



(11) FREMLÆGGELSESSKRIFT 142555

DANMARK

(51) Int. Cl.³ F 16 L 1/04



(21) Ansøgning nr. 312/71 (22) Indleveret den 26. jan. 1971

(24) Løbedag 26. jan. 1971

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggelsesskriftet offentliggjort den 17. nov. 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den
26. jan. 1970, 5863, US

(71) SANTA FE INTERNATIONAL CORPCRATION, 500, S. Main Street, Orange, Cali=
Fornia, US.

(72) Opfinder: Robert Gaines Gibson, 7208 Evans, Houston, Texas 77017, US.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:

Th. Ostenfeld Patentbureau A/S.

(54) Fremgangsmåde og apparat til udlægning af en rørledning af metal på et
vandområdes bund fra dækket af et flydende fartøj.

Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til udlægning af en rørledning af metal på et vandområdes bund fra dækket af et flydende fartøj og iøvrigt af den i den indledende del af krav 1 angivne art.

Udlægning af lange længder af metalrør på bunden af dybe vande fra et flydende fartøj, såsom en rørudlægger, får voksende praktisk betydning for transporten af råolie og olieprodukter. Ved en almindelig fremgangsmåde til rørlægning kendt som ovnrørsmetoden fremstilles rørleningen på dækket af rørudlæggeren ved sammensvejsning af de enkelte rørlængder. Hver rørlængde er ca. 12 m lang. Ved en anden fremgangsmåde kendt som spoleudlægningsmetoden vikles rørleningen fortrinsvis i land om navet på en meget stor tromle, som anbringes drejeligt på dækket af

rørudlaggeren. Rørudlaggeren bringes derpå til det sted, hvor rørledningen skal udlægges. Derpå afvikles rørledningen fra tromlen, idet den afviklede del af rørledningen rettes ud, og den udrettede del sænkes i vandområdet.

Ved begge nævnte fremgangsmåder er det nødvendigt, at udlægningsfartøjet er forsynet med en lang rampe. På rampen er anbragt et antal i rampens længderetning med indbyrdes afstand anbragte understøtninger, der almindeligvis er kendt som dækstøtter. Anbringelsen af hver dækstøtte er indstillelig, således at røret kan få en ønsket nedføringsvej, der gradvis skråner mere og mere nedad. For hver rørdiameterstørrelse vælges en bestemt nedføringsvej.

Et andet rørstøtteorgan i form af et agterstativ fastgøres til rørudlaggerens agterende ved enden af rampen. Agterstativet understøtter rørstrengen fra agterenden af rør udlaggeren til et fraførselssted på agterstativet. Fra dette fraførselssted kan rørstrengen velkontrolleret synke til havbunden. Det primære formål med agterstativet er at undgå stærke koncentrationer af bøjningsspændinger i den nedførerørstreng. Disse spændingskoncentrationer kunne bevirke bukninger i rørets væg eller give rørstrengen en permanent bøjning. Sådanne agterstativer kan være udført på forskellige måder. Nogle er retlinet forløbende, og andre er forsynet med hængselforbindelser.

Et retlinet forløbende agterstativ er sædvanligvis en langstrakt stiv konstruktion bestående af to flydeponter, der indbyrdes er forbundet med et gitterværk, på hvilket der er fastgjort ruller, der kan dreje om vandrette og lodrette akser. Rullerne understøtter rørstrengen under dennes bevægelse fra rørudlaggerens agterende til fraførselsstedet.

Ulempen ved retlinet forløbende agterstativer er velkendte. Således kræves der fx, ifald vanddybderne varierer meget, agterstativer af forskellige længder. Udskiftningen af agterstativer er meget tidsrøvende. Længden af et retlinet forløbende agterstativ er almindeligvis fire til seks gange den vanddybde, i hvilken rørledningen skal udlægges. Sådanne lange agterstativer skal kunne modstå store belastninger som følge af vandstrømme og relative bevægelser mellem agterstativet og rørudlaggeren, hvorfor de må fremstilles af kostbare materialer med høj brudstyrke og almindeligvis af højlegeret stål, og sådanne agterstativer har i praksis en øvre længdegrænse på omkring 180 m.

