere enn bitumen som vil motstå dette trykk uten dimensjonell kryping være kostbart eller ikke-eksisterende. I disse tilfeller kan cellefyllere med ledningsevne noe høyere enn bitumen velges basert på den beste kombinasjon av lav kostnad og lav termisk ledningsevne ved bruk av den minimale mengde fyller som behøves for å oppnå dimensjonell stabilitet. De fleste fyllere vil ha termisk ledningsevne som er mindre enn $0,225 \text{ W/m}^\circ\text{K}$, men i denne beskrivelse $0,415 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ er betraktet å være en fyller med lav ledningsevne. Dette er mindre enn halvparten så lavt som de fleste fyllere benyttet i rørbelegg tidligere. Det kan også være nyttig å innbefatte små mengder fyllere med høyere ledningsevne på grunn av en uregelmessig form som tildeler gode mekaniske egenskaper til bitumenet, de fleste (for eksempel mer enn 50 % og sannsynligvis mer enn 75 %) av fyllerne vil vanligvis være materialer med lav termisk ledningsevne. Den viktig-

tige verdi er den termiske ledningsevne for hele blandingen. I de fleste applikasjoner vil det være mulig å holde denne under $0,208 \text{ W/m}^\circ\text{K}$. I enkelte tilfeller kan den faktiske termiske ledningsevne for selve fylleren ikke være kjent. For enkelte materialer, spesielt fibermaterialer eller mikrosærer, er rapportert termisk ledningsevne basert på målinger av en løs fylling. Dette er faktisk den termiske ledningsevne for en blanding av luft og partikler, ikke partiklene i seg selv. Andre materialer, slik som mika, er anisotropisk. Dette betyr at den termiske ledningsevne avhenger av orienteringen på prøven i forhold til en korn- eller krystallstruktur. For formålet av denne beskrivelsen vil betegnelsen effektiv termisk ledningsevne bli benyttet til å karakterisere den virkelige termiske ledningsevne for partikler eller fibere basert på deres virkning i en blanding. Denne verdi kan faktisk være kun indirekte bestembar ved bruk av verifiserte matematiske modeller for å utlede den termiske ledningsevne for en dispergert fase basert på den målte ledningsevne i en kontinuerlig fase og en blanding av den kontinuerlige fase og den dispergerte fase. Dersom partikkelen det er snakk om er en fin form for et isotropisk, homogen materiale hvorpå den termiske ledningsevne kan måles, er den effektive termiske ledningsevne den målte verdi. Forholdet mellom fyller og bindemiddel kan optimaliseres med ulike metoder. Som et eksempel kan to størrelser av sfæriske fyllere, slik som glass, mikrosærer, lages for å oppta en større andel av det totale volum enn en. Generelt, medfører produksjon av mikrosærer i en spredning av størrelser, men pakkingsdensiteten kan forbedres ved å bruke sikter for å gradere eller sortere disse i flere størrelsesområder. Den praktiske maksimale størrelse på fylleren vil bestemmes ved eksperiment. Vanligvis, uten størrelsessortering, kan mikrosærer oppta 40 til 60 % av det totale volum. Ved å bruke en kombinasjon av svært fine fyllere og et større aggregat kan ytterligere øke plassmengden opptatt av fyllerne. En blanding som blir laget ved å røre bindemidlet inn i smeltet asfalt kunne ha et forhold mellom fyller og bindemiddel opp til 0,75. Det finnes også andre praktiske betrakninger. Når et svært høyt forhold mellom fyller og bindemiddel blir brukt, blir blandingen en stiv mastiks som kan være vanskelig å påføre. Kanskje mer viktig, er blandinger med høye fyllerbelastninger kjennetegnet av hulrom ved grenseflaten mellom bindemidlet og fylleren. Dette gjør at vann kan vandre inn i blandingen, som dermed øker dens termiske ledningsevne.

Sylinderiske fyllere, slik som grass, eller plastrør kan også benyttes alene eller sammen med porøse eller lukketcellede fyllere som tidligere beskrevet, hvor betegnelsen grass innbefatter strå, siv og bambus. Betegnelsen fyller skal brent forstås å innbefatte større rør slik som bambus eller plastrør som blir lagt parallelt med rørets akse. Materialer i mellomrommene kan i seg selv være en kombinasjon av et bituminøst materiale og en fin fyller. Rørene kan legges på røret før eller mens andre komponenter av den isoleren-

de blanding blir påført. Det resulterende tverrsnitt er vist i fig. 10. Dersom rørbitene blir lagt slik at de er i kontakt, kan de også forstås som, og tjene som en mekanisk forbindelse mellom et varmt stratum i mellrommene, og et kjølere stratum. I dette eksempel er funksjonene av fylleren og den mekaniske forbindelse identisk, og den konseptmessige likhet som finnes gjennom hele denne beskrivelse blir mer tydelig.

Polymere modifiseringsmidler som strekker seg over temperaturområdet over hvilket bitumen forblir dimensjonelt stabilt, har generelt lav termisk ledningsevne og kan derfor være anvendelig i denne oppfinnelse. Dette vedrører polymere fyllere, kjemikalier som reagerer med bitumen, og polymerer som har en andre kontinuerlig fase som virker som nettverk med bitumenet.

Enkelte av materialene testet for bruk i denne oppfinnelse ble funnet mest virksomme for å senke skjørhetspunktet, mens andre hever mykgjøringspunktet. I den tidligere kjen-
te teknikk har de fleste polymermodifiserte bitumener blitt benyttet utendørs, som van-
ligvis krever noe duktilitet ved temperaturer godt under frysepunktet. Offshorerørled-
ninger blir imidlertid sjeldent lagt eller benyttet i miljøer som er særlig lavere enn fryse-
punktet for vann. Ikke-oksiderte asfalter som er forenelige med de fleste av disse poly-
merne modifiseringsmidler er fleksible nok for denne bruk ved nær frysepunktet. Dermed
er det funnet å være mer hensiktsmessig å heve mykgjøringspunktet i ikke-oksidert bi-
tumen enn å senke skjørhetspunktet for oksidert bitumen.

