



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 135387

(51) Int. Cl.² H 01 B 7/34

(21) Patensøknad nr. 2097/73

(22) Inngitt 22.05.73

(23) Løpedag 22.05.73

(41) Alment tilgjengelig fra 25.11.74

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 20.12.76

(30) Prioritet begjært Ingen.

(54) Oppfinnelsens benevnelse Sterkstrømkabel og fremgangsmåte til å fremstille denne.

(71)(73) Søker/Patenthaver STANDARD TELEFON OG KABELFABRIK A/S,
Postboks 60,
Økern,
Oslo 5.

(72) Oppfinner JOHN NORMANN JOHNSEN,
Oslo.

(74) Fullmektig -

(56) Anførte publikasjoner Ingen.

Foreliggende oppfinnelse angår sterkstrømkabler med hulledere og særlig slike kabler hvor lederens tverrsnitt ved lokale steder hvor varmeledningsevnen til lederens omgivelser er dårligere enn for kabeltraseen i alminnelighet, er større enn for lederen i alminnelighet.

Foreliggende oppfinnelse er særlig egnet for enlederkabel som er konstruert som oljefylte kabler, det vil si kabler forsynt med hulledere som er isolert med papir som er impregnert med en lav-viskøs olje som ved hjelp av ekspansjonskar eller pumper ved ethvert tidspunkt holdes på et trykk som er høyere enn atmosfærestrykket for å forbedre den dielektriske styrke i isolasjonen. Oppfinnelsen er imidlertid ikke begrenset til enleder, oljefylte kabler da den under bestemte forhold vil være fordelaktig også for bruk i forbindelse med andre kabeltyper.

Det er velkjent at den maksimale belastningsstrøm for en kabel delvis er fastlagt av tapene som oppstår under drift, og som omfatter varmetap i lederen på grunn av strømmen (I^2R , hvor I er strømstyrken og R er den elektriske motstand), de elektriske tap i isolasjonen, eventuelle varmetap som skyldes induisert strøm i den metalliske skjerm eller armering, samt andre typer tap som for eksempel virvelstrømtap i lederen, skjermen eller armeringen eller hysteretap i mulige magnetiske materialer, og delvis bestemmes av varmeledningsevnen til såvel kabelen som dens omgivelser, og sluttelig av den maksimalt tillatte temperatur på kabelen. Den maksimalt tillatte temperatur fastlegges vanligvis av isolasjonens evne til å motstå høye temperaturer over et visst tidsrom. Den maksimale temperatur til en kabel vil vanligvis være på lederen og den del av isolasjonen som ligger rett inn til lederoverflaten, utgjør derfor det mest kritiske punkt sett fra et termisk synspunkt. Denne del av isolasjonen er også vanligvis den mest kritiske del sett fra et elektrisk synspunkt, idet den høyeste elektriske feltstyrke oppstår i isolasjonen nær lederen.

Levetiden for en kabel er i høy grad avhengig av maksimaltemperaturen på isolasjonen. Det er kjent at for de aktuelle temperaturområder så vil isolasjonens levetid reduseres til omkring halvparten når temperaturen øker kontinuerlig med $8-10^{\circ}\text{C}$. En kabel er ikke sterkere enn dens svakeste punkt, og det er derfor viktig at temperaturen på alle steder langs kabelen under normal drift ikke overskrider visse grenser. Slike grensetemperaturer varierer fra kabeltype til kabeltype, og fastlegges normalt av isolasjonstypen. Disse grensene er hva man kan kalle økonomisk sett begrensende temperaturer, og disse blir i forskrifter og spesifikasjoner vanligvis omtalt som den maksimalt tillatte temperatur for isolasjonsmaterialet. Dersom kabelen arbeider ved temperaturer over disse grensetemperaturer, vil levetiden reduseres, og man får en levetid som er kortere enn den mest økonomiske levetid. Dersom kablene arbeider ved lavere temperaturer når de er fullt belastet, vil dette bety at kabelen er dårlig utnyttet, og driften vil derfor være uøkonomisk. Den ideelle drift av kabler vil etter disse betraktningene være at temperaturen ved maksimalt tillatt belastning

er så nær opptil den maksimalt tillatte temperatur for kabel-isolasjonen som mulig langs hele kabellengden.