Nogle af ulemperne ved et retlinet forløbende agterstativ undgås ved anvendelse af et agterstativ bestående af et antal indbyrdes drejeligt forbundne afsnit, der forløber i hinandens forlængelse. Selv om

leddelte agterstativer er indrettet til at følge det nedførte rørs krumning, kan der optræde ødelæggende spændingskoncentrationer som følge af krumningsspændinger langs agterstativet, hvis dettes opdrift ikke er korrekt fordelt. Bølgebevægelser og rørudlæggerens egen huggende bevægelser kan bevirke, at agterstativet hæves og sænkes i høje søer, hvorved rørstrengen, når den forløber hen over forbindelsen mellem to stativafsnit, er stærkt udsat for bukning.

Et halvstift agterstativ er foreslået som et kompromis mellem et frit hængslet agterstativ og et stift agterstativ. I det halvstive agterstativ er de enkelte afsnit indbyrdes forbundet ved hjælp af specielle hængselsforbindelser, der i begrænset udstrækning tillader bevægelser i lodret plan og i sideretningerne samt visse torsionsbevægelser mellem stativafsnit.

En fælles ulempe ved alle agterstativer er, at de kræver en betydelig tid til installering, funktion og fjernelse, hvilket især er uheldigt under en forestående storm eller andre vanskelige arbejdsbetingelser. Hvis et agterstativ går tabt under rørudlægning, bliver rørudlæggerens spildtid betydelig, og de deraf følgende økonomiske tab store.

Ved udøvelsen af de kendte rørlægningsmetoder kræves lange ramper på rørudlæggerne. De almindeligvis byggede ramper tillader næppe tilstrækkelig plads til inspektion, afprøvning og om nødvendigt reparation af rørledningen, som er under nedføring. Betjeningspersonalet finder det også vanskeligt at holde balancen på rampen, især i kraftig sø.

Der synes således at være et stort behov for en anden fremgangsmåde til udlægning af rørledninger under vandet fra en rørudlægger uden nogen rampe og uden noget agterstativ.

I en artikel i tidsskriftet OCEAN INDUSTRY, December 1967, af D.A. Dixon med benævnelsen "Laying a Pipeline in Deep Water Under Tension Without a Stinger" er det angivet, at en rørledning kan sænkes direkte fra dækket af en rørudlægger, forudsat at rørledningen bringes til i strakt tilstand at bevæges i en retning oppefra nedad og med en passende vinkel, der kendes som fraførselsvinklen. Ved en almindelig kendt rørudlægningsfremgangsmåde bevæges rørledningen hen over udlæggerfartøjets dæk i et praktisk taget vandret plan. En sådan vandret bevægelse synes ikke at kunne sammenlignes med den praktisk taget lodrette bevægelse, der foreslås af Dixon.

Fra beskrivelsen til USA patent nr. 3.266.256 kendes anvendelsen af en omtrent lodret fortløbende ramme anbragt i agterenden af et udlæg-

gerfartøj. I denne ramme eller stativ fremstilles rørledningen ved sammensvejsning af et antal lodret anbragte standardrørlængder. Da dette stativ ikke tilvejebringer den korrekte fraførselsvinkel, som rørledningen kræver, når denne er ophængt mellem udlæggerfartøjet og havbunden, bliver denne rørudlægningsfremgangsmåde for langsom og upraktisk til at kunne anvendes med økonomisk fordel.

Fra beskrivelserne til U.S.A. patenterne nr. 3,327.438 og 3,372,461 samt fra den samtidig med denne ansøgning indleverede danske patentansøgning nr. 311/71 kendes fremgangsmåder og apparatur til hurtig og økonomisk udlægning af undersøiske rørledninger fra lagertromler.

Eftersom dækspladsen på et udlæggerfartøj er begrænset, anvendes almindeligvis en tromle med størst mulig røroplagringskapacitet. Dette kræver en tromle med en navdiameter, der svarer til den største rørdiameter, der skal opvikles om tromlen. Rørledningen bøjes om tromlens nav, således at den største spændingspåvirkning i i det mindste en del af rørets metal overstiger den kritiske spændingsværdi.

Når et retlinet metalrør bøjes til en krumningsradius, der kendes som den kritiske radius, siges røret at være bøjet til dets elasticitetsgrænse eller til grænsen for det område, i hvilket forholdet mellem træk og forlængelse er lineært.

Hvis et retlinet rør bøjes elastisk, d.v.s. uden at overskride dets elasticitetsgrænse, forekommer der ingen blivende deformation eller krumning i røret, efter at det påførte bøjningsmoment er fjernet. Et retlinet rør er derfor et rør med krumningen nul eller et rør bøjet med en krumningsradius, hvis størrelse er uendelig. For hver stålart og diameter rørstørrelse svarer der en kritisk bøjningsradius, hvis størrelse angiver grænsen mellem rørets elastiske og plastiske deformationsområde.