En kombinasjon av ataktisk og isotaktisk polypropylen ble funnet å være kostnadseffek-
tivt og anvendelig. Den ataktiske polypropylen kan heve mykgjøringspunktet uten å
heve sprøhetspunktet. Mykgjøringspunktet øker svært brått når konsentrasjonen av atak-
tisk polypropylen økes gjennom et overgangsområde som er avhengig av asfalten, men
generelt i området 18 til 30 % av vekten av blandingen. Over dette nivå er mykgjø-
ringsspunktet for blandingen dominerende av mykgjøringspunktet for den ataktiske poly-
propylen, og under overgangsområdet er mykgjøringspunktet nær mykgjøringspunktet
for asfalt. Over dette området kan ytterligere økning i mykgjøringspunktet og hardgjø-
ring av blandingen mer effektivt oppnås ved å blande isotaktisk polypropylen med lav
molekulvekt. I fravær av ataktisk polypropylen tenderer isotaktisk polypropylen til å
virke hovedsakelig som en partikkelfyller, men når benyttet på denne måte synes den å
ha en affinitet til den ataktiske polypropylen. Luftinnfangede fyllere kan benyttes med
dette for å herde den og videre øke mykgjøringspunktet. Den følgende formulering ble
funnet å være kostnadseffektiv og anvendelig.

Komponent	Vekt-% bindemiddel område	Volum-% komposit type
BINDEMIDDEL		
5 AC-20 kvalitets petroleumbitumen	85 til 5	70 til 10
Isotaktisk polypropylen	0 til 15	77
Ataktisk polypropylen	15 til 45	18
FYLLER		0 til 60

10

Selv med lavt fyllerinnlegg kan mykgjøringspunktet for denne blanding overskride 150 °C, og likevel er det tilstrekkelig fleksibel for at rørledningen skal kunne legges, eller bøyes på en snelle uten å sprekke ved temperaturer nær frysing.

15

Denne blanding er forholdsvis myk i varmt vær, og kan derfor deformere under høye belastninger på grunn av kveiling. Mer isotaktiske propylener eller fyllere gjør den hardere, og øker ytterligere mykgjøringspunktet, men kan gjøre den for skjør eller sprø til kveiling ved temperaturer under frysepunktet. Dette kan settes tilside ved å tilsette styrenblokk-kopolymerer slik som SBS. Blokk-kopolymerer koster 25 til 50 ganger så mye som petroleumbitumen så de blir sparsomt brukt. De er vanligvis i konsentrasjoner fra 3 til 12 vekt-% av asfalt i applikasjoner hvor de blir benyttet alene. I denne applikasjon kan fordeler oppnås med 3% til 5%, skjønt mer kan ytterligere forbedre kaldegenskapene.

20

Polymerkonsentrasjonene foreslått i det foranstående er basert delvis på kompromisser mellom kostnad og fordel, og dekker ikke hele spennet av muligheter. For rørledninger som opererer ved høye temperaturer kan det være mer kostnadseffektivt å bruke flere lag som omfatter ulike polymerinnlegg i hvert lag. De foranstående blandinger har ikke blitt brukt for dette formål tidligere.

25

For å unngå behovet for oppvarming av materialet kan noen bituminøse blandinger fortynnes med løsemidler, eller emulgert i vann. Den resulterende substans kan deretter herdes ved å la løsemidlene eller vannet fordampe. Dette er kun anvendelig på forholdsvis tynne lag.

30

En relatert blanding kan bli laget ved å tilsette en emulsjon av bituminøst materiale og vann til en blanding av cellefyllere og hydraulisk sement. Den lave kostnad og tilgjenge-

lighet av Portland-sement gjør den attraktiv, men andre typer sement kan benyttes. Sementen herder for å danne et strukturelt materiale som bibeholder sin styrke over et bredt temperaturområde, mens den bituminøse komponent reduserer vannabsorpsjonen og senker den termiske ledningsevne sammenlignet med bindemidler tilvirket i helhet

5 av hydraulisk sement. I slike blandinger kan det å bruke for mye bituminøs komponent hemme reaksjonen. Anwendelige grenser varierer med mengden, og typen celleformet fyller, men den bituminøse komponent vil være en forholdsvis liten del av totalen. Bituminøse komponenter på 5 til 10% av vekten av sement vil betydelig redusere vannabsorpsjonen sammenlignet med en blanding av sement og celleformet fyller. Større

10 mengder av bituminøst materiale vil ytterligere redusere vannabsorpsjonen, og termisk ledningsevne for kompositbindemidlet, men vil også svekke den. Betraktelig mer sement enn det bituminøse materialet er nødvendig for at det skal gi effektiv struktur. Denne blanding eliminerer behovet for et separat middel eller innretning for å hindre kryping. I forbindelse med dette patent er en annen måte å tenke om dette at det er et

15 kompositmateriale hvor det bituminøse materialet er utsprett i midlet for å hindre røret fra å bevege seg i forhold til det. Den isolerende blanding kan påføres rørene (eller andre substrat) ved støping, sprøyting, avsetning av en myknet masse mellom to mot hverandre roterende børster som akselerer massen til å bombardere røret med høy hastighet, som dermed kompakterer materialet som får det til å hefte sammen i et tykt lag, ved ekstru-

20 dering eller ved å støpe langstrakte ringsegmenter og binding eller festing av disse segmenter til røret.

Tykkelsen av belegget vil avhenge av temperaturen i sjøvann, rørdimensjonene, andre belegg som kan være tilstede, temperaturen, trykk og egenskaper i materialet som skal

25 transporteres og ledningsevnen i den spesifiserte herdede blanding.

Den bituminøse blanding behøver ikke å påføres røret konsentrisk, det behøver ikke dekke hele overflaten av røret og kan benyttes til å isolere et antall rørledninger montert i en bunt.