Det er vanlig praksis å konstruere en kabel slik at tverrsnittet til lederen og dermed også dens elektriske motstand er den samme over hele kabellengden. Varmen som produseres i lederen pr. lengdeenhet vil dermed også være den samme langs hele kabelen. Varmeledningsevnen langs kabelen kan imidlertid variere og det forekommer ofte at varmeledningsevnen ved spesielle lokale steder er ganske dårlig i forhold til varmeledningsevnen til kabeltraseen i alminnelighet. Slike steder med dårlig varmeledningsevne vil ofte utgjøres av skjøtene fordi isolasjonstykkelsen ved skjøtene er større enn for kabelen forøvrig. Et lignende forhold vil man finne ved sjøkabler hvor det ved selve ilandføringen, som vanligvis utgjør avslutningen av sjøkabelstrekningen, er en meget dårligere varmeledningsevne til omgivelsene enn for den del av kabelen som ligger i sjøen. Ved slike steder vil derfor ledertemperaturen og dermed også temperaturen i isolasjonen bli vesentlig høyere enn for resten av kabelen, og når den maksimale driftstemperatur for kabelen er den bestemmende faktor som nevnt ovenfor, vil dette medføre at kabelen i de fleste tilfeller vil bli dårlig utnyttet.

Det er tidligere foreslått flere ulike metoder for å redusere disse ulemper. En metode har vært å skjøte sammen kabler med forskjellige dimensjoner. Når det for eksempel gjelder sjøkabler, kan kabelen på land ha et større tverrsnitt enn kabelen i sjøen, og den del av kabelen som ligger i sjøen blir derfor skjøtt sammen med to kabler på land. Dette gjøres slik at selve skjøtestedet plasseres i sjøen. En ulempe med dette kjente arrangement er at slike kabelskjøter vanligvis representerer et svakt punkt, og en uønsket diskontinuitet til isolasjonen og de øvrige beskyttende lag. Slike skjøter fører også til en mer kostbar kabelinstallasjon. Videre vil det være en ulempe at skjøtene har dårligere varmeledningsevne enn resten av kabelen, noe som det må tas hensyn til under konstruksjonen og skjøtingen.

En alternativ metode for å unngå disse problemene er beskrevet i tysk patent nr. 553,696. Lederen til kabelen består her av flere tråder som er snodd eller viklet sammen på normal måte, og disse trådene blir under selve kabelproduksjonen skjøtt sammen med en leder som har en større fyllfaktor, som for

eksempel en kompakt leder med samme eller praktisk talt samme ytre diameter. En av betingelsene for å få en merkbar bedring, er i dette tilfelle at flerlederpartiet til kabelen er bygget opp på normal måte av runde tråder eller av tråder hvis tverrsnitt gir en enda dårligere fyllfaktor enn for runde tråder. Ved denne metoden elimineres ulempen med å skjøte kabelen under installering idet isolasjonen såvel som de beskyttende lag kan fremstilles kontinuerlig under produksjonsprosessen uten at man får de diskontinuiteter som ellers ville være nødvendig på grunn av variasjoner i den ytre lederdiameter. Denne konstruksjonen har imidlertid neppe noen praktisk betydning i dag idet kabeldimensjonene nå er redusert så sterkt som mulig ved å lage ledere med en høy fyllfaktor enten ved å komprimere ledere som er bygget opp av sirkulære tråder ved hjelp av en valseprosess eller ved å bygge opp lederen av profilerte tråder eller å bygge opp lederen av et perforert, ekstrudert rør eventuelt med et eller flere lag profilerte tråder over røret, en konstruksjon som iblant kan ses for hulledere. Hvis man skjøter sammen slike ledertyper med kompakte ledere, ville man ikke oppnå en større reduksjon av varmeproduksjonen enn 3-7% mens man for en komprimert konsentrisk leder bygget opp av sirkulære tråder kan få en forbedring på omkring 35% ved å knytte den til en kompakt leder med samme ytre diameter, slik som foreslått i det tyske patent.