I rørets plastiske deformationsområde er forholdet mellem spænding og forlængelse ikke lineært. Til en forholdsvis lille stigning i spænding fås her en forholdsvis stor stigning i forlængelse. I dette tilfælde vil der optræde en permanent blivende krumning, efter at den påførte bøjningskraft eller det påførte bøjningsmoment er fjernet. Ifald en sådan permanentdeformation ikke er uheldig, kan røret bøjes plastisk til en grænsebøjningsradius. Såfremt bøjningsradius gøres mindre end rørets grænsebøjningsradius, vil røret foldes i dets sidevæg og klemmes sammen.

Til illustration af det ovenstående kan nævnes, at for et almindeligt 200 mm rør af stål med en flydespænding på 2400 kg/cm^2 er den kritiske elastiske bøjningsradius omkring 94 m. Det vil sige, at hvis røret bukes til en radius, som er større end 94 m, vil der ikke være nogen nævneværdig blivende krumning i røret, efter at bøjningsmomentet

er ophørt at virke. Hvis det er nødvendigt at bøje samme rør til en radius, som er betydelig mindre end 94 m, kan rørets stål bøjes plastisk uden at dets grænsebøjningsspændingsmoment overskrides ned til en krumningsradius på omkring 6 m. Når nu det plastiske bøjningsmoment fjernes, vil røret være påført en blivende permanent krumning. Det skal iøvrigt bemærkes, at selv om ovennævnte rør bøjes til en bøjningsradius omkring 6 m, bliver dets cirkulære tværsnit ikke nævneværdig ændret eller ovalt.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommelig ved det i den kendetegnende del af krav 1 angivne. Afgangsvinklen for rørledningen fra udlæggerfartøjet vælges i afhængighed af vanddybden, hvor røret skal udlægges. Den kontinuerligt udlagte rørstreng afvikles fortrinsvis af en tromle. Denne tromle er fortrinsvis drejeligt anbragt på dækket med vandret akse. Rørstrengen kan dog også afvikles af en tromle, der har en lodret akse. Der kan anvendes to eller flere tromler til forøgelse af udlæggerfartøjets rørlægningskapacitet.

Ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen sker der følgelig en plastisk deformation, dvs. ud over rørets elasticitetsgrænse, under bukningen af det afviklede rør til en buet form, samtidig med at rørledningen føres nedad, hvorefter rørledningen udsættes for en plastisk tilbagebøjning til en ønsket form, der sædvanligvis er retlinet. Ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen gøres følgelig brug af den ovenfor omtalte plastiske bøjning af rørledningen, hvorved der opnås mulighed for en hurtig og kontinuerlig udlægning af undervandsrørledninger på alle vanddybder, med en ensartet spændingsfordeling i rørledningen og uden de ovenfor udpegede ulemper ved den kendte udlægningsteknik.

Opfindelsen angår også et apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen. Dette apparat er ejendommeligt ved det i den kendetegnende del af krav 2 angivne. I forbindelse med apparatet ifølge opfindelsen afvikles rørstrengen fra navet på en tromle, der er anbragt drejeligt om en praktisk taget vandret eller lodret akse.

Grænseværdien for den plastiske bøjningsradius kan bestemmes eksperimentelt og teoretisk for hver stålart og diameterstørrelse. Ud fra kendskab til denne værdi kan de nødvendige dele i apparatet ifølge opfindelsen følgelig konstrueres. I praksis indrettes apparatet ifølge opfindelsen således, at stålet i rørledningens tværsnit deformeres praktisk taget helt plastisk. Derved opnås endvidere, at lager-tromlen kan tildeles en størst mulig lagerkapacitet for rør.

Ved de i krav 3 angivne midler opnås en bekvem afvikling af rørledningen uafhængigt af beliggenheden for de enkelte viklinger på tromlen. Endvidere kan afgangsvinklen let styres med de i krav 4 anførte foranstaltninger, når tromlen er drejelig om en praktisk taget vandret akse. Ved anvendelse af det i krav 5 angivne rør-trækkeorgan sikres, at rørledningen har den rette spænding under nedføringen.

Fremgangsmåden og apparatet ifølge den foreliggende opfindelse skal i det følgende forklares nærmere under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et skematisk sidebillede af en foretrukket udførelsesform for et rørudlægningsapparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen, og

fig. 2 det i fig. 1 viste apparat set fra oven.