30 En eller flere av rørledningene i en bunt kan tjene til å transportere varmt fluid for å gjøre opp for varmetap gjennom isolasjonen. Elektriske oppvarmingselementer kan også festes til røret eller rørene. "Varmesporing" som dette er kjent, er kun utførbart dersom de varmede rør eller elementer er termisk forbundet til rørledningen og termisk isolert fra omgivelsene. Denne termiske forbindelse kan foretas eller forsøkes ved å påføre et

35 høyt ledende materiale slik at det berører det varmere rør eller element og rørledningen eller rørledningene. Det kunne være sveisemetall eller loddemetall eller en hydraulisk

5 sement eller polymeradhesiv fylt med metallfyllinger eller andre ledende partikler. I dette tilfellet ville den bituminøse blanding omgi rørledningene, varmerørene eller elementene og den ledende sement, og det er mulig at den isolerende blanding kan omgi hele bunten uten å berøre alle rørene i bunten.

10 I dette patent kan frasen "en rørledning omfattende rør og en bituminøs blanding laminert på overflaten av denne" også bety "et antall rørledninger omfattende rør i en bunt med en bituminøs blanding laminert på og rundt den ytre overflate av bunten med rør". Det kan også bety "et antall rørledninger omfattende rør og varmeelementer i en bunt med en bituminøs blanding laminert på og rundt den utvendige overflate av bunten med rør og varmeelementer".

15 I denne oppfinnelse er for eksempel små rørledninger som blir installert i en mantlet bunt som monteres på land og taues ut til sitt bestemmellessted, isolert med bitumen i rommet mellom dem og føringsrøret. Det er blitt oppdaget at pulverisert asfaltitt kan blandes i en velling av vann eller olje, og deretter pumpet inn i føringsrøret og rundt rørledningene. Det er ideelt for dette formål fordi det har en densitet svært nær den for vann. De fleste andre materialer av forholdsvis lav ledningsevne er lettere, og ville dermed flyte til overflaten og ville ikke tilføye så mye ballast. En oljevelling er foretrukket fordi asfaltitten ville oppløse seg i olje for å danne en tjære. Ettersom denne prosess skjer langsomt ved omgivelsestemperaturen, forblir den pumpbar under installasjonsprosessen, men når rørledningene blir varme, oppløser asfaltitten seg hurtig eller absorberer olje. Et lignende resultat kan oppnås med oksidert petroleumsbitumen eller bituminøst kull i stedet for asfaltitt. Hovedfordelen med asfaltitt er at visse typer, slik som Gilsonite, er svært ren, og oppviser derfor lav termisk ledningsevne svært nær den for bitumen uten raffinering eller spesialbehandling.

20 Et alternativ er å anvende en blanding av hydraulisk sement og asfalt emulgert i surfaktanter og vann. Emulsjonen forblir flytende tilstrekkelig lenge til å pumpe den inn i røret og omdanner seg så til en gel eller puddinglignende konsistens. Fortrinnsvis holdes vannmengden i emulsjonen ved et minimum, ettersom ledningsevnen til vann er høyere enn den for bitumen. Likeledes bør sementmengden som benyttes være med minimumsmengden som behøves for å få materialet til å danne seg geleaktig tilstrekkelig til å hindre konveksjon, ettersom konduktiviteten for de fleste hydrauliske sementer er høyere enn konduktiviteten for vann. Andre materialer som reagerer langsomt med vann og herder til en fast eller halvfast blanding kan også benyttes. Eksperimenter relatert til denne oppfinnelse har vist at en emulsjon med seks deler asfalt til tre deler vann og sur-

faktanter vil forblі flytende i noe tid etter at den er blitt blandet på jobbstedet med en til to deler Portland-sement, men at etter 24 timer inntar den konsistensen av en tykk pudding. Den termiske ledningsevne for denne herdede blanding er lav nok til å være anvendelig i enkelte tilfeller, men ikke så lav som vellingen med asfaltitt og olje.

5

Henvisninger til rørledninger i denne beskrivelse er ment å innbefatte små rørledninger kjent som strømningsrør, slik som de som forbinder brønnhoder til samlemanifolder eller plattformer, og rørledninger laget av enhver rørtypen, innbefattende plastrør, rør tilvirket av kompositmaterialer, og rør tilvirket av flere lag, innbefattende fleksible rør og slanger. Henvisning til røret hvorfra rørledningen blir laget er ment å innbefatte enhver av disse rørtypene. En rørledning er ment å innbefatte stigerør som går fra sjøbunnen til overflaten på offshorerørledninger. Dersom røret utgjøres av flere lag, slik som tilfellet er med fleksible rør kjent innen faget, så kan den bituminøse blanding være utenfor disse normale lag, eller den kan være et mellomliggende lag som er tilvirket med røret.

15

Det vises til fig. 1 hvor en rørledning 10 er vist på sjøbunnen 14 hvor 12 er vannivået. Rørledningen er belagt med den isolerende blanding 20, rundt rørledningen 22, røret er et egnet substrat for det isolerende belegg. I fig. 2 går en hylse 24 over rørledningen og det isolerende materialet er heftet til både rørledningen 22 og hylsen 24. Hylsen er forbundet til røret med bæringer 7 og er ikke kontinuerlig over feltskjøtene. I fig. 3 er den isolerende blanding 20 laminert mellom den trykkholdende rørledning 22 og en hylse 24 av mindre diameter. I fig. 4 og 5 er røret 22 dekket med et lag av isolerende blanding som omfatter to strata, 4 og 5, som kan være av svakt ulike bituminøse blandinger, eller de kan skilles kun ved endringen i mekaniske egenskaper som skyldes forskjellen i temperatur. Stratumet 5 som er lengst fra rørledningen 10 holdes i en fast stilling i forhold til røret 10 ved en mekanisk forbindelse 7 som er innleiret i stratumet 4 som er nærmest rørledningen 22. Fig. 6 og 7 er like med fig. 4 og 5, bortsett fra at den mekaniske forbindelse 7 opptar nesten eller hele plassen inntil rørledningen 22, som dermed for det meste erstatter den isolerende blanding 20 i dette rom. I fig. 8 er rektangulære strimler 7 plassert rundt og nær inntil et rør 22 og er omgitt av et stratum 4 av en isolerende blanding. De rektangulære strimler forbinder røret 22 til et ytre stratum 5 av den isolerende blanding for å holde den i en fast stilling i forhold til røret. Fig. 10 viser en rørledning 10 der røret 22 er dekket med en isolerende blanding 20 som består av rørformede fyllere i et bituminøst materiale hvor de rørformede fyllere er innrettet parallelt med aksen til røret 22.