En tredje fremgangsmåte som er blitt foreslått for å redusere dette problemet, er av stor betydning for kabel med aluminiumsledere. I dette tilfelle blir det under produksjonen innsatt kobberledere i aluminiumslederen på en slik måte at overgangen fra aluminium til kobber ikke medfører noen forandring i den geometriske oppbygging av lederen. De kabeldele som omfatter kobberledere vil derfor benyttes på steder med lavere varmeledningsevne enn i resten av kabelen, det vil si for eksempel ved ilandføringsendene til sjøkabler, ved jordkabelskjøter o.s.v. Denne teknikken har imidlertid ingen praktiske fordeler for kabler med kobberledere fordi materialer med bedre elektrisk ledningsevne enn kobber slik som for eksempel sølv, er for kostbare til å finne noen praktisk anvendelse som ledningsmateriale i sterkstrømkabler.

Hovedhensikten med foreliggende oppfinnelse er å unngå de ovennevnte ulemper for kabler med hullede.

Dette oppnås ved å utforme kablen i henhold til de nedenfor fremsatte patentkrav.

En hullede er en leder med en kanal eller en rørformet utsparring anbrakt i sentrum. Kanalen kan for eksempel være bygget opp av et spiralviklet metallbånd (eller metalltråd) på hvilket lederen som består av et eller flere lag av tråder er viklet (se figur 1). Spiralen utgjør en støtte for lederen, slik at denne ikke vil klappe sammen og ødelegge kanalen. Noe som er mer vanlig i dag er å ha en hullede bygget opp av profilerte tråder som er viklet slik at trådene støtter hverandre og slik at lederen ikke blir presset sammen (se figur 3). Et alternativ er det å ha en leder som består av et kontinuerlig rør som er perforert og over hvilket det er anbragt et eller flere lag runde eller profilerte tråder (se figur 2).

Ved hjelp av denne oppfinnelsen kan tverrsnittet til lederen økes for de deler av kablen hvor varmeledningsevnen er mindre enn for den øvrige del av kablen idet den sentrale kanal i lederen eller lederene utfylles med et ledende materiale slik at kanalene får et mindre tverrsnitt, mens den ytre diameter opprettholdes uforandret langs hele kabellengden. Innføring av et ledende element i kanalen kan fortrinnsvis gjøres under produksjon av kablen, men i enkelte tilfelle kan det også være fordelaktig å innføre slike utfyllende deler under installeringen. Dette er særlig fordelaktig når det er nødvendig å øke tverrsnittet til lederen ved skjøtestedene.

Produksjonen av en kabel i henhold til foreliggende oppfinnelse kan utføres på følgende måte. Når begge ender til en sjøkabel skal forsterkes på nevnte måte for å redusere varmeutviklingen i de deler av kablen som skal ligge på land, så kan de to deler av lederen som omfatter forsterkningene i tverrsnittet med reduserte oljekanaler, fremstilles ved at det først påføres et eller flere trådlag over den reduserte kanalen med en diameter på det ytre trådlag som er lik den indre diameter til hovedlederen som skal legges i sjøen. I en etterfølgende operasjon kan det ønskede antall tråder som utgjør hovedlederen først vikles over en av de utfyllende deler mens produksjonen av hovedlederen fortsettes inntil den på motsatt side vikles over

135387

den andre forsterkningen. Produksjonsprosessen kan alternativt utføres i én arbeidsoperasjon dersom maskineriet er egnet for denne kabelproduksjonen.