På tegningen ses et rørudlæggerfartøj 10 med et dæk 13, som bærer en tromle 12. Tromlens 12 nav 15 er vist indrettet til drejning om en vandret akse 11. Tromlen 12 oplagrer en meget lang rørstreng 14, som er viklet op til en flerlaget spole 28. Hvert lag af røret i spolen 28 indeholder mange viklinger 30. Når tromlen drejer med uret, som vist i fig. 1, afvikles et bøjlet rørsplænd 16.

Når afviklinger sker fra det inderste rørlag 32, har rørdelen 16 en forholdsvis kraftig krumning, men når afviklingen sker fra det yderste lag 34 af spolen, har rørdelen 16 en forholdsvis lille krumning. Det har mod forventning vist sig, at hverken røret eller dets eventuelle formstofbelægning bliver ødelagt af de modsat rettede bøjningsoperationer, som indgår i fremgangsmåden ifølge opfindelsen.

Det er hensigtsmæssigt, at tromlen 12 har en maksimal lagerkapacitet. Følgelig vælges diameteren på navet 15, således at endog de rør, der har den største diameter, og som skal vikles om tromlen, ikke bøjes til en radius, som er mindre end den tidligere omtalte nedre grænse for den plastiske bøjningsradius. Det afviklede rør 16 indeholder derfor en permanent krumning, hvis størrelse varierer med diameteren af det lag i spolen 28, hvorfra røret 16 afvikles.

Rørudlægningsaggregatet 18 afgiver kontinuerligt rørstrengen 16 fra en praktisk taget vandret retning til en praktisk taget lodret retning. Aggregatet 18 er anbragt på en bærekonstruktion 24, som er hen og tilbage bevægelig på vandret anbragte styr eller føringer 26.

Rørudlægningsaggregatet 18 har et rørbøjeaggregat 20. Rørstrengen 16 føres ind i rørbøjeaggregatet 20 under en vinkel, som varierer i forhold til vandret, og med en varierende permanent krumning

i afhængighed af den diameter, som laget i spolen 28 har, fra hvilket rørstrengen 16 afgives. Rørbøjageaggregatet 20 bøjer rørstrengen 16 til en konstant bøjningsradius, hvis størrelse vælges således, at den nedre grænse for rørets plastiske bøjningsradius ikke overskrides.

I en foretrukket udførelsesform har rørbøjageaggregatet 20 en bukkesko eller bukkeplade 40, hvis ydre omkreds, der er indrettet til at ligge an mod rørstrengen, er i stand til at bukke røret til den ønskede krumning. Bøjningsradius for bukkepladen 40 vælges således, at der sker en plastisk deformation i næsten hele stålrørets tværsnit. Eftersom røret ankommer til rørbøjageaggregatet 20 med varierende spændingsfordeling svarende til dets varierende krumning, tjener bukkepladen 40 således både til at udligne rørets blivende deformation og til at bibringe røret en bestemt krumning.

Når rørstrengen 16 forlader bukkepladen 40 ved 48, har denne i hele sin udstrækning praktisk taget samme blivende deformation og følgende samme permanente krumning.

For at fjerne den permanente krumning fra rørstrengen 16 er der indrettet et rørretteorgan 21, som for simpelheds skyld kan omfatte en rettesko 42 og et rørstyr 44. Bukkepladen 40, retteskoen 42 og rørstyret 44 udgør tilsammen et trehjulet retteorgan, hvis funktion er velkendt for fagfolk. Retteskoen 42 bukker rørstrengen 16 bagud så meget, som er nødvendigt til at rørstrengen 16 kan forlade retteskoen 42 ved 54 med en konstant krumning nær nul. Et rør med krumningen nul er retlinet.

Fra rørstyret 44 afgives rørstrengen 16 nedad langs en nedføringsvej 50 og med en afgangsvinkel A med vandret. Vinklen A kan have en værdi mellem få grader og op til 90° , afhængig af den vanddybde røret skal nedføres i.