Fig. 9 viser et tverrsnitt av flere små strømningsrør 32, buntet sammen inne i et flo-tasjonsrør 33 eller flyterør, og er typisk for arrangementer benyttet i tauingsmetoden ved kontrollert dybde ved installering av multiple ledninger samtidig. Det isolerende materi-alet 34 tjener også som ballast for å synke bunten når den er tauet til det endelige be-stemmelsessted. Fig. 11 og 12 er tverrsnitt av en rørledning på feltskjøten 27 der meste-parten av lengden av rørene 10 er fabrikkbelagt med et korrosjonsbelegg 25 og et lag av porøst isolerende materiale 7 som bærer et ytre lag av en bituminøs isolerende blanding 5 og hvor området nær feltskjøten 27 omhyllet i platemetall 26 og deretter fylt i helhet med en bituminøs isolasjonsblanding 8 som er den samme som eller lik med den bitu-minøse isolasjonsblanding 5.

P a t e n t k r a v

1.

Iisolert rørledning egnet for bruk i undervannsapplikasjoner omfattende et rør omgitt av
5 minst et isolerende lag som omfatter bitumen som er tilstede i en mengde til å bidra i vesentlig grad til de isolerende egenskapene til isolasjonslaget, hvor isolasjonslaget er påført i en tykkelse som i vesentlig grad hemmer varmeoverføring mellom innholdet i rørledningen og omgivelsene, k a r a k t e r i s e r t v e d at
10 fyllere eller modifiseringsmidler omfattet i det bituminøse isolasjonslaget er av en slik natur, eller dispergert på en slik måte at sammensetningen forblir hovedsakelig vanntett under hydrostatisk trykk.

2.

Rørledning ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
15 isolasjonslaget omfatter en partikkelformet fyller, fortrinnsvis en polymer fiber eller plantefiber; elastomere partikler, fortrinnsvis gummismuler eller polyolefiner, partikler av hard bitumen eller et celleformet materiale, fortrinnsvis glass-mikrokuler, flyveaske-mikrokuler, perlkuler eller partikler av plantestoff, eller et porøst materiale, fortrinnsvis vulkansk aggregat eller diatomejord; eller en kombinasjon derav.

20

3.

Rørledning ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at den termiske konduktiviteten til fylleren er mindre enn $25 \text{ J/m.s.}^{\circ}\text{C}$ ($0,24 \text{ BTU/t.ft}^{\circ}\text{F}$).

25

4.

Rørledning ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at den termiske konduktiviteten til fylleren ikke er mindre enn den termiske konduktiviteten til bitumenen i laget.

30

5.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1-4, k a r a k t e r i s e r t v e d at det isolerende laget omfatter et kontinuerlig fasemodifiseringsmiddel.

6.

Rørledning ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at det kontinuerlige fasemodifiseringsmiddelet danner et nettverk av kontinuerlig faser, med bitumen som en av fasene.

7.

Rørledning ifølge krav 5 eller 6, karakterisert ved at det kontinuerlige fasemodifiseringsmiddelet er et polymermodifiseringsmiddel.

5 8.

Rørledning ifølge krav 7, karakterisert ved at modifiseringsmiddelet omfatter en statisk eller isotaktisk polyolefin, ataktisk eller isotaktisk polypropelen, kloropren, etylenvinylacetat, styrenblokkcopolymer eller epoxid, eller kombinasjoner derav.

10

9.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 8, karakterisert ved at isolasjonslaget omfatter et modifiseringsmiddel, fortrinnsvis svovel eller en epoxid, som reagerer kjemisk med bitumenen.

15

10.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 9, karakterisert ved at rørledningen omfatter mekaniske innretninger for å forhindre røret i å bevege seg gjennom og i forhold til det minst ene isolasjonslaget.

20

11.

Rørledning ifølge krav 10, karakterisert ved at de mekaniske innretningene er en forbindelse mellom røret og et kjølig stratum i den bituminøse blandingen.

25

12.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 11, karakterisert ved at minst ett isolasjonslag omfatter multiple lag av tekstil, impregnert og dekket med en bituminøs sammensetning.

30

13.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 12, karakterisert ved at røret er inne i en hylse eller et foringsrør, med isolasjonslaget i rommet mellom røret og hylsen eller foringsrøret.

35

14.

Rørledning ifølge krav 13, karakterisert ved at et mangfold rør er tilveiebragt inne i hylsen eller foringsrøret.

5 15.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 14, karakterisert ved at isolasjonslaget omfatter partikler av hard bitumen.

16.

10 Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 15, karakterisert ved at isolasjonslaget er tilformet ved koagulering inne i rørledningen av en velling av flytende hydrokarboner og bituminøse partikler.

17.

15 Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 16, karakterisert ved at den termiske konduktiviteten til det minst ene isolasjonslaget er mindre enn 12,4 J/m.s. $^{\circ}$ C (0,12 BTU/t.ft. $^{\circ}$ F).

18.

20 Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 17, karakterisert ved at den termiske konduktiviteten til det minst ene isolasjonslaget ikke er mindre enn den termiske konduktiviteten til bitumenen i laget.

19.

25 Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 18, karakterisert ved at røret er et fleksibelt rør som omfatter multiple lag, innbefattende det minst ene isolasjonslaget.

20.

30 Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 19, karakterisert ved at den omfatter en serie prefabrikerte rørseksjoner som er sammenføyd ved feltskjøter, med det minst ene isolasjonslaget rundt mengden av lengden til rørseksjonene og en sekvens av isolasjonsfeltskjøtdekseldeler som lukker ved lengden isolasjonsdeler for å komplettere en vanntett, isolerende helhet.

21

21.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 20, karakterisert ved at røret vil synke gjennom det minst ene isolasjonslaget under drift av rørledningen.

5

22.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 21, karakterisert ved at isolasjonslaget er fleksibelt nok til å opppta bøyning av røret mens rørledningen blir installert offshore.

10

23.

Rørledning ifølge krav 20, karakterisert ved at de nevnte feltskjøtdekseldelene er varmesveiset til det minst ene isolasjonslaget.