I slike tilfeller hvor den utfyllende delen består av flere lag, vil det være fordelaktig å benytte en innbyrdes forskyvning mellom lagene som vist i figurene 1 og 2 for å hindre en hurtig endring i tverrsnittet, og for å bedre kabelens bøye-egenskaper.

En kabel i henhold til foreliggende oppfinnelse er særlig fordelaktig dersom kabelen har tvunget kjøling eller dersom temperaturen langs kabelen skal utlignes ved at oljen i kabelkanalene skal sirkulere gjennom varmeveksler. I slike tilfelle vil hastigheten til oljen i kanalen vanligvis være slik at oljestrømmen er laminær slik at det bare oppstår små trykkvariasjoner i kanalen. Når imidlertid oljen passerer de mindre tverrsnittene hvor det er innsatt utfyllende deler, vil hastigheten til oljen øke og varmeoverføringen fra ledere til oljen vil bedres. Ved egnet valg av kanaldiameter og tverrsnitt, vil oljestrømmen i de deler av kabelen hvor diameteren til kanalene er redusert idet tverrsnittet til ledere er øket, bli turbulent, hvorved varmeoverføringen økes i stor grad. På denne måten vil temperaturen langs kabelen bli ytterligere utjevnet, og det fås en bedre utnyttelse av ledermaterialene.

Trykkvariasjonene vil riktignok øke på de steder hvor oljekanalene blir redusert. Utbredelsen av slike innsnevninger i kabelens lengderetning er imidlertid meget kort sammenlignet med hele kabellengden. Utstrekningen i samband med en skjøt vil vanligvis være av størrelsesorden 2 til 6 meter avhengig av spenningen og konstruksjonen til kabelen generelt sett, mens en produsert kabellengde vanligvis vil være flere hundre meter lang. Tilleggsvariasjonen i trykket som skyldes slike innsnevninger vil derfor kunne neglisjeres.

I norsk patent nr. 121.674 er det beskrevet en alternativ metode for å øke oljestrømmens hastighet og derved oppnå turbulent strøm i den hensikt å forbedre varmeoverføringen fra ledere til den strømmende olje. Dette fås her til ved å innføre et spiralformet legeme i oljekanalene, og dermed tvinge oljen til å følge det spiralformede spor med redusert tverrsnitt som dannes i oljekanalene. Den påtvungne nye oljevei vil da også få en øket lengde. En ulempe med denne konstruksjonen i forhold til foreliggende oppfinnelse er at tverrsnittet til ledere ikke øker, og

at man dermed ikke oppnår den derav følgende reduksjon i varme-utviklingen. Den ønskede effekt vil derfor ikke alltid oppnås. En ytterligere ulempe er det at denne fremgangsmåte vil være kostbar i produksjon. Videre vil den på grunn av utstrekningen av det innførte spiralformede legeme ikke være egnet for bruk ved sjøkabler.

For å få en best mulig ledningsevne mellom hovedlederen og den utfyllende del som er innsatt i denne, kan de individuelle komponenter, for eksempel hver tråd i hovedlederen og/eller i den utfyllende del, være fortennet eller forsølvet. Når man betrakter hovedlederen, er det tilstrekkelig at det innerste laget, det vil si den delen som er i direkte kontakt med den utfyllende del, er forsynt med tynt lag tinn eller sølv.

For å gi en klarere forståelse av foreliggende oppfinnelser vises til nedenstående beskrivelse av utførelseseksempler og til de ledsagende tegninger hvor:

Fig. 1 viser en hulleleder i en sterkstrømkabel hvor lederen er forsterket i henhold til foreliggende oppfinnelse,

Fig. 2 viser en hulleleder med en annen oppbygging som også er forsterket med en utfyllingsdel i henhold til foreliggende oppfinnelse,

Fig. 3 viser en ytterligere alternativ konstruksjonsform for hullederen forsterket med en utfyllingsdel i henhold til foreliggende oppfinnelse og

Fig. 4 viser enda en annen utførelsesform for hullederen og dennes utfyllende del.