Til sikring af, at det fraførte rør under nedføringen til stadighed har den rette spænding, kan der endvidere være indrettet et rørtrækkeorgan 22. Da rørtrækkeorganet kan have indbyrdes uafhængige dele, kan den ønskede trækraft hensigtsmæssigt fås ved anbringelse af en rørtrækkesko 22 i forhold til rørstrengen lige over for retteskoen 42, imellem hvilke rørstrengen 16 passerer i anlæg mod de hertil beregnede røranlægsflader på skoene 22 og 42. Den trækraft, som udøves på rørstrengen, vil afhænge af den kraft, der udøves af rørtrækkeskoen 22 mod rørretteskoen 42. Ikke viste hydraulisk drevne cylindre kan anvendes til at føre rørtrække- og retteskoene mod hinanden eller fra hinanden, alt efter hvad der er behov for. Da udformningen af bukkepladen 40, retteskoen 42, rørstyret 44 og rørtrækkeskoen 22 er beskrevet nærmere i den danske patentansøgning nr. 311/71, skal de ikke omtales yderligere her.

De forskellige sko er anbragt i indbyrdes afstand på bærekonstruktionen 24 og indrettet til indbyrdes at kunne forskydes. Hver skos anlægsflade mod rørstrengen kan fortrinsvis bestå af en ikke vist bevægelig kæde sammensat af klodser til anlæg mod rørstrengen, og som er buet udformet således, at de kan ligge tætsluttende an mod den fremførte rørstrengs væg. Kæderne i retteskoen 42 og rørtrækkeskoen 22 bevæges i de ved pile 52 viste retninger.

Rørtrækkeskoen kan naturligvis undværes. Rørtrækkefunktionen kan udøves ved hjælp af en ikke vist slæbebåd, som trækker rørudlægningsfartøjet under rørledningsoperationen, og ved hjælp af tromlens drivorganer på kendt vis.

Et vilkårligt frem- og tilbagegående apparat 56 kan anvendes til i vandret retning at føre bærekonstruktionen 24 hen og tilbage. Den hen- og tilbagegående bevægelse synkroniseres på kendt vis med tromlens 12 rotationshastighed. Bærekonstruktionen 24 kan hensigtsmæssigt bestå af to indbyrdes hængslet forbundne platformsektioner 24A og 24B. Sektionen 24B kan drejes med eller mod uret og kan låses i en vilkårlig udvalgt vinkel med almindeligt kendte midler til indstilling af afgangsvinklen A som vist stipleet i fig. 1.

PATENTKRAV.

1. Fremgangsmåde til udlægning af en rørledning af metal på et vandområdes bund fra dækket af et flydende fartøj, hvor den på navet af en på dækket roterbart anbragt tromle opviklede rørledning afvikles fra tromlen og før afgivelsen til vandet bliver rettet ud, KENDETEGNET ved, AT rørledningen efter afviklingen fra tromlen udsættes for en plastisk bøjningsdeformation til en krumning med konstant radius, og dernæst rettes ud under spænding, og AT den udrettede rørledning afgives til vandet underen afgangsvinkel (A) med vandret, der indstilles i afhængighed af vandets dybde.

2. Apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge krav 1 og indrettet til anbringelse på dækket (13) af et fartøj (10) med udstyr til drejelig montering af en med en rørledning beviklet tromle (12), hvorfra rørledningen afvikles og afgives til vandet under udlægningen, KENDETEGNET ved et rørudlægningsaggregat (18), som indeholder et rørbojeaggregat (20) til plastisk bøjning af rørledningen (16) til en konstant krummet form, et rørretteorgan (21) til udretning af den bøjede rørledning, samt et rørstyr (44) til styring af den udrettede rørledning (16) ned i vandet under en forudvalgt afgangsvinkel (A) i forhold til dækkets (13) overflade.

3. Apparat ifølge krav 2, og hvor tromlen (12) er monteret til drejning om en akse (11), som normalt er i hovedsagen vandret i apparatets brugsstilling på et fartøj, KENDETEGNET ved en bærekonstruktion (24A, 26, 24B) til montering af rørudlægningsaggregatet (18) samt midler (56) til bevægelse af rørudlægningsaggregatet hen og tilbage i fartøjets tværretning og parallelt med fartøjsdækket.

4. Apparat ifølge krav 3, KENDETEGNET ved, AT bærekonstruktionen har en sektion (24B), som bærer rørretteorganet (21), og som er svingbart ophængt for bevægelse omkring en akse, der er anbragt i bærekonstruktionen (24A), således at denne akse forløber på tværs af fartøjets (10) længderetning og parallelt med dets dæk (13).

5. Apparat idølge krav 2, 3 eller 4, KENDETEGNET ved et rørtrækkeorgan (22) båret af bærekonstruktionen og indrettet til at kunne medvirke til regulering af trækspændingen i den udrettede rørledning.

Fremdragne publikationer:

USA patenter nr. 3237438, 3266256, 3372461.