15 24.

Rørledning ifølge et hvilket som helst av de forutgående kravene, karakterisert ved at den omfatter et varmeelement inne i det minst ene isolasjonslaget.

20

25

30

35

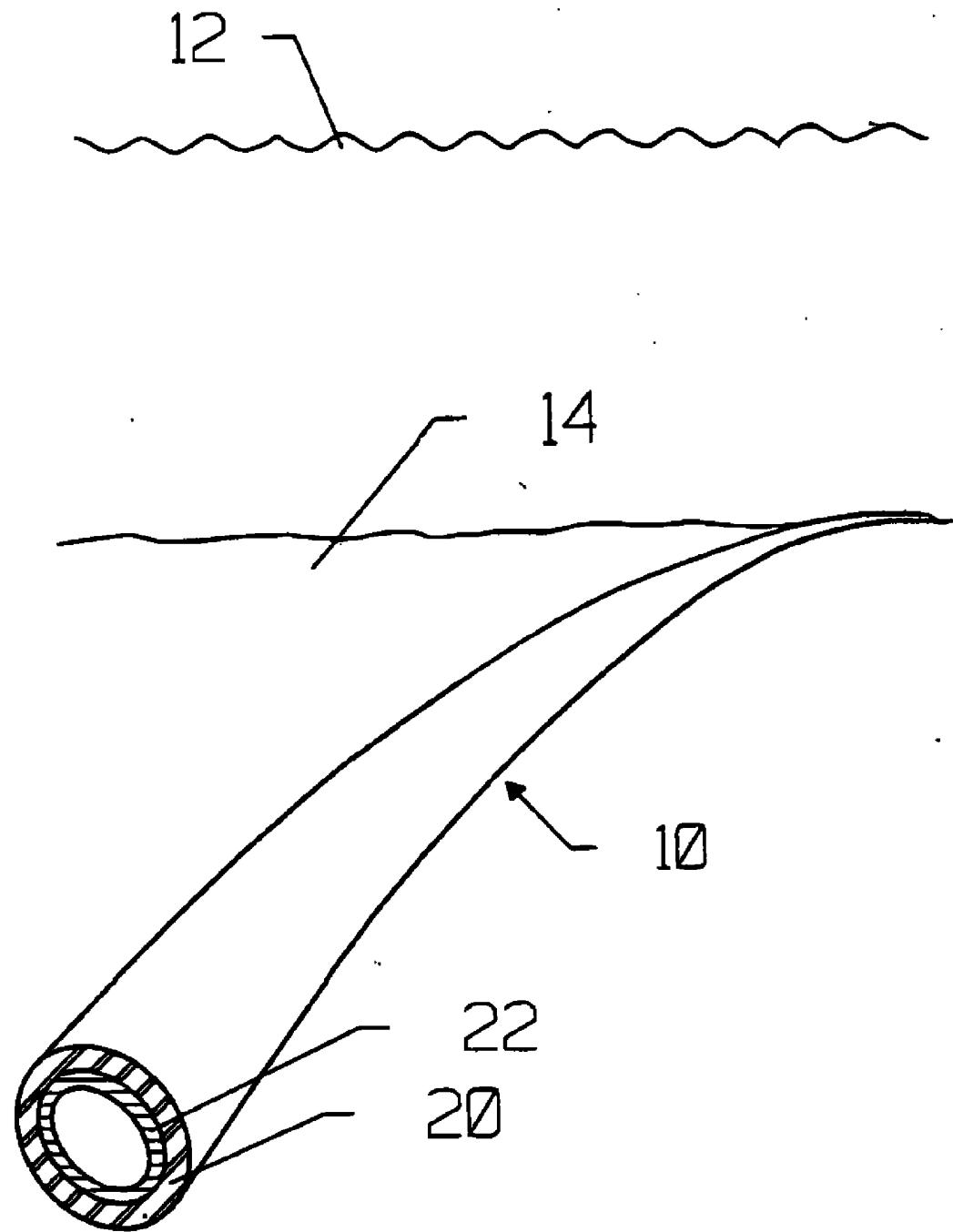