I fig. 1 er det vist en konstruksjon hvor A angir hovedlederen mens B angir den forsterkede del av lederen. Delen B er utformet slik at man får en gradvis overgang fra det store til det minste tverrsnittet av lederen og omvendt.

Kanalene 1, 11, 21 og 31 fås ved hjelp av spiralformede viklinger 2, 12, 22, 32 viklet av et bånd som for eksempel kan være av et metallisk materiale som stål, aluminium el. lign. Det kan også være mulig å benytte annet materiale med de egnede mekaniske og fysiske egenskaper. I det viste eksemplet er hovedlederen 3 laget av tre lag av runde tråder som er viklet delvis over en spiral 2 og delvis over den forsterkede utfyllende del av lederen som også består av 3 lag av runde tråder 13, 23, 33

viklet over de spiralformede bånd 12,22,32 som utgjør mindre kanaler enn kanalen i hovedlederen. Det spiralviklede bånd 2 avsluttes rett før ledertrådene 13 starter, og tilsvarende for båndet 12, ledertrådene 23 og båndet 22, ledertrådene 33. Tverrsnittet til ledere blir således øket (eller minsket) på en gradvis måte, og dette fremgår ved å skjære gjennom ledere ved tverrsnittene a, b, c, og d. Tverrsnittene a-a og d-d er vist i figur 1. Lederene kan selvfølgelig også være laget av profilerte tråder eller av en kombinasjon av runde og profilerte tråder.

I figur 2 er det vist en leder med kanaler 1', 11' som består av perforerte rør 2', 12' mens hovedlederen 3' består av et lag av profilerte tråder i tillegg til det perforerte rør som i dette tilfelle kan være en del av ledere. Den forsterkede del av ledere 13' er i dette eksempel et lag av profilerte tråder. Også i dette tilfellet kan trådene ha en form som er egnet for denne kabeltype, avhengig av hvorvidt det ønskes å redusere eller øke den ytre diameter til ledere, for eksempel for å få en egnet spenningsovergang eller en egnet kabel diameter i forhold til kabelens lengde o.s.v.

I figur 3 er det vist en lederkonstruksjon hvor kanalene 1'', 11'', 21'' består av profilerte tråder 3'', 13'', 23'', hvilke tråder er formet og snodd på en slik måte at kabelen blir selvbærende.

I figur 4 er det vist en konstruksjon hvor ledere er bygget opp av segmenter som hver er fremstilt av et visst antall tråder som først er snodd sammen og deretter er valset til den ønskede segmentform er oppnådd, det vil si en såkalt Milliken-leder. I dette tilfelle er kanalene 1''', 11''', dannet av spiralene 2''', 12''' som vist, eller ledere kan være selvbærende slik at kanalen automatisk dannes under snoing av segmenter til en fullstendig leder. Med denne konstruksjonen kan hvert av segmentene i den forsterkede lederinnsats eller den utfyllende del, være forbundet med de individuelle segmenter i hovedledere på en slik måte at ledere i sin hele lengde, det vil si hovedledere og det forsterkede parti av ledere, har den samme ytre diameter.

Foreliggende oppfinnelse er særlig egnet for enleder oljefylte kabler med ledere av kobber. Det kan imidlertid også benyttes for hule ledere i andre typer kabler som er oljefylte, eller for kabler bygget opp av ledermaterialer.

Patentkrav.