FIGURE 1

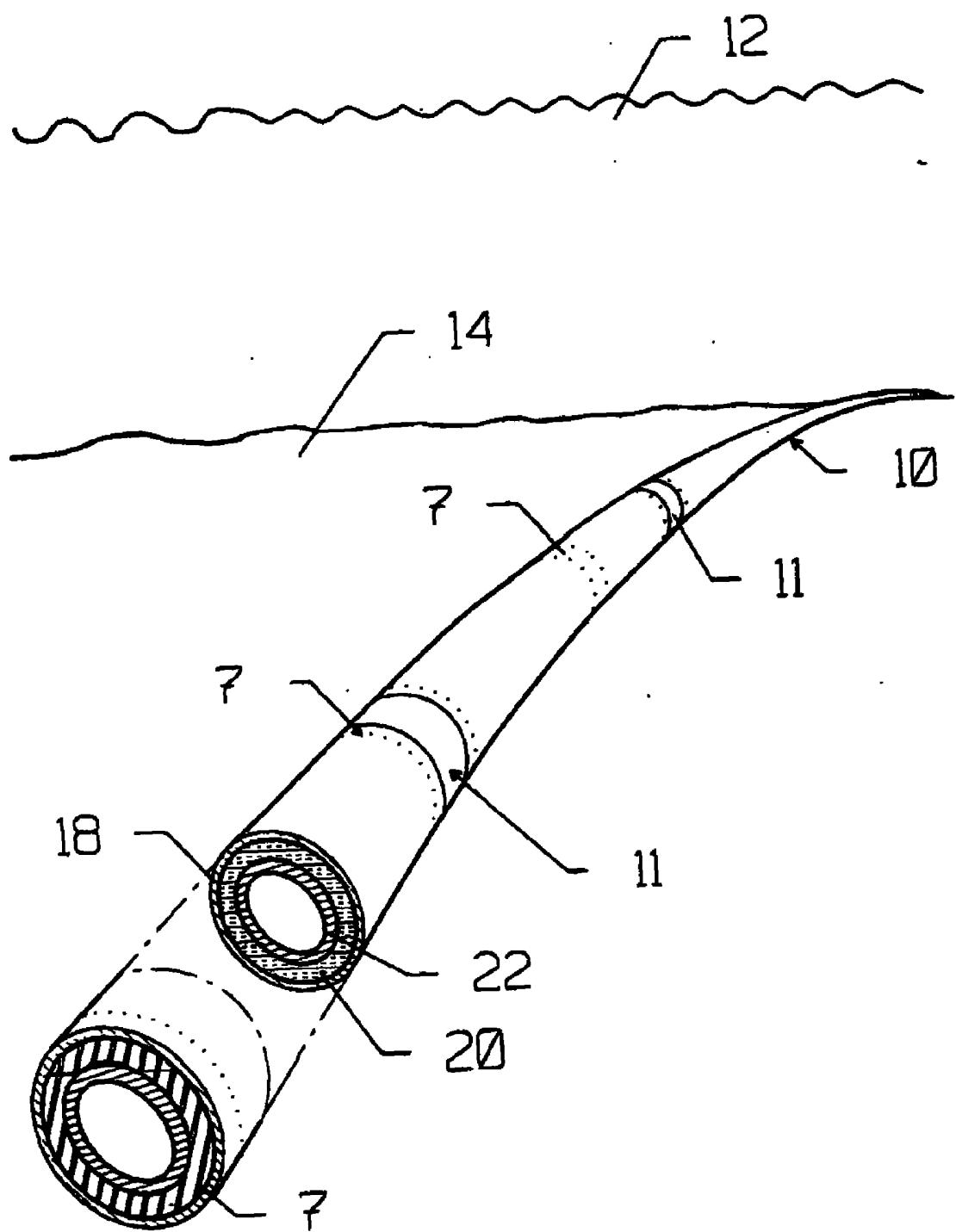


FIGURE 2

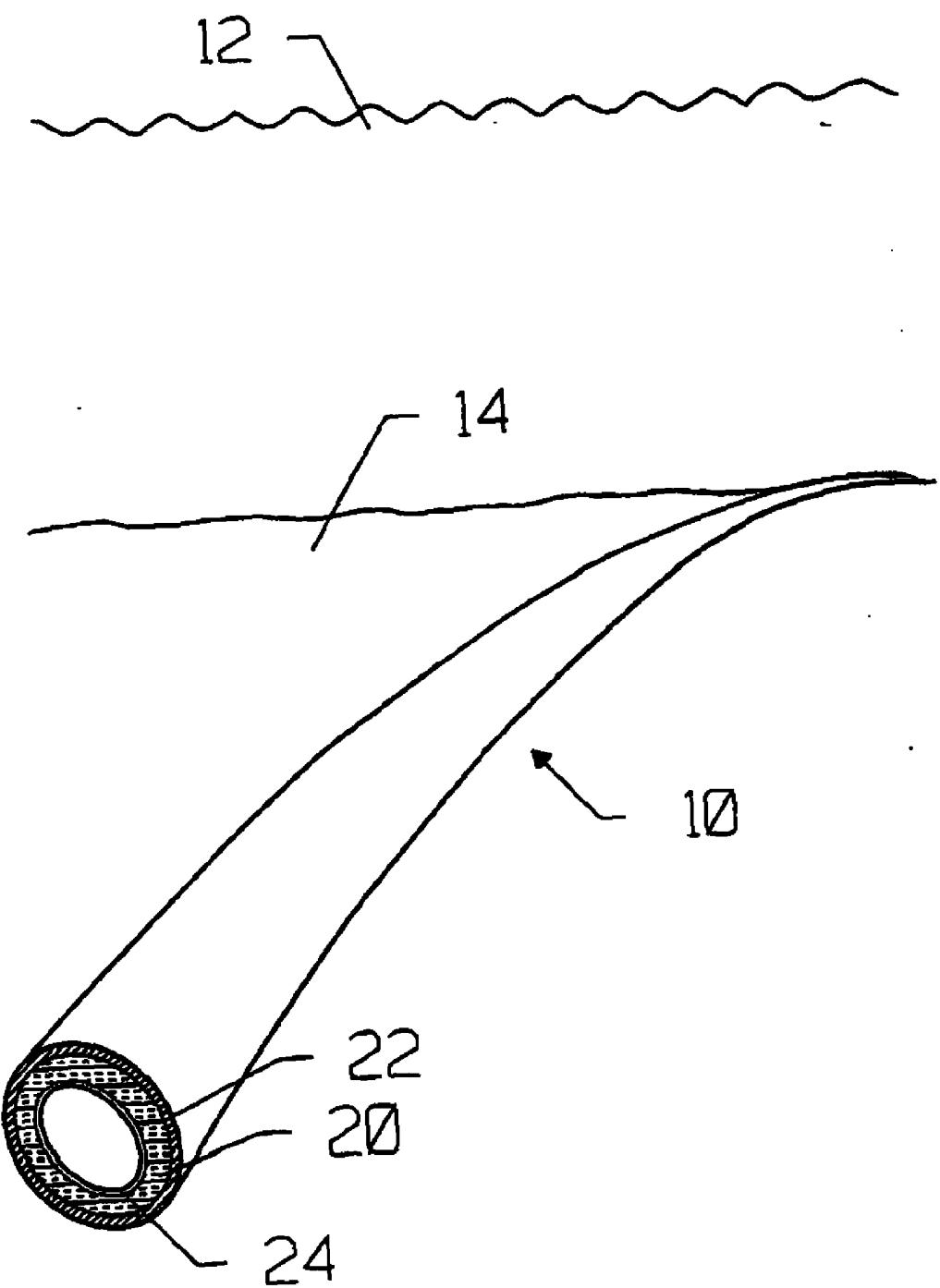


FIGURE 3

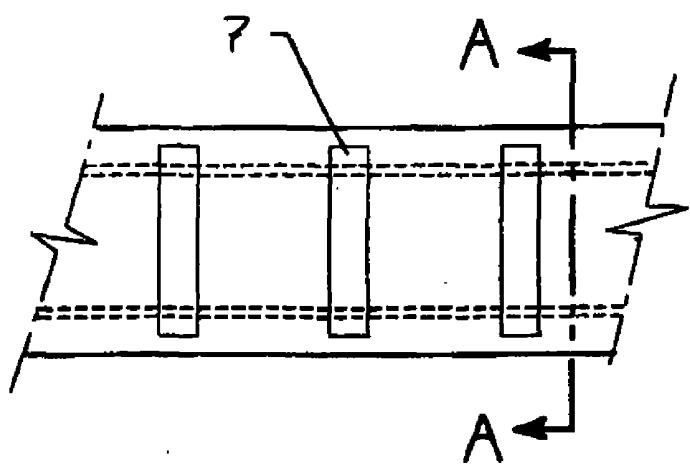


FIGURE 4

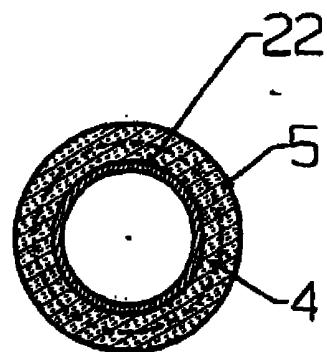


FIGURE 5

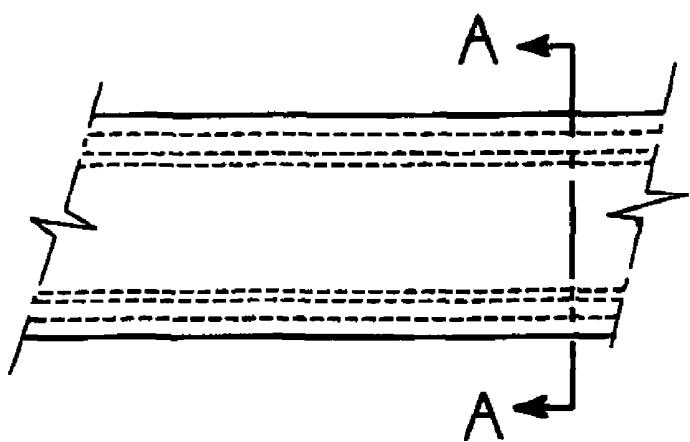


FIGURE 6

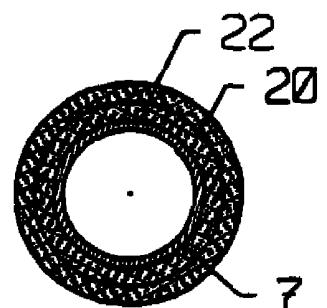


FIGURE 7

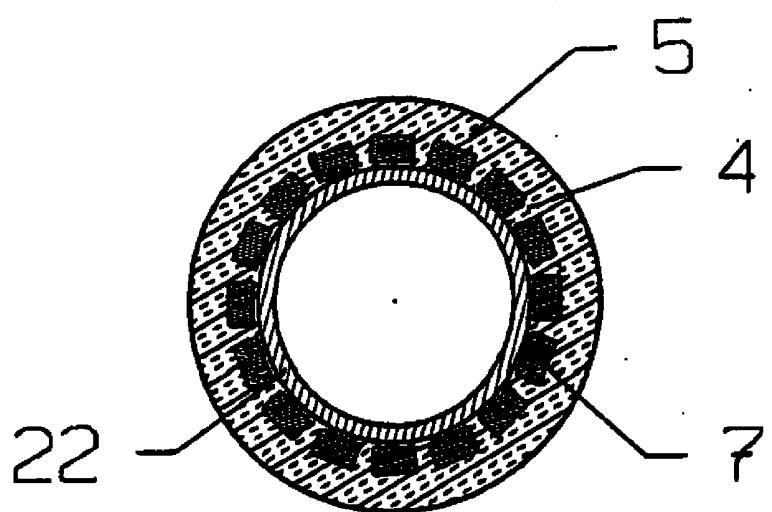


FIGURE 8