1. Sterkstrømkabel med hulleleder hvor lederens tverrsnitt på lokale steder med dårlig varmeledningsevne i forhold til varmeledningsevnen langs kabeltraseen forøvrig, er større enn langs resten av kabelen, k a r a k t e r i s e r t v e d a t dette større ledertverrsnitt fås uten å øke den ytre diameter til lederen, ved at den sentralt anbragte kanal eller åpning i hovedlederen (3) lokalt er delvis utfyllt med en utfyllingsdel eller tilleggsleder av et ledende materiale slik at denne utgjør en del av og en fortsettelse av hovedlederen.
2. Sterkstrømkabel ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t materialet i den utfyllende del er det samme som i hovedlederen (3).
3. Sterkstrømkabel ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t materialet i den utfyllende del avviker fra materialet i hovedlederen.
4. Sterkstrømkabel ifølge krav 1, 2 eller 3, og hvor hullederen er av en konvensjonell type, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den utfyllende del har en ytre diameter som praktisk talt tilsvarende den indre diameter til kanalen i hovedlederen.
5. Sterkstrømkabel ifølge krav 1, 2, 3 eller 4, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den utfyllende del er bygget opp på samme måte som hovedlederen, men har mindre dimensjon.
6. Sterkstrømkabel ifølge krav 1, 2, 3, 4 eller 5, k a r a k t e r i s e r t v e d hver kabellengde i en eller begge ender er forsynt med en utfyllende del.
7. Sterkstrømkabel ifølge ett av kravene 1 - 6, k a r a k t e r i s e r t v e d a t en del av eller alle kabelkomponentene og/eller komponentene til den utfyllende del, er fortinnet eller for-sølvbet.
8. Sterkstrømkabel ifølge ett av kravene 1 - 7, hvor kabelen er konstruert som en sjøkabel k a r a k t e r i s e r t v e d a t de utfyllende deler bare er innført i ilandføringsendene.

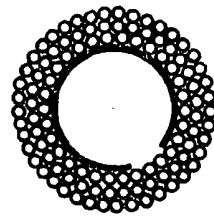
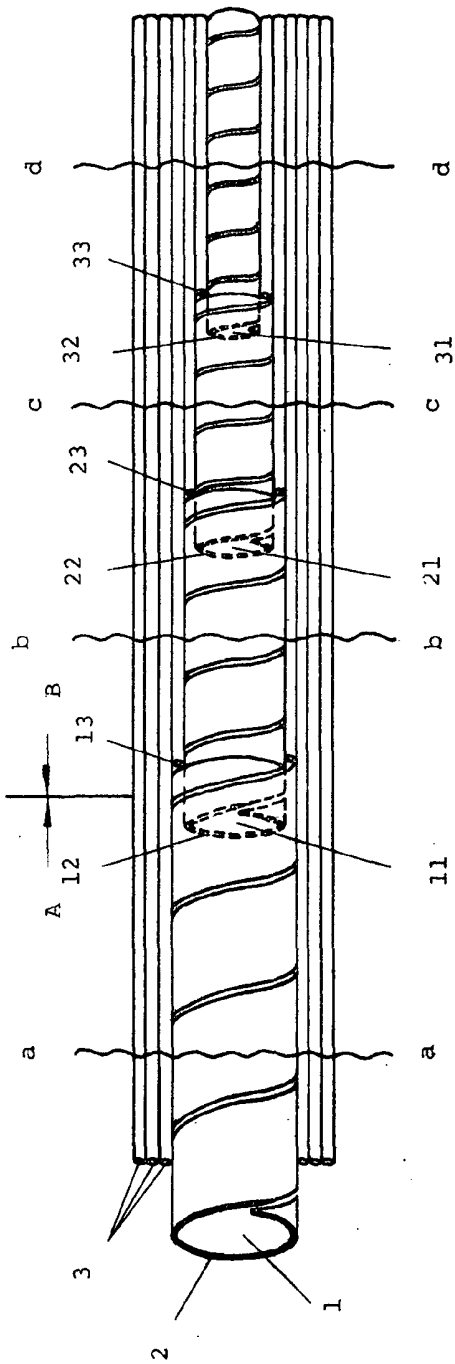
135387

10

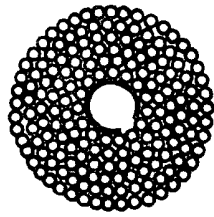
9. Fremgangsmåte for fremstilling av en sterkstrømkabel med hulleder ifølge ett av kravene 1 - 8, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den utfyllende del fremstilles og forbindes med hovedlederen under produksjon av kabelen.