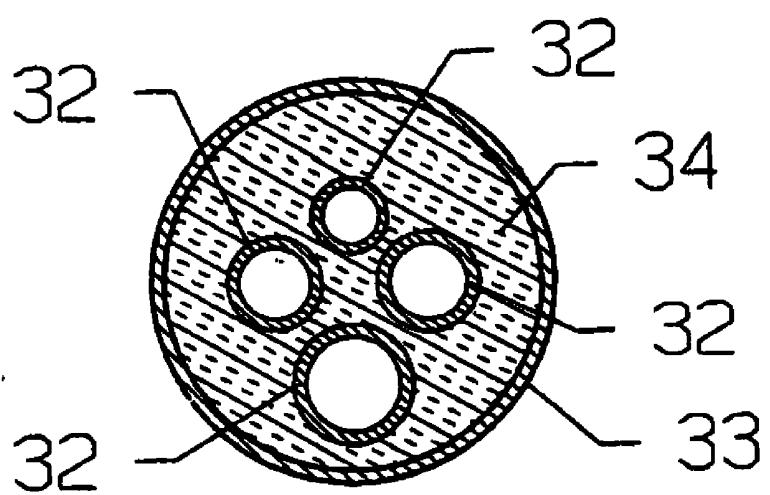


FIGURE 9

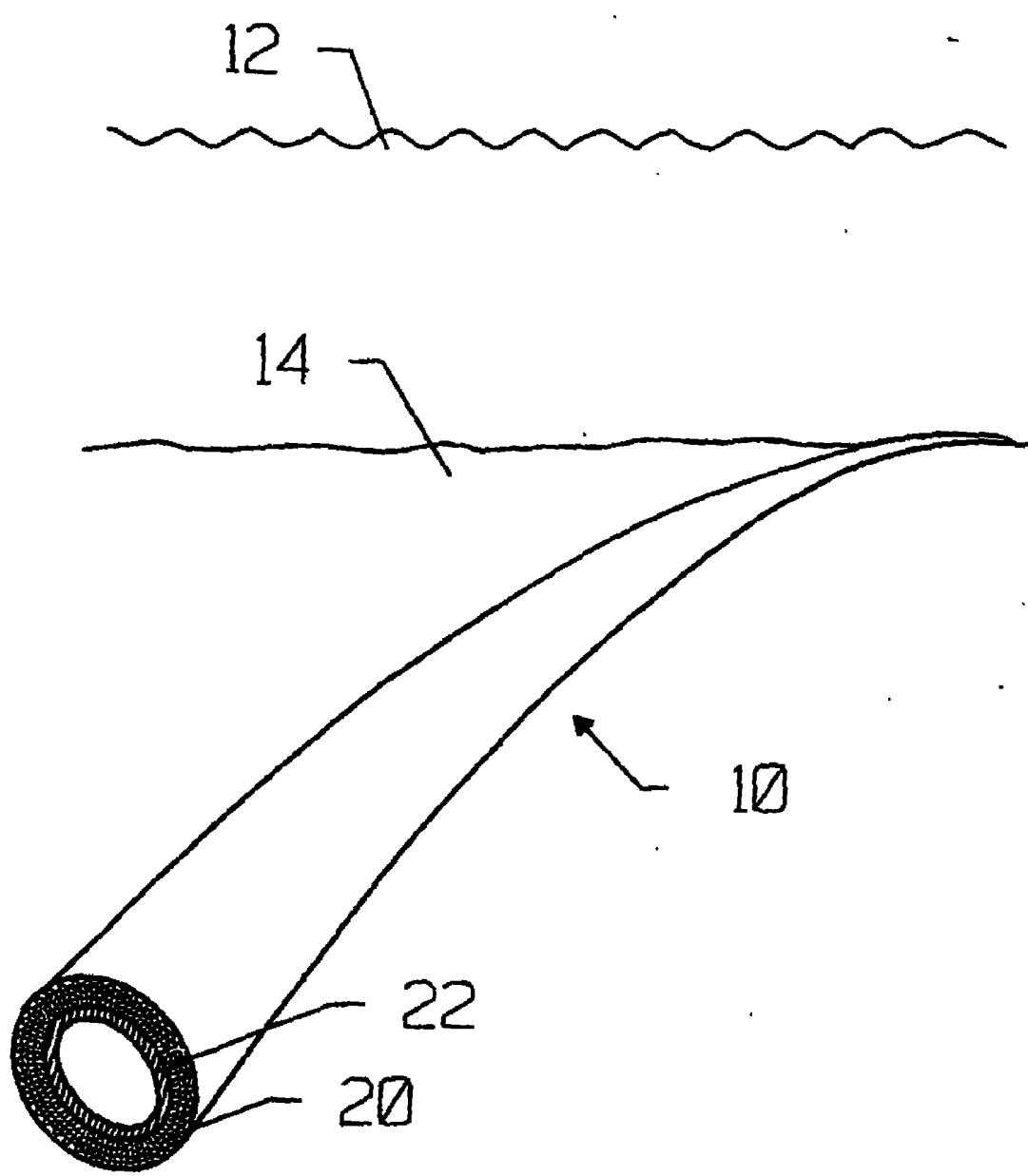


FIGURE 10

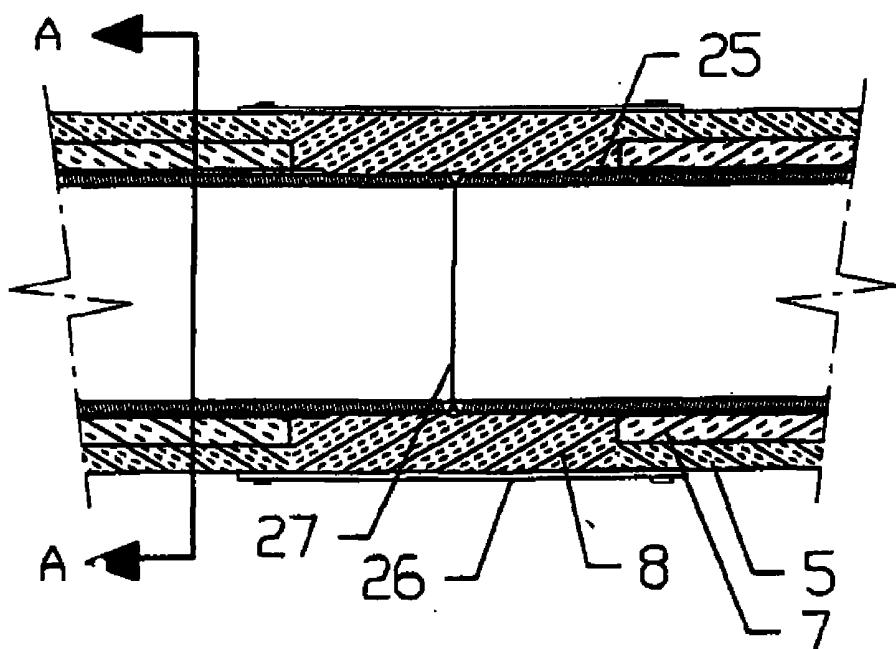


FIGURE 11

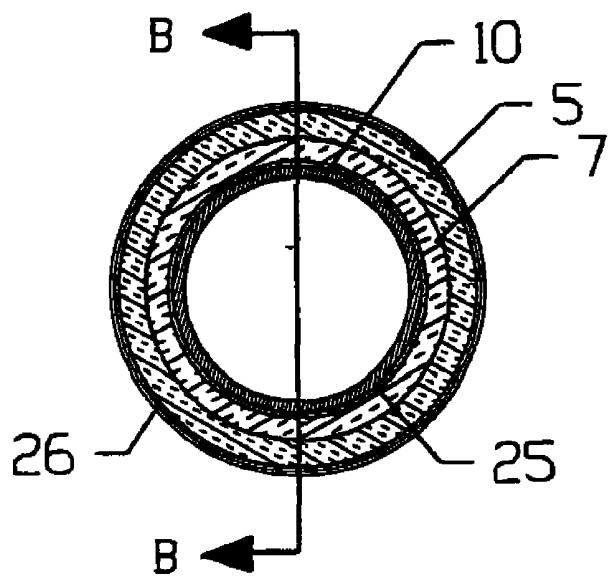


FIGURE 12