10. Fremgangsmåte for fremstilling av en sterkstrømkabel med hulleder ifølge ett av kravene 1 - 8, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den utfyllende del av lederen prefabrikeres og plasseres inne i hovedlederen ved at den for eksempel skyves inn i hovedlederen etter at kabelen er ferdig, for eksempel under installasjon av kabelen.

135387



a - a



d - d

Fig. 1

135387

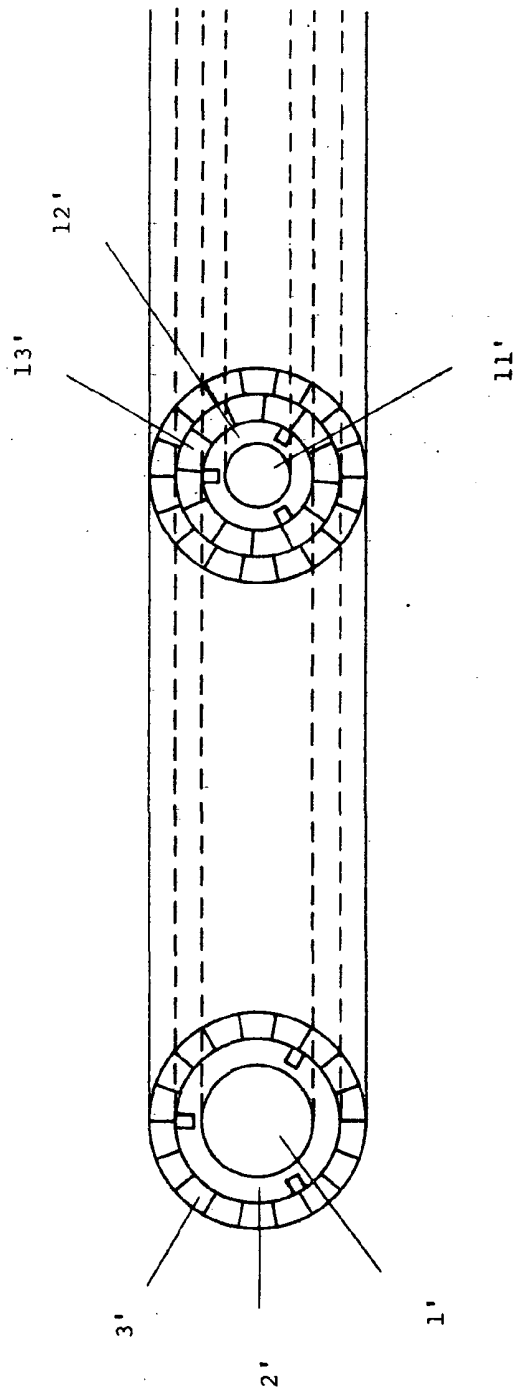


Fig. 2

135387

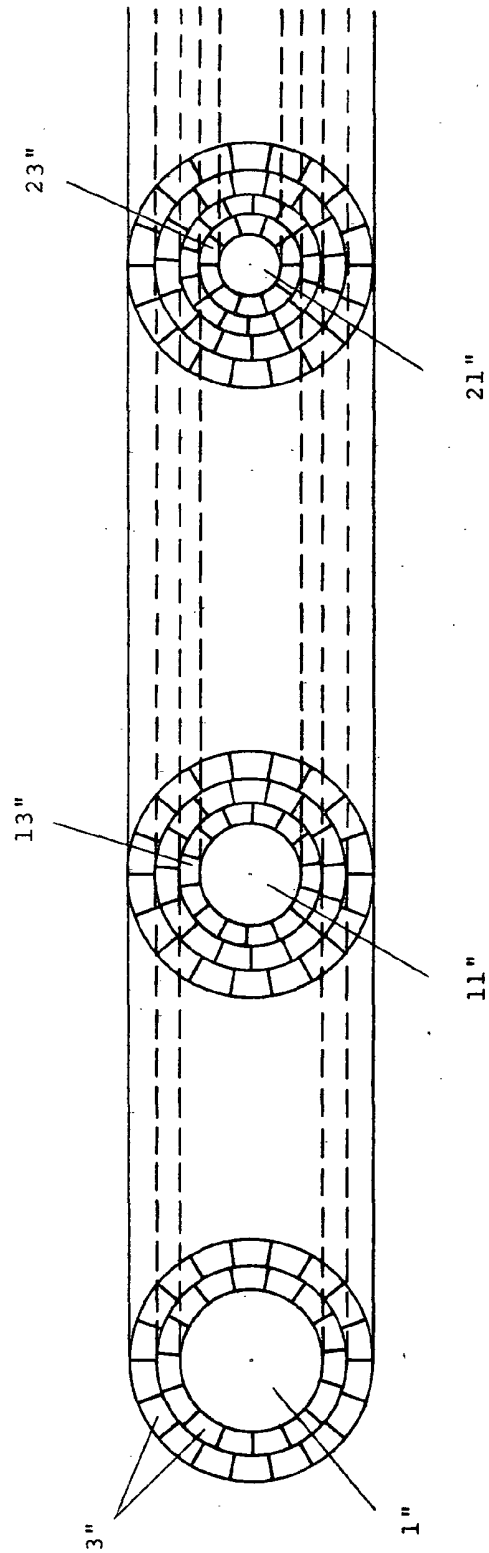


Fig. 3

135387

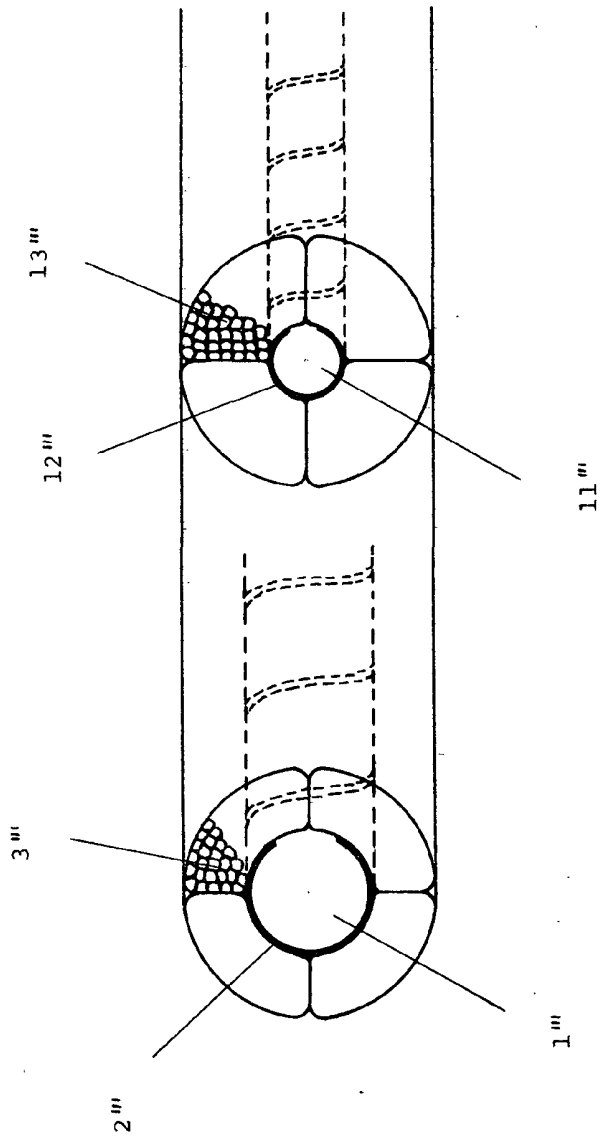


Fig. 4